

# SILVA FENNICA

Vol. 10 1976 N:o 2

Sisällys  
Contents

ERKKI WUOLIJOKI: Metsäkoneiden heilunnan ergonomiset haitat	87
<i>Summary: Ergonomical effects of jolting of forest machines</i>	93
PERTTI HARI, RAIMO SALMINEN, PAAVO PELKONEN, MIKKO HUHTAMAA and VELI POHJONEN: A new approach for measuring light inside the canopy in photosynthesis studies	94
<i>Seloste: Uusi maastokelpoinen valonmittausmenetelmä yhteyttämisstutkimuksia varten</i>	101
MATTI KÄRKKÄINEN: Mäntyrunkojen ydinsäteiden korkeus ja leveys	103
<i>Summary: Height and width of rays in pine stems</i>	107
SIMO HANNELIUS: Metsänomistuksen muutokset ja metsätalous	108
<i>Summary: Forest ownership changes and forestry</i>	123
PAAVO PELKONEN ja HEIKKI SMOLANDER: Männyn kaasunvaihdon elpyminen talvilevon keskeytyessä	125
<i>Summary: Increase in gas exchange rate in Scots pine by terminating the winter rest period</i>	132
SEPPÖ KELLOMÄKI ja PIIRKKO POHJAPELTO: Metsikkösadannan määrä ja vaihtelu eräässä luonnontilaisessa kuusikossa	133
<i>Summary: The distribution of throughfall in a virgin spruce stand</i>	140
ESKO JAATINEN ja OLLI SAASTAMOINEN: Metsien moninaiskäyttötutkimuksen perusongelmat	141
<i>Summary: Multiple use of forests: Basic research tasks</i>	147
MATTI LEIKOLA: Näkökohtia metsikköekologisten ympäristötekijöiden mittaamisesta	148
<i>Summary: Measuring environmental factors in a forest ecosystem</i>	155

SUOMEN METSÄTIETEELLINEN SEURA  
SOCIETY OF FORESTRY IN FINLAND

# Silva Fennica

A QUARTERLY JOURNAL FOR FOREST SCIENCE

**PUBLISHER:**

THE SOCIETY OF FORESTRY IN FINLAND

**OFFICE:**

Unioninkatu 40 B, SF-00170 Helsinki 17, Finland

**EDITOR:**

MATTI KÄRKKÄINEN

**EDITORIAL BOARD:**

EERO PAAVILAINEN (Chairman), AULIS E. HAKKARAINEN (Vice Chairman), SEPPÖ KELLOMÄKI, MATTI LEIKOLA, MATTI NUORTEVA, YRJÖ VUOKILA, and KUSTAA SEPPÄLÄ (Secretary).

*Silva Fennica* is published quarterly. It is sequel to the Series, vols. 1 (1926)–120(1966). Its annual subscription price is 20 Finnish marks. The Society of Forestry in Finland also publishes *Acta Forestalia Fennica*. This series appears at irregular intervals since the year 1913 (vol. 1).

Orders for back issues of the publications of the Society, subscriptions and exchange inquiries can be addressed to the office.

# Silva Fennica

NELJÄNNESVUOSITTAIN ILMESTYVÄ METSÄTIETEELLINEN  
AIKAKAUSKIRJA

**JULKAISIJA:**

SUOMEN METSÄTIETEELLINEN SEURA

**TOIMISTO:**

Unioninkatu 40 B, 00170 Helsinki 17

**TOIMITTAJA:**

MATTI KÄRKKÄINEN

**TOIMITUSKUNTA:**

EERO PAAVILAINEN (puheenjohtaja), AULIS E. HAKKARAINEN (varapuheenjohtaja), SEPPÖ KELLOMÄKI, MATTI LEIKOLA, MATTI NUORTEVA, YRJÖ VUOKILA, ja KUSTAA SEPPÄLÄ (sihteeri).

*Silva Fennica*, joka vuosina 1926–66 ilmestyi sarjajulkaisuna (niteet 1–120), on vuoden 1967 alusta lähtien neljännesvuosittain ilmestynyt aikakauskirja. Suomen Metsätieteellinen Seura julkaisee myös *Acta Forestalia Fennica*-sarjaa vuodesta 1913 (nide 1) lähtien.

