

Vakolan Tiedote 17/71

KAUKO AHO, JUHA KÄTTÖ

TraktORITYÖ ja työterveys



VAKOLA



Rukki
Helsinki 100
Helsinki 43 41 61
Pitäjänmäki

VALTION MAATALOUSKONEIDEN TUTKIMUSLAITOS

ERIPAINOS KONEVIESTI N:o 9/71

Lihastyön korvaamisessa konetyöllä on edistytty pitkälle, monien mielestä erällä aloilla, esimerkiksi teollisuudessa, liiankin pitkälle. Raskaassa pelto- ja metsätyössä ei kuitenkaan lihasten veltoistumisen vaaraa vielä ole. Traktorityön ongelmana on aktiivista lihastyötä helpottavien koneiden käyttöön liittyvien haittavaikutuksien, kuten väärän työasennon, huonon ilmaston, melun, tärinän ja heilunnan, aiheuttama passiivinen fyysinen sekä psykkinen rasitus.

1. Traktorityön rasittavuus

Työn rasittavuus riippuu paitsi työn laadusta, oleellisesti myös työntekoa häiritsevistä haittatekijöistä

Laajahkon haastattelun avulla on maassamme selvitetty, tosin jo v. 1965, mitkä tekijät kuljettajan mielestä aiheuttavat traktorityössä eriten haittaa. Vastauksista kohdistui ohjaamon kylmyyteen ja vetoisuuteen 46 %, istuimeen ja tärinään 25 % sekä meluun ja poistokaasuuihin 19 % -aitallisimmiksi katsotuista tekijöistä oli siis valtaosa (90 %) tällä alueella.

Saman, Maa- ja metsätalouden ergonomiatöimikunnan suorittaman, haastattelun mukaan oli pelto- ja metsätyössä rasittavinta kyntäminen kieron ajoasennon ja vaatimansa suuren tarkkuuden vuoksi. Toiseksi rasittavinta oli äestäminen ajon aiheuttamana jatkuvan tärinän, heilunnan ja ohjauspyörän käsille lyömisen takia. Muista töistä pidettiin erityisen rasittavana kauhakuormausta ja metsäajoa.

Traktorityön rasittavuutta ja siihen vaikuttavia tekijöitä on selvitetty energiankulutus-, pulssi- ja lämpötilamittauksin.

Vakolassa suoritettujen, em. haastatteluun liittyvät mittaukset osoittivat traktorin kuljettajan työenergian kulutuksen vaihtelevan alueella 200...500 wattia (3...7 kcal/min). Arvot ilmaisevat kokonais- ja lepoenergian kulutuksen välisen eron. Täydellisessä henkisessä ja ruumiillisessa lepo-tilassa on ihmisen energian kulutus 70...100 W (1...1,5 kcal/min) kehon koosta riippuen.

Työenergian kulutukseen vaikuttivat huomattavasti seuraavat seikat: a) Ajo nopeus. Tärinän ja heilunnan kasvaessa energian kulutus nousi jopa 70 W. b) Ajo- radan laatu. Kertaalleen äestetyllä pelloilla ajettaessa energiaa kului 100 W vähemmän kuin äestämättömällä kynnöksellä ajettaessa. Poikittaissuuntainen ajo kynnöksellä vaatii 70 W enemmän kuin pitkittäissuuntainen ajo. c) Työasento. Seisten energiaa kului 70...140 W enemmän kuin istuen. d) Vertailtavien traktorimerkkien väliset eroavaisuudet. Vaikutus oli jopa 90 W.

Eräissä maissa suoritettujen tutkimusten mukaan traktorimerkkien väliset eroavaisuudet aiheuttavat jopa 50 % eron ajajan työenergian kulutuksessa. Yksistään ohjaustehostimen käytön on todettu pienentävän työenergian kulutusta etukuormauksessa 20 % ja kynnöksessä 10 %.

Fyysisestä rasituksesta on vain osa lihasrasitusta, loppuosan ollessa hermoston rasitusta, jota

usein virheellisesti kutsutaan psyykkiseksi (sielullisista syistä johtuvaksi) rasitukseksi. Käytetystä työenergiasta voi suurin osa olla hermoenergiaa, mikäli työ vaatii harkintaa, tarkkuutta tai nopeutta. Usein on hyvinkin vaikeata erottaa, mikä osuus rasitustilassa on lihasväsymyksellä ja mikä osuus hermoväsymyksellä. Hermoston rasittumisen on todettu olevan yhteydessä sydämen lyöntitiheyteen, johon tietenkin myös lihasrasituksella on vaikutusta.

Psyykkisen rasituksen tavallisia syitä ovat ihmisen huolet ja kiireet. Yllättävän usein syyt löytyvät myös puutteellisista työoloista. "Stressi" voi rasittaa paitsi mielenterveydellisesti, myös fyysisesti. Näin syntyvistä ns. psykosomaattisista sairauksista on vatsahaavaa tunnetuimpia.

Etenkin aikaisemmin vaivasi traktorin kuljettajaa kylmyyden ja vetoisuuden aiheuttama viilustumisen, reumatismin ja keuhkokuumeeseen sairastuminen pelko, jota vastaan taisteleminen saattoi kuluttaa kohtuuttomasti energiaa. Nyt, turvahyittien aikana, on erääksi pahimmista epäkohdista tullut ohjaamon melu. Ongelman esille tuominen tiedotusvälineissä lisää monen traktorin kuljettajan pelkoa kuulon vaurioitumisesta. Kuulonsuojainten käyttö, haittavaikutuksistaan huolimatta, näyttää tällä hetkellä parhaalla ratkaisulla.

2. Ohjaamo

Traktorin ohjaamo on voimakkaasti kehitetty viime aikoina ja joudutaan edelleen kehittämään työterveydellisistä ja turvallisuussyistä. Ruotsissa vaaditaan jo tällä hetkellä turvavyö metsätraktorin ohjaamossa. Suomessa tuli vuonna 1969 turvaohjaamo käytännöllisesti katsoen pakolliseksi uusiin traktoreihin. Määräykset ovat johtaneet turvahyittien yleiseen käyttöön. Tämän vuoden alussa voimaantulleissa traktoreita koskevissa teknillisissä turvallisuusohjeissa (Vakolan tiedote 14/70) on joukko turvahyittä koskevia määräyksiä. Ne täydentävät osaltaan seuraavassa esitettäviä näkökohtia, joita ei ole pidettävä määräyksinä - eräissä kohdissa käytetyistä sanonnoista huolimatta - vaan ohjeina ja tavoitteina.

