

FOLIA FORESTALIA³⁸³

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1979

MATTI SIRÉN, HEIKKI VUORINEN
JA KARI SAUVALA

PIENTRAKTORIEN HEILUNTA

LOW-FREQUENCY VIBRATION
IN SMALL TRACTORS

- 1977
- No 311 Takalo, Sauli & Sauvala, Kari: Havaintoja metsurin suojainten kestävydestä ja sen mittaamisesta.
Observations on the durability and testing of protective clothing for chain saw workers.
- No 312 Leikola, Matti, Metsämuuronen, Markku, Räsänen, Pentti K. & Taimisto, Erkki: Männyn viljelytaimistojen kehitys Lounais-Suomessa vv. 1967—1975.
The development of Scots pine plantations in south-western Finland in 1967—1975.
- No 313 Kolari, Kimmo, Paavilainen, Eero & Raitio, Hannu: Männyn juuristosuhteista Kivisuon kasvuhäiriöalueella.
Pine root condition and growth disturbances.
- No 314 Anttila, Tuula & Lähde, Erkki: Lannoituksen vaikutus paperikenoissa kasvatettujen männyn taimien kehitykseen taimitarhassa.
Effect of fertilization on the development of containerized pine seedlings in a nursery.
- No 315 Kanninen, Kaija: Palkkausmuodot ja niiden vaikutus metsätöissä.
Forms of remuneration and their influence on forest work.
- No 316 Mäkelä, Markku: Leimikoittainen metsätähdemäärä.
The amounts of logging residues and stump and root wood at certain work sites.
- No 317 Kaunisto, Seppo: Ojituksen tehokkuuden ja lannoituksen vaikutus männyn viljelytaimistojen kehitykseen karuilla avosoilla.
Effect of drainage intensity and fertilization on the development of pine plantations on oligotrophic treeless Sphagnum bogs.
- No 318 Kinnunen, Kaarlo: Istutuksen onnistuminen ja taimistojen alkukehitys Länsi-Suomen yksityismetsissä.
The survival and initial development of plants in private forests in western Finland.
- No 319 Ferm, Ari & Pohtila, Eljas: Pintakasvillisuuden kehittyminen ja muokkausjäljen tasoittuminen auratuilla metsänuodistusalajoilla Lapissa.
Succession of ground vegetation and levelling of ploughed tracks on reforestation areas in Finnish Lapland.
- No 320 Kuusela, Kullervo: Suomen metsien kasvu ja puutavaralajirakenne sekä niiden alueellisuus vuosina 1970—1976.
Increment and timber assortment structure and their regionality of the forests of Finland in 1970—1976.
- No 321 Heikinheimo, Lauri, Jaatinen, Esko, Kellomäki, Seppo, Lovén, Lasse & Saastamoinen, Olli: Metsien virkistyskäyttö Suomessa. Esitutkimusraportti.
Forest recreation in Finland. Pilot study.
- No 322 Talkamo, Tero: Markkinapuun alueittaiset hankintamäärät ja kulkuvirrat vuonna 1973 (1970).
Removal and flow of commercial roundwood in Finland during 1973 (1970) by districts.
- No 323 Erkkilä, Pentti, Silander, Soini, Tiuhonen, Paavo & Örn, Jouko: Pystymittaus ja runkojen luku hakkuupalkan laskentaperusteina työvaikeuspalstalla.
Massenermittlung am stehenden Holz und Stamzahl als Unterlage für die Berechnung des Arbeitslohns auf grösseren Schlaglosen mit gleichmässigen Arbeitsbedingungen.
- No 324 Vuokila, Yrjö: Puolukkatyyppi kuusen kasvupaikkana.
Vaccinium type as a spruce site.
- No 325 Raulo, Jyrki & Lähde, Erkki: Rauduskoivun istutustuloksia Lapissa.
Reforestation results with *Betula pendula* Roth in Finnish Lapland.
- No 326 Paavilainen, Eero: Männyn istutus suopeltojen metsityksessä.
Planting of Scots pine in afforestation of abandoned swampy fields.
- No 327 Paavilainen, Eero: Jatkolannoitus vähäravinteisilla rämeillä. Ennakkotuloksia.
Refertilization on oligotrophic pine swamps. Preliminary results.
- No 328 Laitinen, Jorma & Takalo, Sauli: Moottorisahavintturin käytöstä pienten puiden ja tukkien esijuonnossa.
Preliminary skidding of small trees and sawlogs by power saw winch.
- No 329 Kinnunen, Kaarlo & Linnimäki, Jorma: Metsänuodistamisen onnistuminen ja taimistojen alkukehitys Pohjois-Karjalassa.
Success of forest regeneration and initial development of sapling stands in northern Karelia.
- No 330 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1975—77.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1975—77.
- No 331 Gustavsen, Hans G.: Valtakunnalliset kuutiokasvuyhtälöt.
Finnish volume increment functions.
- No 332 Helander, Matti & Simula, Anna-Leena: Metsäalan toimihenkilöiden kysyntä ja tarjontaa vuoteen 1985.
Demand and supply of professional forestry staff by 1985.
- No 333 Hakkila, Pentti, Kalaja, Hannu, Salakari, Martti & Valonen, Paavo: Whole-tree harvesting in the early thinning of pine.
Kokopuun korjuu männikön ensiharvennuksessa.
- No 334 Järveläinen, Veli-Pekka: Mieli-piteet yksityismetsätaloudessa. Metsänomistajien ja metsäammattimien käsityksiä metsätaloudesta ja sen edistämisestä.
Opinions in Finnish private forestry. On the opinions of the private forest owners and the forestry experts concerning forestry and its promotion.

FOLIA FORESTALIA 383

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1979

Matti Sirén, Heikki Vuorinen ja Kari Sauvala

PIENTRAKTORIEN HEILUNTA

Low-frequency vibration in small tractors

ODC 302:323.13
ISBN 951-40-0378-0
ISSN 0015-5543

SIREN, M., VUORINEN, H. & SAUVALA, K. 1979. Pientraktorien heilunta. Summary: Low-frequency vibration in small tractors. Folia For. 383:1—12.

Tutkimuksen tarkoituksena on antaa yleiskuva pientraktorin heilunnan voimakkuudesta ja verrata pientraktorin heiluntaa normaalin metsätraktorin heiluntaan.

Makeri — Lokomo 909 -vertailun perusteella todettiin, ettei pientraktorin heilunta ole oleellisesti suurempaa kuin tavallisen metsätraktorin.

