



MTTK

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

Tiedote 10/91

ERJA HUUSELA-VEISTOLA, KATRI PAHKALA ja TIMO MELA
Kasvintuotannon tutkimuslaitos

Peltokasvit sellun ja paperin raaka-aineena

Kirjallisuuskatsaus

JOKIOINEN 1991
ISSN 0359-7652

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

TIEDOTE 10/91

ERJA HUUSELA-VEISTOLA, KATRI PAHKALA JA TIMO MELA

Peltokasvit sellun ja paperin raaka-aineena

Kirjallisuustutkimus

Maatalouden tutkimuskeskus

Kasvintuotannon tutkimuslaitos

Kasvinviljelyn tutkimusala

31600 JOKIOINEN

(916-88 111)

ISSN 0359-7652

Esipuhe

Elintarvikkeiden tuotannossa olevaa peltoalaa olisi Suomessa supistettava useita satoja tuhansia hehtaareita lyhyen ajan kuluessa.

Tästä syystä vaihtoehtoiseen käyttöön, kuten teollisuuden raaka-aineeksi, sopivien viljelykasvien etsiminen ja tutkiminen on hyvin ajankohtaista.

Monissa maissa käytetään peltokasvien kuitua paperin valmistukseen. Meillä Suomessa voitaisiin ajatella sekoitettavaksi peltokasvikuitua puukuituun, mikäli sopivan laatuista kuitua tuottava peltokasvi löytyisi. Kuitua voitaisiin näin viljellä merkittävän suuruisella peltoalalla.

Kuidun laadun lisäksi tuotantokustannuksilla on ratkaiseva merkitys. Vasta silloin, kun kuidun raaka-aineen viljely, varastointi, kuljetus ja prosessointi muodostavat teknillisesti ja taloudellisesti hyväksyttävän kokonaisuuden, voidaan edetä käytännön toteutukseen.

Käsillä oleva selvitys liittyy Maatilatalouden kehittämisrahaston osittain rahoittamaan tutkimukseen, jossa selvitetään alustavasti Suomessa viihtyvien viljelykasvien soveltuvuutta kuitutuotantoon. Tutkimukseen osallistuvat Maatalouden tutkimuskeskuksen lisäksi Helsingin yliopisto, Joensuun yliopisto, Keskuslaboratorio Oy ja OK+Gas.

Jokioisissa huhtikuussa 1991

Timo Mela

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ	1
1. JOHDANTO	2
2. PELTOSELLUN TUOTANTO	3
3. AIKAISEMMAT TUTKIMUKSET	7
3.1 Agro-Fiber -projekti	7
3.2 Leben-projekti	8
4. PELTOKASVIEN KUITUOMINAISUUDET	8
4.1 Fysikaaliset ominaisuudet	8
4.2 Kemialliset ominaisuudet	9
5. KASVILAJIT, TUOTANTOTAVAT JA VILJELYTEKNIikka	13
5.1 Olki	13
5.2 Pellava	17
5.3 Hamppu	20
5.4 Heinät ja palkokasvit	20
6. AGROSELLUN RAAKA-AINEEN LAATUVAATIMUKSET JA SADON VÄRÄSTOINTI	22
7. ESIKÄSITTELY JA SIVUTUOTTEET	24
8. SELLUN VALMISTUSMENETELMÄT	25
9. AGROSELLUN KÄYTTÖ PAPERIN VALMISTUKSEEN	26
10. AGROSELLUN KÄYTÖN TALOUDELLISET EDELLYTYKSET	27
11. TULEVAISUUDEN NÄKYMÄT	28
KIRJALLISUUS	30

TIIVISTELMÄ

Ruohovartisista kasveista valmistetun sellun osuus on noin 3 - 9% sellun kokonaistuotannosta maailmassa. Suurimmat tuottajamaat ovat Aasiassa ja Latinalaisessa Amerikassa. Raaka-aineena käytetään määrällisesti eniten olkea, sokeriruohon puristusjätettä eli bagassea ja bambua. Pellavan ja hampun niinikuitua, espartoheinää ja puuvillaa käytetään erikoispapereihin tarkoitettun sellun valmistukseen. Myös muiden peltokasvien soveltuvuutta sellun raaka-aineeksi on tutkittu.

Selluloosaa ja paperia voidaan valmistaa peltokasveista periaatteessa samoilla menetelmillä kuin puusta. Peltokasvien ligniinipitoisuus on pienempi kuin puun ja ne keittyvät nopeammin. Useimpien peltokasvien kuidut ovat lyhyitä ja muistuttavat lehtipuukuituja. Peltokasveissa on kuitenkin myös hyvin lyhyitä kuituja, mitkä hidastavat veden poistumista sellun ja paperin valmistuksen eri vaiheissa. Kasvilaji ja -lajike, kasvin ikä ja viljelyolosuhteet vaikuttavat peltokuitujen kemialliseen koostumukseen ja sellun valkaisussa käytettyihin menetelmiin. Peltosellu antaa paperille tasaisen ja tiiviin pintarakenteen, kun sitä käytetään yhdessä havupuusellun kanssa. Peltosellulla voidaan korvata ulkomailta tuotua lyhytkuituista puuraaka-ainetta. Käytön lisääntyminen on kuitenkin aina sidoksissa puun hintaan ja saatavuuteen.

Heinäkasvien hehtaarilta vuodessa korjattu kokonais- ja kuitusato on noin kaksinkertainen verrattuna kuusen ja koivun tuotokseen. Peltokasvien korjuu, varastointi ja kuljetus sekä mahdollinen esikäsittely ennen selluprosessia vaativat perinteisestä puun käsittelystä poikkeavat menetelmät.

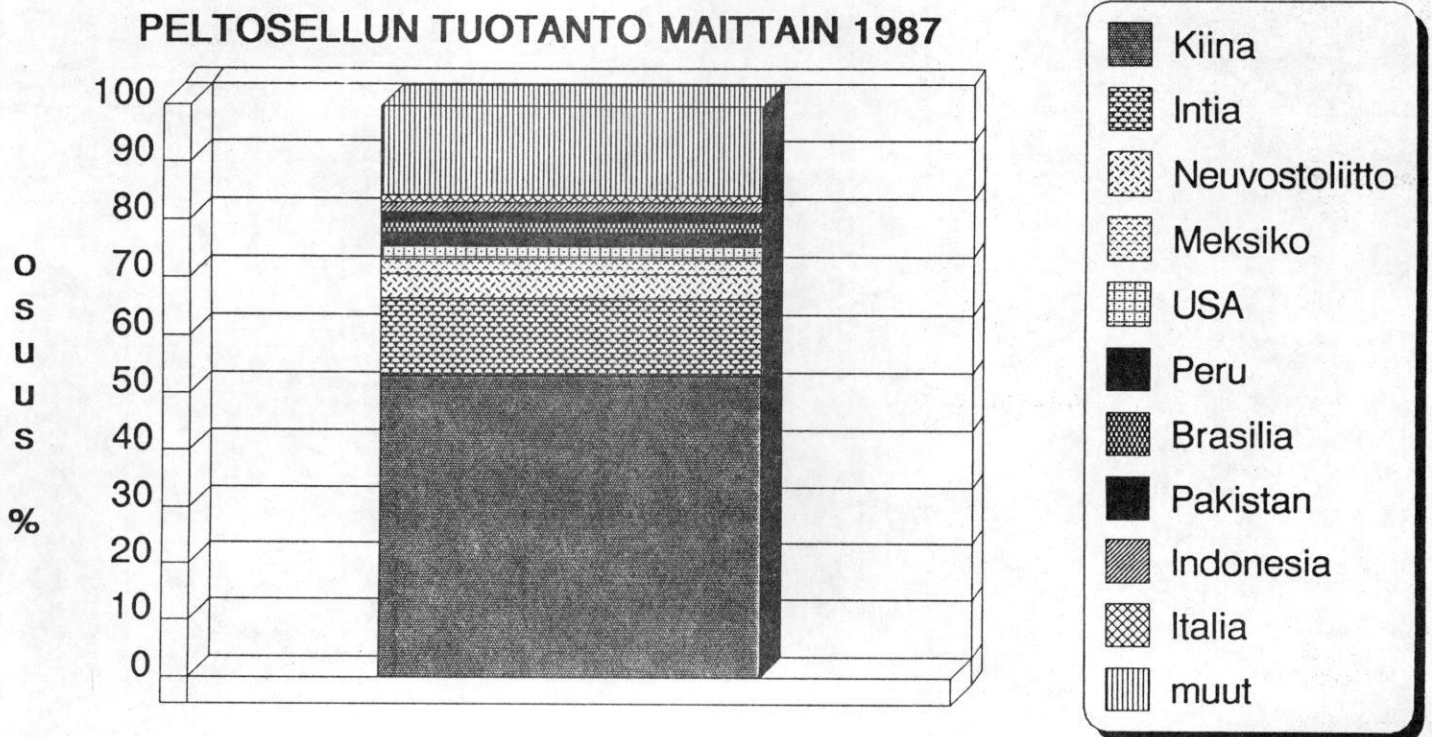
1. JOHDANTO

Paperi-sana juontuu papyruskaislasta, jota jo varhain käytettiin kirjoitus- ja kirjallisuusalustana. Raaka-aineiden kuiduttaminen ja kuitujen muodostaminen arkeiksi keksittiin 100-luvulla Kiinassa (ATCHISON & MCGOVERN 1987). Raaka-aineena käytettiin aluksi tekstiili-jätteitä ja useita ruohovartisista kasveja kuten kiinanruohoa (rami), hamppua, pellavaa sekä mulperipuun kuoren niinisyyttä. Vasta 700-luvulla paperinvalmistustaito levisi Kiinasta Arabimaihien Euroopassa paperia alettiin valmistaa ensimmäiseksi Espanjassa 1000-luvulla. Keski-Euroopassa paperinvalmistus alkoi keskiajan lopulla. Suomen ensimmäinen paperimylly perustettiin 1667 Pohjan pitäjään. Raaka-aineena olivat pellavan ja puuvillan tekstiili-jätteet eli lumput. Lukutaidon yleistymisen ja paperikoneen keksimisen jälkeen, paperin tarve lisääntyi huomattavasti. Koska lumpuja ei ollut riittävästi saatavissa, ryhdyttiin etsimään vaihtoehtoisia raaka-aineita. Oljen käyttö paperin valmistuksessa yleistyi ja oli melko mittavaa, kunnes 1800-luvun puolivälissä onnistuttiin kuiduttamaan puuta paperinvalmistusta varten. Puun käyttö paperin ja sellun raaka-aineena lisääntyi nopeasti ja vanhat kuituraaka-aineet joutuivat väistymään (ATCHISON & MCGOVERN 1987). Nykyisin 91-97 % paperin ja sellun raaka-aineesta on puuta (ATCHISON 1988a, HURTER 1988).

Kiinnostus paperin valmistukseen ruohovartisista (non-wood) kasveista on jälleen kasvanut varsinkin sellaisissa maissa, joissa puuta ei ole riittävästi saatavissa, mutta ruohovartisista raaka-aineita on runsaasti. Peltosellun tuotanto on myös esitetty vaihtoehtoksi ylimääräisten peltohehtaarien käytölle maatalouden ylituotannon kanssa kamppailevissa maissa. Tämän kirjallisuustutkimuksen tarkoituksena on selvittää peltokasvien käyttömahdollisuuksia sellun raaka-aineena ja luoda katsaus meneillään oleviin tutkimushankkeisiin. Kirjallisuustutkimus kuuluu osana Maatilahallituksen ja MTTK:n rahoittamaan tutkimukseen 'Agrokuidun tuotanto- ja käyttömahdollisuudet Suomessa'.

2. PELTOSELLUN TUOTANTO

Monissa maissa, joissa puuvaroja on vähän, sellun tuotanto perustuu pelkästään ruohovartisten kasvien käyttöön (taulukko 2) (ATCHISON 1988a). Ruohovartisten kasvien hyödyntäminen paperinvalmistuksessa on suurinta Aasiassa ja Latinalaisessa Amerikassa (ATCHISON 1987a). Kiina ja Intia tuottavat yhdessä noin kaksi kolmasosaa maailman peltosellusta (kuva 1, ATCHISON 1988a). Peltosellusta valmistetaan tiettyjä erikoispaperilaatuja, kuten setelipapereita, myös sellaisissa maissa, joissa puuta on riittävästi (ATCHISON & MCGOVERN 1987) (liite 1). Ruohovartisten kasvien osuus paperin raaka-aineesta on 1900-luvun loppupuoliskolla kasvanut (taulukko 1, ATCHISON 1989b).



Kuva 1. Eri maiden osuus peltosellun tuotannosta v. 1987 ATCHISONin (1988a) mukaan.

Taulukko 1. Non-wood sellun tuotanto ATCHISONin (1989) mukaan

a) Kokonaistuotanto

b) Vuosittainen kasvu prosentteina

a) KOKONAISTUOTANTO (miljoonaa tonnia)

	VUOSI			
	1975	1980	1985	arvio 1990
puusellu	126.8	139.2	151.2	167.1
non-wood sellu	9.3	11.6	13.3	16.8
non-wood sellun osuus prosentteina	6.8	7.7	8.1	9.1

b) VUOSITTAINEN KASVU PROSENTTEINA

	AIKAVÄLI		
	1975-80	1980-85	1985-90
puusellu	1.9	1.7	2.0
non-wood sellu	4.5	2.7	4.7

Sellunvalmistuksen ruohovartistet raaka-aineet voidaan jakaa kolmeen ryhmään: 1) maataloudessa muun toiminnan ohella syntyvät sivutuotteet (olki, sokeriruo'on puristejäte eli bagasse), 2) kasvit, joista osa on otettu viljelyyn ja osa kerätään luonnosta (bambu, ruoko, heinät ym.) ja 3) kuitukasvit, joita kasvatetaan kuitupitoisuutensa vuoksi muihin tarkoituksiin, mm. tekstiili-teollisuuden raaka-aineeksi (pellava, hamppu, manilahamppu, puuvilla) (MISRA 1980). Morfologisesti peltokuidut voidaan jaotella varsikuituihin (olki, heinät, ruoko, bambu), niinikuituihin (pellava, juutti, hamppu), lehtikuituihin (sisal, manilahamppu) ja siemenkarvoihin (puuvilla) (HURTER 1988). Paperin raaka-aineita on olemassa lukuisia (taulukko 3, HURTER 1988), mutta osa niistä on rajoittunut vain tietyille kasvillisuus-
vyöhykkeille.