Ohjaamon sisäänkäynnin, sisätilojen ja laitteiden suunnittelun lähtökohdista on pidettävä toimivan ihmisen dynaamista tilan tarvetta.

Pyrkimyksenä on ohjaamoon pääseminen kumartumatta. Turvahyittien ovet, mieluiten suorakai-

Mittauksin ja tutkimuksin on osoitettu, että yksistään melu tai heilunta useissa tapauksissa aiheuttaa jo päivittäisessä muutaman tunnin kestävässä traktorityössä ajajan terveydelle vahinkoa. Samalla työteho alenee ja väsymyksen myötä tapaturma-alttius kasvaa. Metsätraktoreissa on erityisenä ongelmana ajoradan epätasaisuudesta johtuva pystyheiluntaa voimakkaampi, vahingollisempi ja vaikeammin vaimennettavissa oleva poikittaissuuntainen ns. sivuheilunta.

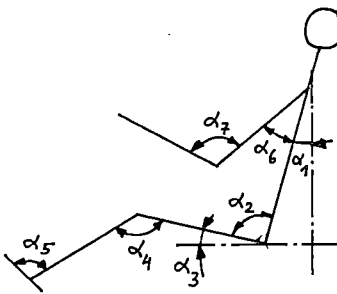
teen muotoiset, on voitava lukeita myös aukiasentoon. Ohjaamon nousua varten täytyy olla tarkoituksenmukaiset kädensijat. Niitä ei kuitenkaan saa sijoittaa oviin.

Toiminnan, turvallisuuden ja viihtyvyyden kannalta on tärkeää, ettei ohjaamo ole ahdas. Ohjaamon sisätila katsotaan riittäväksi, kun sen korkeus lattiasta istuimen kohdalta mitattuna on 150 cm, leveys ohjauspyörän kohdalta mitattuna 100 cm ja kokonaispituus, edessä polkimien ja takana istuimen selkänojan korkeudelta mitattuna, 130 cm. Metsätraktoreissa suositellaan vastaaviksi vähimmäismittoiksi 160, 110 ja 160 cm. On eduksi, jos traktorin muuten tasainen lattia kaartuu ylöspäin polkimien luona.

3. Ajoasento

Erilaisissa istumatöissä on löydettävissä tarkoituksenmukaisin istuma-asento, josta poikkeaminen lisää tarpeettomasti työntekijän rasitusta ja johtaa asennon väsyttävyyteen. Taulukossa 1 nähdään edullisimman istuma-asennon nivelkulma-arvot (kuva 1) työskennellessä istuen paikallaan, ajattaessa henkilöautoa ja ajattaessa traktoria. Liikuttaessa traktorilla kovin epätasaisessa maastossa on syytä käyttää pystympää ajoasentoa ($\alpha_1 = 0$), koska ihmisen selkä kestää heilumista ja tärinää paremmin pystysuunnassa kuin vinossa.

Tapausten 1)-3) kulma-arvot poikkeavat huomattavan paljon toisistaan. Esim. metsätraktorin kuljettaja joutuu kaikkiin kolmeen tilanteeseen: 1) kuormausta ja purkaus, 2) ajo hyväkuntoisella maantiellä ja 3) ajo epätasaisessa metsämaastossa. Kuljettajan pitäisi vaivatta voida muuttaa istuma-asentoaan tilanteen mukaan. Tämän hetkiset traktori-istuimet eivät suo tällaista mahdollisuutta, pelkästään jo puuttuvan selkänojan säädön vuoksi.



Kuva 1. Istuma-asennon nivelkulmat.

4. Hallintalaitteet

Traktorin hallintalaitteiden on täytettävä paitsi teknillisiä vaatimuksia myös niitä käyttävän ihmisen asettamia fysiologisia ja psykologisia vaatimuksia. Käytön on oltava varmaa, helppoa, riittävän kevyttä, tarkkaa ja nopeaa. Ainakaan tärkeimpien hallintalaitteiden käyttö ei saa vaatia kurttelemista eikä vartalon kiertämistä, vaan istuma-asennon on työtoimintojen aikana säilyttävä oikeana. Hallintalaitteiden suunnittelussa pitäisi olla mukana ergonomian edustajia.

Hallintalaitteiden suunnittelun pitää lähteä istuimen sijainnista (kuva 2). Jotta erikokoiset kuljettajat voisivat valita työtään vastaavan edullisimman istuma-asennon ja varmista ulottumisen tarvittaviin laitteisiin, on istuimen sijaintia voitava muuttaa ajo- ja pystysuunnassa. Kuvassa 2 on esitetty vähimmäissäätövarat. Säätöliikkeiden riippumattomuus toisistaan on toivottavaa. Mikäli käytetään yhdistettyä säätöä, pitää säätömatkan 25°:n kaltevuudessa olla vähintään ± 90 mm.

Ohjauspyörä

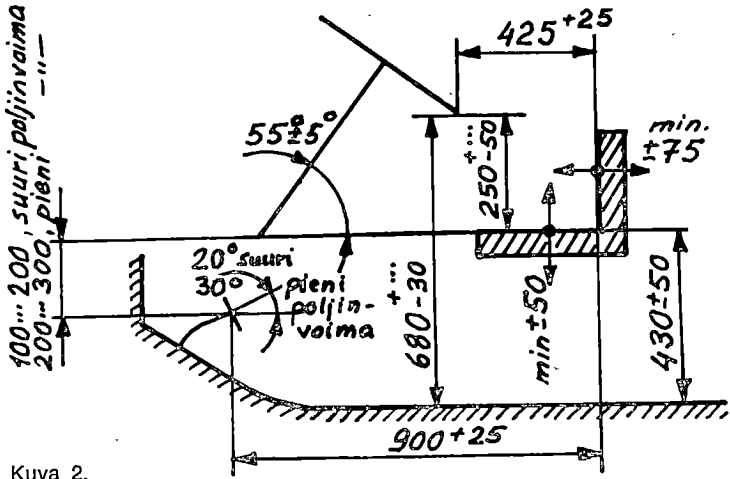
Kun otetaan huomioon ohjaamisessa tarvittava voima, energian kulutus, reaktionopeus ja pyörittäminen edullisimmaksi kaltevuuskulma-alueeksi 50...60°. Ohjauspyörän on sijaittava kuvan 2 mukaisesti ja sen akselin on yhädyttävä istuimen keskiviivaan. Ohjausakselin tai istuimen kääntyvyys sivuun (ylös) on useissa tapauksissa istuimelle pääsyn vuoksi tarpeen, kun ohjauspyörä sijoitetaan ohjauksen kannalta edullisimpaan paikkaan.

