

FOLIA FORESTALIA³⁴⁷

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1978

HEIKKI VUORINEN

METSÄTRAKTORIN KULJETTAJAN KUOR-
MITTUMISEN MITTAUSMAHDOLLISUUDET

POSSIBILITIES OF MEASURING THE STRAIN
ON FOREST TRACTOR DRIVERS

- No 275 L. Runeberg: Driftsresultat från Skogsforskningsinstitutets företagsekonomiska forskningskogar åren 1945—74.
The business economics result from the Forest Research Institute's research forests 1945—74.
- No 276 Pentti Iisalo, Jukka Sorsa ja Paavo Tiihonen: Suomen metsien rakenteen seuranta-menetelmä.
Eine methode zur laufenden Überprüfung der Struktur der Wälder Finnlands.
- No 277 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1973—75.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1973—75.
- No 278 Heikki Juslin: Metsäalan toimihenkilöiden täydennyskoulutustarve.
The need for future education in forestry.
- No 279 Jyrki Raulo ja Erkki Lähde: Ennakkotuloksia rauduskoivun kylvökokeista Lapissa.
Preliminary results on sowing experiments with *Betula pendula* Roth in Finnish Lap-land.
- No 280 Veijo Heiskanen: Havusahatukien kuorelliset keskusmuotoluvut.
Middle form factors of pine and spruce sawlogs.
- No 281 Yrjö Vuokila: Karsimisen vaikutus männyn ja koivun terveystilaan.
Effect of green pruning on the health of pine and birch.
- No 282 Yrjö Vuokila: Pystypuun kairaus vikojen aiheuttajana.
The boring of standing trees as a source of defects.
- No 283 Leevi Pajunen: Metsurin työvälinekustannukset 1975—1976.
Forest worker's equipment costs 1975—1976.
- No 284 Paavo Juutinen, Timo Kurkela ja Sakari Lilja: Ruohokaskas, *Cicadella viridis* (L.), lehtipuun voittajana sekä vioitusten sienisaastunta.
Cicadella viridis (L.) as a wounder of hardwood saplings and infection of wounds by pathogenic fungi.
- No 285 Timo Nyrhinen: Kaksivaiheisen metsän inventoinnin koe Lounais-Suomessa.
A test of two-step forest inventory in South-West Finland.
- No 286 Matti Kärkkäinen: Pohjoissuomalaisen koivukuitupuun tilavuusmittauksia.
Volume measurement of birch pulpwood in Northern Finland.
- No 287 Veijo Heiskanen ja Juhani Salmi: Koivutukien latvamuotoluvut ja yksikkökuutiot.
Top form factors and unit volumes of birch logs.
- No 288 Matti Leikola: Taimitarhamaan lämpöolot muovihuoneessa ja avomaalla.
Soil temperature conditions in plastic greenhouse and in open nursery.
- No 289 Lehikoinen, Tapio: Pohjois- ja Etelä-Suomen väliset kantohintaerot.
Stumpage price differences between Northern and Southern Finland.
- No 290 Heiskanen, Veijo: Tarkistetut havusahatukien kuorelliset yksikkökuutioluvut.
The checked unit volumes for pine and spruce sawlogs.
- No 291 Uusitalo, Matti: Puun kasvatuksen kulut vuosina 1972—74.
Costs of timber production in Finland in 1972—74.
- No 292 Hakki, Pentti: Kantopuu metsäteollisuuden raaka-aineena.
Stumpwood as industrial raw material.
- No 293 Lehtonen, Irja: Puu polttoaineena. Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu.
Wood as a fuel. A study based on literature.
- No 294 Harstela, Pertti & Tervo, Leo: Männyn taimikon ja riukuasteen metsikön korjuun tuotos ja ergonomia.
Work output and ergonomical aspects in harvesting of sapling and pole-stage stands (Scots pine).
- 1977
- No 295 Metsätalastollinen vuosikirja 1975.
Yearbook of Forest Statistics 1975.
- No 296 Heiskanen, Veijo: Etelä-Suomen ja Pohjois-Suomen puutavaran laatuero.
Quality differences of timber between Southern and Northern Finland.
- No 297 Paavilainen, Eero & Virtanen, Jaakko: Metsänlannoituksen vaikutuksen riippuvuus levitysmenetelmästä.
Effect of spreading method on forest fertilization results.
- No 298 Vuokila, Yrjö: Harsintaharvennus puuntuotantoon vaikuttavana tekijänä.
Selective thinning from above as a factor of growth and yield.
- No 299 Vuokila, Yrjö: Hyvän kasvupaikan haavikoiden kasvukyvystä.
On the growth capacity of aspen stands on good sites.
- No 300 Paavilainen, Eero: Helpoliukoisten lannoitteiden vaikutuksen riippuvuus levitysa-jankohdasta turvemaalla.
Effect of application time on growth response to easily dissolving fertilizers on peatlands.
- No 301 Tiihonen, Paavo: Männyn ja kuusen tukkipuutaulukot. Tukien minimiläpimittaluokka männynllä 13 cm ja kuusella 13 ja 15 cm.
Massentafeln für Kiefern- und Fichtenblochholz. Mindestdurchmesserklassen der Blöcher für Kiefer 13 cm und für Fichte 13 und 15 cm.
- No 302 Simola, Paavo: Pienikokoisen lehtipuuston biomassa.
The biomass of small-sized hardwood trees.
- No 303 Vuokila, Yrjö: Talvikittyypin puuntuotannollinen asema metsätyyppijärjestelmässä.
Position of the Pyrola type in the forest site type system of Cajander.

FOLIA FORESTALIA 347

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1978

Heikki Vuorinen

METSÄTRAKTORIN KULJETTAJAN KUORMITTUMISEN
MITTAUSMAHDOLLISUUDET

Possibilities of measuring the strain on forest tractor drivers

ODC 302
ISBN 951-40-0333-0
ISSN 0015-5543

VUORINEN, H. 1978. Metsätraktorin kuljettajan kuormittumisen mittaussmahdollisuudet. Abstract: Possibilities of measuring the strain on forest tractor drivers. *Folia For.* 347:1—16.

Tutkimuksen alussa hahmotellaan mekaanisen ihminen-kone järjestelmän malli, joka kuvaa traktorin kuljettajan työssä esiintyviä vuorovaikutussuhteita. Mallin pohjalta analysoidaan kuljettajaan kohdistuvia kuormituksia ja pohditaan niiden vaarallisuutta. Fysikaalisten kuormitusten ohella huomiota kiinnitetään työn neurosensorisen luonteen vuoksi myös tiedon prosessointiin kohdistuviin kuormituksiin.

Kuormittumisen mittaussmahdollisuuksien kartoituksessa huomio kiinnitetään lähinnä aktivaatiotasoon ja autonomisen hermoston vaikutuspiirissä olevien fysiologisten tunnusten käyttömahdollisuuksiin. Fysiologisista tunnuksista käsitellään sykintää, sinus arrhythmiaa, lisämunuaisen erittämiä hormoneja ja GSR:ää. Tutkimuksessa tarkastellaan myös reaktioajan, tuotoksen ja sen muuttumisen, haastateluksen sekä sairastavuustilastojen käyttömahdollisuuksia.

Kuormittumisen todetaan olevan niin monimutkainen psykologinen ja biologinen ilmiö, että yhdellä tunnuksella ei saada selvää kuvaa kuormittumisen asteesta eikä laadusta. Erityistä huomiota kiinnitetään aktivaatiotasoon monimuotoiseen olemukseen. Empiirisissä tutkimuksissa ehdotetaan käytettäväksi konvergoivien operaatioiden periaatteen mukaan useammasta mittarista koostuvaa testipatteristoa, jolloin ongelmaa valaistaan osittain eri puolilta.

The beginning of the study contains a review of a model of a mechanical man-machine system. This model describes the reciprocal relations between the driver, machine and environment. On this basis stresses and the resultant danger to forest machine work are analysed. Because of the neurosensoric character of the work, attention is also paid, in addition to those purely physical stresses normally mentioned, to the stresses upon the information processing system.

In seeking possible ways of measuring the strain on the driver attention is paid mainly to the level of arousal and to some physiological characters of the vegetative nervous system. These physiological characters mentioned include heart rate, sinus arrhythmia, hormones secreted from suprarenal gland and GSR. In addition the reaction time, performance, interviews and statistics of complaints have also been studied.

The strain on the driver is shown to be such a complicated psychological and biological phenomenon that a clear picture of the degree and character of the strain cannot be obtained from only one measurement. Special attention is paid to the important significance of arousal level. A suggestion is put forward that with the following empirical studies one should use a test aggregate build-up of several measures, which throw light upon different sides of the problem.