Ajonopeus ja maasto osoittautuivat heiluntaan vaikuttaviksi tekijöiksi. Ajonopeuden nousu ja maaston heikkeneminen nostivat heiluntatasoa huomattavasti.

Norcarilla havaittiin heilunnan olevan voimakkaampaa tyhjänä kuin kuormattuna ajettaessa.

Verrattaessa saatuja kiihtyvyyssarvoja ISO:n normeihin, voidaan todeta, ettei puutavaran ajossa I maastoluokassa terveyden vaararajaa ylitetty. Maaston heiketessä heilunnan haitat tulevat voimakkaammin esiin. Makerin heilunta kaatotyössä ja maantiellä osoittautui suhteellisen vähäiseksi.

The aim of the study is to obtain an overall view of the magnitude of the low-frequency vibration in small tractors and to compare the vibration level in small tractors to that in normal forwarders.

Based on the comparison between the Makeri and the Lokomo 909 -forwarder it was found, that the amount of vibration in small tractors is not essentially greater than that in normal forwarders.

Driving speed and terrain had a strong effect on the amount of low-frequency vibration.

An increase in driving speed and terrain difficulty raised the vibration level noticeably.

With the Norcar it was noticed that the vibration was higher when driving empty than when loaded.

In comparing the acceleration values with the ISO standards it can be said that in driving on terrain class I the "Exposure limit" was not exceeded. As terrain deteriorates the disadvantages appear to be more strong.

The vibration of the Makeri in felling and on the road was found to be comparatively low.

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	4
2. TUTKIMUSAINEISTO	4
3. HEILUNNAN MITTAUS JA AINEISTON KÄSITTELY	5
4. TUTKIMUSTULOKSET	5
41. Makerin heilunta	5
Heilunta maastoradoilla	5
Heilunta kaatotyössä ja maantiellä	5
Lokomo 909 -kuormatraktorin heilunta	6
Sine-max-analyysi Makerin heilunnasta	6
42. Norcar-harvennustraktorin heilunta	7
Heilunta rata-ajossa	7
Heilunta työssä	7
5. TULOSTEN TARKASTELUA	10
6. KIRJALLISUUTTA	11
SUMMARY	12

1. JOHDANTO

Pientraktoreita on pidetty eräänä ratkaisuna harvennushakkuisten puunkorjuun ongelmiin. Harvennushakkuisten osuus kokonaiskertymästä tulee lähivuosina pieneneväksi, mutta 2000-luvun puolella kasvatushakkuisten osuuden ennustetaan olevan 50—60 % kertymästä (Harvennuspuiden korjuun koneellistamistoimikunta 1972). Raskaan korjuukaluston jäävälle puustolle aiheuttamat vauriot ovat nopeuttaneet pientraktorien kehittäelytyötä. Kehittelyn tuloksia ovat kotimaiset Makeri- ja Norcar-traktorit.

Pientraktorien tuotoksia ja jäävälle puustolle aiheuttamia vaurioita on tutkittu jo aikaisemmin (esim. Mikkonen ja Ylä-Hemilä 1977). Koneiden ergonominen puoli on kuitenkin ollut enemmän arvailujen kuin tutkimuksen kohteena. Koska ergonomiset ominaisuudet ovat kuljettajan terveyden ja työviihtyvyyden kannalta tärkeitä ja vaikuttanevat myös käytettäviin ajonopeuksiin on Metsäntutkimuslaitos syksyllä 1977 suorittanut heiluntamittauksia Makerista ja Norcarista.

Tutkimuksessa ei pyritä vertailemaan Makeria ja Norcaria keskenään, koska mittausolosuhteet eivät ole vertailukelpoisia. Tarkoitus on antaa yleiskuva pientraktorien hei-

lunnan suuruudesta, vertailla tuloksia ISO:n suosituksiin ja samalla ajoradalla mitatusta Lokomo 909 -kuormatraktorista saatuihin tuloksiin.

Aikaisemmissa pientraktorien heiluntatutkimuksissa, joita on tehty Bobcat-traktorista (Harstela ja Sauvala 1975), on pientraktorin heilunnan todettu olevan voimakasta. Syyksi on arveltu pientraktorin heilunnan kannalta epäedullisia ominaisuuksia, joita ovat kapea raideleveys, pieni rengaskoko, telirakenteen ja heiluvan akselin puute. Makeri ja Norcar ovat kuitenkin vartavasten metsäajon suunniteltuja ja poikkeavat rakenteeltaan Bobcatista. Koska mittausmenetelmä ja olosuhteet olivat erilaiset, ei suora vertailu Bobcattiin ole mahdollista.

Tutkimuksen järjestelyissä auttoivat erityisesti MH Ilkka Kallio Enso-Gutzeit Oy:stä ja markkinointipäällikkö Valkeinen Norcar Oy:stä.

Tekijöiden kesken työ jakaantui siten, että mittauslaitteiston suunnitteli kenttäestari Kari Sauvala ja aineiston alustavan käsittelyn ja kenttätyöt johti silloinen metsätiet. yo Heikki Vuorinen. Käsikirjoituksen on laatinut metsätiet. yo. Matti Sirén. Käsikirjoituksen ovat lukeneet vs. prof. Pertti Harstela ja vt. prof. Matti Kärrkäinen.

2. TUTKIMUSAINEISTO

Heiluntamittauksia suoritettiin 19. 9.—29. 9. 1977 Imatralla Makerista ja 15. 11.—16. 11. 1977 Lokomo 909 -kuormatraktorista. Lokomon heiluntaa mitattiin, jotta vertailu normaaliin metsätraktoriin mahdollistuisi. Norcar-harvennustraktoria mitattiin 28. 11.—2. 12. 1977 Raippaluodossa.

Makerin heiluntaa mitattiin Enso-Gutzeit Osakeyhtiön leimikossa, joka oli ensiharvennusvaiheessa oleva I maastoluokan männikkö. Poistettavien puiden keskikoko oli alle 50 l. Ajonopeuden ja maastoluokan vaikutusten selvittämiseksi Makerin heiluntaa mitattiin myös II maastoluokan ajoradalla, joka oli pintamaastoltaan kivinen ja kaltevuksia esiintyi. Heiluntaa mitattiin myös maantieajossa. Kokeissa käytetty Makeri

oli varustettu kaatolaitteella, joten tuloksia ei voida tarkasti yleistää koskemaan Makerin muita käyttömuotoja. Makeria voidaan käyttää paitsi kaato-kasauskoneena, myös laahustraktorina, kuormatraktorina, harvesterina ja monitoimitraktorina.