Ohjauspyörän sopivin läpimita on 400...450 mm ja sen renkaan paksuus 25...30 mm. Renkaan alapinnan pitää olla pykälöity ja puolien kapeat.

Mekaanisella ohjauksella varustetun traktorin ohjauspyörän keho voima saa olla enintään 10...15 kp. Traktorin akselipainojen ollessa suuret ei tähän päästä, vaan on käytettävä ohjaustehostinta. Sopiva ohjausvoima on tehostinta käytettäessä n. 3 kp. Liian kevyt ohjaus aiheuttaa ohjaustunnon katoamisen.

Käsi käyttöiset vivut

Kaikkiin käsi käyttöisiin vipuihin on ulottava keho kurottamatta, taiputtamatta ja vääntämättä. Käsi vipujen kädensijojen on oltava niiden pallopintojen sisäpuolella, joiden säde on käsi varren pituus (n. 650 mm) ja keskipiste olka-



Kuva 2. Suositeltavia traktoriohjaamon mittoja. Istuin keskiasennossa kuormitettuna 50 kp:lla.

päässä (kuva 3). Vipujen sijoittamista ohjaajan äärimmäisen ulottuvuuden rajalle on pyrittävä välttämään. Ne on mieluiten sijoitettava sellaiselle etäisyydelle, että ajaja voi käyttää niitä olkavarren kulman ollessa 90°...135°. Tähän päästään, kun kädellä tartuttavat hallintalaitteet ovat enintään 500 mm:n ja sormenpäillä tartuttavat hallintalaitteet enintään 570 mm:n päässä hartioista.

Vaakasuurassa veto-työntöliikkeessä olkavarren edullisin kulma on 180° ja ylös-alasliikkeessä 120°...90° (ylempi kuva 3). Poikittaisessa liikkeessä ei käsivarren kulmalla ole merkitystä

Mitä suurempi vivun käyttövastus on, sitä tärkeämpää on sen oikea sijainti ja liike. Käsivivujen vaatimat voimat olisi pyrittävä

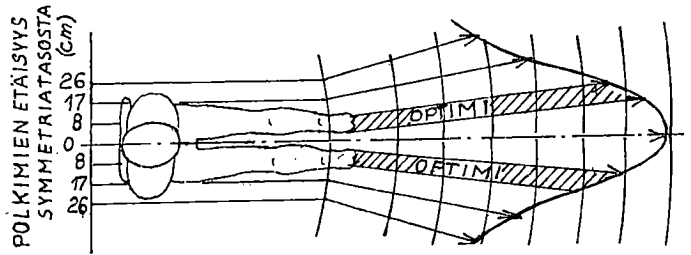
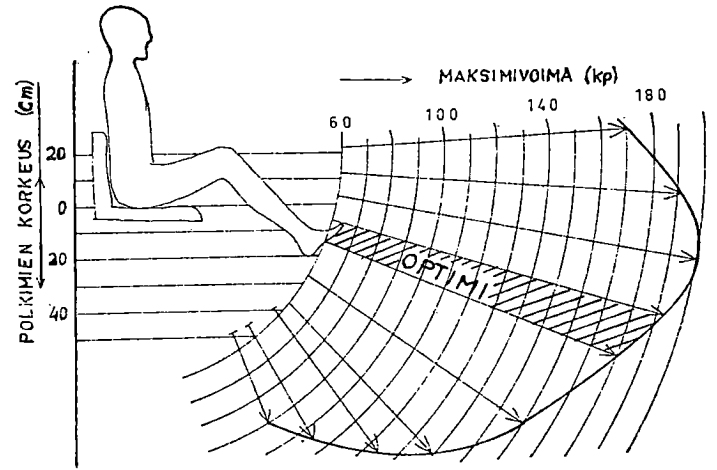
pitämään 1...15 kp:n suuruisina.

Vaihdevipuun/tankoon on ajajan tartuttava eräissä töissä kuten etukuormauksessa useita kertoja kertoja tunnissa. Sitä on ehdottomasti yletyttävä käyttämään eteenpäin kumartumatta.

Yaihdetanko suositellaan sijoitettavaksi ajajan sivulle, mieluiten jalkojen välille, missä se on tiellä. Vaihdetangon pään edullisin paikka vapaa-asennossa on seuraava:

- etäisyys istuimen selkänojasta 350...450 mm
- etäisyys symmetriatasosta *) 300...400 mm
- korkeus istuintasosta 0...100 mm

Edullinen vaihdevivun sijoitus-



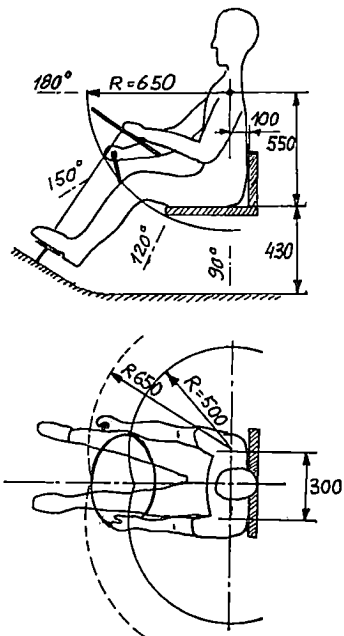
Kuva 4. Ajajan aikaansaaman poljinvoiman riippuvuus polkimen sijoituksesta istuimen suhteen.

sitä suuremmaksi kasvaa jalan poljinvoima (kuva 4). Mutta samalla toiminta viivästyy ja jalan nostelemisen aiheuttama rasiitus kasvaa. On siis pyrittävä käyttämään pieniä poljinvoimia vaativia jarru- ja kytkinpolkimia verraten matalalle sijoitettuna.

laitteita, sillä jalan takertelu nopeutta vaativissa siirtoliikkeissä saattaa käydä kohtalokkaaksi.

