

ACTA FORESTALIA FENNICA

Vol. 140, 1974

Sahateollisuuden kuorintajätteiden
käyttömahdollisuudet
Erityisesti käyttö maanparannusaineena ja
kasvualustana

*Using possibilities of barking waste in sawmill industry
Specially using as a soil improver and substrate for
plants*

Olavi Isomäki



SUOMEN METSÄTIETEELLINEN SEURA

Suomen Metsätieteellisen Seuran julkaisusarjat

ACTA FORESTALIA FENNICA. Sisältää etupäässä Suomen metsätaloutta ja sen perusteita käsitteleviä tieteellisiä tutkimuksia. Ilmestyy epäsäännöllisin väliajoin niteinä, joista kukin käsittää yhden tutkimuksen.

SILVA FENNICA. Sisältää etupäässä Suomen metsätaloutta ja sen perusteita käsitteleviä kirjoitelmia ja lyhyehköjä tutkimuksia. Ilmestyy neljästi vuodessa.

Tilaukset ja julkaisuja koskevat tiedustelut osoitetaan Seuran toimistoon, Unioninkatu 40 B, 00170 Helsinki 17.

Publications of the Society of Forestry in Finland

ACTA FORESTALIA FENNICA. Contains scientific treatises mainly dealing with Finnish forestry and its foundations. The volumes, which appear at irregular intervals, contain one treatise each.

SILVA FENNICA. Contains essays and short investigations mainly on Finnish forestry and its foundations. Published four times annually.

Orders for back issues of the publications of the Society, subscriptions, and exchange inquiries can be addressed to the office: Unioninkatu 40 B, 00170 Helsinki 17, Finland.

**SAHATEOLLISUUDEN KUORINTAJÄTTEIDEN
KÄYTTÖMAHDOLLISUUDET**

Erityisesti käyttö maanparannusaineena ja kasvualustana

OLAVI ISOMÄKI

SUMMARY:

**USING POSSIBILITIES OF BARKING WASTE
IN SAWMILL INDUSTRY**

*Specially using as a soil improver and
substrate for plants*

ALKULAUSE

Tämän käsillä olevan tutkimuksen aloittamisesta vuoden 1964 lopulla on minun kiitettävä prof. VEIJO HEISKASTA, jonka kehotuksesta työ tuli aloitetuksi ja joka myöhemminkin on minua monin neuvoin avustanut. Eniten olen kuitenkin tämän työn yhteydessä jäänyt kiitollisuudenvelkaan veljelleni hortonomi JAAKKO ISOMÄELLE, jonka tarkkuus ja ammattitaito ovat selvittäneet monen pulman ratkaisun. Allekirjoittanut on tässä työssä paljolti joutunut normaalin mekaanisen puuteollisuuden diplomi-insinöörin koulutus- ja kokemuspiiriin ulkopuolelle ja silloin siellä on ko. alojen kirjallisuuden lisäksi ollut paljon apua ko. alojen asiantuntijoista. Heista haluan tässä veljeni lisäksi kiittää mm. professoreita MARTTI SALONEN ja J. E. HÄRDH sekä tri IRMA SUHOSTA. Prof. EERO KIVIMAATA haluan kiittää monen muun seikan lisäksi siitä, että hän on ohjannut työni laajempiin puitteisiin koskemaan koko sahateollisuuden kuoripulman ratkaisumahdollisuuksia.

Myös prof. N-E. VIRKOLALTA olen työni eräässä vaiheessa saanut neuvoja.

Tämän tutkimuksen taloudellisen toteutuksen on tehnyt mahdolliseksi Suomen Luonnonvarain Tutkimussäätiön ja osaltaan myös Tekniikan Edistämissäätiön apurahat, joista parhaimmat kiitokseni. Taloudelliselta puolelta ovat työtä myös avustaneet työnantajani Sahateollisuuden Sivutuoteyhdistys ry ja Kuorihumus Oy sekä viime vaiheessa myös Osakeyhtiö Ekströmin Kone-liike. Suomen Metsätieteelliselle Seuralle olen kiitollinen julkaisemisesta arvokkaassa julkaisusarjassaan.

Monille muille tässä mainitsemattomille olen jäänyt kiitollisuudenvelkaa eikä vähiten perheelleni, joka on paljosta vapaa-ajasta jäänyt osattomaksi. Toivon, että työni ei ole ollut täysin turhaa.

Helsingissä 1973. 03. 11.

OLAVI ISOMÄKI

SISÄLLYSLUETTELO

	sivu
Alkulause	3
1. Johdanto	5
11. Kuori puun osana, kuoren kemialliset ja fysikaaliset ominaisuudet	5
12. Teoreettista tietoa kasvifysiologiasta, humusaineista, kasvualustasta ja lannoitteista	6
13. Teoreettinen yleiskatsaus kompostointiin ja hiilihydraattien, selluloosan sekä ligniinin hajoitukseen	8
14. Tutkimuksen tausta ja tarkoitus	10
2. Tutkimusmenetelmät ja aineisto	12
3. Kirjallisuustutkimus	13
31. Tukkien kuorinta ja sen vaikutus kuorintajätteen ominaisuuksiin	13
32. Kuorintajätteen määrät Suomen sahateollisuudessa ja käyttötavat	14
33. Kuorintajätteen käyttömahdollisuudet	15
331. Yleiskatsaus	15
332. Käyttö polttoaineena	16
333. Käyttö levyjen raaka-aineena	18
334. Käyttö maanparannusaineena ja kasvualustana	19
3341. Suomalaiset tutkimukset	19
3342. Ulkolaiset tutkimukset ja julkaisut	19
33421. Amerikkalainen kirjallisuus	20
33422. Saksankielinen kirjallisuus	24
33423. Norjalainen kirjallisuus	25
33424. Muu ulkolainen kirjallisuus	29
4. Tutkimustulokset kuoren käytöstä maanparannusaineena ja kasvualustana	30
41. Katsaus aikaisemmin julkaistuihin alustavien valmistus- ja käyttökokeiden tuloksiin ...	30
42. Teollisen valmistusmenetelmän kehittäminen ja valmistustekniikkaa koskevat tutkimukset	33
421. Kuorintajätteen synty sahalaitoksilla ja ominaisuudet humuksen valmistuksen kannalta	33
422. Kuoren käsittelylaitteet ja muut valmistukseen liittyvät laitteet	34
423. Kuvaus käytännön valmistusprosessista	36
424. Laskelma valmistuskustannuksista	38
43. Käyttöominaisuuksien jatkotutkimukset	39
431. Tomaatin ja kasvukokeen tuloksia	39
4311. Humustumisasteen vaikutus ominaisuuksiin	40
4312. Raakoon vaikutus käyttöominaisuuksiin	43
4313. Karkeuden ja maatumisasteen yhteisvaikutus	45
4314. Ominaisuuksien riippuvuus puulajista	47
4315. Kastelutarpeesta ja kastelun vaikutuksesta	48
4316. Erilaisen lannoituksen vaikutus	49
4317. Vertailu eri valmistajien humuksen ja turpeen välillä	51
4318. Yhteenveto tomaattikokeesta	52
432. Muut kokeet	53
433. Yhteenveto kuorihumuksen ravinne- ja rakenneominaisuuksista	53
434. Käyttäjien yleiskokemuksia	57
44. Valmistuksen tarkistuskokeen tuloksia	58
45. Valmistusmääristä ja valmistuskokemuksista	60
5. Vertailu muihin tutkimustuloksiin ja valmistukseen muissa maissa	62
51. Ulkomainen valmistus ja tutkimustulokset	62
52. Kotimaiset tutkimustulokset	64
6. Kuorihumuksen käyttöohjeita	66
61. Kasvihuoneviljely	66
62. Avomaanviljely	66
63. Nurmikot	67
7. Kuoren käytön taloudellisuusvertailut ja merkitys sahalaitoksen kannattavuudelle	68
8. Tulosten sovellutusmahdollisuuksista ja erityisesti kuorihumuksen tulevaisuudennäkymistä ...	70
9. Loppusanat	71
10. Kirjallisuusluettelo	72
Summary	75
Liitteet	79

1. JOHDANTO

11. Kuori puun osana, kuoren kemialliset ja fysikaaliset ominaisuudet

Puun kuori ympäröi suojakerroksena varsinaista puuainesta. Siinä voidaan erottaa kaksi eri osaa, sisäkuori eli nila ja ulkokuori eli kaarna (korkki, tuohi ym). Sisäkuori on elävää kudosta, joka ympäröi puuta täydellisesti. Ulkokuori on kuollutta ja se saattaa olla kokonaan halkeilluttakin. Havupuiden sisäkuoren sitkeys aiheutuu pitkistä niinikuuduista, mutta esimerkiksi koivulla nämä puuttuvat ja koivun sisäkuori mureneekin hyvin helposti. Sisä- ja ulkokuoren välissä on korkkijälsi, joka muodostaa ulkopuolelle korkki-, kaarna-, tai tuohikerroksen ja sisäpuolelle sekundäärisiä kuorisoluja. Puiden kuorintajäte sisältää yleensä myös enemmän tai vähemmän puuaineksen ja kuoren

välissä olevaa jälsikerrosta sekä myös varsinaista puuainesta.

Eri puulajien kuoret eroavat toisistaan sekä ulkonäön, rakenteen että ominaisuuksien puolesta. Tässä työssä on keskitytty ainoastaan suomalaisiin havupuihin, mäntyyn ja kuuseen. Tärkeimmät kemialliset alkuaineet ovat hiili, happi ja vety, kuten varsinaisessa puuaineessakin. Lisäksi on tyypeä sekä eri mineraaleja. Eri tutkijoiden tulokset poikkeavat jossain määrin toisistaan johtuen ehkä osittain siitä, missä suhteissa ko. näytteet ovat sisältäneet kuoren eri osia. Taulukossa 1 esitetään VIRTASEN (1962) ja SOLBRAAN (1967 ja 1972) esittämiä tietoja eri tutkijoiden tuloksista kuusen ja männyn kuoren sisältämistä alkuaineista, erityisesti mineraaleista.

Taulukko 1. Kuusen ja männyn kuoren sisältämien alkuaineiden määrät (%) eri tutkijoiden mukaan.

Tutkija	Puu-laji	% kuiva-ainemäärästä										Huom.		
		C	O	H	N	P	K	Mn	Mg	Ca	Tuhka			
BERGSTRÖM	mänty	55,0	39,5	5,5										
»	kuusi	51,0	44,0	5,0										
» (1)	mänty												0,196	
» (2)	kuusi												0,689	
PAJARI (3)	mänty												2,89	
» (4)	mänty												2,55	
KVIST	kuusi				0,32	0,04	0,2							
TAMM	kuusi				0,27	0,04	0,11				0,07	0,6		
SOLBRAA	kuusi				0,37	0,05	0,22	0,11	0,09	1,02	3,4			Kokonaism.
»	kuusi				0,006	0,009	0,22			0,08	0,51			Käyttökelp.
»	mänty				0,26	0,02	0,10			0,02	0,03			
	kuusi				0,37	0,06	0,19			0,09	1,02			

Suomessa kasvualustojen analyysitulokset esitetään ravinteiden, siis mineraaliainesten osalta yleensä määrinä mg/l ja tämän mukaisesti suomalaisen havupuun kuoren sisältämät ravinnemäärät ovat O. ISOMÄEN (1966) mukaan seuraavat:

Ca	1300—3000 mg/l
K	200— 500 »
P	5— 30 »

B	0,6— 0,8 »
Cu	2— 10 »
Mn	15— 25 »
Mg	200— 250 »

Kuori sisältää pääasiassa samoja kemiallisia yhdisteitä kuin puuainekin eli selluloosaa, ligniiniä ja hemiselluloosaa. Lisäksi kuoreissa on eri hiilihydraatteja, rasvaa, hartseja, eteerisiä öljyjä, terpeenejä ja park-

kiaineita (SOLBRAA 1967, WINELL 1969). Kuoren eri osissa näiden määrät eroavat huomattavasti toisistaan, esimerkiksi hiilihydraatteja on lähinnä jälsikerroksessa. Tau-

lukko 2 esittää SOLBRAAN (1967) ja WINELLIN (1969) antamat tiedot eräistä yhdistemäistä.

Taulukko 2. Kuusen ja männyn kuoren sisältämien kemiallisten yhdisteiden määriä.

Lähde	Puu- laji	% kuoren kuoresta									Huom.	
		Sellu- loosa	Hemi- sell.	Ligniini	Hiili- hydr.	Vaha	Rasva- hapot	Resino- hapot	Fenolit	Muut hapot		
SOLBRAA	kuusi	21	13	20	11							
	mänty	15	11	45	5							
WINELL	mänty					1,21	0,41	0,48	0,11	0,56)Tutkija A. B.)ANDERSSON)etyylieetteri-) liuk.	
»	kuusi					0,31	0,45	0,96	0,12	0,63		

Kuusen ja männyn kuori on hapanta, siis sen pH on alle 7. Eri tutkijoiden saamat tulokset vaihtelevat melko paljon, vaihdellen yleensä välillä 3,5–5,0 (ISOMÄKI 1969).

12. Teoreettista tietoa kasvifysiologiasta, humusaineista, kasvialustasta ja lannoitteista

Vihreitten kasvien aineenvaihdunnan perusteena on fotosynteesi, jossa auringonvalon energian avulla syntyy maasta otetusta vedestä ja ilman hiilidioksidista sokeria. Kasvien elämälle, kasvulle ja lisääntymiselle välttämättömien monimutkaisempien yhdisteiden, valkuaisaineiden, rasvojen, hiilihydraattien, selluloosan, ligniinin ym. synnyttämiseksi kasvi ottaa kasvialustasta monia aineita. Vaikka tässä selostuksessa ei olekaan tarkoitettu paneutua kasvifysiologiaan, lienee syytä teoreettisesti tarkastella eräitä perusteita. Kehitettäessä kuoren käyttömahdollisuuksia maanparannusaineena ja kasvialustana ja erityisesti tuotteen ominaisuuksia tutkittaessa, on pakko myös perehtyä kasvifysiologiaan.

Kasvien tarvitsemia ravinteita ja sitä miten kasvit nämä ravinteet ottavat, on tutkittu jo kauan. Vallitseva käsitys ilmenee mm. seuraavasta MENGEL'in (1968) esittämästä taulukosta. Ns. biodynaamisen viljelyn kannattajat ovat esittäneet monia

poikkeaviakin käsityksiä ja teorioja, mutta niitä ei tieteellisesti pystytty todistamaan.

Näitä aineita on siis oltava kasvialustassa kasvien saatavana. Lisäksi kasvialustan on yleensä tarjottava kasveille mahdollisuus pystyssäpysymiseen juurien avulla. Ravinteiden otto tapahtuu myös yleensä juurien avulla paitsi hapen ja hiilidioksidin osalta. Myös useimpien kasvien juuret hengittävät. Kasvialustan on siis oltava ilmava. Kasveja voidaan kasvattaa myös täysin epäorgaanisessa kasvialustassa, kuten hiekka, sepele, vaahtomuovi, vermikuliitti ym., mutta yleensä kasvialustan pääosa on orgaanista ainetta. Kasvialustassa oleva vesi ei yleensä allasviljelyä lukuunottamatta ole seisovaa, vaan enemmän tai vähemmän vettä valuu kasvialustan läpi. Näinollen ravinteiden tulisi imeytyä tai sitoutua kasvialustaan niin, että läpi virtaava vesi ei huuhtelee niitä. Niinsanotun biologisen tai biodynaamisen viljelyn kannattajat antavat kasvialustalle vielä monipuolisempia vaatimuksia. Sen tulee sisältää ravinteet luonnollisessa muodossa annettuina eikä mineraalisina lannoitteina. Kasvialustan tulee myös sisältää mahdollisimman voimakas pieneliö- ja mikrobikanta, sen tulee olla »elävä» (HOLZINGER 1966, OLSEN 1963). Kasvialustassa voi HOLZINGERIN (1966) mukaan syntyä mikrobitoiminnan vaikutuksesta kasveihin vaikuttavia kasvuaikkeitä, mm. indolietikkahappoa.

Taulukko 3. Kasvien ravinteiden jako fysiologisten ja biokemiallisten ominaisuuksien mukaan (MENGEL 1968)

Ra- vinne	Ravinne- ryhmä	Otto- ja siirtotapa	Fysiologiset ja biokemialliset ominaisuudet
C H O		Kaasuna, CO_2 ja O_2 C myös HCO_3^- :na O osaksi myös H_2O :na H H_2O :na	Orgaanisten molekyylien tärkeimmät rakenne- aineet
N S P B Si	Epä- metallit	Otto happokompleksien NO_3^- , SO_4^{2-} , muodossa, flos- faatteina, N myös NH_4^+ . Siirto epäorgaanisina ioneina tai orgaanisina molekyyleinä, esim. aminohappoina, amideina, fosfolipoidineina tai estereinä.	Orgaanisten rakenteiden tärkeitä rakenneaineita, NO_3^- ja SO_4^{2-} sitoutuvat pelkistyksessä epä- polaarisesti hiiliketjuihin. Vapaat S ja N ato- mien elektroniparit mahdollistavat kelaattisi- donnan. P, B ja Si muodostavat estereitä kas- vien alkoholiryhmien kanssa.
K Na Mg Ca	Maa- alkali- metallit	Otto ja siirto suurissa määrin kationeina.	Pääasiallisesti orgaaniseen aineeseen sidottuja. Voivat helposti tunkeutua molemminpuoleisesti. Epämääräisiä kolloidikemiallisia vaikutuksia ent- syymeihin (paisunta). Ca ja Mg osittain kelaatti- sidonnaisia. Mg:llä on tässä ominaisuudessa erity- tistehtäviä entsyymiaktivaattorina.
Fe Mn Cu Zn o	Raskas- metallit	Mo:ta lukuunottamatta otto kationeina tai metallikelaattina, MoO_4^{2-} :na. Siirto metalli- tai epäorgaanisena ionina.	Pääasiassa entsyymien metallikomponentteina, joiden toiminta usein perustuu metallien valens- sinvaihtoon. Mn ja Zn muistuttavat tarkoituk- seltaan Mg:tä entsyymien ja entsyymaattisten reaktioiden aikaansaamisessa. Kelaattisidos hal- litseva.

Kaikki orgaaniset aineet sisältävät niiden rakennusaineina olleita ravinteita, mutta useimpien kasvifysiologien mukaan kasvit ottavat ravinteet yleensä hyvin yksinkertaisina yhdisteinä tai ioneina. Monimutkaiset orgaaniset yhdisteet on siis ensiksi hajoitettava. Tämän suorittavat mikrobit, sienet, levät, bakteerit ym. pieneliöt. Orgaanisten aineiden hajaantumistulosta nimitetään yleensä humukseksi. Eri tutkijoiden esittämät humuksen määritelmät eroavat josain määrin toisistaan. MÜLLER (1965) esittää yhteenvedona useiden tutkijoiden käsityksistä laajan merkityksen humukselle. Tämän mukaan kaikki orgaanisten aineiden hajaantumistulokset ovat humusta ja jo prosessin alkuvaiheesta lähtien hajaantuvaa ainetta voidaan nimittää humukseksi. Mutta TRIBENIN (MÜLLER 1965) mukaan vasta melko pitkälle hajaantunutta orgaanista ainetta voidaan nimittää humukseksi.

Sitä ennen aine on »raakaa» orgaanista ainetta.

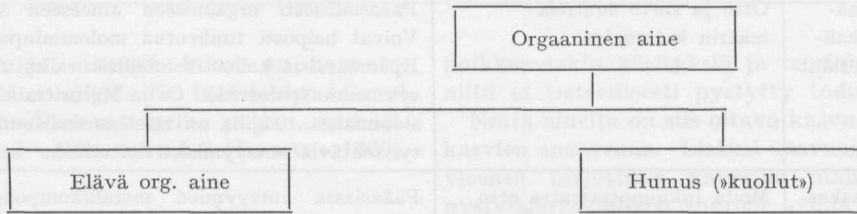
Myös PUUSTJÄRVI (1968) on käsitellyt humuskäsitteitä. Hän esittää humuksen suomen kieliseksi vastineeksi sanaa mullas. Hän jakaa humuksen oleellimmän osan humiinihapon kahteen pääryhmään: humushappoon ja hymatomelaanihappoon. Humaatti on humiinihapon suola.

Humusaineita voidaan jaotella eri perusteilla. Seuraavat kaksi kaaviota selvittävät MÜLLERIN (1965) esittämiä jakotapoja. Humus ei yleensä ole pysyvää ainetta, vaan pieneliöt hajottavat sitä yhä yksinkertaisimmiksi yhdisteiksi ja samalla pieneliömassan määrä kasvaa. Tätä pieneliömassaa taas toiset pieneliöt voivat hajottaa. Huomattava osa haihtuu hiilidioksidina ilmaan. Monissa maissa myös eroosio hävittää humusta. Näinollen humuksen lisäys on yleensä jatkuvassa voimaperäisessä viljelyssä tarpeen.

Kaavio 1. Humusaineiden jako liukoisuuden perusteella (MÜLLER 1965)

Humus				
Epähumiinit			Humiinit	
Fulvohapot			Humiinihapot	
Krenihappo	Apokrenihappo	Hymatomelaanihappo	Rusk. humiinihappo	Harm. hum. happo
heik. keltainen	keltainen	ruskea	syvänruskea	harm. musta
liukenee asetyyliibromiiniin			ei liukene	
liukenee mietoon NaOH:n				
liukenee väkevään NaOH:iin			elektrol. saostuva	
ei happosaasteinen		heikosti happosaost.	happosaasteinen	
vesiliuk. alkoholiliuk.		alkoholiliukoinen	liukenee alk. reag. liuottim.	
< 50 % C		58–62 % C	50–60 % C	58–62 % C

Kaavio 2. Humusaineiden eri jakoperusteita (MÜLLER 1965)



Aineemukainen jako

1. Epähumiinit
2. Humiinit
 - Fulvohapot
 - Hymatomelaanihapot
 - Humiinihapot
 - Humiinit
 - Humushiili

Käsitteellinen jako

1. Ravinnehumus
2. Kestohumus

Morfologis-geneettinen jako

1. Maaperähumukset
 - Raakahumus
 - Muta
 - Multa
2. Suohumukset
 - Turve
3. Vedenalaishumus

Humuslisäysten tarve riippuu kasvualustasta, ennenkaikkea alkuperäisen humuksen määrästä, erosiosta ja viljelyn voimaperäisyydestä. Kasvihuoneviljelyssä on lähes jokavuotinen humuslisäys tarpeen.

Humuspitoisessa kasvualustassa on siis aina enemmän tai vähemmän kasvien tarvitsemia ravinteita, mutta yleensä niitä on lisättävä kasvun parantamiseksi. Näitä ravinteita sisältäviä aineita sanotaan lannoitteiksi. Vanhin tunnettu lannoite on karjanlanta. Myös kasvijätteen tuhka ja eräät eläinten osat, kuten luujauho ja veri, ovat vanhaan tunnettuja lannoitteita. Nykyisin käytetään pääasiassa teollisesti valmistettuja

mineraalilannoitteita, joiden ravinnemäärät ja koostumukset vaihtelevat suuresti. Näistä saa tietoja mm. valmistajien tiedotteista ja käsikirjoista (mm. Puutarhakalenteri 1973).

13. Teoreettinen yleiskatsaus kompositointiin ja hiilihydraattien, selluloosan sekä ligniinin hajoitukseen

Pieneliöiden elämä ja toiminta orgaanisessa aineessa edellyttää tiettyjä olosuhteita. Lämpötilalla on erittäin suuri merkitys niiden toiminnan vilkkauteen. Myös kosteus, ilmamäärä ja ilmanvaihto sekä tiettyjen ra-

vinteiden määrät vaikuttavat pieneliötoimintaan. Jo tuhansia vuosia sitten ihminen havaitsi orgaanisten aineiden maatuvan kasoissa ja oppi siitä kompostoimalla hajoittamaan orgaanisia jätteitä (RAUTAVAARA 1957).

Eräissä kielissä kompostointi merkitsee sinänsä kaikkea orgaanisen aineen biologista hajoittamista. Suomenkielessä kompostoinnilla tarkoitetaan järjestettyä biologista hajoitusta: Kompostoituminen-käsitettä käytetään joskus varsinaisesta prosessista. Komposti merkitsee yleensä sekä kasvaa, jossa prosessi tapahtuu, että valmista tuotetta. Teollisessa mittassa tapahtuvan kompostoinnin kehittyminen on luonut sanat humustus, humustaminen ja humustuminen, koska komposti- ja kompostointi sanoilla on hyvin epäteollinen, jätteisiin viittaava lisämerkitys. Kuorintajätteistä kompostoimalla valmistetulle tuotteelle ehdotti tämän kirjoittaja nimeä »kuorihumus» vuonna 1966 ja se onkin sen jälkeen nopeasti yleistynyt. Myöskään vastaavia vieraskielisiä nimityksiä, barkhumus, Rindenumus, barkhumus (ruotsi, saksa, englanti) ei tämän kirjoittaja ole tavannut ennenkuin käännöksinä suomenkielen »kuorihumus» nimestä.

Kompostointi on siis vanhastaan tunnettu menetelmä. Siitä on esitetty monia eri muunnelmia, mutta yleensä kaikissa orgaaninen aines kasataan ilmaviin kasoihin, joita kastellaan, mikäli orgaaninen aines on kuivaa ja usein sekoitetaan ja käännellään prosessin nopeuttamiseksi (RAUTAVAARA 1951). Usein siihen lisätään lantaa tai muita kasviraivinteitä sisältäviä aineita. Erityisesti asuma-jätteille on kehitetty monia teollisia menetelmiä mm. Danomenetelmä. Turussa ja Helsingissä on tällaiset Danolaitokset. Tässä menetelmässä hienonnetut jätteet johdetaan suureen pyörivään rumpuun, jonne suihkutetaan myös vettä ja paineilmaa. Rumussaoloaika saattaa olla vain muutama tunti, mutta tuote on tällöin vasta ns. raaka-kompostia, joka täytyy antaa kypsä suorissa kasoissa.

Pieneliötoiminnan vilkkauteen vaikuttavat siis olosuhteet olennaisesti. Ne vaativat, kuten kasvitkin, myös ravinteita. Tyyppi on eräs tärkeimmistä mikrobien tarvitsemista ravinteista. Koska pieneliöt hajottavat orgaanisia eli hiilipitoisia aineita, vaikuttaa hiili/typpi suhde (C/N) olennaisesti pieneliötoiminnan vilkkauteen ja määrään. Useat

pieneliöt pystyvät ottamaan kasvualustassa olevan typen tehokkaammin kuin kasvit, joten kasvualustassa, missä on käynnissä vilkas pieneliötoiminta, esiintyy kasveilla helposti typen puutetta. Tämä onkin ollut tärkein syy, miksi aikaisemmin mm. kuorintajätteiden käyttö kasvualustan parannusaineena epäonnistui (O. ISOMÄKI 1967). Olennaista ei kuitenkaan ole kokonaishiili/kokonaistyyppisuhde (C_t/N_t), vaan kasveille tai pieneliöille käyttökelpoisen hiilen ja typen suhde (MÜLLER 1965). Tämä aiheuttaa vaikeuksia analyysimenetelmillä selvittää sopiva hiili/typpisuhde. Mitä alhaisempi C/N suhde on, sitä paremmin kasvit saavat alustasta typpeä, ja yleensä maksimiarvona pidetään 30:ntä. Toinen olosuhdetekijä on happamuus. Eri pieneliökannoilla kuten kasveillakin, on erilaiset vaatimukset, mutta yleensä kaikki viihtyvät parhaiten emäksisissä tai neutraaleissa olosuhteissa eli pH 7 tai yli (MÜLLER 1965). Kolmas olennainen tekijä on lämpötila. Tässäkin suhteessa eri pieneliökannat ovat yksilöllisiä ja optimi- ja rajalämpötilat ovatkin eräs identifioimistapa. Eräillä pieneliöillä on kuitenkin suuri mukautumiskyky. Yleensä optimilämpötila on 20–30° C, eräillä korkeampi, 50–60° C (MÜLLER 1965). Riittävä kosteus on myös useimmille kasvun ja lisääntymisen ehto, yleensä optimikosteus n. 65 % kokonaispainosta eli n. 185 % kuiva-ainepainosta laskien (SOLBRAA 1967). Osa orgaanisia aineita hajoittavista pieneliöistä on anaerobisia, jotka eivät siis tarvitse ilman happea kasvuun ja lisääntymiseen, mutta pääosa on aerobisia. Tämän vuoksi ilmanvaihto eli tuoreen happipitoisen ilman tuonti hajoitettavaan aineeseen lisää pieneliötoiminnan vilkkautta.

Kompostoinnissa vaikuttavia pieneliökantoja on tutkittu jo kauan, mutta lajien moninaisuus ja identifioinnin vaikeudet ovat aiheuttaneet kokonaiskuvan pysymisen epämääräisenä. Eri ainesosasten hajoituksen suorittavat eri pieneliökannat ja hajoitusnopeudet vaihtelevat myös suuresti. Mm. ligniini on eräs biologisesti vaikeimmin hajoitettavia orgaanisia yhdisteitä. Ligniini onkin pääasiallinen ns. kestohumuksen muodostaja (MÜLLER 1965). Tärkeimmät ligniiniä hajottavat pieneliöt kuuluvat sieniin. Eräät hajottavat yhtäläillä ligniiniä ja seluloosaa, kuten *Godoterma applanatum*, *Po-*

lyporus adustus, *Plencotus ostreatus* ja *Polystrictus abietinus* (MÜLLER 1965). *Polyporus versicolor* hajottaa lähinnä ligniiniä ja pentosaaneja, mutta myös selluloosaa. Myös useat *Aspergillus*, *Trichoderma* ja *Trichothecium*-sukuihin kuuluvat hajottavat ligniiniä. Myös bakteereissa löytyy eräitä ligniinijohdannaisia hajottavia, kuten *Achromobacter* ja *Pseudomonas*-sukujen lajit (FISCHER 1953). Yleensä kuitenkin löytyy hyvin vähän ligniiniä tehokkaasti hajottavia pieneliöitä. Suomessa on ligniinien hajoitusta tutkinut erityisesti SUNDMAN (mm. 1965 ja 1971).

Selluloosa on maaperässä olevan humuksen tärkein lähtöaine. Sen hajoamista on tutkittu jo yli 100 vuotta. Ensimmäinen puhtaaksiviljelty selluloosaa hajottava bakteeri oli *Spirochaeta cytophaga* (MÜLLER 1965). Selluloosaa hajottavat sekä aerobiset että anaerobiset mikrobit. Aerobisessa prosessissa lopputuloksena on CO_2 ja H_2O , mutta anaerobisessa CH_4 ja H_2 . Selluloosaa hajottavia aerobisia bakteereita on niin paljon, ettei niitä ole syytä tässä suppeassa katsauksessa ryhtyä luettelemaan. Tärkeimpinä voidaan kuitenkin mainita *Pseudomonadales*, *Eubacteriales*, *Actinomycetales* ja *Mycobacteriales* lajit. Sienistä löytyy myös lukuisa joukko selluloosaa hajottavia, sillä onhan puun laboaminen tunnetusti pääasiasa sienten aiheuttama. Tärkeimpinä voidaan mainita mm. *Basidiomycetes*-luokka, johon kuuluvat mm. tunnetut lahottajasienet. *Coniophora cerebella* ja *Stereum synquinoleutum*, *Merulius*-lajit, joista erityisesti lahottajasieni *Merulius domesticus* ja *Poria*-lajit (SUOLAHTI 1964, MÜLLER 1965).

Useimmat selluloosaa hajottavat mikrobit hajottavat myös hemiselluloosaa ja pektiiniä. Xylaani on ehkä merkittävin kuoressa oleva hemiselluloosa. Sitä hajottavat lähinnä maasienet, kuten *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus* ja *Pilobolus*-lajit. Pektiniä hajottavat anaerobisesti mm. *Bacillus subtilis* ja eräät muutkin *Bacillus*-lajit (MÜLLER 1965).

Eräät hiivasienet hajottavat sokerilajit hyvin helposti, jolloin tuloksena on alkoholeja. Näitä hiivasieniä ei kuitenkaan yleensä tavata maassa eikä niissä olosuhteissa, missä kuorintajätteitä lahotetaan. Mutta maassa on sieniä, jotka muuttavat sokerin uronihapoksi, sitruunahapoksi, oksaalihapoksi, fumaarihapoksi ym. Bakteerit puolestaan muodostavat sokereista mm. maitohappoa,

etikkahappoa, asetaldihydiä ja lopputuloksena CO_2 ja H_2O :ta. Anaerobiset bakteerit puolestaan muodostavat lopputuloksena CO_2 :n ohella CH_4 :ää. Kuorintajätteet sisältävät hyvin vähän sokerilajeja, mutta jäljellä on nilakerroksessa on jonkin verran enemmän tärkkelystä. Tämä on myös eräs biologisesti helpoimmin hajoitettavia yhdisteitä. Kosteissa olosuhteissa, jos on yli 50 % vesikapasiteetista täynnä, hajottaminen tapahtuu lähinnä anaerobisten bakteerien, kuten *Bacillus*-lajien (mm. *Bacillus subtilis*) sekä *Clostridium*-lajien avulla. Viimemainitut ovat erittäin voimakkaasti anaerobisia. Myös useat sienilajit hajottavat tärkkelystä, mm. *Aspergillus* (MÜLLER 1965).

Puussa ja erityisesti kuoressa on myös rasvoja ja vahoja. Näitä hajottavia mikrobeja löytyy lukuisa joukko. Bakteereista voidaan mainita mm. monet *Pseudomonas*, *Bacterium* ja *Micrococcus*-lajit. Sienistä hajottavat rasvoja ja vahoja mm. *Penicillium* ja *Aspergillus*-lajit. Puussa ja kuoressa löytyy myös parkkiaineita, joista tärkein on tanniini. Nämä ovat suhteellisen vaikeasti hajoavia, mutta eräät sienilajit, kuten *Aspergillus*, *Penicillium* ja *Citromyces* pystyvät niitä hajottamaan (MÜLLER 1965).

Maabakteereista on kehitetty eräitä viljeltyjä kantoja kaupallisiin tarkoituksiin. Näistä kaupallisista preparaateista on yleensä vaikea saada tietoja. Itävaltalaisen HOLZINGERIN kehittämä Eekomit on eräs tällainen kaupallinen valmiste. Valmistajan ilmoituksen mukaan pääryhminä ovat *Bacillus subtilis vareterinus* ja *Bacillus steareothermophilus*. *Bacillus subtilis* eli heinäbasilli on eräs tavallisimmista mikrobeista. Se on helppo viljellä. Heinäbasilli hajottaa mm. sokerilajeja, tärkkelystä ja pektiiniä. *B. subtilis* kestää erittäin hyvin kuumuutta, jopa yli tunnin ajan 100°C lämpötilaa. *B. steareothermophilus* voi elää sekä aerobisesti että anaerobisesti ja se on yleisin umpioituja kasvissäilykkeitä turmelevista. Se hajottaa mm. tärkkelystä ja rasvoja ja optimaalinen lämpötila on $50-60^\circ\text{C}$ (MÜLLER 1965).

14. Tutkimuksen tausta ja tarkoitus

Sahateollisuudessa saadaan varsinaista tuotetta, sahatavaraa, vain noin puolet käytetyn raaka-aineen määrästä ja lähes puolesta raaka-ainetta syntyy jätettä. Kos-

ka jätteen osuus on näin huomattava, on aivan selvä, että sille on syntynyt aikojen kuluessa erilaista käyttöä. Pintojen, rimojen ja tasauspätkien, siis varsinaista puuainesta olevien jätteiden käyttämiseksi on suurelta osin syntynyt maamme sulfaattiseluloosa-teollisuus. Kuitenkaan sahateollisuuden jätteiden käyttöpulmat eivät vieläkään ole ratkaistu. Pienehkön ja keskisuuren sahateollisuuden piirissä syntyi vuoden 1963 lopulla Sahateollisuuden Sivutuoteyhdistys ry. jonka päätehtävänä on ollut tutkimus- ja informaatiotyö. Tuloksena onkin ollut nimenomaan sahanhakkeen ja puun ominaisuuksien ja käyttömahdollisuuksien tuntemuksen lisääntyminen. Jo alkuvaiheessa todettiin kuorintajätteiden käytön muodostavan vaikeimman pulman erityisesti pienehkön ja keskisuuren sahateollisuuden piirissä.

Kuoren käyttömahdollisuuksien lisäämiseen tähtäävä tutkimussarja alkoi Sahateollisuuden Sivutuoteyhdistys ry:n piirissä vuonna 1965. Käyttö polttoaineena oli silloin ainoa mahdollisuus ja siksi etsittiin muita mahdollisuuksia. Lähinnä amerikkalaisten julkaisujen perusteella tuli esiin mahdollisuus käyttöön maanparannusaineena ja katteena istutuksilla. Lisävirikkeenä oli myös prof. PUUSTJÄRVEN saavuttamat tulokset turpeen käytössä kasvualustana. Jo alustavat koeket osoittivat kuorintajätteiden teollisen kompostoinnin olevan mahdollista ja alustavat käyttökokeilut antoivat hyviä tuloksia tuotteen käyttömahdollisuuksista. Tässä vaiheessa todettiin myös parhaaksi keskittää tutkimus-, kehitys- ja informaatiotyö samoin kuin odotettavissa olevan tuotteen markkinointi erilliselle yhteisölle, Kuorihumus Oy:lle, koska osakeyhtiömuodon todettiin odotettavissa olevan markkinointitoiminnan kannalta edullisimmaksi. Mukaan

tuli sahateollisuuden lisäksi myös pääosa koko puunjalostusteollisuudesta. Tästä laajasta pohjasta huolimatta pääosan tutkimustyöstä on rahoittanut Suomen Luonnonvarain Tutkimussäätiö. Tärkein edellytys tutkimusten edistymiseen on kuitenkin ollut eri asiantuntijoiden antama apu ja työ tutkimusten suunnittelussa ja tulosten tulkinnassa. Jatkotutkimukset ovat viime vuosina yhä enemmän siirtyneet asianomaisille tutkimuslaitoksille, kuten Helsingin Yliopiston Puutarhatieteen laitokselle, Puutarhan Tutkimuslaitokselle ja Maatalouden Tutkimuskeskukselle.

Nyt käsillä oleva tutkimusselostus sisältää aluksi edellä olleet teoreettiset selvitykset sahateollisuuden kuorintajätteiden ominaisuuksista ja käyttömahdollisuuksista sekä kasvualustakäytön perusteista. Varsinainen tutkimustyö on käsittänyt nimenomaan teollisen kompostointimenetelmän, kuorihumuksen valmistusmenetelmän, kehittämisen ja tuotteen ominaisuuksien ja käyttömahdollisuuksien tutkimisen. Tässä tutkimusselostuksessa on jouduttu Kuorihumus Oy:lle kuuluvien valmistussalaisuuksien paljastumisen välttämiseksi jättämään pois eräitä yksityiskohtia valmistusmenetelmiä koskevista tutkimustuloksista. Aiheen laajuuden ja aikaisempien tutkimustulosten puutteen vuoksi monissa kohdin on jouduttu tyytymään melko ylimalkkaisiin ja alustaviin tuloksiin, joiden yleistämiselle ei ole riittävää luotettavuutta. Tutkimusselostusta kirjoittaessani olen nimenomaan pitänyt mielessä puunjalostusteollisuuden puolella olevan lukijapiirin, jonka takia perustietoja koskeva teoreettinen osa on kirjoitettu paljon laajemmaksi kuin vaativan tutkimustyön selostuksessa on yleensä edellytetty.

2. TUTKIMUSMENETELMÄT JA AINEISTO

Aiheen laajuuden ja monipuolisuuden vuoksi on tässä tutkimuksessa käytetty useita eri menetelmiä. Ensinnäkin aiheesta, erityisesti kuorintajätteiden kompostoinnista, on tehty kirjallisuustutkimus. Tämän kirjallisuustutkimuksen aineisto on saatu Helsingin Yliopiston metsäkirjastosta, opintomatkoilla 1969 Norjaan ja USA:han sekä Kanadaan ja lisäksi kirjeenvaihdossa eräiden muiden tutkijoiden, kuten Dresdenin yliopiston prof. F. HOFFMANNIN, Madisonin yliopiston prof. WILDER ja Princetonin yliopiston tutkijan SARLESIN kanssa. Kirjallisuustutkimuksen tuloksia on käytetty hyödyksi jo aikaisemmin esitettyssä johdantososassa käsiteltäessä asioihin liittyvien seikkojen teoreettisia perusteita, mutta varsinaisesti ne on selostettu kohdassa 3, kirjallisuustutkimusosassa.

Kuorihumuksen teollista valmistusmenetelmää koskeva aineisto on pääosin kerätty aikaisempien alustavien tutkimusten ja valmistuskokeiden yhteydessä. Laitteita, erityisesti repijöitä koskeva osa on kerätty valmistajien antamien esitteiden perusteella. Vuosina 1967—70 saadut käytännön kokemukset on myös käytetty hyödyksi.

Käyttöominaisuuksia koskevat tulokset perustuvat kolmeen eri aineistoon. Ensinnäkin vuonna 1968 suoritettuun tomaatin kasvukokeeseen, jossa oli yhteensä 120 koeruu-tua. Pääsarjassa, jossa jokaisesta kokeesta oli kaksi toistoa, selvitettiin maatumisasteen, karkeusasteen, kastelun, typpilannoituksen ja fosforilannoituksen vaikutus mäntykuorihumuksella. Lisäsarjassa oli vain yksi toisto ja siinä oli kahden muun valmistajan humus, turve, kuusenkuorihumus, karkeat jakeet, runsas kastelu ja kalilannoitus vaihtelutekijöinä. Tomaattilajike oli *Early Bever*. Kokeen suunnittelussa oli mukana asiantunti-

jana tri *Irma Suhonen* Helsingin yliopiston puutarhatieteen laitokselta. Käytännön työt ja tulosten laskennan hoiti hortonomi JAAK-KO ISOMÄKI. Toisen aineistoryhmän muodostivat kaikissa tähänastisissa tutkimuksissa suoritettujen analyysien tulokset. Raa'an kuoren osalta täydelliset analyysitulokset oli 11 analyysistä ja normaalin kuorihumuksen osalta 34 analyysistä. Tässä ei ole huomioitu eri kokeissa suoritetuista perättäisistä kokeista kuin ensimmäinen. Kolmas aineistoryhmä saatiin lähettämällä vuoden 1972 alussa valmistajien ilmoitusten perusteella tietoon saaduille käyttäjille kyselykaavake. Kysely lähetettiin 33:lle käyttäjälle ja vastauksia saatiin yhteensä 16, jotka käyttivät yhteensä n. 2500 m³/v. kuorihumusta.