Lokomo 909 -kuormatraktorin heiluntaa mitattiin samalla II maastoluokan ajoradalla kuin Makeria.

Norcar-harvennustraktorin heiluntaa mitattiin rataajossa I maastoluokan radalla sekä normaalissa kuormaajossa. Heiluntaa mitattiin perävaunun kanssa ja ilman. Kuljettajan kokemuksen vaikutusta pyrittiin selvittämään käyttämällä osassa kokeista tottumaton kuljettaja.

3. HEILUNNAN MITTAUS JA AINEISTON KÄSITTELY

Mittausten kohteeksi valittiin heilumisliikkeen kiihtyvyys. Kiihtyvyyden mittaaminen on suhteellisen yksinkertaista. Lisäksi kiihtyvyyden ja rasituksen välillä vallitsee suora lineaarinen riippuvuus alle 5 Hz taajuusalueella (Dupuis 1960).

Kiihtyvyydsmittaukset tehtiin mahdollisimman tarkasti ISO:n standardin 2631 ohjeiden mukaan.

Mittauksissa käytettiin seuraavaa laitteistoa:

- anturi: Brüel & Kjaer 4366 Delta Shear Accelerometer
- esivahvistin: Brüel & Kjaer Charge Amplifier Type 2651
- modulaattori: Danica FM Converter
- nauhuri: Stellavox SP 7
- kalibraattori: Brüel & Kjaer 4291

Anturi oli mittauksissa kiinnitettynä 30 cm:n läpimittaiseen metallilevyyn, jonka päällä kuljettaja istui.

Kerätylle aineistolle suoritettiin 1/3-oktaavianalyysi. Analysaattorina oli Brüel & Kjaer Real Time 1/3 Octave Analyzer Type 3347. Analysaattorissa oli valittavana kolme aikavakiota, sine, fast ja slow. Näistä valittiin slow-toiminta, jossa aikavakio kaikilla taajuuksilla on 20 s. Analysointitavan vaikutusten selvittämiseksi käytettiin osassa analysointia myös sine-max aikavakiota. Lopulliset tulokset ilmoitettiin rms-kiihtyvyyksinä taajuuden funktiona.

Käytetyt ajonopeudet ilmoitetaan keskimääräisinä nopeuksina, jotka saatiin jakamalla ajomatka ajoon käytetyllä ajalla.

4. TUTKIMUSTULOKSET

41. Makerin heilunta

Makerin heiluntamittauksissa saadut rms-kiihtyvyydet on esitetty taajuuden funktiona kuvissa 1—4. Kaikki tietyin suunnan mittaustulokset on esitetty samassa koordinaatistossa. Koordinaatistoihin on merkitty ISO:n standardin 2631 mukaiset ”terveyden vaararajan” käyrät 4 ja 8 tunnin altistusajoille. Kuvissa on esitetty myös Lokomo 909-kuormatraktorin kiihtyvyyssäyrät radalla 2. Rata 1 vastasi I maastoluokkaa, rata 2 maastoluokkaa II. Käytetyt ajonopeudet on merkitty kiihtyvyyssäyriä yhteyteen.

Heilunta maastoradoilla

Makerin heilunnan teholliset kiihtyvyydet radalla 1 jäivät pääosin alle ISO:n standardin mukaisen 8 tunnin ”terveyden vaararajan”. Raja ylittyi hieman pysty- ja sivusuuntaisessa heilunnassa.

Maastoluokan heikkeneminen nosti Ma-

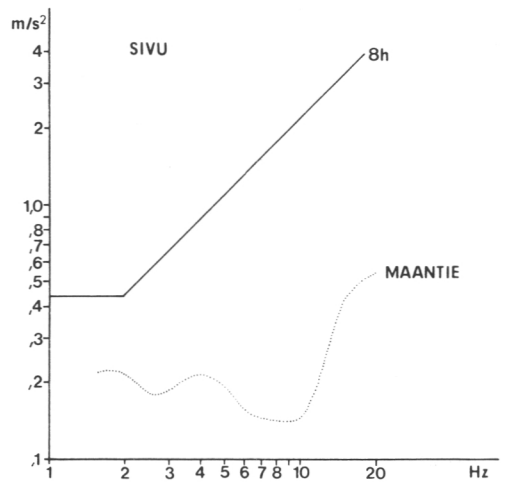
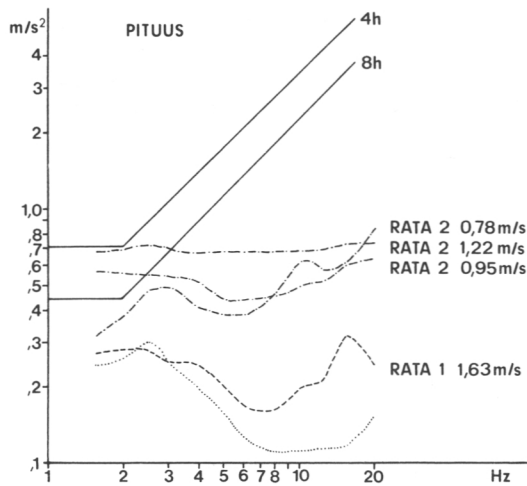
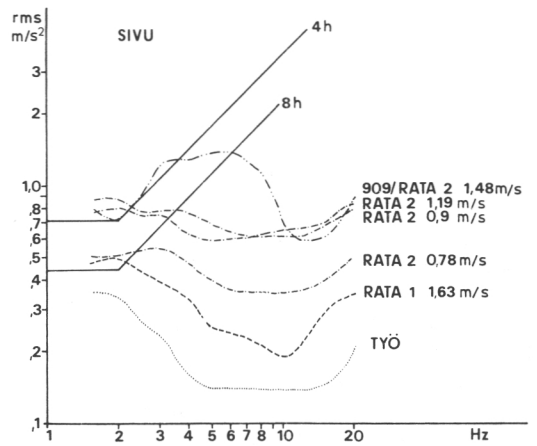
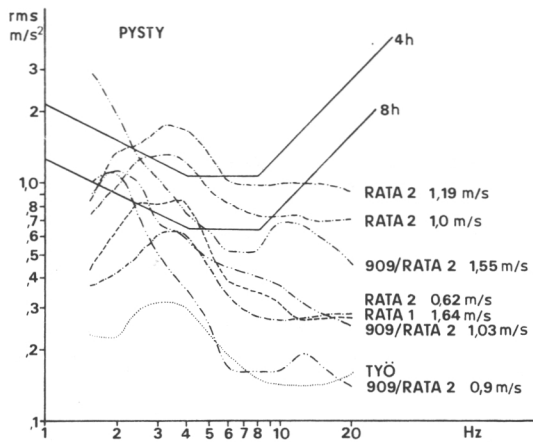
kerin heiluntatasoa. Radalla 2 ylittyi 8 tunnin ”terveyden vaararaja” kaikissa mittaus-suunnissa normaalia ajonopeutta käytettäessä. Myös 4 tunnin raja ylittyi pysty- ja sivusuuntaisessa heilunnassa.