Taulukko 2. Sellun kokonaistuotanto ja non-wood sellun osuus eri maissa vuonna 1987 ja arvio non-wood sellun osuudesta vuonna 1990 ATCHISONin (1988a) mukaan.

MAA	1987 sellun kokonais- tuotanto 1000 tonnia	1987 non-wood sellun tuotanto 1000 tonnia	1987 non-wood sellun osuus %	1990 non-wood sellun osuus %(arvio)
Etelä-Afrikka	1549	99	6.4	6.4
Algeria	105	105	100.0	100.0
Egypti	85	85	100.0	100.0
Kenia	80	10	12.5	13.0
Tunisia	21	21	100.0	100.0
Yhdysvallat	53677	373	0.7	0.7
Argentiina	658	140	21.3	17.6
Brasilia	4375	289	6.6	4.6
Kolumbia	333	170	51.1	51.1
Kuuba	180	180	100.0	100.0
Equador	21	15	71.4	71.4
Meksiko	1189	433	36.4	33.6
Peru	335	320	95.5	95.5
Venezuela	160	125	78.1	78.1
Kiina	10679	8122	76.1	76.1
Pohjois-Korea	160	50	47.2	47.2
Vietnam	107	63	58.9	58.9
Bangladesh	119	58	48.7	48.7
Burma	18	18	100.0	100.0
Intia	2790	2040	73.1	73.1
Indonesia	399	262	65.7	42.5
Iran	285	60	21.0	21.0
Irak	101	101	100.0	100.0
Pakistan	294	264	89.8	89.8
Filippiinit	162	33	20.4	20.4
Sri Lanka	17	17	100.0	100.0
Syyria	32	32	100.0	100.0
Taiwan	400	150	37.5	33.3
Thaimaa	104	104	100.0	100.0
Turkki	522	103	19.7	19.7
Bulgaria	303	28	9.2	9.2
Tsekkoslovakia	1228	25	2.0	2.0
DDR	1097	77	7.0	7.0
Unkari	99	22	22.2	28.0
Puola	1019	2	0.2	0.2
Romania	932	102	10.9	10.9
Tanska	146	76	52.0	52.0
Ranska	2310	20	0.9	0.8
Italia	1085	185	17.0	17.0
Hollanti	238	2	0.8	0.7
Iso-Britania	480	17	3.5	3.5
Kreikka	150	60	40.0	40.0
Portugali	1404	45	3.2	3.0
Espanja	1660	130	7.8	7.1
Jugoslavia	734	28	3.8	3.8
Australia	12228	11	0.9	0.9
Neuvostoliitto	12675	625	4.9	4.9

Taulukko 3. Sellun tuotantoon käytettyjä kasveja HURTERin (1988) mukaan

VARSIKUIDUT

viljat	vehnä	Triticum sativum
	kaura	Avena sativa
	ruis	Secale cereal
	ohra	Hordeum vulgare /H.distichon
	riisi	Oryza sativa
	maissi	Zea mays
	durra	Andopogon sorghum
heinät	esparto	Lyganum spartum
	esparto	Stipa tenacissima
		Eulaliopsis binata
		Cymbopogon citratus / C.flexudsos
		Heteropogon controtus
		Imerata cylindrica
		Pennisetum hohenackeri/P. purpureum
		Saccharum bengalense/S. spontaneum
		Themeda cymbaria/T. quadrivalvis/
		Themeda arundinacea
		Tripsacum lusum
		Frianthus ravennaf
	Sorghum halpense	
ruo'ot	järviruoko	Phragmites vulgaris
		Phragmites communis
		Cyperus papyrus
		Phragmites karka
		Arundo donax
	sokeriruoko	Saccharum officinarum
	bambut	Dendrocalamus sp./Bambusa sp.
		Melocanna bambusoldes
		Sinocalamus affinis

NIINIKUIDUT

pellava	Linum usitatissimum
kenaf	Hibiscus cannabinus
juutti	Corchorus capsularis/C. olitorius
hamppu	Cannabis sativa
rami	Boehmeria nivea
	Phorium tenax
	Hibiscus esculentus
	Crotalaria juncea

LEHTIKUIDUT

manilahamppu	Musa textilis
sisal	Agave sisalana
	Agave froucryode
	Neoglazovia varigata
	Palmae sp.

SIEMENKARVAT

puuvilla	Gossypium
kookos	Cocos nucifera

3. AIKAISEMMAT TUTKIMUKSET

Monissa teollistuneissa maissa maatalouden ylituotanto on johtanut tilanteeseen, jossa pelloille tulisi löytää uusia käyttömuotoja. Vaihtoehtona on esitetty peltojen metsittäminen tai perinteisten viljelykasvien käyttäminen teollisuuden raaka-aineena tai energianlähteenä. Peltosellun tuotantoa on tutkittu Yhdysvalloissa (NIESCHLAB et al. 1960a, 1960b, NELSON et al. 1961) ja Euroopassa, mm. Ruotsissa (ANON. 1988a) ja Ranskassa (de CHOU-DENS 1990, MONTIES 1990). Maissa, joissa peltokasvien käyttö sellunvalmistukseen on yleistä, kuten Kiinassa ja Intiassa, varojen puute on usein rajoittanut tutkimusta.

3.1 Agro-Fiber -projekti

Ruotsissa on käynnissä Agro-Fiber -projekti, jossa tutkitaan mahdollisuuksia käyttää peltokasveja lyhytkuituisen sellun tuotantoon. Tutkimus alkoi esitutkimuksella vuonna 1986 ja sitä ovat rahoittaneet Stiftelsen Lantbruksforskning, Skogs och Jordbrukets Forskningsråd, Vattenfall, Sydkraft, Skånska Lantmännen ja De skånska hushållningssällskapen. Projektin vuosibudjetti on ollut noin 8 miljoonaa Skr.

Projekti on jaettu 3 osaprojektiin, jotka ovat keskittyneet omaan erityisalueeseen:

- 1) kasvinviljely ja -jalostus
- 2) esikäsittely

3) kemialliset ominaisuudet ja massantuotanto (ANON 1988a). Projektin tarkoituksena on valita ne kasvit, jotka parhaiten soveltuvat sellun tuotantoon ja kehittää niiden tuotanto- ja käyttömahdollisuuksia. Kokeiltavana on ollut yli 20 kasvia (BERGGREN 1990). Lupaavimmat kasvit tähän mennessä ovat olleet elefanttiheinä (Mischanthus sinensis), ruokohelpi (Phalaris arundinacea), sinimailanen (Medicago sativa) ja rohtomesikkä (Melilotus officinalis) (BERGGREN 1990). Selluloosakuitujen tuottamisen lisäksi on projektissa tutkittu mahdollisuutta tuottaa sivutuotteina energiaa ja proteiinia (BERGGREN 1990).

3.2 LEBEN-projekti

LEBEN (Large European Biomass Energy Network) on Euroopan yhteisön (EC) projekti. Projektin tavoitteena on alueellinen uusiutuvien luonnonvarojen uudelleen kehittäminen. LEBEN-projekti on keskittynyt pääasiassa biomassan tuotantoon ja käyttöön energianlähteenä, mutta se sisältää useita erityisalueita. Eräänä osa-alueena projektissa on biomassan tuottaminen teollisuuden tarpeisiin ja tässä yhtenä vaihtoehtona biomassan käyttö paperiteollisuuden raaka-aineena (ANON. 1988c, GHERI & GRASSI 1989).

4. PELTOKASVIEN KUITUOMINAISUUDET

Kasvikuidut ovat pidentyneitä, kuolleita, onttoja soluja. Kuitumorfologia (muoto ja koko) ja kuituseinämän rakenne vaikuttavat kuidun joustavuuteen, taipuisuuteen ja siitä valmistetun sellun ominaisuuksiin (PARHAM 1983). Peltokuitujen kemiallisia ja fysikaalisia ominaisuuksia on tutkittu melko paljon, mutta tutkimukset eivät aina ole keskenään vertailukelpoisia erilaisten menetelmien vuoksi.

4.1 Fysikaaliset ominaisuudet

Ruohovartisten kuitujen pituudet ja läpimitat vaihtelevat paljon kasvilajeittain, mutta myös kasvin eri osissa. Taulukossa 4 (HURTER 1988) on lueteltu eri kasvikuitujen fysikaalisia ominaisuuksia. Keskimääräinen kuidun pituus on 1-30 mm ja läpimitta 8-30 mikronia. Kuidun pituuden ja läpimitan välinen suhde vaihtelee 50:1 ja 1500:1 välillä. Yleensä varsikuidut ovat lyhyitä ja kooltaan melko samanlaisia kuin lehtipuilla. Kuitenkin varsikuidut, bambua lukuunottamatta, ovat heterogeenisempia kuin lehtipuiden kuidut (HURTER 1988). Niinikuidut ja puuvillakuidut ovat pitkiä ja kapeita (HURTER 1988). Niiden pituuden ja läpimitan välinen suhde on suurin kasvikuiduista (taulukko 4). Osa niinikuiduista on niin pitkiä, että ne pitää katkoa sellunvalmistuksessa (FINEMAN & ANDERSSON 1990).

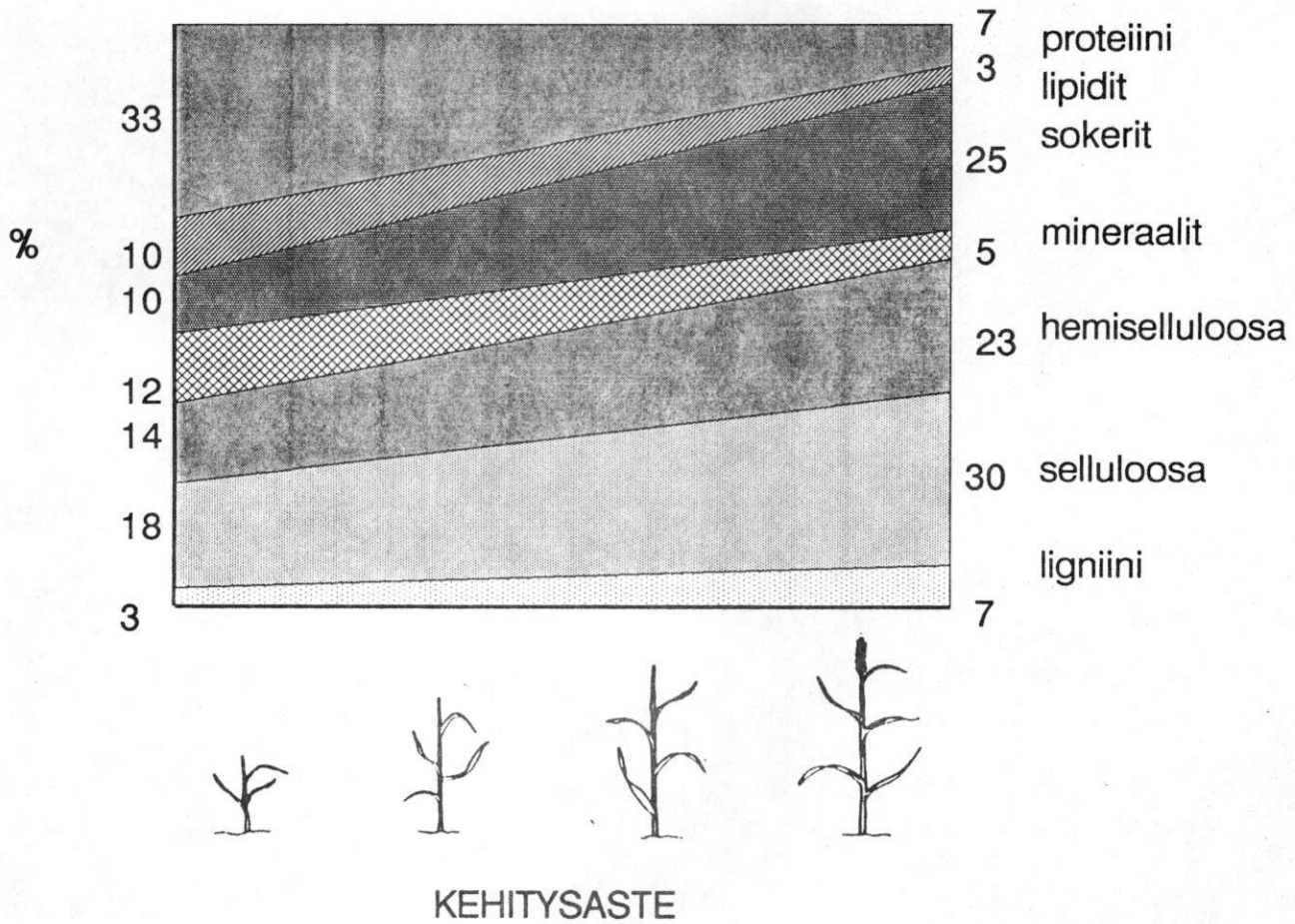
4.2 Kemialliset ominaisuudet

Sellun valmistuksen kannalta tärkeitä ominaisuuksia ovat selluloosapitoisuus, ligniinipitoisuus, tuhkan ja piin määrä sekä mahdollisimman pieni epäpuhtauksien määrä. Peltokuitujen kemiallinen koostumus vaihtelee enemmän kuin puun. Kemialliseen koostumukseen vaikuttavat eri kasvilajien ja lajikkeiden lisäksi kasvin ikä (kuva 2, GILL et al. 1989) ja viljelyolosuhteet (sääolot, maaperä, lannoitus) (STANIFORTH 1979). Myös kasvin eri osissa kemiallinen koostumus voi olla erilainen (STANIFORTH 1979, PETERSEN 1988).

