

JUHA SARIOLA

JYRKI LEPPÄLÄ

# HELLÄVARAINEN PERUNAN KAUPPAKUNNOSTUS

GENTLE SORTING AND PACKING OF POTATOES



VAKOLAN TUTKIMUSSELOSTUS 65

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

VIHTI 1993

**MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS**  
Agricultural Research Centre of Finland

**VAKOLA**

**Maatalousteknologian tutkimuslaitos**

Osoite  
Vakolantie 55  
03400 VIHTI

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

**Institute of Agricultural Engineering**

Address  
Vakolantie 55  
FIN-03400 VIHTI  
FINLAND

Telephone int. +  
358-0-224 6211  
Telefax int. +  
358-0-224 6210

**JUHA SARIOLA**

**JYRKI LEPPÄLÄ**

**HELLÄVARAINEN PERUNAN  
KAUPPAKUNNOSTUS**

**GENTLE SORTING AND PACKING OF POTATOES**

**VAKOLAN TUTKIMUSSELOSTUS 65**

**MÄATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS**

**VIHTI 1993**

**Sammanfattning s. 125**

**Summary p. 127**

**ISSN 0782-0054**

# SISÄLLYSLUETTELO

## KUVAILULEHDET

ALKUSANAT . . . . .	9
JOHDANTO . . . . .	10
1. KIRJALLISUUSOSA . . . . .	11
1.1. Perunan voitukset . . . . .	11
1.1.1. Mekaaniset voitukset . . . . .	11
1.1.2. Varastotaudit . . . . .	11
1.2. Voittumisalttiuden määrittäminen . . . . .	12
1.2.1. Sähköperuna . . . . .	13
1.3. Perunan voittumisalttiuteen vaikuttavat tekijät . . . . .	13
1.3.1. Mukulan fysikaaliset ominaisuudet . . . . .	13
1.3.2. Lajike . . . . .	14
1.3.3. Viljelytekniikka . . . . .	14
1.3.4. Käsittelylämpötila . . . . .	15
1.4. Käytössä olevat lämmitysmenetelmät . . . . .	16
1.5. Perunan voittuminen kauppakunnostuksessa . . . . .	17
1.6. Yhteenveto kirjallisuudesta . . . . .	20
2. TILAKYSELY . . . . .	21
2.1. Yleistä . . . . .	21
2.2. Toteutus . . . . .	21
2.3. Tulokset . . . . .	22
2.3.1. Perunanviljelyala . . . . .	22
2.3.2. Perunavarasto . . . . .	24
2.3.3. Perunan lajittelutapa ja lajittelutilat . . . . .	26
2.3.4. Perunan käsittely ennen lajittelua . . . . .	28
2.3.4.1. Perunan lämmitys . . . . .	28
2.3.4.2. Märkämätäisten perunoiden poisto lajitteluketjun alussa . . . . .	29
2.3.5. Perunan kauppakunnostuksessa käytettävät koneet ja laitteet . . . . .	29
2.3.5.1. Perunan nosto . . . . .	29
2.3.5.2. Varastosta otto ja syöttö lajittelukoneelle . . . . .	30
2.3.5.3. Lajittelu ja harjaus . . . . .	33
2.3.5.4. Pakkaus . . . . .	36
2.3.6. Valaistus . . . . .	37
2.3.7. Pölynpoisto . . . . .	38
2.3.8. Työvoima ja jakelu . . . . .	39
2.3.9. Ongelmakohdat . . . . .	42
2.3.9.1. Rakennusten ja laitteiden taso . . . . .	42
2.3.9.2. Voitukset . . . . .	43
2.3.9.3. Eniten voittavat laitteet . . . . .	44

2.3.9.4.	Kauppakunnostuksen pahimmat ongelmat	46
2.3.9.5.	Miten työoloja tulisi parantaa	47
2.4.	Yhteenveto kyselyn tuloksista	48
3.	TILAKÄYNNIT	50
3.1.	Yleistä	50
3.2.	Pakkaamot	50
3.2.1.	Näytteenotto ja mittaukset pakkaamoissa	50
3.2.2.	Näytteiden analysointi	51
3.3.	Olot pakkaamoissa ja varastoissa	53
3.3.1.	Lämpötila ja suhteellinen kosteus	53
3.3.2.	Valaistus	54
3.3.3.	Pölyisyys ja pölynpoisto	55
3.4.	Perunan laatu pakkaamoissa	57
3.4.1.	Ensimmäisen luokan ruokaperunan osuus	57
3.4.2.	Mekaaniset vioitukset	59
3.5.	Perunan laatuun vaikuttavia tekijöitä	60
3.5.1.	Käsinvalinnan vaikutus	61
3.5.2.	Laitteiden vaikutus	61
3.5.2.1.	Koneketjut ja pudotukset	62
3.5.2.2.	Yksittäiset laitteet	64
3.5.3.	Laitteiden testaus sähköperunan avulla	65
3.6.	Yhteenveto tilakäyntien tuloksista	66
4.	LAJITTELU-, LÄMMITYS- JA VARASTOINTIKOKEET	68
4.1.	Yleistä	68
4.2.	Tutkimusaineisto ja -menetelmät	68
4.2.1.	Koeperunat	68
4.2.2.	Lajittelukokeet	69
4.2.2.1.	Kokeessa käytetyt koneet ja niiden säädöt	69
4.2.2.2.	Näytteiden otto	73
4.2.2.3.	Näytteenottopaikat	74
4.2.2.4.	Näytteiden analysointi	74
4.2.3.	Lämmityskokeet	76
4.2.3.1.	Hidas lämmitys	76
4.2.3.2.	Pikalämmitys	77
4.2.4.	Varastointikokeet	79
4.2.4.1.	Varastointikokeiden esikäsittelyt	79
4.2.4.2.	Näytteiden varastointi	80
4.2.4.3.	Näytteiden analysointi	80
4.2.5.	Aineiston tilastollinen käsittely	81
4.3.	Tutkimustulokset	82
4.3.1.	Olosuhteet mittausten aikana	82
4.3.2.	Lajittelutarkkuus	82

4.3.3.	Pudotuskorkeudet eri lajitteluketjuissa . . . . .	83
4.3.4.	Vioitusten esiintyminen . . . . .	85
4.3.5.	Alkunäytteet . . . . .	85
4.3.6.	Lajittelukokeet . . . . .	87
4.3.6.1.	Lajitteluketjun osien vaikutus voituksiin . . . . .	87
4.3.6.2.	Koneen tyypin vaikutus voituksiin . . . . .	91
4.3.6.3.	Säätöjen vaikutus voituksiin . . . . .	93
4.3.6.4.	Harjakoneen vaikutus voituksiin . . . . .	97
4.3.7.	Lämmityskokeet . . . . .	99
4.3.7.1.	Perunalaatikon lämpenemisnopeus . . . . .	99
4.3.7.2.	Lämpötilan tasaantuminen pikalämmityksen jälkeen . . . . .	102
4.3.7.3.	Painohäviöt käytettäessä eri lämmitysmenetelmiä . . . . .	102
4.3.7.4.	Käsittelynkestävyyskokeet . . . . .	103
4.3.8.	Varastointikokeet . . . . .	109
4.3.8.1.	Varastointiolot . . . . .	109
4.3.8.2.	Varastointikokeiden tulokset . . . . .	110
4.4.	Tulosten tarkastelu . . . . .	113
4.4.1.	Koeperunan ominaisuudet vuosina 1992 ja 1993 . . . . .	113
4.4.2.	Lajittelukokeet . . . . .	113
4.4.2.1.	Lajittelutarkkuus . . . . .	113
4.4.2.2.	Pudotuskorkeudet . . . . .	114
4.4.2.3.	Lajitteluketjun laitteiden vaikutus voituksiin . . . . .	114
4.4.2.4.	Lajittelukoneen tyypin ja säätöjen vaikutus voituksiin . . . . .	116
4.4.3.	Lämmityskokeet . . . . .	117
4.4.3.1.	Lämmitysmenetelmät käytännössä . . . . .	117
4.4.3.2.	Lämmityksen vaikutus perunan vioittumiseen . . . . .	118
4.4.4.	Varastointikokeet . . . . .	118
4.5.	Yhteenveto lajittelu-, lämmitys- ja varastointikokeista . . . . .	119
5.	VIOITUSTEN VÄHENTÄMINEN KAUPPAKUNNOSTUKSESSA . . . . .	121
5.1.	Yleistä . . . . .	121
5.2.	Käsinvalinta . . . . .	121
5.3.	Laitteet ja lajittelutekniikka . . . . .	121
5.4.	Perunoiden lämmitys ennen lajittelua ja varastointi lajittelun jälkeen . . . . .	122
6.	TIIVISTELMÄ . . . . .	123
7.	SAMMANFATTNING . . . . .	125
8.	SUMMARY . . . . .	127
9.	KIRJALLISUUSLUETTELO . . . . .	129
	LIITTEET	

Tekijät (toimielimestä: toimielimen nimi, puheenjohtaja, sihteeri)		Julkaisun laji	
Juha Sariola		Tutkimusselostus	
Jyrki Leppälä		Toimeksiantaja	
		Maatilatalouden kehittämisrahasto	
		Toimielimen asettamispvm	
		11.5.1990	
Julkaisun nimi (myös ruotsinkielinen)			
Hellävarainen perunan kauppakunnostus			
Julkaisun osat			
Tiivistelmä			
<p>Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, mitkä laitteet ja menetelmät vioittavat perunoita kauppakunnostuksessa ja miten näitä vioituksia voitaisiin vähentää. Tutkimus jakaantui kolmeen eri vaiheeseen, jotka olivat tilakysely, tilakäynnit sekä lajittelu-, lämmitys- ja varastointikokeet.</p> <p>Lajittelu- ja pakkausketjussa lajittelukone vioitti perunoita eniten. Vioittumiseen vaikuttivat koneen toimintaperiaate, säätö ja viimeistely. Viimeksi mainittuun kuuluvat pehmusteet, pudotukset, terävät kulmat yms. seikat. Seuraavaksi eniten vioituksia tuli perunan pakkauksessa. Perunat kolhiutuivat pakkauselevaltoissa ja 1 m<sup>3</sup> laatikoihin pakattaessa. Syynä olivat suurehko pudotukset ja pehmusteiden puute. Laatikon kippauksessa syöttösiiloon perunat vioittuivat odotettua vähemmän. Tähän oli todennäköisesti syynä matalat ja pehmustetut syöttösiilot sekä varovainen kippaustapa. Lajittelun kaikissa vaiheissa isokokoiset perunat vioittuivat enemmän kuin pienikokoiset perunat.</p> <p>Merkittävä osa vioituksista aiheutui pudotuksista, joissa peruna putoaa jollekin kovalle alustalle. Peruna voi vioittua hyvin matalassakin pudotuksessa kovalle alustalle. Tällaisia pudotuksia oli ketjun eri laitteiden välillä, mutta myös itse laitteissa. Kaikki sellaiset kohdat, joissa peruna putoaa tai osuu kovaan pintaan, tulisi pehmustaa.</p> <p>Lajittelukoneen tyyppi vaikutti huomattavasti perunan vioittumiseen. Kokeissa oli mukana rullalajittelukone, edestakaisin liikkuvilla seuloilla varustettu seuralajittelukone sekä täristävä seuralajittelukone. Näistä hellävaraisin oli täristävä seuralajittelukone. Edestakaisin liikkuvilla seuloilla varustetussa seuralajittelukoneessa tyypilliset vioitukset olivat iskemät ja mustelmat. Vioitukset lisääntyivät seulan nopeutta tai perunan syöttöä lisättäessä. Rullalajittelukoneessa perunoihin tuli iskemien ja mustelmien lisäksi jonkin verran pintavikoja ja ruhjeita. Tässä koneessa vioitukset vähenivät syöttöä lisättäessä. Pintavikoihin ja mustelmoitumiseen vaikuttivat kuitenkin perunan ominaisuudet merkittävästi.</p> <p>Lämmityskokeissa perunan vioittumista pyrittiin vähentämään lämmittämällä peruna 10 - 15 °C lämpötilaan ennen lajittelua. Lämmityksen avulla mustelmoituminen vähenikin selvästi. Muilta osin tulokset olivat ristiriitaisia. Muun tyyppiset vioitukset jopa lisääntyivät lämmityksen seurauksena. Tulokseen vaikuttivat erittäin paljon lämmitettävän perunan ominaisuudet. Lämmitys näyttäisi olevan kannattavaa vain silloin, kun tiedetään perunan olevan herkästi mustelmoituvaa.</p> <p>Tilakäynneillä tutkituissa perunanäytteissä suurin osa mekaanisista vioituksista oli tullut perunan nostossa ja varastoinnissa. Vioitusten vähentämisen tuleekin alkaa jo perunapellolla. Ensimmäinen vaatimus on oikea viljelytekniikka. Seuraava vaatimus on oikea nosto- ja varastointitekniikka. Kolmanneksi tulee hellävarainen ja huolellinen lajittelu.</p> <p>Viljelijäpakkaamojen työoloissa oli yleensä paljon parantamisen varaa. Pahimmat ongelmat olivat työympäristön pölyisyys ja kylmyys. Puutteita oli myös käsinvalintatason valaistuksessa.</p>			
Avalinsanat (asiasanat)			
Perunan kauppakunnostus, lajittelu, lämmitys, mekaaniset vioitukset			
Muut tiedot			
Saatavana Maatalouden tutkimuskeskuksen maatalousteknologian tutkimuslaitokselta (MTTK/VAKOLA)			
puhelin (90) 224 6211			
telefax (90) 224 6210			
Sarjan nimi ja numero		ISSN	ISBN
VAKOLAn tutkimusselostus 65		0782-0054	
Kokonaissivumäärä	Kieli	Hinta	Luottamuksellisuus
	tiivist. englanti, ruotsi	50 mk	Julkinen
Jakaja		Kustantaja	
VAKOLA, Vakolantie 55, 03400 VIHTI			

Institute of Agricultural Engineering of the  
Agricultural Research Centre of Finland  
(ARC/VAKOLA)

Date of publication

21.12.1993

Authors (if organ: name of organ, chairman, secretary)  Juha Sariola  Jyrki Leppälä	Kind of publication Study report
	Comissioned by Maatilatalouden kehittämisrahasto
	Date of setting up of organ 11.5.1990
English and Swedish titles of publication  Gentle sorting and packing of potatoes	
Parts of publication	
Abstract  The aim of the study was to find out which grading equipment and working methods cause damage to potatoes during sorting and packing and how this damage could be avoided. The study consists of three parts which are a query, tests done on farms and grading, heating and storing tests done in laboratory. In the sorting and packing line the grader caused most damage to the tubers. The type and severity of the damage were affected by the principle and finish of the grader. In this case "finish" refers to paddings, descents, sharp corners and other such details. The second place in importance regarding damage to the tubers was the packing. The tubers were battered in packing elevators and when being packed into 1 m <sup>3</sup> pallet boxes. The reason for this was rather high drops and lack of paddings. When potatoes were dumped from pallet box into feed hopper, the tubers were damaged less than expected. That was probably due to low feed hoppers which were equipped with paddings and that the boxes were tipped carefully. In all phases of the sorting, big tubers were more damaged than small ones. A considerable part of the damages were caused by drops where the tubers fell on a hard surface. A tuber can become damaged even in a very low drop if it falls on a hard surface. There were such descents between the different devices of the line, but also in the devices themselves. It is advisable to fit paddings and shock eliminators everywhere, where the tubers fall on a hard surface or hit some other hard part. The type of the grader had a considerable influence on the damages of the tubers. Roller grader, reciprocating screen grader and shock-type screen grader were compared in the study. The shock-type grader was the most gentle one. In the reciprocating screen grader typical damages were cracks and black spot. The damages increased with increased speed of the screen or increased feeding (flow) of tubers. In the roller grader the tubers also got somewhat skinning and bruise damages except cracks and black spot. In this type of grader the damages decreased when feeding was increased. However, the occurrence of skinning and black spot was much affected by the properties of the tubers. In a heating experiment the effect on damages of heating the tubers to 10 - 15 °C before sorting was examined. The heating decreased the occurrence of black spot considerably. Regarding other types of damages the results were conflicting; other damages even increased due to the heating. The effect of the heating was very much affected by the properties of the potatoes. Heating seems to be justified only when it is known that the potatoes to be handled easily get black spot. In the potato samples analysed at the visits on farms the largest proportion of the mechanical damages had arisen in the lifting and storage of the potatoes. Thus, the measures to reduce damages should start in the field. The first requirement is a right cultivation technique. The next requirement is a right harvesting and storage technique. In the third place a gentle and careful sorting is required. There was generally room for improvements in the working conditions in the packing rooms. The worst problem was dusty and cold working environment. There were also deficiencies in the illumination of the picking table.	
Key words  Sorting and packing of potato, heating, mechanical damage	
Additional information ARC/VAKOLA Telephone +358-0-224 6211 Vakolantie 55 Telefax +358-0-224 6210 FIN-03400 VIHTI, FINLAND	
Name of series, number VAKOLAn tutkimusselostus 65	ISSN 0782-0054
Pages	Language Finnish, Tables and figures: English, Summaries: English, Swedish
Sold by VAKOLA, Vakolantie 55, FIN-03400 VIHTI, FINLAND	Price FIM 50 mk



## ALKUSANAT

Valtion maatalousteknologian tutkimuslaitoksella aloitettiin vuoden 1990 syksyllä ruokaperunan varastosta oton ja kauppakunnostuksen vaikutusta ruokaperunan laatuun selvittävä tutkimus. Tutkimus jakaantui tilakyselyyn, tilakäynteihin sekä lajittelu-, lämmitys- ja varastointikokeisiin.

Tutkimuksen rahoitti Maatilatalouden kehittämisrahasto. Tutkimuksen valvojakunnan puheenjohtajana toimi osastopäällikkö Hannu Seppänen Maaseutukeskusten liitosta sekä jäsenenä johtaja Paavo Kuisma Perunantutkimuslaitokselta, johtaja Matti Kujala Pellervo-seuran markkinatutkimuslaitokselta, vanhempi tutkija Leo Mustonen MTTK/Kasvintuotannon tutkimuslaitokselta ja ylitarkastaja Henrik Sarin VAKOLAs-ta.

Valtion maatalousteknologian tutkimuslaitos kiittää Maatilatalouden kehittämisrahastoa, Perunantutkimuslaitosta, MTTK/Kasvintuotannon tutkimuslaitosta, Maaseutukeskusten liittoa, perunakonsulenteja, tutkimukseen osallistuneita tiloja ja tutkimuksen valvojakuntaa. Erityiskiitokset vanhempi tutkija Leo Mustoselle ja johtaja Paavo Kuismalle, jotka merkittävästi edesauttoivat tutkimuksen onnistumista.

Vihdissä, marraskuussa 1993

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

Maatalousteknologian tutkimuslaitos

## JOHDANTO

Maaseutukeskusten liiton tutkimusten mukaan varastoissa olevan perunan laatu on suhteellisen hyvä. Toisaalta Elinkeinohallituksen selvitysten mukaan mekaaniset laatuvirheet ovat hyvin yleisiä myytävässä ruokaperunassa. Ruotsissa vuosina 1984 - 1986 tehdyn selvityksen mukaan kauppakunnostus lisää sadonkorjuun ohella merkittävästi perunan mekaanisia vioituksia (LARSSON & BENGTTSSON 1987). VAKOLAssa tehtiin vuosina 1986 - 1987 perunankorjuukoneen ajotavan ja säätöjen vaikutusta nostotulokseen selvittävä tutkimus (MATTILA & VIROLAINEN 1989). Kauppakunnostuksessa käytettävien koneiden ja menetelmien vaikutusta perunan vioittumiseen ei kuitenkaan ole juuri tutkittu.

Syksyllä 1990 alkoi VAKOLAssa Ruokaperunan varastosta oton ja muun kauppakunnostuksen vaikutus perunan laatuun -niminen tutkimus. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, mitkä laitteet ja menetelmät vioittavat perunoita kauppakunnostuksessa ja miten näitä vioituksia voitaisiin vähentää. Tutkimus jakaantui kolmeen eri vaiheeseen, jotka olivat tilakysely, tilakäynnit sekä lajittelu-, lämmitys- ja varastointikokeet.

Tilakyselyn avulla kerättiin tietoa Suomessa perunan kauppakunnostuksessa käytettävistä menetelmistä ja koneista. Kyselyssä keskityttiin viljelijä-pakkaajilla käytössä oleviin menetelmiin ja laitteisiin. Tilakyselyssä saatiin myös tietoa kauppakunnostuksessa esiintyvistä käytännön ongelmista.

Tilakäyntien tarkoituksena oli tutkia perunan käsittelyssä käytettävien laitteiden toimivuutta käytännön oloissa. Tilakäynneillä selvitettiin myös varaston ja pakkaamon oloja ja ergonomisia puutteita.

Lajittelukokeiden avulla selvitettiin lajitteluketjusta eniten vioituksia aiheuttavat kohdat sekä tutkittiin eri lajittelukonetyyppien ja niiden säätöjen vaikutusta perunoiden vioittumiseen. Lämmityskokeiden tarkoituksena oli selvittää voidaanko perunan käsittelykestävyyttä parantaa lämmittämällä perunoita ennen lajittelua. Varastointikokeilla tutkittiin sekä lämmityksen että lajittelun vaikutusta perunoiden säilyvyyteen lajittelun jälkeen.

Tilakysely ja tilakäynnit tehtiin vuosina 1990 - 1991. Tilakyselyn kyselylomakkeet postitettiin perunanviljelijöille Maaseutukeskusten liiton ja eri maaseutukeskusten perunakonsulenttien avustuksella. Tilakäyntien aikana otetut perunanäytteet analysoitiin MTTK:n perunalaboratoriossa Jokioisissa. Lajittelu-, lämmitys- ja varastointikokeet tehtiin Perunantutkimuslaitoksen tiloissa Lammilla vuosina 1992 - 1993.

Tutkijana toimi Juha Sariola VAKOLASTA. Jyrki Leppälä tekee pro-gradu työn lajittelu-, lämmitys- ja varastointikokeista. Tutkimukseen osallistuivat myös Vesa Virolainen ja Risto Sinisalo VAKOLASTA.

## 1. KIRJALLISUUSOSA

### 1.1. Perunan vioitukset

#### 1.1.1. Mekaaniset vioitukset

Seuraavat mekaanisten vioitustyyppien määrittelyt on tehty HUGHESin (1980) ja Svensk Matpotatiskontrollin (ANON. 1981) luokitteluihin pohjautuen. Eri vioitustyyppien väliset rajat eivät ole täysin selkeitä. Käytössä on myös seuraavasta hieman poikkeavia luokittelutapoja.

Perunoiden hankautuminen lajittelukoneen pintoja tai toisia perunoita vasten aiheuttaa kuorivikoja. Mukula kasvattaa kuoriutuneeseen kohtaan korkkikerroksen, mikä estää veden haihtumista perunasta. Kuoriutuminen ei yleensä vähennä mukulan käyttöarvoa. Kuorivikoihin lasketaan myös terävän esineen leikkauksesta aiheutuneet haavat, jos haavan syvyys on alle 2 mm ja se voidaan poistaa normaalissa kuorinnassa.

Halkeamat syntyvät perunan pudotessa kovalle alustalle suhteellisen korkealta. Iskun voimasta soluvälit repeävät ja mukulaan tulee syvä halkeama. Halkeama on hyvin kapea ja se voi olla vaikea havaita, koska kuori ei välttämättä rikkoudu.

Ruhjeessa perunan kuori ja mallon solukko rikkoutuvat. Mallossa olevat repeytyvät ovat usein säteittäisesti vioittumiskohdan ympärillä. Ruhjeiden korkkiutuminen kestää selvästi kauemmin kuin matalien kuorivikojen.

Iskemissä mukulan sisällä olevaa solukkoa rikkoutuu. Kuorisolukko ei välttämättä vaurioidu, kun taas mallon vioittuma on selvä ja rajautunut ja joskus harmaaksi tai ruskeaksi värjäytynyt.

Mustelma tarkoittaa perunan maltoon muodostuvaa tummansinistä tai mustaa väripigmenttiä. Mustelman syntyessä perunan kuori joustaa ja vioittuminen tapahtuu kuoren alla johtojännesolukossa. Mustelma on havaittavissa kuoritusta perunasta muutaman vuorokauden kuluttua mallon solujen rikkoutumisesta. Mustelma syntyy fenolaasientsyymien hapettaessa tyrosiini-nimisen fenoliyhdisteen tummansiniseksi melaniiniksi.

#### 1.1.2. Varastotaudit

Pienet mekaaniset vioitukset eivät vähennä perunan käyttöarvoa, jos peruna käytetään heti vioituksen syntymisen jälkeen. Varastointi tuo mekaanisten vioitusten vaikutukset paremmin esille. De HAANin (1980) mukaan varastotaudit pääsevät leviämään pienestäkin kuoriviasta. Perunassa olevat halkeamat, ruhjeet ja iskemät muodostavat haavakorkkikerroksen hitaammin kuin matalammalle ulottuvat haavat ja kuoriviat, joten myös varastotaudit pääsevät niistä helpommin mukulaan (HIDE ja LAPWOOD 1978, HAMPSON ym. 1980). Perunan merkittävimmät varastotaudit Suomessa ovat *Fusarium*-sienten aiheuttama kuivamätä ja *Phoma*-sienten aiheuttama *phoma*-mätä (SEPPÄNEN 1979).

## 1.2. Vioittumisaltiuden määrittäminen

Perunan vioittumisaltiuden määrittäminen käytetään jo perunan jalostusvaiheessa valittaessa jatkojalostukseen kelpaavaa materiaalia. Viljelymenetelmiä tutkittaessa on myös tärkeää selvittää eri menetelmien vaikutukset perunan käsittelykestävyyteen. Erilaisia vioittumisaltiuden määrittämenetelmiä on käytössä useita. Vakiintunutta standardimenetelmää ei ole toistaiseksi olemassa, vaan eri maissa käytetään yleensä omia määrittämenetelmiä.

Vioittumisaltiuden määrittämenetelmät voidaan jakaa suoriin ja epäsuoriin menetelmiin (KAMPP 1989). Suorissa menetelmissä perunoille tehdään kolhintakäsittely, joka mahdollisimman realistisesti simuloi perunalle käytännössä tehtävää käsittelyä. Kolhintakäsittelynä voidaan käyttää tavallista nostokonetta, lajittelukonetta, tärnistävää pöytää tai muuta kolhintaa simuloivaa laitetta, esim. betonimyllyä. Näytekoon täytyy kaikissa näissä menetelmissä olla melko suuri, noin 5-10 kg. Menetelmien etuna on hyvä vastaavuus käytännössä syntyviin vioituksiin. Nostokonetta käytetään vioittumisaltiuden määrittäksessä Tanskassa ja Saksassa. Lajittelukonetta käytetään Saksassa ja tärnistävää pöytää Hollannissa (KAMPP 1989). VAKOLAN kokeissa Suomessa on käytetty betonimyllyä ja nostokonetta vioittumisaltiuden määrittäksessä (MATTILA ja VIROLAINEN 1989, OIKARINEN 1993).

Epäsuorissa vioittumisaltiuden määrittämenetelmissä mitataan jotain tunnetusti vioittumisaltiuteen vaikuttavaa mukulan fysikaalista ominaisuutta tai analysoidaan yksittäisiin perunoihin tulleet vioitukset. Yksittäistä perunaa voidaan vioittaa perunan päälle putoavalla painolla tai heilurilla tai pudottamalla peruna tietyltä korkeudelta. Pudotuskoe on käytössä monissa maissa (MUSTONEN 1986, UMÆRUS ja UMÆRUS 1976). Käyttämällä perunaan iskeytyvää painoa tai heiluria voidaan poistaa perunan koon muutoksista aiheutuvat vaihtelut mittaustuloksista. Heilurimenetelmä on myös käytössä useissa maissa (SEPPÄNEN 1972, KAMPP 1989, HALDERSON ja SKROBACKI 1986). Menetelmän etuna on hyvä toistettavuus ja suhteellisen pieni tarvittava perunamäärä.

Perunan mitattavista fysikaalisista ominaisuuksista vioittumisaltiuteen vaikuttavat lähinnä perunan kimmoisuus ja kuoren läpäisyyn tarvittava voima. Mittaustulos on luettavissa suoraan ilman mukulan vioittumien analysointia. Perunan kimmoisuus voidaan määrittää mittaamalla perunaan iskeytyvän heilurin takaisinheilahduskulma. Heilurin liike-energia on yleensä 0,73 J, mikä vastaa 150 gramman mukulan pudotusta 50 cm korkeudelta (KAMPP 1989). Tällaisten menetelmien etuna on nopeus ja pieni perunankulutus, joten ne sopivat myös jalostusvaiheen tutkimukseen. Mitattavan fysikaalisen ominaisuuden ja perunan vioittumisen välinen riippuvuussuhde on tiedettävä aikaisempien tutkimusten perusteella, jotta epäsuorien menetelmien tuloksia voidaan hyödyntää (KAMPP 1989).

Varhaisessa jalostusvaiheessa, kun perunamäärä on rajoitettu, voidaan käyttää perunan glykoalkaloidipitoisuutta vioittumisalttiuden mittarina. OLSSONin (1989) mukaan perunan vioittumisalttius on riippuvainen mukulan glykoalkaloidipitoisuudesta.

### 1.2.1. Sähköperuna

Lajitteluketjusta ja nostokoneesta voidaan paikantaa voituksia aiheuttavia kohtia perunaa muistuttavan laitteen eli ns. sähköperunan avulla. Sähköperunassa on kolme toisiinsa nähden kohtisuorasti asennettua kiihtyvyysanturia, jotka reagoivat perunaan joka suunnasta kohdistuviin iskuihin. Sähköperuna reagoi ainoastaan iskuihin, joten hankautumisesta tai puristumisesta aiheutuvia voituksia ei sillä havaita. Sähköperuna on päällystetty vulkanoituvalla teipillä. Teippikerroksen paksuutta muuttamalla sähköperunan energianabsorbointi saadaan vastaamaan oikealle perunalle ominaista tasoa. Perunassa voi olla FM-radiolähetin, jolloin iskukohdat voidaan paikallistaa heti vastaanottimesta saadun signaalin avulla. Sähköperuna voi myös olla varustettu muistilla, jolloin siihen kohdistuneet iskut puretaan käsittelyn jälkeen erillisellä tiedonkeruulaitteella.

Iskun voimakkuus vaihtelee runsaasti samassa käsittelyketjun osassa eri ajokerroilla, koska peruna voi kulkea eri reittiä tai pudota joko suoraan alustalle tai toisen perunan päälle. Tämän vuoksi sähköperuna on ajettava useita kertoja samasta paikasta ennenkuin voidaan päätellä laitteen vioittavuusaste.

Perunan vioittumisaste pudotuksessa riippuu perunan absorboimasta energiamäärästä ja iskun kestosta. Vioittuman syntymiseen tarvittava voima on lajikkeelle tyypillinen ominaisuus, joten perunan vioittumisen ja perunaan kohdistuvan voiman riippuvuusuhde täytyy tuntea jotta sähköperuna voidaan säätää oikein ja sen antamia tuloksia voidaan hyödyntää (MORROW ja RUSCITTI 1989, NISSEN 1986, TAYLOR 1988).

## 1.3. Perunan vioittumisalttiuteen vaikuttavat tekijät

### 1.3.1 Mukulan fysikaaliset ominaisuudet

Isokokoiset mukulat ovat herkempiä vioittumaan kuin pienemmät mukulat. Tämä johtuu isokokoisten mukuloiden suuremmasta liike-energiasta (BISHOP ja MAUNDER 1980, SEPPÄNEN 1972).

SEPPÄSEN (1992) mukaan perunan nestejännitys vaikuttaa mustelmoitumiseen. Kuorisolukon nestejännitys laskee varastoinnin aikana, ja varastoinnin lopulla mustelmia syntyy herkemmin kuin heti noston jälkeen. Kuvassa 1 on esitetty mukulan vesipitoisuuden vaikutus eri tyyppisten voitusten syntymiseen (SMITTLE ym. 1974). Paljon vettä sisältävä mukula on altis ruhjevioituksille, mutta kestävä mustelmia vastaan. Mukulan kuivuessa ja turgoripaineen laskiessa mustelmoitumisalttius lisääntyy ja ruhjealttius vähenee.

**Kuva 1.**

Mukulan vesipitoisuuden vaikutus mustelmien ja ruhjeiden esiintymiseen (SMITTE ym. 1974).

**Picture 1.**

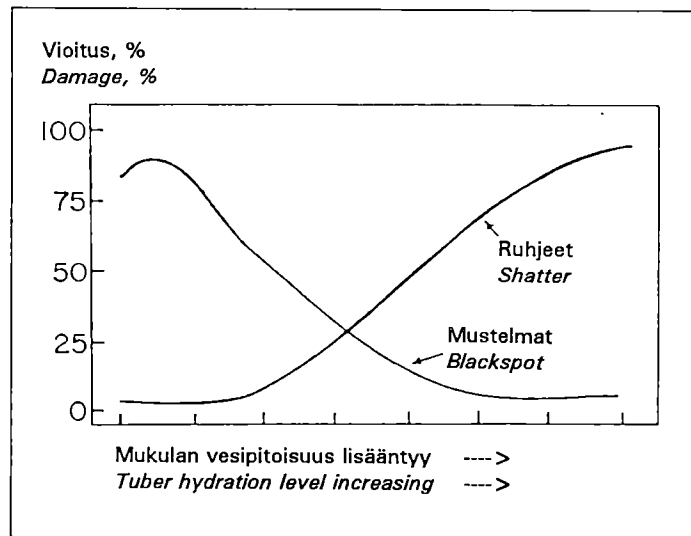
*The effect of tuber hydration level on black spot and shatter (SMITTE et al. 1974).*

**1.3.2. Lajike**

Eri perunalajikkeiden voittumisalttiudet poikkeavat huomattavasti toisistaan. Perunan lajikeominaisuudet ovat

HUNNIUS ja MUNZERTin (1972) ja VARIKSEN (1978) mukaan merkittävin mukulan voittumisalttiuteen vaikuttava tekijä. UMÆRUS ja UMÆRUKSEN (1976) mukaan lajikkeiden alttiut eri tyyppisille voituksille vaihtelee. Myöhäiset lajikkeet mustelmoituvat helposti, koska niiden soluseinien rakenne on keskeneräinen.

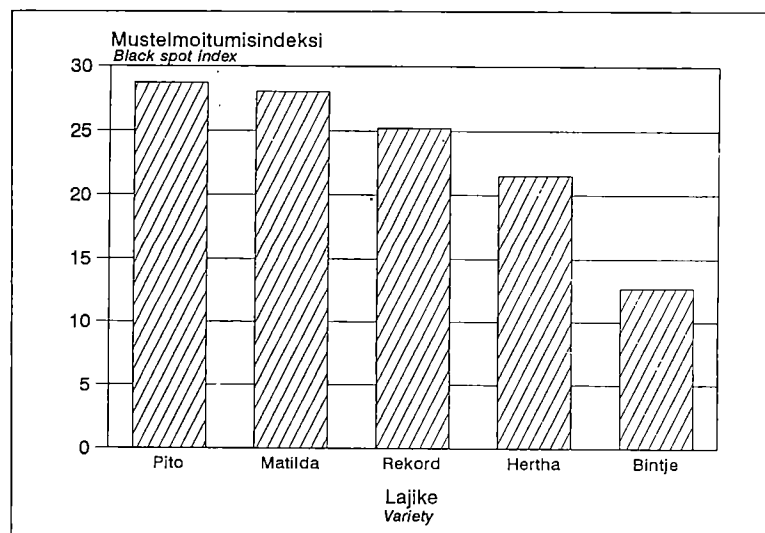
SEPPÄSEN (1992) mukaan perunan kuiva-ainepitoisuus vaikuttaa suuresti perunan mustelmoitumiseen. Kuiva-ainepitoisuus on lajikeominaisuus, ja mustelmia syntyy herkästi sellaisiin lajikkeisiin, joiden kuiva-ainepitoisuus on korkea, esimerkiksi Pito ja Rekord. Kuvassa 2 on esitetty SEPPÄSEN (1989-90) tekemän eri lajikkeiden välisen mustelmoitumisherkkyyskokeen tulokset.

**Kuva 2.**

Yleisimpien perunalajikkeiden mustelmoitumisherkkyys (MUSTONEN 1992).

**Picture 2.**

*Susceptibility to black spot damage in the most common potato varieties (MUSTONEN 1992).*

**1.3.3. Viljelytekniikka**

Typpilannoituksen lisäys kasvattaa mukulapainoa (HUNNIUS ym. 1969) ja viivästyttää perunan tuleentumista (DAMBROTH 1967). Suuret mukulat voittuvat lajittelussa herkemmin kuin pienet (ROGER-LEWIS 1980, WILCOCKSON ym. 1980) ja jos peruna joudutaan nostamaan tuleentumattomana ainakin nostovioitukset

lisääntyvät. Näin ollen typpilannoitus lisää välillisesti perunan vioittumisherkkyyttä. Typen suoranaisesta vaikutuksesta vioittumisherkkyyteen on olemassa erilaisia näkemyksiä. DAMBROTHin (1967), SPECHTin (1966) ja VARIKSEN (1973) tutkimuksissa typpilannoituksen lisäyksen todettiin lisäävän perunan vioittumisalttiutta. HUNNIUKSEN ym. (1972) ja ROGER-LEWISin (1980) mukaan typpilannoituksen lisäys ei vaikuta perunan vioittumisherkkyyteen. Fosforilannoituksen lisäys nopeuttaa perunan tuleentumista ja vahvistaa perunan kuorta (BACHTHALER ja HUNNIUS 1971), jolloin vioittumisalttiutus pienenee. Runsas kaliumlannoitus lisää kasvuston vedenottoa, jolloin mukuloiden kuiva-ainepitoisuus laskee (KUISMA 1986). Kuiva-ainepitoisuuden laskun on todettu vähentävän perunan mustelmoitumisalttiutta (KILLICK ja McARTHUR 1980, SMITTE ym. 1974). ROGER-LEWISin (1980) mukaan kaliumlannoituksen lisäys vähentää mustelmoitumista.

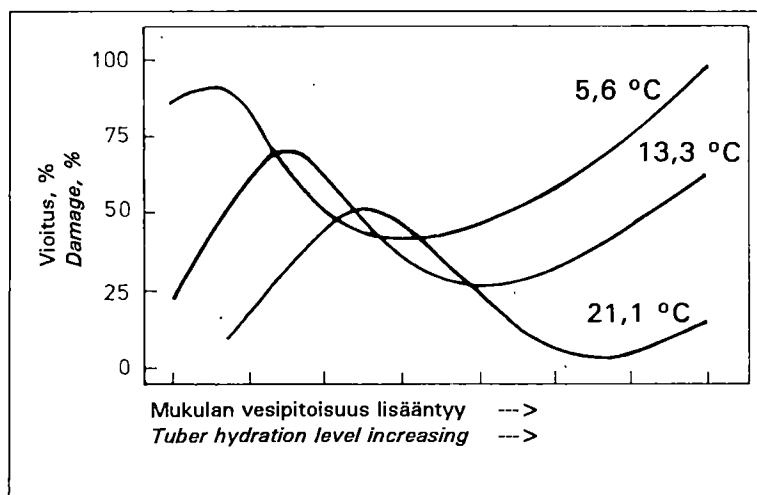
#### 1.3.4. Käsittelylämpötila

TRENCKMANNin (1988) mukaan mukulan kestävyys mustelmoitumista vastaan kasvaa, jos perunan lämpötila kohotetaan 15-20 °C:een. Lämpötilan nosto ei vaikuta perunan kimmoisuuteen eikä kuoren pistokestävyyteen. Käsittelykestävyyden paraneminen perustuu solujen lisääntyneeseen aineenvaihduntaan. Solujen parantuessa iskemien aiheuttamat vauriot korjaantuvat paremmin kuin kylmässä perunassa.

Lämpötilan vaikutusta perunan nostovioitukseen on selvitetty jo varsin kauan. Tulosten mukaan perunan käsittelykestävyys paranee selvästi lämpötilan noustessa. Suositeltava korjuulämpötila on yli 10 °C (CARLSSON ja LARSSON 1987). SMITTEEn ym. (1974) mukaan mukulan vesipitoisuus ja lämpötila vaikuttavat yhdessä nostovioitusten määrään (kuva 3).

**Kuva 3.**  
Mukulan vesipitoisuuden ja lämpötilan vaikutus mekaanisten vioitusten määrään perunan korjuussa (SMITTE ym. 1974).

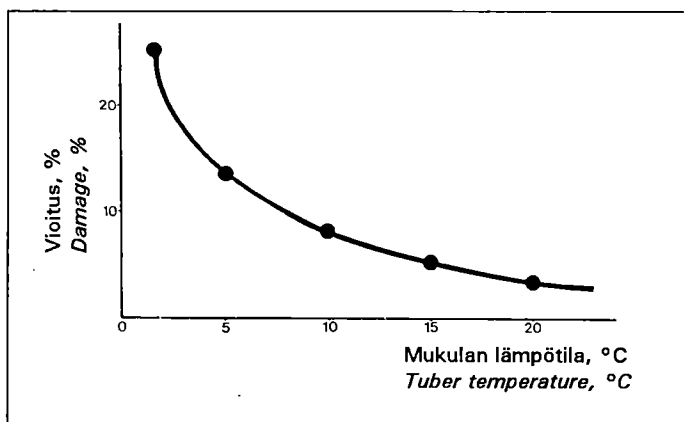
*Picture 3.*  
*The effect of tuber hydration level and temperature on mechanical damage in potato harvesting (SMITTE et al. 1974).*



Perunoiden lämpeneminen ennen nostokonetta ja sitä kautta nostovioitusten väheneminen on merkittävä syy kaksivaiheisen perunankorjuun käyttöön ulkomailla (GRAVERSEN 1985, SPECHT 1983, FRENCH ja LEWIN 1968). MÜLLERin

(1983) mukaan kaksivaiheinen korjuu parantaa perunoiden käsittelykestävyyttä vielä varastoinnin ja lajittelun aikana. Suomalaisissa ja ruotsalaisissa tutkimuksissa ei kaksivaiheisen korjuun kuitenkaan todettu vähentävän noston aikana tapahtunutta kuoriutumista (OIKARINEN 1993, WIKSTRÖM 1987).

SPECHTin (1990) mukaan voittuneiden mukuloiden lukumäärä laskee puoleen käsittelylämpötilan noustessa viidestä viiteentoista asteeseen (kuva 6). BISHOP & MAUNDERin mukaan mustelmat vähenevät kun perunoita pidetään 15 °C lämpötilassa 7 vuorokautta ennen lajittelua. Käytännön syistä he esittävät lajittelun lämpötilasuositukseksi 10 °C.



**Kuva 4.**  
Lämpötilan vaikutus perunan käsittelykestävyyteen (SPECHT 1966).  
*Picture 4.*  
The effect of tuber temperature on mechanical damage (SPECHT 1966).

#### 1.4. Käytössä olevat lämmitysmenetelmät

Suomessa yleisimmin käytössä oleva ja samalla myös yksinkertaisin perunan lämmitysmenetelmä on nostaa perunalaatikko varastosta lajittelutilaan lämpenemään muutamia päiviä ennen lajittelua. Menetelmä on kuitenkin hidas ja vaatii melko paljon tilaa.

Ulkomailla käytetään irtovarastoja, joita lämmitetään varaston tuuletusjärjestelmän avulla lämmittämällä imuilmaa kaasui- tai öljykäyttöisellä lämmittimellä. Tuuletusjärjestelmä täytyy olla suunniteltu siten, että ilman kierto voidaan suunnata vain osaan varastosta. Kerralla lämmitettävä perunamäärä on kuitenkin aina suhteellisen suuri ja perunan laatu voi heikentyä lämpimässä varastossa lajittelua odottaessa (de HAAN 1981).

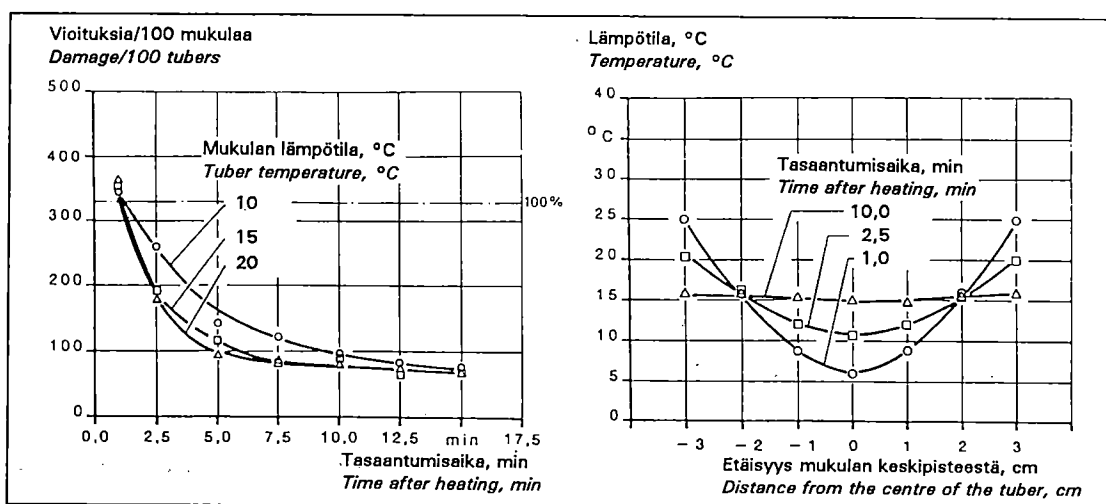
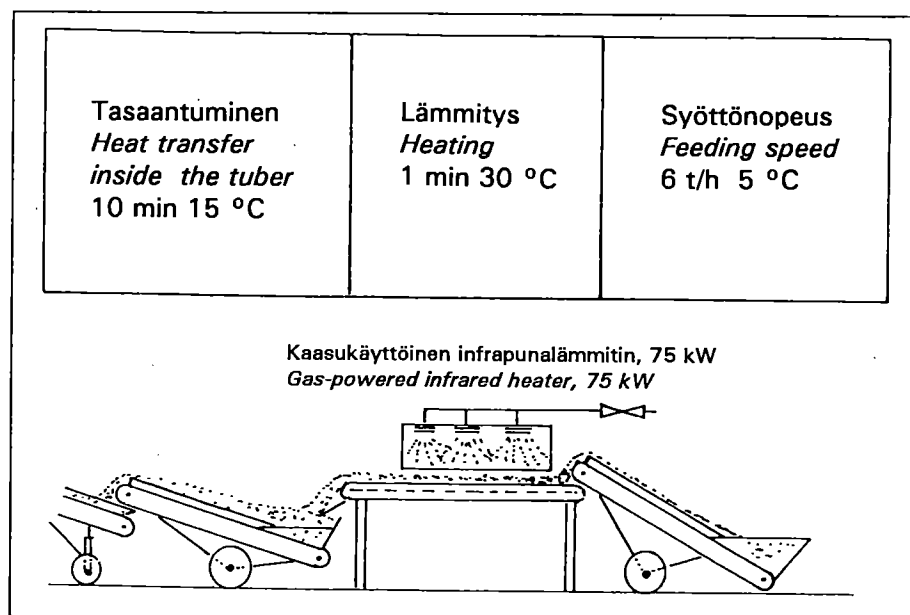
Saksassa on kehitetty perunoiden pikalämmitysmenetelmä, jolla lämmitetään perunoita lajitteluketjussa samalla kun niitä otetaan varastosta. Lämmitys ei nosta varastoon jäävien perunoiden lämpötilaa eikä siten aiheuta laatutappioita. Kuvassa 5 on kaavakuva pikalämmitysmenetelmästä. Lämmittimenä voidaan käyttää kaasukäyttöistä infrapunalämmittintä, kuuman ilman puhallusta perunakerroksen läpi tai mikroaaltolämmitystä (LEPPACK 1990).

Välittömästi pikalämmityksen jälkeen on lämpötilajakauma perunan sisällä erittäin epätasainen. Lämpötilan tasaantuminen lämmityksen jälkeen kestää noin 10 minuuttia. Tasaantumisen aikana perunoita ei pitäisi käsitellä, koska ne ovat erittäin herkkiä vioittumaan (LEPPACK 1990).



**Kuva 5.**  
Kaavakuva  
Dethlingenin  
tutkimusasemalla  
kokeillusta  
pikalämmitys-  
menetelmästä  
(LEPPACK  
1990).

**Picture 5.**  
*Infrared heat-  
ing system  
developed in  
Dethlingen  
Research Institu-  
te (LEPPACK  
1990).*



**Kuva 6.** Pikalämmitetyn perunan vioittuminen eri tasaantumisajoilla (vasemmalla) ja lämpötilajakauma perunan sisällä pikälämmityksen jälkeen (oikealla) (TRENCKMANN 1988).

**Picture 6.** *The effect of the time interval between heating and handling on tuber damage (left) and on temperature distribution inside the tuber (right) (TRENCKMANN 1988).*

Kuvassa 6 on esitetty perunan lämpötilajakauma pikälämmityksen jälkeen ja vioittumisalttius tasaantumisen aikana. Käytännössä tasaantuminen toteutetaan käyttämällä lämmityksen jälkeen toista syöttösuppiloa, missä perunoiden lämpötila tasaantuu (LEPPACK 1990).

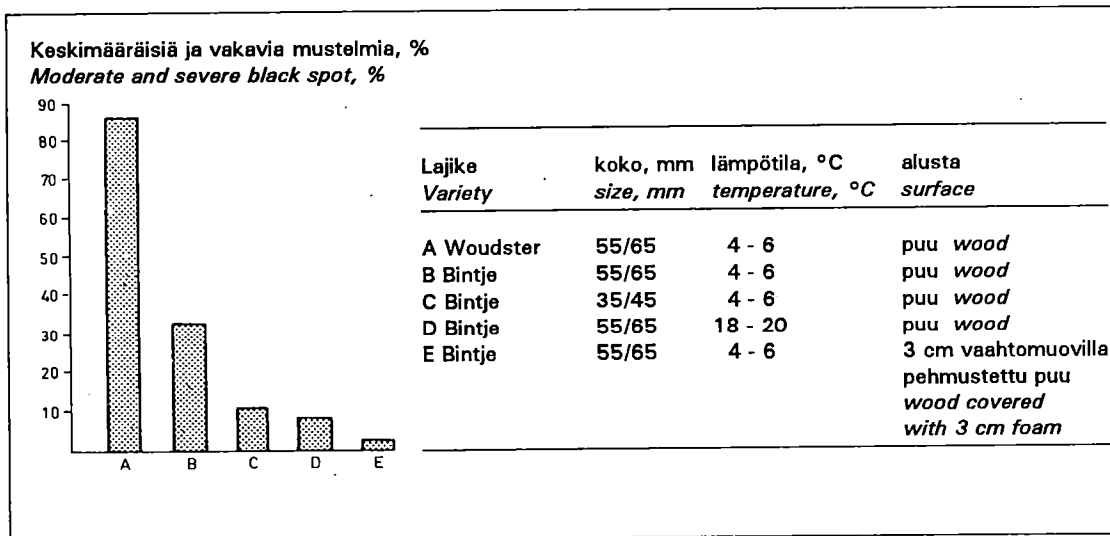
### 1.5. Perunan vioittuminen kauppakunnostuksessa

Merkittävä osa mekaanisista vioituksista muodostuu perunan kauppakunnostuksessa. ARNFELDTin ym. (1984) mukaan Tanskassa perunan kaikista mekaanisista vioituksista noin 25 % syntyy nostossa, 15-20 % varastoinnin aikana ja loput noin 55 %

lajittelussa ja pakkauksessa. LARSSON ja BENGSTSSONin (1987) mukaan Ruotsissa lajittelu aiheutti 37 % vakavista ja 25 % lievistä vioituksista. Pakkauksessa tuli saman tutkimuksen mukaan 30 % vakavista ja 10 % lievistä vioituksista. Vakaviin vioituksiin olivat syynä pääasiassa pudotukset. Pahimmat pudotukset olivat syöttösilon täytössä ja laatikkoon pakkauksessa. Lieviä vioituksia tuli mullanerotimessa, harjakoneessa ja lajittelukoneessa. Syitä lieviin vioituksiin olivat pudotukset, laitteiden terävät kulmat, perunan juuttuminen lajittelukoneen seuloihin tai putoaminen ohuen metalliseulan päälle.

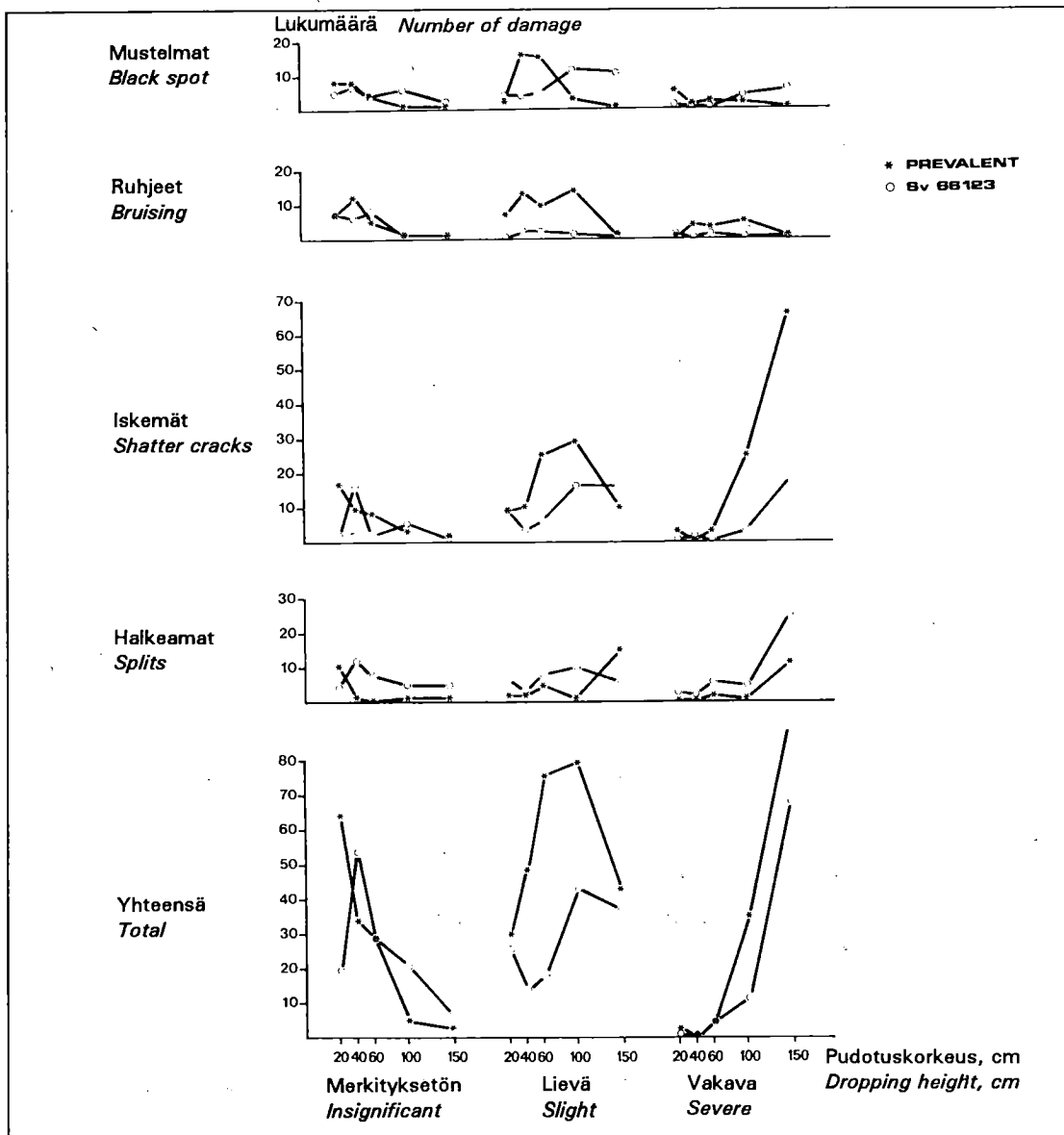
Perunan matka pellostä säkkiin on pitkä ja kulkee monen erilaisen laitteen kautta. Koska jokainen pudotus tai äkkinäinen suunnan muutos voi aiheuttaa perunaan vioituksen, on käsittelyketju pidettävä mahdollisimman lyhyenä (BISHOP ja MAUNDER 1980). Perunan vioittumiseen vaikuttavat sekä perunan yhteenlaskettu pudotuskorkeus lajitteluketjussa että pudotusten lukumäärä (MISENER ym. 1992). Jos lajitteluketjun laitteet on sijoitettu toisiinsa nähden 90° kulmaan, on kiinnitettävä erityistä huomiota siihen, että perunat eivät törmäile laitteiden metallisiin sivuseiniin (de HAAN 1981).

Suurin hyväksyttävä pudotuskorkeus riippuu perunalajikkeesta, perunan lämpötilasta ja pudotusalustan materiaalista. Kuvassa 7 on esitetty perunan mustelmoituminen vakioidulla pudotuskorkeudella, kun lajike, perunan lämpötila ja alustan materiaali vaihtelevat (de HAAN 1981).



**Kuva 7.** Perunan mustelmoituminen pudotuskorkeuden ollessa vakio, kun lajike, koko, lämpötila ja alustan materiaali vaihtelevat (de HAAN 1981).

**Picture 7.** Black spot damage as a result of dropping tests with different varieties, tuber sizes, temperatures and dropping surfaces. The dropping height was the same in A-E (de HAAN 1981).



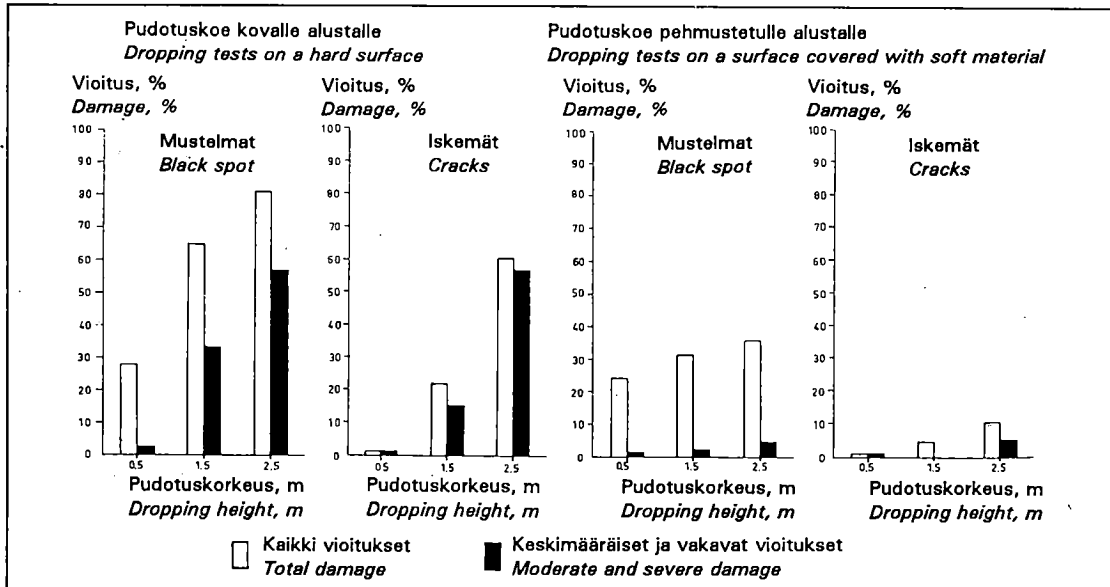
**Kuva 8.** Eriasteisten vioitusten määrä pudotuskorkeuksien vaihdella (UMÆRUS ja UMÆRUS 1976).