Käytettäessä normaalia hitaampaa ajonopeutta (korkeintaan 50 % radan 1 normaalia nopeudesta) ylittyi 8 tunnin ”terveyden vaararaja” sivusuuntaisessa heilunnassa.

Heilunta kaatotyössä ja maantiellä

Makerin heilunta kaatotyössä I maastoluokassa jäi kaikissa mittausuunnissa alle 8 tunnin ”terveyden vaararajan”. Heiluntaa työssä ei voida kuitenkaan pitää täysin haittattomana, sillä ISO:n standardin 2631 mukainen väsymyksen ja alentuneen työtehon 8 tunnin altistusraja ylittyi kaikissa mittausuunnissa.

Maantiellä mitattiin ainoastaan sivusuuntaisia kiihtyvyyksiä. Kiihtyvyydet jäivät selvästi alle 8 tunnin ”terveyden vaararajan”.



Kuvat 1—4. Kaatolaitteella varustetun Makerin heilunnan teholliset kiihtyvyydet maastoradoilla, työssä ja maantiellä mitattuna kuljettajan istuimesta, ja ISO:n (2631) standardin mukaiset terveyden vaararajan päivittäiset altistusajat.
 Fig. 1—4. Acceleration spectra for the vibration of the Makeri equipped with the felling device on terrain tracks, at work and on road and exposure limits according to ISO standard 2631-1974.

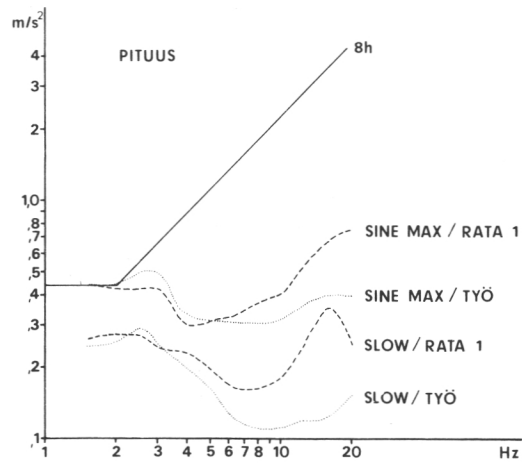
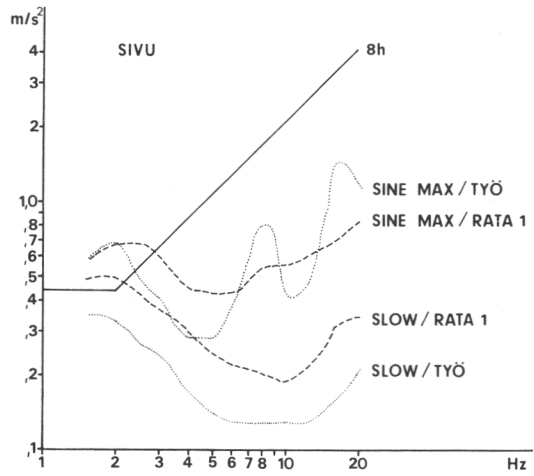
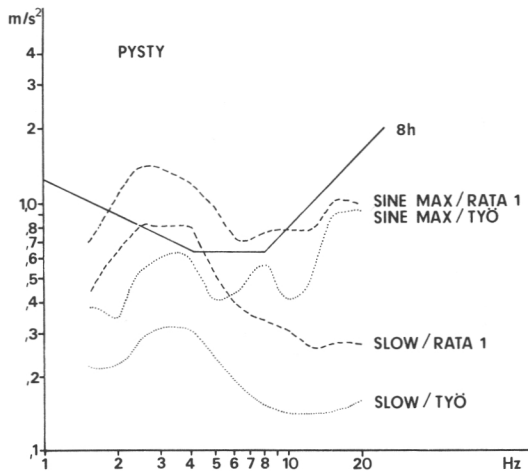
Lokomo 909 -kuormatraktorin heilunta

Lokomo 909 -kuormatraktorin heiluntaa mitattiin vertailukohdan saamiseksi radalla 2. Myös Lokomo 909 ylitti 8 tunnin ”terveyden vaararajan” pysty- ja sivusuunnassa. Maksimaalinen kiihtyvyytaso oli Lokomolla pystysuunnassa selvästi alemmalla taajuudella kuin Makerilla. Sivusuunnassa kiihtyvyytaso 2,5—10 Hz taajuudella oli Lokomolla selvästi korkeampi kuin Makerilla, tosin myös Lokomon nopeus oli suurempi. ISO:n standardin mukaisilla vaarallisimmilla taajuusalueilla Makerin sivuheilunta oli kuitenkin hieman voimakkaampaa kuin Lo-

komo 909 -kuormatraktorilla.

Sine-max-analyysi Makerin heilunnasta

Kuvissa 5, 6 ja 7 on esitetty sekä slow- että sine-max-analyysit työstä ja radalta 1. Sine-max-analyysissä havaitaan selvät huiput 8—16 Hz taajuudella työssä tehdyissä mitauksissa pysty- ja sivusuunnassa. Huiput johtuvat todennäköisesti kaatolaitteessa katkaistuna olevista rungoista, jotka vipuvartena ovat lisänneet heiluntaa. Olettamusta vahvistaa se, että sivusuunnassa huiput ovat selvimmät.



Kuvat 5—7. SLOW- ja SINE MAX -analysit eri mittaussuunnissa työstä ja radalta 1.
Fig. 5—7. SLOW- ja SINE MAX -analysis at work and in terrain class 1.

42. Norcar-harvennustraktorin heilunta

Norcar-harvennustraktorin heiluntaa mitattiin rata-ajossa I maastoluokassa ja normaalissa kuorma-ajossa. Norcarin heiluntaa mitattiin myös ilman perävauvaa peruskoneen heilunnan selvittämiseksi. Kuljettajan vaikutusta tutkittiin käyttämällä osassa mittauksia tottumattonta kuljettajaa.

