

VAKOLAn tiedote

73/96



Tapani Kivinen

Kevytsaviharkkojen kuivuminen ja lujuus

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS
Agricultural Research Centre of Finland

VAKOLA

Maatalousteknologian tutkimuslaitos

Osoite
Vakolantie 55
03400 VIHTI

Puhelin
(09) 224 251
Telekopio
(09) 224 6210

Institute of Agricultural Engineering

Address
Vakolantie 55
FIN-03400 VIHTI
FINLAND

Telephone int.
+358 9 224 251
Telefax int.
+358 9 224 6210

ISSN 0355-1415

SISÄLLYSLUETTELO

1	KEVYTSAVITUTKIMUKSEN TAUSTAA	3
2	TUTKIMUSAINIETO	3
3	KÄYTETYT MATERIAALIT	4
3.1	Savi	4
3.2	Runkoaineet	4
4	KEVYTSAVEN TYÖSTÖ JA KUIVAUS	5
4.1	Oljen ja saven sekoitus	5
4.2	Liukuvalu	5
4.3	Saviolkiharkkojen valmistus	5
4.4	Puupohjaisten harkkojen valmistus	5
4.5	Pellavaharkon valmistus	5
4.6	Kevytsaviharkkojen kuivaus	5
5	KOEMENETELMÄT JA TULOKSET	6
5.1	Kosteusmittaukset	6
5.2	Puristuskokeet	6
5.3	Ominaispainot	8
6	JOHTOPÄÄTÖKSET	8
6.1	Saven käyttö rakennustekniikassa	8
6.2	Tutkitut kevytsavituotteet	9
6.3	Kevytsavirakenteet	9
6.4	Jatkotutkimuksesta	10

KIRJALLISUUTTA	10
----------------------	----

KUVALUETTELO

Kuva 1.	Periaatepiirros kevytsaviharkon käyttäytymisestä puristuskokeessa ..	7
Kuva 2.	Kevytsavikappaleiden kosteus ja ominaispainot	11
Kuva 3.	Kohtisuoran ja sivupuristuksen vertailu	12
Kuva 4.	Olkipohjaisten harkkojen suhteelliset muodonmuutokset	13
Kuva 5.	Puupohjaisten harkkojen suhteelliset muodonmuutokset	14
Kuva 6.	Ominaispainon ja muodonmuutoksen suhde	15

1 KEVYTSAVITUTKIMUKSEN TAUSTAA

Tämän selvityksen laatija osallistui Farma-maaseutokeskuksen järjestämälle kevytsaviraikentamisen kurssille Varsinais-Suomen maaseutuoppilaitoksen tiloissa heinäkuussa 1994. Kurssilla tutustuttiin saven ominaisuuksiin ja työstämiseen. Erilaisista työtekniikoista kokeiltiin harkkojen valmistusta vaihtelevista raaka-aineista (saviliete yhdistettynä johonkin kuitumaiseen, lämpöä eristävään runkomateriaaliin), liukuvalutekniikkaa ja erilaisia savirappauksia. Uutuutena kurssilla oli Farma-maaseutokeskuksessa suunniteltu ja Maatalouden tutkimuskeskuksen maatalousteknologian tutkimuslaitoksessa VAKOLAssa rakennettu hydraulitoiminen harkkopuristin. Se osoittautui käyttökelpoiseksi suurempien harkkosarjojen työstövälineeksi.

Kurssin kokeileva luonne antoi perusteet harkkojen ominaisuuksien mittaamiseen MTT-VAKOLAssa. Mielenkiinto kohdistui ensisijaisesti harkkojen puristuslujuuteen sekä kosteuteen. Puristuslujuudessa kiinnosti eri runkomateriaalien aiheuttama kirjo ja se, voitaisiinko harkkoja käyttää itsekantavana rakenteena. Kosteuskäyttäytymisessä kiinnosti harkkojen kuivumiseen tarvittava aika ja olosuhteet.

2 TUTKIMUSAINEISTO

Tutkimuksen kevytsavea koskeva aineisto koostuu kolmesta eri kategoriasta, jotka määrittyvät aineiston iän ja tekopaikan mukaan.

1. Heinäkuussa 1994 tehdyt kevytsavikappaleet, joiden ikä testaushetkellä oli 3 kuukautta (jäljempänä käytetään nimitystä *uudet harkot*)
 - olkipohjaiset harkot (3 kappaletta)
 - puupohjaiset harkot (6 kappaletta)
 - olkipohjainen liukuvaluseinä (1 kappale)
2. Kesäkuussa 1993 tehdyt kevytsavikappaleet, joiden ikä testaushetkellä oli 17 kuukautta (jäljempänä käytetään nimitystä *vanhat harkot*)
 - olkipohjaiset harkot (3 kappaletta)
 - puupohjainen harkko (1 kpl)
3. Vertailuaineistona espoolaisen arkkitehti Harry Bentin tekemät kaksi saviolkiharkkoa, joiden ikä testaushetkellä oli 16 kuukautta (jäljempänä käytetään nimitystä *harkko Bent*)
4. Saviharkkojen lisäksi tutkimukseen otettiin mukaan kevytsoraharkko UH-200, josta mitattiin puristuslujuus vertailukäyräksi kevytsaven kanssa.

Mitattavia kappaleita oli yhteensä 16. Aineisto on lukumääräisesti kapea. Materiaalikirjo ja koekappaleiden tasalaatuisuuden puute antavat vain alustavia suuntaviivoja kevytsavirakenteiden jatkokehittelylle. Tulokset ovat kuitenkin mielenkiintoisia, ja rohkaisevat lisätutkimuksiin.

3 KÄYTETYT MATERIAALIT

3.1 Savi

Uusien harkkojen saviliete valmistettiin Seppälän Tiili Oy:n valmiiksi säkitetystä kuivasta savijauhosta. Reseptillä 400 ltr vettä, 600 kg savijauhoa, 2,5 kg soodaa ja 2,5 kg natriumsilikaattia (vesilasia) saatiin noin 1 m³ valmista savilietettä. Liette sekoitettiin huolellisesti ja annettiin vetäytyä yön yli. Saven jäykkyys mitattiin valumakokeella, jossa 1 dl lietettä muodosti lasilevyllä halkaisijaltaan n. 15 cm ympyrän.

Tutkimuksessa olleiden vanhojen saviolkiharkkojen saven koostumus noudattaa pääosin uusien harkkojen reseptiä. H. Bentin savi tehtiin Lohja Oy:n valmiista savijauhosta veden, soodan ja vesilasin kanssa.

3.2 Runkoaineet

Olki

Vanhojen saviolkiharkkojen runkomateriaalina on käytetty pääasiallisesti rukiin olkea, ja H. Bentin harkoissa vehnän olkea. Uusissa harkoissa ja liukuvaluseinässä käytettiin pyöröpaalattua kauran olkea.