Valmistusmenetelmiä koskevat tarkistuskokeet suoritettiin v. 1972 Leppämäen Veljesten Saha Oy:llä Kyrön asemalla ja se käsitti yhteensä yhdeksän koekasaa, joista seurattiin mm. lämpötilan kehitystä, ravinnetasen kehitystä sekä humustumisnopeutta ja erilaisten ravinnelisyysten vaikutusta niihin. Toinen valmistusta koskeva jatkotutmusaineisto perustui vuoden 1972 alussa Kuorihumus Oy:n osakkaille lähetettyyn kyselyyn. Vastauksia saatiin 13, mutta vain 4 oli näistä valmistanut kuorihumusta.

Vertailussa muihin tutkimustuloksiin ja ulkomaisiin valmistusmenetelmiin, on lisäksi esitetty Norjaan, USA:han ja Kanadaan suuntautuneilla opintomatkoilla nähdyt valmistusmenetelmät. Nämä vuonna 1969 toteutuneet opintomatkat olivat erittäin tärkeä kokemuksen lähde nimenomaan tutkimuksissa kuorintajätteiden käyttömahdollisuuksista maanparannusaineena, kasvualus-tana ja lannoitteena.

14. Tutkimuksen tausta ja tarkoitus

Sahateollisuuden kasvava varauslaatu on tuottanut, sahatavaran, vain noin puolet käytetyn raskaan puun jäljestyksen ja lähes puolet raskaan puun jäljestyksen jätteistä. Kes-

3. KIRJALLISUUSTUTKIMUS

31. Tukkien kuorinta ja sen vaikutus kuorintajätteen ominaisuuksiin

Puiden käsinkuorinnasta metsässä on jo lähes täysin luovuttu. Sahatukeista kuorittiin käsin kuusi vuotta sitten alle 5 %, (SALMINEN 1966) ja sen jälkeen se on vielä pienentynyt. Pinotavaraa kuoritaan vielä osa koneellisesti varastopaikoilla tienvarsilla, mutta pääosa siitäkin kuoritaan tehtaalla.

Sahatukkien kuorinnassa käytetään Suomessa lähes yksinomaan roottorikuorimakoneita. Pääasiassa on käytössä kotimaisia Valon Koneen VK-kuorimakoneita ja ruotsalaisia Kockum-Söderhamnin Cambio-koneita. Lisäksi on yksittäisiä kappaleita eräitä muita merkkejä kuten Mira, CHEJ ja VAP ja joitakin vanhoja Valon Koneen Veikkokutterikuorimakoneita eräillä pieneimmillä sahoilla. Pinotavaralla käytetään roottorikoneita vähemmän kuin rumpu- ja taskukuorimakoneita.

Kuorimakone vaikuttaa useampaankin kuorintajätteen ominaisuuteen. Ensinnäkin niissä kuorintamenetelmissä, joissa ei käytetä vettä, saadaan kuorintajäte siinä kosteudessa, missä se on kuorittavassa puussa. Vettä käyttävissä kuorintamenetelmissä kuorintajätteen kosteus riippuu kuorimakoneen jälkeen olevista vedeneroitus- ja poistolaitteista. Kuorintamenetelmä vaikuttaa myös kuorintajätteen palakokoon. Yleensä kaikissa menetelmissä osa kuoresta irtoaa melko suurina paloina. Palakoko on suurempi kesällä kuin talvella jäätyneellä kuorella ja kuusta kuorittaessa suurempi kuin mäntyä kuorittaessa. Yleensä kaikissa tapauksissa palakoko on niin suurta, että murskaus on tarpeen lähes kaikissa käyttö- tai jalostustapauksissa. Kuorintajätteessä esiintyvän puuaineksen määrä riippuu sekä kuorintamenetelmästä että kuorittavasta tavarasta. Roottorikuorimakoneilla puumäärä on pienin (VIRTANEN 1962), mutta tarkkoja tutkimustuloksia ei ole käytettävissä. Mikäli kuorittava puu on jäässä tai hyvin kuivunut, ei roottorikone yleensä pysty erottamaan kaikkea jälsi- ja nilakerrosta, jolloin kuorintajäte sisältää tavallista enemmän kaar-

naa ja vähemmän mm. mineraaleja ja hiilihydraatteja. Sisä- ja ulkokuoren suurten eroavuuksien takia näiden osuuksien vaihtelut aiheuttavat vaihtelua kuorintajätteen ominaisuuksissa. Nämä osuudet vaihtelevat eri puulajeilla, mm. kaarnaa on männyllä enemmän kuin kuusella. Vaihtelua on myös samassa puulajissa erityisesti tyvi- ja latvasosan välillä, tyvässä on kaarnaa enemmän kuin latvassa.

Kuorintajätteen tärkeimpiä fysikaalisia ominaisuuksia ovat tiheys (kiinto- m^3 /irto- m^3), ominaispaino (kuiva- ja märkäpaino, $kg/i-m^3$) ja kosteus (%). Kuoren kosteudesta esittää mm. VIRTANEN (1962) eräitä tietoja. Kasvavassa puussa kuoren kosteus on 60–150 % (kuivapainosta laskettuna), valtaosan kosteudesta ollessa nila- ja jälsikerroksessa. ZHITKOVIN mukaan vastakaadetun männyn kuoren keskikosteus oli 72 %, jolloin ulkokuoren kosteus oli 30 % ja sisäkuoren 163 %. Kuusella vastaavat kosteusprosentit olivat 100 %, 35 % ja 212 %. Maavarastoinnissa kuoriosia kuivaa nopeammin kuin puuaines sisällä. Sateisena tai lumisena aikana ulkokuoren kosteus saattaa nousta huomattavastikin ja kuorintajätteeseen tuleva lumi ja jää nostavat vielä sen kosteutta. Uitto- tai vesivarastoidulla puulla saavuttaa kuoren kosteus vedessäoloajan pituudesta ym. seikoista riippuen jopa 250–500 % kosteuden. Märkäkuorinnassa on jätteen kosteus vedenerotuksen jälkeen 300–600 % ja se ei kovin paljon riipu kosteudesta ennen kuorintaa. Märkäkuorinnan tai uittopuun roottorikuorinnan jälkeen käytetään kosteuden poistoon yleisesti erilaisia puristimia. Näillä saavutetaan keskimäärin 150 %:n kosteus ja ääritapauksissa 100 % (KANTOLA 1971).

Tiheydellä tarkoitetaan yleisesti kahta eri asiaa. Ensinnäkin sillä voidaan tarkoittaa tilavuusyksikön painoa ja tällöin se usein ilmoitetaan laaduttomana lukuna. Tällöin luku oikeastaan tarkoittaa suhdetta veden tiheyteen, joka on $1 kg/dm^3$. Esimerkiksi kuoren osalta tämäkin tiheyden käsite voidaan vielä jakaa kahteen tyyppiin. Ensiksi voidaan puhua puussa kiinteänä olevan kuoren tiheydestä ja toiseksi puusta irroitettun

kuorimurskan tiheydestä. Kummastakaan ei ole saatavissa kovin paljon tutkimustuloksia. TAMMISEN (1962) tutkimuksissa kiinteän kuoren tiheys oli mäntyrungon eri korkeuksilla 250–320 kg/k-m³ vaihdellen siten, että se laskee hitaasti tyvestä rungon keskivaiheille ja alkoi sen jälkeen uudelleen nousta. TAMMISEN (1964) vastaavat tulokset kuusella osoittivat tiheydeksi tyvessä 400–450 kg/k-m³, ja latvassa vain 300 kg/k-m³. Kuorimurskan eli kuorintajätteen tiheydeksi esittää VIRTANEN (1962) mäntytukkien osalta roottorikuorinnassa n. 110 kg/i-m³ ± 25 % ja kuusitukeilla 130 kg/i-m³ ± 20 %. Toinen tiheyden käsite on raemaisilla aineilla kiintoaineksen määrä irtotilavuusyksikössä, jolloin laatuna on k-m³/i-m³. Tästä ei ole tutkimustuloksia, mutta laskemalla em. lukujen perusteella saadaan tiheydeksi männyllä 0,34–0,44 k-m³/i-m³ ja kuusella 0,29–0,43 k-m³/i-m³. Eräs raemaisen aiheen tiheyttä kuvaava luku on maaperätutkimuksissa yleisesti käytetty huokoisuus. Se määritetään siten, että tietyn tilavuuden omaava astia täytetään ensin tutkittavalla aineella ja sen jälkeen lisätään vettä niin paljon kuin aineen joukkoon sopii ja astia punnitaan. Tämän jälkeen haihdutetaan kaikki vesi pois. O. ISOMÄEN (1967a) mukaan kuorintajätteen huokostila on 90–95 %. Tästä laskemalla saadaan kuorisolukon seinämien aineksen painoksi noin 1200–2200 kg/m³. On huomattava, että kaikkien edellä esitettyjen lukujen kohdalla esiintyy erittäin suuria vaihteluja.

32. Kuorintajätteen määrät Suomen sahateollisuudessa ja käyttötavat

Kuorintajätteen määriä sahausprosesissa ja koko maan sahateollisuudessa on selvitetty melko vähän. Kuorintajätteillä ei toistaiseksi ole ollut juuri minkäänlaista taloudellista merkitystä (O. ISOMÄKI 1968 a), joten siihen ei ole uhrattu läheskään niin paljon huomiota kuin pinnoille, rimoille ja tasauspätkille, eli sahanhakkeen raaka-aineille, ja myös sahanpurulle.

Sahateollisuuden kuorintajätteistä esittää ensimmäiset tiedot SALO (1960). Kuorintajätteen määristä tuotettua sahatavarayksikköä kohti antaa tietoja VIRTANEN (1962). Hänen mukaansa kokeissa saatiin Cambio-kuorimakoneilla kuorintajätteitä mäntytu-

keilla 2,2 i-m³/std ja kuusitukeilla 2,1 i-m³/std. Tulokset koskivat lähinnä Etelä-Suomea. Kuorintajätteen kuiva-ainemäärät olivat mäntytukeilla 210 kg/std ja kuusitukeilla 245 kg/std. Irtokuutiometrin kuiva-ainepaino oli mäntytukkien kuorintajätteillä 110 kg/i-m³ ± 25 % ja kuusitukkien kuorintajätteillä 130 kg/i-m³ ± 20 %. Sahalaitosten itsensä ilmoittamat kuorintajättemäärät vaihtelivat sahatukeilla 1,7–2,0 i-m³/std välillä. O. ISOMÄEN (1968 a) tutkimuksessa tutkimuksessa ilmoittivat sahalaitokset kuorintajätteen määräksi 2,0 i-m³/std. HULDÉN (1969) ilmoittaa kuorintajätteen määrän sahateollisuudessa huomattavasti suuremmaksi eli 3,0 i-m³:ksi/std. Tämä luku perustuu 12 %:n kuoriosuuteen ja 8,5 m³/std raaka-ainekäyttöön. HAKKILAN (1967) mukaan kuoren tilavuusprosentit ja kuiva-ainemäärät ovat

mäntysahatukeilla 10,7 % ja 30 kg/k-m³
kuusisahatukeilla 8,6 % ja 29 »

Sahalaitosten raaka-aineen käyttösuhte vaihtelee hyvin suuresti, esim. O. ISOMÄKI (1966 b) ilmoittaa kulutukseksi 200–245 tekn.j³/std. Keskikulutuksena voidaan mekaanisen puuteollisuuden (1964) mukaan pitää n. 230–240 tekn.j³/std. Huomioiden ARON ja RIKKOSEN (1967) latvamuotolukututkimuksen tulokset, tämä merkitsee n. 310–320 tod.j³/std eli 8,6–8,9 k-m³/std. Edellämainitut tukkien sisältämien kuoren kuiva-ainemäärien mukaan saadaan sahatavarastandardin sahausessa syntyväksi kuorimääräksi männyllä ja kuusella n. 260 kg/std eli huomattavasti enemmän kuin VIRTANEN (1962) tutkimuksessa.

Koko sahateollisuuden kuorintajättemääräksi vuonna 1960 esittää SALO (1963) 300100 k-m³. Lisäksi yhteensä 383900 k-m³:n hakkeen + sahajauhon + kuoren määrään sisältyy kuorta. Metsätilastollisen vuosikirjan (1969) mukaan oli sahatavaran tuotanto v. 1967 1.015.000 std. Tässä luvussa ei ole mukana piensahojen tuotantoa, mutta ne yleensä sahaavat kuorimatta, joten niillä ei synny kuorintajätteitä. Edellämainittu tuotantomäärä merkitsee 2,2 i-m³/std kuorintajättemäärän mukaan yhteensä n. 2,2 milj. i-m³ kuorimäärää vuodessa. Saman tilaston mukaan oli koko sahateollisuuden raaka-ainemäärä v. 1967 11,28 milj. k-m³ kuorentonta puuta. Laskettaessa keskimääräiseksi

kuoriprosentiksi 10 %, saadaan kokonaiskuorimääräksi 1,24 milj. k-m^3 eli sivulla 14 mainittujen tiheyksien mukaan laskettuna 2,8–4,0 milj. i-m^3 . Kuoren kokonaiskuiva-ainemäärä on n. 300 milj. kg eli 0,3 milj.t. Yhteenvetona voidaan siis todeta kuorintajätteitä syntyvän Suomen sahateollisuudessa hieman yli 2 milj. i-m^3 eli lähes 0,25 milj. tonnia. Vertailun vuoksi voidaan todeta samojen tutkijoiden mukaan laskien koko puunjalostusteollisuuden kuorintajätteiden määräksi 8–12 milj. i-m^3 eli n. 0,8 milj. tonnia.

Vielä vähemmän on tietoja kuorintajätteiden käyttömääristä Suomessa. Käyttötapoja esittelevät mm. WAHLMAN (1962), VIRTANEN (1962), O. ISOMÄKI (1966 c), HULDÉN (1969), HIRN (1970), ALESTALO (1971), KANTOLA (1971). Laajempi katsaus käyttömahdollisuuksiin esitetään tukkien kuorinta ja kuoren käyttö (1966) opaskirjasessa. HULDÉN (1969) mainitsee, että poltossa käytetään hyödyksi noin neljännes maamme vuotuisesta kokonaiskuorijättemäärästä. Huomattavin osa siis käytetään maantäytteenä taseuksissa tienteossa ym. tai ajetaan kaatopaikoille.

33. Kuorintajätteiden käyttömahdollisuudet

331. Yleiskatsaus

Tarkasteltaessa teoreettisesti kuoren käyttömahdollisuuksia näyttää tilanne erittäin valoisalta. Kuori on melko hyvää polttoainetta, se soveltuu erilaisten levyjen raaka-aineeksi ja se sisältää monia jopa arvokkaitakin kemikaaleja. Näitä mahdollisuuksia kuvaa erinomaisesti KANTOLAN (1971) esittämä seuraava luettelo kuorituotteista:

I Tuotteet, joissa suuri tilavuus ja alhainen hinta:

1. Fysikaaliset ominaisuudet ratkaisevia:

- maanpinnan peitteenä
- multa-aineena
- maanparannusaineena
- organispohjaisena lannoitteena
- muuna maanviljelyn aineena
- siipikarjan alustakuivikkeena
- karjan alustakuivikkeena

2. Lämpö- ja eristysominaisuudet ratkaisevia:

- teollisuuden polttoaineena
- kuorihiihenä
- puristeltuina takkapölkkyinä
- eristysaineena
- sähkölaitosten polttoaineena
- sähkömetallurgisessa käytössä
- kuoripriketteinä

3. Mekaaniset ominaisuudet tärkeimpiä:

- levytuotteina (kuorilevyt, lastulevyt, kuitulevyt)
- muottituotteina
- kuoribetonina ja siitä tehtyinä elementteinä
- muita lujuuutta vaativina teollisuustuotteina

4. Massatuotteet:

- täytteenä
- lisäaineena
- pakkausaineena
- karkean rehun lisäaineena karjan ruokinnassa

5. Kemialliset tuotteet

- täytteenä
- lisäaineena
- pakkausaineena
- karkean rehun lisäaineena karjan ruokinnassa

II Tuotteet, joissa pieni tilavuus ja suuri raharvo:

1. Fysikaaliset ominaisuudet ratkaisevia:

- eläinlaboratorioiden alusta-aineena
- ryöppysuodatinaineena
- nylonverkkoastioissa jauhomaisena absorboimisaineena
- taimien kasvatusaineena
- säilytysastioissa
- kuoriruukkuina

2. Lämpö- ja eristysominaisuudet ratkaisevia:

- aktivoituna hiihenä
- sisäkattojen pintana
- irtonaisena eristysaineena

3. Kemialliset ja mekaaniset ominaisuudet ratkaisevia:

- kasvainten ehkäisytiivisteiden aineosana
- suodatinaineena

Edellä olevassa luettelossa mainittujen tuotteiden lisäksi voidaan kuoren todeta soveltuvan kemiallisen teollisuuden raaka-aineeksi, josta voidaan jalostaa mm. feno-

leja, terpeenejä, tanniinia. ALESTALO (1971) on myös esittänyt erään mielenkiintoisen kuoren käyttömahdollisuuden kuivakäymälöiden imeytys- ja hajunpoistoaineena.

Teoriassa siis kuorella on erittäin paljon käyttömahdollisuuksia, mutta käytännössä ei kehitys ole ennättänyt tuskin alkuunkaan. Kuoren käyttömääriä Suomessa ei ole erikseen tutkittu, mutta käytännössä poltto ja maantäytteenä sekä tien- ja lautatarhanpohjien täytteenä käyttö ovat olleet lähes ainoita mahdollisuuksia. Huomattava osa on jouduttu ajamaan kaatopaikoille, joissa sitten helposti esiintyy itsesytytyksestä johtuvia tulipaloja.

332. Käyttö polttoaineena

Kuorta käytetään yleisesti maassamme polttoaineena tosin useimmiten muihin puujätteisiin sekoitettuna. Kuorintajätteiden ominaisuuksia polttoaineena onkin tutkittu jo kauan useiden tutkijoiden toimesta ja siitä on saatu myös paljon käytännön kokemuksia.

Kuori eroaa polttoaineena jossain määrin varsinaisesta puuainemäärästä. Kuten jo aikaisemmin on todettu, kuori sisältää eri alkuaineina jonkun verran erilaisia määriä kuin puuaines ja samoin erilaisia määriä eri kemiallisia yhdisteitä. Tämä aiheuttaa sen, että kuoren lämpöarvo eroaa hieman puuaineksen lämpöarvosta. Puun lämpöarvo painoysikköä kohti saadaan seuraavasta yleisestä likimääräiskaavasta

$$H_a = 4590 - \frac{a}{100} \cdot 5190 \text{ kcal/kg}$$

jossa a = kosteusprosentti kokonaispainosta laskettuna.

WAHLMAN (1962) esittää absoluuttisen kuivalle sahanpurulle ja kuorelle seuraavat lämpöarvot:

sahanpuru	4560 kcal/kg
kuusen kuori	4450 »
männyn kuori	4770 »

Irtokuutiometrin lämpöarvon laskemiseksi WAHLMAN (1962) esittää seuraavan kaavan

$$Q = (H_a - 5,85 u) r_o$$

Kaavassa on

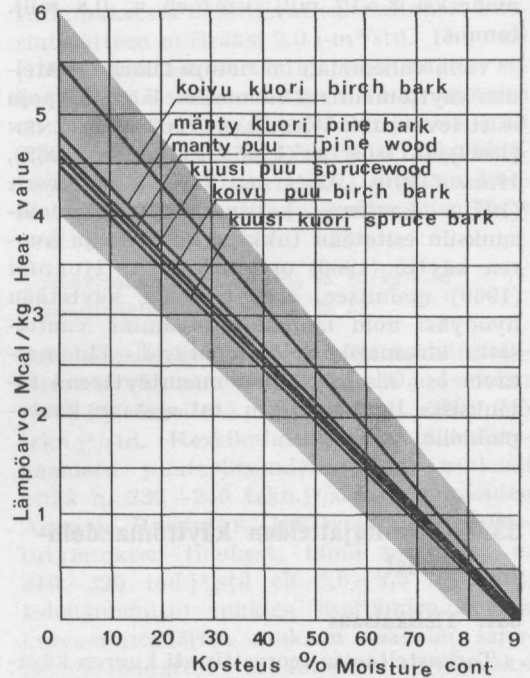
$$Q = \text{lämpöarvo, Mcal/i-m}^3$$

H_a = kuiva-aineen tehollinen lämpöarvo, kcal/kg

u = kosteus kuiva-aineesta laskettuna, %

r_o = kuiva-aineen tilavuuspaino, kg/i-m³

Kuva 1 esittää VIRTASEN (1963) mukaan sahanpurun sekä kuusen ja männyn kuoren sisältämät lämpömäärät eri kosteuspitoisuuksissa.



Kuva 1. Puu- ja kuorijätteiden lämpöarvot kosteuden funktiona.

Fig. 1. Heat values of wood and barking wastes as a function of moisture.

VIRTANEN (1962) esittää kuoren lämpöarvolle seuraavat kaavat:

männyn kuori: $H = 4775 - 53,6 w$ (kcal/kg)

kuusen kuori: $H = 4450 - 50,4 w$ »

Kaavassa w = vesipitoisuus kokonaispainosta laskettuna, %.

HULDÉN (1969) esittää kuorintajätteille ja eräille muille puujätteille taulukon 4 mukaisia lämpöarvoja:

Taulukko 4. Puujätteiden lämpöarvoja HULDÉNIN (1969) mukaan

	Kuiva-ainemäärä %	kcal	Gcal	kg k-a	kg (kost)	Gcal
		kg (kost)	to (kost)	i-m ³	i-m ³	i-m (kost)
Männyn kuori	38-40 (40)	1560	1,56	120	300	0,47 (0,45)
Männyn kuori	25-30 (27,5)	900	0,90	110	400	0,36 (0,35)
Kuusen kuori	35-45 (40)	1420	1,42	130	400	0,46 (0,45)
Tuohi	45-55 (50)	2420	2,42	200	400	0,96 (0,95)
Männyn ja kuusen kuori ulkovarastosta	35-45 (40)	1500	1,50	120	300	0,46 (0,45)
Tuohi ulkovarastosta	40-50 (45)	2140	2,14	200	450	0,96 (0,95)
Sahanpuru	40-50 (45)	1530	1,53	135	300	0,46 (0,45)
Jätekuitu, puristettu	20-26 (23)	600	0,60	100	435	0,26 (0,25)
Jätepaperi, puristamaton	85-95 (90)	4000	4,00	50	55	0,22 (0,20)
» paalattu	85-95 (90)	4000	4,00	450	500	2,00 (2,00)
Puhdistusjätteet	70-80 (75)	1500	1,50	75	100	0,15 (0,15)
Asuinjätteet	80-90 (85)	1800	1,80	85	100	0,18 (0,18)

Nykyisen standardin mukaan lämmön yksikkönä on Joule, joka on $2,388 \cdot 10^4$ kcal eli $1 \text{ kcal} = 4187 \text{ J}$. PEHRSON (1966) on esittänyt kuoren kalorimetriselle lämpöarvolle seuraavan kaavan:

$$H_w = H_d - f (H_d + r)$$

jossa: H_w = kostean kuoren lämpöarvo, J/kg

H_d = kuivan kuoren lämpöarvo, J/kg

f = vesipitoisuus kg vettä/kg kost. kuorta

r = höyrystymislämpö, J/kg vettä

(yleensä $2,5 \cdot 10^6$ J/kg vettä)

H_d :lle eli kuivalle kuorelle hän esittää eri lähteiden perusteella seuraavia arvoja:

suomalainen mänty: ylempi $21,3 \times 10^6$ J/kg

alempi $20,0 \times 10^6$ »

suomalainen kuusi: ylempi $19,95 \times 10^6$ »

alempi $18,65 \times 10^6$ »

Alemmassa lämpöarvossa ei ole huomioitu palamisessa syntyvän veden tiivistyessä vapautuvaa lämpöarvoa.

1950-luvulla tutkittiin ja kirjoitettiin paljon puun poltosta, mutta kuorintajätteiden poltosta hyvin vähän. Erittäin seikkaperäisen selvityksen puun poltosta ja polttolaitteista esittää VUORELAINEN (1958) Pienpuualan toimikunnan julkaisussa No 49. Kirjasessa esitetään erilaisia puun ja puujätteiden polttolaitteita, mutta kuorintajätteistä mainitaan hyvin harvoin. Saha-teollisuuden jätepäivillä 1961-10-26 pitämässään esitelmässä WAHLMAN (1962) käsittelee hieman myös kuoren polttoa selvittellen lähinnä suurten kattilalaitosten laitteita.

Ainoan varsinaisen kuorintajätteiden poltoa koskevan esityksen on kirjoittanut VIRTANEN (1962), johon aikaisemmin on jo usein viitattu. Polttolaitteita koskeva osa on kuitenkin hyvin suppeasti esitetty kirjallisuuskatsaus, jossa mainitaan tärkeimmät tulipesätyypit ja niiden ominaisuudet. Pienpuualan toimikunnan tiedotuksessa No 91 esittää O. ISOMÄKI (1963) melko laajan katsauksen puujätteiden poltosta ja polttolaitteista. Polttoaineiden ominaisuuksia koskevan osan jälkeen käsitellään erilaisia siilonpurkajia, mm. esitellään saxroottori ja Parascrew-purkajat. Tämän jälkeen käsitellään kuoripuristimia ja termisiä kuivausmenetelmiä. Julkaisussa esitetään tärkeimmät tiedot eri tyyppisistä tulipesistä ja arinoista. Vanhin puujätteiden poltossa käytetty tulipesä on tasoarinalla varustettu muurattu etupesä. Myöhemmin etupesiin on kehitetty uusia arinatyyppisiä, kuten porasarina, Z-arina ja jäähdytetty vinoarina. Ketjuarinaa voidaan myös käyttää puujätteillä ja samoin erilaiset syklonipesät soveltuvat niille. Lopuksi julkaisussa käsitellään puujätteiden polton automatisointia.

Tukkien kuorinta ja kuoren käyttö-nimisessä oppaassa käsittelee KAUTIA (1966) erityisesti kuoren polttoa pienlämpökeskukissa, jossa mainitaan sopivina polttolaitteina mm. retorttiarinapesät ja kuumakaasuetupesät.

Tämän kirjoittaja on myös aikaisemmin lisensiaattitutkimuksessaan käsitellyt puu-

jätteiden, myös kuoren, polttoa, polttolaitteita ja palamisen automatisointia (O. ISOMÄKI 1968 a). Yksinkertaisin ja varmin automatiikka erityisesti kosteita puujätteitä poltettaessa saavutetaan yläpuolisessa syötössä taso- tai Z-arinalle. Tällöin polttoaineen korkeus syöttösuppilossa pidetään vakiona ja palaminen säädetään palamisilman avulla. Alapuolisella syöttöruuvilla varustetussa retorttiarinapesässä säädetään kuormituksen mukaan sekä polttoaineen että palamisilman määrä. Tällöin määrällä kuorella voi palamisen kiihtyminen uutta polttoainetta syötettäessä estyä ja jopa palaminen kokonaan hidastua ja näin tulee liikaa märkää polttoainetta pesään palamisen pahimmassa tapauksessa kokonaan sammua.

Keskuslaboratorion kuorikolokviossa 1969-11-28 käsitteli HULDÉN (1969) myös kuorintajätteiden polttomenetelmiä ja laitteita. Hän mainitsee jäähdetyllä vinoarinalla varustetun etupesän olevan pohjoismaissa yleisimmän kuorintajätteiden poltossa. Esilämmitettyä palamisilmaa, jopa aina 300° C:een, käytetään myös yleisesti. Arinan kuormitukseksi voidaan laskea n. 600–800 Mcal/h m² eli 60 % kosteuden (kokonaispainosta laskettuna) omaavaa kuorta n. 1,5–2 i-m³/h m².

Sivutuotepäivillä 1970-10-16 pitämässään esitelmässä on HIRN (1971) myös käsitellyt melko laajasti erilaisia kuorintajätteiden polttolaitteita, käsitellen erityisesti sykloona-pesää. Sykloonaauinin etuina hän esittää mm. seuraavia seikkoja:

- pieni tilantarve
- helppo sovittaa vanhaan kattilaan
- polttoaineen syöttö on helppo automatisoida
- halvempi kuin vastaavan tehoinen viistoarina
- muurauksen kestokyky hyvä
- lentokoksin määrä yllättävän pieni
- kuormituksen säädettävyyys melko hyvä

Selvinä haittapuolina hän mainitsee:

- suuri tehontarve
- tuhkanpoisto hankala suorittaa
- tuhkanpoisto melkein mahdoton automatisoida
- tuhkanpoisto suoritettava kerran vuorokaudessa

Suurten puunjalostuslaitosten kattilalaitokset ovat jo kauan polttaneet usein hyvinkin tehokkaasti myös kuorintajätteitä. Niiden

poltossa ei olekaan tapahtunut mitään suurempia muutoksia viimeisen kahdenkymmenen vuoden kuluessa. Aikaisemmin myös keskisuurilla ja pienehköillä sahalaitoksilla melko yleiset höyryvoimalat ovat kadonneet tai katoamassa. Niissä oli yleisimmin tasoarinalla varustettu murattu etupesä. Nyt, kun lämmöntarve myös pienillä sahoilla on kuivaamoiden takia yleistynyt, on vanhoja höyryvoimaloita muutettu vesikattilalaitoksiksi tai jouduttu rakentamaan kokonaan uusia kattilalaitoksia. Suurimpana vaikeutena tällaisissa tapauksissa ovat olleet suuret investointikustannukset.

333. Käyttö levyjen raaka-aineena

Kuitu- ja lastulevyteollisuus käyttää nykyisin yleisesti kuorellista raaka-ainetta. Nimenomaan kovalevyn valmistuksessa ja lastulevyn keskikerroksessa eivät normaalit raaka-aineessa olevat kuorimäärät ole haitaksi vaan vieläpä jossain määrin suurempia kuoripitoisuuksia voidaan käyttää (LIIRI 1966). Kuorimatta sahattujen pintojen ja rimojen käyttö näiden teollisuuksien piirissä onkin melko yleistä. Tällaisen kuorellisen hakkeen hinta on kuitenkin ollut alhaisempi kuin selluloosahakkeen (O. ISOMÄKI 1968 a) ja koska kuoresta on sahausprosessissa haittaa, ei tämä ole edullinen kuoren käyttömuoto.

Puhtaan kuorilevyn tekoa ja levyjen ominaisuuksia on viime vuosina tutkittu useilla eri tahoilla. Aikaisemmista tutkimuksista ovat LIIRI ja JUVONEN (1963) esittäneet kirjallisuuskatsauksen. Yleensä puhtaasta kuoresta tehtyjä levyjä on valmistettu vain laboratoriomittakaavassa. MATER (1969) on kuitenkin maininnut oregonilaisen yhtiön Lifetronics'in valmistavan 100 %:sta kuorilevyä kaupalliselta nimeltä Timbercote. Suomessa on perustettu Kuorilevy-yhdistys ry edistämään tutkimusta ja niiden hyödyntämistä.

Kuoresta voidaan lähimain normaalilla lastulevytekniikalla valmistaa levyjä. Esimerkiksi LIIRI (1966) mainitsee männyn kuoresta lastulevyn tapaan tilavuuspainoon 650 kg/m³ ja 8 % liimanlisäystä käyttämällä valmistetun levyn taivutuslujuuden olevan n. 25 % normaalista eli 40–50 kp/cm² ja poikittaisvetolujuuden 1,5–2,0. DEPPE (1972) mainitsee fenoliliimauksella saavute-

tun 855 kg/m³ tilavuuspainolla 142 kg/cm² taivutuslujuuden kuusenkuorilevyssä ja isosyanaattiliimauksella männynkuorta käytettäessä (pintakerroksessa 30 % puuta) 180 kg/cm² taivutuslujuuden, kun tilavuuspaino oli 770 kg/cm². MÄKINEN (1969) on tutkinut sulfittijätelipeän käyttöä kuorilevyn valmistuksessa ja mainitsee saavutetun taivutuslujuudeksi 160 kp/cm² ja turpoamaksi 24 vesiliuotuksessa alle 1 %. Kuorilevyä ja sen valmistusta koskevia patenttianoimuksia on Suomessakin viime vuosina jätetty useampiakin mm. KÄRKKÄINEN (1971).

Kuorilevyjen valmistus on siis teknisesti mahdollista useammallakin eri tavalla. Kuorilevyjen ominaisuudet ovat kuitenkin yleensä heikompia kuin jo markkinoilla olevien levyjen. Valmistuskustannukset eivät kuitenkaan ole olennaisesti pienemmät kuin esim. lastulevyllä ja näin ollen on odotettavissa markkinointivaikeuksia. Näyttääkin siltä, että markkinointivaikeuden pelottavat yrittäjiä toteuttamasta kuorilevyjen valmistusta teollisessa mitassa, mutta on odotettavissa, että tämä joskus toteutuu.

334. Käyttö maanparannusaineena ja kasvualustana

3341. Suomalaiset kompostointitutkimukset

Puunjätteiden kompostoinnin uranuurtajana Suomessa on pidettävä HALLENBERGIA (1965 a, 1965 b, 1966, 1971). Pääpaino hänen tutkimuksissaan on ehkä kuitenkin ollut yleinen jätteiden käsittely ja kompostointi ja niinpä useimmat puujätteiden kompostointitutkimuksetkin liittyvät asumajätteiden käsittelyyn.

Ensinmainitussa artikkelissaan HALLENBERG (1965) käsittelee kompostin käyttöä metsänviljelyssä osittain suomalaisten mutta pääasiassa saksalaisten tutkimusten mukaan. Toinen artikkeli (1965 b) taas puolestaan käsittelee amerikkalaisia tutkimuksia. Koska artikkelissa ei ole kirjallisuusviittauksia, ei ole tiedossa, mihin lähteisiin artikkeli perustuu, mutta jäljempänä amerikkalaisen kirjallisuuden esittelyssä tulevat pääasiat tässäkin artikkelissa esitetyistä seikoista selvitettyä.

Kuorintajätteiden kompostointikokeet aloitti HALLENBERG (1966) vuonna 1961 Lohjalla Lohja-Kotka Oy:n sulfaattitehtaalla ja Lohjan Kalkki Oy:n Ojamon kaivok-

sella. Näissä kompostointi tapahtui viemäri-
lietteen avulla ja myös kalkkia lisättiin. Samoihin aikoihin suoritettiin joitain kokeita myös Pietarsaassa. Vuonna 1962 mainitsee Hallenberg Oy Kaukas Ab:n ja Enso-Gutzeit Osakeyhtiön aloittaneen kuoren kompostointitutkimukset hänen antamiensa ohjeiden mukaan. Vuonna 1964 aloitti Hallenberg kompostointikokeet SOK:n Vaajakosken Tehtailla. Täällä kokeiltiin sekä valmistusta että käyttöä. Käyttökokeilut tapahtuivat sekä auringonkukalla että metsäpuiden istutuksilla. Tätä koesarjaa jatkettiin sitten Kuorihumus Oy:n toimesta 1967 (O. Iso-MÄKI 1967 c). Myös Osuuskunta Metsäliiton Vääksyn Tehtailla suoritettiin Hallenbergin aloitteesta kokeita. Mitkään näistä Hallenbergin kokeista eivät johtaneet käytännön valmistukseen.

HALLENBERG (1971) on myös esittänyt ajatuksen kompostoinnin käytöstä biologiseen kuoren kuivaukseen. Tässä hän mainitsee normaalissa kompostoinnissa 60–70° C lämpötiloissa kuoren kuivavan jopa 35–40 % vesipitoisuuteen. Hän mainitsee kuitenkin, ettei normaali kuorihumuksen valmistusmenetelmä sovellu varsinaisesti kuivaukseen polttoja varten, vaan suorittelee pikakompostointimenetelmiä (mm. WILDEN ja Stuttgartin teknillisen korkeakoulun professori POPELIN menetelmät).

3342. Ulkomaiset tutkimukset ja julkaisut

Puujätteiden ja kuoren kompostointia ja käyttöä maanparannusaineena kasvualustana ja lannoitteena koskevaa kirjallisuutta on julkaistu eniten USA:ssa ja Kanadassa. Myös Itä-Saksassa ja jonkin verran Länsi-Saksassa on julkaistu tutkimustuloksia ja kirjallisuutta. Pohjoismaissa Suomen lisäksi on asiasta julkaistu eniten Norjassa, joitakin mainintoja on Tanskasta. Neuvostoliitossa on myös julkaistu joitakin tutkimuksia, mutta niistä tämän kirjoittajalla on tietoja ainoastaan itä-saksalaisina referaatteina tai mainintoina. Muista maista on ainakin tämän kirjoittajalla hyvin vähän tietoja.

Koska tutkittua kirjallisuutta on ollut muutoin hyvin vaikeata luokitella, esitetään seuraavassa ensiksi amerikkalainen kirjallisuus ja siitä ensinnä asiaa käsittelevät yleisteokset, sen jälkeen valmistusta koskeva ja lopuksi ominaisuuksia koskevat tutkimuk-

set. Toisena ryhmänä esitetään saksankielinen kirjallisuus samoin jaoteltuna ja kolmantena alan norjalainen kirjallisuus sekä viimeksi saatavissa olleet tiedot muiden maiden kirjallisuudesta.

33421. Amerikkalainen kirjallisuus

Useimmissa amerikkalaisissa kuorta ja sen käyttöä koskevissa julkaisuissa käsitellään myös kuoren kompostointia ja käyttöä maanparannusaineena. Bark Study Committee on julkaissut eräitä selvityksiä ja kirjallisuusluetteloita. Monisteessa *Utilization of bark* (1967) on esitetty katsaus eräihin julkaisuihin ja mainittu mm. asiaa esittelevästä filmistä sekä suoritetuista kokeista.

Bark utilization symposium'ista, 1969, on julkaissut mm. RAYMOND L. SARLES (1969) selostuksen *Economic aspects of bark utilization*. Tässä esitetään aluksi katsaus kuorijätteen määrään USA:ssa v. 1966. Kuorintajätteen kuiva-aineen kokonaismäärä oli 14.022,000 t, mikä arvioituna suomalaisen kuoren kuivapainon mukaan olisi n. 140 milj. i-m³. Selostuksessa on esitetty mm. kuoren arvo polttoaineena, käytöstä puuhiilossa, briketöinnissä ym sekä näiden taloudellisuudesta. Käytöstä maanparannusaineena ja kasvualustana todetaan ensinnäkin markkinoiden olevan paikallisia, kuljetusmatkojen ollessa alle 500 mailia. Markkinoilla on lähinnä kolme laatua: kuorikate

Taulukko 5. Muutamia Douglas Fir'in kuoren puuaineksen ja neulasten kemiallisia ominaisuuksia kuiva-aineprosentteina verrattuna alfalfaheinään (sinimailanen) ja vehnän olkiin BOLLENIN (1969) mukaan

Table 5. Some chemical characteristics of Douglas-fir bark, wood, and needles compared with alfalfa hay and wheat straw according to BOLLEN (1969) (In percent, oven-dry basis)

Kemiallinen aine <i>Chemical characteristic</i>	Kuori <i>Bark</i>	Pinta- puu <i>Sap wood</i>	Sydän- puu <i>Heart- wood</i>	Neulaset <i>Needles</i>	Alfalfa- heinä <i>hay</i>	Vehnän oljet <i>Wheat straw</i>
Kokonaishiili	53,97	49,36	51,51	55,75	43,15	44,70
<i>Total carbon</i>						
Kjeldahl N	0,11	0,09	0,12	0,96	4,34	0,12
C/N suhde — <i>ratio</i>	491	548	429	58	18	373
Liukoisuus kuumaan veteen	2,50	2,70	4,20	12,10	16,90	5,00
<i>Hot-water extractives</i>						
Liukoisuus kylmään veteen						
<i>Cold-water extractives</i>						
kokonaismäärä	1,90	1,00	4,80	22,00	23,10	7,80
<i>total</i>						
pelkist. sokeri	0,79	0,14	0,77	5,65	2,70	3,98
<i>reducing sugars</i>						
Kjeldahl N	0,04	0,09	0,13	0,16	1,13	0,48
C/N suhde — <i>ratio</i>	1250	556	385	313	44	104
Tuhka — <i>Ash</i>	0,50	0,30	0,30	5,60	8,80	8,50
Liukoisuus alkoholiin	13,70	3,50	8,10	36,60	15,70	8,00
<i>Alcohol extractives</i>						
Liukoisuus alkoholibentseeniseokseen	0,20	0,10	0,30	0,30	0,60	0,40
<i>Alcohol-benzene extractives</i>						
Holoselluloosa	42,20	52,20	60,60	20,50	29,80	62,90
<i>Holocellulose</i>						
Klason-ligniini	41,60	37,40	25,90	20,30	14,30	13,50
<i>Klason lignin</i>						
Crude-proteiini	0,70	0,60	0,80	6,00	14,60	0,80
<i>Crude protein</i>						

Bark mulch), maanparannusaine (Soil conditioner) ja koristekuori (Decorative bark). Ensinmainitun osalta esitetään tieto, että 50.000 BF/vrk (125 m³ 25 std) laitoksella on investointi n. 30.000 \$ eli n. 130.000 mk ja tuotantokustannukset ovat 0,01–0,02 \$/j³ eli n. 1,40–2,80 mk/m³. Myyntihinnat ovat noin 0,25–0,35 \$/j³ eli n. 35–50 mk/m³. Tuotto on n. 10 \$/vrk eli n. 40 mk/vrk. Maanparannusaineen valmistuskustannukset esitetään 0,035–0,041 \$/j³ suuruisiksi ja koristekuoren 0,04–0,07 \$/j³. Erikseen esitetään vielä vastaavia tietoja USA:n itäosista, koska niissä on eroja länteen verrattuna.