**Picture 8.** Amount and severity of damage at different drop heights (UMÆRUS and UMÆRUS 1976).

BISHOP ja MAUNDERin (1980) mukaan useimmissa tapauksissa vioituksilta vältytään, kun pudotuskorkeus kovalle alustalle on alle 250 mm ja perunoiden päälle alle 600 mm. UMÆRUS ja UMÆRUS (1976) vertailevat eri perunalajikkeiden vioittumisalttiutta pudotuskokeiden avulla ja toteavat lajikkeiden välisen eron ilmenevän jo 200 mm pudotuksessa. Saman tutkimuksen mukaan mustelmoitumisen ja ruhjeiden määrä pysyi melko vakiona pudotuskorkeuksien vaihdella, mutta halkeamien ja iskemien määrä lisääntyi nopeasti yli 400 mm pudotuksissa (kuva 8).

Jos pudotusalusta on kova, joutuu peruna absorboimaan kaiken törmäyksessä muodostuvan energian. Joustava ja pehmeä alusta sen sijaan absorboi ainakin osan energiasta itseensä. Kuvassa 9 on vertailtu mustelmien ja iskemien muodostumista pu-

dotettaessa perunat kovalle tai pehmeälle alustalle (de HAAN 1981). Van KEMPENin (1991) suorittamissa kokeissa todettiin pehmusteiden vähentävän perunoiden vioittumista jo 250 mm pudotuksissa. Sopiva pehmustusmateriaali on vaahtomuovi tai -kumi, joka on päällystetty kovalla pintakerroksella (de HAAN 1981). Kova pintakerros tekee pehmusteiden puhdistamisen mahdolliseksi. KAMPP (1991) suosittelee pehmusteeksi 25 - 30 mm vaahtokumia päällystettynä 5 mm kumilla.



**Kuva 9.** Mustelmien ja iskemien muodostuminen pehmeälle ja kovalle alustalle pudotettaessa (de HAAN 1981).

**Picture 9.** Amount of black spot and cracks in dropping tests on a hard surface and on a soft surface (de HAAN 1981).

## 1.6. Yhteenvedo kirjallisuudesta

Perunan vioittumien luokitteluun ja vioitusalttiuden määrittämiseen käytetään eri maissa hieman toisistaan poikkeavia menetelmiä. Yleistä standardia perunan vioitusalttiuden määrittämiseen ei ole onnistuttu kehittämään. Normaalialajittelukonetta käytettäessä vioitusten laatu ja määrä vastaavat hyvin perunoihin käytännössä tulevia vioituksia.

Useiden tutkimustulosten mukaan perunan lämpötilan nosto vähentää mustelmoitumisalttiutta. Perunan lämpötilaa voidaan nostaa lämmittämällä perunavarastoa tai siirtämällä peruna lämpimään tilaan ennen lajittelua. Saksassa on kehitetty perunan lämmitykseen lajitteluketjuun sopiva pikalämmitysmenetelmä. Pikalämmitys on nopea menetelmä, joka ei vie varastotilaa eikä alenna varastossa olevan perunan laatua. Pikalämmitys on kuitenkin vasta kokeiluasteella.

Lajitteluketjussa eniten mekaanisia vioituksia aiheuttavat eri laitteiden välillä olevat pudotukset. Vioittuminen on riippuvainen pudotusmatkasta ja pudotusalustasta. Jo 200 mm pudotus kovalle alustalle voi aiheuttaa mekaanisia vioituksia. Pehmustamalla lajitteluketjussa olevat pudotusalustat hyvin voidaan mekaanisia vioituksia lajittelussa vähentää huomattavasti.

## 2. TILAKYSELY

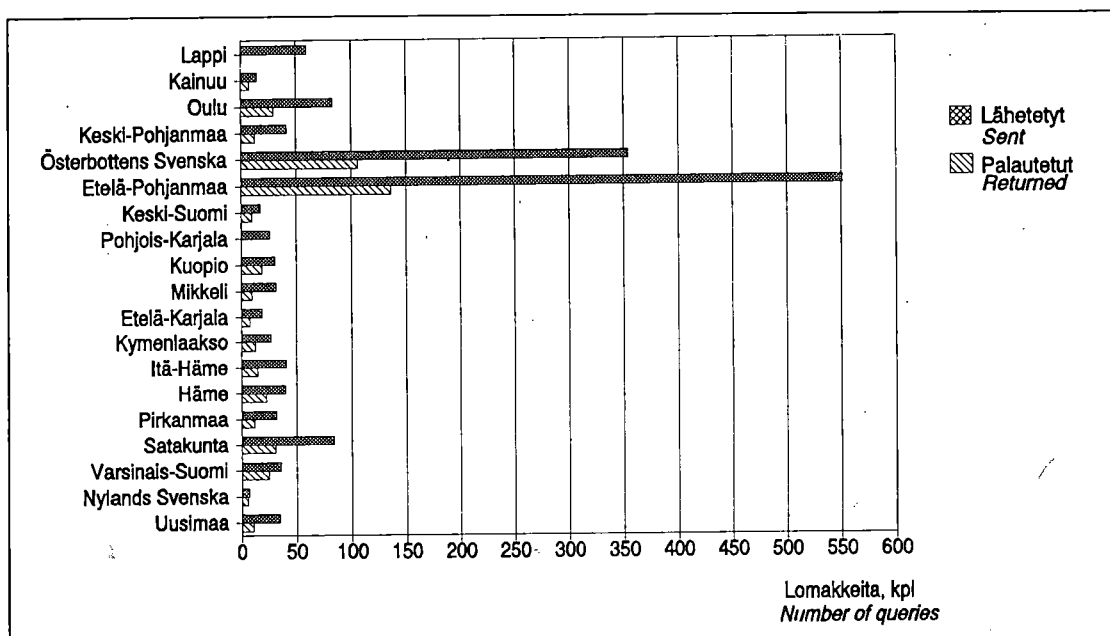
### 2.1. Yleistä

Tilakyselyn avulla kerättiin tietoa Suomessa perunan kauppakunnostuksessa käytettävistä menetelmistä ja koneista. Kyselyssä keskityttiin maatiloilla käytössä oleviin menetelmiin ja laitteisiin. Tilakyselyn avulla hankittiin tietoa myös kauppakunnostuksessa esiintyvistä käytännön ongelmista.

### 2.2. Toteutus

Tilakyselyä varten suunniteltiin kyselylomake (liite 1). Lomakkeen suunnittelussa käytettiin apuna Pellervo-seuran markkinatutkimuslaitoksen PERLA III -tutkimuksessa käytettyä haastattelulomaketta (RISSANEN ym. 1990). Lomake lähetettiin niille perunanviljelyyn erikoistuneille tiloille, joiden varastokapasiteetti oli yli 40 tn ja jotka olivat vastanneet Maaseutukeskusten liiton 15.1.1991 perunatilanteen selvitykseen. Tällaisia tiloja oli yhteensä 1533 kappaletta. Suurin osa tiloista sijaitsi Etelä-Pohjanmaan ja Österbottens Svenska -maaseutukeskuksien alueella (kuva 10). Lomakkeet postitettiin tiloille vuoden 1991 maaliskuun perunatilanteen selvityksen mukana. Maaseutukeskusten perunakonsulentit hoitivat oman alueensa lomakkeiden postituksen.

Lomakkeita palautettiin kevään kuluessa yhteensä 477 kappaletta. Keskimääräinen vastausprosentti oli siten 31 %. Täytettyjen lomakkeiden kokonaismäärä on 499, kun tilakäynneillä täytetyt lomakkeet otetaan huomioon. Otoksen katsottiin olevan riittävän laaja luotettavan kokonaiskuvan saamiseksi.



**Kuva 10.** Lähetetyt ja palautetut tilakyselylomakkeet maaseutukeskuksittain.  
**Picture 10.** Number of queries sent to potato growers and number of answers obtained, grouped by agricultural advisory center.

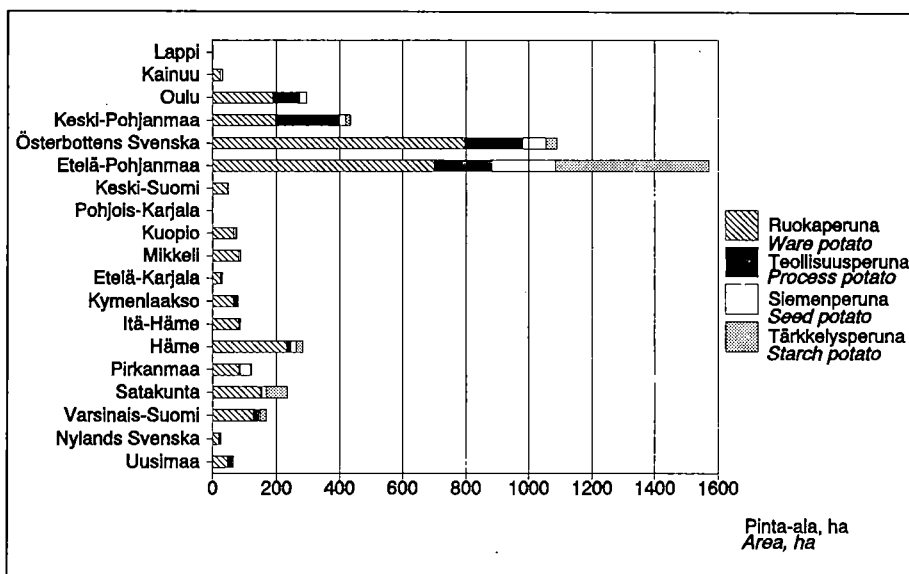
## 2.3. Tulokset

### 2.3.1 Perunanviljelyala

Kyselyyn vastanneiden tilojen keskipinta-ala on 27,2 ha, josta ruokaperunaa on keskimäärin 6,6 ha eli 22 % kokonaispeltoalasta (taulukko 1). Ruokateollisuusperunan, tärkkelysperunan ja siemenperunan yhteenlaskettu osuus on 14 % peltoalasta. Kokonaispeltoala sisältää sekä omat että vuokratut pellot.

**Taulukko 1.** Kyselyyn vastanneiden tilojen perunanviljelyalat suhteessa tilan kokonaispinta-alaan.  
**Table 1.** Potato acreage compared to total acreage on potato farms.

Pellon käyttö <i>Use of fields</i>	Keskimääräinen pinta-ala, ha <i>Average acreage, ha</i>	Vastauksia, kpl <i>Number of answers</i>	Pinta-ala yh- teensä, ha <i>Cumulative acreage, ha</i>	Osuus kokonais- alasta, % <i>Percentage of total acreage</i>
Kokonaispinta-ala <i>Total acreage</i>	27,2	484	13165	100
Ruokaperunaa <i>Ware potato</i>	6,6	443	2924	22
Ruokateollisuusperunaa <i>Process potato</i>	6,7	109	730	6
Siemenperunaa <i>Seed potato</i>	1,8	236	425	3
Tärkkelysperunaa <i>Starch potato</i>	5,0	133	665	5
Muita kasveja (arvio) <i>Other plants (estimated)</i>	-	-	8421	64



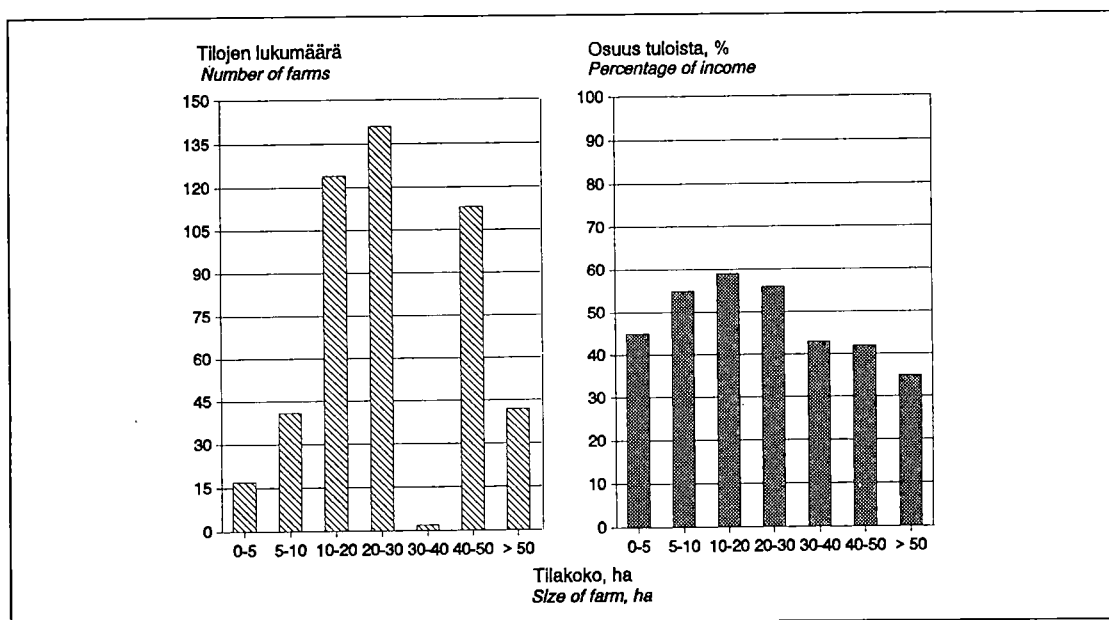
**Kuva 11.** Perunan yhteenlaskettu viljelyala käytötarkoituksen mukaan jaoteltuna maaseutukeskuksittain.  
**Picture 11.** Total potato area grouped by usage of potato in the districts of different agricultural centers.

Kuvassa 11 on esitetty perunan viljelyalat käyttötarkoituksen mukaan jaoteltuna eri maaseutukeskuksissa. Viljelyalat on saatu laskemalla yhteen palautetuista lomakkeista saadut pinta-alat. Palautusprosentti vaikuttaa jonkin verran tulokseen. Pohjanmaan alueella palautusprosentti oli hieman keskimääräistä huonompi (kuva 10).

Valtaosa ruokaperunasta viljellään Pohjanmaalla. Alueella viljellään paljon myös ruokateollisuus- ja tärkkelysperunaa. Etelä- ja Keski-Pohjanmaalla ruokaperunan osuus on noin 50 % koko peruna-alasta. Muualla ruokaperunan osuus peruna-alasta on kuitenkin selvästi suurempi.

Kyselyn kanssa samanaikaisesti lähetettyyn Maaseutukeskusten liiton maanperunatilanteen selvitykseen 15.3.1991 vastanneiden tilojen yhteenlaskettu ruokaperuna- ja siemenperuna-ala oli koko maassa keskimäärin 5,3 ha, joka on selvästi pienempi kuin tämän tutkimuksen keskimääräinen peruna-ala (taulukko 1). Tämä voi johtua siitä, että vain aktiivisimmat ja samalla myös enemmän perunaa viljelevät viljelijät ovat täyttäneet tilahaastattelulomakkeen.

Suurimmalla osalla viljelijä-pakkaajista on käytössä 10 - 30 ha peltoa, joskin myös suurempia, yli 40 ha tiloja oli paljon (kuva 12).



**Kuva 12.** Tilojen jakautuminen eri kokoluokkiin ja perunan viljelyn ja kauppakunnostuksen osuus kokonaistuloista tilakoon mukaan.

**Picture 12.** The distribution of farm size and income from potato cultivating and grading compared to total income on farms of different size.

30 - 40 ha tiloja ei otokseen sattunut kuin kaksi. Perunan viljelyn sekä lajittelun ja pakkaustoiminnan osuudeksi tilan kokonaistuloista ilmoitettiin lukuja nolasta sataan prosenttiin keskiarvon ollessa 51 %. Tutkimukseen vastanneiden joukossa oli muutama varsinainen pakkaamo tai yhteisvarasto, joilla ei ole omaa peltoa käytössä. Perunan viljelyn osuus tilan kokonaistuloista vaihteli jonkin verran tilakoon mukaan ja on pienin suurimmilla tiloilla ja suurin keskikokoisilla tiloilla (kuva 12).

### 2.3.2. Perunavarasto

Laatikkovarasto on yleisin varasto 65 %:n osuudella (taulukko 2). Vuokra- tai yhteisvarastojen osuus oli pieni. Koska näiden varastojen osuutta ei erikseen kysytty, todellinen luku voi olla jonkin verran suurempi.

**Taulukko 2.** Perunavaraston tyyppi ja keskimääräinen kapasiteetti.

*Table 2. Type and average size of potato stores.*

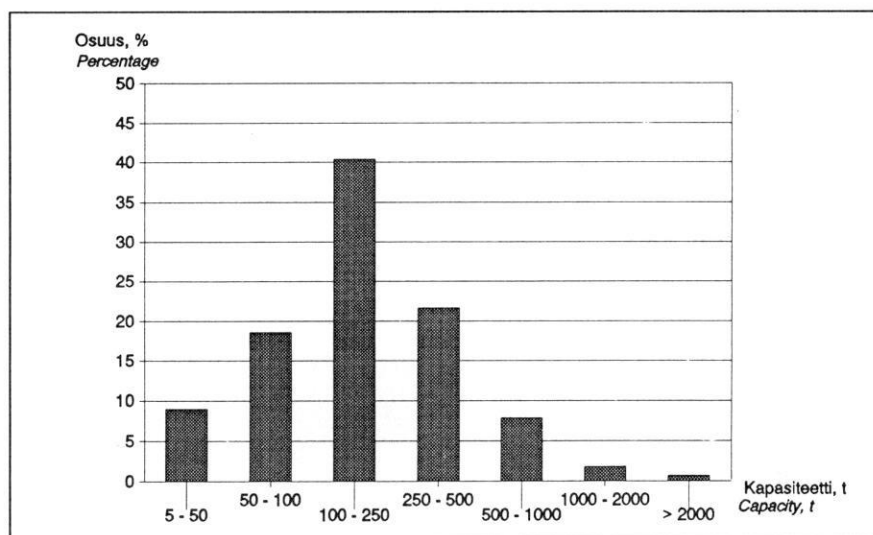
Varaston tyyppi <i>Type of store</i>	Varastoja, kpl <i>Number of stores</i>	Osuus, % <i>Percentage</i>	Keskimääräinen kapasiteetti, t <i>Average size, tons</i>
Laatikkovarasto <i>Pallet box store</i>	325	65	263
Irtovarasto <i>Bulk store</i>	76	15	125
Irto- ja laatikkovarasto <i>Combined pallet box and bulk store</i>	64	13	290
Vuokravarasto <i>Rented store</i>	9	2	-
Tieto puuttuu <i>Missing information</i>	25	5	-
Yhteensä <i>Total</i>	499	100	260

Perunavaraston keskimääräinen varastointikapasiteetti on 260 tonnia. Yhdistetyt irtto- ja laatikkovarastot ovat keskimäärin suurimpia ja irtovarastot pienimpiä. Suurimmat varastot olivat laatikkovarastoja. Kuvassa 13 on esitetty perunavarastojen kokoja-kauma. Suuri osa varastoista eli noin 40 % sijoittuu luokkaan 100 - 250 tonnia. Osa yli 1000 tonnin varastoista kuuluu näille yrityksille, mutta suuria varastoja on myös viljelijäpakkajaajien omistuksessa.

Yleisin tuuletusjärjestelmä varastoissa on seinätuuletus, jota käytetään 30 %:ssa varastoista ainoana järjestelmänä ja lisäksi 13 %:ssa tapauksista muiden järjestelmien ohella (taulukko 3). Neljänneksessä varastoista ei ole kiinteää tuuletusjärjestelmää, vaan tuuletus hoidetaan siirrettävillä puhaltimilla. Tähän vaikuttaa todennäköisesti systeemin edullisuus ja se, että osa varastoista on tehty tilalla oleviin vanhoihin rakennuksiin kuten navettoihin. Noin 20 %:ssa vastauksiin oli merkitty useampi kuin yksi vaihtoehto. Siirrettäviä puhaltimia käytetään usein muiden järjestelmien yhteydessä. Tämä johtunee siitä, että varastoa on laajennettu jälkikäteen tai alkuperäinen tuuletus on todettu riittämättömäksi.



**Kuva 13.**  
Perunavarastojen  
kokojakauma.  
**Picture 13.**  
The size  
distribution of  
potato stores.

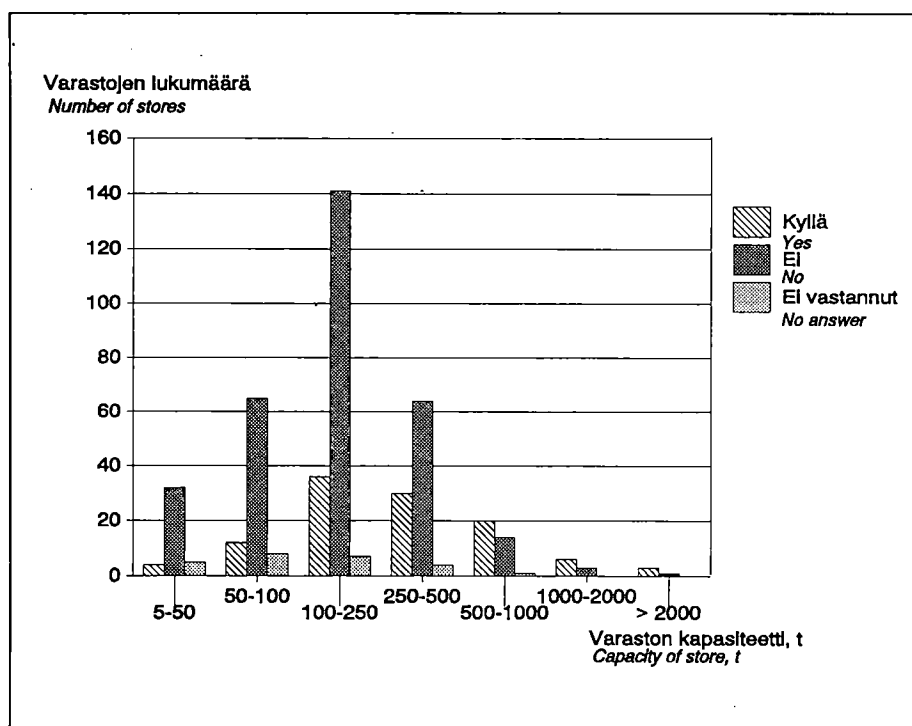


**Taulukko 3.** Perunavaraston tuuletusjärjestelmät.  
**Table 3.** Ventilation systems in potato stores.

Tuuletusjärjestelmä <i>Ventilation systems</i>	Vastauksia, kpl <i>Number of answers</i>	Osuus, % <i>Percentage</i>
Seinätuuletus <i>Wall ventilation</i>	151	30
Lattiatuuletus <i>Floor ventilation</i>	81	16
Siirrettävät puhaltimet <i>Portable fans</i>	127	26
Seinä- ja lattiatuuletus <i>Wall and floor ventilation</i>	13	3
Seinätuuletus ja siirrettävät puhaltimet <i>Wall ventilation and portable fans</i>	50	10
Lattiatuuletus ja siirrettävät puhaltimet <i>Floor ventilation and portable fans</i>	41	8
Ei vastannut <i>Missing information</i>	36	7
Yhteensä <i>Total</i>	499	100

Laatikkovarastoissa seinätuuletus on yleisin järjestelmä 40 % osuudella. Seuraavaksi yleisin tuuletusjärjestelmä oli siirrettävät puhaltimet (noin 30 % osuus). Noin 10 % laatikkovarastoista on varustettu lattiatuuletuksella. Entisiä irtovarastoja on todennäköisesti muutettu laatikkovarastoiksi. Irtovarastoissa on tavallisimmin joko lattiatuuletus (30 %) tai siirrettävät puhaltimet (30 %), mutta myös seinätuuletuksella käytettiin osassa (15 %) irtovarastoja.

Kokoluokassa 100 - 250 tonnia sekä seinätuuletusjärjestelmien että siirrettävien puhaltimien osuus oli noin 30 %. Lattiatuuletuksen osuus oli noin 20 %. Tätä pienemmissä varastoissa yleisin tuuletusjärjestelmä oli siirrettävät puhaltimet. Suuremmissa varastoissa seinätuuletus oli yleisin järjestelmä. Lattiatuuletuksen osuus oli 25 % 500 - 1000 tonnin varastoissa. Isommissa varastoissa olivat myös automaattinen ilmastointi (kuva 14) ja koneellinen jäähdytyslaitteisto tavallisia.



**Kuva 14.**  
Automaattisen ilmastoinnin yleisyys erikoisissa perunavarastoissa.  
*Picture 14.*  
*Automatic ventilation systems in potato stores.*

### 2.3.3. Perunan lajittelutapa ja lajittelutilat

Perunat lajitellaan pääosin koneella, mutta noin 10 % vastanneista ilmoitti lajittelevansa perunat käsin (taulukko 4). Käsin pakataan vuodessa keskimäärin 53 tonnia perunaa tilaa kohti, kun koneellisesti pakataan 167 tonnia. Käsin lajittelevilla oli viljelyssä keskimäärin 3,3 ha ja koneella lajittelevilla keskimäärin 7,3 ha ruokaperunaa.

Vastanneista 20 % ilmoitti kauppakunnostavansa myös muuta kuin itse viljeltyä perunaa. Nämä 20 % kauppakunnostivat muuta kuin omaa perunaa keskimäärin 160 tonnia ja perunaa kaikkiaan keskimäärin 190 tonnia vuodessa. Vastaavasti 77 % vastaajista ilmoitti, että tilalla kunnostetaan vain omaa perunaa. Näillä tiloilla pakattiin vuodessa keskimäärin 130 tonnia perunaa eli noin 30 % vähemmän kuin myös vierasta perunaa kunnostavilla.

Erillinen lajittelutila on joka toisessa perunavarastossa (taulukko 5). Lajittelutilan keskimääräinen koko on noin 80 m<sup>2</sup>. Lajittelutilan koko on suhteessa varaston kokoon. Lajittelutila on yleisempi suuremmissa varastoissa. Lajittelutilan koko verrattuna perunavaraston kapasiteettiin noudattaa karkeasti kuvassa 15 esitettyä käyrää. Käyrä on piirretty perunavarastojen kokoluokkien keskiarvoja käyttämällä.

**Taulukko 4.** Perunan lajittelutapa verrattuna keskimääräiseen pakkausmäärään vuodessa.*Table 4. Sorting method of potato compared to average amount of potato packed per year.*

Lajittelutapa <i>Sorting method</i>	Vastauksia, kpl <i>Number of answers</i>	Osuus, % <i>Percentage</i>	Keskimääräinen pakkausmäärä vuodessa, t <i>Average tons packed per year</i>
Käsin lajittelu <i>Sorting by hand</i>	48	10	53
Koneellinen lajittelu <i>Sorting by machine</i>	388	78	167
Käsin ja koneella lajiteltu <i>Sorting by hand and machine</i>	28	5	82
Ei vastannut <i>No answer</i>	35	7	68
Yhteensä <i>Total</i>	499	100	151

**Taulukko 5.** Erillisen lajittelutilan yleisyys ja keskimääräinen pakkausmäärä vuodessa.*Table 5. Separate sorting rooms in potato stores and average amount of potato packed per year.*

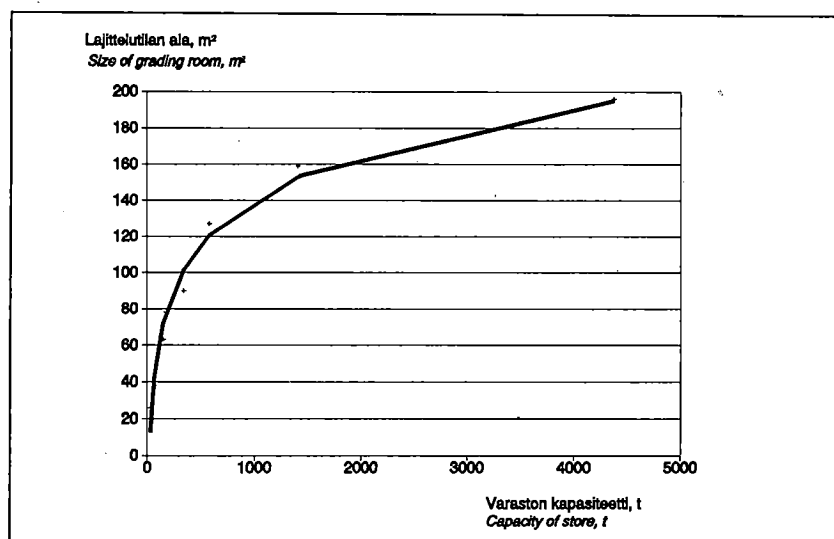
Erillinen lajittelutila <i>Separate sorting room</i>	Vastauksia, kpl <i>Number of answers</i>	Osuus, % <i>Percentage</i>	Keskimääräinen pakkausmäärä vuodessa, t <i>Average quantity packed per year, t</i>
On <i>Yes</i>	259	52	190
Ei <i>No</i>	202	40	96
Ei vastannut <i>No answer</i>	38	8	54
Yhteensä <i>Total</i>	499	100	151

Kuva 15.

Lajittelutilan pinta-ala eri kokoisissa varastoissa.

Picture 15.

Area of sorting room in potato stores of different size.



### 2.3.4. Perunan käsittely ennen lajittelua

#### 2.3.4.1. Perunan lämmitys

Suoraan varastosta otettuun perunaan tulee lajittelussa helposti mekaanisia vioituksia. Perunan lämpötilan nostaminen 10 - 12 °C:seen vähentää monien tutkimusten mukaan erityisesti mustelmoitumista.

Taulukko 6. Perunan lämmitys ennen lajittelua yhteydessä.

Table 6. Heating of potatoes before sorting.

Perunan lämmitys Heating of potatoes	Lämmitystapa Heating method				Yhteensä Total	
	Lajittelutila Temporary storing in sorting room	Erillinen lämmitin Portable heater	Ei läm- mistystä No heating	Ei vastannut No answer	Kpl Number	%
Kyllä Yes	46	32	-	6	84	17
Joskus Sometimes	4	4	-	2	10	2
Ei No	-	-	360	-	360	72
Ei vastannut No answer	-	-	-	45	45	9
Yhteensä Total	Kpl Number	50	36	360	53	499
	%	10	7	72	11	100

Vastaajista 17 % ilmoitti lämmittävänsä perunaa ennen lajittelua (taulukko 6). Yleisin tapa lämmittää perunoita on siirtää ne lajittelutilaan lämpiämään. Toinen tapa on käyttää erillistä lämmitintä, joka tavallisesti on sähköllä toimiva lämpöpuhallin.

Vastauksista ei ilmennyt onko perunan lämmitykseen käytetty lämpöpuhallin sama kuin lajittelutilan lämmitin. Lämmitys onnistuu näillä tekniikoilla parhaiten laatikkovarastossa. Lämmittäjistä 95 %:lla olikin laatikkovarasto tai yhdistetty laatikko- ja irtovarasto.

Lämmityksessä käytetyt lämpötilat ja lämmitysajat olivat hyvin samanlaisia käytetystä lämmitysmenetelmästä riippumatta. Lämmitysaika vaihteli muutamasta tunnista kolmeen vuorokauteen ollen keskimäärin yksi vuorokausi. Neljä tilaa ilmoitti viikkoa pitemmän lämmitysajan. Lämpötila oli 7 - 15 °C ja keskimäärin se oli 10 °C.

#### 2.3.4.2. Märkämätäisten perunoiden poisto lajitteluketjun alussa

Lajiteltaessa märkämätäiset perunat levittävät tartuntaa terveisiin perunoihin sekä suoraan kosketuksen kautta että likaamalla lajittelukoneen. Tämän vuoksi märkämätäisten perunoiden poistaminen heti lajitteluketjun alussa on erittäin tärkeää. Kyselyyn vastanneista suurin osa ilmoittikin poistavansa märkämätäiset perunat ennen lajittelua (taulukko 7). Toisaalta noin viidennes ei tätä tee.

Taulukko 7. Märkämätäisten perunoiden poistaminen lajitteluketjun alussa.

Table 7. Pre-sorting of tubers infected by soft rot.

Märkämätäisten käsittely <i>Pre-sorting of infected tubers</i>	Vastauksia, kpl <i>Number of answers</i>	Osuus, % <i>Percentage</i>
Kyllä <i>Yes</i>	356	71
Tarvittaessa <i>If necessary</i>	6	1
Ei <i>No</i>	84	17
Ei vastannut <i>No answer</i>	53	11
Yhteensä <i>Total</i>	499	100

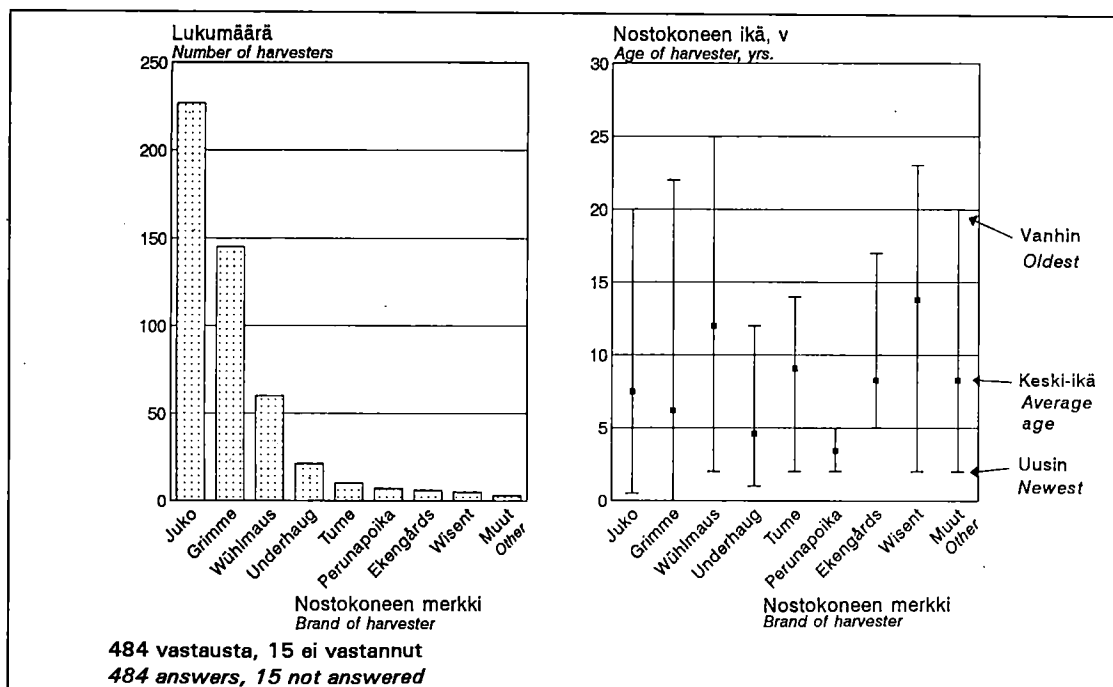
#### 2.3.5. Perunan kauppakunnostuksessa käytettävät koneet ja laitteet

##### 2.3.5.1. Perunan nosto

Nostokoneiden merkkijakauma on nähtävissä kuvassa 16. Juko-, Grimme- tai Wühlmaus -merkkinen kone on 87 %:lla vastanneista. Näistä kolmesta Juko on yleisin 45 % osuudellaan. Yleisin malli on Teho-Juko, joita on 60 % kaikista Jukoista. Uudempia Maximat- ja Supermat -malleja on 21 %:lla Jukon omistajista. Grimmellä suosituimmat mallit ovat 650 (41 %) ja 700 (20 %).

Nostokoneiden keskimääräinen ikä on 7,6 vuotta. Merkkikohtainen ikäjakauma on ilmoitettu kuvassa 16. Vanhimmat käytössä olevat koneet ovat yli 20 vuotta vanhoja. Jakauma kertoo myös nostokoneiden nykyisestä markkinatilanteesta.

Kaksi nostokonetta oli 7 %:lla vastanneista. Kakkoskoneen keskimääräinen ikä on 9,3 vuotta. Kaksi nostokonetta omistavilla oli keskimäärin 11,9 ha ruokaperunaa, kun yhden koneen omistavilla ruokaperuna-ala oli keskimäärin 6,2 ha.



**Kuva 16.** Nostokoneiden merkki- ja ikäjakauma. Ei vastausta tarkoittaa yleensä, että kone puuttuu.

**Picture 16.** Brand and age distribution of potato harvesters. Missing usually stands for no harvester.

### 2.3.5.2. Varastosta otto ja syöttö lajittelukoneelle

Peruna otetaan laatikkovarastosta tavallisesti trukin avulla. Irtovarastosta perunaa voidaan ottaa monellakin eri tavalla. Käytännössä peruna otetaan irtovarastosta käsin talikolla tai sitten koneellisesti trukki- tai lumikauhalla (taulukko 8).

**Taulukko 8.** Perunan varastostaottomenetelmät irtovarastoissa sekä yhdistetyissä irto- ja laatikkovarastoissa.

**Table 8.** Potato unloading methods in bulk stores and combined bulk and pallet-box stores.

Varastostaottomenetelmä Unloading method	Vastauksia, kpl Number of answers	Osuus, % Percentage
Käsin, talikko By hand, pitchfork	65	46
Koneella, kuormain By machine, loader	52	37
Ei tietoa Unknown method	23	17
<b>Yhteensä</b> <b>Total</b>	<b>140</b>	<b>100</b>

Varastosta otto käsityövälinein on hyvin yleistä pienissä noin 100 tonnin irtovarastoissa. Talikon lisäksi joissakin varastoissa irtoperunaa siirretään myös jonkin astian tai säkin avulla. Konevoimaa käytetään pääasiassa suuremmissa, keskikooltaan noin 400 tonnin varastoissa. Nämä ovat tavallisesti yhdistettyjä irto- ja laatikkovarastoja, joten niissä on yleensä myös trukki laatikoiden siirtelyä varten.

Suurimmalla osalla perunanviljelijöistä on käytössä ainakin yksi trukki (taulukko 9). Viidellä prosentilla vastaajista on käytössään kaksi trukkia. Yleisin trukkityyppi on kaasutrukki. Taulukossa käsikäyttöinen trukki tarkoittaa työnnettävää trukkihaarukkaa. Kohta dieseltrukki sisältää myös traktorit.

**Taulukko 9.** Perunavarastoissa käytössä olevat trukkityypit.

*Table 9. Types of fork lift trucks used in potato stores*

Trukin tyyppi <i>Truck type</i>	Kaasu- trukki <i>Gas truck</i>	Sähkö- trukki <i>Electric truck</i>	Diesel- trukki <i>Diesel truck</i>	Käsi- käyt- töinen <i>Hand truck</i>	Ei trukkia <i>No truck</i>	Tunte- maton Type <i>unknown</i>	Ei vastannut <i>No answer</i>	Yhteen- sä <i>Total</i>
Vastauksia, kpl <i>Number of answers</i>	214	102	44	12	77	3	47	499
Osuus, % <i>Percentage</i>	43	21	9	2	15	1	9	100

Trukeista käyttäjän terveyden kannalta paras on sähkötrukki. Se on myös kallein vaihtoehto. Terveyden kannalta huonoin vaihtoehto on dieseltrukki tai traktori, koska niiden tuottamat pakokaasut pilaavat pakkaamon hengitysilman. Myös huonosti toimiva kaasutrukki tuottaa ilmaan palamisjätteitä.

Vastaajista 15 % ilmoitti, että heillä ei ole trukkia. Näistä 70 %:lla on irtovarasto, jossa trukkia ei välttämättä tarvita. Kuitenkin myös muutamassa (14 kpl) pienessä laatikkovarastossa ei ilmoituksen mukaan ollut trukkia. Jonkinlainen laite laatikoiden siirtoon kuitenkin tarvitaan, joten näissä varastoissa on todennäköisesti käytössä traktoriin sovitettava kaatolaite.

Pakkaamoissa on tavallisesti syöttösiilo ja sen yhteydessä syöttölaite, joiden avulla peruna voidaan annostella tasaisesti lajittelukoneelle. Syöttösiilo täytetään laatikkovarastoissa kippaamalla täysinäinen laatikko siiloon joko trukin tai siilon yhteydessä olevan laatikon kaatolaitteen avulla. Irtovarastoissa siilo täytetään tavallisesti kuormaimella. Varastoissa, joissa peruna siirretään käsityönä talikolla, ei syöttösiiloa tai syöttölaitetta ole välttämättä lainkaan.

Kyselylomakkeessa ei kysytty syöttösiilon merkkiä, vaan pelkästään siilon materiaalia. Vastausvaihtoehdot olivat puu, metalli/vaneri, pressu, pressu/vaneri jne. Tulosten laskennassa on esimerkiksi yhdistelmässä "pressu/vaneri" pressu oletettu suppilon materiaaliksi ja vaneri pystyseiniä materiaaliksi. Tavallisimmat materiaalit ovat puu ja metalli (taulukko 10).

**Taulukko 10.** Syöttösiilon pohjakartion materiaali.**Table 10.** *Material used in the bottom cone of the feed hopper.*

Materiaali <i>Material</i>	Metalli <i>Metal</i>	Puu/vaneri <i>Wood/ply-wood</i>	Pressu/ muovi <i>Tarpaulin/ plastic</i>	Siilo puuttuu <i>No feed hopper</i>	Ei vastannut <i>No answer</i>	Yhteensä <i>Total</i>
Vastauksia, kpl <i>Number of answers</i>	111	135	53	2	198	499
Osuus, % <i>Percentage</i>	22	27	11	< 1	40	100

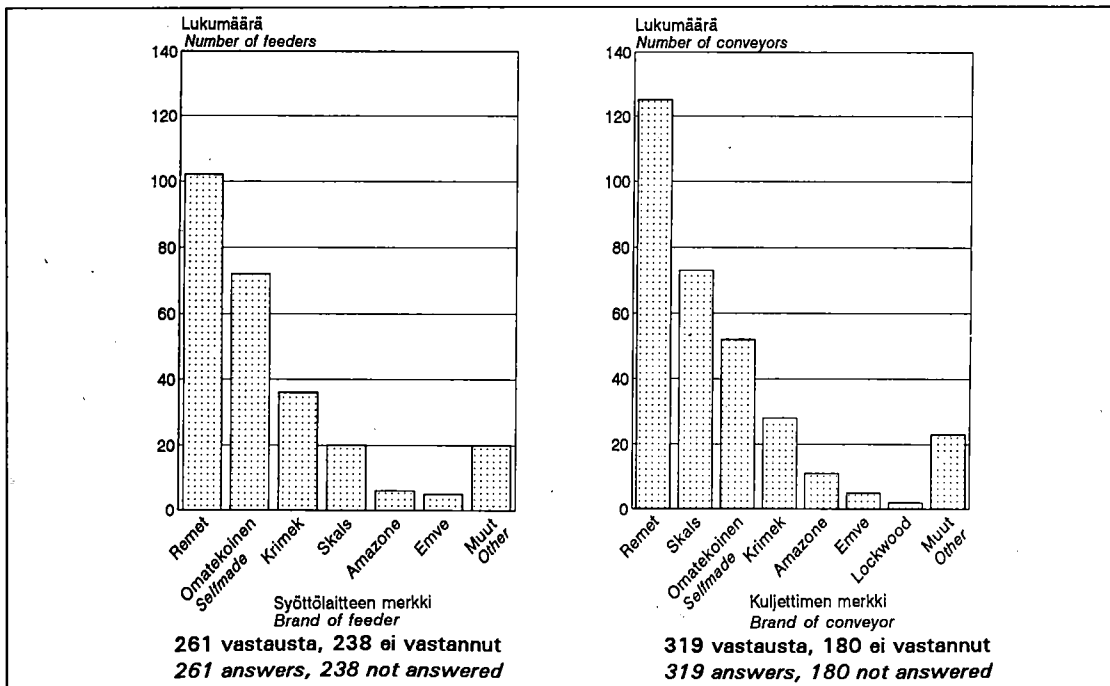
Perunan matka laatikosta syöttösiilon pohjalle on varsin pitkä, joten kovapintaisten puu- ja metallisiilojen pehmustaminen olisi tarpeellista. Alle puolet syöttösiiloista oli pehmustettu (taulukko 11). Siilon materiaali ei näyttänyt vastausten perusteella vaikuttavan pehmusteiden olemassaoloon eli metallisiiloissa ilmoitettiin olevan pehmusteita yhtä useasti kuin pressusiiloissakin.

**Taulukko 11.** Syöttösiilon pehmustus.**Table 11.** *Use of padding in the feed hopper.*

Syöttösiilon pehmustus <i>Use of padding</i>	Vastauksia, kpl <i>Number of answers</i>	Osuus, % <i>Percentage</i>
Kyllä <i>Yes</i>	228	46
Ei <i>No</i>	120	24
Ei vastannut <i>Not answered</i>	151	30
Yhteensä <i>Total</i>	499	100

Kuvassa 17 on esitetty syöttölaitteiden ja kuljettimien merkkijakauma. Omatekoisten syöttölaitteiden ja kuljettimien osuus on melko suuri. Syöttölaitteen merkkiä koskevaan kysymykseen vastasi vain puolet pakkaajista. Osittain tämä voi johtua siitä, että osalta viljelijöistä syöttölaite puuttuu ja toisaalta viljelijöillä on paljon omatekoisia syöttölaitteita.





Kuva 17. Syöttölaitteen ja kuljettimien merkijakauma.

Picture 17. Brand distribution of feeders and conveyors.

### 2.3.5.3. Lajittelu ja harjaus

Yleisin lajittelukonetyyppi Suomessa on edestakaisin liikkuvilla verkkoseuloilla varustettu seulalajittelukone (taulukko 12). Seulat voivat olla joko metallia tai muovipinnoitettuja. Nopeaa edestakaista liikettä tekevät metalliseulat voivat vahingoittaa perunoita. Metalliseulat olivat käytössä 30 %:ssa seulalajittelukoneista. Hellävaraisemmat muovipintaiset seulat oli 50 %:ssa koneista. Lopuissa 20 %:ssa oli sekä metallisia että muovipintaisia seuloja.

Toiseksi yleisin konetyyppi on kiekkolajittelukone. Kalliimpia, täristävällä tai pyörivällä verkkoseulalla varustettuja koneita oli vain 1 %:lla vastanneista. Tällaisia koneita onkin lähinnä vain isoilla pakkaamoilla.

Taulukko 12. Lajittelukoneiden tyyppi.

Table 12. Types of potato graders.

Seulan tyyppi Type of screen	Kiekkoseula Roller grader	Verkkoseula Shaking screen	Täristävä seula Shock screen	Pyörivä seula Roller-type screen	Rumpuseula Drum screen	Ei vastausta No answer	Yhteensä Total
Vastauksia, kpl Number of answers	168	254	3	3	6	88	522
Osuus, % Percentage	32	49	< 1	< 1	1	17	100

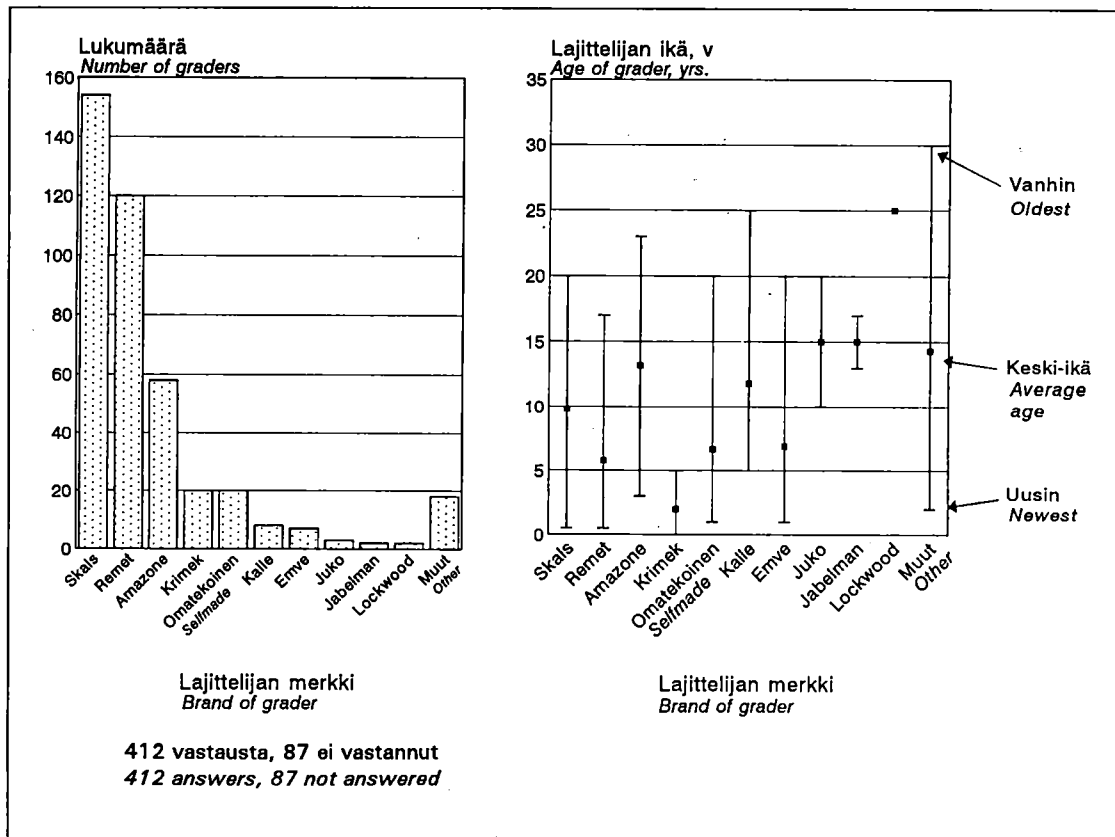
Kuvassa 18 on lajittelukoneiden merkki- ja ikäjakauma. Kolme yleisintä merkkiä kattavat 67 % pakkaamoista. Kuvan oikeanpuoleisessa osassa on koneiden keski-ikä ja ikäjakauma. Kaikkien lajittelukoneiden keski-ikä on 8,9 vuotta. Ikäjakaumasta voidaan todeta, että lajittelukoneen keskimääräinen käyttöikä on varsin pitkä, sillä hyvin vanhojakin koneita on yhä käytössä.

Vajaassa 40 %:ssa pakkaamoista on harjakone (taulukko 13). Harjakoneen tarve riippuu hyvin paljon maalajista. Jos perunat ovat hyvin multaisia, harjakone on melkein välttämätön.

**Taulukko 13.** Harjakoneen yleisyys pakkaamoissa.

*Table 13. Use of brusher in packing lines.*

	Harjakone <i>Brusher</i>	Ei harjakonetta <i>No brusher</i>	Ei vastannut <i>No answer</i>	Yhteensä <i>Total</i>
Vastauksia, kpl <i>Number of answers</i>	190	257	52	499
Osuus, % <i>Percentage</i>	38	52	10	100



**Kuva 18.** Lajittelukoneiden merkki- ja ikäjakaumat.  
*Picture 18. Brand and age distribution of potato graders.*

Vialliset perunat erotellaan pakattavista perunoista rullapöydällä. Työskentely on helpompaa, jos rullat pyörivät ja rullamatto samalla liikkuu eteenpäin. Pyörivät rullat kääntävät perunat, jolloin viallisten mukuloiden löytäminen helpottuu. Liikkuva rullamatto taas estää perunoiden paikallaan pyörimisen. Uusissa rullapöydissä nämä ominaisuudet ovat poikkeuksetta.

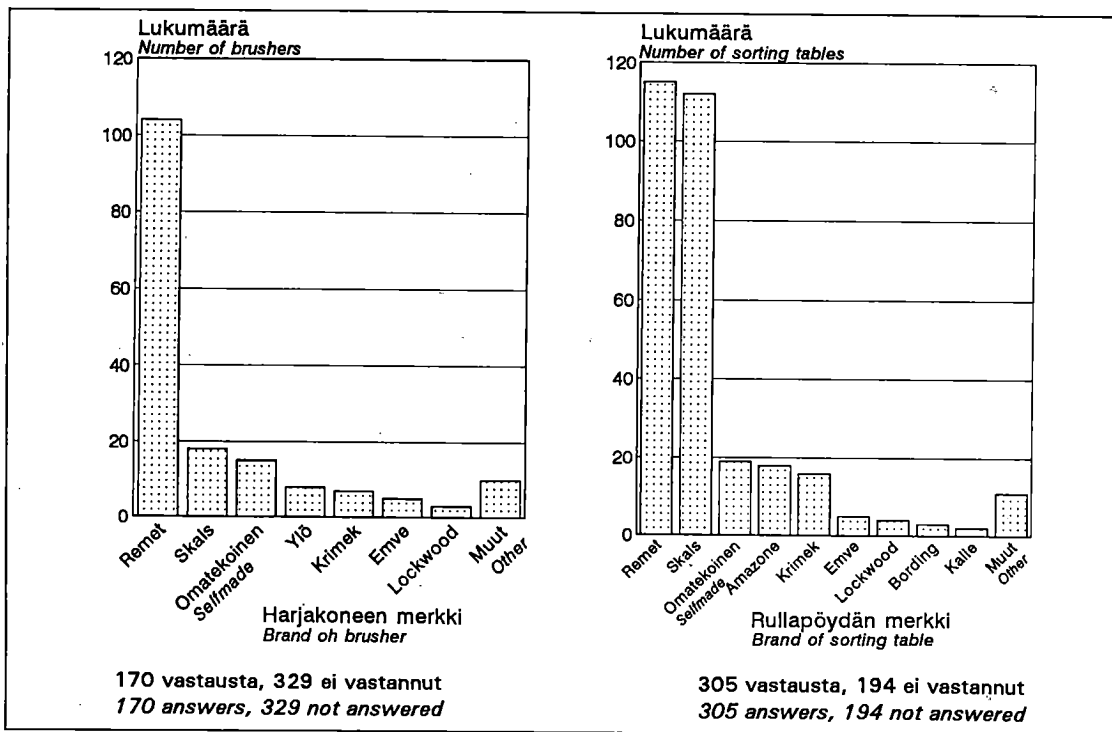
Tiloilla on kuitenkin käytössä vanhoja ja omatekoisia rullapöytiä, joista joko rullien pyörimisliike tai rullamaton liike puuttuu (taulukko 14). Taulukon mukaan 20 % rullapöydistä on varustettu paikallaan pyörivillä rullilla. Näin suuri osuus voi johtua siitä, että kyseessä olevissa pakkaamoissa ei ole lainkaan varsinaista rullapöytää, vaan käsinlajittelutason muodostaa esimerkiksi kiekkolajittelukoneen yhteydessä oleva rullasto. Taulukossa on 19 tapausta kohdassa, jossa rullat eivät pyöri eivätkä liiku. Näissä tapauksissa osalta vastaajista rullapöytä puuttuu, osalla on jokin muun tyyppinen kuljetin, esimerkiksi hihna, käsinlajittelutasona ja osa on selvästi käsittänyt kysymyksen väärin.

Taulukko 14. Rullapöydän toimintatapa.

Table 14. Type of sorting table.

Rullapöydän rullat <i>Type of rollers</i>	Rullamaton liike eteenpäin <i>Type of roller belt</i>			Yhteensä, kpl <i>Total</i>	Osuus, % <i>Percentage</i>
	Liikkuu <i>Moving belt</i>	Ei liiku <i>Stationary belt</i>	Ei vastannut <i>No answer</i>		
Pyörivät <i>Rotating rollers</i>	189	81	21	291	58
Eivät pyöri <i>Not rotating rollers</i>	31	19	7	57	12
Ei vastannut <i>No answer</i>	26	0	125	151	30
Yhteensä, kpl <i>Total</i>	246	100	153	499	
Osuus, % <i>Percentage</i>	49	20	31		100

Harjakoneen ja rullapöydän merkkijakauma on esitetty kuvassa 19. Harjakoneet ovat suurimmaksi osaksi Remet-merkkisiä. Vastaamatta jättäneiden joukkoon sisältyvät myös ne pakkaamot, joissa ei ole harjakonetta. Rullapöydän merkkijakauma noudattaa melko tarkasti lajittelukoneiden merkkijakaumaa. Käytännössä rullapöytä on lähes aina samanmerkinen kuin lajittelukone.



**Kuva 19.** Harjakoneen ja rullapöydän merkijakauma.  
**Picture 19.** Brand distribution of brushers and sorting tables.

#### 2.3.5.4. Pakkaus

Noin kolmanneksella kyselyyn vastanneista oli pakkauskone (taulukko 15). Tiloilla, joissa pakkauskonetta ei ole, perunasäkit täytetään yleensä suoraan rullapöydän päästä ja punnitaan sitten yksitellen vaa'alla. Vuotuiset pakkausmäärät olivat keskimäärin 260 tonnia niissä pakkaamoissa, joissa oli pakkauskone ja 90 tonnia niissä, joissa pakkauskonetta ei ollut.

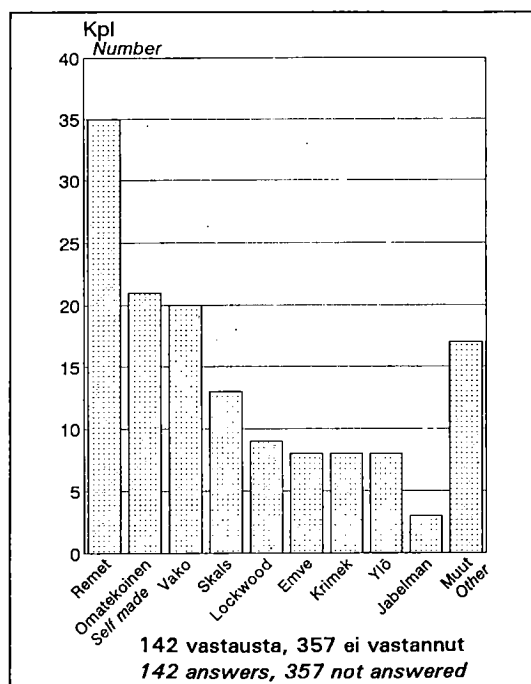
Pakkauskoneiden merkijakauma on esitetty kuvassa 20. Vastamatta jättäneiden suuri osuus johtuu koneiden harvinaisuudesta. Eniten pakkaamoissa on Remet-merkkisiä koneita (noin 22 % vastanneista). Omatekoiset pakkauskoneet tulevat seuraavana noin 13 % osuudella.

**Taulukko 15.** Pakkauskoneen yleisyys pakkaamoissa.

**Table 15.** Percentage of farms with packing machines in their packing line.

	Pakkauslaite <i>Packing machine</i>	Ei pakkauslaitetta <i>No packing machine</i>	Ei vastannut <i>No answer</i>	Yhteensä <i>Total</i>
Vastauksia, kpl <i>Number of answers</i>	155	290	54	499
Osuus, % <i>Percentage</i>	31	58	11	100

**Kuva 20.**  
Pakkaus koneiden merkkijakauma.  
**Picture 20.**  
Brand distribution of packing machines.



### 2.3.6 Valaistus

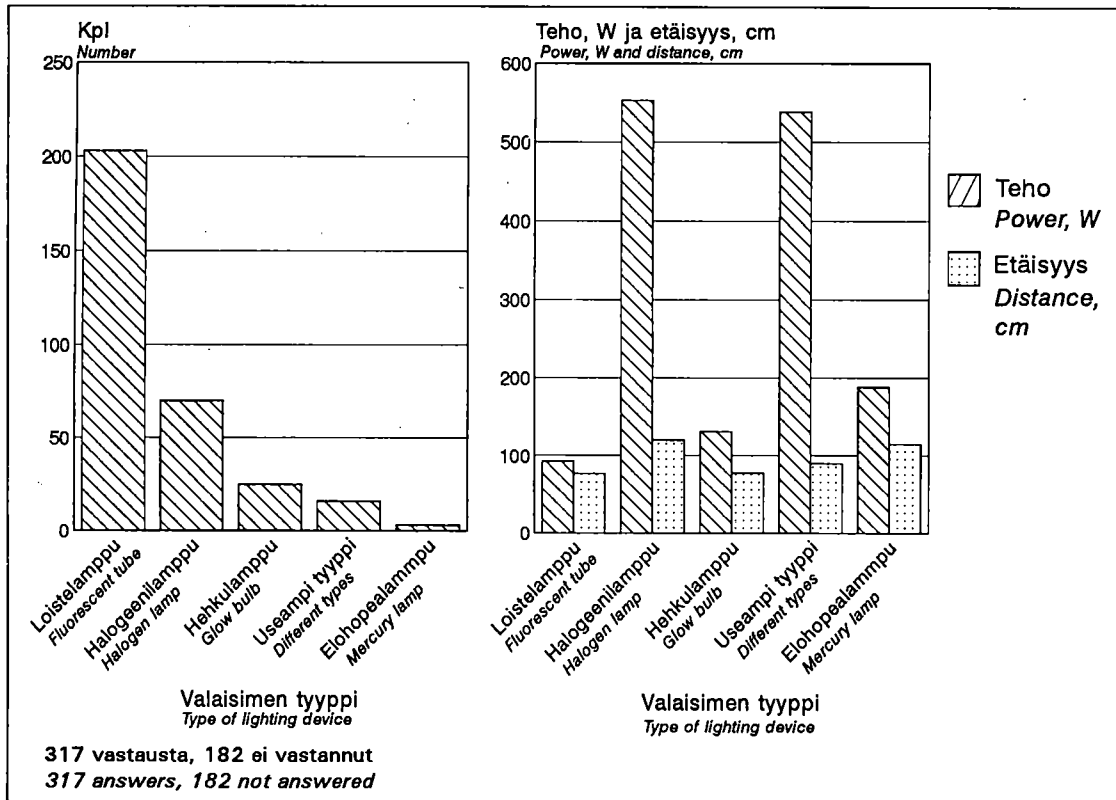
Käsinvalintatasolla on oltava riittävä valaistus, jotta vialliset perunat pystytään erottelamaan terveistä yksilöistä. Sopivana valaistuksen voimakkuutena voidaan pitää 1500 luksia (RISSANEN ym. 1990). Valaisimen tulee olla värinistökyvyltään erinomainen (luokka 1 A). Lisäksi pakkaamossa tulisi olla hyvä yleisvalaistus. Pakkaamoissa, joissa ei ole erillistä lajittelutilaa, voimakas yleisvalaistus voi kuitenkin aiheuttaa vihertymistä. Käsinlajittelutasolle tarvitaan kunnollinen kohdevalaistus. Kohdevalo onkin 80 %:ssa lajittelukoneista (taulukko 16). Kuusi prosenttia lajittelee ilman kohdevaloa.