SISÄLLYS

| | |
|--|----|
| 1. JOHDANTO | 4 |
| 2. MEKAANISTA IHMINEN—KONE JÄRJESTELMÄÄ KUVAAVA MALLI | 5 |
| 3. KULJETTAJAAN TRAKTORITYÖSSÄ KOHDISTUVAT KUORMITUKSET | 5 |
| 31. Aistien kuormitus ja kuormittuminen | 5 |
| 32. Tiedon prosessoinnissa ilmenevät kuormitukset | 6 |
| 33. Motorinen työ ja siinä esiintyvät kuormitukset | 7 |
| 34. Palautteen ja ympäristön kuormittava vaikutus | 7 |
| 35. Huolto- ja korjaustöiden kuormitukset | 8 |
| 4. KUORMITTUNEISUUS JA SEN MITTAAMINEN | 8 |
| 41. Aktiiviatason muutokset | 8 |
| 42. Sydämen sykintätaaso | 9 |
| 43. Sinus arrhythmia | 9 |
| 44. Biokemialliset muuttujat | 10 |
| 45. Ohjausliikkeet ja reaktioaika | 11 |
| 46. Pitkäaikaisten kuormitustekijöiden selvitys haastattelulla ja sairastavuustilastoilla | 11 |
| 47. Tuotos ja sen muuttuminen sekä altistusaika | 12 |
| 5. TARKASTELU | 13 |
| LÄHTEET | 15 |

1. JOHDANTO

Metsätraktorit syrjäyttivät maataloustraktorit puunkorjuussa 1960-luvulla. Ensimmäisten traktorien suunnittelussa huomio kiinnittyi paremminkin niiden tekniseen toimivuuteen kuin ergonomisiin ominaisuuksiin. Hanssonin ym. (1967) ja Akerboldin (1967) tutkimukset paljastivat silloisten traktoreiden monet ergonomiset puutteet. Arvostelua vaikeutti sopivien normien puute. ISO:n suositusehdotuksen pohjalta (ISO/TC 108/WG 7 N 36) Aho ja Kättö (1971) kehittivät heilumisen mittaus- ja arvostelumenetelmän. Sen jälkeen Kättö ja Salminen (1973) sekä Hansson ja Wikström (1974) ovat arvostelleet traktorin heiluntaa ISO:n standardin (2631) pohjalta. Edellisessä tutkimuksessa todettiin ”terveyden vaararajan” ylittyvän 1,7 tunnin päivittäisen ajon jälkeen, kun ruotsalaisessa tutkimuksessa havaittiin ”väsymykseen ja alentuneeseen työtehoon” johtavan altistusajan vaihtelevan 1,5 tunnista 5 tuntiin päivässä. Heilunnan ja tärinän haitallisia vaikutuksia elimistöön on käsitelty Hansson (1975). Hansson ja Suggs (1973) tutkivat heilunnan vaikutusta ohjaustoimintoihin. Kättö ja Salminen (1973) mittasivat myös traktorien tärinää ja melua. Valaistuksen Hultman ja Teljstedt (1972) havaitsivat olevan riittämättömän traktorityön vaatimuksiin nähden. Huoltokohteiden todettiin olevan hankalissa paikoissa sekä huolto- ja korjaustyön olevan fyysisesti ras-

kainta ja vaarallisinta traktorityössä (Erikson ym. 1974). Hanssonin ym. (1973) suorittaman uuden katsauksen mukaan parannuksia oli tapahtunut mm. melun suhteen, mutta puutteita oli vielä monessa kohdassa kuten valaistuksessa ja näkyvydessä.

Gardell (1971) totesi psykologisen motivaation olevan heikomman karsimis- ja kuorimiskoneiden käyttäjillä kuin esim. kaatajilla, koska työ ei ole yhtä itsenäistä. Hall (1973) on myös todennut koneen kuljettajien olevan vähemmän itsenäisiä kuin metsureiden, mutta että he voivat työpanoksellaan vaikuttaa työsuhteen turvallisuuteen ja työnjohdon heidän työhönsä kohdistamaan arvostukseen.

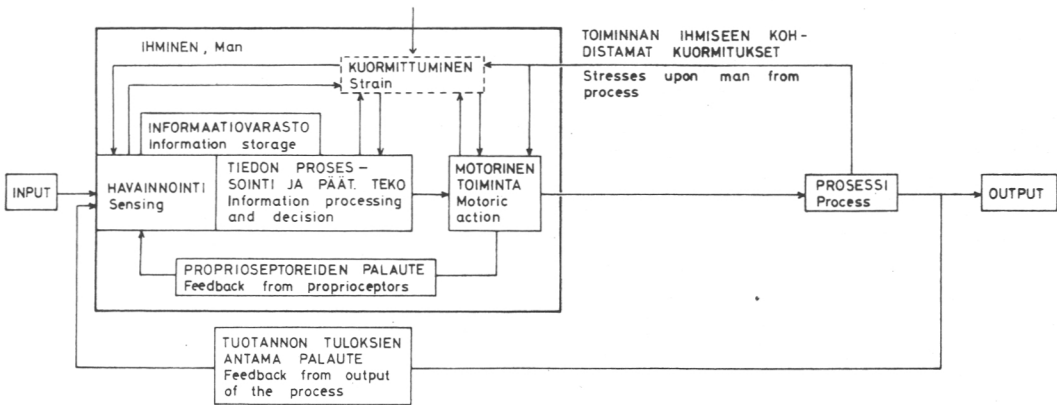
Metsätraktoreiden ergonomiset tutkimukset ovat olleet lähinnä fysikaalisten kuormitustekijöiden mittaamista ja työn psykologisen luonteen selvittämistä. Tässä tutkimuksessa on tarkoituksena rakentaa kuljettajan kuormittumista kuvaava malli, jossa työ nähdään ihmisen ja koneen monien vuorovaikutussuhteiden järjestelmänä. Mallin pohjalta analysoidaan oleelliset kuormitustekijät ja pyritään löytämään mittausmenetelmiä, joilla kuormittumisen astetta ja haitallisuutta voidaan arvostella.

Käsi- ja jalakirjoituksen ovat lukeneet ja työn eri vaiheissa minua neuvoneet MMT Pertti Harstela, FL Risto Vuorinen ja FK Kaija Kanninen, joita haluan kiittää suuresta avusta.

2. MEKAANISTA IHMINEN—KONE JÄRJESTELMÄÄ KUVAAVA MALLI

Mekaanisessa järjestelmässä ihmisen työnä on lähinnä koneen toiminnan ohjaus ympäristöstä ja koneesta saatavan informaation avulla. Työ on luonteeltaan neurosensorista tiedon käsittelyä, jossa voidaan erottaa kolme peräkkäistä vaihetta: tiedon havainnointi, käsittely ja päätöksen teko sekä tältä pohjalta tapahtuva fyysinen toiminto. Työprosessia ei voida käytännössä kuvata pelkästään mittaamalla ihmisen toimintaa, koska siihen vaikuttavat myös käytettävän

koneen ominaisuudet (McCormick 1970). Kuva 1 havainnollistaa mekaanisessa järjestelmässä, kuten traktorityössä, havaittavia ihmisen sekä koneen ja muun ympäristön vuorovaikutussuhteita. Tiedon käsittelyvaiheiden kuormittavuuden ja kuormittuneisuuden mittaus oletetaan koneen suoraan elimistöön kohdistamien kuormitusten, kuten heilunnan, ohella mielenkiintoiseksi työn kuormittavuuden arvostelussa.



Kuva 1. Traktorityön kuormituksia kuvaava malli.

Figure 1. A model describing forest machine work stresses upon the driver.

3. KULJETTAJAAN METSÄTRAKTORITYÖSSÄ KOHDISTUVAT KUORMITUKSET

31. Aistien kuormitus ja kuormittuminen

Tieto koneen, ympäristön ja kuljettajan sisäisestä tilasta välittyy aivoihin aistijärjestelmien kautta. Jokainen aisti on informaatiotulvan kohteena. Traktorin kuljettajan työssä näkö, joka on kehittynein avaruuteen sopeutumisen kaukoaisesti, on ylivoimaisesti tärkein. Näön varassa tapahtuvien ohjaus-toimintojen kuormittumiseen vaikuttavia koneen ominaisuuksia ovat mm. mittareiden sijoitustapa ja asteikkojen tarkkuus. Ohjausjärjestelmään kohdistuvaan kokonais-

kuormitukseen vaikuttavat myös seuraavat leimikosta johtuvat tekijät:

- maastoluokka
- hakkuutapa
- ajourien suunnittelu
- puutavaralajien määrä
- kouraisutaakkojen sijoittamistapa

Katseen kohdistamista ja objektin tarkkaa havaitsemista vaikeuttavat mm. suojaristikko, pakoputki, kuormain, pystyssä oleva puusto ja lumi. Etäisyyden arviointikyvyyn on todettu selittävän tuotoksen vaihtelua, joten siihen kohdistunee työssä huomattava

kuormitus (Cottell ym. 1976).

Silmää itseään kuormittavat lähinnä liian voimakas ja/tai epätasainen valo, mitkä nekkään eivät ole konetyössä harvinaisia. Traktorityötä tehdään paljon keinovalaistuksessa, joka on sekä epätasaista että kiiltävästä pinnasta heijastuessaan häikäisevää. Huono valaistus vaikeuttaa myös värien erottamista (Hultman ja Teljstedt 1972).

Heilunta lisää näköön kohdistuvaa kuormitusta heikentämällä silmien kohdistamiskykyä (Guignard ja Irwing 1962) tai aiheuttamalla pään kudosten resonanssi-värähtelyä (Rubinstein ja Kaplan 1968). Myös Grether (1971) on todennut heilunnan heikentävän näön tarkkuutta.

Kaiken tarpeellisen informaation ohella silmä vastaanottaa paljon ei-relevanttia "turhaa" tietoa, joka myöhemmissä vaiheissa kuormittaa korkeampia tietojenkäsittelyjärjestelmiä.