Oregon Forest Products Research Center'in johtaja JOHN B. RANTHAM (1959) esittää muiden käyttömuotojen ohella tietoja käytöstä humusaineena. Hän esittää valmistuskustannukseksi 20 \$/t eli n. 80 mk/t eli n. 11 mk/m³.

U. S. Forest Service on myös julkaissut useita kuoren käyttöä koskevia julkaisuja. Bark and its possible uses (1965) käsittää myös katsauksen kuoren käyttöön maanparannusaineena ja sitä koskevaan kirjallisuuteen.

Laajin tämän kirjoittajan tietoon tullut

julkaisu kuoren käytöstä humusaineena on W. B. BOLLENIN (1969) Properties of tree bark in relation to their agricultural utilization. Vaikka kirjoittaja lähinnä käsittelee luoteisen länsirannikon (Washingtonin ja Oregonin osavaltiot) olosuhteita, antaa julkaisu hyvät yleistiedot alasta koko Amerikassa. Aluksi esitetään tietoja kuoren ominaisuuksista ja määristä. Lisäksi on tietoja käsittelemättömän kuoren hinnoista, jotka vaihtelevat irtotavarana 5–15 \$/yksikkö (= 200 j³) eli n. 3,50–10 mk/m³. Seuraavana esitetään kuoren kompostointi ja vertailuja ravinnemääristä. Amerikassa kuorinnan jälkeen kuori hienonnetaan yleensä vasaramyllyillä ja seulotaan erilaisiin jakeisiin. Tämän jälkeen seuraa typen ym. ravinteiden lisäys ja kompostointi. Ravinnehärien vertailusta voimme esittää taulukon

Teoksessa vertaillaan myös kuoren, sahanpurun ja turpeen tärkeimpien ravinteiden määriä. Esitetyt tulokset ovat yhtäpitäviä suomalaisten tulosten kanssa eli kuoren ravinnemäärät ovat huomattavasti suuremmat kuin sahanpurun, mutta turpeessa on tyyppiä enemmän ja kaliala vähemmän kuin kuoressa.

Taulukko 6. Tärkeimmät ravinteet kuoressa, puussa ja turpeessa BOLLENIN (1969) mukaan

Table 6. Major plant nutrients in bark, sawdust, and moss peat according to BOLLEN (1969).

Aine — Material	N	K	P	Ca	Mg
Kuori — Bark					
Douglas-fir	0,12	0,11	0,011	0,52	0,01
Ponderosa pine	0,12	0,11	0,003	0,25	0,01
Redwood	0,11	0,06	0,011	0,29	0,00
Red alder	0,75	0,24	0,153	1,25	0,18
Sahanpuru — Sawdust					
Douglas-fir	0,04	0,09	0,006	0,12	0,01
Ponderosa pine	0,04	0,12	0,008	0,16	0,02
Redwood	0,07	0,01	0,001	0,20	0,02
Red alder	0,37	0,12	0,013	0,18	0,04
Turve — Moss peat	0,83	0,02	0,030	0,50	0,12

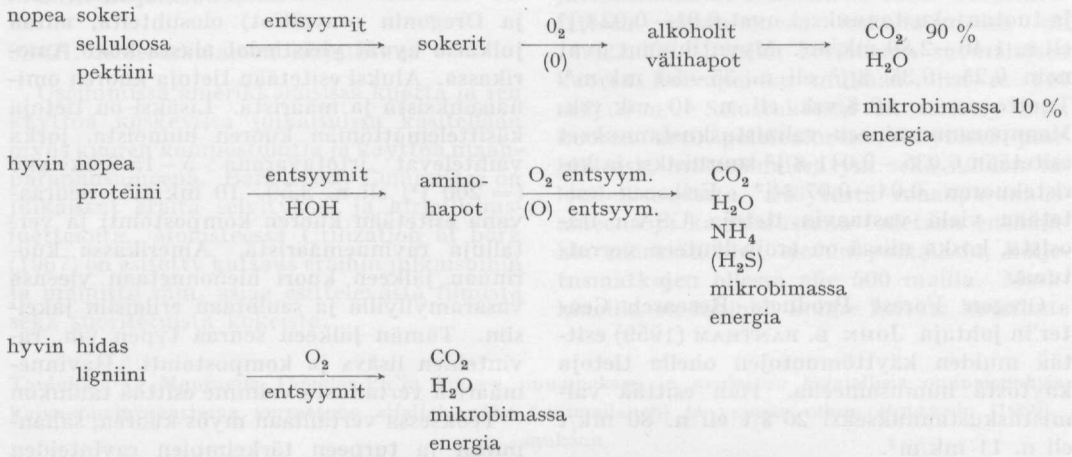
Luvussa »Kuoren hajoaminen ja vaikutus mullassa» esitetään aluksi kuoren jako erilaisiin orgaanisiin aineisiin ja sitten selvitetään näiden hajoamista maaperässä. Optimiolosuhteiksi esitetään seuraavat:

1. Kosteus lähellä kenttäkapasiteettia tai 50 % vedenpidätyskyvystä

2. Lämpötila lähellä 80° F (n. 27° C)
3. Ilmanvaihtoa tulee esiintyä myös vesimäärän ollessa optimissa.
4. pH lähellä neutraalia
5. Ravinteet tasapainossa
6. Hiili/typpisuhde n. 25 hajaantuissa aineissa
7. Aktiivisen mikrobikannan läsnäolo

Kirjoittaja esittää myös kaaviota eri orgaanisten aineiden hajoamisesta.

Kaavio 3. Orgaanisten aineiden mikrobiologinen hajoitus BOLLENIN (1969) mukaan



Kirjan seuraavassa luvussa esitetään kuoren vaikutus taimien kasvuun. Kirjan taulukosta 6 näkyy, että tärkeintä on typen lisäys, pelkkä kompostointi nostaa vain hyvin vähän kasvun määrää. Tässä luvussa esitetään tuloksia monien eri tutkijoiden tutkimuksista. Luvussa Kuoren maanviljelyskäyttö esittää kirjoittaja tietoja ja tutkimustuloksia kuoren käytöstä viljelytarkoituksiin. Kuorta kirjoittaja pitää erinomaisena katteen raaka-aineena (mulching material), paljon parempana kuin sahanpurua. Oikeata raekokoa pitää kirjoittaja tärkeänä ja esittää tietoja kasvialustojen erilaisista ominaisuuksista ja mm. kuoren vaikutuksesta niihin. Lopuksi on lyhyt katsaus muihin kuoren käyttömuotoihin sekä laaja kirjallisuusluettelo.

Kuorihumustuotteiden valmistusta koskevista tutkimuksista on julkaistu suhteellisen vähän kokonaiselostuksia. Useimmat tutkimuselostukset käsittelevät suhteellisen pienellä aineistolla tehtyjä tutkimuksia tai tietoja erillisistä osakoikeista. W. B. BOLLEN ja D. W. GLENNIE (1961) esittävät aluksi katsauksen muiden tutkimuksiin ja sitten omien laboratoriotutkimustensa tuloksia sekä lopuksi kuvauksen pilot-plant-laitoksesta. Heidän tulostensa mukaan typen lisäys on tärkein käsittely puujätteen valmistuksessa maanviljelytarkoituksiin sopivaksi ja tässä pilot-plant-laitoksessakin tapahtuu kuoren

tai muiden jätteen hienonnut, kuivaus ja ammoniakin lisäys. BOLLEN ja GLENNIE (1965) esittävät tuloksia samantyyppisistä kokeista ja esittävät eräitä yleistietoja kompostointimenetelmistä. He esittävät lisäksi ammoniakkia ja fosforihappoa ja mainitsevat kompostoinnin voivan tapahtua kasvissa tai erikoissiloissa. Kasojen kääntämistä prosessin aikana he pitävät välttämättömänä. Edellisessä artikkelissa he mainitsevat Ivory Pine Companyn, Dinuba California, kompostoivan kuorta yli 60 t päivässä ammoniakin avulla. Tuotteen kauppanimi on »Forest Humus». Oregonissa Willamette Valley Lumber Co kompostoi kuoren ja purun sekoitusta. Kuoren ja lannan sekoituksen kompostoinnista he mainitsevat useita käytännön toteutuksia. Kirjoittajat mainitsevat myös WILDEN (1958) menetelmästä, jossa käytetään *Coprinus ephemerus*-sientä. Jälkimmäisessä artikkelissa mainitaan mm. Tillo Products Company, Redwood City California, joka kompostoi puujätteitä ja viemäriäletettä kaupallisessa mitassa (U. S. Patent 2.861.877). Sunset Fuel Company, Portland Oregon taas valmistaa kuoresta kompostilannoitetta lisäämällä ureaa, fosfaattia ja kaliumia ja »säilyttämällä tuotetta säikeissä 30 päivää».

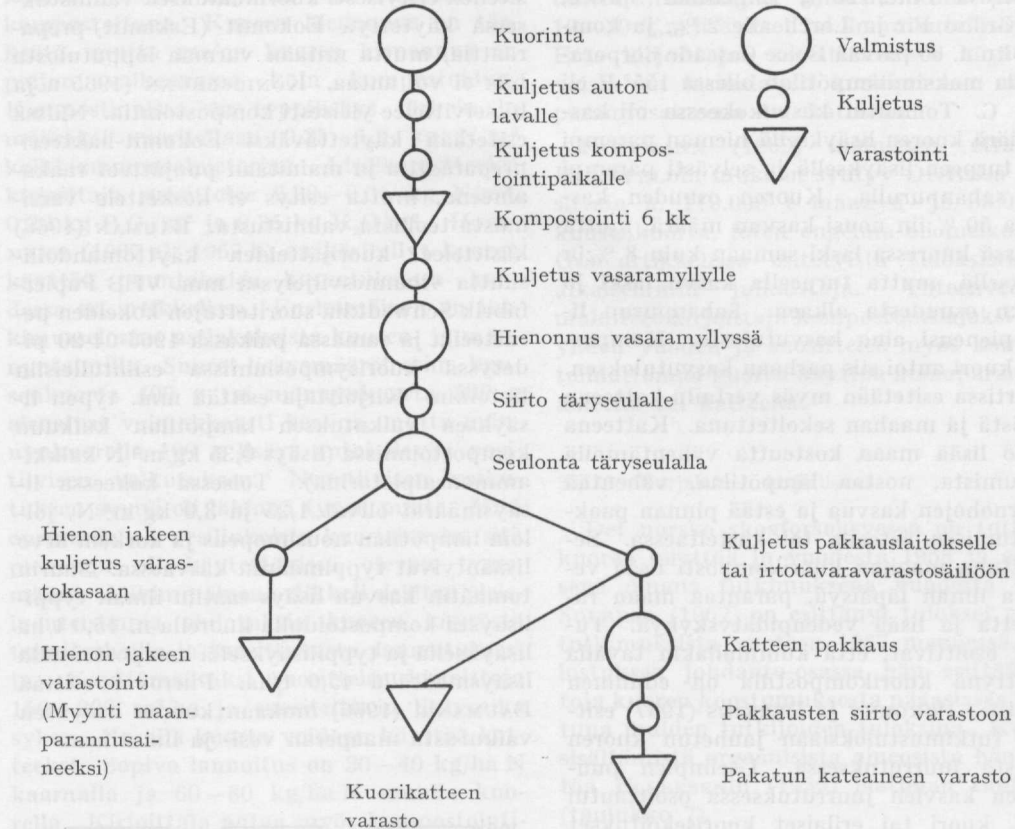
Edellämämainitun *Coprinus ephemerus*-sienen vaikutuksesta esittää tietoja myös DAVEY (1955). Hänen mukaansa sieni hajoittaa

hiilihydraattien lisäksi selluloosaa, mutta hyvin rajoitetusti ligniiniä vaikuttaen vain sen metoksyyliryhmiin.

Sarjassa »New Wood-Use» esittää GESSEL (1959) kuvauksia erilaisista puujätteiden kompostointitavoista lehtisen alussa esitettyjen ominaisuuksia koskevien tietojen jälkeen. Pääasiassa tiedot koskevat sahanpu-

run ja muiden puujätteiden kompostointia yleensä lannan tms. kanssa. Hän esittää kuvia mm. Sawdust Supply Co:n kompostointimenetelmistä.

WOLF ja WARTLUFT (1969) esittävät artikkelissa mm. seuraavan valmistuskaavion kuoren valmistuksesta erilaisiksi tuotteiksi:



Artikkelissa esitetään myös kuva kuorikatteen levityksestä puhaltamalla se autosta suoraan istutuksille. Artikkelissa on tietoja myös valmistuskustannuksista ja hinnoista. Kolmen kuutiojalan pakkaus katekuorta maksaa koillisvaltioissa f.o.b. valmistuspaikalla \$ 0,70–1,44 eli 2,80–5,80 mk (0,28–0,58 mk/l; 3 j³ ≈ 10 l) ja vastaava turvepakkaus \$ 1,10 eli n. 4,40 mk. Irtotavaran hinta oli n. 16–20 \$/t eli 65–80 mk/t. WARTLUFT ja WOLF (1968) esittävät enemmän tietoja hinnoista ja kannattavuudesta.

Kompostoidun puujätteen ja kuoren ominaisuuksista esittävät useat amerikkalaiset

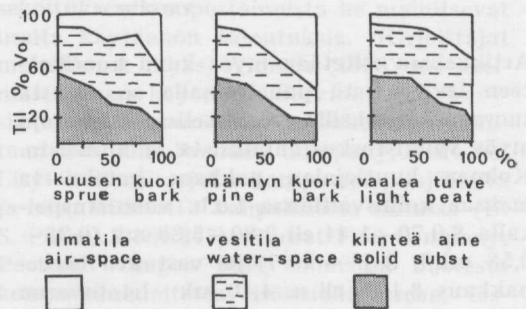
utkijat tietoja lähinnä sikäläisiä valmistus- ja käyttötapoja koskevina. VOIGT, BRENER & WILDE (1950) esittävät artikkelissa »Liquid Ammonia Treatment of Compost Fertilizer» tietoja nestemäisellä ammoniakilla kompostoidun kompostin pH-arvoista, typpimääristä sekä kasvuvaikutuksesta. Päätuloksena oli lähinnä se, että pelkän kompostin lisäys ei lisännyt kasvua ellei kompostoinnissa oltu lisättyä typpeä. DAVEY (1954) esittää tietoja eri tavoin kompostoidun sahanpurun hiili/typpisuhteesta ja mikrobiologisista arvoista sekä vaikutuksesta hyymin juurien kasvuun. BOLLENIN ja LUN

(1957) mukaan suurten kompostimäärien käyttö ilman typpilisäystä on haitallista kasville, ja esittävät tietoja erilaisten kasvualustojen ominaisuuksista erityisesti mikro-organismien laadusta ja määrästä. Laajahkon selvityksen tutkimustuloksistaan esittävät BAKER ja HARDER (1960). Kokeessa käytetty kuorikomposti oli sekoitus viidestä eri puulajista, 35–40 % Douglas Fir, 40 % Ponderosa Pine, 10 % Englaman Spruce, 8 % Grand Fir ja Larch alle 2 %, ja kompostoitui n. 60 päivää Boice Cascade Corporationilla maksimilämpötilan ollessa 155° F eli n. 68 C. Tomaatin kasvukokeessa oli kasvumäärä kuoren lisäyksellä hieman parempi kuin turpeen lisäyksellä ja selvästi parempi kuin sahanpurulla. Kuoren osuuden kasvaessa 50 %:iin nousi kasvun määrä, mutta pelkässä kuoressa laski samaan kuin 8 %:in lisäyksellä, mutta turpeella kasvu laski jo 33 %:n osuudesta alkaen. Sahanpurun lisäys pienensi aina kasvutulosta. Kompostoitui kuori antoi siis parhaan kasvutuloksen. Raportissa esitetään myös vertailu katteena käytöstä ja maahan sekoitettuna. Katteena käyttö lisää maan kosteutta vähentämällä haihtumista, nostaa lämpötilaa, vähentää rikkaruohojen kasvua ja estää pinnan paakuuntumisen sateella tai kasteltaessa. Sekoitettuna maahan kuorikomposti lisää veden ja ilman läpäisyä, parantaa maan rakennetta ja lisää vedenpidätyskykyä. Tulokset osoittivat, että kummallakin tavalla käytettynä kuorikompostilla on edullinen vaikutus. POKORNY ja PERKINS (1967) esittävät tutkimustuloksiaan jauhetun kuoren käytöstä juurrutuksessa. Useimpien puumaisten kasvien juurrutuksessa osoittautui 100 % kuori tai erilaiset kuorisekoitukset parhaimmaksi juurrutusluskaksi, useimmiten paremmaksi kuin turve. Koska kuori on myös turvetta halvempaa, vain hiekan ollessa vielä halvempaa, se sopii korvaamaan tällä alalla täysin turpeen. Lehtisessä »Turf-Grass Times» esittävät MCNEELY ja MORGAN (1968) laajahkot vertailutaulukot erilaisten maanparannusaineiden ominaisuuksista ja vaikutuksesta. Myöskin näiden perusteella kuorikomposti on hyvä maanparannusaine.

33422. Saksankielinen kirjallisuus

Puulajeissa on eroa eri maanosissa, samoin on eroa viljelytavoissa. Tämän vuoksi eroa

saksalainen kuoren käyttöä maanparannusaineena ja kasvualustana koskeva kirjallisuus amerikkalaisesta. Ensimmäkin sitä on julkaistu paljon vähemmän ja siinä ei ole selvityksiä teollisuussmittakaavaisesta valmistuksesta tai käytöstä, eikä sen taloudellisuudesta, koska tällaista ei ole. Husz (1964) on selvitelty viljellyn bakteerikannan merkitystä kompostoinnissa ja maaperässä käsitellen erityisesti kuorihumuksen valmistuksessa käytettyä Eokomit (Eskomit)-preparaattia, mutta mitään varmaa lopputulosta hän ei voi antaa. KÖNIGSBRUNN (1965 a ja b) selvittelee yleisesti kompostointia. Näissä esitetään käytettäväksi Eokomit-bakteeripreparaattia ja mainitaan puujätteet raaka-aineena, mutta esitys ei koskettele varsinaista teollista valmistusta. BAUMAN (1966) käsittelee kuorijätteiden käyttömahdollisuutta vihannesviljelyssä mm. VEB Papierfabrik Schwedt:llä suoritettujen kokeiden perusteella ja samassa paikassa 1966-04-20 pidetyssä kuorisymposiumissa esiintulleisiin tietoihin. Kirjoittaja esittää mm. typen lisäyksen vaikutuksen lämpötilan kulkuun kompostoinnissa (lisäys 0,35 kg/m³ N kalkki-ammonsalpietarinä). Toisessa kokeessa lisäysmäärät olivat 1,25 ja 3,0 kg/m³ N, jolloin lämpötilan nousunopeus ja korkein arvo lisääntyivät typpimäärän kasvaessa. Suurin tomaatin kasvun lisäys saatiin ilman typpilisäystä kompostoidulla kuorella n. 15,0 t/ha lisäyksellä ja typpilisäyksellä kompostoidulla lisäysmäärällä 45,0 t/ha. Piirros 2 esittää BAUMANIN (1966) mukaan kuoren lisäyksen vaikutusta maaperän vesi- ja ilmatilaan.



Kuva 2. Kuoren lisäyksen vaikutus maaperän vesi- ja ilmatilaan BAUMANIN (1966) mukaan.

Fig. 2. Effect of bark addition on water- and air-space of soil according to BAUMANN (1966).

Artikkelissa esitetään myös tuloksia erilaisista lannoituskokeista. Pelkän kuoren käyttöä kasvualustana ei kirjoittaja pidä suotavana, mm. koska kuori vaatii useammin kastelua ja runsas kastelu aiheuttaa ravinteiden huuhtoutumista. Tässä suhteessa kuori on artikkelin kirjoittajan mielestä huonompaa kuin turve. Yhteenvetona kirjoittaja toteaa, että kuusen ja männyn kuorta voidaan käyttää joko raakana tai kompostoituna. Kuoren hienonnus on tärkeä, mutta raa'an kuoren hienonnus on paljon vaikeampaa kuin kompostoidun. Kompostinnissa on typpilisäys tärkein ja määräksi suoritellaan 0,35–1,0 kg N/m³ kalkkiammonsalpietarina. Lisälannoitteeksi kirjoittaja suosittelee 0,20–0,35 kg N/m³, 0,20 kg P₂O₅/m³ ja 0,35 kg K₂O/m³. HOFFMANN (1967 a), 1967 b) on käsitellyt kuoren käyttöä puuntaimien kasvatuksessa kahdessa eri artikkelissa. Ensimmäinen on tutkimuslaskelma astiakokeista kuusen- ja männynkuorilla. Suuret lisäsmäärät esim. kuusenkuorta 400 g tai männynkuorta 500 g alensivat voimakkaasti kasvua, mutta männynkuorella 100 g lisäys antoi lievän positiivisen vaikutuksen. Negatiivisen vaikutuksen syynä oli lähinnä typen puute. Mitä enemmän oli vesiliukoista kuoriainesta, sitä pienempi oli käytettävissä olevan typen määrä. Jälkimmäinen artikkeli sisältää yleisluonteisimpia ehdotuksia kuoren käytöstä taimitarhoilla ja tarvittavasta lannoituksesta. Käyttömääräksi suosittelee kirjoittaja 150–200 m³/ha ja suositeltavin lisäysaika syksy. Kesällä kuorta voidaan käyttää katteeksi. Sopiva lannoitus on 30–40 kg/ha N kaarnalla ja 60–80 kg/ha N muulla kuorella. Kirjoittaja antaa myös kompostointiohjeita ja ehdottaa lisäaineiksi 8 kg/m³ kalkkiammonsalpietaria, 8 kg/m³ superfosfaattia ja 1 kg kalia. Kompostiaumojen kooksi ehdottaa kirjoittaja kuorella, korkeus 1,2 m, leveys 10, kostealla korkeus 2,0 m, leveys 6 m ja vesimäärällä 1,5 m korkea sekä 4 m leveä. 2–4 kk kuluttua olisi kasat

käännettävä. BAUMANNIN (1967) artikkeli »Die Verwendung von Entrindungsabfällen zur Verbesserung gemüsebaulich genutzten Böden und Erden», sisältää suurelta osin samoja tietoja ja tuloksia kuin saman kirjoittajan aikaisemmin mainittu artikkeli (1966).

Kasvukokeissa yleensä pelkkä kuori tai hyvin suuret kuorimäärän lisäykset ovat antaneet huonompia tuloksia kuin pienet, 10–30 %:n lisäykset tai ilman kuorilisäystä. Eräs kirjoittajan suosittelemista käyttötaivoista on lasinalaisen kurkkumaan maanparannusaineena tai katteena.

HOFFMANN (1969) mainitsee, että O. BLOSSFELDIN mukaan syntyy DDR:ssä vuosittain n. 110.000 t männyn- ja 33.000 t kuusenkuorta, joten ongelma on melkoinen. Osa artikkelissa esitetyistä tuloksista on aikaisemmin julkaistuja. Yhteenvedossa mainitsee kirjoittaja kompostointiajaksi noin yhden vuoden ja suosittelee myös kompostoitamattoman kuoren käyttöä maanparannusaineena tai katteena.

33423. Norjalainen kirjallisuus

Det norska skogforsøksvesen on tutkinut kuoren käyttöä jo vuodesta 1958 ja erityisenä omana tutkimuksena vuodesta 1964. SOLBRAA (1967) on esittänyt tulokset näistä tutkimuksista vuoteen 1967 mennessä. Selostuksen johdanto-osassa hän esittää tietoja kuoren koostumuksesta pääasiassa kootuna muiden tutkijoiden tuloksina. Kuoren sisältämistä orgaanisista aineosista hän esittää ELLEFSENIN (1959) laatiman taulukon (taulukko 7).

Varsinaisissa tutkimustuloksissa SOLBRAA esittää ensiksi erilaisten ekstrahointikokeiden tuloksia mm. ekstrahointi vedessä eri lämpötiloissa, etyylietterissä, etyylialkoholissa ja benzeenissä, jonka jälkeen sekä liuosta että kokeessa ollutta kuorta käytettiin kylvö- ja kasvukokeissa. Yhteenvetona tu-

Taulukko 7. Kuoren aineosat ELLEFSENIN (1959) mukaan kuiva-aineprosentteina

	Hiilihydr.	Hemisell.	Selluloosa	Yht.	Ligniini
Kuusi	11	13	21	45	20
Mänty	5	11	15	31	45
Koivu	8	13	16	37	26

loksista hän mainitsee, että vaikka pieniä eroja on havaittavissa, eivät tulokset osoita, että kuoressa olisi mitään olennaisesti kasvua estäviä aineita.

Kenttäkokeissa, jotka oli aloitettu v. 1958, kokeiltiin aluksi kuusentaimilla ja vuodesta 1964 lähtien myös maanviljelyskasveilla. Kasvualustana käytettiin tuoretta tai vanhaa varastoitua kuorta 1,25 cm–5,0 cm lisäyksinä, sekä kompostoitua sahanhaketta ja turvetta. Lannoitteena käytettiin myös sekä vanhaa että uutta kompostoitua kuorta eri tavoin kompostoituna ja lannoitettuna. Yhteenvedona selostuksessa esitetyistä lukuisista piirroksista ja taulukoista voidaan todeta, että kuoren lisäykset ilman lannoitteiden lisäystä ovat yleensä alentaneet selvästi kasvutulosta, mutta lannoitteiden lisäys ainakin tiettyyn rajaan asti on nostanut kasvutuloksia ja kuoren lisäyksillä enemmän kuin ilman

kuorta. Ravinteiden optimimäärät ovat myös olleet toisistaan riippuvaisia, mm. uudella kompostoidulla kuorella typen määrän ollessa alle 1,8 % oli kasvu heikompi, samoin yli 3,6 %, mutta fosforin lisäys 0,4 % poisti suurelta osin negatiivisen vaikutuksen. SOLBRAA esittää myös lisäysten vaikutukset kasvualustan kemiallisiin ja fysikaalisiin ominaisuuksiin.

Fysikaalisia ominaisuuksia koskevista tuloksista voidaan mainita, että tilavuuspaino aleni ja vesisisältö nousi kuorta lisättäessä. Katteena käytettäessä nousi maan minimilämpötila, mutta maksimilämpötila sekä keskiarvo laskivat. Sekoitettaessa kuorta maahan oli vaikutus paljon pienempi ja minimilämpötilan osalta sellainen, että se savessa laski mutta hiekassa nousi, kun taas maksimilämpötilat muuttuivat päinvastoin.

Kasvutuloksista pistokkailla esittää SOLBRAA mm. taulukoissa 8 ja 9 olevat tulokset:

Taulukko 8. Forsythia-pistokkaiden juurtuminen (%) ja juurien määrä SOLBRAAN (1967) mukaan.

Kasvualusta	10 vrk		20 vrk		30 vrk		
	Juurtun.	Juuria	Juurtun.	Juuria	Juurtun.	1. Juuria	2. Juuria
Varastoitu kuori	5	1,0	45	5,9	100	16,0	5,0
Kompost. kuori	0	0,0	30	2,2	100	29,8	6,4
Tuore kuori	0	0,0	5	3,0	85	17,4	0,2
Turve + perliti	0	0,0	45	4,7	75	11,1	1,7

Taulukko 9. Kuusen pistokkaiden juurtuminen SOLBRAAN (1967) mukaan.

Kasvualusta	70 vrk					100 vrk					187 vrk					Yhteensä				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
Varastoitu kuori	—	—	51	49	2,6	1	—	27	23	1,8	—	—	16	11	1,1	1	—	16	83	2,2
Sphagnum + hiekka	—	—	30	70	3,3	1	—	19	10	2,7	1	—	9	9	1,8	3	—	9	89	3,1
Kompostoituu kuori	37	44	16	10	1,3	9	40	1	13	1,8	6	23	1	3	2,0	51	23	1	26	1,6

A = kuolleita

B = eläviä, joissa lahoa

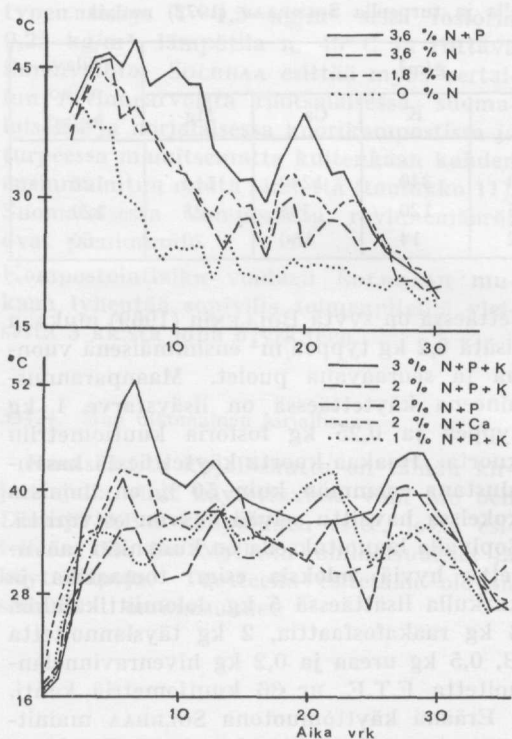
C = eläviä ilman lahoa

D = taimia, joissa juuria

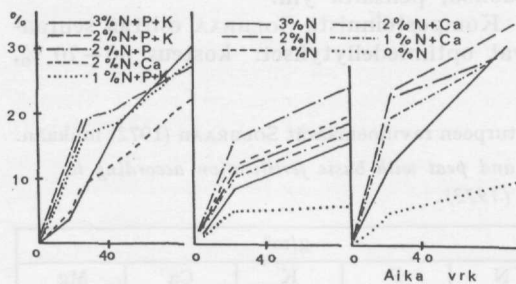
E = juurien luku juurtuneissa pistokkaissa

Kompostointiprosessin kulkua ja nopeutta on SOLBRAA seurannut sekä lämpötilan osalta että painohäviöinä. Typen lisäyksen kasvussa on lämpötila kohonnut enemmän ku-

ten piirros 3 osoittaa. Painohäviön osalta pelkkä typen lisäys ei ole aiheuttanut suurinta painohäviötä, kuten piirroksista 4 ilmenee.



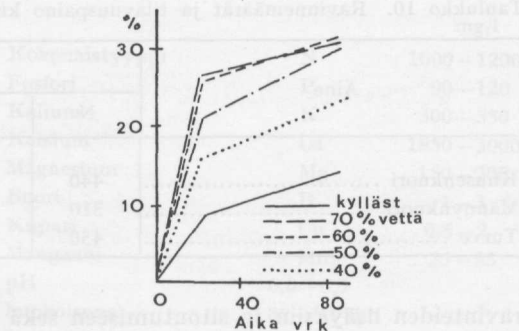
Kuva 3. Erilaisten lisäainemäärien vaikutus kuoren lämpötilaan SOLBRAAN (1967) mukaan.



Kuva 4. Erilaisten lisäainemäärien vaikutus kuoren painohäviöön SOLBRAAN (1967) mukaan.

Kosteudella on myös suuri vaikutus kompostointiprosessiin, kuten näkyy piirroksesta 5, jonka mukaan 60–70 % kosteus on aikaansaanut suurimman ja ennen kaikkea nopeimman painohäviön.

Yhteenvetona SOLBRAA esittää kuoren nopeimmin hajaantuvan seuraavissa olosuhteissa:



Kuva 5. Kosteuden vaikutus kuoren painohäviöön SOLBRAAN (1967) mukaan.

1. Typeä lisätty 1–2 % ureana ja 0,4 % fosforia kaksoissuperfosfaattina
2. Kosteuden ollessa 60–70 %
3. Ilmanvaihdon ollessa hyvä
4. pH:n ollessa 5,4–9,0
5. Lämpötilan ollessa 40–65° C
6. Kuoren ollessa hienonnettua

Minkään mikrobipreparaatin lisäystä hän ei todennut tarpeelliseksi, mutta valmiin kompostin sekoitus nopeutti hajoamista. SOLBRAA esittää kolme eri kompostointimenetelmää:

1. Kompostointi kasoissa, jolloin kasojen kääntäminen on tietyn ajan jälkeen tarpeen
2. Jatkuvasti pyörivässä rummussa tai vastaavassa yhdistettynä jälkikypsytykseen kasoissa tai säkeissä
3. Säilytys muovisäkeissä lannoitelisäyksen jälkeen

Norjalaisten tutkimusten viimeisimmistä tuloksista esittää SOLBRAA (1972) yhteenvedon alustavassa raportissa, jossa on myös katsaus suomalaisiin tutkimuksiin. Johdannossa hän mainitsee Norjassa syntyvän kuorijätteitä n. 2,2 milj. i-m³, josta 80 % on kuusenkuorta, 15 % männynkuorta ja 5 % lehtipuun kuorta. Kuoressa on enemmän kalsiumia, kaliumia ja fosforia kuin turpeessa, kuten hänen esittämästään taulukosta 10 näkyy.

Ioninvaihtokapasiteetti on turpeella selvästi suurempi kuin kuorella kuivapainoyksikköä kohti, mutta tilavuusyksikköä kohti ovat määrät suunnilleen samat.

Seuraavana esittää SOLBRAA katsauksen

Taulukko 10. Ravinnemäärät ja tilavuuspaino kuorella ja turpeella SOLBRAAN (1972) mukaan.

Aine	g/m ³					Tilav. paino kg/m ³
	N	P	K	Ca	Mg	
Kuusenkuori	440	70	340	1200	110	120
Männynkuori	310	25	120	395	25	120
Turve	450	2	14	150	20	60

ravinteiden lisäksiin ja sitoutumiseen sekä omien että muiden tutkimusten perusteella. Kuoreissa olevien orgaanisten aineiden hajoamisen aiheuttavat mikrobit sitovat ravinteita helpommin kuin kasvit. Nimenomaan typen ja osin myös fosforin lisäys on tämän vuoksi tarpeen. Hiilen ja typen suhde tulisi olla 20–30. Kuusenkuorella typenlisäyksen tarpeeksi SOLBRAA mainitsee n. 1 kg N/i-m³ kuorta. Männyllä lisäystarve on pienempi, mutta koivulla suurempi. Skandinaviassa lisäys annetaan ureana, Saksassa kalkki-ammonsalpietarina ja USA:ssa joko kaasumaisena ammoniakkinä tai nestemäisenä ammoniumhydroksidina. Fosforin tarve on hänen mukaansa 0,25 kg/i-m³.

Katsauksessa käyttömuotoihin mainitsee SOLBRAA eurooppalaisten esittävän kuoren revittäväksi pienemmäksi kuin 1–4 cm ja amerikkalaisten 1/2" (= 1,2 cm). Kuorta voidaan käyttää katteena, maanparannusaineena tai kasvialustana. Katteena käy-

tettäessä on syytä BOLLENIN (1969) mukaan lisätä 0,2 kg typpeä/m³ ensimmäisenä vuonna ja seuraavana puolet. Maanparannusaineena käytettäessä on lisäystarve 1 kg typpeä ja 0,25 kg fosforia kuutiometriin kuorta. Raakaa kuorta käytettäessä kasvialustana enemmän kuin 50 % on monissa kokeissa havaittu selvää kasvun estymistä. Sopivalla lannoituksella on kuitenkin saavutettu hyviä tuloksia esim. tomaatilla ja kurkulla lisättäessä 5 kg dolomiittikalkkia, 3 kg raakafosfaattia, 2 kg täyslannoitetta B, 0,5 kg ureaa ja 0,2 kg hivenravinnelannoitetta F.T.E. nr 36 kuutiometriä kohti.

Eräänä käyttömuotona SOLBRAA mainitsee maisemanhoidolliset käyttömuodot. Kuori on osoittautunut erinomaiseksi suojaksi eroosiota vastaan hiihtorinteissa ym. ja se saadaan sopivalla lannoituksella kasvamaan ruohoa, pensaita ym.

Kompostoinnista SOLBRAA esittää seuraavat optimiedellytykset: kosteus 60–70 %,

Taulukko 11. Eri kuorikompostien ja peruslannoitetun turpeen ravinnemäärät SOLBRAAN (1972) mukaan.

Table 11. Nutrient contents of different bark composts and peat with basic fertilization according to SOLBRAA (1972).

Aine Material	Laatu Quality	g/m ³				
		N	P	K	Ca	Mg
Ruotsalainen komposti <i>Swedish compost</i>	Huippulaatu <i>Top quality</i>	1600	185	250	2600	450
	Maanparann. <i>Soil improv</i>	1100	185	250	2600	450
Suomalainen komposti <i>Finnish compost</i>	Täyslannoit. <i>Fully fertilized</i>		120	350	2400	300
	Puolilannoit. <i>Somi-fertilized</i>		50	200	1000	150
Norjalainen komposti <i>Norwegian compost</i>		2200	450	400	2300	160
Lannoitettu turve <i>Fertilized peat</i>		730	550	320	2800	250

typen lisäys 1–1,5 kg/m³ sekä fosforin 0,25 kg/m³, lämpötila n. 45° C ja riittävä ilmanvaihto. SOLBRAA esittää myös vertailun ravinnearvoista ruotsalaisessa, suomalaisessa ja norjalaisessa kuorikompostissa ja turpeessa mainitsematta kuitenkaan kahden ensinmainitun osalta lähdettä (taulukko 11). Suomalaisessa kompostissa ravinmäärät ovat pienimmät.

Kompostointiaika voidaan SOLBRAAN mukaan lyhentää sopivilla toimenpiteillä yleisestä 3 kk:sta jopa 6 vrk:teen.

33424. Muu ulkomainen kirjallisuus

Ruotsalaista kirjallisuutta on tämän kirjoittajalla ollut käytettävissä vain Mo och Domsjö AB:n kaupallinen esite, jossa esitellään »Mo Do Mylla»:n ominaisuuksia ja käyttötapoja. Tuotteella esitetään olevan seuraavat ominaisuudet:

		mg/l
Kokonaistyyppi	N	1000–1200
Fosfori	P	90–120
Kalium	K	300–350
Kalsium	Ca	1850–3000
Magnesium	Mg	150–200
Boori	B	1–3
Kupari	Cu	0,5–2
Mangaani	Mn	25–65
pH		6,0–6,5
huokoisuus		80–90 %
kationinvaihtokapasiteetti		60–100 m.e/l
kuivatilavuuspaino		150–200 kg/m ³
kosteus		30–50 %

Tuotetta on kahta laatua ja kahta eri pakkauskokoa. »Mo Do Mylla» valmistavat Ab Sågverkens Biprodukter ja Mo och Domsjö Ab.

Muissa maissa julkaistua kirjallisuutta ei tämän kirjoittaja ole kuoren kompostoinnista tai valmiin tuotteen käytöstä onnistunut tavoittamaan eikä löytämään edes mainintoja toisten tutkijoiden teoksissa.

Kokonaistyyppi	mg/l	
	N	P
Kokonaistyyppi	1000–1200	90–120
Fosfori	90–120	300–350
Kalium	300–350	1850–3000
Kalsium	1850–3000	150–200
Magnesium	150–200	1–3
Boori	1–3	0,5–2
Kupari	0,5–2	25–65
Mangaani	25–65	6,0–6,5
pH	6,0–6,5	80–90 %
huokoisuus	80–90 %	60–100 m.e/l
kationinvaihtokapasiteetti	60–100 m.e/l	150–200 kg/m ³
kuivatilavuuspaino	150–200 kg/m ³	30–50 %
kosteus	30–50 %	

4. TUTKIMUSTULOKSET KUOREN KÄYTÖSTÄ MAANPARANNUSAINEENA JA KASVUALUSTANA

41. Katsaus aikaisemmin julkaistuihin alustavien valmistus- ja käyttökokeiden tuloksiin

Tämä tutkimus kuorintajätteiden käytöstä maanparannusaineena ja kasvualustana alkoi vuoden 1964 lopulla lähinnä prof. VEIJO HEISKASEN ansiosta. Ensimmäiset valmistuskokeet suoritettiin vuoden 1965 alkupuolella Loviisan Saha Oy:n sahalla Loviisassa ja saman vuoden keväällä ja kesällä suoritettiin OY Mikko Kaloisen laitoksilla vanhan kuoren käsittely- ja käyttökokeita. Samaan aikaan aloitettiin alustavat valmistuskokeet Eekomit-mikrobipreparaatilla. Tuloksista on julkaistu moniste (O. ISOMÄKI 1966 c). Kesällä 1965 alkoi myös yhteistyö maisteri HARRY HALLENBERGIN kanssa, josta valitettavasti saatiin käytännön tuloksia vain SOK:n Vaajakosken Tehtailla suoritettujen kokeiden osalta. Nämä kokeet oli maisteri HALLENBERG aloittanut v. 1964 (HALLENBERG 1966), mutta siellä toteutettu valmistusmenetelmä ei soveltunut teolliseen käyttöön ja tuotteen ominaisuuksia koskeva koe käsitti vain pienet kokeet käytöstä maanparannusaineena ja metsäpuiden istutuksilla. Vuosina 1964–65 saavutettuihin tuloksiin perustuu artikkeli »Tukkien kuorinta ja kuoren käyttö»-oppaassa (O. ISOMÄKI 1966 a).

