



# PATU M 100 -kaivuri metsäojituksessa

Risto Lauhanen

---

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 401

METSÄNTUTKIMUSLAITOS  
Kirjasto

**Metsäntutkimuslaitos  
Kannuksen tutkimusasema  
PL 44  
69101 Kannus  
puh. 968-71161**

**The Finnish Forest Research Institute  
Kannus Research Station  
PL 44  
SF-69101 Kannus  
Finland**

Kansikuva:  
Cover photo KESLA OY

KP-PAINO  
Kokkola 1992

# PATU M 100 -kaivuri metsäojituksessa

Risto Lauhanen

Metsäntutkimuslaitos, metsänkasvatuksen tutkimusosasto/  
Kannuksen tutkimusasema. Kannus 1992

---

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 401

Lauhanen, Risto. 1992. PATU M 100 -kaivuri metsäojituksessa. Abstract: PATU M 100 excavator in forest drainage. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 401. 23 s. ISBN 951-40-1196-1, ISSN 0358-4283.

Tutkimuksessa selvitettiin PATU M 100 -kaivurin tuottavuutta, käyttöastetta, työnjälkeä sekä kaivutyön aiheuttamia puustovaurioita kesäajan metsäojituksessa. Kaivurin tuottavuudet ojanperkauksessa kaivuvaikeusluokissa 2, 3, 4 olivat 202, 181 ja 151 m/h ja uudisojituksessa vastaavasti 172, 161, ja 146 m/h. Koneen käyttöasteeksi saatiin 93,7 %. Työnjälki huononi kaivu-vaikkeen, erityisesti kivisyyden lisääntyessä. Keskimääräinen hehtaarikohtainen puustovaurio-isuus runkoluvusta oli 0,48 %. Koneen käyttötuntikustannukset olivat 325 mk/h, kun perustana käytettiin 10 kuukauden täystyöllisyyttä.

Avainsanat: metsäojitus, kunnostusojitus, kaivutyöntutkimus.

The aim of the study was to determine the output of the PATU M 100 excavator in different excavation difficulty classes (1—5), the effective time percentage, and the operation costs. In addition, the quality of ditches and the proportion of damaged trees were studied. In the ditch cleaning the output per effective hour in the difficulty classes 2—4 was 202, 181 and 151 m/h. In the first time drainage the output was 172, 161 and 146 m/h, respectively. The effective time percentage was 93.7. The quality of the ditches decreased with an increasing excavation difficulty class. The average damage to stands was 0.48 %. The operation costs were 325 FIM/h, which presupposed full employment for 10 months per annum.

Keywords: forest drainage, maintenance of ditch network, excavator, work studies.

Kirjoittajan yhteystiedot: Lauhanen, Risto; Metsäntutkimuslaitos, Kannuksen tutkimusasema, PL 44, 69101 Kannus (puh. 968-71161).

Julkaisija: Metsäntutkimuslaitos; Hanke 3031. Hyväksynyt: Jari Parviainen, tutkimusjohtaja 18.2.1992.

Jakaja: Metsäntutkimuslaitos, Kannuksen tutkimusasema, PL 44, 69101 Kannus.

ISBN 951-40-1196-1  
ISSN 0358-4283

KP-PAINO, Kokkola, 1992

## SISÄLLYS

1. JOHDANTO .....	4
2. TUTKITTU KONEYKSIKKÖ .....	6
3. AINEISTO JA MENETELMÄT .....	7
31. Työmaatiedot .....	7
32. Koneyksikkö ja kuljettajat .....	8
33. Aikatutkimus .....	8
331. Paaluvälimenetelmä .....	8
332. Työvaikeustekijät .....	9
333. Ojan laatu .....	9
334. Puustovauriot .....	10
34. Seurantatutkimus .....	10
4. TULOKSET .....	10
41. Tehoaika ja sen jakauma .....	10
42. Ajanmenekkiin vaikuttavat tekijät .....	11
43. Työn tuottavuus .....	13
44. Käyttöaste ja keskeytykset .....	13
45. Ojan laatu .....	14
46. Puustovauriot .....	14
47. Maastokelpoisuus ja ergonomia .....	16
48. Käyttötuntilaskelma .....	16
5. TARKASTELU .....	17
KIRJALLISUUS .....	19
LIITE	

## 1. JOHDANTO

Suomen 10 miljoonasta suohehtaarista on ojitettu suunnilleen 60 prosenttia. Ojituksen ja siihen liittyvän muun metsänparannustoiminnan seurauksena suometsien vuotuinen kasvun lisäys on noin 10 miljoonaa kuutiometriä (Paavilainen 1991a). Arviot tosin vaihtelevat 7 miljoonasta kuutiometristä aina 14 miljoonaan kuutiometriin (Heikurainen 1984, Paavilainen ja Tiihonen 1988). Pelkän ojitustoiminnan ansiosta vuotuiset hakkuumahdollisuudet olisivat lisääntyneet 5—6 miljoonaa kuutiometriä 1980- ja 1990-lukujen taitteessa (Heikurainen 1984).

Metsäojituksen painopiste on siirtymässä uudisojituksesta kunnostusojitukseen, jonka tavoitteena ei ole niinkään puuston kasvun lisäys, vaan uudisojituksella aikaansaadun kasvun säilyttäminen (Ahti 1991). Samalla kunnostusojituksilla ja niitä edeltävillä harvennushakkuilla voidaan osaltaan ylläpitää suometsien elinvoimaisuutta ja terveyttä (ks. Larsson 1984). Vanhojen ojastojen kunnosta huolehtimalla voidaan varautua myös ennustettuun ilmaston muutokseen, sillä sadannan kasvu saattaa jatkossa huonontaa suometsien vesitaloutta. Toisaalta ilmaston muutokseen liittyy myös lämpötilan kohoamisesta aiheutuva haihdunnan kasvu (ks. Karjalainen ym. 1991).

Kunnostusojituksen vuotuinen suoritetarve on Metsä 2000 -ohjelman mukaan 120 000 hehtaaria. Suurin työmäärä on ennen muuta 1960-luvun loppupuolen ojastojen perkauksessa (Keltikangas ym. 1986, Päivänen 1990). Vuosisuoritteissa on kuitenkin jääty muutamiin kymmeniin tuhansiin hehtaareihin (Hakkila ym. 1989, Aarne ym. 1990, Paavilainen 1991a,b). Mikäli kunnostusojituksia ei päästä ajoissa tekemään, on suometsien suotuisa kehitys uhattuna. Lisäksi töiden lykkääntyminen on johtamassa kokeneiden koneurakoitsijoiden poistumiseen alalta (Hakkila ym. 1989).

Aikaisempien tutkimusten, kone- ja laitekehittelyn sekä käytännön kokemusten perusteella kunnostusojitukset tehdään kaivureilla ja kiinteälustaisilla kaivukoneilla (Päivänen 1963, Numminen 1964, Aitolahti ja Numminen 1969, Niskanen 1977, 1980a,b,c, Vuollekoski 1983, Finncombi... 1984, Salo 1987, Härmälä ja Ari 1990). Kauhamalliksi on vakiintunut uudisojituksessa käytettävä muutokauha, koska sillä voidaan kaivaa sekä uutta ojaa että perata vanhaa.

Kapeista perkauskauhoista on käytännössä luovuttu. Vaikka perkauskauhojen tuottavuus oli hyvä, niiden työnjälki ei vastannut vaatimuksia. Perkauskauhat eivät toisaalta soveltuneet esimerkiksi isojen kivien siirtelyyn (Martti Vuollekoski, Metsäntutkimuslaitos 1991; suullinen tieto).

Kunnostusojituksen työsuoritteista selviytyminen edellyttää kaivukalustolta sekä tehokkuutta että alhaisia kustannuksia. Maanomistajien sekä yleisen mielipiteen vaatimuksesta työn toteuttajien ja laitevalmistajien on ajateltava entistä enemmän myös ympäristökysymyksiä. Näin ollen hyvälle työnjäljelle sekä ojanvarsi- ja puuston suojelulle on jatkossa annettava nykyistä suurempi painoarvo.

PATU M 100 -kaivuri on kunnostusojitukseen kehitetty muutokauhalla varustettu erikoiskone. Vuonna 1988 sarjatuotantoon otettu kaivutueton kaivuri edustaa uutta tekniikkaa. Ojitusvarusteisena sen kokonaispaino on 10,5 tonnia, ja hankintahinta noin 600 000 markkaa.