Korvan kautta välittyy miltei yksinomaan melua: melutaso ylittää useimmissa nykyisissä konemalleissa kuulon heikentymisen riskirajan (85 dB(A)) (esim. Kättö ja Salmiinen 1973, Hansson ym. 1973). Sen ohella, että melu estää kuljettajaa käyttämästä kuuloaan informaation välitykseen, se vaikuttaa ruumiin yleiseen puolustusmekanismiin (Selye 1950). Elimistössä tapahtuu muutoksia, kolesteroli ja kortisoliarvot (Cantrell 1973), verenpaine (Åberg 1963) ja sydämen sykintä (Åberg 1973) saattavat nousta. Fysiologiset vaikutukset vaimenevat ihmisen mukautuessa ulkoiseen ympäristöön, mutta pitkäaikaisessa, vaativassa tehtävässä melu psyykkisenä kuormituksena saattaa muuttaa motivaatiotasoa tai emotionaalista tilaa (McCormick 1970). Cottell ym. (1976) ovat havainneet motivaatiotason vaikuttavan traktorityön tuottavuuteen. Muuten tutkimukset melun vaikutuksesta työn tuottavuuteen ovat ristiriitaisia (McCormick 1970). Havainnointikykyä voimakkaasti kuormittavassa työssä melun on havaittu alentaneen suoritusastoa (Boggs ja Simon 1968), mutta melutason alittaessa kuulon heikentymisen riskirajan vaikutukset suoritusastoon ovat mitättömiä.

Ohjausliikkeiden tarkasti koordinoitu suoritus vaatii proprioseptoreiden nopean palautteen aivokuorelle. Raajan siirtäminen pelkästään silmän kautta saadun palautteen avulla on epävarmaa ja kömpelöä, sillä tah-

donalaisiin lihaksiin vaikuttavat käskysignaalit eivät mene perille spesifeihin kohteisiin, vaan liikkeestä tulee kokonaisvaltainen (Vuorinen 1977a). Käden voiman ollessa isometrinen heilunnan häiritsevä vaikutus on pieni, koska kuljettaja toimii voiman vahvistajana ja palaute on nopeata. Heilunta häiritsee palautetta enemmän, jos käden voima on isotoninen. Lisäksi lihaskämmät, jotka välittävät suurimman osan dynaamisessa toiminnassa lihaksista tulevasta palautteesta, ovat herkkiä heilunnan aiheuttamille häiriöille (Lewis ja Griffin 1976).

Traktorin kuljettajan kuormittumisessa eivät aistielimet yleensä ole avainasemassa. Ne välittävät ohjaamisen kannalta relevantin informaation edelleen. Aistien toimintasuhteet hytissä eivät ole laisinkaan optimaaliset: melu, huono näkyvyys ja heilunta heikentävät niiden toimintamahdollisuuksia. Kuulo on herkin funktionaalisen toimintakyvyn heikkenemiselle kun muiden aistien kohdalla kysymyksessä on yleensä välityskapasiteetin tai -tarkkuuden tilapäinen lasku.

32. Tiedon prosessoinnissa ilmenevät kuormitukset

Vaikka neurosensorisen toiminnan eri vaiheita ei voida selvästi erottaa toisistaan, niin aivot mieluummin kuin aistielimet muodostavat tiedon käsittelyn pullonkaulan (McCormick 1970). Informaation käsittelyä aivoissa voidaan ko. asiassa havainnollistaa käsitteillä selektiivinen filteri ja yksikanavajärjestelmä. Edellisellä kuvataan sitä, että kiinnitämme huomion vain tehtävän kannalta oleellisiin ärsykkeisiin muiden jäädessä taka-alalle. Jälkimmäinen kuvaa ihmisen tapaa käsitellä yksi "asia" kerrallaan (Poulton 1969). Aistielimiin kohdistuu useita ärsykeitä yhtäaikaan, joista ns. melu suodattuu filterissä pois. Tunne, että käsittelemme monta asiaa samanaikaisesti syntyy siitä, että tietoinen huomio siirtyy nopeasti asiasta toiseen (McCormick 1970). Prosessointijärjestelmän kuormittuminen riippuu työn vaatimasta yksikanavajärjestelmän käyttöasteesta. Tämä tulee sitä pienemmäksi, mitä automaattisemmaksi toiminto harjaantumisen mukana muodostuu. Refleksinomaisissa työvaiheissa kuormitus kohdistuu lähinnä suorittaviin lihaksiin tai toisaalta lihasaktiiviteetin puuttuessa työ koe-

taan helposti monotoniseksi. Ihmisen kyky hallita kuormittuneena tehtäväkokonaisuuksia heikkenee, sillä tällöin kokonaisuus pyritään hajoittamaan osiin, jolloin suoritus hidastuu ja virheiden määrä lisääntyy (Poult on 1969). Myös ihmisen toimintastrategiat muuttuvat kuormittumisen myötä, sillä tällöin turvaututaan hyvin opittuihin, automaattisiin toimintamuotoihin, jotka soveltuvat hyvin vain yksinkertaisiin tilanteisiin.

Traktorin kuljettajan neurosensorisen työn kuormittavuutta arvosteltaessa huomio on kiinnitettävä päätöksentekotilanteiden esiintymistiheyteen eikä niinkään niiden vaikeuteen (esim. Ettema ja Zielhuis 1971). Puutavaralajien määrä, ajourien laatu, kasojen sijoittelu, jäljelle jäävä puusto jne. vaikuttavat päätöksentekotilanteiden lukumäärään ja siten myös kuormittumiseen.

33. Motorinen työ ja siinä esiintyvät kuormitukset

Kuljettajan suorittama mekaaninen työ on lähinnä hallintalaitteiden käsittelyä. Työn fyysisen kuormittavuuden kannalta on siten tärkeää, ettei ruumiin asentoa tarvitse muuttaa eikä raajoja liikuttaa tarpeettomasti työliikkeen aikana, ja että vivuista saa hyvän otteen jne. (esim. McCormick 1970, Bulat 1971). Toisaalta työn pitäisi sisältää niin paljon vaihtelevia liikkeitä, ettei sitä koeta monotoniseksi tarkkailutehtäväksi. Ohjainlaitteiden käyttövoiman täytyy olla suhteessa toiminnan tarkkuuteen, käytettävään ruumiinosaan ja etäisyyteen kuljettajasta (McCormick 1970).

Teknisillä ratkaisuilla on pienennetty motorisiin liikkeisiin ja kuljettajaan yleensäkin kohdistuvia kuormituksia: hydraulinen runko-ohjaus vaimentaa mekaanista paremmin koneen värinää (Kättö ja Salmi en 1973). Ohjausliikkeen ja sitä seuraavan toiminnon suuruuden suhde vaikuttaa liikesarjojen pituuteen ja ohjaustoiminnan asteeseen ja siten kuljettajaan kohdistuvaan kuormitukseen.

Ohjausliikkeisiin liittyvän fyysisen toiminnan määrä vaikuttaa hytin lämmitys- ja ilmastointitarpeeseen. Manuaaliset toiminnot heikkenevät kylmässä aiemmin kuin henkinen aktiivisuus (McCormick 1970). Tarkkuutta vaativa työ on hidasta, jos esim. kädet ovat kylmät, koska kosketustunto

heikkenee. Sekä liian kylmä että kuuma ohjaamo ovat yleisiä kuormitustekijöitä, jotka suorien vaikutustensa ohella voivat voimistaa muiden tekijöiden vaikutusta.

Säilyttääkseen tasapainonsa kaltevassa maastossa ohjaaja jännittää jalka- ja selkälihakseen jolloin niihin kohdistuu staattinen kuormitus. Kuljettaja jännittää lihaksiaan myös ehkäistessään heilunnan näkemistä ja motorisia toimintoja haittaavaa vaikutusta (Hansson 1973, Wuolijoki 1976).

34. Palautteen ja ympäristön kuormittava vaikutus

Varsinkin urakoitsija ja urakkapalkalla työskentelevä kuljettaja omaksuvat ympäristöstä tietyn tuotostavoitteen. Koneiden kalliit hankintahinnat ja niiden alttiudet särkyemisille asettavat vaatimukset tehotuntituotoksesta suhteellisen korkealle. Ohjaajan taitavuuden ollessa tuotosta rajoittava tekijä hän asettanee tavoitteensa niin korkealle, että elimistössä helposti syntyy Selye:n (1950) kuvaama yleinen stressireaktio. Kuumassa korjuuketjussa ja joskus muulloinkin työn pakkojohtoisuus ja -tahtisuus vielä lisäävät psyykkistä stressiä. Konemiesten työpäivät ovat usein pitkiä (Kyttä lä 1977) ja ympäristöolosuhteista johtuen epäsäännöllisiä, mikä lisää kuormittumisilmion kestoa.

Koneen heilunta ja värinä voidaan ymmärtää toiminnasta aiheutuvana palautteenä. Heilunnan voimakkuus riippuu paljon ajotavasta ja -nopeudesta. Sen haitallisuuteen on syynä vaikutuspiirin laajuus: Ohjaustoiminnot ja informaation saanti vaikeutuvat, jota kompensoidaan ylimääräisellä lihasten jännittämisellä. Eri elinten ominaisaajuudet sattuvat nykyisten traktorimallien heilunnan maksimialueelle, jolloin liikkeen välittyminen on suurimmillaan ja elinten vauriot mahdollisia. Yhdistetty sivu- ja pystysuuntainen heilunta on selälle erityisen vaarallista, koska se kuormittaa nikamia epätasaisesti (Wuolijoki 1976). Kuljettaja ei koe heiluntaa niin vaaralliseksi kuin se todellisuudessa on, koska osa vaikutuksista ilmenee vasta vuosien altistuksen jälkeen.