Pellava

Pellavaharkkoon käytettiin korrestansa erotettua pellavakuitua eli rohdinpellavaa.

Kuorike

Kuorikkeena käytettiin Enso-Gützeitin valmispakkaamaa kuoriketta. Se oli rouhittua, seulottua, sisälsi paljon hienojakoista ainesta ja suurimmat yksittäiset kuorikepalaset olivat n. 2 - 3 cm² kokoisia.

Puru

Puruna käytettiin puusepänverstaasta peräisin olevaa tasohöylän kutteripurua, joka sisälsi ohuita, käyrällä olevia n. 1 cm² kokoisia kuivia lastuja.

Lehmänlanta

Lantaharkkoon käytettiin kiinteää lehmänlantaa, jossa oli mukana olkikuiviketta. Erä oli kuitenkin selvästi kosteata.

4 KEVYTSAVEN TYÖSTÖ JA KUIVAUS

4.1 Oljen ja saven sekoitus

Oljen ja saven sekoitusta kokeiltiin aluksi lannanlevitysvaunulla. Levitinsilppurin pyöriesä paalista revittyyn, pitkään olkimassaan sekoitettiin savilietettä. Syntynyt saviolkimassa ajettiin kaikkiaan kolme kertaa lannanlevittimen läpi ja samalla savilietettä lisättiin. Riittävän tasalaatuisuuden saavuttamiseksi loppusekoitus tehtiin talikoilla kääntelemällä. Tavoitteena oli saada tahmaista (ei liian kosteata) massaa, joka hieman pyrki tarttumaan käsiin. Valmis massa sai vetäytyä suojamuovin alla yli yön.

4.2 Liukuvalu

Liukuvalutekniikkaa kokeiltiin n. 12 cm paksuihin väliseiniin. Muotteina olivat tavalliset laudat. Massa tiivistettiin puukapuloilla nuijimalla.

4.3 Saviolkiharkkojen valmistus

Harkkoja valmistettiin käsin massaa sulloen 30 x 40 cm filmivanerimuottiin, jonka jälkeen harkko tiivistettiin pintavaneripalalla ihminen painona. Vanerimuotti nostettiin pois ja alusvanerin päällä lepäävä harkko siirrettiin aurinkoon kuivumaan.

Hydraulista harkkopuristinta varten punnittiin noin 15 kg saviolkimassaa, joka aseteltiin käsin puristimen pesään. Harkon koko oli 30 x 40 cm ja puristin oli säädetty puristamaan 20 cm paksuja kappaleita maksimivoimalla 3 tonnia eli 2,5 kiloa neliösentille. Puristuksen jälkeen harkko näytti hieman palautuvan. Vanerialustalla harkot siirrettiin aurinkoon kuivumaan. Kuivuneiden harkkojen korkeudet vaihtelivat 225 mm ja 255 mm välillä.

4.4 Puupohjaisten harkkojen valmistus

Puru-, kuorike- ja olkikuorikeharkkojen massa sekoitettiin yksinomaan betonimyllyllä. Reseptinä oli yleisesti 1 tilavuusosa savilietettä ja 4 -5 tilavuusosaa runkoaineita. Olkikuorikeharkkoa varten pitkä olki silputtiin noin 10 cm pituiseksi ja lisättiin betonimyllyyn. Olkisilpun osuus oli 1 tilavuusosa ja kuorikkeen 7 tilavuusosaa. Massaa sekoitettiin 3 - 5 minuuttia ja se valettiin joko filmivanerimuottiin tai puristettiin hydraulipuristimella.

4.5 Pellavaharkon valmistus

Pellavarohtimet irroteltiin isosta paalista konehallin lattialle muovialustalle ja sekaan kaadettiin savilietettä. Sekoitus tapahtui pelkästään käsin, sillä massa oli kankeaa ja paakkumaista. Pellavaharkko puristettiin hydraulipuristimella.

4.6 Kevytsaviharkkojen kuivaus

Uudet harkot kuivattiin aluksi noin viikon ajan ulkona lämpimässä säässä ja auringon

paisteessa. Heinäkuun lopussa harkot siirrettiin konehalliin, jossa ne jatkoivat kuivumistaan puusoijojen päällä ilman alusvaneria. Liukuvaluseinä rakennettiin ulkona olevaan, pohjapinta-alaltaan n. 2 x 2 m kokoiseen koetaloon. Samassa koetalossa oli kesäkuussa 1993 pidetyllä kurssilla tehtyjä harkkoja muurattuna valmiiksi seinäksi. Kurssin päätteeksi koetalo suojattiin muovipeitteellä sadetta vastaan. Vanhat ja uudet harkot sekä kappale liukuvaluseinää haettiin kuivumispaikaltaan Piikkiöstä VAKOLAan Vihtiin syyskuun puolessa välissä 1994, ja varastoitiin kylmään kalustohalliin ennen kokeita. Harry Bentin saviolkiharkot olivat olleet varastoituina navetan vintillä.

5 KOEMENETELMÄT JA TULOKSET

5.1 Kosteusmittaukset

Uudet saviolkiharkot ja liukuvaluseinä olivat koehetkellä loka-marraskuun vaihteessa 1994 keskimäärin 14 viikon ikäisiä, ja siis kuivuneet koko ajan lämmittämättömissä sateelta suojatuissa tiloissa. Vanhojen saviolkiharkkojen ikä oli 68 viikkoa ja H. Bentin harkkojen 64 viikkoa.

Harkoista otettiin n. 100 g näytepala pinnasta ja sisältä keskeltä. Näytepalat punnittiin, jonka jälkeen kuivattiin 105-asteisessa uunissa keskimäärin 16 tunnin ajan. Palat punnittiin uudelleen, jonka jälkeen laskettiin poistuneen veden osuus näytepalan kuivapainosta prosentteina.

Kaikki vanhat saviolkiharkot sekä liukuvaluseinä n.12 cm paksu seinä olivat kuivaneet läpikotaisin 5 - 8 % tasapainokosteuteen. Uudet harkot olivat pinnalta kuivuneet 8 - 14 % kosteuteen ja sisältä ne olivat alimmillaankin vasta n. 20 %:ssa. Koeryhmän painavin ja tihein (929 kg/m^3) savipellavajouhiharkko näyttää kuivuneen hyvin hitaasti ja sisältä se oli vielä 67 %:nen. Nopeimmin oli kuivunut 453 kg/m^3 painava uusi saviolkiharkko sekä 672 kg/m^3 painava savipuruharkko. Jos tavoitekosteus on 3 - 5 % kuivapainosta, niin yhden kesän kuivaus ei riitä, vaan vasta ylivuotiset ovat läpikotaisin kuivuneet. Kuvassa 2 on esitetty eri kevytsavikappaleiden kosteus sekä niiden ominaispainot.