Useimpien peltokuitujen selluloosapitoisuus on yhtä suuri kuin puun (PATEL et al. 1984). Puuvillan ja niinikuitujen selluloosapitoisuudet ovat suurimmat (taulukko 5) (HURTER 1988). Eri lajikkeet voivat myös sisältää eri määriä selluloosaa (KHAN et al. 1977).

Raaka-aineen ligniinipitoisuus on tärkeä ominaisuus sellunvalmistuksessa. Jos ligniinipitoisuus on pieni, tarvitaan sellunvalmistuksessa vähemmän kemikaaleja (STANIFORTH 1979). Kasvien varsikuitujen (viljat, heinät, ruoko, bambu) ligniinipitoisuus on sama tai pienempi kuin puun (taulukko 5, HURTER 1988). Sekä niini- että lehtikuitujen ligniinipitoisuus on pieni puuhun verrattuna.

Suuri piipitoisuus aiheuttaa ongelmia sekä sellunkeitossa että paperin valmistuksessa (JEYASINGAM 1985). Jos raaka-aine sisältää runsaasti piitä, se vaikeuttaa kemikaalien talteenottoa ja heikentää paperin laatua (JEYASINGAM 1985). Varsikuitujen tuhka- ja piipitoisuus on selvästi puuta suurempi (taulukko 5). Niinikuitujen tuhkapitoisuus on varsikuitujen tapaan korkea. Lehtikuitujen tuhkapitoisuus on pieni ja vastaa joissakin tapauksissa puuta (taulukko 5, HURTER 1988).



Kuva 2. Heinien kemiallinen koostumus eri kehitysvaiheissa (GILL et al.1989).

Taulukko 4. Kuitujen pituus ja läpimitta HURTERin (1988) mukaan.

	pituus (L)			läpimitta (D)			L:D- suhde
	μm			μm			
	maks.	min.	x	maks.	min.	x	
<u>Varsikuidut</u>							
Viljat -riisi	3480	650	1410	14	5	8	175:1
-vehnä	3120	680	1480	24	7	13	110:1
-kaura							
-ohra							
-ruis							
Heinät -esparto	1600	600	1100	14	7	9	120:1
-sabai	4900	450	2080	28	4	9	230:1
-lemon			1320			9	145:1
Ruo'ot -papyrus	8000	300	1500	25	5	12	125:1
-järviruoko	3000	100	1500	37	6	20	75:1
-bambu	3500-	375-	1360-	25-	3-	8-	135-
	9000	2500	4030	55	18	30	175:1
-sokeriruoko (bagasse)	2800	800	1700	34	10	20	85:1
<u>Niinikuidut</u>							
Kuitupellavan varret	55000	16000	28000	28	14	21	1350:1
Öljypellavan varret	45000	10000	27000	30	16	22	1250:1
Kenaf	7600	980	2740			20	135:1
Juutti	4520	470	1060	72	8	26	45:1
Hamppu	55000	5000	20000	50	16	22	1000:1
<u>Lehtikuidut</u>							
Manilahamppu	12000	2000	6000	36	12	20	300:1
Sisal	6000	1500	3030			17	180:1
<u>Siemenkarvat</u>							
Puuvilla	50000	20000	30000	30	12	20	1500:1
Puuvilla (lintterit)	6000	2000	3500	27	17	21	165:1
<u>Puukuidut</u>							
Havupuut	3600	2700	3000	43	32	30	100:1
Lehtipuut	1800	1000	1250	50	20	25	50:1

Taulukko 5. Kuitujen kemiallisia ominaisuuksia HURTERin (1988) mukaan.

	alfa- selluloosa %	ligniini %	pentosaani %	tuhka %	pii %
<u>Varsikuidut</u>					
Viljat -riisi	28-36	12-16	23-28	15-20	9-14
-vehnä	29-35	16-21	26-32	4-9	3-7
-kaura	31-37	16-19	27-38	6-8	4-7
-ohra	31-34	14-15	24-29	5-7	3-6
-ruis	33-35	16-19	27-30	2-5	0.5-4
Heinät -esparto	33-38	17-19	37-32	6-8	2-3
-sabai		17-22	18-24	5-7	3-4
Ruo'ot -järviruoko	45	22	20	3	2
-bambu	26-43	21-31	15-26	1.7-5	1.5-3
-sokeriruoko (bagasse)	32-44	19-24	27-32	1.5-5	0.7-3
<u>Niinikuidut</u>					
Kuitupellavan varret	45-68	10-15	6-17	2-5	
Öljypellavan varret	34	23	25	2-5	
Kenaf	31-39	15-18	21-23	2-5	
Juutti		21-26	18-21	0.5-1	<1
<u>Lehtikuidut</u>					
Manilahamppu	61	9	17	1	<1
Sisal	43-56	8-9	21-24	0.6-1	<1
<u>Siemenkarvat</u>					
Puuvilla	85-90	3-3.3		1-1.5	<1
Puuvilla (lintterit)	80-85	3-3.5		1-2	<1
<u>Puukuidut</u>					
Havupuut	40-45	26-34	7-14	1	<1
Lehtipuut	38-49	23-30	19-26	1	<1

5. KASVILAJIT, TUOTANTOTAVAT JA VILJELYTEKNIikka

Lähes kaikkia tunnettuja peltokasveja on kokeiltu sellun ja paperin valmistuksessa. Kuitenkin vain harvat niistä voidaan kelpuuttaa paperin raaka-aineeksi, jos myös taloudelliset tekijät otetaan huomioon (ATCHISON 1988a). Suurin osa paperinvalmistukseen käytetystä ruohovartisesta raaka-aineesta on olkea (ATCHISON 1989). Myös bambuja ja ruokoja käytetään paljon tietyillä alueilla, kuten Intiassa, Kiinassa ja Taka-Aasiassa (ATCHISON 1987a). Sokeriruo'on puristejäte eli bagasse on yksi tutkituimmista paperinvalmistuksen ruohovartisista raaka-aineista (ATCHISON 1988a). Kiinnostusta bagassen käyttöön on lisännyt sokeriruo'on suuri hehtaarisato, sokerin sivutuotteena syntyvän raaka-aineen halpa hinta ja helppo saatavuus. Yksi uusista ja lupaavista raaka-aineista on kenaf (Hibiscus cannabinus), joka on kiinanruusun sukuun kuuluva, jopa 4-metriseksi kasvava, yksivuotinen kasvi. Kenafin tuottamista on tutkittu viime vuosina paljon (WHITE et al. 1970, BÖRJESSON & FORSBERG 1989, KARLGREN et al. 1989, MYERS 1990, ROSSI et al. 1990) ja se sopii hyvin sanomalehtipaperin valmistukseen (ATCHISON 1989).

Tässä kirjallisuustutkimuksessa käsitellään tarkemmin Suomessa viljeltävien peltokasvien, kuten viljojen, heinien, palkokasvien, pellavan ja hampun käyttömahdollisuuksia sellun raaka-aineena. Näiden kasvien viljelymahdollisuudet ja -menetelmät ovat pääosin jo selvillä, vaikkakin uusi käyttökohde tuo esille uusia kysymyksiä. Esimerkiksi korjuuajankohta ja lannoitus voivat vaikuttaa kasvien kuitu- ja ligniinipitoisuuteen (STANIFORTH 1979). Erityisesti on kiinnitettävä huomiota korjuumenetelmien kehittämiseen.

5.1 Olki

Olki oli merkittävin paperinvalmistusmateriaali 1800-luvun lopulle asti, jolloin puu syrjäytti sen. Syynä oli keruun, kuljetuksen, käsittelyn ja varastoinnin kalleus puuraaka-aineeseen verrattuna (MISRA 1987). Olkea käytetään vielä nykyisinkin pape-

rin valmistukseen sellaisissa maissa, joissa ei ole saatavissa riittävästi puuta (BHANDARI et al. 1984). Eniten olkisellua tuotetaan Kiinassa, yli 80 % maailman tuotannosta (ATCHISON 1988a).

Olkimäärien arviot vaihtelevat paljon. Arvioissa on huomioitava erot kokonaisolkimäärän (brutto-olkimäärä) ja käytettävissä olevan olkimäärän (netto-olkimäärä) välillä. Kokonaisolkimäärä on viljojen maanpäällinen osa ilman jyviä. Netto-olkimäärä on brutto-olkimäärä vähennettynä peltoon jäävän sängän osuudella ja korjuutappioilla. Oljen määrä voidaan arvioida viljasadon perusteella käyttäen tiettyjä kertoimia (STANIFORTH 1979, NILSSON & EKSTRÖM 1982) tai satoindeksiä, joka ilmaisee jyvien osuuden kokonaisbiomassasta. Taulukossa 6 on esitetty eri kasvilajien brutto- ja netto-olkisatojen laskemiseen käytettyjä suhdelukuja.

Taulukko 6. Olkisadon ja jyväsadon välinen suhde NILSSONin ja EKSTRÖMin (1982) mukaan. Brutto-olkisato on kokonaisolkisato ja netto-olkisato nykyisillä korjuumenetelmillä käytettävissä oleva olkisato.

kasvilaji	brutto- olkisato : jyväsato (kg/kg)	netto- olkisato : jyväsato (kg/kg)
Kevätvehnä	1.35 : 1	0.80 : 1
Syysvehnä	1.40 : 1	0.85 : 1
Ruis	1.60 : 1	0.95 : 1
Ohra	1.10 : 1	0.65 : 1
Kaura	1.25 : 1	0.70 : 1
Öllykasvit		1.30 : 1

Oljen määrään vaikuttavat kasvilaji, lajikkeet, maaperä, ilmasto, leikkuukorkeus, viljelykierto, kasvunsäätet ja korjuuajan kohta. Taulukossa 7 on esitetty viljojen keskimääräisiä hehtaarisatoja ja arvioituja olkisatoja viime vuosilta.

Taulukko 7. Viljojen jyvä- ja olkisasiadot (kg/ha) vuosina 1987 - 1990 Suomessa. Olkisasiadot on laskettu käyttäen taulukon 6 netto-olkisasiadon ja jyväsadon välistä suhdelukua. (ANON. 1988b, ANON. 1990a)

kasvilaji	1987		1988		1989		1990	
	jyväsato	olki-sato	jyväsato	olki-sato	jyväsato	olki-sato	jyväsato	olki-sato
Kevätvehnä	1980	1584	2620	2096	3260	2608	3390	2712
Syysvehnä	2510	2133	2370	2014	3810	3238	3860	3281
Ruis	1970	1871	1910	1814	2860	2717	3010	2859
Ohra	1870	1215	2360	1534	3150	2047	3540	2301
Kaura	1970	1379	2210	1547	3230	2261	3670	2569
Öllykasvit	1110	1443	1410	1833	1690	2197	1780	2314

Viljanviljelyala maailmassa oli v. 1989 FAO:n tilastojen mukaan yli 700 miljoonaa hehtaaria (ANON. 1990). Arvioiden mukaan oljen kokonaismäärä maailmassa on noin 1145 miljoonaa tonnia vuodessa (ATCHISON 1987a). Olki onkin metsien jälkeen maapallon laajin kuitureservi ja sitä on saatavilla kaikkialla, missä viljoja viljellään. Osa oljesta käytetään eläinten rehuksi, kuivikkeiksi tai energian tuotantoon, mutta suuri osa poltetaan pelloilla tai kynnetään maahan (DOYLE et al. 1988).

Oljen käytön suurimpina teknistaloudellisina ongelmina ovat keruu, kuljetus ja varastointi. Olki on kerättävä nopeasti lyhyenä aikana, joka on maanviljelijän muidenkin töiden osalta kiireistä. Varastointiaika puolestaan on pitkä, jopa vuoden, mikä aiheuttaa raaka-ainehäviötä (RANUA et al. 1977).

Oljen käyttöön paperin ja sellun raaka-aineena vaikuttaa materiaalin heterogeisuus. Pääosa oljesta koostuu korsista. Lisäksi mukana on kuihtuneita lehtiä ja tähkän osia (MULLER 1960, STANFORTH 1979) (taulukko 8).

Taulukko 8. Oljen eri komponenttien osuudet prosentteina kuivapainosta eri kasvilajeilla MULLERin (1960) mukaan.

kasvilaji	<u>korret</u>		tähkät	lehdet ja lehtitupet
	nivelvälit	solmut		
	%	%	%	%
Ruis	65.6	4.5	9.2	20.7
Kaura	47.6	3.2	10.0	39.3
Syysvehnä	49.2	3.8	14.7	32.4
Kevätvehnä	43.2	3.8	19.9	33.0

Eri komponenttien osuudet vaihtelevat paitsi eri kasvilajien myös saman lajin eri lajikkeiden välillä (MULLER 1960, PETERSEN 1989). Myös kuidun pituus oljen eri osissa vaihtelee: se on suurin nivelväleissä, lehtien ja solmujen kuidut ovat 25 % lyhyempiä (RANUA et al. 1977). Lisäksi eri osien kemiallinen koostumus vaihtelee. Selluloosaa on eniten nivelväleissä, kun taas lehdisissä on enemmän tuhkaa ja piitä, minkä vuoksi lehdet eivät sovellu yhtä hyvin sellun tuotantoon kuin nivelvälit (PETERSEN 1989). Sellun valmistuksessa tulisi pyrkiä esikäsitteilyyn, jossa eroteltaisiin eri komponentit erilleen siten, että nivelvälit voitaisiin käyttää sellun valmistukseen ja lehdet ja solmut esimerkiksi karjanrehuksi (PETERSEN 1989). Myös ilmasto ja kasvuolot vaikuttavat oljen botaaniseen ja kemialliseen koostumukseen (PETERSEN 1988). Oljen selluloosapitoisuus vaihtelee eri kasvilajien välillä (taulukot 5 ja 9) (BENTSEN & RAVN 1984). Suurin selluloosapitoisuus on rukiin oljella. Myös lajikkeiden välisiä eroja oljen kemiallisessa koostumuksessa on havaittu (KHAN et al. 1977).