Tilauksia ja julkaisuja koskevat tiedustelut osoitetaan Seuran toimistolle. *Silva Fennica*n tilaushinta on 20 mk.

## METSÄKONEIDEN HEILUNNAN ERGONOMISET HAITAT

ERKKI WUOLIJOKI

*SUMMARY:*

*ERGONOMICAL EFFECTS OF JOLTING OF FOREST MACHINES*

Saapunut toimitukselle 1976-01-26

Artikkeli käsittelee lähinnä metsätraktoreiden ja monitoimikoneiden heilunnan vaikutuksia kuljettajan terveyteen ja työskentelykykyyn. Käytetystä lähdekirjallisuudesta kiinnittyy huomio ennen kaikkea seuraaviin seikkoihin: Koneiden heilunta saattaa vaikeuttaa silmien kohdistamista ja hallintalaitteiden käyttöä. Pitkäaikainen altistus heilunnalle saattaa aiheuttaa sympaattisen hermoston normaalista alentuneen toiminnan levon aikana ja voi pahentaa jo olemassa olevaa selkäsairautta. Heilunnalle alttiina olleilla työntekijöillä on todettu tavallista useammin muutoksia mahalaukussa ja reproduktiivissa toiminnoissa.

Kuljettajaan kohdistuva heilunta, kuten muutkin työympäristön fysikaaliset häiritteijät, on minimoitava jo mahdollisimman aikaisessa vaiheessa konetta suunniteltaessa. Istuimen alle sijoitetut vaimentimet ja eristimet saattavat osaltaan myöskin haitata työtä eivätkä ne näinollen täytä kaikkia suojaustekniikan perusvaatimuksia.

### 1. JOHDANTO

Koneiden heiluntaa ja tärinää sekä niiden haittavaikutuksia on viime vuosina tutkittu melko paljon. Aiheina ovat olleet mm. traktorin heilunta maastossa (12, 23) sekä simuloidun tärinän vaikutukset elimistöön ja työskentelykykyyn (1, 19, 36). Varsinaisia haitallisen tärinän aiheuttamia kliinisiä oireita ja patologisia muutoksia on

tutkittu kuitenkin huomattavasti enemmän kuin edellä mainittuja nimenomaan traktoriin liittyviä kysymyksiä.

Tässä esityksessä pyritään selvittämään kirjallisuuden pohjalta metsäkoneiden heilunnan kaltaisen heilunnan ( $f = 0.5 - 20$  Hz) vaikutuksia sekä kuljettajan terveyteen että työskentelykykyyn.

### 2. HEILUNNAN VOIMAKKUUS

KÄTTÖ ja SALMINEN (23) ovat tutkineet eräiden kuormatraktoreiden heilunnan voimakkuutta, kun koneilla ajettiin helpohkossa metsämaastossa kuormaamattomina. Tekijöiden mukaan jo keskimäärin kahden tunnin maastoajo ilman kuormaa johti ISO:n

normin terveydellisen vaararajan ylittämiseen tutkituilla traktoreilla.

HANSSON ja WICKSTRÖM (12) ovat tutkineet kuormatraktoreiden ja monitoimikoneiden heiluntaa maastossa. Heidän tulostensa mukaan koneiden heilunta ylitti ISO:n normin väsymyksen ja alentuneen työtehon rajan eri ajotilanteissa noin 1.5–5 tunnin ajan jälkeen päivittäin, mikä on huomattavasti KÄTÖN ja SALMISEN tuloksia vähemmän. Koska metsäkoneiden heilunnan mittausten menetelmiä ei vielä ole riittävästi standardoitu, on eri tutkimuksien tulosten vertailu keskenään vaikeaa. Kuitenkin voidaan jo yllämainittujen tutkimusten perusteella päätellä, että koneiden heilunta on maastossa niin voimakasta, että se saattaa huonontaa kuljettajan työskentelykykyä ja että koneiden suunnitteluvaiheessa olisi huomioitava

### 3. HEILUNNAN VAIKUTUKSET TYÖSKENTELYKYKYYN

#### 3.1. Yleistä

Elimistöön kohdistuvan heilunnan haittojen tutkiminen on vaikeaa, sillä kehon eri osiin johtuessaan heilunta tai värinä voivat vaikuttaa moniin eri tyyppisiin elimiin ja toimintoihin.