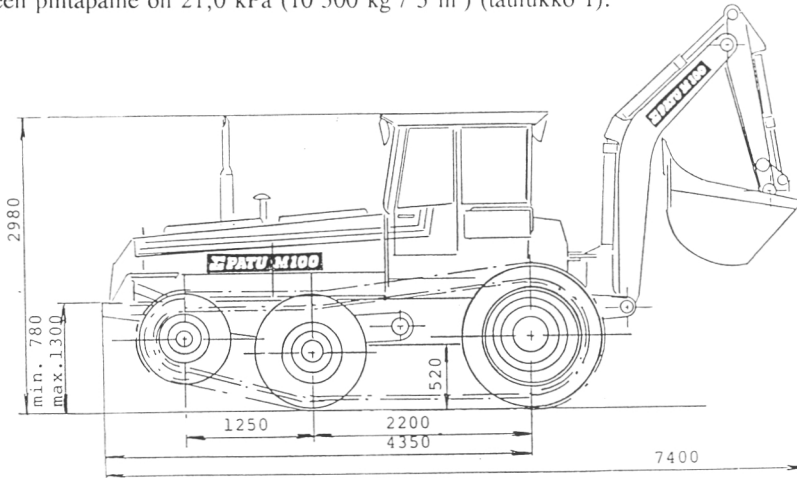
Konetta valmistaa Kesla Oy ja sitä markkinoi Foresteri Oy.

Tämän tutkimuksen tavoitteena on selvittää PATU M 100 -kaivurin tuottavuutta, käyttöastetta, työnjälkeä, ergonomiaa, kustannuksia sekä kaivutyön aiheuttamia puustovaurioita kesäajan metsäojituksessa. Aloitteen tutkimuksesta Metsäntutkimuslaitokselle tekivät Keski-Pohjanmaan metsälautakunta, Pyhäjärven metsänhoitoyhdistys, laitevalmistaja sekä metsäkoneurakoitsija Taisto Mäntynen.

Tutkimus tehtiin Metsäntutkimuslaitoksen Kannuksen tutkimusasemalla. Metsäteknikkoharjoittelija Tero Takalo avusti aineiston keräyksessä. Metsätalousteknikko Sauli Takalo antoi työntutkimuksen kannalta arvokkaita neuvoja. Ohjelmoija Keijo Polet ja tutkimussihteeri Maire Ala-Pöntiö valmistivat kuvat. Professori Pentti Hakkila, FL Kaija Kanninen, MMT Ari Ferm, MMT Erkki Ahti, MML Jyrki Hytönen sekä MMK Martti Vuollekoski lukivat käsikirjoituksen ja tekivät siihen huomioon otettuja korjausehdotuksia. MH Juha Nurmi tarkasti englanninkielisen tiivistelmän. Edellä mainituille sekä mukana olleille käytännön metsänparantajille parhaimmat kiitokset.

## 2. TUTKITTU KONEYKSIKKÖ

PATU M 100 -kaivuri on Suomessa kunnostusojitukseen kehitetty erikoiskone (kuva 1). Peruskoneessa on 6-sylinterinen 5,9 litran Fiat dieselmoottori (80 kW / 2200 r/min). Koneen kokonaispaino on 10,5 tonnia. Ojitystyön kannalta keskeinen koneen maksimileveys 2,86 m. Koneen pintapaine on 21,0 kPa (10 500 kg / 5 m<sup>2</sup>) (taulukko 1).



Kuva 1. PATU M 100 -kaivurin tekniset mitat.

Taulukko 1. PATU M 100 -kaivurin tekniset tiedot.

Peruskone		Kaivulaite	
Moottori	6-syl. diesel, FIAT	Ojakauhat	500-600 l
Iskutilavuus	5,9 l	Kaivuhydrauliikan teho	68 kW
Teho	80 kW / 2200 r/min	Kauhan murtovoima	80 kN (600 l:n kauha)
Sähköjärjestelmä	24 V (akut 158 Ah)	Kaivulaitteen kääntökulma	182°
Raideleveys	2200 mm	Pituus kauha ylhäällä	7350 mm
Suurin leveys, vakiotelat	2860 mm	Kaivussyvyys	4400 mm
Korkeus	2980 mm	Ulottuvuus taka-akselista	7600 mm
Paino ojitusvarustein	10 500 kg	Ulottuvuus kääntöakselista	6550 mm
Polttoainesäiliön tilavuus	600 l		
Pintapaine telojen kanssa	21,0 kPa		
Pintapaine telat ja pohja	13,0 kPa		
Hallintalaitteet	hydr. esiohjaus + SCS + LS		
Hydrauliikka	1 säätötilavuuspumppu		
Tuotto, max.	220 l/min		
Työpaine	280 bar		

SC-hydraulijärjestelmä säilyttää automaattisesti oikeat liikenopeudet kaivutyöstä riippumatta. Järjestelmä tunnistaa kuormituksen, ohjaa öljyvirrat hallintavivun ja vastuksen mukaan sekä säilyttää koneen hallittavuuden. SC-hydraulijärjestelmän ansiosta kaivu on mahdollista myös koneen liikuessa. Lisäksi järjestelmässä on yksi säätöpumppu perinteisen kolmen sijasta.



Kaivurissa ei tarvita normaalioloissa tukijalkoja, vaan koneen etuosan teliakselisto on maastonmukaisena kaivutukena. Koneen pysähtyessä etutelin nostosylinterit toimivat automaattisesti lukkosylinterinä, jolloin telaston paino on kauhan vastapaino. Pehmeällä ajattaessa etuteli voidaan säätää lähelle ala-asentoa, jolloin kantava telapinta-ala kasvaa.

Kaivurin pohjan rakenne on tehty ruuhimaiseksi: pohjassa ei ole liikkumista vaikeuttavia poikittaisesteitä tai suojakoteloita. Ruuhimainen rakenne myötäilee maastoa ja alentaa lisäksi koneen pintapaineen 13,0 kPa:iin (taulukko 1). Koneen takamaavara on 520 mm. Etumaavara on säädettävissä teliakseliston lukkosylintereillä olosuhteiden mukaisesti.

### 3. AINEISTO JA MENETELMÄT

#### 31. Työmaatiedot

Tutkimusaineisto kerättiin heinä-elokuussa 1991 neljällä työmaalla Oulun läänin Pyhäjärvellä. Kaiken kaikkiaan ojaa kaivettiin 29 587 metriä, josta perattua ojaa oli 12 526 metriä. Täydennysojaa tai siihen kaivutekniikaltaan rinnastettavaa uudisojaa kaivettiin 17 061 metriä. Taulukossa 2 kuvataan kohteiden työmaatiedot. Ojituskuvioiden pinta-alalla painotettu puuston keskittilavuus sekä ojatiheys on laskettu metsälautakunnan suunnitelma-asiakirjoista.

Työmaa 1 sijaitsi Pyhäjärven Kuusenmäessä lähellä Oulun läänin ja Kuopion läänin rajaa. Se oli uudisojitettu auraamalla vuonna 1962, jolloin sarkaleveydeksi tuli 64 metriä. Tutkimusajankohtana vanhat, 30 cm syvät ojat olivat käytännöllisesti katsoen tukossa. Työmaalla perattiin 7998 metriä vanhaa ojaa ja kaivettiin täydennysojaa 7252 metriä. Työmaan keskimääräinen kaivuvaikeusluokka oli 2,8 (taulukko 2). Ojalinjat oli hakattu talvella 1990—91 kuusi metriä leveiksi.

Työmaa 2 oli lähellä Pyhäsalmen kaivosta. Noin 5 hehtaarin ojituskuvio oli homogeeninen, soistunut kangas, jossa keskimääräinen kaivuvaikeusluokka oli 2,5 (taulukko 2). Maanomistaja oli hakannut ojalinjat edellisenä talvena noin viisi metriä leveiksi. Työmaalle kaivettiin uutta ojaa 1510 metriä.

Työmaa 3 sijaitsi Ruotasessa lähellä Pyhäsalmen keskustaa. Maanomistaja oli hakannut ojalinjat edellisenä talvena 5—6 metriä leveiksi. Työmaalla kaivettiin 1951 metriä uudisojaa ja tehtiin 1332 metriä ojitus-mätästystä.

Työmaa 4 oli Komussa. Siellä uudisojitus oli tehty lapiokaivuna 80 metrin sarkaleveydellä vuonna 1937. Tutkimusajankohtana ojasyvyys oli enää 30—40 cm. Talvella 1991 ojalinjat oli hakattu 5—6 metriä leveiksi. Työmaalla tehtiin ojanperkausta 4528 metriä ja täydennysojitus 5016 metriä.

