

*M a a t a l o u d e n
t u t k i m u s k e s k u k s e n
j u l k a i s u j a*

S A R J A A

22

*Ari Pöyhönen
Laura Alakukku
Jyrki Pitkänen*

**Maanäytteenoton
koneellistaminen ja
työntutkimus**

*Ari Pöyhönen, Laura Alakukku
ja Jyrki Pitkänen*

*Maatalouden Tutkimuskeskus, maanviljelyskemian ja -fysiikan tutkimusala,
31600 Jokioinen, puh. (03) 41 881*

Maanäytteenoton koneellistaminen ja työntutkimus

**Mechanical soil sampling
and the work study**

Maatalouden tutkimuskeskus

ISBN 951-729-489-1

ISSN 1238-9935

Copyright

Maatalouden tutkimuskeskus (MTT) 1997

Julkaisija

Maatalouden tutkimuskeskus (MTT), 31600 Jokioinen

Jakelu ja myynti

MTT, tietopalveluyksikkö, 31600 Jokioinen

Puh. (03) 41 881, telekopio (03) 418 8339

Painatus

Vammalan Kirjapaino Oy, 1997

Sisäsivujen painopaperille on myönnetty pohjoismainen joutsenmerkki.

Kansimateriaali on 75-prosenttisesti uusiokuitua.

Tiivistelmä

Avainsanat: suuri maanäyte, näytteenotto, työntutkimus

Tutkimuksen tavoitteena oli suurten (152 x 560 mm) maanäytteiden oton koneellistaminen, näytteenottotyön keventäminen, työasentokuormituksen vähentäminen ja näytteenottotyön laadun parantaminen. Tutkimuksessa suunniteltiin ja rakennettiin maanäytekairan terälaitteisto Maatalouden tutkimuskeskuksen maanviljelyskemian ja -fysiikan tutkimusosalle aiemmin hankittuun kairaan.

Traktorikäyttöisellä kairalla voidaan ottaa maanäytteitä PVC-muoviputken sisälle, jonka ulkohalkaisija on 160 mm ja pituus 600 mm. Maanäytekairaa kokeiltiin erilaisilla maalajeilla. Kaira toimi hyvin savi-, hiesu- ja hietamailla. Näytteiden laatua tutkittiin mittaamalla näytteen pinnan ja sitä ympäröivän maanpinnan välisiä korkeuseroja. Tulosten perusteella maanäyte tiivistyi näytteenotossa koneellisella menetelmällä hieman vähemmän kuin aikaisemmin käytössä olleella, niin sanotulla perinteisellä menetelmällä. Tilastollisesti tulokset eivät eronneet toisistaan.

Näytteenottotyön laatua tutkittiin määrittämällä näytteenottotyön työasentokuormitus OWAS-menetelmällä, havainnoimal-

la työntekijän energiankulutus työn aikana ja mittaamalla työntekijän syke sekä näytteenottotyön aiheuttama melu. Näytteenottotyön aiheuttaman energgeettisen kuormituksen taso oli koneellisessa menetelmässä merkittävästi alhaisempi kuin perinteisessä menetelmässä. Myös tuki- ja liikuntaelimistöön kohdistunut kuormitus pieneni näytteenoton koneellistamisen myötä. Energiankulutus oli koneellisessa menetelmässä selvästi alhaisempi kuin perinteisessä menetelmässä ja työntekijään kohdistuva melualtistus pieneni merkittävästi koneellisessa menetelmässä.

Näytteet otetaan nykyisin lähes yksinomaan koneellisella menetelmällä, joka on osoittautunut nopeaksi ja toimivaksi menetelmäksi. Myös työntekijöiden mielestä näytteenottotyö on helpottunut ja keventynyt merkittävästi sekä muuttunut mielekkääksi työksi. Koneellisen menetelmän paras ominaisuus on työsaavutuksen pysyminen tasaisena koko työpäivän ajan. Perinteisessä menetelmässä työsaavutus pieneni työajan kuluessa, koska työntekijät väsyivät.

Abstract

Key words: Soil sampling, work-study

A soil core sampler was constructed for taking large soil samples (152 mm in diameter, 560 mm long), the aim being to reduce physical and posture stresses by mechanizing soil sampling. Large soil samples used to be taken manually by hammering the sampling tube into the soil (conventional method). This study was carried out at the Institute of Crop and Soil Science.

The soil sampler was attached to the rear of a tractor. Samples were taken into a PVC pipe (diameter 160 mm, length 600 mm). The prototype which was tested on mineral soils, operated well on clay, silt loam and sandy clay loam soils. Soil compaction due to sampling was evaluated by determining the level of the soil surface in the pipe after the sampling. Soil was less compacted after mechanical than after conventional sampling. The difference

was not, however, statistically significant.

The quality of the sampling procedure was investigated by determining the worker's heartbeat frequency and energy consumption during the work and by measuring working postures with the OWAS method. The intensity of noise during the sampling work was also measured. Workers' physical stress and the number of bad working postures were lower in mechanical than in conventional soil sampling. Also the noise level received by workers was clearly less in mechanical sampling.

At present, large soil samples are almost invariably taken with the soil core sampler constructed in this study. According to the workers themselves soil sampling is now much lighter and easier than when the samples were taken manually. Output thus remains high throughout the working day.

Sisällys

Tiivistelmä	3
Abstract	4
Johdanto	7
1 Koneellisten maanäytteenottolaitteiden toimintaperiaatteet	7
1.1 Hydraulisesti näytelieriön maahan painavat laitteet	8
1.2 Näytelieriön maahan iskevät laitteet	8
1.3 Näytelieriön maahan kairaavat laitteet	8
2 Maanäyttekairan suunnittelu ja rakentaminen	10
2.1 Kairan suunnittelun lähtökohta	10
2.2 Uuden terälaitteen suunnittelu	10
2.3 Maanäyttekairan kehittäminen	13
2.4 Maanäytteiden otto erilaisilta maalajeilta	14
2.5 Näytteenoton työsaavutus	14
2.6 Maanäytteiden laatu	15
2.7 Maanäytteiden kuljetus varastoon	17
3 Työntutkimuksen aineisto ja menetelmät	17
3.1 Työntutkimuksen koekenttä	17
3.2 Työntutkimuksen koehenkilöt	18
3.3 Työmenetelmien kuvaus	19
3.4 Näytteenoton fyysinen kuormittavuus ja sen mittaamiseen soveltuvat menetelmät	19
3.5 Työasentojen kuormituksen selvittäminen	20
3.6 Työntekijän energiankulutuksen määrittäminen	22
3.7 Näytteenottotyön havainnointi	23
3.8 Melu	24
3.9 Työntutkimukseen liittyvien maanäytteiden otto	25
3.10 Aineiston tilastollinen käsittely ja virherajat	25
4 Työntutkimuksen tulokset	26
4.1 Toimenpideluokat asentokokonaisuuden perusteella	26
4.1.1 OWAS-indeksit ja näytteenottoon kulunut aika	27
4.1.2 Toimenpideluokat suhteellisen kestoajan perusteella	27
4.1.3 Energian kulutus	29
4.1.4 Sydämen syke	31
4.1.5 Näytteenottotyön melu	31
5 Tulosten tarkastelu	33
5.1 Maanäyttekairan toimivuus ja maanäytteiden laatu	33
5.2 Työn kuormittavuus	34
5.3 Työturvallisuus	36
6 Tutkimustulosten yhteenveto	37
Kirjallisuus	38

LIITTEET

- Liite 1 Sisäputken kiinnityskappale, sisäputki ja kärkekartio
- Liite 2 Sisäputken kiinnityskappale
- Liite 3 Sisäputki ja kärkekartio
- Liite 4 Näytteen nostokehikko
- Liite 5 Näytteiden kuljetuskehikko
- Liite 6 Näytteenottotyövälineiden painot
- Liite 7 Työnosien sisällön kuvaus
- Liite 8 Yhdistelmätaulukot työmuodolle, työasennolle ja aktiviteetille, kun energiankulutus määritetään havainnoimalla
- Liite 9 Työn fyysisen kuormituksen luokitus (WHO) keskimääräisen energiankulutuksen (W) mukaan
- Liite 10 Työasentohavainnon OWAS-tunnuksen muodostuminen. Perus-OWAS sisältää 84 perus-tyyppiasentoa, 36 lisäasentoa ja 5 pään asentoa
- Liite 11 Näytteenottotyön työnosien kesto aika, työntutkimuksen näytteenoton yhteydessä
- Liite 12 Työntekijän A ja B työasentohavaintojen toimenpideluokat ja OWAS-indeksi työnosittain ja näytteenottomenetelmittäin
- Liite 13 Näytteenoton työasentohavaintojen jakautuminen toimenpideluokkiin ja yhteen näytteenottoon kulunut aika
- Liite 14 Perinteisen menetelmän työnosien työasennot, jotka aiheuttivat suhteellisen kestoajan perusteella tuki- ja liikuntaelimestön kuormittumista
- Liite 15 Koneellisen menetelmän työnosien työasennot, jotka aiheuttivat suhteellisen kestoajan perusteella kuormitusta tuki- ja liikuntaelimille
- Liite 16 Työntekijän energiankulutus ja työn luokittelu WHO:n luokituksen mukaan, sekä työnosien kesto aika (min) ja suhteellinen kesto aika (%)
- Liite 17 Työntekijöiden energiankulutuksen tilastollinen testaus työnosien välillä näytteenottomenetelmittäin
- Liite 18 Ekvivalenttimelutaso näytteenottomenetelmittäin ja työnosittain sekä melutasojen tilastollinen testaus

Johdanto

Koneellisen näytteenoton tavoitteena on maanäytteiden laadun parantaminen, näytteenottotyön fyysisen kuormittavuuden vähentäminen ja työsaavutuksen lisääminen. Koneita käyttämällä näytekokoja on voitu suurentaa ja näytteenottosyvyyttä kasvattaa. Koneellisten menetelmien välillä on eroja laitteiden toimintaperiaatteissa ja toimintatavoissa. Yksinkertaisimmillaan näyte otetaan koneellisesti painamalla näytelieriö maahan traktorin etukuormaimella tai kaivurilla. MORGANin ym. (1993) mukaan kehittyneimmät laitteistot ottavat maanäytteitä lähes automaattisesti ja mittaavat samalla maan mekaanista vastusta.

Suuret maanäytteet on otettu Maatalouden tutkimuskeskuksen (MTT) maanviljelyskemian ja -fysiikan tutkimusalalla (MKF) aikaisemmin pääasiassa käsin, niin sanottulla perinteisellä menetelmällä. Suurten maanäytteiden ottoon ja jatkokäsittelyyn on siten sisältynyt runsaasti fyysisesti raskaita työvaiheita. Näyteputki on lyöty maahan lekalla erillistä lyöntikehikkoa ja -alustaa apuna käyttäen. Maahan lyönti on ollut erittäin raskas työvaihe, varsinkin silloin, kun vastassa on ollut kova jankko. Näyte ja apukehikko on nostettu maasta ylös käsivoimin. Ylösnostoa on helpotettu käyttämällä apuna tunkkia ja vipuvartta. Myös maanäytteiden siirtäminen kuljetettavaksi ja edelleen jatkokäsittelyyn on tapahtunut käsivoimin. Näytteenoton fyysisen ja ergonomisen kuormituksen vähentämiseksi on ollut selkeä tarve kehittää maanäytteiden ottoa.

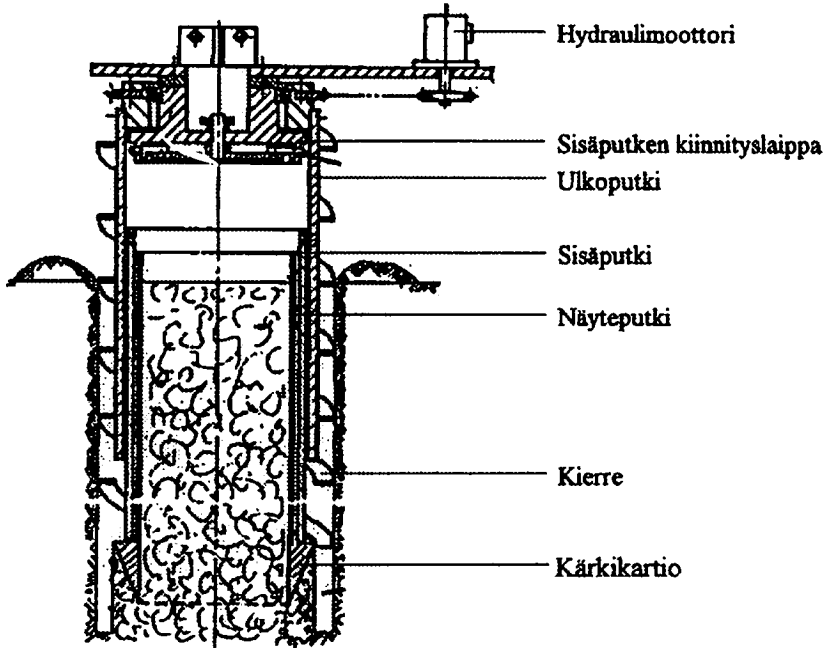
Tämän tutkimuksen päätavoitteena oli näytteenottotyön laadun parantaminen. Työn laatua parannettiin koneellistamalla raskas näytteenottotyö. Kirjallisuudessa selvitettiin, millaisia vaatimuksia koneelliselle näytteenottolaitteelle asetetaan ja millaisia ovat eri laitteiden toimintatavat. Vaihtoehtojen pohjalta ratkaistiin suurten ja häiriintymättömien maanäytteiden ottoon rakennettavan laitteen toimintaperiaate. Kokeellisessa osassa rakennettiin ja kehi-

tettiin maanäytekaira suurten maanäytteiden ottoa varten. Kairan toimivuutta kehitettiin ottamalla maanäytteitä erilaisilta maalajeilta ja tutkimalla näytteiden laatua.

Työntutkimuksessa verrattiin perinteistä ja koneellista näytteenottomenetelmää. Tavoitteena oli tutkia näytteenottotyön fyysisen kuormituksen taso ja työasentokuormitus sekä verrata näiden eroja eri menetelmissä. Koneellisesta menetelmästä pyrittiin löytämään myös ne työnosat, joiden asentokuormitukseen tulisi kiinnittää huomiota tulevaisuudessa. Tutkimustulosten perusteella oli tarkoitus edelleen kehittää näytteenottotyön työturvallisuutta. Tutkimusmenetelminä olivat työasentojen havainnointi OWAS-menetelmällä, energiankulutuksen määrittäminen havainnoimalla sekä sydämen sykkeen ja melun mittaus.

1. Koneellisten maanäytteenottolaitteiden toimintaperiaatteet

Yleensä näytteenottolaitte on kiinnitetty joko traktorin taakse kolmipistenostolaitteeseen (Manor ym. 1991, Walker ym. 1990), traktorin eteen erillisillä soviteosilla (Srivastava ym. 1982) tai etukuormaimen kauhan tilalle (Persson ja Bergström 1991). Tällaiset kiinnitystavat mahdollistavat traktorin hydraulikan käytön näytteenottolaitteen voimanlähteenä. Lisäksi traktori liikkuu hyvin huonoissa kenttäolosuhteissa. Tavallisella traktorilla ei kuitenkaan voida ottaa näytteitä pellolta, jolla on korkea kasvusto, koska kasvien tallautumisesta voi olla suurta haittaa. Korkeassa kasvustossa näytteenottoon soveltuu paremmin traktori, jossa on korkea maavara ja mahdollisesti myös säädettävä raideleveys. Korkea maavara on mahdollistanut maanäytteenoton esimerkiksi maissipelloilta koko kasvukauden ajan ilman merkittäviä kasvustovaurioita (Hatfield ja Schaaf 1993, Morgan ym. 1993).



Kuva 1. Manorin ym. (1991) suunnitteleman kairan rakenne.

1.1 Hydraulisesti näyteliön maahan painavat laitteet

Hydraulisesti näyteliön maahan painavissa laitteissa on yksi tai useampi hydraulisylinteri, joka painaa näyteputken maahan. Usein näyte myös nostetaan maasta samalla laitteella (Vaughan ym. 1984, Swallow ym. 1987, Walker ym. 1990, Baarstad ym. 1993, Hatfield ja Shaaf 1993, Morgan ym. 1993). Hydraulisesti näyteputken maahan painavat laitteet ovat rakenteeltaan yksinkertaisia ja samalla myös edullisia. Laitteilla otetaan näytteitä, joiden halkaisija vaihtelee 100–760 mm. Näytteenoton aikana laitteet tarvitsevat usein ankkuroinnin maahan, jos laitteella ei ole riittävästi omaa painoa pysyäkseen paikallaan.

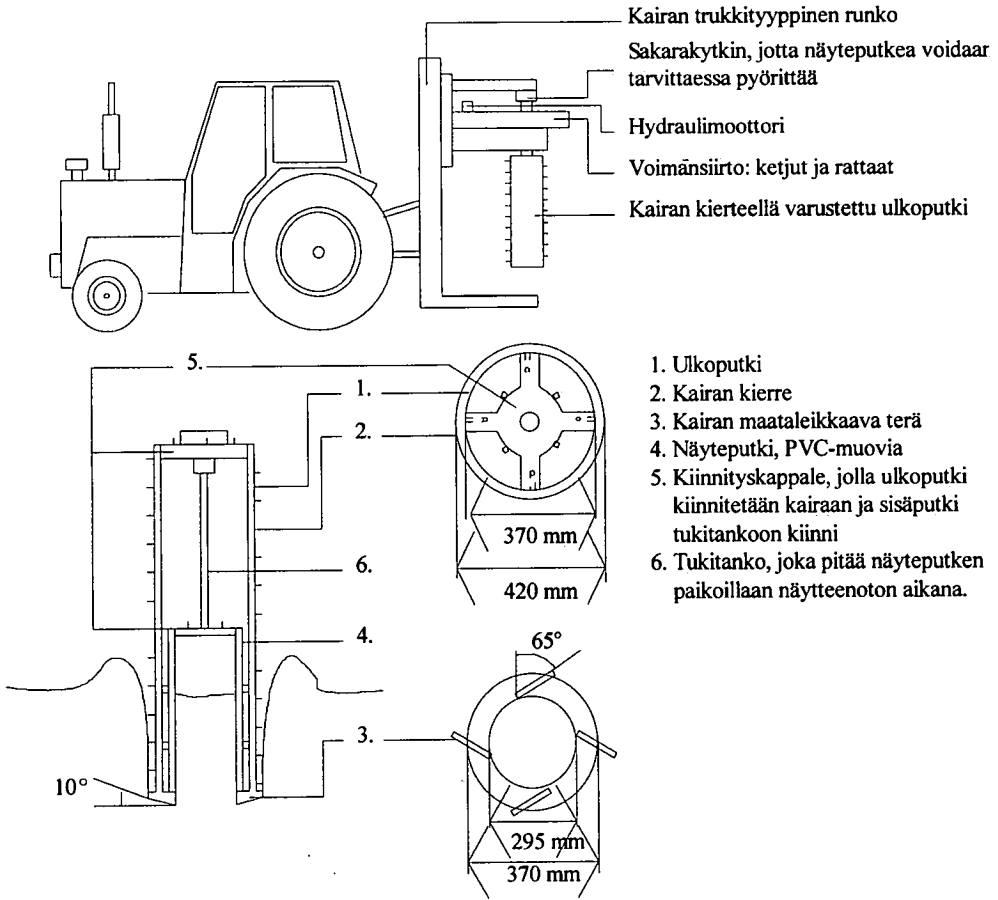
1.2 Näyteliön maahan iskevät laitteet

Keskeisenä toimintaperiaatteena laitteissa on näyteliön iskeminen tai täryttäminen maahan. Lyönti saadaan aikaan pudottamalla paino näyteliön päähän, kuten

suurissa paalutuskoneissa (Srivastava ym. 1982), tai iskuvasaralla, jolloin näyteputki painetaan maahan täryttämällä. Iskuvasaran voimanlähteenä voi olla paineilma, hydraulioöljy tai oma polttomoottori (Hendrickx ym. 1991, Prior ja Rogers 1992). Iskuvasarakäyttöiset laitteet ovat yleensä käsin kannettavia, minkä vuoksi on helppoa siirtää ne koalueelta toiselle. Laitteiden toimintasäde riippuu paineilma tai hydrauliletkun pituudesta, joka voi vaihdella muutamasta metrillä jopa kymmeneen metriin. Iskuvasarakäyttöisillä laitteilla otetaan yleensä näytteitä, jotka ovat halkaisijaltaan alle 100 mm. Näyteputken maahan iskevien laitteiden yhteydessä on huomioitava myös menetelmän aiheuttama melu, joka on huomattavasti kovempaa kuin muissa menetelmissä. Melu on myös työturvallisuuteen vaikuttava tekijä.

1.3 Näyteliön maahan kairaavat laitteet

Kairaaville menetelmille on yhteistä pyörivä ulkoputki ja kierre. Kierre irrottaa ja



Kuva 2. Perssonin ja Bergströmin (1991) suunnitteleman maanäytekairan ja terälaitteen rakennekuva.

nostaa maata näyteputken ympäriltä, kun näyteputkea painetaan maahan. Kierteiden lukumäärä ja nousu vaihtelevat eri laitteissa. Mitä suurempi nousu ja mitä useampia kierteitä, sitä paremmin terälaitte nostaa maata. Kierrettä pyörittävä hydraulimoottori saa käyttövoiman yleensä traktorin hydraulikasta (Manor ym. 1991, Persson ja Bergström 1991).

Manorin ym. (1991) kehittämä kaira on hydraulimoottoreineen kiinnitetty traktorin kolmipistenostolaitteisiin kiinnitettävään runkoon. Runko on trukkityyppinen eli terälaitteistoa voidaan nostaa ja laskea rungon avulla pystysuunnassa. Kairassa on ulkoputken sisällä näyteputken lisäksi myös sisäputki, johon on kiinnitetty kärkikartio (Kuva 1). Kärkikartion tehtävänä

on muotoilla maapatsas näyteputken sopivaksi. Maanäyte otetaan kairaamalla sisä- ja ulkoputki maahan, jolloin näyte tulee sisäputken sisällä olevaan PVC-muoviseen näyteputkeen. Kairaamisen aikana ainoastaan ulkoputki pyörii. Sisäputki irrotetaan yhdessä näyteputken kanssa kairasta, kun putket ovat riittävän syvällä maassa. Irrottamisen jälkeen ulkoputki nostetaan maasta ylös, jolloin sisäputki jää vielä maahan. Sisäputki nostetaan ylös erillisen nostokehikon avulla.

Perssonin ja Bergströmin (1991) suunnittelemassa kairassa on kierteellä varustettu ulkoputki, jonka päähän on kiinnitetty neljä terälappua (Kuva 2). Terät muotoilevat maapatsaan näyteputkeen sopivaksi. Näyteputki kiinnitetään lukitusmekanis-

min avulla ulkoputken sisälle siten, että näyteputki ei pyöri ulkoputken mukana maahan kairaamisen aikana. Putket kairaataan maahan ja kun riittävä syvyys on saavutettu, voimansiirron lukitusmekanismia muutetaan. Lukituksen muutoksella saadaan näyteputki pyörimään ulkoputken mukana, jolloin näyte katkeaa alapäästä. Kumpikin putki nostetaan maasta ylös samanaikaisesti ja näyteputki irrotetaan koneesta.

Näyteliierion maahan kairaavat laitteet ovat monimutkaisia ja kalliita, koska niiden rakenne on moniosainen ja kairaa pyöritetään hydraulimoottorin avulla. Jos kairatyypistä laitteistoa käytetään halkaisijaltaan erikokoisten näytteiden ottamiseen, jokainen näytekoko tarvitsee oman terälaitteiston. Erikokoisten terälaitteistojen rakentaminen aiheuttaa puolestaan lisäkustannuksia. Muissa laitteissa näyteputken halkaisijan muutokset ovat helposti ja edullisesti toteutettavissa.

2 Maanäytekairan suunnittelu ja rakentaminen

2.1 Kairan suunnittelun lähtökohta

Näytteenottolaitteiston kehitystyössä haluttiin hyödyntää mahdollisimman hyvin MKF:lle aikaisemmin (1984) hankittua ruotsalaisvalmisteista maanäytteenottolaitetta. Laitte oli rakenteeltaan samankaltainen kuin Perssonin ja Bergströmin (1991) näytteenottolaitte. Laitte oli traktorisovitteen ja se kiinnitettiin traktorin kolmipisteenostolaitteisiin (Kuva 2). Laitteella ei ollut traktorin suhteen muita vaatimuksia kuin kaksitoiminen hydraulikan ulosotto. Kairan pyörimisnopeus riippui traktorin hydraulipumpun tuotosta, jonka minimimääräksi riitti 30 l/min 18 MPa:n paineella.

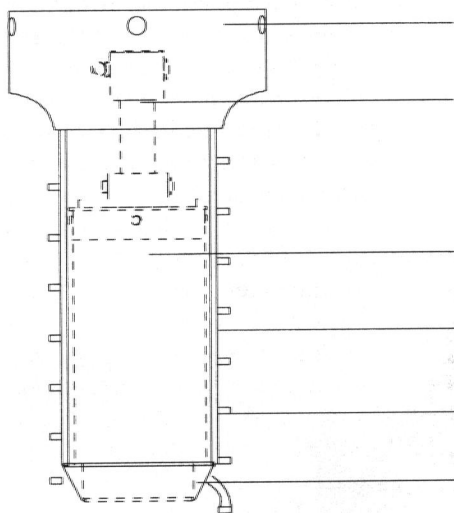
Maanäytekairan toiminnan puutteiden vuoksi sitä ei käytetty näytteiden ottoon. Näytteiden otto oli ollut koneella hidasta.