5.2 Puristuskokeet

Puristuskokeet tehtiin käsikäyttöisellä hydraulipuristimella, joka antoi maksimissaan 400 kN (40 tn) voiman. Voima mitattiin 200 kN (20 tn) anturilla. Painuma mitattiin sähkömekaanisella anturilla. Tiedot kerättiin suoraan atk-järjestelmään taulukkolaskentatiedostoiksi.

Puristuskokeella haluttiin selvittää harkkojen rakenteellisia ominaisuuksia. Vertailun vuoksi laitteistolla mitattiin kevytsoraharkko UH-200, joka luonteeltaan vastaa kevytsaviharkkoa. UH-200 sahattiin pienemmäksi (leveys 185 mm, pituus 175 mm ja korkeus 195 mm), jotta se sopi paremmin puristuslevyjen mittoihin. Valittu koekappale painui

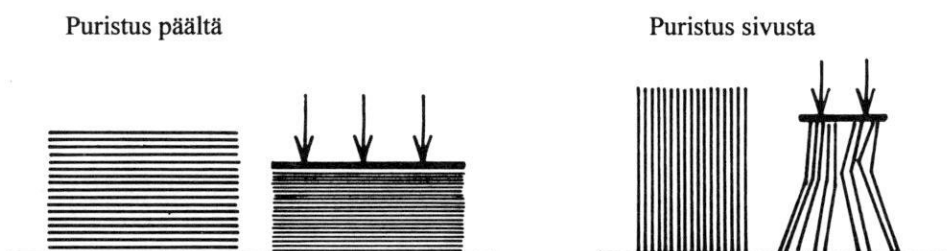
kasaan n. 4 mm, kunnes murtui. Jännitykseksi murtopisteessä saatiin 3,1 MPa. Kevytsaviharkot olivat keskimäärin leveydeltään 300 mm, pituudeltaan 400 mm ja korkeudeltaan 200 mm. Koetilanteessa harkot sahattiin kahtia ja toinen puolisko puristettiin päältä ja toinen sivulta. Liukuvaluseinästä irrotettua koepalasta ei puristettu.

Päällimmäisin havainto puristuskokeissa oli, että varsinaista murtopistettä ei ole olemassa. Harkot painuvat kasaan toisistaan hieman poiketen, ja niitä voidaan luonnehtia plastisiksi kappaleiksi. Puristuskokeen jälkeen harkot vieläpä palautuivat osittain kohti alkuperäismittojansa.

Harkkojen käytön kannalta on oleellista, että ne toimivat seinässä samansuuntaisesti kuin ne on tekovaiheessa puristettu. Tekovaiheen puristussuuntaan eli päältä puristettaessa kappale vain tiivistyi, saattoi hieman pullistuen laajeta ja reunoilta saattoi tipahdella lohkeamia (pääasiassa vain kuorikepohjaisissa harkoissa). Eniten puristui H. Bentin kevein harkko 270 mm:stä 85 mm:iin eli 68 % alkuperäismitasta. Puristuksen jälkeen se palautui 130 mm:iin, joka oli 48 % alkuperäiskorkeudesta. Harkon sisäinen rakenne oli tällöin rikki eli saven ja oljen liimamainen yhteistoiminta oli kadonnut ja harkko hajosi herkästi sitä käsiteltäessä. Vähiten puristui savipuruharkko 127 mm:stä 75 mm:iin eli 40 % alkuperäiskorkeudesta, ja palautui 85 mm:iin, joka oli 33 % alkuperäispaksuudesta. Puristuksessa tiivistynyt savipuruharkko ei hajonnut saviolkiharkon tapaan; siitä tuli kuitulevymäisen kiinteätä massaa ja sitä oli paikoin vaikea kovertaa puukolla.

Tekovaiheen puristussuuntaan nähden sivulta suoritetuissa kokeissa kaikki harkot tuntuivat aluksi vastustavan puristusta voimakkaammin kuin päältä puristettaessa. Ilmiö johtunee siitä, että tekovaiheen puristuksessa oljet, purulastut tai kuorikepalaset asettuvat vaakasuuntaisiksi levymäisiksi tasoiksi. Kun näitä tasojä rasi tetaan päädyistä eli harkkoa sivustapäin, tasot käyttäytyvät jäykkinä levymäisinä rakenteina kunnes tietyn pisteen jälkeen nurjahtavat ja harkko halkeaa selvästi. Kuva 1 havainnollistaa tätä käyttäytymisperiaatetta garaafisesti. Sivupuristuskoe osoitti, että on ensiarvoisen tärkeää asetella harkot seinään oikein päin. Kuvassa 3 on esitetty vertailu saviolkiharkon (370 kg/m^3) sekä savipuruharkon (672 kg/m^3) päältä ja sivusta puristamisen eroista sekä vertailuna suhde kevytsoraharkon käyttäytymiseen.

Kuvassa 4 on esitetty olkipohjaisten harkkojen ja kuvassa 5 puuainespohjaisten harkkojen suhteelliset muodonmuutokset prosentteina. Kuviin 3 - 5 on otettu mukaan kevytsoraharkon puristuskäyrä antamaan vertailupohjaa tarkastelulle.



Kuva 1. Periaatepiirros kevytsaviharkon käyttäytymisestä puristuskokeessa

5.3 Ominaispainot

Tutkimuksessa olleiden kevytsavikappaleiden ominaispainot vaihtelivat välillä 150 - 929 kg/m³. Kevyimmät kuutiopainot olivat H. Bentin harkoilla (150 - 209) ja yleisvaikutelmaltaan ne olivat joustavia ja jopa hauraita. Saviolkimässasta tehtyjen harkkojen ominaispainot vaihtelivat 370 - 636 kg/m³ välillä. Harkot olivat tukevia, mutta pinnaltaan joustavia. Vanhalla ja uudella harkolla tai käsin ja hydraulipuristetulla harkolla ei vaikuttanut tässä suhteessa olevan eroa. Ominaispainon näinkin suuri vaihtelu osoittaa, että tasalaatuista sekoitussuhdetta on vaikea löytää. Saviolkimässasta tehtyjen harkkojen ominaispainot olivat keskimäärin 400 kg/m³.

Puuainespohjaisten harkkojen ominaispainot olivat lähellä toisiaan, keskimäärin 700 kg/m³. Nämä harkot olivat luonteeltaan mittatarkkoja, napakoita ja pinnaltaan lähes kovettuneita. Tasalaatuisuuteen on vaikuttanut betonimyllyä käytettäessä ainesosien tarkempi annostus sekä tasainen sekoittuminen. Käsin- tai hydraulisesti puristamisella ei myöskään tuntunut olevan vaikutusta harkon lopulliseen toiminnallisuuteen.