Taulukko 9. Viljan ja rapsin korsien selluloosapitoisuus (prosenttia kuiva-aineesta) BENTSENin ja RAVNin (1984) mukaan.

Laji	Tekninen selluloosa %	Alfa-selluloosa %
Ohra	52.9	38.9
Kaura	51.0	38.2
Vehnä	53.3	39.1
Ruis	55.7	41.3
Rapsi	52.2	42.3

Olki on monipuolinen raaka-aine, josta voidaan valmistaa monenlaisia kartonki- ja paperilaatuja (MAKKONEN 1975). Sitä käytetään paperin raaka-aineena Europan maista mm. Tanskassa, Hollannissa, Espanjassa, Italiassa, Kreikassa, Unkarissa, Romaniassa ja Bulgariassa (ANON. 1987a). Suomessa ei ole pysyvää olkisellun tuotantoa, joskin sen käyttöä on tutkittu aika ajoin (RANUA 1977).

5.2 Pellava

Pellava (Linum usitatissimum) on vanha kuitukasvi, jota käytetään pääasiassa tekstiiliteollisuuden raaka-aineena. Pellavaa on kahta muotoa, kuitu- ja öljypellavaa (FRÖIER & ZIENKIEWICZ 1982). Näistä ensimmäistä kasvatetaan pääasiassa tekstiiliteollisuuden raaka-aineeksi ja jälkimmäistä viljellään öljypitoisten siementensä vuoksi. Öljypellava on kuitupellavaa lyhytvartisempi ja haaraisempi. Kuitupellavan varsisato on 3500 - 4000 kg hehtaarilta (MUKULA & WESTMAN 1977, PAHKALA & JUNNILA 1991). Öljypellavan varsisato on kuitupellavaa pienempi, vain 1000 - 2000 kg/ha, mikä johtuu osittain pienemmästä kylvömäärästä (MUKULA & WESTMAN 1977). Kuitupellavan tuotanto on keskittynyt Eurooppaan ja öljypellavan tuotanto Pohjois-Amerikkaan (WONG 1988). Pellavaa viljeltiin Suomessa melko runsaasti viime vuosisadalla, mut-

ta sen viljely romahti sotien jälkeen tekokuitujen, puuvillan ja halpatuonnin yleistyessä (LESKINEN 1990). Kuitupellavan viljelyalue ulottuu Suomessa 65. leveysasteen tuntumaan, mutta öljypellavaa voidaan viljellä pidemmän kasvukautensa vuoksi vain vehnänviljelyalueella (KUNNAS 1982). Nykyisin kuitupellavaa viljellään Suomessa 150-200 peltihehtaarilla, mutta öljypellavaa ei tällä hetkellä viljellä kaupalliseen tarkoitukseen (LESKINEN 1990). Koko maailmassa kuitupellavan viljelyala oli 1,3 milj. ha ja öljypellavan 4,3 milj. ha vuonna 1989 (ANON. 1990b).

Pellavan kuidut ovat ns. niinikuituja ja sijaitsevat kasvin varressa ulomman kuoren ja puumaisen ytimen välissä kuitukimppuina (ROSENBERG 1989). Kukin kuitukimppu koostuu 10 - 30 kuidusta. Kuitu puolestaan koostuu perättäisistä soluista, peruskuiduista, joiden pituus on 2 - 4 cm ja läpimitta 15 -30 μm (FUGLSANG 1988). Kuitukimppuja on 20 - 50 kappaletta ja kutakin kimppua ympäröi liimamainen pektiinikerros. Kuitukimput voivat olla yhtä pitkiä kuin koko kasvi (ROSENBERG 1989).

Paras sellu saadaan varsien niinikuiduista, joiden erottaminen on monivaiheista. Liotuksen tarkoituksena on irrottaa kuitukimput pellavan varren muista solukoista (LESKINEN 1990). Liotustapoja on monia, perinteisistä pelto- ja vesiliotuksesta entsyymi- ja tensidiliotukseen (LESKINEN 1990). Liotuksen aikana pellavan kemiallinen koostumus muuttuu (taulukko 10).

Paperin- ja sellunvalmistuksen raaka-aineeksi pellavaa saadaan kolmesta eri lähteestä:

- 1) pellavalumpuista ja tekstiilitehtaiden jätteistä,
- 2) pellavan käsittelyssä jäävistä heikommista kuiduista (rohtimet) ja
- 3) öljypellavan varsista (McGOVERN et al. 1987).

Eri raaka-ainelähteet eroavat selvästi puhtaudeltaan ja vaativat erilaiset olosuhteet käsittelyssä (McGOVERN et al. 1987).

Taulukko 10. Pellavan varsien kemiallinen koostumus ennen ja jälkeen liotuksen SMEDERin ja SJÖBERGIN (1990) mukaan.

PELLAVAN KOOSTUMUS		
	liottamaton %	liotettu %
selluloosa	63.0	57.0
hemiselluloosa	17.1	14.9
pektiini	4.2	1.6
ligniini	2.8	1.8
vesiliukoiset aineet	11.6	3.4
rasva ja vaha	1.5	1.4
liotusjäte		20.0

Öljypellavaa viljellään lähinnä sen öljypitoisten siementen vuoksi, mutta sen varsista voidaan tehdä myös paperia (LESKINEN 1990). Öljypellavan varret ovat yleensä öljyntuotannon sivutuotteita, mikä alentaa kuituraaka-aineen tuotantokustannuksia ja puoltaa sen käyttöä paperinvalmistuksessa (KILPINEN 1988). Öljypellavan varresta kuituja on 58.6 % ja tuhkaa 1.9 % (TURNER 1987). Öljypellavasellu on helpompaa valkaista kuin kuitupellavasellu, mutta sen sellunsaanto on noin 7 % pienempi kuin kuitupellavalla (WONG 1986).

Pitkien ja kapeiden kuitujensa ansiosta pellavamassa sopii ohuiden ja vahvojen paperien, kuten savukepaperien, valmistukseen (MCGOVERN et al. 1987). Öljypellavasta ja tekstiilipellavasta valmistetun paperin fysikaaliset ominaisuudet eivät eroa toisistaan (WONG 1986). Pellavasellu on eräs kalleimmista selluista ja sen maailmanmarkkinahinta on yli 10000 mk/tonni (KILPINEN 1988). Hinta on noin 5-kertainen koivuselluun verrattuna. Suomessa savukepaperien valmistukseen käytetään peltokasviselluja n. 1000 tonnia vuodessa. Tästä osa on pellavasellua, jonka raaka-aine tuodaan ulkomailta (KILPINEN 1988).

5.3 Hamppu

Hamppu (Cannabis sativa) on yksi vanhimmista viljelykasveista ja sitä on luultavasti viljelty jo 8000 vuotta. Hampua on kahta muotoa, joista toista käytetään kuitukasvina ja toista huumausainekasvina (marihuana, hasis). Hamppu on kaksikotinen kasvi. Emikasvit ovat hedekasveja suurempia ja muodostavat pääosan sadosta. Hamppu vaatii kasvaakseen paljon ravinteita ja vettä (GROTFELT 1915). Sitä on viljelty Suomessa erityisesti 1880-luvulla, jolloin sen viljelyalue ulottui 65. leveysasteelle saakka (KUNNAS 1982). Hampunviljely taantui 1940-luvulla (SAULI 1946), eikä sitä nykyisin enää viljellä Suomessa. Maailmassa hampukuitua tuotettiin v. 1989 yhteensä 217 000 tonnia ja viljelyala oli noin 330 000 hehtaaria (ANON. 1990b). Tärkeimmät hampukuidun tuottajamaat ovat Kiina, Intia, Romania ja Neuvostoliitto (ANON. 1990b).

Hampun varsissa on kaksi morfologisesti erilaista aluetta, joista ulompi osa sisältää pitkiä niinikuituja ja sisempi osa lyhyitä kuituja. Niinikuituja on perinteisesti käytetty tekstiilien ja köysien raaka-aineena (JEYASINGAM 1988a). Sellunvalmistukseen hampua käytetään mm. Espanjassa, Tanskassa, Turkissa ja Kiinassa (JEYASINGAM 1990) sekä Ranskassa (de CHOUDENS 1990, LE TEXIER 1990). Hampusellua käytetään erikoispaperien, kuten setelipaperien, valmistukseen. Hampun käyttöä rajoittaa raaka-aineen korkea hinta, joka johtuu suurista tuotantokustannuksista, sillä niinikuitujen erottaminen on kallista (JEYASINGAM 1988). Hampun kuori- ja ydinkerrokset eroavat fysikaalisesti ja kemiallisesti toisistaan ja ne vaativat sellunvalmistuksessa erilliset käsittelyt (de GROOT et al. 1988).

5.4 Heinät ja palkokasvit

Pohjois-Afrikassa, Espanjassa ja Aasiassa käytetään villeinä kasvavia kookkaita heiniä paperin valmistuksen raaka-aineena. Osaa heinäkasveista myös viljellään tähän tarkoitukseen. Pohjoismaissa sellun raaka-aineena voitaisiin mahdollisesti käyttää samoja runsassatoisia heiniä, joita on kokeiltu ns. energiaheininäkin (HOLMGREN 1987), kuten timoteita (Phleum pratense

se), idänkattaraa (Bromus inermis), ruokohelpiä (Phalaris arundinacea) ja ruokonataa (Festuca arundinacea). Näiden lajien yhteinen ominaisuus on korren suuri osuus kokonaisbiomassasta ja korkea kuiva-ainepitoisuus (HOLMGREN 1987). Niiden viljelymahdollisuudet on jo pääosin selvitetty ja ne sopivat viljeltäväksi monessa paikassa. Lisäksi niillä on hyvä esikasviarvo muussa viljelyssä (VARIS 1988). Heinä- ja palkokasveista saadaan enemmän kuitua hehtaarilta vuodessa kuin puusta (taulukko 11, BERGGREN 1990). Em. heinien sellunvalmistusominaisuuksista ei ole vielä paljonkaan tietoa, mutta todennäköisesti ne muistuttavat sellun ja paperin valmistusominaisuuksiltaan olkea (JEYASINGAM 1990). Heinä- ja palkokasveille on tyypillistä suurempi tuhkapitoisuus ja pienempi ligniinipitoisuus puuhun verrattuna (taulukko 12, BERGGREN 1990).

Taulukko 11. Eri raaka-aineiden kuiva-ainesato, kuitumäärä ja tuotetun massan määrä hehtaaria kohti vuodessa BERGGRENin (1990) mukaan.

Kasvilaji	Kokonaissato tn/ha/v	Kuitusato tn/ha/v	Valkaisematon kemiallinen massa tn/ha/v
Kuusi	4.5	4.3	1.7
Koivu	4.5	4.3	1.8
Sinimailanen	10.0	6.0	2.6
Ruokohelppi	12.0	8.0	4.7
Elefanttiheinä	15.0	12.5	7.8

Ruotsalaisten Agro-Fiber -projektissa on heinistä saatu parempi saanto kuin palkokasveista. Lisäksi heinät on voitu keittää vähäligniiniseksi, jolloin valkaisukemikaalien tarve on pienempi eikä klooriyhdisteitä tarvitse käyttää. Lupaavimpia tuloksia on saatu ruokohelplin (Phalaris arundinacea) ja 'elefanttiheinän' (Mischanthus sinensis) käytöstä sellun valmistukseen (BERGGREN 1990). Elefanttiheinä on ollut kokeissa sellunvalmistus-ominaisuuksiltaan hieman ruokohelpiä parempi. Elefanttiheinä on kuitenkin uusi viljelykasvi Ruotsissa ja sen laajempi viljely vaatii vielä lisätutkimuksia (BERGGREN 1990).

Useimmat heinälajit ovat vaatimattomia kasvupaikkansa suhteen ja niitä voidaan viljellä laajemmalla alueella kuin esimerkiksi viljakasveja. Nurmet ovat myös monivuotisia, mikä vähentää tuotantokustannuksia.

Taulukko 12. Eri raaka-aineiden kemiallinen koostumus (BERGGREN 1990).

%

Kasvilaji	Selluloosa	Hemiselluloosa	Ligniini	Tuhka	Muu
Ruokohelpi	28	22	14	8	28
Elefantiheinä	44	24	17	1.5	13.5
Sinimailanen	25	23	12	6	34
Koivu	41	33	21	<1	4

Palkokasvien sopivuudesta sellunvalmistuksen raaka-aineeksi ei ole paljonkaan tietoa. Palkokasvien etuna olisi se, että ne eivät tarvitse typpilannoitusta. Agro-Fiber -projektissa on tutkittu mm. sinimailasen ja rohtomesikän käyttöä sellun raaka-aineena. Ne eivät ole kuitenkaan menestyneet yhtä hyvin kuin elefantiheinä ja ruokohelpi, sillä niistä valmistettua sellua on ollut vaikea valkaista (BERGGREN 1990).