Kaasupolkimen, jota on voitava käyttää vain nilkkaa taivuttamalla, optimaalinen poljinvoima on 3...4 kp ja liikelaajuus 40...50 mm. Yleensä on tarkoituksenmukaista varustaa traktori sekä kaasupolkimella että käsikaasuvivulla.

	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5	α_6	α_7
1) Työskentely istuen (paikallaan)	5...15	90...105	0...5				
2) Henkilöauton ajo	25	100	15	115	100	5	100
3) Traktorin ajo	10...15	95	5...10	105...120	90...100	10...15	100...110



Kuva 3. Yläraajojen ulottuvuudet.

paikka on myös ohjauspyörän akselilla, kuten useissa henkilöautoissa, koska tällöin käsi- ja vartaloliikkeet jäävät pieniksi.

Vaihdetangon pituuden säätömahdollisuus olisi suotava, jotta sen pään paikka istuimen suhteen istuinta säädettäessä säilyisi muuttumatta.

Käsikaasuvipu on edullista sijoittaa oikealle puolelle ohjauspyörän lähelle, esim. siten että kaasuvipu liikkuu ohjauspyörän tason suuntaisessa tasossa 70...90 mm ohjauspyörän alapuolella.

Seisontajarruna käytetty mekaaninen käsijarru saattaa vaatia suuria, jopa 60 kp:n voimia. Ajajan on voitava vetää se kireälle käsivarsi liikimain suorassa, jolloin hän voi käyttää hyväksi jalkojen ja selän voimakkaita lihaksia.

Polkimet

Mitä korkeammalle poljin sijoitetaan istuintason alapuolella,

1) Ohjauspyörän akselin kautta kulkeva pystytaso.

Sopivana pidetään 5...25 kp:n poljinvoimaa, joka saavutetaan käyttämällä tarvittaessa tehostinta. Mikäli vaadittava poljinvoima on tätä suurempi (jarrupolkimissa sallitaan 45 kp:iin asti), on syytä sijoittaa poljin kuvan 4 esittämän optimisuunnan mukaisesti. Liian pystyvä painamissuuntaa vaativia polkimia on useissa uusisakin traktoreissa (kuva 5).

Jarru- ja kytkinpolkimien on sijaittava symmetrisesti ohjauspyörän akselin kautta kulkevan pystytason suhteen, niiden on siis sijaittava samalla korkeudella ja liikelaajuuksien on oltava yhtä suuret. Sopiva liikelaajuus on 80...120 mm. Polkimien etäisyys symmetriatasosta saa olla enintään 160 mm. Poljinpinnan riittävä leveys on 10...12 cm. Ulko-reunat on syytä taivuttaa ylöspäin.

Turvallisuussyistä on alaspainetun polkimen yläpuolella lattian väliin jätävä muutaman cm suuruinen väli. Polkimet eivät saa olla liian lähellä toisia polkimia tai muita

5. Säätimet ja Näyttölaitteet

Kehityksen johtaessa entistä suurempiin ja monipuolisempiin koneisiin, kuten metsätalouden monitoimikoneisiin, on aikaisemmin mekaanisesti toimivia laitteita jouduttu korvaamaan ja lisäämään hydraulisesti, pneumaattisesti ja sähköisesti toimivilla järjestelmillä. Tämän seurauksena säätö- ja näyttölaitteiden lukumäärä lisääntyy.

Säätimet

Säätimien sijoituksen, toimintatavan ja muotoilun suunnittelun on perustuttava toisaalta toiminta-analysiin, jolla selvitetään eri laitteiden käytön tarkeys, toistuvuus ja käyttöjärjestys, ja toisaalta säätäjänä toimivan ihmisen mahdollisuuksiin aikaansaada tarvittavat voimat, tarkkuudet, nopeudet ja ulottuvuudet. Ihmisen fysiologisen ja psykologisen rakenteen tunteminen on tässäkin välttämätöntä (esim. näkökentän laajuus ja reaktionopeus).

Ihmiselle on väsyminen, erehtyminen ja unohtaminen ominais-



Kuva 5. Ahdas ohjaamo, jossa lisäksi jarru- ja kytkinpolkimien sijainti ja painamissuunta ovat epäedulliset.

ta. Siksi esimerkiksi täsmälleen samanlaisia kytkimiä, vipuja tai nappuloita ei pidä sijoittaa lähelle. Mikäli säätimet jostain syystä halutaan asettaa riviin, ne on voitava erottaa toisistaan paitsi näköaistin, esim. värin, myös käsien kosketusaistin, esim. muodon, perusteella.

Säätimen toiminnan tai sijainnin ja ihmisen luonnollisen toiminnan tai asennon välinen, käytännössä hyvin tavallinen, ristiriita aiheuttaa ihmisen sopeutumiskyvystä huolimatta ylimääräistä rasittumista, virhetoimintoja ja jopa tapaturmia. Käsien ja jalkojen luonnottomia asentoja on

vältettävä yksistään jo niiden vaatiman staattisen lihastyönkin vuoksi. Käsitukiin käyttöön voi olla syytä, ellei haitan aiheuttajaa, esim. laitteen epäedullista sijaintia, pystytä poistamaan.

Näyttölaitteet

Myös näyttölaitteiden, kuten mittareiden ja varoitusvalojen, suunnittelussa on muistettava ihmisen rajoituksineen.

Ihminen on huono suorittamaan jatkuvaa näyttölaitteiden tarkkailua. Absoluuttisen lukeman nopea ja varma havaitseminen on huomattavasti vaikeampaa kuin esim. osoittimen aseman vertaaminen asteikolla olevaan selvään vertailukohteeseen. Tavalliset

määrää osoittavat (kvantitatiiviset) osoittimella ja asteikolla varustetut ns. analogiamittarit ovat tässä mielessä epäedullisempia kuin laadulliset (kvalitatiiviset), esim. vain sallitun rajan ylityksen tai alituksen ilmoittavat mittarit. Kaikkein epäedullisimpia ovat useilla aloilla voimakkaasti yleistyneet numeroarvon suoraan näyttävät digitaalimittarit, joilla luonnollisesti on muita etuja, kuten suuri lukematarkkuus.