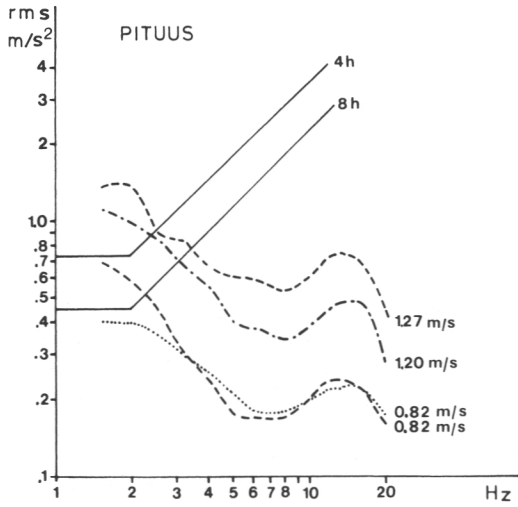
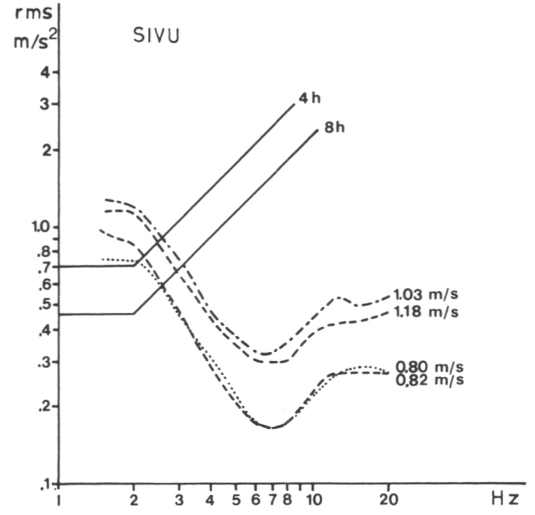
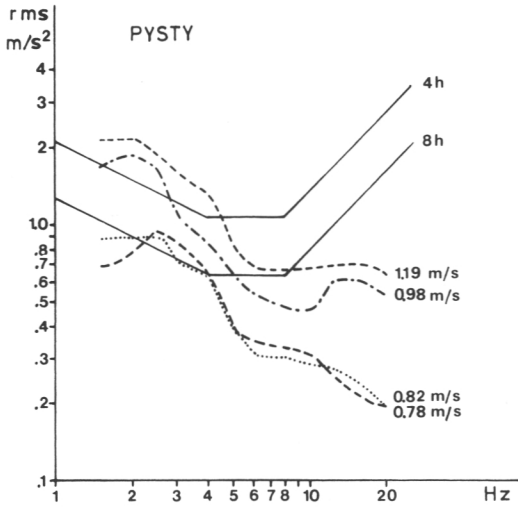
Heilunta rata-ajossa

Norcarin rms-kiihtyvyydet rata-ajossa I maastoluokassa on esitetty kuvissa 8, 9 ja 10. ISO:n suosituksen mukaiset ”terveyden vaararajat” 8 tunnin altistusajalle ylittyivät kaikissa mittaussuunnissa käytettäessä suuria nopeuksia. Ajonopeuden pienetessä heilunnan taso laskee huomattavasti. Perävau-

nu ei oleellisesti vaikuta heiluntaan. Tottumattoman kuljettajan vaikutus näkyy pienentyneenä ajonopeutena ja siten vähentyneenä heiluntana. Sivusuuntainen heilunta tottumattonta kuljettajaa käytettäessä oli alhaisemmasta ajonopeudesta huolimatta voimakkaampaa kuin tottuneella kuljettajalla. Tämä johtunee tottumattoman kuljettajan huonommasta kyvystä väistellä epätasaisuuksia.

Heilunta työssä

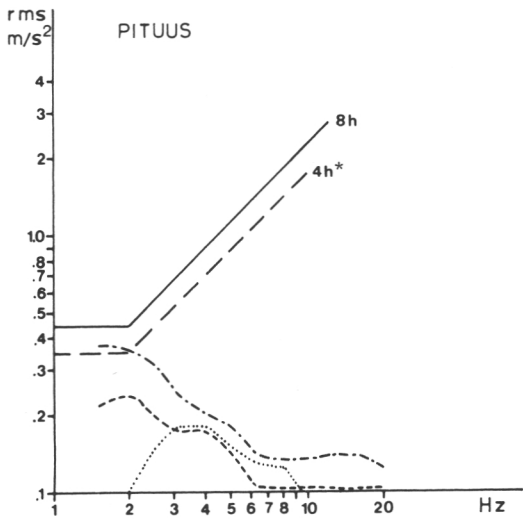
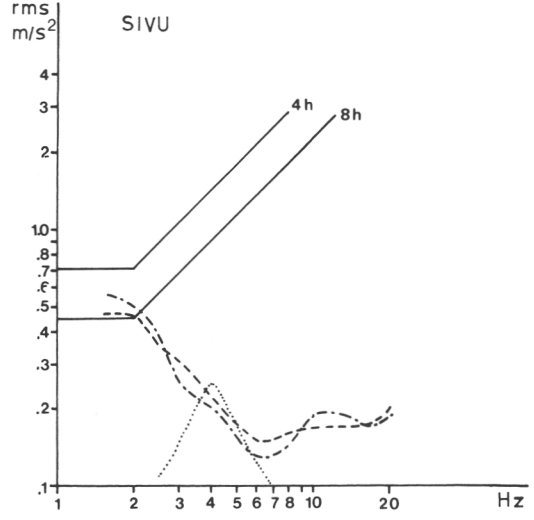
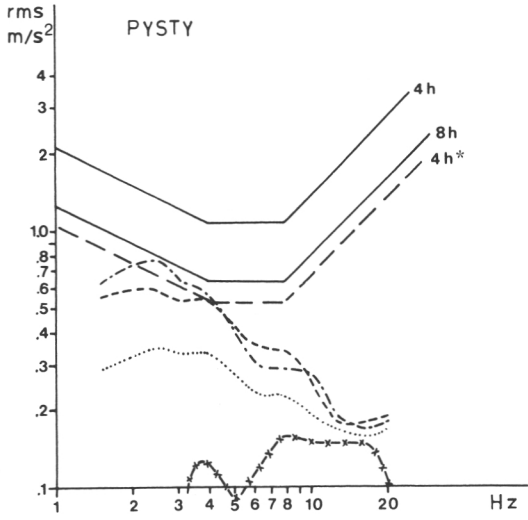
Kiihtyvyydsmittaukset työstä esitetään kuvissa 11, 12 ja 13. Työ oli normaalia kuorma-ajoa harvennusemetsikössä. 8 tunnin ”terveyden vaararaja” ylittyi ainoastaan sivusuuntaisessa heilunnassa ajovaiheessa, siinäkin vain lievästi. ISO:n standardin mukainen 4 tunnin ”alentuneen työtehon” altistusraja ylittyi tyhjänä ajettaessa kaikissa mittaussuunnissa. Kuormauksessa ja purkauksessa heilunta osoittautui vähäiseksi.