Vuonna 1966 voitiin kokeita laajentaa Suomen Luonnonvarain Tutkimussäätiön apurahan taloudellisen tuen avulla. Saman vuoden syksyllä perustettiin myös Kuorihumus Oy hoitamaan tutkimus-, kehitys-, informaatio- ja markkinointityötä. Ensimmäinen laajempi tutkimusselostus julkaistiin vuonna 1967 sekä englanniksi että suomeksi (O. ISOMÄKI 1967 a ja 1967 b). Näissä selvitetään aluksi kuoren hienontamiseen ja käsittelyyn liittyviä laitteita, mm. esitellään erilaisilla kuorenrepijillä saavutettuja tuloksia. Varsinaisesta kompostointiprosessista on kuitenkin näissä vain lyhyt yleiskuvaus. Kompostoidun tuotteen, kuorihumuksen, ominaisuuksista on ensinnäkin selvitys ravinnemääristä ja vertailu ohjearvoihin (taulukko 12).

Vaihtokapasiteetti oli näiden tulosten mukaan 40–180 mc/100 g. Raa'an kuoren, kuorihumuksen ja turpeen fysikaalisten ominaisuuksien vertailu oli taulukon 13 mukainen.

Selostuksissa käsitellään myös WAHLBERGIN patentoimaa kuorihumuksen edelleenjalostusmenetelmää lannoiteaineeksi.

Vuosi 1967 oli vilkkaan tutkimuksen ja valmistuksen laajenemisen vuosi. Täydellisemmät selostukset julkaistiin Kuorihumus Oy:n osakkaille tarkoitettuna monistena. (O. ISOMÄKI ja J. ISOMÄKI, 1968). Tässä

Taulukko 12. Keskimääräiset kuorihumuksen ravinnemäärät ja vertailu ohjearvoihin (Viljavuuspalvelu Oy) eloperäisessä maassa ISOMÄEN (1967) mukaan.

Ravinne	Kuorihumus mg/l	Ohjearvoja elop. maassa mg/l		
		Eritt. hyvä	Tyydytt.	Huono
Kalkki Ca	2000	3600–5600	1600–2600	alle 600
Kali K	300	350–700	100–200	alle 30
Fosfori P	10	40–200	6–15	alle 1,5
Boori B	0,8	1,2–3,0	0,8–1,2	alle 0,4
Kupari Cu	8	12–30	8–12	alle 4
Mangaani Mn	15	yli 5,0	1,5–5,0	alle 1,5
MagnesiumMg	220	yli 240	160–240	alle 80
(Kokonaistyyppi N _{tot})	0,4 %			
(Happamuus pH)	6	(6–6,5)	(5,2–5,6)	(alle 4,4)

Taulukko 13. Raa'an kuoren kuorihumuksen ja turpeen fysikaalisten ominaisuuksien vertailu ISOMÄEN (1967) mukaan.

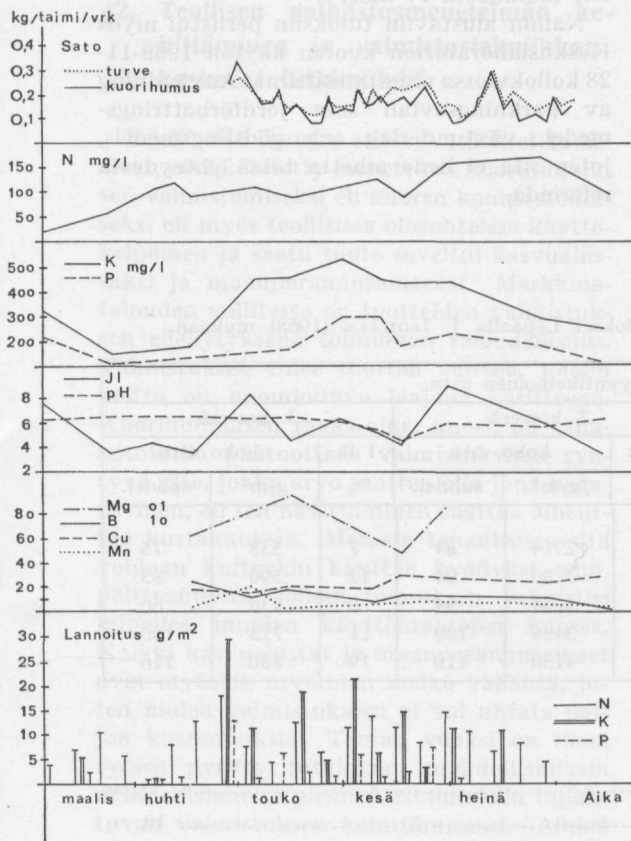
Ominaisuus	raaka kuori	kuori-humus	kasvu-turve
Huokostila %	90-95	78-85	85-96
Vesitila %	40-45	55-65	55-70
Ilmatila %	50-55	15-30	15-42
Tilavuuspaino kg/m ³	110-120	110-150	50-250

selostetaan Sipilän Puutarhassa Lepaan Puutarhaopistossa ja Metsänjalostussäätön Haapastensyrjän koeasemalla suoritettut kokeet. Sipilän Puutarhassa suoritettu kasvualustakoe oli ensimmäinen laajassa mitassa suoritettu kasvuhuonekoe. 570 m² kurkkunhuoneessa oli 70 m² pelkkää kuorihumusta

kasvualustana. Kurkkulajike oli Arla ja taimet istutettiin 30 cm vahvuiseen kasvualustaan 1967-02-16. Satokausi oli 1967-04-24-08-03. Sadon kehitys oli suunnilleen sama, mutta kokonaistulos turpeessa hieman parempi kuin kuorihumuksessa. Piirroksesta 6 ilmenee sadon lisäksi ravinnetilanteen kehitys kasvukauden aikana sekä lannoitus. Alkuvaiheessa on ravinnetaso pääsyt laskemaan liiaksi. Tähän oli osasyynä se, että työntekijät pyrkivät pitämään kuorihumuksen yhtä määrän tuntuisena kuin turpeen, mutta tällöin kuorihumusta täytyi kastella aivan liikaa, joka aiheutti ravinteiden huuhtoutumista. Kurkun jälkeen huoneessa kasvatettiin krysanteemia ja erityisen mielenkiintoista oli vertailla kasvualustan rakennearvojen muutoksia. 1967-04-08 ja 1968-01-03 välisenä aikana. Tänä aikana olivat kuorihumuksen fysikaaliset arvot muuttuneet hyvin vähän ja olivat 1968-01-03 selvästi paremmat kuin turpeen vastaavat arvot.

Myös Lepaan Puutarhaopistossa suoritettiin alustava kurkun viljelykoe, jossa 4,25 m² koeruuduissa verrattiin kuorihumusta normaaliin turvealustaan ja allasviljelyyn. Satotulokset olivat kuorihumusruudussa paremmat kuin turveruudussa ja allasruudussa saatiin heikoin sato. Kahden ensimmäisen ruudun tulokset ilmenevät taulukosta 15. Lepaalla suoritettiin myös keräsalatin kasvualustakoe, jossa kuorihumusta vertailtiin erilaisiin turvealustoihin. Ensimmäisessä erässä kuorihumuksen lannoitus ei täysin onnistunut, mutta kun lannoitus korjattiin, saavutettiin kuorihumuksella turvetta paremmat tulokset, kuten taulukosta 16 ilmenee.

Kyseisessä monisteessa selostetaan myös syklaamin, ruukkukrysanteemin, nurmikon ja metsäpuiden taimikasvatuskokeita. Muita



Kuva 6. Kurkun satotulokset ja ravinnearvojen kehitys sekä lannoitusmäärät O. ISOMÄEN ja J. ISOMÄEN mukaan.

Taulukko 14. Kurkun ja krysanteemin kasvualustan ravinnearvot

Pvm	Kasvualusta	Tilav.	Omin.	Huokos-	Vesitila	Ilmatila	Vaihto-
		paino	paino	tila			
		kg/l	kg/l	%	%	%	mc/l
67-04-08	kuorihumus	0,295	1,630	82,0			82,5
68-01-03	kuorihumus	0,280	1,460	80,2	70	10,2	140,0
»	turve	0,491	2,290	78,3	72	6,3	98,4

Taulukko 15. Satotulokset Lepaan kurkkukokeessa O. ISOMÄEN ja J. ISOMÄEN (1968) mukaan kg/m²

Aika	Kuorihumus	Turve
1967-07-17—07-31	6,1	5,4
1967-07-17—07-15	11,3	10,8
1967-07-17—08-31	15,5	14,3
koko sato	17,4	16,9

tämän alkuvaiheen koetuloksia käsittelee O. ISOMÄKI (1967 c, 1968 c).

Kuorihumuksen valmistusta ja erityisesti

sen taloudellista puolta käsitteli tämän kirjoittaja (O. ISOMÄKI 1968 b) todeten, että suurin tuotanto yhdessä paikassa ilman vientiä on todennäköisesti 40.000–50.000 m³/v. Valmistuskustannuksien laskettiin silloin olleen 2,05–4,75 mk/m³ ja nettotuoton 0,25–2,95 mk/m³ tuotantomääristä riippuen, kuten taulukosta 17 näkyy.

Näihin alustaviin tuloksiin perustui myös Keskuslaboratorion kuoren käytön 1969-11-28 kollokviossa pidetty esitelmä »Användning av barkningsavfall som jordförbättringsmedel, växtunderlag och gödslingsmedel», joten sitä ei liene aihetta tässä yhteydessä referoida.

Taulukko 16. Keräsalaatin kasvukokeen tulokset Lepaalla J. ISOMÄEN (1968) mukaan.

Koeruutu	Myyntikelpoinen sato								
	I. koe-erä			2. koe-erä			3. koe-erä		
	I lk %	koko sato		I lk %	koko sato		I lk %	koko sato	
		g/m ²	suhdel.		g/m ²	suhdel.		g/m ²	suhdel.
1.	42	2266	79	79	2914	84	7	538	75
2.	61	2440	85	62	3280	94	12	590	83
3.	75	2406	84	64	3264	94	0	430	60
4.	75	2860	100	56	3480	100	11	713	100
5.	63	2680	94	97	4130	119	19	830	116

Kasvualustan laatu ja vahvuus

1. koeruutu, 1 turvelevy	5 cm
2. » 2 turvelevyä	10 »
3. » vaalea rahkaturve, irrallinen	10 »
4. » » »	20 »
5. » kuorihumus	20 »

Taulukko 17. Kustannukset ja nettotuotto O. ISOMÄEN (1968 b) mukaan

	Yksikkö	Tuotanto m ³ /v		
		3000	10000	30000
Tarvittava kuorimäärä	i-m ³ /v	4300	14300	43000
Vastaava sahaus	std/v	2150	7150	21500
Kustannukset				
Työkust. (1 mies)	mk/i-m ³	0,90	0,45	0,20
Siirtokust. (traktori)	mk/i-m ³	0,50	0,30	0,20
Sähköenergia	mk/i-m ³	0,25	0,20	0,15
Lisäaineet	mk/i-m ³	0,60	0,60	0,60
Pääomakust.	mk/i-m ³	0,80 ... 2,00	0,60 ... 2,00	0,40 ... 1,00
Muut yleiskust.	mk/i-m ³	0,50	0,50	0,50
Kustannukset yht.	mk/i-m ³	3,55 ... 4,75	2,65 ... 4,75	2,05 ... 2,65
Nettotuotto	mk/i-m ³	1,45 ... 0,25	2,35 ... 0,85	2,95 ... 2,35

42. Teollisen valmistusmenetelmän kehittäminen ja valmistustekniikkaa koskevat tutkimukset

Edellisessä luvussa esitetyt tulokset todistivat, että kehitetty menetelmä kuorihumuksen valmistamiseksi eli kuoren kompostoimiseksi oli myös teollisissa olosuhteissa käyttökelpoinen ja saatu tuote soveltuvi kasvu-alueeksi ja maanparannusaineksi. Markkinatalouden vallitessa on tuotteiden valmistuksen edellytyksenä toiminnan taloudellisuus. Valmistuksen tulee tuottaa voittoa, jolloin voitto on huomioitava laajana käsitteenä. Kuorihumuksen raaka-aine, kuori, on sahalaiteksilla päätuotteen valmistuksessa syntyvä jäte, jonka arvo saattaa olla jopa negatiivinen, eli sen hävittäminen saattaa aiheuttaa kustannuksia. Monissa tapauksissa sitä voidaan kuitenkin käyttää hyödyksi esim. polttoaineena, jolloin humuksen valmistus kilpailee muiden käyttömuotojen kanssa. Kaikki kasvualustat ja maanparannusaineet ovat myöskin arvoltaan melko vähäisiä, joten niiden valmistukseen ei voi uhrata paljon kustannuksia. Tämän vuoksi on tässä työssä pyritty tutkimaan mahdollisuuksia mahdollisimman pienin kustannuksin tapahtuvan valmistuksen kehittämiseksi. Aluksi käsitellään kuorintajätteiden syntyä sahalaiteksilla, sitten kuoren käsittelylaitteita ja lopuksi lyhyesti itse prosessia sekä valmistuskustannuksia.

421. Kuorintajätteiden synty sahalaiteksilla ja ominaisuudet humuksen valmistuksen kannalta

Aikaisemmin tämän tutkimus- ja selvityksen kirjallisuustutkimuksessa on käsitelty sahalaiteksien kuorintajätteiden ominaisuuksia ja kuorintamenetelmiä. Kuten siinä todettiin, lähes yksinomaan kuorintamenetelmän sahalaiteksilla on roottorikuorinta. Roottorikuorimakoneelta kuori tulee melko karkeana nimenomaan kuoren ollessa sulaa ja märkää. Jo alustavissa kokeissa todettiin, että tällainen kuorintajäte on aivan liian karkeata soveltuakseen kuorihumuksen valmistukseen. Palakoon eli karkeuden lisäksi kuoren kosteus on humuksen valmistukseen vaikuttava tekijä. Sahalaiteksilla kuoren kosteus riippuu tukkien käsittely- ja varastointitavoista. Maakuljetusten ja maavarastoinnin jälkeen kuoren kosteus vaihtelee 35–60 % välillä kokonaispainosta laskettuna ja uiton tai vesivarastoinnin jälkeen 70–85 % (VIRTANEN 1962). Edellisen kosteus on liian pieni ja jälkimmäisen ehkä hieman liian suuri (SOLBRAA 1967). Käytännössä on todettu kastelu eräissä tapauksissa tarpeelliseksi kuoren ollessa hyvin kuiva.

Kuori tulee siis sahalaiteksilla liian karkeana eli suuripalaisena soveltuakseen sellaisenaan kuorihumuksen valmistukseen, mutta yleensä kosteudeltaan sopivana. Kuori poistetaan aina kuorimakoneen alta kuljettimella, joko kolakuljettimella tai hihnalla,

harvemmin pneumaattisesti ja kuorivirta on suhteellisen tasainen ja jatkuva soveltuen näin hyvin jatkoprosessiin. Tämä kuorikuljetin on aina tarpeen, joten sitä ei voida missään tapauksessa sisällyttää humuksen valmistuslaitokseen eikä sen kustannuksiin. Kuorihumuksen raaka-aine tulee siis lähes ihanneolosuhteissa valmistusprosessiin, jota etua ei ole pahimmalla kilpailevalla tuotteella, kasvaturpeella. Sehän on kaukana teollisuuslaitoksista, vetisellä ja yleensä enemmän tai vähemmän puita tai kantoja sisältävällä suolla.

422. Kuoren käsittelylaitteet ja muut valmistukseen liittyvät laitteet

Siis jo alustavien kokeiden perusteella todettiin kuorintajätteen tarvitsevan hienontamista. Kuoren hienontamiseen eli repimiseen soveltuvia laitteita on käsitelty myös alustavissa selostuksissa (ISOMÄKI, O. 1967 a). Koska tällaisissa seikoissa tapahtuu kehitystä ja muutoksia, suoritettiin vuonna 1972 tämän tutkimuksen puitteissa uusi selvitys Suomen markkinoilla olevista kuorenrepijöistä. Tutkimuksessa saatiin tiedot seuraavilta valmistajilta:

1. Ingeniörsfirma A. Fransson, Ruotsi
2. Myllykone Oy, Naantali
3. Rauma-Repola Oy, Pori
4. Oy W. Rosenlew Ab, Pori
5. Winbergs Verkstäder Aktiebolaget, Ruotsi
6. Oy Wärtsilä Ab, Helsinki

Seuraavassa lyhyt kuvaus eri konetyypeistä:

Ingeniörsfirma A. Fransson

Repijässä on melko isokokoinen sylinterimäinen vaakatasossa pyörivä roottori, jonka pinnalle on kiinnitetty kiinteästi palamaiset terät. Toisessa sivussa on vastateräsarja, jonka lomista terät menevät. Isoimmista malleista on kaksi rumpua. Kokoja on kuusi, TR-35, TR-70, TRA-70, 2TR-70 ja 2TR-100, kapasiteetit 5–150 m³/h, tehotarve 10–80 kW. Tarkemmat tiedot ilmenevät yhteenvetotaulukosta. Esittelylehdistä muukaan repijöitä on 12 kpl toimitettu Suomeen.

Myllykone Oy

Repijässä on vaakatasossa pyörivä akseli, johon kiinnitetty pyöreät levyt muodostavat roottorin. Roottorin kehälle on laakeroitu heiluvat vasarat. Sivussa on yksi tai kaksi vastateräsarjaa, jonka

terät ovat samoja kuin varsinaiset terätkin. Terien ja vastaterien määrää ja välyksiä voidaan helposti vaihdella. Repijää valmistetaan kahta kokoa MVP I ja MVP II, kapasiteetin ollessa 10–22 m³/h ja tehontarpeen 30–40 kW. Repijöitä on valmistajan kirjeen mukaan toimitettu 5 kpl Suomeen.

Rauma-Repola Oy

Repijässä on pystytasossa pyörivä lautasmainen roottori, jonka kehällä ovat melko pitkät terät. Kiinteällä ulkokehällä ovat sisäpuolella vastaterät, joiden ulkonemaa voidaan säätää. Tehot ovat 20-90 i-m³/h ja tehontarve 45–200 kW. Toimitusluettelon mukaan on repijöitä toimitettu Suomeen 34 kpl. Kokoja on neljä Ø 1000, 1200, 1300 ja 1500.

Oy W. Rosenlew Ab

Repijä on lähinnä tarkoitettu karkearevintään. Siinä on vaakatasossa pyörivä leikkuuterätela, joka repii kuoret vastateriä vastaan. Kokoja on ainoastaan yksi KR-500, jonka teho on n. 35 i-m³/h ja tehontarve 22 kW.

Winberg Verkstäder Aktiebolaget

Repijän vaakasuorassa pyörivän roottorin muodostavat pyöreät levyt, joiden väliin kehälle on laakeroitu terät. Sivussa on vastaterä, joka ei mene terien väliin, ja pohjan muodostavat kolmiotangot, joiden välistä hienontunut kuori putoaa alas. Kokoja on 10 ja tehot 5–125 i-m³/h sekä tehontarve 15–200 kW. Repijöitä on luettelon mukaan toimitettu Suomeen kuorenrepijöiksi 18 kpl.

Oy Wärtsilä Ab

Repijässä on vaakatasossa pyörivä repijätela, joka on muodostettu teräkiekoista ja tämä leikkaa kiinteää hitsattua vastaterää vasten, jolloin terät joutuvat osittain toistensa lomiin leikaten sekä sivu- että päätysärmillä. Kokoja on kuusi KR-400, 601, 802, 804, 1203 ja 1204, tehon ollessa 1000–8000 kg/h, tehontarpeen 22–75 kW.

Yhteenveto tiedoista on taulukossa 18.

Tehontarpeeseen vaikuttaa olennaisesti se, kuinka hienojakoiseksi kuori revitään. Käytäjiltä saatujen tarkistamattomien tietojen mukaan hienointa tekevät Myllykoneen ja Winbergin repijät. Viimemainitussa esiintyy kuitenkin helposti tukkeutumista pyrittäessä tekemään kovin hienojakoista. Myös Rauma-

Taulukko 18. Tietoja vuonna 1972 markkinoilla olleista kuorenrepijöistä.

Table 18. Some data on the bark-tearing machines on the market in 1972

Valmistaja <i>Manufacturen</i>	Tyyppi <i>Type</i>	Kapasit. i-m ³ /h <i>Capacity loose m³/h</i>	Tehont. kW <i>Energy con- sumption</i>	Hinta Fmk l.v. v:neen <i>Price incl. sales tax</i>	Paino kg <i>Weight</i>	Huom. <i>Comments</i>
A. Fransson	TR-35	5	7,5	n. 9.000,—		Hinta lask.
	TR-70	10	11	» 16.000,—		1 Rkr = 1 mk
	TRA-70	25	19	» 25.000,—		Myyjä: Oy Telko
	TRA-100	40	30	» 29.000,—		Ab
	2TR-70	100	37	» 25.000,—		<i>Price calculated</i>
	2TR-100	150	60	» 29.000,—		1 Skr = 1 Fmk
Myllykone Oy	MVP I	10— 17	30	6.600,—		<i>Distributor³:</i>
	MVP II	15— 22	40	7.550,—		
Rauma-Repola Oy	Ø 1000	20	45	n. 41.590,—	2570	Hinta ilman l.v.v:tä
	Ø 1200	50	90	» 43.840,—	3300	<i>Price without sales tax</i>
	Ø 1300	60	110	» 50.580,—	3700	
	Ø 1500	90	200	» 55.070,—	6100	
Winbergs	5025 L	5	11	» 10.900,—	900	Hinta lask.
Verkstäder Ab	5035 L	8	19	» 12.600,—	1000	1 Rkr = 1 mk
	5050 L	12	30	» 16.800,—	1100	Myyjä:
	5075 L	18	37	» 22.000,—	1300	Ekströmin
	6050 T	15— 20	44	» 25.000,—	1700	Koneliike Oy
	6075 T	20— 30	55	» 34.000,—	2000	<i>Price calculated</i>
	60100 T	30— 40	82	» 44.000,—	2500	1 Skr = 1 Fmk
	90100 T	60— 80	110	» 65.000,—	5100	<i>Distributor³:</i>
	90100 T	60— 80	110	» 65.000,—	5100	
	90130 T	80—120	147	» 75.000,—	6700	
	105150 T	100—125	220	» 115.000,—	14000	
Oy Wärtsilä Ab	KR-400	n. 10	22	n. 25.850,—		Hinta ilman l.v.v:tä
	KR-601	» 25	37	» 31.470,—		
	KR-802	» 50	55	» 37.100,—		
	KR-804	» 50	55	» 39.350,—		
	KR-1203	» 80	75	» 49.450,—		
	KR-1204	» 80	75	» 51.700,—		

Repolan repijällä saa hienoa mutta epäta-
saista, sillä sitkeät tai kovat kappaleet esim.
tikut, pääsevät läpi melko helposti. Muut
repijat tekevät melko karkeajakoista, ni-
menomaan Fransson.

Nämä seikat on huomioitava tarkastel-
taessa tehontarvetta kapasiteetin i-m³ kohti:

Fransson	n. 1,5—0,5	kW/i-m ³ /h
Myllykone	» 2	»
Rauma-Repola	» 2,2—2	»
Winberg	» 2,2—2	»
Wärtsilä	» 2,2—0,9	»

Edelläolevasta päätellen energiantarve on
n. 2 kWh/i-m³. Käytännön mittauksissa
energian tarve on ollut 2—3 kWh/i-m³.

Kuorihumuksen valmistuksessa on ollut
käytössä seuraavia repijöitä:

Myllykone Oy	5 kpi
Winbergs Verksstädet	2 »
Rauma-Repola Oy	1 »

Kuori voidaan syöttää kuorenrepijään yleen-
sä suoraan kuorimakoneen alta tuovalla kul-
jettimella eikä tämä työvaihe näinollen

aiheuta työkustannuksia vaan ainoastaan pääoma-, energia- ja huoltokustannuksia. Teräkustannukset ja terien vaihtokustannukset riippuvat olennaisesti kuoren mukana tulevan hiekan, kivien ym. määrästä. Maavarastoidulla puulla on käytännössä terien vaihtoväli ollut 1–2 viikkoa, mutta uittopuulla jopa 6 kk.

Kuoren hienonnuksen lisäksi humustumis- eli kompostoitumisprosessin aikaansaamiseksi siihen on lisättävä ainakin typpeä, mutta yleensä myös kalkkia ja fosforia (O. ISOMÄKI 1967 a; SOLBRAA 1967). Typen ja fosforin lisäys voi tapahtua nesteenä, mutta suomalaisissa olosuhteissa on normaalien lannoitteiden käyttö osoittautunut tarkoituksenmukaisimmaksi. Käyttömäärät riippuvat kuorintajätteen ominaisuuksista ja halutusta tuotteen laadusta, mutta yleensä vaihtelevat yhteensä 1–6 kg/i-m³ välillä. Suurimpia sahalaitoksia lukuunottamatta roottorikuorimakoneiden teho on 300–500 kpl tukkeja tunnissa. Tämä merkitsee kuorintajätteenä n. 10–20 i-m³/h (VIRTANEN 1962). Lisäaineiden käyttömäärät vaihtelevat siis 10–120 kg/h välillä. Prosessin kannalta typpi on tärkein, mutta yleensä on suositeltavaa käyttää lisäksi kalkkia ja fosforia eli yhteensä 3 eri ainetta. Mikäli kukin aine annostellaan eri annostelijoilla, on tarvittava tehoalue n. 0–40 kg/h ja mikäli käytetään vain yhtä annostelijaa, eli sekoitetaan lisäaineet etukäteen, on annostelijan tehoalueen oltava n. 0–120 kg/h eli tässäkin tapauksessa melko pieni. Tämän tutkimustyön yhteydessä kehitettiin Kemaako Oy:n kanssa yhteistyössä normaalista lannoitteen lautaslevittäjästä tarkoitukseen soveltuva annostelija. Laitteesta poistettiin le-

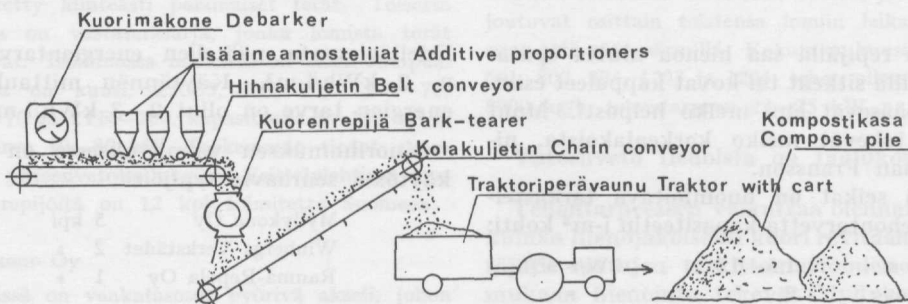
vittäjälautaset ja annostelumäärän säätäjäksi asennettiin kuorikerroksen paksuutta tunnusteleva pyörä. Tällainen laite on hankintahinnaltaan edullinen, vain n. 1000 mk, mutta annostelutarkkuus osoittautui käytännössä riittäväksi. Muita vaihtoehtoja ovat lähinnä erilaiset tärysyöttimet joko vastaavalla tilavuussäädöllä tai painosäädöllä hihnavaa'an avulla. Ratkaisusta riippuen investointikustannukset voivat nousta useampiin kymmeniintuhansiin markkoihin.

Lisäaineet tulee sekoittaa kuoreen hyvin ja edullisimmaksi on osoittautunut niiden lisäys ennen repijää, jolloin sekoittuminen tapahtuu repijässä. Tämä tosin jossain määrin lisää repijän terien kulutusta. Sekoitus voidaan suorittaa myös repijän jälkeen esim. rumpusekoittajissa.

Siirto kompostointikasaan on käytännössä hoidettu edullisimmin traktorin peräkärriyllä. Jos niitä on kaksi, voi aina toinen olla repijältä tuovan kuljettimen alla. Ainoastaan peräkärriyt tarvitsee laskea kuorihumuksen valmistuksessa tarpeelliseksi investoinniksi, sillä traktorilla on käytännössä ennätetty tehdä myös muita siirtoja. Sama on asianlaita kompostointikasojen teossa tarvittavan etukuormaan kanssa. Näiden siirtolaitteiden suhteen ei kuorihumuksen valmistus aseta mitään erikoisvaatimuksia.

423. Kuvaus käytännön valmistusprosessista

Aikaisemmin on esitetty amerikkalaisia (mm. BOLLEN ja GLENNIE 1957, WILDE 1958, WOLF ja WARTLUFT 1969) ja norjalaisia (SOLBRAA 1967, 1972) valmistusmenetelmiä. Käsillä olevan tutkimuksen perusteella on kehittynyt suomalainen valmistusmenetelmä.

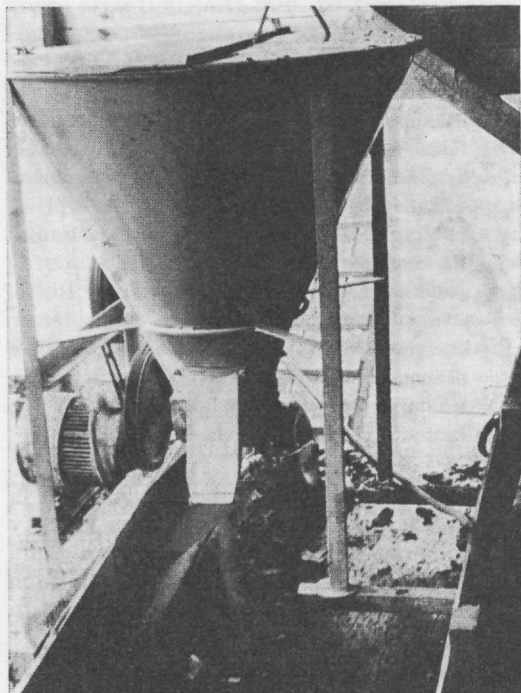


Kuva 7. Kuorihumuksen valmistuskaavio.

Fig. 7. Bark humus manufacturing diagram.

Suomalaista kuorihumuksen valmistusmenetelmää esittää oheinen piirros 7 ja valokuvat 8, 9 ja 10.

Tyypillisessä suomalaisessa valmistusmenetelmässä lisäaineet annostellaan kuorimakoneen alta tulevalle hihnakuljettimelle en-



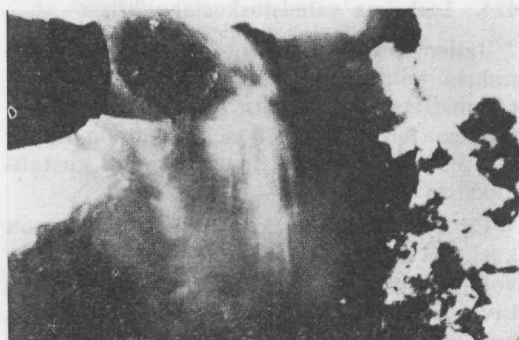
Kuva 8. Kuorimakoneelta tuleva kuorikuljetin ja lisäaineiden annostelulaite.

Fig. 8. Bark conveyer coming from debarker and additive proportioner.



Kuva 9. Kompostikasojen tekoa.

Fig. 9. Building up compost piles.



Kuva 10. Kompostikasoiissa on korkea lämpötila talvellakin.

Fig. 10. Temperature in compost piles is high even in winter.

nen repijää. Repijän jälkeen kuori siirretään peräkärriyllä kasoihin, joiden koko on rajoitettu. Talvella uutta kasaa aloitettaessa on sitä paikallisesti lämmitettävä höyryllä tai sähköllä. Epäedullisissa olosuhteissa erityisesti talvella ja haluttaessa varmistua tuotteen laadusta, voidaan käyttää Eokomitbakteeripreparaattia, jota lisätään erikoisohjeitten mukaan. Mikäli kosteus ei ole riittävä, on kuorta kostutettava. Korkeusasteesta, kosteudesta ja lisäaineiden määrästä riippuen on prosessiaika kasoissa 1–12 kk, normaaliajan ollessa n. 3 kk. Tämän jälkeen tuote on valmiista käytettäväksi joko sellaisenaan, jälkihienonnettuna ja lisälannoitettuna tai muulla tarpeellisella tavalla käsiteltynä. Sellaisenaan tällainen humus soveltuu maanparannusaineeksi ja myös kasvualustaksi moniin tarkoituksiin, kuten jäljempänä esitetään. Paikalliset olosuhteet voivat aiheuttaa erilaisia muutoksia edellä esitettyyn perusmenetelmään.

Suomalaiselle valmistusmenetelmälle on tunnusomaista mahdollisimman suuri yksinkertaisuus ja valmistuskustannusten pienuus. Siinä on todettavissa tyypillisimmät kasvuturpeen valmistusvaiheet kuten irtijyrsintä (hienonnus), kasojen teko ja varastointi, mutta ei mm. soiden esikäsitteilyä ja turpeen kuivausta. Näin on helposti osoitettavissa kuorihumuksen valmistuksen edullisuus turpeen valmistukseen verrattuna ainakin vastaavissa olosuhteissa. Lisälannoitteiden osalta on huomattava niiden vastaavasti kohottavan tuotteen arvoa.

424. Laskelma valmistuskustannuksista

Jäljempänä esitellään valmistuskustannuksia valmistajien omien todellisten kustannustietojen pohjalta, mutta tässä yhteydessä on syytä esittää käytännön tietoihin perustuva teoreettinen laskelma kustannuksista.

Ennen varsinaista kustannuslaskelmaa on käsiteltävä investointikustannuksia ja työvoiman tarvetta. Edellä käsiteltäessä tarvittavia koneita ja laitteita, esitettiin jo eräitä kustannustietoja niistä. Tältä pohjalta voidaan laatia seuraavan asetelman mukainen yhteenveto:

Lisäaineiden annostelijat 3 kpl	3.000 mk
Kuorenrepijä	15.000—50.000 »
Kuljetin kuorenrepijältä	5.000 »
Asennukset	5.000 »
Perävaunut 2 kpl	6.000 »
Sekalaista	5.000 »
	<hr/>
	39.000—74.000 mk

Käytettäessä 10 % vuotuista tasapoistoa ja 10 % korkokantaa, ovat vuotuiset pääomakustannukset 5.850—11.100 mk. Edullisimmissa olosuhteissa voidaan selvittää vielä pienemmillä investointikustannuksilla.

Kuorimossa on sahalaitoksilla yleensä yksi henkilö valvomassa ja hän voi valvoa myös huomuksen valmistuksen. Kokonaan huomioimatta ei työökustannuksia voida jättää, vaikka käytännössäkin niiden erittelemineen on vaikeata. Mikäli kuorihumuksen valmistukseen lasketaan tarvittavan yksi henkilö, tämä pystyy hoitamaan myös kaikki siirrot, kompostikasojen teot ym. Teollisuustilaston mukaan työntekijäin keskipalkka sahateollisuudessa oli vuonna 1971 11.382 mk/v.

Muita kustannuseriä ovat lisäaineet ja sähköenergia. Lisäaineista suurimman kustannuksen muodostaa urea, jota tarvitaan vähintään 1 kg/m³. Lisäaineiden tarve ja hinnat vaihtelevat melkoisesti olosuhteitten mukaan, mutta tietyissä olosuhteissa kokonaiskustannus 1 mk/i-m³ valmistaa humusta riittää. Sähköenergiaa on mitattu kuluvan n. 3 kWh/i-m³ raakaa kuorta eli huomioituna mitattu keskiarvoinen 35 % kutistuma n. 4,5 kWh/i-m³ valmistaa humusta. Sähköenergian hinta sahalaitoksilla vaihtelee suu-

resti (O. ISOMÄKI 1968 a), mutta tässä laskelmassa voitane käyttää arvoa 10 p/kWh.

Kokonaisuudessaan voidaan kuorihumuksen valmistuskustannukset pääpiirteittäin esittää seuraavan matemaattisen lausekkeen avulla

$$k = (a_1 \cdot h_1 + a_2 \cdot h_2 + a_3 \cdot h_3) + \frac{b+c+d+e}{m}$$

k = valmistuskustannus mk/i-m³ valmistaa humusta

a₁ = lisäaine 1:n tarve kg/i-m³ valmistaa humusta

h₁ = lisäaine 1:n hinta mk/kg

a₂ = lisäaine 2:n tarve kg/i-m³ valmistaa humusta

h₂ = lisäaine 2:n hinta mk/kg

a₃ = lisäaine 3:n tarve kg/i-m³ valmistaa humusta

h₃ = lisäaine 3:n hinta mk/i-m³

b = palkkamenot mk/v

c = energiakustannukset mk/v

= energian määrä kWh/v × keskihinta mk/kWh

d = pääomakustannukset mk/v

e = sekalaiset kustannukset mk/v

m = tuotanto i-m³/v valmistaa humusta

Tässä ei ole noudatettu jakoa muuttuviin ja kiinteisiin kustannuksiin, vaan on pyritty selvittämään kustannukset, jota juuri tämä kuoren käyttömuoto aiheuttaa vertailtuna muihin käyttömuotoihin, josta vertailusta enemmän myöhemmin.

Vertailuna voimme laskea kustannukset aikaisemmin esitettyjen tietojen pohjalta edelläolleen kaavan mukaan tuotantomäärille 5.000 i-m³ ja 20.000 i-m³ humusta vuodessa, jolloin saadaan seuraava laskelma (lisäainekustannukset 1 mk/i-m³):

1. Tuotanto 5.000 i-m³/v

$$k = 1,00 + \frac{11.380 + (22.500 \cdot 0,1) + 5.850}{5.000} = 3,89$$

2. Tuotanto 20.000 i-m³/v

$$k = 1,00 + \frac{11.380 + (90.000 \cdot 0,1) + 11.100}{20.000} = 2,57$$

Näissä laskelmissa on palkkakustannukset otaksuttu samaksi ja mitään sekalaisia kustannuksia ei ole huomioitu. Laskelmassa ei ole huomioitu tuotteen myynti-, pakkaus-, kuormaus- ym. vastaavia markkinointiin liittyviä kuluja.

43. Käyttöominaisuuksien jatkotutkimukset

Aikaisemmin on jo esitelty alustavien käyttökokeiden tulokset. Niiden perusteella suunniteltiin jatkokokeet, jotka toteutettiin pääosiltaan vuosina 1968 ja 1969. Näiden kokeiden suunnittelussa käytettiin apuna useita asiantuntijoita mm. tri IRMA SUHOSTA Helsingin Yliopiston Puutarhatieteen laitokselta. Käytännön työt ja tulosten laskennan suoritti hortonomi JAAKKO ISOMÄKI. Vuonna 1969 aloittivat myös professorit J. E. HÅRDH Helsingin Yliopiston Puutarhatieteen laitokselta ja MARTTI SALONEN Maatalouden Tutkimuskeskuksesta omat kokeet Suomen Luonnonvarain Tutkimussäätiön myöntämän yhteisen apurahan taloudellisella tuella, joka jatkui myös v. 1970. Näiden kokeiden tulokset eivät ole vielä valmiina, mutta ne eivät kuulukaan tämän selostuksen piiriin.

431. Tomaatin kasvukokeen tuloksia

Laajin tämän tutkimuksen piiriin kuuluva kuorihumuksen käyttöä ja ominaisuuksia koskeva koe suoritettiin Sipilän Puutarhasta Luolajasta vuokratussa 425 m² kasvihuoneessa vuonna 1968. Huoneessa oli yhteensä 120 koeruutua pääsarjan käsittäessä 30 erilaista koeruutua kolmena kerrannaisena ja lisäsarja 15 koeruutua kahtena kerrannaisena. Tärkeimmät perustiedot selviävät seuraavasta asetelmasta:

- koeruutujen lukumäärä 120 kpl
- koeruutujen koko $1,53 \times 1,53 = 2,34 \text{ m}^2$
- koeruudut eristetty reunoilta muovikalvolla
- pohjalla ei eristystä
- kussakin koeruudussa 6 tainta
- taimien istutus tapahtui 1968-03-25
- tomaattilajike Early Rever

Kokeessa oli seuraavat tutkimusryhmät:

I Pääsarja

1. Humustumisaste
11. Pitkälle humustunut
12. Vähän humustunut
13. Raaka kuori
2. Karkeusaste
21. Hienojakoinen
22. Normaali
3. Puulaji
31. Mänty

4. Kastelu
41. Normaali 100 %
42. Niukka 70 %
5. Typpilannoitus
51. Normaali 100 %
52. Runsas 150 %
6. Fosforilannoitus
61. Normaali 100 %
62. Runsas 150 %

II Lisäsarja

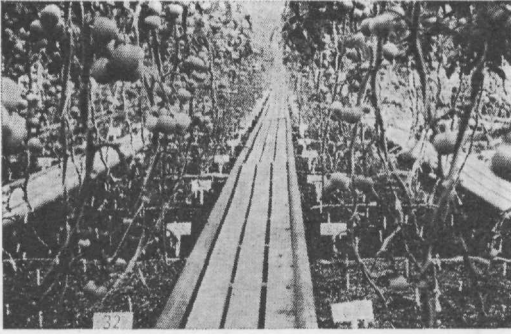
1.
 14. Närviyoki Oy:n humus
 15. Kemi Oy:n humus
2.
 23. Karkea
3.
 32. Kuusi
4.
 43. Runsas kastelu 130 %
7. Kalilannoitus
 71. Runsas 150 %
8. Vertailu
 81. Kasvuturve

Tarkempi koejäsenten ryhmittely koeruu-tuihin ilmenee liitteestä 1. Koeryhmien välillä ei voitu suorittaa aivan täydellistä vaihtelua, kuten liitteestä 1 ilmeneekin.

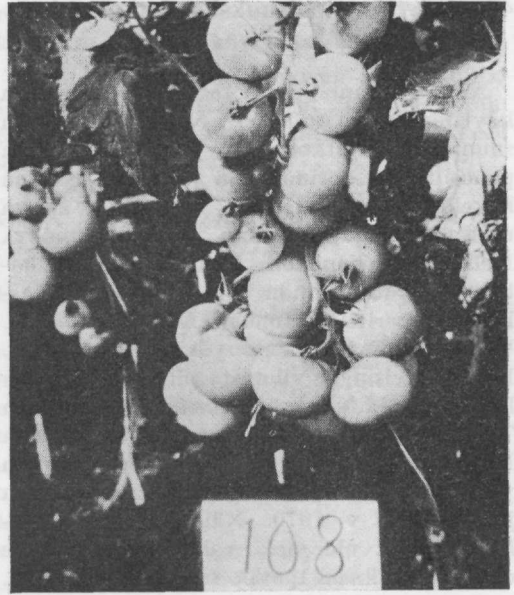
Koeruuduissa kasvaneet tomaatit lajiteltiin ja punnittiin sekä markkinoitiin normaaliin tapaan. Tulokset eri koeruutujen osalta ilmenevät liitteestä 2. Seuraavassa on esitetty tulokset eri tekijöiden mukaan. Kokeen yleiskulkua esittävät myös valokuvat 11, 12 ja 13.