Savipellavaharkossa oli saven määrä jo merkittävän suuri, ominaispaino oli 929 kg/m³. Harkko oli sisältä vielä 67 % kosteudessa, jolloin veden määrällä alkaa olla merkitystä ominaispainoon. Savipellavaharkko oli ainesosien ja sekoituksen osalta työläin kokeilu, eikä sille sellaisenaan ole käytännön sovellusta. Pellavarohdinta voitaisiin kuitenkin pieninä määrinä käyttää raudoitteena lyhytkuituisissa puuainesharkoissa.

Kuvassa 6 on esitetty suhteelliset muodonmuutokset suhteessa ominaispainoihin. Käyrät on poimittu 0,5 MPa tasolta, joka vastaa yhteen, pohjapinta-alaltaan 30 x 40 cm kokoiseen harkkoon kohdistuvaa tasaista 6 tonnin painoa. Mielenkiintoinen havainto on, että vanhat, täysinkuivuneet saviolkiharkot kestävät puristusta paremmin kuin vielä osittain kosteat uudet saviolkiharkot. Puuainespohjaisilla harkoilla päästään saviolkiharkkoja selvästi parempaan puristuslujuuteen.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

6.1 Saven käyttö rakennustekniikassa

Seinän rakentaminen savesta on mahdollista useilla tekniikoilla, joiden valinta vaikuttaa koko rakennusprosessin ekonomiaan. Keveimmillään savitekniikka on silloin, kun seinä rakennetaan olkipaaleista, jotka savirapataan molemmin puolin. Kevytsaveksi kutsutaan oljen tai muun kuidun sekä saven sekoitusta, joka valetaan harkoiksi tai liukuvaletaan muotin avulla valmiiksi seinäksi. Massiivisavesta voidaan tehdä tiiliä tai suoraan valmista seinää, jossa kuituja (esimerkiksi kanervaa) on vain vähäisiä määriä lujittamassa rakennetta. Savikuitumassan tuoteperhettä voitaisiin laajentaa ohuehkoilla, nopeasti kuivuvilla levymäisillä elementeillä.

Savitekniiikan kilpailukyky varteenotettavana rakennusmenetelmänä edellyttää ainesosien helppoa hankintaa ja työstettävyyttä, nopeaa kuivumista, vaivatonta rakennusvaihetta sekä hyvää rakenne-, lämpö- ja kosteusteknistä toimivuutta.

Kevytsaven käyttökelpoisuus rakennusmateriaalina perustuu oljen, puun tai muun lämpöä eristävän kuitumaisen luonnonmateriaalin keveyteen ja saven kuituja toisiinsa liimaavaan ominaisuuteen. Savella on myös hyvä kosteutta sitova ja luovuttava ominaisuus. Savi toimii myös palosuojana oljen tai muun palavan kuidun ympärillä. Puuosien pintaan siveltyinä saviliete toimii myös palosuojamaalin tapaan. Rakennusaineena savi on terveellinen ja täysin palautettavissa luonnon kiertokulkuun pienin kustannuksin.

6.2 Tutkitut kevytsavituotteet

Kesän 1994 savikurssi osoitti, että saven ja oljen sekoitustekniikka vaatii kehittelyä. Pitkän oljen ja silputun oljen erilaista käyttäytymistä teko-, kuivumis- ja käyttötilanteessa ei vielä riittävästi tunneta. Lisäksi eri olkilaaduilla saattaa olla vaikutusta lopputulokseen.

Hydraulipuristetuissa harkoissa ei näyttänyt olevan merkittäviä eroja ihmisvoimalla puristettuihin nähden. Betonimyllyn ja siinä puupohjaisten runkoaineiden kokeilu antoi lupaavia tuloksia. Työteknisesti ja työmenekiltään betonimylly vaikutti taloudelliselta ratkaisulta samalla kun sekoitettavasta massasta saatiin tasalaatuista.

Kokeiden mielenkiintoisin kohde oli savipuruharkko, joka oli paras puristuslujuudeltaan ja oli kuivunut sekä sisä- että ulkopinnasta suhteellisen lähelle tavoiteltavaa tasapainokosteutta. Savipuruharkko oli samalla mittatarkka, sileä ja kesti kuivana normaalin työmaakäsittelyn murtumatta. Kuorikeharkoissa yksittäiset kuorikepalaset osoittautuivat liian isoiksi käyttötarkoitukseen; saven ja kuorikkeen liimasidos jäi heikoksi.

Kokeet osoittivat, että 14 viikon kuivumisen jälkeen pintakosteus oli vielä n. 10 %:ssa ja sisäkosteudet noin 20 %:ssa. Käytännön rakentamisen kannalta tällaiset kosteudet voidaan hyväksyä, jos valmistus ajoitetaan vuodenaikoihin nähden oikein. Näyttää siltä, että harkot pitää valmistaa alkukesällä ja käyttää loppukesällä. Savi- ja tietyt puupohjaiset harkot ehtivät kuivua samaan tasapainokosteuteen kuin rakennukseen tuleva sahatavara. Tällöin savi ei kostuta puuta. Harkon kuivuminen vain jatkuu lopulliseen tasapainokosteuteen, jolloin savi pitää puunkin kuivana. Loppukesällä tehtyjen harkkojen kuivuminen hidastuu ja onkin varmistuttava, etteivät ne pääse sisältä kompostoitumaan tai homehtumaan. Varminta on käyttää harkot ylivuotisina, jolloin ulko- ja sisäpinta ovat lähes samassa tasapainokosteudessa.

6.3 Kevytsavirakenteet

Kevytsaviseinä yhdistetään tavallisesti puurunkoon. Tällöin saven ja siihen sekoitettavien kuitujen luonne on seinäpinta-alaa täyttävä eriste, joka vaatii erillisen sisä- ja ulkopinnoitteen. Ominaispainoltaan noin 400 kg/m³ painava kevytsavi sopii mainittuun yhdistelmä-rakenteeseen hyvin. Kevytsaven ominaisuuksista hyödyntyy tällöin lämmöneristävyys ja

koosteutekninen toiminta. Saven olémukseen sopisi toiminta myös itsenäisenä kantava rakenteena. Tehdyistä puristuskokeista voidaan päätellä, että lujuus on suoraan verrannollinen harkon ominaispainoon. Ilmeisesti lämmöneristyskyky käyttäytyy päinvastoin. Käytettävät raaka-aineet ja sekoitussuhteet onkin valittava seinien ominaisuuksista johdettuina rakennuksen käyttötarkoituksen mukaan. Korkeatiheyksisen (700 kg/m^3) kevytsaven itsekantavat ominaisuudet tuntuvat houkuttelevilta pienijännevälisissä rakennuksissa, jos syntyvillä painumilla ei ole käytännön merkitystä rakennuksen käytön kannalta. Koska harkot ovat plastisia kappaleita eikä murtopistettä voida osoittaa, onkin puhuttava itsekantavissa rakenteissa sallittavista painumista ja niiden hallinnasta.