Pelkästään näyteputken maahan kairaamiseen kului aikaa 15–30 minuuttia jäykällä savimaalla. Kierteen pienestä noususta johdettujen kierre nosti maata vähän kerrallaan ylöspäin ja kaira meni maahan hyvin hitaasti. Näyteputkien vaihtaminen ja irrottaminen laitteesta oli raskasta sekä tapaturma-altista työtä. Painava terälaitteisto irrotettiin ja kiinnitettiin jokaisen näyteputken vaihdon yhteydessä käsivoimin. Lisäksi maan kosteus vaikutti merkittävästi kairan toimintaan. Jos maa oli kuivempaa kuin kenttäkapasiteetissa, kaira ei mennyt maahan. Jos maa taas oli kosteampaa kuin kenttäkapasiteetissa, näyte ei pysynyt näyteputkessa ylösnoston aikana.

Kairan toimintaongelmien vuoksi näytteenottolaitteen terälaitte rakennettiin kokonaan uudelleen. Laitteen toimintaperiaatteeksi valittiin kairamenetelmä. Valintaan vaikutti mahdollisuus käyttää hyväksi olemassa olevan laitteen runkoa ja voimansiirtoa sekä muiden tutkimusten myönteiset tulokset kairaavasta menetelmästä (Raper ja Erbach 1987, Manor ym. 1991). Esikuvana käytettiin Manorin ym. (1991) suunnitteleman kairan terälaitteistoa, jossa on ulkoputki kierteineen, sisäputki ja erillinen näyteputki (Kuva 1).

2.2 Uuden terälaitteen suunnittelu

Kairan sisäputkeksi hankittiin ruostumatomasta teräksestä valmistettu putki, jonka sisähalkaisija oli 164,3 mm ja ulkohalkaisija 168,3 mm (Liitteet 1–3). Putki valittiin, koska se oli seinämäpaksuudeltaan ohut, ja se sopi hyvin PVC-muovisen näyteputken ympärille (näyteputken ulkohalkaisija 160,0 mm). Sisäputken ja näyteputken seinämien väliin jääneessä tilassa (2,1 mm) näyteputki pysyi paikoillaan ilman keskittämistä tai tukemista. Sisäputken alapäähän hitsattiin kiinni kärkikartio, jonka tehtävänä oli muotoilla maapatsas näyteputkeen sopivaksi sekä ohjata maata kiertelle (Kuva 3). Terälaitteen tekninen rakenne ilmenee tarkemmin liitteistä 1–3. Näyteputki nojasi alapäästään kärki-



Sovituskappale, jonka avulla ulkoputki kiinnitetään laippaan

Sisäputken kiinnityskappale

Teräksinen sisäputki, jonka sisällä on PVC-muovinen näyteputki

Ulkoputki, johon kierre on hitsattu kiinni

Kierre: pituus 750 mm, nousu 375 mm

Kärkikartio

Kuva 3. Uuden terälaitteen rakennekuva (teknisempi kuvaus liitteissä 1–3).

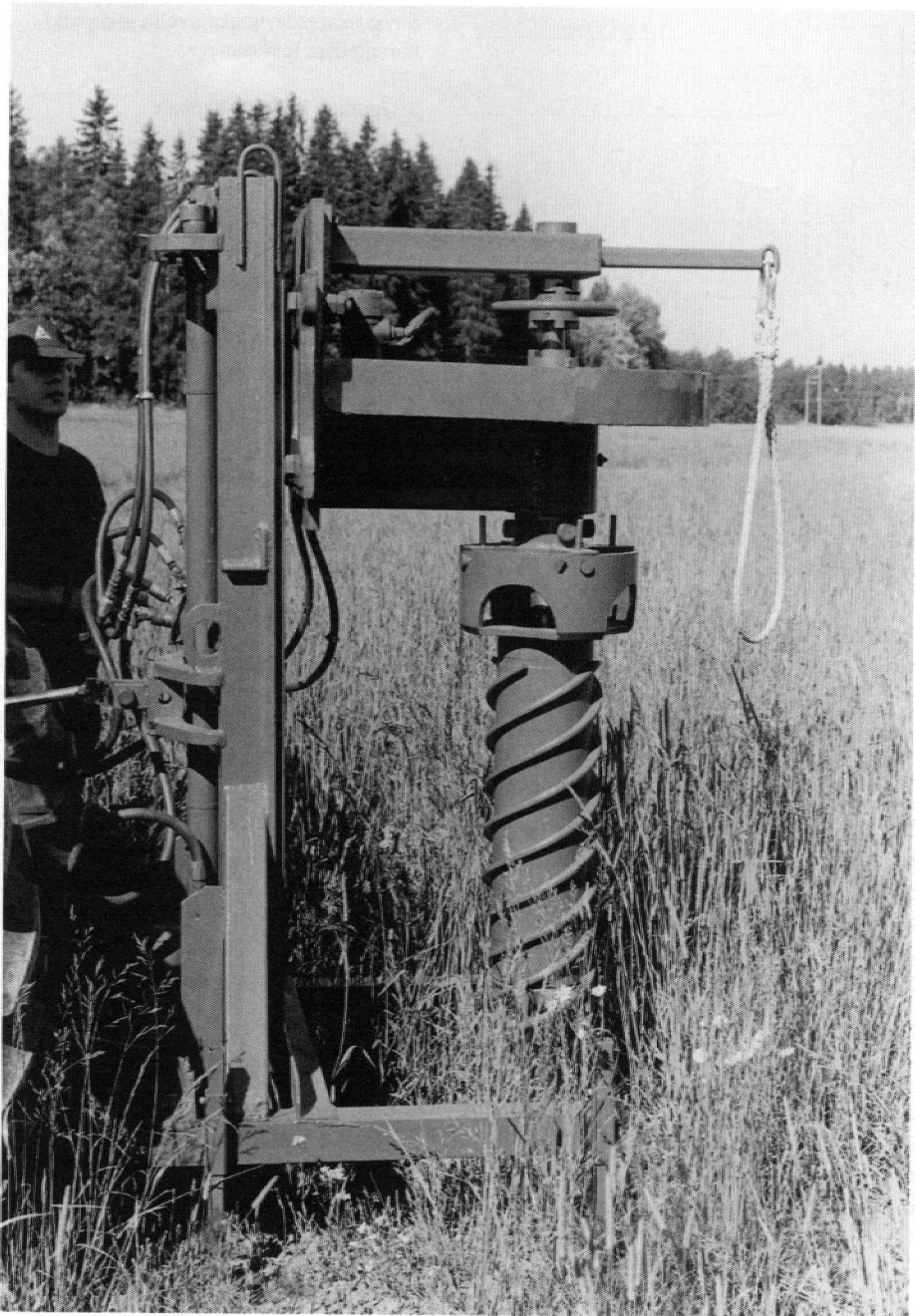
kartiassa olevaa huullostaa vasten. Kärkikartio sorvattiin teräsputkesta, jonka ulkohalkaisija oli 210 mm, ja seinämän paksuus 30 mm. Kärkikartion sisähalkaisijaksi sorvattiin 151,7 mm, joten se oli 0,2 % (0,3 mm) pienempi kuin näyteputkien keskimääräinen sisähalkaisija (152,0 mm). Vaughan ym. (1984) suosittelivat maapatsaan ja näyteputken halkaisijoiden väliseksi eroksi 0–3 %, jotta maa ei tiivistyisi ja kitkavoimat eivät kasvaisi liian suuriksi ja estäisi näyteputkea menemästä maahan.

Sisäputki kiinnitettiin kairaan kiinnityskappaleen avulla. Kairan voimansiirto oli rakennettu siten, että hydraulimoottori pyöritti ketjun ja hammaspyörien avulla kiinnityslaippaa, johon kairan ulkoputki kiinnitettiin. Sisäputki kiinnitettiin kiinnityskappaleella laipan keskellä olevaan akseliin, joka ei pyörinyt näytteenoton aikana ja joka tuki sisäputken liikkumattomaksi myös pystysuunnassa. Tarvittaessa sisäputkea voitiin pyörittää muuttamalla voimansiirrossa olevan sakarakytkimen asentoa siten, että myös sisäputken kiinnitysakseli pyöri yhdessä ulkoputken kiinnityslaipan kanssa.

Ulkoputkeksi valittiin teräsputki, jonka ulkohalkaisija oli 194 mm ja seinämän paksuus 9 mm. Tämän kokoiseen putkeen

päädyttiin, jotta sisä- ja ulkoputken seinämien väliin jäisi sopivasti tilaa laakeroinnille, ja ettei terälaitteen ulkohalkaisija kasvaisi liian suureksi. Koska ulkoputki pyöri näytettä otettaessa ja sisäputki pysyi paikoillaan, putkien väli oli laakeroitava. Laakerointi myös kohdisti sisäputken keskele ulkoputkea, mikä esti sisäputken heilumisen sivusuunnassa. Ulkoputken sisäpuolelle ylä- ja alapäähän sorvattiin 30 mm leveä ja 2 mm syvä ura. Uraan asennettiin ulko- ja sisäputken väliseksi laakeriksi 30 mm leveä ja 4 mm paksu nailonvahvisteinen muovisuikale. Tällaiseen laakerointiin päädyttiin, koska ulkoputken pyörimisnopeus ei ollut kuin 20–30 kierrosta minuutissa eikä laakerointi saanut haitata tai estää sisäputken kiinnittämistä ja irrottamista.

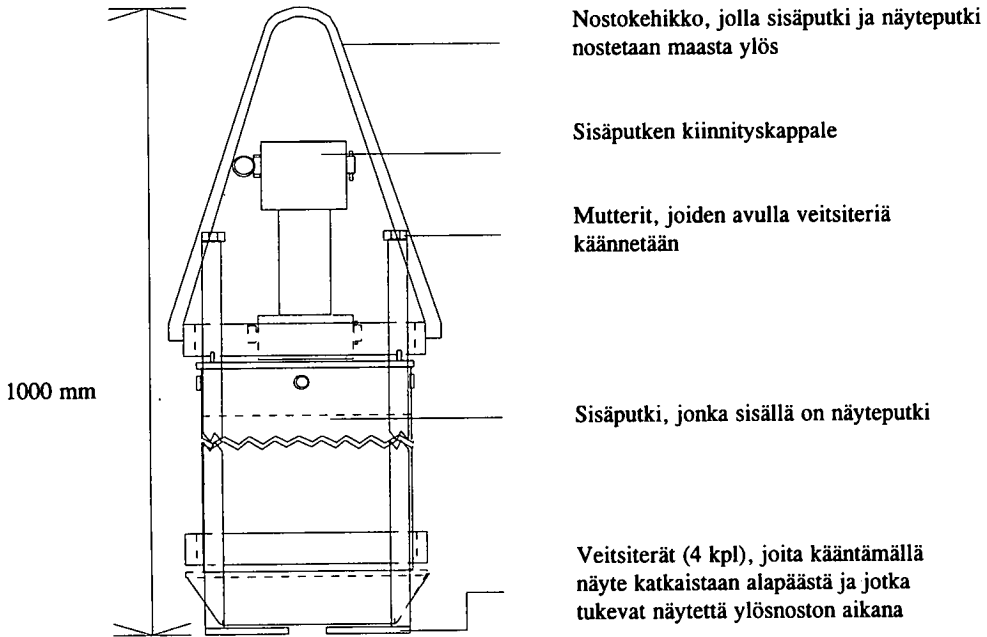
Ulkoputki ja kierre kiinnitettiin hydraulimoottorin pyörittämään laippaan sovituskappaleen avulla (Kuva 3 ja 4). Sovituskappale valmistettiin teräsputkesta, jonka ulkohalkaisija oli 355 mm ja seinämän paksuus 14 mm. Putken yläreunaan porattiin 25 mm:n reiät, joihin laipan neljä joussikuormitteista lukitustappia sopivat. Tappien avulla ulkoputki voitiin helposti kiinnittää ja irrottaa laipasta. Helppoa kiinnitettävyyttä tarvitaan, kun laitetta kuljete-



Kuva 4. Kehitetty maanätekaira.

taan. Kuljetuksen ajaksi ulkoputki irrotetaan, jotta kairan voimansiirtolaitteisto voidaan laskea alas. Samalla laitteen painopiste saadaan mahdollisimman alas ja kuljetus voidaan suorittaa turvallisesti.

Ulkoputkeen hitsattava kierre tilattiin kierteiden ja siirtoruuvien valmistukseen erikoistuneesta yrityksestä. Kierre koostui neljästä osasta, jotka oli valmistettu 10 x 20 x 9 mm teräksestä. Yhden kierreosan



Kuva 5. Sisäputki ja nostokehikko, jonka avulla maanäyte nostetaan maasta ylös.

pituus oli 750 mm, ja nousu 375 mm. Kun kierre hitsattiin kiinni ulkoputkeen, kierteen harjojen väli oli 70 mm. Nelipäiseen kierteeseen päädyttiin, jotta kierteen ylös nostamalle maalle jäi riittävästi tilaa kierteen harjojen väliin (Kuvat 3 ja 4). Kierteen päät katkaistiin yhtä pitkiksi ja teroitettiin maahakuisiksi. Kärjet katkaistiin siten, että ne ulottuivat 35 mm kärkikartion alapuolelle. Tällöin kierre vetää kairaa maahan. Nelipäisessä kierteessä kierteen kärkiin kohdistuvat voimat jäävät pienemmiksi kuin kolmipäisessä kierteessä. Myös Manor ym. (1991) sekä Persson ja Bergström (1991) käyttivät nelikärkistä kierrettä terälaitteissaan.

Maanäyte nostettiin maasta nostokehikkoa apuna käyttäen. Kehikko rakennettiin teräsputkista (halkaisija 16 mm) ja terästangoista (Liite 4). Kun ulkoputki nostettiin ylös maasta, nostokehikko laskettiin maassa olevan näyte- ja sisäputken ympärille. Näyte katkaistiin nostokehikossa olevia veitsiteriä kääntämällä. Ylösnoston ajaksi terät jätettiin keskiasentoon tukemaan näytettä (Kuva 5).

2.3 Maanäytekairan kehittäminen

Maanäytekairan toimintaa testattiin heti sen valmistuttua. Kaira meni maahan vain noin 30 cm:n syvyyteen eli puoleen tarvittavasta syvyydestä. Osasyynä tähän oli ilmeisesti maan märkyys, koska savimaa oli veden kyllästämää yli 20 cm:n syvyydessä. Märkä maa täytti kärkikappaleen ja kierteen kärkien välin, jolloin kierre ei noston maata ylös vaan tukkeutui. Suurin este kairan maahan menemiselle oli kuitenkin se, että kärkikappaleen leikkaama maapatsas oli näyteputken halkaisijaan nähden liian suuri. Tämä havaittiin, kun näyteputki irrotettiin kairasta ja maanäytettä yritettiin irrottaa näyteputkesta. Maanäyte oli myös tiivistynyt näyteputkeen menon aikana, joten maapatsas ei irronnut näyteputkesta. Tiivistyminen johtui siitä, että kärkikappaleen sisähalkaisijan ja näyteputken sisähalkaisijan ero oli liian pieni (vain 0,3 mm), jotta maapatsas olisi sopinut menemään näyteputkeen hyvin.

Kairan toiminnan parantamiseksi kärkikartion sisähalkaisijaa pienennettiin. Kär-

kikappaleen kärjen sisäpinnalle hitsattiin -palko», joka sorvattiin siten, että sisähalkaisija pieneni 151,7 mm:stä 151,0 mm:iin (Liite 3). Muutoksen jälkeen sisähalkaisija oli siis 1,0 mm (0,66 %) pienempi kuin PVC-putkien keskimääräinen sisähalkaisija (152,0 mm). Kirjallisuuden perusteella ei voitu suoraan päättää kärkikartion ja näyteputken halkaisijoiden eroa, koska kirjallisuudessa erot vaihtelivat 0,12 mm:stä (Swallow ym. 1987) aina 3 mm:iin saakka (Prunty ym. 1991) näytteiden käyttötarkoituksen ja käyttötavan mukaan. Vaughanin ym. (1984) mukaan kärkikartion sisähalkaisijan tulisi olla 0,75–1,5 % pienempi kuin näytteen halkaisija. Kärkikartion ja näytteen yhden millimetrin halkaisijaeroa kekeiltiin samoissa olosuhteissa kuin ensimmäisellä kerralla. Tällöin kaira meni hyvin maahan, eikä maapatsaan näyteputkeen menemiselle ilmennyt ongelmia.

2.4 Maanäytteiden otto erilaisilta maalajeilta

Koekäytön jälkeen koneellisella menetelmällä otettiin noin 30 maanäytettä erilaisilta maalajeilta. Tarkoituksena oli kairan toiminnan testaaminen sekä työntekijöiden perehdyttäminen laitteen toimintaan ja käyttämiseen. Maalaji vaihteli näytteenotokohdilla hiedasta aitosaveen. Hietaan kaira meni hyvin, mutta savimaalla oli ongelmia, kun maa oli kosteudeltaan lakastumisrajalla. Koska maa oli kovaa, useissa näytteenotokohdissa jouduttiin lisäämään koneen rungon päälle painoa noin 90 kg. Lisäpainon avulla kaira meni 56 cm:n näytteenottosyvyyteen saakka. Kuivassa savi- maassa jankon yläosa hidasti kairan maahan painumisnopeutta silmin nähtävästi 25 cm:n syvyydessä. Kun noin 5 cm paksu jankko oli läpäistänyt, terä painui maahan liiankin nopeasti, ellei laskunopeutta hidastettu hydraulikan avulla. Jankko ilmeni selvimmin, kun maan kosteus (syvyydessä 0–60 cm) oli lähellä lakastumisrajaa. Kairan maahan painumisnopeudesta ei voinut erottaa muokkauskerroksen ja jan-

kon rajaa, kun maan kosteus oli lähellä kenttäkapasiteettia.

Koneellisesti otettujen näytteiden ylösnostossa ja käsittelyssä ilmeni ongelmia. Heinää kasvavalla koel alueella maan rakenne oli hyvin kuivaa ja muruista. Kierteen ylösnostama maa oli hienoa -jauhoa ja sitä valui sisäputken kaulukselle, kun ulkoputki nostettiin maasta ylös. Kaulukselle varissut maa esti nostokehikon käytön, koska kehikko ei painunut riittävän alas. Näytteet jouduttiin nostamaan maasta ylös käsivoimin. Näytteiden pakkaamisessa ei voitu käyttää tarkoitukseen varattua telineitä. Kuiva maa valui pois näyteputkesta, vaikka näyte oli pakkaustelineessä kaltevassa asennossa. Tämän vuoksi näytteet viimeisteltiin ja pakattiin maan pinnalla vaakatasossa.

Kairaa kekeiltiin myös turvemaalla. Turve oli hyvin pitkäkuituista ja maatumatonta, lisäksi maa oli hyvin märkää. Useista näytteenottoyrityksistä huolimatta näytteenotto laite ei toiminut, koska kärkikappale ei leikannut turvetta vaan turve painui kärkikappaleen edessä alaspäin. Kun tiivistymisestä aiheutunut paine kasvoi riittävän suureksi, turve leikkautui ja meni näyteputkeen. Kun näyteputki nostettiin ylös maasta, havaittiin, että turve oli puristunut kokoon ja siitä oli tullut 20–25 cm pitkä ja hyvin kuiva turvepatsas.

2.5 Näytteenoton työsaavutus

Tässä tutkimuksessa ei tutkittu koneellisen menetelmän työsaavutusta erilaisissa olosuhteissa ja eri maalajeilla. Menetelmän työsaavutusta verrattiin kuitenkin aikaisempien vuosien perinteisen menetelmän työsaavutukseen. Koneellisella menetelmällä otettiin näytteitä Mouhijärveltä, Sata-Hämeen tutkimusasemalta syksyllä 1994. Näytteitä otettaessa hiesumaa oli kuivaa ja kovaa, mikä vaikeutti kairan maahan menemistä. Maanäytteitä otettiin yhteensä 27 kappaletta, joiden ottamiseen kului aikaa 11 työtuntia. Toiselta koel alueelta näytteenottoyrityksiä oli 30 kappaletta, mutta kuu-

si kertaa kaira osui kiveen tai salaojaputkeen, minkä vuoksi näytteenotto keskeytettiin ja näytteenottoa paikkaa vaihdettiin. Kokonaisuudessaan työaika näytteenottoon Mouhijärvellä kului 24 tuntia, jonka aikana otettiin 51 maanäytettä (28 min/näyte).

Koneellisen menetelmän työsaavutusta voitiin verrata suuruusluokaltaan Mouhijärveltä perinteisen menetelmän näytteenoton työsaavutukseen kesällä 1989. Työntekijöiden mukaan olosuhteet olivat tuolloin yhtä hankalat. Perinteisellä menetelmällä otettiin 12 näytettä, joiden ottamiseen kului 9 työtuntia (45 min/näyte). Myös muina vuosina työsaavutus oli samaa suuruusluokkaa. Kokemäellä (savinen hiue) ja Mietoissa (aitosavi) näytteenoton työsaavutus oli perinteisellä menetelmällä 18 näytettä yhdeksän työtunnin aikana. On huomattava, että perinteisellä menetelmällä näytteitä otti kolme työntekijää, jotka löivät näyteputkea vuorotellen maahan. Koneellisella menetelmällä näytteitä otti vain kaksi työntekijää. Näiden suuntaa antavien tulosten perusteella koneellinen menetelmä oli nopeampi kuin perinteinen menetelmä, kun olosuhteet olivat huonot tai näytteitä otettiin paljon lyhyessä ajassa.

Käyttökokemuksen lisääntyessä koneellisen näytteenottomenetelmän työsaavutus parani huomattavasti. Kesän 1995 aikana kairalla otettiin noin 120 maanäytettä. Syksyllä työsaavutus oli 4,5–5 näytettä tunnissa (savimaa, maan kosteus kenttäkapasiteetissa). Menetelmän paras ominaisuus on työsaavutuksen pysyminen tasaisena koko työpäivän ajan. Perinteisessä menetelmässä työsaavutus pienenee työajan kuluessa väsymisen vaikutuksesta. Näytteiden lukumäärän kasvaessa tai olosuhteiden ollessa vaikeat koneellisen menetelmän edut tulevat selkeämmin esille suurempana työsaavutuksena.

Koneellisen menetelmän työsaavutukselle asetettu tavoite (10 maanäytettä/työpäivä) saavutettiin hyvin. Käyttökokemuksen myötä työskentely on nopeutunut ja turhat työvaiheet ovat karsiutuneet pois. Kairaa on myös kehitetty edelleen muun

muassa siten, että näytteen pakkausteline on kiinnitetty kairan sivulle. Työntekijöiden mukaan kairalla voidaan ottaa yhden normaalin työpäivän aikana jopa yli 20 maanäytettä MKF:n koekenttien alueelta.

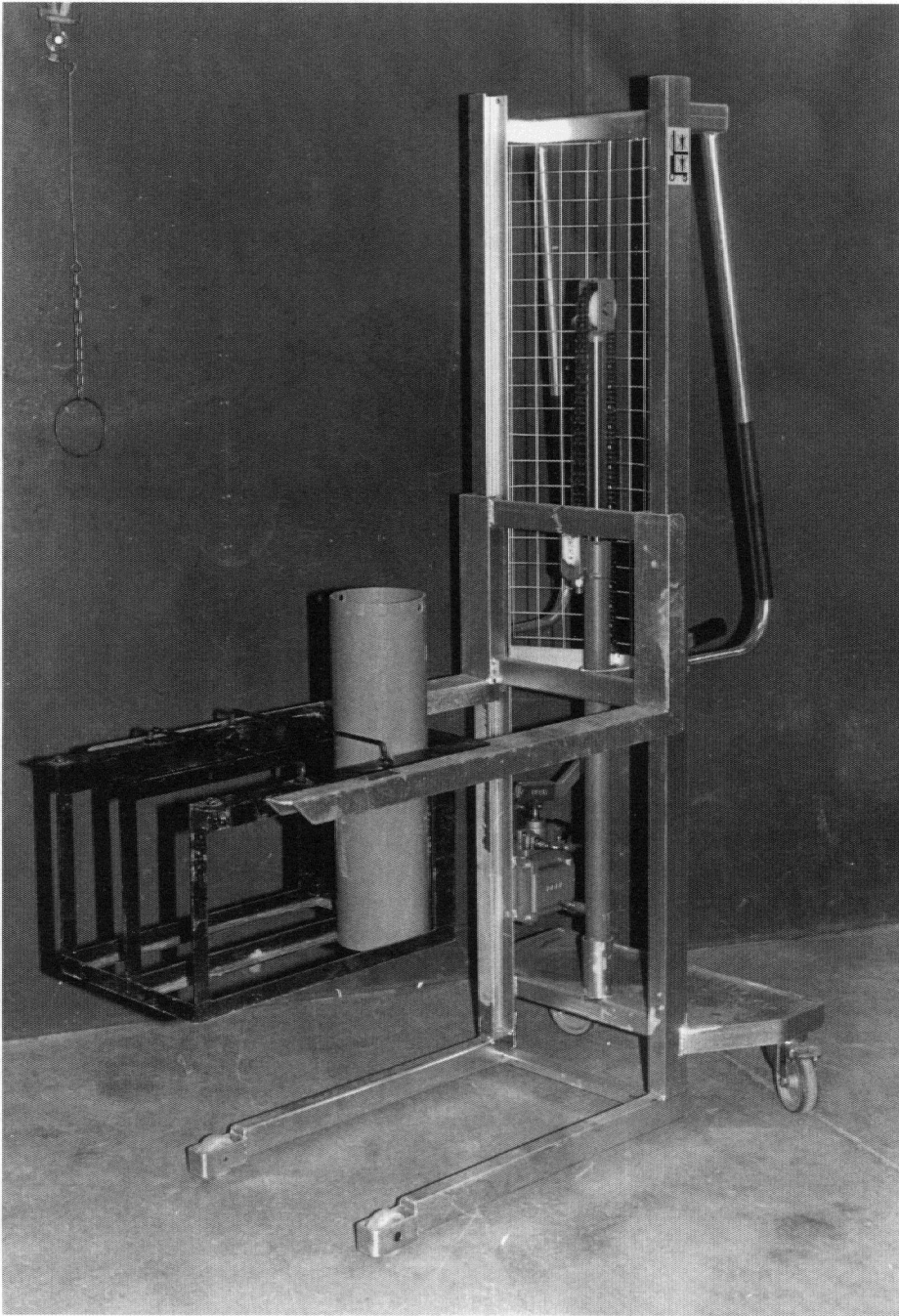
2.6 Maanäytteiden laatu

Maanäytteiden laatua tutkittiin mittaamalla näytteen pinnan ja näytettä ympäröivän maanpinnan korkeusero. Menetelmää on käytetty yleisesti, kun maanäytteiden muuttumattomuutta on tutkittu näytteenoton aikana (Walker ym. 1990, Hendrickx ym. 1991, Manor ym. 1991). Mittauksia varten maanäytteitä otettiin työntutkimuksen koalueelta 8.9.1994.