Esimerkiksi ruumiin asentoa, painetta, kosketusta tai valoa aistivat elimet voivat ärtyä värinästä. Onhan tunnettua, että isku päähän voi aiheuttaa tähtien näkemisen.

Lihaksen supistumista aistivat nk. lihaskämmät antavat lihakselle käskyn supistua, jos sitä nopeasti venytetään, esimerkiksi heilahduksesta johtuen. Näin toimii myöskin patellaarirefleksi.

Painetta aistivien Pacinin kappaleiden on todettu olevan ilmeisesti resonanssinsa takia herkkiä nopeajakaiselle värinälle ja aiheuttavan herkistettyinä mm. verisuoten supistumista sympaattisen hermoston välityksellä (18).

#### 3.2. Näkeminen

Kehoa heilutettaessa pyrkivät silmät automaattisesti kohdistumaan johonkin kiintopisteeseen. Näin ne joutuvat koko ajan liik-

mahdollisesti lisääntyvän heilunnan aiheuttamat terveydelliset vaarat.

Jotta eri tutkijoiden saamia tuloksia voitaisi verrata toisiinsa, olisi kehitettävä yhteinen koneiden heilunnan mittaustmenetelmä. Ongelma ei liene ratkaistavissa ilman standardoitua maastorataa. Mittausmenetelmien vaihtelevuudesta johtuen ei metsäkoneiden heilunnan voimakkuudesta voida antaa yksityiskohtaisia numerotietoja.

Edellä selostetuista tutkimuksista käy lisäksi ilmi, että nykyisten raskaiden metsäkoneiden heilunnan kiihtyvyys on suurimmillaan koneesta riippuen pystysuuntaan noin 1–5 hertsin taajuusalueella ja poikittaissuuntaan noin 0.5–3.0 hertsin taajuusalueella. Näillä alueilla sijaitsee myös koko kehon ja kehon eri osien ominaistajuusalueita (3, 21, 25).

kumaan heilunnan tahdissa. GUIGNARD ja IRWING (10) ovat tutkineet tätä silmien kohdistamiskykyä, ja havainneet, että se on huonoimmillaan pystyheilunnassa taajuuden ollessa n. 3–5 Hz. Taajuuden suureneminen aiheutti silmien kohdistamiskyvyn huononemisen, mutta vähensi toisaalta kehon osien resonanssivärähtelyä. Tutkimuksessa käytettiin 0.25 g:n kiihtyvyyttä taajuuden vaihdeltaessa 2.4–9.5 Hz:n alueella.

RUBINSTEIN ja KAPLAN (30) ovat tutkineet poikittaisheilunnan vaikutusta näkökykyyn. Heilunta kohdistettiin puristimilla suoraan koehenkilön päähän. Taajuutta vaihdeltiin 13–70 hertsin alueella kiihtyvyyden ( $\pm 1.0$  g) tai amplitudin ( $\pm 0.03$  cm) ollessa vakioina. Näkökyky oli kummallakin menetelmällä huonoimmillaan taajuuden ollessa 22–34 Hz. Katselun kohdetta heilutettiin myös samoilla arvoilla ja näkökyky oli nyt huonoimmillaan vain noin 13 hertsin taajuudella  $\pm 1.0$  g:n kiihtyvyydellä. Kirjoittajien mukaan tämä osoitti, että edellisessä koejärjestelyssä näön huonontuminen ei johtunut silmien kohdistamiskyvyn huonontumisesta, vaan pikemminkin pään kudosten resonanssivärähtelystä.

MENSOV (27,34) on havainnut värinän voivan aiheuttaa näkökentän kapenemista.

Silmien ominaistajuus lienee vasta noin 60 hertsin yläpuolella (14), joten silmien resonanssista johtuva näön huonontuminen ei liene metsäkonetyötä koskeva ongelma.