Fysikaaliset kuormitukset, jotka vaikuttavat pitkällä aikajaksolla, voivat muuttaa reaktioita psyykkisiin kuormituksiin. Gardell (1971) on todennut henkilöiden, joilla on selkävaivoja, subjektiivisesti kokevan

suurempaa henkistä ja fyysistä kuormittamista. Tämän ohella he kokevat mm. suurempaa painetta työnjohtajien taholta tuotoksen parantamiseksi.

35. Huolto- ja korjaustöiden kuormitukset

Huolto- ja korjaustyöt, joihin saattaa kuulua > 10 % traktorin kuljettajan työajasta, poikkeavat täysin normaalista koneen kuljettamisesta. Raskaiden osien siirtely voi olla

fyysisesti hyvinkin kuormittavaa. Hankalista työasunnoista ja osien kannattelusta johtuen käsien ja jalkojen lihaksiin kohdistuu staattista kuormitusta. Huoltokohteet ovat usein vaikeasti tavoitettavissa ja vaarallisissa paikoissa (Erikson ym. 1974). Tietoisuus ansiotason riippuvuudesta koneen käyttöasteesta lisänee psyykkistä kuormitusta korjaustöissä. Em. töiden tuoma vaihtelu normaaliin päivärutiiniin saattaa toisaalta parantaa suoritustasoa varsinaisessa työssä (ks. esim. Davey 1973).

4. KUORMITTUNEISUUS JA SEN MITTAAMINEN TRAKTORITYÖSSÄ

41. Aktivaatiotason muutokset

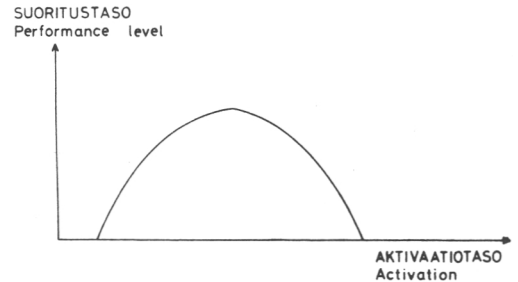
Aktivaatiotaso on organismin tila, joka säätelee sen toimintavalmiutta riippumatta siitä, mihin toiminta kohdistuu ja millaisesta toiminnasta on kyse (Nummenmaa ym. 1966). Vireystasoa säätelee ns. retikulaarinen aktivaatiojärjestelmä, jonka aivorunkoon sijoittuva osa määrää keskushermoston perusvireyden ja lihaksiston perustuksen ja thalamuksen alueelle sijoittuva osa reagoi ympäristön hetkellisiin muutoksiin (Vorinen 1977b).

Suoritustason riippuvuus vireystasosta on käännetyn U-käyrän muotoinen (kuva 2). Aktivaatiotaso on tyypillinen yleistilamuutuja, ts. se heijastaa mitä erilaisimpia organismeihin ja organismeissa vaikuttavia tekijöitä ja sen vaihtelut puolestaan vaikuttavat melkein mihin tahansa organismin toimintaan.

Monotonisissa tarkkailutehtävissä huomataan selvästi suoritustason huononeminen työn aikana, mutta luonteeltaan dynaamisessa traktorin kuljettamisessa ei muutosten syytä ole yhtä helposti löydettävissä.

Aivokuorelta tapahtuvan säätelyn ohella aktivaatiotason vaikuttavat sisäelimestöstä tulevat hermoimpulssit ja ulkoiset ärsykkeet. Ulkoisten ärsykkeiden informaatioarvo eikä esim. niiden määrä on normaaliolosuhteissa suurimmassa yhteydessä vireystasoon mikä perustuu thalamuksen ja aivokuoren kaksisuuntaisiin yhteyksiin (Hämäläinen ja Vorinen 1977).

Kun neurosensorisessa työssä tiedon käsittelyn tehokkuus, tarkkuus ja nopeus riip-



Kuva 2. Suoritustason muuttuminen aktivaatiotason funktiona.

Figure 2. The change in performance level as a function of the level of activation.

puvat aktivaatiotasosta, on oleellista selvittää mahdollisuudet mitata sen muutoksia. Niitä ei välttämättä ole suoraan havaittavissa suoritustasossa, sillä kuljettaja voi lisätä toimintaa ohjaavien päätösten lukumäärää ja metsäolosuhteissa tuotos vaihtelee jo muistakin syistä liian paljon.

Aktivaatiotason muutoksia voidaan parhaiten mitata fysiologisilla tunnuksilla. Aivosähkökäyrä (EEG) kuvaa luotettavimmin aivojen aktiivisuustasetta, mutta sen rekisteröinti maasto-olosuhteissa on mahdotonta. Käytännön mittaustilanteissa seurataan yleensä vireystason vaihtelun heijastumista ääreishermoston toimintaan. Muutoksia havaitaan selvimmän ihon galvaanisessa sähkönjohtokyvyssä (GSR), lihaspotentiaaleissa (EMG), hengitystiheydessä ja sydämen sykkintätaossa (Nummenmaa ym. 1966).

Kun vireystason muutoksia mitataan, on pyrittävä erottamaan työn kuormittava vai-

kutus ja muiden ulkoisten tekijöiden vaikutus. Tietyn kuormituksen suuruutta arvoiteltaessa on toisaalta otettava huomioon viireystason poikkeama optimista, mikä vaikeuttaa kuormituksen kokemiseen (ks. Eide 1971).

GSR reagoi herkästi aktivaatiotasossa ja sympaattisen hermoston tonuksessa tapahtuviin hetkellisiin muutoksiin (Eide 1971). Helander (1976) on todennut sen kuvaavan hyvin sitä ohjaajan henkistä ponnistusta, joka on tarpeellinen, jotta ajettaessa saataisiin ohjausliikkeitten kannalta relevantti tieto ympäristöstä.

Sensoriseen ylikuormitukseen — ärsykeiden liian suureen määrään — reagoidaan yleensä kahdella vaihtoehdoisella tavalla. Ensimmäkin aktivaatiotasoa voi kohota suoritus-tason pysyessä hyvänä tai jopa parantues-sa, jolloin myös virheiden määrä saattaa lisääntyä (Nummenmaa 1966). Toisaalta reaktio ylikuormitukseen voi olla myös suorituksen hidastuminen ja toiminnan väheneminen. Synnä erilaisiin reaktioihin on ilmeisesti käännetyin U-käyrän muodon erilaisuus eri tehtävissä. Yksilöiden välillä havaittavat erot voivat toisaalta johtua perusviireystason sijainnista joko nousevalla tai laskevalla U-käyrän osalla.

42. Sydämen sykintätaso

Sydämen sykintää on käytetty runsaasti työn fyysisen kuormittavuuden arvostelussa (esim. Harstela ja Vuorinen 1978). Monotonisessa neurosensorisessa työssä on väsymistä arvosteltu sykintätason laskuna (mm. Sadowski 1975). Tsanevan (1971) mukaan korkeat sykintäarvot ja vaihtelurajojen kasvu ovat neurosensorisessa työssä väsymyksen merkkejä. Lehtonen (1977) havaitsi sykintätason nousevan lievästi metsätraktorin kuljettajilla työpäivän aikana. Tehdyissä tutkimuksissa metsätraktorin kuljettajan sykintätaso on vaihdellut 70..103 krt/min työntekijästä, työvaiheesta ja -ajankohdasta riippuen (Hansson ym. 1967, Hultman ja Teijstedt 1972, Lehtonen 1977). Helpon mitattavuutensa takia sykintätasoa kannattaneen käyttää eri työvaiheiden kuormittavuuden arvioinnissa, ulkoisten tekijöiden kuormitusvaikutusten arvostelussa ja fysiologisen tilan muutosten seuraamisessa. Traktorin kuljettajan kuormittumiseen vai-

kuttavat fyysinen, neurosensorinen ja henkinen kuormitus, joten käytettäessä sykintätasoa kuormittumisen ainoana mittana eri tekijöiden osuuden selvittäminen on epäluotettavaa. Tulosten analysoinnissa on myös monia epävarmuutta aiheuttavia tekijöitä. Sykkeen ollessa alhainen (100 krt/min) on siihen vaikuttavat tekijät kontrolloitavia tarkkaan, koska aivojen sensorisia, sykettä nostavia tekijöitä inhihoiva vaikutus on suoraan verrannollinen sykintätaajuuteen (Lacey 1967). Hengitys, verenpaineen ja kehon lämpötilan muutokset aiheuttavat rytmittäistä vaihtelua syketaajuuteen (Sayers 1973). Alhaisella taajuudella myös monet käytännön työssä vaikeasti kontrolloitavat tekijät kuten ruokailu, tupakointi, tunnetila, lämpötila ja pitkäaikaisen pystyasennon aiheuttamat hydrostaattiset muutokset vaikeuttavat tulosten tulkintaa (Oja 1968).