SELITYS:

- ILMAN PERÄVAUNUA
- - - - - ILMAN PERÄVAUNUA
- TOTTUMATON KULJETTAJA
- PERÄVAUNULLA

Kuvat 8, 9 ja 10. Norcarin heilunta rata-ajossa.
Fig. 8, 9 and 10. Low-frequency vibration of the
Norcar in track-drive.



SELITYS:

- KUORMATTUNA AJO
- - - - - TYHJÄNÄ AJO
- KUORMAUS
- x-x-x- PURKAUS
- * ALENTUNUT TYÖTEHO

Kuvat 11, 12 ja 13. Norcarin heilunta työssä.
 Fig. 11, 12 and 13. Low-frequency vibration of the Norcar.

5. TULOSTEN TARKASTELUA

Mittausten perusteella näyttävät ajonopeus ja maasto olevan heiluntaan voimakkaasti vaikuttavia tekijöitä. Ajonopeuden kasvaessa kiihtyvyyssarvot kohoavat. Maaston heiketessä ajonopeuden vaikutus korostuu entisestään, koska ajonopeuden noustessa kuljettajan mahdollisuudet havaita ja väistää maaston epätasaisuuksia huononevat. Aho ja Kättö (1971) ovat saaneet samansuuntaisia tuloksia varsinaisista metsätraktoreista. Sen sijaan ruotsalaiset Hansson ja Wikström (1974) eivät tutkimuksessaan havainneet kiihtyvyytason riippuvan ajonopeudesta. Harstela ja Sauvala (1975) totesivat Bobcat-pientraktorin heilunnan riippuvan ajonopeudesta, mutta hajonnan olevan suuren.

Maaston vaikutus heiluntaan on huomattava. Maaston heiketessä heilunta voimistuu huomattavasti. Syyksi voidaan olettaa heilunnan staattinen luonne alhaisilla ajonopeuksilla. Tulokset näyttävät tukevan Harstelan ja Sauvalan (1975) saamaa tulosta Bobcat-pientraktorista, että maaston vaikeutuessa ajonopeudet pienenevät.

Norcarilla, jolla mitattiin kiihtyvyyksiä tyhjänä ja kuormattuna ajettaessa, oli heiluminen tyhjänä voimakkaampaa kuin kuormattuna. Hansson ja Wikström

(1974) ovat saaneet samansuuntaisia tuloksia. Osasyynä voidaan pitää suurempaa ajonopeutta tyhjänä ajettaessa. Hanssonin ja Wikströmin mukaan ajonopeus tyhjänä on 15—30 % suurempi kuin kuormattuna.

Makeri — Lokomo 909 vertailun perusteella voidaan todeta, ettei pientraktorin heilunta ole ratkaisevasti suurempaa kuin normaalin metsätraktorin. Syitä tähän lienee useita. Pientraktorien telat pienentävät osaltaan heiluntaa. Radforthin (1978) mukaan telojen vaikutus on samansuuntainen kuin suuriläpimittaisten pyörien. Ne siis vähentävät heiluntaa. Lisäksi pientraktorin kuljettaja pystyy hyvin havaitsemaan maanpinnan epätasaisuudet ollessaan itse lähellä maanpintaa ja väistämään esteitä traktorin pienen koon ansiosta.

Puiden kaadossa ja kasauksessa työ on lähes yhtäjaksoista ajamista, joten tulokset vertailusta ISO-normeihin ovat suoraan sovellettavissa ko. työhön. Sen sijaan puutavaran ajosta vain noin 40 % on ajoa, josta suurimmat heilunta-arvot ovat. Näin ollen heilunnan altistusaika jää paljon lyhyemmäksi kuin päivittäinen työaika, joten terveyden vaararajaa ei ylitetty I maastoluokassa puutavaran ajossa.

KIRJALLISUUTTA

- AHO, K. & KÄTTÖ, J. 1971. Tutkimus metsätraktorin heilumisen mittaus- ja arvostelumenetelmän kehittämiseksi. Maatalouskoneiden tutkimuslaitos. Tutkimusselostus 9/1971.
- DUPUIS, H. 1960. Bewertung der Schwingbeanspruchung bei Fahrern von Ackerschleppern und Landmaschinen im praktischen Einsatz. Landtechnische Forschung. 14. Jahrgang (1964). Heft 5.
- HANSSON, J. E. ja WIKSTRÖM, B. O. 1974. Vibrationsbelastning på skogsmaskinförare. Summary: Vibration Stress on forestry drivers. Rapporten och uppsatser nr. 67/1974. Skogshögskolan.
- HARSTELA, P. & SAUVALA, K. 1975. Low frequency vibration in small tractors used in the harvesting of logging residues on small trees. XIV IUFRO World Congress. Discussion paper.
- Harvennuospuun korjuun koneellistamistoimikunta, 1972. Harvennuospuun korjuu. Suomen itsenäisyyden juhluoden 1967 rahaston projekti. Helsinki.
- ISO 2631-1974 (E). Guide for the evaluation of human exposure to whole-body vibration.
- MIKKONEN, E. & YLÄ-HEMMILÄ, V. 1977. Make-ri-kuormatraktori. Metsätehon katsaus 16/1977.
- RADFORTH, J. R. 1978. Higher travel speeds for off-road logging vehicles. FERIC, Technical report no. TR-22.

SUMMARY

The aim of the study is to obtain an overall view of low-frequency vibration in small tractors. Earlier studies on the Melroe Bobcat showed that low-frequency vibration is severe (Harstela and Sauvala 1975). It was supposed that the main reason for this were the unfavourable features, such as the narrow wheel track, small tyre size, the lack of tandem wheel construction and pendulum type axle. The Makeri and the Norcar, the tractors examined in this study, are specially manufactured for forest transport and have a different construction from the Bobcat. As the testing conditions and the measuring method used are different, straight comparison with the Bobcat is impossible.

Driving speed and the type of terrain driven over had a great effect on the amount of low-frequency vibration. With higher driving speed the acceleration values increased. Over the worst type of terrain the effect of the driving speed becomes more important since at higher driving speeds the driver is less and less able to see and avoid obstacles in advance.