#### 3.3. Hallintalaitteiden käyttö

Lähes kaikki koneiden hallintalaitteet on tuettu erillisestä kojelaudasta tai laittia, ja niiden värähtely poikkeaa huomattavasti kuormitetun istuimen värähtelystä. Ajaja joutuu siis istuimen joustassa kompensoimaan kehonsa liikkeitä hallintalaitteisiin nähden, mikäli haluaa säilyttää otteensa niihin muuttumattomana. Istuimen alle sijoitetut vaimentimet ja eristimet saattavat siis osaltaan myös haitata työtä eivätkä ne näin ollen täytä kaikkia suojaustekniikan perusvaatimuksia. Kuljettajaan kohdistuva heilunta, kuten muutkin työympäristön fyysiset haittatekijät, on minimoitava jo mahdollisimman aikaisessa vaiheessa konetta suunniteltaessa.

HARRIS ja SCHOENBERGER (13) ovat havainneet kehon resonanssialueilla tapahtuvan heilunnan voimakkuuden kasvun huonontavan ohjaustarkkuutta. Pystykiihtyvyyden ylittäessä 0.20 g viiden hertsin taajuudella, tai 0.25 g seitsemän hertsin taajuudella tai 0.37 yhdentoista hertsin taajuudella alkaa ohjauskyky huonontua selvästi.

HANSSON ja SUGGS (11) ovat tutkineet matalataajuuden ( $f = 1-8$  Hz) pystyheilunnan vaikutusta polkimien ja vipujen käyttöön. Tutkimuslaitteisto koostui yhteisesti heilutettavista istuimesta, polkimesta ja eteen- ja taaksepäin liikuteltavasta vivusta. Poikkeamina käytettiin 10 ja 20 millimetriä. Taajuutta nostettaessa alkoi värähtely 2–2.5 hertsin taajuusalueella siirtyä käsistä ja jaloista hallintalaitteisiin. Tutkimuksessa todettiin myöskin hyvän työskentelyasennon merkityksen olevan varsin suuri.

Poikittaisheilunnan edetessä kehossa on ominaistajuusalueista riippuvan heilunnan suurennuskertoimen todettu olevan suurimmillaan pään, olkapäiden ja rinnan osalta noin kahden hertsin taajuusalueella ja pie-

nenevän selvästi kolmen hertsin aluetta lähestyttäessä (1, 5, 17).

Jos kuljettaja kuvitellaan massoista, jousista ja vaimentimista kootuksi järjestelmäksi, voidaan päätellä, että heilunnan haitallisimmat vaikutukset motoriseen ohjauskykyyn ilmenevät niillä taajuusalueilla, joilla värähtely pääsee siirtymään järjestelmässä eteenpäin, eli eri kehon osien ominaistajuuksilla. Tällaiseen tulokseen SCHOENBERGER (32) on tullut myöskin kokeellisesti. Kone olisi siis pyrittävä suunnittelemaan niin, että elimistöön ei johtuisi tarpeettomasti sellaisia herätteitä, joiden taajuus on lähellä kehon osien ominaistajuutta.

Heilunnan suurennuskertoimen on todettu kasvavan pystyheilunnassa rintalastan, hartian ja pään osalta taajuuden kasvaessa kahdesta hertsistä kuuteen hertsiiin. Tämän jälkeen se alkaa pienentyä (1). Ergonomisesti ajatellen olisi siis pyrittävä rakentamaan koneet joko niin, että kuljettajaan kohdistuva pystyheilunta jää alhaiselle taajuusalueelle lähelle kahta hertsiiä, tai niin, että se ylittää selvästi tuon kuuden hertsin rajan.

Heilunnan vaikutuksista reagointinopeuteen on hyvin ristiriitaisia tuloksia (32, 15, 16).