Kuva 11. Kuva tomaattikokeen koeruduista ennen istutusta.



Kuva 12. Kuva tomaattikokeesta sadonkorjuuvaiheessa.



Kuva 13. Tomaattikasvusto koeruudussa 108.

4311. Humustumisasteen vaikutus ominaisuuksiin

On aivan ilmeistä, että humustumisasteella (Vrt. humuskäsite sivut 7–8) on vaikutus kuorihumuksen ominaisuuksiin ja kasvutuloksiin (vrt. SOLBRAA 1967). Onhan aikai-

semmin raakaa kuorta jopa pidetty kasveille myrkyllisenä. Tämä koe osoitti, että raaka kuori ei missään tapauksessa ollut myrkyllistä tomaateille, mutta että humustumisasteen kasvaessa satotulokset kasvoivat, mutta ennako-odotuksia vähemmän (taulukko 19).

Taulukko 19. Humustumisasteen vaikutus sadon määrään, laatuun ja hedelmien kokoon.

Table 19. Effect of humification degree on crop quantity and quality and fruit size.

Humustumisaste	Koe-ruut. määrä kpl	Sadon määrä <i>Crop yield</i>		I l sadon määrä <i>Yield of 1st class crop</i>		I l sadon osuus <i>Share of 1st cl. cr.</i>		Hedelmien määrä <i>Number of fruit</i>		Hedelmien keskipaino <i>Average fruit weight</i>	
		Number of test sq. pcs	kg/m ² kg/m ²	Sl Ratio	kg/m ² kg/m ²	Sl Ratio	%	Sl Ratio	kpl/m ² pcs/m ²	Sl Ratio	g/kpl g/pc
Pitkälle humust. ... <i>Well-composted</i>	30	15,4	100	4,7	100	30	100	218	100	70,9	100
Vähän humust. <i>Little composted</i>	24	14,1	92	3,7	82	27	90	212	98	66,0	93
Raaka kuori <i>Fresh bark</i>	30	13,0	85	3,5	74	27	90	192	88	68,1	96

Pitkälle maatuneessa kuoressa oli satotulos siis paras sekä määrän että laadun suhteen samoin kuin hedelmien koonkin osalta. Tulos raa'an kuoren osalta oli kuitenkin yllättävän hyvä, olihan se vain n. 15 % heikompi kuin pitkälle humustuneessa. Tämä nimenomaan osoittaa, että raakakaan kuori ei ole kasveille myrkyllistä, mutta että pitkälle maatuneessa saavutetaan parempi tulos.

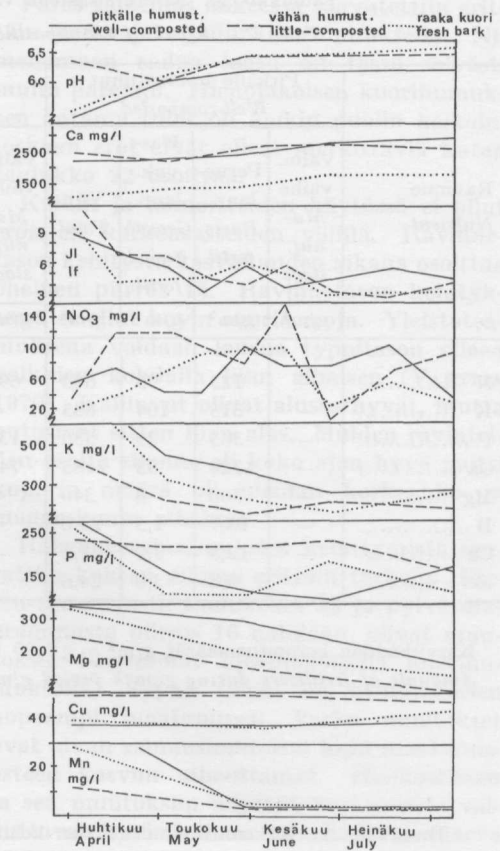
Ei olisi ollut oikein kaikilla materiaaleilla käyttää vain samoja määriä ravinteita, vaan katsottiin oikeammaksi pyrkiä aina kasveille optimaaliseen ravinnetasoon (Vrt sivut 6–8). Ravinnetaso todettiin analyyseillä koemateriaaleista ennen koeruutujen tekoa ja peruslannoitus suoritettiin tällä perusteella. Säännöllisesti suoritetuilla analyyseillä valvottiin sitten ravinnetason kehitystä ja pyrittiin sitä pitämään optimitasolla. Taulukko 20 osoittaa ravinteiden käyttömäärät eri vaiheissa.

Ravinteiden kokonaiskäytössä ei ole merkittäviä eroja muiden kuin typen osalta. Vähän humustuneessa kuoressa on käytetty tyyppä selvästi enemmän kuin muissa, mutta fosforia ja kalkkia hieman vähemmän.

Kasvukauden edistyessä muuttuvat erityisesti kasvihuoneviljelyssä ravinnetasovaatimukset (VARTIJA 1970). Piirros 14 osoittaa ravinnetasojen kehityksen tässä kokeessa ja maatumisasteen vaikutuksen siihen. Suurimmat erot muutoksissa ovat typen ja fosforin kohdalla. Vähän humustuneessa on alussa ollut typpitaso korkea, mutta kesä-heinäkuun vaihteessa hyvin alhainen. Pitkälle maatuneessa typpitaso on pysynyt tasaisimpana. Fosforitaso on puolestaan ollut korkein lähes koko ajan vähän humustuneessa kuorihumuksessa.

Rakenneominaisuudet ovat eräs tärkeä kasvualustaa kuvaava tekijä ja myös ne riippuvat maatumisasteesta. Näitä rakenneominaisuuksia ovat huokostila, vesitila, ilma-tila ja vaihtokapasiteetti. Tässä kokeessa määriteltiin myös raakakuituosuus ja maatumisaste V. Postin mukaan. Kaikki nämä samoin kuin ravinnemäärityksetkin suoritti Viljavuuspalvelu Oy (KURKI 1963). Taulukon 21 on koottu tulokset.

Kasvukauden alussa ovat rakennearvot täytäneet kaikkien maatumisasteiden kohdalla hyvälle kasvualustalle asetettavat vaatimukset lukuunottamatta vaihtokapasiteettiarvoja



Kuva 14. Ravinnetasojen kehitys eri humustumisasteissa.

Fig. 14. Development of nutrient levels in different degrees of humification.

vähän humustuneessa ja raa'assa kuoressa. Rakennearvojen muutokset ovat olleet suhteellisen pieniä, mikä osoittaa, että kuorihumus säilyttää hyvin pitkään edulliset rakenneominaisuutensa.

Tässä yhteydessä pyrittiin myös alustavasti selvittämään sopivaa menetelmää maatumisasteen määrittämiseksi. Kuten taulukosta 21 voi päätellä, antaa v. Postin maatumisastemenetelmä melko hyvän kuvan maatumisasteesta. Tosin raakakin kuori saa sen mukaan maatumisasteeksi n. 1,5. Raakakuitumääritys ei puolestaan antanut luotettavaa kuvaa maatumisasteesta, kuten taulukostakin näkyy. Silmämääräisesti lähinnä värin perusteella suoritettu maatumisasteen määrittäminen yhdistettynä tuoksuhavain-

toihin osoitautui myös luotettavaksi. Tämä kysymys ei kuitenkaan selvinnyt täydellisesti tämän kokeen yhteydessä.

4312. Raekoon vaikutus käyttöominaisuuksiin

Kuorintajäte syntyy yleensä melko karkeana ja valmistusvaiheessa se täytyy repiä pienijakeisemmaksi. Tällöin raekoko voidaan melko helposti saada täysin halutuksi, jos vain tiedetään, mikä raekoko on edullisin. Kompostois- eli humustumisprosessi tapahtuu sitä nopeammin, mitä hienojakoisempaa kuori on, kuten aikaisemmin on osoitettu, jos vain huolehditaan riittävästä hapensaannista kasassa. Myös käyttöominaisuuksiin on raekoolla merkitystä, ja tämän osalta saatiin seuraavia tuloksia:

Kokeessa oli mukana seuraavat kolme eri karkeusastetta:

1. Hienojakeinen kuorihumus, joka oli jälki-jauhettu valmistuksen jälkeen.
2. Normaali kuorihumus, vasaramyllyllä (Ahma) hienonnettu ennen kompostointia.
3. Erittäin karkea kuorihumus, suoraan Cambio-kuorimakoneen jäljiltä.

Eri karkeusasteiden välisiä eroja kuvaa selvästi kokeen alussa ja lopussa suoritettu seulontakoe sekä kuiva- että märkäseulontana. Nämä tulokset näkyvät liitteessä 3.

Paras satotulos kokeessa saavutettiin erittäin karkeajakaisella kuorihumuksella. Nimenomaan sadon laatu oli tässä selvästi muita parempi. Hienojakoisen kuorihumuksen antama tulos oli kaikin puolin heikoin, joskaan erot eivät olleet merkittäviä kuten taulukko 22 osoittaa.

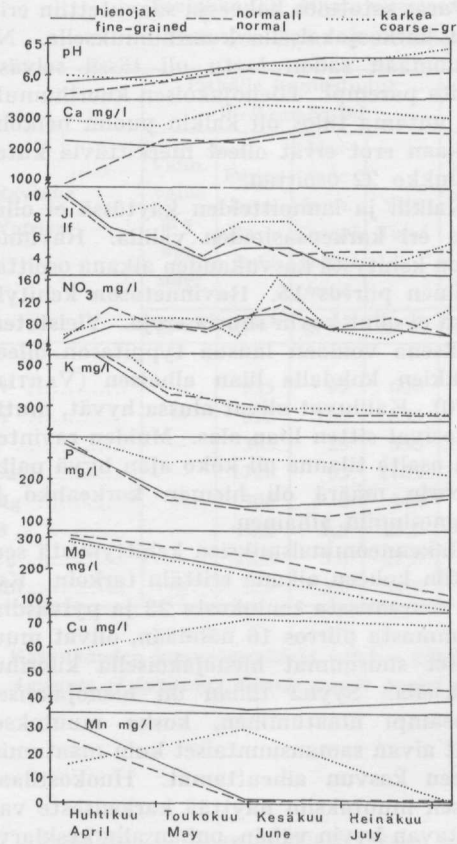
Kalkin ja lannoitteiden käytössä ei ollut eroa eri karkeusasteiden välillä. Ravinnetason kehitystä kasvukauden aikana osoittaa oheinen piirros 15. Ravinnetason kehityksessä ei ollut kovin suuria eroja. Yleistoteamuksena voidaan lausua typpitason olleen kaikkien kohdalla liian alhaisen (VARTIJA 1970). Kaliluvut olivat alussa hyvät, mutta putosivat sitten liian alas. Muiden ravinteiden osalta tilanne oli koko ajan hyvä paitsi kuparin määrä oli hieman korkeahko ja magnesiumin alhainen.

Rakeneominaisuuksien kehittymistä seurattiin kokeen aikana erittäin tarkoin. Kuten seuraavasta taulukosta 23 ja pylväsdia grammasta piirros 16 nähdään, olivat muutokset suurimmat hienojakoisella kuorihumuksella. Syynä tähän on hienojakoisen nopeampi maatumineen, koska muutokset ovat aivan samansuuntaiset kuin maatumineen kasvun aiheuttamat. Huokostilaan ja sen muutoksiin näyttää karkeusaste vaikuttavan hyvin vähän, onhan alin keskiarvo 83,5 % ja ylin 88,1 %. Sensijaan huokostilan jakaantumiseen vesi- ja ilmatilaan on

Taulukko 22. Karkeusasteen vaikutus sadon määrään, laatuun ja hedelmien kokoon.

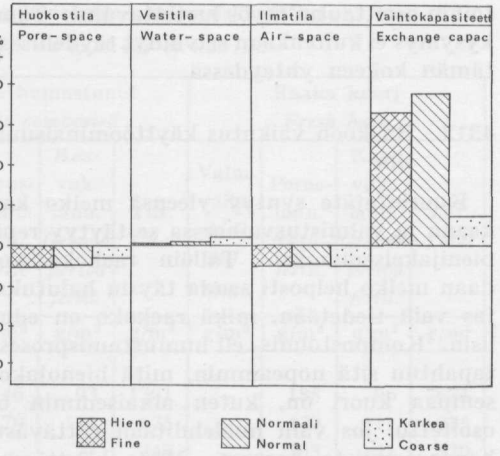
Table 23. Effect of grain-coarseness on yield and quality of crop and size of fruit.

Karkeusaste <i>Degree of coarseness</i>	Koe- ruut. luku <i>Number of test squares</i>	Koko sadon määrä <i>Total crop yield</i>		I l sadon määrä <i>Yield of 1st class crop</i>		I l sadon osuus <i>Share of 1st class crop</i>		Hedelmien lukumäärä <i>Number of fruit</i>		Hedelmien keskipaino <i>Average weight of fruit</i>	
		kg/m ²	Sl Ratio	kg/m ²	Sl Ratio	%	Sl Ratio	kpl pcs/m ²	Sl Ratio	kpl g/pc	Sl Ratio
Hienojakoinen <i>Fine-grained</i>	30	14,2	100	3,8	100	27	100	207	100	68,1	100
Normaali <i>Normal</i>	30	14,5	102	4,3	111	29	107	209	101	69,1	101
Erittäin karkea <i>Extra coarse</i>	4	14,7	104	4,8	137	33	122	210	101	70,2	103



Kuva 15. Ravinnetasojen kehitys eri karkeusasteissa.

Fig. 15. Development of nutrient levels in different degrees of coarseness.



Kuva 16. Rakenneominaisuuksien muutokset pylväsdiagrammina.

Fig. 16. Changes in structural properties as diagram.

raekolla enemmän vaikutusta samoin kuin niiden muutoksiinkin. Raekoon kasvaessa pienenee vesitila ja ilmatila kasvaa. Vaihtokapasiteetin kasvu oli suurin hienojakoisella kuorihumuksella, joka myös osoittaa maatumisasteen kasvua. Tämän vahvistaa myös tulos V. Postin maatumisastemäärityksistä. Täysin yhtäpitävä oli tulos kasvualustan pinnan painuman mittauksissa.

hienojakoinen kuorihumus, painuma	3,4	cm
normaali	»	3,1 »
erittäin karkea	»	2,0 »

Taulukko 23. Raekoon vaikutus rakenneominaisuuksiin ja niiden muutoksiin.

Karkeusaste	Ajan-kohta	Koer. määrä	Huokos-tila	Vesi-tila	Ilma-tila	Vaihto-kapas.	Raaka-kuitu	Maat. aste (v. Post)
		kpl	%	%	%	me/l	%	H
Hienojak.	alku	15	88,1	54,7	33,4	77,4	71,7	2,7
	loppu		83,5	54,9	28,6	110,4	42,6	5,2
	muutos		- 4,6	+ 0,2	- 4,8	+ 33,0	-29,1	+2,5
Normaali	alku	15	87,4	52,9	34,5	71,7	70,7	2,4
	loppu		83,2	53,3	29,9	109,9	42,5	4,6
	muutos		- 4,2	+ 0,4	- 4,6	+ 38,2	-28,2	+4,0
Eritt. karkea	alku	2	87,5	48,5	39,0	76,8	66,7	2,2
	loppu		84,5	50,5	34,0	84,5	44,8	3,0
	muutos		- 3,0	+ 2,0	- 5,0	+ 7,7	-21,9	+1,0

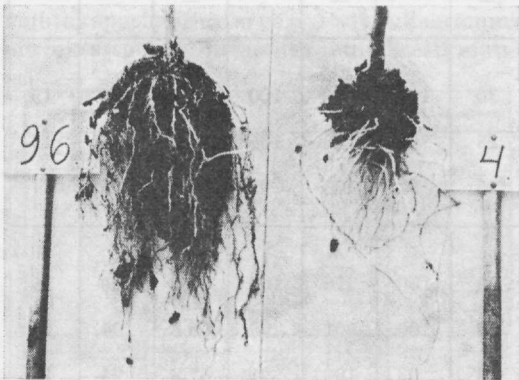
Kasvualustan rakenneominaisuudet vaikuttavat erityisesti juuriston kehittymiseen. Kokeen lopussa tehtiinkin tarkat juuristohavainnot ja niiden yhteenveto eri raekokojen osalta oli seuraava:

Hienojakoinen kuorihumus: Juuristo kohdallaisen hyvin kehittynyttä. Juuriston sijoittuminen kasvualustakerrokseen oli melko epätasainen. Pintakerroksessa oli lukuisia pitkiä ja vahvoja juuria, kun taas pohjakerroksessa oli juuristoa hyvin vähän. Hiusjuuria oli kokonaisuudessaan melko vähän.

Normaali kuorihumus: Kokonaisuudessaan juuristo oli hyvin kehittynyttä ja edellistä tasaisemmin sijoittunutta. Pinnassa oli pitkiä ja melko paksuja juuria ja pystysuunnassa oli lukuisasti ohuempia juuria. Hiusjuuria oli eniten pintakerroksessa.

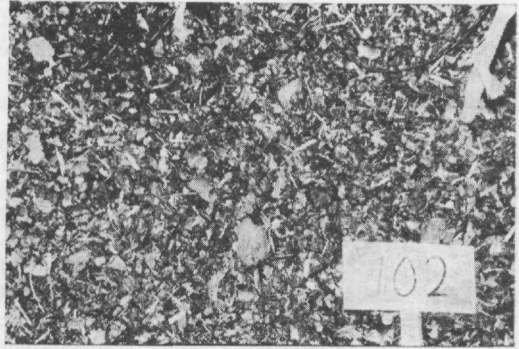
Erittäin karkea kuorihumus: Kokonaisuudessaan juuristo oli erittäin hyvä ja tasaisesti sijoittunut. Varsinaiset juuret olivat pitkiä ja hiusjuuria esiintyi runsaasti myös pohjakerroksessa.

Yleisesti ottaen juuriston kehitys kuorihumuksessa näyttää myös muiden kokeiden perusteella erittäin hyvältä, jopa paremmalta kuin turpeella. Vertailu karkeassa kuorihumuksessa ja turpeessa kasvaneiden juuristojen välillä ilmenee valokuvassa 17.



Kuva 17. Turpeessa (4) ja karkeassa humuksessa (96) kasvaneet juuristot.

Juuristoon on varmasti myös vaikutus pinnan puhtaudella. Kuorihumusruutuihin ei ilmestynyt mitään levä- tai sienikasvustoa, kuten turveruutuihin, joka estäisi kasvualustan ilmanvaihtoa. Tämä ero näkyy selvästi valokuvista 18 ja 19.



18. Normaalin kuorihumusruudun (102) pinta.



19. Turveruudun (48) pinta.

4313. Karkeuden ja maatumisasteen yhteisvaikutus

Edellä on erikseen tarkasteltu maatumisasteen ja raekoon vaikutusta, mutta on aiheellista tarkastella, millaiselta näyttää niiden yhteisvaikutus, jota voidaan tarkastella taulukon 24 perusteella.

Pitkälle maatuneessa kuorihumuksessa raekoon kasvu on erittäin selvästi nostonut satotuloksia kun taas raa'assa kuoressa paras tulos on saavutettu erittäin hienojakoisella kuorella. Selityksenä tälle on se, että raekoon pienentyessä pitkälle maatuneessa kuorihumuksessa laskee ilmatilan osuus liian pieneksi ja satotulokset alkavat kärsiä tästä. Raa'alla kuorella selityksenä on vaihtokapasiteetin kasvu raekoon pienentyessä, jolloin ravinteiden pidättyvyys paranee.

Raa'alla kuorella vaihtokapasiteetti on niin pieni, että siitä helposti tulee minimitekijä.

4314. Ominaisuuksien riippuvuus puulajista

Kuusen ja männyn kuori eroavat rakenteeltaan ja myös kemiallisilta ominaisuuksiltaan (esim. SOLBRAA 1967). Myös kompostointiprosessissa on huomattu eroja kuusen ja männyn kuorella. Edellinen maatuu selvästi nopeammin, mutta on selvästi vaikeampaa hienontaa ja jää tämän takia

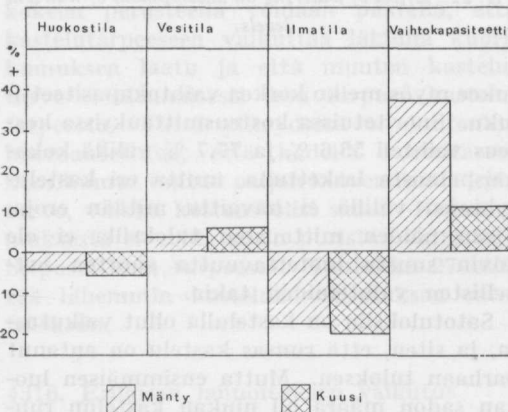
yleensä karkeammaksi, joka sitten puolestaan hidastaa prosessia.

Tässä tomaatin kasvukokeessa voitiin vähän maatuneella kuorihumuksella toteuttaa suppea vertailu kuusen ja männyn kuorella. Koska maatumisnopeudet ovat erilaiset, ei koemateriaali ollut kokeen alussa samassa maatumisasteessa kuten taulukosta 25 ilme-

Taulukko 25. Rakenneominaisuuksien ja niiden muutosten riippuvuus puulajista.

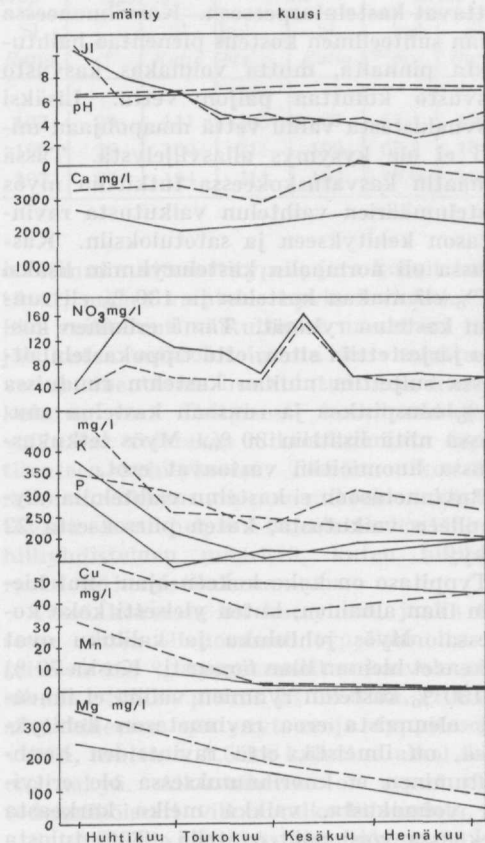
Rakenneominaisuus	Mäntykuorihumus			Kuusikuorihumus		
	Alussa 04-02	Lopussa 08-08	Muutos %	Alussa 04-02	Lopussa 08-08	Muutos %
Huokostila %	87,2	83,5	- 4,2	86,3	81,7	- 5,3
Vesitila %	53,2	55,4	+ 4,0	50,0	53,0	+ 5,7
Ilmatila %	34,0	28,1	-17,4	36,0	28,7	-20,0
Vaihtokapasit. me/l	73,6	117,8	+37,6	90,7	101,7	+10,8
Raakakuitu %	73,5	44,6	-36,4	63,8	36,4	-42,8
Maatumisaste (v. Post)	H2,8	H4,9	+42,8	H3,8	H7,0	+45,7

nee. Kuusikuorihumuksella ovat huokostilan ja ilmatilan laskut olleet suuremmat, kun taas vaihtokapasiteetin nousu on männyllä ollut selvästi suurempi. Osasyynä on ollut huomattavasti alhaisempi alkuarvo, mutta myös se, että samassa maatumisasteessa näyttää männyllä olevan suurempi vaihtokapasiteetin arvo. Pylväsdiagrammi piirroksessa 20 osoittaa havainnollisesti muu-



Kuva 20. Rakenneominaisuuksien muutokset eri puulajeilla.

Kuva 21. Ravinnetasojen kehityksen riippuvuus puulajista.



tokset ja niiden erot. Ravinnetasojen kehityksessä kasvukauden aikana on ollut joitakin pieniä eroja. Männyllä on esiintynyt hieman kalin puutetta, kun taas kuusella on nopeammasta maatumisesta johtuen esiintynyt typen puutetta, kuten piirros 21 osoittaa.

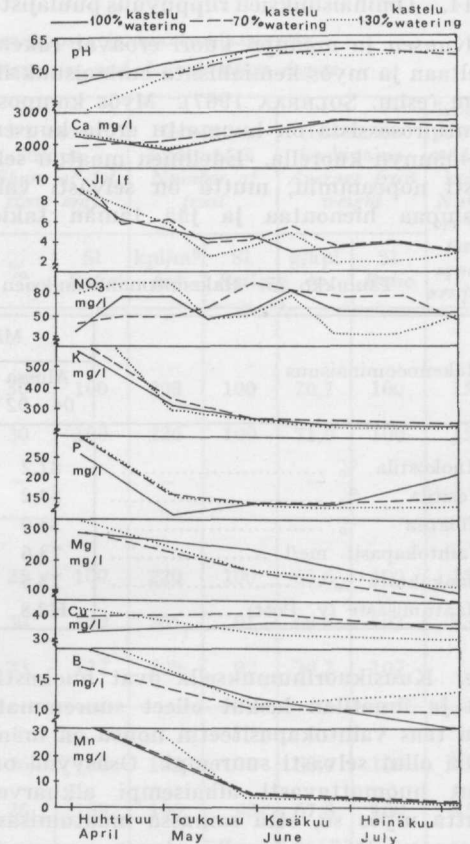
Edellä esitetyt tekijät selittävät kuusella ja männyllä esiintyneet satotuloserot, jotka näkyvät taulukossa 26. Kuusella saavutettiin siis paremmat tulokset, mutta ne selittyvät täysin maatumisaste-erolla. Koesarja oli tosin niin suppea, että lopullisia johtopäätöksiä ei sen perusteella voi tehdä, mutta ilmeistä on, että alussa kuusen kuorella kasvutulokset ovat paremmat, mutta männyllä kuori säilyttää ominaisuutensa pitempään ja kasvutulokset ovat tällöin paremmat kuin kuusenkuorihumuksella.

4315. Kastelutarpeesta ja kastelun vaikutuksesta

Kasvualustan rakenneominaisuudet vaikuttavat kastelutarpeeseen. Kasvihuoneessa ilman suhteellinen kosteus pienentää haihtumista pinnalta, mutta voimakas kasvusto kasvusto kuluttaa paljon vettä. Lisäksi kasvualustasta valuu vettä maapohjaan mikäli ei ole kysymys allasviljelystä. Tässä tomatin kasvatuskokeessa tutkittiin myös kastelumäärien vaihtelun vaikutusta ravinnetason kehitykseen ja satotuloksiin. Kastelussa oli normaalin kasteluryhmän lisäksi 70 % eli niukan kastelun ja 130 % eli runsaan kastelun ryhmät. Tämä erilainen kastelu järjestettiin siten, että tippukastelulaitteessa suljettiin niukan kastelun ruuduissa 30 % hiusputkea ja runsaan kastelun ruuduissa niitä lisättiin 30 %. Myös letkukastelussa huomioitiin vastaavat erot.

Ravinnetasoon ei kastelun vaihtelulla näytä olleen vaikutusta, kuten piirroksista 22 näkyy.

Typпитaso on koko kokeen ajan ollut hieman liian alhainen, kuten yleisesti koko kokeessa. Myös johtoluku ja kaliluku ovat laskeneet hieman liian nopeasti. Koska 70 % ja 130 % kastelun ryhmien välillä ei ilmennyt olennaista eroa ravinnetason kehityksessä, on ilmeistä, että ravinteiden huuhtoutuminen ei kuorihumuksessa ole erityisen voimakasta, vaikka melko karkeasta raekoosta voisi näin päätellä. Tätä tulosta



Kuva 22. Kastelun vaikutus ravinnetasojen kehitykseen.

Fig. 22. Effect of watering on development of nutrient levels.

tukee myös melko korkea vaihtokapasiteettiluku. Suoritetuissa kosteusmittauksissa kosteus vaihteli 55,6 % ja 77,7 % välillä kokonaispainosta laskettuna, mutta eri kasteluryhmien välillä ei havaittu mitään eroja. Tosin näiden mittausten tuloksilla ei ole kovin suurta luotettavuutta suurten hetkellisten vaihteluiden takia.

Satotuloksiin on kastelulla ollut vaikutusta, ja siten, että runsas kastelu on antanut parhaan tuloksen. Mutta ensimmäisen luokan sadon määrä oli niukan kastelun ruuduissa sama kuin runsaan kastelunkin ruuduissa. Tuloksia arvosteltaessa on huomioitava, että täydellisen vaihtelun puuttuessa n. 40 % vertailuruuduista oli raa'an kuoren ruutuja, jossa kastelun lisäyksen tarve on suurin. Tämän

Taulukko 26. Puulajin vaikutus sadon määrään, laatuun ja hedelmien kokoon vähän maatuneella humuksella.

Table 26. Effect of wood species on crop yield and quality and fruit size using little composted humus.

Puulaji Wood species	Koeruu- määrä Number of test sq. kpl pcs	Koko sadon määrä Total crop yield		I l sadon määrä Yield of 1st class crop		I l sadon osuus Share of 1st class crop		Hedelmien lukumäärä Number of fruit		Hedelmien keskipaino Average fruit weight	
		kg/m ²	Sl Ratio	kg/m ²	Sl Ratio	%	Sl Ratio	kpl pcs/m ²	Sl Ratio	kpl g/pc	Sl Ratio
		Mänty Pine	6	14,3	100	3,8	100	27	100	217	100
Kuusi Spruce	4	14,9	105	4,8	105	32	11	2	101	68,0	103

Taulukko 27. Kastelun vaikutus sadon määrään, laatuun ja hedelmien kokoon.

Table 27. Effect of watering on crop quantity and quality and fruit size.

Kastelutaso Watering level % percent	Koeruu- määrä Number of test squares kpl pcs	Koko sadon määrä Total crop yield		I l sadon määrä Yield of 1st class crop		I l sadon osuus Share of 1st class cr.		Hedelmien lukumäärä Number of fruit		Hedelmien keskipaino Average fruit weight	
		kg/m ²	Sl Ratio	kg/m ²	Sl Ratio	%	Sl Ratio	kpl pcs/m ²	Sl Ratio	kpl g/pc	Sl Ratio
		70	15	13,8	97	4,0	107	29	111	205	97
100	15	14,2	100	3,7	100	26	100	211	100	67,3	100
130	6	15,0	106	4,0	107	27	104	214	102	70,0	104

kokeen perusteella voidaan päätellä, että kastelutarpeeseen vaikuttaa lähinnä kuorihumuksen laatu ja että muuten kastelutarve ei olennaisesti eroa turpeen kastelutarpeesta. Tässä yhteydessä on kuitenkin huomautettava, että kädellä koeteltaessa kuorihumus tuntuu paljon kuivemmalta kuin turve, vaikka kosteus olisi sama. Kuorihumuksesta ei voida käsin puristaa vettä niin helposti kuin turpeesta. Taulukko 27 esittää lähemmin kastelun vaikutuksen satotuloksiin.

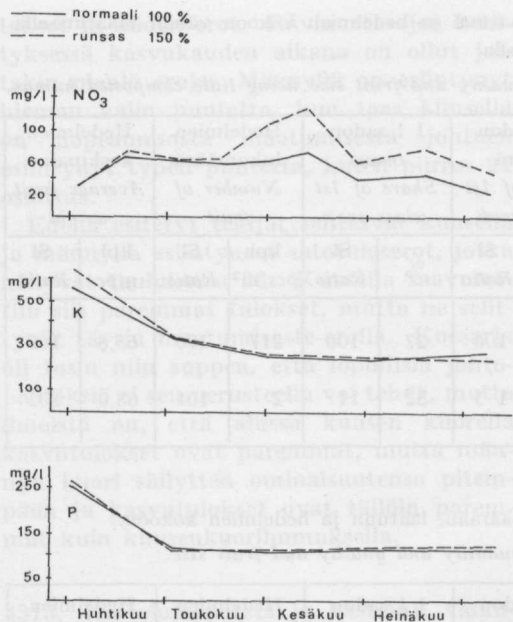
4316. Erilaisen lannoituksen vaikutus

Typpi on ravinteista se, jota käytännön viljelyssä joudutaan tarkimmin seuraamaan. Oikean typpitason pitäminen viljelyn eri vaiheissa on tärkeätä hyvään satotulokseen pyrittäessä. Oikean typpitason ylläpitämistä vaikeuttaa nimenomaan se, että typen, tai

oikeammin nitraattitypen, jota kasvit käyttävät, määrä vaihtelee hyvin herkästi. Tähän vaihteluun vaikuttavat monet eri tekijät kuten mikrobitoiminta kasvualustassa, veden aiheuttama huuhtoutuminen, kasvien kulutus ym. Erityisesti kuorihumuksessa vaikuttaa voimakas mikrobitoiminta typpitilanteen kehitykseen. Tämän mikrobitoiminnan vilkkaus riippuu mikrobin käytettävissä olevan helposti hajoitettavien lähinnä hiiliyhdisteiden määristä, kuten hiilihydraattien, hemiselluloosan ym.

Tässä kokeessa oli koeryhmä, jonka toisessa osassa oli normaali typpilannoitus ja toisessa 150 % typpilannoitus kasvukauden aikana. Kuten piirros 23 osoittaa, ei aivan alkuvaiheessa syntynyt eroja typpitasojen välillä, mutta n. 1,5 kk kuluttua alkoi selvä ero näkyä. Alkuvaiheessa on syynä ollut todennäköisesti vilkas mikrobitoiminta.

Satotuloksia esittävistä taulukosta 28 käy



Kuva 23. Lannoitusten vaikutus ravinnetasojen kehitykseen.

Taulukko 28. Typpilannoituksen vaikutus sadon määrään, laatuun ja hedelmien kokoon.

Typpilann. määrä %	Koeruu- määrä <i>Number of test squares</i> kpl <i>pcs</i>	Koko sadon määrä <i>Total crop yield</i>		I l sadon määrä <i>Yield of 1st class crop</i>		I l sadon osuus <i>Share of 1st class crop</i>		Hedelmien lukumäärä <i>Number of fruit</i>		Hedelmien keskipaino <i>Average fruit weight</i>	
		kg/m ²	Sl Ratio	kg/m ²	Sl Ratio	%	Sl Ratio	<i>pcs</i> kpl/m ²	Sl Ratio	g/ pc	Sl Ratio
100	36	14,2	100	4,0	100	28	100	210	100	67,6	100
150	36	14,3	101	3,9	68	27	96	206	98	69,4	103

Puiden kuorintajätteet sisältävät luonnostaan kalialia melko runsaasti (vrt. sivu 5), joten kuorihumuksen peruslannoituksessa tarvittavat kalimäärät ovat suhteellisen pieniä. Tässä kokeessa oli kaksi erilaista kalilannoitusryhmää eli normaali ja 150 % kalilannoitus. Lannoituksen määrät ja ravinteiden kokonaiskäyttö ilmenevät taulukosta 20. Kalitason kehityksessä analyysien perusteella ei kuitenkaan ilmennyt suurta eroa, kuten piirros 22 osoittaa, vaan kummassakin arvot ovat pudonneet hieman liian alas. Vaikka analyysiarvoissa ei näykään merkittäviä eroja, ovat erot suurempia satotuloksissa. Niiden perusteella on kalilannoituksen lisäys alentanut sadon määrää ja laa-

ilmi, että runsas typpilannoitus on hieman lisännyt sadon määrää ja hedelmien kokoa, mutta alentanut laatua. Sadon lisäys on kuitenkin ollut täysin merkityksettömä luokkaa.

Tarkasteltaessa typpilannoituksen vaikutusta erilaisessa määrin maatuneessa kuorihumuksessa, on todettava typpilannoituksen alentavan selvästi sadon määrää ja laatua erittäin pitkälle maatuneessa eli humustuneessa kuoressa (taulukko 29). Vähän humustuneessa kuoressa sadon määrän ja laadun lasku oli hyvin pieni, mutta raa'assa kuoressa typen lisäyksellä oli selvästi lisäävä vaikutus. Tulokset ovat täysin selitettävissä kuorihumuksen mikrobitoiminnan vaihtelulla eri maatumisasteilla.

Yhteenvetona voidaan todeta, että vain raa'alla tai erittäin vähän maatuneella kuorihumuksella on syytä huomattavasti lisätä typpilannoitusta, mutta että normaalilla tai pitkälle maatuneella kuorihumuksella ei ole tarvetta normaalia suurempaan typpilannoitukseen.

tua, mutta ei hedelmien kokoa, kuten taulukosta 30 näkyy.

Kali- ja typpilannoituksella on aina myös tietty yhteisvaikutus eli typpi/kali (N/K) suhde vaikuttaa hyvin voimakkaasti kasvu-tulokseen. Kuorihumuksen osalta tässä kokeessa typpitaso oli selvästi liian alhainen, jolloin runsaan kalilannoituksen ruudussa N/K-suhde muuttui epäedulliseksi ja heikensi kasvu-tulosta. Tällä tavoin on selitettävissä kalin pienistä analyysiarvoeroista huolimatta melkoiset satotuloserot.

Yhteenvetona voidaan päätellä, että kuorintajätteen sisältämällä kalialialla on merkittävä asema kasvien ravinteena kuorihumuksessa ja on todella pyrittävä välttämään

Taulukko 29. Typpilannoituksen vaikutus eri humustumisasteissa sadon määrään, laatuun ja hedelmien kokoon

Maatumisaste <i>Decomposition degree</i>	Typpi- lann. määrä <i>Amount of nitrogen fertiliz %</i> percent	Koko sadon määrä <i>Total crop yield</i>		I I sadon määrä <i>Yield of 1st class crop</i>		I I sadon osuus <i>Share of 1st cl. crop</i>		Hedelmien lukumäärä <i>Number of fruit</i>		Hedelmien keskipaino <i>Average fruit weight</i>	
		kg/m ²	Sl Ratio	kg/m ²	Sl Ratio	%	Sl Ratio	kpl pcs/m ²	Sl Ratio	kpl g/pc	Sl Ratio
Pitkälle humust. <i>Wellcomposted ...</i>	100	16,0	100	5,3	100	31	100	222	100	70,3	100
Vähän humust. <i>Little composted</i>	100	14,2		3,8		27		214		66,8	
Raaka kuori	100	12,4		3,4		28		187		66,3	
Fresh bark	150	14,0		3,6		26		199		70,3	

Taulukko 30. Kalilannoituksen vaikutus sadon määrään, laatuun ja hedelmien kokoon.

Table 30. Effect of potassium fertilizers on crop quantity an quality and fruit size.

Kalilannoit- tuksen määrä <i>Amount of potassium fertilizer %</i> percent	Koeruut. määrä <i>Number of test squares</i> kpl pcs	Koko sadon määrä <i>Total crop yield</i>		I I sadon määrä <i>Yield of 1st class crop</i>		I I sadon osuus <i>Share of 1st class crop</i>		Hedelmien lukumäärä <i>Number of fruit</i>		Hedelmien keskipaino <i>Average fruit weight</i>	
		kg/m ²	Sl Ratio	kg/m ²	Sl Ratio	%	Sl Ratio	kpl pcs/m ²	Sl Ratio	kpl g/pcs	Sl Ratio
100	6	14,6	100	4,4	100	30	100	216	100	67,4	100
150	4	13,2	91	4,1	93	31	103	194	90	67,8	101

liiallista kalilannoitusta. Pääsyyinä lienee kuitenkin helposti esiintyvän typpivajauksen takia epäedulliseksi muodostuva N/K-suhde. Mikäli typpitaso saadaan pidettyä korkealla, ollee kalilannoituksen lisäyksellä positiivinen vaikutus satotulokseen ainakin tiettyyn rajaan asti.

Päinvastoin kuin kalia sisältävät kuorintajätteet melko niukasti fosforia. Tämän vuoksi joudutaankin lähes kaikki kasvien tarvitsema fosfori lisäämään kuorihumukseen joko valmistusvaiheessa tai peruslannoituksessa sekä käyttämään fosforia myös kasvukauden lannoitteena.

Tässä kokeessa oli normaalin fosforilannoituksen lisäksi myös koeruutuja, jotka saivat 150 %:n fosforilannoituksen. Kasvukaudella tosin fosforilannoituksen tarve oli pieni, joten suuria eroja fosforitasossa ei esiintynytäkään kasvukauden aikana, kuten

piirroksesta 23 ilmenee. Fosforitaso on kasvukauden edistyessä laskenut suunnilleen oikeassa suhteessa ja pysynyt koko ajan melko hyvänä.

Pienestä analyysierosta on pääteltävissä, ettei vaikutus satotuloksiin ole ollut kovin suuri, mutta laadun parannus on ollut hieman merkittävämpi kuten taulukosta 31 näkyy.

4317. Vertailu eri valmistajien humuksen ja turpeen välillä

Tässä kokeessa käytetystä kuorihumuksesta pääosa oli valmistettu Oy Mikko Kalosen Kettulan sahalla, jotta laatuun eivät vaikuttaisi kuorintajätteen ominaisuuksien paikalliset erot. Kuitenkin haluttiin myös suorittaa alustava vertailu eri valmistajien tuotteiden välillä ja vertailla kuorihumusta

Taulukko 31. Fosforilannoituksen vaikutus sadon määrään, laatuun ja hedelmien kokoon.

Table 31. Effect of phosphorus fertilizers on crop quantity and quality and fruit size.