Taulukko 2. Ojituskohteiden työmaatiedot.

Muuttuja	Työmaa				
	1	2	3	4	1-4
Ojanperkausta, m	7998	--	--	4528	12526
Uudisojittusta, m	7252	1510	3283	5016	17061
Ojatiheys, m/ha	268	296	285	251	265
Ojan syvyys, cm	84	80	90	76	83
Kaivuvaikeusluokka <sup>1</sup> (keskim.)	2,8	2,5	2,9	3,0	2,9
Turpeen paksuus, cm	31	20	21	46	31
Runkoluku, r/ha	2300	940	1430	1170	1980
Puuston tilavuus, m <sup>3</sup> /ha	98	150	85	123	107

<sup>1</sup>Kaivuvaikeusluokat; (Konekaivumaksut... 1991).

1 = Puuton (<10 % kaivumassoista) kantava (ei upota jalankulkijaa) turve. Pehmeä kivetön (<10 % kaivumassoista) hieta ja hiekka.

2 = Puinen (10-30 % kaivumassoista) ja/tai lievästi upottava (upottaa jonkin verran jalankulkijaa ja vaikeuttaa konekaivua) turve. Lievästi iskostuneet kivetönät (<10 % kaivumassoista) lajittuneet mineraalimaat. Pehmeä savi. Hiesu ja irtosora sekä 1. kv-luokan mineraalimaat, joiden kaivua vaikeuttaa märkyys tai puisuus.

3 = Runsaspuinen (>30 % kaivumassoista) tai upottava (upottaa jalankulkijaa, turvetta yli 80 cm ja konekaivu joudutaan suorittamaan ilmeisen uppoamisvaaran alaisena) turve. Sitkeä tai jäykkä savi. Iskostuneet tai kiviset (10-30 % kaivumassoista) lajittuneet mineraalimaat. Löyhät kivetönät (<10 % kaivumassoista) moreenit.

4 = Runsaspuinen (>30 % kaivumassoista) upottava (upottaa jalankulkijaa, turvetta yli 80 cm ja konekaivu joudutaan suorittamaan ilmeisen uppoamisvaaran alaisena) turve. Runsaskiviset (>30 % kaivumassoista) lajittuneet mineraalimaat. Tiiviit tai kiviset (10-30 % kaivumassoista) moreenit. Kova tai liejumainen savi.

5 = Kovat ja runsaskiviset (>30 % kaivumassoista) moreenit, kivikot ja louhikot.

### 32. Koneyksikkö ja kuljettajat

Koneyksikkö oli otettu käyttöön kesäkuussa 1991. Työmailla 1—3 se oli varustettu pitkillä teloilla sekä muutokauhalla, jonka pohjaleveys oli 30 cm. Työmaalla 4 kaivuväri oli muuten sama kuin edellä, mutta kauhalla pohjaleveys oli vain 24 cm. Työmailla seurattiin kaivua 249 konetuntia.

Tutkitussa koneessa oli kaksi kuljettajaa. Toinen oli kaivanut metsäojaa 30 vuotta traktori-kaivureilla sekä osallistunut aikaisemmin muun muassa Metsähallituksen Kehittämisyksikön työntutkimuksiin. Toisella oli 20 vuoden metsäojituskokemus kaivukoneilla. Molemmat kuljettajat olivat harjoitelleet tutkittavan koneen käyttöä kolme viikkoa. Työmailla kaivettiin urakkanormien mukaista metsäojaa.

### 33. Aikatutkimus

#### 331. Paaluvälimenetelmä

Aikatutkimuksessa selvitettiin koneyksikön tuottavuus (tehotuntituotos) sekä tehoajan jakauma työmuodoittain. Seurantayksiköksi määritettiin 20 metrin paaluväli, jonka kaivamiseen kulunut aika mitattiin työaikakelloilla [cmin].

Kaikkiaan mitattiin 169 paaluväliä, josta uudis- ja täydennysojitusta oli 103 paaluväliä. Perkauksen osuus oli 66 paaluväliä (taulukko 3). Tehoajan jakauma määritettiin koneen yksittäisiä työvaiheita seuraamalla määräväleihin tapahtuvana havainnointina (Takalo ja Väisänen 1982, Takalo ja Myllymäki 1984, Heikka 1985).

Perkaustyön tuottavuus muunnettiin jatkossa metreiksi tehotuntia kohti, sillä aikaa kohti laskettua kuutiotuotosta on perkauspoistuman ongelmallisen määrittämisen takia vaikea arvioida (Vuollekoski 1983, Ari 1985). Täydennysojituksessa kuutiotuotos oli mahdollista määrittää Tapion kuutioimistaulukoiden avulla (kouruluiska 1/0,7 ja kauhan pohjaleveys 24-30 cm).

Taulukko 3. Tutkittujen 20 metrin pituisten paaluvälien määrä (kpl) työmuodoittain ja kaivuvaikeusluokittain eri työmailla.

	Uudis- ja täydennysojitus			Ojanperkaus			Yhteensä
	Kaivuvaikeusluokka						
	2	3	4	2	3	4	
Työmaa 1	23	22	21	27	18	8	119
Työmaa 2	4	4	-	-	-	-	8
Työmaa 3	4	11	3	-	-	-	18
Työmaa 4	3	3	5	5	5	3	24
Yhteensä	34	40	29	32	23	11	169

### 332. Työvaikeustekijät

Paaluväliltä määritettiin kaivuajan ohella kaivetun ojan keskisyvyys, kaivuvaikeusluokka, maalaji, turpeen paksuus, oja-aukon työtekkinen minimileveys (ks. Isomäki ja Niemistö 1990; 12—13) sekä metsikön runkoluku. Kaivuvaikeusluokitus oli sama kuin konekaivumaksuvihkossa (Konekaivumaksut... 1991). Lisäksi arvioitiin erityiset työvaikeustekijät, ojan laatu sekä näkyvät puustovauriot. Erityisistä työvaikeustekijöistä kartoitettiin paaluvälikohtaisesti läpimitaltaan yli 50 cm kivien ja ainespuun vahvuisten liekopuiden lukumäärä. Avaamaton ojalinja tai linjalle jäänyt ainespuu kirjattiin mainintana lomakkeelle.

### 333. Ojan laatu

Luiskan ja pohjan laadun arviointi perustui Aitolahden ja Nummisen (1969), Arin (1987) ja Salon (1987) käyttämään luokitukseen (1—3):

Luokka 1. luiska ja pohja sileitä, ei maa-ainesta ojassa

Luokka 2. luiska ja pohja hieman epätasaisia, hieman maa-ainesta ojassa

Luokka 3. luiska ja pohja epätasaisia, runsaasti maa-ainesta ojassa.

### 334. Puustovauriot

Puustovauriot kartoitettiin sekä ojanvarsipuista että koneen siirtymisreittien varrella olevista puista Sirénin (1986) puunkorjuuta varten kehittämän luokituksen mukaan. Vauriot jaettiin sijainnin perusteella runko-, juuri-, ja juurenniskavaurioihin sekä laadun perusteella pinta-, syvä-, ja katkovaurioihin. Pinta- ja syvävaurioiden tapauksessa mitattiin vaurion koko [cm<sup>2</sup>] ja vaurion keskikohdan etäisyys juurenniskasta. Juurivaurion tapauksessa mitattiin paksuimman katkenneen juuren läpimitta [cm].

Vauriopaista mitattiin lisäksi rinnankorkeusläpimitta [ $D_{1,3} \geq 3,0$  cm] sekä etäisyys ojan tai koneen kulku-uran keskilinjasta. Samalla määritettiin puulaji ja vaurion aiheuttaja. Urakoitsija sai tutkimuksen suunnittelupalaverissa tietää, että puustovauriot inventoidaan. Joka tapauksessa vaurioinventointi olisi paljastunut tutkimusta tehtäessä.

## 34. Seurantatutkimus

Seurantatutkimuksessa selvitettiin koneyksikön käyttöastetta tärinäkellon avulla. Käyttöastetta laskettaessa alle 15 minuutin keskeytykset sisällytettiin tehoaikaan (Ari 1985, Salo 1987, Harstela 1991). Lisäksi urakoitsijat kirjassivat erillisille lomakkeille työvuorokohtaisen polttoaineen ja voiteluaineen kulutuksen, koneen tuntimäärän sekä keskeytykset. Koneen ergonomiaa ja ominaisuuksia käsittelevä lomake täytettiin erikseen.