6.4 Jatkotutkimuksesta

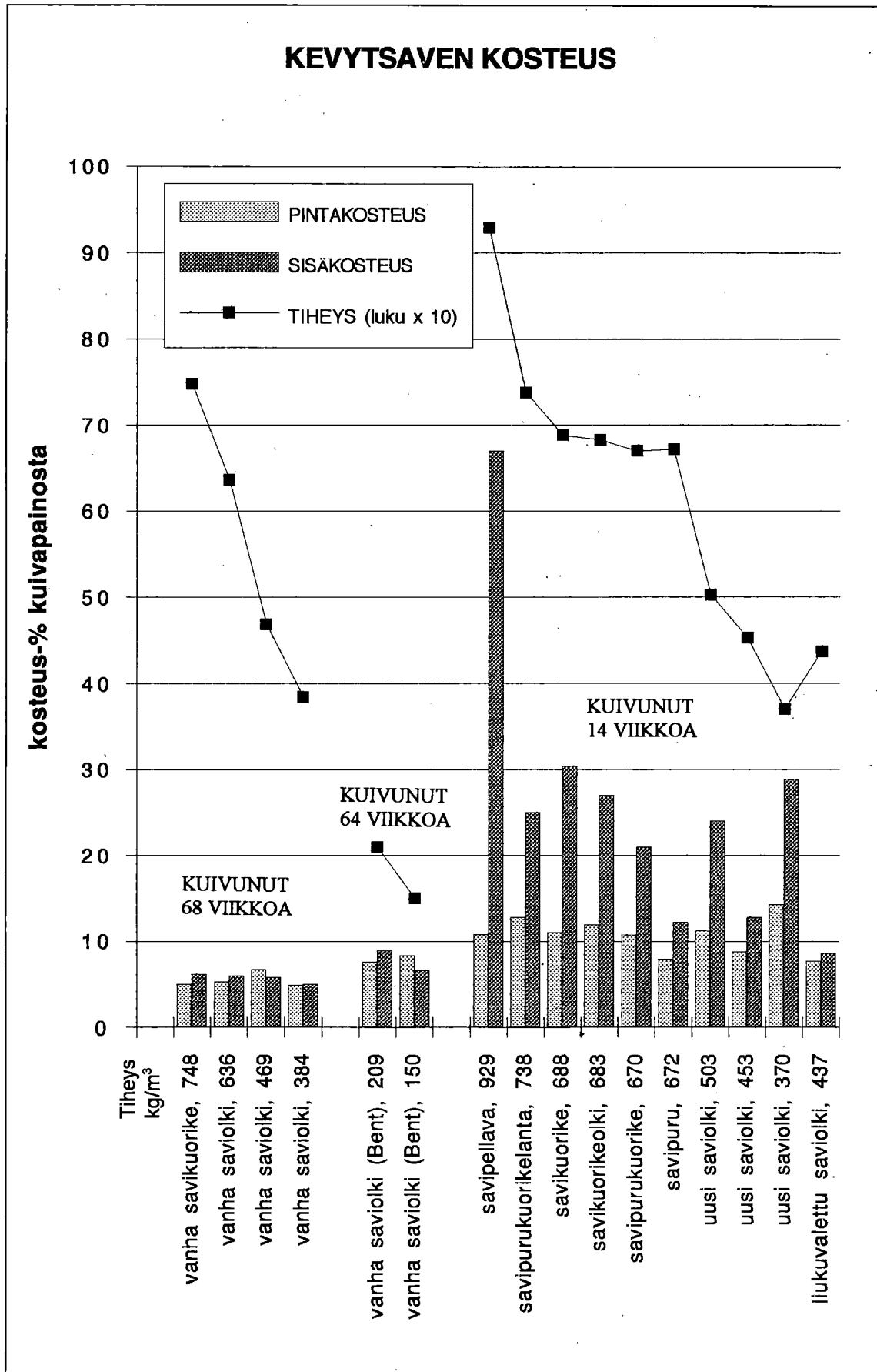
Kevytsaven jatkotutkimuksia ajatellen tämä selvitys nosti esiin seuraavia seikkoja. Saven työstöä pellostä lietteeksi on kehitettävä. Kevytsavimassojen sekoitustapaa on kehitettävä kohti suurempaa tasalaatuisuutta. Työtä on rationalisoitava. Massojen eristysominaisuuksia ja lujuusominaisuuksia parantavia reseptejä on kokeiltava lisää. Kuivumisprosessin yhteydessä tulee selvittää homehtumis- ja kompostoitumisriskit ja -olosuhteet. Itsekantavuutta on tutkittava koerakentamisen avulla ja seinille etsittävä optimaaliset paksuudet sekä jäykistystavat.

KIRJALLISUUTTA

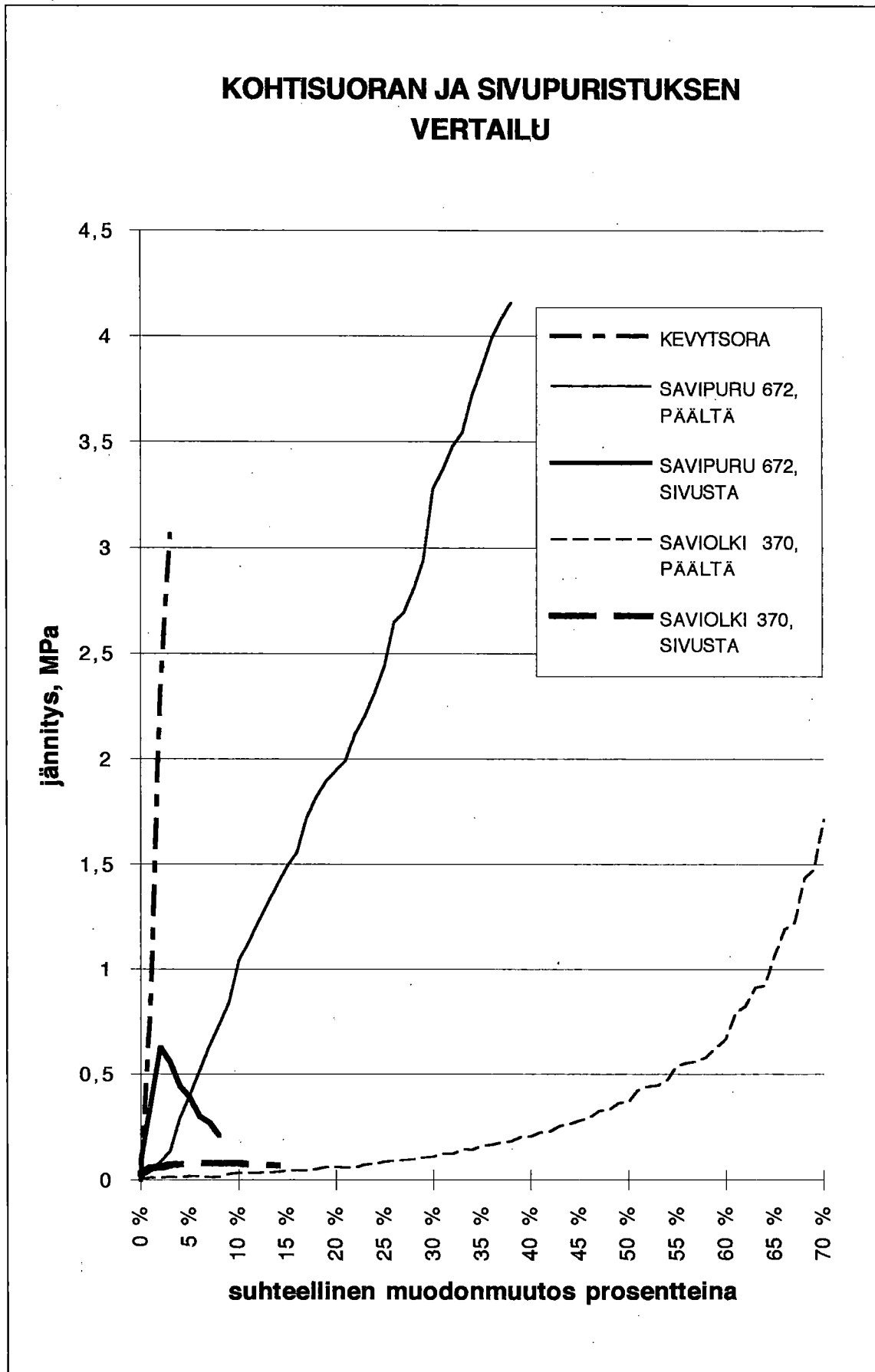
LEPPÄVUORI, E. K. M., PROKKI, M., KANERVA, P. & VÄHÄKALLIO, P. Rakennusaineet. Otakustantamo 1981.