**Taulukko 16.** Kohdevalo käsinlajittelutason yläpuolella.  
**Table 16.** Spot light above sorting table.

Kohdevalo käsinlajittelutasolla <i>Lighting device above sorting table</i>	Kyllä <i>Yes</i>	Ei <i>No</i>	Ei vastannut <i>No answer</i>	Yhteensä <i>Total</i>
Vastauksia, kpl <i>Number of answers</i>	398	30	71	499
Osuus, % <i>Percentage</i>	80	6	14	100

Valon laatuun on myös kiinnitettävä huomiota. Tasainen valokenttä käsinlajittelutasolle saadaan helpoimmin loisteputkivalaisimella. Vaadittava 1500 luksia saavutetaan esimerkiksi 2 x 60 W valaisimella, joka on sijoitettu 50 - 60 cm:n etäisyydelle käsinvalintatasosta. Jos valaisimen teho on pienempi, on valaisin tuotava lähemmäs käsinlajittelutasoa.

Eniten pakkaamoissa käytetäänkin juuri loisteputkia (kuva 21). Loistelampun keskimääräinen teho oli noin 90 W ja keskimääräinen etäisyys lajittelutasolta noin 75 cm. Tästä seuraa, että 1500 luksin valaistuksen voimakkuutta ei keskimäärin saavuteta.



**Kuva 21.** Käsinalajittelutason kohdevalon tyyppi (vasen kuva) sekä keskimääräinen teho ja lampun etäisyys käsinalajittelutasosta (oikea kuva).

**Picture 21.** Type of lighting device above sorting table (left). The average power and distance of lighting device from sorting table (right).

Halogeenivalaisin on myös suhteellisen suosittu edullisen hintansa ja suuren valotehonsa takia. Halogeenivalaisimen keskimääräinen teho pakkaamoissa oli 500 W ja etäisyys lajittelutasolta 120 cm. Tällä tavoin saadaan helposti valaistuksen voimakkuudeksi käsinalajittelutasolle 2000 - 3000 luksia. Haittapuolina halogeenivalaisimissa ovat kuitenkin valon kirkkaudesta johtuva häikäisy ja heijastumat lajittelutasolta. Joidenkin lajittelijoiden mielestä halogeenilampun valon väri ei ole paras mahdollinen perunan lajitteluun.

Kohdevalona lajittelussa käytetään myös jonkin verran tavallisia hehkulamppuja sekä lämpölamppuja. Lämpölamppu on siinä mielessä edullinen, että se lähelle lajittelutason pintaa sijoitettuna tuottaa suhteellisen kirkkaan valon ja lisäksi lämmittää jonkin verran lajittelijan käsiä. Riittävä valaistuksen voimakkuus saadaan yhdellä valaisimella kuitenkin vain hyvin pienelle osalle lajittelutason pinnasta. Jos koko käsinalajittelutaso halutaan valaista tasaisesti lämpö- tai hehkulamppuilla tarvitaan tyyppillisellä käsinalajittelutasolla arviolta 6 - 8 valaisinta kahteen riviin sijoitettuna.

### 2.3.7. Pölynpoisto

Perunan kauppakunnostuksessa pölyä muodostuu laatikon tyhjennyksessä, har-

jakoneessa, lajittelukoneen seuloilla ja säkkiin pakattaessa. Eniten pölyä muodostuu yleensä harjakonetta käytettäessä, koska kone on tavallisesti käynnissä koko lajittelun ajan ja nopeasti pyörivät harjat levittävät pölyä ympäristöön. Toisaalta harjakoneen pölyämistä on myös suhteellisen helppo vähentää pölynpoistomurin avulla. Harjakoneissa on imuria varten liitettä valmiina, mutta imuri on yleensä ostettava erikseen. Harjakoneen kotelointia voi joutua tiivistämään riittävän imuvaikutuksen aikaansaamiseksi. Muista edellämainituista paikoissa pölyn vähentäminen imurilla ei ole aivan yhtä helppoa, koska tehokkaan pölynpoiston edellyttämä kotelointi on hankalampi tehdä.

Harjakoneen omistavista pakkaajista oli 60 % asentanut harjakoneeseensa pölynpoistomurin. Ilman pölynpoistomuria työskentelevien suuri osuus (40 %) selittää osaltaan perunavarastojen pölyongelmien yleisyyttä. Osassa pakkaamoita pölynpoistomureita oli asennettu myös muualle kuin harjakoneeseen. Imureita oli esimerkiksi lajittelutilan katossa ja kohdepoistoina seulojen yläpuolella. Tällaisia tapauksia oli koko aineistossa kuitenkin ainoastaan 10 %.

Tehokas tapa vähentää pölyämistä on kostuttaa perunat sumuttamalla kovalla paineella pieni määrä vettä perunoiden päälle. Sumutus on helpointa tehdä kuljettimen päälle asetettavilla suuttimilla. Käytännössä pakkaamoissa ei juuri sumutuslaitteita ole. Mikäli perunoita kostutetaan, se tehdään tavallisesti kastelukanulla kaatosuppiloon vettä pirsokottamalla. Kyselyyn vastanneissa pakkaamoissa ainoastaan 4 %:ssa perunoita kostutettiin pölyämisen estämiseksi.

### 2.3.8. Työvoima ja jakelu

Pakkaamoissa on töissä keskimäärin 2,3 henkeä ja vuodessa pakataan keskimäärin 151 tonnia. Työntekijöiden määrä vaihteli yhdestä viiteen ja pakkausmäärä 2 - 2250 tn. Tavallisin työntekijämäärä pakkaamossa oli kaksi henkilöä eli isäntä ja emäntä. Tällaisia pakkaamoja oli noin 41 % kaikista (taulukko 17).

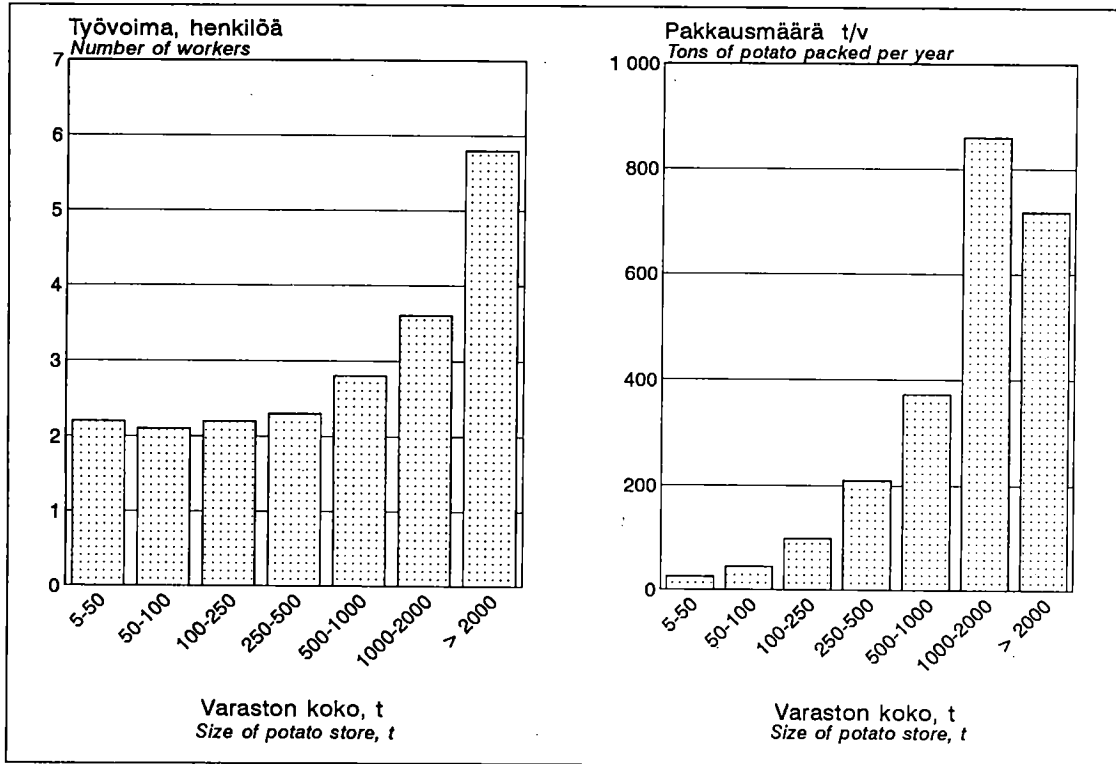
**Taulukko 17.** Pakkaamot työntekijöiden lukumäärän mukaan jaoteltuna.

*Table 17. Farms grouped by number of workers working in their potato packing rooms.*

Työvoima pakkaamossa <i>Number of workers</i>	< 2	2	2,5 - 3	> 3	Ei vastannut <i>No answer</i>	Yhteensä <i>Total</i>
Vastauksia, kpl <i>Number of answers</i>	74	204	110	41	70	499
Osuus, % <i>Percentage</i>	15	41	22	8	14	100

Kuvassa 22 on työntekijöiden lukumäärä ja pakkausmäärä varaston koon mukaan luokiteltuna. Noin 80 % varastoista on kapasiteetiltaan alle 500 tonnia. Näissä varastoissa työntekijöiden määrä on hyvin lähellä keskiarvoa (2,3 henkeä) kaikissa

kokoluokissa. Alle 500 tonnin varastoissa vuotuiset pakkausmäärät kasvavat varaston koon kasvaessa, mutta työvoiman määrä pysyy samana. Pienissä varastoissa ei yleensä ole ulkopuolista työvoimaa. Yli 1000 tonnin varastoissa keskimääräinen työntekijöiden määrä on suurempi kuin kolme henkilöä. Tämän kokoisia varastoja on tässä aineistossa alle kolme prosenttia. Näissä varastoissa vuodessa pakattavan perunan määrä on niin suuri, että pakkaustyössä tarvitaan apuna ulkopuolista työvoimaa.



**Kuva 22.** Työntekijöiden määrä ja pakkausmäärä vuodessa varaston koon mukaan luokiteltuna.

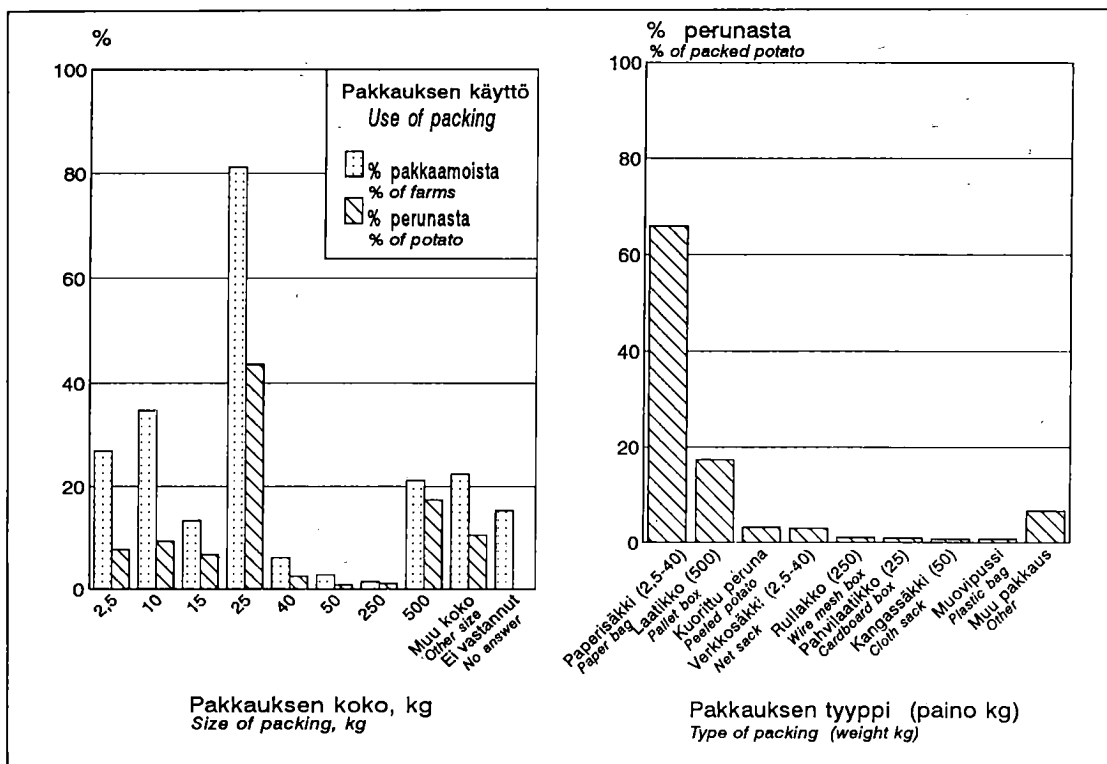
**Picture 22.** Number of workers and amount of potato packed per year grouped by the size of the potato store.

Kuvassa 23 on pakkaamoissa käytetyt pakkauskoot ja -materiaalit. Pakkauksen kokojakauma (vasen kuvio) on esitetty kahdella eri tavalla. Prosenttia pakkaamoista -pylväs kertoo kuinka monta prosenttia pakkaamoista käyttää tiettyä pakkauskokoa. Koska yhdessä pakkaamossa käytetään keskimäärin 2,5 erilaista pakkausta, näiden pylväiden summa on suurempi kuin sata prosenttia. Prosenttia perunasta -pylväs puolestaan kertoo kuinka monta prosenttia perunasta pakataan tietyn kokoiseen pakkaukseen. Näiden tolppien summa on sata prosenttia. Oikeanpuoleisesta kuviosta nähdään perunan pakkausmäärä eri tyyppisiin pakkauksiin.

Yleisin pakkaamoissa käytetty pakkauksen koko vuonna 1991 oli 25 kiloa. Tätä pakkauskokoa käytti yli 80 %:a pakkaamoista. Yleisin pakkauksen tyyppi oli



paperisäkki. Erikokoisiin paperisäkkeihin pakattiin yhteensä 65 % perunasta, joista noin 40 % oli 25 kilon paperisäkkejä. Muihin 25 kilon pakkauksiin, kuten pahvilaitikkoon ja 25 kilon verkkosäkkeihin, pakattiin vain noin kaksi prosenttia perunasta. Viidensadan kilon laatikoiden osuus oli vajaa 20 %. Laatikoissa perunaa toimitetaan pakkaamoihin ja teollisuuteen.



**Kuva 23.** Erilaisten pakkauskojen ja tyyppien yleisyys pakkaamoissa vuonna 1991. (% pakkaamoista = montako % pakkaamoista käyttää ko. pakkausta, % perunasta = montako % perunasta pakataan ko. pakkaukseen)

**Picture 23.** Packing sizes and forms used in packing in 1991. (% of farms = percentage of farms using a certain form of packing, % of potato = percentage of potatoes packed in a certain form of packing).

Noin 50 % pakkaajista toimittaa perunaa laitospöytäihin. Perunakiloista laitoksiin menee kuitenkin vain vähän yli 20 % (kuva 24). Lähes yhtä monta pakkaajaa toimittaa perunaa suoraan kauppaan. Keskimäärin jokainen pakkaamo myy perunaa kahteen eri paikkaan. Eniten perunaa menee tukkuliikkeille. Kuviossa termi tukkuliike sisältää myös yksityisiä välittäjiä eli ns. jobbareita. Alueittain myynti jakaantuu siten, että Pohjanmaalla tukkukauppojen tai välittäjien osuus on selvästi suurempi kuin muualla maassa.

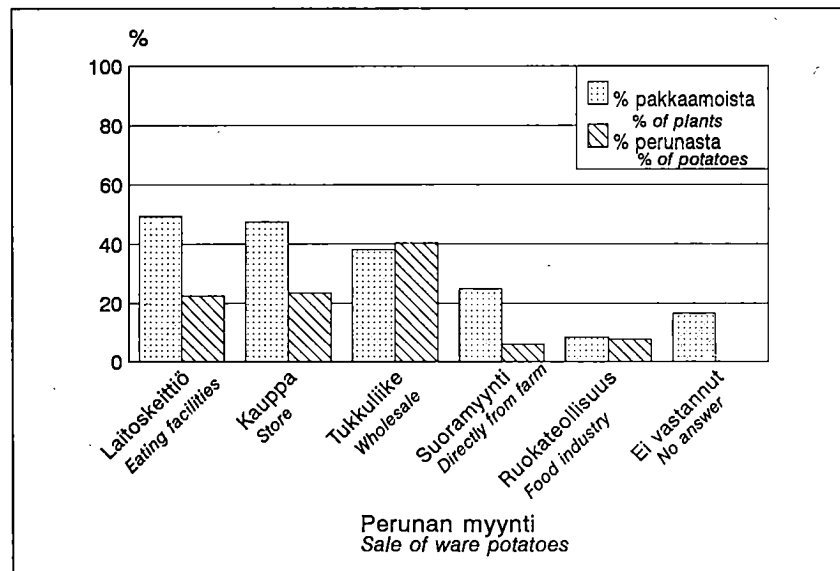
**Kuva 24.**

Perunoiden myynti eri kohteisiin.

(% pakkaamoista = montako % pakkaamoista myy ko. paikkaan ja % perunasta = ko. paikkaan myydyn perunan määrä)

**Picture 24.**

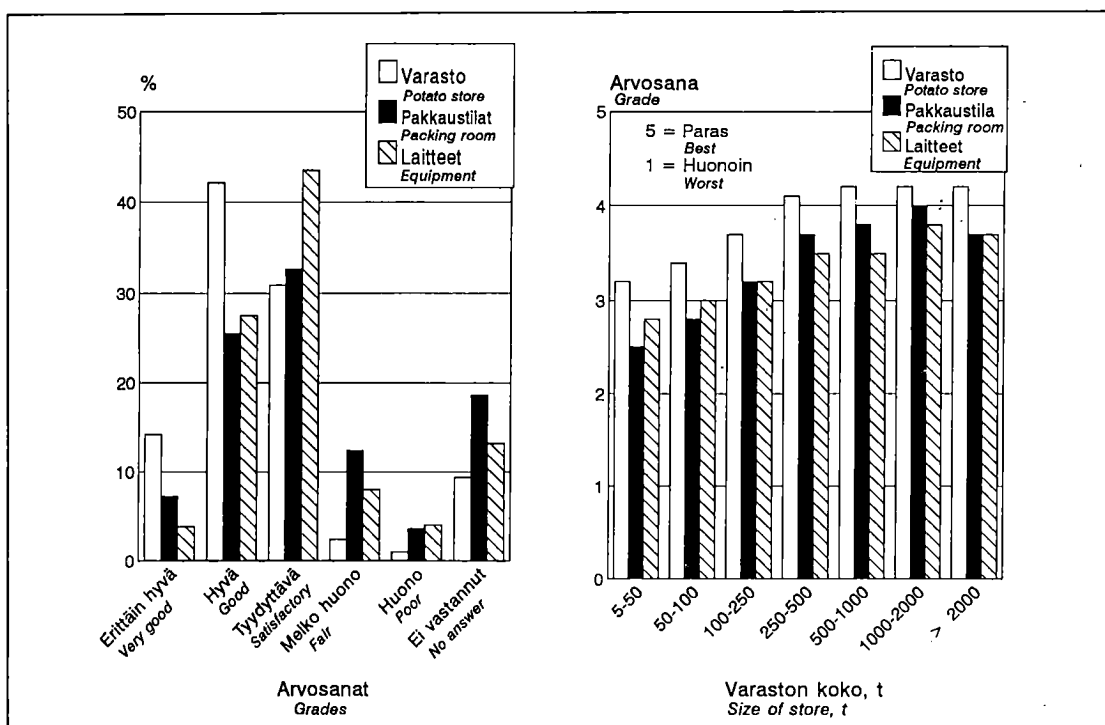
*Distribution of potato sales. (% of plants = percentage of packing plants selling to a buyer, % of potato = percentage of potatoes sold to a certain buyer).*

**2.3.9. Ongelmakohdat****2.3.9.1. Rakennusten ja laitteiden taso**

Vastaajia pyydettiin arvioimaan perunavaraston, pakkaustilojen ja laitteiden taso asteikolla 1 - 5. Asteikossa 5 oli paras arvosana tarkoittaen erittäin hyvää ja 1 huonoin tarkoittaen huonoa. Perunavarastojen keskimääräinen arvosana oli 3,7 (lähinnä hyvä), pakkaustilojen ja laitteiden 3,2 (lähinnä tyydyttävä). Perunavarastoihin oltiin siis keskimäärin hieman tyytyväisempiä kuin pakkaustiloihin ja laitteisiin.

Vastaajien antamat arvosanat jakaantuivat pääasiassa luokkiin tyydyttävä ja hyvä muiden arvosanojen ollessa vähemmistönä (kuva 25 vasen puoli). Tyytymättömmimpiä vastaajat olivat pakkaustiloihin ja laitteisiin. Tyytyväisimpiä vastaajat olivat puolestaan perunavarastojen tasoon. Yli puolet varastoista sijoittui luokkiin "hyvä" tai "erittäin hyvä".

Kun annetut arvosanat jaotellaan perunavaraston koon mukaan, havaitaan, että varaston koon kasvaessa kaikki arvosanat paranevat selvästi (kuva 25 oikea puoli). Kun alle 100 tonnin varastoissa kaikki kolme arvosanaa ovat keskimäärin tyydyttäviä (3), ovat ne suurimmissa varastoissa keskimäärin lähempänä hyvää (4). Pienissä varastoissa suurin ongelma näyttäisi olevan pakkaustilat, kun keskikokoissa ja suurissa varastoissa huonoimmat arvosanat saivat yleensä laitteet. Pienissä varastoissa onkin paljon sellaisia, joissa ei ole erillistä lajittelutilaa. Suurissa varastoissa lajittelutilat ovat yleensä kunnolliset.



**Kuva 25.** Vastaajien antamat arvosanat varastolle, pakkaustiloille ja laitteille sekä näiden arvosanojen keskiarvot erikokoisissa varastoissa.

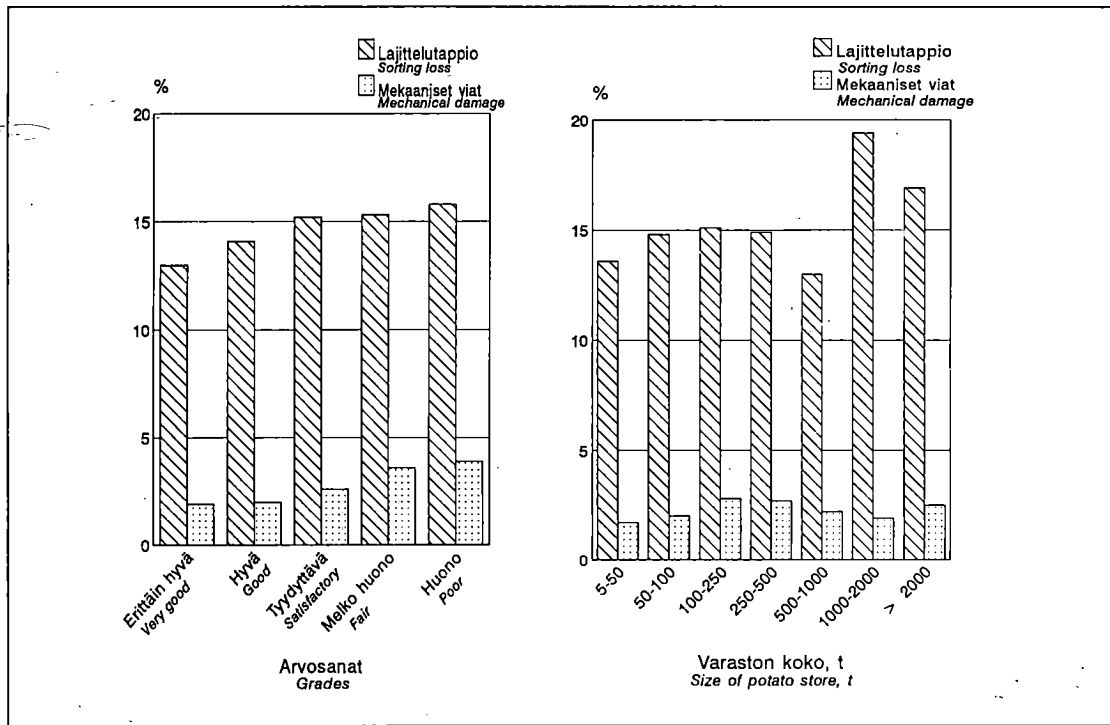
**Picture 25.** Owner's valuation of potato store, packing room and grading equipment (left). Distribution of given grades are grouped by the size of the store (right).

### 2.3.9.2. Vioitukset

Vastaajia pyydettiin arvioimaan keskimääräinen lajittelutappio ja kauppakunnostuksesta johtuvien mekaanisten vikojen (kuoriutumisen, halkeamat, viillot ym.) osuus prosentteina. Lajittelutappioksi ilmoitettiin keskimäärin 15 %. Arviot vaihtelivat 0,5 - 50 %:iin. Lajittelutappion suhteellisen pieni osuus johtuneesi osittain siitä, että kaikki vastaajat eivät ole laskeneet pieniä perunoita mukaan lajittelutappioon. Mekaanisia vikoja ilmoitettiin tulevan keskimäärin 3 %:iin lajitelluista perunoista. Arviot mekaanisten vikojen määrästä vaihtelivat 0 %:sta 90 %:iin.

Arvioidut lajittelutappio ja mekaaniset viat noudattavat hyvin vastaajien laitteistoista antamia arvosanoja (kuva 26). Perunavaraston koko ei vaikuttanut arvioihin mekaanisista vioista tai lajittelutappioista samalla tavoin kuin se vaikutti laitteiden saamiin arvosanoihin (vertaa kuva 25). Tappioiden silmämääräinen arvioiminen on luonnollisesti hyvin subjektiivinen asia.

Kysymykseen "Aiheuttaako kauppakunnostus vihertymistä", vastattiin pääsääntöisesti kielteisesti. Vain 4 % vastaajista oli sitä mieltä, että vihertymistä tapahtuu. Yli puolella näistä varastoista ei ollut erillisiä pakkaustiloja. Muilta osin aineistosta ei löydy näiden 4 % kohdalla mitään poikkeuksellista.



**Kuva 26.** Arvioitu lajittelutappio ja mekaaniset viat luokiteltuina laitteista annettujen arvosanojen ja perunavaraston koon mukaan.

**Picture 26.** Estimated sorting loss and mechanical damage grouped by the grades given for the equipment and the size of the potato store.

### 2.3.9.3. Eniten voittavat laitteet

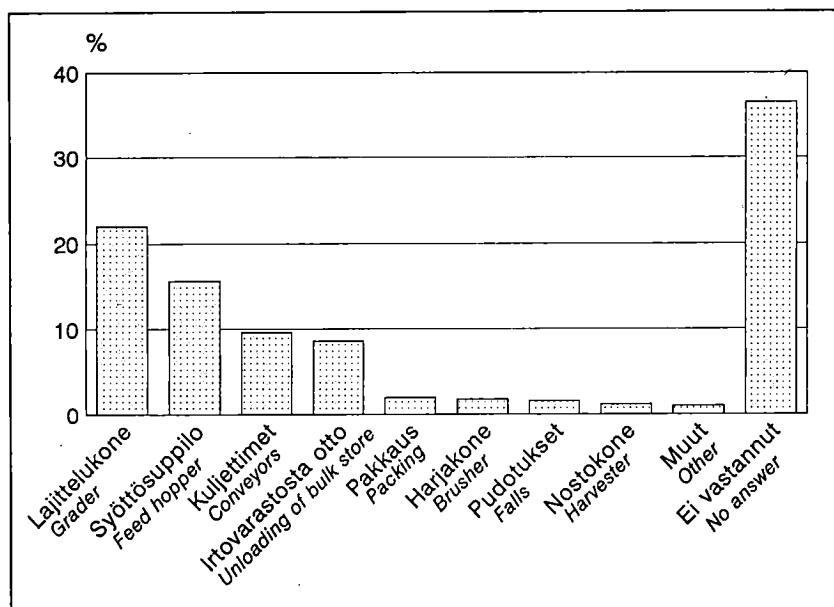
Vastaajien käsitystä siitä, mitkä laitteet aiheuttavat perunoihin mekaanisia vikoja selvitettiin kysymyksellä "Mitkä laitteet vioittavat perunaa eniten varastosta otossa, kauppakunnostuksessa ja pakkaamisessa?". Vastauksena kysymykseen oli mahdollista nimetä kolme erillisestä laitetta (kts. kyselylomake, liite 1). Eniten vioittavat laitteet on esitetty kuvassa 27.

Noin 22 % vastaajista nimesi lajittelukoneen perunoita eniten vioittavaksi laitteeksi. Seula- ja rullalajittelukoneet mainittiin yhtä usein. Seulalajittelukoneita on kuitenkin käytössä lukumääräisesti rullalajittelukoneita enemmän. Lajittelukoneiden aiheuttamia vikoja ei vastauksissa yleensä ole tarkemmin eritelty, vaan vikojen aiheuttajaksi on mainittu pelkkä lajittelukone. Muutamia johtopäätöksiä aineistosta oli kuitenkin mahdollista tehdä.

Neljäsosa metalliseuloilla varustetun koneen omistajista ja viidesosa muovipinta-  
taisilla seuloilla varustetun koneen omistajista oli sitä mieltä, että seulat rikkovat perunoita. Seulojen tyyppi ei siis juuri vaikuttanut vastauksiin. Vain pari kolme vastaajaa mainitsi erikseen metalliseulojen rikkovan perunoita. Muutama vastaaja mainitsi myös kylmän perunan rikkoontuvan seuloilla helposti. Rullalajittelukoneen ongelmakohtia, silloin kun ne oli eritelty, olivat soikeat, isot tai rajakoon perunat sekä multaisten rullien perunoita hiertävä vaikutus.

**Kuva 27.**  
Eniten mekaanisia vikoja aiheuttavat laitteet.

**Picture 27.**  
Grading equipment which causes most mechanical damage.



Noin 16 % vastaajista nimesi syöttösuppilon eniten vikoja aiheuttavaksi laitteeksi. Tähän lukuun ei sisälly syöttölaitteen aiheuttamat viat, sillä syöttölaite on tässä jaotuksessa sisällytetty kuljettimiin. Perunoiden kippaus suppiloon koettiin yleisesti ongelmalliseksi. Osa vastaajista oli sitä mieltä, että vikoja tulee nimenomaan tyhjiin siiloon kipattaessa. Myös huonosti toimiva kaatolaite mainittiin muutamassa vastauksessa. Irtovarastoissa perunan ottoa varastosta kuormaimella pidettiin eniten vikoja aiheuttavana työvaiheena. Täten perunan varastosta otto ja siirto syöttösiiloon aiheuttaa joka toisen kysymykseen vastanneen mielestä eniten mekaanisia vikoja perunaan.

Kuljettimet ovat kolmas paljon vikoja aiheuttava ryhmä. Kuljettimiin on laskettu lisäksi syöttölaitteet, joiden osuus kuljettimien aiheuttamista vioista olikin yli kolmanneksen suuruinen. Kuljettimista eniten vikoja syntyi syöttöelevaattorissa, joka monessa lajitteluketjussa on myös ainoa kuljetin.

Muut laitteet, kuten pakkaus- ja harjakoneet, eivät näyttäisi vastausten perusteella rikkovan kovin paljon perunoita. Harjakone on kuitenkin vain noin 40 %:ssa ja pakkauskone 30 %:ssa pakkaamoista, joten näiden laitteiden merkittävyys mekaanisten vikojen aiheuttajana kasvaa jonkin verran, kun kuvan 27 tiedot suhteutetaan harja- ja pakkauskoneen yleisyyteen pakkaamoissa. Suurin osa harjakoneen aiheuttamista vioituksista on vastaajien mukaan harjojen aiheuttamaa. Muutaman vastaajan mielestä harjakone on liian ahdas isoille perunoille, mistä syystä nämä rikkoutuvat. Parissa vastauksessa mainittiin myös harjakoneen rikkovan perunoita erityisesti syksyllä, kun perunan kuori ei vielä ole vahvistunut. Perunan pakkauksessa vikoja aiheutui pakattaessa yhden kuutiometrin laatikoihin. Pakkauskoneessa perunat vioittuivat elevaattorin muovimaton rivoissa.

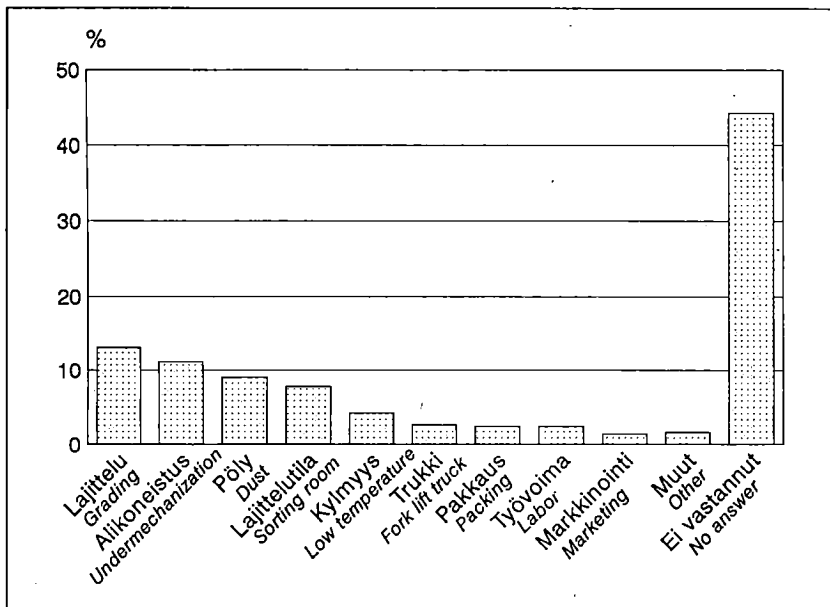
Pudotukset oli mainittu perunaa eniten vioittavana tekijänä vain 2 %:ssa vastauksia. Tosin kysymyksen käsitteli ainoastaan perunaa vioittavia laitteita, joten

osa pudotuksista aiheutuvista voituksista sisältyy eri laitteiden aiheuttamiin voituksiin. Aineistosta jäi kuitenkin sellainen kokonaiskuva, että pudotusten haitallisuutta ei ole kaiken kaikkiaan kovin hyvin tiedostettu. Samoin varastolämpöisen perunan lajittelu ei vastaajien mielestä juuri vahingoita perunoita. Kylmästä perunasta johtuvat voitukset mainittiin toissijaisena tekijänä noin puolessa prosentissa vastauksia.

Vaikka kysymyksenasettelu oli rajattu perunan kauppakunnostuksessa syntyviin voituksiin, ilmoitti pieni osa vastaajista nostokoneen eniten perunoita voittavaksi laitteeksi.

#### 2.3.9.4. Kauppakunnostuksen pahimmat ongelmat

Kuvassa 28 on esitetty vastaukset kysymykseen "Mitkä ovat pahimmat ongelmat perunan varastosta otossa, kauppakunnostuksessa ja pakkaamisessa?". Keskeisiä ongelmia ovat lajittelu, alikoneistus sekä tila- ja ergonomiset ongelmat. Näistä alikoneistus, eli ruumiillisen työn suuri osuus tai jonkin tärkeän laitteen puuttuminen, vaivaavat lähinnä pienissä ja keskikokoisissa varastoissa, koska niihin ei usein ole taloudellisesti kannattavaa hankkia nykyaikaisia ja tehokkaita koneita. Samoin lajittelutilan puute tai ahtaus on ongelma ensisijaisesti pienemmissä varastoissa. Lajittelun ongelmat ovat tärkeimpiä keskikokoisissa ja suuremmissa varastoissa, joissa koneistus ja lajittelutilat alkavat jo olla kunnossa.



**Kuva 28.**  
Suurimmat ongelmat perunan kauppakunnostuksessa.  
*Picture 28.*  
*Biggest problems in potato grading, packing and marketing, according to the farmers own assessment.*

Lajittelun ongelmista yleisimpiä ovat lajittelukoneen puutteet, mutta myös märkä-

mätäisten perunoiden poisto, lajittelu eri kokoluokkiin ja suuret pudotuskorkeudet oli mainittu muutamassa vastauksessa. Pienempiä ongelmia sen sijaan näyttivät olevan lajittelukoneen suorituskyky tai vihertyneiden perunoiden erotus, mitkä oli mainittu vain parissa tapauksessa.

Ergonomisista ongelmista tärkein on työn pölyisyys. Seuraavina tulevat työskentely kylmissä tiloissa, trukin pakokaasuista aiheutuvat haitat, melu ja ilmanvaihdoista

aiheutuva veto. Kylmyys on ongelma myös perunan kannalta. Kuvassa 28 kylmyys pylvään korkeudesta noin 60 % on ergonomisia haittoja ja 40 % perunaan kylmyyden takia tulevia vioituksia. Samoin kohdassa trukki useimpien vastaajien ongelmana on trukin pakokaasut, mutta noin neljänneksen ongelmana on trukin puuttuminen kokonaan.

Perunan pakkauksessa monen pakkaajan suurin ongelma on pakkauskoneen puute tai puutteet perunoiden punnituksessa. Osa vastanneista piti ongelmana pakkauskoneen puutteellista toimintaa tai toimintahäiriöitä. Myös pakkausmateriaalin kalleus oli mainittu parissa vastauksessa.

Työvoiman puute oli muutamien vastaajien ongelma. Tähän kyselyyn osallistuneet pakkaamot toimivatkin tavallisesti viljelijäperheen oman työvoiman turvin. Myöskään kauppaan tai markkinointiin liittyvät ongelmat eivät ainakaan tämän kyselyn teon aikana näyttäneet olevan päällimmäisinä vastaajien mielessä. Tosin tässäkin on todettava, että kaupan ja markkinoinnin ongelmat eivät oikein sisälly kysymyksenasetteluun, joten tämän alan ongelmat ovat ilman muuta aliedustettuja.

Kohta muut kuvassa 28 sisältää sellaisia kysymyksiä kuin raakaerän laatu ja lajittelujätteen poisto varastosta. Varsinkin raakaerän laadulla olisi luullut olevan suurempikin painoarvo, kuin kyselyn tulokset osoittivat. Viljelijät ovat kuitenkin nähtävästi tyytyväisiä tuottamansa perunan laatuun joitakin poikkeuksia lukuunottamatta.

### 2.3.9.5. Miten työoloja tulisi parantaa

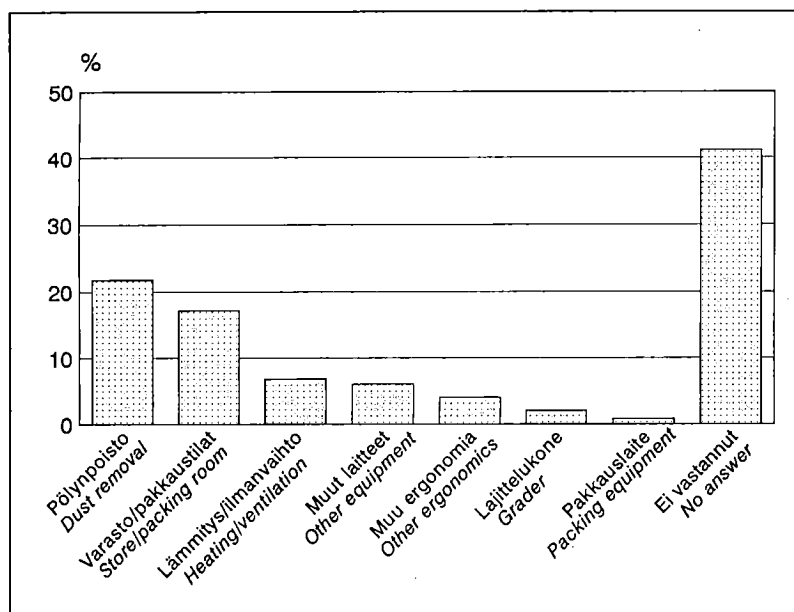
Kysymyksellä "Olisiko työskentelyolosuhteita parannettava?" haluttiin selvittää nimenomaan perunavarastojen ja pakkaamojen työolojen laatua. Vastaukset kysymykseen on esitetty pääryhmittäin kuvassa 29. Tähänkin kysymykseen oli noin 40 % kyselyyn osallistuneista jättänyt vastaamatta, joka luonnollisesti vaikeuttaa vastausten tulkintaa.

**Kuva 29.**

Tärkeimmät kohteet, joissa ergonomiaa olisi parannettava.

**Picture 29.**

Areas where working conditions should be improved, according to the farmers own assessment.



Ensisijainen parannuskohde on pölynpoisto, jota kaikkiaan lähes 30 % vastanneista piti ainakin jonkinasteisena epäkohtana. Osa vastaajista ehdotti myös keinoja pölyn vähentämiseksi. Tavallisimmin ehdotettiin pölynpoistoimureita, mutta muutamassa vastauksessa ehdotettiin myös kostutuslaitteita ja syöttösuppilon ja harjakoneen sijoittamista eri tilaan kuin lajittelukone.

Pölyongelmat olivat ensisijaisesti keskikokoisten ja suurempien varastojen ongelma, kun taas pienissä varastoissa tärkeimpinä parannuskohteina mainittiin yleensä varasto- ja pakkaustilat. Varsinkin erillisten pakkaustilojen puute on suuri ongelma pienissä varastoissa. Jos tällaista tilaa ei ole, joudutaan perunan lajittelu ja pakkaus tekemään varaston + 4 °C lämpötilassa. Tilanahtaus ja aputilojen puute olivat myös tavallisia ongelmia. Muutamassa vastauksessa oli myös mainittu tarve uusia koko perunavarasto.

Pakkaamon lämmityksessä ja ilmanvaihdossa näyttää myös melko usein olevan toivomisen varaa. Liian alhainen lämpötila ja varaston ilmanvaihdosta aiheutuva veto olivat parannuslistalla 12 %:lla kyselyyn vastanneista. Huonosti lämpöeristetty ja kooltaan suuri pakkaustila vaatii paljon energiaa lämmitäkseen riittävästi, joten monissa pakkaamoissa lämpötila saattaa lajittelun aikana olla lähellä varaston lämpötilaa.

Kohta muu ergonomia sisältää pakkaamon diesel- tai kaasutrukin aiheuttamat pakokaasuhaitat ja puutteet valaistuksessa. Pari vastaajaa on lisäksi toivonut istuimia lajittelijoille ja laitteiden aiheuttaman melun pienentämistä. Valaistuksen lisäys ei näin ollen näytä olevan monenkaan lajittelijan parannuslistalla, vaikka tarvetta tähän olisikin. Trukin pakokaasuhaittojen poistaminen kokonaan edellyttää sähkötrukin hankintaa, mikä on monelle pakkaajalle liian kallis investointi.

Pakkaamon laitteiden ergonomiaa ja käyttöominaisuuksia halusi parantaa vähän yli 15 % vastanneista. Eniten tarvetta laitteiston parantamiseen tai uusimiseen oli lajittelu- ja pakkauskoneiden kohdalla. Aika moni vastanneista halusi uusia koko laitteiston. Myös automatiikan lisäys oli muutaman vastaajan toivelistalla.

#### **2.4. Yhteenveto kyselyn tuloksista**

Tilakyselyyn vastasi 499 viljelijä-pakkaajaa. Ruokaperunan viljelyala oli keskimäärin 6,6 ha eli 22 % tilalla käytettävissä olevasta pinta-alasta. Maaseutukeskusten liiton samanaikaisesti lähetetyssä maan perunatilanteen selvitykseen vastanneiden tilojen yhteenlaskettu ruoka- ja siemenperuna-ala oli keskimäärin 5,3 ha. Perunaa pakattiin keskimäärin 150 tn vuodessa. Työvoiman määrä pakkaamoissa vaihteli yhdestä viiteen ollen keskimäärin 2,3 henkilöä. Perunanviljelyn ja kauppakunnostuksen osuus tilojen tuloista oli keskimäärin 55 %.

Perunavarastojen keskikoko oli 260 tn. Yli 500 tonnin varastoja oli vähän yli 10 %. Varastoista 65 % oli laatikkovarastoja ja 15 % irtovarastoja. Irto- ja laatikkovarastojen yhdistelmiä oli 13 %. Automatiikalla toimiva ilmanvaihto oli neljäsosassa varastoja. Erillinen lajittelutila oli noin 50 %:ssa pakkaamoja.

Perunasta 65 % pakattiin erikokoisiin paperisäkkeihin. Yleisin pakkaus oli 25 kg säkki, johon pakattiin noin 40 % perunasta. Pusiin yhden kuution laatikoihin pakattiin



vajaa 20 % perunasta. Laatikoidessa perunaa toimitettiin pakkaamoihin ja teollisuuteen. Noin 40 % kaikista perunoista myytiin tukkuliikkeisiin tai välittäjälle. Kauppoihin ja laitoskeittiöihin toimitettiin kumpaankin vähän yli 20 % perunoista. Vain 6 % perunasta myytiin suoraan tilalta.

Perunanviljelyssä ja lajittelussa käytettävät koneet olivat keskimäärin melko iäkkäitä. Nostokoneiden keski-ikä oli 7,5 vuotta. Vanhimmat käytössä olevat koneet olivat 20 vuotta vanhoja. Yleisimmät nostokoneimerkit olivat Juko, Grimme ja Wühlmaus. Lajittelukoneiden keski-ikä oli 9 vuotta. Vanhimmat koneet olivat yli 25 vuotta vanhoja. Lajittelukoneen käyttöikä näyttääkin olevan hyvin pitkä. Yleisimmät lajittelukoneimerkit olivat Skals, Remet ja Amazone. Noin puolella pakkaajista oli seulalajittelukone. Kiekkolajittelukone oli seuraavaksi yleisin noin 35 % osuudella. Täristävillä tai pyörivillä seuloilla varustettuja kalliimpia koneita oli vain noin yhdessä prosentissa pakkaamoja. Nykyaikaiset muovipintaiset seulat oli noin 50 %:ssa seulalajittelukoneista. Lopuilla oli ainakin osittain käytössä vanhat metalliseulat. Harjakone oli noin 40 %:lla pakkaajista. Erilliset pakkauslaitteet oli 30 %:lla pakkaajista.

Pakkaajat ilmoittivat keskimääräiseksi lajittelutappioksi 15 % vaihteluvälin ollessa 0,5 - 50 %:ia. Kaikki pakkaajat eivät ilmeisesti laskeneet pieniä perunoita lajittelutappioon. Mekaanisia vioituksia arvioitiin tulevan keskimäärin 3 %:iin perunoista, joten niitä ei keskimäärin pidetty kovin pahana ongelmana. Arviot vaihtelivat kuitenkin eri pakkaamoissa huomattavasti. Eniten perunoita vioittavana laitteena piti 22 % pakkaajista lajittelukonetta. Seulalajittelijassa seulat rikkoivat perunoita. Rullalajittelukoneen ongelmina mainittiin soikeat, isot ja rajakoon perunat. Noin 16 % vastaajista piti pahimpana syöttösiiloa ja vajaa 10 % mainitsi kuljettimet ja syöttölaitteen. Irtovarastoissa perunan varastosta ottoa pidettiin perunoita eniten vioittavana työvaiheena. Vioitusten pienentämiseksi 17 % pakkaajista lämmitti perunoita ennen lajittelua.

Pakkaajat pitivät perunavarastojaan keskimäärin hyvinä ja pakkaustiloja ja laitteita tyydyttävinä. Keskeisimmät ongelmat olivat lajitteluun liittyvät pulmat, alikoneistus, puuttuvat tai ahtaat lajittelutilat sekä huonot työolot. Pakkaustilojen puute ja alikoneistus olivat tavallisesti pahimmat puutteet pienissä pakkaamoissa. Suuremmissa pakkaamoissa, joissa koneistus ja lajittelutilat alkavat olla kunnossa, pahimmat ongelmat liittyivät itse lajitteluprosessiin. Näistä mainittiin tärkeimpänä puutteet lajittelukoneessa. Myös märkämätäisten perunoiden erotus ja kokolajittelu mainittiin ongelmina.

Suuri osa pakkaamojen puutteista oli ergonomiaan liittyviä. Ongelmista pahin oli vastaajien mielestä työn pölyisyys. Seuraavina tulivat erillisen lajittelutilan puutteesta johtuva työskentely kylmässä, trukin pakokaasut, melu ja ilmanvaihdosta aiheutuva veto. Pölyisyys koettiin ongelmaksi erityisesti keskikokoisissa ja sitä suuremmissa varastoissa. Pienissä varastoissa pahimpana ongelmana näytti olevan lämpimän lajittelutilan puute. Käsinvälintatason valaistusta ei yleensä pidetty puutteellisena, vaikka valaistuksen parantamiseen aineiston perusteella monesti oli tarvetta.

### **3. TILAKÄYNNIT**

#### **3.1. Yleistä**

Tilakäynneillä tutkittiin perunan käsittelyssä käytettävien laitteiden toimivuutta käytännön oloissa. Tilakäynneillä tehtiin myös olosuhdemittauksia varastoissa ja pakkaamoissa sekä selvitettiin pakkaamoissa esiintyviä ergonomisia ongelmia. Samalla täytettiin tilakyselyssä käytetty kyselylomake.

#### **3.2. Pakkaamot**

Tutkimukseen valittiin 25 perunatilaa, joissa kauppakunnostettiin ja pakattiin perunaa. Pakkaamoista 13 sijaitsi Isojoella Etelä-Pohjanmaan maatalouskeskuksen ja 12 Hämeen läänin maatalouskeskuksen alueella (Lopella, Tuuloksessa, Rengossa ja Hauholla). Pakkaamot valittiin yhteistyössä maaseutukeskusten perunakonsulenttien kanssa.

Pakkaajista 21 viljeli itse pakattavan perunan. Keskimääräinen ruokaperuna-ala näillä tiloilla oli 13,2 ha, joka on noin kaksinkertainen kaikkien tilakyselyyn vastanneiden perunatilojen ruokaperuna-alaan verrattuna. Neljällä pakkaajalla ei ollut omaa perunanviljelyä. Yksi näistä oli viljelijöiden omistama yhteisvarasto ja kolme muuta olivat perunan pakkaustoimintaa ammatikseen harjoittavien yrittäjien omistamia pakkaamoja.

Perunavarastojen keskimääräinen kapasiteetti oli 740 tonnia eli selvästi suurempi kuin tilakyselyyn vastanneilla keskimäärin. Puolet varastoista sijoittuu kuitenkin luokkaan 250 - 500 tonnia, joten muutama isokokoinen varasto nostaa keskiarvoa. Keskimäärin pakkaamoissa pakattiin vuodessa 500 tonnia perunaa. Työvoimaa pakkaamoissa oli keskimäärin 2,5 henkeä.

Automaattinen ilmastointi oli 60 %:ssa varastoista ja koneellinen jäähdytysjärjestelmä oli 24 %:ssa varastoista. Erillinen lajittelutila puuttui vain kolmesta varastosta. Varastojen tekninen taso oli siis keskimääräistä parempi.

Kenttätutkimukseen osallistuneiden pakkaamojen laitteiden tasoa on vaikea verrata tilakyselyn vastaaviin lukuihin. Esimerkiksi lajittelukoneen keski-ikä oli suunnilleen sama kummassakin aineistossa. Myös pakkaajien omat arviot laitteiden tasosta ovat samankokoisissa varastoissa lähes yhtenevät molemmissa aineistossa.

##### **3.2.1. Näytteenotto ja mittaukset pakkaamoissa**

Pakkaamoissa käytiin vuoden 1991 helmi- ja maaliskuussa. Pakkaamoissa tehtiin olosuhdemittauksia, otettiin perunanäytteitä raakaerästä ja lajitellusta perunasta sekä tehtiin huomioita lajittelutyön yleisestä sujumisesta ja laitteiden toiminnasta.

Kaikki mittaukset ja näytteiden otto pyrittiin tekemään normaalin lajittelutyön aikana. Kaikissa pakkaamoissa tämä ei kuitenkaan ollut mahdollista, koska niissä ei tilakäyntien aikana lajiteltu perunaa. Näissä yhdeksässä pakkaamossa lajitteluketjun läpi ajettiin pieni erä perunaa, jotta mittaukset saatiin tehtyä ja perunanäytteet otettua. Näissä tapauksissa lajittelutyön laatu jäi yleensä normaalia huonommaksi.

Lajitteluketjun eri laitteiden väliset pudotuskorkeudet mitattiin ja pohjan materiaali pudotuskohdissa tutkittiin. Ketjun toimivuudesta tehtiin havaintoja perunan vioittumisen ja lajittelutyön sujumisen kannalta. Lajitteluketjun perunaa vioittavia kohtia etsittiin lisäksi ns. sähköperunan avulla (kuva 30). Laitetta käytetään lajitteluketjussa perunaan kohdistuvien iskujen voimakkuuden mittaamiseen. Sähköperuna ei kuitenkaan "aisti" esimerkiksi puristusta tai viiltoja.

Lajittelussa syntyvien mekaanisten vioitusten ja perunan laadun selvittämiseksi tiloilla lajiteltavasta perunaerästä otettiin ennen ja jälkeen lajittelun kaksi noin 100 kappaleen perunanäytettä. Myös perunan lämpötila ennen lajittelua mitattiin.

Ilman lämpötila ja suhteellinen kosteus mitattiin sekä perunavarastossa että lajittelutilassa. Mittarina oli Alnor Therm 2246-2 digitaalinen psykrometri. Luksimittarilla mitattiin valaistusvoimakkuus käsinvalintatasolla ja yleinen valaistusvoimakkuus pakkaamossa. Hienopölypitoisuuksia lajittelun aikana seurattiin Hund-TM -mittarilla. Mittari näyttää hienojakoisen, halkaisijaltaan alle  $3,5 \mu\text{m}$ , pölyn määrän massapitoisuutena ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ). Tämän kokoiset pölyhiukkaset tunkeutuvat keuhkorakuloihin ja voivat kiinnittyä niihin tai joutua verenkiertoon (LARSSON 1982). Kokonaispölypitoisuuksia ei tällä mittarilla pystytä mittaamaan.



**Kuva 30.** Mittauksissa käytetty tanskalainen sähköperuna vastaanottiminen (kuva käyttöohjeesta).

*Picture 30. The Danish electronic potato and receiver, which were used in tests (photo from instruction manual).*

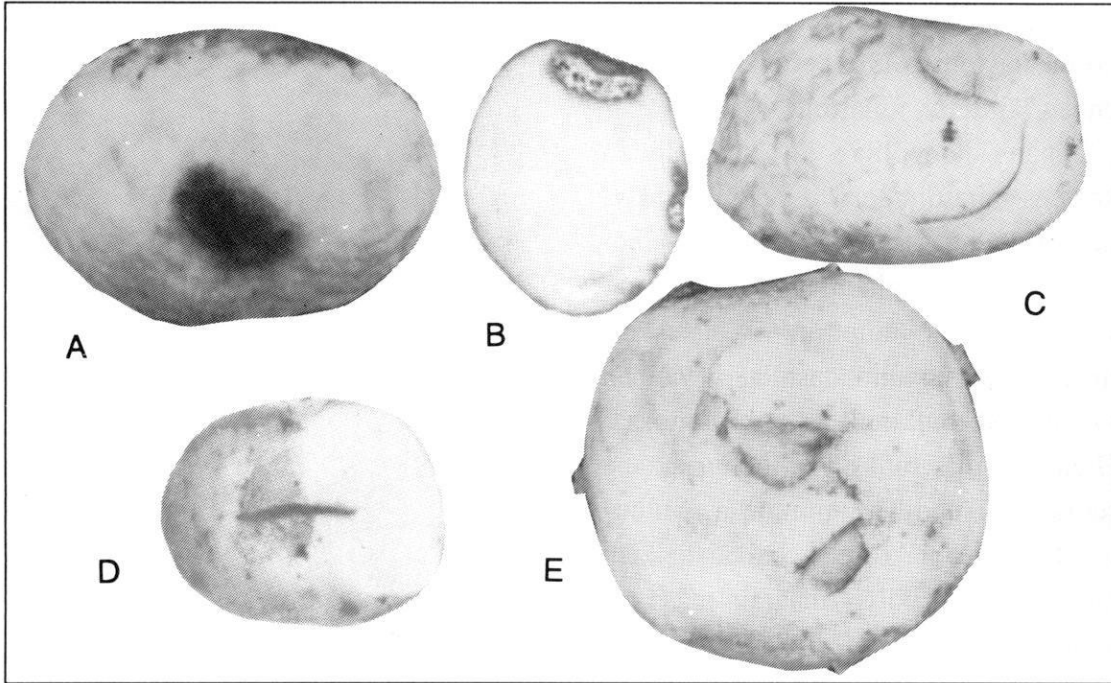
### 3.2.2. Näytteiden analysointi

Perunanäytteet analysoitiin MTTK:n perunatalossa Jokioisissa. Näytteistä määritettiin aluksi ruokaperuna-asetuksen mukainen ensimmäisen luokan ruokaperunan osuus. Tätä varten näytteistä määritettiin sieni- tai bakteeritautisten, vihertyneiden, itäneiden, rupisten, vioittuneiden ja epämuotoisten mukuloiden osuus. Alikokoisia mukuloita tai vieraita lajikkeita ei tässä määrittäksessä kuitenkaan huomioitu.

Mekaanisista vioituksista määritettiin pintaviat, iskemät, ruhjeet ja halkeamat (kuva 31). Tämän jälkeen näytteestä otettiin noin 60 mukulan osanäyte mustelmien määrittämistä varten. Osanäyte kuorittiin määrittäystä varten kuorimakoneella. Mekaaniset viat määritettiin kappaleprosentteina. Viat jaettiin vioituksen laajuuden mukaan kolmeen eri luokkaan (taulukko 18). Vikoja määritettäessä otettiin kaikki

samassa mukulassa olevat erityyppiset viat huomioon. Jos mukulassa oli esimerkiksi sekä pintavikoja että iskemiä, merkittiin molemmat vikatyypit määrittelylomakkeeseen.

Mekaanisten vikojen luokitus oli normaalia luokitusta huomattavasti tarkempi. Merkityksetön vioitus ei käytännössä juuri vaikuta ruokaperunan laatuun. Lieviä vikoja sisältävät perunatkin kelpaavat vielä ykkösluokan ruokaperunaksi. Käytetty luokitus tuo kuitenkin aineistossa olevat erot paremmin näkyviin.



**Kuva 31.** Vioitustyyppit a) mustelma b) ruhje c) iskemä d) halkeama e) pintavika (de HAAN 1981 ja UMÆRUS ja UMÆRUS 1976).