Lyöntialusta tai kiinnitysliippa poistettiin näyteputken päältä, kun näyteputki oli näytteenottosyvyydessä maassa (560 mm). Tällöin voitiin mitata ympäröivän maan ja näytteen pintojen korkeuseroja. Korkeusero mitattiin asettamalla 1,0 m leveä neulareliefi näytteen ylitse. Näytteen pinnan korkeus laskettiin näytteen pinnalla olevien tankojen korkeuden keskiarvona ja maanpinnan korkeus näytteen ulkopuolella olevien tankojen korkeuden keskiarvona. Tankojen korkeus määritettiin taustalevyn senttimetriasteikosta. Näytteenoton aiheuttama näytteen pinnan korkeuden muutos laskettiin vähentämällä ympäröivän maanpinnan korkeuden keskiarvosta näytteen pinnan korkeuden keskiarvo. Jokaisesta näytteestä tehtiin kaksi mittausta,

Taulukko 1. Maan ja maanäytteen pinnan korkeuserojen mittaustulokset perinteisellä ja koneellisella näytteenottomenetelmällä otetuista näytteistä.

Näytteenottomenetelmä	Maan ja näytteen pinnan korkeuseron keskiarvo, cm	Keskihajonta
Perinteinen	- 1,5	0,583
Koneellinen	- 1,1	0,429
T-testi ($\alpha = 0,05$)	0,1514	
Phav	n.s.	



Kuva 6. Haarukkapinooja ja kuljetuskehikko, joiden avulla maanäytteet kuljetetaan autosta kylmävarastoon.

jotka olivat kohtisuorassa toisiaan vastaan. Korkeusmittaukset valokuvattiin ja korkeuserot laskettiin myöhemmin valokuvasta.

Mittaustulosten perusteella havaittiin, että molemmilla menetelmillä näytteen

pinta painui ympäröivää maanpintaa alemmas. Tulosten perusteella koneellinen menetelmä ei tiivistäisi näytettä aivan yhtä paljon kuin perinteinen menetelmä, mutta ero ei ollut merkitsevä (Taulukko 1).

2.7 Maanäytteiden kuljetus varastoon

Perinteisellä menetelmällä otetut maanäytteet kuljetettiin pellolta varastoon auton tavaratilassa. Näytteet nostettiin käsivoimin auton tavaratilaan pystyasentoon ja tuettiin kuljetuksen ajaksi. Autosta näytteet nostettiin käsin kuljetuspöydälle, jonka avulla näytteet työnnettiin kylmiöön varastoitavaksi.

Maanäytteiden kuljetuksen kehittämisellä haluttiin vähentää näytteiden nostamista ja kantamista. Näytteiden siirtoon suunniteltiin kuljetuskehikko, jossa näytteet kulkivat pystyasennossa (Liite 5). Pellolla näytteet nostetaan käsivoimin autossa olevaan kehikkoon, johon ne tuetaan pystyasentoon välitukien avulla. Autosta kuljetuskehikko nostetaan haarukkapinoojalla, jonka avulla kehikko ja näytteet työnnetään kylmävarastoon (Kuva 6).

3. Työntutkimuksen aineisto ja menetelmät

3.1 Työntutkimuksen koekenttä

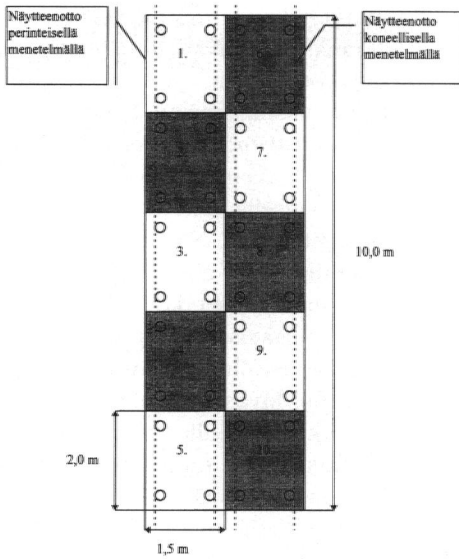
Työntutkimuksen koekenttä sijaitsi Ojaisten peltoalueella Jokioisissa. Edellinen kenttäkoe oli päätynyt tällä alueella jo kaksi vuotta aiemmin ja alueella kasvoi valkomesikkää. Työntutkimuksen koalue mitoitettiin ja sijoitettiin edellisen kokeen yhteen koeruutuun. Koalueen maalaji oli hiesavea, jonka kivennäisaineksen lajitekoostumus oli:

	Lajitekoostumus (%)			
	Saves	Hiesu	Hieta	Hiekka
Syvyys (cm)	< 0,002	0,002–0,02	0,02–0,2	0,2–2 (mm)
0–20	52	24	14	10
20–40	55	27	11	7

Työntutkimuksessa maanäytteet otettiin työntutkimukseen kuvan 7 kenttäkartan mukaiselta koalueelta. Jokaisesta koeruudusta otettiin yksi maanäyte. Ensimmäisen koeruudun näytteenottomenetelmä arvotettiin. Sen jälkeen maanäytteitä otettiin vuorotellen perinteisellä ja koneellisella näytteenottomenetelmällä. Näytteenottomenetelmä arvottiin vain ensimmäiseen ruutuun, jotta mahdolliset koko koaluetta koskevat systemaattiset tekijät, kuten tiivistymät tai kosteusvaihtelut, eivät vaikuttaisi koetuloksiin. Myös siirtymämatka näytteenottoaikkojen välille tuli samanmittaiseksi menetelmästä riippumatta. Arvonnan tuloksena ensimmäisestä koeruudusta maanäyte otettiin perinteisellä menetelmällä (Kuva 7). Perinteisen menetelmän koeruudut ja näytteenottojärjestys olivat ruutunumeroinnin mukaan 1, 3, 5, 9 ja 7. Koneellisen menetelmän koeruudut ja näytteenottojärjestys olivat 2, 4, 10, 8 ja 6.

Maan kosteus ja mekaaninen vastus mitattiin koalueelta ruuduittain (Kuva 7). Mittauksien tarkoitus oli selvittää, onko maan ominaisuuksien välillä merkittävää poikkeamaa ruutujen välillä. Jos maan ominaisuudet poikkeavat toisistaan merkittävästi, ne voivat vaikuttaa näytteenottoon (Stone 1991). Maan kosteus ja mekaaninen vastus mitattiin ja työntutkimuksen näytteet otettiin samana päivänä. Pitkään jatkuneen kuivuuden vuoksi koaluetta sadetettiin, jotta maan kosteus olisi näytteenoton aikana lähellä kenttäkapasiteettia.

Maan kosteus mitattiin TDR:lla (Topp ym. 1980 ja Cassel ym. 1994). Kosteudet mitattiin jokaisesta koeruudusta neljästä kohdasta. Mittauskohdat olivat ruudun kulmista noin 25 cm ruudun keskustaan päin (Kuva 7), jotta mittaukset eivät aiheuttaisi häiriöitä näytteenottoon tai maanäytteisiin. Mittaustuloksista laskettiin ruutukeskiarvot, jotka edustivat ruudun kosteutta. Koeruudut ryhmiteltiin näytteenottomenetelmittäin ja ruutujen kosteuksia verrattiin t-testin avulla (Taulukko 2). Kosteusmittaukset osoittivat, että maan kosteus oli lähellä Jokioisten savimaan kenttäkapasi-



Kuva 7. Työntutkimuksen kenttäkartta, jolla näkyvät koneellisen ja perinteisen näytteenottomenetelmän koeruudut. Ympyrät kuvaavat maan kosteuden mittaushetkiä ja katkoviivat maan mekaanisen vastuksen mittauslinjoja.

teettä, joka on noin 40 tilavuus % (Alakukku 1993).

Maan mekaaninen vastus mitattiin kartiopenetrometrillä (Andersson ym. 1980). Jokaisen koeruudun ala- ja yläreunasta tehtiin viisi mittausta eli 10 mittausta/koeruutu. Vastus mitattiin kenttäkartalla näkyvien katkoviivalinjoiden kohdalta (Kuva 7). Mittauksissa käytettiin kärkikartiota, jonka halkaisija oli 12,8 mm. Maan mekaaninen vastus mitattiin 0–400 mm:n syvyydestä 25 mm:n välein ja vastus (MPa) saatiin kertomalla penetrometrin ilmoittama lukema 0,0762:lla.

Maan mekaanisen vastuksen tulosten laskennassa käytettiin ruuduista mitattujen pistojen mediaania syvyyksittäin (Alakukku 1993). Mekaanisessa vastuksessa ei ollut merkittäviä eroja näytteenottomenetelmien välillä. Mittaustulosten perusteella koeruuduilla ei myöskään ollut kyntöanturaa, mikä johtui koealueen sijainnista vanhalla aurattoman viljelyn koeruudulla. Koeruutua ei ollut kynnetty seitsemään

Taulukko 2. Koeruutujen maan kosteus työntutkimuksen aikaan ja maan kosteuden keskiarvojen t-testi näytteenottomenetelmittäin.

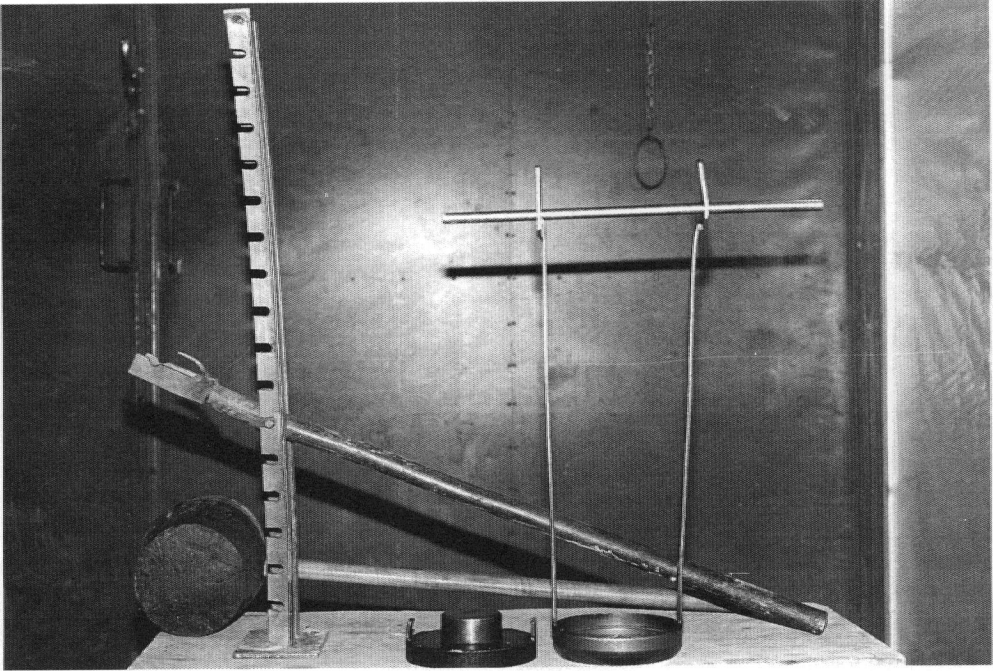
Näytteenotto- menetelmä	Maan kosteuden keskiarvo (0–40 cm) tilavuus %	Keski- hajonta
Perinteinen	40,1	1,19
Koneellinen	39,1	0,65
T-testi ($\alpha = 0,05$)	0,2496	
Phav	n.s.	

vuoteen. Mekaaninen vastus oli samaa suuruusluokkaa kuin peltoalueella aikaisemmin tehdyissä mittauksissa (Pitkänen 1988, Alakukku 1993).

3.2 Työntutkimuksen koehenkilöt

Työntutkimuksen kohteena oli kaksi MKF:n työntekijää, joiden työhön oli kuulunut suurten maanäytteiden ottaminen jo useita vuosia. Molemmat työntekijät olivat keskikokoisia ja normaalikuntoisia miehiä iältään 34 ja 39 vuotta. Työntekijöistä käytetään nimiä A ja B.

Työntekijöiden kanssa keskusteltiin videokuvauksesta ja työntutkimuksesta hyvissä ajoin ennen työntutkimukseen kuuluvaa näytteidenottoa. Henkilöt suhtautuivat näytteenoton kehittämiseen ja työntutkimukseen myönteisesti, koska näytteenoton kuormittavuuteen ja työskentelytapoihin haluttiin parannuksia. Myönteinen suhtautuminen johtui ainakin osittain siitä, että perinteinen näytteenotto koettiin rasittavana ja hieman ikävänä työnä, jota kuitenkin jouduttiin tekemään vuosittain paljon. Työntekijät suhtautuivat työn laadun parantamiseen avoimesti ja innostuneesti. Positiivinen asennoituminen työntutkimukseen ilmeni myös haluna saada tietoa omista työtavoista sekä puutteellisista tai korjattavista työasennoista. Työntekijät olivat myös mukana alusta alkaen uuden näytteenottomenetelmän kehittämisessä.



Kuva 8. Perinteisen menetelmän näytteenottovälineistö: leka, lyöntikehikko ja -alusta sekä näytteen nostoa varten tunkki ja vipuvarsi.

3.3 Työmenetelmien kuvaus

Näytteet otettiin perinteisellä menetelmällä samoilla välineillä, joita MKF:lla oli käytetty näytteenottoon aikaisempina vuosina (Kuva 8, ja Liite 6). Näytteenotossa käytettiin vakiintuneita työtapoja ja työnjakoa työntekijöiden kesken. Koneellisessa menetelmässä näytteet otettiin uudella kairalla (Kuva 4). Kaira oli kiinnitetty traktorin (Valmet 602T-4WD) kolmipistenostolaitteisiin ja se sai käyttövoimansa traktorin hydraulikasta. Näytteenoton aikana traktorin kierrosluvaksi säädettiin 1200 r/min. Näytteiden ylösnostamisessa käytettiin nostokehikkoa ja näytteet pakattiin tätä tarkoitusta varten valmistetussa telineessä. Koneellista näytteenottomenetelmää harjoiteltiin ennen työntutkimusta, jotta työskentely olisi tuttua ja tapahtuisi mahdollisimman rutiininomaisesti. Työskentelytavat muotoutuivat käytännössä työtehtävien mahdollisimman luontevan jakamisen sekä työntekijöiden yhteisten sopimusten pohjalta.

Näytteenottotyö jaettiin työnosiin siten, että perinteisen ja koneellisen menetelmän työosat vastaisivat työnsisällöltään mahdollisimman hyvin toisiaan. Menetelmien työosat jaettiin vielä työntekijöittäin, koska henkilöiden A ja B välinen työ vaihteli työnosittain (Taulukko 3). Tarkka työnosien sisällön kuvaus on liitteessä 7.

3.4 Näytteenoton fyysinen kuormittavuus ja sen mittaamiseen soveltuvat menetelmät

Työn fyysisen kuormittavuuden arviointi on tarpeen työtehtävissä, joissa on runsaasti taakkojen käsittelyä, staattista lihastyötä, yksipuolisia työliikkeitä tai voimankäyttöä. Näytteenottotyötä perinteisellä menetelmällä, jossa näyteputki lyödään käsivoimin lekalla maahan, voidaan pitää tällaisena työnä. Liian suuri fyysinen lihaskuormitus johtaa ylikuormittuneisuuteen ja väsymiseen, jolloin työntekijän toimintakyky alenee. Tästä syystä työpaikoilla tehtävät

Taulukko 3. Perinteisen ja koneellisen näytteenottomenetelmän työosat. Työntekijä A: ja B:, elleivät työosat ole sisällöltään samoja molemmille työntekijöille.

Perinteinen näytteenottomenetelmä:	Koneellinen näytteenottomenetelmä:
Pellolle saapuminen ja tavaroiden purku autosta A: Näyteputken maahan lyönti B: Näyteputken tukeminen lyönnin aikana	Pellolle saapuminen ja tavaroiden purku autosta A: Näyteputken maahan kairaus B: Maan siirto pois kairan kierteeltä
Näytteen nosto maasta A: Näytteen pakkaus B: Lyöntikehikon nosto maasta	Näytteen nosto maasta A: Koneen puhdistus B: Näytteen pakkaus A: Sisäputken paikalleen nosto B: Sisäputken paikalleen kiinnitys
Valmistelu ja siirtyminen Auton pakkaus	Valmistelu ja siirtyminen Auton pakkaus

ergonomiset ja tyofysiologiset toimet pitäisi ennen kaikkea suunnata ylikuormittuneisuuden ja väsymisen ehkäisyyn. Louhevaaran ja Smolanderin (1993) mukaan tavoitteena pitäisi olla teholtaan ja muodoltaan optimaalinen lihaskuormitus, jolloin työntekijän hengitys- ja verenkiertoelimestön sekä tuki- ja liikuntaelinten kuormittuneisuus ei ole liian suuri eikä liian pieni.

Kokonaisvaltaisesti kuormittavuutta arvioitaessa on selvitettävä työn kuormitustekijät ja työntekijän yksilölliset ominaisuudet (Louhevaara 1987). Fyysisen kuormittavuuden tutkimusmenetelmiä on olemassa useita, koska haitallinen kuormitus ilmenee usealla eri tasolla. Menetelmät voidaan ryhmitellä työntekijässä syntyviä tuntemuksia kartoitaviin haastattelu- ja kyseilymenetelmiin, työntekijän elimistössä tapahtuvia muutoksia mittaaviin psykofysiologisiin menetelmiin sekä työntekijää havainnoiviin menetelmiin (mm. Salminen 1981 ja Louhevaara 1987).

Työn fyysistä kuormittavuutta voidaan havainnollistaa kuorma-kuormittumismallin (Taulukko 4) avulla (mm. Saari 1981, Ahonen 1984, Louhevaara 1984, 1987, van der Schilden 1989). Mallin mukaan työn kuormitustekijät kohdistavat työntekijään kuormituksen, joka heijastuu työntekijän kuormittumisena. Kuormitustekijöiden lisäksi kuormittuminen riippuu työn suoritustavasta ja erityisesti työntekijän yksilöllisistä ominaisuuksista.

Näytteenottotyöhön kuuluu sekä dynaamista että staattista lihastyötä riippuen työvaiheesta ja menetelmästä. Näytteenottotyön energettisen kuormituksen selvittämiseksi mitattiin työntekijän sydämen syke ja määritettiin työn aiheuttama energian kulutus. Koska näytteenottotyössä tiedettiin olevan myös tuki- ja liikuntaelimestöä kuormittavia työvaiheita, päädyttiin myös työasentokuormituksen tarkasteluun.

3.5 Työasentojen kuormituksen selvittäminen

Työasentojen aiheuttama kuormitus tuki- ja liikuntaelimestölle voidaan selvittää muun muassa havainnointimenetelmien avulla. Menetelmiä on olemassa useita, esimerkiksi OWAS, ERGOLOC (van Dieen 1989), VIRA (Herranen ym. 1985) ja ARBAN (Herranen ym. 1985). Menetelmät on kehitetty eri lähtökohdista erilaisiin käyttötarkoituksiin. Muun muassa Tuure (1991) on käsitellyt maataloustöihin sopivia menetelmiä tarkemmin. Näytteenottotyön työasentokuormituksen määrittämisessä käytettäväksi menetelmäksi valittiin OWAS. Kirjallisuuden perusteella menetelmä oli maataloustöiden tutkimiseen sopivin. Menetelmä ei vaatinut erityisiä järjestelyjä kenttäolosuhteisiin ja OWAS-menetelmästä oli myös aiempaa käyttöko-

musta.

Havainnointiin pohjautuvat menetelmät perustuvat visuaalisiin havaintoihin työntekijästä. Havainnointi voidaan tehdä suoraan työtilanteesta tai myöhemmin videonauhalla (Työterveyslaitos 1986). Havainnointitutkimukset perustuvat matemaattiseen todennäköisyyslaskelmaan ja niiden ideana on hankkia tietoa työntekijästä tietyn ajanjakson aikana. Havainnointi suoritetaan silmänräpäyshavaintoina sattumanvaraisesti tai tasavälein, jolloin saadaan havaintomateriaali, joka antaa todennäköisen kokonaiskuvan koko tutkitusta toiminnasta (Rationalisointineuvottelukunta 1979).

OWAS-järjestelmä (Ovako Working Posture Analysing System) on Suomessa kehitetty työasentoja kartoittava ja luokitteleva järjestelmä, jonka käyttötarkoituksena on työmenetelmien kehittäminen työterveyden kannalta. Työasentojen kartoituksen pohjalta järjestelmän avulla ohjataan työmenetelmän muutoksia kohti parempia työasentoja (Rationalisointineuvottelukunta 1979). Tavoitteena on myös työturvallisuuden ja tuottavuuden lisääminen haitallisten työasentojen havaitsemisen ja poistamisen kautta (Työterveyslaitos 1986).

Van der Schildenin (1989) mukaan havainnointiin perustuvista menetelmistä OWAS on maataloustöiden tutkimiseen

sopivin. Menetelmä on helppokäyttöinen ja tutkimuksen toteuttaminen on suhteellisen helppoa ilman monimutkaisia ohjeita tai välineitä. Lundqvistin (1988) mukaan OWAS on myös yksi parhaista maatalousrakennusten suunnittelun apuna käytettävistä menetelmistä. Heinsalmen (1983) mukaan OWAS-menetelmä antaa parhaat tulokset, kun tutkitaan liikkuvaa kokovartalotyötä. Menetelmän edut eivät tule esille paikoillaan tehtävässä työssä, kuten istumatyössä. Tuuren (1991) mukaan istutaan tehtävissä töissä paikalliset, lähinnä selän ja pään huonot asennot jäävät melko vähälle huomiolle, vaikka huonoja työasentoja esiintyisi yleisesti. Lisäksi OWAS huomioi voimankäytön hyvin karkeasti.

Värynen ja Könönen (1988) käyttivät OWAS-mittauksia opittujen työasentojen pysyvyyden tutkimiseen. Metsätyö, jonka työasentoja oli OWAS-tutkimuksen perusteella parannettu, havainnointiin myöhemmin uudelleen. OWAS-indeksin, toimipideluokkien, asentokokonaisuuksien ja kehonosien asentojakaumien muutosten perusteella arvioitiin opittujen työasentojen pysyvyyttä. Lundqvistin (1988) mukaan OWAS-indeksin avulla voidaan verrata eri töitä keskenään tai mitata työasentojen muutoksien vaikutuksia työn kuormittavuuteen.

Taulukko 4. Kuorma-kuormittuminen-malli, (mm. Saari 1981, Ahonen 1984, Louhevaara 1984, 1987).

Työn kuormitustekijät (kuorma)	Työntekijän ominaisuudet	Fyysinen kuormittuminen	Kuormittuneisuus
Fyysiset vaatimukset			
* lihastyö			
* voimankäyttö			
* työasennot	* ikä	Fysiologinen vaste	Psykofysiologinen vaikutus
	* sukupuoli	* muutokset	
Työympäristö	* fyysinen	elimistön	* vaikutukset
* lämpötila	suorituskyky	toiminnoissa	työntekoon,
* valaistus	* taidot		ihmissuhteisiin,
* suojaimet	* tarkkaavaisuus	Subjektiiiviset	terveyteen,
		tuntemukset	käyttäytymiseen
			* sairastuminen
Työn järjestelyt			
* työaika			
* pakkotahtisuus			
* sidonnaisuus			

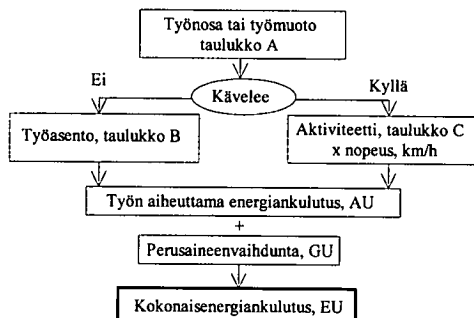
3.6 Työntekijän energiankulutuksen määrittäminen

Työntekijän energiankulutus voidaan määrittää käyttämällä muun muassa havainnointimenetelmää. Menetelmä perustuu työn jakamiseen osiin, jotka vaikuttavat kokonaisenergian kulutustasoon. Kokonaisenergian kulutustaso muodostuu siten työn osien energiankulutuksen summasta tietyllä hetkellä (Tuure 1991).