LUNDSTEN, B., ACHAR, L. & WESTERMARCK, M. Selvitys savirakentamisesta, raportti koerakentamisesta kevytsavitekniikalla. Teknillisen korkeakoulun arkkitehtiosaston julkaisuja 1994/8.

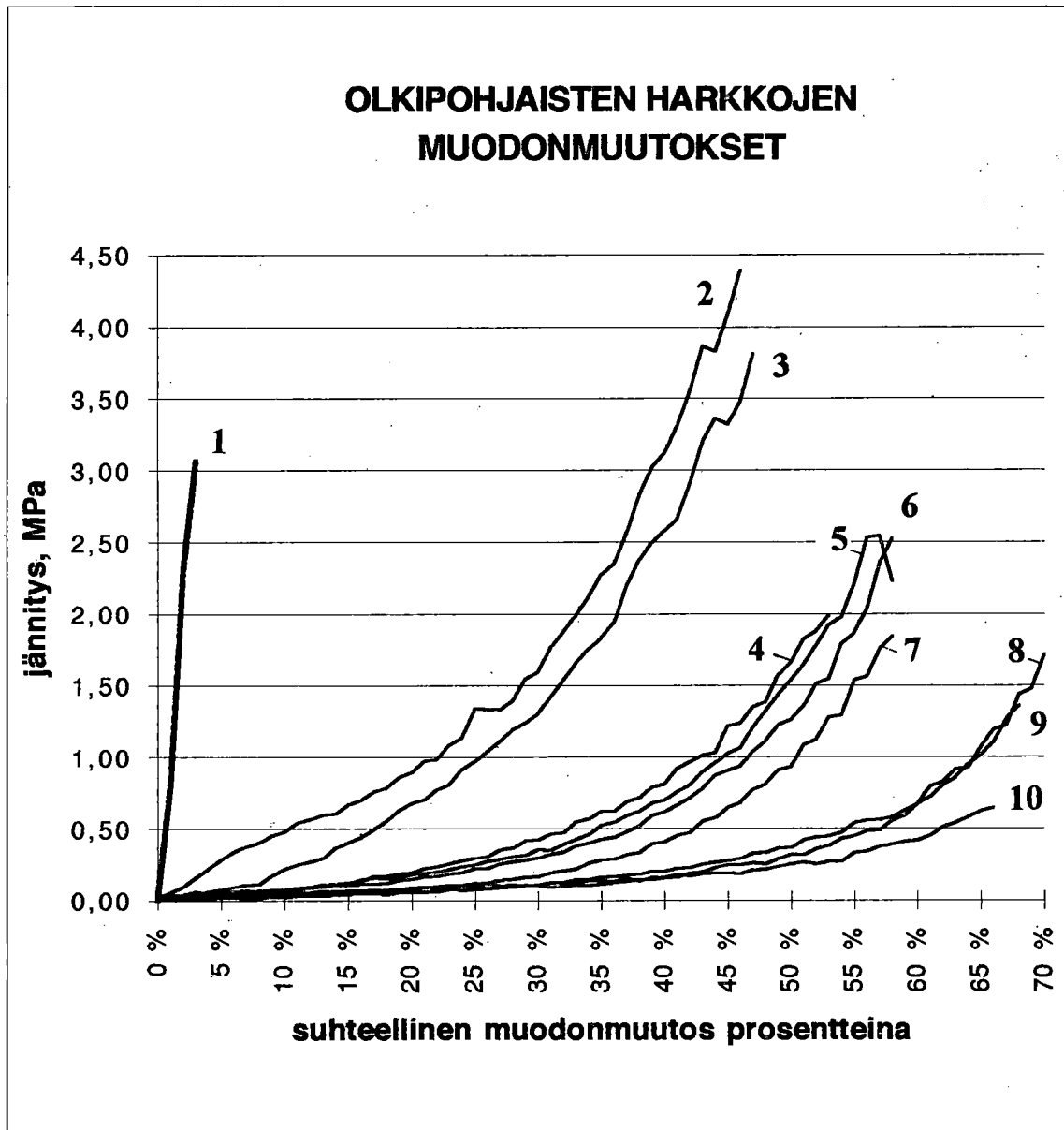
VOLHARD, F. & WESTERMARCK, M. Savirakentaminen. Rakennusalan kustantajat, Helsinki, 1994.



Kuva 2. Kevytsavikappaleiden kosteus ja ominaispainot.