GRETHERIN (9) tutkimuksessa, jossa koehenkilö painoi nappia valomerkin syttyessä, selvitettiin lämmön, melun ja heilunnan yhteisvaikutusta reaktionopeuteen. Havaittiin, että reaktiot ilman ulkopuolisia haittatekijöitä olivat hieman nopeampia kuin kuormitustilanteessa. Kaikki kolme lisätekijää, lämpö, melu ja heilunta, aiheuttivat erillisinä suunnilleen yhtä suuren hidastumisen reaktioissa. Yhtä suuren tai hieman pienemmän hidastumisen aiheutti kaikkien tekijöiden samanaikainen vaikutus. Ei voitu siis havaita, että esimerkiksi melun lisääminen värinässä suoritettavaan työhön olisi hidastanut reagointiaikaa. Elimistön fyysinen kuormittuminen sydämen sykkeen, ihon lämpötilan tai painon menetyksen avulla mitattuna todettiin myös yhteisvaikutuksen aikana pienemmäksi kuin yksittäisten erillisten stressitekijöiden aikana. Kokeessa käytetyt häiriötekijät olivat intensiteetiltään pieniä. Voimakkaat häiriötekijät huonontavat tietenkin työsuoritusta.

## 4. HEILUNNAN VAIKUTUKSET TERVEYTEEN

### 4.1. Hengitys

Matalataajuisen, lähinnä traktorityössä esiintyvän heilunnan on todettu kiihdyttävän hengitystä ja vaikuttavan muutenkin lievän fyysisen työn tavoin. Hengitys taantuu kuitenkin altistuksen jatkuessa (14). Kyseinen sinimuotoisella heilunnalla tehty tutkimus ei ole kuitenkaan suoraan verrattavissa metsäajoon, jonka heilunta on luonteeltaan epämääräisempää.

Tärinäsaireudesta kärsivien hiomatyöntekijöiden selkärangan nikamien kylkiluita kiinnittävässä poikkihaarakeissa on voitu todeta röntgenologisia muutoksia pitkäaikaisen työskentelyn jälkeen. Mitä suurempia kyseiset muutokset ovat olleet, sitä enemmän ovat potilaiden hengitysliikkeet olleet vähentyneet (8). Tärinän hengitysliikkeitä vähentävä vaikutus ei metsäkoneityössä liene kuitenkaan merkitsevä.

BJURVALD et al (1) ovat havainneet hengityksen selvästi lisääntyvän 4–5 hertsin taajuusalueella taajuuden suuretessa matalammasta korkeampaan. Kirjoittajat arvelevat tämän johtuvan sisäelimiä resonanssivärähtelystä kyseisellä taajuusalueella. Lihasvenytysreseptorit, lihaskäämit, olisivat tällöin ärtyneinä aiheuttaneet hengityksen kiihtymisen.

Sisäkorvan kalvosokkelon ärtyminen on myös arveltu kiihdyttävän hengitystä, erikoisesti 1.7, 0.5 ja 0.8 hertsin taajuusalueilla (6, 7, 14).

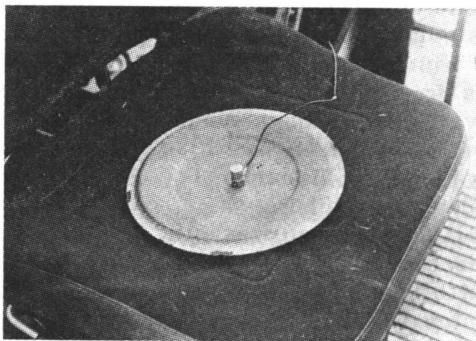
### 4.2. Verenkierto

Verenkierron on todettu kiihtyvän heilunta-altistuksen alussa, mutta rauhoittuvan työn jatkuessa (4). On kuitenkin syytä olettaa, ettei sinimuotoisella heilunnalla suoritettujen tutkimusten tuloksia voida yleistää epämääräisempää heiluntaa koskeviksi. LYSINA ja PARLUK (24) ovat havainneet pitkäaikaisen matalataajuisen heilunta-altistuksen alentavan sydämen lyöntinopeutta ja -voimaa levon aikana kontrolliryhmään verrattuna. Altistuksen aikana pienten ja keskisuuren verisuonten jännitys kasvoi, mikä johtui kirjoittajien arvelujen

mukaan suuremmasta periferisestä vastuksesta prekapillarissa puolella.

Sympaattisen hermoston alentuneeseen toimintaan levon aikana viittaa myös havainto adrenaliinin ja noradrenaliinin yöerityksen vähenemisestä paikallisen keskittävien tärinän seurauksena (26).