Nopeudessa, sijainnissa, koossa, muodossa tai värisävyssä tapahtuvat muutokset on helppo havaita, kunhan ne tapahtuvat näkökentässä. Esim. välkkyvien varoitusvalojen käyttö on hyvä keino huomion kiinnittämiseksi tärkeään kohteeseen.

6. Istuin

Henkilöautojen istuimet parhaimmillaan antavat melkoisen mukavuuden tunteen. Mutta niissäkin on puutteita - yksi suurimmista on riittämätön lantiotuki - joiden perusteella pitkäaikaisen autolla ajon väitetään johtavan jopa ajajan invalidisoitumiseen.

Traktorin istuimen pitäisi täyt-

tää vielä auton istuimiakin suuremmat vaatimukset mm. seuraavista syistä.

- Traktorin akselirakenne on jäykkä. Iskut ja heilunta johtuvat pyöristä vaimentumattomina istuimeen.

- Traktorin työmaan, pellon, metsämaaston ja huonokuntoisten teiden, epätasaisuudesta johtuen traktorij on lähes jatkuvasti voimakkaammassa heilumistilassa kuin auto edes yksittäisiä kuoppia ylittäessään.

- Traktorin kuljettajan on käytettävä tarkkuuden ja nopeuden lisäksi usein suurikin voimia vaativia monia hallintalaitteita, mistä syystä tukeva istuma-asento on välttämätön.

Toistaiseksi ei ole olemassa yksityiskohtaisia normeja, joiden mukaisiksi erilaisten ajoneuvojen istuimet olisi rakennettava. Tämänhetkisten käsitysten mukaan traktorin istuimen on täytettävä seuraavat vaatimukset.

a) "Staattiset" vaatimukset (vrt. kuva 2):

1) Istuimen ja sen kiinnityksen traktorin runkoon on oltava tukeva.

2) Istuinosan pinnan on oltava melko suora. Sen on kuitenkin tuettava reisien ulkosivuja ja kaarruttava edestä alaspäin, ettei etureuna painaisi reisiä.

3) Istuinosan eveyden on oltava vähintään 450 mm ja pituuden 340...420 mm.

4) Istuinosan sopiva kaltevuus vaakatasosta takaviistoon on 3°...10°.

5) Selkänöjan on kunnollisesti tuettava lantiot ristiselän kohdalla, myös poikittaisuunnassa. Pystysuunnassa se saisi olla jonkin verran kupera, poikittaissuunnassa kovera.

6) Selkänöjan sopiva korkeus maataloustraktoreissa on 240...400 mm. Metsätraktoreissa, joissa istuin tarvittaessa on käännettävissä taaksepäin (polvitilan käännettäessä oltava yli 700 mm), on toivottavaa selkänöjan ulottuminen ajajan lapaluiden alareunan korkeudelle. Sopiva selkänöjan korkeus on tällöin 400...500 mm.

7) Selkänöjan kaltevuuskulman, lannekulman, on oltava n. 95°. Säätömahdollisuus on tarpeellinen, etenkin selkänöjan ollessa korkea.

8) Istuma-asentoa on jonkin verran voitava muuttaa istumalihasten alati samojen kohtien väsymisen estämiseksi. Kaukalomalliset istuimet ovat traktoreihin sopimattomia.

9) Istuimen sijaintia on voitava muuttaa pystysuunnassa vähintään ±50 mm ja eteen-taakse-suunnassa vähintään ±75 mm.

10) Pehmusteen riittävä paksuus oikein muotoillussa istuimessa on 30...60 mm. Esimerkiksi vaahtokumi ja vaahtomuovi ovat sopivia pehmusteaineita.

11) Verhoiluaineen on sallittava ainakin tyydyttävä kosteuden siirtyminen. Luonnonkuidut ja keinokuidutkin ovat suositeltavia aineita, muovi sen sijaan aiheuttaa

hiostumista. Vaihdeettavaa irto-kangassuojasta (talvella "lämpötyyny") voidaan tarvittaessa käyttää apuna.

12) Käsinojat eivät ole välttämättömiä, jos hallintalaitteet on sijoitettu oikein. Mahdolliset käsinojat on helposti voitava kääntää syrjään tai poistaa, eivätkä ne paikallaankaan saa estää käsien liikkeitä.

b) "Dynaamiset" (heilahdusteknilliset) vaatimukset:

1) Istuimen suurimman joustomatkan on oltava 80...150 mm pystysuunnassa, istuinjousituksen säädöstä riippumatta.

2) Joustoliikkeen on oltava mahdollisimman pystysuuntainen. Istuimen noustessa alimmasta asennostaan ylipäin sallitaan eteenpäin 15 mm:n tai taaksepäin 25 mm:n vaakasiirtymä.

3) Jousitusjärjestelmää on voitava säätää siten, että istuimen painama on puolet kulloisestakin suurimmasta joustomatkasta 50...110 kp:n painoisen kuljettajan istuessa sillä. Istuimen säätöalueen määritys nähdään kuvassa 6.

4) Istuimen heilahtelun ominaistajuuden on oltava alle 2 Hz (2 heilahdusta sekunnissa). Päämääränä on pidettävä alle 1,5 Hz:n ominaistajuutta.

5) Istuimen vaimennussuhteen D on oltava välillä 0,2...0,4.