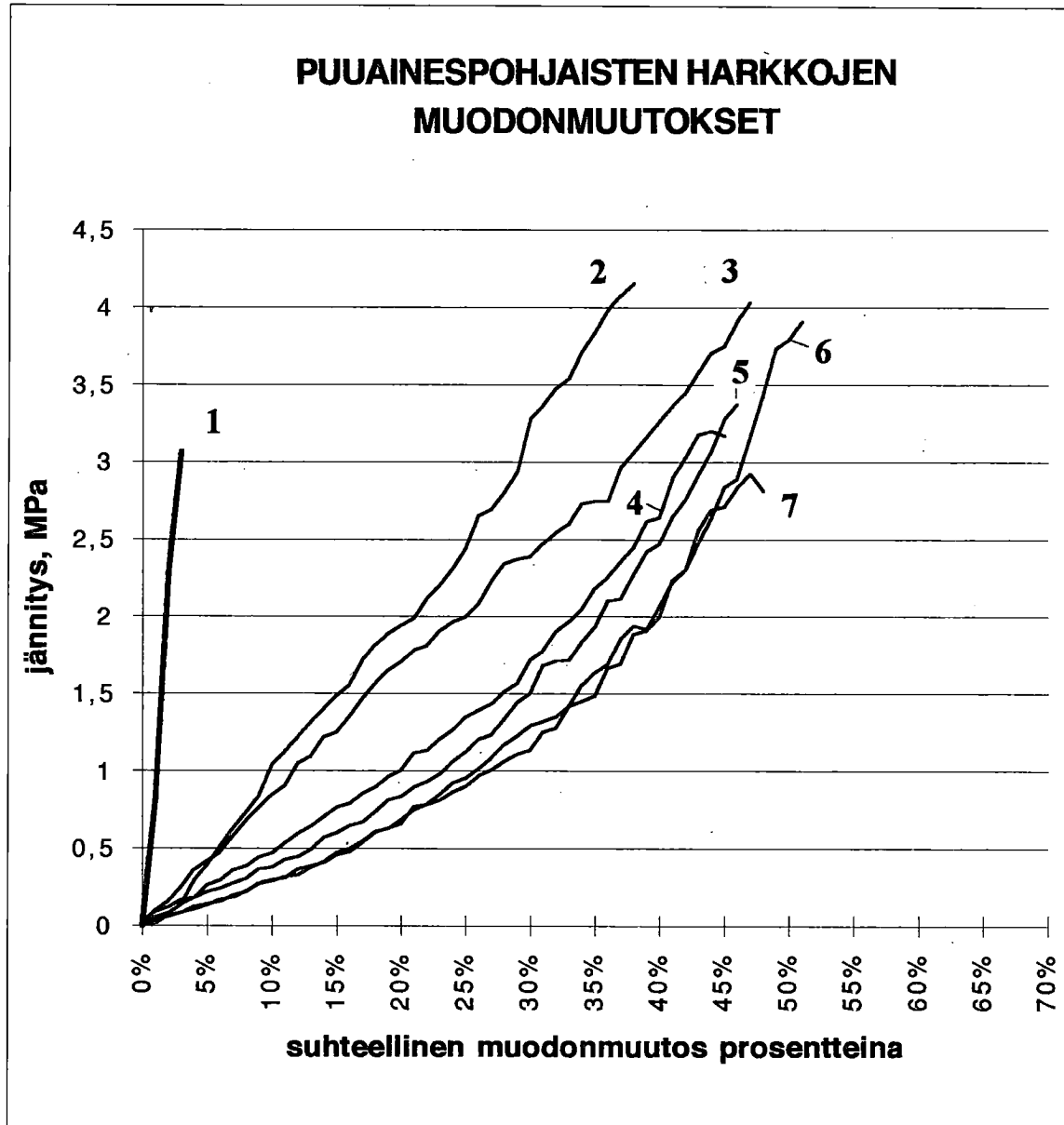


Kuva 3. Kohtisuoran ja sivupuristuksen vertailu.



Kuva 4. Olkipohjaisten harkkojen suhteelliset muodonmuutokset.

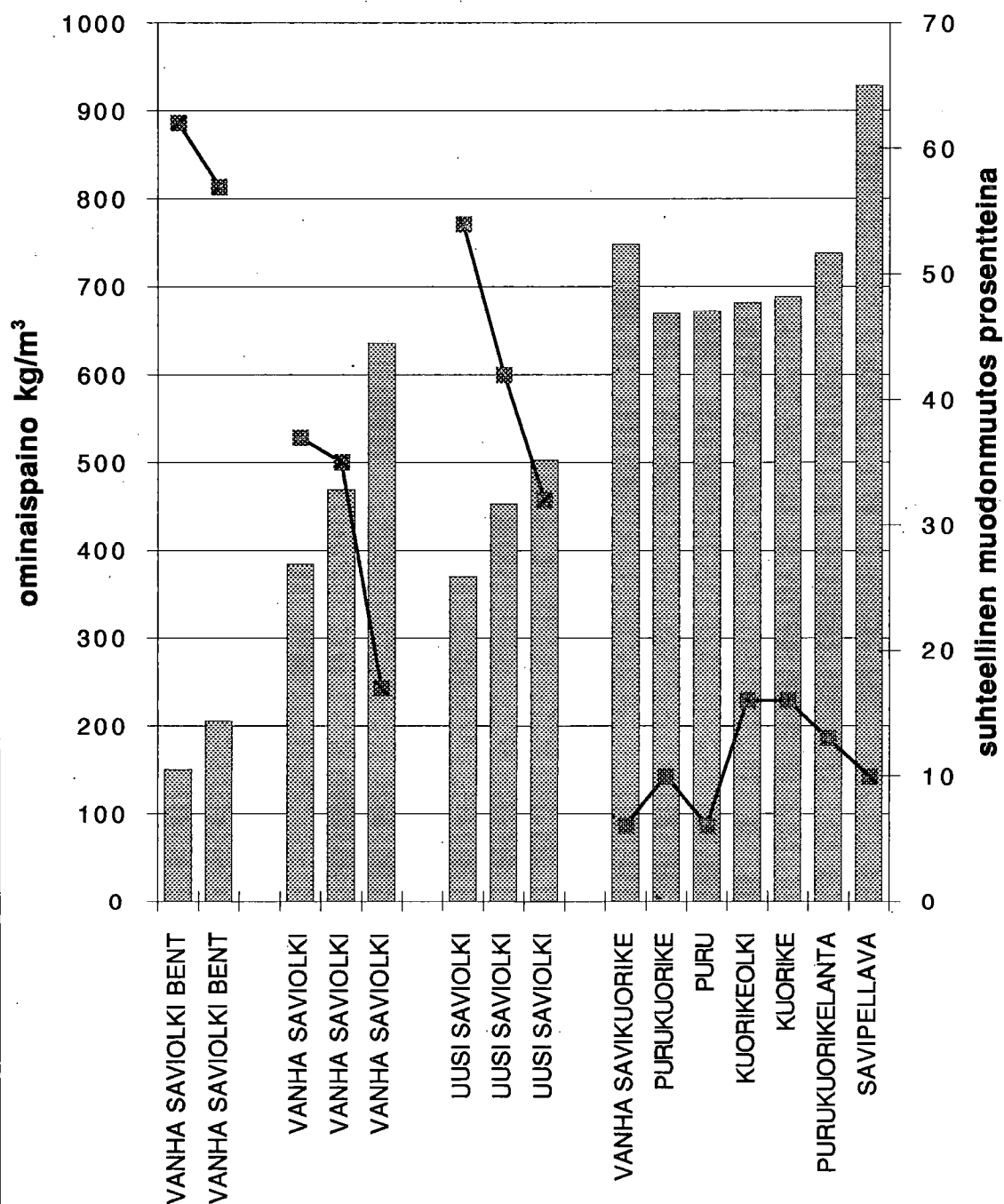
	Tiheys kg/m ³	Ikä testaushetkellä
1. Kevytsojaraharkko	-	-
2. Savipellavaharkko	929	3 kuukautta
3. Vanha saviolkiaharkko	636	17 "
4. Uusi saviolkiaharkko	503	3 "
5. Vanha saviolkiaharkko	469	17 "
6. Vanha saviolkiaharkko	384	17 "
7. Uusi saviolkiaharkko	453	3 "
8. Uusi saviolkiaharkko	370	3 "
9. Vanha saviolkiaharkko H. Bent	209	16 "
10. Vanha saviolkiaharkko H. Bent	150	16 "