Yhdistelmätaulukoiden keskeisenä ajatuksena on työntekijän toiminnon jakaminen osiin, joilla kullakin on oma vaikutuksensa kokonaisenergiankulutustasoon. Kokonaisenergiankulutus muodostuu osien summasta. Työn energieettinen kuormitus lasketaan työstä tasavälein tehtyjen työntekijän energiankulutusmääritysten keskiarvona (Tuure 1995). Yhdistelmätaulukot muodostuvat kolmesta osasta: työmuoto-, työasento- ja aktiviteetti- taulukosta. Taulukoiden avulla määritellään työn aiheuttama energiankulutus (AU), johon lisäämällä perusaineenvaihdunnan energiankulutus (GU) saadaan työntekijän kokonaisenergiankulutus (EU). Energiankulutuksen määrittämisessä käytettävät yhdistelmätaulukot (työmuoto-, työasento-, ja aktiviteetti- taulukot) ovat Hettingerin ym. (1989) määrittämiä energiankulutustaulukoita (Tuure 1991).

Energiankulutushavainnossa määritetään työntekijän työmuoto, työasento ja aktiviteetti, jolloin yhdistelmätaulukoiden avulla saadaan laskettua työn aiheuttama energiankulutus. Työntekijän kokonaisenergiankulutus saadaan selville, kun työn aiheuttamaan energiankulutukseen lisätään perusenergian kulutus. Yhdistelmätaulukot (työmuoto, työasento, ja aktiviteetti) esitetään liitteessä 8. Energiankulutuksen määrittämistä havainnoimalla selvennetään kuvan 9 avulla.

Paikallaan tehtävän työn energiankulutus määritetään työmuoto- ja asentotaulukoista (Liite 8, Taulukot A ja B). Havaintohetkeä vastaavat energiankulutusarvot lasketaan yhteen kummastakin taulukosta. Työmuodon aiheuttaman energiankulutuk-



Kuva 9. Yhden havaintokerran sisältö energiankulutuksen määrittämiseksi havainnoimalla (Tuure 1995), taulukot A, B ja C liitteessä 8.

sen taso (kevyt/keskim./raskas) määritetään arvioimalla. Työ on kevyttä, jos siihen ei liity taakan siirtämistä, kannattelua tms. eikä työasento ole erityisen huono. Työ on keskiraskasta työasennon ollessa huono tai jos siihen liittyy selvästi taakan siirtämistä tai kannattelua. Työ on raskasta tai erittäin raskasta, mikäli siihen liittyy painavan taakan kannattelua tai siirtämistä ja työasento on huono. Liikkuvassa työssä energiankulutus määritetään laskemalla yhteen työmuototaulukon (Liite 8, Taulukko A) ja aktiviteetin energiankulutus. Aktiviteetin energiankulutusta (Liite 8, Taulukko C) ei saada suoraan taulukosta, vaan se on laskettava. Jos työntekijä nousee tai laskeutuu portaita tai tikkaita, on energiankulutusarvo nousu- tai laskunopeuden (m/min) sekä AU_{rel} -kertoimen tulo. Jos kävely tapahtuu muualla kuin portaissa tai tikkaissa, lasketaan energiankulutusarvo kaavalla: $AU = 16,7 \times AU_{rel} \times v$ (nopeus, km/h) (Tuure 1995).

Näytteenottotyön työnosat luokiteltiin keskimääräisen energiankulutuksen (W) perusteella neljään eri luokkaan. Luokitus perustui WHO:n luokitukseen (Liite 9), joka ottaa huomioon työntekijän iän ja sukupuolen (Andersen ym. 1978). Energiankulutus määritettiin ja luokiteltiin työntekijöiden mukaisesti iältään 30–39-vuotiaan keskikokoisen miehen taulukkoarvoja käyttäen. Luokituksen perusteella työntekijöiden energieettistä kuormittumista verrattiin näytteenottomenetelmittain ja työnosittain.

Taulukko 5. OWAS-havaintojen ja asentokokonaisuuksien toimenpideluokitus (Rationalisointineuvottelukunta 1979, Louhevaara ja Suurnäkki 1991).

Toimenpideluokka, TPL	Työasentojen tai työasento- yhdistelmien kuormittavuus	Parempaan työasentoon johtavan ratkaisun kiireellisyys
1	tavanomainen	ei aiheuta toimenpiteitä
2	on merkitystä	lähitulevaisuudessa
3	merkittävä	ensi tilassa
4	erittäin merkittävä	välittömästi

3.7 Näytteenottotyön havainnointi

Näytteenottotyöstä tehtiin OWAS-työasentohavainnointi, jolloin työntekijöiden työasennot havainnoitiin ja työasennot kirjattiin tyyppityöasentojen perusteella. Asentohavaintojen OWAS-tunnusten sisältö esitetään tarkemmin liitteessä 10. Energiankulutus määritettiin työasentohavainnoista yhdistelmätaulukoiden avulla. Menetelmä soveltuu hyvin kenttäolosuhteisiin ja OWAS-menetelmän rinnalla käytettäväksi. Energiankulutus ja OWAS-työasennot havainnoitiin samasta videon pysäytyskuvasta. Pysäytyskuvan oikea ajoitus saatiin kuvanauhalla näkyvän sekuntikellon osoituksen perusteella. Näytteenoton työasentojen OWAS-havainnoinnin teko videonauhalla mahdollisesti lyhyen havaintovälin. Epäselvissä tapauksissa työasentoa voitiin verrata tyyppityöasentoihin (Rationalisointineuvottelukunta 1979).

OWAS-havainnot tehtiin perinteisellä menetelmällä viiden ja koneellisella menetelmällä kahdeksan sekunnin välein, jotta kummallekin näytteenottomenetelmälle tuli lähes sama määrä havaintoja. Havaintovälin määrittämisessä huomioitiin myös työnosien lukumäärä. Tarkoituksena oli saada merkittäviin työnosiihin noin 100 havaintoa, jotta havaintojen tuloksia voidaan pitää luotettavina (Louhevaara ja Suurnäkki 1991). Havaintojen kokonaislukumäärä oli molempien työntekijöiden osalta perinteisellä menetelmällä 577 ja koneellisella menetelmällä 592 havaintoa.

Näytteenottotyöstä tehdyt työasentojen ja työasentoyhdistelmien OWAS-havainnot luokiteltiin toimenpideluokkiin. Neliportai-

nen haitta- ja toimenpideluokitus perustui asiantuntijoiden arvioihin työasentojen kuormituksesta tuki- ja liikuntaelimille (Taulukko 5). Toimenpideluokitus tehtiin jokaiselle yksittäiselle havainnolle sekä selän, käsien ja jalkojen työasentojen suhteelliselle osuudelle työajasta (Louhevaara ja Suurnäkki 1991). Toimenpideluokitus ilmaisi muutostoiimenpiteiden kiireellisyyden parannettaessa työasentoja sekä ilmaisi työasennot, jotka aiheuttivat toimenpiteitä (Rationalisointineuvottelukunta 1979).

Näytteenottotyöstä laskettiin molemmille työntekijöille OWAS-indeksit työnosittain ja näytteenottomenetelmittäin. OWAS-indeksi lasketaan toimenpideluokkien suhteellisesta osuudesta kertoimien avulla. Esimerkiksi, jos havaintoja on toimenpideluokissa seuraavasti: TPL 1: 75 %, TPL 2: 15 %, TPL 3: 6 % ja TPL 4: 4 %, lasketaan indeksi seuraavalla tavalla: $1 \times 75 + 2 \times 15 + 3 \times 6 + 4 \times 4 = 139$. Indeksien arvo 100 tarkoittaa optimaalista työn suorittamista. Mitä enemmän indeksien arvo ylittää 100:n, sitä tärkeämpää ja kiireellisempää on vähentää kuormitusta esittelemällä ja ottamalla käyttöön parempia työasentoja (Lundqvist 1988).

OWAS-indeksien perusteella voidaan päätellä tuki- ja liikuntaelimiä kuormittavien työasentojen suhteellinen kesto työajasta. Indeksiiä voidaan verrata suositukseen huonojen työasentojen suhteellisesta kestosta kahdeksan tunnin työvuoron aikana. Louhevaaran ja Smolanderin (1993) mukaan tuki- ja liikuntaelinten ylikuormituneisuus on mahdollista, jos huonojen työasentojen suhteellinen osuus on työ-

ajasta yli 30 %. Tuki- ja liikuntaelimestön vaurioituminen on todennäköistä, jos huonoja työasentoja on työajasta yli 70 %. Mikäli OWAS-indeksin arvo on yli 130, työasentoista vähintään 70 % on hyväksyttäviä. Jos indeksin arvo on yli 170, niin työasentoista hyväksyttäviä on vähintään 30 %. Indeksien ollessa yli 130 on siis laskettava kuormittavien työasentojen suhteellinen osuus työajasta tarkemmin.

Työasentohavaintojen ja työntekijän energiankulutuksen koodit tallennettiin RUFKO 900 -kenttätietokoneeseen. Kenttätietokoneeseen oli ohjelmoitu yhdistelmätaulukot valmiiksi valikoiksi, joiden perusteella tietokone laskee havaintokerran energiankulutusarvon. Myös OWAS-menetelmän työasentovalikot oli tallennettu kenttätietokoneeseen. Havainnon teko oli tällöin havaintoa vastaavien arvojen valitsemista valikoista (Tuure 1995). Havainnoinnin jälkeen koodit siirrettiin tietokoneen taulukkolaskentaohjelmaan ja ohjelmassa olleiden valmiiden kaavojen ja taulukkopohjien avulla OWAS-havainnot laskettiin ja luokiteltiin näytteenottomenetelmien, työosien ja työntekijöiden mukaan.

3.8 Melu

Melun haitallisuuteen vaikuttavat yksilölliset erot ja melun laatu (taajuus, koostumus, voimakkuus, vaikutusaika ja tasaisuus). Melun haitat elimistössä voidaan jakaa kuuloaistiin ja muihin elintoimintoihin kohdistuviin vaikutuksiin. Kuuloaistiin kohdistuvat vaikutukset ilmenevät pysyvä- tai tilapäisenä kuulokynnyksen nousuna. Melualtistusta arvioitaessa on äänitason lisäksi otettava huomioon melun kestoaika. Ekvivalenttitasossa (L_{Aeq} tai L_{Ceq}) on otettu huomioon A-äänitaso ja melun kestoaika. Ekvivalenttitasoon lasketaan ajan myötä muuttuvan äänenpaineen energiakeskiarvo mittausajan yli (mm. Borredon 1988).

Melun impulssimaisuus (iskumelu) lisää melun haitallisuutta. Impulssimelu muodostuu yhdestä tai useammasta äänistä, joiden kesto on alle yksi sekunti. Borredon

(1988) mukaan hyvä esimerkki impulssimelusta on vasaran isku tai laukauksen ääni. Impulssimelua pidetään kuulolle haitallisempina kuin tasaista melua, koska sitä ei havaita niin voimakkaana kuin mitä se todellisuudessa on ja korva ei ehdi sopeutua meluun. Kaikkien yksittäisten impulssien mittaaminen on mahdotonta, joten impulssimelua arvioitaessa mitataan ekvivalenttitasoa sekä kirjataan melun impulssimaisuus.

Starckin ym. (1993) mukaan kuulovaurion riski alkaa, kun melutaso ylittää 80 dB. Borredonin (1988) mukaan melu voi heikentää kuuloa, kun A-äänitaso ylittää jatkuvasti 85 dB (8 t/vrk, 5 vrk/viikko). Turvallisuusrajaksi suositellaan yleensä 85–90 desibelin A-äänitasa. Suomessa Työsuojeluhallituksen päätöksen (191/82) mukaan pysyvän kuulovaurion vaaraa aiheuttavana meluna pidetään melualtistusta (8 tunnin työpäivä), joka ekvivalenttitasona ylittää arvon 85 dB (SFS 4587). Jos päivittäinen melussaoloaika ei ole kahdeksaa tuntia, on määritetty aikarajat, jotka vastaavat haitalliseksi tunnettua päivittäistä melualtistusta (Taulukko 6). Jos melutaso ylittää työpäivän aikana 85 dB, on kuulovaurion ehkäisemiseksi suojauduttava melulta esimerkiksi käyttämällä kuulosuojaimia (Louhelainen 1985, Borredon 1988).

Taulukko 6. Kuulolle haitallisiksi tunnetut päivittäiset melussaoloajat eri melutasoilla (Työsuojeluhallitus 1982).

Jatkuva A-äänitaso, dB	Melussaoloaika
85	8 tuntia
88	4 tuntia
91	2 tuntia
94	1 tunti
97	30 minuuttia
100	15 minuuttia
103	8 minuuttia
106	4 minuuttia
109	2 minuuttia
112	1 minuutti
115	alle 1 minuutti

Melun äänitaso ja altistumisen kestoai-
ka vaihtelevat työpäivän mittaan. Työpai-
kalla mitattu äänitason arvo ei yleensä vas-
taa tasoa, jolle henkilö altistuu kokonai-
suudessaan työpäivän mittaan. Tämän
vuoksi on kehitetty käsite meluannos (Bor-
redon 1988). Pääkkösen (1991) mukaan
meluannos tai ekvivalenttitaso (L_{eq}) voi-
daan mitata meluannosmittarilla. Meluan-
nos on kumuloituva mittasuure, johon vai-
kuttaa melun kesto ja voimakkuus.

3.9 Työntutkimukseen liittyvien maanäytteiden otto

Työntutkimukseen liittyvät maanäytteet
otettiin 7.9.1994. Näytteitä otettaessa sää
oli pilvipoutainen, suhteellinen kosteus oli
71 % ja lämpötila 14,4 °C (Jokioisten obser-
vatorio kello 14.00). Näytteiden otto ku-
vattiin videonauhalle jälkeensä tapahtu-
vaa työasentojen havainnointia ja ener-
giankulutuksen määrittämistä varten. Näyt-
teet otettiin ensin koneellisella menetel-
mällä.

Näytteenoton aikana työskentelystä ai-
heutuvaa melua mitattiin kannettavalla
melumittarilla (Noise Dose Meter 4436)
(Brüel & Kjør 1991). Melun tunnusluvut
ja melutasot määritettiin melumittariin kuu-
luvan ohjelman avulla näytteenottomene-
telmittäin. Kannettavaan tietokoneeseen
siirretyt mittaustulokset analysoitiin BZ
7028 -ohjelman avulla (Brüel & Kjør 1991).
Mittauksen aikajaksona käytettiin yhtä mi-
nuuttia, jonka aikana mittari rekisteröi
huippuarvon ja laski ekvivalenttimeluta-
son. Mittari oli työntekijän A rintataskussa
ja sen anturi oli kiinnitetty takinkaulukseen
mahdollisimman lähelle korvaa.

Työn aiheuttamaa fyysistä kuormitusta
mitattiin myös sykemittauksen avulla. Syk-
keen mittaukseen käytettiin Polar Electron
(SPORT TESTER™ PE 3000) sykemittaria
(Polar Electro 1991). Laite mittasi ja rekis-
teröi sydämen lyöntitiheyden viiden sekun-
nin välein työn aikana. Mittaustulok-
set purettiin sykemittarista kannettavaan
tietokoneeseen työn päätyttyä. Syke mitat-

tiin työntekijältä A kummallakin näytteen-
ottomenetelmällä, koska A teki fyysisesti
raskaampaa työtä kuin B. Videokamera,
pulssimittari ja sykemittari lainattiin Hel-
singin yliopiston maa- ja kotitaloustekno-
logian laitokselta.

3.10 Aineiston tilastollinen käsittely ja virherajat

Työntutkimuksen toimenpideluokkien, in-
deksien, melun ja sykkeen tulokset testatiin
parittaisella keskiarvotestillä (parittai-
nen t-testi). Tilastollisten analyysien mer-
kitsevyyssatolot luokiteltiin seuraavalla taval-
la (Ranta ym. 1991):

$$\begin{aligned} Phav > 0,05 &= \text{n.s.} \\ 0,01 < Phav < 0,05 &= * \\ 0,001 < Phav < 0,01 &= ** \\ Phav < 0,001 &= *** \end{aligned}$$

Louhevaaran ja Suurnäkin (1991) mu-
kaan OWAS-havaintojen luotettavuuteen
vaikuttaa havaintojen kokonaislukumäärä.
Havainnoista lasketaan työasentojen esiin-
tymistiheydet ja suhteelliset (%) osuudet
työajasta. Työasentojen keskimääräisiin
osuuksiin lasketaan virherajat 95 %:n to-
dennäköisyydellä satunnaisjärjestelmän
kaavalla. Virherajat pienenevät havaintojen
kokonaislukumäärän suurentuessa. Sataan
havaintoon perustuvissa keskiarvoissa vir-
herajat ovat $\pm 10\%$. Vastaavasti kahdensa-
dan, kolmensadan ja neljänsadan havain-
non keskiarvon virherajat ovat $\pm 7\%$, $\pm 6\%$
ja $\pm 5\%$. Havainnoinnilla saatuja keskiar-
votuloksia voidaan pitää riittävän luotet-
tavina, kun virherajat ovat alle $\pm 10\%$.

Yhdistelmätaulukoiden avulla määritet-
ty energiankulutus antaa käsityksen tutkit-
tavan työn energeettisen kuormituksen ta-
sosta. Hapenkulutuksen mittaaminen tar-
joaa parhaan vaihtoehdon suurta tarkkuut-
ta vaativiin selvityksiin. Yhdistelmätaulu-
koiden avulla päästään noin $\pm 10\%$:n tark-
kuuteen työntekijän energiankulutuksessa,
mitä voidaan pitää varsin tyydyttävänä
tarkkuutena havainnointiin (Tuure 1995).

4 Työntutkimuksen tulokset

Näytteenottoa havainnointiin OWAS-menetelmää käyttäen alkaen pellole saapumisesta ja päättyen pelloilta poistumiseen. Työasentohavainnot toimenpideluokiteltiin kahdella tavalla: yksittäisten havaintojen asentokokonaisuuden ja työasennon suhteellisen kestoajan aiheuttaman kuormituksen perusteella. OWAS-indeksi laskettiin menetelmittain ja työnosittain molemmille työntekijöille. Näytteenoton työnosien kesto aika on esitetty liitteessä 11.

4.1 Toimenpideluokat asentokokonaisuuden perusteella

Asentokokonaisuuden perusteella luokiteltujen havaintojen tarkastelussa kiinnitetään tässä yhteydessä huomiota toimenpideluokkiin 3 ja 4 molempien työntekijöiden osalta. Näiden luokkien työasennot vaativat pikaista parantamista ja kuvaavat myös osittain toimenpideluokan 2 työasentojen sisältöä.

Perinteisessä menetelmässä työntekijällä A oli näytteen oton, näytteen noston ja näytteen pakkauksen yhteydessä toimenpideluokkaan 3 kuuluvia havaintoja yhteensä viisi kappaletta (Liite 12). Havainnot muodostuivat työskentelystä jalat kyykyssä, selkä kumarassa ja molemmat kädet alhaalla sekä työskentelystä polvillaan, selkä kumarassa kiertyneenä ja molemmat kädet hartiatason alapuolella. Toimenpideluokassa 4 oli kaksi havaintoa, joiden aikana työskenneltiin polvillaan, selkä kumarassa kiertyneenä ja molemmat kädet hartiatason alapuolella.

Koneellisessa menetelmässä työntekijällä A oli neljä havaintoa toimenpideluokassa 3 tavaroiden autoon pakkaamisen (auton purku ja pakkaus), näytteen noston ja sisäputken puhdistuksen yhteydessä (Liite 12). Havaintojen aikana työskenneltiin joko jalat kyykyssä ja selkä kumarassa,

molemmat kädet hartiatason alapuolella tai yhden jalan varassa, selkä kumarassa kiertyneenä ja toinen käsi hartiatason yläpuolella. Toimenpideluokkaan 4 kuului yksi havainto, joka aiheutui työskentelystä näytteen noston yhteydessä polvillaan, selkä kumarassa kiertyneenä, toinen käsi hartiatason yläpuolella. Koneellisen menetelmän yhteydessä työntekijän A työasennot olivat huomattavasti paremmat kuin perinteisessä menetelmässä, sillä toimenpideluokassa 1 oli 12 % enemmän havaintoja (Liite 12). Suurin parannus oli näytteenoton ja siirtymisen aikana. Perinteisessä menetelmässä esiintyneet kumarat työasennot näytteenoton aikana jäivät lähes kokonaan pois.

Työntekijällä B oli perinteisessä menetelmässä 19 havaintoa toimenpideluokassa 3 (Liite 12). Työasannoista 12 kappaletta muodostui työskentelystä jalat kyykyssä, molemmat kädet hartiatason alapuolella ja selkä kumarassa. Näitä asentoja esiintyi valmistelun ja siirtymisen (3 kpl), kehikon noston (1 kpl), näytteen noston (3 kpl) ja näytteen oton (5 kpl) aikana. Myös työasento selkä kumarassa, kyykyssä yhdellä jalalla ja molemmat kädet hartiatason alapuolella kuuluu toimenpideluokkaan kolme. Tämän kaltaisia asentoja esiintyi näytteen noston (2 kpl) ja kehikon noston (3 kpl) aikana. Siirtymisen aikana ilmeni kaksi kertaa työasento, jossa oltiin polvillaan, selkä kumarassa ja toinen käsi hartiatason yläpuolella (TPL 3). Tällöin työntekijä B puhdisti työvälineitä. Näytteenoton (tuki näyteputkea) ja näytteen noston yhteydessä työntekijällä B oli yhteensä viisi kappaletta toimenpideluokkaan 4 kuuluvia työasentoja. Näiden työasentojen aikana työskenneltiin polvillaan, selkä kumarassa kiertyneenä ja molemmat kädet hartiatason alapuolella.

Työntekijän B osalta koneellinen näytteenottomenetelmä ei parantanut työasentoja yhtä merkittävästi kuin työntekijällä A. Työntekijä B oli näytteenotossa avustava työntekijä, jonka työasennot eivät poikenneet kovinkaan paljon toisistaan näytteenottomenetelmien välillä. Esimerkiksi näy-

teputken tukeminen (perinteinen menetelmä) ja maan poisto kierteeltä (koneellinen menetelmä) tapahtuivat lähes samanlaisissa työasennoissa. Koneellisessa menetelmässä (Liite 12) työntekijällä B oli näytteen nostossa 14 kpl toimenpideluokkaan 3 kuuluvia työasentoja, jotka aiheutuivat työskentelystä polvillaan, selkä kumarassa ja toinen käsi hartiatason yläpuolella. Näitä asentoja esiintyi näytteen pakkauksen (2 kpl) ja näytteen oton yhteydessä (4 kpl). Työskentely kyykyssä, selkä kumarassa ja kädet hartiatason alapuolella aiheuttivat loput toimenpideluokan 3 työasennoista. Näitä asentoja esiintyi näytteen oton (3 kpl), näytteen noston (3 kpl), näytteen pakkauksen (1 kpl) sekä siirtymisen (1 kpl) aikana. Toimenpideluokan 4 työasennot muodostuivat polvillaan, selkä kumarassa kiertyneenä ja kädet hartiatason alapuolella tai toinen käsi hartiatason yläpuolella työskentelystä. Näitä työasentoja esiintyi yhteensä kuusi kappaletta näytteen oton ja näytteen noston yhteydessä.

4.1.1 OWAS-indeksit ja näytteenottoon kulunut aika

Työntutkimuksen näytteenotosta poimittiin vertailukelpoiset näytteenotot erilleen, jotta yksittäisiä näytteenotokertoja voitiin verrata keskenään. Perinteisellä menetelmällä vertailukelpoisia näytteenottoja muodostui viisi kappaletta ja koneellisella menetelmällä neljä kappaletta, koska yksi näytteenotto hylättiin vertailusta näytteen pakkauksessa ilmenneiden ongelmien vuoksi. Vertailukelpoisten näytteenottojen havainnot on esitetty liitteessä 13. Liitteestä käy ilmi havaintojen jakautuminen toimenpideluokkiin, havaintojen yhteismäärä, OWAS-indeksit ja näytteenottoon kulunut aika. Havaintojen lukumäärän ja toimenpideluokkajakaumien keskihajonnan pienyyden perusteella työtapojen voidaan todeta pysyneen vakiona.

Myöskään näytteenottoon kulunut aika ei vaihdellut paljon eri näytteenotokertojen välillä. Näytteenottoon kuluneesta ajasta on syytä havaita, että perinteinen me-

netelmä oli työntutkimuksessa noin kaksi kertaa nopeampi kuin koneellinen menetelmä (Liite 13). Myös työntutkimukseen kulunutta kokonaisaikaa vertailtaessa oli perinteinen menetelmä kaksi kertaa nopeampi (42 min) kuin koneellinen menetelmä (1 h 22 min), kun näytteitä otettiin viisi kappaletta molemmilla menetelmillä (Liite 11). Kun kaikki vertailuun kuuluneet havainnot toimenpideluokiteltiin menetelmittäin, havaittiin, että koneellinen menetelmä kuormittaa työntekijöitä vähemmän kuin perinteinen menetelmä. Koneellisessa menetelmässä oli 11 % enemmän havaintoja toimenpideluokassa 1 kuin perinteisessä menetelmässä (Liite 13). Myös OWAS-indeksin perusteella koneellinen menetelmä (133) kuormitti työntekijää vähemmän kuin perinteinen menetelmä (143).