43. Sinus arrhythmia

Eräs suosituimmista muuttujista tutkittaessa tiedon käsittelyn vaikutuksia ihmiseen on sinus arrhythmia, joka kuvaa kahden peräkkäisen sydämen sykähdyksen välisen ajan vaihtelevuutta. Neurosensorisessa kuormitustilanteessa ajan varianssi pienenee. Syyksi oletetaan vegetatiivisen hermoston aktiivisuuden kasvu (Ettema ja Zielhuis 1971). Erilaisia laskentamenetelmiä sinus arrhythmialle on kehitetty useita (ks. esim. Luczak ja Laveig 1973, Oppmeier 1973).

Boyce (1974) on todennut, että molemmat syketiheys ja sinus arrhythmia muuttuvat sekä fyysisen että henkisen kuormituksen kasvaessa, kuitenkin niin, että sinus arrhythmian muutoksen suunta on riippuvainen fyysisen työn laadusta ja osittain myös laskentamenetelmästä.

Käytettäessä sykkeen epäsäännöllisyyttä kuvaamaan neurosensorista kuormitusta törmätään moniin vaikeuksiin. Riippumattoman muuttujan, henkisen kuormituksen, määrittäminen on vaikeaa. Aivoja kuormittava työ muuttuu harjoittelussa ainakin osittain automaattiseksi, jolloin yksikanavajärjestelmän kuormitus pienenee (Boyce 1974). Koulutus, kokemus ja viireystaso vaikuttavat keskushermoston kuormittumiseen. Tunnetekijöistä riippuen fysiologinen reaktio henkiseen kuormitukseen vaihtelee (Kals-

bee k 1973). Sykkeen epäsäännöllisyyksien pieneneminen saattaa johtua osittain myös hengitystiheyden muutoksista (E t t e m a ja Z i e l h u i s 1971). E i d e n (1971) mukaan sinus arrhythmian on todettu kadonneen sykintätason noustessa tarpeeksi korkealle.

Aivoihin tuleva informaatiotulva koostuu kolmesta osasta: aistinelimistä tuleva tehtävän kannalta merkityksellinen ja muu (melu) informaatio sekä yksilön sisäisestä ympäristöstä tuleva tieto. Kokonaismäärä pysyy kuitenkin tietyissä mm. vireystasosta riippuvissa rajoissa, sillä ihminen kyberneettisenä järjestelmänä voi vaikuttaa eri lähteistä tulevien informaatioiden osuuksiin. Ihmisen fysiologiset järjestelmät eivät normaalisti toimi täydellä teholla, vaan erikoistilanteita varten on jäljellä varakapasiteettia. Vasta näissä tilanteissa voidaan havaita sinus arrhythmiaa muutoksia, joten se K a l s b e e k i n (1973) mukaan kuvaa lähinnä kuormitushuippuja ja yksikanavajärjestelmän käyttöastetta.

Tiedon käsittelyn yksikanavajärjestelmäluonteen takia sinus arrhythmiaan ei vaikuta niinkään tehtävän kompleksisuus vaan päätösten lukumäärä aikayksikössä (E t t e m a ja Z i e l h u i s 1971, K a l s b e e k 1973). Jos ajonopeutta lisätään, vähenee päätöstä varten käytössä oleva aika. Elleivät muut tekijät aiemmin rajoita ajonopeuden kasvua saavutetaan tilanne, jolloin elimistön tasapainotilanne järkkyy, mikä ilmenee mm. sinus arrhythmiaa. Tällaista huippukuormitusta elimistö kestää K a l s b e e k i n (1973) mukaan vain n. 3 min, jonka jälkeen sinus arrhythmia palautuu ja samalla ohjausvirheiden todennäköisyys kasvaa.

Havainnon yksikanavajärjestelmän käytöstä tutkitaan myös kaksoistehtäväestillä, jossa koehenkilö suorittaa normaalin työnsä ohella jotain toista yksikanavajärjestelmää kuormittavaa tehtävää. T s a n e v a n (1972) mukaan lisätehtävätesti paljastaa systeemin epävakaisuuden. F i r t h (1973) toteaa ylimääräisen tehtävän tietyissä tilanteissa indikoivan koehenkilön sensorisen kapasiteetin käyttöastetta. Heikkoutena on kuitenkin lisätehtävän sekoittuminen alkuperäiseen työhön, joka tapahtuu helposti huolimatta koehenkilölle annetuista ohjeista.

44. Biokemialliset muuttujat

Autonomisen hermoston pyrkimys palauttaa työn alettua elimistön sisäinen tasapaino tonustaan muuttamalla näkyy selvästi biokemiallisissa säätelyjärjestelmissä. T s a n e v a (1972) luonnehtiikin biokemiallisia testejä luotettaviksi, ei-spesifeiksi ja kvantitatiivisiksi väsymyksen mittareiksi. Tasapainotilasta tapahtuvan poikkeaman suuruus heijastaa elimistön sopeutumisyrittystä.

Lisämunuaisen sisäkerroksen erittämät katekoliamiinit ovat suoraan vegetatiivisen hermoston vaikutuspiirissä ja T s a n e v a n (1972) mukaan näiden hormonien tutkiminen on tärkeää varsinkin sellaisissa ammateissa, joissa on neurosensorista ja neuroemotionaalista kuormitusta. Suorittamistaan kokeista T s a n e v a (1972) on vetänyt mm. seuraavat johtopäätökset:

- adrenaliinin taso on verrannollinen työtehtävän kompleksisuuteen
- noradrenaliinin taso nousee työpäivän aikana, joka ei kuitenkaan riipu työn henkisestä kuormittavuudesta, vaan lähinnä joidenkin lisäkuormitusten olemassaolosta.

D u k e s - D o b o s i n (1971) siteeraamien tutkimusten tuloksissa havaitaan selvää kaksijakoisuutta: toisissa kokeissa adrenaliinin taso on noussut, toisissa taas noradrenaliinin. Ristiriitaisia tuloksia on selitetty mm. koehenkilön luonteella, emotionaalisella stressillä ja persoonallisuuden erilaisella suuntautuneisuudella. Syynä voi olla myös yksilöiden väliset erot perusvireystason sijainnissa U-käyrällä.

Kokeita järjestettäessä on otettava huomioon, että ihminen kyberneettisenä järjestelmänä pystyy mukautumaan tietyssä määrin kuormittaviin olosuhteisiin, jolloin reaktiot muuttuvat. D u k e s - D o b o s i n (1972) mukaan ei voida sanoa, johtuuko katekoliamiinien erityksen pieneneminen pitkäaikaisessa kuormituksessa lisämunuaisen toimintakyvyn heikkenemisestä vai onko kyseessä elimistön adaptiivinen reaktio, jolloin kuormituksen vaikutus ihmiseen pienenee.

S e l y n (1950) teorian mukaan sekä ruumiillinen että henkinen työ ovat stressitekijöitä, jotka aktivoivat mm. aivolisäkkeen ja lisämunuaisen kuorikerroksen muodostamaa järjestelmää. Suoritetuissa kokeissa on kuitenkin saatu ristiriitaisia tuloksia eri hormonien erittymisestä. Tuloksiin on saattanut

vaikuttaa mittausmenetelmän heikkoudet ja myös koehenkilön mukautuminen kuormitustilanteeseen. Jos ihmiseen kohdistetaan joka päivä psyykinen kuormitus, johon hän reagoi pienellä 17-OHCS erityksen kasvulla, voi reaktio uuteen lisäkuormitukseen olla erityksen pieneneminen normaaliin lisääntyminen sijasta (Mason 1968).

Hormonien erittyminen kuormitustilanteessa on kuitenkin pohjimmiltaan hermostollinen reaktio. Eri sisärauhasten välillä on neuraalinen ja humoraalinen feedback-mekanismi, joka vastaa elimistön kokonaisvaltaisesta reaktiosta kuormitukseen. Tämä selittää yhden hormonin kohdalla saatuja osittain ristiriitaisia tuloksia niin katekoliamiinien kuin tutkittujen steroidienkin kohdalla. Kuormituksen aikana katabolisia vaikutuksia omaavien hormonien erityksen lisääntyminen päinvastoin kuin levossa, jolloin anaboliset hormonit täydentävät kehon energiavaroja (Dukes-Dobos 1971). Biokeemiallisten muutosten liittäminen dynaamisen kuormitustilanteen eri vaiheisiin on vaikeaa. Tämä vaatisi useita näytteiden ottoja, joka jo sinänsä on tuloksiin vaikuttava kuormitustekijä (Harstela ja Vuorinen 1978, Eide 1971).

45. Ohjausliikkeet ja reaktioaika

Mezals (1971) on mitannut ohjausliikkeiden lukumäärää ja kestoa pyrkiessään sijoittamaan ohjauslaitteet ja vivut mahdollisimman edullisesti kuljettajaan nähden. Motoristen säätötoimenpiteiden lukumäärä kuvaa ohjaajan käsittelemää informaation määrää, kun tietyllä aktivaatiotasolla motorisia toimenpiteitä vaativan tiedon osuus oletetaan vakioksi. Säätötoimintojen lukumäärän kasvu ja/tai suhteellisen jakaantumisen muutos kuvastavat toiminnan heikkenemistä optimista, kun työolosuhteet vakioidaan.