Kuva 5. Puupohjaisten harkkojen suhteelliset muodonmuutokset.

	Tiheys kg/m ³	Ikä testaushetkellä
1. Kevytsoraharkko	-	-
2. Savipuruharkko	672	3 kuukautta
3. Vanha savikuorikeharkko	748	17 "
4. Savipurukuorikeharkko	670	3 "
5. Savipurukuorikelantaharkko	738	3 "
6. Savikuorikeharkko	688	3 "
7. Saviolkikuorikeharkko	683	3 "

**SAVIHARKKOJEN OMINAISPAINON (pylväät) JA
MUODONMUUTOKSEN (käyrät) SUHDE,
JÄNNITYS 0,5 MPa**



Kuva 6. Saviharkkojen ominaispainon ja muodonmuutoksen suhde.

VAKOLAn tutkimuslustoja

46. Käyttökokemuksia 80-luvulla rakennetuista kalustovajoista, varastokuivureista ja pihatoista. 1987.
47. Lannoitteenlevityksen tasaisuus. 1987.
48. Jauhituksen tilantarve ja pölyhaittojen vähentäminen. 1987.
49. Maatalouskoneiden tietokanta. 1988.
50. Lannanpoistolaitteiden toiminta ja kestävyys. 1988.
51. Pienten pihatoiden ilmanvaihdon erityisvaatimukset. 1988.
52. Tuotantorakennusten suunnittelu ja rakentaminen käytännössä. 1988.
53. Hellävarainen perunankorjuu. 1989.
54. Syyskyntöä korvaavien muokkausmenetelmien vaikutus kevävehnän satoon 1975-1988. Pitkäaikaisen aurattoman viljelyn vaikutukset hiesäven rakenteeseen ja viljavuuteen 1989.
55. Ei julkaisua.
56. Kosteiden pintojen kosteudentuotanto navetoissa. 1989.
57. Kylmäilmakuivurin mitoitus ja käyttö. 1990.
58. Leikkuupuimurin kulkukyky vaikeissa olosuhteissa. 1990.
59. Lietelantajärjestelmien toimivuus. 1990.
60. Heinän varastokuivaus. 1991.
61. Viljankuivauksen pölyhaitat. 1992.
62. Säilörehun siirto ja käsittely talvella. 1991.
63. Naudanlihan tuotantomenetelmät ja -rakennukset. 1992.
64. Kiedotun pyöröpaalisäilörehun valmistustekniikka ja laatu. 1993.
65. Hellävarainen perunan kauppakunnostus. 1993.
66. Naudanlihan tuotantomenetelmät ja -rakennukset II. 1993.
67. Betonit ja muovit navetan lattiamateriaaleina. 1993.
68. Lannankäsittelyn taloudellisuuden ja lannan ravinteiden hyväksikäytön parantaminen. 1994.
69. The effect of ground profile and plough gauge wheel on ploughing work with a mounted plough. 1994.
70. Järeän sahatavaran mekaaniset ominaisuudet. 1995.
71. Varattu
72. Varattu
73. Lannan levitys kasvustoon. 1996. Osa 2. Lietelannan levitysmahdollisuudet kasvavaan viljanoraaseen.
74. Kylmäkasvattamoiden kuivikepohjien toimivat vaihtoehdot. 1996.
75. Koneiden turvallisuuden ja tehokkuuden parantaminen. 1996.

VAKOLAn rakennusratkaisuja

- 1/1994 Kylmä osakuivikepohjainen emolehmäkasvattamo.
- 2/1995 Rehtijärven keinokosteikko.
- 3/1995 Puurakenteiset ruokinta-aidat ja parrenerottimet.
- 4/1996 Perustamistapojen hintavertailu.

VAKOLAn tiedotteita

- 45/89 Säilörehun korjuu pyöröpaalaimella
- 45 S/89 Rundbalsensilering
- 46/90 Kevytsora lietesäiliön katteena
- 47/90 Lietelannan kompostointi
- 48/90 Turvallinen ja nopea työkoneiden kytkentä
- 49/91 Betonit ja muovit navetan lattiamateriaaleina
- 50/91 Pölyn ja roskien talteenotto lämminilmakuivamossa
- 51/92 Viherkesannon perustaminen ja hoito
- 52/92 Kaasut ja pöly eläinsuojien ilmanvaihrossa
- 53/93 Lannoitteenlevittimien levitystasaisuus
- 54/93 Maaseudun koerakentamisen ohjelmointi
- 55/93 Pyöröpaalisäilörehun korjuu, varastointi ja laatu
- 56/93 Maaseuturakentamisen ideakilpailu
- 57/93 Syyskylvöjen varmentaminen
- 58/93 Maatilan ja maatilamatkailun jätetuolto
- 59/93 Maatilanmyymälätoiminta vanhassa maatilan asuinrakennuksessa
- 60/93 Tyhjien maatarakennusten uusi käyttö
- 61/94 Lietelannan varastointi ja levitys
- 62/94 Tuotantorakennusten alapohjia ja piha-alueiden päällysrakenteita
- 63/94 Turvallinen puunpilkonta
- 64/94 Itkupinta-tuloilmalaitteen vaikutus eläinsuojassa
- 65/94 Oksainen hake pienpolttimissa
- 66/94 Pako- ja savukaasujen analysointi
- 67/94 Käyttökokemuksia jyrskylvölannoittimista
- 67S/94 Bruksfarenheter av vätkombisåmaskiner
- 68/94 Käsikäyttöisten liekittimien käyttöominaisuuksia
- 69/95 Renkaiden vaikutus traktorin vetokykyyn ja maan tiivistymiseen
- 70/95 Hakkeen kuivaus imuilmalla
- 71/95 Klapiattiloiden käyttöominaisuudet
- 72/96 Varattu
- 73/96 Kevytsaviharkkojen kuivuminen ja lujuus