Näytteenoton OWAS-indeksejä testattiin tilastollisesti t-testin avulla. Testauksella selvitettiin, eroavatko työntekijän indeksit näytteenottomenetelmien välillä. Indeksit muodostuivat yhden näytteenottoon kuuluneista työasentohavainnoista (Liite 13). Työntekijän A näytteiden oton OWAS-indeksit olivat tilastollisesti merkitsevästi pienemmät koneellisessa menetelmässä kuin perinteisessä menetelmässä (Taulukko 7). Työntekijän B osalta indeksit eivät eronneet tilastollisesti merkitsevästi toisistaan, mutta koneellisen menetelmän indeksi oli kuitenkin selvästi pienempi kuin perinteisen menetelmän indeksi.

4.1.2 Toimenpideluokat suhteellisen kestoajan perusteella

Työasento aiheuttaa kuormitusta tuki- ja liikuntaelimestölle, jos jokin työasento kestää työvaiheen aikana suhteellisesti (työasennon kestoajaksi % koko työn tai työosan kestoajasta) liian kauan. Asiantuntijat ovat määrittäneet raja-arvot, jolloin työasento aiheuttaa toimenpiteitä kestoajansa vuoksi (Louhevaara ja Suurnäkki 1991). Työasentojen suhteellista kuormittavuutta määritettäessä kokonaistyöajaksi laskettiin koko työntutkimukseen käytetty aika al-

Taulukko 7. Työntekijöiden OWAS-indeksin tilastollinen testaus.

Näytteenotto- menetelmä	Näytteiden lukumäärä kpl	OWAS- indeksin keskiarvo	Keski- hajonta	OWAS- indeksin keskiarvo	Keski- hajonta
		Työntekijä: A		Työntekijä: B	
Koneellinen	4	120	5,38	143	7,16
Perinteinen	5	132	2,92	153	6,76
T-testi ($\alpha = 0,05$)		0,0039			
Phav		**		0,0645	n.s.

Taulukko 8. Työasennot, jotka aiheuttaisivat toimenpiteitä suhteellisen kestoajan perusteella menetelmittäin ja työntekijöittäin.

Työntekijä	Työasento	Osuus koko työajasta, %	Toimenpideluokka
Perinteinen menetelmä, näytteenottotyön kokonaiskesto aika 42 min.			
B	Selkä kumarassa	43,7	TPL 2
B	Polvillaan	52,3	TPL 3
Koneellinen menetelmä, näytteenottotyön kokonaiskesto aika 1 h 22 min.			
A	Toinen käsi yli hartiatason	36,1	TPL 2
B	Selkä kumarassa	33,1	TPL 2
B	Polvillaan	41,2	TPL 2

kaen koalueelle saapumisesta ja päättyen koalueelta poistumiseen. Näytteenottotyö ei kestänyt tässä tutkimuksessa kovin pitkää aikaa (perinteinen menetelmä 42 min, koneellinen menetelmä 1 h 22 min). Näin ollen suhteellisen kestoajan perusteella toimenpiteitä aiheuttavat työasennot eivät kuormittaneet työntekijöitä niin paljon kuin, jos työ olisi kestänyt koko työpäivän ajan.

Perinteisessä menetelmässä työntekijällä B esiintyi suhteellisesti liikaa selän kumaria asentoja ja polvillaan työskentelyä (Taulukko 8). Näitä työasentoja esiintyi, kun työntekijä B tuki näyteputkea maahan lyönnin aikana, puhdisti välineitä seuraavaa näytteenottoa varten tai nosti lyöntikehikkoa maasta vipuvarren ja tunkin avulla. Koneellisessa menetelmässä työntekijä B työskenteli suhteellisesti liian usein polvillaan ja selkä kumarassa. Tämän kaltaisia työasentoja aiheuttivat pääasiassa maan siirto pois kairan kierteeltä ja näytteen pakkaus. Kairan käyttövivun sijaitseminen liian korkealla näkyi työntekijän A

työasennossa, jossa hän joutui pitämään toista kättä hartiatason yläpuolella koko kairan käyttämisen ajan (Taulukko 8).

Työasentojen suhteellista esiintymistä tutkittiin myös työnosittain, jolloin kokonaisaikana oli työnosan kokonaiskesto aika (Liite 11). Perinteisessä menetelmässä toimenpiteitä aiheuttivat lähinnä työskentely selkä kumarassa tai polvillaan (Liite 14). Työntekijällä A esiintyi selän kumaria asentoja, kun hän löi näyteputkea lekalla maahan. Selkä oli myös kumarassa näytteen noston aikana, vaikka työskenneltiin polvillaan. Myös näytteen pakkauksen aikana työntekijä A työskenteli polvillaan, koska näyte pakattiin maassa. Työntekijällä B selän kumarat asennot ja polvillaan työskenteleminen näytteenotossa aiheutuivat näyteputken tukemisesta, jota ei voinut tehdä paremmassa työasennossa. Myös kehikon noston yhteydessä työntekijä B työskenteli selkä kumarassa, kun hän käytti tunkkia ja vipuvarsta. Selän kumarat asennot ilmenivät myös tarkasteltaessa koko näytteenottotyötä (Taulukko 8).

Koneellisessa menetelmässä työntekijän A huonot käden tai käsien asennot aiheutuivat kairan käyttöviivun liian korkeasta sijainnista (Liite 15). Nämä työasennot ilmenivät myös tarkasteltaessa asentojen kestoaikaa suhteessa koko näytteenoton kestoaikaan (Taulukko 8). Sisäputken puhdistuksen yhteydessä esiintynyt selän kumara asento aiheutui sisäputken puhdistamisesta sylissä. Selkä oli kumarassa, jotta putki pysyisi paikallaan ja puhdistukseen saataisiin voimaa. Valmistelu- ja siirtymävaiheessa työntekijällä A ilmeni selän kiertyneitä asentoja, koska hän ajoi ja peruutti traktorin uudelle näytteenottokohdalle. Työntekijän B työskentely polvillaan ja selkä kumarassa näytteenoton aikana liittyi maan siirtämiseen pois kairan kier-teeltä. Sama työasento esiintyi myös nostokehikkoa asetettaessa näyteputken ympärille. Näytteen pakkauksen aikana työskenneltiin polvillaan selän ollessa kumarassa, koska kaikkia työnosaa kuuluneita toimenpiteitä ei voitu suorittaa näytteen ollessa pakkaustelineessä.

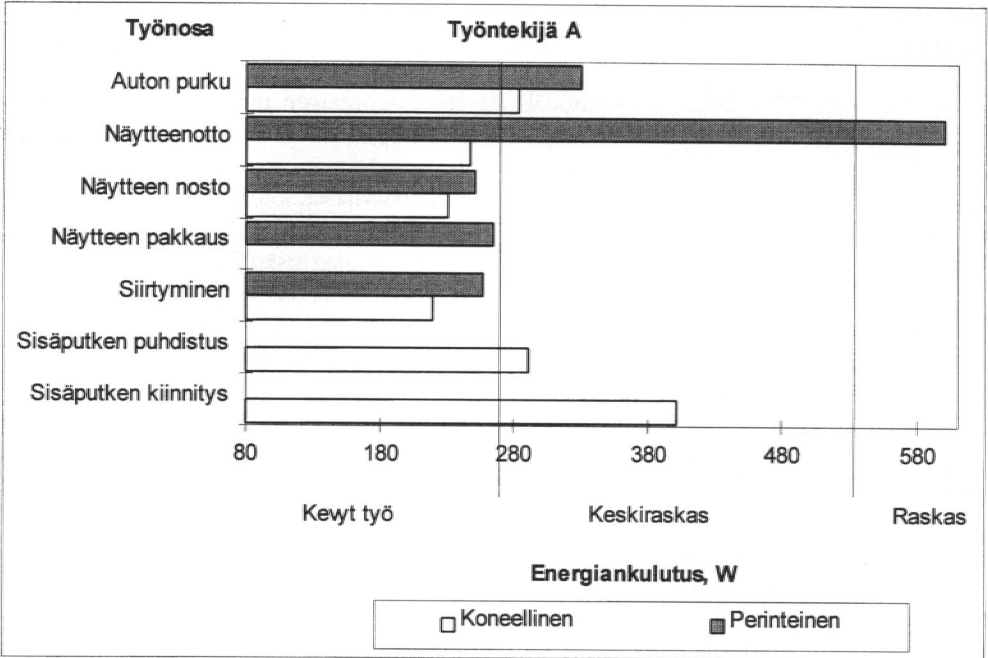
4.1.3 Energian kulutus

Energiankulutusarvot muodostuivat perusenergiansäilytyksestä ja työn aiheuttamasta energiansäilytyksestä. Energiansäilytyksen perusteella näytteenoton työnosat luokiteltiin kuormittavuusluokkiin WHO:n luokituksen mukaan (Liite 16). Näytteenotto oli koneellisella menetelmällä kevyttä tai keskiras-kasta työtä molemmilla työntekijöillä. Perinteisellä menetelmällä näytteenotto oli yleensä kevyttä tai keskiras-kasta työtä. Poikkeuksena oli työntekijä A:n näytteenottotyöno-sa, joka oli raskasta työtä (Liite 16 sekä Kuvat 10 ja 11). Luokituksen tuloksista voidaan todeta, että koneellisessa menetelmässä näytteenotto-työn energiseettisen kuormituksen taso las-ki merkittävästi näytteenoton aikana työntekijällä A. Kuormitusluokan muutoksina ilmaistuna muutos oli raskaasta työstä kevyeen työhön (työnosien kesto-aika liitteessä 11).

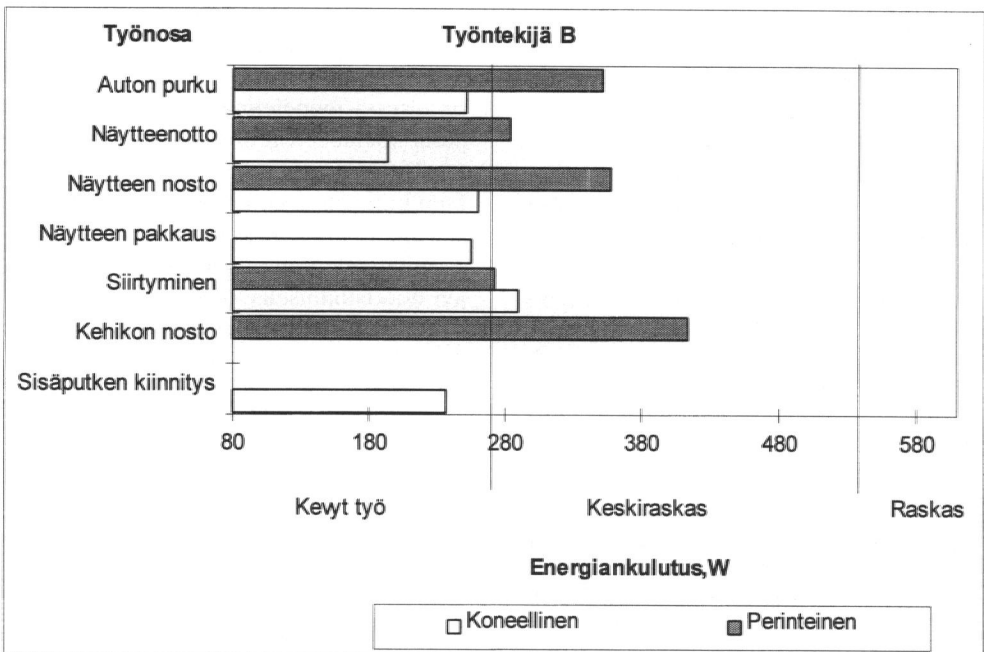
Työntekijällä A ei ollut energiansäilytyksen suhteen suuria eroja näytteenotto-menetelmien työnosien välillä. Poikkeuk-sena perinteisen menetelmän näytteenotto (Kuva 10). Näytteenotto oli raskasta työtä ja sen kesto-aika oli 41 % näytteenoton kokonaisajasta, joten työno-saa voidaan pitää fyysisesti kuormittavaa. Koneellisessa menetelmässä sisäputken kiinnitys oli keskiras-kas työno-sa. Työno-san kesto-aika oli kuitenkin lyhyt (6 %) verrattuna koko näytteenoton kesto-aikaan, joten sen vaikutus-ta työntekijän kuormittumiseen ei voida pitää merkittävänä.

Työntekijän B energiansäilytyksessä oli jonkin verran eroa koneellisen menetelmän eduksi. Energeettisen kuormituksen luokitus-taso las-ki kolmen työno-san aikana yhden luokan verran eli keskiras-kaasta kevyeen työhön. Siirtymisen aikana luoki-tus-taso nousi yhden luokan verran (Kuva 11). Perinteisessä menetelmässä kehikon nostoa voidaan pitää työntekijää B energeettisesti kuormittavana, koska sen kesto-aika oli 17 % koko työajasta ja taso keskiras-kasta työtä. Auton purun ja pakkauksen aikana oli molempien työntekijöiden energiansäilytyks-taso korkeampi perinteisessä kuin koneellisessa menetelmässä (Kuvat 10 ja 11). Ero johtui siitä, että perinteisessä menetelmässä auto oli kauem-pana koealueen reunalla, jolloin tavaroita ja näytteitä kannettiin pidempiä matkoja kuin koneellisessa menetelmässä. Perinteisen menetelmän osalta auton sijainti perusteltiin aikaisemmin käytettyjen työta-pojen noudattamisella.

Näytteenoton työnosien energiansäilytyks-arvoja verrattiin näytteenottomenetelmien välillä tilastollisesti toisiinsa t-testin avulla. Testaus tehtiin molempien työntekijän osalta erikseen. Näytteenottomenetelmien välillä energiansäilytyks-erosi tilastollisesti erittäin merkittävästi näytteenoton aikana. Ero oli erittäin merkittävä molempien työntekijöiden osalta. Työntekijän B energiansäilytyksessä oli merkittävä ero myös purun ja pakkauksen sekä näytteenoston aikana (Liite 17). Kaikissa edellä mainituissa tapauksissa energiansäilytyks-erosi



Kuva 10. Työntekijän A energiankulutus näytteenottotyössä työnosittain, kuormittavuusluokkien raja-arvot Andersenin ym. (1978) mukaan.



Kuva 11. Työntekijän B energiankulutus näytteenottotyössä työnosittain, kuormittavuusluokkien raja-arvot Andersenin ym. (1978) mukaan.

suurempi perinteisessä kuin koneellisessa näytteenottomenetelmässä.

4.1.4 Sydämen syke

Syke mitattiin työntekijältä A, joka teki perinteisessä näytteenotossa raskaampaa työtä kuin työntekijä B (työntekijä A löi näyteputkea maahan lekalla, B tuki näyteputkea). Sykekeskiarvoja verrattiin näytteenottomenetelmien välillä tilastollisesti toisiinsa t-testin avulla työnosittain (Taulukko 9). Työnosat luokiteltiin työn kuormittavuusluokkiin sykekeskiarvojen perusteella Brouhan (ref. Alexander 1986) ja Nygårdin (1983) luokituksen mukaan.

Sykekeskiarvot poikkesivat erittäin merkittävästi toisistaan näytteenottotyönosan aikana. Näytteen noston sekä valmistelun ja siirtymisen aikana ei ollut energian kulutuksessa tilastollista eroa, mutta sykekeskiarvoissa ero oli tilastollisesti erittäin merkittävä. Sykekeskiarvojen erot aiheutuivat perinteisen menetelmän raskaasta työstä näytteen oton aikana. Valmistelu- ja siirtymävaiheiden aikana syke oli korkeampi koneellisessa menetelmässä, mikä johtui siirtymisestä traktorin ohjaamoon ja sieltä pois. Tilastollista testausta ei suoritettu purun ja pakkauksen työnosalle, koska perinteisestä menetelmästä puuttui syke-

mittauksen havaintoja. Näytteen pakkaukselle sekä sisäputken puhdistukselle ja kiinnitykselle testausta ei suoritettu, koska työntekijä A ei tehnyt vastaavia työnosia molempien menetelmien aikana.

4.1.5 Näytteenottotyön melu

Perinteisen menetelmän ekvivalenttimelutaso oli huomattavasti korkeampi kuin koneellisen menetelmän. Lisäksi melu oli perinteisessä menetelmässä luonteeltaan impulssimaista. Meluannos (%) kuvaa osuutta, joka kertyi työn aikana sallitusta kahdeksan tuntia kestävästä työpäivän meluannoksesta. Altistusaika ilman suojaamia ilmoittaa pisimmän sallitun päivittäisen työskentelyajan kyseisellä melutasolla ilman, että työskentely aiheuttaa vaaraa pysyvälle kuulovauriolle (Taulukko 10).

Impulssimaisuus lisäsi melun haitallisuutta, kun näytteitä otettiin perinteisellä menetelmällä. Melumittari ei mitannut impulssien lukumäärää, mutta mittaustuloksista voitiin erottaa minuutin mittausjaksojen aikana esiintyneiden impulssien huipparvo. Perinteisessä menetelmässä oli yksi sellainen työminuutti, jonka aikana oli yli 140 dB impulssia ainakin yksi kappale. Impulssia, joiden voimakkuus oli 130-

Taulukko 9. Työntekijän A sykekeskiarvot sekä kuormittavuusluokittelu työnosittain ja eri näytteenottomenetelmien välisen sykekeskiarvojen tilastollisen testauksen tulokset.

Työnoসা	Näytteenotto- menetelmä	Syke- keskiarvo	Keski- hajonta	Kuormitta- vuusluo- kittelu	T-testi $\alpha = 0,05$ Phav	Phav
Auton purku ja pakkaus	Koneellinen	93	10,2	kevyt		
	Perinteinen	115		keskiraskas	ei testattu	
Näytteen otto	Koneellinen	82	4,9	kevyt	0,0000	***
	Perinteinen	134	6,5	raskas		
Näytteen nosto	Koneellinen	83	3,9	kevyt	0,0001	***
	Perinteinen	121	7,1	keskiraskas		
Näytteen pakkaus	Perinteinen	102	3,6	keskiraskas	ei testattu	
Sisäputken puhdistus	Koneellinen	100	3,7	keskiraskas	ei testattu	
Sisäputken kiinnitys	Koneellinen	102	5,7	keskiraskas	ei testattu	
Valmistelu ja siirtyminen	Koneellinen	103	1,8	keskiraskas	0,0003	***
	Perinteinen	93	2,2	kevyt		

Taulukko 10. Näytteenottomenetelmien ekvivalenttimelutaso, meluannos, mittauksen kestoaja ja melulle sallittu altistusaika ilman kuulosuojaimia.

Näytteenotto- menetelmä:	Ekvivalentti melutaso, Leq: dB	Meluannos, Dose: %	Melun mittauksen kestoaja:	Maksimialtistusaika ilman suojaimia:
Perinteinen	94,8	93	44 min	1 h
Koneellinen	87,8	34	1h 24 min	4 h

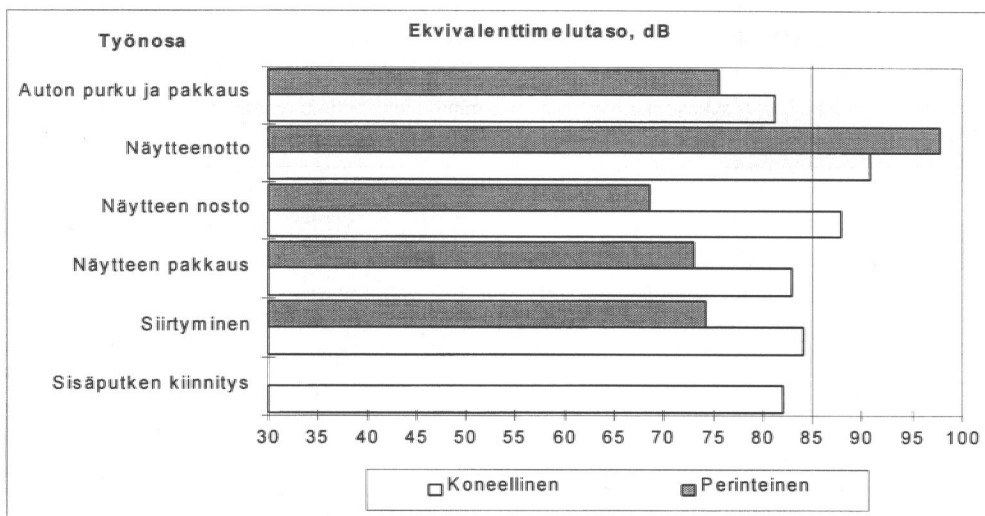
140 dB, esiintyi 19 työminuutin aikana. Koneellisessa menetelmässä oli viisi työminuuttia, joiden aikana oli voimakkuudeltaan 130–140 dB:n impulsseja.

Melun mittaustulokset kuvaavat molempien työntekijöiden meluallistusta. Perinteisessä menetelmässä molemmat työntekijät työskentelivät melun lähteestä (lekan lyöntikohta) yhtä kaukana, koska lekan varsi ja tukitanko, jolla näyteputkea tuettiin, olivat yhtä pitkiä. Koneellisessa menetelmässä työntekijän B meluallistus oli käytännössä hieman pienempi kuin mittaustulos, koska hän työskenteli kauempana melun lähteestä, eikä ajanut traktoria kuten työntekijä A.

Työnosien melu ilmenee kuvasta 12. Kuvasta nähdään työvaiheet, joiden aikana melun ekvivalenttitaso ylittää 85 dB eli

tason, jolloin on käytettävä kuulosuojaimia. Koneellisessa menetelmässä melu ylittää tai on lähes 85 dB:n tasolla näytteenoton, näytteen noston ja siirtymisen aikana. Perinteisellä menetelmällä 85 dB:n taso ylittyi vain näytteenoton aikana, jolloin näyteputkea lyötiin lekalla maahan.

Ekvivalenttimelutasojen eroavuutta näytteenottomenetelmien välillä testattiin työnosittain t-testin avulla (Liite 18). Erittäin merkitsevä ero oli näytteenoton aikana, jolloin koneellisen menetelmän ekvivalentti melutaso oli 90,8 dB ja perinteisen 97,8 dB. Myös valmistelun ja siirtymisen sekä näytteen noston aikana ero oli erittäin merkitsevä. Tällöin koneellinen menetelmä oli meluisampi. Koneellisen menetelmän melu aiheutui pääasiassa traktorin käyntiäänestä.



Kuva 12. Ekvivalenttimelutaso työnosien aikana näytteenottomenetelmittain, 85 dB:n rajan ylittävien työnosien aikana melu aiheuttaa vaaraa pysyvän kuulovaurion syntymiselle.

5 Tulosten tarkastelu

5.1 Maanäytekairan toimivuus ja maanäytteiden laatu

Maanäytekaira toimi hyvin kärkikartioon tehdyn muutoksen jälkeen hiesu-, hieta- ja savimailla. Kairalle asetetut vaatimukset toimivuuden suhteen täyttyivät, vaikka kaira ei toiminut turvemaalla. Syynä tähän oli se, että kärkikartio ei leikannut pitkäkui-tuista turvetta. Turvemaata varten kärkikar-tion rakennetta tulisi muuttaa paremmin leikkaavaksi ehkä siten, että myös kärki-kartio pyörisi ja olisi malliltaan sahalaitai-nen. Pyörivä kärkikartio voisi toisaalta ai-heuttaa ongelmia, jos turvepatsas alkaisi pyöriä kartion mukana. Tällöin ei olisi enää kyse häiriintymättömästä maanäyt-teestä. Vaihtoehtona voisi myös olla kär-kikartion teroittaminen ja sen maata kier-teelle ohjaavan kulman pienentäminen noin 10 asteeseen (Liite 3). Myös kierteen kärkien rakennetta tulisi muuttaa siten, että ne nostaisivat turvemaata ylös tehokkaam-min.

Suurimmat ongelmat näytteenotolle ai-heuttivat maassa olevat kivet tai tiiliputkes-ta tehdyt salaojat. Myös Manor ym. (1991) sekä Persson ja Bergström (1991) totesi-vat maassa olevien esteiden haittaavan eniten näytteenottoa. Maan kovuus oli ke-sällä kuivimpaan aikaan ongelmana, kos-ka kaira ei mennyt maahan ilman lisäpai-noa. Toisaalta maata voidaan kastella, jot-ta kaira menisi maahan. Kastelun avulla maan kosteus pyritään saamaan lähelle kenttäkapasiteettia (Walker ym. 1990). Käytännössä kuivuus ei yleensä ole ongel-ma, koska näytteet pyritään ottamaan tut-kimuksia varten maan ollessa kenttäkapa-siteetissa, jotta kosteuden vaikutus näyt-teen laatuun olisi mahdollisimman pieni (Stone 1991). Toisaalta liika märkyys voi haitata näytteenottoa tukkimalla kairan kierteen (Persson ja Bergström 1991). Täl-laista ongelmaa ei havaittu, vaikka syksyn sateet pehmittivät maan ja maa oli lähes veden kyllästämää.