Tavallinen metsäkoneen heilunta ei luultavasti havaittavasti alenna verenkiertoelimistön toimintakykyä, sillä työskentelyilman lämpö- ym. tekijät ja vaatetus vaikuttavat verenkiertoelimistön toimintamekanismeihin matalataajuista heiluntaa enemmän.



Kuva n:o 1. Koneen heilunta mitataan istuimen päältä, kun istuinta kuormitetaan tavanomaisesti. Kuljettajien olisi aina muistettava säätää istuin itselleen sopivaksi. Kuvassa tärinäanturi.



Kuva n:o 2. Kuljettajaan kohdistuva tarpeeton heilunta on pyrittävä poistamaan koneen tarkoituksenmukaisella suunnittelulla. Kun kuormain on sijoitettu koneen takarunkoon, ei ohjaamo heilu tarpeettomasti kuormauksen aikana. Tämä koskee erikoisesti monitoimikoneita.

### 4.3. Sisäelimet

Erittäin voimakas heilunta voi vaurioittaa sisäelimiä nopeasti. Eläinkokeissa kuoleman aiheuttaneet muutokset ovat kohdistuneet ensisijassa sydämeen, keuhkoihin ja aivoihin (14).

On mahdollista, että heilunta-altistus lisää kulumamuutosten syntyä rinta- ja lannerangassa (29). Heilunta saattaa myös pahentaa jo olemassa olevaa selkäsairautta (22). Hyvä työskentelyasento on tärkeä mm. sen takia, että suora selkäranka kestää heilahteluja paremmin kuin taivutettu.

ROSEGERIN (29) suorittamassa tutkimuksessa todettiin 76.1 %:lla tutkituista traktorinkuljettajista röntgenologisia muutoksia mahalaukussa. Sen laskeutumista havaittiin useilla. Noin puolella potilaista oli myöskin subjektiivisia vaivoja. 90 %:lla vaivat olivat alkaneet vasta traktorin ajon aloittamisen jälkeen.

SUEDA (35) on tutkimuksessaan havainnut jatkuvan heilunnan 0.25–2.3 Hz:n taajuusalueella saattavan aiheuttaa naarasrottien lisääntymiskierron loppumisen.

KALEV (20) on kiinnittänyt huomiota koko kehon tärinälle alttiina olevien tekstiilityöntekijöiden tavallista useammin havaittuihin kohdunulkosiin raskauksiin. Kliinisissä kokeissa havaittiin munanjohtimien peristaltiikan poikkeavan normaalista 63.5 %:lla tutkituista työntekijöistä.

SACKLER et al (31) ovat tutkimuksessaan havainneet rottien siemenrakkuloiden painon alenevan nopeajakoisen tärinän vaikutuksesta.

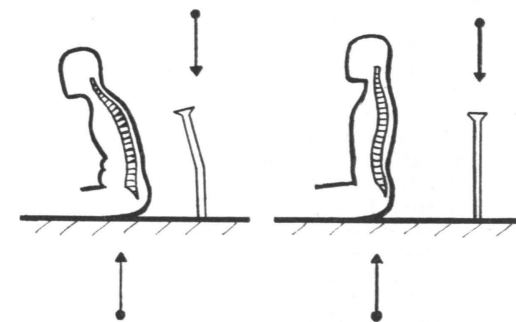
Pienikokoiset elimet joutuvat yleensä korkeammilla taajuusalueilla resonanssivärähtelyyn, suuremmat taas matalammilla. Heilunnan taajuus siis vaikuttaa siihen, mihin kohtaan elimistöä haitat kohdistuvat.

Seuraavassa taulukossa on yhteenveto matalataajuisen värähtelyn eri taajuuksien vaikutuksista elimistöön ja sen toimintoihin (CLEMEDSON, 3).

Oire	Värähtelyn taajuus (Hz)
Yleinen pahanolon tunne .....	4–9
Tuntemuksia päässä .....	13–20
Tuntemuksia alaleuassa .....	6–8
Puhehäiriöitä .....	13–20
Palan tunne kurkussa .....	12–16
Rintakipu .....	5–7
Vatsakipu .....	4–10
Virtsaamistarvetta .....	10–18
Lisääntyvä lihasjännitys .....	13–20
Muuttuneet hengitysliikkeet .....	4–8
Lihaskouristuksia .....	4–9

Samantyyppisiin tuloksiin ovat myös tulleet MAGID (25) ja ZIEGENRUECKER (37).