**Picture 31.** Different types of damage a) black spot b) bruise c) crack d) split e) scuffing (de HAAN 1981 and UMÆRUS and UMÆRUS 1976).

**Taulukko 18.** Mekaanisten vikojen luokitus.

**Table 18.** Classification of mechanical damage.

Vioituksen laajuus <i>Severity of damage</i>	Luokitus <i>Classification</i>	
Alle 1 - 2 mm laajuinen vioitus <i>Less than 1 - 2 mm deep or wide damage</i>	+	Merkityksetön <i>Unsignificant</i>
Alle 10 % vioitus <sup>1)</sup> <i>Less than 10 % damage<sup>1)</sup></i>	++	Lievä <i>Slight</i>
Yli 10 % vioitus <sup>1)</sup> <i>More than 10 % damage<sup>1)</sup></i>	+++	Vakava <i>Severe</i>

<sup>1)</sup> osuus mukulan pinta-alasta tai suoralla leikkauksella poistuvan vioituksen osuus perunan tilavuudesta

<sup>1)</sup> percentage of surface area of the tuber or percentage of volume loss of tuber when damaged part is removed with a straight cut

Vioitusluokat yhdistettiin laskemalla niistä vioitusindeksi. Indeksä painottaa vioitukset seuraavan kaavan mukaan (UMÆRUS ja UMÆRUS):

$$\text{Indeksi} = (0,1 \cdot a + 0,5 \cdot b + c) \cdot 100/N$$

*Damage index*

missä a = merkityksetön vioitus

where *insignificant damage*

b = lievä - " -

*slight* - " -

c = vakava - " -

*severe* - " -

N = perunoiden lukumäärä

*number of tubers*

### 3.3. Olot pakkaamoissa ja varastoissa

#### 3.3.1. Lämpötila ja suhteellinen kosteus

Perunavarastoissa keskimääräinen ilman lämpötila oli 4 °C ja suhteellinen kosteus 89 % (taulukko 19). Arvot vaihtelivat kuitenkin eri varastoissa huomattavasti. Esimerkiksi varaston lämpötilan suurimman ja pienimmän arvon välinen erotus oli 3,5 astetta. Ilman suhteellinen kosteus vaihteli vielä enemmän ollen pienimmillään 48 % ja suurimmillaan 98 %.

Neljässä varastossa lämpötila oli 3 °C tai pienempi. Pienin mitattu lämpötila oli niinkin alhainen kuin 2,4 °C. Syy poikkeuksellisen alhaisiin lämpötiloihin oli halu estää perunan itäminen. Suositusten mukaan näin alhaisia lämpötiloja ei kuitenkaan paleltumisvaaran takia tulisi käyttää.

Kolmessa varastossa lämpötila oli suurempi kuin 5 °C. Suurin mitattu lämpötila oli 5,9 °C. Perunavarastoissa, joissa ei ollut erillistä lajittelutilaa, näytti lämpötila olevan hieman korkeampi kuin muissa varastoissa. Havaintojen vähyden takia tästä on kuitenkin vaikea tehdä johtopäätöksiä.

Yli 90 %:n suhteellisen kosteuden pitäminen varastoissa näytti olevan vaikeaa. Kahdeksassa varastossa ilman suhteellinen kosteus oli pienempi kuin 90 % ja viidessä se oli alle 85 %. Viimeksi mainittu lukema alkaa jo olla selvästi liian alhainen.

Mitään tilastollista riippuvuutta varaston lämpötilan tai suhteellisen kosteuden ja perunan laadun välillä ei tästä aineistosta löytynyt. Aineisto oli tähän liian pieni ja hajonta liian suuri. Lisäksi on otettava huomioon, että mittaukset tehtiin vain kerran jokaisessa pakkaamossa. Tällöin erilaiset tekijät, kuten ulkolämpötila ja kosteus tai ovien tai ikkunoiden aukiolo saattaa vaikuttaa huomattavasti mittaustulokseen.

**Taulukko 19.** Ilman lämpötila ja suhteellinen kosteus perunavarastossa ja lajittelutilassa.  
**Table 19.** *Temperature and relative humidity in potato store and in sorting room.*

Mittauspaikka <i>Measurement place</i>	Havainnot <i>Number of measurements</i>	Lämpötila, °C <i>Temperature, °C</i>		Suhteellinen kosteus, % <i>Relative humidity, %</i>	
		$\bar{x}$	Vaihtelu <i>Variation</i>	$\bar{x}$	Vaihtelu <i>Variation</i>
Perunavarasto <i>Potato store</i>	22	4,0	2,4 - 5,5	89	65 - 98
Varasto, jossa ei ole erillistä lajittelutilaa <i>Potato store where there is no separate sorting room</i>	3	5,2	4,7 - 5,9	77	48 - 92
Lämmitetty lajittelutila <i>Heated sorting room</i>	7	9,5	8,6 - 10,8	59	34 - 78
Lämmittämätön lajittelutila <i>Unheated sorting room</i>	15	4,0	2,7 - 5,2	87	65 - 98

Erillinen lajittelutila puuttui vain kolmesta pakkaamosta. Kuitenkin vain noin kolmannes lajittelutiloista oli mittaushetkellä lämmitettyjä (taulukko 19). Osassa pakkaamoista tämä johtui siitä, että mittausten aikana ei ollut perunan lajittelua meneillään ja lajittelutila oli tästä syystä kylmillään. Monessa tapauksessa suuren tilan lämmittämistä pidettiin kalliina. Myös lajittelutilan ja perunavaraston välinen huono lämmöneristys oli useasti syynä lajittelutilan kylmyyteen.

Monet pakkaajista mainitsivat lajittelutilan kylmyyden epäkohtana. Sopivana työskentelylämpötilana pidettiin noin kymmentä astetta. Käytännössä sopiva lämpötila voisi olla hieman korkeampikin. Jos koko lajittelutilaa ei kustannus- tai muista syistä haluta lämmittää, kannattaa käsinvalintatason yläpuolelle asentaa infrapunälämmittimet lämmittämään lajittelijoita.

### 3.3.2. Valaistus

Pakkaamoissa mitattiin sekä yleisvalaistus lajittelutilassa että kohdevalon voimakkuus käsinvalintatasolla. Tulokset on esitetty taulukossa 20. Valaistusvoimakkuudet pakkaamoissa olivat hyvin erilaiset. Valaistusvoimakkuuden keskiarvo jäi myös selvästi alhaisemmaksi kuin ohjeavona pidetty 1500 lx.

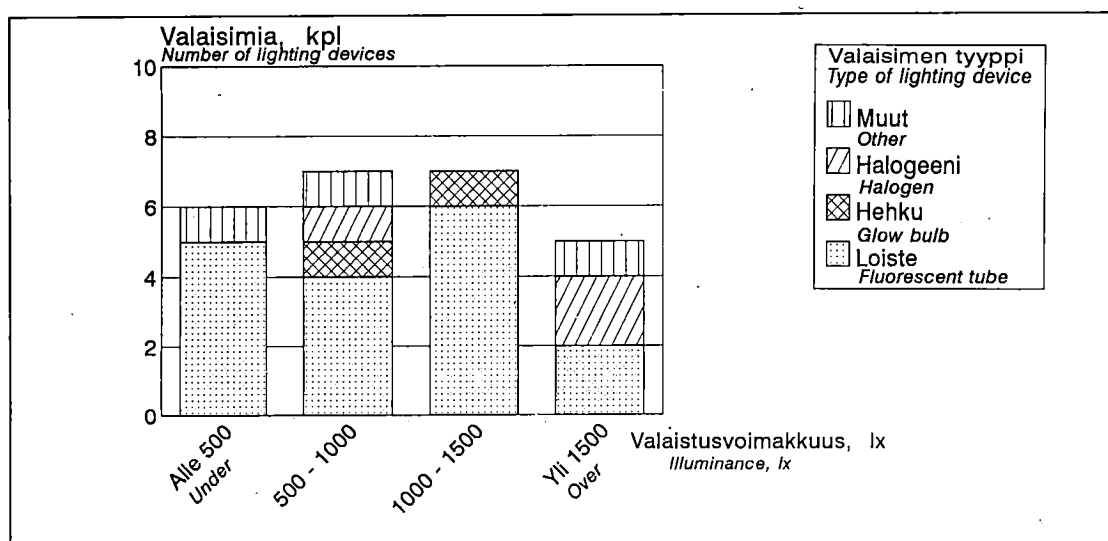
Tavallisin valaisin käsinvalintatason yläpuolella oli loistevalaisin, joita oli noin 70 % kaikista valaisimista. Valaistuksen voimakkuuden ja valaisimen tyyppin välillä ei kuitenkaan ollut suoranaista yhteyttä (kuva 32). Tosin kaikki yli 2000 lx valaistuksen voimakkuudet saavutettiin halogeenilampuilla. Hyvin kirkas, pistemäinen valo voi kuitenkin häikäistä lajittelijoita, eikä tästä syystä ole suositeltava.

Valaistusvoimakkuus ei juuri näyttänyt vaikuttavan perunan laatuun. Tähän vaikutti osaltaan aineiston suuri hajonta. Aineistossa oli niin paljon kontrolloimattomia

tekijöitä, että valaistuksen vaikutus ei tullut esille. Valaistukseen kannattaa kuitenkin kiinnittää huomiota. On selvää, että hyvässä valossa käsinvalinta on oleellisesti helpompaa kuin huonossa valossa. Sopiva valon määrä on 1500 luksia (RISSANEN ym. 1990). Suomen Valoteknillinen Seura suosittelee perunanlajitteluun 750 - 1000 luksin valaistusvoimakkuutta ja värintoistoltaan erittäin hyviä valaisimia (ANON. 1986). Kuitenkin seura suosittelee värintarkkailua vaativiin tehtäviin 1000 - 2000 luksin valaistusvoimakkuutta.

**Taulukko 20.** Valaistusvoimakkuus lajittelutilassa ja käsinvalintatasolla.  
**Table 20.** Illuminance in the sorting room and on the sorting table.

Mittauskohde <i>Measurement place</i>	Valaistusvoimakkuus, lx <i>Illuminance, lx</i>	
	$\bar{x}$	Vaihtelu <i>Variation</i>
Käsinlajittelutaso <i>Sorting table</i>	1110	200 - 4250
Yleisvalaistus <i>General level of illuminance</i>	70	18 - 340



**Kuva 32.** Valaistusvoimakkuus ja valaisimen tyyppi käsinvalintatasolla.  
**Picture 32.** Illuminance on the sorting table and type of lighting device.

### 3.3.3. Pölyisyys ja pölynpoisto

Hienöpölypitoisuus mitattiin lajittelutilassa ja käsinvalintatason lähellä. Kokonaispölypitoisuuksia ei pakkaamoissa mitattu. Pölypitoisuudet pakkaamoissa vaihtelivat suuresti (taulukko 21). Pölyämiseen vaikuttavat erilaiset maalajit, perunan pinnan kosteus, harjakoneen käyttö sekä harjakoneen pölynpoisto tai sen puuttuminen. Luvut vastaavat suuruusluokaltaan viljankuivaamoissa mitattuja pölypitoisuuksia (LARSSON 1982).

**Taulukko 21.** Hienopölypitoisuus pakkaamoissa. Yleistaso on mitattu keskiarvona lajitteluketjun ympäriltä.

**Table 21.** Fine dust concentration in potato packing plants. The average dust concentration is the mean of several measurements at different places around the grading line.

Mittauspaikka <i>Measurement place</i>	Hienopölypitoisuus, mg/m <sup>3</sup> <i>Fine dust concentration, mg/m<sup>3</sup></i>	
	$\bar{x}$	Vaihtelu <i>Variation</i>
Käsinlajittelutaso <i>Sorting table</i>	6,3	0,6 - 30,0
Yleistaso pakkaamossa <i>Average concentration in sorting room</i>	2,6	0,3 - 7,9

Selvästi pölyisimpiä olivat ne pakkaamot, joissa käytettiin harjakonetta. Hienopölypitoisuus käsinvalintatasolla oli keskimäärin 7,2 mg/m<sup>3</sup>. Harjakone oli 16:ssa pakkaamossa. Suurempi pölypitoisuus johtuu paitsi harjakoneen käytöstä myös siitä, että perunat olivat näissä pakkaamoissa pinnaltaan multaisempia. Sen sijaan niissä pakkaamoissa (9 kappaletta), joissa harjakonetta ei käytetty, keskimääräinen hienopölypitoisuus käsinvalintatasolla oli 4,6 mg/m<sup>3</sup>.

Pölynpoistomuri harjakoneessa ei näyttänyt juuri vaikuttavan pölypitoisuuteen käsinvalintatasolla. Tähän voivat vaikuttaa monet seikat. Jos harjakone on käsinvalintason vieressä, eikä sitä ole kunnolla koteloitu, pölynpoistomuri ei juuri vähennä harjakoneesta käsinvalintatasolle lentävää pölyä. Monessa pakkaamossa huonosti koteloitu harjakone puhalsikin pölyt suoraan lajittelijoiden päälle. Jotta pölynpoisto toimisi, harjakoneen koteloinnin on oltava niin tiivis, että koneen sisälle muodostuu tarvittava alipaine. Kotelointia on tarvittaessa parannettava omatoimisesti.

Perunoiden kaataminen syöttösiiloon ja säkittäminen pakkauskoneella olivat myös hyvin pölyisiä työvaiheita. Muutamassa pakkaamossa oli syöttösiilo sijoitettu varaston puolelle. Tämä vähensi pölyämistä lajittelutilassa. Väliseinän voisi tehdä myös lajittelutilaan. Tällöin voisi olla mahdollista sijoittaa syöttösiilon lisäksi esimerkiksi harjakone ja lajittelukone väliseinän taakse erilliseen tilaan, johon voi vielä tarvittaessa asentaa pölynpoistomurin.

Joissakin pakkaamoissa kohdepoistomureita oli asennettu myös syöttösiilon tai muiden laitteiden läheisyyteen. Seinillä ja katonrajassa saattoi myös olla yleispoistomureita. Pölyn vähentäminen näillä keinoin oli onnistunut vaihtelevasti. Lähellä pölyn lähdeksi oleva kohdepoisto vähensi yleensä selvästi pölyn määrää. Jos imuaukko on kaukana pölynlähteestä, pölyn määrä ei juuri vähene, koska alipainetta muodostuu ainoastaan aukon välittömään läheisyyteen.

Niissä neljässä pakkaamossa, joissa oli pölynpoistomuri harjakoneessa ja joissa lisäksi oli muita imureita, mitattiin kaikkein korkeimmat pölypitoisuudet. Tämä voi



johtua siitä, että pölynpoisto imureiden avulla oli ainakin osittain epäonnistunut. Todennäköistä on kuitenkin, että näissä pakkaamoissa myös pölypitoisuuden lähtötaso on ollut muita suurempi, jolloin ilman imureita pölypitoisuus olisi ollut vielä korkeampi.

Yhdessä pakkaamossa oli perunoiden kostutuslaitteisto. Suuttimet oli asennettu kuljettimeen heti syöttösiilon jälkeen. Laitteistoa käytettiin kuitenkin vain harvoin, koska se ilmeisesti liian suuren pisarakoon takia jätti perunan liian kosteaksi. Kostutuslaitteen tulisi tuottaa hyvin pienestä vesimäärästä hienojakoinen sumu, joka sitoo pölyn perunan pintaan ilman, että peruna jää käsittelyn jälkeen märäksi. Muutamalla tilalla kostutettiin syöttösiilossa olevia perunoita kastelukannua tai muuta astiaa käyttäen. Pakkaajien mielestä kostutus vähensi pölyämistä merkittävästi. Sopivin tapa perunoiden kostutukseen olisi kuitenkin tarkoitusta varten tehty sumutuslaite.

Epäorgaanisen pölyn pienin haitalliseksi tunnettu pitoisuus 8 tunnin työskentelyjaksolla ( $HTP_{8h}$ ) on  $10 \text{ mg/m}^3$  (ANON. 1987). On kuitenkin otettava huomioon, että edellä mainittu  $HTP$ -arvo on kokonaispölypitoisuuden raja-arvo. Hienopölypitoisuudet ovat aina pienempiä kuin kokonaispölypitoisuudet. Mittausten perusteella pakkaamossa työskenneltäessä onkin erittäin suositeltavaa käyttää hengityksensuojainta. Sopiva suojain on esimerkiksi P2-luokituksen täyttävä hiukkassuojain.

### 3.4. Perunan laatu pakkaamoissa

Perunanäytteitä otettiin kaikkiaan 102 kappaletta. Näytteissä oli kahdeksaa eri perunalajiketta. Yleisimpiä lajikkeita olivat Bintje (5 pakkaamo), Sabina (5 pakkaamo) ja Ostara (5 pakkaamo). Etelä-Pohjanmaalla oli Ostara yleisin lajike ja Hämeessä Bintje ja Sabina.

#### 3.4.1. Ensimmäisen luokan ruokaperunan osuus

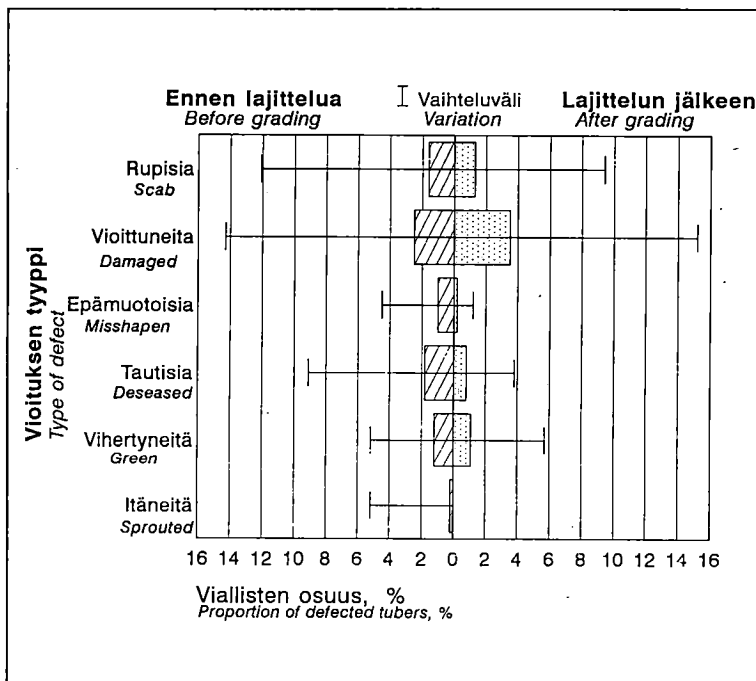
Näytteistä määritettiin aluksi ruokaperuna-asetuksen mukainen ensimmäisen luokan ruokaperunan osuus. Näytteissä oli parhaimmillaan yli 99 % ensimmäisen luokan perunaa ja huonoimmillaan vähän yli 80 % (taulukko 22). Keskimäärin ensimmäisen luokan ruokaperunan osuus lisääntyi lajittelun ansiosta 1,3 %. Perunan laatu ei siis keskimäärin parantunut lajittelussa kovin paljoa. Hajonta aineistossa oli kuitenkin hyvin suuri. Sekä lajittelun tarkkuus että raakaperunan laatu vaihtelivat paljon. On myös otettava huomioon, että noin kolmasosassa pakkaamoista oli näytteitä otettaessa vajaa miehitys.

Raakaerän laadun ja lajittelutuloksen välillä oli usein negatiivinen korrelaatio, eli mitä huonompi raakaerä sitä enemmän perunan laatua oli lajittelemalla mahdollista parantaa. Tähän vaikutti ennen kaikkea käsinvalinnan huolellisuus. Toisaalta huonosta perunasta ei helposti saa lajittelemallakaan hyvää. Esimerkiksi yhdessä pakkaamossa oli perunan rupisuuden takia ensimmäisen luokan ruokaperunaa lajittelun jälkeenkin vain 25 %. Tämän pakkaamon näytteitä ei ole mukana taulukon 22 luvuissa.

**Taulukko 22.** Ensimmäisen luokan ruokaperunan osuus ennen lajittelua ja lajittelun jälkeen.  
**Table 22.** Proportion of first grade ware potato before and after grading.

Näyte Sample	I luokan ruokaperunan osuus, % Proportion of first grade potato, %	
	$\bar{x}$	Vaihtelu Variation
Ennen lajittelua Before grading	91,6	80,5 - 99,4
Lajittelun jälkeen After grading	92,9	82,2 - 99,3

Yleisin vikatyyppi ruokaperuna-asetuksen mukaisessa määrityksessä oli mekaaninen vioitus (kuva 33). Mekaanisten vikojen osuus kasvoi lajittelun vaikutuksesta, kun muiden vikojen osuus taas pieneni. Hyvässä raakaerässä mekaanisten vioitusten osuus tulee suhteellisesti suuremmaksi kuin huonossa raakaerässä, jossa on paljon muitakin vikoja. Jos pahoja vioituksia tulee käsinvalintatason jälkeen, niin vioittuneita mukuloita on huolellisenkin pakkaajan vaikea poistaa.



**Kuva 33.**

Viallisten perunoiden osuus ennen lajittelua ja lajittelun jälkeen I luokan ruokaperunan vaatimusten mukaisesti määriteltynä.

**Picture 33.**

Proportion of defected potatoes before and after grading. Defected = under first grade ware potato classification.

Vihertyneiden mukuloiden osuus ei lajittelussa keskimäärin vähentynyt. Varsinkin multaisesta perunasta vihertymisen erottaminen on vaikeaa. Sen sijaan epämuotoiset ja sieni- ja bakteeritautien vioittamat perunat olivat helppoja havaita. Myös rupisen mukulan havaitseminen lajittelussa ei pitäisi olla kovin vaikeaa. Rupisten mukuloiden osuus ei kuitenkaan lajittelussa kovin paljon vähentynyt. Rupisia, mutta muuten hyviä mukuloita ei todennäköisesti kovin herkästi hylätä lajittelussa.

Itäneitä mukuloita oli vain kahden pakkaamon näytteissä. Muutamat pakkaajat tosin totesivat, että peruna itää helposti varaston yläosassa. Perunan itämiseen näytti olevan syynä varaston huono ilmanvaihto. Lisäksi eri perunalajikkeiden itämisherkyys vaihtelee suuresti.

### 3.4.2. Mekaaniset vioitukset

Mekaaniset vioitukset määritettiin näytteistä ruokaperuna-asetuksen mukaisen määrittelyn jälkeen. Tavallisimmat vioitustyyppit olivat pintaviat, mustelmat ja halkeamat (taulukko 23). Pintavioissa on tässä määrittelyssä laskettu myös niin sanotut kynnenjäljet. Kynnenjäljet voitaisiin myös määrittellä iskemiksi, jolloin iskemien osuus kasvaisi ja pintavikojen osuus vastaavasti pienenesi. Kynnenjälki-vioitus oli näytteissä melko yleinen.

**Taulukko 23.** Mekaaniset vioitukset perunoissa ennen lajittelua ja lajittelun jälkeen.

*Table 23. Amount of mechanical damage in tubers before and after grading.*

Vikatyyppi <i>Type of damage</i>	Vioitusindeksi <i>Damage index</i>			
	Ennen lajittelua <i>Before grading and sorting</i>		Lajittelun jälkeen <i>After grading and sorting</i>	
	$\bar{x}$	Vaihtelu <i>Variation</i>	$\bar{x}$	Vaihtelu <i>Variation</i>
Pintavika <i>Scuffing</i>	32,3	8,6 - 67,4	37,4	17,9 - 66,1
Mustelma <i>Black spot</i>	11,3	0,1 - 44,9	17,0	2,8 - 50,0
Halkeama <i>Split</i>	4,5	0,5 - 16,8	10,0	0,9 - 19,3
Ruhje <i>Bruise</i>	2,7	0 - 12,0	6,4	0 - 30,1
Iskemä <i>Crack</i>	3,0	0 - 20,6	4,0	0 - 12,4

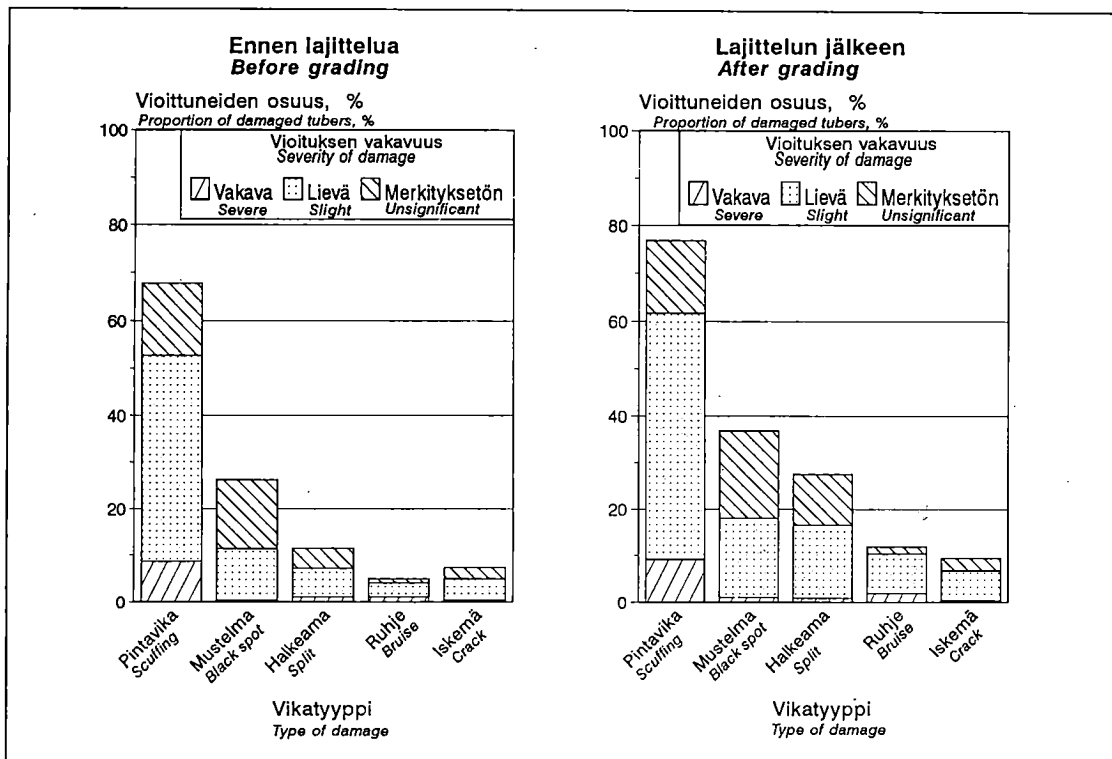
Valtaosa vioituksista on tullut perunoihin jo ennen lajittelua, mutta kaiken tyyppiset viat ovat kuitenkin keskimäärin lisääntyneet lajittelun aikana. Ylivoi- maisesti eniten näytteissä oli pintavikoja, joiden osuus oli ennen lajittelua 60 % ja lajittelun jälkeen 50 % kaikista vioituksista. Suhteessa eniten lisääntyivät kuitenkin ruhjeet ja halkeamat.

Suurin osa vioituksista kuului luokkaan lievät vioitukset (kuva 34). Seuraavaksi eniten oli merkityksettömiä vikoja. Merkityksetön vioitus ei juuri vaikuta perunan laatuun, mutta lievä vioitus on jo selvästi silmin havaittava vika.

Vakavat vioitukset olivat enimmäkseen pintavikoja ja ruhjeita. Vakavia pintavikoja oli keskimäärin 9 %:ssa perunoita ja vakavia ruhjeita noin 2 %:ssa perunoita. Vakavien ruhjeiden osuus oli suhteellisesti suurin. Peruna, jossa on vakava vioitus on käyttökelvoton.

Lajittelun seurauksena lisääntyivät lievät vioitukset eniten. Merkityksettömät vioitukset eivät juuri lisääntyneet paitsi halkeamien ja mustelmien luokissa. Samoin vakavien vioitusten osuus lisääntyi selvästi vain mustelmien ja ruhjeiden luokissa. Halkeamien luokassa vakavien vioitusten osuus keskimäärin väheni lajittelussa.

Vakavasti vioittuneiden perunoiden osuuden ei tulisikaan lisääntyä lajittelussa, koska tällaiset perunat pitäisi käsinvalinnassa aina hylätä. Poikkeuksena ovat sellaiset tapaukset, jolloin peruna joko vioittuu käsinvalintatason jälkeen tai vioitus on sen tyyppinen, että sitä on vaikea havaita. Esimerkiksi mustelmoitumista ei voi juuri havaita käsinvalinnassa.



**Kuva 34.** Eriasteiset mekaaniset viat ennen lajittelua ja lajittelun jälkeen.  
**Picture 34.** Severity of mechanical damage before and after grading.

### 3.5. Perunan laatuun vaikuttavia tekijöitä

Aineiston suuren hajonnan ja lukuisten samanaikaisesti muuttuvien tekijöiden takia oli hyvin vaikeaa saada selville mitään yksittäisiä perunan vioittumiseen vaikuttavia tekijöitä. Pakkaamojen ja eri perunalajikkeiden vaikutus perunan laatuun oli niin suuri, että muiden tekijöiden vaikutusta perunan vioittumiseen voitiin selvittää pääasiassa vain tilakäynneillä tehtyjä havaintoja ja aineistoa vertailemalla.

### 3.5.1. Käsivalinnan vaikutus

Huolellinen käsivalinta on edellytys kunnolliselle ruokaperunalle. Käsivalinnassa perunasta pitäisi pystyä poistamaan kaikki vioittuneet mukulat. Tutkituissa pakkaamoissa käsivalinnalla oli erittäin merkittävä vaikutus perunan laatuun. Kaikki ei-mekaaniset vioitukset vähenivät keskimäärin lajittelussa (kuva 33). Lajittelutulos kuitenkin vaihteli paljon pakkaamosta toiseen.

Niissä pakkaamoissa, joissa ei näytteiden oton aikana tehty varsinaista käsivalintaa lainkaan, lajittelu pääasiassa huononsi perunaa. Tämä johtui mekaanisten vioitusten lisääntymisestä ja kertoo samalla perunan lajitteluketjun vaikutuksesta perunan laatuun.

Myös raakaerän laatu vaikuttaa käsivalinnan onnistumiseen. Jos peruna on huonoa, lajittelija joutuu hylkäämään paljon suuremman osan perunoista kuin jos peruna olisi hyvää. Tällöin pitäisi joko perunan syöttöä käsivalintatasolle pienentää tai työvoiman määrää lisätä, jotta vioittuneet perunat ehdittäisiin poistaa käsivalinnassa. Huonoa perunaa lajiteltaessa käsinlajittelu jää helposti epätarkemmaksi, jolloin hieman vioittuneetkin perunat menevät pakattavaksi.

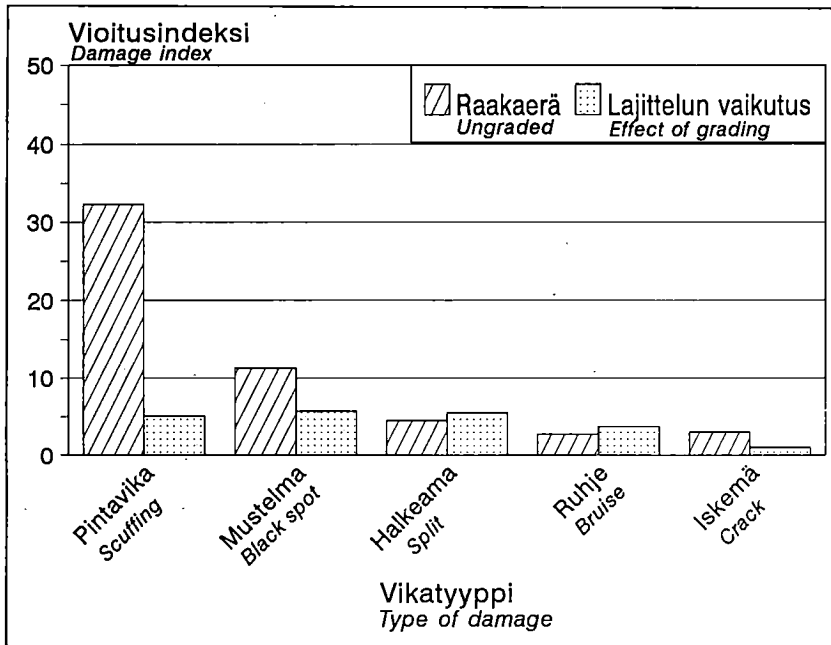
Huonoon lajittelutulokseen voi lisäksi vaikuttaa perunan markkinatilanne ja pakkaajan huono laatutietoisuus. Jos perunan hinta on hyvin alhainen, pakkaaja saattaa tuntea lajittelutyön turhauttavana tai tuottamattomana toimenpiteenä. Toisaalta myös perunan ostajat saattavat useassa tapauksessa asettaa perunan hinnan laadun edelle. Pakkaajilla ja kuluttajilla voi myös olla toisistaan poikkeavia käsityksiä perunan laadusta. Pakkaaja voi esimerkiksi pitää rupisten perunoiden hylkäämistä turhana kun taas kuluttaja ei juuri arvosta rupisia perunoita.

Hyvään lajittelutulokseen pääsemiseen ei aineistosta löytynyt mitään yksittäistä syytä. Esimerkiksi hyvä valaistus ei vaikuta lajittelutulokseen, jos lajittelu kuitenkin tehdään huolimattomasti. Ratkaiseva tekijä lieneekin juuri lajittelijan huolellisuus ja pyrkimys tuottaa hyvää perunaa.

### 3.5.2. Laitteiden vaikutus

Suuri osa perunoissa olleista mekaanisista vioituksista oli muodostunut nostossa ja varastoinnissa. Kauppakunnostuksessa mekaaniset viat lisääntyivät kuitenkin merkittävästi. Pintavikojen lisääntyminen oli suhteellisen pientä verrattuna nostossa ja varastoinnissa tulleisiin vioituksiin (kuva 35). Sen sijaan mustelmien määrä lisääntyi noin 50 % ja halkeamien ja ruhjeiden määrä enemmän kuin kaksinkertaistui.

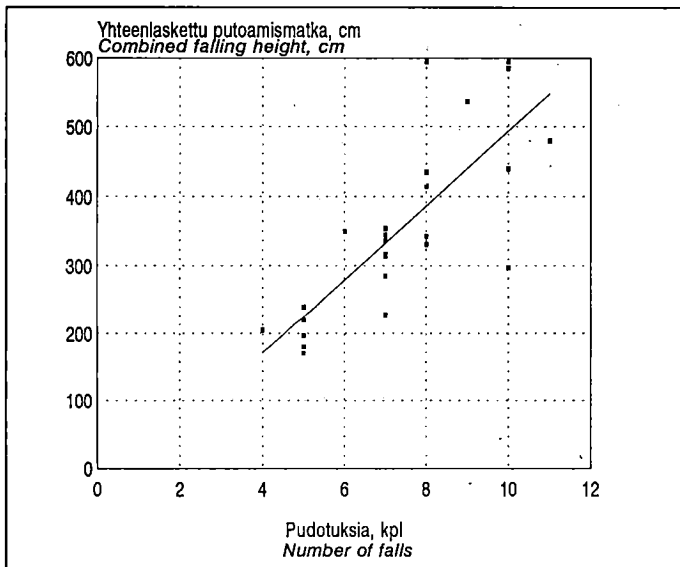
Mekaanisia vioituksia aiheuttavat sekä yksittäiset laitteet että eri laitteiden väliset pudotukset. Perunan yhteenlaskettu putoamismatka saattaa pitkässä koneketjussa muodostua yllättävän suureksi.



**Kuva 35.** Lajittelun vaikutus mekaanisiin vioituksiin.  
**Picture 35.** Mechanical damage caused by grading.

### 3.5.2.1. Koneketjut ja pudotukset

Tyypillinen pakkaamon koneketju koostuu syöttösiilosta, syöttölaitteesta, kuljettimista ja lajittelukoneesta. Usein ketjuun kuuluu lisäksi pakkauskone ja harjakkone. Mitä useampi laite ketjussa on, sitä enemmän peruna joutuu kestävämpään mekaanista rasitusta ja sitä suuremmaksi kasvaa perunan yhteenlaskettu putoamismatka.



**Kuva 36.** Perunan yhteenlasketun putoamismatkan riippuvuus pudotusten lukumäärästä.  
**Picture 36.** The combined falling height of potato compared to number of falls.

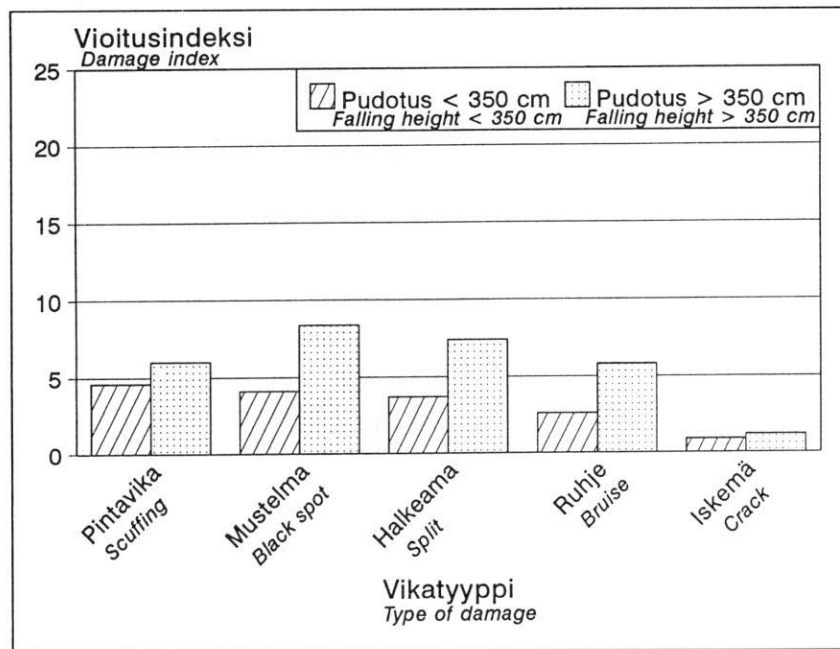
Tutkituissa lajitteluketjuissa pudotuksia oli keskimäärin seitsemän kappaletta lukumäärän vaihdellessa neljästä yhteentoista. Perunan yhteenlaskettu pudotusmatka oli keskimäärin 350 cm vaihteluvälin ollessa 170 - 595 cm. Pudotuksien lukumäärän kasvaessa myös pudotusmatka pääsääntöisesti kasvoi (kuva 36). Pudotusmatka korreloi perunan mustelmoitumisen, halkeamien ja ruhjeiden kanssa (kuva 37). Pudotusmatkalla ei näyttänyt olevan vaikutusta pintavikoihin eikä iskemisiin.

**Kuva 37.**

Lajitteluketjun aiheuttama lisäys mekaanisiin vioituksiin, kun yhteenlaskettu pudotusmatka on alle tai yli 350 cm.

**Picture 37.**

Amount of mechanical damage caused by the grading line when the combined falling height is less than 350 cm or more than 350 cm.



Suurimmat yksittäiset pudotukset mitattiin perunoiden kippauksessa laatikosta syöttösiiloon. Pudotusmatka saattoi pahimmassa tapauksessa olla yli kaksi metriä tyhjäan suppiloon kipattaessa. Pakkaajat pyrkivät yleensä pitämään syöttösuppilon pohjalla jonkin verran perunoita vaimentamassa pudotusta. Pakkausvaiheessa oli myös usein pitkiä pudotuksia. Tyhjäan laatikkoon pakattaessa pudotusmatka oli tavallisesti noin metri ja säkkiin pakattaessakin helposti 80 cm. Osa pakkaajista käytti siirrettäviä vaimentimia tyhjäan laatikkoon pakattaessa (kuva 38).

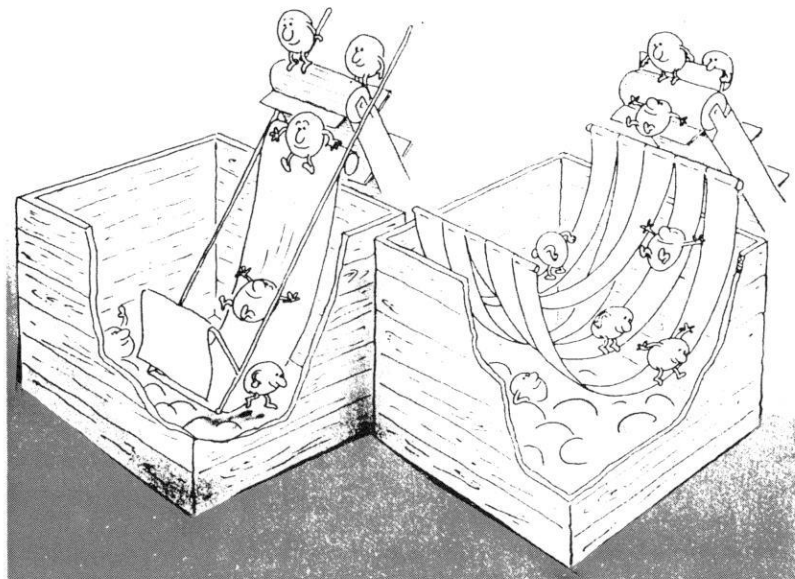
Perunaa vähiten vioittivat lyhyet koneketjut, joissa ei eri laitteiden välillä ollut suuria pudotuksia. Eniten vioituksia perunaan tuli pitkissä koneketjuissa, joissa oli pahoja pudotuksia.

**Kuva 38.**

Laatikkoon pakkauksessa käytetty siirrettävä vaimennin (LARSSON ja BENGTTSSON 1987).

**Picture 38.**

Removable damper used for filling pallet boxes (LARSSON and BENGTTSSON 1987).



### 3.5.2.2. Yksittäiset laitteet

Eri laitteiden aiheuttamia vioituksia ei aineiston suuren hajonnan takia juurikaan ollut mahdollista selvittää. Kuva yksittäisten laitteiden toiminnasta perustuukin lähinnä tilakäynneillä tehtyihin havaintoihin. Kaikenkaikkiaan laitteiden viimeistelytaso vaihteli paljon. Yksinkertaisimmista laitteista puuttuivat yleensä kaikki pehmusteet. Tarvittavien pehmusteiden hankinta ja asennus jää tällöin pakkaajan omatoimisuuden varaan.

Useimmat pakkaajat pitivät syöttösiiloa perunaa kaikkein eniten vioittavana laitteena. Perunan vioittumiseen vaikuttavat syöttösiilon rakenne ja materiaalit sekä täyttömenetelmä. Korkea, jyrkkäseinäinen syöttösiilo, jossa siilon alapuolella on metallinen syöttölaite, näytti vioittavan perunoita enemmän kuin matala loivareunainen syöttösiilo. Korkeaan siiloon kipattaessa perunat joutuvat putoamaan pidemmän matkan ja ainakin ensimmäiset perunat kolhiutuvat osuessaan syöttölaitteeseen. Siilotyypeistä edullisimmalta vaikutti kokonaan lasikuitukankaasta tehty syöttösiilo. Useimmiten siilot olivat pehmustamattomia. Pehmusteita pidettiin yleensä joko hankalina puhdistaa tai liian kalliina. Sellainen täyttötapa, jossa perunat kipataan mahdollisimman matalalta ja rauhallisesti suppilon laita myöten, vaikutti edullisimmalta.

Laatikon kaatolaitteen toiminnasta riippuu, kuinka helppoa peruna on kipata hellävaraisesti syöttösuppilon. Hyvä kaatolaite toimii siten, että kipattaessa perunalaatikon etureuna pysyy vakiokorkeudella. Tällöin perunat on mahdollista kipata siiloon mahdollisimman alhaalta. Kuvassa 39 on eräs tämäntyyppinen laatikon kaatolaite.

#### Kuva 39.

Matalalta kippaava laatikon kaatolaite.

#### Picture 39.

Low-tipping pallet box tipper.



Systeemissä ei ole varsinaista syöttösiiloa lainkaan, vaan perunat kipataan kuljettimen laajennettuun suppilon.

Laite on yksinkertainen eikä juuri vioita perunoita. Lisäksi laatikot voidaan siirtää kaatolaitteeseen käsikäyttöisellä trukilla. Isompia perunamääriä lajiteltaessa syöttö lajittelijaan täytyy kuitenkin toteuttaa siten, että koko laatikko voidaan tyhjentää kerralla.



Irtovarastoissa peruna joudutaan ottamaan varastosta jollakin sopivalla menetelmällä. Tutkituissa pakkaamoissa käytettiin talikkoa tai traktoria ja lumikauhan tyyppistä kuormainta. Talikointi vioitti perunoita jonkin verran. Kauhan reunat rikkovat myös helposti perunoita. Perunan irtovarastosta ottoa varten on olemassa tarkoitusta varten tehtyjä kuljettimia, mutta ne ovat suomalaisiin pieniin varastoihin liian kalliita.

Kuljettimet vioittivat perunoita jonkin verran. Varsinkin pienet ja alikokoiset perunat vioittuivat sellaisissa kuljettimissa, joissa kuljettimen hihnan ja rungon väliin jäi rako. Kuljettimen hihnan tulisivin olla tuettu koko matkaltaan. Eräissä pakkauselevaattoreissa poikkipienojen kumi oli puolestaan niin kovaa, että heikkokuorinen peruna vioittui helposti. Tällaisessa tapauksessa ainoa mahdollisuus olisi vaihtaa koneeseen pehmeämmästä kumista tehty hihna.

Kahdessatoista pakkaamossa oli rullalajittelukone ja kolmessatoista seulalajittelukone. Tilastollisesti merkitseviä eroja ei kuitenkaan näiden kahden konetyypin välillä ollut, kuten ei eri konemerkkienkään välillä. Keskiarvojen perusteella eroja eri konetyypeillä jonkin verran oli, mutta aineiston perusteella ei voi sanoa ovatko erot todellisia vai johtuvatko ne muista vaikuttavista tekijöistä.

Pakkaajien mielestä perunoiden harjaaminen vioitti perunoita. Harjaus näyttikin vaikuttavan pintavikojen määrään. Tulos on kuitenkin hieman epävarma, koska pintaviat lisääntyivät vain niissä pakkaamoissa, joissa oli sekä harjakone että seulalajittelija. Jos pakkaamossa oli rullalajittelija, harjaus ei näyttänyt lisäävän pintavikoja.

Kaikissa muissa paitsi neljässä pakkaamossa oli jonkinlainen pakkauslaite. Pakkauslaitteet vaihtelivat tasoltaan huomattavasti. Yksinkertaisimmillaan pakkauslaite on elevaattori, jonka vaakaan yhdistetty magneettikatkaisija pysäyttää säkin täytyessä. Monimutkaisimmat laitteet taas olivat digitaalivaa'alla varustettuja automaattisia pakkauslaitteita. Pakkauslaitteissa saattoi olla melko suuria pudotuksia. Yksinkertaisissa laitteissa pehmusteiden asentaminen oli tavallisesti jätetty pakkaajan huoleksi. Automaattiset pakkauslaitteet olivat yleensä hyvin pehmustettuja. Säkkeihin pakattaessa säkki oli usein pehmustamattomalla alustalla.

### **3.5.3. Laitteiden testaus sähköperunan avulla**

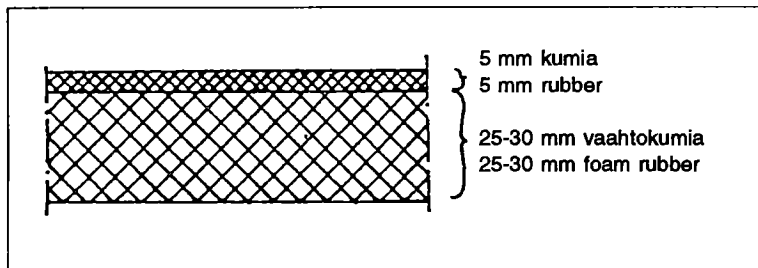
Sähköperunan avulla haettiin pakkaamojen koneketjuista kohtia, joissa peruna saa voimakkaita iskuja. Käytännössä tämä tapahtui siten, että sähköperuna pantiin muun perunan sekaan lajitteluketjuun ja testaaja seurasi sen käyttäytymistä ketjun eri kohdissa. Saadessaan kovan iskun peruna lähettää testaajan kantamaan mittalaitteeseen signaalin. Signaalin voimakkuuden perusteella voidaan arvioida iskun voimakkuus. Luotettavan tuloksen saamiseksi mittaus tehtiin useaan kertaan.

Sähköperunalla on kuitenkin muutamia rajoituksia, jotka sitä käytettäessä on otettava huomioon. Ensinnäkin peruna soveltuu vain tietyntyyppisten vikojen etsimiseen. Toiseksi sen suuri koko aiheuttaa sen, että peruna kulkee aina ylikokoisten

perunojen linjaa pitkin. Sähköperuna voi myös rikkoutua, jos se pudotetaan liian korkealta. Tutkimuksessa perunaa ei rikkoutumisvaaran takia voitukaan aina ajaa koko lajitteluketjun läpi. Esimerkiksi tyhjän perunalaatikon tai syöttösiilon pohjalle perunaa ei uskallettu pudottaa.

Tavallisesti sähköperuna antoi signaalin sellaisissa paikoissa, joissa peruna joko putosi kovalle alustalle tai vieri luiskaa pitkin osuen johonkin kovaan esteeseen. Tyypillisiä kohtia olivat eri laitteiden väliset pitkähköt pudotukset, kuten esimerkiksi pudotus rullapöydältä pakkauslaitteen suppiloon. Toinen tyypillinen paikka oli seulalajittelukoneen seulaston ja käsinvalintatason välinen pudotus. Pudotus on matala, vain noin 20 cm, mutta alusta on kova. Myös erilaiset metalliset luiskat, joita pitkin peruna vieri törmäten metalliseiniin aiheuttivat signaalin. Sen sijaan esimerkiksi seulalajittelukoneen seulojen nopeaan edestakaiseen liikkeeseen peruna ei reagoanut. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, että seulat eivät vioittaisi perunoita.

Sähköperunan avulla voitiin myös testata erilaisten pehmusteiden toimintaa käytännössä. Muun muassa pakkaamoissa yleisesti käytetty ohut ja jäykkä "roiskeläppäkumi" ei juuri vaimenna perunaan kohdistuvaa iskua. Vähintään 10 mm:ä paksu pehmeä kumi on jo hyvä vaimennin. Sähköperunan valmistaja suosittelee kaksikerroksista vaimenninta, jossa on päällimmäisenä 5 mm kumi ja alimmaisena 25 - 30 mm vaahtokumi (kuva 40). Laattikkoon pakkauksessa käytetyt kumisuikaleista tai kangassäikeistä tehdyt vaimentimet näyttivät myös toimivan aika hyvin.



**Kuva 40.**

Erinomainen iskunvaimennusmateriaali saadaan 5 mm kumista ja 25 - 30 mm vaahtokumista (KAMPP 1991).

**Picture 40.**

5 mm rubber and 25 - 30 mm foam rubber make excellent padding material (KAMPP 1991).

Sähköperuna paljasti lajitteluketjuista kohtia, joista niissä alunperin olleet pehmusteet olivat kuluneet pois. Löytyi myös kohtia, joissa peruna osui pudotessaan johonkin laitteessa olevaan tukirautaan tai ulkonemaan. Tällaiset löydökset tulivat tavallisesti pakkaajalle täytenä yllätyksenä. Sähköperuna olikin parhaimmillaan tämäntapaisia vikoja etsittäessä.

### 3.6. Yhteenveto tilakäyntien tuloksista

Tutkimukseen osallistui 25 pakkaamoja, joista 13 sijaitsi Etelä-Pohjanmaalla ja 12 Hämeessä. Pakkaajista 21 viljeli itse pakkaamansa perunan. Keskimäärin pakkaamoissa pakattiin vuodessa 500 tonnia perunaa. Pakkaamoista otettuihin perunanäytteisiin tuli kahdeksaa eri perunalajiketta, joista yleisimmät olivat Sabina, Bintje ja Ostara.

Työolot pakkaamoissa eivät keskimäärin olleet kovin hyvät. Suurimmat puutteet olivat lajittelutilan alhainen lämpötila ja pölyisyys. Lajittelutilan lämpötila oli keskimäärin 5,6 °C, kun työnteon kannalta sopiva lämpötila on vähintään 10 °C. Ainakin käsinvalintatasolle kannattaisi järjestää kohdelämmitys. Hienopölypitoisuus käsinvalintatasolla vaihteli eri pakkaamoissa välillä 0,6 - 30 mg/m<sup>3</sup> ollen keskimäärin 6,3 mg/m<sup>3</sup>. Pakkaamossa työskenneltäessä on suositeltavaa käyttää esimerkiksi P2-luokituksen mukaista hengityksensuojainta.

Valaistuksen voimakkuus käsinvalintatasolla oli keskimäärin 1100 lx, jota voidaan pitää lähes riittävänä arvona. Valaistus eri pakkaamoissa vaihteli paljon. Sopiva arvo on noin 1500 lx. Valon laatuun pitäisi kiinnittää enemmän huomiota. Lajittelutyössä valaisimella tulisi olla erittäin hyvät värininto-ominaisuudet (luokka 1a). Tasainen ja riittävä valaistus voidaan järjestää esimerkiksi 2 x 60 W tehoisella luokan 1a loistevalaisimella. Valaisin pitäisi olla pölyltä suojattua tyyppiä. Likaisen valaisimen valoteho voi olla vain 50 % puhtaan valaisimen valotehosta.

Varastosta otetun perunan laatu vaihteli hyvin paljon. Ensimmäisen luokan ruokaperunan osuus ennen lajittelua vaihteli välillä 80,5 - 99,4 % ollen keskimäärin 91,6 %. Perunan laatua alensivat pääasiassa mekaaniset vioitukset, rupi, sieni- ja bakteeritaudit sekä vihertyneet perunat.

Lajittelun jälkeen otetuissa näytteissä oli ensimmäisen luokan ruokaperunaa keskimäärin 92,9 %. Lajittelu vähensi merkittävästi sieni- ja bakteeritautisten sekä epämuotoisten perunoiden määrää. Rupisten perunoiden osuus väheni lajittelussa jonkin verran. Vihreiden perunoiden osuus ei lajittelussa keskimäärin juuri muuttunut. Vihreiden perunoiden erottaminen oli myös pakkaajien mielestä vaikeaa. Mekaanisesti vioittuneiden perunoiden osuus lisääntyi lajittelussa selvästi. Pakkaamo- ja lajikekohtaiset erot vaikuttivat vioituksiin erittäin merkitsevästi.

Suurin osa mekaanisista vioituksista oli tullut perunoihin jo perunan nostossa ja varastoinnissa. Perunan viljely- ja nostotekniikkaa parantamalla vioituksia voitaisiin vähentää merkittävästi.

Eniten varastosta otetussa perunassa oli pintavikoja (vioitusindeksi 32,3) ja mustelmia (indeksi 11,3). Halkeamia, ruhjeita ja iskemiä (indeksit 4,5, 2,7 ja 3,0) oli näytteissä selvästi vähemmän. Lajittelu kuitenkin lisäsi vioituksia merkittävästi. Eniten lisääntyivät halkeamat ja ruhjeet, joiden määrä yli kaksinkertaistui lajittelussa. Mustelmien määrä lisääntyi 50 %:lla ja iskemien noin 30 %:lla. Suhteellisesti vähiten lisääntyivät pintaviat (16 %). Eniten lisääntyivät lievät vioitukset. Vakavat vioitukset lisääntyivät selvästi ainoastaan mustelmien ja halkeamien luokassa.

Aineiston suuren hajonnan takia yksittäisiä vioituksia aiheuttavia tekijöitä oli vaikea selvittää. Perunan yhteenlasketun pudotusmatkan ja pudotusten lukumäärän lisääntyessä mustelmoituminen, halkeamat ja ruhjeet lisääntyivät. Yhteenlaskettu pudotusmatka vaihteli eri koneketjuissa välillä 170 - 595 cm. Vähiten perunaa vioitivatkin lyhyet koneketjut, joissa ei ollut suuria pudotuksia. Suurimmat yksittäiset pudotukset mitattiin perunoita syöttösuppiloon kipattaessa. Myös pakkausvaiheessa oli suuria pudotuksia.

Eri laitteitten välisiä pudotuksia ei ollut useinkaan riittävästi vaimennettu. Myös pakkaamon koneiden viimeistelyssä ja materiaaleissa havaittiin selviä puutteita. Esimerkiksi pehmusteet olivat riittämättömiä tai saattoivat puuttua kokonaan. Peruna voi vioittua jo pienessäkin pudotuksessa kovalle alustalle. Tällaisessa tapauksessa pakkaajan on itse asennettava tarpeelliset pehmusteet.

Pakkaamossa kannattaa pyrkiä perunaa säästäviin työtapoihin ja menetelmiin. Tyhjään laatikkoon pakattaessa tulisi aina käyttää perunan putoamista hidastavaa vaimenninta. Sopivan vaimentimen voi tehdä esimerkiksi pressukankaasta ja putkikehikosta. Laatikkoa syöttösiilon kipattaessa perunat kannattaa kipata rauhallisesti siilon seinää pitkin. Jos lajitellaan useita laatikoita samaa perunaa, syöttösiilon pohjalle kannattaa jättää hieman perunaa "vaimentimeksi".

Pehmusteita kannattaa asentaa jokaiseen sellaiseen kohtaan, jossa peruna joko putoaa kovalle alustalle tai törmää kovalla vauhdilla johonkin esteeseen. Sopiva pehmustusmateriaali on esimerkiksi noin 10 mm paksu pehmeä kumi, jonka toisella puolella on ohut kulutusta kestävä pinta. Kova "roiskeläppäkumi" ei juuri vaimenna pudotuksia. Roiskeläppäkumin ja noin 25 - 30 mm vaahtokumin yhdistelmä on sen sijaan erinomainen vaimennin.

## **4. LAJITTELU-, LÄMMITYS- JA VARASTOINTIKOKEET**

### **4.1. Yleistä**

Tutkimuksen tavoitteena oli paikallistaa lajitteluketjusta eniten vioituksia aiheuttavat kohdat sekä selvittää eri lajittelukonetyyppien ja niiden säätöjen vaikutusta perunoiden vioittumiseen. Lisäksi pyrittiin selvittämään eri lämmitysmenetelmien vaikutusta perunoiden käsittelykestävyyteen sekä lämmityksen ja lajittelun vaikutusta perunoiden säilyvyyteen lajittelun jälkeen. Tutkimus jakaantui kolmeen osa-alueeseen: lajittelukokeisiin, lämmityskokeisiin ja varastointikokeisiin.

### **4.2. Tutkimusaineisto ja -menetelmät**

#### **4.2.1. Koeperunat**

Kokeissa käytetty peruna viljeltiin Perunantutkimuslaitoksella. Vuoden 1992 kokeissa käytetty perunalajike oli Sabina ja vuoden 1993 jatkokokeissa Hertha. Kunakin vuonna käytetyt perunat olivat peräisin samalta lohkolta. Perunan viljelytekniikassa ja nostossa pyrittiin mahdollisimman tasalaatuisen ja vioittumattomaan lopputulokseen. Vuoden 1992 kokeissa käytetty peruna nostettiin Superfaun-merkkisellä suoraan laatikkoon nostavalla koneella, jota käytetään normaalisti koeruutujen nostoon. Vuoden 1993 kokeissa käytetty peruna nostettiin Underhaug 2200 -merkkisellä 2-rivisellä koneella suoraan varastolaatikkoon. Noston jälkeen perunat varastoitettiin Perunantutkimuslaitoksen laatikkovarastoon. Koeperunoiden muut viljelmätiedot ovat liitteessä 2.

#### **4.2.2. Lajittelukokeet**

Lajittelukokeissa tutkittiin lajitteluketjun eri osien aiheuttamia voituituksia ja lajittelukoneen säätöjen vaikutusta voituituksiin. Kokeissa oli mukana kolme eri periaatteella toimivaa lajittelukonetta.