Kuljettajan kokemuksen kasvaessa ohjaustoiminnot muuttuvat automaattisiksi ja aivojen "vertailu-ratkaisu" -vaiheen kuormitus pienenee. Toiminta nopeutuu, minkä ovat havainneet mm. Lehtonen (1977) ja Cottell ym. (1976). Kokemuksen lisääntyessä myös proprioseptoreista tuleva palaute tarkentuu ja reaktiot muodostuvat osittain refleksinomaisiksi. Mitä kokeneempi kuljettaja on, sitä vähemmän työn tuoma kuormitus muuttanee ohjaustoimintoja. Kokeneilla kuljettajilla fysiologiset reaktiot

ovat muutenkin pienemmät kuin kokematomilla. Esim. Lisper ym. (1973) havaitsivat kokeneilla kuljettajilla lyhyemmän reaktioajan, matalamman pulssin ja pienemmän hengitystihyeyden pitkäaikaisessa ajokohteessa.

Reaktioaika on aika, joka kuluu ärsykeen esittämisestä siihen liittyvän toiminnon suorittamiseen. Kokonaisaika koostuu transduktioajasta reseptorissa, nousevan johdannon kestosta, sentraalisesta johdannasta ja päätöksen teosta, efferentisestä johdannasta, neuromuskulaarisen synapsin toiminnasta sekä lihaksen aktivoitumisnopeudesta. Sentraalisten vaiheiden kuluttama aika on yleensä pisin (Woodworth ja Schlosberg 1965). Kun koe järjestetään traktorin kuljettajalle niin, että ärsyke ja reaktio vastaavat normaaleja työssä esiintyviä toimintoja, kuvaa reaktioaika neurosensorisen ohjaustoimenpiteen vaatimaa aikaa. Edellyttäen mm., että ärsyke ja vastausvaihtoehdot ovat vakiot, reaktioajan kasvu ilmaisee sentraalisten toimintojen hidastumista. Koetilanteen järjestelyssä pitää kiinnittää erityistä huomiota sekä koehenkilön valmius- ja motivaatiotilaan että motoriisiin reaktioihin vaikuttaviin ympäristötekijöihin.

46. Pitkäaikaisten kuormitusten selvitys haastattelulla ja sairastavuustilastoilla

Motivaatioteorioiden eräs peruslähtökohhta on, että optimista poikkeavassa tilanteessa toimitaan niin, että optimi jälleen saavutetaan. Jokapäiväisessä elämässä motiiveilla on vaihtelevia aikaskaaloja. Urakoitsijan/kuljettajan monivuotinen tavoite on esim. uusi kone ja/tai huoli perheen toimeentulosta. Mitä enemmän nykytilanteen todetaan poikkeavan optimista, sitä suurempaa psyykkistä kuormitusta se merkitsee joka päivä. Huoli pitkäaikaisten tavoitteiden täyttymisestä heijastuu päivittäisiin toimintoihin (Welford 1973). Vaikuttaessaan pitkään työympäristön ulkopuoliset lisäkuormitukset edesauttavat sairauksien esiasteden ja lopulta sairauksien kehitymisessä. Psykosomaattiset sairaudet kuten vatsahaava ja eräät sydämen toimintahäiriöt johtuvat ensisijassa psyykkisistä kuormitustekijöistä. Gardell (1971) on todennut vatsahaavan oireita sellaisilla metsässä työskentelevillä henkilöillä, jotka eivät pidä työtään kiinnos-

tavana ja vapaana sekä kokevat kovempaa painetta työnjohdon taholta. Psykkiset kuormitukset lisäävät kuljettajan päivittäistä kuormittumista ja muuttavat hänen reaktioitaan lyhytaikaisiin kuormituksiin. Niiden laatuun ja määrään ei voida vaikuttaa yhtä helposti kuin suoraan koneesta aiheutuviin kuormituksiin kuten heiluntaan.

Luonteensa takia pitkäaikaisten kuormitustekijöiden vakavuutta ja niiden subjektiivista kokemista voidaan parhaiten selvittää haastatteluilla (ks. Eide 1971) ja sairastavuustutkimuksilla (ks. Turttainen 1974), joista käy ilmi pysyväisluontoiset fysiologiset muutokset. Esim. heilunnan selkänikamiin kohdistama kulutus voidaan parhaiten selvittää juuri sairastavuustilastoista. Subjektiivinen käsitys työn kuormittavuudesta ja fysiologiset mittarit sopivat joskus hyvin yhteen kuten käy ilmi mm. Aunola ym. (1975) tekemästä tutkimuksesta metalliteollisuudessa.

47. Tuotos ja sen muuttuminen sekä altistusaika

Kuormittumistutkimuksissa tuotos ja sen muuttuminen työajan kuluessa ovat olleet hyvin suosittuja mittareita. Työn kuluessa tapahtuneen suoritustason laskun on oletettu johtuvan kuormittumisesta (Cameron 1973). Menetelmä on tuskin luotettava fyysisesti kevyessä traktorityössä, sillä kuljettaja voi lisätä ponnistustaan kuormittuessaan ja näin säilyttää suoritustason vakiona (ks. esim. Cameron 1973, Viru 1975). Niin kauan kuin aktivaatiosoon vaikuttavia tekijöitä traktorityössä ei tunneta, vaikeuttaa sen labiilisuus suoritustason muuttamisen käyttöä kuormittumisen mittarina.

Fyysisesti raskaassa työssä työmäärä on kuvannut työntekijän kuormittumista (Harstela ja Vuorinen 1978). Scholzin ja Wilhelmin (1975) mu-

kaan konetyössä tehtyjen runkojen määrä on suhteellisen objektiivinen työpanoksen kuvaaja. Cameron (1973) asettaa tuotokseen pohjautuvat kuormittumisen mittarit kyseenalaisiksi ja toteaa, että ko. mitaustekniikkaa käytettäessä koehenkilöä on seurattava tarkasti pitkäköön ajan. Aktivaatiossa tapahtuvat muusta kuin työstä johtuvat muutokset asettavat rajoituksia tuotoksen käytölle kuormittumisen mittarina. On oletettavissa, että fyysisesti kevyessä työssä vireystason muutoksia tapahtuu herkemmin kuin raskaassa työssä tai että suoritustaso on herkempi vireystason muutoksille.

Traktorityön osavaiheet poikkeavat selvästi kuormitukseltaan toisistaan: kuormauksessa ja purkauksessa heiluntakuormitus on oleellisesti pienempi kuin ajossa ja neurosensorinen kuormitus ehkä suurempi. Kun oletetaan heilunnan ja ajoon liittyvien muiden kuormitusten olevan kuormittumisen oleellimmat osatekijät voidaan eri kuljetusmenetelmiä arvostella helposti vertaamalla ajoajan suhdetta kokonaisaikaan (ks. esim. Harstela ja Tervo 1977). Tiedot eri työvaiheiden kaikista kuormitustekijöistä ovat kuitenkin vielä niin karkeat, että tarkempaan analyysiin tältä pohjalta on tuskin syytä mennä. Vaikka ko. menetelmällä ei saada selville miten kuormittavia eri kuljetustavat ovat, vaan vain niiden keskinäinen järjestys, puolustaa se hyvin paikkaansa yksinkertaisena vertailumenetelmänä.

Jotta suoritustasoa voidaan pitää kuormittumisen mittarina huolto- ja korjaustyöt on voitava rinnastaa normaaliin työhön. Ne poikkeavat kuitenkin kuormitustavaltaan oleellisesti koneen kuljettamiseen liittyvistä työvaiheista. Poikkeuksellisenä työvaiheena kuljettaja voi kokea korjaustyöt tilanteesta riippuen jopa normaalin työn kannalta "ei-kuormittaviksi" ja uutta työntöä antaviksi.

5. TARKASTELU

Kuormittumisen mittauksessa törmätään moniin vaikeuksiin. Koska eri tutkimuksissa kuormittuminen on määritelty ja mittaukset suoritettu eri tavoilla, on tuloksia ollut vaikea tulkita ja ne ovat olleet osittain ristiriitaisia (Cameron 1973). Pätevän määritelmän puuttuessa on vaikea asettaa kriteerejä, milloin työntekijä on liian kuormittunut jatkaakseen työtään.

Kuormittuminen onkin nähtävä monimutkaisena psykologis-biologisena ilmiönä. Subjektiiivinen kuormittumisen tunne ei fyysisesti kevyessä työssä välttämättä liity yhteen fysiologisissa tunnuksissa tapahtuviin muutoksiin, koska motivaatio, vaatimustaso ja työn mielenkiintoisuus vaikuttavat kuormittuneisuuden kokemiseen.

Subjektiiivisen kokemuksen kannalta empiirisissä tutkimuksissa on kiinnitettävä huomiota vireystasoon. Se on luonteeltaan ns. yleistilamuuttuja, jonka ominaisuuksiin kuuluu vaihtelu melkein minkä tahansa ulkoisen tai sisäisen tekijän myötä. Aktivaatiotason tärkeyttä kuormittumistutkimuksissa korostaa sen monimuotoinen olemus. Muutos voi olla kuormittumisreaktio, sillä esim. Hasaniin (1970) siteeraaman tutkimuksen mukaan heilunta vaikuttaa vireystasoon. Koska stressin kokeminen on kääntäen verrannollinen suoritustasoa kuvaavaan U-käyrään (Eide 1971) (ks. kuva 2), aktivaatiotaso vaikuttaa myös kuormituksen suuruuteen. Optimaalinen vireystaso vaihtelee tehtävästä toiseen, kuten myös U-käyrän huipukkuus. Suoritustason huononemista ei siten voida havaita yhtä selvästi kaikissa työvaiheissa. Kun aktivaatiotasoon vaikuttavat tekijät hallitaan, voidaan hetkellisten vaihteluiden alta selvittää työn aiheuttama trendi. Tällöin voidaan mm. tyjärjestyksellä pyrkiä ylläpitämään toiminnan kannalta optimaalista vireystasoa. Oleellista on myös selvittää, millainen käyrän huipukkuus (vrt. kuva 2) traktorin kuljettajalla on eri työvaiheissa eli miten kapea on maksimaalisen suoritustason kannalta optimaalinen vireystaso.