The effect of terrain on vibration is considerable. As

the condition of the terrain deteriorates the vibration level grows. The reason for this may be the static nature of the vibration at lower driving speeds.

With the Norcar the vibration was higher empty than loaded. In the comparison between the Makeri and the Lokomo 909 it was found that vibration in a small tractor is not much greater than that in a normal forwarder. There may be many reasons for this. The tracks on a small tractor reduce vibration. The driver in a small tractor also obtains a better view of the ruggedness of the terrain, as he sits close to the ground, and is able to avoid obstacles due to the small size of the tractor.

By comparison with the ISO-standard it can be said that in felling and bunching the work entails almost continuous driving so that results can be applied directly to the work. In driving only about 40 % is driving, in which the highest acceleration values appear. The exposure time thus remains much shorter than the daily driving time. Paying attention to this the "Exposure limit" of ISO was not exceeded in driving.

ODC 302:323.13
ISBN 951-40-0378-0
ISSN 0015-5543

SIREN, M., VUORINEN, H. & SAUVALA, K. 1979. Pientraktorien heilunta. Abstract: Low-frequency vibration in small tractors. *Folia For.* 383:1—12.

The aim of the study is to obtain an overall view of the magnitude of the low-frequency vibration in small tractors and to compare the vibration levels in small tractors to that in normal forwarders and ISO standards.

Driving speed and terrain had a strong effect on the amount of vibration. The vibration in small tractors was not essentially greater than that in normal forwarders.

Authors' address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17.

ODC 302:323.13
ISBN 951-40-0378-0
ISSN 0015-5543

SIREN, M., VUORINEN, H. & SAUVALA, K. 1979. Pientraktorien heilunta. Abstract: Low-frequency vibration in small tractors. *Folia For.* 383:1—12.

The aim of the study is to obtain an overall view of the magnitude of the low-frequency vibration in small tractors and to compare the vibration levels in small tractors to that in normal forwarders and ISO standards.

Driving speed and terrain had a strong effect on the amount of vibration. The vibration in small tractors was not essentially greater than that in normal forwarders.

Authors' address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17.

ODC 302:323.13
ISBN 951-40-0378-0
ISSN 0015-5543

SIREN, M., VUORINEN, H. & SAUVALA, K. 1979. Pientraktorien heilunta. Abstract: Low-frequency vibration in small tractors. *Folia For.* 383:1—12.

The aim of the study is to obtain an overall view of the magnitude of the low-frequency vibration in small tractors and to compare the vibration levels in small tractors to that in normal forwarders and ISO standards.

Driving speed and terrain had a strong effect on the amount of vibration. The vibration in small tractors was not essentially greater than that in normal forwarders.

Authors' address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17.

ODC 302:323.13
ISBN 951-40-0378-0
ISSN 0015-5543

SIREN, M., VUORINEN, H. & SAUVALA, K. 1979. Pientraktorien heilunta. Abstract: Low-frequency vibration in small tractors. *Folia For.* 383:1—12.

The aim of the study is to obtain an overall view of the magnitude of the low-frequency vibration in small tractors and to compare the vibration levels in small tractors to that in normal forwarders and ISO standards.

Driving speed and terrain had a strong effect on the amount of vibration. The vibration in small tractors was not essentially greater than that in normal forwarders.

Authors' address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17.

- No 335 Juutinen, Paavo: Kuitupuupinot pystynävertäjän (*Tomicus piniperda* L.) lisääntymispaikkoina Pohjois-Suomessa.
Pulpwood stacks as breeding sites for pine shoot beetle (*Tomicus piniperda* L.) in northern Finland.
- No 336 Kärkkäinen, Matti: Menetelmiä likipituisten kuitupuupölkkyjen keskipituuden mittaamiseksi
Methods for measuring the average length of pulpwood bolts estimated during logging by eye.
- No 337 Kuusela, Kullervo & Salminen, Sakari: Koillis-Suomen metsävarat vuonna 1976 ja Lapin metsävarat vuosina 1970 ja 1974—76.
Forest resources in the Forestry Board Districts of Koillis-Suomi in 1976 and Lappi in 1970 and 1974—76.
- No 338 Lähde, Erkki: Välivarastoinnin vaikutus männyn paakkutaimien viljelyn onnistumiseen.
Effect of intermediate storage of containerized Scots pine planting stock on reforestation success.
- No 339 Teivainen, Terttu: Eräiden poppelikloonien myyrätuhoalttius ruokintakokeiden mukaan.
Resistance of some poplar clones to vole damage through feeding experiments.
- No 340 Laitinen, Jorma & Takalo, Sauli: Kantokäsittelylaittein varustettujen raivaussahojen vertailua.
Comparison of clearing saws equipped with stump spraying devices.
- No 341 Uusvaara, Olli: Teollisuushakkeen ja purun painomittaus.
Weight scaling of industrial chips and sawdust.
- No 342 Hakkila, Pentti: Pienpuun korjuu polttoaineksi.
Harvesting small-sized wood for fuel.
- No 343 Paavilainen, Eero: PK-lannoitus Lapin ojitetuilla rämeillä. Ennakkotuloksia.
PK-fertilization on drained pine swamps in Lapland. Preliminary results.
- No 344 Lehtonen, Irja, Pekkala, Osmo & Uusvaara, Olli: Tervalepän (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) ja raidan (*Salix caprea* L.) puu- ja massateknisiä ominaisuuksia.
Technical properties of black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) and great willow (*Salix caprea* L.) wood and pulp.
- No 345 Metsätilastollinen vuosikirja 1976.
Yearbook of Forest Statistics 1976.
- No 346 Parviainen, Jari: Taimisto- ja riukuvaiheen männikön harvennus.
Durchforstung im Kiefernbestand in der Jungwuchs- und Stangenholzphase.
- No 347 Vuorinen, Heikki: Metsätraktorin kuljettajan kuormittamisen mittaamahdollisuudet.
Possibilities of measuring the strain on forest tractor drivers.
- No 348 Löyttyniemi, Kari: Metsänlannoituksen vaikutuksesta ytimennävertäjiin (*Tomicus* spp., Col., Scolytidae).
Effect of forest fertilization on pine shoot beetles (*Tomicus* spp., Col., Scolytidae).
- No 349 Metsämuuronen, Markku, Kaila, Simo & Räsänen, Pentti K.: Männyn paakkutaimien alkukehitys vuoden 1973 istutuksissa.
First-year planting results with containerized Scots pine seedlings in 1973.
- No 350 Oikarinen, Matti: Viljelymetsiköiden puuston vaihtelu ja kasvukoalojen edustavuus.
Variations in growing stock in cultivated stands and the representation of growth sample plots.
- No 351 Heikkilä, Risto: Mäntykuitupuupinojen suojaaminen pystynävertäjän iskeytymistä vastaan Pohjois-Suomessa.
Protection of pine pulpwood stacks against the common pine-shoot beetle in northern Finland.
- No 352 Saramäki, Jussi: Kainuun vajaapuustoisten kuusikoiden lannoitus ja sen kannattavuus.
Profitability of fertilization in the understocked spruce stands of Kainuu, Finland.
- No 353 Päivinen, Risto: Kapenemis- ja kuorimallit männylle, kuuselle ja koivulle.
Taper and bark thickness models for pine, spruce and birch.
- No 354 Järveläinen, Veli-Pekka: Yksityismetsätalouden seuranta. Metsälöötökseen perustuvan tietojärjestelmän kokeilu.
Monitoring the development of Finnish private forestry. A test of an information system based on a sample of forest holdings.
- No 355 Kärkkäinen, Matti & Salmi, Juhani: Tutkimuksia haapatukkien mittauksesta ja teknisistä ominaisuuksista.
Studies on the measurement and technical properties of aspen logs.
- No 356 Hyppönen, Mikko & Roiko-Jokela, Pentti: Koepuiden mittauksen tarkkuus ja tehokkuus.
On the accuracy and effectivity of measuring sample trees.
- No 357 Uusitalo, Matti: Alueittaiset kantorahatulot vuosina 1970—75.
Regional gross stumpage earnings in Finland in 1970—75.
- No 358 Mattila, Eero & Helle, Timo: Keskisen poronhoitoalueen talvilaidunten inventointi.
Inventory of winter ranges of semi-domestic reindeer in Finnish Central Lapland.
- No 359 Hannelius, Simo: Istutuskuusikon tiheys — tuotoksen ja edullisuuden tarkastelua.
Initial tree spacing in Norway spruce timber growing — an appraisal of yield and profitability.