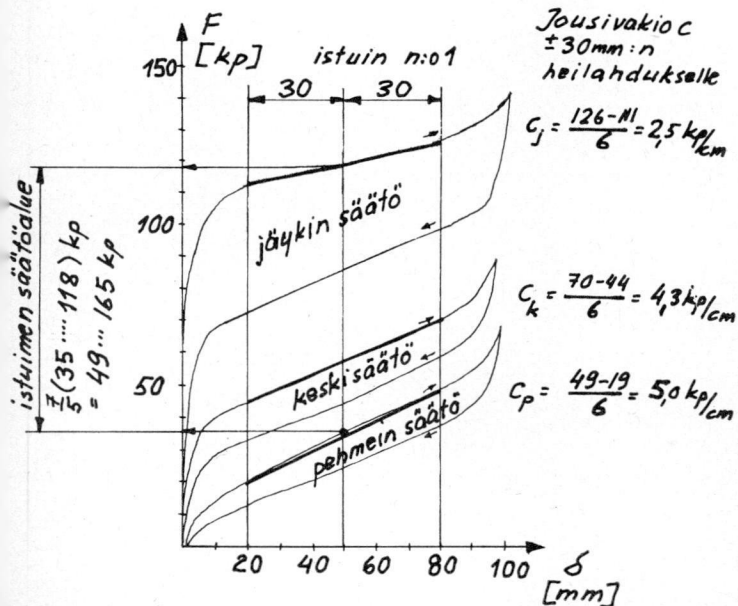
Kohtien 4) ja 5) esittämien, tärkeiden vaatimusten täyttämisen toteaminen tuottaa käytännössä vaikeuksia. Siksi niitä käsitellään tässä yksityiskohtaisemmin.

Istuimen ominaistajuuden ja vaimennussuhteen määrittäminen

Istuimen heilahtelun ominaistajuudella (resonanssitaajuudella) tarkoitetaan sitä kuormitetun istuimen pystyheilun taajuutta, jolla istuimen heilahdusamplitudin ja suhde traktorin rungon heilahdusamplitudiin z_h on suurimmillaan.

1-massaheilahtelijan ominaistajuus f₀ lasketaan kuvassa 7 esitetystä yhtälöstä, joka edellyttää, että jousen voima on suoraan verrannollinen poikkeamaan tasapainoasemasta ja heilahdusvaimennin on hydraulinen. Sovellettaessa yhtälöä traktorin istuimeen määritetään jousivakion c suuruus kuvan 6 esittämällä tavalla. Massaksi m otetaan 5/7 ajajan painosta + istuimen heiluvuutta. Vaimennussuhteeksi D riittää likimääräinen arvio, suurta virhettä tekemättä se voidaan jättää huomioon ottamattakin.

Kuvassa 8 esitetyt koetulokset osoittavat istuimen ominaistajuuden riippuvan jyrkästi heräteamplitudin z_h suuruudesta sekä lisäksi kuormituksen laadusta, siis tekijöistä, joita kuvan 7 yhtälö ei ota huomioon. Kokeelliset f₀-arvot (50 kp:n punnus) ovat laskemalla saatuja arvoja suurempia johtuen käytettyjen olettamusten virheellisyydestä. Todellisuudessa jousivoima on epälineaarinen ja mukana on kitkavaimennusta. Toisaalta kuormituspun-



Kuva 6. Säätöalueen ja jousivakioiden määrittäminen istuimen joustokäyrästä, jotka on saatu asteittain lisäämällä ja sen jälkeen vähentämällä istuimen kuormitusta ja mittaamalla vastaavat painumat. (Lasserin mukaan)

nuksen korvaaminen ihmisellä alentaa ominaistajuutta. Näinollen näyttääkin laskutapa johtavan likimäärin oikeaan tulokseen. Istuimen heilahdusamplitudina käytetty arvo 30 mm on käytännössä keskimäärin esiintyvä arvo, joten vähintään sitä on käytettävä ominaistajuutta laskettaessa.

Istuimen ominaistajuus on sitä edullisempi, mitä pienempi se on. Sen sijaan vaimennussuhde D on valittava kompromissiratkaisuna. Voimakas vaimennus on edullinen resonanssialueella, heikko taas sitä suuremmilla taajuuksilla, kuten kuva 9 osoittaa.

Jokseenkin samoin kuin 1-massaheilahtelija käyttäytyvät todelliset istuimet (kuva 10). Parhaisissa istuimissa, käyrä B, on onnistuttu aikaansaamaan sellainen vaimennus, että istuin antaa hyvän suojan kaikentaaajuisia herätteitä vastaan. Huonommissa istuimissa, käyrä A, vaimennussuhde D päinvastoin kasvaa herätetaajuuden kasvaessa. Resonanssialueella pohjaanlyövän istuimen käyrä C osoittaa vaimentimien käytön tarpeellisuuden.

Istuimen vaimennussuhdetta D ei voida ilmaista yhdellä luvulla, koska se ei ole vakio, vaan riippuu herätetaajuudesta ja lisäksi vielä heräteamplitudista (kuva 16). Istuimen vaimennussuhteelle asetettava vaatimus ei siten ole tarkoituksenmukainen eikä tarpeellinenkaan, jos tilalle asetetaan raja suurennuskertoimelle z_a/z_h (kuva 15). Käytettävät rajat olisi ulotettava koskemaan myös heräteamplitudista $z_h = 10$ mm suurempia arvoja, vähintään $z_h = 20$ mm:iin asti.

Miksi istuimelta vaaditaan pientä ominaistajuutta?

Traktorin rungon heilahtelu koostuu pakkoheilahtelusta ja vapaasta heilastelusta. Edellinen ai-

heutuu ajoalustan jatkuvasta epätasaisuudesta, jota traktorin pyörät seuraavat. Useimmiten traktorin rungon ominaistajuudesta poikkeavana pakkoheilahtelu vaimentuu tehokkaasti. Ajoalustan yksittäiset epätasaisuudet saattavat rungon jälkimäiseen, vapaaseen heilahdusliikkeeseen, jonka vaimeneminen on hidasta johtuen renkaiden huonosta vaimennuskyvystä.

Vapaan heilahdusliikkeen osuus on yleensä keskeinen ja se tapahtuu rungon ominaistajuudella. Maataloustraktorin takarungon ominaistajuus on akselipainosta ja renkaiden ilmanpaineesta riippuen 3...4 Hz ja metsätraktorin eturungon, johon istuin yleensä lähemmin liittyy, 2...3 Hz. Nämä taajuudet ovat tärkeimmät istuimeen tulevista herätetaajuuksista.

Jousitettu istuin on jousittamatonta edullisempi vain, mikäli se vaimentaa traktorin rungon ominaistajuudella ilmenevää heiluntaa. Vaimentumisen edellytyksenä on, että herätetaajuuden f_h suhde istuimen ominaistajuuteen f_0 on suurempi kuin $\sqrt{2}$ kuvan 9 esittämän teorian mukaan.