6. AGROSELLUN RAAKA-AINEEN LAATUVAATIMUKSET JA SADON VARASTOINTI

Agrosellun raaka-aineen tulisi olla halpaa, satoisaa ja siitä pitäisi saada helposti hyvälaatuista sellua. Raaka-aineen kuitupitoisuus tulisi olla suuri ja sen pitäisi sisältää mahdollisimman vähän sellunvalmistuksessa haitallisia epäpuhtauksia. Perinteisten käyttökohteiden, esimerkiksi rehukäytön, ja agrosellun raaka-aineen laatuvaatimukset voivat poiketa toisistaan. Rehuna käytettävän heinän tulee olla ravintoarvoltaan hyvää, kun taas sellunvalmistuksen raaka-aineeksi viljellystä heinästä pitää saada mahdollisimman suuri ja hyvälaatuinen kuitusato. Koska ligniini vähentää rehun sulavuutta on rehuksissa pyritty alhaiseen ligniinipitoisuuteen (HARKIN 1973), mikä on myös sellun-

valmistuksen kannalta hyvä ominaisuus.

Kasvinjalostustavoitteet saattavat myös muuttua, jos aletaan jalostaa perinteisistä viljelykasveista kuitukasveja. Esimerkiksi viljojen jalostuksessa on tähän asti pyritty mahdollisimman lyhytkortisiin lajikkeisiin. Jos viljojen korsia aletaan käyttää tehokkaammin sellunvalmistuksen raaka-aineena, on jalostettava pitempikortisia lajikkeita.

Paperin ja sellun raaka-ainetta on oltava saatavissa ympäri vuoden teollisuuden käyttöön (ATCHISON 1987a). Maatalouskasveista voidaan korjata satoa vain yhdestä kahteen kertaa kasvukauden aikana, joten raaka-aine on varastoitava joko tuottajien tai teollisuuden toimesta. Ruohovartinen raaka-aine vie paljon enemmän tilaa kuin puu, mikä pitää ottaa huomioon kuljetuksessa ja varastoinnissa. Kuljetuskustannusten vähentämiseksi tehtaiden tulisi olla mahdollisimman lähellä raaka-ainelähteitä. Peltokasvien sato pilaantuu helposti, jos materiaalia ei säilytetä asianmukaisesti. Ennen varastointia sato on joko kuivattava tai säilöttävä säilörehun tapaan. Suuren kuiva-ainepitoisuuden omaavat kasvit kannattaa kuivata, mutta runsaasti vettä sisältävä materiaali on säilöttävä märkänä (ANON. 1988a). Säilöminen ei BERGGRENin (1990) mukaan vaikuta kuidun laatuun.

Raaka-aineen varastointi ei ole ongelmaton, koska varastoinnin aikana raaka-aineen laatu huononee ja syntyy varastointitappioita (TABB 1974, PERHAM 1989). Esimerkiksi oljen varastoinnin aikana syntyneet raaka-ainetappiot voivat olla jopa 18 %. Edullisissa kuivissa oloissakin varastointitappiot ovat noin 10 % (RANUA et al. 1977). MANSOURin (1985) mukaan kaksi vuotta varastoidun oljen sellun saanto ja lujuusominaisuudet olivat huonommat kuin tuoreen oljen. Raaka-aineen varastoinnilla on myös vaikutusta sellun valmistuksen onnistumiseen. Esimerkiksi tuore ja vanha olki kuluttavat eri määrän kemikaaleja sellunkeiton aikana. Käytettäessä vanhaa olkea raaka-aineena saanto jäi pienemmäksi ja lujuusominaisuudet olivat heikommät kuin tuoreella oljella. Uusi olki kulutti puolestaan enemmän emästä (PATEL et al. 1984). Käytännössä vanhaa ja uutta raaka-ainetta käytetään usein sekaisin ja vehnäoljella 40:60 vanha-uusi-suhde onkin kokeissa havaittu sellunvalmistuksessa parhaimmaksi (PATEL et al. 1984).

Raaka-ainekustannuksiin vaikuttavat useat eri tekijät:

1) viljely, 2) sadonkorjuu, 3) keräys- ja kuljetus, 4) raaka-aineen esikäsitteleminen ja 5) varastointi (HURTER 1989). Kustannuksiin ja niiden jakautumiseen eri tekijöiden kesken vaikuttaa mm. se, saadaanko raaka-aine muun viljelyn sivutuotteena vai viljellä jokin kuitukasvia varta vasten sellun raaka-aineeksi. Suurimpia vaikeuksia peltokasvien käytössä sellun valmistukseen aiheuttavat raaka-aineen keräykseen, kuljetukseen ja sadon varastointiin liittyvät ongelmat.

7. ESIKÄSITTELY JA SIVUTUOTTEET

Tarvittavat esikäsitteletyt riippuvat raaka-ainemateriaalin ominaisuuksista, sellun keittomenetelmistä ja lopputuotteen toivotusta laadusta (PATEL et al. 1984). Ruohovartisilla kasveilla kuitujen esikäsitteleminen on olennainen osa prosessia. Sopivilla esikäsitteleyllä voidaan parantaa huomattavasti raaka-aineen laatua. Erilaisia esikäsitteleyjiä ovat haketus, pilkkominen, lajittelu ja lukuisat puhdistusmenetelmät. Pilkkominen ja haketus vaikuttavat siihen, paljonko raaka-ainetta voidaan kerralla keittää. Pilkkomalla raaka-ainemateriaali tasakokoisiksi paloiksi saavutetaan tasaisempi keitto, koska keittoneste imeytyy tällöin paremmin (RANUA et al. 1977). Esikäsitteleyjen aikana voidaan erottaa sellunvalmistukseen sopimaton materiaali, kuten vähän kuituja sisältävät kasvinosat. Esimerkiksi oljet voidaan hienontaa niin, että solmut ja lehdet tulevat erilleen varsinaisista korsista. Korsia voidaan käyttää sellun valmistuksen raaka-aineena ja muita osia rehun raaka-aineena. Kummassakin käyttökohteessa hyödytään siitä, että raaka-aine on lajiteltu (PETERSEN 1989).

Selluloosan lisäksi raaka-aineessa on paljon muita aineita, joista voidaan valmistaa sivutuotteita. Peltosellun valmistuksen kannattavuus saattaa kasvaa, jos voidaan tuottaa sen ohella myös muita tuotteita kuten biokaasua, humuslannoitteita ja proteiinirehua. Eri tuotteiden määrän ja laadun välillä on kuitenkin joskus vaikea löytää tasapainoa, jos käytetään samaa raaka-ainetta (de CHOUDENS 1990). Kun käytetään saman kasvin eri osia eri tuotteiden raaka-aineena, kannattavuus kasvaa. Hyvä esimerk-

ki tästä on öljypellava, josta voidaan saada samanaikaisesti sekä öljyä, valkuaispitoista puristejätettä rehuksi että paperin raaka-ainetta. Kannattavuuden parantamiseksi onkin pyritty systeemeihin, joissa koko kasvi voidaan käyttää hyväksi (ANDREANSEN & PETERSEN 1990, BORREDON et al. 1990).

8. SELLUN VALMISTUSMENETELMÄT

Nykyisin puu on paperinvalmistuksen pääraaka-aine. Sellua valmistetaan puusta mekaanisesti, kemiallisesti tai kemiallismekaanisesti. Mekaanisessa massanvalmistuksessa kuidut irrotetaan toisistaan joko hiomalla tai hiertämällä. Kemiallisissa menetelmissä puun lastut keitetään sopivissa kemikaaliliuoksissa tietyissä olosuhteissa, jolloin puun sideaine, ligniini, liukee ja kuidut vapautuvat. Kemiallisen massan valmistusmenetelmät jakautuvat kahteen tyyppiin, alkaalisiin ja happamiin. Alkaalisia menetelmiä ovat sooda- ja sulfaattimenetelmät. Happamista keittomenetelmistä tärkeimpiä ovat hapan bisulfiitti-, bisulfiitti- ja monivaiheinen sulfiittimenetelmä.

Agrokuitukasveille on käytetty sellunvalmistuksessa samoja menetelmiä kuin puulle (HURTER 1988). Puulle tarkoitetut menetelmät eivät kuitenkaan aina sovellu sellaisenaan agrokuiduille. Varsikuidut ovat lyhyitä ja materiaalilla on avoin rakenne, minkä vuoksi se keittyy nopeasti ja vaatii näin vähemmän kemikaaleja kuin puu, vaikka ligniinipitoisuus on suunnilleen sama (HURTER 1988). Ongelmana on kuiturakenteesta johtuva veden hidaskuuminen sulpusta. Lehti- ja niinikuitujen keittyminen ei ole yhtä nopeaa kuin varsikuitujen (HURTER 1988). Sulfaatti- ja soodamenetelmät ovat yleisimpiä ja niissä kemikaalien talteenotto on pitkälle kehitetty. Vanha sulfiittimenetelmä on kallis ja vaativa, jos tuotetaan hyvälaatuaista sellua. Muita erikoismenetelmiä ovat mm. Pomilo-, Cusi- (HURTER 1988), NACO- (ANON. 1987b) ja Bivis-menetelmä (ANON 1990c). Sellunvalmistusmenetelmiä kehitettäessä ei ruohovartisia kasveja voida käsitellä yhtenä kokonaisuutena, vaan on huomioitava kunkin raaka-aineen koostumus ja käsittelyvaatimukset.

Valkaisun tarkoituksena on parantaa massan vaaleutta ja puhtautta. Valkaisussa massasta poistetaan väriä antavaa ligniiniä ja epäpuhtauksia. Itse selluloosa on valkoista. Valkaisuperiaatteita on kaksi: ligniiniä poistava ja ligniinin säilyttävä valkaisu. Ligniiniä poistavassa valkaisussa käytetään kloorivalkaisuaineita (kloori, hypokloriitti, klooridioksidi) ja happikemikaaleja (happi, vetyperoksidi, otsoni). Ligniinin säilyttävä valkaisu perustuu peroksidin ja ditioniitin käyttöön (ANON. 1980) eikä sillä saada aikaan kestäväää vaaleutta. Valkaisukemikaalien valinta riippuu massan ominaisuuksista ja käyttötarkoituksesta. Ympäristösyistä klooriyhdisteiden käyttöä valkaisussa pyritään vähentämään.

9. AGROSELLUN KÄYTTÖ PAPERIN VALMISTUKSEEN

Sellun valmistuksessa raaka-aineen yksittäiset kuidut erotellaan ensin toisistaan mekaanisesti tai kemiallisesti. Paperinvalmistuksessa ne järjestetään uudelleen paperiarkiksi kuitulietteen kulkiessa viiralla. Erilaisia paperilaatuja on olemassa lukuisia. Paperilaadut voidaan ryhmitellä neljään pääryhmään käyttökohteen mukaan:

- 1) paino-, kirjoitus- ja sanomalehtipaperit,
- 2) pakkauspaperit ja kartongit (aaltopahvit, pakkauskartongit, pussi-, säkki- ja voimaperit jne.),
- 3) saniteettipaperit (WC- ja kasvopaperit, talouspyyhkeet jne.) ja
- 4) erikoispaperit (varmuus-, pergamentti- ja setelipaperit, savukepaperit, kondensaattoripaperit, huokoiset paperit jne.) (HURTER 1989).

Paperin raaka-aineen valintaan vaikuttavat taloudelliset tekijät ja paperin laatuvaatimukset. Koska käytettyjä ruohovartisia raaka-aineita on paljon, myös niistä valmistetun sellun kuituominaisuudet ja kemiallinen koostumus vaihtelevat (HURTER 1988). Ruohovartisista kasveista valmistettu sellu on lyhytkuituista ja verrattavissa lehtipuuselluun. Kuitenkin agrosellu on heterogeenisempää ja siinä on enemmän aivan lyhyitä kuituja (fines) (HURTER 1988, PERHAM 1989). Tästä johtuen myös paperinvalmistuksessa on eroja verrattuna puuraaka-aineeseen. Veden pois-

tuminen massasta paperikoneen viiralla on hitaampaa. Tämä hidastaa myös paperinvalmistusta ja pienentää kapasiteettia (FINEMAN & ANDERSSON 1990). Peltosellusta valmistetun paperin märkälujuus on myös heikko, joten paperikoneissa ei voida käyttää yhtä suurta nopeutta kuin puusellua käytettäessä (HURTER 1988). Myös paperin kuivatus on hitaampaa.

Agrosellua voidaan käyttää paperinvalmistuksessa eri tavoin:

- 1) agrosellusta valmistetaan sellaisia erikoispapereita, joita ei voida helposti valmistaa puusta,
- 2) agrosellua lisätään puuselluun antamaan erikoisominaisuuksia, joita pelkällä puusellulla ei ole tai
- 3) agrosellua käytetään puusellun korvikkeena maissa, joissa puuta ei ole riittävästi saatavissa (HURTER 1988).

Pelkästään varsikuiduista tehdystä sellusta ei voida tuottaa vahvaa paperia. Poikkeuksena on bambu, josta valmistettu paperi on suhteellisen lujaa (HURTER 1988). Kirjoitus- ja painopapereita, joissa lujuus ei ole tärkeää, voidaan valmistaa lyhytkuituisestakin sellusta, jolloin sen paperille antama tasainen ja tiivis pintarakenne on eduksi (FINEMAN & ANDERSSON 1990). Varsikuiduista tehdyn paperin mittapysyvyys on huono (FINEMAN & ANDERSSON 1990), mikä rajoittaa sen käyttöä esimerkiksi virallisissa papereissa.

Eri paperien laatuominaisuudet vaihtelevat käyttökohteen mukaan. Tärkeitä ominaisuuksia ovat häiriötön ajo paperi- ja painokoneessa sekä lopullisen tuotteen käyttöominaisuudet. Paperi- ja kartonkilaatuja arvioitaessa mitataan tavallisesti paperin mitta-, pinta-, lujuus- ja optiset ominaisuudet (ANON. 1981).