Fosforilannoit. määrä <i>Amount of phosphorus fertilizer % percent</i>	Koeruut. määrä <i>Number of test squares</i> kpl <i>pcs</i>	Koko sadon määrä <i>Total crop yield</i>		I l sadon määrä <i>Yield of 1st class crop</i>		I l sadon osuus <i>Share of 1st class crop</i>		Hedelmien lukumäärä <i>Number of fruit</i>		Hedelmien keskipaino <i>Average fruit weight</i>	
		kg/m ²	Sl Ratio	kg/m ²	Sl Ratio	%	Sl Ratio	kpl /m ²	Sl Ratio	kpl /pc	Sl Ratio
100	36	14,2	100	3,8	100	27	100	210	100	67,6	100
150	36	14,5	102	4,2	109	29	107	206	99	69,6	103

Taulukko 32. Vertailu eri valmistajien humuksen ja turpeen välillä.

Table 32. Comparison between humus of different manufacturers and peat.

Materiaali tai valmistaja <i>Material or manufacturer</i>	Koeruut. määrä <i>Number of test squares</i> kpl <i>pcs</i>	Koko sadon määrä <i>Total crop yield</i>		I l sadon määrä <i>Yield of 1st class crop</i>		I l sadon osuus <i>Share of 1st class crop</i>		Hedelmien lukumäärä <i>Number of fruit</i>		Hedelmien keskipaino <i>Average fruit weight</i>	
		kg/m ²	Sl Ratio	kg/m ²	Sl Ratio	%	Sl Ratio	kpl csp/m ²	Sl Ratio	kpl /pc	Sl Ratio
Oy Mikko											
Kaloinen	3	13,1	100	4,0	100	31	100	202	100	65,1	100
Kemi Oy	2	15,7	120	4,4	108	28	94	228	114	68,7	106
Närviijoki Oy ...	2	16,8	128	4,9	122	29	94	215	110	78,2	120
Turve	2	14,8	113	4,9	121	33	106	228	114	65,1	100
Peat											

myös turpeeseen. Käytännön olosuhteet, erityisesti kustannuskysymykset, aiheuttivat sen, että vertailua ei voitu toteuttaa luotettavassa laajuudessa. Niinpä taulukossa 32 esitetyt satotulokset perustuvatkin Kaloinen humuksen osalta vain 3 koeruudun keskiarvoon ja Närviijoki Oy:n ja Kemi Oy:n humuksen sekä turpeen osalta vain kahden koeruudun keskiarvoon.

Närviijoki Oy:n kuorihumus osoittautui parhaimmaksi, jopa paremmaksi kuin turve. Erot voivat kuitenkin johtua maatumisaste- ja karkeusaste-eroista. Joka tapauksessa voidaan kuorihumuksen päätellä olevan satotuloksiltaan samaa luokkaa kuin turve.

4318. Yhteenveto tomaattikokeesta

Ensimmäisenä päätoteamuksena suoritetusta tomaatin kasvukokeesta voidaan esittää sen todistaneen kuorihumuksen soveltu-

van hyvin tomaatin kasvualustaksi kasvihuoneessa. Tämä koe osoitti jopa raa'an kuoren soveltuvan kasvualustaksi, mutta satotulosten jäävän maatumutta kuorihumusta alhaisemmaksi. Parhaiten soveltuu tämän kokeen mukaan tomaatin kasvualustaksi karkeajakoinen, pitkälle maatumun mäntykuorihumus. Mitä vähemmän kuori on maatumun, sitä hienojakoisempaa sen tulee olla. Mutta tällöin kasvualustan rakenneominaisuudet heikkenevät nopeammin. Kasvualustan rakennearvojen voidaan yleisesti ottaen todeta vain parantuvan ensimmäisen kasvukauden aikana. Kuinka kauan kuorihumuksen rakenneominaisuudet säilyvät hyvänä, ei ole vielä tähänastisilla kokeilla osoitettu.

Koe osoitti lannoitus- ja kastelutarpeen sekä myös satotuloksen riippuvan kuorihumuksen laatuominaisuuksista ja ainakin tomaatin osalta, millaiset riippuvuussuhteet eri tekijöiden välillä vallitsevat. Tämän riip-

puvuuden tunteminen on sekä valmistajille että käyttäjille erittäin tärkeää. Valmistajat voivat tällä perusteella suunnitella valmistettavat laadut parhaiten käyttötärpeitä vastaaviksi. Myös lannoitevalmistajien tulisi huomioida kuorihumuksen muista eroava lannoitustarve seoslannoitteita valmistettaessa.

Kokeen tuloksia ei voi suoraan yleistää muita kasveja koskeviksi, sillä eri kasvien vaatimukset vaihtelevat melko paljon. Kyseisen kokeen analyysitulosten perusteella voivat varmasti alah asiantuntijat päätellä melko luotettavasti edellytykset ja tulokset muidenkin kasvien osalta. Tarkistuskokeita onkin suoritettu mm. Yliopiston Puutarhatieteen laitoksella ja Maatalouden Tutkimuskeskuksessa.

432. Muut kokeet

Vuonna 1968 suoritettiin myös useita koekte lähinnä Kemi Oy:n kustantamina metsäpuiden taimikasvatuksessa. Näissä koekte oli asiantuntijana prof. P. MIKKOLA Yliopiston metsänhoitotieteen laitokselta. Niiden tulokset on julkaistu erillisessä Kuorihumus Oy:n julkaisemassa monisteessa (J. ISOMÄKI 1968).

Kuten jo alustavissa koekte Haapastensyrjässä ilmeni (vrt. sivu 31), tuli näissäkin koekte esiin eräitä vaikeuksia kuorihumuksen käytössä metsäpuiden taimikasvatuksessa. Eräs näistä oli liian korkea pH eli kuorihumus ei ole tarpeeksi hapanta. Kuorihumuksen valmistuksessa pH nousee helposti 6,0–6,5:een, kun se metsäpuiden (havupuut) taimilla pitäisi olla alle 6,0. Näinollen metsäpuiden taimille tarkoitettu kuorihumus on valmistettava eri tavoin kuin normaali kuorihumus. Toinen vaikeus oli N/K-suhteen saaminen oikeaksi. Huolimatta alustan pienistä typpi-arvoista osoittivat neulanalyysit taimien saaneen riittävästi typpeä, mutta liian niukasti kalaa.

Vuonna 1969 aloitettiin Närpiössä tomaatin viljelykokeet konsulentti PAULI RAISKINMÄEN valvonnassa, jolloin kuorihumusta käytettiin kasvihuonemaan parannusaineena. Näistä koekte on RAISKINMÄKI (1969, 1971) julkaissut erikseen selostukset ja nekin osoittivat kuorihumuksen soveltuvan turvetta paremmin tomaatin kasvualustan maanparannusaineeksi.

433. Yhteenveto kuorihumuksen ravinne- ja rakenneominaisuuksista.

Edellä on kasvukokeiden yhteydessä käsitelty kuorihumuksen ravinne- ja rakenneominaisuuksia sekä erilaisten tekijöiden vaikutusta niihin. Yksityisten kokeiden perusteena olevat materiaaalierät ovat kuitenkin olleet rajoitettuja, joten analyysitulosten yleistämisellä ei ole luotettavuutta. Tämän vuoksi on taulukkoon 33 kerätty raa'an kuoren osalta 11 analyysitulosta ja normaalin kuorihumuksen osalta 30 analyysitulosta, joiden keskiarvojen ja niiden hajonnan perusteella voidaan luoda melko luotettava kuva kuorihumuksesta. Tätä taulukkoa laadittaessa on jätetty pois täysin erikoistarkoituksia varten valmistettu kuorihumus, mutta siinä on mukana sekä perus- että täyslannoitettuja eriä.

Teollisesti valmistetun kuorihumuksen osalta ravinne- ja rakenneominaisuudet vaihtelevat kahdesta pääsyystä. Toinen tekijä on itse kuoren ravinne- ja rakenneominaisuuksien erot lähinnä puun kasvupaikkaerojen takia. Toinen tekijä on erilaisten ravinnelisyysten käyttö johtuen nimenomaan tuotteen erilaisista käyttötarkoituksista. Tässä yhteydessä on syytä myös käsitellä kahta vaihtelua suurentavaa tekijää. Näistä toinen johtuu ravinnelisyysten epätasaisesta sekaantumisesta valmistu-

Taulukko 34. Analyysitulosten erot Etelä- ja Pohjois-Suomen välillä.

Table 34. Differences in analysis results between southern and northern Finland

Ominaisuus <i>Property</i>	Yksikkö <i>Unit</i>	Etelä- Suomi <i>Southern Finland</i> (Tuulos)	Pohj- Suomi <i>Northern Finland</i> (Kemi)
pH		6,5	6,3
johtoluku		2,5	2,0
<i>index figure</i>			
Ca	mg/l	2250	1400
K	»	200	170
P	»	120	7,5
B	»	0,6	0,3
Cu	»	2,0	2,3
Mn	»	10	19
Mg	»	250	460
N	»	10	16

Taulukko 33. Yhteenveto analyysituloksista.
Table 33. Summary of analysis results.

1. Raaka kuori *Fresh bark*

pH	Ca mg/l	K mg/l	P mg/l	JI	B mg/l	Cu mg/l	Mn mg/l	Mg mg/l	N mg/l	Til. paino Volume weigh kg/dm ³	Huokos- tila Porespace %	Vesitila Water- space %	Ilmatila Airspace %	Vaihto- kap. Exchange capac. me/l	C/N	Puulaji Wood species
5,7	575	322	2,2	0,5												Se
4,7	575	435	8,5	2,7	0,7	2,0	54,0	168								Mä
5,5	675	113	3,5	1,8	0,4	2,5	35,0	120								Mä
5,2	725	335	13	2,9	0,6	2,2	62	155								Ku
4,5	375	100	5,4	2,0	0,7	2,0	34,0	130								Mä
4,7	500	93	7,5	2,8	0,4	2,0	39,0	145								Se
5,2	625	485	8,1	3,0	1,0	2,5	58,0	258								Mä
5,9	700	90	4,9	1,7	0,3	2,5	36,0	120								Mä
6,7	1150	137	5,0	2,0	0,3	2,8	25,0	725		0,23	82,2	42	40	67,4	154	Se
2,7	400	330	65	8,0				95		0,17						
3,4	450	280	25	3,8	0,8	1,2	19,0			0,17						
4,8	614	221	13,5	2,8	0,6	2,2	40,2	213		0,19						

se = mänty ja kuusi (*pine and spruce*), Mä = mänty (*pine*), ku = kuusi (*spruce*)

2. Normaali kuorihumus *Normal bark humus*

6,3	3800	380	20	6,5	0,7	2,5	5,0	325	170							
6,5	4400	215	150	6,6	0,4	14,0	6,0	628	134	0,30	82,0			82,5		
6,1	3400	260	160	9,6	0,2	4,5	8,0	265	202	0,25	81,0			70,6		
5,7	2900	720	120	9,8	0,8	40,0	43,0	745	320							
5,8	1900	305	56	2,8	0,3	9,5	7,0	315	20							
6,2	1550	165	27	5,4	0,1	2,5	3,0	390	180							
6,5	2875	425	46	4,2	0,7	29,0	3,0	285	50							
6,6	1400	390	120	4,2	0,5	3,0	18,0		25		69	11,5				
6,3	4700	250	65	4,8	1,4				40		78	7,0				
6,7	1875	462	22	5,5	0,8	2,0	11,0		175		80,5					
5,5	4675	585	220	5,4							85,0					

5,0	2300	495	220	4,9	0,6	22	14,0	175	130										
5,9	2175	190	7	0,8	0,4	5,8	26,0	505	25	0,24	81	69	12	84,8					
6,1	1250	165	10	2,1	0,4	0,5	7,5	130	60	0,14	90,7	36,6	54,1	53,5					
6,1	1000	170	12	1,6															
5,8	1100	310	15	2,8															
6,7	1875	462	22	5,5	0,8	2,0	11,0			0,23	78,2	62	14	106	103				
5,6	2725	363	42	16,0	0,8	2,0	15,0	240		0,25	79,9	74,0	5,9	180	55,2				
6,5	6000	323	9	21,5	0,7	2,0	8,0	345		0,25	81,6	77	4,6	149	52,7				
7,4	8000	220	20	6,4	0,9	2,5	8,0	390		0,18	88,0	74	14	72					
7,5	3775	230	11	6,2	0,6	4,0	36,0	240		0,16	88,0	62	26	81					
8,1	7500	300	15	8,0	1,0	3,0	4,0	265		0,22	75,0	49	26	98					
5,4	1775	356	15	11,5	1,3	3,0	55,0	218		0,19	85,5	64	21	80					
6,5	1075	470	14	2,4					10										
6,6	1350	598	40	2,6					10										
6,5	1025	388	60	3,0					10										
6,7	900	630	36	4,0					10										
6,5	1050	520	81	3,4					10										
7,3	975	628	32	3,7					10										
7,0	775	680	480	5,8					10										
6,4	2670	389	67	5,9	0,7	8,1	15,2	341	80	0,22	82,8	65,0	17,8	96,1	70,3				

misvaiheessa ja toinen itse analyysitarkkuudesta. Tästä viimeisestä ei ole tehty mitään luotettavia tutkimuksia, mutta lähinnä sen voi todeta johtuvan analyysierien kuiva-ainemäärien vaihtelusta eli tiheyden vaihtelusta. Tämän tutkimuksen yhteydessä todettiin myös Viljavuuspalvelu Oy:n ja Satoturve Oy:n tulosten välillä huomattavat erot. Tutkimuksessa on käytetty vain Viljavuuspalvelu Oy:n analyysituloksia.

Maan eri osien välillä vallitsevia eroja selvittää taulukko 34, jossa on esitetty Etelä-Suomessa sijaitsevan Oy Mikko Kalaisen ja Pohjois-Suomessa olevan Kemi Oy:n kuorihumuksen analyysitulokset.

Käyttäjien edun kannalta on laadun taseisuus ja tuntemus erittäin tärkeitä. Tämän vuoksi tutkimustulosten perusteella luotiin jo vuoden 1968 alussa alustavat normit kuorihumukselle, jotka olivat seuraavat:

KUORIHUMUSNORMIT

Laatuluokat:

1. Täyslannoitettu kuorihumus
2. Puolilannoitettu kuorihumus
3. Maanparannuskuorihumus

Markkinoitavaksi tarkoitetun kuorihumuksen tulee täyttää eri laatuluokkien kohdalla seuraavat laatuvaatimukset:

TÄYSLANNOITETTU KUORIHUMUS, pakkauksissa ja irrallisena

Yleiset vaatimukset:

- valmistettu pääasiassa havupuun kuoresta
- tuotteen tulee olla riittävästi maaton
- kosteana tulee tuotteen olla väriltään tummanruskeata tai mieluummin mustaa
- tuotteessa tulee olla raikas humuksen tuoksu
- tuotteen raekoon tulee olla 3–10 mm
- tuotteen tulee olla kussakin erässä tasalaatuista niin rakenneominaisuuksien kuin ravinnesisältönsäkin puolesta

PUOLILANNOITETTU KUORIHUMUS, irrallisena

Yleisien ominaisuuksien osalta samat laatuvaatimukset kuin täyslannoitetunkin kuorihumuksen kohdalla.

MAANPARANNUSKUORIHUMUS, irrallisena

Yleisiltä ominaisuuksiltaan heikompi laatuista kuorihumusta, joka ei täytä edellisille luokille asetettavia laatuvaatimuksia, mutta kelpaa maanparannustarkoituksiin.

Ravinnesisällön ja rakenneominaisuuksiensa puolesta tulee kaupan olevan kuorihumuksen täyttää kunkin laatuluokan kohdalla seuraavat vaatimukset:

Vähimmäisravinnemäärät, mg/l:

	Täyslannoitettu kuorihumus	Puolilannoitettu kuorihumus	Maanparannuskuorihumus
pH-arvo	6.0	5.2	5.2
kalkki Ca	3000	1000	1000
johtoluku	5.0	2.5	2.5
kali K	350	250	250
fosfori P	100	10	10
nitraattityppi NO ₃	100	50	50
magnesium ... Mg	300	200	200
boori B	1.8	1.6	0.6
kupari Cu	12	2	2
mangaani Mn	5.0	5.0	5.0

Vaatimukset rakenne- ym. ominaisuuksien osalta:

	Täyslannoitettu kuorihumus	Puolilannoitettu kuorihumus
humuspitoisuus	75– 85 %	75– 85 %
huokostila	75– 85 %	75– 85 %
vesitila	55– 60 %	55– 60 %
ilmatila	15– 30 %	15– 30 %
vaihtokapasiteetti	yli 80 me/l	yli 80 me/l
kuivapaino	110–180 kg/m ³	110–180 kg/m ³

Näitä kuorihumusta koskevia laatuvaatimuksia tulisi jokaisen valmistajan noudattaa. Näin saataisiin kuorihumuksen markkinointi varmemmalle pohjalle. Valmistajien olisi helpompi myydä tuotteensa ja ostajat ja käyttäjät tietäisivät tuotteen laadun.

Kuorihumuksen ominaisuuksissa voi olla huomattavia vaihteluita, jotka aiheutuvat erilaisista tekijöistä. Nämä vaihtelut voivat vaikeuttaa huomattavastikin käyttöä, jos

käyttäjät ei tunne juuri ko. erän ominaisuuksia. Tämän vuoksi valmistajien tuleekin valvoa tuotteen laatua ja antaa siitä käyttäjille riittäviä tietoja. Kuorihumuksen valmistuksessa voidaan helposti vaihdella montaa eri laatuominaisuutta, mutta tämä on saatava hyödyksi eikä vahingoksi, miksi se helposti muuttuu, jos käyttäjälle ei anneta riittävästi tietoja.

434. Käyttäjien yleiskokemuksia

Kuorihumuksen käyttö lisääntyi vuoden 1967 jälkeen aluksi vuoteen 1970 asti melko nopeastikin, mutta on sen jälkeen pysynyt ehkä suunnilleen ennallaan johtuen siitä, että valmistus ei ole lisääntynyt. Vuoden 1972 alkupuolella lähetettiin yhteensä 33:lle käyttäjälle kysely, jossa pyrittiin saamaan selville käyttäjien mielipide ja kokemukset uudesta tuotteesta. Kyselyn toistamisen jälkeen oli vastauksia saatu yhteensä 16 kpl

eli 50 %, jota on pidettävä kohtalaisena tuloksena tällaisen kyselyn osalta. Vastaajien vuotuinen käyttömäärä oli n. 2500 m³, joka edusti n. 30 % valmistajien (Kuorihumus Oy:n osakkaiden) ilmoittamista varsinaisen kuorihumuksen valmistusmääristä (vrt. sivu 60). Aineiston pienuus ei anna mahdollisuuksia eritellä kokemuksia ja mielipiteitä eri viljelykasvien osalta, vaan ainoastaan yleiskokemuksina. Viljelykasveina olivat leet seuraavat: tomaatti, leikkokrysantheemi, ryhmä- ja vihanneskasvien taimet, begonia, kurkku, mansikka, leikkoruusu, nurmikko, ryhmäkasvien pistokkaat, persilja.

Taulukossa 35 on esitetty, kuinka moni vastaaja on pitänyt mitään tekijää runsaana (hyvänä), keskinkertaisena tai pienenä (huonona). Lannoitustarpeen osalta enemmistö katsoi sen olleen keskinkertaisen, mutta huomattava osa (44 %) myös runsaana. Tähän ollee nimenomaan syynä runsas typilannoituksen tarve ja myös toisaalta se,

Taulukko 35. Käyttäjien kokemuksia kuorihumuksesta.

Table 35. Users' experiences of bark humus.

Omin. määrä <i>Quantity of properties</i>	Lann. tarve <i>Need for fertiliz.</i>	Kastelu- tarve <i>Need for watering</i>	Sadon määrä <i>Crop yield</i>	Sadon laatu <i>Crop quality</i>	Kokonais- tulos <i>Total result</i>
runsas, hyvä	7	8	2	8	5
<i>abundant, good</i>					
keskinkertainen	9	7	12	6	10
<i>average</i>					
pieni, huono	0	1	2	2	1
<i>small, poor</i>					
Yht. vastaajia	16	16	16	16	16
<i>Total of respondents</i>					

että ei ole olemassa kuorihumukselle sopivaa seoslannoitetta, jolloin mm. typen ja fosforin tarpeen tyydyttämiseksi tarvitaan olemassaolevia seoslannoitteita ylisuuria määriä. Kastelun tarvetta piti tasan 50 % vastaajista runsaana, johon lienee osaltaan syynä aikaisemminkin havaittu ero erityisesti kuorihumuksen ja turpeen välillä. Turpeen kosteus (kastelutarve) määrätään yleisesti käytännössä siten, että kädessä perustetaan turvetta ja mikäli siitä suhteellisen helposti kyetään puristamaan vesipisaroita, on kosteus riittävä. Kuorihumuksen kos-

teus on silloin jo täysin liian suuri. Myös kuorihumuksen pinta kuivuu paljon nopeammin kuin muiden kasvualustojen, mutta kuivuminen ei jatku syvemmälle. Sadon määrää 75 % piti keskinkertaisena, mutta 50 % laadullisesti hyvänä ja tämän johdosta kokonaissatotulosta piti keskinkertaisena 62,5 % ja hyvänä 31,3 % sekä huonona vain 6,2 %. Tuloksiin varmasti osataan vaikuttaa se, että käyttäjillä ei ole ollut pitempiäaikaista kokemusta kuorihumuksesta eikä saatujen ohjeiden noudattaminen ole varmasti ollut täydellistä.

Käyttäjää pyydettiin myös esittämään tärkeysjärjestyksessä kolme positiivisinta ja kolme negatiivisinta ominaisuutta. Ensisijaisina hyvinä ominaisuuksina esitettiin seuraavia:

- Kuorihumus on kuohkeata ja ilmavaa (8 kpl)
- Hyvä juuriston kehitys (2 »)
- Kuorihumus on helppoa käsitellä (1 »)
- Kuorihumuksella on hyvä kosteuden pidätyskyky (1 »)
- Kuorihumus on hyvä kate (1 »)
- Kuorihumus on hyvä kasvualusta (1 »)

Toiselle tai kolmannelle sijalle asetettuja positiivisia ominaisuuksia voitane käsitellä yhtenä ryhmänä, koska niitä esitettiin vähemmän. Tällaisina ominaisuuksina esitettiin seuraavia:

- Kuorihumusta on helppo käsitellä (5 kpl)
- Kuorihumuksen edullinen hinta (4 »)
- Kuorihumuksen kastelutarve on pieni (3 »)
- Kuorihumuksen rakenne on pysyvää (2 »)
- Juuriston kehitys hyvä (2 »)
- Satoisuuden lisääntyminen (1 »)
- Nurmikon talvehtiminen hyvä (1 »)
- Monipuolinen laatuvalikoima (1 »)

Negatiivisina ominaisuuksina esitettiin eräitä täysin vastakkaisia ominaisuuksia, mitä esiintyi positiivisten ominaisuuksien luettelossa. Ensisijaisina huonoina ominaisuuksina esitettiin seuraavia:

- Kuorihumuksella on suuri kastelutarve eli pieni vedenpidätyskyky (4 kpl)
- Suuri typentarve (2 »)
- Kuorihumuksen huono ravinteiden sitomiskyky (1 »)
- Liian suuri ravinteiden sitoutuvuus(?) (1 »)
- Lannoitteiden käyttö epämääräistä (1 »)
- Ei sovi kaikille kasveille (1 »)
- Kehittää ylimääräistä sientä (1 »)
- Kuorihumuksella ei ole huonoja ominaisuuksia (1 »)

Toiselle tai kolmannelle sijalle esitettiin seuraavia huonoja ominaisuuksia:

- Nopea kuivuminen, liiallinen kastelutarve (4 kpl)
- Heikko lannoitteiden sitomiskyky (3 »)
- Kuorihumus on liian kuohkeata ja karkeata (3 »)
- Kaikkia laatuja ei ole aina saatavissa (1 »)

- Ei sovellu kaikille kasveille (1 »)
- Viljelyn onnistuminen epävarmaa (1 »)
- Maatuu kasassa liian hienoksi (1 »)
- Männyn kaarna on liian korkkimaista (1 »)

Tietyissä seikoissa kokemukset ovat melko ristiriitaisia erityisesti kastelutarpeen osalta. Syitä tähän on selvitelty jo edellä sivulla 49. Osa ristiriitaisista tuloksista selittyi myös sillä, että on käytetty tarkoitukseen soveltumatonta kuorihumuslaatua, esim. liian karkeata tai liian vähän maatumutta, johon eräät vastaukset viittaavatkin. Tarkka laadunvalvonta ja käyttäjien oikea informointi ovat tärkeitä tekijöitä hyviin käyttökokemuksiin pyrittäessä. Pääosalla valmistajista onkin ollut laadunvalvontaa käytössä ja he ovat toimittaneet ostajille analyysitulokset tuotteesta sekä nimenomaan heidän tuotteittensa mukaan tarkistetut käyttöohjeet. Sitä, kuinka tarkoin käyttäjät ovat näitä ohjeita seuranneet, ei ole voitu seurata. Varmin keino käyttäjien tehokkaassa informoinnissa olisi jatkuvasti kiertävien konsulenttien käyttö, mutta tähän ei ole ollut taloudellisia mahdollisuuksia.

44. Valmistuksen tarkistuskokeen tuloksia

Kuorihumus Oy:n piirissä käytössä oleva valmistusmenetelmä perustuu aikaisemmin selostettuihin alustaviin tutkimustuloksiin käytännön kokemusten mukaan muunnettuna. Koska valmistusmenetelmän yksityiskohdat ovat Kuorihumus Oy:n omaisuutta oleva liikesalaisuus, sitä ei ole mahdollisuus tämän yleisesti julkaistavan tutkimuksen puitteissa selostaa. Kesällä 1972 suoritettuja valmistusmenetelmän tarkistustutkimuksia on kuitenkin mahdollista ja syytä eräiltä osin tarkastella.

Tässä kokeessa pyrittiin selvittämään lisäainelisyästen vaikutus maatumis- eli humustumisaikaan ja lämpötilaan sekä nimenomaan loppuravinnetilään. Normaaliolohjeiden mukaan tehtiin humustuskasat 1972-07-05—08-05 välisenä aikana. Koetta aloitettaessa otettu raa'an kuoren analyysi oli seuraava: pH 5,3; Ca 500 mg/l; K 232 mg/l; P 8 mg/l; johtoluku 2,2, N alle 10 mg/l. Verrattaessa yleisiin raa'an kuoren analyyseihin (vrt. sivu 5) oli kalsiumin määrä

pieni, mutta kalin määrä suuri. Tarkistuksena otettiin myös analyysi itsestään maatuneesta samalla sahalla olleesta kuorikasasta ja tulos oli täysin samanlainen, ravinnemäärät vain hieman korkeampia, kuten pitääkin: pH 5,9; Ca 550 mg/l; K 320 mg/l; P 18 mg/l, johtoluku 2,2, N alle 10 mg/l. Koekasoja oli kaikkiaan yhdeksän ja lisäysmäärät olivat seuraavat:

N:o 1 1 kg ureaa/i-m³ kuorta

N:o 2 1 kg/i-m³ ureaa, 0,5 kg/i-m³ kaksois-superfosfaattia

N:o 3 1 kg/i-m³ urea, 0,5 kg/i-m³ kaksois-superfosfaattia,
2 kg/i-m³ kalkkia

N:o 4 2 kg/i-m³ urea

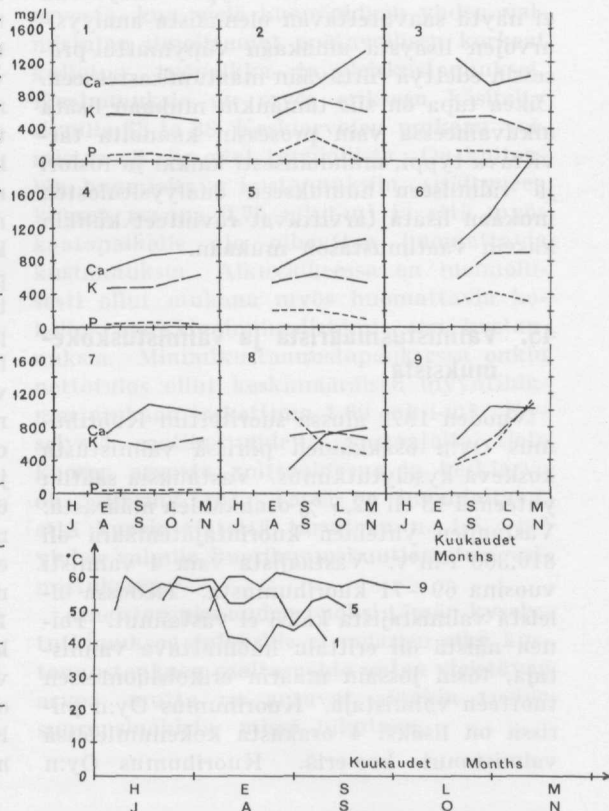
N:o 5 2 kg/i-m³ urea, 1 kg/i-m³ kaksois-superfosfaattia

N:o 6 2 kg/i-m³ urea, 1 kg/i-m³ kaksois-superfosfaattia, 2 kg/i-m³ kalkkia

N:o 7 5 kg/i-m³ urea

N:o 8 5 kg/i-m³ urea, 3 kg/i-m³ kaksois-superfosfaattia

N:o 9 5 kg/i-m³ urea, 3 kg/i-m³ kaksois-superfosfaattia
2 kg/i-m³ kalkkia



Kuva 24. Ravinnetasojen ja lämpötilan kehitys koekasosissa.

Fig. 24. Development of nutrient levels and temperatures in test piles.

Kasoista seurattiin lämpötiloja kolmesta kohtaa kaksi kertaa vuorokaudessa ja ravinneanalyyisit otettiin kolme kertaa: 1. 1972-08-18 ja 1972-09-08; 2. 1972-09-22 ja 1972-10-04 ja 3. 1972-10-11. Silmämääräinen maatumisastearvostelu suoritettiin näytteen perusteella 1972-11-11.

Koska kasoja ei käytännöllisistä syistä saatu valmiiksi yhdessä päivässä, oli kaikissa tapauksissa lämpötila jo noussut lämpötilamittaukset aloitettaessa. Maksimilämpötila ei noussut kovin korkeaksi, vain 60–65° C:een. Syynä tähän oli lähinnä liian pieni kosteus. Tukat oli varastoitu maakaasoihin ja kuorittiin kuivana, lisäksi kesäaikana, joten kuoren kosteus oli vain 80–100 % (45–50 % kokonaispainosta) eli selvästi ihannearvojen alapuolella.

Ravinnearvojen kehityksen esittää piirros 24. Niissä kiinnittää huomiota erityisesti kalilukemien korkeus, joka on todella ollut epänormaalia. Jo raa'assa kuoressa oli kalin määrä epätavallisen korkea, mutta kalimäärien lisäykset humustumisprosessissa ovat todella selittämättömiä. Kasoissa 6

ja 9 ovat fosforin määrät myös selittämättömän korkeat. Ravinteiden sekoitus on ilmeisesti ollut epätasaista, mutta tämä ei selitä kalimäärän suuruutta, koska mitään kali-lisäyksiä ei tehty.

Kaikki koekasat olivat 11.11. mennessä maatuneet käyttökelpoisiksi. Kasojen 1–5 välillä ei voinut havaita eroja, kasoissa 6–9 lisääntyi maatuminen, viimeisen ollessa erittäin pitkälle maatuneen. Kasan 6 maatuminen pitemmälle kuin 1–5 osoittaa, että kalkin lisäyksellä on merkitystä. Fosforin lisäys ei näytä vaikuttavan maatumisnopeuteen.

Täysin lannoitetun kuorihumuksen valmistus näyttää olevan erittäin vaikeata, sillä prosessin kululla näyttää olevan vaikutusta eri ravinteiden vapautumiseen analyyseissä

tutkittuihin muotoihin. Typen lisäyksellä ei näytä saavutettavan olennaista analyysi-arvojen lisäystä ainakaan viipymättä prosessin edettyä riittävään maatumisasteeseen. Oikea tapa on siis tämänkin mukaan lisätä alkuvaiheessa vain prosessin kannalta tarvittava tyyppi, mahdollisesti kalkki ja fosfori ja valmiiseen humukseen analyysitulosten mukaan lisätä tarvittavat ravinteet kunkin kasvin vaatimustason mukaan.

45. Valmistusmääristä ja valmistuskokeuksista

Vuoden 1972 alussa suoritettiin Kuorihumus Oy:n osakkaiden piirissä valmistusta koskeva kyselytutkimus. Vastauksia saatiin yhteensä 13 eli 32,5 % osakkaiden määrästä. Vastaajien yhteinen kuorintajätämäärä oli 810.300 i-m³v. Vastaajista vain 4 valmisti vuosina 69–71 kuorihumusta. Tiedossa oleista valmistajista kaksi ei vastannut. Toinen näistä oli erittäin huomattava valmistaja, tosin jossain määrin erikoisluonteisen tuotteen valmistaja. Kuorihumus Oy:n piirissä on lisäksi 4 osakasta kokeilumielessä valmistanut koe-eriä. Kuorihumus Oy:n

ulkopuolella on muutamia yrityksiä koemittassa valmistanut kuorintajätteistä humustuotteita ja ainakin yksi yritys huomattavassa mitassa markkinoinut vanhoista kuorintajättekasoista valmistettuja humustuotteita. Kirjoittajan tiedossa on ainakin kaksi käyttäjää, jotka ovat itse valmistaneet humusta kuorintajätteistä. Sitä, minkä verran on sahalaitosten vanhoja kuorintajättekasoja käytetty kasvualustaksi tai maanparannusaineeksi, ei ollut mahdollisuutta taloudellisista syistä tämän tutkimuksen puitteissa selvittää. Ainakin Helsingin lähistöllä on näin käytetty 10.000–20.000 i-m³ vanhaa kuorta vuoden 1967 jälkeen. Valmistus vastanneiden neljän yrityksen osalta oli suurin vuonna 1969 ja ollen vuosina 70 ja 71 yhtä suuret, mutta vain 57 % vuoden 69 valmistusmääristä, kuten taulukosta 36 näkyy, josta selviää myös jakaantuminen eri laatuihin ja pakkauskokoihin sekä myös myynti ja varaston suuruus maaliskuussa 1972. Myynti on myös jossain määrin laskenut, mutta ei läheskään niin paljon kuin valmistus. Syynä myynnin ja mahdollisesti osin valmistuksenkin laskuun on osaltaan Kuorihumus Oy:n toiminnan lamaantumisen v. 1970 alun jälkeen, jolloin mitään kes-

Taulukko 36. Kuorihumuksen valmistus ja myyntimäärät vuosina 1969–71 (Kuorihumus Oy)

Table 36. Manufacture and sales figures of bark humus in 1969–71

	3 l pakk. pack i-m ³	10 l pakk. pack i-m ³	40 l pakk. pack i-m ³	100 l pakk. pack i-m ³	täys- lann. fully fertil. i-m ³	puoli- lann. semi- fertil. i-m ³	yht. total i-m ³
valmistus v. 1969 <i>manufacture</i>	131	148	10	250	4600	10.455	11.460
myynti v. 1969 <i>sales</i>	85	43	10	258	1.486	6.514	8.393
valmistus v. 1970 <i>manufacture</i>	—	—	25	27	70	6.388	6.510
myynti v. 1970 <i>sales</i>	22	17	25	80	1.473	6.314	7.931
valmistus v. 1971 <i>manufacture</i>	—	—	30	39	50	6.444	6.563
myynti v. 1971 <i>sales</i>	75	—	30	75	763	5.516	6.459
varastossa <i>in stock</i> i-m ³ = loose-m ³	25	—	—	—	—	2.750	2.775

kitettyä markkinointia tai markkinoinnin edistämistyötä ei vuosien 1968 ja -69 malliin suoritettu.

Taulukossa esitettyihin lukuihin lienee lisättävä aikaisemmin mainitun suurimman valmistajan osalta 10.000–15.000 i-m³ ja muiden osalta n. 3.000 i-m³, jolloin päästään 20.000–25.000 i-m³ arvioon vuotuisesta kokonaismäärästä. Koska tämä on selvästi alle 1 % koko puunjalostusteollisuutemme vuotuisesta kuorintajätelmästä, on todettava, että kuorihumuksen valmistuksella ei ole ollut merkitystä kuorintajätteen käyttöpulman ratkaisuna. Tämä ei kuitenkaan todista sitä, etteikö kuorihumuksen valmistuksen merkitys voisi kasvaa. Ovathan tämänkin tutkimuksen tulokset osoittaneet kuorihumuksen yhtä hyväksi kuin kasvuturpeen.

Maatumisaika valmistusprosessissa oli 3–12 kk, mutta myynnin sesonkiluonteisuudesta johtuen keskimääräinen valmistus- ja varastointiaika yhteensä oli 10–12 kk eli n. vuosi.

Keskimääräinen myyntihinta oli 5,34 mk/i-m³ vapaasti valmistuspaikalla ilman l.v. veroa. Kustannuksista ei aineiston pie-

nuuden takia saatu luotettavaa tietoa keskiarvosta, kun vielä huomioidaan yhden valmistajan ilmoittamat epätavallisen korkeat kuljetus-, työpalkka- ja yleiskustannukset. Kustannuksia on myös erikseen käsitelty sivuilla 33 ja 38. Keskiarvojen mukaan valmistus oli siis ollut tappiollista. On kuitenkin huomioitava kustannuksiin sisältyneen kuoren arvona 0,75 mk/i-m³ ja että myös kaatopaikalle ajo aiheuttaa huomattavia kustannuksia. Alkuvaiheessa on luonnollisesti ollut mukana myös huomattavia kokeilu-, markkinoinninedistämisen ym. kustannuksia. Minimikustannustapauksessa onkin nettotulos ollut keskimääräisen myyntihinnan mukaan laskettuna 1,69 mk/i-m³. Kyselyssä saatiin viideltä vastaajalta tieto kuoren arvosta polttoaineena ja keskiarvo oli 1,49 mk/i-m³. Tässä on huomioitava, että kuorintajätettä tarvitaan n. 1,5 i-m³ yhden valmiin kuorihumuskuutiometrin valmistukseen.

Aineiston pienen vuoksi tämän kyselytutkimuksen tuloksille ei määrien eikä kustannustenkaan osalta voida antaa yleistävää arvoa, mutta ne antavat ainakin tiedon suuruusluokista, missä liikutaan.

5. VERTAILU MUIHIN TUTKIMUSTULOKSIIN JA VALMISTUKSEEN MUISSA MAISSA

51. Ulkomainen valmistus ja tutkimustulokset

Ulkomaisissa kokeissa ei yleensä kuorinta-jätteitä tai niistä valmistettuja humusaineita ole käytetty sellaisenaan kasvualustana, vaan erilaisten kasvualustojen parannusaineena, ainoastaan osakokeena esiintyy eräissä tapauksissa 100 % kuorikomposti tai humus. Tutkimukset ovat myös suurelta osin keskittyneet tuotteen tai sillä parannetun kasvualustan teoreettisiin ominaisuuksiin ravinnepitoisuuksiin, uutemääriin, tilavuuspainoihin ym. ja koska vielä näiden määrittävät poikkeavat suomalaisista määrittäytavoista, on vertailun tekeminen vaikeata.

Lähinnä suomalaiskokeita ovat olleet norjalaiset kokeet (SOLBRAA 1967, 1972). Näissäkään ei ole kuorihumuksen ominaisuuksia kasvualustana tutkittu samalla tavoin kuin tämän kirjoittajan tutkimuksissa. SOLBRAAN tulokset ovat kuitenkin vertailukelpoisilta osiltaan yhtäpitävät tässä tutkimuksessa saatuihin tuloksiin. Mm. hän esittää, että kuori sellaisenaan ilman ravinnelisiäyksiä huonontaa kasvua ja itsestään maatuneeakin vaikuttaa samoin, tosin ei yhtä voimakkaasti. Oikealla ravinnelisiäyksellä voidaan kuitenkin raaka kuorikin saada kasvamaan erittäin hyvin. Tärkeintä on oikea tyyppien lisäys.

Myös valmistusmenetelmät ja tämän takia tuotteetkin eroavat eri maissa toisistaan. USA:ssa, jossa valmistus on suurimmassa mitassa, valmistetaan yleensä kolmea tuotetta. 1. kate, 2. maanparannusaine, 3. koristekuori. Siellä on kehitetty myös erittäin nopea kompostointimenetelmä (WILDE 1958), mutta yleensä nopeat menetelmät eivät ole yleistyneet käytännössä. Yleensäkin maatumiseen eli varsinaiseen kompostointiin kiinnitetään vähän huomiota joutuksen juuri erilaisista käyttötarkoituksista. Norjalainen ja ruotsalainen valmistusmenetelmä on lähellä Kuorihumus Oy:n valmistusmenetelmää, mutta ruotsalaisen menetelmän pohjana onkin Kuorihumus Oy:n myy-

mä »know how». Ruotsissa tuotetta markkinoidaan Modo Myllan nimellä ja valmistuksesta vastaavat Mo och Domsjö Ab ja Ab Sågverkens Biprodukter. Tuotteen yhdenmukaisuudesta suomalaisen humuksen kanssa antaa kuvan seuraavat Modo Myllan esitteestä poimitut tiedot ominaisuuksista (vrt sivu 67).

N _{tot}	1000—1200 mg/l
P	90—120 »
K	300—350 »
Ca	1850—3000 »
Mg	150—200 »
B	1—3 »
Cu	0,5—2 »
Mn	25—65 »
pH	6,0—6,5
huokoisuus	80—90 %
vaihtokapasiteetti	60—100 me/l
kuivapaino	150—200 kg/m ³
kuiva-ainepit.	30—50 %

Norjalainen tuote on myös melko lähellä suomalaista kuten ilmenee SOLBRAAN (1972) esittämästä vertailusta. Kompostointi sinänsä ja sen vaatimukset ovatkin vanhaan tunnettuja, joten päätyö menetelmien kehittämisessä onkin ollut niiden soveltaminen paikallisiin olosuhteisiin ja teolliseen mittakaavaan sekä valmistuskustannusten minimoiminen tuotteen laadun kuitenkin säilyessä käyttökelpoisena. Mm. Suomessa ensinnä kuoren kompostointia tutki HALLENBERG (1966), mutta hän ei onnistunut kehittämään menetelmää teollisen valmistuksen vaatimalle tasolle (vrt. sivut 19 ja 30).