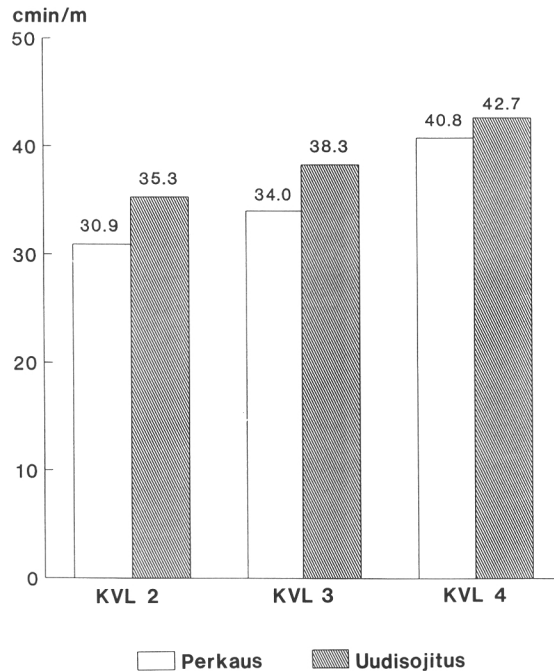
## 4. TULOKSET

### 41. Tehoaika ja sen jakauma

Uudis- ja täydennysojituksessa ajanmenekki kaivuvaikeusluokassa 2 oli keskimäärin 35,3 cmin/m (vaihteluväli 27,9—42,0 cmin/m). Perkauksessa vastaava ajanmenekki oli 30,9 cmin/m (18,0—44,4 cmin/m) (kuva 2). Tulokset osoittavat, että perkaus oli uuden ojan kaivuun verrattuna joutuisampaa.

Uudis- ja täydennysojituksessa tehoajasta kaivutyöhön kului keskimäärin 91,3 % ja siirtoihin 8,7 % (taulukko 4). Perkauksessa kaivutyöhön kului tehoajasta 89,4 %, ja siirtoihin

10,6 %. Uudisojituksessa kone siis oli tehokkaammassa käytössä kuin ojanperkauksessa, mikä johtuu uudisojituksen suuremmasta kaivupoistumasta ( $m^3/m$ ).



Kuva 2. Kaivuvaikeusluokittainen (KVL) ajanmenekki [cmin/m] uudis- ja täydennysojituksessa sekä perkauksessa.

Taulukko 4. Tehoajan jakauma (%) uudis- ja täydennysojituksessa sekä perkauksessa.

	Uudis- ja täydennysojitus	Perkaus
Kaivu	41,7	35,8
Kauhan nosto	18,3	17,9
Kauhan tyhjennys	10,4	11,9
Kauhan lasku	20,9	23,8
Varsinainen kaivu	91,3	89,4
Siirrot ojalinjalla	8,7	10,6
Yhteensä	100,0	100,0

#### 42. Ajanmenekkiin vaikuttavat tekijät

Kuljettaja 1 oli molemmissa työmuodoissa tehokkaampi kuin kuljettaja 2. Kuljettajan 1 ajanmenekki perkauksessa oli keskimäärin 31,3 cmin/m (n=53, KVL 2,6), ja kuljettajan 2 keskimäärin 43,5 cmin/m (n=13, KVL 2,9). Kaivettaessa uutta ojaa vastaavat ajanmenekit

olivat 36,0 cmin/m (n=81, KVL 2,8), ja 47,9 cmin/m (n=22, KVL 3,4). Aikaisemmin omak-  
suttu kaivutekniikka sekä lievät erot kaivuvaikeusluokissa vaikuttivat ajanmenekkiin. Lisäksi tut-  
kimusryhmän läsnäolo on saattanut vaikuttaa kuljettajan 2 suurempaan ajanmenekkiin, sillä hä-  
nellä ei ollut aikaisempaa kokemusta tutkimuksessa mukana olosta.

Työmaiden välisiä ajanmenekkieroja tarkasteltaessa uudisojituksessa kaivuvaikeusluokassa  
2 keskimääräiset ajanmenekit työmailla 1—3 olivat 35,7, 30,9 ja 31,6 cmin/m. Kaivuvaikeus-  
luokassa 3 ajanmenekit olivat 38,0, 39,0 ja 41,0 cmin/m, sekä 4 luokassa 41,3, — , ja 44,8  
cmin/m. Työmaalla 4, jolla käytettiin kapeampaa kauhaa, perkaus oli kaivuvaikeusluokissa 2 ja  
3 nopeampaa kuin työmaalla 1, mutta luokassa 4 jo hitaampaa kuin työmaalla 1.

Sekä uudisojituksen että ojanperkauksen osalta selvitettiin erikseen ajanmenekin kanssa  
korreloivat tekijät (taulukko 5). Uudisojituksessa ajanmenekki korreloi eniten kaivuvaikeusluo-  
kan kanssa. Työmaalla 1 oli runsaasti liekopuita. Tämä vaikutti ajanmenekkiin koko aineistossa.  
Ajanmenekki korreloi tilastollisesti erittäin merkitsevästi ojasyvyyden ja merkitsevästi turpeen  
paksuuden kanssa.

Perkauksessa ojan lopullinen syvyys vaikutti ajanmenekkiin eniten. Kivisyyden vaikutus  
oli tilastollisesti merkitsevä. Se haittasi kaivua erityisesti työmaalla 4. Maalajeilla ei ollut  
vaikutusta perkauksessa eikä uudisojituksessa. Vanhat ojamaavallit sekä niihin tehdyt katkot  
hidastivat perkausta, mutta uudisojaan nähden pienempi poistuma ja leveämmät oja-aukot toi-  
saalta jouduttivat perkaustyötä.

Taulukko 5. Kaivuajanmenekin kanssa tilastollisesti merkitsevästi korreloivat tekijät.

Muuttuja	Korrelaatiokerroin	Merkitsevyys
	Uudis- ja täydennusojitus	
Kaivuvaikeusluokka	0,425	P<0,001
Liekopuiden määrä	0,303	P<0,001
Ojan syvyys	0,294	P<0,001
Turpeen paksuus	0,213	P<0,05
	Perkaus	
Ojan syvyys	0,562	P<0,001
Kaivuvaikeusluokka	0,496	P<0,001
Kivisyys	0,277	P<0,05

Työmaalla 1 oli myös muita työtä vaikeuttavia tekijöitä. Yhdellä ojalinjalla oli vesakkoa,  
ja toinen ojalinja oli mutkainen. Viimeksi mainitulla oli lisäksi kookkaita raivauspuun pätkiä,  
jotka hidastivat kaivutyötä vaikeuttaen kauhan maahan tunkeutumista ja ojamaiden siirtelyä.

### 43. Työn tuottavuus

Taulukossa 6 esitetään paaluvälin ajanmenekistä johdetut tehotuntituotokset kaivuvaikeusluokittain. Perkauksessa keskiarvot olivat 151—202 m/h ja uudisojituksessa 146—172 m/h. Tuntia kohti lasketut kuutiotuotokset uudisojituksessa (keskimäärin 80 cm oja, kaivupoistuma 0,76 m<sup>3</sup>/m) kaivuvaikeusluokittain 2—4 olivat 131, 122, ja 111 m<sup>3</sup>/h.

Taulukko 6. Tehotuntituotos uudis- ja täydennysojituksessa sekä perkauksessa kaivuvaikeusluokittain [m/h] (n= havaintojen lukumäärä).

Kaivuvaikeus- luokka	Keskiarvo	Keskihajonta	Vaihteluväli	
Uudis- ja täydennysojitus, m/h				
2	172	21	143-215	(n=34)
3	161	25	114-231	(n=40)
4	146	28	104-202	(n=29)
Perkaus, m/h				
2	202	43	135-334	(n=32)
3	181	27	118-228	(n=23)
4	151	24	115-183	(n=11)

### 44. Käyttöaste ja keskeytykset

Koneen käyttöasteen määrittämiseksi seurattiin kaikkiaan 22 työvuoroa. Alle 15 minuutin keskeytykset sisällytettiin tehoaikaan. Käyttöasteeksi saatiin koko aineistossa 93,7 % (70,3—100 %). Työmaakohtaiset keskimääräiset käyttöasteet olivat 96,3 % (n=6), 83,9 % (n=2), 92,8 % (n=6), sekä 95,1 % (n=8). Korkea käyttöaste selittyi osittain sillä, että kone oli uusi. Toisaalta ei kuitenkaan esiintynyt uuden koneen käyttöön ottoon liittyviä vikoja.