10. AGROSELLUN KÄYTÖN TALOUDELLISET EDELLYTYKSET

Periaatteessa lähes jokaisesta kasvista voidaan teknisesti tuottaa sellua, mutta jos otetaan huomioon kaikki taloudelliset edellytykset, vain muutaman raaka-aineen käyttö on kannattavaa. ATCHISONin (1987b) mukaan tietyn kasvin käyttö sellun valmistukseen on mahdollista, jos:

- raaka-ainetta on riittävästi ja sitä on saatavissa ympäri

vuoden (otettava huomioon mahdolliset katovuodet ja muut käyttömuodot)

- raaka-aine kestää varastointia
- materiaali keskittyy pienelle alueelle
- keräämis- ja kuljetuskustannukset eivät ole kohtuuttomat
- alueella on riittävästi työvoimaa
- kustannukset materiaalin muuttamiseksi massaksi ovat alhaiset
- raaka-aineesta saadaan suuri määrä hyvälaatuisia kuitua
- tuotteelle on riittävä tarve sellaisella hinnalla, joka takaa toiminnan kannattavuuden.

Tietyn kasvin käyttöön sellun raaka-aineena vaikuttavat lisäksi kasvin sato ja tuotantokustannukset sekä siitä saatavan sellun paperi- ja selluominaisuudet. Usein kannattavuuslaskelmissa ei ole tarpeeksi huomioitu raaka-aineen hankintaan ja toimitukseen liittyviä kustannuksia ja hankaluuksia (HURTER 1989). Suurin osa peltosellusta on lyhytkuituista ja sillä voidaan korvata paperinvalmistuksessa lehtipuusellua, mutta ei havupuusellua. Tätä ei suunnitelmissa ja laskelmissa aina ole huomioitu (HURTER 1989).

11. TULEVAISUUDEN NÄKYMÄT

Peltokuitujen käyttö paperinvalmistuksen raaka-aineena tulee todennäköisesti kasvamaan tulevaisuudessa (ATCHISON 1987b). Valitsemalla sopiva raaka-aine ja valmistusprosessi, mitä tahansa paperia voidaan valmistaa ruohovartisista kasveista (ATCHISON 1987a). Jos olosuhteet vaativat, kaikkia paperilaatuja voidaan valmistaa ilman puuta ja joitakin paperilaatuja valmistetaan nykyisinkin pelkästään ruohovartisista kasveista. Tavallisinta kuitenkin on, että peltokuituja käytetään yhdessä puusellun kanssa.

Suomessa perinteisistä maatalouskasveista on ylituotantoa. Ylimääräisillä peltohehtaareilla voitaisiin tulevaisuudessa tuottaa muuta kuin elintarvikkeita. Yksi mahdollinen non-food kasvien käyttömuoto voisi olla kuidun tuotanto sellun valmistuksen raaka-aineeksi. Maatalous 2000 -ohjelman mukaan 650000 - 750000 hehtaaria on jäämässä pois tavanomaisesta viljelystä (PÖLKKI

1990). Agrosellun tuotanto voisi olla pysyvä ratkaisu kesanto-
peltojen ja muun ylimääräisen viljelymaan hyödyntämiseen. Kuitu-
kasvien viljely tarjoaisi toimeentulon viljelijöille ja pitäisi
pellot käytössä niin, että ne olisivat helposti muutettavissa
viljanviljelyyn, jos tarvetta ilmenee. Maaseudun maisemakuva
pysyisi nykyisenkaltaisena, kun taas peltojen metsittäminen vä-
hentäisi maaseutumaisemalle tyypillistä avoimuutta. Peltosellul-
la voitaisiin korvata ulkomailta tuotua lyhytkuituista raaka-
ainetta. Ulkomailta tuodaan mm. eukalyptusta ja koivua. Ongelma-
na kuitenkin on, miten saadaan peltosellusta kannattava ja tuon-
timateriaalin kanssa kilpailukykyinen raaka-aine.

Ruohovartiset kasvit muodostavat suuren paperin raaka-ainereser-
vin, mutta niiden hyväksikäyttöä rajoittavat taloudelliset ja
tekniset tekijät. Tekniset rajoitukset todennäköisesti pystytään
ratkaisemaan, jos siihen on käytössä riittävästi voimavaroja.
Kiinnostus peltosellun käyttöön on kuitenkin sidoksissa puun
hintaan ja saatavuuteen.

Ennen suurimittaisen peltosellun tuotannon aloittamista on ver-
tailtava eri raaka-aineita sekä valittava niistä sopivimmat.
Lisäksi on tehtävä tuotanto- ja prosessiselvitykset sekä
suunnitelmat tuotteista, joihin peltosellua voidaan ja kannattaa
käyttää. Tuotannon vaikutukset ympäristöön on myös selvitettävä.
Lisäksi on tehtävä mahdollisimman kattavat kannattavuuslaskelmat
koko tuotantoprosessista raaka-aineen tuottamisesta valmiin
tuotteen markkinointiin.

KIRJALLISUUS

- ANDREANSEN, L. & PETERSEN, B. 1990. Biorefiniers as a link between agriculture and industry - system analysis and economic evaluation. Biomass for energy and industry. 5th E.C. Conference Vol. 2. p. 1088-1092.
- ANON. 1980. Puusta paperiin. M-405 Sellun valkaisu. Metsäteollisuuden Työnantajaliitto. 95 p. Lappeenranta.
- ANON. 1981. Puusta paperiin. M-103 Laadunvalvonta. Metsäteollisuuden Työnantajaliitto. 106 p. Lappeenranta.
- ANON. 1987a. How and where Europe makes straw pulp. Pulp & Paper Int. 29(3): 46-47.
- ANON. 1987b. NACO straw pulp. No sulphur, no chlorine: no problem. Pulp & Paper Int. 29(4): 48-50.
- ANON. 1988a. Agro-Fiber Rapport 1 1988.
- ANON. 1988b. Maataloustilastollinen kuukausikatsaus 10/1988.
- ANON. 1988c. International solar energy intelligence report 14(45).
- ANON. 1990a. Maataloustilastollien kuukausikatsaus 10/1990.
- ANON. 1990b. FAO Yearbook Production. Vol. 43 1989.
- ANON. 1990c. Plant pulping process. Paper Technology 5/90: 29.
- ATCHISON, J.E. 1987a. Data on non-wood plant fibers. In Hamilton, F., Leopold, B. & Kocurek, M.J. (ed.) Pulp and paper manufacture Volume 3. Secondary fibers and non-wood pulping p. 4-16.
- ATCHISON, J.E. 1987b. The future of non-wood plant fibers in pulp and paper making. In Hamilton, F., Leopold, B. & Kocurek, M.J. (ed.) Pulp and paper manufacture Volume 3.

Secondary fibers and non-wood pulping p. 17-21.

- ATCHISON, J.E. 1988. World wide capacities for non-wood plant fiber pulping increasing faster than wood pulping capacities. 1988 Pulping Conference TAPPI, Book 1 p. 25-45.
- ATCHISON, J.E. 1989. Global patterns in the use of non-wood plant fibers for paper grade pulps. Silver Jubilee International Seminar & Workshop IPPTA Vol I 1 36 p.
- ATCHISON, J.E. & MCGOVERN, N.J. 1987. History of paper and the importance of non-wood plant fibres In Hamilton, F., Leopold, B. & Kocurek, M.J. (ed.) Pulp and paper manufacture Volume 3. Secondary fibers and non-wood pulping p. 1-3.
- BENTSEN, T. & RAVN, T. 1984. Teknisk forarbejdning af rapshalm. Bioteknisk Institut. Beretning Nr. 15.
- BHANDARI, K.S., SRIVASTAVA, A. & SHARMA, Y.K. 1984. A note on high yield pulping of wheat straw. Indian For. 110(11): 1109-1116.
- BERGGREN, H. 1990. Fibergrödor - tänkbar massaråvara. IVA Symposium 14.2.1990 'Kan jordbruket bidra till industrins råvaruförsörjning'.
- BORREDON, M.E., RIGAL, L., DELMAS, M. & GASET, A. 1990. The refinery of straw, bagasse, fiber plants: a new concept for the production of paper and chemicals. Biomass for energy and industry. 5th E.C. Conference Vol. 2. p. 940-943.
- BÖRJESSON, M. & FORSBERG, M. 1989. Innovationer och produktutveckling i samspelet mellan lantbruk och industri. Rapport från en studie i USA. 80 p. Uppsala 1989.
- de CHOUDENS, C. 1990. Suullinen tiedonanto. CTP (Centre Technique du Papier).
- DOYLE, C.J., MASON, V.C. & BAKER, R.D. 1988. Straw disposal and utilization: An economic evaluation of the alternative end

- uses for wheat straw in the UK. *Biological Wastes* 23: 39-56.
- FINEMAN, I. & ANDERSSON, H. 1990. Egenskaper och användningsområden för massa från fibergrödor. IVA Symposium 14.2.1990 'Kan jordbruket bidra till industrins råvaruförsörjning.'
- FRÖIER, K. & ZIENKIEWICZ, H. 1982. *Linboken*. 159 p. Borås. 1982.
- FUGLSANG, S.(ed.) 1988. Hørproduktion. 48 p. Det Kgl Landhusholdningsselskab. 1988.
- GHERI, F. & GRASSI, G. 1989. LEBEN project as instrument of rural development. *Biomass for energy and industry*. 5th E.C. Conference. Vol. 1. p. 333-340.
- GILL, M., BEEVER, D.E. & OSBOURN, D.F. 1989. The feeding value of grass and grass products. In Holmes, W. (ed.) *Grass, its production and utilization*. p. 89-129.
- de GROOT, B., van ZUILICHEM, D.J. & van der ZWAN 1988. The use of non-wood fibers for pulping and papermaking in Netherlands. *Int. Non-Wood Fiber Pulping and Papermaking Conference 1988* p. 216-222.
- GROTFELT, G. 1915. Hampun viljelys ja valmistus. Suomen maanviljelystäloudellisen koelaitoksen maamieskirjasto N:o 2.
- HARKIN, J.M. 1973. Lignin. In Butler, G.W. & Bailey, R.W. (ed.) *Chemistry and biochemistry of herbage*. p. 323-373.
- HOLMGREN, E. 1987. Energigräsproduktion i norra Sverige. Sveriges Lantbruksuniversitet Institutionen för växtodling. Seminarier och examensarbeten 804.
- HURTER, A.M. 1988. Utilization of annual plants and agricultural residues for the production pulp and paper. *1988 Pulping Conference TAPPI Book 1* p. 139-160.
- HURTER, A.M. 1989. Some economic considerations in the

implementation of a non-wood pulp and paper project. 1989
Pulping Conference TAPPI, Book 2 p. 677-690.

JEYASINGAM, 1985. Problems facing non wood pulp and paper mills
due the presence of silica: from raw material preparation to
the finishing of paper. 1985 Pulping Conference TAPPI p.
209-211.

JEYASINGAM, J.T. 1988. A summary of special problems and
considerations related to non wood fibre pulping world wide.
1988 Pulping Conference TAPPI, Book 3 p. 571-579.

JEYASINGAM, J.T. 1990. Mill experience in the application of non
wood fiber for paper making. 1990 Pulping Conference TAPPI,
Book 2 p.321-326.

KARLGREN, C., KALDOR, A. & VERWEST, H. 1989. Kenaf - a fast
growing fibre source for papermaking. 1989 Pulping
Conference TAPPI p. 141-154.

KILPINEN, O. 1988. Paperiteollisuuden mahdollisuudet käyttää
pellavaraaka-ainetta. Ylä-Savon Instituutti 17.3.1988. 12 p.
Sonkajärvi.

KUNNAS, R. 1982. Pellavan viljely - pelkkää nostalgiaako.
Maataloushallinnon Aikakauskirja 4/1988: 20-28.

LESKINEN, M. 1990. Pellava - hyödyntämätön voimavara.
Pellavahankkeen esitutkimus. Helsingin yliopisto, Maaseudun
tutkimus- ja koulutuskeskus Julkaisuja nro 11.

LE TEXIER, J.B. 1990. Suullinen tiedonanto. Le Chanvriere de
l'Aute.

MAKKONEN, H. 1975. Olki puuteollisuutemme raaka-aineeksi.
Käytännön Maamies 11/1975: 22-23.

MANSOUR, C.G. 1985. Rice straw and wheat straw for fine papers.
1985 Pulping Conference TAPPI p. 401-407.

- McGOVERN, J.N., COFFELT, D.E., HURTER, A.M., AHUIJA, N.K. & WIEDERMANN, A. 1987. Other fibers. In Hamilton, F., Leopold, B. & Kocurek, M.J. (ed.) Pulp and paper manufacture Volume 3. Secondary fibers and non-wood pulping. p. 110-121.
- MISRA, D.K. 1980. Pulping and bleaching of nonwood fibers. In Casey, J.P. (ed.) Pulp and paper. Chemistry and Chemical Technology. p. 504-568. John Wiley & Sons, New York 1980.
- MONTIES, B. 1990. Suullinen tiedonanto. INRA (Institut National de la Recherche Agronomique).
- MUKULA, J. & WESTMAN, E. 1977. Öljypellavakokeiden tuloksia 1974 - 1976. Maatalouden tutkimuskeskus. Kasvinviljelylaitoksen tiedote N:o 7.
- MULLER, F.M. 1960. On the relationship between properties of straw pulp and properties of straw. Tech. Ass. Paper Pulp Ind. 43: 209-218. (Ref. Staniforth, A.R. 1979)
- MYERS, G.C. 1990. Kenaf pulping and papermaking. Progress report for quarter ending December 31, 1990.
- NELSON, G.H., NIESCHLAG, H.J., DAXENBICHLER, M.E. WOLFF, I.A. & PERDUE, R.E. JR 1961. A search for new fiber crops. Part III. Laboratory-scale pulping studies. - TAPPI 44(5): 319-324.
- NIESCHLAG, H.J., NELSON, G.H., WOLFF, I.A. & PERDUE, R.E. JR 1960a. A search for new fiber crops. TAPPI 43(3): 193-201.
- NIESCHLAG, H.J., EARLE, F.R., NELSON, G.H. & PERDUE, R.E. JR 1960b. A search for new fiber crops. II. Analytical evaluations, continued. TAPPI 43(12): 993-998.
- NILSSON, C. & EKSTRÖM, N. 1982. Halm som bränsle. Bakgrund och systemlösningar. Institutionen för Lantbrukets byggnadsteknik (LBT), SLU. Specialmeddelande 114. Lund.