Ihminen, jonka heilunnasta viime kädessä on kysymys, asettaa kuitenkin vielä omat vaatimuksensa.

Matalilla taajuuksilla (n. 5...9 Hz:iin saakka) voidaan heilahtelua ihmistä likimääräisesti kuvata yhden massan, lineaarisen jousen ja vaimentimen muodostamalla mallilla (kuva 11). 80 kp:n painoiselle henkilölle on kokeellisesti saatu seuraavat arvot (Coerman):

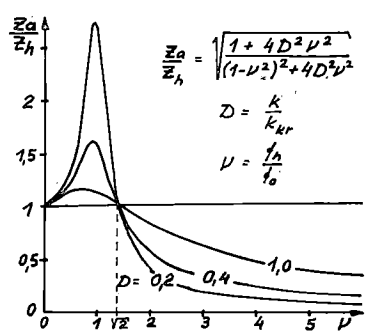
Istumistapa:	suorana	rentoutuneena
Jousivakio c_3 (kp/cm)	131	84
Vaimennusluku k_3 (kp/cm/s)	1,9	1,7
Vaimennussuhde $D_3 = \frac{k}{2m \sqrt{c/m}}$	0,29	0,32
Ominaistajuus f_0 ihm. (Hz) kuvan 7 yhtälöstä lasketuna.	6,1	4,8

Istuvan ihmisen pystyheilun ominaistajuudeksi saatiin siis 5...6 Hz. Rinta- ja vatsaonteloiden ominaistajuudet ovat matalampia, vain 2...3 Hz.

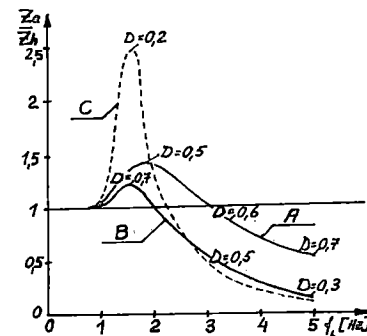
Ihminen "sisäiset jouset" toimivat periaatteessa samoin kuin esim. jousitetut istuimet: ne vaimentavat vain riittävän korkeataajuisista heräteliikettä. Valitettavasti matalataajuiset, istuimesta tulevat liikkeet vahvistuvat, sitä voimakkaammin mitä lähempänä kyseisen elimen tai koko ihmisen ominaistajuusalueella heilunta tapahtuu. Tämän vuoksi istuimen ominaistajuuden olisi jätettävä selvästi 2 Hz:stä alkavan vaarallisen resonanssialueen alapuolelle.

Kuvissa 12 ja 13 nähdään istuimien suurennuskertoinkäyriä. Istuimen ominaistajuuden ollessa riittävän pieni (kuva 12a) ei ihmisellä kuormitetun istuimen liike oleellisesti eroa rautapunnuksella kuormitetun istuimen liikkeestä. Istuimen ominaistajuuden ollessa suurempi ero on suurempi (kuvat 12b ja 13). Sisäelimet heilahtelevat voimakkaammin, istuimen ja ihmisen selkärangan liikkeiden jäädessä samalla pienemmiksi. Heräteamplitudin kasvaessa sisäelimet eivät enää pysty samassa määrin vaimentamaan ajan liikettä, koska niiden liikelaaajuus on rajoitettu (kuva 13).

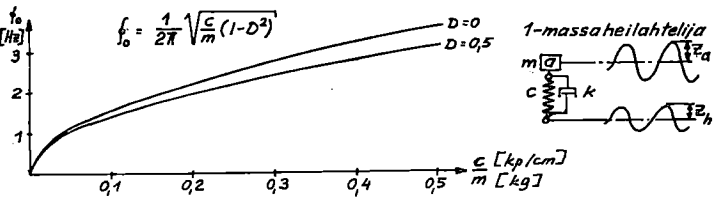
Mikäli istuimen ominaistajuus on sama kuin ihmisen sisäelinten, syntyy resonanssialueella seuraavanlainen tilanne: Traktorin rungon massan, istuimen massan ja



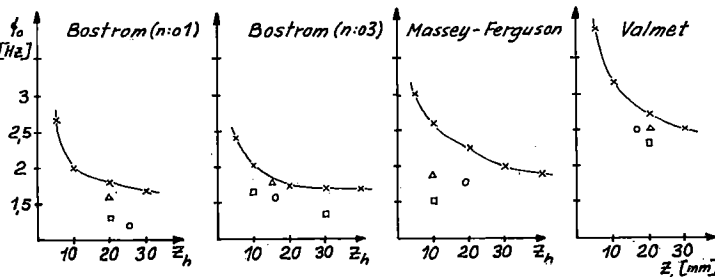
Kuva 9. 1-massaheilahtelijan suurennuskertoimien z_a/z_h heräte- ja ominaistajuuden suhteen f_h/f_0 funktiona, parametrina vaimennussuhde D.



Kuva 10. Kokeellisesti saatuja istuimien suurennuskertoinkäyriä, joihin on merkitty kuvan 9 yhtälöstä laskettuja vaimennussuhteen D arvoja eri taajuuksilla f_h . Heräteamplitudi $z_h = 30$ mm. Käyrä A: Huonosti vaimennettu istuin. Käyrä B: Hyvin vaimennettu istuin. Käyrä C: Istuin, jossa ei vaimenninta.



Kuva 7. 1-massaheilahtelijan ominaistajuus, parametrina vaimennussuhde D.

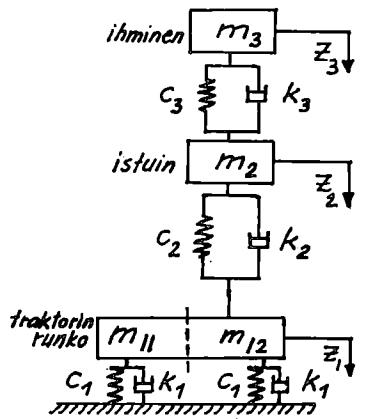


x istuimen kuormituksena 50 kp:n rautapunnus
 Δ " " " 85 kp:n painoinen henkilö, jalat tuettuna
 □ " " " 85 kp:n painoinen henkilö, jalat roikkuen
 o " " " 60 kp, kuvan 7 yhtälön mukaan laskettu arvo.