Kairalla otettiin kesän ja syksyn 1994 aikana maanäytteitä noin 120 kappaletta. Vain kerran kierre irtosi, jolloin kiinnitys-tä jouduttiin korjaamaan. Terälaitteiston ulkoista kuntoa tarkasteltiin syksyllä 1995. Kahden vuoden aikana laitteella oli otettu noin 250 maanäytettä. Kierteen kärjissä tai kärkikartiossa ei näkynyt merkittävää kulumista, joka olisi vaatinut esimerkiksi te-roittamista. Laitteiston kestävyyttä voidaan pitää hyvänä ja sillä voitaneen ottaa näyt-teitä vielä usean vuoden ajan ennen kun-nostamista.

Kirjallisuudesta ei löytynyt vertailukel-poista tietoa erilaisten näytteenottomene-telmien työsaavutuksesta. Kirjallisuus kes-kittyi lähinnä näytteenottomenetelmien ja laitteiden tekniseen kuvaukseen, käytän-nössä ilmenneisiin ongelmiin sekä maan-äytteiden laatuun ja laadun mittaukseen. Näytteenottomenetelmän lisäksi työsaavu-tukseen vaikuttavat muun muassa näyt-teentottosyvyys, maan kosteus, maalaji ja maassa olevat häiriötekijät sekä työnteki-jöiden ammattitaito. Tämän vuoksi työsaavutusta ei ollut tarkemmin ilmoitettu, jo-ten koneellisia menetelmiä ei voitu vertail-la työsaavutuksen perusteella.

Käyttökokemuksen lisääntyessä koneel-lisen näytteenottomenetelmän työsaavutus on lisääntynyt huomattavasti verrattuna työntutkimuksen aikaiseen työsaavutuk-seen (noin 3,5 näytettä/tunti). Syksyllä 1995 työsaavutus oli jopa 4,5–5 näytettä tunnissa (savimaa, maan kosteus kenttäka-pasiteetissa). Koneellisen menetelmän pa-ras ominaisuus on työsaavutuksen pysymi-nen tasaisena koko työpäivän ajan. Perin-teisessä menetelmässä työsaavutus piene-ni työajan kuluessa, koska työntekijät vä-syivät. Näytteiden lukumäärän kasvaessa tai olosuhteiden ollessa vaikeat koneelli-sen menetelmän edut tulevat selkeämmin esille suurempana työsaavutuksena.

Maanäytteiden laatua ei tutkittu tämän tutkimuksen yhteydessä kovin laajasti. Näytteen pinnan ja sitä ympäröivän maan-pinnan välisten korkeusmittaustulosten ja muiden havaintojen perusteella voidaan todeta, että koneellisella menetelmällä ote-

tut näytteet olivat ainakin yhtä laadukkaita kuin perinteisellä menetelmällä otetu eli tältä osin asetetut tavoitteet saavutettiin. Tilastollisesti näytteenpinnan ja maanpinnan välisten korkeuserojen mittaustuloksissa ei ollut menetelmien välillä eroa. Toisaalta mittareliefin mitta-asteikon lukematarkkuus ei ollut kuin noin 0,5 senttimetriä. Mittausvälineistöä tulisi kehittää korkeusmittauksia varten tarkemmaksi, jos laatua aiotaan tutkia jatkossa samalla menetelmällä.

Näytteiden laadun tutkimuksiin otosko-koa tulisi kasvattaa useisiin kymmeniin näytteisiin, jotta menetelmien välinen mahdollinen ero tulisi esille. Koneellisen menetelmän osalta olisi mielenkiintoista selvittää maan kosteuden suhteen raja-arvo, jolloin näyte alkaa tiivistyä ja onko kosteudella yleensä vaikutusta näytteen pinnan korkeuden muutoksiin. Koneellisesti otettujen näytteiden laadun vaihtelua pienensi ja laatua paransi myös se, että näyte ei heilunut sivusuunnassa näytteen oton aikana. Näytteen sivusuuntainen heiluminen heikensi näytteiden laatua Rogersin ja Carterin (1987) sekä Stonen (1991) tutkimusten mukaan.

Kirjallisuudesta ei löytynyt selkeää vastausta siihen, millaisella koneellisella menetelmällä voidaan ottaa laadullisesti parhaita näytteitä. Koneellisilla menetelmillä otettuja näytteitä pidettiin kuitenkin laadullisesti parempina kuin perinteisellä menetelmällä (käsivoimin lyömällä) otettuja näytteitä. Raper ja Erbach (1987) vertasivat kairatyypistä ja näyteputken hydraulisesti maahan painavaa näytteenottolaitetta. Laitteilla otettiin halkaisijaltaan 76,2 mm:n näytteitä tilavuuspainon määrityksiä varten. Tulosten perusteella suositeltiin, että tilavuuspainon täsmällistä määrittämistä varten näytteet tulisi ottaa kairatyypisellä näytteenottolaitteella. Tällöin maan tilavuuspainon pienetkin erot saadaan selville luotettavasti. Maanäytteen laatuun vaikuttavat myös muut seikat kuin pelkästään menetelmä, jolla näyte otetaan. Esimerkiksi Stonen (1991) mukaan näytteen otton ajankohdalla ja sen vaikutuksella

maan kosteuteen on suurempi merkitys näytteen laatuun kuin näytteenottomenetelmällä.

Maanäytteen ottotavasta riippumatta reunavuoto voi pilata näytteen käyttökelpoisuuden tutkimustarkoituksiin. Reunavuotoa ilmenee, jos maapatsas ei ole riittävän tiiviisti näyteputken seinämää vasten eli esimerkiksi silloin, kun karkikipale muotoilee maapatsaasta liian väljän näyteputkeen. Maapatsaan ja seinämän väliin jää ilmatila, jota myöten vesi pääsee virtaamaan, vaikka veden tulisi mennä näytteen lävitse. Persson ja Bergström (1991) eivät löytäneet merkittäviä reunavuotoja kairatyypisellä näytteenottolaitteella otetuista maanäytteistä. Toisaalta he eivät varsinaisesti tutkineet reunavuotoa, vaan tekivät havaintoja muiden mittausten yhteydessä.

5.2 Työn kuormittavuus

Työn tutkimuksen koeruutujen maan kosteus ja mekaaninen vastus tunnettiin melko tarkasti, koska mittaukset ajoitettiin mahdollisimman lähelle näytteenottoa ja koeruudut olivat mitoiltaan pieniä. Maan kosteus oli mittaustulosten perusteella lähellä Jokioisten savimaan kenttäkapasiteettia (Alakukku 1993) eli näytteen laadun kannalta optimaalisessa kosteudessa (Stone 1991). Ruutujen maan mekaanisessa vastuksessa ei ollut merkittäviä eroja näytteenottomenetelmien välillä. Näin ollen ollen olosuhteet olivat molemmille näytteenottomenetelmille samat ja näytteenoton kannalta optimaaliset.

Näytteenottotyöstä tehdyn OWAS-työasentokartoituksen perusteella eniten toimenpiteitä (ensi tilassa TPL 3 tai välittömästi TPL 4) aiheuttivat työskentely kyykyssä tai polvillaan ja selkä kumarassa tai kumarassa ja kiertyneenä. Kuitenkin toimenpideluokkiin 3 ja 4 kuuluvia työasentoja oli ennakoitua vähemmän. Ilmeisesti tähän vaikuttivat työntekijöiden tietoisuus työasentokuormituksesta sekä työasentokoulutus. Toisaalta työasennot perinteistä

menetelmää käytettäessä olivat hioutuneet useiden vuosien kuluessa mahdollisimman optimaalisiksi. Huomionarvoista oli myös se, että työntekijä B kiinnitti omiin työasentoihinsa erityistä huomiota, koska hänen selkensä oli huonossa kunnossa. Voidaan siis todeta, että huonot työasennot johtuivat pääasiassa menetelmän vaatimuksista, eivätkä niinkään tiedon, taidon tai halun puutteesta optimaalisiin työasentoihin. Mahdollisimman vähän kuormittaviin työasentoihin pyrkiminen näkyi työntekijöiden työskentelyssä, niin taltioidussa työntutkimuksessa kuin muulloinkin näytteitä otettaessa.

Molempien työntekijöiden osalta työasennot aiheuttivat vähemmän tuki- ja liikuntaelämistön kuormitusta koneellisessa kuin perinteisessä menetelmässä. Kuormituksen lasku voidaan havaita muun muassa OWAS-indeksistä, jonka arvo laski molempien työntekijöiden osalta. Lasku oli työntekijän A osalta myös tilastollisesti merkitsevä. OWAS-indeksien tarkastelun avulla havaittiin, että tuki- ja liikuntaelinten ylikuormittuneisuus oli mahdollista näytteenottotyössä perinteisessä menetelmässä molemmilla työntekijöillä. Työntekijällä B (indeksi 151) kuormittavia työasentoja oli 46 % työajasta ja työntekijällä A (indeksi 131) 30 % työajasta. Koneellisessa menetelmässä ylikuormittuneisuus oli mahdollista työntekijällä B (indeksi 142), koska kuormittavia työasentoja oli 35 % työajasta (Taulukot 9 ja 10).

Työnosien indeksejä tarkasteltaessa havaittiin, että tuki- ja liikuntaelämistön ylikuormittuneisuus ja jopa vaurioituminen olisi mahdollista työntekijällä B näytteenoston aikana perinteisessä menetelmässä (indeksi 187). Kuormittavia työasentoja oli 72 % työajasta. Työnosien indeksit eivät kuitenkaan kuvaa koko näytteenottoa, vaan ainoastaan työnosia, joiden kestoai-ka oli melko lyhyt verrattuna näytteenoton kokonaiskestoajaan. Indeksien perusteella havaitaan kuitenkin ne työnosat, joiden työasentoihin on kiinnitettävä jatkossa huomiota. Koneellisessa menetelmässä työntekijällä B näitä työnosia olivat näyt-

teen otto, näytteen nosto ja näytteen pakkaus sekä työntekijällä A sisäputken puhdistus. Koneellisen menetelmän työasentojen voidaan odottaa paranevan kairan käyttökokemuksen lisääntyessä ja työn rutiinoituessa, koska työntutkimuksen aikana oli havaittavissa tottumattomuutta kairan käyttöön.

Videon pysäytyskuvasta tehty työasentohavainnointi saattoi aiheuttaa joitakin virheellisiä päätelmiä. Tämä voi johtua Tuuren (1991) mukaan epäedullisesta kuvakulmasta tai syvyyssulottavuuden puuttumisesta. Joidenkin työasentojen havainnointia vaikeutti toisen työntekijän kulminen ohi juuri havaintohetkellä, jolloin havainnointi henkilö peittyi. Muutamassa tapauksessa auton puron ja pakkauksen aikana havainnointi henkilö ei näkynyt kuvanauhalla, koska hän oli viemässä tarvikkeita autoon sivuovesta. Vaikeinta havaintojen teossa oli erottaa selän työasennot toisistaan. Ongelmia tuotti myös työntekijän A osalta rajanveto siitä, milloin molemmat kädet olivat hartiatason yläpuolella. Havaittujen työasentojen esiintymistiheyttä ja suhteellista osuutta (%) työajasta, keskiarvoja ja toimenpideluokituksia voidaan pitää riittävän luotettavina, koska havaintoja kertyi lähes kaikkiin merkittäviin työnosiin yli sata (± 10 % luotettavuuden virheraja) (Louhevaara ja Suurnäkki 1991). Poikkeuksen tästä muodostivat perinteisessä menetelmässä näytteen nosto ja pakkaus (havaintoja 75 ja 93 kpl). Näytteenottotyön kaikista havainnoista tehtyjä toimenpideluokituksia voidaan pitää luotettavina ± 5 % virhemarginaalilla.

Näytteenoton koneellistamisen myötä työn energettisen kuormittavuuden taso aleni merkittävästi. Aleneminen todettiin molemmilla sitä mitanneilla suureilla (syke ja energiankulutus), joten alenemisen luotettavuutta voidaan pitää hyvänä. Tason aleneminen oli niin selvä, että se havaittiin myös käytännössä ja työntekijät olivat tyytyväisiä työn kevenemiseen. Suurin energettisen kuormitustason lasku tapahtui työntekijällä A näytteenottotyönosan aikana. Syke- ja energiankulutusluokituk-

sen perusteella kuormitus väheni raskaasta työstä kevyeen työhön. Fyysisen kuormittavuuden alenemisella on suuri merkitys erityisesti silloin, kun näytteitä otetaan saman päivän aikana mahdollisimman paljon.

Näytteenoton melu oli perinteisessä menetelmässä voimakasta (Leq 94,8 dB) ja impulssimaista. Melutason voimakkuudesta ei ollut aiempaa tietoa, koska melua ei oltu tutkittu vastaavien töiden osalta. Mittausten perusteella laskettu maksimialistusaika ilman suojaimia (1 h) ylittyy helposti näytteitä otettaessa, koska yleensä työtä tehdään useamman tunnin ajan päivässä. Suojainten käytön avulla melulta voitaisiin suojautua, mutta niitä ei yleensä ole käytetty edes maahan lyönnin aikana. Koneellisessa menetelmässä näytteenoton melu muodostui lähinnä traktorin käyntiäänestä. Kuulosuojaimia tulisi käyttää työn aikana, jos näytteenottoon käytetään työntutkimuksessa ollutta traktoria. Meluallistusta pienentäisi uudemman ja hiljaisemmän traktorin käyttäminen näytteenottoon.

Koneellisessa menetelmässä näytteiden käsin tapahtuva nostaminen väheni. Maanäyte nostetaan käsin sisäputkesta pakkaustelineseen, telineestä maahan ja maasta autossa olevaan kuljetuskehikkoon. Käytännössä merkittävin parannus oli näytteenoston koneellistaminen eli näytettä ei enää nosteta maasta käsivoimin erittäin huonoissa työasennoissa. Näytteiden käsin nostelua voidaan vieläkin vähentää, jos näytteet kuljetettaisiin kuljetustelineessä joka on kiinnitetty kairan yhteyteen. Tällä tavalla siirto autoon jäisi kokonaan pois, mikäli telineeseen mahtuisi yhtenä työpäivänä otettavat näytteet.

Kairaan tehtiin parannuksia joidenkin tutkimuksessa havaittujen epäkohtien osalta kesän 1995 aikana. Kairan yhdistelmävipu muutettiin kahdeksi erilliseksi käyttövivuksi, jolloin terälaitteen käyttötarkkuus parani ja helpottui. Koneen toiselle sivulle kiinnitettiin teline, jossa sisäputki voidaan puhdistaa. Näin sisäputken kannattelu jäi puhdistuksen yhteydessä lähes kokonaan pois ja työskentely myös nopeu-

tui. Koneen sivustalle kiinnitettiin teline, jossa näyte voidaan lyhentää ja pakata.

5.3 Työturvallisuus

Työturvallisuutta ei varsinaisesti tutkittu eikä mitattu tässä tutkimuksessa, vaan sitä tarkasteltiin yleisellä tasolla. Siten varsinaista työturvallisuuskartoitusta ei tehty. Työturvallisuustutkimus olisi kuitenkin tärkeä jatkotutkimuksen osa-alue, sillä varsinkin koneellisessa menetelmässä on työtilanteita, joiden turvallisuus vaatisi selvittämistä ja mahdollisesti myös toimenpiteitä. Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin työturvallisuuteen vaikuttavia tekijöitä subjektiivisten havaintojen ja käyttökokemusten perusteella.

Maanäytekairassa on pyörivä terälaitte, joka aiheuttaa tapaturmavaaran, jos jokin vaatekappale tarttuu pyörivän osan mukaan. Kiinnitarttumisen vaaraa pienentää terälaitteen hidas pyörimisnopeus, pyörivien osien pyöreä muoto ja se, että pyörivissä osissa ei ole teräviä ulokkeita. Erytyistä varovaisuutta on noudatettava, kun maata poistetaan kierteen ympäriltä tai sisäputkea irrotetaan koneesta. Kiinnitystappi irrotetaan ulkoputken yläreunassa olevan aukon kautta, jolloin on ehdottomasti varmistettava se, ettei ulkoputki pyöri, kun käsi on aukon sisäpuolella. Tällä hetkellä varmistustapa on se, että laitteen käyttäjä irrottaa otteensa kairan käyttövivusta, jolloin kaira lakkaa pyörimästä. Varmistaminen vaatii lisää suunnittelua ja mahdollisesti käyttövipujen toiminnan muuttamista, jotta onnettomuuksia ei pääse syntymään.

Kairan terälaitteen alla on mahdollista työskennellä, kun nostokehikkoa asennetaan sisäputken ympärille ennen näytteen nostamista. Ylhäällä oleva terälaitte aiheuttaa vaaratekijän, koska kairan runko on ylhäällä vain hydraulisynterin varassa. Tämän vuoksi traktoria on siirrettävä noin puoli metriä eteenpäin tai terälaitteeseen on rakennettava mekaaninen lukitus, joka estää terälaitteen putoamisen alas. Sisäput-

Taulukko 11. Näytteenottomenetelmien ominaisuuksien loppuyhteenveto.

Menetelmän ominaisuus	Perinteinen menetelmä	Koneellinen menetelmä	Huomioita, esim. tarve jatkotutkimuksiin
Näytteenoton valmistelu nopeus	++	-	
Toimintavarmuus	+	-	
Työhön kulunut aika			
yksi näyte	+	-	
kymmenen näytettä	-	+	
Työn laatu	-	++	
1. Työn miellyttävyys	-	++	
2. Fyysinen kuormittavuus	-	++	
3. Työasennot	-	+	Seuranta jatkossa
4. Meluallistutus	-	+	Suojainten käyttö
5. Työturvallisuus	-	(+)	Parannuksia
Näytteiden laatu	(-)	+	Jatkotutkimus ja jatkuva seuranta
Toimivuus eri maalajeilla			
Savi ja hiesu	+	++	
Hieta	+	+	Ongelmia ylösnostossa
Turve	(+)	-	Muutoksia kärkikartioon

Merkkien selitykset

Ominaisuudeltaan:

++ = Huomattavasti parempi menetelmä

+ = Parempi menetelmä

- = Huonompi menetelmä

() = Suhtauduttava varauksin

kea kiinnitettäessä paikoilleen näytteenoton jälkeen on varmistuttava, ettei terälaitetta lasketa liian nopeasti alas ja ettei sisäputki pääse putoamaan jalkojen päälle.

Näytteen oton yhteydessä joudutaan kulkemaan traktorin ohjaamoon useita kertoja päivän aikana, joten ohjaamoon nouseminen ja sieltä laskeutuminen muodostavat tapaturmariskin. Erityisen suuri liukastumisvaara on sateella, jolloin maa tarttuu kenkien pohjaan ja traktorin askelmiin. Myös näytteenottolaitteen traktoriin kiinnittämisen ja irrottamisen yhteydessä on muistettava ottaa huomioon yleiset työkooneiden kytkentään liittyvät työturvallisuusnäkökohdat.

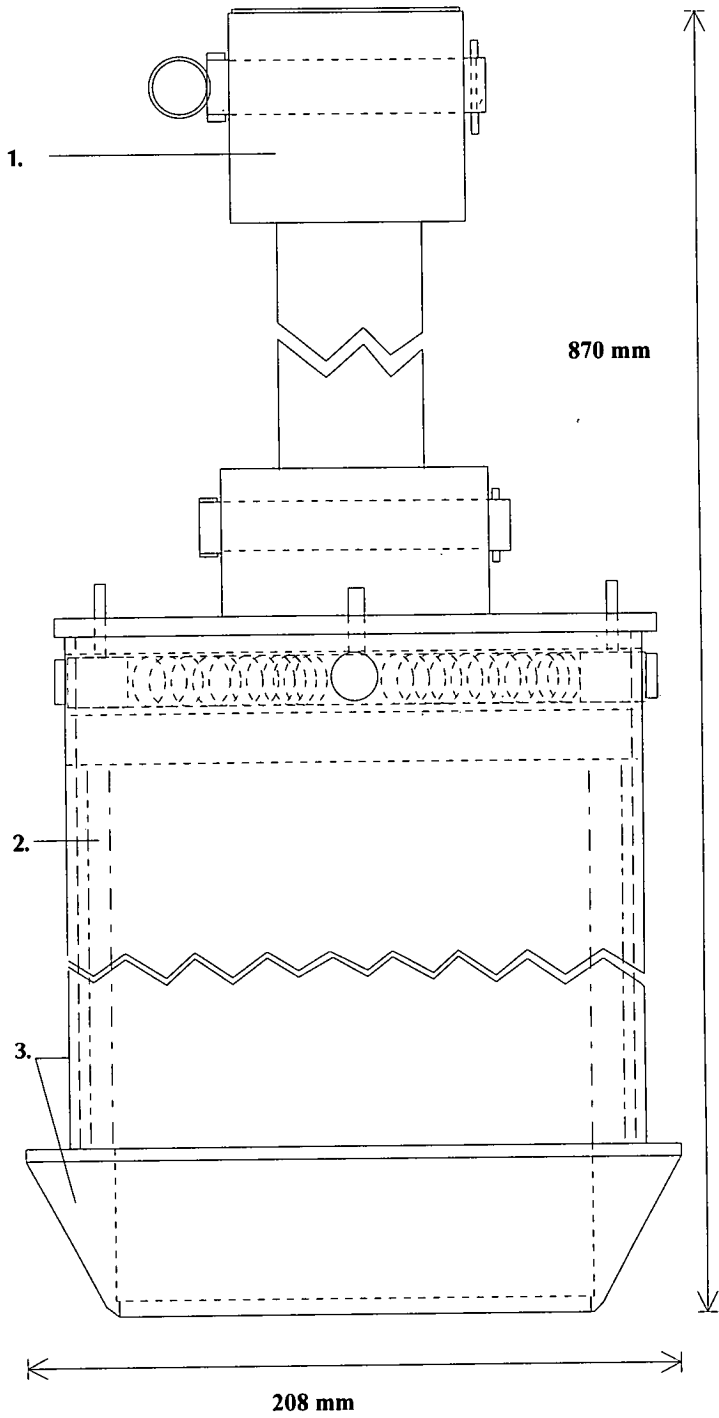
6 Tutkimustulosten yhteenveto

Tutkimustulosten yhteenvetona voidaan todeta, että maanäytekairalle asetetut vaatimukset ja tavoitteet täyttyivät. Kaira toimi hyvin maalajeilla, joilta näytteitä yleensä otetaan. Koneellinen menetelmä paransi myös näytteenottotyön laatua pienentämällä työntekijän työasento- ja energettistä kuormitusta sekä lisäämällä työn miellyttävyyttä. Kairan kehittämisen jälkeen MKF:lla otetaan suuret maanäytteet lähes poikkeuksetta koneellisella menetelmällä. Näytteenottomenetelmiä arvioitiin myös eräiden ominaisuuksien suhteen ja tulokset koottiin taulukkoon 11.

- Ahonen, M.** 1984. Mikä on työpaikan ergonominen selvitysmalli. Työpaikan ergonominen selvitys: oheisaineisto. Työterveyslaitoksen ergonomiatiedote 4: 3–10.
- Alakukku, L.** 1993. Raskaan peltoliikenteen aiheuttama maan tiivistyminen. Lisensiaattityö. Helsingin yliopisto. Maa- ja kotitalousteknologian laitos. Jokioinen. 155 p.
- Alexander, D.C.** 1986. The practice and management of industrial ergonomics. New Jersey. 385 p.
- Andersen, K.L., Rutenfranz, J., Masironi, R. & Seliger, V.** 1978. Habitual physical activity and health. World-Health Organization. WHO regional publications. Copenhagen. European series 6. 188 p.
- Andersson, G., Pidgeon, J.D., Spencer, H.B. & Parks, R.** 1980. A new hand-held recording penetrometer for soil studies. *J. Soil Sci.* 31: 279–296.
- Baarstad, L.L., Rickman, R.W., Wilkins, D. & Morita, S.** 1993. A hydraulic soil sampler providing minimum field plot disruption. *Agron. J.* 85: 178–181.
- Borredon, P.** 1988. Teollisuus- ja ympäristömelun psykofysiikkaa. In: Työn fysiologia. J. Scherrer. (ed.). WSOY. Helsinki. p. 468–488.
- Brüel & Kjær.** 1991. Instruction manual noise dose meter type 4436. Nærum, Denmark, Brüel & Kjær. 100 p.
- Cassel, D., Kachanoski, R.G. & Topp, G.C.** 1994. Practical considerations using a TDR cable tester. *Soil Technology* 7: 113–126.
- Dieën, J. H. van.** 1989. Ergoloc, a method to establish loads on the locomotor system at work. 11th Workshop on Labour and Labour Management. *Acta Horticulturae* 237: 113–122.
- Hatfield, J.L. & Schaaf, S.L.** 1993. Adjustable soil coring machine for sampling in tall row crops. *Agron. J.* 85: 175–178.
- Heinsalmi, P.** 1983. OWAS, frekvensstudier av arbetsställningar. In: Ergonomiska mätmetoder i lantbruket. Kuopio regioninstitut för arbetshygien. Jord- och skogsbruksbyrå. Kuopio. p. 53–82.
- Hendrickx, J.M.H., Ritsema, C.J., Boersma, O.H., Dekker, L.W., Hamminga, W. & van der Kolk, J.W.H.** 1991. Motor-driven portable soil core sampler for volumetric sampling. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 55: 1792–1795.
- Herranen, S., Salo, H. & Silvola, M.** 1985. Ergonomian tutkimusmenetelmien kuvausta ja arviointia. VTT. Työsuojelutekniikan laboratorion tiedote. Espoo. p. 1–427.
- Hettinger, Th., Müller, B. H. & Gebhardt, Hj.** 1989. Ermittlung des Arbeits-energieumsatzes bei dynamischmuskulärer Arbeit. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz. Dortmund. *Forschungsanwendung Fa* 22: 1–80.
- Louhelainen, K.** 1985. Työhygieeniset tekijät maataloudessa. In: Maatalouden työturvallisuus. S. Siltovuori. (ed.) Maaseudun Sivistysliitto r.y. 104 p.
- Louhevaara, V.** 1984. Hengitys- ja verenkiertoelimistön kuormittuminen työssä. Työterveyslaitoksen koulutusjulkaisu 4: 1–7.
- 1987. Työn fyysisen kuormittavuuden arviointi työpaikalla. Työterveyslaitoksen koulutusjulkaisu 8: 1–10.
- & **Suurnäkki, T.** 1991. Työasentojen kuormituksen arviointi: OWAS-menetelmä. Työterveyslaitoksen koulutusjulkaisu 11: 1–24.
- & **Smolander, J.** 1993. Fyysinen ylikuormitus työssä. Työ ja ihminen 7: lisännumero 2: 17–29.
- Lundqvist, P.** 1988. Working environment in farm buildings. Result of studies in livestock buildings and greenhouses. Sveriges lantbrukshögskolan. Institutionen för lantbrukets byggnadsteknik. Rapport 58: 1–240.
- Manor, G., Tollner, E.W., Clark, R.L. & Radcliffe, D.E.** 1991. Large soil core sampler. *Applied Eng. in Agric.* 7: 381–385.
- Morgan, M.T., Holmes, R.G. & Wood, R.K.** 1993. A system for measuring soil physical properties in the field. *Soil & Till. Res.* 26: 301–325.
- Nygård, C-H.** 1983. Arbetets fysiska belastning. Ergonomiska mätmetoder i lantbruket. Kuopio regioninstitut för arbetshygien. Jord- och skogsbruksbyrå. Kuopio. p. 42–45.