Yllä olevan taulukon ja selostettujen tutkimusten perusteella on koneen heilunnan ominaistajuuteen jo suunnitteluvaiheessa kiinnitettävä huomiota. Heilunta on pyrittävä sijoittamaan alueelle, joka mahdollisimman vähän vähentää kuljettajan terveyttä, turvallisuutta ja työskentelykykyä.



Kuva n:o 3. Hyvä työskentelyasento on tärkeä mm. sen vuoksi, että selkäranka kestää luonnollisessa asennossa pystyheiluntaa paremmin kuin taivutettuna. Myöskin taivutettu naula kestää iskuja huonosti.

## KIRJALLISUUSLUETTELO

1. BJURVALD, M. et al., 1973. Helkroppsvibrationer: En teknisk-fysiologisk studie av arbetsställningar och förarstolar. Arbete och Hälsa, vol. 7, p. 13.
2. CHRIST, W., 1963. Aufbaustörungen der Wirbelsäule bei den in der Landwirtschaft tätigen jugendlichen im Hinblick auf das Schlepperfahren. Grundlagen der Landtechnik, vo. 16, pp. 13–15.
3. CLEMEDSON, C.-J., 1962. Medicinsk-biologiska verkningar av mekaniska svängingar och strålningsfält. Svenska Läkartidningen, vol. 59, p. 882.
4. COERMANN, R. R., 1965. Physiologische Schwingungsprobleme in Fahrzeugen. Zentralblatt für Verkehrs-Medizin, Verkehrs-Psychologie, Luft- und Raumfahrt-Medizin, vol. 1 (3), pp. 150–166, ref. 14.
5. DIECKMANN, D., 1958. A study of the influence of vibration on man. Ergonomics, vol. 1, pp. 346–355.
6. DIXON, M. E., et al., 1961. Respiratory Consequences of Passive Body Movement. Journal of Applied Physiology, vol. 16, pp. 30–34.
7. ERNSTING, J., et al., 1960. Paper to the Fifth European Congress on Aviation Medicine, London, ref. 14.
8. GASUL, R. Ya., et al., 1972. Changes in the respiratory function of the diaphragm in vibration diseases. Vestnik Rentgenologii i Radiologii, vol. 47, pp. 33–36.
9. GREYER, W. F., 1971. Effects of combined heat, noise and vibration stress on human performance and physiological functions. Aerospace Medicine, vol. 42, pp. 1022–1027.
10. GUIGNARD, I. C., et al., 1962. Measurements of eye movements during low frequency vibration. Aerospace Medicine, vo. 33, pp. 1230–1238.
11. HANSSON, J. E., et al., 1973. Lågfrekventa vibrationers effekt på reglagemanövering. Skogshögskolan, Institutionen för Skogsteknik, Rapporter och Uppsatser, nr. 63.
12. HANSSON, J. E., et al. 1974. Vibrationsbelastning på skogsmaskinförare. Skogshögskolan. Institution för Skogsteknik. Rapporter och uppsatser, nr 67.
13. HARRIS, C. S., et al., 1966. Effects of frequency of vibration on human performance. Journal of engineering psychology, vol. 5, pp. 1–15.
14. HASAN, J., 1970. Biomedical Aspects of Low-Frequency Vibration. Work-Environment-Health, vol. 7:1, pp. 19–45.
15. HOLLAND, C. L., 1976. Performance effect of long term random vertical vibration. Human Factors. vol. 9, pp. 93–104.
16. HORNICK, H. J., 1962. Effects of whole-body vibration in three directions upon human performance. Journal of Engineering Psychology, vol. 1, pp. 93–101.
17. HUSBERG, W., 1974. Vibrationens inverkan på människan. Arbetarskyddstyrelsen. Forskningsrapport, nr. 2.
18. HYVÄRINEN, J., et al., 1973. Vibration frequencies and amplitudes in the aetiology of traumatic vasospastic disease. The Lancet, Apr., pp. 791–794.
19. JONES, A. J., et al., 1974. A scale of human reaction to whole body, vertical, sinusoidal vibration. Journal of Sound and Vibration, vol. 35 (4), pp. 503–520.
20. KALEV, V., 1968. Clinical and experimental investigation into the effect of vibrations on peristalsis of the Fallopian tubes in relation to the aetiology of extra uterine pregnancy. Parva nacionalna konferencija na aspirantite Sofia pp. 253–258., ref. 34.