Seurantatutkimuksen merkintätarkkuus ei riittänyt yksittäisten keskeytysten syiden selvittämiseen. Lähinnä työparin merkintöjen perusteella oli kuitenkin mahdollista tehdä havaintoja päivällä sattuneiden keskeytysten syistä.

Varsinaisia konerikkoja ei seuranta-aikana ollut. Pienet huollot sekä moottorin pesu tehtiin työmaiden välisten siirtojen yhteydessä. Poikkeuksena oli seitsemän tuntia kestänyt "200 tunnin huolto", joka tehtiin työmaalla 1. Kauhan piikkien vaihto, koneen voitelu ja takalasin pesu tapahtuivat yleensä ruokataukojen tai vuoronvaihtojen yhteydessä.

#### 45. Ojan laatu

Sekä uudisojituksessa että perkauksessa luiskan ja pohjan laatu huononivat kaivuvaikeuden, erityisesti kivisyyden lisääntyessä (taulukko 7). Työmuotojen välinen ero luiskan laadussa lienee aiheutunut uudisojituksen suuremmasta kaivupoistumasta ja siihen liittyvästä kiinteästä kaivu-  
asemasta.

Taulukko 7. Ojan luiskan ja pohjan laatu (1—3) työmuodoittain.

Kaivuvaikeusluokka	Uudis- ja täydennysojitus		Perkaus	
	Luiska	Pohja	Luiska	Pohja
2	1,38	2,03	1,44	2,00
3	1,85	2,18	2,04	2,09
4	2,28	2,45	2,27	2,45

#### 46. Puustovauriot

Puustovaurioita syntyi lähinnä ojanvarsipuihin. Siirroista aiheutui vaurioita myös ojalinjosten välissä olevalle puustolle. Ylimääräisiä siirtoja saran poikki jouduttiin tekemään lähinnä siitä syystä, että perattava oja oli kaivettava alhaalta ylöspäin, koska liika vesi haittasi kuljettajan näkyvyyttä. Työmaiden hyvä suunnittelu sekä paikoitellen jopa voimassa olevaa suositusta leveämmät oja-aukot mahdollistivat useimmissa tapauksissa koneen siirtymisen joko ojalinjoja tai puunkorjuussa käytettyjä ajouria pitkin.

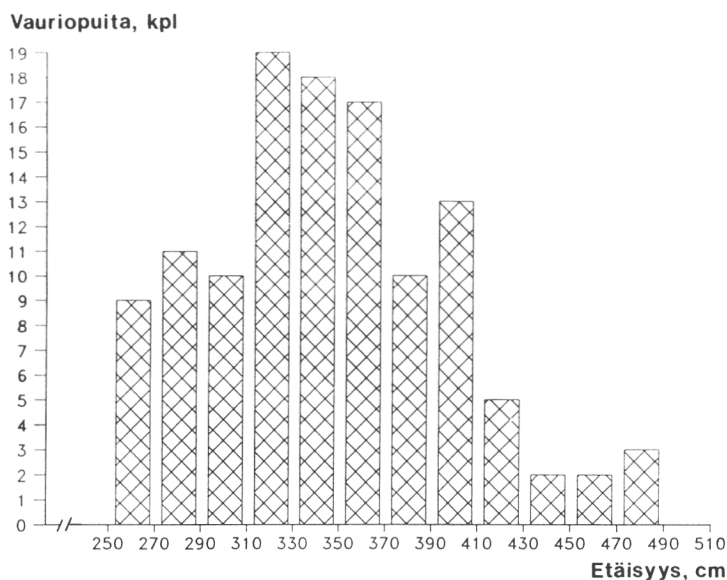
Koko aineistossa havaittiin 119 vauriopuuta, mikä merkitsee keskimäärin 0,7 vauriopuuta paaluväliä eli 3,5 puuta 100 m kohti. Yksi puu oli vaurioitunut 31,3 %:ssa, kaksi puuta 27,8 %:ssa ja kolme puuta 27,8 %:ssa paaluväleistä. Suurimmillaan vaurioita oli kuusi kappaletta paaluvälillä. Näitä oli 5 %:ssa paaluvälejä. Vauriopuiden määrässä, sekä vaurioiden sijainnissa, laadussa ja koossa ei esiintynyt työmaiden välillä eroja lukuunottamatta työmaata 2.

Keskimääräinen puustovaurio-osuus runkoluvusta oli 0,47 %, kun runkoluku oli 1980 r/ha ja ojatiheys 265 m/ha. Ylimääräisissä siirroissa syntyneet vauriot (23 puuta per 111,6 ha) eivät olennaisesti nostaneet vaurio-osuutta (0,48 %).

Vauriopuiden keskimääräinen etäisyys kaivetun ojan keskeltä oli 3,4 m (kuva 3). Vaurioita esiintyi jopa 4,9 metrin etäisyydellä ojan keskilinjasta.

Havaitut ojanvarsipuiden vauriot olivat runkovaurioita. Näistä katkovaurioita konkelot mukaan lukien oli 45,4 %, pintavaurioita 32,8 % ja syvävaurioita 21,8 %. Juurenniska- sekä juuristovaurioita ei ojanvarsipuissa havaittu ojamaista johtuen. Runkovaurioista yli puolet oli sattunut lehtipuilla (52,9 %) ja lähes kolmasosa kuusella (31,3 %). Vauriopuun rinnankorkeus-  
läpimitta oli keskimäärin 6,3 cm.





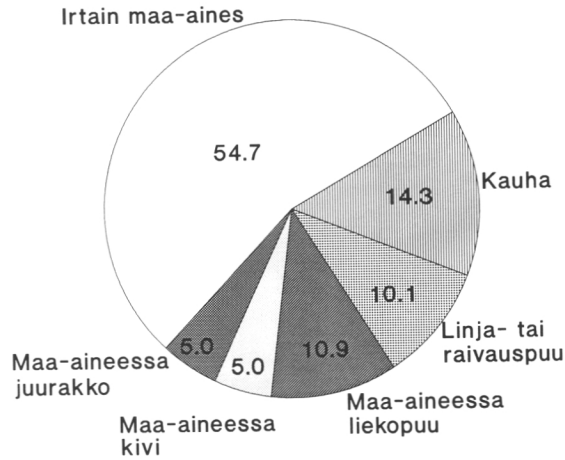
Kuva 3. Vaurioiden jakauma suhteessa etäisyyteen [cm] ojan keskilinjalta.

Yli puolet vaurioista aiheutui irtaimesta maa-aineksesta (kuva 4). Kauhan aiheuttamia vaurioita oli 14,3 %. Viimeksi mainitut johtuvat pääasiassa siitä, että kuljettajat olivat tottuneet käyttämään kapeampaa kauhaa kuin PATUssa. Koneen muut osat eivät aiheuttaneet vaurioita ojanvarsipuille. Maa-aineksen mukana linjalta pois kulkeutuneet raivauspuut ja liekopuut olivat syynä noin 20 % vaurioista.

Pintavaurion keskimääräinen korkeus juurenniskan yläpuolella oli 66,6 cm ja pinta-ala 97,8 cm<sup>2</sup>. Vaurioiden syynä oli 38,5 %:ssa maa-aines, ja 28,2 %:ssa liekopuu. Kauhan aiheuttamia oli 7,7 % vaurioista.

Syvävauriot sattuivat keskimäärin 88,7 cm juurenniskan yläpuolelle. Niiden keskimääräinen pinta-ala oli 52,0 cm<sup>2</sup>. Suurin osa (42,3 %) aiheutui kauhan sattumisesta. Maa-aines oli syynä 15,4 %:ssa vaurioista. Saman verran vaurioista aiheutti myös maa-aineksen mukana ollut raivauspuu.

Ylimääräisistä siirroista aiheutuneita vauriopuita havaittiin 23 koneen kulku-uralla tai enintään 1,43 metrin etäisyydellä sen keskeltä. Vaurioiden keskiläpimitta oli 6,9 cm. Ylimääräisistä siirroista aiheutuneista vaurioista 91,3 % oli runkovaurioita ja 8,7 % juurivaurioita. Juurivauriot oli mahdollista havaita, koska maamassat eivät haitanneet näkyvyyttä. Runkovaurioista yli puolet (52,2 %) oli katkovaurioita ja 47,8 % syvävaurioita. Viimeksi mainittujen keski-ko oli 197 cm<sup>2</sup>. Vaurioituneiden juurten läpimitta oli 4–10 cm. Runkovaurion keski-ko oli 49,2 cm. Telasto aiheutti vaurioista 60,9 % ja koneen keula 39,1 %.