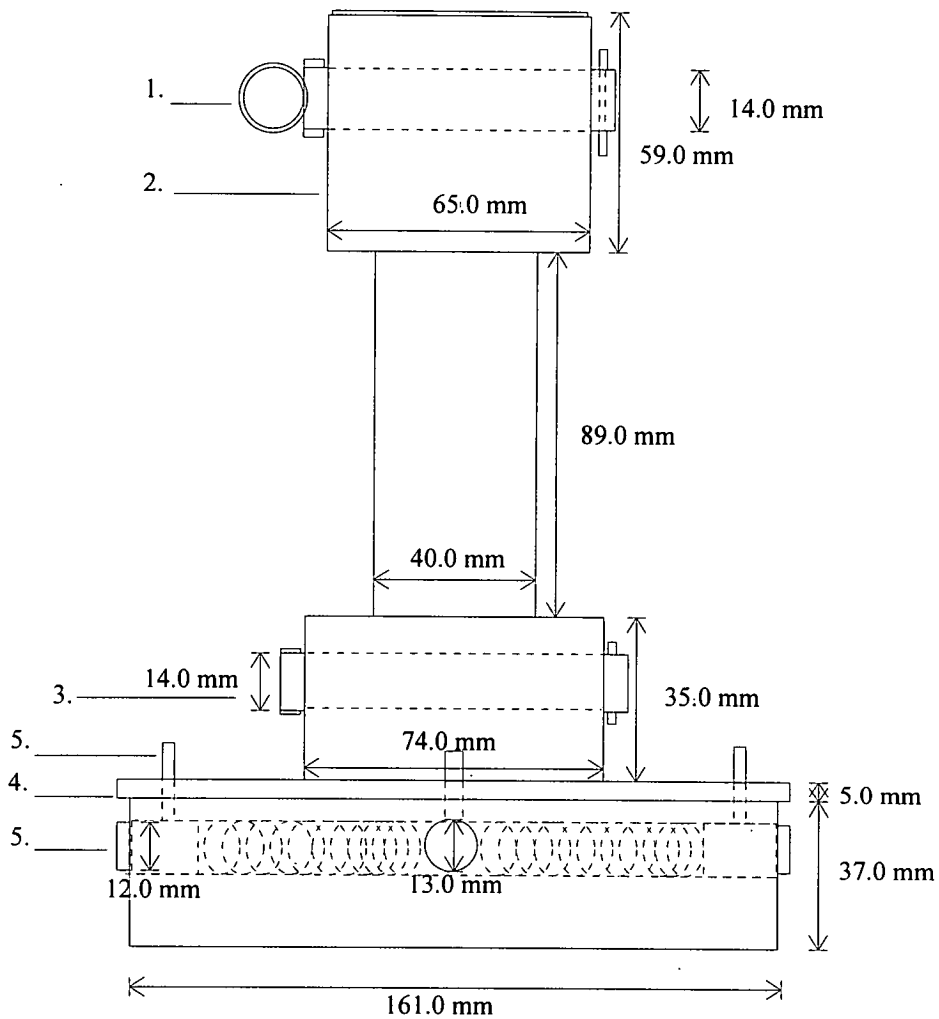
- Persson, L. & Bergström, L.** 1991. Drilling method for collection of undisturbed soil monoliths. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55: 285–287.
- Pitkänen, J.** 1988. Aurattoman viljelyksen vaikutukset maan fysikaalisiin ominaisuuksiin ja maan viljavuuteen. *Maatalouden tutkimuskeskuksen tiedote* 21/88: 62–166.
- Polar Electro.** 1991. Sport tester™ PE 3000 sykemittarin käyttöohjekirja. POLAR ELECTRO. Kempele. 20 p.
- Prior, S.A. & Rogers, H.H.** 1992. Portable soil coring system that minimizes plot disturbance. *Agron. J.* 84: 1073–1077.
- Prunty, L., Montgomery, B.R. & Sweeney, M.D.** 1991. Water quality effects on soils and alfalfa: I. Water use, yield, and nutrient concentration. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55: 196–202.
- Pääkkönen, R.** 1991. Fysikaalisen työhygienian mittaukset. Työterveyslaitoksen koulutusjulkaisu. Työhygieniä ja toksikologia 7: 1–20.
- Ranta, E., Rita, H. & Kouki, J.** 1991. Biometria. Tilastotiedettä ekologeille. Yliopistopaino. Helsinki. 570 p.
- Raper, R.L. & Erbach, D.C.** 1987. Bulk density measurement variability with core samplers. *Transactions of the ASAE* 30: 878–881.
- Rationalisointineuvottelukunta. 1979. OWAS työasentojen havainnointi. Kurssikansio. Imatra.
- Rogers, J.S. & Carter, C.E.** 1987. Soil core sampling for hydraulic conductivity and bulk density. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 51: 1393–1394.
- Saari, J.** 1981. Ergonomian perusteet. Työterveyslaitos. 125 p.
- Salminen, M-L.** 1981. Metsätyö koneellistuu – lisääntykö työntekijän kuormitus? *Teho* 19/81: 14–16.
- Schilden, M. van der.** 1989. The OWAS system for analysing working postures. 11th Workshop on Labour and Labour Management. *Acta Horticulturae* 237: 129–139.
- SFS 4578. Meluallistuksen mittaaminen. 2. ed. Helsinki 1982.
- Srivastava, A.K., Smucker, A.J.M. & McBurney, S.L.** 1982. An improved mechanical soil-root sampler. *Transactions of the ASAE* 25: 868–871.
- Starck, J., Niemelä, R. & Hietanen, M.** 1993. Fysikaaliset tekijät. Työ ja ihminen 7: lisänumero 2: 80–96.
- Stone, J.A.** 1991. Core sampling technique for bulk density and porosity determination on a clay loam soil. *Soil & Till. Res.* 21: 377–383.
- Swallow, C.W., Kiessel, D. E. & Owensby, C. E.** 1987. Soil coring machine for microplots and large soil cores. *Agron. J.* 79: 756–758.
- Topp, G.C.** 1980. Electromagnetic determination of soil water content: Measurements in coaxial transmission lines. *Water Resources Res.* 16: 574–582.
- Tuure, V.-M.** 1991. Maatilan töiden fyysisen kuormittavuuden määrittäminen. Työtehoseuran julkaisuja 322: 1–130.
- 1995. Työntekijän energiankulutuksen määrittäminen havainnoimalla. Työtehoseuran Maataloustiedote 7 (459). 4 p.
- Työsuojeluhallitus. 1982. Työsuojeluhallituksen päätös 191/82. Työssä vallitsevan melun aiheuttaman kuulovaurion vaaran torjunta.
- Työterveyslaitos. 1986. OWAS ja SAVO. Ergonomiatiedote 2. T. Kuorinka (ed.). 18 p.
- Walker, D.S., O'Dell, J.D., Wolt, J.D., Rhodes, JR.G.N. & Graveel, J.G.** 1990. A tractor mounted sampler for obtaining large soil columns. *Weed Tech.* 4: 913–917.
- Vaughan, D.H., Murali, C.B. & Wilson, J.H.** 1984. Soil sampler minimizes soil disturbance. *Agricultural Engineering* 65: 24–25.
- Väyrynen, S. & Könönen, U.** 1988. OWAS-mittaus opittujen työasentojen pysyvyydestä. *Teho* 10/88: 10–12.

Liite 1. Sisäputken kiinnityskappale, sisäputki ja kärkikartio.



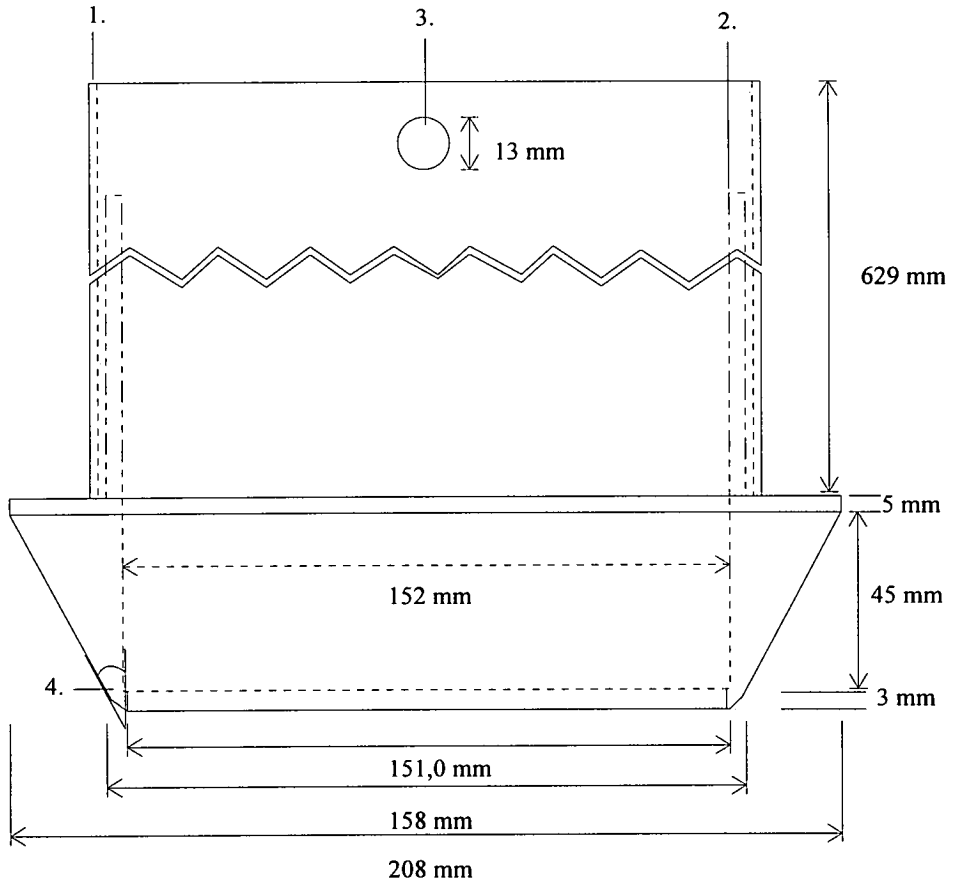
- 1. Sisäputken kiinnityskappale
- 2. Näyteputki
- 3. Sisäputki ja kärkikartio

Liite 2. Sisäputken kiinnityskappale



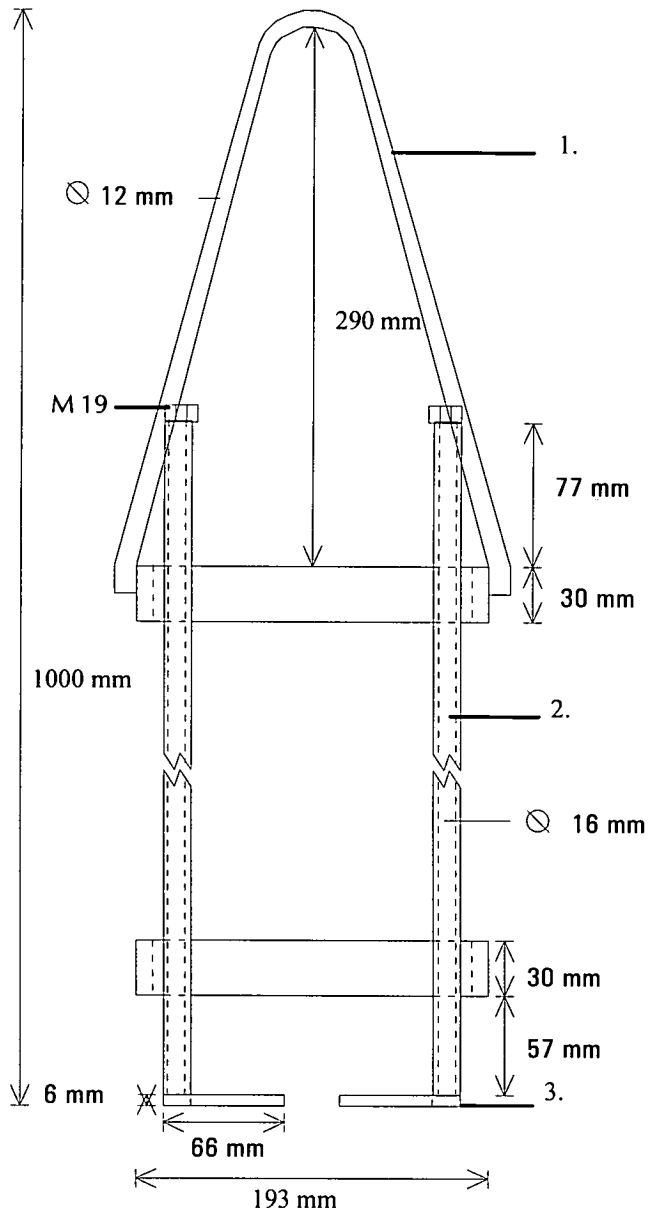
1. Kiinnitystappi
2. Sovite- ja kiinnitysholkki kairan voimansiirron akselille
3. Soviteholkin kiinnitystappi
4. Kaulus johon sisäputken yläreuna nojaa
5. Jousikuormitteiset tapit ja niiden käyttövivut, tapeilla kiinnityskappale kiinnitetään sisäputken yläreunassa oleviin reikiin

Liite 3. Sisäputki ja kärkikartio.



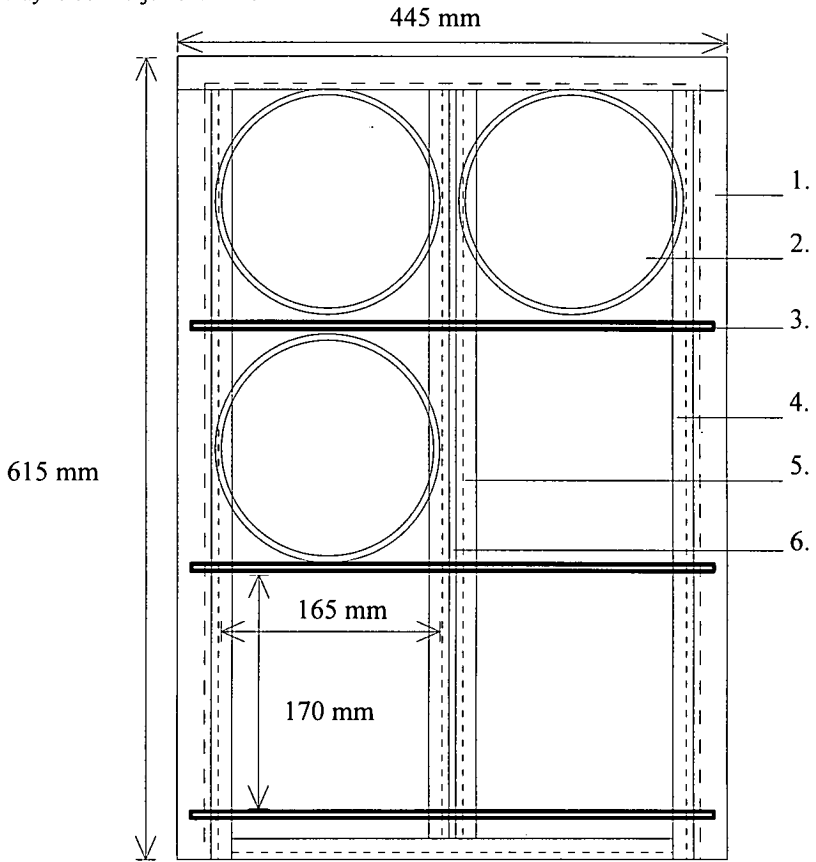
1. Sisäputki ruostumatonta terästä 168,3 mm x 3 mm
2. Näytteenottoputki PVC-muovia 152,0 mm x 4 mm
3. Reiät 4 kpl, joihin kiinnityskappaleen tapit tulevat ja pitävät sisäputken sekä näyteputken paikoillaan
4. Kärkikartion maata kierteelle siirtävä kulma (31 astetta)

Liite 4. Näytteen nostokehikko.

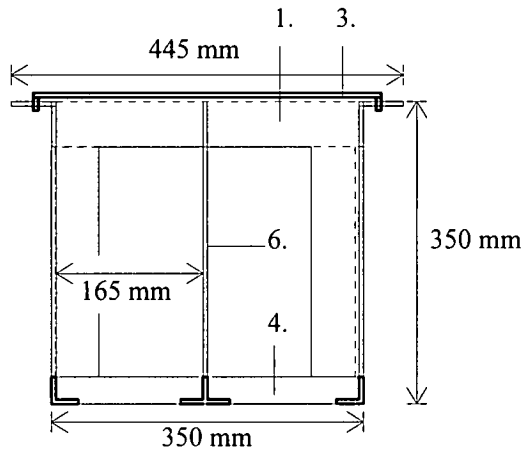


1. Nostolenkki josta näyte nostetaan ylös maasta
2. Tukiputket, joita on neljä kappaletta. Putkien sisällä on 10 mm halk. olevat terästangot, joiden alapäihin veitsiterät on hitsattu kiinni. Tankojen yläpäihin on hitsattu mutterit (M 19), joilla teriä käännetään.
3. Veitsiterä, jota kääntämällä näyte leikataan poikki

Liite 5. Näytteiden kuljetuskehikko.



1. Yläkehikko, 50 x 50 x 5 mm kulmarauta
2. Näytelieriö PVC-putki 160 x 4,0 mm
3. Irrotettavat välituet, halk. 8 mm terästanko
4. Pohjakehikko 30 x 30 x 3 mm kulmarauta
5. Keskituki näytelieriöille 30 x 30 x 3 mm kulmarauta
6. Välituki ja pystyraudat 30 x 6 mm lattarauta



Liite 6. Näytteenottotyövälineiden painot

Perinteisen menetelmän työvälineiden painot

Leka	5,1 kg	Varren pituus	72 cm
Tunkki ja vipuvarsi	7,4 kg	Vipuvarren pituus	65 cm
Lyöntialusta ja lyöntikehikko näyteputkelle	7,5 kg	+ tyhjä näyteputki	1,9 kg

Koneellisen menetelmän työvälineiden painot

Sisäputki + kiinnityskappale	20,9 kg	+ tyhjä näyteputki	1,9 kg
Näytteen nostokehikko	7,8 kg		
Näytteen pakkausteline	12,5 kg		
Näytteiden kuljetusteline	14,5 kg	+ 6 kpl näyteputkia yht:	25,9 kg

Maanäyte, maalajista ja näytteenottosyvyydestä riippuen noin 19 kg (HeS, 560 mm)

Liite 7. Työnosien sisällön kuvaus.

Perinteinen näytteenottomenetelmä:

Tavaroiden purkaminen autosta:

Saavuttaessa koalueen läheisyyteen autosta otetaan näytteenotossa tarvittavat välineet: Leka, lyöntikehikko, lyöntialusta näyteputken päähän, näyteputket, silikoni, muovipussit ja lyöntikehikon nostoa varten tunkki, vipuvarsi sekä terästanko.

Valmistelu ja siirtyminen:

Ennen maahanlyönnin aloittamista lyöntikehikko ja näyteputken ulkopinta voidellaan kitkan ja maan tarttumisen vähentämiseksi silikonispraylla. Näyteputken kylkeen kirjoitetaan koeruudun tiedot ja näytteenottopäivä. Tämän jälkeen näyteputki asetetaan lyöntikehikkoon. Näyteputken yläpäähän pannaan lyöntialusta, jonka jälkeen näyteputki asetetaan näytteenottokohdalle. Valmisteluun kuuluvat myös siirtyminen ja näytteenotossa tarvittavien tavaroiden siirto seuraavalle näytteenotto paikalle.

Näyteputken lyönti maahan ja näyteputken tukeminen:

Toinen työntekijöistä pitää näyteputkea pystyssä sekä lyöntialustaa paikoillaan maahan lyönnin aikana. Näyteputken tukeminen tapahtuu ensin käsin, kunnes näyteliieriö on mennyt 5 - 10 cm maahan, ja sen jälkeen vipuvarren avulla. Toinen työntekijä lyö näyteputken lekalla maahan noin 60 cm syvyyteen.

Näytteen nosto maasta:

Näyteputken yläpäässä olevien reikien läpi työnnetään terästanko, jonka avulla näytettä ja näyteputkea käännetään noin puoli kierrosta. Kääntämisen tarkoituksena on näytteen katkaiseminen näyteputken alapinnan kohdalta. Näyteputki nostetaan maasta käsivoimin pitäen kiinni terästangosta.

Näytteen pakkaus ja lyöntikehikon nostaminen maasta:

Näyte pakataan kahteen muovipussiin, jotka pujotetaan näytteen ympärille kummastakin päästä. Muovipussien sauma teipataan tiiviisti yhteen, jotta kosteutta ei pääse haihtumaan näytteestä. Pakkauksen jälkeen näyte jätetään koeruudun viereen odottamaan varastoon kuljetusta. Kun toinen työntekijä pakkaa näytettä, toinen nostaa lyöntikehikon maasta. Kehikko nostetaan tunkkia ja vipuvarrtta apuna käyttäen. Tunkissa on lovet, joihin vipuvarsi käy ja noston edetessä vipuvarrtta siirretään ylempiin loviin, jotta kehikko saadaan nostettua maasta ylös.

Auton pakkaus:

Näytteet ja näytteenotossa tarvittavat välineet pakataan autoon, minkä jälkeen ollaan valmiita lähtemään pellolta pois.

Koneellinen näytteenottomenetelmä:

Pellolle saapuminen ja tavaroiden purku autosta:

Traktori ajetaan pellolle ja kaira lasketaan tukijalkojen varaan näytteenottokohdalle. Toinen työntekijä ottaa autosta näytteen pakkaukseen tarkoitetun tukikehikon, jalustan sisäputkelle ja laatikon, jossa ovat muut näytteenotossa tarvittavat välineet.

Näyteputken kairaus maahan ja maan siirto pois kierteeltä:

Työntekijä seisoo koneen sivustalla ja käyttää kairaa hydrauliiikan käyttövivuista. Toinen työntekijä siirtää kierteen ylösnostamaa maata kauemmaksi kierteen yläpäähän lähettyviltä. Tarkoituksena on, ettei maa valu takaisin sisäputken ympärille, kun ulkoputkea nostetaan maasta ylös. Sisäputki irrotetaan koneesta, kun terälaite on kairattu riittävän syväälle maahan. Sisäputki irtoaa, kun kiinnityslaipan yläpäässä oleva tappi irrotetaan paikoiltaan ja ulkoputkea nostetaan vähän ylöspäin. Lopuksi ulkoputki nostetaan kokonaan maasta ylös.

Liite 7. Jatkuu

Näytteen nosto maasta:

Nostoteline lasketaan maassa olevan sisäputken ympärille. Näyte katkaistaan nostotelineen alapäässä olevia veitsiteriä kääntämällä. Teriä käännetään niiden kiinnitystankojen yläpäähän hitsatuista muttereista. Terät jätetään kohti näytteen keskipistettä, jotta ne estävät näytteen putoamisen näyteputkesta. Nostotelineessä olevaan lenkkiin kiinnitetään köysi, jonka toinen pää on kiinnitetty ulkoputken yläreunaan. Sisäputki nostetaan maan pinnalle, minkä jälkeen terät käännetään pois näytteen keskustasta ja nostokehikko nostetaan pois sisäputken ympäriltä. Sisäputken yläpäässä oleva kiinnityslaippa irrotetaan ja sisäputki nostetaan jalustalle. Sisäputkea alaspäin painettaessa näyteputki ja maapatsas irtoavat kärkikartiosta. Näyteputken yläpäässä olevien reikien lävitse työnnetään terästanko, jonka avulla näyte nostetaan pakkaustelineeseen.