Tähän tutkimukseen sisältyivät myös opintomatkat USA:han, Kanadaan ja Norjaan ja tässä yhteydessä vertailuna suomalaisiin käyttömuotoihin ja valmistusmenetelmiin voidaan esittää matkahavainnot. Opintomatka Norjaan tapahtui kevätkesällä 1969. Käyntikohteena olivat Det Norske Skogforsøgsvesen, Vollebekk ja Löwensköld-Vakkerø As Fossum Bruk Oslon lähellä. Ensinmainitussa paikassa tutustuin lähinnä tutkimuksiin ja niiden tuloksiin ja niitä on selos-

tettu aikaisemminkin. Fossum Brukin sahalla valmistettiin kuorihumusta ilmoituksen mukaan n. 5000 i-m³ /v teholla. Kuori hienonnettiin Winbergs Verkstädénin repijällä ja lisäaineiden annostelu tapahtui tärysyöttimellä. Pääasiassa käytettiin kalkki-ammonsalpietaria. Sahalla oli lisäksi yksinkertainen jälkikäsitteily- ja pakkauslaitos. Kompostikasat olivat suuria ja kuori niissä näytti olevan melko kuivaa. Kompostointiaika oli pitkäkko eli n. 6 kk. Markkinointi tapahtui pääasiassa Oslon alueelle.

USA:n ja Kanadan opintomatka tapahtui syksyllä 1969 ja kesti n. 1 kk. Matka tapahtui reitillä New York—Madison/Wisconsin—Seattle/Washington—Vancouver/B. C. Kanada—Longview/Washington—Corvallis/Oregon—Hines/Oregon—Emmet/Idaho—Princeton/West Virginia—Raleigh/North Carolina—West Point/Virginia—New York. Tässä yhteydessä esittelen vain näkemäni kuoren valmistus- ja käyttömuodot.

USA:n länsiosissa tapaa kaikkialla kuorta käytettynä katteena, mutta ensimmäisen kerran näin sitä jo Madisonissa Wisconsin osavaltiossa. Valtaosa esim. Seattlen ja Vancouverin kaupunkien istutusalueista teiden varsista ym. oli katettu kuoriruohuella. Seattlen lähellä vierailin Western Sawdust Co:lla Woodenvillessä. Yritys on pieni yksityinen kuoren ja purun kompostointilaitos, joka n. vuosi aikaisemmin oli muuttanut tälle uudelle paikalle. Koko kompostointialue oli asfaltoitu ja tuotanto lähenteli 20.000 m³/v. Kaikki kuori ja puu ostettiin lähiseudun sahoilta ja kompostoitii lähitöltä ostetun siipikarjan- ja hevosenlannan kanssa. Kaikki laitteet olivat erittäin kekseliäästi rakennettuja erikoislaitteita, mm. vanhan kuorma-auton päälle rakennettu sekoitus-, hienonnuksen- ja kompostointilaitte. Yritys suoritti myös erilaisten puutarhatöiden urakointia. Jakeluauto oli myös kiinteistöautuus. N. 15 m³ autonlavan pohjana oli kaksi rinnakkaista kuljetinhihnaa ja etuseinä oli liikkuva. Näin kuormasta voitiin purkaa tarvittaessa vain kuutiometri tai pari paikkaansa. Hintatietoja ja kannattavuutta ei omistaja suostunut tarkemmin kertomaan.

Rayonier Companyllä Vancouverissa on varmasti eräs pisimmälle kehitettyjä kuorenkäsitteilylaitoksia maailmassa ja varmasti siksi siitä annettiin hyvin vähän tietoa

ja sen valokuvaaminen oli kielletty. Kuoresta ekstrahoidaan ensin vesihöyryllä kaikki liukenevat aineet, jotka sitten jalostetaan erilaisiksi kemiallisiksi tuotteiksi. Loppuosa kuivataan, jauhetaan ja siihen imeytetään erilaisia hivenravinteita mm. sinkkiä, rautaa, mangaania, molybdeeniä ym. n. 6—10 % pitoisuuteen ja tuote myydään hivenlannoitteena mm. USA:han, Meksikoon, Saksaan ja Italiaan. Tuotanto oli n. 40 tn/vrk. Tuote markkinoidaan Rayflow ja Rayplex-nimillä. Esimerkiksi Rayplex-Mn eli mangaanilannoitteen tuoteselostuksessa sanotaan tuotteen sisältävän mangaania metallisena suolana 8,5 % ja rikkiä sulfaattina ja sulfiittina 9,3 % ja sitä suositellaan käytettäväksi 5—20 paunaa/ekkeri (n. 56—220 g/aari).

Weyerhaeuser Companyn Longview'n sahalaistosten tuotantokyky on n. 3500 m³/vrk. Lähes kaikki tästä kuorintajämäärästä ja myös pääosa selluloosan raaka-aineen kuorintajätteestä käsitellään omassa kuorenjalostuslaitoksessa. Märkä kuori ensiksi esirevitään ja sen jälkeen kuivataan rumpukuivaajassa öljyä polttoaineena käyttäen. Tämän jälkeen on ensimmäinen seulontavaihe, jossa erotetaan ns. Garden Bark. Tämän jälkeen seuraa jälkihienonnuksen ja seulontavaiheita, joissa eroitetaan kuitumainen ja jauhemainen hieno kuorijauhe. Kumpakin käytettiin muovi-, liima- ja öljyteollisuudessa. Garden Bark-tuotetta käytettiin pääasiassa katteena istutuksilla. Sen tuotantoennätys oli 2402 t/kk.

Boise Cascade Corporationilla oli Emmetissä myös lähimain suomalaistyyppistä kuorihumuksen valmistusta. Sahalaistoksen tuotanto oli n. 450 m³/vrk kahdessa vuorossa. Kuorimolta kuori ajettiin ensin kasoihin kuivumaan ja siirrettiin sitten suurilla kauhakuormaajilla käsitteilylaitokselle. Täällä oli ensiksi käsinlajittelu, jossa hinnalta poistettiin kivet yms. ja sitten karkeamurskaus ja seulonta neljään jakeeseen. Lähinnä puhdas kaarnaosa jakaantui kolmeen karkeusasteeseen ja säkitettiin välittömästi. Neljäs, hienoin jae, hienonnettiin vielä kerran, lisättiin tyypeä nestemäisenä ammoniakkinä n. 1 % ja kompostoitii 5—6 kk. Tuotanto oli n. 300 m³/vrk. Päämarkkina-alueet Kaliforniassa, Arizonassa ja USA:n keskiosassa, joten pitkät, jopa yli 1 000 km:n, kuljetusmatkat vaikeuttivat markkinointia. Karkea tuote markkinoitiin kauppanimellä Cas-

cade Chunk Bark ja sitä oli kolme kokoa, »pieni» 6—18 mm, »keskikokoinen» 18—38 mm ja »suuri» 38—63 mm. Hinta oli vuonna 1968—69 \$ 1,20/3 j³ (84 l) pakkaus vapaasti tukkuliikkeen varastossa ja irtotavaran \$ 7.00/kuutioyardi (0,76 m³). Kompostoitu tuote myytiin nimellä Cascade Soil-Aid ja sitä oli kahta karkeutta, 3 mm ja 6 mm, viimeainittua vain irtotavarana, jonka tukkuhinta oli \$ 6,50/kuutiojaardi (eli 0,76 m³). Kahden kuutiojalan eli 56 l pakkauksen hinta oli \$ 0,90 ja neljän kuutiojalan \$ 1,70.

Greenlife Products Company West Pointissa toimi The Chesapeake Corporation of Virginian selluloosatehtaan yhteydessä, mutta täysin erillisenä yksikkönä valmistetaan lannoitetta ja maanparannusainetta kuorintajätteistä. Lannoitetuotanto oli pääasia ja sen määrä oli n. 100.000 m³/pv. Valmistus oli pitkälle automatisoitua, mutta yksinkertaista. Tuore kuori tuli tehtaalta pneumaattisella kuljettimella, hienonnettiin ja seulottiin. Ravinnelisyäkset tehtiin liuoksina, tyyppi ammoniakkinä, kali kaliumkloridina ja fosfori fosforihappona täysin automaattisesti haluttujen kaavojen mukaan. Työntekijöitä oli kolmessa vuorossa yhteensä 24 henkilöä pääasiassa pakkaustöissä. Tuotteen kosteus oli n. 40—50 % ja eri laatuja toistakymmentä, mm. erikseen ruusuille, vihanneksille, nurmikoille ym. Ravinneväkevyydet olivat kunkin ravinteen kohdalla 6—10 %.

Katteenä ja maanparannusaineeksi tarkoitettuna Pine Bark Mulch'in osalta esitettyjen tuoteselosteissa seuraavia arvoja:

veden imeytyskyky	170 % painosta
pH	4,5±0,5
tuhka	1,3±0,4 %
orgaaniset aineet yht.	n. 98 %
ligniini	n. 55 %
selluloosa	n. 30 %
hiilihydr.	n. 13 %
typpi	0,75 %
P ₂ O ₅	0,04 %
K ₂ O	0,25 %

Esimerkkinä lannoitteista voi esittää kukka- ja vihanneslannoitteen 4—8—8, jossa tyyppiä oli 4 %, P₂O₅:ttä 8 % ja K₂O:ta 8 %. Lannoitteen pH oli 6,5±0,5, kosteus 20 % ja veden imeytyskyky 160 % pai-

nosta. Ensinmainitun vähittäismyyntihinta 3 kuutiojalan (84 l) pakkauksissa oli \$ 2,95 ja viimeainitun lannoitteen 50 lb (22,5 kg) pakkauksessa £ 3,85.

USA:ssa ja Kanadassa siis sekä käyttö että valmistus olivat melko lailla toisentyypistä kuin Suomessa. Erityisesti lannoitteen valmistukseen kuoresta oli kiinnitetty huomiota ja sillä katsottiin olevan parhaan tulevaisuuden. Kuorilannoitteesta eivät ravinteet huuhtoudu yhtä helposti vesistöihin kuin mineraalilannoitteista ja kuorilannoite lisää kasvualustan humuspitoisuutta, mutta ei tuo kasvualustaan ylimääräisiä, kenties vahingollisia suoloja siinä määrin kuin mineraalilannoitteet. Kuorituotteiden valmistus on jo melko yleisesti levinnyt USA:ssa.

52. Kotimaiset tutkimustulokset

Muita kotimaisia tutkimustuloksia kuorihumuksen ominaisuuksista ja käytöstä on erittäin vähän. Ensimmäisen ja lähinnä tämän tutkimuksen kaltaisen suoritti SUHONEN (1968) vuonna 1967. Hänen kokeensa jakaantuivat kahteen osaan, joista ensimmäinen käsitti alustavan tomaatin kasvukokeen ja toinen peruslannoituksena annettua fosforin ja kalin vaikutuksen palsamin (*Impatiens balsamina*) kasvuun.

Tomaattikokeessa oli kaksi kuorihumusruutua ja yksi turveruutu. Kuorihumusruudut erosivat peruslannoituksen osalta taulukon 37 mukaisesti.

Satotulokset ilmenevät taulukosta 38.

Osasyöksi kuorihumus I heikompaan tulokseen mainitsee SUHONEN varsien katkeamisen. Loppupäätelmänä hän mainitseekin kuorihumuksen soveltuvan yhtä hyvin kasvualustaksi kuin turpeen.

Palsamikokeessa totesi SUHONEN, että kalilannoitus lisäsi kasvua hyvin vähän, mutta fosforilannoitus aivan selvästi. Tämä sama ilmeni myös tomaattikokeessa.

Aikaisemmin on jo mainittu tomaatin kasvukokeista Närpiössä (O. ISOMÄKI ja J. ISOMÄKI 1968). RAISKINMÄKI (1969, 1971) on julkaissut tarkemman selostuksen näiden useampia vuosia jatkuneista jatkokokeista. Näissä kokeissa oli kuorihumusta käytetty

Taulukko 37. Peruslannoitukset (SUHONEN 1968) kg/m³

	Kuorihumus I	Kuorihumus II	Turve
Dolomiittikalkki	3	3	8,0
Kaksoissuperfosfaatti	0,8	0,8	0,75
Hienofosfaatti	—	2	2,0
Kaliumsulfaatti	—	0,3	1,0
Oulunsalpietari	0,5	0,5	0,5
Hivenseos	0,075	0,075	0,1
Booraksi	—	0,01	—

Taulukko 38. Satotulokset SUHONEN (1968) tomaattikokeessa kg/ruutu ja kokonaissato kg/m² sekä I laatuluokan osuus %.

Kasvualusta	31.7		16.8		30.8		16.9		22.9		Kok. sato 29.9
	mennessä		mennessä		mennessä		mennessä		mennessä		
	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg/m ²
Turve	8,0	95	14,5	92	22,1	90	32,0	89	35,2	90	13,0 (11,8—14,1)
Kuorihumus I ..	8,4	94	14,9	95	24,5	95	31,4	95	33,0	93	12,2 (12,0—12,5)
Kuorihumus II	7,2	95	13,7	96	25,1	94	34,7	94	37,8	93	14,0 (13,0—15,3)

savimultamaan parannusaineena kasvihuoneessa. Kuorihumuksen peruslannoitus oli tässä tapauksessa seuraava:

— dolomiittikalkkia	4 kg/m ³
— kaksoissuperfosfaattia	2,5 »
— kaliumsulfaattia	0,6 »
— oulunsalpietaria	0,4 »
— hivenseosta	0,15 »
— lannoiteboraattia	0,01 »

Tässä kokeessa saavutetut satotulokset kg/m² ja mk/m² ilmenevät taulukosta 39.

HÄRDH (1972) on julkaissut selostuksen Puutarhatieteen laitoksen kokeista, joissa

käytettiin kuorihumusta maanparannusaineena avomaan vihannesviljelyssä neljällä paikkakunnalla Suomessa. Kuorihumuslannoitusten todettiin lisänneen sekä kasvunopeutta että satotuloksia. 5 m³/a kuorihumuslisäyksellä saatiin 20—30 % sadonlisäys ja 10 m³/a lisäyksellä 40—60 % sadonlisäys. Sadon kuiva-ainemäärät ja sokeripitoisuus kuitenkin yleensä hieman lasivat.

Kukaan muu suomalainen tutkija ei siis ole saanut tässä esitetyistä tuloksista olennaisesti poikkeavia tuloksia, joskin on todettava muiden tutkimusten vähäisyys ja suppeus.

Taulukko 39. Närpiön kokeiden satotulokset v. 1968 ja 1970 RAISKINMÄKI (1971)

Satoaika	Kuorihumus + savimulta				Turve + savimulta			
	Kuorihumus + hiekkamulta				1969		1970	
	1969	1970	1969	1970	kg/m ²	mk/m ²	kg/m ²	mk/m ²
3 ens. viikkoa	1,970	9,33	1,930	9,65	1,050	5,27	1,511	7,98
6 » »	6,270	21,35	5,068	23,07	5,170	17,21	4,345	18,79
12 » »	18,680	38,45	10,157	37,53	11,320	31,69	11,277	35,72
kokonaissato	21,250	47,84	18,660	51,49	18,420	41,25	19,520	46,66

6. KUORIHUMUKSEN KÄYTTÖOHJEITA

Jo tämän tutkimuksen alkuvaiheista lähtien on laadittu erilaisia käyttötarkoituksia varten käyttöohjeita, joita on julkaistu monisteina tai artikkeleina (mm. J. ISOMÄKI, 1968 a). Näitä käyttöohjeita on tutkimustulosten ja käyttökokemusten lisääntyessä aina tarpeen mukaan tarkistettu. Tämän tarkistustyön on pääasiassa suorittanut hortonomi JAAKKO ISOMÄKI. Koska näillä käyttöohjeilla on merkitystä kuorihumuksen ominaisuuksien selvittämisessä ja tutkimustulosten sovellutusten esittämisessä, on syytä tässä esittää tärkeimpien käyttöohjeiden pääkohdat.

61. Kasvihuoneviljely

Kasvihuoneviljelyssä sopii kasvualustaksi tai katteeksi parhaiten karkeajakeinen kuorihumus lukuunottamatta taimikasvatusta ja ruukkukukkaviljelyä, jossa on ehdottomasti käytettävä hienojakoista humusta. Käytettäessä puolilannoitettua kuorihumusta suositellaan peruslannoitukseksi taulukon 40 mukaista lannoitusta.

Kasvuajan lannoitus on syytä tehdä analyysitulosten mukaan huomioiden erityisesti suurempi typen tarve ja pieni kalin tarve. Kastelun tarve on hieman suurempi kuin

Taulukko 40. Kasvihuoneviljelyn peruslannoitusohje, kg/i-m³ kuorihumusta.

Table 40. Basic fertilizing instructions for greenhouse cultivation, kg/loose m³ bark humus

Lannoite <i>Fertilizer</i>	Ravinteet <i>Nutrients</i>	Tomaatti <i>Tomato</i>	Kurkku <i>Cucumber</i>	Muut <i>Other</i>
Dolomiittikalkki <i>Dolomite calcium</i>	Ca 37 %, Mg 10 %	4,0	4,0	3,0
Kaliumsulfaatti <i>Potassium sulphate</i>	K 41–42 %, S 18 %	1,0	0,75	0,5
Kaksoisuperfosfaatti <i>Double super phosphate</i>	P 20 %	0,75	0,75	0,5
Hienofosfaatti <i>Fine phosphate</i>	P 14 %, Ca 36 %	2,0	2,0	—
Oulu salpietari <i>Oulu saltpetre (calcium ammonium saltpetre)</i>	N 25 %, Mg 3 %, Ca 12 %	1,0	0,75	0,5
Magnesium sulfaatti <i>Magnesium sulphate</i>	Mg 10 %	0,3	—	—
Hivenseos <i>Mixture of substances</i>	Fe, Mn, Cu, Zn, B	0,1	0,1	0,1

turpeella, mutta missään tapauksessa ei kuorihumusalustaa saa kastella niin märäksi kuin turpeella, että siitä kädessä puristeltaessa tippuisi vettä.

Myös leikko- ja ruukkukukille sopii kuorihumus joko yksinomaiseksi kasvualustaksi tai maanparannusaineeksi. Erittäin sopivaa kuorihumusta on pitkäaikaisille kukille kuten esim. ruusu, koska kasvualustan ominaisuudet kestävät erittäin kauan. Käytettäessä puolilannoitettua kuorihumusta, on peruslannoitusohje taulukko 41 mukainen.

62. Avomaanviljely

Avomaanviljelyssä ei yleensä kannata käyttää pelkkää kuorihumusta kasvualustana kuin erikoistapauksissa. Maanparannusainekäytön lisäksi on käyttö katteena erittäin suositeltavaa. Tämä käyttömuoto on USA:ssa yleisin kuoren käyttömuoto. Kuorihumuksen käyttö katteena estää perusmaan kuivumisen ja rikkaruohojen kasvun. Maanparannusaineena suositellaan vihannesviljelyssä 500–800 m³ käyttöä heh-

Taulukko 41. Leikko- ja ruukkukukkien peruslannoitusohje, kg/i-m³ kuorihumusta.

Table 41. Basic fertilizing instructions for cut flowers and plants in pots, kg/loose m³ bark humus.

Lannoite Fertilizer	Ravinteet Nutrients	Ruusu Neilikka Rose Carnation	Muut leikko- kukat Other cut flowers	Ruukku- kukat Plants in pots
Dolomiittikalkki <i>Dolomite calcium</i>	Ca 37 %, Mg 10 %	4,0	3,0	3,0
Kaliumsulfaatti <i>Potassium sulphate</i>	K 41–42 %, S 18 %	0,5	0,5	0,5
Kaksoissuperfosfaatti <i>Double super phosphate</i>	P 20 %			
Hienofosfaatti <i>Fine phosphate</i>	P 14 %, Ca 36 %	1,5	—	—
Oulunsalpietari <i>»Oulu» saltpetre (calcium ammenium salpêtre)</i>	N 25 %, Mg 3 %, Ca 12 %	0,5	0,5	0,5
Hivenseos <i>Mixture of substances</i>	Fe, Mn, Cu, Zn, B	0,1	0,1	0,1

taarille ja hedelmä- ja marjaviljelyssä 400–600 m³/ha puolilannoitettua karkeata kuorihumusta. Lannoitustarve määräytyy lähinnä perusmaan ravinnepitoisuuden ja happamuuden mukaan. Kuorihumuksen vaikutus on erittäin pitkäaikainen.

63. Nurmikot

Nurmikkoa perustettaessa voidaan kuorihumusta käyttää erinomaisesti maanparannusaineena, mutta myös yksinomaisena kasvualustana. Maanparannusaineena suositellaan käytettäväksi karkearakeista kuorihumusta, mutta yksinomaisena kasvualustana se on liian karkeata. Erityisesti pinta-

kerrokseen, mihin siemenet kylvetään, on lisättävä hienojakoista kuorihumusta riittävästi, muuten itäminen ei onnistu tasaisesti. Hienoa kuorihumusta voidaan käyttää myös katteena siementen kylvämisen jälkeen ja vanhalle nurmikolle n. 1–3 cm kerroksena. Peruslannoituksena suositellaan puolilannoitettua humusta käytettäessä

- puutarhakalkkia 30 kg/a
- puutarhan super Y:tä 10 kg/a
- hienofosfaattia 15 kg/a

Jatkolannoituksena on syytä antaa nurmikolle joka kevät puutarhan super Y:tä 10–12 kg/a ja joka kesä kolmena antokertana kerrallaan n. 2 kg/a kalkkisalpietaria.

7. KUOREN KÄYTÖN TALOUDELLISUUSVERTAILUT JA MERKITYS SAHALAITOKSEN KANNATTAVUDELLE

Sahalaitosten kuorintajätteiden käyttömuotojen tai käsittelykustannusten taloudellista merkitystä on tutkittu hyvin vähän (O. ISOMÄKI 1968 a). Käyttö- tai hävitysmahdollisuuksia on lähinnä ollut vain neljä, joista varsinaisina käyttömuotoina voidaan pitää kolmea, polttoaineena käyttöä, maantasaus- ja täyteaineena käyttöä sekä kuorihumuksen valmistusta. Tietyissä harvoissa tapauksissa on ollut mahdollista käyttö levyteollisuuden raaka-aineena. Monissa tapauksissa on ainoana mahdollisuutena ollut hävittäminen ajamalla kuorintajätteet kaatopaikalle. Meillä ei tavata sellaista hävityspolttoa kuin USA:ssa ja eräissä tapauksissa myös Ruotsissa.

Aikaisempien tutkimustulosten ja tilastojen puutteen vuoksi on taloudellisten vertailujen teko hyvin vaikeata, koska vielä on todettava näiden tietojen saannin vai-

keus yksityisiltä sahalaitoksilta. Niiden kirjanpito ja erityisesti kustannuslaskenta eivät anna eriteltyjä tietoja kuoren käsittelyyn ja käyttöön liittyvistä tuotteista ja kustannuksista. Seuraavassa esitellyt vertailut voivatkin sen vuoksi antaa ainoastaan suuruusluokkakuvan asioista.

Kuorta ostetaan polttoaineeksi hyvin vähän, joten luotettavia markkinahintatietoja ei ole saatavissa. O. ISOMÄKI (1968 a) on aiemmin esittänyt seuraavia hintatietoja polttoaineeksi ostetun purun ja kuoren sekoituksen hinnoista:

Vuoden 1966 jälkeen polttoaineiden hintataso on noussut n. 100 % eli raskaan polttoöljyn hinta 6,80 p/kg 13,50 p/kg. Ostetun polttopuun ja kuoren hintataso ei kuitenkaan saatujen hajatietojen mukaan ole noussut kuin n. 50 % eli hinta sahalla n. 1,50 mk/i-m³ tasolle.

v. 1963	hintaa käyttöpai- kalla	2,70 mk/i-m ³	sahalla	1,20 mk/i-m ³
64		2,60	»	1,10
65		2,60	»	1,05
66		2,56	»	1,00

Omassa polttoainekäytössä riippuu kuoren arvo monesta eri tekijästä. Kuoren alkukosteus ensinnäkin vaihtelee hyvin paljon ja polttoaineena käytön ylärajana voidaan

pitää 60–65 % kosteussuhdetta (VIRTANEN 1962, HULDÉN 1969). Märän kuoren lämpöarvoista esittää HULDÉN seuraavia lukuja:

Männynkuori, kosteussuhde	60 %	lämpöarvo	0,47 Gcal/i-m ³
»	73,5	»	0,36
Kuusenkuori	60	»	0,46

Kuoren poltto vaatii kuitenkin paljon suuremmat investoinnit ja enemmän työkustannuksia kuin öljyn poltto ja nämä riippuvat paljon paikallisista olosuhteista ja ratkaisuista. Käyttäen O. ISOMÄEN (1968 a) esittämiä kustannusvertailutietoja saadaan kuoren arvoksi sahalaitoksen lämpökeskuksen kuorisiihossa pääomakustannuseroja öljyn ja kuoren polton välillä huomioimatta 5,00–6,50 mk/i-m³. Pääomakustannusten ero riippuu paikallisista olosuhteista ja erityisesti laitoskoosta, mutta suuruusluokaltaan ne voi-

daan katsoa olevan 1–3 mk/i-m³. Tältä pohjalta teoreettisesti kuoren arvoksi omassa polttoainekäytössä tulee n. 2–5 mk/i-m³. Tässä tutkimuksessa ilmoittivat vastaajat keskiarvoksi 1,49 mk/i-m³. Sahateollisuuden Sivutuoteyhdistys ry:n mukaan kuoren keskihinta v. 1971 oli 3 mk/i-m³ sahalla.

Kuorihumuksen valmistajat laskivat tämän tutkimuksen mukaan kuoren arvoksi 0,75 mk/i-m³ valmistaa humusta eli n. 0,50 mk/i-m³ kuorta ja mikäli minimikustannusten perusteella laskettu nettotuotto las-

ketaan kokonaan kuoren arvoksi 1,62 mk/i-m³ kuorta. Levyteollisuuden käyttö on ollut niin pientä, ja sen laatuista, että sen hintatasosta ei voida sanoa yhtään mitään.

Kuorintajätteen hävittäminen ajamalla ne kaatopaikalle aiheuttaa kustannuksia. Nämä riippuvat hyvin paljon paikallisista olosuhteista ja ne ovat pääasiassa kuljetuskustannuksia. Suuruusluokaltaan ne ovat 0,20–1,00 mk/i-m³ suuruisia.

Jotta saadaan oikea kuva kuoren käyttöpulman merkityksestä yksityisen sahalaituksen taloudessa ja myös koko maamme sahateollisuuden osalta, on edellä mainitut luvut laskettava päätuotantoyksikön eli sahatarakuutiometrin mukaan. Kuorintajätettä syntyy n. 0,45 i-m³/m³ sahatavaraa (VIRTANEN 1962, O. ISOMÄKI 1968 a), jolloin siis edellä mainitut nettotuotot 1,50–4 mk/i-m³ merkitsevät 0,70–1,80 mk/m³ sahatavaraa. Tämä on 6–10 % O. ISOMÄEN (1968 a) esittämästä sivutuotteiden kokonaisnettotuotosta. Kuoren käytön edullisuudella ei siis ole kovin suurta kokonaismerkitystä jätteen käytössä. Sahatavaran vientihinta oli vuoden 1972 lopussa n. 250 mk/m³ (KIVIMAA 1973), joten kuoren nettotuotto on parhaimmillaan n. 0,3–0,7 % eli lähes merkityksetön (KIVIMAA 1973, 0,3 %).

Keskisuurella 15.000–50.000 m³ vuodessa tuottavalla sahalaiteksella syntyy kuorta 30.000–100.000 i-m³/v ja kokonaisnettotuotto nousee 50.000–200.000 mk/v eikä siis enään näytä merkityksettömältä. Mikäli kuoren nettoarvoksi saataisiin noin puolet selluloosan raaka-aineeksi menevän hakkeen arvosta eli 10 mk/i-m³, mitä on nykyäky-millä pidettävä ehdottomana ja todennäköisesti saavuttamattomana maksimina, olisi tuotto 4 % sahatavaran tuotosta, mutta merkitsisi koko maamme sahateollisuuden (2,5–3,0 milj. i-m³ vrt. sivu 14) kuorintajätteen osalta 25–30 milj. mk/v nettotuottoa, kun nykymahdollisuuksien mukaan nettotuotto on n. 5–6 milj. mk.

Todellisuudessa voidaan arvioida nykyisin kuoren käytöllä saavutettavan n. 2–3 milj. mk nettotuotto vuosittain, mutta tällöin ei voida huomioida käyttämättä jäävän kuoren hävityskustannuksia, jotka ovat ainakin yhden miljoonan markan luokkaa. Kuoren käytön kehittämällä on siis lisättävissä sahateollisuutemme nettotuottoa jopa parikymmentä miljoonaa markkaa vuodessa. Kuitenkin tämän käytön kehityksen eräänä hidastajana on sen pieni merkitys sahateollisuuden koko taloudellisessa kuvassa. Luonnonsuojelunäkökohtana merkitys on kuitenkin paljon suurempi.

8. TULOSTEN SOVELLUTUSMAHDOLLISUUKSISTA JA ERITYISESTI KUORIHUMUKSEN TULEVAISUUDENNÄKYMISTÄ

Tämä tutkimus on osoittanut, että kuorella on hyvin monenlaisia käyttömahdollisuuksia. Käytännössä on kuitenkin polttoainekäytön ohella vain käyttö kuorihumuksena maanparannusaineena tai kasvualustana sekä käyttö maan täytteenä lähinnä sahailaitosten omassa käytössä. Polttoainekäytön osalta ei viime vuosina ole tapahtunut paljoakaan teknistä kehitystä eikä sitä ole lähitulevaisuudessakaan näköpiirissä. Kuitenkin tuontipolttoaineiden hinnannousut ovat huomattavasti parantaneet kuorenpolton taloudellisuutta ja nostaneet kuoren arvoa. Tämän kehityksen voidaan otaksua jatkuvan tosin nopeudeltaan hidastuvana mm. ydinenergian ja maakaasun käytön lisääntymisen takia.

Kuoren käyttöön levyjen raaka-aineena on monia mahdollisuuksia, mutta käytännössä puhdasta kuorijätettä käytetään erittäin pieniä määriä. Lähinnä käyttö on suuntautunut kuorta sisältävien puujätteiden, kuorellisen hakkeen yms. käyttöön. Koska tekninen valmius antaa monia mahdollisuuksia kuorilevyjen valmistuksen aloittamiseen, saattaa tämä käyttö alkaa lisääntyä melko nopeastikin. Suurimpana esteenä näyttää tällä hetkellä olevan kuorilevyjen markkinoinnin vaatimat suuret investoinnit. Tämä pulma on helpoimmin ratkaistavissa useampien kuorintajätteitä tuottavien laitojen yhteenliittymien avulla. Valitettavasti suo-

malaisen teollisuuden yhteistyöhalu ei ole kovin suurta, niinpä ei näytä Kuorilevy-yhdistys ry:kään kiinteys riittävän tämän kysymyksen ratkaisuun puhumattakaan Sahateollisuuden Sivutuoteyhdistys ry:stä. Puolet Keski-Suomen Selluloosa Oy:stä omistavan Sivutuote Oy:n mahdollisuudet ovat huomattavasti viimeainittua paremmat. Kuitenkaan eräitä esitettyjä ennustuksia, että vuoden 1980 paikkeilla valmistetaan n. 200.000 m³ kuorilevyä, johon käytetään yli miljoona kuutiometriä kuorintajätteitä, ole pidettävä ollenkaan utopiana.

Kuorihumuksen valmistus ja käyttö lisääntyivät vuosina 1966—69 johtuen lähinnä Kuorihumus Oy:n voimakkaasta toiminnasta. Tämän jälkeen yhtiön toiminta on lamaantunut lähes täysin ja käytön kehitys tapahtuu lähimain omalla painollaan. Tämä tutkimus ja muutamat muut viime vuosien tutkimukset ovat osoittaneet kuorihumuksen soveltuvan täysipainoisena kasvuturpeen rinnalle käytettäväksi kasvualustana ja maanparannusaineena. Tämä tutkimus on valmistusmenetelmien ohella selvittänyt erityisesti kuorihumuksen käyttöä ja ominaisuuksia tomaatin kasvualustana kasvihuoneessa. Saatuja tuloksia on sovellettu ja voidaan soveltaa myös muissa käyttömuodoissa. On kuitenkin todettava jatkuvan tutkimustyön tarve pyrittäessä entistä parempiin tietoihin ja tuloksiin.

9. LOPPUSANAT

Tämän vuonna 1965 aloitetun tutkimusarjan yhtenä päätuloksena voidaan pitää kuorihumuksen teollista valmistusmenetelmää, vaikka se ei täysin eroakaan norjalaisesta ja eräistä amerikkalaisista valmistusmenetelmistä. Toisena päätuloksena voidaan pitää kasvihuoneessa suoritettua tomaatin kasvualustakokeen antamia tuloksia kuorihumuksen erilaisten ominaisuuksien vaikutuksesta viljelytapoihin ja satotuloksiin. Tällaista käytännön tutkimusta ei ole missään aikaisemmin suoritettu eikä siinä saavutettuja tuloksia voidakaan pääosiltaan verrata mihinkään muihin kokeisiin. Kolmas päätulos on yleiskatsauksen antaminen sahateollisuuden kuorintajätteiden käyttömahdollisuuksista ja käytön taloudellisesta merkityksestä.

Teoreettisesti sahateollisuudellakin on erittäin monia kuorintajätteiden käyttömahdollisuuksia, mutta käytännössä tulevat kysymykseen tällä hetkellä polttoainekäytön lisäksi vain käyttö kuorihumuksen valmistukseen tai maan täytteenä sekä pienessä määrin myös levyteollisuuden raaka-aineena. Näistä tulevaisuudessa tullevat lisääntymään nimenomaan käyttö levyjen raaka-aineena mutta myös kuorihumuksen raaka-aineena. Tässä suhteessa kuorella on eräitä etuja kasvaturpeeseen verrattuna. Ensinnäkin kuori-

humuksen valmistus tapahtuu olemassa olevissa teollisuuslaitoksissa mutta aiheuttamatta ympäristölle vahinkoja vaan päinvastoin vähentäen ympäristöä saastuttavia jättemääriä. Turpeen lisääntyvä nosto soistamme on jo aiheuttanut luonnonsuojelijoiden keskuudessa huolestumista soiden turmeltumisesta. Ainakaan kasvaturpeen nostolla ei ole mitään pakkoa turmella soita, sillä lähes kaikissa käyttötarkoituksissa turve voidaan korvata kuorihumuksella. Mikäli toisaalta kasvaturpeen nosto on mielekäästä, voidaan tuloksia parantaa yhdistämällä niiden erilaisia ominaisuuksia. Kasvaturvetutkimus on saanut paljon enemmän tukea julkisista varoista ja tässä suhteessa suurempi tasapuolisuus olisi ainakin vähin vaatimus.

Kuorintajätteet muodostavat sahateollisuuden jätteistä suurimman käyttöpulman. Sen entistä taloudellisempien käyttömahdollisuuksien kehittäminen ei vaikuta ratkaisevasti sahateollisuuden kannattavuuteen, mutta suurempi vaikutus onkin todettavissa ympäristönsuojelumahdollisuuksien parantumisessa jätekasojen hävittäessä sahojen lähetyviltä. Erityisesti käyttö kuorihumuksena vähentää vielä painetta soiden hävittämiseen, koska sillä voidaan ainakin pääosin korvata kasvaturve.

10. KIRJALLISUUSLUETTELO

- ANONYM, 1965. Barks and its possible uses. U.S. For. Serv. Res. Note. U.S. For. Brod. Lab., Madison.
- ALESTALO, A. 1971. Eräs kuoren käytön ratkaisumalli. Suomen Puutalous n:o 8.
- ARO, P. ja RIKKONEN, P. 1966. Havusahatukkien latvamuotoluvut. Commun. Inst. For. Fenn. 61.7.
- BAKER, G. O. ja HARDER, R. 1960. A study to determine the value of bark as a soil conditioner. University of Idaho. Moscow. Idaho.
- Bark Study Committee 1967. Utilization of bark. Eugene Chamber of Commerce. Eugene. Oregon.
- BAUMANN 1966. Verwendungsmöglichkeiten von Entrindungsabfällen in Gemüsebau. Deutsche Gärtner Post. 18. Nr 29.
- » — 1967. Die Verwendung von Entrindungsabfällen zur Verbesserung gemüsebaulich genutzten Boden und Erden. Wissenschaftliche Zeitschrift Der Humboldt Universität Berlin. Heft 3.
- BOLLEN, W. B. ja LU, K. C. 1957. Effect of Douglas-Fir sawdust mulches and incorporation on soil microbiological activities and plant growth. Soil Science Soc. of Am. Proc. 21 (1).
- » — ja GLENNIE, D. W. 1961. Sawdust, bark and other wood wastes for soil conditioning and mulching. Technical Paper No 1262. Oregon Agricultural Experiment Station, Corvallis, Oregon.
- » — 1965. Fortified bark for mulching and soil conditioning. Technical Paper N:o 1665. Agricultural Experiment Station, Corvallis, Oregon.
- » — 1969. Properties of three barks in relation to their agricultural utilization. U.S.D.A. Forest Service Research Paper PNW-77. Portland, Oregon.
- DAVEY, C. 1954. Evaluation of composted fertilizer by microbiological methods of analyses. Wisconsin Academy of Sciences, Arts and Letters.
- » — 1955. Transformations of Sawdust in the Course of its Decomposition Under the Influence of Coprinus ephemerus. Soil Science Society of America Proceedings 19 (3).
- DEPPE, H-J. 1972. Untersuchungen über die Verwendbarkeit von Nadelholzrinde bei der Herstellung von Holzspanplatten. Carl Schenck GmbH. Spanplattentagung.
- ELLEFSEN, Ø. 1959. Noen undersøkelser over den kjemiske sammensetningen av bark fra norske trevirke. Papiirind. Forskn. inst. 14.
- FISCHER, G. 1953. Untersuchungen über den Microorganismen. Arch, Microbiol. 18.
- GESSEL, S. P. 1959. Composts and mulches from wood waste. New Wood-Use Series. Circular No 33. University of Washington, Seattle.
- GRANTHAM, J. B. 1959. Bark Utilization: Present uses and future possibilities. Wood Products Clinic, Corvallis, Oregon.
- HAKKILA, P. 1967. Vaihtelumalleja kuoren painosta ja painoprozentista. Commun. Inst. For. Fenn. 62.5.
- HALLENBERG, H. 1965, a. Kompostin käyttö metsänviljelyssä. Sahamies n:o 5.
- » — 1965 b. Puujätteiden käytöstä maanparannusaineena Amerikassa. Sahamies n:o 7.
- » — 1966. Puujätteiden kompostointitutkimuksia Suomessa ja Ruotsissa. Sahamies n:o 1.
- » — 1971. Kuoren ja muiden puujätteiden kuivatuksen tarpeesta sekä biologisesta kuivatuksesta. Suomen Puutalous n:o 3.
- HIRN, R. 1970. Kuoren, sahausjätteen ja puupölyn käyttö polttoaineena. Sahamies n:o 8.
- HOFFMANN, 1967 a. Der Einfluss von Baumrinde auf das Wachstum vom Koniferen Sämlingen und auf einige Bodeneigenschaften. Arch. Forstw. Bd. 16. 1967. H 6/9. S. 689-694. Berlin.
- » — 1967 b. Veroäufige Empfehlungen für die Verwendung von Entrindungsabfällen im Forstbaumschuler. Die sozialistische Forstwirtschaft. Heft 12.
- » — 1969. Der Einsatz von Entrindungsabfällen bei der organischen Füngung. Albrecht-Tahter-Archiv, 13. Band, Heft 5.
- HOLZINGER, L. 1966. Die Technik der Eekomit Düngung. Wien.
- HULDÉN, B. 1969. Bark som bränsle. Kollokvium beträffande barkens kemiska sammansättning och användningsmöjligheter. Centrallaboratoriums Ab. Helsingfors.
- HUSZ, 1964. Wert und Unwert von Bakterienimpfkulturen.
- HÄRDH, K. 1972. Kuorihumuksen vaikutus vihaneskasveihin. Puutarha n:o 1.
- ISOMÄKI, J. 1968 a. Kuorihumuksella kasvukokeita. Puutarha n:o 4.
- » — 1968 b. Kuorihumuksella kotipihat ja puutarhat kuntoon. Oma-Tupa n:o 2.
- » — 1969. Metsäpuiden taimikasvatuskokeet kuorihumuksella 1968. Kuorihumus Oy. Moniste.
- ISOMÄKI, O. 1963. Puujätteiden poltosta ja polttolaitteista. Pienpuu. toimik. tied. n:o 91.
- » — 1964. Sahapuu on kokonaan raaka-ainetta. Pienpuu. toimik. tied. n:o 116.
- » — 1966 a. Kuoren käyttö maanparannusaineena. Tukkien kuorinta ja kuoren käyttö. Sahateollisuuden Sivutuoteyhdistys ry. Helsinki.
- » — 1966 b. Tutkimus sahanhakkeen laatuun, saantoon ja kustannuksiin vaikuttavista tekijöistä.