Kuva 4. Puustovaurioiden aiheuttajat [%] koko aineistosta.

#### 47. Maastokelpoisuus ja ergonomia

Ylipitkillä teloilla varustettu, ilman kaivutukia oleva kaivuri suoriutui moitteettomasti kaivutyöstä. Automaattinen hydrauliiikka mahdollisti maastoa myötäilevät asennot ja liikkeet. Maaston upottavuus ja epätasaisuus eivät muodostuneet kaivutyön esteeksi. Ojitus-mätästyksessä maiden siirto jopa 90° sivusuunnassa sujui vaivattomasti. Kone ei huojunut missään työvaiheessa.

Kaivutukien puute normaaleihin traktorikaivureihin verrattuna ei haitannut kuljettajien mielestä kaivurin hallittavuutta, suuntausta eikä maamassojen sijoittelua. Tutkimusryhmä teki saman havainnon. Istuin ei kuljettajien mielestä ollut tarpeeksi tukeva. Toisen kuljettajan mielestä erityinen tukivyö olisi ollut tarpeen. Ohjaamon melutaso oli alhainen, mutta ilmastointilaitteen teho ei ollut riittävä kesähelteellä. Mittaristossa ainoa heikkous oli polttoainekulutuksen näytön epätarkkuus.

#### 48. Käyttötuntilaskelma

Liitteessä 1 esitetään PATU M 100 -kaivurin käyttötuntilaskelma, joka perustuu tutkimusaineiston lisäksi koneen valmistajalta, urakoitsijalta ja Koneyrittäjien Liitosta saatuihin tietoihin. Laskelma on laadittu 10 kuukauden täystyöllisyyden pohjalta vuoden 1991 jälkipuoliskon hintatason mukaan. Käyttötuntikustannuksiksi saatiin 325 mk/h. Näin ollen kaivettaessa 80 cm:n ojaa kaivuvaikeusluokassa 3, keskimääräinen kate perkauksessa oli 19 mk/h (0,10 mk/m) ja uudisojituksessa 57 mk/h (0,35 mk/m).

## 5. TARKASTELU

Aikatutkimuksessa käytettiin tutkimusyksikkönä paaluväliä. Vastaavalla tavalla on suoritettu myös aikaisemmat kaivureiden työntutkimukset (Numminen 1964, Aitolahti ja Numminen 1969, Vuollekoski 1983, Ari 1985, Salo 1987, Härmälä ja Ari 1990). Yhden koneen osalta 20 metrin paaluvälejä tutkittiin 169 kappaletta. Suurin osa aikatutkimuksesta tehtiin työmaalla 1. Aikaisemmasta poiketen ajanmenekit ilmoitettiin tässä tutkimuksessa metriä eikä paaluvälin pituutta kohti.

Aineisto painottui kaivuvaikeusluokkiin 2—4 ja normaalikokoisiin, 70—90 cm syviin kuivatus- eli sarkaojiin. Aineistoon ei sisällynyt lainkaan kaivuvaikeusluokkaan 1 kuuluvia paaluvälejä. Aikaisemmat ojanperkaustutkimukset on tehty lähinnä kaivuvaikeusluokissa 1 ja 2 (Vuollekoski 1983, Ari 1985, Salo 1987).

Taulukon 8 mukaan PATU M 100 -kaivurin ajanmenekit [cmin/m] olivat pienemmät kuin muilla kaivureilla (Ari 1985, Salo 1987). Muissa tutkimuksissa tulokset on esitetty paaluvälikohtaisina, kaivureita ja kaivukoneita koskevinä keskiarvoina, vaikka niissä kaikissa on seurattu eri konemerkkejä. Lisäksi Arin (1985) lukuarvot sisältävät kaikki poistumaluokat, myös valtaajat.

Taulukko 8. Eri kaivureiden ajanmenekit [cmin/m] uudis- ja täydennysojituksessa sekä perkauksessa kaivuvaikeusluokittain.

	Uudis- ja täydennysojitus			Perkaus		
	2	3	Kaivuvaikeusluokka 4	2	3	4
Tämä tutkimus	35,3	38,3	42,7	30,9	34,0	40,8
Ari (1985)	44,1	49,0	72,9	42,0	49,3	72,3
Salo (1987)	41,5	-	-	37,5	-	-

Kaivuvaikeusluokissa 2—4 tehotuntituotokset edustivat kesäajan olosuhteita. Talviolioissa ne jäävät pienemmiksi (Härmälä ja Ari 1990). Vuollekosken (1983) tutkimuksessa perkauskauhalla varustetun Lännen S9 -kaivurin tuottavuus kaivuvaikeusluokissa 2—4 oli 207, 171 ja 163 m/h, eli likimain PATUun verrattuna samaa suuruusluokkaa. Nämä lukuarvot on tässä tutkimuksessa muunnettu olettaen, että perkauskauhan käyttö on noin 25 % joutuisempaa kuin uudisojakauhan käyttö. Kaivukoneiden tuottavuudet ovat olleet suurempia kuin kaivureiden (Salo 1987, Härmälä ja Ari 1990).

Metsätyöntutkimuksessa tehtäviin vertailuihin on aina suhtauduttava varauksellisesti, sillä kuljettajat ja työmaaolosuhteet vaihtelevat. Liian yrittämisen vaihtoehtona kuljettajat voivat työskennellä myös normaalia hitaammin, jotta kaivumaksut eivät laskisi.

Yksittäisistä tekijöistä ajanmenekkiin ja kääntäen tuottavuuteen vaikuttivat selvimmin kaivuvaikeusluokka sekä ojan syvyys (ks. myös Vuollekoski 1983). Muiden yksittäisten tekijöiden vaikutukset jäivät pienemmiksi, kuten myös Aitolahti ja Numminen (1969) ovat havainneet. Näin ollen kaivuvaikeusluokitusta voidaan pitää tärkeimpänä yksittäiset työvaikeustekijät integroivana muuttujana. Kaivuvaikeusluokitus on kuitenkin subjektiivista ja sen oppiminen vie oman aikansa.

Koneyksikön keskimääräiseksi käyttöasteeksi saatiin 93,7 %. Korkea käyttöaste johtui osittain koneen uutuudesta. Toisaalta uuden koneen vikoja ei ollut. Salo (1987) on esittänyt kaivukoneille yli 90 %:n käyttöasteita. Koneen pitoaikana keskimääräisen käyttöasteen tulisi olla vähintään 80 %, jotta toiminta kannattaisi (Mikko Vuorinen, Kesla Oy, 1991; suullinen tieto). Käyttötuntilaskelmissa käyttöasteet ovat olleet 80—85 % (ks. Vuollekoski 1983).

Vaikka tuottavuus ja kustannukset ovat kaivutyössä keskeisiä, ei ojan laadun ja puustovaurioiden merkitystä sovi unohtaa. Ojan laatu sijoittui keskimäärin luokkaan 2 kuten muissakin tutkimuksissa (Finncombi... 1984, Salo 1987). Hyvä työnjälki on olennainen osa ojituksen onnistumista. Tämä koskee erityisesti luiskan laatua. Ojan pohjan laadun arviointi voidaan osittain kyseenalaistaa, sillä virtaava vesi tasoittaa pohjaa. Toisaalta hienojakoisiin maalajeihin liittyvä pohjan liettyminen huonontaa pohjan laatua varsin nopeasti kaivun jälkeen.

Kaivutyön aiheuttamia puustovauriotietoja ei yksityismetsien osalta ole aiemmin julkaistu, joten vertailu vastaaviin tutkimuksiin ei ole mahdollista. Tyypillisin vauriopuu oli maa-aineksen kaatama pienikokoinen koivu. Juuri- ja juurenniskavaurioita ei voitu havaita ojanvarsipuissa, koska mahdolliset vauriot jäivät maamassojen alle. Näin ollen kaivumaiden pinnanmyötäisille kuusen juurille mahdollisesti aiheuttamien vaurioiden merkitys jäi epäselväksi.