Näytteen pakkaus ja koneen puhdistus:

Toinen työntekijöistä pakkaa näytteen telineessä muovipusseihin samalla tavalla kuin perinteisessä menetelmässä. Ennen pakkausta näyte lyhennetään veitsellä leikkaamalla näyteputken alapään tasalle, ja putken kylkeen kirjoitetaan näytteenottoaikan tiedot ja päivämäärä. Pakkauksen jälkeen näyte nostetaan maahan odottamaan kuljetusta varastoon. Toinen työntekijä puhdistaa sisäputken, kärkikartion ja kierteen kiinnitarttuneesta maasta teräsharjaa tai lastaa käyttämällä. Puhdistuksen jälkeen kierre ja kärkikartio voidellaan silikonispraylla, jotta maa ei tartuisi niihin kiinni. Sisäputken sisälle pannaan uusi näyteputki ja kiinnityslaippa kiinnitetään paikoilleen.

Sisäputken paikalleenosto ja kiinnitys:

Toinen työntekijöistä kannattaa sisäputkea pystyasennossa sylissään, ja toinen laskee ulkoputken paikoilleen sisäputken ympärille. Tämän jälkeen kiinnitetään sisäputken kiinnityslaipan lukitustappi paikoilleen.

Siirtyminen:

Traktori ajetaan seuraavalle näytteenottokohdalle ja näytteenottolaite lasketaan tukijalkojen varaan. Jotta laite saadaan tarkasti oikealle kohdalle, voi toinen työntekijä näyttää peruutettaessa merkkejä oikeasta suunnasta. Sivusuunnassa pienet siirrot voidaan suorittaa vapauttamalla traktorin sivurajoittimet ja siirtämällä koko laitetta. Myös maanäytteen pakkausteline, jalusta sekä pienvälineistölaatikko siirretään seuraavalle kohdalle.

Auton pakkaus:

Autoon pakataan kehikot ja muut näytteenotossa tarvittavat välineet. Näytteet nostetaan autossa olevaan kuljetuskehikkoon. Autoa siirretään tarvittaessa koerutuojen vierellä, jotta näytteiden kantamatka jää mahdollisimman lyhyeksi.

Liite 8. Yhdistelmätaulukot työmuodolle, työasennolle ja aktiviteetille, kun energiankulutus määritetään havainnoimalla (HETTINGER ym. 1989, ref. TUURE 1995)

Taulukko A. työmuodon aiheuttama energiankulutus	Energian kulutus taso	AU, kJ/min
sormi-kämmentyö	kevyt keskim. raskas	1,0 - 2,5 2,5 - 4,0 4,0 - 5,5
yhdellä kädellä tehtävä työ	kevyt keskim. raskas	2,5 - 5,0 5,0 - 7,5 7,5 - 10,0
kahdella kädellä tehtävä työ	kevyt keskim. raskas	6,0 - 8,5 8,5 - 11,0 11,0 - 13,5
kokovartalotyö	kevyt keskim. raskas erittäin raskas	11,0 - 17,0 17,0 - 25,0 25,0 - 35,0 35,0 - 50,0
Taulukko B. asennon aiheuttama energiankulutus		AU, kJ/min
istuu		1,0
polvillaan		3,0
kyykistyneenä, istua kyykyssä		5,0
seisoo		2,5
seisoo kumarassa		4,0
Taulukko C. Aktiviteetin aiheuttama energiankulutus lasketaan kaavasta: $16,7 \times AU_{rel} \times v$ (nopeus, km/h)	Kaltevuus tai taakka	AU rel
kävely, 2 - 5 km/h		0,22
kävely ylämäkeen, 3 - 5 km/h	kaltevuus 5° kaltevuus 10°	0,38 0,65
kävely alamäkeen, 3 - 5 km/h	kaltevuus 5° kaltevuus 10°	0,12 0,10
portaiden nouseminen	(nousu 15 - 19 m/min)	3,40
portaiden laskeutuminen	(lasku 15 - 19 m/min)	0,90
kävely taakkaa kantaen 3 - 5 km/h	10 kg 30 kg 50 kg	0,23 0,35 0,40
nouseminen kallistettuja tikkaita (nousu 9 - 11 m/min)	ilman taakkaa 10 kg 30 kg 50 kg	3,00 3,40 4,40 6,00
nouseminen pystysuoria tikkaita (nousu 12 m/min)	ilman taakkaa 10 kg 30 kg 50 kg	3,67 4,20 5,70 8,58

Esimerkki energiankulutuksen määrittämiselle yhdistelmätaulukoiden avulla.

Työ on kevyttä kokovartalotyötä, joka tehdään selkä kumarassa seisten. Työmuoto (Taulukko A) kevyt kokovartalotyö 11 kJ/min, seisoo kumarassa (Taulukko B) 4 kJ/min, yhteensä 15 kJ/min + perusaineenvaihdunnan energiankulutus 4,8 kJ/min eli yhteensä 19,8 kJ/min. Perusaineenvaihdunnasta aiheutuva perusenergiankulutus on miehillä keskimäärin 4,8 kJ/min ja naisilla 4,0 kJ/min (TUURE 1995). Tehty työ ilmoitetaan tavallisesti watteina (W) eli 19,8 kJ/min / 60 J/min = 330 W. Tehty työ voidaan nyt luokitella energiankulutuksen perusteella WHO:n luokituksen mukaan (Liite 9). Tällöin havaitaan, että tehty työ oli keskiraskasta työtä (työntekijä 30 - 39 vuotias mieshenkilö).

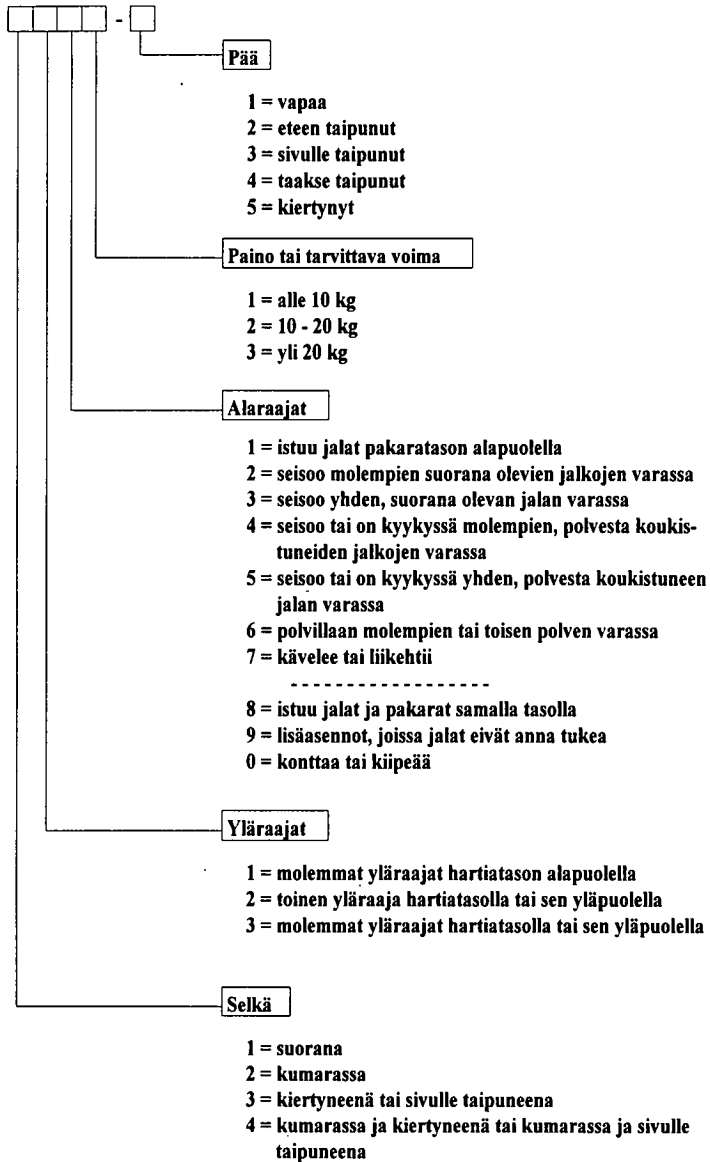
Liite 9. Työn fyysisen kuormituksen luokitus (WHO) keskimääräisen energiankulutuksen (W) mukaan.

Naisten ja miesten maksimaalinen aerobinen teho (W_{max}) ja häpenkulutus (VO₂max) ikäryhmittäin.

Kevyt työ vastaa luokituksessa alle 25 %, keskiraskas 25 - 50 %, raskas 50 - 75 %, ja erittäin raskas yli 75 % VO₂max:sta (ANDERSEN ym. 1978).

Miehet: ikä, v	Keskimääräinen energiankulutus, W				W _{max} W	VO ₂ max l / min
	kevyt	keskiraskas	raskas	erittäin raskas		
20 - 29	- 293	300 - 579	586 - 872	872 -	1163	3,44
30 - 39	- 272	279 - 544	551 - 816	816 -	1088	3,22
40 - 49	- 258	265 - 495	502 - 747	747 -	996	2,95
50 - 59	- 223	230 - 440	447 - 663	663 -	884	2,62
60 - 69	- 174	181 - 349	356 - 523	523 -	697	2,06
Naiset: ikä, v	Keskimääräinen energiankulutus, W				W _{max} W	VO ₂ max l / min
	kevyt	keskiraskas	raskas	erittäin raskas		
20 - 29	- 223	230 - 356	363 - 488	488 -	651	1,93
30 - 39	- 202	209 - 293	300 - 454	454 -	605	1,79
40 - 49	- 188	195 - 279	286 - 419	419 -	559	1,65
50 - 59	- 154	160 - 265	272 - 384	384 -	521	1,51
60 - 69	- 133	140 - 244	251 - 349	349 -	465	1,38

Liite 10. Työasentohavainnon OWAS-tunnuksen muodostuminen. Perus-OWAS sisältää 84 perustyyppiasentoa, 36 lisäasentoa ja 5 pään asentoa.



Liite 11. Näytteenottotyön työnosien kestoaja, työntutkimuksen näytteenoton yhteydessä.

Työnosa	Työnosan kesto-ajan keskiarvo	Työnosan kestoaja (%) koko työajasta	OWAS-havainnot yhteensä kpl
Perinteinen menetelmä:			
Auton purku ja pakkaus	1 min 40 s	6	39
Näytteen otto	3 min 5 s	41	234
Näytteen nosto	1 min 15 s	13	75
Näytteen pakkaus	1 min 35 s	16	93
Siirtyminen	2 min 35 s	24	136
Yhteensä	10 min 10 s	100	577
Kokonaisaika (5 näytettä)	42 min		
Koneellinen menetelmä:			
Auton purku ja pakkaus	2 min 50 s	7	42
Näytteen otto	4 min 35 s	29	173
Näytteen nosto	3 min 55 s	25	148
Sisäp.puhdistus	3 min 45 s	24	140
Sisäputken kiinnitys	50 s	5	31
Siirtyminen	1 min 30 s	10	58
Yhteensä	18 min 10	100	592
Kokonaisaika (5 näytettä)	1 h 22 min		

Liite 12. Työntekijän A ja B työasentohavaintojen toimenpideluokat ja OWAS-indeksi työnosittain ja näytteenottomenetelmittäin.

Työntekijä, menetelmä:	Havainnot yhteensä:	TPL 1 kpl	TPL 2 kpl	TPL 3 kpl	TPL 4 kpl	OWAS indeksi
Työntekijä A, perinteinen menetelmä:						
Auton purku ja pakkaus	39	36	3			108
Näytteen otto	234	149	83	2		137
Näytteen nosto	75	48	23	2	2	144
Näytteen pakkaus	93	70	22	1		126
Siirtyminen	136	104	32			124
Yhteensä: kpl	577	407	163	5	2	131
%		70,5	28,2	0,9	0,3	
Työntekijä A, koneellinen menetelmä:						
Auton purku ja pakkaus	42	38	3	1		112
Näytteen otto	173	168	5			103
Näytteen nosto	148	121	24	2	1	121
Sisäp.puhdistus	140	81	58	1		143
Sisäputken kiinnitys	31	28	3			110
Siirtyminen	58	55	3			105
Yhteensä: kpl	592	491	96	4	1	118
%		82,9	16,2	0,7	0,2	
Työntekijä B, perinteinen menetelmä:						
Auton purku ja pakkaus	39	31	8			121
Näytteen otto	234	123	104	5	2	151
Näytteen nosto	75	21	46	5	3	187
Kehikon nosto	93	29	60	4		173
Siirtyminen	136	109	22	5		124
Yhteensä: kpl	577	313	240	19	5	151
%		64,8	29,0	4,8	1,5	
Työntekijä B, koneellinen menetelmä:						
Auton purku ja pakkaus	42	39	3			107
Näytteen otto	173	103	62	7	1	146
Näytteen nosto	148	71	54	17	6	172
Näytteen pakkaus	140	91	46	3		137
Sisäputken kiinnitys	31	31				
Siirtyminen	58	52	5	1		112
Yhteensä: kpl	592	387	170	28	7	142
%		65,4	28,7	4,7	1,2	

Liite 13. Näytteenoton työasentohavaintojen jakautuminen toimenpideluokkiin ja yhteen näytteenottoon kulunut aika.

Työntekijä, näytteenotto-menetelmä	Näytteenottoon kulunut aika	OWAS-havainnot kpl	TPL 1 kpl	TPL 2 kpl	TPL 3 kpl	TPL 4 kpl	Indeksi
Työntekijä A, koneellinen menetelmä:							
Näyte 1	15 min, 12s	114	97	17			115
Näyte 2	15 min, 52s	119	88	30	1		127
Näyte 3	15 min, 52s	119	97	21	1		117
Näyte 4	17 min, 4s	128	103	23	1	1	122
Keskiarvo	16 min	120	96,25	22,75	0,75	0,25	121
Keskihajonta		5,8	6,2	5,4	0,0		5,4
Työntekijä B, koneellinen menetelmä:							
Näyte 1	15 min, 12s	114	72	34	7	1	145
Näyte 2	15 min, 52s	119	85	29	5		133
Näyte 3	15 min, 52s	119	75	34	4	6	150
Näyte 4	17 min, 4s	128	79	42	7		144
Keskiarvo	16 min	120	77,75	34,75	5,75	1,75	143
Keskihajonta		5,8	5,6	5,4	1,5	3,5	7,2
Työntekijä A, perinteinen menetelmä:							
Näyte 1	7 min, 45 s	93	65	27	1		131
Näyte 2	7 min, 10 s	86	58	27	1		134
Näyte 3	9 min, 15 s	111	71	40			136
Näyte 4	9 min, 20 s	112	82	28	1	1	129
Näyte 5	8 min, 40 s	104	75	28		1	130
Keskiarvo	8 min, 26 s	101	70,2	30	0,6	0,4	132
Keskihajonta		11,4	9,2	5,6	0,0	0,0	2,9
Työntekijä B, perinteinen menetelmä:							
Näyte 1	7 min, 45 s	93	40	50	3		160
Näyte 2	7 min, 10 s	86	46	39		1	149
Näyte 3	9 min, 15 s	111	61	41	8	1	154
Näyte 4	9 min, 20 s	112	66	44	1	1	144
Näyte 5	8 min, 40 s	104	53	43	6	2	159
Keskiarvo	8 min, 26 s	101	53,2	43,4	3,6	1	153
Keskihajonta		11,4	10,6	4,2	3,1	0,5	6,8
Yhteensä A + B							
		kpl	%	%	%	%	Indeksi
Koneellinen		960	72	24	3	1	133
Perinteinen		1012	61	36	2	1	143

Liite 14. Perinteisen menetelmän työnosien työasennot, jotka aiheuttivat suhteellisen kestoajan perusteella tuki- ja liikuntaelimestön kuormittumista.

Perinteinen menetelmä				
Työnosa, ja sen osuus koko työajasta, %	Työntekijä	Työasento	Työasennon osuus työnosasta, % ja toimenpideluokka	
Näytteen otto 41	A	Selkä kumarassa	36,3	TPL 2
	A	Seisoo molemmilla jaloilla	91,9	TPL 2
	B	Selkä kumarassa	46,6	TPL 2
	B	Polvillaan	94,9	TPL 3
Näytteen nosto 13	A	Selkä kumarassa	32,0	TPL 2
	A	Polvillaan	29,3	TPL 2
	B	Polvillaan	54,7	TPL 3
Näytteen pakkaus 16	A	Polvillaan	86,0	TPL 3

Liite 15. Koneellisen menetelmän työnosien työasennot, jotka aiheuttivat suhteellisen kestoajan perusteella kuormitusta tuki- ja liikuntaelimille.

Koneellinen menetelmä			
Työnosa, ja sen osuus koko työajasta, %	Työntekijä	Työasento	Työasennon osuus työnosasta, % ja toimenpideluokka
Näytteen otto 29	A	Käsi yli hartiatason	77,5 TPL 2
	A	Kädet yli hartiatason	20,8 TPL 2
	A	Seisoo molemmilla jaloilla	97,1 TPL 2
	B	Selkä kumara	39,3 TPL 2
	B	Polvillaan	76,9 TPL 3
Näytteen nosto 25	A	Käsi yli hartiatason	45,3 TPL 2
	B	Selkä kumara	48,0 TPL 2
	B	Polvillaan	43,2 TPL 2
Näytteen pakkaus 24	B	Selkä kumara	34,3 TPL 2
	B	Polvillaan	32,9 TPL 2
Sisäputken puhdistus 24	A	Selkä kumara	40,7 TPL 2
Valmistelu ja siirtyminen 10	A	Selkä kiertynyt	41,4 TPL 2

Liite 16. Työntekijän energiankulutus ja työn luokittelu WHO:n luokituksen mukaan, sekä työosien kestoaikea (min) ja suhteellinen kestoaikea (%).

Työosa	Työntekijä	Menetelmä	Energian- kulutus W	Työn luokittelu (WHO)	Työosan kestoaikea	
					min	%
Auton purku ja pakkaus	A	Koneellinen	283	Keskiraskas	2 min 50 s	7
		Perinteinen	330	Keskiraskas	1 min 40 s	6
Auton purku ja pakkaus	B	Koneellinen	251	Kevyt	2 min 50 s	7
		Perinteinen	352	Keskiraskas	1 min 40 s	6
Näytteen otto	A	Koneellinen	247	Kevyt	4 min 35 s	29
		Perinteinen	600	Raskas	3 min 5 s	41
Näytteen otto	B	Koneellinen	194	Kevyt	4 min 35 s	29
		Perinteinen	283	Keskiraskas	3 min 5 s	41
Näytteen nosto	A	Koneellinen	230	Kevyt	3 min 55 s	25
		Perinteinen	251	Kevyt	1 min 15 s	13
Näytteen nosto	B	Koneellinen	260	Kevyt	3 min 55 s	25
		Perinteinen	358	Keskiraskas	1 min 15 s	13
Näytteen pakkaus	B	Koneellinen	255	Kevyt	3 min 45 s	24
	A	Perinteinen	265	Kevyt	1 min 35 s	16
Valmistelu ja siirtyminen	A	Koneellinen	219	Kevyt	1 min 30 s	10
		Perinteinen	257	Kevyt	2 min 35 s	24
Valmistelu ja siirtyminen	B	Koneellinen	290	Keskiraskas	1 min 30 s	10
		Perinteinen	273	Kevyt	2 min 35 s	24
Sisäputken puhdistus	A	Koneellinen	291	Keskiraskas	3 min 45 s	24
Kehikon nosto	B	Perinteinen	414	Keskiraskas	1 min 35 s	16
Sisäputken kiinnitys	A	Koneellinen	402	Keskiraskas	50 s	5
	B		237	Kevyt		

Liite 17. Työntekijöiden energiankulutuksen tilastollinen testaus työnosien välillä näytteenottomenetelmittäin.

Työnosa	Työntekijä	Menetelmä	Energiankulutus/ W	Keskiahajonta	T-testi $\alpha = 0,05$ Phav	Phav
Auton purku ja pakkaus	A	Koneellinen	283	54,9	0,5848	n.s.
		Perinteinen	330	122,4		
Auton purku ja pakkaus	B	Koneellinen	251	20	0,0068	**
		Perinteinen	352	3,2		
Näytteen otto	A	Koneellinen	247	4,9	0,0000	***
		Perinteinen	600	71,1		
Näytteen otto	B	Koneellinen	194	8,6	0,0000	***
		Perinteinen	283	6		
Näytteen nosto	A	Koneellinen	230	24,5	0,5099	n.s.
		Perinteinen	251	50,3		
Näytteen nosto	B	Koneellinen	260	6,1	0,0066	**
		Perinteinen	358	41,3		
Näytteen pakkaus	B	Koneellinen	255	10,5	0,2259	n.s.
		Perinteinen	265	12,5		
Valmistelu ja siirtyminen	A	Koneellinen	219	16,4	0,1165	n.s.
		Perinteinen	257	38,7		
Valmistelu ja siirtyminen	B	Koneellinen	290	41,2	0,4479	n.s.
		Perinteinen	273	11,4		

Liite 18. Ekvivalenttimelutaso näytteenottomenetelmitäin ja työnosittain sekä melutasojen tilastollinen testaus.

Työnosa	Näytteenotto- menetelmä	Ekvivalentti melutaso, Leq: dB	Keskihajonta	T-testi $\alpha = 0,05$ Phav	Phav
Auton purku ja pakkaus	Koneellinen	81,2	2,2	0,0385	*
	Perinteinen	75,5	0,7		
Näytteen otto	Koneellinen	90,8	1,1	0,0000	***
	Perinteinen	97,8	0,8		
Näytteen nosto	Koneellinen	87,9	2,2	0,0005	***
	Perinteinen	68,6	2,3		
Näytteen pakkaus	Koneellinen	82,9	1,8	0,0010	**
	Perinteinen	72,9	1,9		
Sisäputken kiinnitys	Koneellinen	82,0	1,1	ei testattu	
Valmistelu ja siirtyminen	Koneellinen	82,4	1,9	0,0000	***
	Perinteinen	74,2	1,4		

		Julkaisun sarja ja numero Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 22	
		Julkaisuaika (kk ja vuosi) Elokuu 1997	
Tekijä(t) Ari Pöyhönen, Laura Alakukku ja Jyrki Pitkänen		Tutkimushankkeen nimi	
		Toimeksiantaja(t) Maatalouden tutkimuskeskus	
Nimike Maanäytteenoton koneellistaminen ja työntutkimus			
Tiivistelmä <p>Tutkimuksen tavoitteena oli suurten (152 x 560 mm) maanäytteiden oton koneellistaminen, näytteenottotyön keventäminen, työasentokuormituksen vähentäminen ja näytteenottotyön laadun parantaminen. Tutkimuksessa suunniteltiin ja rakennettiin maanäytekairan terälaitteisto Maatalouden tutkimuskeskuksen maanviljelyskemian ja -fysiikan tutkimusalalle aiemmin hankittuun kairaan. Traktorikäyttöisellä kairalla voidaan ottaa maanäytteitä PVC-muoviputken sisälle, jonka ulkohalkaisija on 160 mm ja pituus 600 mm. Maanäytekairaa kokeiltiin erilaisilla maalajeilla. Kaira toimi hyvin savi-, hiesu- ja hietamailla. Näytteiden laatua tutkittiin mittaamalla näytteen pinnan ja sitä ympäröivän maanpinnan välisiä korkeuseroja. Tulosten perusteella maanäyte tiivistyi näytteenotossa koneellisella menetelmällä hieman vähemmän kuin aikaisemmin käytössä olleella, niin sanotulla perinteisellä menetelmällä. Tilastollisesti tulokset eivät eronneet toisistaan.</p> <p>Näytteenottotyön laatua tutkittiin määrittämällä näytteenottotyön työasentokuormitus OWAS-menetelmällä, havainnoimalla työntekijän energiankulutus työn aikana ja mittaamalla työntekijän syke sekä näytteenottotyön aiheuttama melu. Näytteenottotyön aiheuttaman ergeettisen kuormituksen taso oli koneellisessa menetelmässä merkittävästi alhaisempi kuin perinteisessä menetelmässä. Myös tuki- ja liikuntaelimistöön kohdistunut kuormitus pieneni näytteenoton koneellistamisen myötä. Energiankulutus oli koneellisessa menetelmässä selvästi alhaisempi kuin perinteisessä menetelmässä ja työntekijään kohdistuva meluallistus pieneni merkittävästi koneellisessa menetelmässä.</p> <p>Näytteet otetaan nykyisin lähes yksinomaan koneellisella menetelmällä, joka on osoittautunut nopeaksi ja toimivaksi menetelmäksi. Myös työntekijöiden mielestä näytteenottotyö on helpottunut ja keventynyt merkittävästi sekä muuttunut mielekkääksi työksi. Koneellisen menetelmän paras ominaisuus on työsaavutuksen pysyminen tasaisena koko työpäivän ajan. Perinteisessä menetelmässä työsaavutus pieneni työajan kuluessa, koska työntekijät väsyivät.</p>			
Avainsanat suuri maanäyte, näytteenotto, työntutkimus			
Toimintayksikkö Maanviljelyskemian ja -fysiikan tutkimusala, 31600 Jokioinen			
ISSN 1238-9935	ISBN 951-729-489-1	<input type="checkbox"/> Tuloksia voi soveltaa luomuviljelyssä	
Myynti: MTT tietopalveluyksikkö, 31600 JOKIOINEN Puh. (03) 41 881 Telekopio (03) 418 8339	Sivuja 39 s. + 18 liitettä	Hinta 40 mk + alv 12 %	



Jokioinen 1997
ISBN 951-729-489-1
ISSN 1238-9935