- No 360 Jakkila, Jouko & Pohtila, Eljas: Perkauksen vaikutus taimiston kehitykseen Lapissa. Effect of cleaning on development of sapling stands in Lapland.
- No 361 Kyttälä, Timo: Työn organisointimahdollisuudet puunkorjuussa. Aspects of work organizing in logging.
- No 362 Kukkola, Mikko: Lannoituksen vaikutus eri latvuserosten puiden kasvuun mustikkatyyppin kuusikossa. Effect of fertilization on the growth of different tree classes in a spruce stand on *Myrtillus*-site.
- No 363 Mielikäinen, Kari: Puun kasvun ennustettavuus. Predictability of tree growth.
- No 364 Koski, Veikko & Tallqvist, Raili: Tuloksia monivuotisista kukinnan ja siemensadon määrän mittauksista metsäpuilla. Results of long-time measurements of the quantity of flowering and seed crop of forest trees.
- No 365 Tervo, Mikko: Metsänomistajaryhmittäiset hakkuut ja niiden suhdanneherkkyyks Etelä- ja Pohjois-Suomessa vuosina 1955—1975. The cut of roundwood and its business cycles in Southern and Northern Finland by forest ownership groups, 1955—1975.
- No 366 Rynnänen, Leena: Kotimaisten lehtipuiden siitepölyn laadunmäärytyksestä. Determination of quality of pollen from Finnish deciduous tree species.
- No 367 Uusitalo, Matti: Suomen metsätalous MERA-ohjelmakaudella 1965—75. Tilastoihin perustuva tarkastelu. Finnish forestry during the MERA Programme period 1965—75. A review based on statistics.
- No 368 Kärkkäinen, Matti: Käytännön tuloksia koivuviulun saannosta. Empirical results on birch veneer yield.
- No 369 Laitinen, Jorma: Raivaussahojen kantokäsittelylaitteiden vertailu filmianalyysillä. Comparing clearing saw sprayers with film analysis.
- No 370 Kärkkäinen, Matti: Pienten kuusitukkien mittaus. Measurement of small spruce logs.
- No 371 Jalkanen, Risto: Maanpinnan rikkomisen vaikutus korvasiemen satoisuuteen. Effect of breaking soil surface on the yield of *Gyromitra esculenta*.
- No 372 Laitinen, Jorma: Kuormatraktorin tekninen käyttöaste. Mechanical availability of forwarders.
- No 373 Petäistö, Raija-Liisa: *Plebeia gigantea* ja *Heterobasidion annosum* männyn kannoissa hakkuualoilla Suomenniemen ja Savitaipaleen kunnissa. *Plebeia gigantea* and *Heterobasidion annosum* in pine stumps on cutting areas in Suomenniemi and Savitaipale.
- No 374 Kalaja, Hannu: Pienpuun korjuu TT 1000 F palstahakkurilla. Harvesting small-sized trees with terrain chipper TT 1000 F.
- 1979 No 375 Metsätilastollinen vuosikirja 1977—1978. Yearbook of Forest Statistics 1977—1978.
- No 376 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1976—78. Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1976—78.
- No 377 Kärkkäinen, Matti: Koivutukkien tarkistusmittauksia. Control measurements of birch logs.
- No 378 Mäkelä, Markku: Tilasto- ja aikarutkimustuotosten vertailua ainespuun korjuussa. Output in harvesting of industrial wood based on statistical data or time studies.
- No 379 Velling, Pirkko: Erilaisten rauduskoivuprovenienssien alkukehityksestä taimitarhalla ja kentäkokeissa. Initial development of different *Betula pendula* Roth provenances in the seedling nursery and in field trials.
- No 380 Kuusela, Kullervo & Salminen, Sakari: Suomen metsävarat lääneittäin 1971—1976. Forest resources in Finland 1971—1976 by counties.
- No 381 Hyppönen, Mikko & Norokorpi, Yrjö: Lahoisuuden vaikutus puutavaran saantoon ja arvoon Peräpohjan vanhoissa kuusikoissa. The effect of decay on timber yield and value of the old Norway spruce stands in northern Finland.
- No 382 Paavilainen, Eero & Virtanen, Jaakko: Metsänlannoituksen vaikutuksen riippuvuus levitysmenetelmästä turvemaalla. Effect of spreading method on forest fertilization results on peatlands.
- No 383 Sirén, Matti, Vuorinen, Heikki & Sauvala, Kari: Pientraktorien heilunta. Low-frequency vibration in small tractors.
- No 384 Löytyniemi, Kari & Rousi, Matti: Lehtipuutaimistojen hyönteistuhouista. On insect damage in young deciduous stands.