Luotettavimmat vertailut vauriotarkastelussa saadaan ojanvarsipuuston osalta. Sen sijaan muualla metsikössä vauriot kytkeytyvät ajetun matkan määrään. Puuston runkolukuun suhteutettu hehtaarikohtainen vaurio-osuus (0,48 %) oli alhaisempi kuin Metsähallituksen kaivuselvityksessä (2,3-2,7 %), koska ojalinjoja ei ollut avattu Metsähallituksen perkaustyömaille (Finncombi... 1984). Vaurio-osuus oli myös pienempi kuin turvemaiden kesä-aikaisen koneellisen ensiharvennuskorjuun jäljiltä keskimäärin (3,0 %) (Mäkelä 1990). Viimeisimmän harvennushakkuiden konekorjuutyön laatua koskevan selvityksen mukaan keskimääräinen vaurio-osuus oli 1,7 % (Harvennushakkuiden... 1991). Suometsien kangasmetsiä pienikokoisempi puusto ja suurempi runkoluku osaltaan pienensivät vaurio-osuutta sekä vaurioiden keskiläpimittaa (ks. Sirén 1981, 1986, Hökkä ja Laine 1986). Mikäli ojatiheys olisi ollut 300 m/ha ja runkoluku 1000 r/ha, vaurio-osuus olisi ollut 1,1 %. Lisäksi kuljettajien tietoisuus puustovauriokartoituksesta saattoi vaikuttaa tuloksiin.

Ojavarren puustovauriot liitetään yleensä sekä oja-aukon että koneen leveyteen. Kuitenkin kaivurin kauha aiheutti 14,3 % kaikista vaurioista. Muut koneen osat eivät aiheuttaneet vaurioita. Näin ollen oja-aukon leveys ja kauhan aiheuttamat vauriot tulisikin kytkeä kauhaan ja oja-

maiden tarkoituksenmukaiseen sijoitteluun sekä siihen kuluvaan ajanmenekkiin eli kääntäen työn tuottavuuteen. Lisäksi, mikäli yhdellä linjalla olleet raivauspuut ja linjapuut olisi korjattu pois ennen kaivua, näiden siirtelyn aiheuttamat puustovauriot olisi vältetty kokonaan.

Vaurioiden välttämiseksi hakattu tarpeettoman leveä oja-aukko aiheuttaa kasvutappioita. Jos sarkaleveys on 30 metriä ja oja-aukko levenee 4 metristä 6 metriin, hakatun pinta-alan kasvaessa teoreettinen keskimääräinen kasvutappio lisääntyy 5,4 prosenttiyksikköä (Keltikangas 1971). Varsinkin ojanperkauksen yhteydessä tutkitut oja-aukot vaikuttivat liian leveiltä.

Kaivurin käyttötuntikustannus oli 325 mk/h. Esimerkiksi PATUn ja muiden jatkuvasti telat päällä olevien koneiden osalta suuren kustannuserän muodostava kuljetusauton vuokra voi vaihdella huomattavasti. Samoin käyttöaste vaikuttaa aina laskelman lopputulokseen. Mikäli käyttöaste olisi ollut 80 %, niin käyttötuntikustannuksiksi olisi saatu 343 mk/h. Koron vaihtelu lisää epävarmuutta laskelmassa, jossa pääomakustannukset loppujen lopuksi selittävät eri koneiden väliset erot kun muut osakustannustekijät on vakioitu.

Käyttötuntikustannuksia tarkasteltaessa on muistettava, että ojituksen ohella PATU soveltuu myös uudistamisalojen maanmuokkaukseen sekä harvesterin alustakoneeksi. Mikäli metsäparannusvarat jatkossa vähenevät, metsäparannuskoneiden on kyettävä eri työlajeihin koneyrittäjien työllisyyden turvaamiseksi.

## KIRJALLISUUS

- Aarne, M., Uusitalo, M. & Herrala-Ylinen, H. (toim.) 1990. Metsätalastollinen vuosikirja 1989. Folia Forestalia 760. 246 s.
- Ahti, E. 1991. Kunnostusojituksen puuntuotanto- ja ympäristövaikutukset. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 374: 12—14.
- Aitolahti, M. & Numminen, E. 1969. Metsäojakaivureiden työteho ja ehdotus kaivu vaikeusluokitukseksi. Summary: On the efficiency of light excavators in forest ditching and a proposal for the classification of digging difficulty. Communications Instituti Forestalis Fenniae 67(2): 1—48.
- Ari, T. 1985. Metsäojitustöiden maksuperustetutkimus 1984. Metsähallitus. Kehittämisjaosto. Hirvas. Koeselostus 224. 14 s.
- 1987. AKLM-ojanperkausauran työjäljen inventointi. Metsähallitus. Kehittämisjaosto. Hirvas. Seloste 13. 3 s.
- Finncombi F20 -yhdistelmätraktorin ja Vammaj Major -traktorikaivurin työnjälki- ja puustovauriotutkimus. 1984. Metsähallituksen kehittämisjaosto. Hirvas. Koeselostus 207. 20 s. + 6 liitettä.
- Hakkila, P., Kanninen, K. & Mäkinen, P. 1989. Metsäkoneurakoitsija. 93 s.
- Harstela, P. 1991. Work studies in forestry. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta. Silva Carelica 18. 41 s.
- Harvennushakkuiden korjuutyön laatu. 1991. Metsäkeskus Tapion tiedote 15.10.1991.

- Heikka, T. 1985. Meri Trackmo -telatraktori suopuuston harvennuksessa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 207. 38 s.
- Heikurainen, L. 1984. Metsäojituksen alkeet. Gaudeamus. Helsinki. Kolmas uudistettu painos. 284 s.
- Härmälä, I. & Ari, T. 1990. Kaivukoneiden ajankäyttö, tuottavuus ja työjälki metsäojituksessa talviolioissa. Metsähallitus. Kehittämisjaosto. Seloste 10. 16 s.
- Hökkä, H. & Laine, J. 1988. Suopuustojen rakenteen kehitys ojituksen jälkeen. Summary: Post-drainage development of structural characteristics in peatland forest stands. *Silva Fennica* 22(1): 45—65.
- Isomäki, A. & Niemistö, P. 1990. Ajourien vaikutus puuston kasvuun Etelä-Suomen nuorissa kuusikoissa. Abstract: Effect of strip roads on the growth and yield of young spruce stands in Southern Finland. *Folia Forestalia* 756. 36 s.
- Karjalainen, T., Kellomäki, S., Lauhanen, R. & Tuovinen, J. 1991. Ilmaston muutoksen vaikutus metsäekosysteemiin ja metsänkäyttöön: mekanismeja ja kehityssuuntia. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta. *Silva Carelica* 19. 157 s.
- Keltikangas, M. 1971. Sarkaleveyden vaikutus ojainvestoinnin taloudelliseen tulokseen. Summary: Effects of drain spacing on the economic results of forest drainage investments. *Acta Forestalia Fennica* 123. 70 s.
- , Laine, J. & Seppälä, K. 1986. Vuosina 1930—78 metsäojitetut suot: ojitusalueiden inventoinnin tuloksia. Summary: Peatlands drained for forestry in 1930—1978: Results from field surveys on drained areas. *Acta Forestalia Fennica* 193. 94 s.
- Konekaivumaksut. 1991. 1.4.1991—31.3.1992. Metsäalan kuljetuksenantajat ja Koneyrittäjien liitto ry. 9 s.
- Larsson, S. 1984. Insektsangrepp och trädvitalitet. *Skogsakta* 3: 21—25.
- Mäkelä, M. 1990. Turvemaiden koneellinen puunkorjuu kesäaikaisissa ensiharvennuksissa. Mechanized first thinning on unfrozen peatland. Metsätehon katsaus. *Metsäteho review* 4. 4 s.
- Niskanen, M. 1977. Edistystä metsäojien perkaustekniikassa. *Suo* (4—5): 75—78.
- 1980a. Metsäojien perkauksen koneellistaminen. *Silva Fennica* 14(2): 198—200.
- 1980b. Metsäojitus. Metsänparannustekniikka- ja koneet. Forest improvement techniques and machinery. Karisto. Hämeenlinna. ss. 17-49.
- 1980c. Metsäojien perkauksen koneellistaminen. *Suo* 31(2—3): 41—44.
- Numminen, E. 1964. Metsäojakaivureiden työtehotutkimus. An investigation on the efficiency of forest trenching machines. *Suo* 2: 25—36.
- Paavilainen, E. 1991a. Vaihtoehdot metsätalouden painopisteeksi. *Metsä ja Puu* 10: 11—12.
- 1991b. Ojitusuhyöty uhkaa jäädä tukkeutuneisiin ojiin. *Maaseudun Tulevaisuus* 9.11.1991.
- & Tiihonen, P. 1988. Suomen suometsät vuosina 1951—1984. Peatland forests in Finland in 1951—1984. *Folia Forestalia* 714. 29 s.
- PATU M 100 -maansiirtokone metsänparantajille. Esite. Foresteri Oy. Joensuu. 8 s.
- Päivänen, J. 1963. Traktorikaivurit metsäojituksessa. Summary: Digging-tractors in forest drainage. *Suo* 3: 41—43.