##### **4.2.2.1. Kokeessa käytetyt koneet ja niiden säädöt**

###### **Syöttösiilo Skals AV 418**

Skals AV 418 on kiilamainen teräsrakenteinen, kumimatolla pehmustettu syöttösiilo, johon mahtuu ilman lisälaitoja on noin 400 kg perunaa. Syöttö tapahtuu siilon pohjalla olevalla 400 mm leveällä sileällä kumihihnalla, jonka pyörimisnopeutta voidaan säätää portaattomasti variaattorilla. Purkausaukon koko on myös portaattomasti säädettävissä luukun avulla. Valmistajan ilmoittama säätöalue siilolle on 1000 - 5000 kg/h, mutta käytetyllä perunalajikkeella maksimisytöksi saatiin noin 4000 kg/h. Molemmissa Skalsin lajittelijoissa jouduttiin käyttämään myös Remetin syöttösiiloa, koska kokeet edellyttivät suurempaa syöttötehoa.

###### **Syöttösiilo Remet**

Remet-syöttösiilo on kartiomainen ja tilavuudeltaan n. 2 m<sup>3</sup>. Siilossa on metallikehikon varassa PVC-kankaasta valmistettu pohjakartio ja vaneriset korokelaidat. Pohjassa on 6 mm teräspuikoista valmistettu edestakaisin liikkuva kampamainen syöttölaite, jonka nopeus on portaattomasti säädettävissä. Syöttölaitteen säätöalue on noin 2000 - 10000 kg/h.

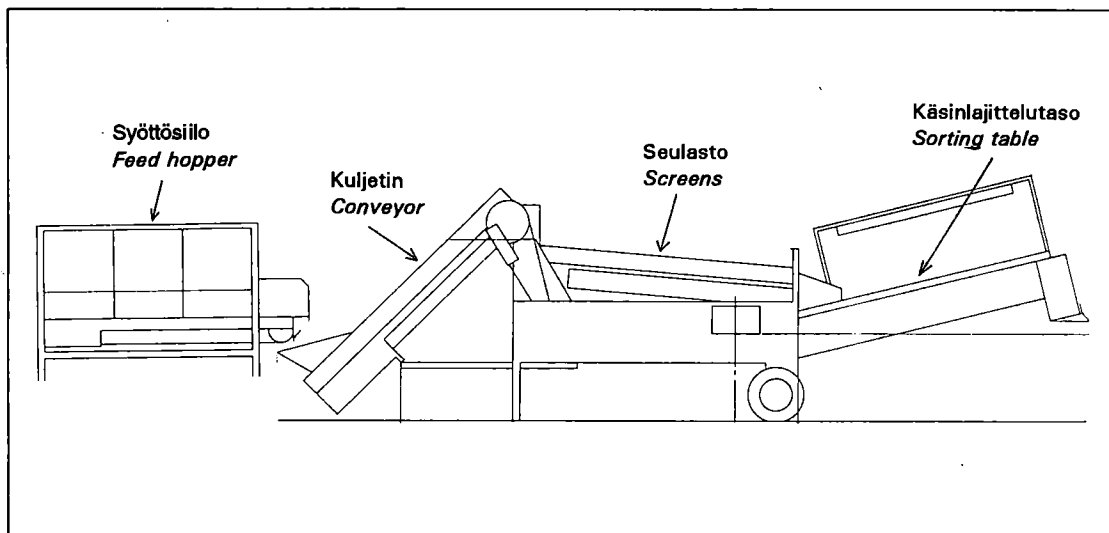
###### **Kuljettimet**

Skals SK 613 -seulalajittelukoneeseen kuuluu kiinteästi 1900 mm pitkä ja 400 mm leveällä kumihihnalla ja kumisilla poikkipienoilla varustettu kuljetin, jossa pienojen väli on 500 mm. Kuljetin saa käyttövoimansa lajittelukoneen moottorista. Tärisevällä seulalla varustetussa Skals SE 665 -lajittelukoneessa on samantyyppinen omalla moottorilla varustettu 3500 mm pitkä kuljetin, jonka poikkipienojen väli on 250 mm. Remet-kuljetin on 400 mm leveä ja 3500 mm pitkä. Siinä on kumihihnaan pulteilla kiinnitetyt puiset poikkipienat.

###### **Seulalajittelukone Skals SK 613**

Seulalajittelukoneessa on kaksi seulaa päällekkäin ja seulojen liike on edestakainen. Lajittelukoneeseen kiinteästi kuuluva kuljetin tuo perunat seulastolle, missä on kaksi vaihdettavaa 610 x 1200 mm muovipintaista verkkoseulaa päällekkäin. Kokeessa käytetyt seulakoot olivat 40 ja 55 mm. Seulat viettävät perunoiden etenemissuuntaan 5°. Seulojen alla on lisäksi kiinteä mullanerotukseen tarkoitettu teräslankaseula. Koneella saadaan siten lajiteltua perunoita kolmeen kokoluokkaan. Multa putoaa suoraan koneen alle. Pienimmät perunat, jotka läpäisevät molemmat seulat mutta eivät mullanerotinta, tulevat ulos koneen sivulta. Suurimman lajittelukoon perunat putoavat

seulan alapäästä käsinvalintatasona toimivan rullapöydän toiselle sivulle. Keskimmäisen lajittelukoon perunat putoavat alemmalta seulalta rullapöydän toiseen laitaan. Rullapöydän keskellä on kapea roskakaista käsinlajittelua varten. Rullapöytä kuuluu kiinteästi lajittelukoneeseen ja se on kallistettu  $14^\circ$  yläviistoon. Kaavakuva lajittelukoneesta ja Skals -syöttösuppilosta on kuvassa 41.



**Kuva 41.** Seulalajittelukoneen Skals SK 613 kaavakuva.

**Picture 41.** Reciprocating screen grader Skals SK 613. Square-mesh riddles are moved horizontally and vertically by a camshaft. The speed of the motion can be adjusted but the amplitude is constant. The grader has two stacked riddles which have  $5^\circ$  slope to the discharge direction.

Koneen ainoa säätömahdollisuus on kierrosluvun säätö variaattorilla. Säätö vaikuttaa samanaikaisesti seulojen, kuljettimen ja rullapöydän nopeuksiin. Säätö on helppo tehdä, mutta hiukan epämääräinen, koska säätövivun liike säätöalueella on lyhyt eikä siinä ole asteikkoja. Käyttökelpoinen säätöalue on melko kapea, liian pienellä nopeudella perunat pyrkivät tarttumaan seulaan kiinni ja liian suurella nopeudella lajittelutulos on huono, koska perunat pomppivat seulan yli liian nopeasti.

Seulalajittelukoneella käytettiin syöttötehoja 1400, 2600, 3750 ja 5000 kg/h. Suurimpaan tehoon käytettiin Remet-syöttösuppiloa, muut ajettiin Skals AV 418 -suppilolla. Koneen nopeus säädettiin juuri niin suureksi, että perunat eivät aivan tarttuneet seulaan kiinni. Suurimmalla syöttöteholla jouduttiin lajittelukoneen nopeutta hieman lisäämään, koska elevaattori ei muuten ehtinyt nostaa kaikkia perunoita, vaan osa perunoista vieräi poikkipienojen yli takaisin.

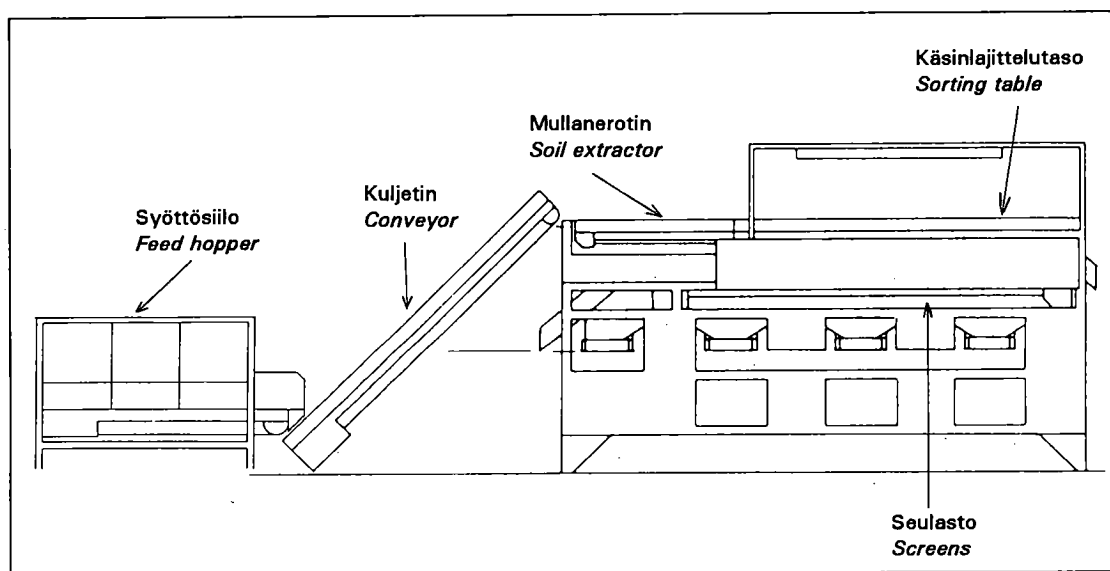
Vuoden 1993 kokeissa käytettiin Skals B -seulalajittelukonetta, mikä on toimintaperiaatteeltaan samanlainen kuin Skals SK 613. Skals B -mallissa on 500 mm leveät muovipintaiset verkkoseulat, joiden kehikko on puurakenteinen. Rullapöydän rullat on myös valmistettu puusta. Lajittelijaa käytettiin esilämmityksen jatkokokeissa kolhintakäsittelynä samoin kuin Remet 3 -lajittelukonetta vuoden 1992 esilämmityskokeissa.

### Täristävä seulalajittelukone Skals SE 665

Täristävässä seulalajittelukoneessa seulojen liike on nykäyksittäin eteen- ja ylöspäin suuntautuva. Elevaattorilta perunat putoavat mullanerottimelle, missä on samankokoinen (660 x 800 mm) vaihdettava seula kuin lajittelukoneessakin. Se tekee edestakaista liikettä oman moottorinsa voimin. Seuraavaksi perunat tulevat 2300 mm pitkälle rullapöydälle. Rullapöytä toimii myös omalla moottorillaan ja sen nopeus on portaattomasti säädettävissä. Rullapöydän ja mullanerotin muodostama kokonaisuus on normaalisti seulaston päällä, mutta se voidaan haluttaessa irrottaa ja siirtää seulaston jatkeeksi. Rullapöydän sivussa on roskakaista.

Rullapöydän jälkeen perunat tulevat seulastolle, missä on kolme seulaa peräkkäin samassa tasossa, pienin seula ensimmäisenä. Seulasto liikkuu nykäyksittäin eteen- ja ylöspäin, jolloin perunat ponnahtavat ilmaan ja siirtyvät seulastolla eteenpäin. Seulaston täristyksen etenemää ja voimakkuutta voidaan säätää portaattomasti toisistaan riippumatta. Täristyksen voimakkuuden säätäminen vaikuttaa siihen, kuinka korkealle perunat seulastolla ponnahtavat ja etenemän säätäminen vaikuttaa perunoiden liikkumisnopeuteen seulalla.

Seulan läpi mahtuneet perunat putoavat hihnakuuljettimelle, joka tuo ne koneen sivusta ulos. Kuljettimia on yhteensä neljä, kolme seulojen alla ja yksi niille perunoille, jotka tulevat kaikkien seulojen yli. Varsinaisia lajittelukokoja on siten neljä, mutta jos mullanerotusta ei tarvita, on mahdollista ottaa viides koko mullanerotin kautta. Kokeessa käytettiin mullanerotinissa 30 mm seulaa ja lajittelukoneessa 40, 55 ja 70 mm seuloja. Kaavakuva lajittelukoneesta ja Skals-syöttösiilosta on kuvassa 42.



**Kuva 42.**  
**Picture 42.**

Täristävän seulalajittelukoneen Skals SE 665 kaavakuva.

*Shock-type screen grader Skals SE 665. Screens are drawn downwards, and the downward movement tensions springs which raise the screens back to their normal position. The movement of the screens is diagonal. Vertical and horizontal components of the movement are both adjustable.*

Kuvassa mullanerottimen läpi menevä materiaali tulee ulos koneen vasemmalta puolelta, käsinlajittelun jätteet oikealta ja varsinaiset lajittelukoot koneen edestä.

Kokeessa käytettiin syöttömääriä 2600, 3800 ja 7000 kg/h, joista suurin ajettiin Remet-siilolla. Syöttöteholla 3800 kg/h tutkittiin seulaston säätöjen vaikutusta lajittelutulokseen.

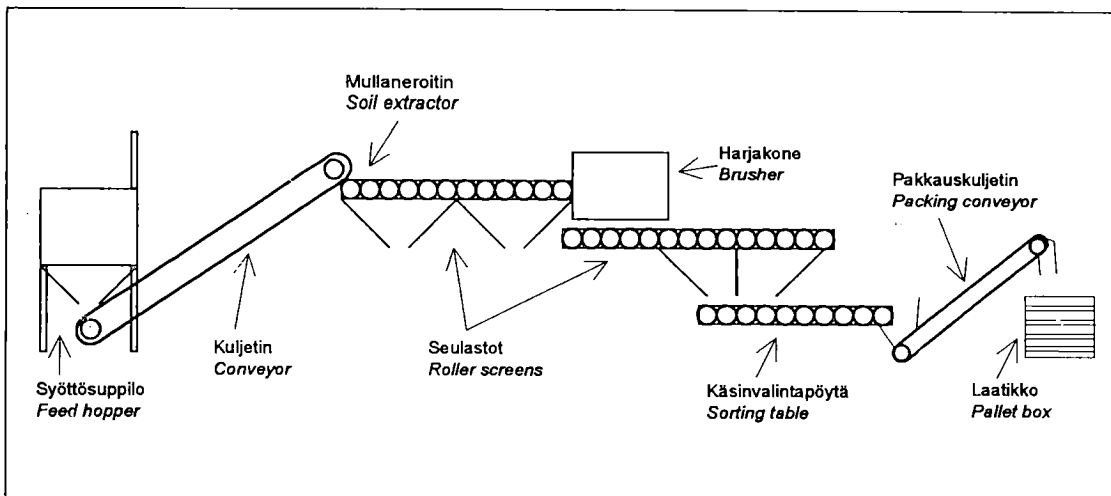
Molemmat Skalsin lajittelukoneet olivat uusia ja tehdasvarusteisia. Koneisiin tehtiin ainoastaan sähköasennukset.

### Rullalajittelukone Remet 3

Kokeessa käytettiin Perunantutkimuslaitoksella käytössä olevaa Remet-lajitteluketjua. Koneet on hankittu 1986. Ketjuun kuuluu Remetin malliin 3 perustuva rullalajittelukone, joka on muunneltu laitoksen tarpeisiin ja tiloihin sopivaksi. Rullalajittelukoneessa on perunoiden etenemissuuntaan nähden poikittain 700 mm mittaisia rullia. Rulliin on kiinnitetty kumikiekkoja siten, että peräkkäisten rullien kumikiekkot ovat kohdakkain ja lähes kiinni toisissaan. Kiekkojen ja akselien väliin jäävä neliön muotoinen alue määrää lajittelukoon. Lajittelukokoa muutetaan vaihtamalla kiekkojen välissä olevat puiset välipalat sopivan pituisiksi ja paksuisiksi. Rullat pyörivät paikallaan ja perunoiden eteneminen perustuu takana tulevien perunoiden työntövaikutukseen; jos rullien alkupäähän ei tule uusia perunoita, niin rullat eivät tyhjene, vaan perunat jäävät pyörimään paikalleen.

Lajittelukone on rakennettu kahdesta eri tasossa olevasta rullastosta, joiden välissä on harjauskone. Lajittelukokoja saadaan molemmilta rullastoilta kaksi kappaletta. Kokeessa ne olivat 40, 55 ja 70 mm. Lisäksi ensimmäisenä oli 30 mm mullanerotin.

Alle 40 mm perunat putoavat hihnakuljettimelle, joka tuo ne ulos koneen sivusta. Alemmalta rullastolta saatavat 55 ja 70 mm koot putoavat viettopintaa pitkin rullapöydälle, joka toimii käsinvalintapöytänä. Lajitteluketjun kaavakuva on kuvassa 43.



**Kuva 43.**  
**Picture 43.**

Rullalajittelukoneen Remet 3 kaavakuva.

*Roller-type grader Remet 3. The grading section consists of driven rollers. The rollers have rubber segments shaped so that square openings are formed between them.*



Rullalajittelukoneessa ei ole mitään säätömahdollisuuksia Lajittelutulokseen voidaan vaikuttaa vain syöttömäärää muuttamalla. Kokeessa käytettiin syöttömääriä 2800 ja 4000 kg/h.

### **Harjauskoneet**

Kokeessa käytettiin Remetin ja Skalsin harjauskoneita. Kummassakin on 4 kpl sylinterimäisiä 600 mm pitkiä vaakatasossa pyöriviä harjoja. Skalsissa perunoiden kulkua harjojen päällä on hidastettu asentamalla harjat noin 15° nousevaan kulmaan perunoiden kulkusuuntaan nähden. Harjassa ei ole mitään säätömahdollisuuksia. Remetissä harjat ovat vaakasuorassa, minkä vuoksi tarvitaan vastaharja hidastamaan perunoiden etenemistä. Vastaharjan asento on säädettävissä.

Skalsin harjauskone asennettiin täristävään seulalajittelukoneeseen seulaston jälkeen siten, että harjan läpi kulkivat 40-55 mm perunat. Remetin harja oli asennettu lajitteluketjuun mullanerotin ja ensimmäisen lajittelukoon jälkeen, jolloin harjalle tulivat kaikki yli 40 mm perunat. Harjauskone oli asennettu kiskoille, joiden avulla sen sai helposti otettua käyttöön tai pois käytöstä. Skalsin harjauskonetta käytettiin syöttöteholla 3800 kg/h ja Remetin 4000 kg/h. Remetissä käytettiin kahta vastaharjan asentoa, jotka olivat täysin auki ja kiinni.

### **Pakkauselevaattori**

Kokeissa käytettiin Perunantutkimuslaitoksella käytössä olevia Remetin pakkauselevaattoreita. Kummallakin lajittelukoolla oli samanlainen elevaattori. Elevaattorit oli asennettu Remetin lajittelukoneen rullapöydän jälkeen. Ne olivat 200 mm leveitä ja niissä oli 50 mm korkuiset muoviset poikkipienat.

#### **4.2.2.2. Näytteiden otto**

Perunoiden vioittuneisuutta tutkittiin lajitteluketjusta otettujen näytteiden avulla. Näytteet lajiteltiin kahteen kokoluokkaan, vuoden 1992 kokeissa 40 - 55 ja yli 55 mm ja vuoden 1993 kokeissa 40 - 50 ja yli 50 mm. Ennen lajittelukonetta otetut näytteet seulottiin käsin mahdollisimman hellävaraisesti käyttäen Skalsin muovipintaista seuloja ja pehmustettuja idätyslaatikoita.

Näytteet otettiin suoraan lajitteluketjusta valikoimatta muoviämpäriin. Perunoita pyrittiin ottamaan noin 70 kpl/näyte. Näytteitä otettaessa ei tehty käsinvalintaa, vaan näytteisiin tuli mukaan myös perunoita, jotka normaalissa lajittelussa olisi hylätty. Näyteperunat pussitettiin muoviseen verkkosäkkiin, johon sidottiin numerolappu näytteen tunnistamiseksi.

Näytteet pestiin Perunantutkimuslaitoksella käytetyllä yksinkertaisella mutta hellävaraisella pesumenetelmällä. 100 litran muovisaavin pohjalle laitettiin kupariputkesta tehty kierukka, johon oli porattu reikiä. Saavi täytettiin vedellä ja putkierukkaan johdettiin paineilma, jolloin vesi alkoi poreilla voimakkaasti. Perunat huuhdottiin ensin vesisaavissa, minkä jälkeen ne nostettiin pesusaaviin 3 - 5 minuuti-

tiksi ja huuhdottiin vielä uudestaan. Pesun jälkeen näytteiden annettiin seistä huoneenlämmössä vähintään vuorokauden ennen analysointia, jotta mustelmat ehtivät tulla näkyviin.

#### 4.2.2.3. Näytteenottopaikat

Jokaisesta kokeesta käytetystä perunalaatikosta otettiin näyte kolhiutumisen lähtötason selvittämiseksi. Nämä vertailunäytteet otettiin laatikon tyhjennyksen aikana siten, että laatikosta kipattiin syöttösuppiloon noin puolet ja näyteperunat poimittiin käsin laatikosta siten, että joka näytteeseen tuli alunperin laatikon pinnalla, keskellä ja pohjalla olleita perunoita. Seuraavat näytteet otettiin lajitteluketjusta jokaisen laitteen jälkeen, jotta eri laitteiden vaikutus perunan vioittumiseen voitiin määrittää. Taulukossa 24 on lueteltu eri näytteenottopaikat ja vastaavat laitteet.

**Taulukko 24.** Näytteenottopaikat lajittelukokeissa.

*Table 24. The locations of sampling spots in the grading tests.*

Tutkittava laite <i>Part of grading line</i>	Näytteenottopaikka <i>Location where the sample is taken</i>
Vioitusten lähtötaso varastossa <i>Damage level before handling</i>	Suoraan varastolaatikosta <i>Pallet box in store</i>
Syöttösuppilo <i>Feed hopper</i>	Välittömästi syöttölaitteen jälkeen, ennen perunoiden putoamista kuljettimelle <i>After hopper, before tubers fall on conveyor</i>
Kuljetin <i>Conveyor</i>	Kuljettimen jälkeen, perunoiden pudottua lajittelijan seulastolle <i>After conveyor, when tubers have fallen on grader screen</i>
Seulasto <i>Screens</i>	Seulojen jälkeen, perunoiden pudottua rullapöydälle (Skals 613 ja Remet) tai hihnalle (Skals 665) <i>After screens, when tubers have fallen on inspection table or conveyor</i>
Harjakone <i>Brusher</i>	Välittömästi harjakoneen jälkeen <i>After brusher</i>
Pakkauselevaattori <i>Packing elevator</i>	Eleaattorin yläpäästä <i>The upper end of the elevator</i>
Pudotus laatikkoon <i>Pallet box</i>	Perunoiden pudottua puolillaan olevaan laatikkoon, korkeus 1,0 m <i>After 1.0 m drop in a half-full pallet box</i>

#### 4.2.2.4. Näytteiden analysointi

Perunat analysoitiin yksi kerrallaan ja niistä määritettiin vioituksen tyyppi ja vakaavuus. Vioitusten luokitteluperusteet ovat taulukossa 25. Ensin määritettiin pintaviat, ruhjeet, halkeamat ja iskemät, minkä jälkeen perunat kuorittiin koneellisesti ja määritettiin mustelmat. Terveiden perunoiden lukumäärä laskettiin erikseen, koska yhdessä perunassa saattoi esiintyä samanaikaisesti kaksi tai useampia vioitustyyppiä.

**Taulukko 25.** Vioitusten luokittelu.  
**Table 25.** *Damage types and definitions.*

Vioitus <i>Damage type</i>	Merkityksetön <i>Insignificant</i>	Lievä <i>Slight</i>	Vakava <i>Severe.</i>
Pintavika <i>Scuffing</i>	Kuori irronnut alle 2 % alalta, malto ehjä <i>Scuffing less than 2 % of the surface, flesh undama- ged</i>	Kuori irronnut 2 - 10 % alalta, malto ehjä <i>Scuffing 2 - 10 % of the surface, flesh undamaged</i>	Kuori irronnut yli 10 % alalta, malto ehjä <i>Scuffing more than 10 % of the surface, flesh undamaged</i>
Ruhje <i>Bruise</i>	Kuori ja malto rikkoutunut alle 2 % alalta <i>Skin and flesh broken, less than 2 % of tuber damaged</i>	Kuori ja malto rikkoutunut 2 - 10 % alalta <i>Skin and flesh broken, 2 - 10 % of tuber damaged</i>	Kuori ja malto rikkoutunut yli 10 % alalta <i>Skin and flesh broken, more than 10 % of tuber damaged</i>
Halkeama <i>Split</i>	Leikkautuma, alle 2 % <i>Less than 2 % split</i>	Leikkautuma, 2 - 10 % <i>2 - 10 % split</i>	Leikkautuma, yli 10 % <i>More than 10 % split</i>
Iskemä <i>Crack</i>	Kuori rikkoutunut, mutta ei irronnut alle 2 % alalta tai alle 5 iskemää/peruna <i>Skin broken but not loose, less than 2 % of surface or less than 5 cracks/tuber</i>	Kuori rikkoutunut, mutta ei irronnut 2 - 10 % alalta tai 5 - 10 kpl/peruna <i>Skin broken but not loose, 2 - 10 % of surface or 5 - 10 cracks/tuber</i>	Kuori rikkoutunut, mutta ei irronnut yli 10 % alalta tai yli 10 kpl/peruna <i>Skin broken but not loose, more than 10 % of surface or more than 10 cracks/tuber</i>
Mustelma <i>Black spot</i>	Kuorinnan jälkeen havaitta- va musta täplä, alle 2 % <i>Blue discoloration, visible after peeling, less than 2 % of surface</i>	Kuorinnan jälkeen havaitta- va musta täplä, 2 - 10 % <i>Blue discoloration, visible after peeling, 2 - 10 % of surface</i>	Kuorinnan jälkeen havait- tava musta täplä, yli 10 % <i>Blue discoloration, visible after peeling, more than 10 % of surface</i>

Vioitukset jaoteltiin kolmeen luokkaan niiden vakavuuden perusteella. Ensimmäiseen luokkaan kuuluvat hyvin lievästi vioittuneet perunat. Vioittuma on havaittavissa, mutta se poistuu normaalissa kuorinnassa. Tällaisen vioittuman maksimikoko oli n. 2 mm. Toiseen luokkaan kuuluvat perunat, joissa vioittuman poistamiseksi tehtävä suora leikkaus poistaa alle 10 % mukulan painosta ja kolmanteen vastaavasti sitä suuremmat vioitukset. Iskemien kohdalla luokitteluperusteena käytettiin lisäksi yksittäisten vioitusten lukumäärää yhdessä perunassa. Eriasteisesti vioittuneiden mukuloiden lukumäärät laskettiin ja niiden perusteella saatiin kullekin vikatyyppille vioittumisindeksi seuraavasti:

Vioittumisindeksi

$$\text{Damage index} = 100 \times \frac{0,1 \times V_1 + 0,5 \times V_2 + V_3}{n}$$

missä  
where

n = perunoiden lukumäärä näytteessä  
*number of tubers in the sample*

V<sub>1,2,3</sub> = perunoiden lukumäärä eri vioitusluokissa  
*number of tubers in different damage classes*

### 4.2.3. Lämmityskokeet

#### 4.2.3.1. Hidas lämmitys

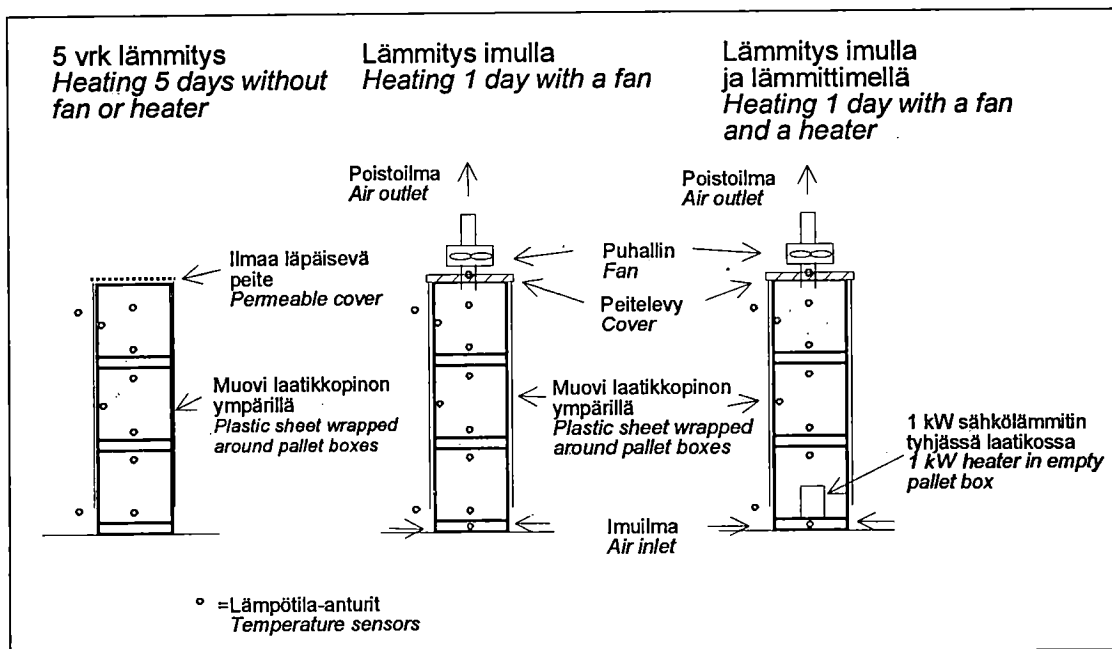
Hitaan lämmityksen kokeissa tutkittiin täyden perunalaatikon lämpenemisnopeutta ja lämpötilajakaumaa laatikon sisällä sekä lämmityksen vaikutusta perunan käsittelykestävyyteen. Lämpötilan seurantaan käytettiin vuoden 1992 kokeissa Datataker DT 100 -tiedonkeruulaitetta, jossa oli lämpötila-antureina kupari-konstantaani-termopari-langat (T-tyyppi). Tiedonkeruulaite muunsi termoparilta tulevan jänniteviestin automaattisesti lämpötila-arvoksi ja se toimi mittauksen aikana itsenäisesti tallettaen mittaustulokset omaan muistiinsa. Mittauksessa oli käytössä 15 kanavaa. Tulokset siirrettiin tiedonkeruulaitteen muistista levykkeelle Toshiba T3200 -tietokoneella ja Decipher-tiedonkeruuohjelmistolla. Vuoden 1993 lämmityskokeissa lämpötilaa seurattiin eri merkkisillä mutta vastaavilla laitteilla. Käytössä oli HP-tiedonkeruulaite, jossa käytetty mittaushjelma tehtiin HTBasicilla VAKOLAssa.

Lämmitys tehtiin normaalissa pakkaamotilassa, 10 - 12 °C lämpötilassa. Kolme perunalaatikkoa pinottiin päällekkäin ja laatikkopinon ympärille kierrettiin musta muovi jättäen lattianrajaan 30 cm ilmarako. Ylimmän laatikon päälle ladottiin kangassäkkejä. Muovin ja säkkien tehtävänä oli estää perunoiden vihertymistä. Lämpötilaa seurattiin noin 7 vrk ajan 30 minuutin mittausvälillä. Viidestätoista lämpötila-anturista kaksi mittasi ilman lämpötilaa laatikoiden vieressä ja muut olivat laatikoiden sisällä eri korkeuksilla.

Toisessa kokeessa tutkittiin tuuletuksen vaikutusta lämpötilan nousunopeuteen. Tuuletus toteutettiin imemällä lajittelutilan ilmaa laatikkopinon läpi alhaalta ylöspäin ylimmän laatikon päällä olevalla puhaltimella. Laatikkopinon ympärillä oleva muovi imeytyi alipaineen voimasta tiiviisti laatikoiden reunoja vasten estäen ilmavuodot muualta kuin alimman laatikon pohjasta. Puhaltimen poistoputkeen asennetusta mittasiivestä saatiin painemittarin avulla mitattua puhaltimen ilmamäärä. Kokeessa käytettiin ilmamääriä 300 ja 600 m<sup>3</sup>/h.

Ilmamäärällä 300 m<sup>3</sup>/h tutkittiin imuilman lämmityksen vaikutusta asentamalla pinoon alimmaiseksi tyhjä laatikko, missä oli 1 kW sähkölämmitin. Mittausten kesto oli noin 2 vrk ja mittausväli 10 minuuttia. Kuvassa 44 on kaavakuva lämmitysmenetelmistä ja lämpötila-antureiden sijoituksesta.

Lämmityksen vaikutusta käsittelykestävyyteen tutkittiin normaalin lajittelu- ja pakkausketjun avulla. Lämmitetyn perunan käsittelykestävyyttä verrattiin varastolämpöisen perunan käsittelykestävyyteen. Vuoden 1992 lämmityskokeissa perunat ajettiin lämmityksen jälkeen rullalajittelukoneen ja pakkauselevaattorien läpi. Vuoden 1993 lämmityskokeissa käytettiin rinnakkaisena käsittelynä seulalajittelukonetta. Vioittuneisuuden lähtötason selvittämiseksi perunoista otettiin alkunäyte ennen lämmitystä suoraan varastolaatikosta. Toinen näyte otettiin ketjun lopusta, joka rullalajittelukoneessa oli pakkauselevaattorin yläpää ja seulalajittelukoneessa käsinvalintatason loppupää. Kaikkien näytteiden vioitukset analysoitiin samoin kuin lajittelukokeiden yhteydessä.



**Kuva 44.** Lämmitysmenetelmien kaavakuva.  
**Picture 44.** Heating methods used in the tests.

Käsittelykestävyyttä tutkittiin vuonna 1992 vain luonnollisen ilmankierron avulla lämmenteistä perunoista, puhaltimen imun avulla lämmitetyistä mitattiin ainoastaan lämpötiloja. Vuoden 1993 kokeissa mitattiin käsittelykestävyyttä sekä luonnollisen ilmankierron että puhaltimen imun avulla lämmenteistä perunoista. Perunalaatikko punnittiin ennen ja jälkeen lämmityksen painohäviön selvittämiseksi.

#### 4.2.3.2. Pikalämmitys

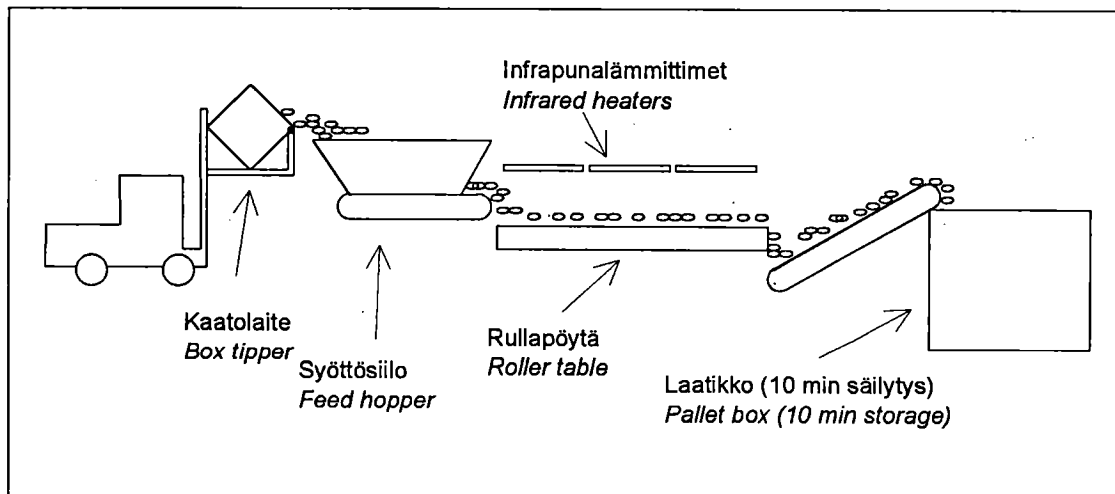
Lajitteluketjuun soveltuva pikalämmitysmenetelmä tutkittiin koemittakaavassa. Lämmittiminä käytettiin 3 kpl 2000 mm pitkiä 2 kW infrapunalämmittäjiä, jotka asennettiin 420 mm leveän rullapöydän yläpuolelle 220 mm etäisyydelle rullan pinnasta. Perunat tulivat rullapöydälle suoraan Skalsin syöttösuppilosta. Rullapöydän ja syöttösuppilon nopeuksia hidastettiin taajuusmuuttajilla, koska lämmittimien teho ei riittänyt normaaliin lajittelunopeuteen. Lähtöarvona lämmityksessä pidettiin noin 10 Wh/kg, mikä vastaa 6 kW lämmitysteholla syöttötehoa 600 kg/h. Kokeessa käytetyt lämmitystehot ovat taulukossa 26. Loppulämpötila jäi suurimmalla syöttönopeudella selvästi alle tavoitteen, noin 10 °C, joten käsittelykestävyysskoeksessa käytettiin vain kolmea pienintä syöttötehoa. Taulukossa oleva lämmitysaika tarkoittaa aikaa, jonka perunat kulkevat lämmittimien alla. Lämmitysaika vaihtelee, koska rullapöydän nopeus suhteutettiin syöttömäärään siten, että rullapöydällä oli aina mahdollisimman paljon perunoita mutta perunat kuitenkin pyörivät esteettömästi. Samanaikaisesti lämmitettävänä oleva perunamäärä oli vakio eli noin 17 kg, vaikka syöttötehot vaihtelivat.

**Taulukko 26.**  
**Table 26.**

Pikalämmityksessä käytetyt lämmitysenergiat.  
Heating energy used in infrared heating.

Syöttömäärä <i>Amount of potato heated</i> kg/h	Lämmitysteho <i>Heating energy</i> Wh/kg	Lämmitysaika <i>Heating time</i> s
220	27	242
350	17	183
470	13	117
750	8	79

Lämpötilajakauma perunan sisällä on välittömästi pikalämmityksen jälkeen erittäin epätasainen, jolloin perunan käsittelykestävyys on huono. Lämpötilan on annettava tasaantua vähintään 10 minuuttia ennen lajittelua tai muuta käsittelyä. Kokeessa tasaantuminen toteutettiin siten, että pikalämmityksen jälkeen perunat putosivat rullapöydältä pehmustettuun idätyslaatikkoon, mistä ne kaadettiin käsin varovasti tavalliseen varastolaatikkoon tasaantumaan. Vuoden 1993 kokeissa käytettiin lämmityspöydän ja tasaantumislaatikon välissä pientä Remetin kuljetinta, joka pehmustettiin mahdollisimman hyvin. Varastolaatikosta perunat kaadettiin trukilla lajittelijan syöttösuppiloon. Kaavakuva pikalämmitysketjusta on kuvassa 45.



**Kuva 45.** Pikalämmitysketjun kaavakuva.  
**Picture 45.** Infrared heating line.

Perunoiden lämpötilat mitattiin ennen lämmitystä, välittömästi pikalämmityksen jälkeen ja 5, 10 ja 15 minuutin kuluttua lämmityksen päättymisestä. Kaikissa lämpötilamittauksissa käytettiin viittä kerrannetta. Yksittäisten perunoiden pintalämpötilaa mitattiin Minolta-infrapunälämpömittarilla, millä saatiin mitattua hetkellinen pintalämpötila mittausalueelta, jonka halkaisija oli 2,5 cm. Mittarin toiminta perustuu

pinnan lähettämän infrapunasäteilyn mittaamiseen, jonka se muuttaa lämpötilaksi annetun emissiviteettikertoimen avulla. Emissiviteetti on pintamateriaalille ja värille ominainen suure, joten mittari täytyy kalibroida tunnetussa lämpötilassa olevan kappaleen avulla kullekin pinnalle erikseen. Perunan pinnalle ei löydetty täysin sopivaa arvoa, täydellisen mustan kappaleen arvo 1,0 oli vielä liian pieni. Virhenäytämä 4,0 °C:n lämpötilassa oli noin 0,5 °C, mutta mittausten toistettavuus oli erittäin hyvä, alle 0,1 °C.

Perunoiden lämpötila ja lämpötilajakauma perunan sisällä mitattiin K-tyypin pikaanturilla varustetulla Keithley -mittarilla. Anturi oli 1 mm paksun metallivaipan kärjessä ja sen reagointiaika oli noin 1 s. Pintalämpötila mitattiin työntämällä anturin kärki perunan pinnan suuntaisesti kuoren alle. Lämpötilajakaumaa mitattaessa peruna halkaistiin ja lämpötila mitattiin aivan kuoren alta, perunan keskipisteestä ja säteen puolivälistä.

Pikalämmityksen vaikutusta käsittelykestävyyteen tutkittiin samalla tavoin kuin hitaan 5 vrk lämmityksen kohdalla. Pikalämmitysketjun aiheuttamia vioituksia tutkittiin vuoden 1993 kokeissa ottamalla perunanäyte pikalämmityksen jälkeen varastolaatikosta ennen perunoiden kaatamista uudelleen syöttösuppilon.

#### **4.2.4. Varastointikokeet**

Varastointikokeissa oli päätarkoituksena tutkia vaikuttaako perunan lämmitys lajittelun jälkeiseen säilyvyyteen. Samalla tutkittiin myös lajittelun ja harjauksen sekä varastointilämpötilan vaikutusta perunan säilyvyyteen.

##### **4.2.4.1. Varastointikokeiden esikäsittelyt**

Varastointikokeissa käytetyt esikäsittelymenetelmät ovat taulukossa 26. Käsinselottu peruna otettiin suoraan laatikosta ja seulottiin varovasti käsin muovipintaisilla irtoseuloilla kokoon 40 - 55 mm ennen näytteenottoa. Muut koejäsenet lajiteltiin mahdollisen lämmityksen jälkeen rullalajittelukoneella samalla tavoin kuin lämmityskokeiden kolhintakäsittelyissä. Perunat harjattiin Remetin harjaukoneella. Lämmitetty peruna oli seissyt lämpiämässä muovilla peitetyssä laatikossa lajittelutilassa 5 vrk ennen lajittelua. Pikalämmityksen vaikutusta varastointikestävyyteen tutkittiin syöttötehon ollessa 350 ja 470 kg/h, jolloin lämmitysteho oli 27 ja 17 Wh/kg.

**Taulukko 26.** Varastointikokeissa käytetyt koejäsenet.

**Table 26.** *Factors used in the storage tests.*

- 1 Käsinselottu  
*Grading by hand screens*
- 2 Lajiteltu  
*Grading*
- 3 Lajiteltu ja harjattu  
*Grading and brushing*
- 4 Lämmitetty 5 vrk ja lajiteltu  
*Heating 5 days in pallet box and grading*
- 5 Lämmitetty 5 vrk, lajiteltu ja harjattu  
*Heating 5 days in pallet box, grading and brushing*
- 6 Pikälämmitetty 27 Wh/kg ja lajiteltu  
*Infrared heating 27 Wh/kg and grading*
- 7 Pikälämmitetty 17 Wh/kg ja lajiteltu  
*Infrared heating 17 Wh/kg and grading*

#### 4.2.4.2. Näytteiden varastointi

Eri käsittelyjen jälkeen perunoista otettiin noin 10 litran näytteitä. Näytteille tehtiin normaali käsinvalinta, missä tautiset perunat poistettiin kuten normaalissa kauppakunnostuksessa. Käsinvalinnan teki kaikissa kokeissa sama henkilö, joka oli tottunut vastaavaan työhön käytännössä.

Näytteet pakattiin verkkosäkkeihin ja säkit numeroitiin sekä punnittiin. Näytepusseja pakattiin vielä 25 kg paperisäkkeihin, joissa ne varastoitiin. Varastoinnin jälkeen näytteet punnittiin uudelleen, pestiin ja analysoitiin.

Kaikkia näytteitä varastoitiin 21 vrk. Varastointipaikkoja oli käytössä kolme, normaali perunavarasto (4 °C), perunanlajittelutila (noin 10 °C) ja huonetila (noin 20 °C). Näytepusseiden vierellä oli varastoinnin aikana Lambrecht-termohygrografi rekisteröimässä varastointioloja.

#### 4.2.4.3. Näytteiden analysointi

Varastointikokeissa olleista perunoista määritettiin viisi erityyppistä tautia ja vioitusta. Vioitusten tyypit ovat taulukossa 27. Taulukossa oleva sienitauti tarkoittaa *Phoma*-sienten aiheuttamaa phoma-mätää ja *Fusarium*-sienten aiheuttama kuivamätää. Bakteeritauti tarkoittaa *Erwinia*-bakteerien aiheuttamaa tyvi- tai märkämätää. Nämä ovat yleisimmät ja merkittävimmät perunan varastotaudit Suomessa.



**Taulukko 27.** Varastovioitukset ja niiden luokittelu.  
**Table 27.** Classification of storage diseases and defects.

	Merkityksetön <i>Insignificant</i>	Lievä <i>Slight</i>	Vakava <i>Severe</i>
Sienitauti <i>Fungus disease</i>	Havaittava vioittuma, poistuu kuorinnassa	Selvä tauti, ei poistu kuorinnassa	Käyttökelvoton
Bakteeritauti <i>Bacteria infection</i>	<i>Small infection, which is removed in peeling</i>	<i>Infection is not removed in peeling</i>	<i>Tuber useless</i>
Nahistuneisuus <i>Soft tubers</i>	Havaittavasti pehmen- nyt <i>Tuber insignificantly softened</i>	Selvästi pehmennyt pinnasta <i>Tuber clearly softened</i>	Käyttökelvoton <i>Tuber useless</i>
Itäneisyys <i>Sprouting</i>	---	Pisin itu 0-5 mm <i>The longest sprout 0-5 mm</i>	Pisin itu > 5 mm <i>The longest sprout more than 5 mm</i>
Vihertyneisyys <i>Green coloration</i>	---	Vihertymä poistuu kuo- rinnassa <i>Green color can be removed in peeling</i>	Vihertymä ei poistu kuorinnassa <i>Green color can not be removed in peeling</i>

Eriasteisesti vioittuneiden perunoiden lukumäärien perusteella laskettiin vioittumisindeksi samalla tavoin kuin lajittelu- ja lämmityskokeissa seuraavasti:

Vioittumisindeksi

$$\text{Damage index} = 100 \times \frac{0,1 \times V_1 + 0,5 \times V_2 + V_3}{n}$$

missä

where

n = perunoiden lukumääränäytteessä  
*number of tubers in the sample*

V<sub>1,2,3</sub> = perunoiden lukumäärä eri vioitusluokissa  
*number of tubers in different damage classes*

Itäneisyys ja vihertyneisyys luokiteltiin vain kahteen luokkaan, jotka olivat lievä ja vakava. Indeksien laskennassa käytettiin kertoimia 0,5 ja 1.

#### 4.2.5. Aineiston tilastollinen käsittely

Analyysien ja mittausten tulokset ja muunnokset laskettiin VAKOLAssa PC-pohjaisella Systat-ohjelmistolla. Käsittelyjen eroja ja yhdysvaikutuksia tutkittiin varianssianalyysin avulla ja parittaisia eroja paikannettiin Bonferronin testillä.

Seuraavissa taulukoissa esitettävät varianssianalyysien riskitasot ovat tuloksia 2-suuntaisesta varianssianalyysistä, jossa toisena luokittelijana on perunan kokoluokka ja toisena kussakin taulukossa esitettävä ominaisuus. Vuoden 1993 lämmityskokeiden yhteydessä on käytetty kolmisuuntaista varianssianalyysia, jossa kolmas luokittelija on käytetty lajittelukone. Riskitason arvoille käytettiin seuraavaa luokittelua:

Riskitaso <i>Risk level</i>	Tilastollinen merkitsevyys <i>Significance level</i>	Merkintä <i>Marking</i>
0,01-0,05	melkein merkitsevä <i>almost significant</i>	*
0,001-0,01	merkitsevä <i>significant</i>	**
<0,001	erittäin merkitsevä <i>very significant</i>	***

Parittainen vertailu on tehty kaikissa analyyseissä yksisuuntaisesti kummallekin kokoluokalle erikseen, ja vuoden 1993 lämmityskokeissa lisäksi kummallekin käytetylle lajittelukoneelle erikseen. Taulukoissa olevat yländeksit ovat Bonferronin parittaisen vertailun tuloksia. Samassa pystysarakkeessa olevat luvut, joilla on eri yländeksi, poikkeavat toisistaan 5 % riskitasolla. Luku, jolla ei ole yländeksiä ei poikke merkitsevästi muista arvoista.

### 4.3. Tutkimustulokset

#### 4.3.1. Olosuhteet mittausten aikana

Perunavaraston lämpötilaa ja kosteutta seurattiin mittausten ajan Lambrecht-termohygrorafeilla. Perunavarastossa oli tietokoneohjattu Itumic-merkkinen lämmönvaihtimella varustettu seinätuuletuslaitteisto. Varaston lämpötila oli mittauksen alkaessa jo tasaantunut ja lämpötila ja kosteus pysyivät erittäin vakaina mittausten ajan.

Lajittelutilassa oli yksi sähkökäyttöinen 6 kW lämmityspuhallin sekä katossa alaspäin suunnattu sekoituspuhallin. Lajittelutilan lämpötilassa esiintyi vuorokausivaihtelua sekä ovien aukipitämisestä johtuvia nopeita muutoksia. Lämpötila vaihteli huomattavasti korkeussuunnassa, lattia- ja kattolämpötilan ero oli noin 6 °C. Lajittelutilan kosteus pysyi melko vakaana. Piirtureista saadut lämpötila- ja kosteuskäyrät kokeiden ajalta ovat liitteessä 3.

#### 4.3.2. Lajittelutarkkuus

Lajittelutarkkuutta koneiden eri säädöillä tutkittiin seulaston jälkeen otettujen näytteiden avulla. Linjalta poimittiin sekä isojen että pienten perunoiden puolelta kummastakin yhtäjaksoisesti noin 100 perunaa, joista seulottiin Skalsin irtoseulalla käsin alikokoiset eroon. Alikokoisten perunoiden lukumäärän prosenttiosuus näytteessä laskettiin. Ylikokoisia perunoita ei lajittelijoiden toimintaperiaatteen vuoksi voi esiintyä.

Mittaustulokset on koottu taulukkoon 28. Täristävän seulalajittelukoneen kohdalla olevat seulaston liikesuunta ja -voimakkuus tarkoittavat koneen säätöpyörän asentoa, kummankin pyörän säätöalue on 15 kierrosta. Liikkeen voimakkuudessa 100 % tarkoittaa suurinta voimakkuutta, jolloin perunat ponnahtavat seulastolla korkeimmalle ja liikesuunnassa 100 % merkitsee eniten eteenpäin suuntautuvaa liikettä, jolloin

perunat etenevät eniten yhdellä seulaston nykäyksellä. Syöttöteholla 4000 kg/h tutkittiin säätöjen vaikutusta lajittelutarkkuuteen siten, että normaalisäädöstä (taulukossa 1. rivi) muutettiin vuorotellen sekä liikkeen voimakkuus että etenemä ääriasentoonsa. Samoilla säädöillä tutkittiin myös perunoiden kolhiutumista.

Täristävän seulalajittelukoneen ja rullalajittelukoneen ilmoitettu lajitteluteho on 4000 kg/h ja seulalajittelukoneen 5000 kg/h. Syöttöteholla 7000 kg/h tehdyt kokeet ovat siten selvästi koneiden ilmoitetun kapasiteetin yläpuolella.

Lajittelutarkkuutta tutkittaessa käytettiin lajikkeena Sabinaa. Perunan muoto ja keskikoko vaikuttavat selvästi lajittelutarkkuuteen. Kokeen tulokset on saatu yhdestä perunaerästä yhdellä toistolla, joten niitä ei voida yleistää kaikkiin tilanteisiin.

**Taulukko 28.** Alikokoisten perunoiden osuus lajittelukoneen seulaston jälkeen eri syöttömäärillä.  
**Table 28.** *Percentage of undersized potatoes after grading with different grading speeds.*

Teho Capacity kg/h	Täristävä seulalajittelukone <i>Shock-type screen grader</i> Skals SE 665				Seulalajittelukone <i>Reciprocating screen grader</i> Skals SK 613		Rullalajittelukone <i>Roller grader</i> Remet 3	
	Säätö <i>Adjustment</i>		Perunan koko <i>Tuber size</i>		Perunan koko <i>Tuber size</i>		Perunan koko <i>Tuber size</i>	
	Täristys <i>Vertical movement</i> %	Etenemä <i>Horizontal movement</i> %	40 - 55 mm	55 - 70 mm	40 - 55 mm	55 - 70 mm	40 - 55 mm	55 - 70 mm
1400	-	-	-	-	19 %	11 %	-	-
2700	33	60	3 %	7 %	24 %	9 %	11 %	4 %
4000	33	60	5 %	1 %	-	-	25 %	8 %
	33	100	4 %	4 %				
	100	60	12 %	12 %				
5000	-	-	-	-	67 %	34 %	-	-
7000	100	87	37 %	13 %	57 %	44 %	-	-

#### 4.3.3. Pudotuskorkeudet eri lajitteluketjuissa

Tutkimuksessa käytettyjen lajitteluketjujen pudotuskorkeudet ja pudotusalustat ovat taulukossa 29. Syöttösuppiloon pudotuksessa ei voida mitata täsmällistä pudotuskorkeutta, koska korkeus vaihtelee suppiloon täyttyessä. Taulukossa oleva arvo on mitattu täysin tyhjältä syöttösuppilosta. Pudotusalusta syöttösuppilon kohdalla tarkoittaa suppiloon sivujen materiaalia, käytännössä suurin osa perunoista putoaa toisten perunoiden päälle. Syöttösuppilon osuutta ei ole laskettu mukaan pudotuskorkeuksien summaan.

Pudotuskorkeuden lisäksi pudotusalusta vaikuttaa voimakkaasti perunan vioittumiseen, joten pelkkä pudotuskorkeuksien summien vertailu ei kerro lajitteluketjujen keskinäistä vioittamisjärjestystä.

**Taulukko 29. Pudotuskorkeudet ja -alustat eri lajitteluketjuissa.****Table 29. Dropping heights and dropping surfaces in the grading lines.**

Laite <i>Part of grading line</i>	Pudotus, cm <i>Drop height, cm</i>	Pudotusalusta <i>Dropping surface</i>	Huomioita <i>Observations</i>
<b>Seulalajittelukone Skals SK 613</b> <i>Reciprocating screen grader Skals SK 613</i>			
Syöttösuppilo <i>Feed hopper</i>	0 - 70	Kumipinnoitettu 10 mm solumuovi <i>Rubber coated 10 mm foam rubber</i>	Ensimmäiset perunat osuvat hihnan sivupeltiin <i>First potatoes hit the metal sides of the conveyor</i>
Kuljetin <i>Conveyor</i>	15	Ohuet teräspuikot <i>Thin steel rods</i>	
Seulasto <i>Screens</i>	30	3 mm kumi <i>Rubber 3 mm</i>	
Rullapöytä <i>Inspection table</i>	20	5 mm solumuovi <i>Foam rubber 5 mm</i>	Osa perunoista putoaa suoraan rullan päälle <i>Some of the tubers drop on rollers</i>
Yhteensä <i>Total</i>	65		
<b>Täristävä seulalajittelukone Skals SE 665</b> <i>Shock-type screen grader Skals SE 665</i>			
Syöttösuppilo <i>Feed hopper</i>	0 - 70	Kumipinnoitettu 10 mm solumuovi <i>Coated foam rubber 10 mm</i>	Ensimmäiset perunat osuvat hihnan sivupeltiin <i>First potatoes hit the metal sides of the conveyor</i>
Kuljetin <i>Conveyor</i>	15	Ohuet teräspuikot <i>Thin steel rods</i>	
Mullanerotin <i>Soil extractor</i>	30	Kumipinnoitettu 30 mm solumuovi <i>Coated foam rubber 30 mm</i>	Osa perunoista putoaa suoraan seulalle <i>Some of the tubers drop on the screen</i>
Rullapöytä <i>Inspection table</i>	5	Muovirulla <i>Plastic roller</i>	
Seulasto <i>Screens</i>	40	5 mm kumivaimennin + kumipinnoitettu 20 mm solumuovi <i>5 mm rubber belt + foam rubber 20 mm</i>	2-osainen pudotus <i>2-stage drop</i>
Hihnakuuljetin <i>Conveyor</i>	30	5 mm kumihihna tai kumipinnoitettu 20 mm solumuovi <i>5 mm rubber belt or 20 mm coated foam rubber</i>	
Yhteensä <i>Total</i>	120		
<b>Rullalajittelukone Remet 3</b> <i>Roller grader Remet 3</i>			
Syöttösuppilo <i>Feed hopper</i>	0 - 90	Kehikon varassa riippuva PVC-kangas <i>PVC-cloth hanging on steel frame</i>	Ensimmäiset perunat osuvat pohjan teräspuikkoihin <i>First tubers drop on steel rods</i>
Kuljetin <i>Feed conveyor</i>	20	Kumihihna <i>Rubber belt</i>	
Mullanerotin <i>Soil extractor</i>	30	Muovirulla <i>Plastic roller</i>	
Seulasto <i>Rollers</i>	50	3 mm kumivaimennin <i>3 mm rubber</i>	2-osainen pudotus <i>2-stage drop</i>
Rullapöytä <i>Inspection table</i>	20 - 40	Peltiluiska <i>Sheet metal</i>	
Yhteensä <i>Total</i>	130		

#### 4.3.4. Vioitusten esiintyminen

Vioitusten luokittelu jouduttiin tekemään erittäin ankarasti, koska käytetty perunaerä oli vielä käsittelyn jälkeenkin niin hyvää, että esimerkiksi ruokaperuna-asetuksen mukainen luokittelu ei olisi tuonut käsittelyjen välisiä eroja esiin. Kaikkien vioitus-tyyppien merkityksetön vioitus on niin pieni, että se häviää normaalissa kuorinnassa. Iskemissä suurin osa myös lievistä vioituksista häviää kuorinnassa, koska vioitus on määritetty iskemien lukumäärän eikä vakavuuden perusteella. Näytteistä laskettiin terveiden perunoiden osuus, mutta tuloksia ei tässä esitetä, koska ne korostavat liikaa merkityksettömiä vioituksia. Indeksiluvut kuvaavat vioittumien tasoa paremmin.

#### 4.3.5. Alkunäytteet

Kokeissa käytettiin yhteensä 14 laatikollista perunaa, joista kaikista otettiin näytteet ennen lajittelua vioitusten lähtötason selvittämiseksi. Alkunäytteitä otettiin aluksi lajittelukokeissa 3 ja lämmityskokeissa 5 kerrannetta, mutta pienen hajonnan vuoksi näytemäärää pienennettiin vuoden 1992 viimeisissä kokeissa. Vuonna 1993 käytetyistä neljästä laatikosta otettiin kaikista 5 alkunäytettä. Alkunäytteiden vioitusanalyysien tulokset ovat taulukoissa 30 ja 32. Näytemäärä tarkoittaa isoista ja pienistä perunoista otettujen näytteiden summaa.

Perunan kokoluokka vaikutti merkitsevästi alkunäytteissä oleviin ruhjeisiin, muita vioitustyyppisiä oli saman verran molemmissa kokoluokissa. Vuoden 1992 alkunäytteistä löytyi laatikoiden väliltä tilastollisesti merkitseviä eroja pienten perunoiden iskemä- ja pintavikaindeksistä. Pintavikaindeksin arvo on kuitenkin niin pieni, että eroilla ei ole määritysmenetelmän tarkkuuden puitteissa merkitystä. 70 perunan näytekoolla indeksi saa arvon 0,14, kun kaikissa kerranteissa on yhdessä perunassa ensimmäisen luokan vioittuma. Iskemäindeksin vaihtelu on huomattavasti merkittävämpää, laatikossa 4 on ollut ennen käsittelyä selvästi muita enemmän iskemisiä. Laatikko 4 oli ensimmäinen kokeessa käytetty laatikko, sillä tehtiin seulalajittelukoneen lajittelukokeet syöttömäärillä 1400 ja 2600 kg/h sekä Skalsin syöttösuppilon ja kuljettimen kokeet. Myös nämä näytteet olivat muita enemmän vioittuneita. Ensimmäisen ja toisen kokeessa käytetyn laatikon välillä kului noin kuukausi aikaa, joten perunoiden kuori on saattanut vielä varastoinnin aikana vahvistua. Laatikon 4 kokeista saadut tulokset on käsitelty erillään muista kokeista. Muiden laatikoiden osalta on jatkossa käytetty kaikkien alkunäytteiden keskiarvoa verrattaessa käsittelyjen vaikutuksia. Alkunäytteitä oli yhteensä 64 kpl, joista 8 kpl laatikosta 4.

**Taulukko 30.** Vioitusindeksit ennen käsittelyä vuoden 1992 kokeissa. Merkitsevät poikkeamat eri laatikoiden välillä on merkitty eri yläindekseillä.