- » — 1966 c. Mekaanisen puuteollisuuden jätteen käyttömahdollisuudet. Teknillinen Aikakauslehti n:o 1.
- » — 1966 d. Kuoren kompostointi. Sahateollisuuden Sivutuoteyhdistys ry. Moniste.
- » — 1967 a. On the Utilization of Bark as a Soil Improver and Substrate for Plants. Paperi ja Puu n:o 5.
- » — 1967 b. Kuoren käyttö maanparannusaineena ja kasvualustana. Työthöseuran metsätiedotus 110.
- » — 1967 c. Ensimmäisiä kokemuksia kuorihumuksesta. Puutarha-Uutiset n:o 51—52.
- » — 1968 a. Sahaajätteet, niiden määrät ja taloudellinen merkitys sahalaitoksille. Teknillinen korkeakoulu. Lisensiaattitutkimus.
- » — 1968 b. Kuorihumuksen valmistus kuorintajätteen käyttöpulman ratkaisuna. Suomen Puutalous n:o 5.
- » — 1968 c. Kuorihumuksen valmistus ja käyttö. Pellervo n:o 3.
- » — 1969. Användning av barkningsavfall som jordförbättringsmedel, växtunderlag och gödslingsmedel. Kollokvium beträffande barkens kemiska sammansättning och användningsmöjligheter. Centrallaboratorium Ab. Helsingfors.
- » — O. ja ISOMÄKI, J. 1968. Kasvukokeet kuorihumuksella 1967. Kuorihumus Oy, Helsinki. Moniste.
- KANTOLA, M. 1971. Puun kuorijätteestä raaka-aineeksi. Työthöseuran metsätiedotus 177. Helsinki.
- KAUTIA, E. 1966. Kuori polttoaineena pieneköissä kattiloissa. Tukkien kuorinta ja kuorien käyttö. Sahateollisuuden sivutuoteyhdistys ry. Helsinki.
- KIVIMAA, A. 1973. Sahalaitoksen jätteet ja sivutuotteet sekä niiden taloudellinen merkitys. Teknillinen korkeakoulu. Seminaarisitelmä.
- KUKKONEN, A. 1973. Puutarhaviljelijän lannoitemuistio. Puutarhakalenteri.
- KURKI, M. 1963. Suomen peltojen viljavuudesta. Viljavuuspalvelu Oy.
- KÖNIGSBRUNN, 1965 a. Kompostieren — leicht gemacht.
- » — 1965 b. Heisskompostierung — eine wirtschaftliche Methode.
- KÄRKKÄINEN, T. 1971. Tapa valmistaa yhdistettyjä kuori- ja puulevyjä. Pat.hak. no 1644/71.
- LIIRI, O. — JUVONEN, R. 1963. Puun kuori ja sahajauho levyjen raaka-aineena. Pienpuu. toimik. julk. n:o 153.
- » — 1966. Kuoren käyttö levyjen valmistuksessa. Tukkien kuorinta ja kuoren käyttö. Sahateollisuuden Sivutuoteyhdistys ry. Helsinki.
- MATER, J. 1969. Bark, problem or opportunity. Woodworking Digest 71.3.
- MCNEELY, W. ja MORGAN, W. 1968. Classification and development. Turf-Grass Times. March.
- MENGEL, K. 1968. Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze. Dritte Auflage. VEB. Gustav Fischer Verlag. Jena.
- Mekaaninen Puuteollisuus 1964. Suomen Puuteollisuusinsinöörien yhdistys ry.
- Metsätalastollinen vuosikirja 1968. 1969. Folia For. 70. (Inst. For. Fenn.).
- Mo och domsjö Ab. MoDo Myllan. Kaupallinen esite.
- MÄKINEN, A. 1969. Kuori-jätteleipelevy. Käsikirjoitus.
- MÜLLER, G. 1965. Bodenbiologie. VEB. Gustav Fischer Verlag. Jena.
- OLSEN, O.-B. 1963. Multa elää. Karisto. Hämeenlinna.
- PEHRSON, R. 1966. Utilization of bark as fuel. Symposium on mechanical barking of Timber. ILO. New York.
- POKORNY, F. A., PERKINS, H. F. 1967. Utilization of milled pine bark for propagation woody ornamental plants. For. Prod. J. 17 (8).
- PUUSTJÄRVI, V. 1968. Turvesanastoa. Puutarhakalenteri. Puutarhaliitto ry. Helsinki.
- RAISKINMÄKI, P. 1969. Kuorihumuskokeita Närpiössä 1969. Puutarha n:o 12.
- » — 1971. Kuorihumuskokeet Närpiössä 1960—1970. Puutarha n:o 1.
- RAUTAVAARA, T. 1957. Asumajätteen käsittely. Puutarhaliitto ry:n opaskirja n:o 8.
- SALMINEN, J. 1966. Katsaus puutavaran kuorintaan. Tukkien kuorinta ja kuoren käyttö. Sahateollisuuden Sivutuoteyhdistys ry.
- SALO, E. 1963. Saha-, vaneri- ja rullateollisuuden jätteen tuotos ja käyttö v. 1960. Pienpuu. toimik. julk. n:o 154.
- SARLES, R. L. 1969. Economic aspects of bark utilization. Report by the Subcommittee for Economics Bark Utilization Committee. Forest Products Research Society. San Francisco, California.
- SOLBRAA, K. 1967. Fersk og kompostert bark som jordforbedringsmiddel og kompostering av bark. Meddelekker fra Det Norske Skogsforsøksvesen Nr 85. Bind XXIII.
- » — 1972. Bruk av bark ved plantedysking. Foreløpig rapport. Det Norske Skogsforsøksvesen.
- SUHONEN, I. 1968. Kuorihumus kasvualustana. Journal of the Scientific Agric. Soc. of Finland. 40. (79—87).
- SUNDMAN, V. 1965. A study of lignolytic soil bacteria with special reference to α -condendrin decomposition. Acta Polyt. Scand. Ch. 40. 116 pp.
- SUNDMAN, V. ja NÄSE, L. 1971. A Simple Plate. Test for direct visualization of biological lignin degradation. Paperi ja Puu n:o 2.
- SUOLAHTI, O. 1964. Laho ja sen torjunta. Mekaaninen Puuteollisuusinsinöörien yhdistys ry.
- TAMMINEN, Z. 1962. Fuktighet, volymvikt mm. hos ved och bark I. Tall. Kungl. Skogshögskolan — Institutionen för virkeslära. Uppsatser nr R 41.
- » — 1964. Fuktighet, volymvikt mm. hos ved och bark II. Gran. Kungl. Skogshögskolan — Institutionen för virkeslära. Uppsatser nr R 47.

- Tukkien kuorinta ja kuoren käyttö 1966. Sahateollisuuden Sivutuoteyhdistys r.y. Helsinki.
- WAHLMAN, M. 1962. Sahausjätteet polttoaineena. *Pienpuu. toimik. tied. n:o 63.*
- VARTIJA, 1970. Kasvihuonetomaatin viljely. Puutarhaliiton opaskirja n:o 18.
- WARTLUFT, J. L., WOLF, C. H. 1968. Profit possibilities with hardwood bark. *Southern Lumberman*. December 15.
- WINELL, B. 1969. Tall- och granbarkens kemi. Kollokvium beträffande barkens kemiska sammansättning och användningsmöjligheter. Centrallaboratoriv Ab. Helsingfors.
- WILDE, S. A. 1958. Marketable sawdust composites. Their preparation and fertilizing value. *Forest Prod. VIII. (11).*
- VIRTANEN, P. 1962. Kuorintajäte polttoaineena. *Ekono. Helsinki.*
- » — 1963. Fuel properties of barking refuse from Finnish Tree Species. *Paperi ja Puu n:o 5.*
- VOIGT, B. W. 1950. Liquid ammonia treatment of compost fertilizer. *Soil Science of Am. Proc. Vol. 14.*
- WOLF, C. H., WARTLUFT, J. L. 1969. Hardwood bark ... from nuisance to nest egg. *The Northern Logger and Timber Processer*. August.
- VUORELAINEN, O. 1958. Puu polttoaineena ja puun polttolaitteet. *Pienpuu. toimik. julk. n:o 49.*

Summary:

USING POSSIBILITIES OF BARKING WASTE IN SAWMILL INDUSTRY

Specially using as a soil improver and substrate for plants

In sawmill industry the actual product, timber, comprises only about half of the raw material used, and nearly a half is waste. The residue of the actual wood is good raw material for pulp and board industries, but the question of the use of barking waste still remains to a great extent unsolved. This research deals with the possibilities to utilize the barking waste of sawmill industry in general and, in particular, its use as a soil improver and substrate for plants. It also explains the industrial manufacturing method of composted bark, bark humus, developed by the author as well as the properties of bark humus.

Since the author has been educated in the wood processing industry and the report of the research has been intended mainly for people in the wood processing industry, the beginning deals more extensively with the theoretical problems connected with the subject than is usual, such as the chemical and physical properties of bark, plant physiology, humus conceptions as well as composting and the decomposition of carbohydrates, cellulose and lignins. This introduction is restricted to deal with the basic knowledge on the subjects, but it gives a good basis for further study also for such readers who have not studied the subjects earlier.

The first part of the actual report of the research consists of a literature study. It begins with log debarking and its effects on the properties of barking waste. The moisture content of the barking waste depends also on the debarking methods, for while the moisture content of the bark in a growing tree is 72–100 % (ZHITKOV), the moisture content after wet debarking is 300–600 % (VIRTANEN 1962). According to VIRTANEN (1962) the density of barking waste in rotary debarking of pine logs is $110 \text{ kg/loose m}^3 \pm 25 \%$ and of spruce logs $130 \text{ kg/loose m}^3 \pm 20 \%$. The density indicated as solid material is $0.34\text{--}0.44 \text{ m}^3/\text{loose m}^3$ in pine and $0.29\text{--}0.43 \text{ m}^3/\text{loose m}^3$.

According to literature the amount of barking waste in sawmills is $2.2 \text{ loose m}^3/\text{std} = 0,47 \text{ loose m}^3/\text{m}^3$ in pine logs and $2.1 \text{ loose m}^3/\text{std} = 0,44 \text{ loose m}^3/\text{m}^3$ in spruce logs (VIRTANEN 1962).

The total of barking waste in Finnish sawmill industry is over 2 million loose m^3/yr or close to 0.25 million tons.

The part concerning the possible uses of barking waste begins with the introduction of a list by KANTOLA (1971). The uses as fuel, raw material for boards, as well as a soil improver and substrate for plants have been dealt with more in detail. Figure 1 shows the heat values of different kinds of wood wastes as a function of moisture. According to PEHRSON (1966) the heat values of dry bark are as follows:

Finnish pine:	higher $31.3 \times 10^6 \text{ J/kg}$
	lower $20.0 \times 10^6 \text{ »}$
Finnish spruce:	higher $19.95 \times 10^6 \text{ »}$
	lower $18.65 \times 10^6 \text{ »}$

The use of barking waste as fuel to generate heat energy is generally made difficult by the high moisture content. Particularly in the 1950's the study was concentrated upon the use of wood residues as fuel, but not particularly on the use of mere barking waste. However, the barking waste is only slightly different from the other moist wood residues, so that fire bases of the same type are suited both to wood and barking wastes. The use as fuel is, in fact, the only economically noteworthy use of barking waste.

Barking waste can be used in board manufacture, using several different methods, or it can be used as part of the raw material (LIIRI 1966, MÄKINEN 1969, DEPPE 1972). However, the quality of the boards is generally weaker and despite the low price of the bark raw material the manufacturing costs do not essentially lower. Therefore, the assumptions about the marketing difficulties of the boards are the main hindrance for the start of the industrial manufacture of bark-boards.

The main emphasis of the research is on the use of bark as a soil improver and substrate for plants, and accordingly also in the literature study this part is the most extensive. In Finland these investigations were started by HALLENBERG (1965 a,

1965 b, 1966, 1971) but they did not result in any industrial manufacturing method.

In North-America the use of barking waste as a mulch and soil improver is very common, as well as the manufacture of the corresponding products on an industrial scale, and the literature concerning the field is abundant. However, the barking waste is not only used as a mere substrate for plants, which was the particular aim of this research. Table 5 illustrates the properties of Douglas Fir bark according to BOLLEN (1969) and table 6 the nutrient contents of various types of bark and wood species. Among others, WOLF and WARTLUFT (1969) have given information about the manufacture and the manufacturing costs. The price of bark ranged between 65–80 mk/t. In growth experiments the use of mere composted bark as a substrate for plants did not generally prove to be profitable (BAKER and HARDER 1960) but the reason for this is mainly the nitrogen situation (BOLLEN and LUN, 1957).

Except for some experiments there is no information in German literature about bark composting on an industrial scale. The use of cultivated bacteria strain and, in particular, the use of Eokomit in the manufacture has been studied by HUSZ (1964), but he cannot give any certain final result. Figure 2 illustrates the effect of bark and peat on the water- and air-space of the soil according to BAUMAN (1966). In addition to BAUMAN, HOFFMANN also (1967 a, 1967 b, 1969) has particularly investigated bark composting and its use, especially with forest tree seedlings.

In the Nordic countries, in addition to Finland, also in Norway the use of bark as a soil improver and substrate for plants has been studied with SOLBRAA (1967, 1972) the pioneer. The utilization experiments were started with forest tree seedlings, but since 1964 also various agricultural plants have been experimented on. The addition of bark without added fertilizers regularly decreased the growth results. SOLBRAA has also performed various manufacturing experiments and states that the bark decomposes fastest in the following circumstances:

1. Nitrogen added 1–2 % as urea and 0.4 % phosphorus as double superphosphate
2. Moisture content 60–70 %
3. Good aeration
4. pH 5.4–9.0
5. Temperature 40–60° C.
6. Crushed bark

SOLBRAA (1972) also shows a comparison between Norwegian, Swedish and Finnish compost and peat (table 11).

The actual report of the experiments and investigation begins with a review of the earlier publications by the investigator (O. ISOMÄKI 1966 a, 1966 c, 1967, 1967 b, O. ISOMÄKI and J. ISOMÄKI 1968, O. ISOMÄKI 1967 c, 1968 b and 1968 c).

The principal aim of the investigator has been the development of an industrial manufacturing method of bark humus. Therefore, a great deal of attention has been paid to the properties of barking waste at sawmills and particularly to the apparatus suitable for their tearing and handling. Table 18 give data on bark tearing machines on the market in 1972. The energy consumption in bark tearing in the manufacture of bark humus is 2–3 kWh/loose m³. Also various proportioning devices of additives are briefly dealt with. The manufacturing method of bark humus developed by the investigator (which Kuorihumus Oy has sold to Sweden, Germany and Hungary, etc.) is illustrated in figure 7, 8, 9 and 10.

A prerequisite for industrial manufacture is usually its profitability and, consequently, the investigator has paid attention also to the manufacturing costs. In the most profitable cases the investment costs rose up to 39.000–74.000 mk. The manufacturing costs can be approximately calculated with the following mathematic formula:

$$k = (a_1 \cdot h_1 + a_2 \cdot h_2 + a_3 \cdot h_3) + \frac{b+c+d+e}{m}$$

k = manufacturing cost, mk/loose m³ ready humus

a₁, a₂ and a₃ amounts of additives, kg/loose m³ ready humus

h₁, h₂ and h₃ corresponding raw material prices mk/kg

b = wages mk/yr

c = energy costs mk/yr

d = capital costs mk/yr

e = miscellaneous costs mk/yr

m = production of loose m³/yr ready humus

According to this the minimum costs are 3.89 mk/loose m³ and 2.57 mk/loose m³ with annual productions of 5000 loose m³ and 20,000 loose m³.

The properties of bark humus have been dealt with most widely in a growth experiment of tomatoes in 1968, in which there were 120 squares of 2.34 m². In this experiment the effects of coarseness, humification degree, wood species, watering, and fertilizing on the properties and yields were investigated. It was observed that

the humification degree affected the yield and also the need for fertilizing. The resulting yield in completely fresh bark was surprisingly good, 13.0 kg/m² or 85 % of the yield obtained in well-composted bark humus (table 19). In the total use of nutrients (table 20) there were differences mainly as far as nitrogen, phosphorus, calcium and boron were concerned. It was particularly observed that the need for nitrogen is clearly greatest in little composted humus, in which the process of decomposition is just going on. Figure 14 shows the development of the nutrient level during the growing period at various humification degrees. Table 21 illustrates the development of various structural properties and the dependence on humification degree. The humification degree has no considerable effect on the porespace and it did not change much during the growth period, but the change in the air-space was clearly greatest in well-composted bark (lowered 26 %). The best yield was obtained in very coarse-grained bark humus and the weakest in fine-grained (table 22). On the basis of the results concerning the structural properties (figures 15, and 16, table 24) and the development of roots, the reason for the differences in crop yield seems to be mainly the size of the air-space. The joint effect of the size of grains and the humification degree, shown in table 24, is of particular interest. According to it, particularly in well-composted bark humus the growth of the grain size increases the crop yield while in fresh bark the best yield was obtained with very fine-grained bark. An explanation for the previous case is that the air-space has become too low while in the latter case the growth of cation exchange capacity with the size of grains becoming smaller is decisive. The wood species had no great effect on the crop yield (table 26) and also this difference can be explained to result from the faster decomposition of spruce bark.

The changes in the amount of watering did not seem to have effect on the development of the nutrient level (figure 22), but they did have effect on the crop yield (table 27), mainly due to the different demand for watering in humus of different types. It must be observed in watering that the bark humus substrate must not become so wet that water will be separated while squeezing it with hands, as is the case with peat.

The effects of the amounts of fertilizers were observed to depend on the quality of bark humus as far as nitrogen is concerned. In a well-composted substrate the addition of nitrogen lowered the crop yield but in fresh bark it increased

the yield (table 29). The addition of potassium fertilizer lowered the crop yield but the addition of phosphorus fertilizer slightly increased the yield and, in particular, improved the quality of the crop (table 31).

A concise comparison between the bark humus of different manufacturers and peat indicated that there had been differences in crop yields between the different manufacturers (table 32), but they can be explained due to the different humification degrees. The crop yields of peat squares was completely in the same category as the squares of bark humus.

A summary of the analysis results of bark humus, in all experiments which were carried out, is in table 33, where also the averages and the average distribution have been calculated. Table 34 shows the differences of analysis results between northern and southern Finland. In northern Finland there has clearly been less calcium and phosphorus but more manganese than in southern Finland.

Since the properties of bark humus can vary and their differences affect, among other things, the crop yield, it is very important that the users obtain the quality they want. Therefore, the investigator has made up bark humus standards used by Kuorihumus Oy which define the grades as accurately as possible.

The experiences of other users are also valuable although they can be influenced by the mistakes of the users themselves. Table 35 shows experiences of users, followed by opinions. While comparing these with each other and with the investigation results given earlier, clear mistakes in use can be noticed, particularly common is excessive watering.

After the investigations of the use and the properties, some check experiments were performed, pertaining to the manufacture. The intention of the experiment was to reach the desired final nutrient degree mainly by means of additives during the manufacture, particularly in the case of fully-fertilized bark humus. Figure 24 shows the changes of nutrient degrees in experiments as well as the temperatures. The nutrient degrees, however, change during the process so variably that the manufacture of fully-fertilized bark humus without post-fertilizing does not seem possible.

Table 36 shows the manufacturing amounts of bark humus and their development in 1969–1971. In this connection also manufacturers' data about the sales prices (5.34 mk/loose m³) and costs are given. In several cases local difficulties and experimenting costs have raised the manufacturing costs higher, but in the most economical case with the

bark price being 0.75 mk/loose m³ the profit was 1.69 mk/loose m³. In that case the value of bark as fuel was on the average 1.49 mk/loose m³, according to the respondents.

The report of the investigation also contains a comparison with other investigation results and manufacture in other countries. In these parts the data, in addition to literature, is based on the investigator's own observations while travelling in Norway, the United States and Canada. The experiments by SOLBRAA (1967 and 1972) have been closest to the Finnish experiments but not even Solbraa has performed investigations of completely the same type and pertaining to the same things, so that comparison is difficult. Descriptions about the manufacture are from Fossum Bruk sawmill near Oslo in Norway, Western Sawdust Co near Seattle, Rayonier Company in Vancouver, Longview sawmill of Weyerhaeuser Company, Boise Cascade Corporation in Emmet and Greenlife Products Co at West Point. Of the Finnish investigators SUHONEN (1968) has investigated bark humus as a substrate for tomato and balsam, and RAISKINMÄKI (1969, 1971) as a substrate improver for tomato. The results, although quite preliminary, support the results of this research.

On the basis of the results of this research separate instructions for greenhouse cultivation, for cultivation in the open and for cultivation on the grass were made. Table 40 shows the basic fertilizing instructions in greenhouse cultivation and table 41 for cut flowers and plants in pots. The basic fertilizer recommended on the grass

when using half-fertilized bark humus is garden calcium 30 kg/are, garden Super Y (mixed fertilizer) 10 kg/are and fine phosphate 15 kg/are.

Finally, a survey has been made of the profitability of the bark utilization possibilities and of its significance to sawmill industry. Also the application possibilities of the research were surveyed.

The value of bark sold for fuel at a sawmill has been only about 1 mk/loose m³ (O. ISOMÄKI 1968 a). In the company's own use the value depends mainly on capital costs, being approximately 2–5 mk/loose m³. Comparing the bark profit with the price of actual timber, it has been only about 0.3–0.7 %. The figure reveals one of the difficulties for the development of bark use, for even if the value of the use would rise to the figures indicated, it would only be 4 % of the price of timber. Therefore, sawmills are not very interested in spending money on the development of the use, since the significance in any case is very small, although, considering the whole Finnish sawmill industry there is a possibility of an increase of approximately 20–25 million marks in the net profit. There are no significant possibilities of bark use other than as fuel. However, bark suits very well, at least as well as peat, for a soil improver, substrate for plants, and raw material for fertilizers, but in that case, with the exception of the last-mentioned, a fairly cheap product is concerned which makes manufacturing expansion difficult. To make the use of bark humus common, still more research is required and, above all, informative work among the users and manufacturers.

LIITE 1.

Tomaattikokeen koeruutujen ryhmittely

Ohjelmanumerointi sivulla 92

1. koeruutu, ohjelma	11/21/31/41/51/62	61.	»	11/21/31/42/51/61
2. »	13/22/31/41/51/62	62.	»	13/21/31/41/52/62
3. »	11/21/31/42/51/61	63.	»	11/21/31/41/51/61
4. »	81	64.	»	11/22/31/41/51/62
5. »	11/21/31/41/51/61	65.	»	12/22/31/41/51/62
6. »	15/22/31/41/51/61	66.	»	12/21/32/41/51/61
7. »	11/22/31/41/51/61	67.	»	11/22/31/41/52/62
8. »	11/22/31/51/52/61	68.	»	11/22/31/42/51/61
9. »	12/22/31/41/52/61	69.	»	13/22/31/41/52/62
10. »	14/22/31/41/51/61	70.	»	13/21/31/41/52/61
11. »	12/21/31/41/52/61	71.	»	12/21/31/41/52/62
12. »	12/22/31/41/51/62	72.	»	12/22/31/41/52/61
13. »	13/22/31/41/51/61	73.	»	13/22/31/42/51/61
14. »	13/21/31/42/51/61	74.	»	12/21/31/43/52/62
15. »	12/21/31/41/51/62	75.	»	12/22/31/41/51/62
16. »	12/22/32/41/51/61	76.	»	12/22/32/42/52/62
17. »	13/21/31/41/52/61	77.	»	12/21/31/41/52/62
18. »	12/22/31/41/51/61/71	78.	»	13/21/31/41/51/62
19. »	12/22/31/41/52/61	79.	»	13/21/31/41/51/61
20. »	12/21/32/43/52/61	80.	»	11/21/31/41/52/62
21. »	12/21/31/41/52/61	81.	»	13/21/31/42/51/61
22. »	12/21/32/42/52/62	82.	»	11/21/31/43/51/61
23. »	13/21/31/41/51/62	83.	»	13/21/31/41/52/62
24. »	11/21/31/41/52/61	84.	»	12/21/31/41/52/61
25. »	12/21/31/41/51/62	85.	»	11/22/31/41/51/61
26. »	15/22/31/41/51/61	86.	»	12/21/32/41/51/61
27. »	13/22/31/41/51/62	87.	»	13/22/31/41/52/61
28. »	12/21/31/41/52/62	88.	»	12/21/31/41/51/62
29. »	11/22/31/41/52/62	89.	»	13/21/31/41/51/61
30. »	14/22/31/41/51/61	90.	»	11/22/31/41/51/61/71
31. »	11/21/31/41/52/62	91.	»	11/21/31/41/52/61
32. »	13/22/31/41/52/61	92.	»	13/22/31/42/51/61
33. »	11/21/31/41/52/61	93.	»	12/22/31/41/51/61
34. »	12/21/31/43/51/61	94.	»	12/22/31/41/51/61/71
35. »	11/22/31/41/52/62	95.	»	12/22/31/41/51/61
36. »	12/23/31/43/51/61	96.	»	12/23/31/41/51/61
37. »	11/22/31/41/52/61	97.	»	11/22/31/42/51/61
38. »	11/22/31/41/52/62	98.	»	11/22/31/41/51/61
39. »	11/22/31/42/51/61	99.	»	13/22/31/41/51/62
40. »	13/21/31/41/51/61	100.	»	13/21/31/41/51/62
41. »	12/21/31/41/51/61	101.	»	12/21/31/42/51/61
42. »	12/22/31/41/51/61	102.	»	11/22/31/42/51/61
43. »	13/22/31/41/52/61	103.	»	11/22/31/41/52/61
44. »	13/21/31/41/52/62	104.	»	12/23/31/41/51/61
45. »	11/22/31/41/52/62	105.	»	13/22/31/41/52/62
46. »	12/21/32/42/52/62	106.	»	11/21/31/43/51/61
47. »	12/21/31/43/51/61	107.	»	12/21/31/42/51/61
48. »	81	108.	»	12/21/32/43/52/61
49. »	11/22/31/42/51/61	109.	»	13/22/31/42/51/61
50. »	11/21/31/41/51/62	110.	»	11/22/31/41/52/62
51. »	12/21/31/41/51/61	111.	»	12/22/32/41/51/61
52. »	12/22/32/42/52/62	112.	»	13/21/31/41/52/61
53. »	13/21/31/42/51/61	113.	»	11/21/31/42/51/61
54. »	11/21/31/41/51/61	114.	»	12/21/31/41/51/61
55. »	11/22/31/41/51/62	115.	»	11/21/31/41/51/62
56. »	12/23/31/43/51/61	116.	»	12/21/31/43/52/62
57. »	13/22/31/41/51/61	117.	»	11/21/31/41/52/62
58. »	12/21/31/42/51/61	118.	»	13/22/31/41/51/61
59. »	11/22/31/42/51/61	119.	»	11/22/31/41/51/61/71
60. »	13/22/31/41/52/62	120.	»	11/22/31/41/51/62

LIITE 2

Satotulokset koeruudittain (kg/mf)

Koeruutu n:o	Koko sato kg	Hedelmien määrä kpl	Hedelmien paino g				
				59	15,13	215	70,4
				60	10,10	153	65,8
				61	11,77	175	67,3
				62	15,39	215	71,8
1	13,52	200	67,5	63	14,55	208	70,0
2	12,33	197	62,7	64	16,24	231	70,3
3	13,49	213	63,4	65	13,63	184	74,2
4	14,61	209	69,9	66	14,93	229	65,2
5	15,85	221	71,9	67	14,50	206	70,4
6	15,26	215	71,0	68	14,92	213	70,0
7	15,75	202	77,9	69	16,70	229	72,8
8	14,39	199	72,4	70	15,31	203	75,6
9	11,60	192	60,3	71	12,44	199	62,6
10	16,10	214	75,3	72	14,09	229	61,4
11	10,64	185	57,6	73	13,24	182	72,9
12	12,89	194	66,3	74	12,50	204	61,2
13	14,20	187	75,9	75	16,32	228	71,7
14	13,97	191	77,3	76	15,04	213	70,6
15	12,38	173	71,7	77	14,01	215	65,3
16	14,87	204	72,8	78	12,35	194	63,7
17	14,93	217	68,8	79	11,92	182	65,3
18	12,88	194	66,3	80	15,02	224	67,1
19	13,35	193	69,1	81	13,34	207	64,5
20	14,03	203	69,0	82	17,40	241	72,2
21	13,40	250	57,7	83	9,53	153	62,1
22	15,47	225	68,7	84	16,27	234	69,5
23	10,16	164	61,9	85	16,69	259	64,5
24	16,44	231	71,1	86	14,99	221	68,0
25	13,54	212	63,9	87	19,78	277	71,5
26	16,06	241	66,7	89	10,73	164	65,4
27	9,26	159	58,2	90	15,14	195	77,5
28	14,62	204	71,7	91	14,37	198	72,5
29	15,95	218	73,2	92	15,49	212	73,2
30	17,44	215	81,1	93	11,90	191	62,3
31	12,20	175	69,6	94	9,98	151	66,0
32	14,37	202	71,3	95	13,46	195	68,9
33	12,07	180	67,1	96	12,85	174	74,1
34	12,86	198	65,0	97	16,21	232	70,0
35	16,53	225	73,4	98	15,09	222	67,9
36	13,81	206	67,2	99	13,80	192	71,9
37	16,53	234	70,7	100	14,39	204	70,6
38	16,30	231	70,6	101	11,14	186	59,9
39	18,06	239	75,5	102	13,44	206	65,1
40	16,94	243	69,7	103	14,46	202	75,1
41	14,59	222	65,8	104	16,03	231	69,5
42	13,88	217	64,0	105	15,47	197	78,5
43	15,14	215	70,6	106	16,77	216	77,7
44	14,34	201	71,2	107	14,78	205	72,0
45	16,16	244	66,2	108	14,38	204	70,4
46	15,95	234	68,2	109	13,15	173	71,7
47	13,32	212	62,8	110	14,63	201	72,8
48	14,98	245	61,1	111	14,52	220	66,0
49	13,72	198	69,2	112	14,79	206	71,7
50	14,76	206	71,6	113	15,70	220	71,3
51	14,54	226	64,2	114	16,61	239	69,4
52	13,18	207	63,7	115	16,59	229	72,3
53	8,47	143	59,1	116	16,66	206	81,0
54	16,27	222	73,2	117	17,02	201	84,5
55	17,53	247	71,0	118	9,20	175	52,5
56	15,88	225	71,0	119	14,81	236	62,7
57	9,11	166	55,0	120	19,42	259	75,1
58	15,59	260	59,9				

Yhteenvedo rakenne- ym. ominaisuuksien muutoksista kasvukauden aikana (2. 4. — 8. 8.)

Kuorihumuslaatu	Huokoisuus %	Vestillä %	Imatilla %	Vaihtokapa- siteetti me/l	Raakakuitu %	Matumis- te (v. Post)	Seulonnan jakautumis-% (A = peruseulonta, B = kuivaseulonta)							
							6 mm		2 mm		0,6 mm		Läpäissyt	
							A	B	A	B	A	B	A	B
Maatumisasteen vaikutus rakenne- ym. ominaisuuksien säilymiseen														
Pitkälle humustunut	Alussa 86,35	52,7	32,65	93,94	76,68	H3,5	21,13	15,22	23,43	26,26	20,16	25,23	36,26	33,29
	Lopussa 81,54	55,3	24,24	151,57	43,14	H5,9	30,51	22,76	29,21	34,60	27,89	35,60	12,39	7,06
Vähän humustunut	Alussa 88,10	53,9	33,54	53,19	70,40	H2,0	19,27	16,91	26,88	31,78	17,20	27,80	35,71	30,20
	Lopussa 85,50	54,9	31,88	84,00	46,00	H3,8	22,20	14,26	34,33	39,29	26,40	36,63	15,53	9,83
Raaka männyn kuori	Alussa 89,02	50,6	35,42	66,57	65,30	H1,5	38,31	29,42	18,38	30,51	11,79	17,09	31,50	34,14
	Lopussa 83,80	52,4	31,40	82,86	40,42	H3,8	26,75	22,81	36,48	40,40	22,69	29,64	14,08	7,13
Korkeusasteen vaikutus														
Hienojakoinen	Alussa 88,13	53,4	33,39	77,41	71,65	H2,7	19,23	13,23	24,47	27,49	18,47	26,92	38,16	33,96
	Lopussa 83,46	55,4	28,60	110,41	42,56	H5,2	22,11	15,51	33,09	36,83	28,11	38,42	16,99	92,40
Karkeajakoinen	Alussa 87,39	51,0	34,51	71,69	70,66	H2,4	34,55	18,75	21,96	32,18	16,40	20,23	26,34	28,93
	Lopussa 83,16	52,6	29,89	109,87	42,47	H4,6	31,95	25,82	33,75	38,82	22,73	28,69	11,57	6,66
Erittäin karkeajakoinen ...	Alussa 87,45	48,5	38,95	76,80	66,70	H3,0	42,60	27,15	18,80	29,65	13,15	16,10	25,45	27,10
	Lopussa 84,50	50,5	34,00	84,45	44,80	H4,0	40,25	34,75	29,35	35,65	18,95	24,55	11,45	5,05
Typilannoituksen vaikutus														
Normaali N 100 %	Alussa 88,47	52,1	34,78	76,91	72,63	H2,5	26,56	17,49	24,53	29,40	17,72	22,67	31,92	32,71
	Lopussa 83,37	54,4	29,50	107,51	42,76	H4,9	28,17	20,57	33,67	39,17	25,67	34,72	12,44	6,18
Runsas N 150 %	Alussa 87,26	52,5	32,69	71,38	69,41	H2,6	28,49	14,85	21,69	30,85	16,31	24,35	33,51	30,03
	Lopussa 83,24	53,4	28,14	120,75	42,17	H4,8	25,33	13,87	33,42	35,81	25,04	32,78	16,59	10,60
Puulajin vaikutus														
Mäntykuorihumus	Alussa 87,23	53,3	33,95	73,57	73,54	H2,8	20,20	16,07	25,16	29,02	18,68	26,52	35,99	31,75
	Lopussa 83,52	55,1	28,06	117,80	44,02	H4,9	26,36	18,51	31,77	36,95	27,15	36,12	13,96	8,45
Kuusikuorihumus	Alussa 86,32	50,0	36,32	90,72	63,78	H3,8	29,64	17,92	21,08	27,08	17,06	20,14	32,22	35,42
	Lopussa 81,70	50,4	28,70	101,70	36,40	H7,0	28,94	22,58	26,20	33,66	22,98	28,96	21,88	14,80
Kuorihumuksen/Kasvuturpeen vertailu														
Kuorihumus	Alussa 87,23	53,3	33,95	73,57	73,54	H2,8	20,20	16,07	25,16	29,02	18,68	26,52	35,99	31,75
	Lopussa 83,52	55,1	28,06	117,83	44,62	H4,9	26,36	18,51	31,77	36,95	27,15	36,12	13,96	8,45
Kasvuturve	Alussa 90,60	58,0	32,60	64,00	41,30	H3,0	8,70	35,00	12,00	25,40	13,60	16,00	65,70	23,40
	Lopussa 85,40	67,0	18,40	81,80	12,80	H4,0	40,00	31,00	15,60	34,30	12,70	16,40	31,70	18,30

ISOMÄKI, OLAVI

O.D.C. 839.84: 232.322.44

1974. Using possibilities of barking waste in sawmill industry. Specially using as a soil improver and substrate for plants. ACTA FORESTALIA FENNICA 140.82 p. Helsinki.

The residue of the actual wood is good raw material for pulp and board industries, but the question of the use of barking waste still remains to a great extent unsolved. This research deals with the possibilities to utilize the barking waste of sawmill industry in general and, in particular, its use as a soil improver and substrate for plants. It also explains the industrial manufacturing method of composted bark, bark humus, developed by the author as well as the properties of bark humus and the economy of manufacturing.

Author's address: Oy Iskun Tehtaat, Munkkulankatu 19, SF-15240 Lahti 24, Finland.

ISOMÄKI, OLAVI

O.D.C. 839.84: 232.322.44

1974. Using possibilities of barking waste in sawmill industry. Specially using as a soil improver and substrate for plants. ACTA FORESTALIA FENNICA 140.82 p. Helsinki.

The residue of the actual wood is good raw material for pulp and board industries, but the question of the use of barking waste still remains to a great extent unsolved. This research deals with the possibilities to utilize the barking waste of sawmill industry in general and, in particular, its use as a soil improver and substrate for plants. It also explains the industrial manufacturing method of composted bark, bark humus, developed by the author as well as the properties of bark humus and the economy of manufacturing.

Author's address: Oy Iskun Tehtaat, Munkkulankatu 19, SF-15240 Lahti 24, Finland.

ISOMÄKI, OLAVI

O.D.C. 839.84: 232.322.44

1974. Using possibilities of barking waste in sawmill industry. Specially using as a soil improver and substrate for plants. ACTA FORESTALIA FENNICA 140.82 p. Helsinki.

The residue of the actual wood is good raw material for pulp and board industries, but the question of the use of barking waste still remains to a great extent unsolved. This research deals with the possibilities to utilize the barking waste of sawmill industry in general and, in particular, its use as a soil improver and substrate for plants. It also explains the industrial manufacturing method of composted bark, bark humus, developed by the author as well as the properties of bark humus and the economy of manufacturing.

Author's address: Oy Iskun Tehtaat, Munkkulankatu 19, SF-15240 Lahti 24, Finland.

ISOMÄKI, OLAVI

O.D.C. 839.84: 232.322.44

1974. Using possibilities of barking waste in sawmill industry. Specially using as a soil improver and substrate for plants. ACTA FORESTALIA FENNICA 140.82 p. Helsinki.

The residue of the actual wood is good raw material for pulp and board industries, but the question of the use of barking waste still remains to a great extent unsolved. This research deals with the possibilities to utilize the barking waste of sawmill industry in general and, in particular, its use as a soil improver and substrate for plants. It also explains the industrial manufacturing method of composted bark, bark humus, developed by the author as well as the properties of bark humus and the economy of manufacturing.

Author's address: Oy Iskun Tehtaat, Munkkulankatu 19, SF-15240 Lahti 24, Finland.

ACTA FORESTALIA FENNICA

EDELLISIÄ NITTEITÄ — PREVIOUS VOLUMES

- VOL. 129, 1973. JUHANI PÄIVÄNEN.
Hydraulic Conductivity and Water Retention in Peat Soils. Seloste: Turpeen vedenläpäisevyys ja vedenpidätyskyky.
- VOL. 130, 1973. KAUKO HAHTOLA.
The Rationale of Decision-Making by Forest Owners. Seloste: Metsänomistajien päätöksenteon perusteet.
- VOL. 131, 1973. LEO HEIKURAINEN.
Soiden metsänkasvatuskelpoisuuden laskentamenetelmä. Summary: A Method for Calculation of the Suitability of Peatlands for Forest Drainage.
- VOL. 132, 1973. LEO HEIKURAINEN ja KUSTAA SEPPÄLÄ.
Ojitusalueiden puuston kasvun jatkumisesta ja alueellisuudesta. Summary: Regionality and Continuity of Stand Growth in Old Forest Drainage Areas.
- VOL. 133, 1973. TAUNO KALLIO.
Peniophora gigantea (Fr.) Masseur and Wounded Spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). Seloste: *Peniophora gigantea* ja kuusen vauriot.
- VOL. 134, 1973. KIM VON WEISSENBERG.
Indirect Selection For Resistance to Fusiform Rust in Loblolly Pine. Seloste: Epäsuora valinta *Cronartium fusiforme*-kestävyyden lisäämiseksi Loblolly-männyllä (*Pinus taeda* L.).
- VOL. 135, 1974. HEIKKI VESIKALLIO.
Yksityismetsälöiden alueelliset yhdentymisratkaisut puunkorjuun ja metsänhoitotöiden kustannusten kannalta. Summary: Regional Cooperation in Farm Forests. Possibilities to Control the Costs of Wood Harvesting and Silvicultural Operations.
- VOL. 136, 1974. ANTTI ISOMÄKI and TAUNO KALLIO.
Consequences of Injury Caused by Timber Harvesting Machines on the Growth and Decay of Spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). Seloste: Puunkorjuukoneiden aiheuttamien vaurioiden vaikutus kuusen lahoamiseen ja kasvuun.
- VOL. 137, 1974. TAUNO KALLIO.
Bacteria Isolated from Injuries to Growing Spruce Trees (*Picea abies* L.) Karst.). Seloste: Kasvavien kuusten vaurioista eristetyt bakteerit.
- VOL. 138, 1974. TAUNO KALLIO and PEKKA TAMMINEN.
Decay of Spruce (*Picea abies* (L.) in the Åland Islands. Seloste: Ahvenanmaan kuusien lahovikaisuus.
- Vol. 139, 1974. JUHANI PÄIVÄNEN.
Nutrient Removal from Scots Pine Canopy on Drained Peatland by Rain. Seloste: Ravinteiden siirtyminen sadeveden mukana latvustosta maahan turvemaan männikössä.

KANNATTAJAJÄSENET — UNDERSTÖDANDE MEDLEMMAR

CENTRALSKOGSNÄMNDEN SKOGSKULTUR
SUOMEN METSÄTEOLLISUUDEN KESKUSLIITTO
OSUUSKUNTA METSÄLIITTO
KESKUSOSUUSLIIKE HANKKIJA
SUNILA OSAKEYHTIÖ
OY WILH. SCHAUMAN AB
OY KAUKAS AB
KEMIRA OY
G. A. SERLACHIUS OY
KYMIN OSAKEYHTIÖ
KESKUSMETSÄLAUTAKUNTA TAPIO
KOIVUKESKUS
A. AHLSTRÖM OSAKEYHTIÖ
TEOLLISUUDEN PUUYHDISTYS
OY TAMPELLA AB
JOUTSENO-PULP OSAKEYHTIÖ
KEMI OY
MAATALOUSTUOTTAJAIN KESKUSLIITTO
VAKUUTUSOSAKEYHTIÖ POHJOLA
VEITSILUOTO OSAKEYHTIÖ
OSUUSPANKKIEN KESKUSPANKKI OY
SUOMEN SAHANOMISTAJAYHDISTYS
OY HACKMAN AB
YHTYNEET PAPERITEHTAAT OSAKEYHTIÖ
RAUMA-REPOLA OY
OY NOKIA AB, PUUNJALOSTUS