- 1990. Suometsät ja niiden hoito. Kirjayhtymä. Helsinki. 231 s.
- Salo, H. 1987. Kaivukoneiden ajankäyttö, tuottavuus ja työnjälki metsäojituksessa. Metsähallitus. Kehittämisjaosto. Hirvas. Koeselostus 239. 26 s.
- Sirén, M. 1981. Puuston vaurioituminen harvennuspuun korjuussa. Stand damage in thinning operations. Folia Forestalia 474. 23 s.
- 1986. Puuston vaurioituminen karsimattomien puiden ja puunosien korjuussa. Stand damage in logging of undelimbbed trees and tree parts. Folia Forestalia 645. 17 s.
- Takalo, S. & Väyrynen, S. 1982. Terri-telamaasturi puutavaran maastokuljetuksessa. Abstract: Terri light crawler in timber transport. Folia Forestalia 538. 21 s.
- & Myllymäki, T. 1984. Honda-puutarhatraktori kuormajuonnossa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 161. 34 s.
- Vuollekoski, M. 1983. Hydrostaattisella voimansiirrolla varustetun kaivurin soveltuvuus oijenperkaukseen. Summary: Evaluation of a specially developed excavator for forest ditch cleaning. Folia Forestalia 578. 13 s.

## LIITE

PATU M 100 -kaivurin käyttötuntilaskelma.

## TAUSTATIEDOT

Hinta kaivuvarustuksessa	600 000	mk
Työmaa-aika	1 720	h/a
Käyttöaika (käyttöaste 85 %)	1 462	h/a
Tuntityöaika	258	h/a
Käyttöikä	7 750	h
Poistoaika	5,3	a
Polttoaineen kulutus	10,6	l/h
Vaseliinin kulutus	0,1	l/h
Vaihtoarvoprosentti	20	%
Vaihtoarvo	120 000	mk
Poistoarvo	480 000	mk
Korkoprosentti (vieras pääoma)	15,0	%

## Työkustannukset:

(tuntipalkkaryhmä d, 4. palkkausalue)

Välittömät työkustannukset:				
Urakkatyöpalkka	51,14 mk/h	1462 h/a	74767	mk/a
Tuntityöpalkka	40,91 mk/h	258 h/a	10555	mk/a
Kylmäasennustisia	2,00 mk/h	100 h/a	200	mk/a
Likaisentyyntöisiä	1,75 mk/h	258 h/a	452	mk/a
Yhteensä			85974	mk/a
Välilliset työkustannukset:				
sosiaalipalkka	29,73 %		25560	mk/a
sosiaalimaksut	26,58 %		29646	mk/a
Yhteensä			55206	mk/a
Yhteensä välittömät + välilliset			141180	mk/a

## MUUTTUVAT KUSTANNUKSET

Polttoainekustannus. (kesälaatua 7 kk 1,50 mk/l ja talvilaatua 3 kk 1,60 mk/l => 1,53 mk/l)		23711	mk/a
Vaseliinikustannus 2,60 mk/l		238	mk/a
Korjaus- ja huoltokustannukset mukaan lukien voiteluaineet ja hydraulikkaöljyt		40000	mk/a
Kulkemiskorvaus 8 600 km/v (80 km/vrk) 1,28 mk/km		11008	mk/a
Lavettiauton vuokraus (edestakainen siirto 115 km, 2 siirtoa/viikko, 5 mk/km)		46000	mk/a
Yhteensä		120957	mk/a



---

**KIINTEÄT KUSTANNUKSET**

Työkustannukset	141180	mk/a
Pääoman poisto	90566	mk/a
Pääoman korko 15,0 %	60792	mk/a

Keskimmääräinen sidottu pääoma 405283 mk  
on oletettu kaikki vieraaksi pääomaksi ja  
laskettu kaavalla

(poistoaika + 1)  
----- x poistoarvo + vaihtoarvo  
(poistoaika x 2)

Vakuutukset (palo, liikenne, varkaus, vastuu) Sampo Oy:n listahinta	7873	mk/a
--	------	------

**Hallintokustannukset**

Oman auton käyttö 8600 km/v 1,28 mk/km	11008	mk/a
Yleiskustannukset (NMT-puhelin, kirjanpito, sähköt, vuokrat)	20000	mk/a
<b>Yhteensä</b>	<b>331419</b>	<b>mk/a</b>

---

Toiminnan riski 5 %	22619	mk/a
---------------------	-------	------

---

<b>KOKONAISKUSTANNUKSET YHTEENSÄ</b>	<b>474995</b>	<b>mk/a</b>
<b>KÄYTTÖTUNTIKUSTANNUKSET</b>	<b>325</b>	<b>mk/h</b>

---



**Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja -sarjassa Kannuksen tutkimusasemalta ilmestynyt:**

- N:o 98 Jyrki Hytönen. 1983. Vaaka- ja pystyistutuksen vertailua pajunkasvatuksessa. Abstract: Comparison of horizontal and vertical planting of willow cuttings. 14 s.
- N:o 120 Metsäntutkimuspäivä Kannuksessa 15.9.1983. 40 s.
- N:o 132 Ari Ferm ja Jyrki Hytönen. 1984. Säilytyksen vaikutus kosteusnäytteeseen puun kuivamassan määrittämisessä. Abstract: Effect of sample storage in determination of tree dry mass. 16 s.
- N:o 163 Jyrki Hytönen ja Ari Ferm. 1984. Vesipajun vesojen puuteknisiä ominaisuuksia. Abstract: On the technical properties of *Salix* 'Aquatika' sprouts. 20 s.
- N:o 206 Metsäntutkimuspäivä Kannuksessa 28.11.1985. Forest Research Day at Kannus 28.11.1985. 99 s.
- N:o 245 Jyrki Hytönen. 1987. Lannoituksen vaikutus koripajun ravinnetilaan ja tuotokseen kahdella suonpohja-alueella. Summary: Effect of fertilization on the nutrient status and dry mass production of *Salix viminalis* on two peat cut-away areas. 31 s.
- N:o 250 Metsäntutkimuspäivä Kokkolassa 13.3.1987. Metsäteknologian teemapäivä. 113 s.
- N:o 304 Ari Ferm (ed.). 1988. Proceedings of the IEA Task II meeting and workshops on cell culture and coppicing. In Oulu, Finland, August 24—29, 1987. 115 s.
- N:o 320 Ari Ferm, Jyrki Hytönen, Kimmo K. Kolari & Heikki Veijalainen. 1988. Metsäpuiden kasvuhäiriöt turkistarhojen läheisyydessä. Sammandrag: Tillväxtstörningar i skogsträd i närheten av pälsfarmer. Abstract: Growth disturbances of forest trees close to fur farms. 77 s.
- N:o 322 Ari Ferm & Maire Ala-Pönttiö (toim.). 1989. Metsäntutkimuspäivä Kannuksessa 1988. 96 s.
- N:o 329 Esa Heino. 1989. Suomalainen pajukirjallisuus. Finnish bibliography on willow. 30 s.
- N:o 346 Juha Nurmi & Keijo Polet (ed.). 1990. Measurement and evaluation of wood fuel. Proceedings of the IEA/BE TASK VI Activity 5 Workshop in Jyväskylä, Finland. October 25—27, 1989. 64 s.
- N:o 348 Ari Ferm. 1990. Coppicing, aboveground woody biomass production and nutritional aspects of birch with specific reference to *Betula pubescens*. 35 s. + osajulkaisut.
- N:o 374 Ari Ferm ja Esa Heino (toim.). 1991. Keski-Pohjanmaa — Nouseva metsämaakunta. Metsäntutkimuspäivä Ylivieskassa 14.6.1990. 43 s.
- N:o 391 Ari Ferm ja Keijo Polet (toim.) 1991. Peltojen metsitysmenetelmät. Tutkimushankkeen väliraportti. Developing methods for afforestation of fields. Interim report. 120 s.

Kannus 1992  
ISBN: 951-40-1196-1  
ISSN: 0358-4283