**Table 30.** *Damage index in store before handling in 1992 studies. Significant differences between pallet boxes marked with different superscript.*

Laatikko Pallet box	Näyttemäärä Number of samples	Iskemäindeksi Crack index		Mustelmaindeksi Black spot index		Pintavikaindeksi Scuffing index		Ruhjeindeksi Bruise index		Halkeamaindeksi Split index	
		40 - 55 mm mukulat tubers	55 - 70 mm mukulat tubers	40 - 55 mm mukulat tubers	55 - 70 mm mukulat tubers	40 - 55 mm mukulat tubers	55 - 70 mm mukulat tubers	40 - 55 mm mukulat tubers	55 - 70 mm mukulat tubers	40 - 55 mm mukulat tubers	55 - 70 mm mukulat tubers
1	4	0,00 <sup>a</sup>	0,00	0,21	1,94	0,07	0,00		0,00	0,00	0,00
2	6	0,05 <sup>a</sup>	0,24	2,26	1,24	0,00 <sup>a</sup>	0,00	0,25	0,78	0,00	0,00
3	6	0,00 <sup>a</sup>	0,00	3,57	4,12	0,00 <sup>a</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	8	1,55 <sup>b</sup>	0,39	2,94	4,14	0,04	1,14	0,39	0,00	0,04	0,05
5	6	0,05 <sup>a</sup>	0,00	1,86	2,41	0,00 <sup>a</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	6	0,00 <sup>a</sup>	0,12	0,95	1,44	0,14 <sup>b</sup>	0,23	0,00	1,56	0,00	0,00
7	6	0,05 <sup>a</sup>	1,52	1,38	3,26	0,00 <sup>a</sup>	0,00	0,05	1,39	0,00	0,00
8	6	0,10 <sup>a</sup>	0,32	3,05	3,63	0,05	0,00	0,33	0,00	0,00	0,13
9	10	0,00 <sup>a</sup>	0,00	1,11	2,54	0,00 <sup>a</sup>	0,00	0,06	0,10	0,00	0,00
10	6	0,05 <sup>a</sup>	0,39	2,14	2,44	0,00 <sup>a</sup>	0,00	0,24	3,15	0,00	0,00

**Taulukko 31.** Varianssianalyysin riskitasot vuoden 1992 kokeiden alunäytteissä.

**Table 31.** *Samples taken before handling in 1992 studies, risk levels of analysis of variance.*

	Iskemäindeksi Crack index		Mustelmaindeksi Black spot index		Pintavikaindeksi Scuffing index		Ruhjeindeksi Bruising index		Halkeamaindeksi Split index	
	Riskitaso Risk level	Merkitsevyys Significance	Riskitaso Risk level	Merkitsevyys Significance	Riskitaso Risk level	Merkitsevyys Significance	Riskitaso Risk level	Merkitsevyys Significance	Riskitaso Risk level	Merkitsevyys Significance
Laatikko Pallet box	0,046	*	0,065		0,000	***	0,078		0,414	
Perunan koko Size of tuber	0,487		0,112		0,694		0,035	*	0,334	
Laatikko Perunan koko Pallet box Tuber size	0,111		0,940		0,557		0,065		0,675	

Vuoden 1993 kokeiden alunäytteissä isojen perunoiden pintavikaindeksit eri laati-koissa erosivat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi. Tässäkin tapauksessa indeksin lukuarvo on niin pieni, että mitään käytännön eroa laatikoiden välillä ei voi olettaa olevan. Ruhjeita ja halkeamia ei esiintynyt yhdessäkään kerranteessa, joten varianssianalyysiä ei niiden osalta tehty. Analyyseissä käytettiin kaikkien 40 alunäytteen keskiarvoa verrattaessa käsittelyjen vaikutuksia. Perunan kokoluokka ei vaikuttanut minkään vioitustyyppin esiintymiseen alunäytteissä.

**Taulukko 32.** Vioitusindeksit ennen käsittelyä vuoden 1993 kokeissa. Merkitsevät poikkeamat eri laatikoiden välillä on merkitty eri yläindekseillä.

**Table 32.** Damage index in store before handling in 1993 studies. Significant differences between pallet boxes marked with different superscripts.

Laatikko Pallet box	Näyte- määrä Number of samp- les	Iskemäindeksi Crack index		Mustelmaindeksi Black spot index		Pintavikaindeksi Scuffing index		Ruhjeindeksi Bruising index		Halkeamaindeksi Split index	
		40 - 55 mm mukulat tubers	55 - 70 mm mukulat tubers	40 - 55 mm mukulat tubers	55 - 70 mm mukulat tubers	40 - 55 mm mukulat tubers	55 - 70 mm mukulat tubers	40 - 55 mm mukulat tubers	55 - 70 mm mukulat tubers	40 - 55 mm mukulat tubers	55 - 70 mm mukulat tubers
11	10	0,11	0,10	1,30		0,43	0,51 <sup>b</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00
12	10	0,12	0,00	1,22	1,33	0,20	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00
13	10	0,09	0,24	1,39	1,41	0,23	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00
14	10	0,06	0,36	1,32	1,33	0,06	0,06 <sup>a</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00

**Taulukko 33.** Varianssianalyysin riskitasot vuoden 1993 kokeiden alkunäytteissä.

**Table 33.** Samples taken before handling in 1993 studies, risk levels of analysis of variance.

	Iskemäindeksi Crack index		Mustelmaindeksi Black spot index		Pintavikaindeksi Scuffing index		Ruhjeindeksi Bruising index		Halkeamaindeksi Split index	
	Riski- taso Risk level	Merkit- sevyys Signifi- cance	Riski- taso Risk level	Merkit- sevyys Signifi- cance	Riski- taso Risk level	Merkit- sevyys Signifi- cance	Riski- taso Risk level	Merkit- sevyys Signifi- cance	Riski- taso Risk level	Merki- tsevyys Signifi- cance
Laatikko Pallet box	0,424		0,917		0,002	**	-		-	
Perunan koko Tuber size	0,241		0,904		0,905		-		-	
Laatikko-Perunan koko Pallet box:Tuber size	0,142		0,977		0,939		-		-	

Perunat olivat ennen käsittelyä erittäin hyväkuntoisia, täysin terveiden perunoiden osuus oli ankarasta arvostelusta huolimatta joissain näytteissä 100%. Käytännön viljelmillä tilanne ei yleensä ole läheskään näin hyvä, kuten tutkimukseen kuuluvien tilakäyntien yhteydessä havaittiin. Kokeissa käytetty peruna oli viljelty normaalein viljelymenetelmin ruokaperunaksi, joten tiloilla käytettävässä viljely- ja nostotekniikassa on huomattavasti parannettavaa.

#### 4.3.6. Lajittelukokeet

##### 4.3.6.1. Lajitteluketjun osien vaikutus voituksiin

Kuvissa 46 ja 47 näkyy vioitusten kumulatiivinen lisääntyminen, kun peruna etenee lajitteluketjussa. Kokeessa käytettiin seulalajittelukoneella syöttötehoa 3750 kg/h ja rullalajittelukoneella 4000 kg/h. Täristävällä seulalajittelukoneella ei ketjun osien

vaikutusta tutkittu, koska syöttösuppilo ja kuljetin olivat samat kuin seulalajittelukoneessa. Eri käsittelyketjujen aiheuttamien vioitusten määriä ei tämän osakokeen tulosten perusteella voi suoraan verrata keskenään. Seulalajittelukoneella lajitellussa perunaerässä oli jo ennen lajittelua merkittävästi enemmän vioituksia kuin muissa kokeissa käytetyissä perunoissa. Tästä syystä voidaan olettaa kyseisen perunaerän olleen herkemmin vioittuva kuin muut perunat. Samasta syystä ei voida vertailla eri merkkisiä kuljettimia ja syöttösuppiloita keskenään.

Kuvista nähdään, että pääasialliset vikatyypit ovat iskemät ja mustelmat. Ruhjeita, halkeamia ja pintavikoja esiintyi näissä näytteissä varsin vähän. Halkeamien osuus oli niin pieni, että ne on selvyyden vuoksi jätetty kuvista pois. Halkeamaindeksien lukuarvot löytyvät ainoastaan taulukoista.

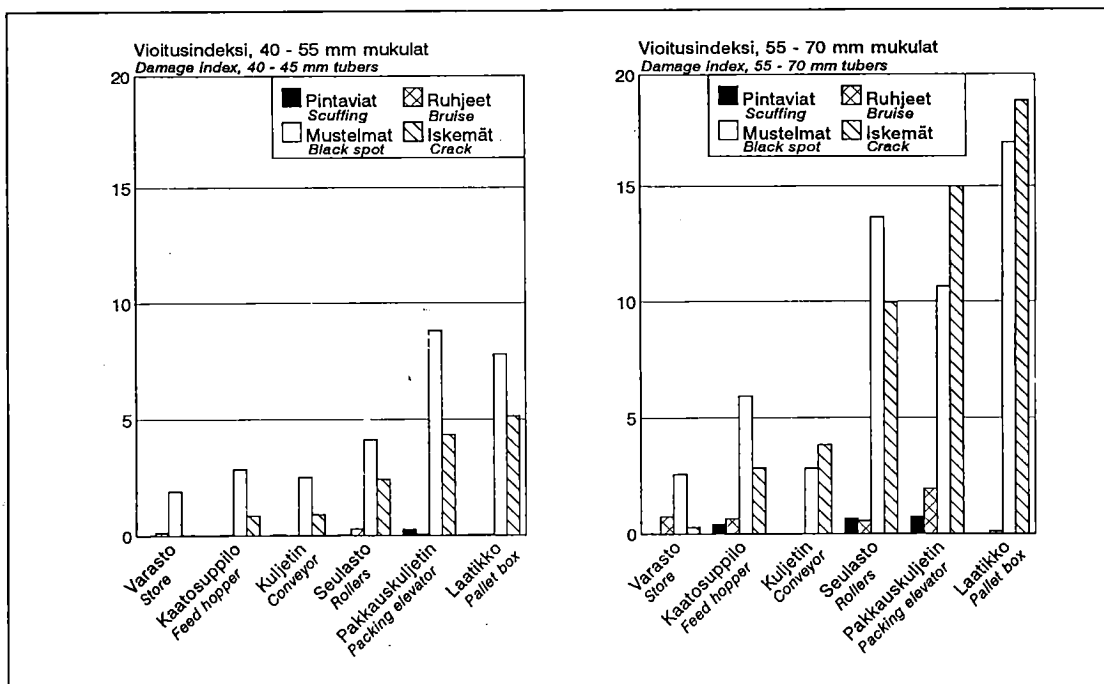
Taulukoissa 34 ja 36 on esitetty lajitteluketjun yksittäisten laitteiden aiheuttama muutos perunan vioituksiin. Luvut on saatu vähentämällä jokaisesta indeksistä lajitteluketjun edellisen vaiheen kolmen kerranteen indeksien keskiarvo. Näin saaduista uusista indekseistä laskettiin keskiarvot, jotka on esitetty taulukoissa. Laskennallinen muutos on joissain tapauksissa negatiivinen näytteissä esiintyvän satunnaisvaihtelusta vuoksi. Muutoksen suuruutta kuvaa kuvissa 46 ja 47 rinnakkais-ten pylväiden pituusero.

Tilastollisesti merkitseviä eroja eri laitteiden välillä löytyi melko vähän. Rullalajittelukoneketjun pakkauskuljetin aiheutti pieniin perunoihin suurimman osan mustelmista ja isoihin perunoihin suurimman osan ruhjeista.

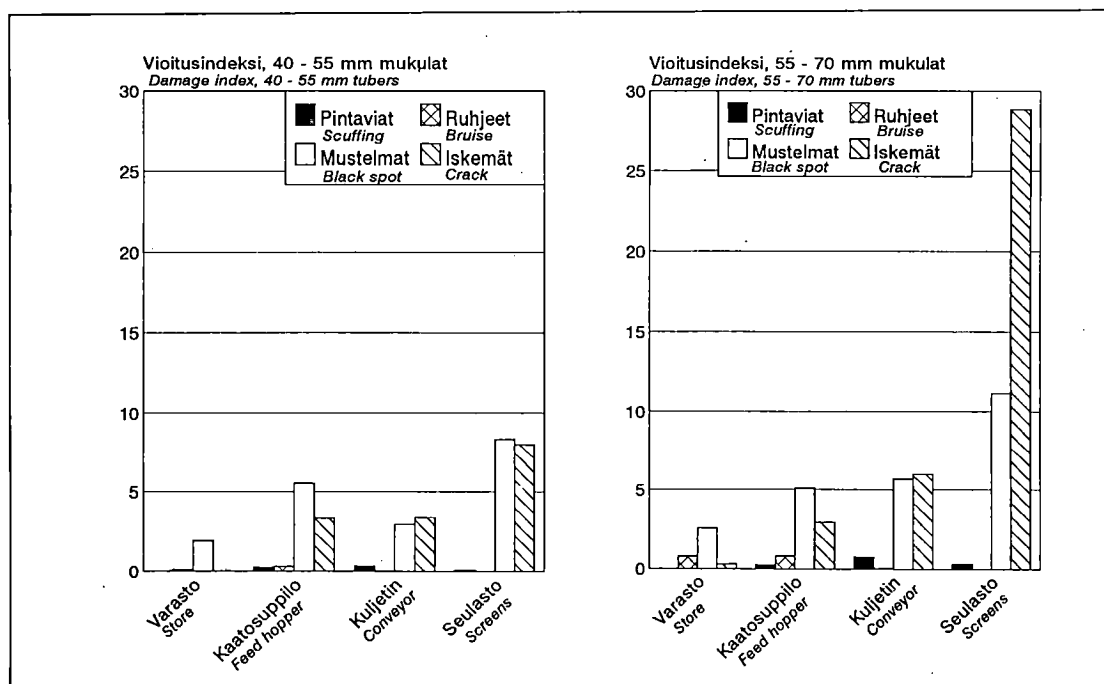
Seulalajittelukoneketjussa pienten perunoiden iskemät ja isojen perunoiden mustelmat lisääntyivät eniten seulastolla. Pintavika- ja ruhjeindeksien erot ovat käytännössä hyvin pieniä, vaikka tilastollinen testaus osoittaa joitakin eroja olevan. Perunan koolla ja koon ja paikan yhdysvaikutuksella oli merkittävä vaikutus seulalajittelukoneen aiheuttamiin iskemiin. Isoihin perunoihin tuli kaikissa vaiheissa enemmän iskemiä kuin pieniin. Rullalajittelukoneketjussa koon ja paikan yhdysvaikutusta esiintyi mustelmien määrissä. Isot perunat mustelmoituivat eniten seulastolla ja pienet perunat pakkauskuljettimessa.

Aineiston hajonta on melko suuri, pelkkiä kuvion keskiarvoja tarkastelemalla näyttäisi eroja olevan enemmän. Tärkein aineistosta nähtävä johtopäätös on vioitusten jatkuva lisääntyminen käsittelyketjun kaikissa vaiheissa.





**Kuva 46.** Vioitusindeksit Remet 3 -lajitteluketjun eri paikoissa.  
**Picture 46.** Damage indices in different locations of the grading line with Remet 3 roller grader.



**Kuva 47.** Vioitusindeksit Skals SK613 -lajitteluketjun eri paikoissa.  
**Picture 47.** Damage indices in different locations of the grading line with Skals SK 613 reciprocating screen grader.

**Taulukko 34.** Rullalajittelukoneketjun eri laitteiden aiheuttama lisäys vioitusindeksiin. Merkitsevät erot eri laitteiden välillä on merkitty eri yläindekseillä.

**Table 34.** The increase of the damage index caused by different parts of the grading line with roller grader. Significant differences between parts are marked with different superscripts.

Laite Part of grading line	Iskemäindeksi Crack index		Mustelmaindeksi Black spot index		Pintavikaindeksi Scuffing index		Ruhjeindeksi Bruising index		Halkeamaindeksi Split index	
	40 - 55 mm mukulat tubers	55 - 70 mm mukulat tubers	40 - 55 mm mukulat tubers	55 - 70 mm mukulat tubers	40 - 55 mm mukulat tubers	55 - 70 mm mukulat tubers	40 - 55 mm mukulat tubers	55 - 70 mm mukulat tubers	40 - 55 mm mukulat tubers	55 - 70 mm mukulat tubers
Syöttösuppilo Feed hopper	0,83	2,57	0,94	3,32	-0,03	0,39 <sup>b</sup>	-0,08	-0,10	0,05	0,22
Kuljetin Feed conveyor	0,05	1,00	-0,34 <sup>a</sup>	-3,10	0,05	-0,42	-0,05	-0,66	-0,05	-0,24
Seulasto Rollers	1,52	6,11	1,62	10,8	0,00	0,65 <sup>b</sup>	0,29	0,56	0,05	0,09
Pakkauskuljetin Packing elevator	1,92	5,03	4,68 <sup>b</sup>	-2,99	0,22 <sup>b</sup>	0,08	-0,24	1,39 <sup>b</sup>	0,00	-0,09
Laatikkoon pudotus Pallet box filling	0,79	3,84	-1,01 <sup>a</sup>	6,29	-0,22 <sup>a</sup>	-0,73 <sup>a</sup>	0,00	-1,84 <sup>a</sup>	0,00	0,00

**Taulukko 35.** Rullalajittelukoneketjun eri laitteiden väliset varianssianalyysin riskitasot.

**Table 35.** Risk levels obtained by analysis of variance of the samples from different parts of the grading line with roller grader.

Laite Part of grading line	Iskemäindeksi Crack index		Mustelmaindeksi Black spot index		Pintavikaindeksi Scuffing index		Ruhjeindeksi Bruising index		Halkeamaindeksi Split index	
	Riskitaso Risk level	Merkitsevyys Significance	Riskitaso Risk level	Merkitsevyys Significance	Riskitaso Risk level	Merkitsevyys Significance	Riskitaso Risk level	Merkitsevyys Significance	Riskitaso Risk level	Merkitsevyys Significance
Laite Part of grading line	0,590		0,037	*	0,000	***	0,007	**	0,041	*
Perunan koko Tuber size	0,072		0,259		0,924		0,654		0,827	
Laite · Perunan koko Part · Tuber size	0,938		0,009	**	0,003	**	0,005	**	0,303	

**Taulukko 36.** Seulalajittelukoneketjun eri laitteiden aiheuttama lisäys voitusedeksiin. Merkitsevät erot eri laitteiden välillä on merkitty eri yläindekseillä.

**Table 36.** The increase of the damage index caused by different parts of the grading line with reciprocating screen grader. Significant differences between parts are marked with different superscripts.

Laite Part of grading line	Iskemäindeksi Crack index		Mustelmaindeksi Black spot index		Pintavikaindeksi Scuffing index		Ruhjeindeksi Bruising index		Halkeamaindeksi Split index	
	40 - 55 mm mukulat tubers	55 - 70 mm mukulat tubers	40 - 55 mm mukulat tubers	55 - 70 mm mukulat tubers	40 - 55 mm mukulat tubers	55 - 70 mm mukulat tubers	40 - 55 mm mukulat tubers	55 - 70 mm mukulat tubers	40 - 55 mm mukulat tubers	55 - 70 mm mukulat tubers
Syötösuppilo Feed hopper	1,78	2,55 <sup>a</sup>	2,62	0,94	0,22 <sup>b</sup>	0,09	-0,07	0,80 <sup>b</sup>	-0,04	-0,05
Kuljetin Feed conveyor	0,04	3,10 <sup>a</sup>	-2,59 <sup>a</sup>	0,63	0,07 <sup>b</sup>	0,48 <sup>b</sup>	-0,32	-0,75 <sup>a</sup>	0,06	0,00
Seulasto Screens	4,68	22,8 <sup>b</sup>	5,42 <sup>b</sup>	5,42	-0,24 <sup>a</sup>	-0,39 <sup>a</sup>	0,00	-0,05	-0,06	0,00

**Taulukko 37.** Seulalajittelukoneketjun eri laitteiden väliset varianssianalyysin riskitasot.

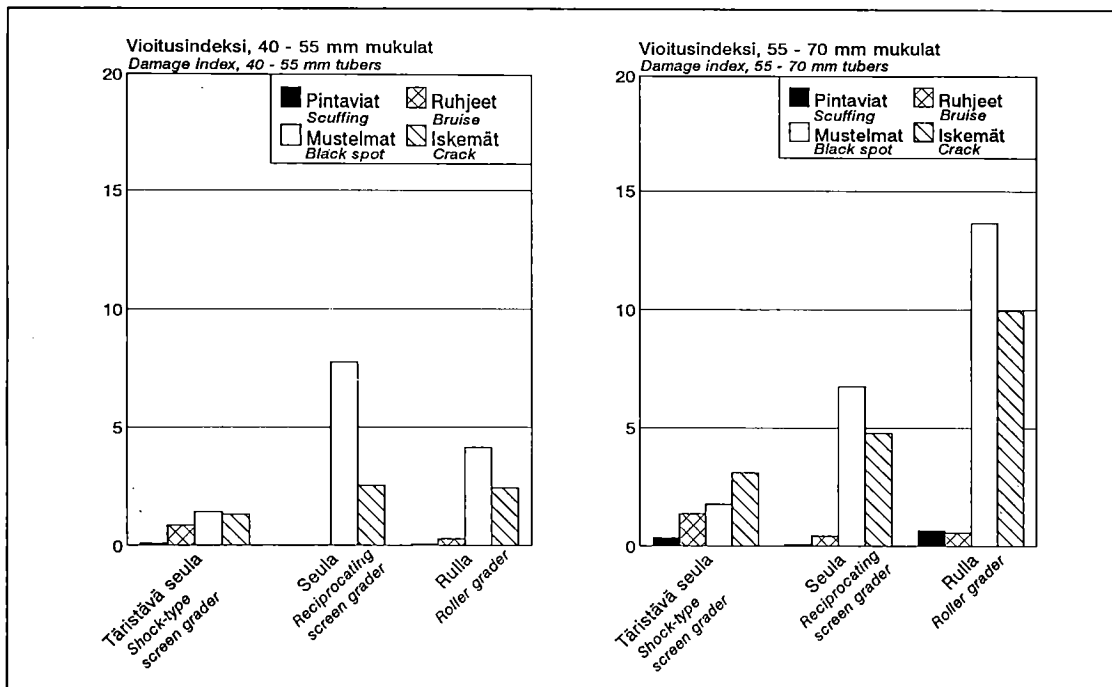
**Table 37.** Risk levels obtained by analysis of variance of samples from different parts of the grading line with reciprocating screen grader.

Laite Part of grading line	Iskemäindeksi Crack index		Mustelmaindeksi Black spot index		Pintavikaindeksi Scuffing index		Ruhjeindeksi Bruising index		Halkeamaindeksi Split index	
	Riskita- so Risk level	Merkit- sevyys Signifi- cance	Riski- taso Risk level	Merkit- sevyys Signifi- cance	Riski- taso Risk level	Merkit- sevyys Signifi- cance	Riski- taso Risk level	Merkit- sevyys Signifi- cance	Riski- taso Risk level	Merkit- sevyys Signifi- cance
Laite Part of grading line	0,000	***	0,001	**	0,001	**	0,002	**	0,068	
Perunan koko Tuber size	0,000	***	0,637		0,649		0,421		0,551	
Laite-Perunan koko Part-Tuber size	0,000	***	0,201		0,050		0,016	*	0,068	

#### 4.3.6.2. Koneen tyypin vaikutus voitukseen

Kuvassa 48 on esitetty eri tyyppisten koneiden vaikutus voitukseen. Kaikki näytteet on otettu lajittelukoneen seulaston jälkeen. Kuvasta nähdään, että täristävä seulalajittelukone aiheutti vähiten iskemiä ja mustelmia sekä isoihin että pieniin perunoihin. Tilastollisesti merkitseviä eroja löytyi isojen perunoiden iskemistä ja mustelmista rullalajittelukoneeseen verrattuna sekä pienten perunoiden mustelmista seulalajittelukoneeseen verrattuna (taulukko 38). Perunan koko vaikutti merkittävästi iskemien ja pintavikojen syntymiseen ja koon ja konetyypin yhdysvaikutus vaikutti mustelmoitumiseen. Rullalajittelukoneella koon vaikutus voitukseen oli suurin. Käytetty syöttöteho oli rullalajittelukoneella 4000 kg/h ja täristävällä seulalajittelukoneella

3750 kg/h. Seulalajittelukoneella jouduttiin käyttämään syöttötehon 2600 kg/h tuloksia, koska syöttötehollla 3750 kg/h lajiteltu perunaerä poikkesi muista kokeessa käytetyistä perunoista.



**Kuva 48.** Vioitusindeksi eri lajittelukoneilla.  
**Picture 48.** Damage index after Skals SK 613, SE 665 and Remet 3 grading lines.

**Taulukko 38.** Eri lajittelukoneiden seulaston jälkeen otettujen näytteiden vioitusindeksit. Merkitsevät erot eri koneiden välillä on merkitty eri yläindekseillä.

**Table 38.** Damage index after screens of different types of graders. Significant differences between graders are marked with different superscripts.

Lajittelukone Grader	Iskemäindeksi Crack index		Mustelmaindeksi Black spot index		Pintavikaindeksi Scuffing index		Ruhjeindeksi Bruising index		Halkeamaindeksi Split index	
	40 - 55 mm mukulat tubers	55 - 70 mm mukulat tubers	40 - 55 mm mukulat tubers	55 - 70 mm mukulat tubers	40 - 55 mm mukulat tubers	55 - 70 mm mukulat tubers	40 - 55 mm mukulat tubers	55 - 70 mm mukulat tubers	40 - 55 mm mukulat tubers	55 - 70 mm mukulat tubers
Skals SE 665	1,31	3,10 <sup>a</sup>	1,41 <sup>a</sup>	1,76 <sup>a</sup>	0,10	0,35	0,84	1,36	0,00	0,00
Skals SK 613	2,52	4,78	7,76 <sup>b</sup>	6,76	0,00	0,07	0,00	0,43	0,24	0,00
Remet 3	2,43	9,96 <sup>b</sup>	4,14	13,6 <sup>b</sup>	0,05	0,65	0,29	0,56	0,05	0,09

**Taulukko 39.** Eri lajittelukoneiden väliset varianssianalyysin riskitasot.

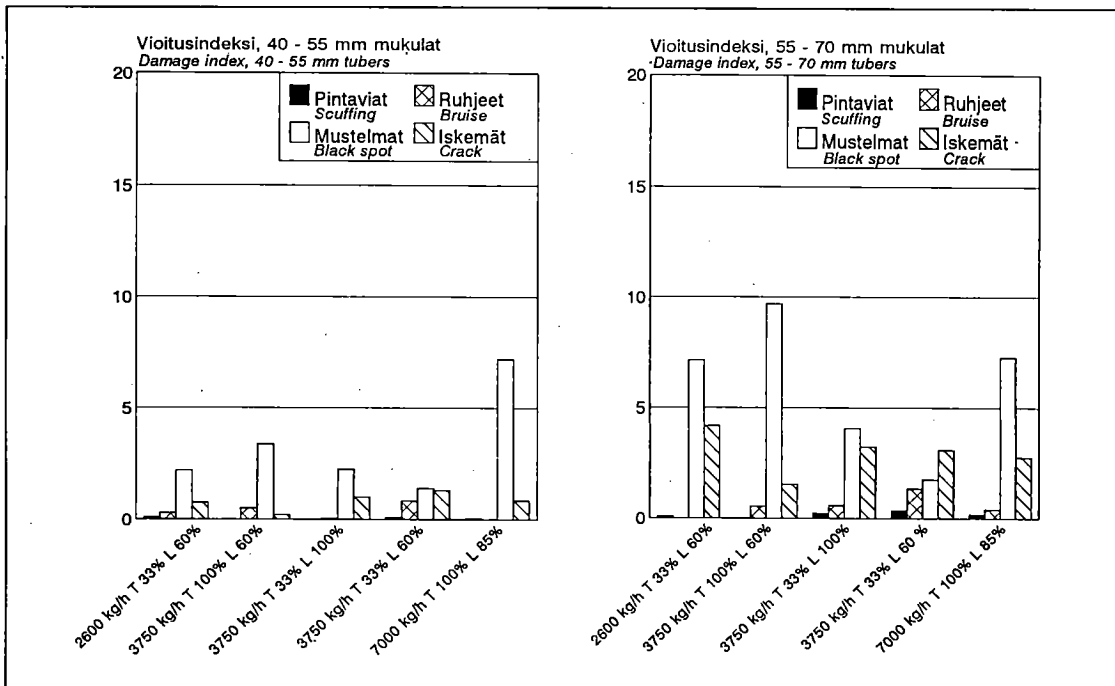
**Table 39.** Risk levels obtained by analysis of variance from the samples taken after handling with different types of graders.

	Iskemäindeksi <i>Crack index</i>		Mustelmaindeksi <i>Black spot index</i>		Pintavikaindeksi <i>Scuffing index</i>		Ruhjeindeksi <i>Bruising index</i>		Halkeamaindeksi <i>Split index</i>	
	Riskita- so <i>Risk level</i>	Merkit- sevyys <i>Signifi- cance</i>	Riski- taso <i>Risk level</i>	Merkit- sevyys <i>Signifi- cance</i>	Riski- taso <i>Risk level</i>	Merkit- sevyys <i>Signifi- cance</i>	Riski- taso <i>Risk level</i>	Merkit- sevyys <i>Signifi- cance</i>	Riski- taso <i>Risk level</i>	Merkit- sevyys <i>Signifi- cance</i>
Kone <i>Grader type</i>	0,022	*	0,006	**	0,063		0,264		0,545	
Perunan koko <i>Tuber size</i>	0,002	**	0,081		0,009	**	0,372		0,465	
Kone Perunan koko <i>Grader type:Tuber size</i>	0,071		0,034	*	0,118		0,975		0,389	

#### 4.3.6.3. Säättöjen vaikutus voituksiin

Lajittelukoneiden säättöjen vaikutusta voituksiin tutkittiin samoilla säädöillä kuin lajittelutarkkuutta taulukossa 28. Rullalajittelukoneen ainoa säätömahdollisuus on syöttömäärän muuttaminen. Seulalajittelukoneessa voidaan säätää seulaston nopeutta. Käyttökelpoinen säätöalue on kuitenkin niin kapea, että vioittumista tutkittiin vain syöttömääriä vaihdellen. Täristävässä seulalajittelukoneessa voidaan säätää seulaston täristyksen suuntaa ja voimakkuutta. Eri konetyyppejä ei voi tämän osakokeen tulosten perusteella vertailla keskenään, koska Remetin lajitteluketjussa oli muista poiketen mukana pakkauselevaattori ja seulalajittelijassa käytettiin osittain erilaista perunaerää.

Täristävän seulalajittelukoneen säättöjen vaikutukset näkyvät taulukosta 40 ja kuvasta 49. Koneessa käytettiin kolmea syöttötehoa, joista keskimmäistä käytettiin tutkittaessa seulaston säättöjen vaikutusta. Aluksi seulaston täristyksen ja liikkeen säädölle haettiin perunaerälle ja syöttöteholle sopiva perusarvo, mistä ne säädettiin erikseen ääriarvoihinsa pitäen toinen säätö perusarvossa. Säädöillä ei ollut merkittävää vaikutusta iskemiin, mutta syöttötehon nostaminen lisäsi mustelmia pienissä perunoissa ja seulaston täristyksen lisääminen isoissa perunoissa. Perunan koko vaikutti merkittävästi iskemien ja mustelmien syntymiseen. Isot perunat vioittuivat pieniä enemmän.



**Kuva 49.** Säättöjen vaikutus täristävän seulalajittelijan aiheuttamiin vioituksiin (Skals SE 665). T = täristys ja L = etenemä.

**Picture 49.** The effect of screen adjustments on tuber damage in shock-type screen grader (Skals SE 665). T = shock (vertical movement) and L = horizontal movement.

**Taulukko 40.** Vioitusindeksit täristävän seulalajittelukoneen eri säädöillä. Merkitsevät erot säättöjen välillä on merkitty eri yläindekseillä.

**Table 40.** Damage indices after shock-type screen grader with different screen adjustments. Significant differences between adjustments are marked with different superscripts.

Säätö Adjustment T=Täristys T=Shock E=Etenemä E=Horizontal motion	Iskemäindeksi Crack index		Mustelmaindeksi Black spot index		Pintavikaindeksi Scuffing index		Ruhjeindeksi Bruising index		Halkeamaindeksi Split index	
	40 - 55 mm mukulat tubers	55 - 70 mm mukulat tubers	40 - 55 mm mukulat tubers	55 - 70 mm mukulat tubers	40 - 55 mm mukulat tubers	55 - 70 mm mukulat tubers	40 - 55 mm mukulat tubers	55 - 70 mm mukulat tubers	40 - 55 mm mukulat tubers	55 - 70 mm mukulat tubers
	2600 kg/h T 33 % E 60 %	0,76	4,18	2,20 <sup>a</sup>	7,14	0,10	0,10	0,29	0,00	0,00
3750 kg/h T 33 % E 60 %	1,31	3,10	1,41 <sup>a</sup>	1,76 <sup>a</sup>	0,10	0,35	0,84	1,36	0,00	0,00
3750 kg/h T 100 % E 60 %	0,20	1,55	3,38 <sup>a</sup>	9,69 <sup>b</sup>	0,00	0,00	0,50	0,54	0,00	0,00
3750 kg/h T 33 % E 100 %	1,01	3,23	2,26 <sup>a</sup>	4,07	0,00	0,24	0,05	0,60	0,00	0,69
7000 kg/h T 100 % E 87 %	0,86	2,77	7,19 <sup>b</sup>	7,26	0,05	0,18	0,00	0,41	0,48	0,00

**Taulukko 41.** Tärisevän seulalajittelukoneen eri säätöjen väliset varianssianalyysin riskitasot.**Table 41.** Risk levels obtained by analysis of variance of samples taken after shock-type screen grader with different screen adjustments.

	Iskemäindeksi Crack index		Mustelmaindeksi Black spot index		Pintavikaindeksi Scuffing index		Ruhjeindeksi Bruising index		Halkeamaindeksi Split index	
	Riskitaso Risk level	Merkitsevyys Significance	Riskitaso Risk level	Merkitsevyys Significance	Riskitaso Risk level	Merkitsevyys Significance	Riskitaso Risk level	Merkitsevyys Significance	Riskitaso Risk level	Merkitsevyys Significance
Säätö Adjustment	0,193		0,001	**	0,421		0,388		0,426	
Perunan koko Tuber size	0,000	***	0,002	**	0,093		0,469		0,769	
Säätö-Perunan koko Adjustment-Tuber size	0,616		0,055		0,681		0,916		0,208	

Seulalajittelukoneessa käytettiin neljää syöttötehoa, joista vain kaksi pienintä ja kaksi suurinta ovat keskenään vertailukelpoisia erilaisen perunaerän vuoksi. Taulukosta 42 nähdään, että ainoa tilastollisesti merkitsevä ero löytyi isojen perunoiden iskemissä alempia syöttötehoja käytettäessä, jolloin syötön lisäys lisäsi iskemiä. Perunan koko vaikutti iskemien syntyyn molempia säätöjä käytettäessä, samoin koon ja syöttötehon yhdysvaikutus alempia syöttötehoja käytettäessä.

**Taulukko 42.** Vioitusindeksit seulalajittelukoneen pienemmillä säädöillä. Merkitsevät erot säätöjen välillä on merkitty eri yläindekseillä.**Table 42.** Damage indices after handling with reciprocating screen grader with different adjustments. Significant differences between adjustments are marked with different superscripts.

Säätö Adjustment	Iskemäindeksi Crack index		Mustelmaindeksi Black spot index		Pintavikaindeksi Scuffing index		Ruhjeindeksi Bruising index		Halkeamaindeksi Split index	
	40 - 55 mm mukulat tubers	55 - 70 mm mukulat tubers	40 - 55 mm mukulat tubers	55 - 70 mm mukulat tubers	40 - 55 mm mukulat tubers	55 - 70 mm mukulat tubers	40 - 55 mm mukulat tubers	55 - 70 mm mukulat tubers	40 - 55 mm mukulat tubers	55 - 70 mm mukulat tubers
1400 kg/h	5,64	13,5 <sup>a</sup>	10,6	18,34	0,10	0,18	0,05	0,10	0,00	0,00
2600 kg/h	8,05	28,8 <sup>b</sup>	8,38	11,1	0,10	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00

**Taulukko 43.** Seulalajittelukoneen pienempien säätöjen väliset varianssianalyysin riskitasot.**Table 43.** Risk levels obtained by analysis of variance of samples taken after reciprocating screen grader with different adjustments.

	Iskemäindeksi <i>Crack index</i>		Mustelmaindeksi <i>Black spot index</i>		Pintavikaindeksi <i>Scuffing index</i>		Ruhjeindeksi <i>Bruising index</i>		Halkeamaindeksi <i>Split index</i>	
	Riskitaso <i>Risk level</i>	Merkitsevyys <i>Significance</i>	Riskitaso <i>Risk level</i>	Merkitsevyys <i>Significance</i>	Riskitaso <i>Risk level</i>	Merkitsevyys <i>Significance</i>	Riskitaso <i>Risk level</i>	Merkitsevyys <i>Significance</i>	Riskitaso <i>Risk level</i>	Merkitsevyys <i>Significance</i>
Säätö <i>Adjustment</i>	0,002	**	0,186		0,506		0,217		-	
Perunan koko <i>Tuber size</i>	0,000	***	0,148		0,167		0,667		-	
Säätö-Perunan koko <i>Adjustment-Tuber size</i>	0,012	*	0,470		0,477		0,667		-	

**Taulukko 44.** Vioitusindeksit seulalajittelukoneen isommilla säädöillä. Merkitsevät erot säätöjen välillä on merkitty eri yläindekseillä.**Table 44.** Damage indices after reciprocating screen grader with different adjustments. Significant differences between adjustments are marked with different superscripts.

Säätö <i>Adjustment</i>	Iskemäindeksi <i>Crack index</i>		Mustelmaindeksi <i>Black spot index</i>		Pintavikaindeksi <i>Scuffing index</i>		Ruhjeindeksi <i>Bruising index</i>		Halkeamaindeksi <i>Split index</i>	
	40 - 55 mm mukulat <i>tubers</i>	55 - 70 mm mukulat <i>tubers</i>	40 - 55 mm mukulat <i>tubers</i>	55 - 70 mm mukulat <i>tubers</i>	40 - 55 mm mukulat <i>tubers</i>	55 - 70 mm mukulat <i>tubers</i>	40 - 55 mm mukulat <i>tubers</i>	55 - 70 mm mukulat <i>tubers</i>	40 - 55 mm mukulat <i>tubers</i>	55 - 70 mm mukulat <i>tubers</i>
3750 kg/h	2,52	4,78	7,76	6,76	0,00	0,07	0,00	0,43	0,24	0,00
5000 kg/h	3,52	8,71	8,19	10,5	0,14	0,28	0,00	0,63	0,05	0,69

**Taulukko 45.** Seulalajittelukoneen isompien säätöjen väliset varianssianalyysin riskitasot.**Table 45.** Risk levels obtained by analysis of variance of samples taken after reciprocating screen grader with different adjustments.

	Iskemäindeksi <i>Crack index</i>		Mustelmaindeksi <i>Black spot index</i>		Pintavikaindeksi <i>Scuffing index</i>		Ruhjeindeksi <i>Bruising index</i>		Halkeamaindeksi <i>Split index</i>	
	Riskitaso <i>Risk level</i>	Merkitsevyys <i>Significance</i>	Riskitaso <i>Risk level</i>	Merkitsevyys <i>Significance</i>	Riskitaso <i>Risk level</i>	Merkitsevyys <i>Significance</i>	Riskitaso <i>Risk level</i>	Merkitsevyys <i>Significance</i>	Riskitaso <i>Risk level</i>	Merkitsevyys <i>Significance</i>
Säätö <i>Adjustment</i>	0,154		0,299		0,269		0,654		0,513	
Perunan koko <i>Tuber size</i>	0,045	*	0,736		0,513		0,038	*	0,594	
Säätö-Perunan koko <i>Adjustment-Tuber size</i>	0,377		0,403		0,813		0,654		0,263	



Rullalajittelukoneessa käytettiin kahta syöttömäärää, jotka olivat 2600 ja 4000 kg/h. Syöttömäärän muuttaminen ei vaikuttanut parittaisissa vertailuissa tilastollisesti merkitsevästi mihinkään vioitustyyppihin. Varianssianalyysin mukaan syöttötehon pienentäminen lisäsi pintavikoja merkitsevästi. Perunan koko vaikutti merkitsevästi kaikkiin vioitustyyppihin paitsi halkeamiin. Isot perunat vioittuivat pieniä enemmän.

**Taulukko 46.** Rullalajittelukoneen eri säätöjen väliset vioitusindeksit. Merkitsevät erot säätöjen välillä on merkitty eri yläindeksillä.

**Table 46.** *Damage indices after roller grader with different adjustments. Significant differences between adjustments are marked with different superscripts.*

Säätö <i>Adjustment</i>	Iskemäindeksi <i>Crack index</i>		Mustelmaindeksi <i>Black spot index</i>		Pintavikaindeksi <i>Scuffing index</i>		Ruhjeindeksi <i>Bruising index</i>		Halkeamaindeksi <i>Split index</i>	
	40 - 55 mm mukulat <i>tubers</i>	55 - 70 mm mukulat <i>tubers</i>	40 - 55 mm mukulat <i>tubers</i>	55 - 70 mm mukulat <i>tubers</i>	40 - 55 mm mukulat <i>tubers</i>	55 - 70 mm mukulat <i>tubers</i>	40 - 55 mm mukulat <i>tubers</i>	55 - 70 mm mukulat <i>tubers</i>	40 - 55 mm mukulat <i>tubers</i>	55 - 70 mm mukulat <i>tubers</i>
2600 kg/h	1,90	7,43	5,37	12,9	0,15	1,38	0,41	2,05	0,25	0,00
4000 kg/h	2,43	9,96	4,14	13,6	0,05	0,65	0,29	0,56	0,05	0,09

**Taulukko 47.** Rullalajittelukoneen eri säätöjen väliset varianssianalyysin riskitasot.

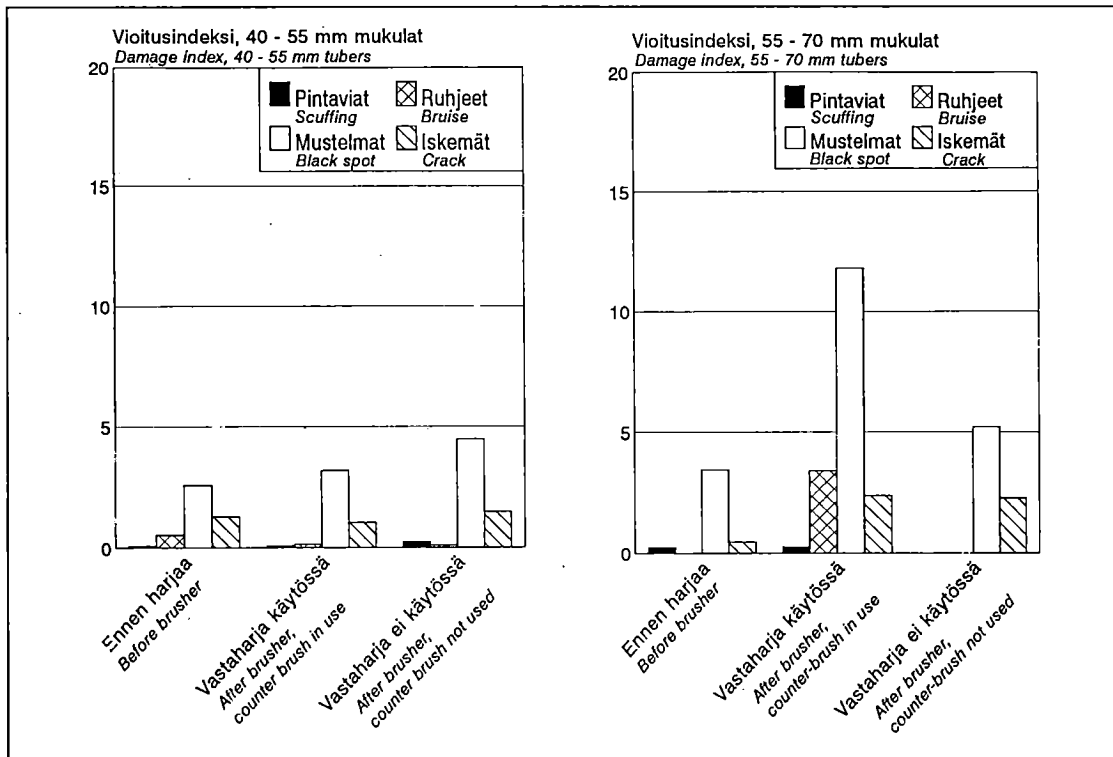
**Table 47.** *Risk levels obtained by analysis of variance of samples taken after roller grader with different adjustments.*

	Iskemäindeksi <i>Crack index</i>		Mustelmaindeksi <i>Black spot index</i>		Pintavikaindeksi <i>Scuffing index</i>		Ruhjeindeksi <i>Bruising index</i>		Halkeamaindeksi <i>Split index</i>	
	Riskita- so <i>Risk</i> level	Merkit- sevyys <i>Signifi-</i> cance	Riski- taso <i>Risk</i> level	Merkit- sevyys <i>Signifi-</i> cance	Riski- taso <i>Risk</i> level	Merkit- sevyys <i>Signifi-</i> cance	Riski- taso <i>Risk</i> level	Merkit- sevyys <i>Signifi-</i> cance	Riski- taso <i>Risk</i> level	Merkit- sevyys <i>Signifi-</i> cance
Säätö <i>Adjustment</i>	0,366		0,945		0,032	*	0,087		0,690	
Perunan koko <i>Tuber size</i>	0,003	**	0,046	*	0,000	***	0,048	*	0,465	
Säätö Koko <i>Adjustment Tuber</i> <i>size</i>	0,549		0,769		0,091		0,136		0,310	

#### 4.3.6.4. Harjakoneen vaikutus vioituksiin

Harjakoneen vaikutusta tutkittiin Remetin ja Skalsin harjakoneilla vertaamalla ennen ja jälkeen harjan otettuja näytteitä. Remetin harjakoneella tutkittiin myös vastaharjan asennon vaikutusta. Tulokset löytyvät taulukoista 48 ja 49. Remetin harjakoneen koetuloksia on myös kuvassa 50. Skalsin harjakone ei lisännyt mitään vioitustyyppiä merkitsevästi. Remetin harjauksen vaikutus isojen perunoiden iskemiin havaittiin olevan merkittävä yksisuuntaisessa varianssianalyysissä, mutta parittaisessa vertailussa eroja ei löytynyt. Mustelmiin vaikutus oli melkein merkitsevä. Vioitusten lisäänty-

minen saattoi johtua harjakoneen yhteydessä olevista pudotuksista eikä suoranaisesti harjakoneesta. Skalsin harjakoneen vaikutusta tutkittiin ainoastaan pieniin perunoihin ja kone asennettiin siten, että pudotuskorkeudet olivat erittäin pieniä.



**Kuva 50.** Harjakoneen vaikutus vioituksiin.  
**Picture 50.** Damage index before and after brusher.

**Taulukko 48.** Vioitusindeksit ennen ja jälkeen Skals-harjakonetta sekä varianssianalyysin riskitasot.  
**Table 48.** Damage indices before and after Skals-brusher and risk levels obtained by analysis of variance.

	Iskemäindeksi Crack index		Mustelmaindeksi Black spot index		Pintavikaindeksi Scuffing index		Ruhjeindeksi Bruising index		Halkeamaindeksi Split index	
	40 - 55 mm mukulat tubers	55 - 70 mm mukulat tubers	40 - 55 mm mukulat tubers	55 - 70 mm mukulat tubers	40 - 55 mm mukulat tubers	55 - 70 mm mukulat tubers	40 - 55 mm mukulat tubers	55 - 70 mm mukulat tubers	40 - 55 mm mukulat tubers	55 - 70 mm mukulat tubers
Ennen harjaa Before brusher	1,31	-	1,41	-	0,10	-	0,84	-	0,00	-
Harjan jälkeen After brusher	0,81	-	2,24	-	0,05	-	0,38	-	0,05	-
Riskitaso varianssianalyysissä ANOVA risk level	0,344	-	0,321	-	0,489	-	0,458	-	0,374	-

**Taulukko 49.** Vioitusindeksit ennen ja jälkeen Remet-harjakonetta vastaharjojen asennon vaihdellussa.

**Table 49.** *Damage indices before and after Remet brusher with different counter-brush adjustments.*

	Iskemäindeksi <i>Crack index</i>		Mustelmaindeksi <i>Black spot index</i>		Pintavikaindeksi <i>Scuffing index</i>		Ruhjeindeksi <i>Bruising index</i>		Halkeamaindeksi <i>Split index</i>	
	40 - 55 mm mukulat <i>tubers</i>	55 - 70 mm mukulat <i>tubers</i>	40 - 55 mm mukulat <i>tubers</i>	55 - 70 mm mukulat <i>tubers</i>	40 - 55 mm mukulat <i>tubers</i>	55 - 70 mm mukulat <i>tubers</i>	40 - 55 mm mukulat <i>tubers</i>	55 - 70 mm mukulat <i>tubers</i>	40 - 55 mm mukulat <i>tubers</i>	55 - 70 mm mukulat <i>tubers</i>
Ennen harjaa <i>Before brusher</i>	1,29	0,47	2,57	3,45	0,08	0,24	0,52	0,00	0,00	0,00
Vastaharja käytössä <i>After brusher, counter-brush in use</i>	1,05	2,39	3,19	11,8	0,08	0,26	0,14	3,41	0,00	0,00
Vastaharja ei käytössä <i>After brusher, counter-brush not used</i>	1,48	2,29	4,48	5,21	0,25	0,00	0,10	0,00	0,00	0,14

**Taulukko 50.** Remet-harjakoneen eri säätöjen varianssianalyysin riskitasot.

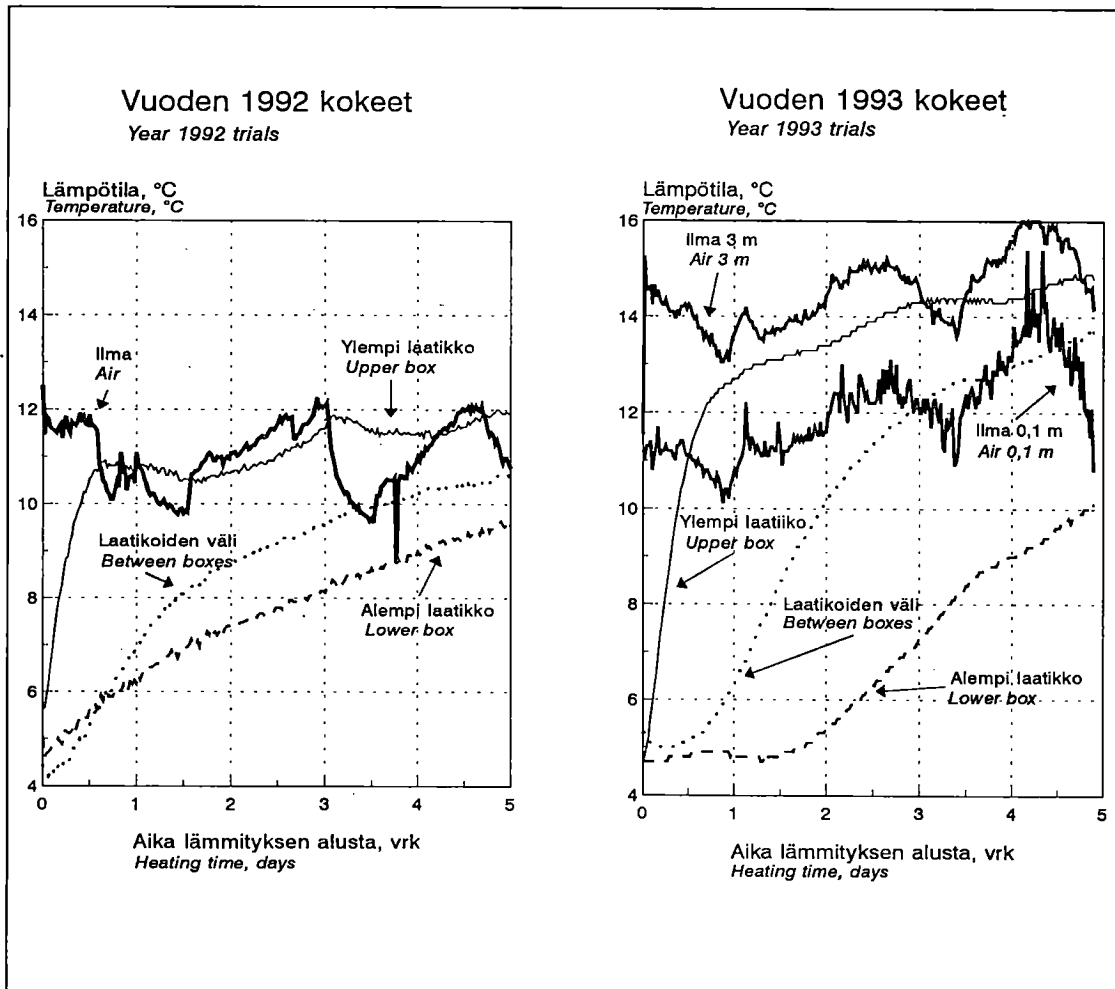
**Table 50.** *Risk levels obtained by analysis of variance of samples taken before and after brusher with different counter-brush adjustments.*

	Iskemäindeksi <i>Crack index</i>		Mustelmaindeksi <i>Black spot index</i>		Pintavikaindeksi <i>Scuffing index</i>		Ruhjeindeksi <i>Bruising index</i>		Halkeamaindeksi <i>Split index</i>	
	Riskitaso <i>Risk level</i>	Merkitsevyys <i>Significance</i>	Riskitaso <i>Risk level</i>	Merkitsevyys <i>Significance</i>	Riskitaso <i>Risk level</i>	Merkitsevyys <i>Significance</i>	Riskitaso <i>Risk level</i>	Merkitsevyys <i>Significance</i>	Riskitaso <i>Risk level</i>	Merkitsevyys <i>Significance</i>
Harjaus <i>Brushing</i>	0,170		0,079		0,895		0,448		0,397	
Perunan koko <i>Tuber size</i>	0,322		0,038	*	0,604		0,554		0,397	
Harjaus Koko <i>Brushing: Size</i>	0,149		0,079		0,187		0,337		0,397	

#### 4.3.7. Lämmityskokeet

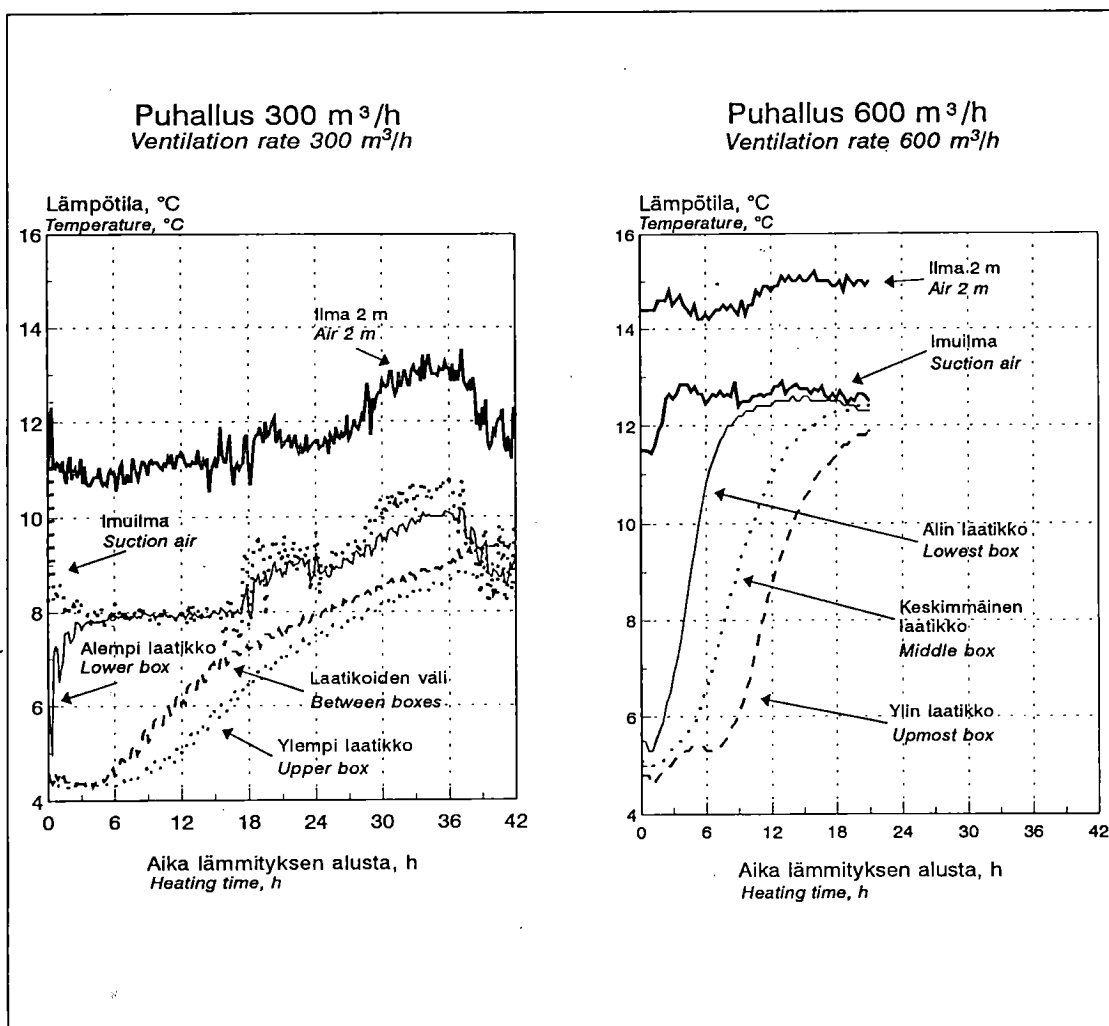
##### 4.3.7.1. Perunalaatikon lämpenemisnopeus

Perunalaatikon lämpenemisnopeutta 12 °C lämpöisessä lajittelutilassa tutkittiin ennen käsittelynkestävyyskokeita. Mittausten tulokset ovat kuvassa 51. Kuvasta nähdään perunalaatikoiden lämpenemisen alkavan pinnasta ja etenevän kohti laatikkopinon pohjaa, eli ilma kiertää laatikoissa ylhäältä alaspäin. Kokeessa laatikoita oli kolme päällekkäin, jolloin alimmaisat perunat saavuttivat 10 °C lämpötilan noin viidessä vuorokaudessa.



**Kuva 51.** Lämpötilan muutos pidettäessä perunalaatikoita lajittelutilassa 5 vrk.  
**Picture 51.** Tuber temperature change when pallet boxes were kept 5 days in grading room. See picture 44, left drawing.

Ilman koneellisen kierrätyksen vaikutusta perunalaatikon lämpenemiseen tutkittiin kahdella eri ilmamäärällä, jotka olivat 300 ja 600 m<sup>3</sup>/h. Pienempää ilmamäärää käytettiin, kun lämmitettävänä oli kaksi laatikkoa ja suurempi ilmamäärä imettiin kolmen laatikon läpi. Laatikollisen paino on noin 600 kg, joten ilmamäärät lämmitettävää perunatonnia kohti olivat 250 m<sup>3</sup>/ht ja 333 m<sup>3</sup>/ht. Ilman virtaussuunnaksi valittiin luontaisen kierron vastaisesti alhaalta ylöspäin, koska se oli helpompi järjestää käytännössä. Mittausten tulokset ovat kuvassa 52. Perunoiden lämpeneminen alkaa imuilman suunnasta eli pohjasta ja etenee laatikoiden pintaa kohti. Kuvassa oleva poistoilman lämpötila on mitattu poistoputkesta ennen puhallinta. Imu nopeutti kokeessa selvästi lämpötilan nousua ja ilmamäärän lisäys nopeutti edelleen lämpötilan nousua ylimmissä perunoissa.