Aktivaatiotaso vaikuttaa autonomisen

hermoston välityksellä niihin fysiologisiin tunnuksiin, joita kuormittumisilmiötä tutkittaessa yleensä mitataan. Selvimmin vireystason hetkelliset muutokset havaitaan käytännön olosuhteissa GSR:ssä. Hormonitason muutoksilla elimistö pyrkii sopeutumaan pitempiaikaisiin kuormituksiin (esim. työhön), mutta on selvää, että vireystason muutokset heijastuvat autonomisen hermoston tonuksessa myös hormonitasapainoon ja sykintätasoon jne.

Kuljettajan kuormittumista tutkittaessa on myös kiinnitettävä huomiota siihen aikaan, jonka elimistö tarvitsee saavuttaakseen jälleen tasapainotilan (Cameron 1973). Jos tilanne ei normalisoidu seuraavaan työvuoroon mennessä, seurauksena on kuormittumisreaktion voimistuminen, joka pitkälle kehittyessään voi ehkäistä työn teon (ks. Viru 1975).

Mikään edellä mainituista mittareista ei riitä yksin kuvaamaan kuljettajan kuormittumisen laatua ja määrää, vaan luotettavaa on käyttää useita mittareita samanaikaisesti. Tulosten tulkinta on varmalla pohjalla vasta, kun eri mittaukset tukevat toisiaan ja täydentävät kuvaa kuormittumisesta. Palautumisajan riittävyden tutkiminen on tärkeää työstä johtuvien sairauksien ennaltaehkäisemiseksi. Toimeentuloturvan yms. aiheuttama psyykinen kuormitus on jatkuvaa ja sen tutkimiseen tarvitaan pitkäaikaista seuranta. Kokeissa on otettava huomioon, että jo koetilanne vaikuttaa tuloksiin, koska ihminen on koehenkilönä herkkä.

Traktorityön ergonomisessa tutkimuksessa on huomiota kiinnitetty lähinnä voimakaiden fyysikaalisten kuormitustekijöiden, kuten heilunnan, värinän ja melun määrittämiseen. Kuljettajan kokonaisvaltaista kuormittumista työolosuhteissa ei ole juurikaan tutkittu osittain luotettavien, helppojen ja halpojen mittausten menetelmien puuttuessa. Vaikka heilunta on selkäsairauksien yleisyyden ja vakavuuden (ks. Turtiainen 1974) perusteella voimakkain kuormitusteki-

jä traktorityössä, on virheellistä antaa altistusaika-arvoja pelkästään heilunnan perusteella. Huolto- ja korjaustyöt voivat jopa osoittautua kuormittumisen kannalta edulliseksi työvaiheeksi. Lehtosen (1977) havainto, että kuormaimen monimutkaistuminen vaikeuttaa kuormauksen oppimista viittaa tiedon prosessoinnissa ilmeneviin kuormituksiin, jotka tulevat oppimisvaiheessa korostuneena esille. Lehtosen (1977) mukaan kouraisu ja taakan irroitus ovat

opettelihoille vaikeimmat työvaiheet. Aivot eivät ilmeisesti saa riittävän tarkkaa informaatiota proprioseptoreista ja silmistä, min­kä vuoksi on tehtävä useita toisiaan korjavia ja tarkentavia päätöksiä. Myös Cottellin ym. (1976) havainto, että etäisyyden arviointikyky selittää koneen kuljettajien tuotoksen vaihtelua, todistaa, että havaitsemiseen ja muihin tiedon prosessoinnin sentraalisiin vaiheisiin liittyy huomattavia kuormituksia.

LÄHDELUETTELO

- AHO, K. & KÄTTÖ, J. 1971. Experiment for developing a method how to measure and evaluate the rocking of forest tractor. Seloste: Tutkimus metsätraktorin heilumisen mittaus- ja arvostelumenetelmän kehittämiseksi. Vakolan tutkimusselostus 9:1—41.
- AKERVOLD, M. 1967. En ergonomisk undersökelse av tre skogstraktorer. Summary: Ergonomic studies of three forest tractors. Medd. Norske Skogforsk. 6:145—172. Driftsteknisk rapport.
- AUNOLA, S., NYKYRI, R. & RUSKO, H. 1975. Miesten ja naisten työn kuormittavuus metalliteollisuuden eri ammateissa energiankulutuksen ja työsykkeen avulla arvioituina. Jyväskylän Yliopisto.
- BOGGS, D.H. & SIMON, J.R. 1968. Differential effect of noise on tasks of varying complexity. *J. Appl. Psych.* 52(2):148—153.
- BOYCE, P.R. 1974. Sinus arrhythmia as measure of mental load. *Ergonomics* 17(2):177—183.
- BULAT, P.V. 1971. Evaluation of methods for the determination of factors inducing fatigue in man at work. *Ergonomics* 14(1):43—51.
- CAMERON, C. 1973. A theory of fatigue. *Ergonomics* 16(5):633—648.
- CANTRELL, R. 1974. Prolonged exposure to intermittent noise: audiometric, biochemical, motor, psychological and sleep effects. *The Laryngoscope* 84(10) part 2. Suppl. 1.
- COTTELL, P.L. BARTH, R.T. NELSON, L., McMORLAND, B.A. & SCOTT, D.A. 1976. Performance variation among logging machine operators: Felling with three shears. *Feric. Technical report* 4:1—38.
- DAVEY, C.P. 1973. Physical exertion and mental performance. *Ergonomics* 16(5):595—599.
- DUKES-DOBOS, F.N. 1971. Fatigue from the point of view of urinary metabolites. *Ergonomics* 14(1):31—40.
- EIDE, R. 1971. Psychophysiological methods in the study of stress. IUFRO, Div. No. 3, Publication No. 2:147—152.
- ERIKSON, G., PETERSON, B. & SVENSSON, A. 1974. Underhållsarbetets ergonomi. Summary: Ergonomic aspects of maintenance work. Rapp. ForsknStift. Skogsarb. 8:1—26.
- ETTEMA, J.H. & ZIELHUIS, R.L. 1971. Physiological parameters of mental load. *Ergonomics* 14(1):137—144.
- FIRTH, P. 1971. Physiological factors influencing the relationship between cardiac arrhythmia and mental load. *Ergonomics* 14(1):5—16.
- GARDELL, B. 1971. Job satisfaction among forest workers. IUFRO, Div. 3, Publication 2:155—172.
- GRETHER, W. 1971. Vibration and human performance. *Human Factors* 13(3):203—216.
- GUIGNARD, I. & IRWING, C. 1972. Measurements of eye movements during low frequency vibration. *Aerospace* 33:1230—1238.
- HALL, B. 1973. Skogsarbetet ur psykologisk synvinkel. *Ekon. Forskn. Stift. Skogsarb.* 11:1—4.
- HANSSON, J.E., KYLIN, B. & GUSTAVSSON, B. 1967. Skogstraktorn som arbetsplats år 1967. Rapp. Uppsats. Instn. Skogstek. Skogshögsk. 32:1—47.
- & SUGGS, C. 1973. Lågfrequens vibrationers effekt på reglagemanövering. Summary: The effect of seat vibration on vehicle operators lever and pedal control capabilities. Rapp. Uppsats. Instn. Skogstek. Skogshögsk. 63:1—22.
- & WIKSTRÖM, B-O. 1974. Vibrationsbelastning på skogsmaskinförare. Summary: Vibration stress on forestry drivers. Rapp. Uppsats. Instn. Skogstek. Skogshögsk. 67:1—28.
- HARSTELA, P. & TERVO, L. 1977. Männyn taimikon ja riukuasteen metsikön korjuun tuotos ja ergonomia. Summary: Work output and ergonomical aspects in harvesting of saplings and pole-stage stands (Scots pine). *Folia For.* 294:1—23.
- & VUORINEN, H. 1978. Fatigue at cutting work: Heart rate changes and some metabolic factors during a working day. Seloste: Tekomiehen väsyminen: Sydämen sykinnän muutokset ja eräät aineenvaihdunnalliset tunnuksset työpäivän aikana. *Commun. Inst. For. Fenn.* 93.2
- HASAN, J. 1970. Biomedical aspects of low-frequency vibration. A selective review. *Work-Environment-Health* 6(1):19—45.
- HELANDER, M. 1976. Vehicle control and driving experience: A psychophysiological approach. *Ergonomics* 19(3):382.
- HULTMAN, S-G. & TELJSTEDT, H. 1972. Maskinellt skogsarbete i konstljus. Summary: Artificial lighting in forest machine operations. Rapp. Uppsats. Instn. Skogstek. Skogshögsk. 58:1—83+16.
- HÄMÄLÄINEN, H. & VUORINEN, R. 1977. Vireystilan säätelymekanismit: anatominen perusta. Helsingin Yliopiston psykologian laitoksen moniste: neuropsykologia IV:1—12.
- KALSBECK, J. 1974. Do you believe in sinus arrhythmia? *Ergonomics* 16(1):99—104.
- KYTTÄLÄ, T. 1978. Taustatietoa työn organisoinnista suomalaisessa puunkorjuussa. Metsäteknologian laudaturtyö. Helsinki.
- KÄTTÖ, J. & SALMINEN, H. 1973. Metsätraktorien melu, värinä ja heilunta. Summary: Noise, vibration and rocking of forest tractors. Vakolan tutkimusselostus 10:1—35.
- LACEY, J. 1966. Somatic response patterning and stress: some revisions of activation theory. Teoksessa *Psychological stress. Issues for research.* Toim. Appleby, M.H. & Trumbell, R. New York. Appleton-Century-Crofts.
- LEHTONEN, E. 1977. Inläring av griplastning och förutsägande av förarens prestation. Summary: Training in grapple loading and forecasting of the operator's production. Saertryck av *Tidsskrift for Skogbruk* nr 3.
- LEWIS, C.H. & GRIFFIN, M.J. 1976. The effect of vibration on manual control performance. *Ergonomics* 19(2):203—216.