- PAHKALA, K. & JUNNILA, S. Pellavan viljelytekniikka ja kasvinsuojelu. Koetoim. ja Käyt. 48: 37.
- PARHAM, R.A. 1983. The fibrous nature of pulp and paper. In Kocurek, M.J. & Stevens, F. (ed.) Pulp and paper manufacture. Volume 1. Properties of fibrous raw materials and their preparation for pulping. p. 1-5.
- PERHAM, D.A. 1989. Comparative economic & other factors effecting the viability of non-wood plant fiber bleached chemical pulp mills. 1989 Pulping Conference TAPPI 407-410.
- PATEL, R.J., ANGADIYAVAR, C.S. & RAO, Y.S. 1984. Nonwood fiber plants for paper making - a review. 1984 Pulping Conference TAPPI p. 401-414.
- PETERSEN, P.B. 1988. Separation and characterization of botanical components of straw. Agricultural Progress 63: 8-23.
- PETERSEN, P.B. 1989. Industrial application of straw. Int. Symp. on Wood and Pulping Chemistry 1989 p. 179-183.
- PÖLKKI, L. 1990. Minkälaisia peltoja on maataloustuotannosta vapautunut? Luento 'Peltojen käytön vaihtoehdot' -täydennyskoulutuskurssilla 11.12.1990. Helsinki.
- RANUA, M. 1977. Oljen käyttö puunjalostusteollisuudessa. Teho 4/1977: 14-16.
- RANUA, M., LAAMANEN, J., LEVLIN, J-E., TOROI, M. & TOIKKANEN, L. 1977. Olkimassan valmistus. Oy Keskuslaboratorio Seloste 1272. 161 p.
- ROSENBERG, C. 1989. Pelto pellavalle. Tiede 2000 9(4): 26-31.
- ROSSI, L., ARNONE, S. LAI, A., LAPENTA, E. & SONNINO, A. 1990. ENEA's activities for developing new crops for energy and industry. 5th E.C. Conference Vol. 1. p. 107-113.

- SAULI, J.O. 1946. Tärkeimmät peltokasvijalosteemme. Pellervo -Seura, Helsinki.
- SMEDER, B. & SJÖBERG, L-A. 1990. Kemisk och biologisk friläggning av växtfibrer. Dokumentation från seminarium: Icke-textila användningar av linfibrer, Arlanda 28.3.1990.
- STANIFORTH, A.R. 1979. Cereal straw. 175 p. Oxford.
- TABB, C.B. 1974. Cereal straws for paper pulp. Agric. Prog. 49: 31-44.
- TURNER, J. 1987. Linseed law. A handbook for growers and advisers. 356 p. Suffolk.
- VARIS, E. (ed.) 1988. Pellonkäytön vaihtoehtoja. Helsingin yliopiston Kasvinviljelytieteen laitos Julkaisuja N:o 19.
- WHITE, G.A., GUMMINS, D.G., WHITELEY, E.L., FIKE, W.T., GREIG, J.K.MARTIN, J.A. KILLINGER, G.B., HIGGINS, J.J. & CLARK, T.F. 1970. Cultural and harvesting methods for kenaf - an annual crop source of pulp in the Southeast. Agricultural Research service USDA Production Research Report No 113.
- WONG, A. 1986. Neutral sulphite pulping of oilseed flax and textile linen flax fibres. 1986 Pulping Conference TAPPI p. 129-133.
- WONG, A: 1988. Alkaline pulping of linen and oilseed flax fibres. 1988 Pulping Conference TAPPI p. 251-254.

LIITE 1. Esimerkkejä peltosellua tuottavista laitoksista.

Yhtiön nimi	Maa	Raaka-aine
Celesa	Espanja	hamppu pellava sisal
CCB (Companhia de Celulose de Bahia)	Brasilia	sisal
Fredericia Cellulose A/S	Tanska	olki
Isarog Pulp & Paper Co, Inc.	Filippiinit	manilahamppu kenaf juutti
Prairie Fibre Inc.	Kanada	öljypellava sinimailanen
Procotex Corporation nv	Belgia	pellava
Societe Nationale Tunisienne de Cellulose	Tunisia	esparto

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUKSEN TIEDOTTEET

1986

1. Tiivistelmiä MTTK:n tutkimuksista ja julkaisuista 1985. 69 p.
2. KEMPPAINEN, E. Karjanlannan hoito ja käyttö Suomessa. 102 p. + 6 liitettä.
3. KEMPPAINEN, E. & HAKKOLA, H. Lietelanta nurmen peruslannoitteena. 25 p.
4. NIEMELÄINEN, O. Nurmikkoheinien ominaisuudet. Kirjallisuustutkimus. Tuloksia punanatojen ja niittynurmikan virallisista nurmikon lajikekokeista vuosilta 1977-1984. 48 p.
5. MUSTONEN, L., PULLI, S., RANTANEN, O. & MATTILA, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1978-1985. 128 p. + 4 liitettä.
6. NIEMELÄINEN, O. & PULLI, S. Puna-apilalajikkeiden siemenmuodostus. Tuloksia apilan virallisista siemenviljelyn lajikekokeista vuosilta 1978-1984. 42 p.
7. NIEMELÄINEN, O. Syksyn, talven ja kevään lämpö- ja valo-olojen vaikutus koiranheinän, niittynurmikan ja punanadan röyhymuodostukseen. Kirjallisuustutkimus. 51 p.
8. ERVIÖ, L-R. & ERKAMO, M. Pakettipellon viljelyn uudelleen aloittaminen herbisidien avulla. p. 1-15.
ERVIÖ, L-R. Korren vahvistaminen timotein siemenviljelyksillä. p. 16-21.
HIIVOLA, S-L. Klormekvatin käyttö timotein siemennurmilla. p. 22-27.
ERVIÖ, L-R. & HIIVOLA, S-L. Herbisidien käytön vähentäminen viljakasvustossa. p. 28-42.
9. KEMPPAINEN, E. & HAKKOLA, H. Säilörehun puristeneste ja virtsa lannoitteina. 43 p.
10. MATIKAINEN, A. & HUHTA, H. Nurmikasvilajikkeet Karjalan tutkimusasemalla. 24 p.
11. SOVERO, M. Nopsa-kevättrypsi. 15 p. + 2 liitettä.
12. NIEMELÄ, P. Kuiviketurpeen soveltuvuus turkistarhoilla kertyvän sonnan ja virtsan käsittelyyn. 15 p. + 4 liitettä.
13. PULLI, S., VESTMAN, E., TOIVONEN, V. & AALTONEN, M. Yksivuotisten tuorerehukasvien sopeutuminen Suomen kasvuoloihin. 51 p.
14. SIMOJOKI, P., RINNE, S-L., SIPPOLA, J., RINNE, K., HIIVOLA, S-L. & TALVITIE, H. Hernekaurasta saatava typpilannoitusohje. 27 p. + 22 liitettä.
15. SÄKÖ, J. & YLI-PIETILÄ, M. Hedelmäpuiden ja marjakasvien talvehtiminen talvella 1984-1985. 28 p.
16. MANNER, R. & KORTET, S. Niina-ohra. 31 p. + liite.

17. TURTOLA, E. & JAAKKOLA, A. Viljelykasvien, lannoituksen ja sadetuksen vaikutus kaliumin, kalsiumin, magnesiumin, natriumin, sulfaattirikin sekä kloridin huuhtoutumiseen savimaasta. 43 p.
18. TOIVONEN, V. & LAMPILA, M. Juurikasvisäilörehujen valmistus, laatu, rehuarvo ja mahdollinen käyttö etanolin valmistuksessa. 106 p. + 23 liitettä.
19. ETTALA, E. & VIRTANEN, E. Ayrshiren, friisiläisen ja suomenkarjan monivuotinen vertailu kotovaraisella säilörehu-vilja- ja heinä-vilja-urearuokinnalla. 1. Kolmen ensimmäisen lypsykauden tuotantotulokset. 114 p. + 5 liitettä.
20. ETTALA, E. & VIRTANEN, E. Ayrshiren, friisiläisen ja suomenkarjan monivuotinen vertailu kotovaraisella säilörehu-vilja- ja heinä-vilja-urearuokinnalla. 2. Lehmien syöntikyky, ravinnonsaanti ja rehun hyväksikäyttö sekä hedelmällisyys ja kestävyys kolmen ensimmäisen tuotantovuoden aikana. 293 p. + 23 liitettä.
21. RAVANTTI, S. Iki-timotei. 33 p. + 1 liite.
22. URVAS, L. & VIRKKI, K. Maaperäkarttaselitys. Turku-Rymättylä. 34 p. + 7 liitettä.
23. VUORINEN, M. Kalkituskokeiden tuloksia saraturvemaalta 1977-1983. 22 p.

1987

1. Tiivistelmiä MTTK:n tutkimuksista ja julkaisuista 1986. 72 p.
2. PALDANIUS, E. Oljen kompostointi erilaisia seosmateriaaleja typpilähteinä käyttäen. 55 p. + 1 liite.
3. LEIVISKÄ, P. & NISSILÄ, R. Säämittauksen tuloksia Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasemalla Ruukissa. 31 p.
4. HAKKOLA, H., HEIKKILÄ, R., RINNE, K. & VUORINEN, M. Odelman typpilannoitus, sängenkorkeus ja niittoaika. 39 p.
5. NIEMELÄ, T. & NIEMELÄINEN, O. Kasvualustan tiivistyminen ja nurmikon kuluminen nurmikon stressitekijöinä. Kirjallisuuskatsaus. p. 1-30.
NIEMELÄ, T. Siirtonurmikon kasvatus ja käyttö. Kirjallisuuskatsaus. p. 31-42.
6. LUOMA, S., RAHKO, I. & HAKKOLA, H. Kiinankaalin viljelykokeiden tuloksia 1981-1985. 25 p.
7. MUSTONEN, L., PULLI, S., RANTANEN, O. & MATTILA, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1979-1986. 165 p. + 9 liitettä.
8. SEPPÄLÄ, R. & KONTTURI, M. Mallasohran reagointi typpilannoitukseen. p. 1-66.
KUISMA, T. & KONTTURI, M. Typpilannoituksen vaikutus ohralajikkeiden mallastuvuuteen. p. 67-134.

9. YLI-PIETILÄ, M., SÄKÖ, J. & KINNANEN, H. Puuvartisten koriste-
kasvien talvehtiminen talvella 1984-1985. 38 p.
10. VUORINEN, M. & TAKALA, M. Porkkanan ja punajuurikkaan sadetus,
typpilannoitus ja kalkitus poutivalla hiekkamaalla. 30 p.
11. MULTAMÄKI, K. & KASEVA, A. Kotimaiset lajikkeet. p. 1-8.
Domestic Varieties. p. 9-17.
12. TUOVINEN, T. Omenakääriäisen ennustemenetelmä. p. 1-17. Pih-
lajanmarjakoin ennustemenetelmä. p. 18-32.
13. MÄKELÄ, K. Peittauksen vaikutus kotimaisen heinänsiemenen
itävyyteen, orastuvuuteen ja sienistöön. 15 p.
14. Osa 1. YLÄRANTA, T. Radioaktiivinen laskeuma ja säteilyval-
vonta. PAASIKALLIO, A. Radionuklidien siirtyminen viljely-
kasveihin. 62 p.
Osa 2. KOSSILA, V. Radionuklidien siirtyminen kotieläimiin ja
eläintuotteisiin sekä vaikutukset eläinten terveyteen ja
tuotantoon. 109 p.
15. RAVANTTI, S. Alma-timotei. 38 p. + 2 liitettä.
16. LEHMUSHOVI, A. Ryhmäruusujen lajikekokeet vuosina 1981-1984.
29 p.
17. JOKINEN, R. & TÄHTINEN, H. Karkeiden kivennäismaiden ja turve-
maiden kuparipitoisuus ja sen vaikutus kauran kasvuun astia-
kokeessa. p. 1-17.
Maan kuparipitoisuuden ja happamuuden vaikutus kuparilannoi-
tuksella saatuihin kauran satotuloksiin. p. 18-37.
Maan pH-luvun ja kuparilannoituksen vaikutus kauran hivenra-
vinnepitoisuuksiin. p. 38-47.
Kaura- ja ohralajikkeiden herkkyys kuparin puutteelle ja eri
kuparimäärillä saadut tulokset. p. 48-62.
Kuparilannoitelajien vertailu astiakokeessa kauralla. p.
63-68.
18. HIIRSALMI, H., JUNNILA, S. & SÄKÖ, J. Ahomansikasta suomalainen
viljelylajike. p. 1-8.
Mesimarjan jalostus johtanut tulokseen. p. 9-21.
19. TALVITIE, H., HIIVOLA, S-L. & JÄRVI, A. Satojen ja satovahin-
kojen arviointitutkimus. 87 p.
20. KEMPPAINEN, R. Puna-apilan ympärys Rhizobium-bakteerilla.
Inoculation of red clover by Rhizobium strain. 24 p.
21. LAMPILA, M., VÄÄTÄINEN, H. & ALASPÄÄ, M. Korsirehujen vertailu
kasvavien ayrshire-sonnien ruokinnassa. p. 1-40.
ARONEN, I., HEPOLA, H., ALASPÄÄ, M. & LAMPILA, M. Erisuuruiset
väkirehuannokset kasvavien ayrshire-sonnien olkiruokinnassa.
P. 41-66.
ARONEN, I., ALASPÄÄ, M., HEPOLA, H. & LAMPILA, M. Bentsoehappo
säilörehun valmistuksessa. p. 67-86.
22. TURTOLA, E. & JAAKKOLA, A. Viljelykasvien vaikutus ravinteiden
huuhtoutumiseen savimaasta Jokioisten huuhtoutumiskentällä
v. 1983-1986. 32 p. + 2 liitettä.