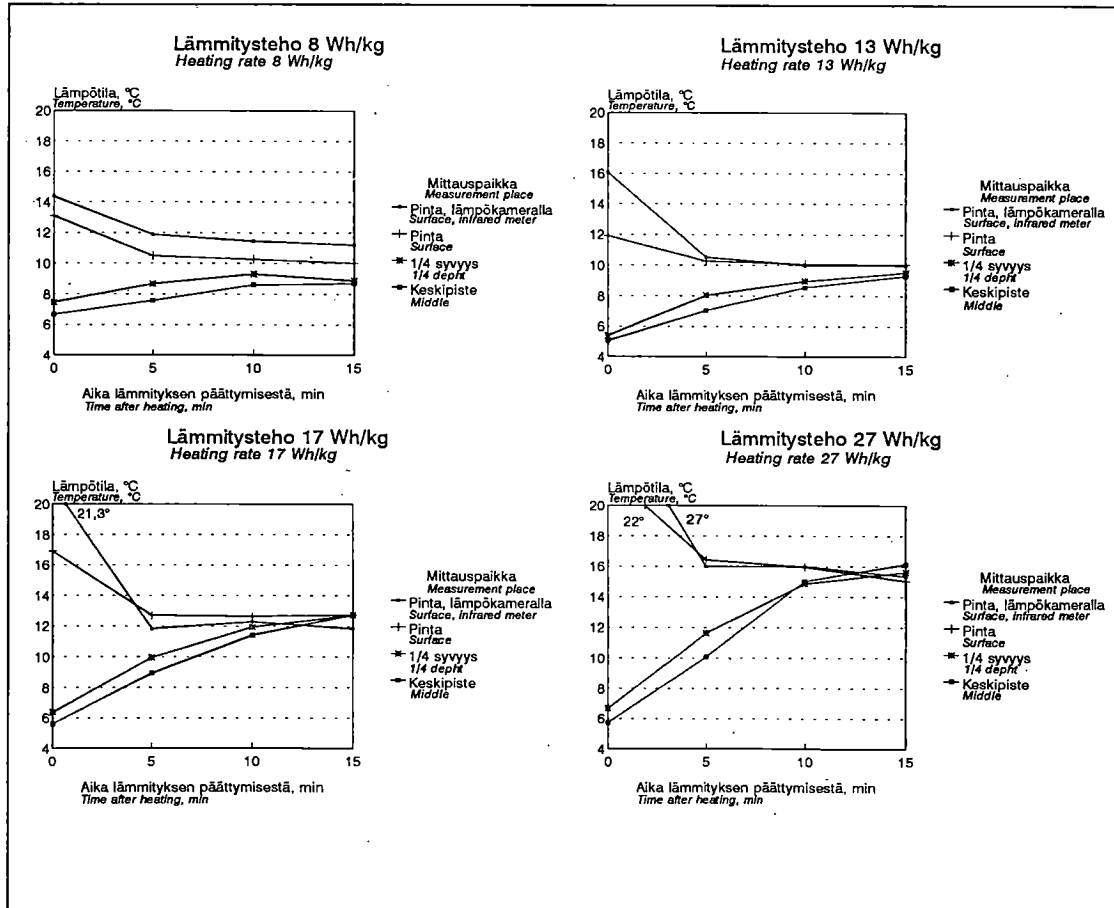


**Kuva 52.** Lämpötilan muutos perunalaatikoissa, kun pakkaamon ilmaa imetään laatikoiden läpi.  
**Picture 52.** Tuber temperature change when grading room air was sucked through stacked pallet boxes. See picture 44, the drawing in the middle.

Lisälämmityksen vaikutusta perunalaatikon lämpenemiseen tutkittiin imemällä ilma laatikoiden läpi, kun laatikoiden alla imuilmaa lämmittämässä oli 1 kW sähkölämmittin. Ilmamäärä oli 300 m<sup>3</sup>/h ja lämmitin oli sijoitettu tyhjiin perunalaatikkoon kahden lämmitettävän laatikon alle. Lämmittimen termostaatti säädettiin siten, että lämmitin toimi jatkuvasti. Lämpötila jakaantui erittäin epätasaisesti sekä leveys- että korkeussuunnassa. Lämmittimen oma puhallin oli melko suuntaava, minkä seurauksena imuilman lämpötila ei ollut tasainen koko laatikon pohjan alalla ja perunat lämpenivät laatikon keskeltä nopeammin kuin kulmista. Alemman laatikon pohjalla lämmittimen yläpuolella olevat perunat lämpenivät muutamassa minuutissa pysyvästi yli 30 °C lämpötilaan, mutta siitä huolimatta ylemmän laatikon pinnalla reunoilla olevat perunat lämpenivät yli 10 °C lämpötilaan vasta 20 tunnin kuluttua lämmityksen aloituksesta. Lisälämmitys ei nopeuttanut viimeisten perunoiden lämpenemistä merkittävästi, mutta alimmat perunat olivat lämmityksen jälkeen silminnähden nahistuneet pilalle.

#### 4.3.7.2. Lämpötilan tasaantuminen pikalämmityksen jälkeen

Pikalämmityksen lämmitystehoa ja lämpötilan tasaantumista mitattiin esikokeessa ennen käsittelynkestävyyskoetta. Mittaustulokset ovat kuvassa 53. Kuvassa oleva pienin lämmitysteho 8 Wh/kg ei ollut mukana käsittelynkestävyyskoikkeessa liian alhaisen loppulämpötilan vuoksi. Kaikki mittaukset tehtiin viitenä kerranteena käyttäen joka kerranteessa eri mukulaa. Mukulakooksi valittiin silmämääräisesti 50 - 70 mm. Mittausten välisen tasaantumisaajan perunat olivat väljästi idätyslaatikon pohjalla. Lajittelutilan lämpötila mittausten aikana oli noin 12 °C.



**Kuva 53.** Perunan lämpötilan tasaantuminen pikalämmityksen jälkeen.  
**Picture 53.** Stabilizing of tuber temperature after infrared heating.

#### 4.3.7.3. Painohäviöt käytettäessä eri lämmitysmenetelmiä

Eri lämmitysmenetelmien aiheuttamat painohäviöt mitattiin punnitsemalla näytteet ennen ja jälkeen lämmityksen. Tulokset ovat taulukossa 51. Lämmitys imuilmalla ja 5 vrk:n lämmitys tehtiin varastolaatikossa, jolloin perunalle ei tehty mitään ylimääräistä käsittelyä eikä perunoista varissut multaa lämmityksen aikana. Varastolaatikon paino on mukana tuloksissa, koska myös laatikon laudoissa tapahtuu kuivumista. Varastolaatikon paino on noin 70 kg.

Pikalämmityksessä perunat kaadettiin syöttösuppiloon ja pikalämmityspöydän jälkeen kuljetin toi ne uudestaan varastolaatikkoon. Käsittelyn aikana perunoista

varisi multaa, joten painohäviö pikalämmityksessä mitattiin myös lämmittimet poiskytkettyinä. Tuloksista nähdään, että pikalämmitys ei aiheuta merkittävää painohäviötä.

**Taulukko 51.** Eri lämmitysmenetelmien aiheuttamat painohäviöt.  
*Table 51. Weight loss with different heating methods.*

	Alkupaino, kg <i>Weight before heating, kg</i>	Loppupaino, kg <i>Weight after heating, kg</i>	Painohäviö, % <i>Weight loss, %</i>
Lämmitys 5 vrk ilman puhallinta <i>Heating 5 days in pallet box without ventilation</i>	569,0	564,2	0,84
Lämmitys 16 h, ilman imu 600 m <sup>3</sup> /h <i>Heating 16 hours in pallet box with 600 m<sup>3</sup>/h air flow</i>	669,5	666,5	0,45
Pikalämmitys, 17 Wh/kg <i>Infrared heating, 17 Wh/kg</i>	47,00	46,88	0,25
Pikalämmitysketju ilman lämmitystä <i>Infrared heating line with heaters switched off (weight loss means soil extracting)</i>	44,35	44,26	0,20

#### 4.3.7.4. Käsittelynkestävyyskokeet

Vuoden 1992 kokeessa käytettiin kolmea eritehoista pikalämmitystä, 5 vrk lämmitystä ja vertailukäsittelynä lämmittämättömä perunaa. Käsittelynkestävyyden määrittämisessä kaikki näytteet ajettiin rullalajittelukoneen ja pakkauselevaattorin läpi. Vuoden 1993 kokeissa käytettiin lämmittämättömän vertailukäsittelyn lisäksi kahta pikalämmitystä, 5 vrk lämmitystä ja 16 h lämmitystä imuilmalla. Käsittelynkestävyyden määrittämiseen käytettiin sekä rulla- että seuralajittelukoneita.

Pikalämmitysketjun aiheuttamia vioituksia tutkittiin ottamalla näyte lämmitetyistä perunoista varastolaatikosta ennen perunoiden kaatamista uudelleen syöttösuppilon. Pikalämmitysketju oli lyhyt ja se pehmustettiin mahdollisimman hyvin. Laatikon kippaukset tehtiin myös varovaisesti. Tulokset pikalämmitysketjun voittavuudesta ovat taulukoissa 52 ja 53. Pikalämmitysketju lisäsi iskemiä ja mustelmia tilastollisesti merkitsevästi alkunäytteisiin verrattuna. Muutos oli kuitenkin hyvin pieni verrattuna vioitusten määrään lajitteluketjun jälkeen. Ruhjeita ja halkeamia ei näytteissä ollut lainkaan.

**Taulukko 52.** Vioitusindeksit ennen pikalämmitysketjua ja ketjun jälkeen.  
**Table 52.** Damage indices before and after infrared heating line.

	Iskemäindeksi Crack index		Mustelmaindeksi Black spot index		Pintavikaindeksi Scuffing index		Ruhjeindeksi Bruising index		Halkeamaindeksi Split index	
	40 - 55 mm mukulat tubers	55 - 70 mm mukulat tubers	40 - 55 mm mukulat tubers	55 - 70 mm mukulat tubers	40 - 55 mm mukulat tubers	55 - 70 mm mukulat tubers	40 - 55 mm mukulat tubers	55 - 70 mm mukulat tubers	40 - 55 mm mukulat tubers	55 - 70 mm mukulat tubers
Alkunäyte Before heating	0,10	0,18	1,31	1,32	0,23	0,24	0,00	0,00	0,00	0,00
Lämmityksen jälkeen After heating	0,37	0,74	1,66	1,90	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

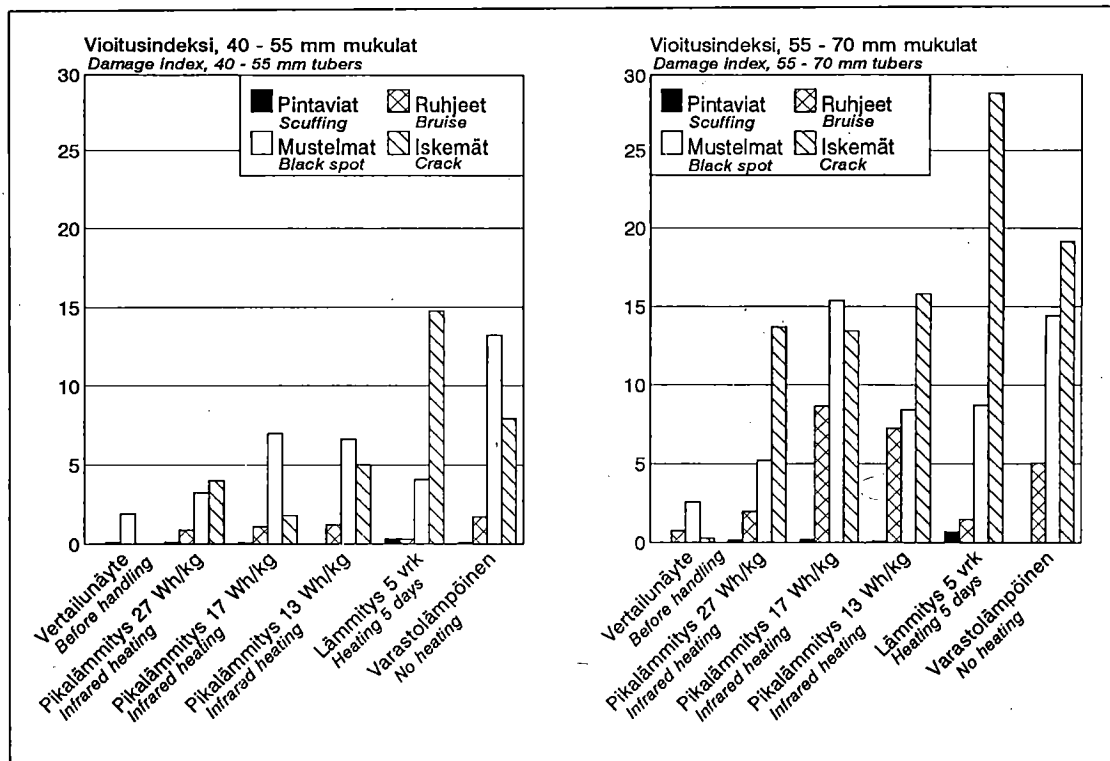
**Taulukko 53.** Pikalämmitysketjun aiheuttamien vioitusten varianssianalyysin riskitasot.  
**Table 53.** Risk levels obtained by analysis of variance of samples taken before and after infrared heating line.

	Iskemäindeksi Crack index		Mustelmaindeksi Black spot index		Pintavikaindeksi Scuffing index		Ruhjeindeksi Bruising index		Halkeamaindeksi Split index	
	Riskita- so Risk level	Merkit- sevyys Signifi- cance	Riski- taso Risk level	Merkit- sevyys Signifi- cance	Riski- taso Risk level	Merkit- sevyys Signifi- cance	Riski- taso Risk level	Merkit- sevyys Signifi- cance	Riski- taso Risk level	Merkit- sevyys Signifi- cance
Lämmitys Heating	0,000	***	0,022	*	0,147		-		-	
Perunan koko Tuber size	0,019	*	0,509		0,501		-		-	
Lämmitys-Perunan koko Heating:Tuber size	0,119		0,570		0,453		-		-	

Tulokset vuoden 1992 kokeista ovat kuvassa 54. Taulukossa 54 on vioitusindeksien lukuarvot ja parittaisten vertailujen tulokset ja taulukossa 55 on kaksisuuntaisten varianssianalyysien riskitasot.

Keskimmäinen pikalämmitys vähensi merkittävästi pienten perunoiden iskemiä kylmänä lajiteltuun perunaan verrattuna. 5 vrk:n lämmitys lisäsi pienten perunoiden iskemiä. 5 vrk:n lämmitys lisäsi iskemiä molemmissa kokoluokissa pikalämmitettyihin perunoihin verrattuna. Tehokkain pikalämmitys vähensi mustelmia molemmissa kokoluokissa. 5 vrk:n lämmitys vähensi myös pienten perunoiden mustelmia. Pintavikaindeksin erot ovat hyvin pieniä, vaikka tilastollinen testi osoittaa eroja olevan. Tehokkain pikalämmitys ja 5 vrk:n lämmitys vähensivät isojen perunoden ruhjeita verrattuna muihin pikalämmityksiin, mutta lämmittämättömään perunaan verrattuna merkitsevää eroa ei ollut. Lämmitysmenetelmä vaikutti erittäin merkitsevästi kaikkiin vioitustyyppisiin halkeamia lukuunottamatta ja perunan kokoluokka vaikutti muihin paitsi halkeamiin ja pintavikoihin. Ruhjeisiin lämmitysmenetelmän ja kokoluokan yhdysvaikutus oli merkitsevä.





**Kuva 54.** Lämmityksen vaikutus vioituksiin vuoden 1992 kokeissa.  
**Picture 54.** The effect of heating on tuber damage in 1992, roller grader.

**Taulukko 54.** Vioitusindeksit eri lämmitysmenetelmiä käytettäessä vuoden 1992 kokeissa. Merkitsevät erot lämmitysmenetelmien välillä on merkitty eri yläindekseillä.

**Table 54.** Damage indices after grading when different heating methods were applied before grading, 1992 studies. Significant differences between methods are marked with different superscripts.

Lämmitysmenetelmä Heating method	Iskemäindeksi Crack index		Mustelmaaindeksi Black spot index		Pintavikaind. Scuffing index		Ruhjeindeksi Bruising index		Halkeamaaindeksi Split index	
	40 - 55 mm mukulat tubers	55 - 70 mm mukulat tubers	40 - 55 mm mukulat tubers	55 - 70 mm mukulat tubers	40 - 55 mm mukulat tubers	55 - 70 mm mukulat tubers	40 - 55 mm mukulat tubers	55 - 70 mm mukulat tubers	40 - 55 mm mukulat tubers	55 - 70 mm mukulat tubers
Ei lämmitystä No heating	7,93 <sup>b</sup>	19,1	13,2 <sup>b</sup>	14,4 <sup>b</sup>	0,09	0,00 <sup>a</sup>	0,73	5,04	0,15 <sup>a</sup>	1,55
Lämmitys 5 vrk Heating 5 days	14,8 <sup>c</sup>	28,8 <sup>b</sup>	4,09 <sup>a</sup>	8,72	0,33 <sup>b</sup>	0,69 <sup>b</sup>	0,31	1,49 <sup>a</sup>	0,09 <sup>a</sup>	0,14
Pikalämmitys 13 Wh/kg Infrared heating 13 Wh/kg	5,01 <sup>ab</sup>	15,8	6,63	8,41	0,00 <sup>a</sup>	0,09 <sup>b</sup>	1,21	7,24 <sup>bc</sup>	0,15 <sup>a</sup>	0,65
Pikalämmitys 17 Wh/kg Infrared heating 17 Wh/kg	1,81 <sup>a</sup>	13,4 <sup>a</sup>	6,98	15,4 <sup>b</sup>	0,09	0,20 <sup>b</sup>	1,10	8,64 <sup>c</sup>	0,57	0,48
Pikalämmitys 27 Wh/kg Infrared heating 27 Wh/kg	4,00 <sup>ab</sup>	13,7 <sup>a</sup>	3,26 <sup>a</sup>	5,22 <sup>a</sup>	0,12	0,17 <sup>b</sup>	0,90	1,97 <sup>ab</sup>	1,49 <sup>b</sup>	0,97

**Taulukko 55.** Lämmitysmenetelmän ja perunan koon 2-suuntaisen varianssianalyysin riskitasot vuoden 1992 kokeissa.

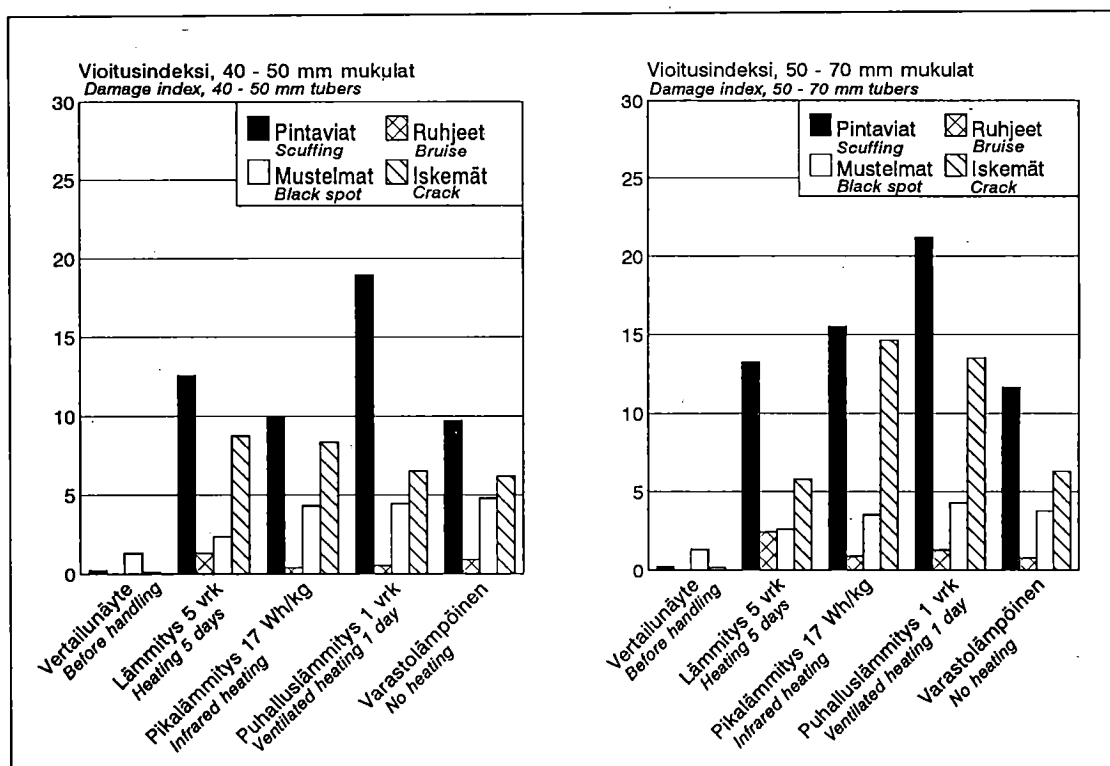
**Table 55.** Risk levels obtained by analysis of variance of samples taken after different heating methods in 1992 studies.

	Iskemäindeksi <i>Shatter crack index</i>		Mustelmaindeksi <i>Black spot index</i>		Pintavikaind. <i>Scuffing index</i>		Ruhjeindeksi <i>Bruising index</i>		Halkeamaindeksi <i>Split index</i>	
	Riski- taso <i>Risk level</i>	Merkit- sevyys <i>Signifi- cance</i>	Riski- taso <i>Risk level</i>	Merkit- sevyys <i>Signifi- cance</i>	Riski- taso <i>Risk level</i>	Merkit- sevyys <i>Signifi- cance</i>	Riski- taso <i>Risk level</i>	Merkit- sevyys <i>Signifi- cance</i>	Riski- taso <i>Risk level</i>	Merkit- sevyys <i>Signifi- cance</i>
Lämmitysmenetelmä <i>Heating method</i>	0,000	***	0,000	***	0,000	***	0,000	***	0,026	*
Perunan koko <i>Tuber size</i>	0,000	***	0,004	**	0,075		0,000	***	0,224	
Lämmitys Perunan koko <i>Heating_Tuber size</i>	0,922		0,289		0,201		0,003	**	0,079	

Eri vuosina tehdyissä kokeissa voitukset poikkesivat huomattavasti toisistaan. Pintavikojen osuus vuoden 1992 kaikissa näytteissä oli merkityksettömän pieni ja mustelmia esiintyi käsittelyjen jälkeen varsin runsaasti. Vuonna 1993 pintavikoja esiintyi paljon, mutta mustelmien osuus oli suhteellisen pieni. Käytetty perunalajike vaihdettiin vuonna 1993 Sabinasta Herthaan, ja luonnollisesti myös kasvukausi oli erilainen. Eri voitustyyppien luokittelu oli sama molempien vuosien kokeissa.

Rullalajittelukoneen aiheuttamien voitusten indeksit vuoden 1993 kokeissa ovat kuvassa 55 ja taulukossa 56. Pikalämmitys ja imulämmitys lisäsivät isojen perunoiden iskemiä verrattuna lämmittämättömiin ja 5 vrk lämmitettyihin perunoihin. 5 vrk lämmitetyissä perunoissa oli vähiten mustelmia molemmissa kokoluokissa siten, että pienten perunoiden mustelmien määrä erosi merkitsevästi verrattuna muunlaisen lämpökäsittelyn saaneisiin pieniin perunoihin ja isojen perunoiden mustelmien määrä erosi merkitsevästi imulämmitykseen verrattuna. Imulämmitys lisäsi pintavikoja molemmissa kokoluokissa. 5 vrk:n lämmitys lisäsi isojen perunoiden ruhjeita hiukan. Halkeamiin lämmitystavalla ei ollut vaikutusta.

Kuvassa 56 ja taulukossa 57 ovat tulokset seuralajittelukoneella tehdyistä käsittelynkestävyyskokeista. Seuralajittelukoneessa kaikki lämmitysmenetelmät lisäsivät iskemiä molemmissa kokoluokissa. Eniten iskemiä lisäsi imulämmitys. Verrattaessa keskenään erilaisilla lämmitystavoilla lämmitettyä ja lämmittämätöntä perunaa ei merkitseviä eroja mustelmien määrässä löytynyt, mutta 5 vrk:n lämmitys vähensi isojen perunoiden mustelmia imulämmitykseen verrattuna. 5 vrk:n lämmitys lisäsi isojen perunoiden pintavikoja. Ruhjeisiin ja halkeamiin lämmitystavalla ei ollut vaikutusta.



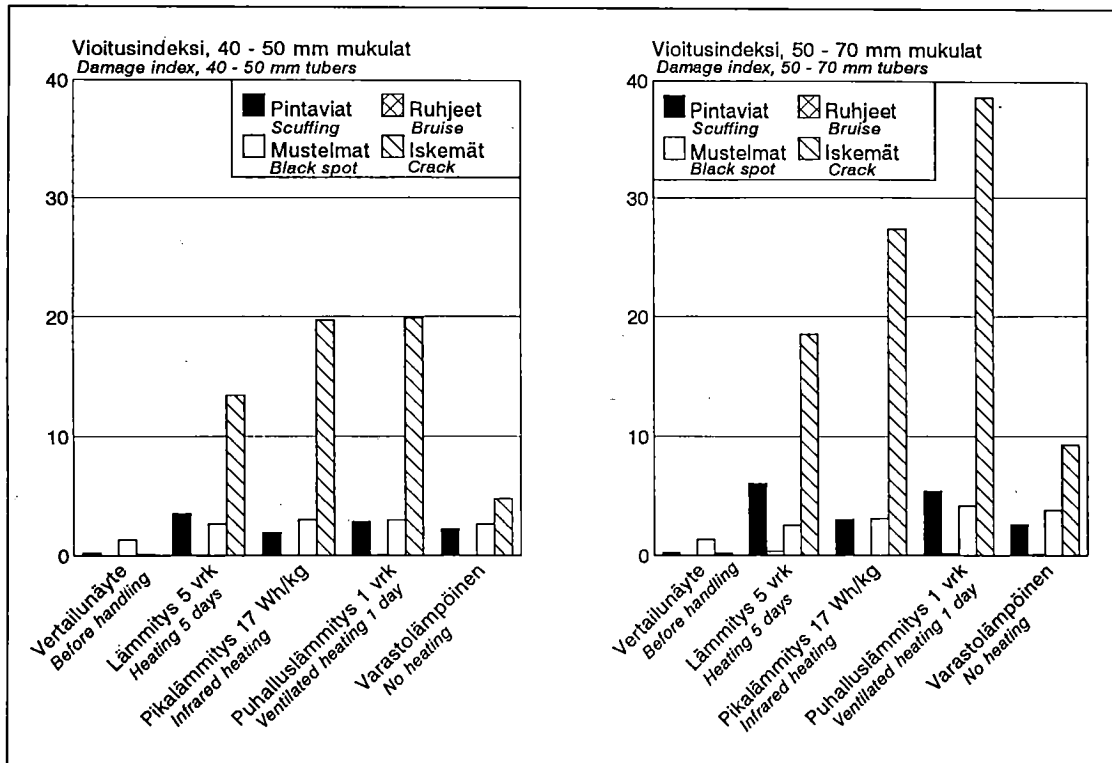
**Kuva 55.** Lämmityksen vaikutus perunan vioittumiseen vuoden 1993 kokeissa käytettäessä rullalajittelukonetta.

**Picture 55.** The effect of heating on tuber damage in 1993, roller grader.

**Taulukko 56.** Eri lämmitysmenetelmien vioitusindeksit vuoden 1993 kokeissa rullalajittelukonetta käytettäessä. Merkitsevät erot lämmitysmenetelmien välillä on merkitty eri yläindekseillä.

**Table 56.** Damage indices after grading when different heating methods were applied before grading, 1993 studies with roller grader. Significant differences between methods marked with different superscripts.

Lämmitysmenetelmä Heating method	Iskemäindeksi Crack index		Mustelmaindeksi Black spot index		Pintavika indeksi Scuffing index		Ruhjeindeksi Bruising index		Halkeama indeksi Split index	
	40 - 50 mm mukulat tubers	50 - 70 mm mukulat tubers	40 - 50 mm mukulat tubers	50 - 70 mm mukulat tubers	40 - 50 mm mukulat tubers	50 - 70 mm mukulat tubers	40 - 50 mm mukulat tubers	50 - 70 mm mukulat tubers	40 - 50 mm mukulat tubers	50 - 70 mm mukulat tubers
Lämmitys 5 vrk Heating 5 days	8,74	5,78 <sup>a</sup>	2,36 <sup>a</sup>	2,59 <sup>a</sup>	12,6 <sup>a</sup>	13,2 <sup>a</sup>	1,33	2,43 <sup>b</sup>	0,00	0,00
Pikalämmitys 17 Wh/kg Infrared heating 17 Wh/kg	8,36	14,6 <sup>b</sup>	4,31 <sup>b</sup>	3,52	10,0 <sup>a</sup>	15,5	0,41	0,88 <sup>a</sup>	0,00	0,07
Imulämmitys 20 h Heating 20 hours in pallet box with ventilation	6,51	13,5 <sup>b</sup>	4,46 <sup>b</sup>	4,26 <sup>b</sup>	18,9 <sup>b</sup>	21,2 <sup>b</sup>	0,54	1,29	0,00	0,00
Ei lämmitystä No heating	6,18	6,30 <sup>a</sup>	4,77 <sup>b</sup>	3,76	9,73 <sup>a</sup>	11,6 <sup>a</sup>	0,92	0,76 <sup>a</sup>	0,07	0,06



**Kuva 56.** Lämmityksen vaikutus perunan vioittumiseen vuoden 1993 kokeissa käytettäessä seulalajittelukonetta.

**Picture 56.** The effect of heating on tuber damage in 1993 tests, reciprocating screen grader.

**Taulukko 57.** Eri lämmitysmenetelmien vioitusindeksit vuoden 1993 kokeissa käytettäessä seulalajittelukonetta. Merkitsevät erot vioituksissa eri lämmitysmenetelmien välillä on merkitty eri yläindekseillä.

**Table 57.** Damage index after grading when different heating methods were applied, 1993 studies with reciprocating screen grader. Significant differences between methods are marked with different superscripts.

Lämmitysmenetelmä Heating method	Iskemäindeksi Crack index		Mustelmaindeksi Black spot index		Pintavikaind. Scuffing index		Ruhjeindeksi Bruising index		Halkeamaindeksi Split index	
	40 - 50 mm mukulat tubers	50 - 70 mm mukulat tubers	40 - 50 mm mukulat tubers	50 - 70 mm mukulat tubers	40 - 50 mm mukulat tubers	50 - 70 mm mukulat tubers	40 - 50 mm mukulat tubers	50 - 70 mm mukulat tubers	40 - 50 mm mukulat tubers	50 - 70 mm mukulat tubers
Lämmitys 5 vrk Heating 5 days	13,4 <sup>b</sup>	18,5 <sup>ab</sup>	2,66	2,53 <sup>a</sup>	3,51	6,06 <sup>b</sup>	0,06	0,35	0,00 <sup>a</sup>	0,06
Pikalämmitys 17 Wh/kg Infrared heating 17 Wh/kg	19,7 <sup>c</sup>	27,3 <sup>b</sup>	2,99	3,09	1,92	3,02 <sup>a</sup>	0,03	0,00	0,06	0,18
Imulämmitys 20 h Heating 20 hours in pallet box with ventila- tion	19,9 <sup>c</sup>	38,6 <sup>c</sup>	2,97	4,13 <sup>b</sup>	2,82	5,40	0,03	0,12	0,12 <sup>b</sup>	0,03
Ei lämmitystä No heating	4,77 <sup>a</sup>	9,28 <sup>a</sup>	2,65	3,74	2,23	2,61 <sup>a</sup>	0,00	0,10	0,03	0,00

Taulukossa 58 on kolmisuuntaisten varianssianalyysien riskitasot vuoden 1993 kokeista. Varianssianalyysin luokittelijoina ovat lämmitysmenetelmä, perunan kokoluokka ja käsittelynkestävyyden määrittämisessä käytetty lajittelukone. Käytetty lämmitysmenetelmä ja lajittelukone vaikuttivat erittäin merkitsevästi muihin vioitus-tyyppeihin paitsi halkeamiin. Perunan kokoluokka vaikutti iskemiin, mustelmiin ja ruhjeisiin. Eri tekijöiden välillä oli myös joitakin merkitseviä yhdysvaikutuksia.

**Taulukko 58.** Lämmitysmenetelmän, koon ja lajitteluketjun riskitasot 3-suuntaisessa varianssianalyysissä vuoden 1993 kokeissa.

**Table 58.** Risk levels obtained by three-way analysis of variance of samples taken from potatoes heated with different methods. Factors are heating method, tuber size and grader type, 1993 studies.

	Iskemäindeksi <i>Crack index</i>		Mustelmaindeksi <i>Black spot index</i>		Pintavikaindeksi <i>Scuffing index</i>		Ruhjeindeksi <i>Bruising index</i>		Halkeamaindeksi <i>Split index</i>	
	Riski- taso <i>Risk level</i>	Merkit- sevyys <i>Signifi- cance</i>	Riski- taso <i>Risk level</i>	Merkit- sevyys <i>Signifi- cance</i>	Riski- taso <i>Risk level</i>	Merkit- sevyys <i>Signifi- cance</i>	Riski- taso <i>Risk level</i>	Merkit- sevyys <i>Signifi- cance</i>	Riski- taso <i>Risk level</i>	Merkit- sevyys <i>Signifi- cance</i>
Lämmitysmenetelmä <i>Heating method</i>	0,000	***	0,000	***	0,000	***	0,000	***	0,314	
Perunan koko <i>Tuber size</i>	0,000	***	0,767		0,000	***	0,009	**	0,501	
Lajittelukone <i>Type of grader</i>	0,000	***	0,001	**	0,000	***	0,000	***	0,148	
Lämmitys Perunan koko <i>Heating Tuber size</i>	0,000	***	0,460		0,537		0,190		0,164	
Lämmitys Kone <i>Heating Grader</i>	0,000	***	0,103		0,000	***	0,014	*	0,188	
Perunan koko Kone <i>Tuber size Grader</i>	0,000	***	0,008	**	0,399		0,082		0,998	
Lämmitys Perunan koko Kone <i>Heating Tuber size Gra- der</i>	0,075		0,118		0,229		0,414		0,657	

#### 4.3.8. Varastointikokeet

##### 4.3.8.1. Varastointiolot

Varastoitavien perunasäkkien vieressä oli koko varastoinnin ajan Lambrecht-termohydrografi rekisteröimässä varastointiolosuhteita. Huonetilan lämpötila oli varastointikokeen ajan tasainen 20 °C. Kosteudessa esiintyi aluksi vuorokausivaihtelua, mutta kosteuden vaihtelu tasoittui, kun näytteet ja piirturi viikon varastoinnin jälkeen siirrettiin huoneen lattialta 1 m korkeuteen. Samalla piirturin osoittama lämpötila nousi 2 °C. Piirturien lämpötila- ja kosteuskäyrät varastoinnin ajalta ovat liitteessä 3.

#### 4.3.8.2. Varastointikokeiden tulokset

Varastointikokeiden voitusedekset ja varianssianalyysien sekä parittaisten vertailujen tulokset on koottu taulukkoon 59. Tuloksista nhdään, että kokeessa ei käsittelyllä eikä varastointilämpötilalla ollut vaikutusta bakteri- ja sienitautien esiintymiseen. Tautisten perunoiden osuus oli kaikissa näytteissä hyvin pieni.

**Taulukko 59.** Varastointikokeiden tulokset. Merkitsevät erot käsittelyjen välillä on merkitty eri yläindekseillä.

**Table 59.** *Damage indexes when storage temperature and handling before storage varies. Significant differences between handling methods marked with different superscripts.*

Säilytyslämpötila <i>Storage temperature</i>	Painohäviö % <i>Weight loss, %</i>			Nahistumisindeksi <i>Tuber softening index</i>			Itämisindeksi <i>Sprouting index</i>			Sienitauti-indeksi <i>Fungus disease index</i>			Bakteeritauti-indeksi <i>Bacteria disease index</i>		
	4 °C	10 °C	20 °C	4 °C	10 °C	20 °C	4 °C	10 °C	20 °C	4 °C	10 °C	20 °C	4 °C	10 °C	20 °C
Käsittely <i>Handling</i>															
Käsinsuolottu <i>Sorting by handscreen</i>	0,51 <sup>a</sup>	1,43 <sup>a</sup>	2,33 <sup>a</sup>	0,00	0,00	0,13 <sup>a</sup>	0,00	45,4	88,4	0,39	0,20	0,64	0,57	0,23	0,59
Pikalämmitys 17 Wh/kg + lajittelu <i>Infrared heating 27 Wh/kg and grading</i>	0,73 <sup>b</sup>	2,11 <sup>b</sup>	2,88 <sup>bc</sup>	0,11	0,37	0,92	0,00	44,0	92,6	0,57	1,02	0,19	1,00	0,30	0,53
Pikalämmitys 13 Wh/kg + lajittelu <i>Infrared heating 17 Wh/kg and grading</i>	0,64	2,10 <sup>b</sup>	3,07 <sup>bc</sup>	0,20	0,35	1,18	0,00	60,5	88,2	0,73	0,40	0,10	0,84	1,04	0,84
Lajittelu <i>Grading</i>	0,71	1,93	2,85 <sup>bc</sup>	0,19	0,24	0,80	0,00	42,5	91,4	0,64	1,20	0,37	0,31	0,42	0,10
Lämmitys 5 vrk + lajittelu <i>Heating 5 days and grading</i>	0,81 <sup>b</sup>	2,07 <sup>b</sup>	3,11 <sup>c</sup>	0,29	1,36	2,30	0,00	52,9	89,0	0,06	0,30	0,09	0,10	0,43	0,05
Lajittelu + harjaus <i>Grading + brushing</i>	0,71	1,90	2,80 <sup>b</sup>	0,14	0,53	0,79	0,00	40,8	90,3	0,45	0,40	0,10	0,27	0,35	0,48
Lämmitys 5 vrk + lajittelu + harjaus <i>Heating 5 days, grading and brushing</i>	0,83 <sup>b</sup>	1,98 <sup>b</sup>	3,07 <sup>bc</sup>	0,29	0,97	3,76 <sup>b</sup>	0,00	45,5	87,6	0,05	0,11	0,29	0,24	0,05	0,29

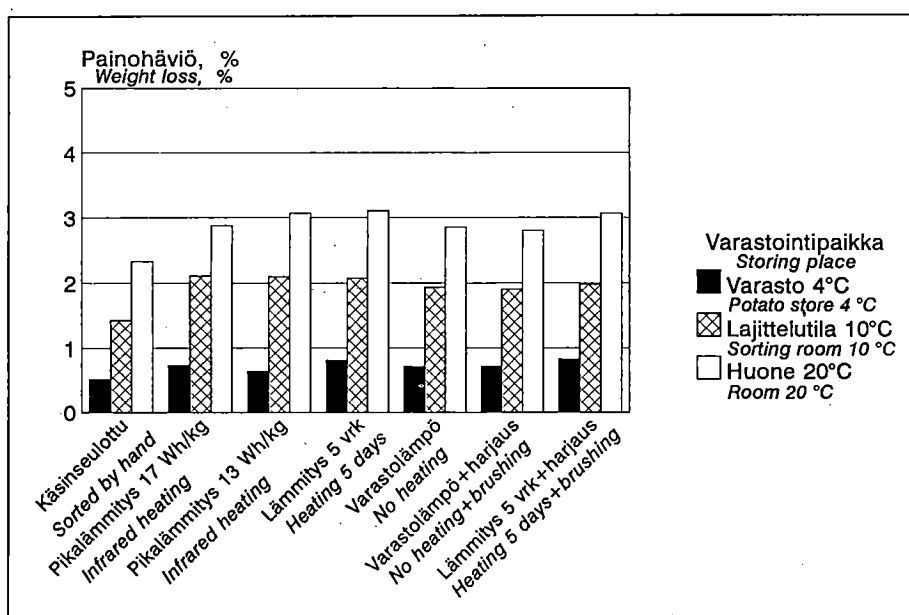
**Taulukko 60.** Käsittelyn ja säilytyslämpötilan riskitasot varastointikokeissa.

**Table 60.** Risk levels obtained by analysis of variance of samples stored in different temperatures and handled with different methods.

	Painohäviö Weight loss		Nahistumisindeksi Tuber softening index		Itämisindeksi Sprouting index		Sienitauti-indeksi Fungus disease index		Bakteeritauti-indeksi Bacteria disease index	
	Riski- taso Risk level	Merkit- sevyys Signifi- cance	Riski- taso Risk level	Merkit- sevyys Signifi- cance	Riski- taso Risk level	Merkit- sevyys Signifi- cance	Riski- taso Risk level	Merkit- sevyys Signifi- cance	Riski- taso Risk level	Merkit- sevyys Signifi- cance
Käsittely Handling	0,000	***	0,000	***	0,431		0,065		0,104	
Säilytyslämpötila Storage tempera- ture	0,000	***	0,000	***	0,000	***	0,161		0,901	
Käsittely Säilytyslämpötila Handling: Storage temperature	0,008	*	0,015	*	0,150		0,355		0,944	

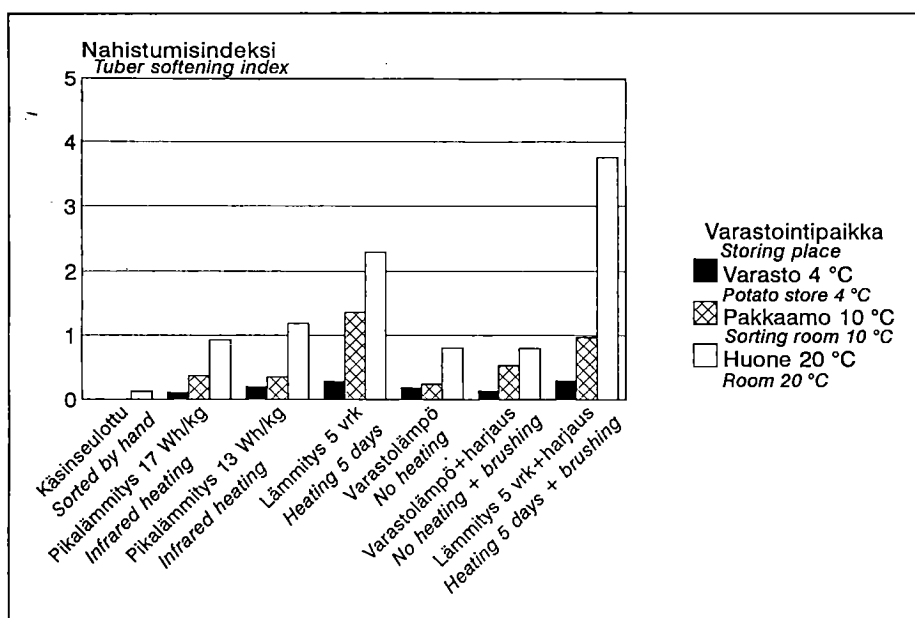
**Kuva 57.**  
Varastointilämpötilan ja eri-  
laisten käsittely-  
jen vaikutus  
perunan paino-  
häviöihin, kun  
varastointiaika  
on kolme viik-  
koa.

**Picture 57.**  
The effect of  
handling and  
storage tempera-  
ture on the  
weight loss of  
tubers when the  
storage time was  
three weeks.



Kuvassa 57 on esitetty varastointilämpötilan ja käsittelyn vaikutus perunoiden painohäviöön varastoinnin aikana. Painohäviö on laskettu prosentteina näytteen alkupainosta. Lämpötilan ja käsittelyn vaikutus painohäviöön oli erittäin merkittävä ja niillä oli merkittävä yhdysvaikutus. Verrattaessa parittain eri käsittelyn saaneita perunaeria samassa säilytyslämpötilassa havaittiin, että lähinnä käsinseulottujen näytteiden painohäviö oli pienempi kuin lämmitettyjen näytteiden. Säilytyslämpötilassa 20 °C myös lämmittämättömien koneella lajiteltujen näytteiden painohäviö oli pienempi kuin lämmitettyjen. Käsinlajittelun tai mahdollisimman hellävaraisen käsittelyn merkitys siis kasvaa säilytyslämpötilan kasvaessa.

Kuvassa 58 on esitetty varastointilämpötilan ja eri käsittelyjen vaikutus perunan nahistumiseen. Sekä lämpötila että käsittely vaikuttavat erittäin merkittävästi nahistumiseen. Yhdysvaikutus lämpötilan ja käsittelyn välillä on merkittävä. Käsinsuolotut perunat nahistuivat vähiten kaikissa säilytyslämpötiloissa, mutta ainoa merkittävä ero parittaisissa vertailuissa löytyi 20 °C lämpötilassa säilytettyjen käsinsuolotun ja 5 vrk lämmitetyn ja harjatun näytteen väliltä. Kuvan perusteella merkittäviä eroja näyttäisi olevan enemmän. Nahistumisindeksin arvo on kaikissa näytteissä kuitenkin suhteellisen alhainen, joten erot eivät ole tilastollisesti eivätkä käytännössä merkittäviä.

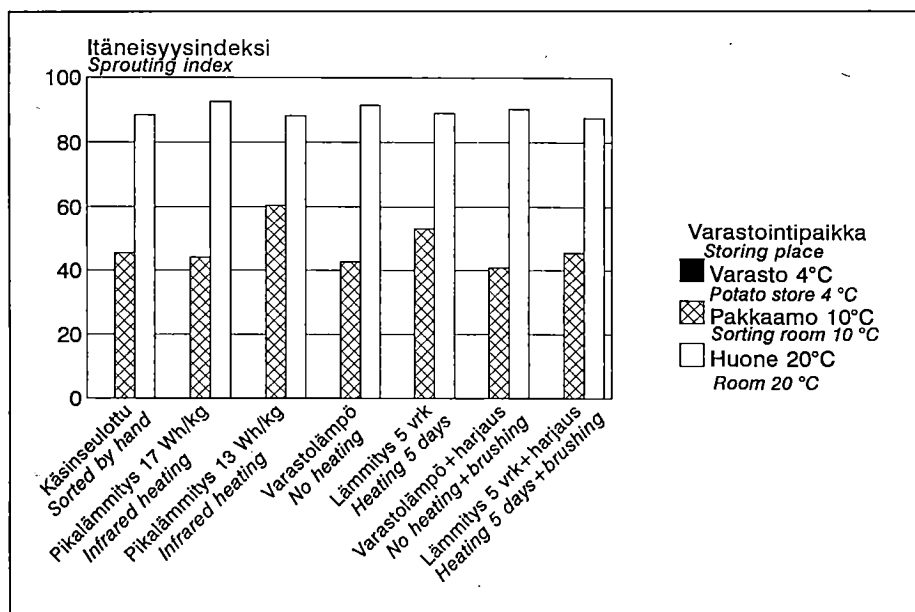


Kuva 58.

Varastointilämpötilan ja eri käsittelyjen vaikutus perunan nahistumiseen, kun varastointiaika on kolme viikkoa.

Picture 58.

The effect of handling and storage temperature on the softening of the tubers when the storage time was three weeks.



Kuva 59.

Varastointilämpötilan ja erilaisten käsittelyjen vaikutus perunoiden itämiseen, kun varastointiaika on kolme viikkoa.

Picture 59.

The effect of handling and storage temperature on the sprouting of the tubers when the storage time was three weeks.

Perunoiden itämisindeksi eri käsittelyillä ja säilytyslämpötiloilla on esitetty kuvassa 59. Säilytyslämpötilan vaikutus itämiseen on erittäin selkeä. Eri käsittelyillä ei kokeessa ollut mitään vaikutusta itämiseen.



#### **4.4. Tulosten tarkastelu**

##### **4.4.1. Koeperunan ominaisuudet vuosina 1992 ja 1993**

Vuoden 1992 lajittelu- ja lämmityskokeissa käytetty Sabina-peruna oli varsin vahva-kuorista, joten pintavikoja ei perunoihin juuri tullut. Myös halkeamien ja ruhjeiden osuus oli hyvin pieni. Pääasialliset vikatyypit olivat iskemät ja mustelmat.

Vuoden 1993 lämmityskokeissa perunalajike jouduttiin vaihtamaan Herthaksi, koska Sabinaa ei ollut käytettävissä. Hertha oli kuoreltaan Sabinaa heikompaa, joten vuoden 1993 kokeissa perunoihin tuli huomattavasti enemmän pintavikoja. Iskemiä ja ruhjeita oli hieman vähemmän kuin edellisellä vuonna. Sen sijaan mustelmoituminen oli vuonna 1993 hyvin vähäistä.

Raakaperuna oli molempina vuosina hyvin tasalaatuista. Vuonna 1992 käytettiin 14 laatikkoa perunaa. Näistä kaikki muut paitsi yksi laatikollinen olivat ominaisuuksiltaan keskenään vertailukelpoisia. Yhden laatikon perunat olivat muita selvästi herkemmin vioittuvia. Näillä perunoilla tehtiin osa seulalajittelukoneen kokeista. Nämä kokeet tehtiin noin kuukautta muita lajittelukokeita aikaisemmin, mikä voi olla yksi syy muista poikkeaviin tuloksiin. Vuoden 1993 kokeissa käytetyt neljä perunalaatikkoa olivat kaikki keskenään vertailukelpoisia.

Koeperunan laatu oli selvästi parempi kuin tiläkäynneillä tavatun perunan laatu. Nostovioitusten osuus koeperunassa oli erittäin vähäinen. Perunatiloilla viljely- ja nostotekniikassa on selvästi kehittämisen varaa.

##### **4.4.2. Lajittelukokeet**

###### **4.4.2.1. Lajittelutarkkuus**

Lajittelukoneiden lajittelutarkkuus mitattiin käyttäen vain yhtä perunalajiketta (Sabina). Koska perunan muoto ja koko vaikuttavat lajittelutulokseen, tuloksia ei voi laajemmin yleistää. Kokeissa käytetty perunaerä oli muodoltaan säännöllistä ja hieman pitkänomaista. Perunaerässä oli 40 - 55 mm mukuloita selvästi enemmän kuin yli 55 mm mukuloita.

Lajittelutarkkuuteen vaikuttivat sekä lajittelukoneen toimintaperiaate että perunan syöttömäärä. Myös koneen säädöillä oli jonkin verran vaikutusta.

Täristävillä seuloilla varustettu seulalajittelukone osoittautui lajittelutarkkuudeltaan parhaimmaksi. Lajittelutehon ollessa 2700 ja 4000 kg/h alikokoisten perunoitten määrä oli keskimäärin alle viisi prosenttia. Syötön määrä ja perunan koko ei juurikaan vaikuttanut tämän koneen lajittelutarkkuuteen, kunhan pysyttiin koneen ilmoitetulla tehoalueella. Seulaston täristyksen asettaminen suurimpaan arvoonsa näytti hieman huonontavan lajittelutarkkuutta.

Edestakaisin liikkuvilla seuloilla varustetun seulalajittelukoneen lajittelutarkkuus oli selvästi täristävää konetta huonompi. Vaikka syöttömäärä oli pieni (1400 kg/h), alikokoisten perunoiden määrä oli kokoluokassa 40 - 55 mm 19 % ja yli kokoluokassa 55 mm 11 %. Lajittelutarkkuuteen vaikuttivat sekä syötön määrä että perunan koko. Syötön määrää lisättäessä lajittelutarkkuus huonontui selvästi. Lajittelutarkkuus oli

huonoin 40 - 55 mm:n kokoluokassa. Tähän vaikutti pienemmän koon perunoiden suurempi osuus. Perunamassan lisääntyessä seulalla yhä suurempi osa perunoista menee seulan yli. Lajittelutarkkuuden huononeminen syötön määrää lisättäessä johtuu koneen toimintaperiaatteesta. Kun syöttöä lisätään, joudutaan myös seulan nopeutta nostamaan, jolloin peruna kulkee seulan yli muutamalla ponnahtuksella. Tämän tyyppisessä lajittelukoneessa voisi olla eduksi käyttää ylikokoisia seuloja varsinkin suuremmilla tehoilla lajiteltaessa.

Rullalajittelukoneen lajittelutarkkuus oli hieman parempi kuin edestakaisin liikkuvilla seuloilla varustetun seulalajittelukoneen mutta selvästi huonompi kuin täristävän seulalajittelukoneen lajittelutarkkuus. Syötön määrä ja perunan koko vaikuttivat selvästi lajittelutulokseen. Kun syötön määrää lisättiin 2700 kg/h:sta 4000 kg/h:ssa, alikokoisten perunoiden osuus lisääntyi pienemmässä kokoluokassa 11 %:sta 25 %:iin ja isommassa kokoluokassa 4 %:sta 8 %:iin. Lajittelutarkkuuden huononeminen johtuu tässäkin tapauksessa lajittelukoneen toimintaperiaatteesta. Kun perunamassan määrä lajittelukoneessa lisääntyy, työntävät takaa tulevat perunat yhä suuremman osan seuloilla olevista perunoista suoraan seulan yli. Koska isomman koon seulat ovat pienempien seulojen jälkeen, on perunamassa näillä seuloilla pienempi ja suuremmalla osalla perunoista on mahdollisuus läpäistä seula.

#### 4.4.2.2. Pudotuskorkeudet

Kokeissa olleissa lajitteluketjuissa pudotuskorkeudet mitattiin syöttösuppilosta lajittelukoneen seulastolle. Nämä mitat ovat keskenään vertailukelpoisia. Pienin yhteenlaskettu pudotusmatka (65 cm) oli lyhyessä Skals SK 613 -ketjussa. Skals SE 665 -ketjussa pudotusmatka oli 120 cm ja Remet-ketjussa 140 cm. Suurin yksittäinen pudotus kaikissa ketjuissa oli laatikon kippaus syöttösuppiloon.

Tutkituissa ketjuissa pudotuskorkeudet eivät selittäneet perunoiden vioittumista. Enemmän vaikutti pudotusten laatu eli putosiko peruna kovalle vai pehmustetulle alustalle. Skals SE 665 -lajittelukoneessa kaikki pudotukset oli pehmustettu hyvin. Muissa ketjuissa oli kohtia, joissa pehmusteita ei ollut lainkaan tai ne olivat hyvin ohuita.

Syöttösuppiloa täytettäessä vaikuttaa perunoiden kaatotapa suuresti pudotusmatkaan. Jos perunat kipataan varovasti suppilon reunaa pitkin, pudotusmatka on huomattavasti lyhyempi kuin keskelle kipattaessa. Suppilossa oleva peruna vähentää pudotusmatkaa ja samalla vaimentaa jonkin verran iskuja. Suppiloa ei kannata koskaan päästää aivan tyhjäksi.

#### 4.4.2.3. Lajitteluketjun laitteiden vaikutus voituksiin

Ketjun eri laitteiden vaikutusta perunan vioittumiseen tutkittiin kahdella erilaisella lajitteluketjulla, jotka olivat Skals SK 613 -ketju ja Remet 3 -ketju. Ketjut koostuivat pakkaamoissa tavallisimmin käytössä olevista laitteista. Harjakoneen vaikutusta perunan vioittumiseen tutkittiin erillisessä osakokeessa. Vioitusten tasoja ketjujen välillä ei tässä

osakokeessa voi verrata keskenään, koska Skals-ketjulla lajiteltu perunaerä oli herkemmin vioittuvaa kuin Remet-ketjulla lajiteltu peruna.

Vioitukset olivat tyypiltään pääasiassa mustelmia ja iskemiä. Isot perunat vioittuivat selvästi pieniä enemmän. Isojen perunoiden iskemä- ja mustelmoitumisindeksit olivat kahdesta kolmeen kertaan suurempia kuin pienien perunoiden. Pieniin perunoihin ei käytännössä tullut pintavikoja ja ruhjeita, mutta isoissa perunoissa näitä vioituksia oli jonkin verran. Näytteenotto paikalla ja perunan koolla oli yhdysvaikutusta. Iso peruna käyttäytyy kokonsa ja painonsa takia lajitteluketjussa eri tavalla kuin pienikokoisempi ja kevyempi peruna. Isot perunat kulkevat lajitteluketjussa myös osittain eri reittiä kuin pienet perunat.

Suurin osa mustelmista ja iskemistä tuli kummassakin ketjussa lajittelukoneen seulas-  
tolla. Rullalajittelukoneessa tuli lisäksi isoihin perunoihin jonkin verran ruhjeita ja pintavikoja. Seuraavaksi eniten vioituksia tuli pakkauskuljettimissa. Pakkaus-  
kuljettimissa olevat suurehkot pudotukset aiheuttivat mustelmia ja iskemiä perunoihin. Erityisesti isot perunat ruhjoutuivat pakkauskuljettimessa. Osa perunoista putosi kuljettimen hihnan kovien poikki-pienojen päälle. Suurimmat perunat eivät kunnolla mahtuneet kuljettimen hihnan ja rungon välistä. Kolmanneksi eniten peruna vioittui laatikon täytössä. Näin kävi siitä huolimatta, että näytteenottohetkellä laatikot olivat noin puolillaan perunaa. Laatikon täytössä pitäisi perunan putoamista hidastaa sopivalla vaimentimella.

Molemmissa ketjuissa alkupään laitteiden vaikutus vioituksiin oli vähäinen verrattuna lajittelukoneessa tulleisiin vioituksiin. Kuljettimet eivät vioittaneet perunoita juuri lainkaan. Skals-ketjussa kuljettimen jälkeen otetuissa näytteissä olevat vioitukset johtuvat pudotuksesta kuljettimelta lajittelukoneeseen. Syöttösiilon jälkeen otetuissa näytteissä oli jonkin verran iskemiä ja mustelmia. Syöttösiilo vioitti perunoita kuitenkin selvästi odotettua vähemmän. Tähän saattoi vaikuttaa varovainen laatikon kippaus, jolloin pudotuskorkeudet jäivät melko pieniksi. Molemmat siilot olivat myös yläosiltaan pehmustettuja.

Harjauksen vaikutusta perunoiden voittumiseen tutkittiin erillisessä kokeessa kahdella erityyppisellä harjakoneella (Skals ja Remet). Kummassakaan koneessa itse harjojen ei havaittu vioittavan perunoita. Kokeissa käytetty peruna oli kuitenkin varsin vahvakuorista. Remet-harjakoneessa tuli isoihin perunoihin jonkin verran vioituksia. Vioituksia tuli enemmän, kun vastaharjat oli säädetty lähelle harjoja. Ilmeisesti isot perunat ottivat kiinni vastaharjojen runkoon. Remet-harjakoneessa vioituksiin vaikuttivat myös suuremmat pudotuskorkeudet ja pehmusteiden puuttuminen.

Vaikka lajitteluketjun koneet vioittivat perunoita vaihtelevasti, lisääntyi vioittuneiden perunoiden osuus kuitenkin koko ajan mentäessä lajitteluketjussa eteenpäin. Hyvään tulokseen pääsemiseksi ketju kannattaakin pitää mahdollisimman yksinkertaisena ja lyhyenä sekä välttää tarpeetonta perunan käsittelyä.

#### 4.4.2.4. Lajittelukoneen tyyppin ja säätöjen vaikutus voituksiin

Vuonna 1992 tehdyssä kokeessa verrattiin keskenään rullalajittelukonetta, tavallista seulalajittelukonetta (edestakaisin liikkuvat seulat) ja tärisevää seulalajittelukonetta. Yleisimmät voitukset olivat mustelmat ja iskemät. Pintavikoja ja ruhjeita tuli perunoihin pieniä määriä. Lajittelukoneen perunaan tekemät voitukset riippuvat kuitenkin paljon perunan ominaisuuksista. Kokeissa käytetty peruna oli hyvin vahvakuorista. Vuoden 1993 lajittelukokeissa oli mukana rullalajittelukone ja tavallinen seulalajittelukone. Erilaisesta koeperunasta johtuen näytteisiin tuli tällöin enemmän pintavikoja.