- LISPER, H.-O., LAURELL, H. & STENING, G. 1973. Effects of experience of driver on heart rate, respiration rate and subsidiary reaction time in a three hours continous driving task. *Ergonomics* 16(4):501—506.
- LUCZAK, H. & LAURING, H. 1973. An analysis of heart rate variability. *Ergonomics* 16(1):85—98.
- MASON, J.W. 1968. Organisation of the multiple psychoendocrine responses to avoidance in the monkey. *Psychosomatic Medicine* 30:733—745.
- McCORMICK, E.T. 1970. Human factors engineering. New York. McGraw-Hill Book Company.
- MEZALS, J. 1971. Tutkimus työskentelyolosuhteista metsätaloudessa (Issleclovanie uslovij truda a kesnom hozjaistve). Latvian metsäntutkimuslaitoksen tiedottaja. Riga. (Käännös).
- NUMMENMAA, T., TAKALA, M. & von WRIGHT, J.M. 1966. Kokeellinen psykologia. Otava. Keuruu. 1—486.
- OJA, P. 1968. Katsaus sydämen sykintätaajuutta ja hapenkulutusta submaksimaalisessa työssä muuttaviin tekijöihin. *Stadion* 3:31—36.
- OPMEER, C.H.J.M. 1973. The information content of successive RR-interval times in the EEG. Preliminary results using factors analysis and frequency analysis. *Ergonomics* 16(1):105—112.
- POULTON, E.C. 1969. Styr- och kontrolloperationer. Teoksessa *Handbok i ergonomi*. Toim. Luthman, G., Åberg, U. & Lundgren, N. Uppsala. Almqvist & Wiksell. 320—354.
- RUBINSTEIN, L. & KAPLAN, H. 1968. Some effects of Y-axis vibration on visual acuity. Aerospace Medical Research Laboratories. Technical Report 19. Ohio.
- SADOWSKI, Z. 1975. Application of tele-electrocardiography for evaluation of the engine-driver workload in four variants of ride. *Acta Physiol. Pol.* 26(6).
- SAYERS, B. 1973. Analysis of heart rate variability. *Ergonomics* 16(1):17—32.
- SCHOLZ, H. & WILHELMI, H. 1975. Arbeitswissenschaftliche Probleme beim Kombi Einsatz in der Forstwirtschaft. *Wiss. Z. Techn. Univers. Dresden* 24 (3/4):831—833.
- SELEY, H. 1950. *Stress*. Acta inc. Montreal. 1—822.
- TSANEVA, N. 1972. Väsymys työssä. Teoksessa *Väsymys työssä*. Toim. Haapiainen, T. Työterveyslaitos. Helsinki. 3—22.
- TURTIAINEN, K. 1974. Preliminary survey of the back complaints of men who have driven tractors in forest work. Seloste: Alustava kartoitusselostus metsätöissä traktoria kuljettaneiden henkilöiden selkäsairauksista. *Vakolan tutkimuslous* 13:1—8.
- WELFORD, A.T. 1973. Stress and performance. *Ergonomics* 16(5):567—580.
- VIRU, A. 1975. Defence reaction theory of fatigue. *Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin* 4:171—187.
- WOODWORTH, R.S. & SCHLOSBERG, H. 1965. *Experimental psychology*. 948 s. New York. Holt, Rinehart and Winston.
- WUOLIJOKI, E. 1976. Metsäkoneiden heilunnan ergonomiset haitat. Summary: Ergonomical effects of jolting of forest machines. *Silva Fenn.* 10(2):87—93.
- VUORINEN, R. 1977a. Suullinen tiedonanto.
- 1977b. Aivokuoren rakenteelliset pääpiirteet. *Neuropsykologia III*. Helsingin Yliopiston psykologian laitoksen moniste. 1—32.
- ÅBERG, U. 1969. Buller. Teoksessa *Handbok i ergonomi*. Toim. Luthman, G., Åberg, U. & Lundgren, N. Uppsala. Almqvist & Wiksell. 425—442.

ODC 302
ISBN 951-40-0333-0.
ISSN 0015-5543

VUORINEN, H. 1978. Metsätraktorin kuljettajan kuormittumisen mittaussmahdollisuudet. Abstract: Possibilities of measuring the strain on forest tractor drivers. *Folia For.* 347:1—16.

The aim of this literature review is to find ways of measuring the strain on forest tractor drivers. Different kinds of stresses upon the driver are analysed and some suggestions in respect of possible measurements of strain and of their usefulness are made.

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

ODC 302
ISBN 951-40-0333-0.
ISSN 0015-5543

VUORINEN, H. 1978. Metsätraktorin kuljettajan kuormittumisen mittaussmahdollisuudet. Abstract: Possibilities of measuring the strain on forest tractor drivers. *Folia For.* 347:1—16.

The aim of this literature review is to find ways of measuring the strain on forest tractor drivers. Different kinds of stresses upon the driver are analysed and some suggestions in respect of possible measurements of strain and of their usefulness are made.

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

ODC 302
ISBN 951-40-0333-0.
ISSN 0015-5543

VUORINEN, H. 1978. Metsätraktorin kuljettajan kuormittumisen mittaussmahdollisuudet. Abstract: Possibilities of measuring the strain on forest tractor drivers. *Folia For.* 347: 1—16.

The aim of this literature review is to find ways of measuring the strain on forest tractor drivers. Different kinds of stresses upon the driver are analysed and some suggestions in respect of possible measurements of strain and of their usefulness are made.

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

ODC 302
ISBN 951-40-0333-0.
ISSN 0015-5543

VUORINEN, H. 1978. Metsätraktorin kuljettajan kuormittumisen mittaussmahdollisuudet. Abstract: Possibilities of measuring the strain on forest tractor drivers. *Folia For.* 347:1—16.

The aim of this literature review is to find ways of measuring the strain on forest tractor drivers. Different kinds of stresses upon the driver are analysed and some suggestions in respect of possible measurements of strain and of their usefulness are made.

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

- No 304 Puro, Tiina: Operaatio metsänlannoitus II. Tuloksia uusintalannoituksesta.
Results of the second fertilization with nitrogen.
- No 305 Virtanen, Jaakko & Ylinen, Mikko: Ojitusalueiden lentolannoitus.
Aerial spreading of fertilizers on peatlands.
- No 306 Astorga S., Luis E.: Effectuating possibilities of waste wood utilization in Finland.
Step 1.
Jätepuun käytön tehostamismahdollisuudet Suomessa. Osa 1.
- No 307 Kilkki, Pekka, Kuusela, Kullervo & Siitonen, Markku: Puuntuotanto-ohjelmat Etelä-Suomen piirimetsälautakuntien alueille
Timber production programs for the forestry board districts of Southern Finland.
- No 308 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1974—76.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1974—76.
- No 309 Mäkelä, Markku: Hakkuutähteen ominaisuuksien muuttuminen.
Changes in the quality of logging residues
- No 310 Harstela, Pertti, Järvinen, Juhani, Tervo, Leo & Aholainen, Raimo: Tutkimus eräistä harvennushakkuumenetelmistä (Levälleen teko ja LEKA-menetelmä).
The study of some short wood methods of cutting in thinnings (Cutting without bunching and SCAPE method).
- No 311 Takalo, Sauli & Sauvala, Kari: Havaintoja metsurin suojainten kestävyvyydestä 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 tasoituminen auratuilla metsänuudistusaloilla 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 työvaikuspalstalla.
Massenermittlung am stehenden Holz und Stammzahl 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 vähäravinteisillä 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: Metsänuudistamisen 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 tarjonta 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.
Kokopuuna korjuu männikön ensiharvennuksessa.
- 1978 No 334 Järveläinen, Veli-Pekka: Mielipiteet yksityismetsätaloudessa. Metsänomistajien ja metsäammattimiesten 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.
- No 335 Juutinen, Paavo: Kuitupuupunot 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 polttoaineeksi.
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 sallow (*Salix caprea* L.) wood and pulp.
- No 345 Metsätalastollinen 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 kuormittumisen mittausmahdollisuudet.
Possibilities of measuring the strain on forest tractor drivers.

Myynti — Available for sale at: Valtion painatuskeskus, Annankatu 44, 00100 Helsinki 10,
p. 611 022

Merkintä O D C tarkoittaa metsäkirjallisuuden kansainvälistä Oxford-luokitusjärjestelmää

127801281Y

ISBN 951-40-0333-0
ISSN 0015-5543