23. PIETOLA, L. & ELONEN, P. Peltokasvien sadetus normaalia kosteampina kasvukausina 1980-85. 76 p. + 1 värikuvaliite.
24. PIETOLA, L. Maan mekaaninen vastus kasvutekijänä. 94 p. + 3 liitettä.

1988

1. Tiivistelmiä MTTK:n tutkimuksista ja julkaisuista 1987. 83 p.
2. ANISZEWSKI, T. Puiden, pensaiden ja viljeltävän turvemaan fenologinen tutkimus. Phenological study on the trees, bushes and arable peat land. 120 p. + 5 liitettä.
3. RINNE, S-L., HIIVOLA, S-L., TALVITIE, H., SIMOJOKI, P., RINNE, K. & SIPPOLA, J. Viherkesannon vaihtoehdot rukiin viljelyssä. 53 p. sisältäen 9 liitettä.
4. JUNNILA, S. Pienannosherbisidit kevätiljoilla - Glean 20 DF, Ally 20 DF ja Logran 20 WG. p. 1-15.
Starane M kevätiljojen rikkakasvien torjunnassa. p. 16-18.
Kamilon B ja Kamilon D kevätiljojen rikkakasvien torjunnassa. p. 19-23.
Kevätviljaherbisidit Rikkahävite KH 10/77, KH 2/83 ja Impact-ril. p. 24-31.
5. KIISKINEN, T. & MÄKELÄ, J. Kasvipöeräisten valkuaisrehujen sulavuus minkillä. Smältbarhet av vegetabiliska proteinfodermedel hos mink. Digestibility of protein feedstuffs derived from plants in mink. p. 1-13
KIISKINEN, T., MÄKELÄ, J. & ROUVINEN, K. Eri viljalajien sulavuus minkillä ja siniketulla. Smältbarhet av olika spannmål hos mink och blåräv. Digestibility of different grains in mink and blue fox. p. 14-23.
6. SIMOJOKI, P. Ohran boorinpuutos. 100 p. + 3 liitettä.
7. SIMOJOKI, P. Lupiinin viljelytekniikka. p. 3-22, 2 liitettä.
EKLUND, E. & SIMOJOKI, P. Yksivuotisen lupiinin nystyräbakteerien eristäminen ja valikoitujen siirroskantojen testaus kenttäolosuhteissa. p. 23-34, 1 liite.
ANISZEWSKI, T. Kylvöajan vaikutus lupiinin (*Lupinus angustifolius* L.) siemensatoon Keski- ja Pohjois-Suomessa. p. 35-54.
ANISZEWSKI, T. Lupiinin siementuotanto Keski- ja Pohjois-Suomessa. p. 55-90.
8. HÄMÄLÄINEN, I. & ERVIÖ, R. Maaperäkarttaselitys, Jyväskylä. 39 p. + 14 liitettä.
9. ERVIÖ, R. & HÄMÄLÄINEN, I. Maaperäkarttaselitys, Lahti. 41 p. + 2 liitettä.
10. TAKALA, M. Palkokasvien biologiasta. 18 p. + 26 taulukkoa.
11. TAKALA, M., TAHVONEN, R. & VUORINEN, M. Väkilannoitus ja "biologiset" viljelymenetelmät perunan, porkkanan ja punajuurikkaan viljelyssä. 36 p.

12. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K., KONTTURI, M. & MATTILA, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1980-1987. 138 p. + 1 liite.
13. LUNDEN, K. & SÄKÖ, J. Koristepuiden ja -pensaiden talvehtiminen. Talvi 1986/87. 86 p. + 4 liitettä.
14. SÄKÖ, J. & LUNDEN, K. Talven 1986-87 tuhot hedelmä- ja marjatarhoissa. 34 p.
15. RINNE, K. & MÄKELÄ, J. Karitsoiden kasvu laitumella. 18 p.
16. ILOLA, A. Katovuoden 1987 kevätviljojen siemenen orastumisko-
keet. p. 1-17.
RANTANEN, O. & SOLANTIE, R. Uusi peltoviljelyn alue- ja vyöhy-
kejakoehdotus. p. 18-31.
17. RAHKONEN, A. & ESALA, M. Kevätviljojen ja -öljykasvien kylvö-
aika. 72 p.
18. JUNNILA, S. Perunaherbisidejä tehokkuustarkastuksessa. p. 1-15.
Lehvästön hävitys herneellä ja öljykasveilla. p. 16-24.
19. KEMPPAINEN, E. Didinin (disyandiamidi) vaikutus naudan liete-
lannan tehoon ohran lannoitteena. 35 p.
20. ETTALA, E. & VIRTANEN, E. Ayrshiren, friisiläisen ja suomenkar-
jan vertailu vasikka- ja hiehokaudella säilörehu-vilja- ja
heinä-vilja-urea-ruokinnalla. 92 p.
21. PITKÄNEN, J., ELONEN, P., KANGASMÄKI, T., KÖYLIJÄRVI, J., TAL-
VITIE, H., VIRRI, K. & VUORINEN, M. Aurattoman viljelyn vai-
kutukset kevätviljojen satoon ja laatuun: kuuden koevuoden
tulokset. p. 1-61 sisältäen 3 liitettä.
Summary: Effects of ploughless tillage on yield and quality
of cereals: results after six years.

PITKÄNEN, J. Aurattoman viljelyn vaikutukset maan fysikaalisiin
ominaisuuksiin ja maan viljavuuteen. p. 62-167 sisältäen 3
liitettä.
Summary: Effects of ploughless tillage on physical and chemi-
cal properties of soil.
22. KÄNKÄNEN, H. & KONTTURI, M. Kylvötiheyden vaikutus lehtityy-
piltään erilaisten herneiden sadon muodostumiseen. 69 p.

1989

1. Tiivistelmiä MTTK:n tutkimuksista. 23 p.
2. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K. & KONT-
TURI, M. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1981-1988.
147 p. + 8 liitettä.
3. VUORINEN, M. Turvemaan kaliumlannoitus. 17 p.
4. TAKALA, M. Saderiskien ja korjuutappioiden vähentämismahdolli-
suuksista heinäkorjuussa. 21 p. + 12 liitettä.

5. HAKKOLA, H., PULLI, S. & HEIKKILÄ, R. Nurmikasvien siemenseoskokeiden tuloksia. 57 p.
6. HAKKOLA, H. & LUOMA, S. Perunan viljelykokeiden tuloksia 1981-88. 25 p.
7. AFLATUNI, A. & LUOMA, S. Avomaan vihannesten lajikekokeiden tuloksia 1986-88. 36 p.
8. HÄRKÖNEN, M. & MUSTALAHTI, A. Perennojen menestyminen ja kukinta-ajat Pohjois-Suomessa 1979-85. 20 p. + 2 liitettä.
9. RUOTSALAINEN, S. Marjakasvien tervetäimituotanto ja sen merkitys Suomessa. 57 p.
10. UUSI-KÄMPPIÄ, J. Vesistöjen suojaaminen rantapeltojen valumiltilta. 66 p.
11. Öljykasvien viljelyn edistäminen. Yhteistutkimuksen tuloksia vuosilta 1985 - 1988. Toimittanut Katri Pahkala. 95 p.
12. JUHANOJA, S. Juurrutushormonien käyttö vesiviikunan Ficus pumila L. pistokkaiden juurrutuksessa. p. 2-6.
 JUHANOJA, S. & PESSALA, T. Vuodenajan vaikutus viherkasvien pistokkaiden juurtumiseen ja taimien jatkokasvatusaikaan. p. 7-22.
 JUHANOJA, S. Ampelikasvien viljelyaikatauluja. p. 23-34.
 PESSALA, T. Sulkasaniaisen lisäys. p.35-38.
14. JOKI-TOKOLA, E. Väkiheinä ja säilörehut lihanautojen ruokintakokeissa. 46 p.
15. MÄKELÄ, K. Kesäkukkien kauppasiemenen laatu. 15 p. + 10 liitettä.
16. KÄNKÄNEN, H., HIIVOLA, S.-L. & HEIKKILÄ, R. Kalkitusajankohdan vaikutus kalkituksen tehoon. 38 p. + 1 liite.
17. ROUVINEN, K. & NIEMELÄ, P. Plasmasytoosi heikentää pentutulosta ja pentujen varhaiskehitystä minkillä. Plasmacytos försämrar avelsresultatet och valparnas tidiga tillväxt hos mink. Plasmacytosis impairs breeding result and early kit growth in the mink. p. 1-17.
 ROUVINEN, K. Erilaisien rasvojen sulavuus minkin ja siniketun pennuilla - emulgaattorien vaikutus. Fettsmältbarhet hos mink- och blårävsvalpar - inverkan av emulgerande ämnen. Digestibility of different fats in mink and blue fox kits - influence of emulsifying agents. p. 18-37.
18. JOKINEN, R. Fosforin saostukseen käytettävien kemikaalien vaikutus jätevesilietteiden ominaisuuksiin sekä käyttöarvoon lannoitteena ja maanparannusaineena. p. 54.
19. JÄRVI, A. Typpilannoitus ja kasvuston CCC-käsittely timotein siemennurmilla. p. 1-24.
 Timotein siemennurmen typpilannoitus, riviväli ja siemenmäärä. p. 26-48.
 Alkuperältään erilaiset timoteilajikkeet siementuotannossa. p. 50-52.
20. URVAS, L. & TARES, T. Maanäytteiden ottoaika ja viljavuusluvut. 17 p.

21. SAASTAMOINEN, M. & PÄRSSINEN, P. Yty-kaura. 29 p. + 2 liitettä.
22. RAVANTTI, S. Juliska-punanata. 51 p. + 1 liite.

1990

1. Tiivistelmiä MTTK:n tutkimuksista. 40 p.
2. MARKKULA, M., TIITTANEN, K. & VASARAINEN, A. Torjunta-aineet maa- ja metsätaloudessa 1953 - 1987. 58 p.
3. KUMPULA, R. Mikrolisätyn mansikan emotaimiklooneissa esiintyvä muuntelu. 61 p. + 2 liitettä.
4. MELA, T., KÄNKÄNEN, H. & ILOLA, A. Heikkoitoisen kevätviljan arvo kylvösiemenenä. 28 p. + 20 liitettä.
5. SALO, Y & PIETILÄ, E. Laari-keväthehna. 32 p. + 2 liitettä.
6. RIEPPONEN, L. & RINNE, S-L & HIIVOLA, S-L & SIMOJOKI, P. & SIPPOLA, J. ja TALVITIE, H. Omavaraisen ja tavanomaisen viljelyn kannattavuusvertailu. 38 p. + 8 liitettä.
7. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K. & KONTTURI, M. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1982 - 1989. 129 p. + 2 liitettä.
8. URVAS, L. Sinkkisulfaatti timotein lannoitteena p. 1-11
Sinkkisulfaatti ja kelaatit sinkkilannoitteina p. 12-18
9. KOIKKALAINEN, K., HUHTA, H., VIRKAJÄRVI, P. & HEIKKILÄ, R. Pitkäaikaisen säilörehunurmen kaliumlannoitus heikosti kaliumia pidättävillä mailla. 59p. 9 liitettä.
10. AURA, E. Salaojien toimivuus savimaassa. 93p.
11. UOSUKAINEN, M. Tervetaimiasemalla tuotannossa olevat ja lajikekokeita varten lisätyt luumulajikkeet. p. 1-29.
UUSITALO, M. Luumujen ja kirsikan virustaudit. p. 31-42.
12. JUHANOJA, S. Kesäkukkien leikkoviljely kasvihuoneessa. p. 1-24 + 1 liite.
JUHANOJA, S. Morsiusharson kaksivuotinen lasinalaisviljely. p. 25-32.
JUHANOJA, S. Pikkusipulikukkien leikkoviljely kasvihuoneessa. p. 33-37.

1991

2. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K. & KONTTURI, M. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1983-1990. 146 p. + 2 liitettä.
3. VILKKI, J. Kultra-kevätrypsi. 20 p. + 1 liite.

4. KEMPPAINEN, E. & VUORINEN, M. Maanparannusaineiden vertailu kenttäkokeessa. (Sotkamon maanparannuskoe).
5. YLÄRANTA, T. Maataloustuotannon vaikutus kasvihuoneilmiöön Suomessa. Kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen. 18 p.
6. HANNUKALA, A. Puikulan viljelytekniikka Lapissa. 23 p.
7. URVAS, L. & HÄMÄLÄINEN, I. Viljeltyjen moreenimaiden kemialliset ominaisuudet. Kirjallisuuskatsaus. 28 p.
8. JUHANOJA, S. Freesian sadon ajoittaminen. 57 p.
9. LAURILA, L., HIIVOLA, S-L. & KARVONEN, T. Rukiin sakoluku Etelä-Pohjanmaalla. 56 p.
10. HUUSELA-VEISTOLA, E., PAHKALA, K. & MELA, T. Peltokasvit sellun ja paperin raaka-aineena. Kirjallisuustutkimus. 36 p. + 1 liite.