Tärisevä seulalajittelukone voitti perunoita selvästi vähiten. Rullalajittelukonetta ja tavallista seulalajittelukonetta on vaikea panna paremmuusjärjestykseen. Seulalajittelukone teki perunoihin lähinnä iskemiä ja mustelmia. Rullalajittelukone aiheutti lisäksi jonkin verran pintavikoja ja ruhjeita. Pintavikojen määrä riippui lajiteltavan perunan ominaisuuksista. Vuonna 1993 tehdyissä kokeissa rullalajittelukoneessa lajitellun perunan yleisin voitus oli pintavika. Rullalajittelukoneessa perunan koko vaikutti voitusten syntyyn seulalajittelijaa enemmän. Isoissa perunoissa oli yleensä aina enemmän voituksia kuin pienissä perunoissa. Seulalajittelukoneessa perunan koko vaikutti lähinnä iskemien määrään.

Tärisevässä seulalajittelukoneessa seulan etenemää ja tärisevyyttä voi säätää portaattomasti. Tärisevyyden lisäys lisäsi merkittävästi mustelmoitumista, joten tärisevyys kannattaa säätää mahdollisimman pieneksi. Etenemän lisäys ei vaikuttanut merkittävästi voituksiin. Syötön lisääminen ei näyttänyt vaikuttavan voitusten määrään. Voitusten vähäisyyteen vaikutti myös koneen hyvä tekninen toteutus. Koneessa ei ollut pahoja pudotuksia tai teräviä kulmia, joissa peruna olisi voinut vioittua.

Tavallisessa seulalajittelukoneessa oli mahdollista säätää seulan liikenopeutta portaattomasti. Säätö vaikutti seulan lisäksi syöttöelevaattorin ja rullapöydän pyörimisnopeuteen. Kokeissa seulan nopeus säädettiin siten, että eri syöttömäärillä perunat eivät juuri ja juuri tarttuneet seulaan. Käytännössä seulan nopeus oli vakio syöttömäärän ollessa pieni, mutta syöttömäärän kasvaessa seulan nopeutta lisättiin. Syötön lisäys aiheutti isoihin perunoihin iskemien lisääntymistä. Mustelmien määrään syötön lisäys ei juuri vaikuttanut. Tämä viittaa siihen, että mustelmiin vaikuttivat enemmän koneessa olevat pudotukset.

Vuoden 1993 kokeissa käytetyssä seulalajittelukoneessa seulan nopeutta ei voinut säätää tarpeeksi pieneksi. Tästä syystä perunoihin tuli paljon iskemiä. Iskemät olivat suurimmalta osaltaan ns. kynnenjälkiä. Kynnenjäljet muodostuivat perunan iskeytyessä nopeasti liikkuvan seulaston pieniin ulkonemiin. Koneetta voisi yrittää parantaa hiomalla kaikki ylimääräiset kohoumat ja ulkonemat tasaisiksi. Näyttää myös siltä, että seulan liike kannattaa säätää mahdollisimman hiljaiseksi. Säätö olisi tehtävä jokaiselle perunaerälle erikseen.

Rullalajittelukoneessa oli mahdollista säätää vain syötön määrää. Syötön määrän lisäys ei vaikuttanut merkittävästi iskemien ja mustelmien määrään, mutta pintaviat ja ruhjeet erityisesti isoissa perunoissa vähenivät selvästi. Tämä johtui siitä, että

suurempaa syöttömäärää käytettäessä lajittelukoneen rullastot olivat koko ajan täynnä perunaa, mikä esti perunoiden paikallaan pyörimisen. Rullalajittelukoneen koko pitäisikin mitoittaa tarkasti lajiteltavaan perunamäärään nähden. Iskemien ja mustelmien määrään vaikuttivat todennäköisesti koneessa olevat pudotukset.

Lajittelukoneen toimintaperiaatteen ja säätöjen lisäksi perunoiden vioittumiseen vaikuttaa merkittävästi lajittelukoneen tekninen toteutus. Koneessa ei saa olla pehmustamattomia pudotuksia eikä teräviä kulmia tai ahtaita paikkoja, joissa perunat voivat vioittua.

#### **4.4.3. Lämmityskokeet**

##### **4.4.3.1. Lämmitysmenetelmät käytännössä**

Kokeissa käytettiin kolmea erilaista lämmitysmenetelmää. Nämä olivat perunan siirto lajittelutilaan ennen lajittelua, koneellinen ilman kierrätys puhaltimen imun avulla ja pikalämmitys infrapunalämmittimillä.

Näistä yksinkertaisin ja helpoin toteuttaa oli lajiteltavan perunan siirtäminen lämpimään lajittelutilaan ennen lajittelua. Systemin haittapuolena on tarvittava suhteellisen pitkä lämmitysaika. Jos laatikoita pinotaan kolme päällekkäin, peruna on siirrettävä varastosta lajittelutilaan noin viikkoa ennen lajittelua. Laatikkopinoon muodostuu ilmavirtaus ylhäältä alaspäin, joten ylimmäiset perunat lämpenevät ensiksi ja alimmaiset viimeiseksi.

Ilman kierrätys puhaltimella nopeutti perunoiden lämpiämistä huomattavasti. Kolmen laatikon pino lämpeni lajittelutilan lämpötilaan vajaassa vuorokaudessa ilmamäärän ollessa 330 m<sup>3</sup>/ht. Ilman kierrätys järjestettiin peittämällä laatikkopino muovilla ja asentamalla puhallin imemään ilmaa laatikkojen läpi. Imun vaikutuksesta muovi tiivistyi hyvin laatikkojen pintaan. Imu oli helpointa toteuttaa tällä tavoin. Järjestelyn haittapuolena oli se, että ilma oli lattian rajassa kahdesta kolmeen astetta kylmempää kuin laatikkopinon päällä.

Perunalaatikon lämpenemistä yritettiin edelleen tehostaa lämmittämällä puhaltimen kierrättämää ilmaa (ilmamäärä 250 m<sup>3</sup>/th) 1 kW:n sähkölämmittimellä. Lämmitin sijoitettiin pinon alimmaisen perunalaatikon alle. Kokemukset lisälämmön käytöstä eivät kuitenkaan olleet rohkaisevia. Alimmaiset perunat lämpenivät hyvin nopeasti yli 30 °C lämpötilaan, mutta ylimmäiset perunat lämpenivät 10 °C lämpötilaan vasta noin 20 tunnin lämmityksen jälkeen. Lämmin ilmavirta kuivasi alimmaiset perunat tehokkaasti ja ne olivatkin lämmityksen päätyttyä pilalle nahistuneita. Kun imuilmaa lämmitetään, ongelmaksi muodostuu ilman suhteellisen kosteuden aleneminen ja siitä seuraava ilman lisääntynyt kuivatuskyky.

Nopein tapa lämmittää perunat on käyttää pikalämmitystä. Tämä lämmitystapa on kuitenkin kallein ja teknisesti hankalin toteuttaa. Hankalin vaihe on perunan lämpötilan tasaamiseksi vaadittava 10 min välivarastointi. Ennen lämpötilan tasaantumista peruna vioittuu hyvin helposti. Menetelmän etu on erittäin nopea perunan lämpeneminen, jolloin perunat voivat olla varastossa lajitteluun asti. Pikalämmityslaitteita ei ole kaupallisessa valmistuksessa.

#### 4.4.3.2. Lämmityksen vaikutus perunan vioittumiseen

Lämmityskokeita tehtiin vuosina 1992 ja 1993. Ensimmäisenä vuonna perunalajike oli Sabina ja toisena vuotena Hertha. Vuoden 1992 kokeet tehtiin pelkästään rullalajittelukoneketjulla. Seuraavan vuoden kokeissa käytettiin sekä rulla- että seulalajittelukonetta. Kokeen tulokset poikkesivat eri vuosina huomattavasti toisistaan ja olivat osittain ristiriitaisia.

Vuoden 1992 kokeissa lämmitys vähensi merkittävästi perunoiden mustelmoitumista. Eniten mustelmoitumista vähensivät 5 vrk:n lämmitys ja tehokkain pikalämmitys. Iskemät vähenivät pikalämmityksen ansioista, mutta lisääntyivät 5 vrk:n lämmityksessä.

Seuraavan vuoden kokeissa perunoihin ei tullut kovin paljon mustelmia, joten lämmityksen vaikutus mustelmoitumiseen oli vähäisempi. Ainoastaan 5 vrk:n lämmitys vähensi mustelmoitumista merkittävästi. Iskemät sen sijaan lisääntyivät lämmitetyissä perunoissa. Seulalajittelijassa iskemät lisääntyivät enemmän kuin rullalajittelukoneessa. Vähiten iskemä lisäsi 5 vrk:n lämmitys ja eniten imulämmitys. Lämmitys lisäsi myös pintavikojen määrää. Huonoin menetelmä tässä suhteessa oli rullalajittelukonekokeissa imulämmitys ja seulalajittelukonekokeissa 5 vrk:n lämmitys.

Molempien vuosien kokeiden yhteenvetona voidaan todeta, että perunan lämmitys ennen lajittelua vähentää mustelmoitumista, mutta saattaa lisätä muita vioituksia. Jos perunan kuori on heikko, lämmitys voi lisätä kuoren rikkoutumista. Lämmitys kannattaa lähinnä silloin, kun lajiteltava peruna on herkkää mustelmoitumaan. Muussa tapauksessa lämmityksestä näyttäisi olevan enemmän haittaa kuin hyötyä. Parasta lämmitysmenetelmää on kokeiden perusteella vaikea suositella. Laatikoiden säilyttäminen lämpimässä tilassa noin 5 vrk ennen lajittelua vähentää mustelmoitumista eniten, mutta voi lisätä ns. kynnenjälvioitusta.

#### 4.4.4. Varastointikokeet

Varastointikokeissa tutkittiin eri tavalla käsiteltyjen perunoiden säilyvyyttä perunavarastossa, lajittelutilassa ja huoneenlämmössä. Koeperunat pakattiin paperisäkkeihin ja varastointiin kolmen viikon ajaksi. Varastoinnin jälkeen näytteistä määritettiin yleisimmät varastotaudit, nahistuneisuus, itäneisyys, vihertymät ja painohäviö.

Peruna oli varsin hyvälaatuista, joten siinä ei ollut varastotauteja. Peruna ei myöskään havaittavasti vihertynyt varastoinnin aikana. Muissa varastointipaikoissa paitsi perunavarastossa oli päivisin normaali työvalaistus. Ilmeisesti paperisäkki riitti suojaamaan perunat valolta.

Perunoiden itämiseen vaikutti ainoastaan varastointilämpötila. Perunavarastossa säilytetyt koeperunat eivät itäneet varastoinnin aikana. Lajittelutilassa varastoiduista näytteistä iti 50 % ja huoneenlämmössä 90 %. Tulos oli varsin luonnollinen ja odotettu.

Mitatut painohäviöt olivat suurimmillaan kolmen prosentin luokkaa huoneenlämmössä varastoiduissa perunoissa. Lajittelutilassa perunat menettivät

painostaan keskimäärin kaksi prosenttia ja perunavarastossa 0,7 %. Painohäviöihin vaikutti varastointipaikan lisäksi perunan saama käsittely. Käsien seulotun näytteen painohäviö oli merkittävästi käsiteltyjen näytteiden painohäviötä pienempi. Perunan mahdollisimman vähäinen käsittely näyttää pienentävän painohäviötä.

Perunan nahistumiseen vaikuttivat sekä varastointipaikka että perunan käsittely. Eniten nahistuivat huoneenlämmössä varastoidut 5 vrk lämmitetyt ja harjatut perunat. Vähiten nahistuivat käsien seulotut perunat. Perunan lämpökäsittely ja harjaus näyttääkin hieman lisäävän nahistumista. 5 vrk lämmitetty peruna on ehtinyt hieman nahistua jo lämmitysvaiheessa. Tosin nahistumisindeksi jäi suurimmillaankin alle neljän, joten nahistumiselle ei kannata antaa liian suurta merkitystä.

Tärkein tekijä, joka vaikuttaa perunan säilyvyyteen kauppakunnostuksen jälkeen on säilytyslämpötila. Lajiteltu peruna kannattaa säilyttää perunavarastossa. Tämä koe tehtiin vahvakuorisella Sabina-perunalla. Jos koeperunan kuori olisi rikkoutunut enemmän, olisi perunan käsittelyn osuus voinut korostua jonkin verran.

#### **4.5. Yhteenveto lajittelu-, lämmitys- ja varastointikokeista**

Paras lajittelutarkkuus oli tärisevällä seulalajittelijalla. Tässä koneessa syötön määrä ei juuri vaikuttanut lajittelutarkkuuteen. Tavallisen seulalajittelukoneen lajittelutarkkuus oli varsinkin suurempia syöttömääriä käytettäessä huono. Rullalajittelukone lajitteli hieman tarkemmin kuin tavallinen seulalajittelukone, mutta kuitenkin tärisevää seulalajittelukonetta selvästi huonommin. Myös rullalajittelukoneessa syötön lisäys huononsi lajittelutarkkuutta.

Lajittelukokeissa käytetty peruna oli laadultaan huomattavasti parempaa kuin tilakäynneillä tavattu peruna. Kun tilakäynneillä otetuissa näytteissä olevista voituksista suuri osa oli tullut jo perunan nostovaiheessa, niin lajittelukokeissa voitukset tulivat vasta lajittelussa. Perunanviljelytilojen viljely- ja nostotekniikkaa kehittämällä perunan laatu paranisi enemmän kuin sitä voidaan parantaa pelkästään lajittelun tekniikkaa parantamalla. Toisaalta mitä parempaa raakaperuna on sitä suuremmaksi tulee lajittelun merkitys perunan voittumisessa.

Vuoden 1992 lajittelukokeissa käytettiin Sabina-perunaa. Pääasialliset voitukset olivat mustelmat ja iskemät. Koko vaikutti huomattavasti perunan voittumiseen. Iskemä- ja mustelmoitumisindeksit olivat isomman koon perunoissa kahdesta kolmeen kertaan suurempia kuin pienemmän kokoluokan perunoissa. Isoihin perunoihin tuli myös jonkin verran ruhjeita ja pintavikoja. Vuoden 1993 kokeissa käytettiin Hertha-perunaa. Edellisestä vuodesta poiketen perunanäytteisiin tuli nyt enemmän pintavikoja. Mustelmien osuus puolestaan väheni huomattavasti.

Kokeissa verrattiin keskenään kolmea erityyppistä lajittelukonetta. Tärisevä seulalajittelija vioitti perunoita selvästi vähemmän kuin tavallinen seulalajittelukone (edestakaisin liikkuvat seulat) tai rullalajittelukone. Kahta viimeksi mainittua konetta on vaikea asettaa paremmuusjärjestykseen. Seulalajittelukoneessa perunoihin tulee lähinnä iskemiä ja mustelmia. Iskemät (ns. kynnenjäljet) tulevat seulastolla. Rullalajittelu-

koneessa tulee erityisesti isoihin perunoihin myös pintavikoja ja ruhjeita. Isot perunat jäävät pyörimään rullastolle tai ruhjoutuvat rullien väleissä. Isot perunat vioittuivat kummassakin konetyypissä selvästi pieniä perunoita enemmän. Täristävän seulalajittelukoneen hellävaraisuus johtuu paitsi koneen toimintaperiaatteesta, niin myös koneen tehokkaasta pehmustuksesta.

Täristävää seulalajittelukonetta käytettäessä syötön määrän vaihtelu ei kovin paljon vaikuttanut perunoiden vioittumiseen. Seulan täristyksen säätö suurimpaan arvoonsa lisäsi voituita jokin verran. Tavallisessa seulalajittelukoneessa voitukset lisääntyivät syötön määrää lisättäessä. Vioitusten välttämiseksi seulan nopeus kannattaa pitää mahdollisimman pienenä. Seulojen terävät reunat kannattaa myös hioa tasaisiksi. Rullalajittelukoneessa syötön lisäys vähensi voituita. Kone toimii paremmin, kun seulat ovat täynnä perunaa.

Verrattaessa lajitteluketjun laitteita keskenään osoittautui, että lajittelukone (tavallinen seula- tai rullalajittelukone) vioitti perunoita eniten. Toiseksi eniten perunoita vioittivat pakkauskujettimet. Vioitukset johtuivat pääasiassa pakkauskujettimien puutteellisesta pehmustamisesta. Isot perunat saattoivat myös ruhjoutua kujujettimen sähkömoottorin kiinnityspultteihin. Kolmanneksi eniten voituita tuli laatikkoon pakkauksessa, vaikka pakattava laatikko oli näytteenottohetkellä puolillaan perunaa. Syöttösiilo vioitti perunoita odotettua vähemmän. Tähän vaikutti laatikon varovainen kippaus suppilon reunaa pitkin. Kokeissa käytetyt kujujettimet eivät vioittaneet perunoita. Vastaharjalla varustettu harjakone vioitti hieman isoja perunoita. Vioitukset johtuivat joko perunoiden iskeytymisestä vastaharjan runkoon tai koneen pehmustamattomiin metalliosiin.

Suuri osa voituksista aiheutui laitteiden puutteellisesta pehmustamisesta. Perunan vioittumista lajittelussa voidaan vähentää pehmustamalla lajitteluketjussa kaikki sellaiset kohdat, joissa peruna putoaa tai törmää kovaan pintaan. Tämä tulisi tehdä, vaikka pudotusta olisi vain 20 cm. Suurissa pudotuksissa, kuten laatikon täytössä, on käytettävä vaimentimia. Laatikon kippauksessa on tärkeää, että laatikko kipataan varovasti suppilon laitaa myöten. Suppiloa ei myöskään saa päästää aivan tyhjäksi ennen kippausta.

Perunan lämmityskokeita tehtiin vuosina 1992 ja 1993. Vuonna 1992 käytetty Sabina oli herkempi mustelmoitumaan, mutta samalla kuoreltaan kestävämpi kuin 1993 käytetty Hertha. Tulokset olivat ristiriitaiset. Lämmitys vähensi selvästi Sabinan mustelmoitumista ja näytti estävän muitakin voituita. Herthalla tehdyissä kokeissa mustelmoituminen väheni hiukan tai pysyi samana lämmitysmenelmästä riippuen. Muut voitukset kuitenkin yleensä lisääntyivät lämmityksessä perunassa. Tämän kokeen tulosten perusteella lämmitystä voikin suositella lähinnä sellaisessa tilanteessa, jossa perunan tiedetään olevan herkkä mustelmoitumaan ja mustelmoitumisen estäminen on tärkeää.

Lajittelun jälkeisen varastoinnin kokeissa perunan säilymiseen vaikutti ennen kaikkea varastointilämpötila. Kaikki perunavarastossa varastoidut näytteet säilyivät hyvin. Jos peruna ei heti lajittelun jälkeen mene jakeluun, kannattaa se säilyttää varastossa.



## 5. VIOITUSTEN VÄHENTÄMINEN KAUPPAKUNNOSTUKSESSA

### 5.1. Yleistä

Suurin osa perunoiden mekaanisista vioituksista oli tutkituissa näytteissä tullut jo ennen lajittelua. Vioitusten vähentämisen tuleekin alkaa jo perunapellolla. Ensimmäinen vaatimus on oikea viljelytekniikka. Peruna on saatava tuleentumaan ajoissa, jotta se ehtii kehittää vahvan kuoren ja jotta perunan nosto ei jää liian myöhään syksyyn. Seuraava vaatimus on oikea nosto- ja varastointitekniikka. Peruna on saatava ehjänä varastoon. Kolmanneksi tulee hellävarainen ja huolellinen lajittelu.

Myöskään jatkoseurantaa ei saa unohtaa. Pakatun perunan jatkuva omatoiminen tarkkailu varmistaa myytävän perunaerän laadun. Tällöin esimerkiksi laitteiden toimintahäiriöistä aiheutuneet vioittumat havaitaan välittömästi ja voidaan ryhtyä tarpeellisiin toimiin asian korjaamiseksi.

### 5.2. Käsinvalinta

Huolellisella käsinvalinnalla voidaan perunan laatua parantaa merkittävästi, jos lajitteluketju on hellävarainen. Tosin huonosta raakaerästä ei lajittelemallakaan saa hyvää perunaa. Käsinvalinnassa perunaerästä poistetaan kaikki vialliset perunat. Jotta tämä onnistuisi, työolojen tulisi olla mahdollisimman hyvät. Huomiota tulisi kiinnittää lajittelutilan valaistukseen, lämpötilaan ja pölyisyyteen. Lämpötilaan ei voida vaikuttaa, mikäli pakkaamossa ei ole erillistä lajittelutilaa.

Riittävä valaistusvoimakkuus käsinvalintatasolla on noin 1500 luksia. Tasainen valo saadaan helpoimmin aikaan loistevalaisimella. Vihertyneiden mukuloiden erottaminen on erityisen vaikeaa. Tämän vuoksi valaisimen täytyy olla värinvalinto-ominaisuuksiltaan erinomainen (luokka 1a). Sopiva valaisin on esimerkiksi 2 x 60 W luokan 1a loistevalaisin.

Lämpötila lajittelutilassa saisi mielellään olla vähintään 15 °C. Jos koko lajittelutilaa ei haluta lämmittää, voidaan esimerkiksi käsinvalintatason yläpuolelle asentaa infrapunalämmittimet.

Suuri pölypitoisuus on aina terveystarve. Pölyisyys vaikuttaa olennaisesti myös viihtyvyyteen. Pölyisessä pakkaamossa on epämukava työskennellä. Lisäksi pöly liikaa nopeasti valaisimet huonontaa näkyvyyttä. Pölypitoisuutta pakkaamossa voidaan vähentää lähinnä kolmella tavalla. Nämä ovat perunoiden pinnan kostutus vesisumulla, pölyttävien laitteiden eristäminen väliseinällä työskentelytilasta ja pölynpoistomurien asentaminen pölyäviin laitteisiin. Usein on hyvän lopputuloksen saamiseksi tarpeen käyttää useampaa kuin yhtä keinoa.

### 5.3. Laitteet ja lajittelutekniikka

Mekaanisia vioituksia voidaan vähentää suunnittelemalla lajitteluketju mahdollisimman hellävaraiseksi ja käyttämällä laitteita oikealla tavalla. Lajitteluketjuun ei kannata

asentaa mitään turhaa. Lyhyessä ketjussa perunaan kohdistuu vähemmän mekaanista räsitystä kuin pitkässä ketjussa.

Kaikkien pudotusten tulee olla mahdollisimman matalia ja pudotusalustat pitää pehmustaa. Sopiva pehmuste on vähintään 10 mm paksu pehmeä kumi, jonka toisella puolella on kulutusta kestävä kova pinta. Tavallinen roiskeläppäkumi ei yksinään riitä pehmusteeksi, vaan kovan kumin alle on laitettava esimerkiksi 15 - 25 mm kerros vaahtomuovia. Tällainen pehmuste on erittäin tehokas. Jos lajittelukoneessa on teräviä kulmia ja pehmustamattomia pudotuksia, ne on omatoimisesti korjattava. Kuljettimien sivujen on oltava sileät ja hihnan ja rungon väliin jäävät raot on tukittava. Jos esimerkiksi kuljetin ja lajittelukone ovat toisiinsa nähden suorassa kulmassa, on lajittelukoneesta pehmustettava myös se sivu, johon perunat kuljettimesta tultuaan törmäävät. Ketjun sellaisten kohtien pehmustamiseen, joissa on pudotus, mutta pehmusteita on vaikea asentaa, voidaan käyttää kumista tai kankaasta tehtyjä välitasoja hidastimina. Tällaisia kohteita ovat esimerkiksi kahden kuljettimen väliset pudotukset.

Lajitteluketjusta on etsittävä ja korjattava sellaiset kohdat, joissa perunat joutuvat puristuksiin tai ruhjoutuvat joko tilahtausten takia tai osuvat laitteissa oleviin ruuvinkantoihin ja vastaaviin ulokkeisiin. Esimerkiksi pakkauselevalattorin hihnan ja moottorin välinen tila voi olla niin ahdas, että isot perunat voivat ruhjoutua. Myös harjakoneen vastaharjat voivat liian lähelle säädettynä ruhjoa isoja perunoita.

Oikeat työtavat ovat tärkeitä perunan käsittelyssä. Laatikko kannattaa kipata syöttösiiloon rauhallisesti ja siten, että perunat vierivät siilon seinämää pitkin eivätkä putoa suoraan pohjalle. Syöttösiiloa ei myöskään saa päästää täysin tyhjäksi, koska pohjalla oleva perunakerros vaimentaa pudotusta. Syöttösiiloa hellävaraisempi ratkaisu on matalalta suoraan kuljettimelle kippaava kaatolaite.

Seulalajittelukoneen seulojen nopeus tulisi säätää niin, että perunat juuri ja juuri eivät tartu seuloihin kiinni. Säätö täytyy tehdä jokaiselle perunaerälle erikseen. Seulojen pitää olla muovi- tai kumipintaisia. Rullalajittelukone lajittelee hellävaraisemmin, kun rullastot ovat täynnä perunaa. Syöttöä voidaan kuitenkin lisätä vain niin paljon, kuin käsinvalinta antaa myöten.

Kuution laatikkoon pakattaessa on aina käytettävä vaimenninta. Vaimentimen voi itse tehdä esimerkiksi putkikehikosta ja kankaasta tai kumimatosta. Säkkiin pakattaessa säkin alle on syytä laittaa pehmuste.

#### **5.4. Perunoiden lämmitys ennen lajittelua ja varastointi lajittelun jälkeen**

Perunan lämmitystä 10 - 15 °C suositellaan yleisesti erityisesti mustelmoitumisen vähentämiseksi. Tässä tutkimuksessa saadut tulokset lämmityksen hyödyistä olivat hieman ristiriitaisia. Perunoiden mustelmoituminen kyllä väheni, mutta samalla muut vioitukset lisääntyivät. Näiden tulosten perusteella perunaa kannattaa lämmittää ennen lajittelua, jos lajiteltava perunaerä on herkkä mustelmoitumaan. Mustelmoitumisherkkyys vaihtelee lajikkeittain ja vuosittain.

Yksinkertaisin tapa lämmittää perunoita on tuoda ne lajittelutiloihin noin viikkoa ennen lajittelua. Lämpöämiseen tarvittava aika riippuu huoneen ilman kierrosta ja perunalaatikoiden määrästä. Lämmitysaika voidaan lyhentää vajaaseen vuorokauteen järjestämällä perunoille pakotettu ilmankierto. Tämä voidaan tehdä helpoiten peittämällä laatikot pressulla ja asentamalla laatikkopinon päälle puhallin imemään ilmaa laatikoiden läpi.

Perunoiden säilyvyyteen lajittelun jälkeen vaikuttaa eniten säilytyslämpötila. Korkea säilytyslämpötila lisää nahistumista ja painohäviöitä. Lajiteltua perunaa ei kannata säilyttää lämpimässä lajittelutilassa useita päiviä, vaan se kannattaa siirtää perunavarastoon.

## 6. TIIVISTELMÄ

Perunan lajittelu- ja pakkausketjun eri laitteiden aiheuttamat mekaaniset vioitukset selvitettiin ottamalla perunanäytteitä jokaisen laitteen jälkeen. Lajittelukoneen tyyppin ja säätöjen vaikutusta perunan vioittumiseen selvitettiin erillisillä kokeilla. Perunan laatua viljelijäpakkaamoissa tutkittiin ottamalla näytteet 25 pakkaamosta ennen lajittelua ja lajittelun jälkeen. Lisäksi tutkittiin mahdollisuutta vähentää vioituksia nostamalla perunan lämpötilaa ennen lajittelua eri menetelmillä.

Lajittelu- ja pakkausketjussa lajittelukone vioitti perunoita eniten. Vioittumiseen vaikuttivat koneen toimintaperiaate ja viimeistely. Viimeksi mainittuun kuuluvat pehmusteet, pudotukset, terävät kulmat yms. seikat. Seuraavaksi eniten vioituksia tuli perunan pakkauksessa. Perunat kolhiutuivat pakkauseleვაattoreissa ja 1 m<sup>3</sup> laatikoihin pakattaessa. Syynä olivat suurehkot pudotukset ja pehmusteiden puute. Laatikon kippauksessa syöttösiiloon perunat vioittuivat jonkin verran odotettua vähemmän. Tähän oli todennäköisesti syynä suhteellisen matalat ja pehmustetut siilot sekä varovainen kippaustapa. Lajittelun kaikissa vaiheissa isokokoiset perunat vioittuivat enemmän kuin pienikokoiset perunat.

Merkittävä osa vioituksista aiheutui pudotuksista, joissa peruna putoaa jollekin kovalle alustalle. Peruna voi vioittua hyvin matalassakin pudotuksessa kovalle alustalle. Tällaisia pudotuksia oli ketjun eri laitteiden välillä, mutta myös itse laitteissa. Myös laitteiden viimeistelyssä oli parantamisen varaa. Joistakin laitteista pehmusteet puuttuivat kokonaan tai osittain. Laitteissa saattaa olla myös teräviä särmiä joihin iskeytyessään peruna vioittuu. Pehmusteita ja vaimentimia on syytä asentaa jokaiseen paikkaan, jossa peruna putoaa kovalle alustalle tai iskeytyy johonkin kovaan esineeseen. Erityisen tärkeää on vaimentimien käyttö laatikon täytössä. Jo olemassa-olevien pehmusteiden kuntoa kannattaa myös aika ajoin seurata.

Lajittelukoneen tyyppi vaikutti huomattavasti perunan vioittumiseen. Kokeissa oli mukana rullalajittelukone, edestakaisin liikkuvilla seuloilla varustettu seulalajittelukone sekä tärisevä seulalajittelukone. Näistä hellävaraisin oli tärisevä seulalajittelukone. Edestakaisin liikkuvilla seuloilla varustetussa seulalajittelukoneessa tyypilliset vioitukset

olivat iskemät ja mustelmat. Vioitukset lisääntyivät seulan nopeutta tai perunan syöttöä lisättäessä. Rullalajittelukoneessa perunoihin tuli iskemien ja mustelmien lisäksi jonkin verran pintavikoja ja ruhjeita. Tässä koneessa vioitukset vähenivät syöttöä lisättäessä. Pintavikoihin ja mustelmoitumiseen vaikuttivat kuitenkin perunan ominaisuudet merkittävästi.

Täristävä seulalajittelukone oli lajittelutarkkuudeltaan kokeissa olleista koneista paras. Tavallinen seulalajittelukone oli lajittelutarkkuudeltaan huonoin. Rullalajittelukone sijoittui seulalajittelukoneiden väliin kuitenkin selvästi täristävää seulalajittelukonetta huonompana. Syötön määrän lisäys huononsi muiden koneiden paitsi täristävän seulalajittelukoneen lajittelutarkkuutta.

Lämmityskokeissa perunan vioittumista pyrittiin vähentämään lämmittämällä peruna 10 - 15 °C lämpötilaan ennen lajittelua. Lämmityksen avulla mustelmoituminen vähenikin selvästi. Muilta osin tulokset olivat ristiriitaisia. Muun tyyppiset vioitukset jopa lisääntyivät lämmityksen seurauksena. Tulokseen vaikuttivat erittäin paljon lämmitettävän perunan ominaisuudet. Lämmitys näyttäisi olevan kannattavaa vain silloin, kun tiedetään perunan olevan herkästi mustelmoituvaa. Lämmityksen vaikutusten tarkempi selvittäminen vaatisi oman tutkimuksensa, jossa olisi mahdollista testata useampia erilaisia perunalajikkeita.

Tilakäynneillä tutkituissa perunanäytteissä suurin osa mekaanisista vioituksista oli tullut perunan nostossa ja varastoinnissa. Vioitusten vähentämisen tuleekin alkaa jo perunapellolla. Ensimmäinen vaatimus on oikea viljelytekniikka. Peruna on saatava tuleentumaan ajoissa, jotta se ehtii kehittää vahvan kuoren ja jotta perunan nosto ei jää liian myöhään syksyyn. Seuraava vaatimus on oikea nosto- ja varastointitekniikka. Peruna on saatava ehjänä varastoon. Kolmanneksi tulee hellävarainen ja huolellinen lajittelu.

Viljelijäpakkaamojen työoloissa oli yleensä paljon parantamisen varaa. Pahimmat ongelmat olivat työympäristön pölyisyys ja kylmyys. Puutteita oli myös käsinvalintatason valaistuksessa.

Pöly on paitsi epämukavuustekijä myös terveysriski. Hienopölypitoisuus käsinvalintatasolla oli pakkaamoissa 0,6 - 30 mg/m<sup>3</sup>. Lajittelutyössä olisi suositeltavaa käyttää P2-luokan hengityksensuojainta.

Monessa pakkaamossa työskenneltiin + 4 °C:n lämpötilassa. Työskentelylämpötilan pitäisi olla vähintään 15 °C, mieluummin enemmän. Jos pakkaamossa on erilliset lajittelutilat, niin ainakin käsinvalintatasolle kannattaisi järjestää kohdelämmitys.

Valaistusvoimakkuus käsinvalintatasolla vaihteli välillä 200 - 4000 lx. Sopivana valaistusvoimakkuutena käsinvalintatasolla voidaan pitää 1500 lx. Tasainen valaistus saadaan esimerkiksi 2 x 60 W loistevalaisimella. Valaisimien tulisi olla värintoistokyvyltään erittäin hyviä (luokka 1a) ja pölyltä suojattuja.

## 7. SAMMANFATTNING

### Sorteringens och paketeringens inverkan på matpotatisens kvalitet

Undersökningen består av tre delar: en intervju i form av ett frågeformulär som sändes till potatisodlingsgårdar, studier utförda på gårdar och laboratorieförsök med sortering, uppvärmning och lagring av potatis. Resultaten av intervjun presenteras i figurerna 10 - 29 och tabellerna 1 - 17. Mätningarna och testerna på gårdar presenteras i figurerna 30 - 40 och tabellerna 18 - 23. Resultaten av laboratorieförsöken presenteras i figurerna 41 - 59 och tabellerna 24 - 60.

De mekaniska skador som olika led i sorterings- och förpackningslinjerna åsamkar potatisen undersöktes genom att ta prov av potatisen efter varje maskin eller anordning i linjen. Vilken inverkan sorterartypen och inställningen av sorteraren har på potatisskadorna undersöktes i separata försök. Dessutom undersöktes möjligheten att minska skadorna genom att höja potatisens temperatur med olika metoder före sorteringen. Potatiskvaliteten i gårdspackerier undersöktes genom att ta prov av potatisen före och efter sorteringen i 25 gårdspackerier.

I sorterings- och förpackningslinjen skadade sorteringsmaskinen potatisen mest. Maskinens funktionsprincip och utförande, "finish", inverkade på skadornas typ och omfattning. Med utförande avses här madrasseringar dvs. mjuka ytmaterial, fall, vassa hörn och dylika detaljer. Näst mest skador uppstod i paketeringen av potatisen: potatisknölarna stöttes i paketeringselevatorer och vid paketering i storlådor på 1 m<sup>3</sup>. Orsaken var rätt stora fallhöjder och avsaknad av madrasseringar. Vid urtipping av storlådor i linjens påmatningsficka skadades knölarna något mindre än väntat. Orsaken till detta var troligen att påmatningsfickan var relativt låg och försedd med madrasseringar samt att lådorna tippades försiktigt. I alla skeden av sorteringen skadades stora knölar mer än små.

En betydande del av skadorna berodde på att knölarna föll på något hårt underlag. Knölarna kan skadas även av ett mycket lågt fall när de faller på ett hårt underlag. Fall på hårt underlag förekom mellan olika maskiner och anordningar i linjen, men också i själva maskinerna och anordningarna. Också i utförandet av dessa fanns rum för förbättringar. I vissa anordningar saknades madrasseringar helt eller delvis. I anordningarna kan även finnas vassa kanter som skadar knölarna. Det är skäl att montera madrasseringar och falldämpare överallt där knölarna faller på hårt underlag eller stöter mot något hårt föremål. Falldämpare består vanligen av duk upphängd i ett fall för att forma en mellannivå för potatisen att falla på. Speciellt viktigt är det att använda falldämpare vid fyllning av storlådor. Då och då bör man också kontrollera skicket på redan befintliga madrasseringar.

Typen av sorteringsmaskin hade en märkbar inverkan på potatisskadorna. I försöket jämfördes rullsorterare, skaksållsorterare och en typ som här skall kallas kastsållsorterare. I skaksållsorterare drivs sållen av en vevaxel, som ger sållen en kombinerad horisontell

och vertikal rörelse. I kastsållsorterare dras sållen ner, varefter fjädrar stöter upp sållen tillbaka till deras normala position. Sållrörelsen är diagonal. Av dessa tre sorterartyper var kastsållsorterare den skonsammaste. I skaksållsorterare var krosskador och stötblått typiska skador. Skadorna ökade när sållets hastighet eller matningen med potatis ökade. I rullsorterare fick knölarna förutom kross- och stötblåskador även något flossighet och stötskador. I denna sorterartyp minskade skadorna med ökad matning. På flossigheten och stötblånaderna invercade dock potatisens egenskaper märkbart.

Beträffande sorteringsnoggrannheten var kastsållsorterare den bästa och skaksållsorterare den sämsta sorterartypen av dem som var med i försöket. Rullsorteraren placerade sig mellan de båda sållsorterartyperna nära skaksållsorteraren, dvs. rullsorteraren var klart sämre än kastsållsorteraren. Ökning av matningen försämrade sorteringsnoggrannheten för de andra sorterarna utom för kastsållsorteraren.

I ett förvärmningsförsök strävade vi efter att minska skadorna på potatisen genom att värma den till 10 - 15 °C före sorteringen. Det visade sig också att förvärmningen klart minskade uppkomsten av stötblått. Till övriga delar var resultaten motstridiga: de övriga skadetyperna till och med ökade till följd av förvärmningen. På resultatet invercade potatisens egenskaper synnerligen mycket. Förvärmning ser ut att vara till nytta bara när man vet att potatisen lätt får stötblåskador. En noggrannare utredning av förvärmningens effekter skulle kräva en egen undersökning, i vilken man kunde testa flera olika potatissorter.

I de potatisprov som studerades vid gårdsbesöken hade största delen av de mekaniska skadorna uppkommit i upptagningen och lagringen. Således borde åtgärderna för att minska skadorna på potatisen börja på potatisåkern. Första kravet är rätt odlingsteknik. Potatisen bör fås att mogna i tid, så att den hinner utveckla ett starkt skal och så att skörden inte behöver ske för sent på hösten. Följande krav är rätt upptagnings- och lagringsteknik; potatisen bör fås oskadd in i lagret. För det tredje krävs en skonsam och omsorgsfull sortering.

Beträffande arbetsförhållandena i gårdspackerierna fanns det i allmänhet mycket rum för förbättringar. De värsta problemen var damm och kyla i arbetsmiljön. Det fanns också brister i belysningen av handrensbordet.

Förutom att dammet är obehagligt i arbetsmiljön är det också en hälsorisk. Halten av findamm vid packeriernas handrensbord var 0,6 - 30 mg/m<sup>3</sup>. I sorteringsarbetet borde man använda andningsskydd av klass P2.

I många packerier arbetade man i en temperatur av + 4 °C. Lagom arbetstemperatur kan man anse vara minst + 15 °C. Om packeriet har ett separat sorteringsrum, så att värmeanordningar kan placeras där utan att värme sprids till lagret, bör man ordna punktuppvärmning åtminstone vid handrensbordet.

Ljusstyrkan vid handrensbordet varierade mellan 200 och 4000 lx. Lagom ljusstyrka vid handrensbordet kan anses vara 1500 lx. En jämn belysning erhålls t.ex. med en 2 × 60 W lysrörsarmatur. Belysningsanordningarna bör ha mycket god färgåtergivning (klass 1a) och vara dammskyddade.

## 8. SUMMARY

The study consists of three parts which are a query, tests done on farms and grading, heating and storing tests done in laboratory. The results of the query are presented in pictures 10 - 29 and tables 1 - 17. Pictures 30 - 40 and tables 18 - 23 present the measurements and tests done on farms. The results of the grading, heating and storing tests are presented in pictures 41 - 59 and tables 24 - 60.

The mechanical damages that different stages in the sorting and packing lines cause to the potatoes were studied by taking potato samples after each machine or device in the line. The influence of the type of grader and the adjustments of the grader were examined in separate studies. Furthermore it was studied how raising the temperature of the potatoes with different methods before sorting affect the damages of the potatoes. The potato quality in packing departments on farms was examined by taking potato samples before and after the sorting on 25 farms.

In the sorting and packing line the grader caused most damage to the potatoes. The type and degree of the damages were affected by the principle and finish of the grader. In this case "finish" refers to paddings, descents, sharp corners and other such details. The second place in importance regarding damage to the tubers was the packing. The tubers were battered when passing elevators and being packed into 1 m<sup>3</sup> big pallet boxes. The reason for this was rather high drops and lack of paddings. When potatoes were dumped from pallet boxes into the feed hopper of the line, the tubers were a little less damaged than expected. The reason for this was probably that the feed hopper was fairly low and equipped with paddings and that the boxes were tipped carefully. In all phases of the sorting, big tubers were more damaged than small ones.

A considerable part of the damages were caused by drops where the tubers fell on a hard surface. A tuber can become damaged even in a very low drop if it falls on a hard surface. There were such descents between the different devices of the line, but also in the devices themselves. There was also room for improvements in the finish of the equipment. In some equipment paddings were completely or partly missing. There may also be sharp edges in the equipment which damage the tubers. It is advisable to fit paddings and shock eliminators everywhere, where the tubers fall on a hard surface or hit some other hard part. Shock eliminators usually consist of canvas hanged in a descent to form an intermediate level for the tubers to fall on. It is important to use shock eliminators especially when filling pallet boxes. It is also worth checking the condition of already existing paddings now and then.

The type of the grader had a considerable influence on the damages of the tubers. Roller grader, reciprocating screen grader and shock-type screen grader were compared in the study. In the reciprocating screen grader the screens are driven by a crankshaft which imparts a combined horizontal and vertical movement to the screens. In the shock-type grader the whole screens are drawn downwards after which springs bounce the screens back to their normal position. The movement of screens is diagonal. The shock-

type grader was the most gentle one. In the reciprocating screen grader typical damages were cracks and black spot. The damages increased with increased speed of the screen or increased feeding (flow) of tubers. In the roller grader the tubers also got somewhat skinning and bruise damages except cracks and black spot. In this type of grader the damages decreased when feeding was increased. However, the occurrence of skinning and black spot was much affected by the properties of the potatoes.

Regarding grading accuracy the shock-type grader was the best one, whereas the reciprocating screen grader was the worst one. The roller grader placed between the two screen graders close to the reciprocating screen grader, in other words the roller grader was definitely worse than the shock-type grader. Increasing of the feeding rate decreased the sorting accuracy of the other graders except of the shock-type grader.

In a heating experiment the effect on damages of heating the potatoes to 10 - 15 °C before sorting was examined. The heating decreased the occurrence of black spot considerably. Regarding other types of damages the results were conflicting; other damages even increased due to the heating. The effect of the heating was very much affected by the properties of the potatoes. Heating seems to be justified only when it is known that the potatoes to be handled easily get black spot. A more detailed examination of the effects of heating would require a separate study, in which it would be possible to test different varieties of potatoes.

In the potato samples analysed at the visits on farms the largest proportion of the mechanical damages had arisen in the lifting and storage of the potatoes. Thus, the measures to reduce damages should start in the field. The first requirement is a right cultivation technique. The potatoes should ripen in time, so that they have time to develop a strong skin and so that they do not have to be harvested too late in the autumn. The next requirement is a right harvesting and storage technique; the potatoes should be brought undamaged into the store. In the third place a gentle and careful sorting is required.

There was generally much room for improvements in the working conditions in the packing departments on the farms. The worst problem was dusty and cold working environment. There were also deficiencies in the illumination of the picking table.

Except that dust is unpleasant in the working environment it is also a health hazard. The content of fine dust around the picking table on the farms was 0,6 - 30 mg/m<sup>3</sup>. It is recommended to use a breathing mask of class P2 in the sorting work.

In the packing department on many farms people worked in a temperature of + 4 °C. A good working temperature can be considered to be at least + 15 °C. If there is a separate sorting room, so that heat sources can be placed there without that they raise the temperature of the actual store, it is advisable to equip at least the picking table with a point-source heater.

The illuminance at the picking table varied between 200 and 4000 lx. A good illuminance at the picking table can be considered to be 1500 lx. An even illumination is achieved for instance with a 2 × 60 W fluorescent light fitting. The light fixtures should have a very good reproduction of light (class 1a) and should be protected against dust.



## 9. KIRJALLISUUSLUETTELO

- ANON. 1981. Potatisens skador och sjukdomar. Illustrerad exempelsamling. Svensk Matpotatiskontroll. 27 s. Stockholm.
- \_\_\_ 1986. Valaistussuosituksset. Sisävalaistus. Suomen Valoteknillinen Seura r.y:n julkaisuja nro 9 - 1986. Helsinki 1986.
- \_\_\_ 1987. HTP-arvot 1987. Työsuojeluhallituksen turvallisuustiedote 25: 1 - 43.
- ARNFELDT, J., DAHL, M. & VENDELBO, P. 1984. Beskadigelsernes opståen i kartoffelforsyningskæden. Bioteknisk Institut beretning Nr. 119. 41 s. Kolding.
- BACHTHALER, G. & HUNNIUS, W. 1971. Phosphatdüngung und Vollernteverträglichkeit. Kartoffelbau 22, 9: 238 - 239.
- BISHOP, C. & MAUNDER, W. 1980. Potato mechanisation and storage. 256 s. Ipswich.
- DAMBROTH, M. 1967. Der Einfluss von Umwelt und pflanzenbaulichen Massnahmen auf die spezifische Widerstandsfähigkeit von Kartoffelknollen gegen mechanische Belastungen. Diss. Univ. Giessen. 122 s.
- HAAN, P. de. 1981. Damage to potatoes. Storage of potatoes, ed. A. Rastovski, s. 389 - 400. Wageningen.
- HAMPSON, C., DENT, T. & GINGER, W. 1980. The effect of mechanical damage on potato crop wastage during storage. Annl. appl. Biol. 96: 366 - 370.
- HIDE, G. & LAPWOOD, P. 1978. Disease aspects of potato production. The Potato Crop. The scientific basis for improvement, ed. E. Harris, s. 407 - 436.
- HUGHES, J. 1980. Role of tuber properties in determining susceptibility of potatoes to damage. Annl. appl. Biol. 96: 344 - 345
- HUNNIUS, W., BACHTHALER, G. & FUCHS, G. 1969. Beeinflussung der Knollenbeschädigungen bei Vollernte. Kartoffelbau 20, 7:203 - 206.
- \_\_\_, BACHTHALER, G. & MUNZERT, M. 1972. Zum einfluss des Stickstoffs auf die Vollernteverträglichkeit der Kartoffelknolle. Potato Res. 15: 54 - 66.

- \_\_\_ & MUNZERT, M. 1976. Der Einfluss des Jahres- und Erntewitterung auf die Knollebeschädigungen von Kartoffelsorten. Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau 142: 237 - 247.
- KAMPP, J. 1989. Udvikling af en standardiseret metode til bedømmelse af kartoflers stødfølsomhed. Bioteknisk Institut beretning nr. 144. 49 s. Kolding.
- \_\_\_ 1991. The electronic potato. Bioteknisk Institut Newsletter 1, February 1991. 2 s.
- KEMPEN, P. van. 1991. Intérêt des matériaux de protection pour limiter l'endommagement des tubercules. Pomme de Terre Française 53: 193 - 196.
- KILLICK, R. & McARTHUR, A. 1980. The relationship between bruising and specific gravity in some potato varieties. Potato Res. 23: 457 - 461.
- KUISMA, P. 1986. Perunan tarkennettu ravinteiden käyttö. Käytännön Maamies 5/1986: 64 - 66.
- LARSSON, K. & BENGTTSSON, N. 1987. Mekaniska skador på matpotatis i olika hanteringsled. Jordbrukstekniska institutet Meddelande nr 414. 56 s. Uppsala.
- LARSSON, L-E. 1982. Dammreducerande åtgärder vid spannmålshantering. Jordbrukstekniska inst. Medd. 393: 1 - 55.
- LEPPACK, E. 1990. Beschädigungsempfindlichkeit von Kartoffeln durch Anwärmen vermindern. Kartoffelbau 41, 10: 384 - 387.
- MATTILA, T. & VIROLAINEN, V. 1989. Hellävarainen perunankorjuu. VAKOLAn tutkimusselostus 53. 98 s. Vihti.
- MISENER, G. C., MCLEOD, C. D. & MCMILLAN, L. P. 1992. Identification of mechanical injury of potatoes on packing lines. Canadian Agricultural Engineering 34: 55 - 59.
- MORROW, C. T. & RUSCITTI, T. 1989. Potential bruising locations in potato handling equipment. An ASAE/CSAE meeting presentation, Paper No. 89 - 3029. 7 s. Quebec.

- MUSTONEN, J. 1983. Lajittelun ja lajittelunjälkeisen varastoinnin vaikutus ruokaperunan ulkoiseen laatuun. Helsingin yliopisto. Kasvinviljelytieteen laitos. Pro gradu -työ. 86 s.
- MUSTONEN, L. 1992. Ruokaperunan laatu. Tummumisreaktiot ja mustelmoituminen. Suomen Perunaseuran julkaisu 1/1992: 1 - 4.
- NISSEN, G. 1986. Den elektroniske kartoffel. Bioteknisk Institut beretning nr. 136: 1 - 65 s. Kolding.
- OIKARINEN, M. 1993. Perunan kaksivaiheinen korjuu. Helsingin yliopisto. Maa- ja kotitalousteknologian laitos. Pro gradu -työ. 86 s. Helsinki.
- ROGER-LEWIS, D. 1980. Methods of reducing damage in maincrop potatoes. *Ann. appl. Biol.* 96: 345 - 349.
- SEPPÄNEN, E. 1972. The resistance of ten potato varieties to mechanical injury. *J. of the Sci. Agric. Soc. of Finland* 44: 93 - 97.
- SEPPÄNEN, E. 1979. Siemenperuna ja varastotaudit. Suomen Perunaseuran talviseminaari (1979). Esitelmämoniste: 5.1. - 5.4.
- SMITTLE, D., THORNTON, R., PETERSON, C. & DEAN, B. 1974. Harvesting potatoes with minimum damage. *Am. Potato J.* 51: 152 - 164.
- SPECHT, A. 1966. Schaffung optimaler Rodebedingungen für den Kartoffelsammelroder, Möglichkeiten und Aussichten einer beschädigungsarmen Kartoffelernte. *KTBL-Versuchsbericht, Versuchsstation Dethlingen 1966: 20 - 27.*
- TAYLOR, J. 1988. The electronic potato. *Potato world* 3: 34 - 38.
- TRENCKMANN, S. 1988. Die Entwärmung von Kartoffeln. *Kartoffelbau* 39, 12: 405 - 406.
- UMÆRUS, M. & UMÆRUS, V. 1976. Förädling för motståndskraft mot mekaniska skador i potatis. *Sveriges Utsädeförenings Tidskrift* 86: 41 - 64.
- VARIS, E. 1973. The effects of increasing NPK rates on the yield and quality of the Pito potato. II. External and internal quality. *Acta Agr. Fennica* 128, 2: 1 - 23

WILCOCKSON, S., GRIFFITH, R. & ALLEN, E. 1980. Effects of maturity on susceptibility to damage. *Ann. Appl. Biol.* 96: 349 - 353.

VOTOPPAUL, B. 1988. Die Rolle der Temperatur bei mechanischen Beschädigung der Kartoffel. *Produktion-Lagerung-Vermarktung von Pflanz- und Speisekartoffeln.* s. 181 - 184.

Liite 1  
Tilakyselylomake

**TÄYTTÖOHJE:** Ympäroi oikea/oikeat vaihtoehdot, täytä tyhjät kohdat tekstaamalla.

Nimi \_\_\_\_\_  
Osoite \_\_\_\_\_  
Puhelin \_\_\_\_\_  
Sijaintikunta \_\_\_\_\_

**VILJELY**

1. Käytössä oleva peltoala, \_\_\_\_\_ ha,  
josta ruokaperunaa \_\_\_\_\_ ha siemenperunaa \_\_\_\_\_ ha  
ruokateollisuusperunaa \_\_\_\_\_ ha tärkkelysperunaa \_\_\_\_\_ ha
2. Nostokoneen merkki \_\_\_\_\_  
malli \_\_\_\_\_  
ikä \_\_\_\_\_ v
3. Kauppakunnostetaanko tilalla muiden viljelijöiden toimittamaa perunaa? 1 Kyllä \_\_\_\_\_ tn/v  
2 Ei
4. Kuinka suuri osuus perunan viljelyllä sekä lajittelu- ja pakkaustoiminnalla on tilanne kokonaistuloista? \_\_\_\_\_ %

**PERUNAVARASTO**

5. Perunavaraston tyyppi \_\_\_\_\_  
Varaston kapasiteetti \_\_\_\_\_ tn 1 Irtovarasto  
2 Laatikkovarasto  
3 Muu, mikä? \_\_\_\_\_
6. Onko varastossa koneellinen jäähdytysjärjestelmä? 1 Kyllä  
2 Ei
7. Millainen on varaston tuuletusjärjestelmä? 1 Seinätuuletus  
2 Lattiatuuletus  
3 Irtopuhaltimet
8. Onko ilmastointijärjestelmä 1 Käsikäyttöinen  
2 Automaattinen

**PERUNAN LAJITTELU JA PAKKAUS**

9. Perunat lajitellaan? 1 Käsillä  
2 Koneella
10. Onko perunavarastossa erillinen lajittelutila? 1 Kyllä \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>  
2 Ei

11. Lämmitetäänkö perunaa ennen lajittelua? 1 Kyllä  
2 Ei

Millä tavalla perunaa lämmitetään (lämmitysaika, lämpötila, lämmitysmenetelmä)?  
\_\_\_\_\_

12. Perunan varastostaottomenetelmä, jos irtovarasto \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

13. Minkälainen trukki on käytössä? 1 Ei truckia 4  
Kaasutrucki  
2 Käsikäyttöinen 5  
Sähkötrukki  
3 Dieseltrukki/traktori

14. Kerätäänkö märkämätäiset perunat pois linjan alussa? 1 Kyllä  
2 Ei

15. Tyhjennyssuppilon materiaali \_\_\_\_\_

- Onko suppilossa pehmusteita? 1 Kyllä  
2 Ei

16. Syöttölaitteen merkki ja malli \_\_\_\_\_

17. Kuljettimen merkki ja malli \_\_\_\_\_

18. Lajittelukoneen merkki ja malli \_\_\_\_\_

Lajittelukoneen ikä \_\_\_\_\_ v

19. Onko lajittelukoneessa verkkoseulat? 1 Kyllä  
2 Ei

Verkkoseulojen tyyppi (esim. edestakaisin liikkuva)? \_\_\_\_\_

- Ovatko verkkoseulat 1 Metallipintaisia  
2 Muovipinnoitettuja

20. Onko lajittelukoneessa kiekkolajittelija? 1 Kyllä  
2 Ei

21. Onko pakkaamossa harjauslaite? 1 Kyllä  
2 Ei

Harjauslaitteen merkki ja malli \_\_\_\_\_

22. Onko harjauslaitteessa pölynimuri? 1 Kyllä  
2 Ei

Onko muualla imureita? \_\_\_\_\_

- Kostutetaanko perunoita pölyämisen estämiseksi? 1 Kyllä  
2 Ei

23. Rullapöydän (käsinlajittelutason) merkki ja malli \_\_\_\_\_  
 Pyörivätkö rullat akselinsa ympäri? 1 Kyllä  
 (kts. kuva) 2 Ei
- Liikkuvatko rullat lajittelusuuntaan? 1 Kyllä  
 (liikkuva rullamatto, kts. kuva) 2 Ei
24. Onko käsinlajittelutasolla kohdevalo? 1 Kyllä  
 2 Ei
- Valaisimen tyyppi ja teho (W)? \_\_\_\_\_  
 Etäisyys käsinlajittelutasosta \_\_\_\_\_ cm
25. Onko tilalla pakkauslaitteet? 1 Kyllä  
 2 Ei
- Laitteiden merkki ja malli \_\_\_\_\_  
 Laitteiden ikä \_\_\_\_\_ v

#### ONGELMAKOHDAT

26. Kuinka suuri on arvioitu keskimääräinen lajittelutappio? \_\_\_\_\_%
27. Aiheuttaako kauppakunnostus perunaan mekaanisia vikoja (kuoriutumista, halkeamia, viiltoja ym.)? 1  
 Kyllä, \_\_\_\_\_% perunoista viallisia  
 2 Ei
28. Mitkä laitteet vioittavat perunaa eniten varastosta otossa, kauppakunnostuksessa ja pakkaamisessa?  
 1 \_\_\_\_\_  
 2 \_\_\_\_\_  
 3 \_\_\_\_\_
29. Aiheuttaako kauppakunnostus vihertymistä? 1 Kyllä  
 2 Ei
30. Mitkä ovat pahimmat ongelmat perunan varastosta otossa, kauppakunnostuksessa ja pakkaamisessa?  
 1 \_\_\_\_\_  
 2 \_\_\_\_\_  
 3 \_\_\_\_\_
31. Mikä on mielestänne perunavaraston, pakkaamotilojen ja laitteiden taso tilallanne?

	Erittäin hyvä	Hyvä	Tyydyttävä	Melko huono	Huono
Varastotilat	1	2	3	4	5
Pakkaamotilat	1	2	3	4	5
Laitteet	1	2	3	4	5

32. Olisiko työskentelyolosuhteita parannettava, miten? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

### TYÖVOIMA/JAKELU

33. Työvoima perunan lajittelussa ja pakkauksessa? \_\_\_\_\_ henkilöä

34. Tilalla vuodessa pakattavan perunan määrä? \_\_\_\_\_ tonnia

35. Montako prosenttia perunoista pakataan seuraaviin pakkauksiin?

1 Paperisäkki 10 kg	_____ %	7 Pahvilaatikko, koko _____ kg	_____
%			
2 Paperisäkki 15 kg	_____ %	8 Rullakko, koko _____ kg	_____
%			
3 Paperisäkki 25 kg	_____ %	9 Muovipussi, koko _____ kg	_____
%			
4 Paperisäkki 40 kg	_____ %	10 Muu, mikä? _____	_____
%			
5 Paperipussi 2,5 kg	_____ %	11 Muu, mikä? _____	_____
%			
6 Kontti, koko _____ kg	_____ %	12 Muu, mikä? _____	_____
%			

36. Montako % ruokaperunastanne menee

1 Suoraan kauppaan	_____ %
2 Tukkuliikkeeseen	_____ %
3 Laitoskeittiöön	_____ %
4 Muualle, mihin? _____	_____ %



## LIITE 2

### Kokeissa käytetyn perunan viljelmätiedot

	1992	1993
Lajike	Sabina	Hertha
Maalaji, multav	HHt, m	HHt, m
pH	5,5	6,2
Ca	1200	1260
P	17	16
K	160	330
Mg	90	96
Esikasvi	1989 kaura 1990 ohra	1990 kaura 1991 ohra
Muokkaus	Jyrsinmuokk. 15 cm	Jyrsinmuokk. 15 cm
Lannoitus	Yklv 2 800 kg/ha	Yklv 2 700 kg/ha
Siemen	PETLA, 30-50 mm	30-50 mm
Istutustiheys	28 cm	24 cm
Istutuspm	16.5. EHO 242S	16.5. EHO 242S
Rikkakasvien torjunta	Faneron Combi 2,0 l/ha 14.6.	Igran 2,3 l/ha 4.6.
Multaus	Ennen kasvuston sulkeutumista 8.7.	-
Rutontorjunta	Ridomil MZ 23.7. Maneba 9. ja 20.8.	Dithane 6.7., 16.7. ja 24.7.
Sadonkorjuu	12.9. Super Faun suoraan varas- tolaatikkoon	27.8. Underhaug 2200 suoraan varastolaatikkoon



## 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. Kylmäilma-kuivurin 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. | KERVINEN, J. & SUOKANNAS, A. Kiedotun pyöröpaalisäilörehun valmistustekniikka ja laatu. 1993.   |
| 65. | SARIOLA, J., LEPPÄLÄ, J. Hellävarainen perunan kauppakunnostus. 1993.   |
| 66. | KAPUINEN, P. Naudanlihan tuotantomenetelmät ja -rakennukset II. 1993.   |