21. KAMINSKY, G., 1974. Ergonomische Daten für die praktische Arbeitsgestaltung. Betriebsärztliches, vol. 1/2, pp. 9–10.
22. KUNZ, F., et al., 1969. Rückenbeschwerden und Wirbelsäulenbefunde bei Führern schwerer Baumaschinen. Zeitschrift der Unfallmedizin und Berufskrankheiten, vol. 62: 3, pp. 178–189.
23. KÄTTÖ, J., et al. 1973. Noise, vibration and rocking of forest tractors, Finnish Research Institute of Engineering in Agriculture and Forestry, Study report, nr. 10, pp. 20–21.
24. LYSINA, G. G., et al., 1973. Some chances in the hemodynamics under the effect of low-frequency jerky vibrations. Vracebnoe Delo, vol. 1, pp. 124–128.
25. MAGID, E. B., et al., 1960. Human tolerance to whole-body sinusoidal vibrations. Aerospace Medicine, vol. 31, pp. 915–924, ref. 11.
26. MATOTHENKO, V. M., et al. 1971. Catecholamines in vibration disease due to the effects of middle frequency local vibration. Vracebnoe Delo, vol. 8, pp. 127–129, eng. abr.
27. MENSOV, A. A., et al., 1970. An evaluation from the occupational health viewpoint of low-frequency vibrations in the drivers cabins of tower cranes. Gigiena i sanitarija, vol. 35: 5.
28. MOZELL, M. M., et al., 1958. Behavioural effects of whole body vibration. Journal of Aviation Medicine, vol. 29, pp. 716–724.
29. ROSEGGER, R., et al., 1960. Arbeitsmedizinische Erkenntnisse beim Schlepperfahren. Archiv für Landtechnik, vol. 2, pp. 3–66.
30. RUBINSTEIN, L., et al., 1968. Some effects of Y-axis vibration on visual acuity. Aerospace Medical Research Laboratories. Technical Report, vol. 19, Ohio.
31. SACKLER, A. M., et al. 1966. Effects of vibration on the Endocrine System of Male and Female Rats. Aerospace, Medicine, vol. 37, pp. 158–196.
32. SCHOENBERGER, R. W., 1970. Human performance as a function of direction and frequency of whole-body vibration. Aerospace Medical Research Laboratories. Technical Report, vol. 17, Ohio.
33. SCHOENBERGER, R. W., 1972. Human response to whole body vibration. Perceptual and Motor Skills, vol. 34, pp. 127–160.
34. SOININEN, H., 1975. Koko kehon värinä. Työterveyslaitoksen moniste. Helsinki, p. 28.
35. SUEDA, M., 1937. The influence of vibration: The effects upon the body weight and life period of animals. Mitteilungen aus der Medizinischen Akademie zu Kioto, vol. 21, p. 167.
36. YONEKAWA, Y., et al., 1972. Sensational responses of sinusoidal whole-body vibrations with ultra-low frequencies. Industrial Health, vol. 10, pp. 63–76.
37. ZIEGENRUECKER, G. H., et al., 1959. Short time human tolerance to sinusoidal vibrations. WADC Technical Report, vol. 59, p. 391.

### SUMMARY:

#### ERGONOMICAL EFFECTS OF JOLTING OF FOREST MACHINES

The paper deals mainly with the effects of jolting of forest tractors and processors on the health and working capacity of the driver. In the literature surveyed there are especially the following points of interest: Jolting of the machines may hamper the focusing of the eyes and mastery of the controls. Long-term exposure to jolting may result in reduced sympathetic nervous activity at rest, and may impair an already existing back disease. In workers exposed to vibration, gastric changes and changes in reproductive functions are more frequent than normal. Jolting, as also the other negative physical factors of working environment, must be minimized as early as possible during the designing of the machine.