Kuva 8. Heräteamplitudin ja kuormituksen vaikutus istuimen ominaistajuuteen.

ihmisen sisäisten massojen liikkeet ovat toisistaan 90°:n suuruisen vaiheieron päässä. Traktorin rungon ja ihmisen sisäelinten liikkeet ovat siten vastakkaisuuntaiset. Istuin ja istuja ovat lähes paikallaan sisäelinten heiluessa sitäkin voimakkaammin tasapainottajina. Kauempana resonanssitaajuusalueen yläpuolella on massojen välisen vaiheieron suuruus n. 180°, joten herätetessä ja ihmisen sisäelimet heiluvat samassa tahdissa. Tällöin istuimen suurennuskertoimien jälleen kasvaa ihmisen sisäisten massojen toimiessa "lisävauhdittajina".

Tällä hetkellä käytetään vielä valitettavan yleisesti istuimia, joiden ominaistajuus on 2...3 Hz, vieläpä traktoreissa, joiden rungon ominaistajuus on samaa suuruusluokkaa. Tällaiset istuimet on syytä korvata pienemmän ominaistajuuden omaavilla istuimilla, jottei pääsisi syntymään esitetyntäistä, ihmisen terveydelle varmasti erittäin vaarallista resonanssitilannetta.

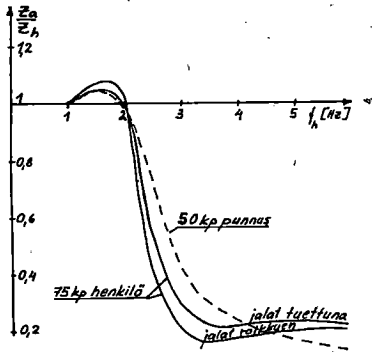


Kuva 11. Traktori-kuljettaja-järjestelmän pystyheilumista kuvaava malli.

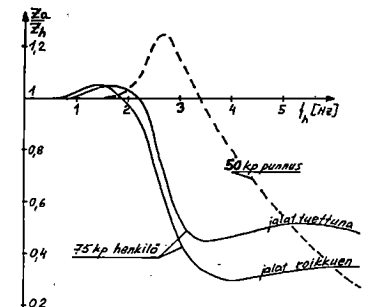
Vakolan istuintutkimukset

Helmikuussa 1971 tutkittiin maatalouskoneiden tutkimuslaitoksella 13 maataloustraktorin istuinta (kuva 17):

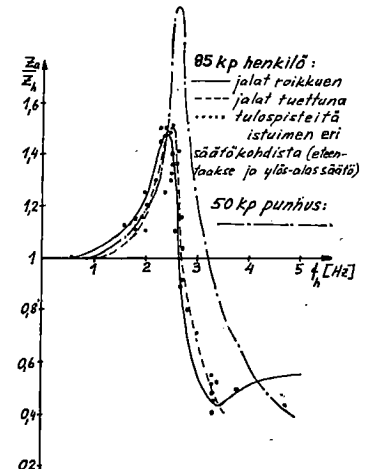
- 1) Mitattiin istuimien koko ja muoto. Taulukossa 2 esitettyjen tulosten vertaaminen eri lähteistä koottuihin suositeltaviin arvoihin osoittaa, että useimmat istuimet ovat tässä suhteessa tyydyttäviä.
- 2) Määritettiin istuimien joustokäyrät. Kuvassa 6 on istuimen n:o 1 osalta tulokset. Eräiden muiden istuimien joustokäyriä nähdään kuvassa 14. Taulukossa 2 on esitetty joustokäyristä saadut istuimien seuraavat arvot.



Kuva 12 a. Istuimen n:o 3 suurennuskorvakäyriä. Heräteamplitudi $z_h = 10$ mm.

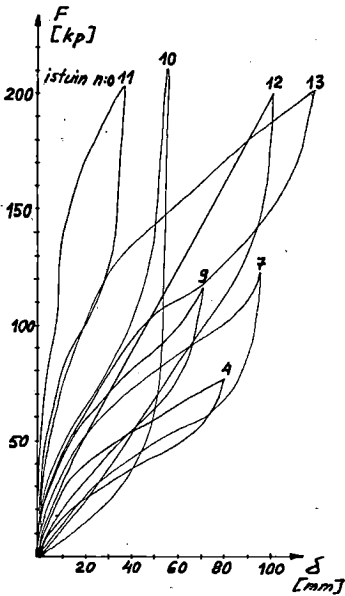


Kuva 12 b. Istuimen n:o 9 suurennuskorvakäyriä. Heräteamplitudi $z_h = 10$ mm.

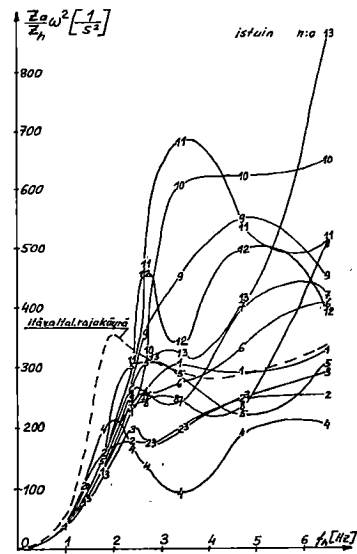


Kuva 13. Istuimen n:o 10 suurennuskorvakäyriä. Heräteamplitudi $z_h = 20$ mm.

- Kokonaisjoustoväli δz_{max} (liikkeen rajoittimien yläpuolella).
 - Joustokäyrän määrittämisen yhteydessä todettu käytännön joustoväli δz . Säädön, rajoittimien ym. vaikutuksesta δz eroaa δz_{max} :sta.
 - Säättöalue: kevein (G_{min}) ja painavin (G_{max}) ajaja, jonka painosta istuin painuu puolet joustovälistä.
 - Joustovakiot c_j , c_k ja c_p (jäykin, keski- ja pehmein säätö).
 - Ominaisaajuus f_0 , laskettuna kuvan 7 yhtälöstä ($m = 60$ kg, $c = c_k$, D kokeellisesti).
- Kokonaisjoustoväli on istuimissa riittävä muutamaa poikkeusta lukuunottamatta, joskin sen lisääminen on kaikissa istuimissa toivottavaa

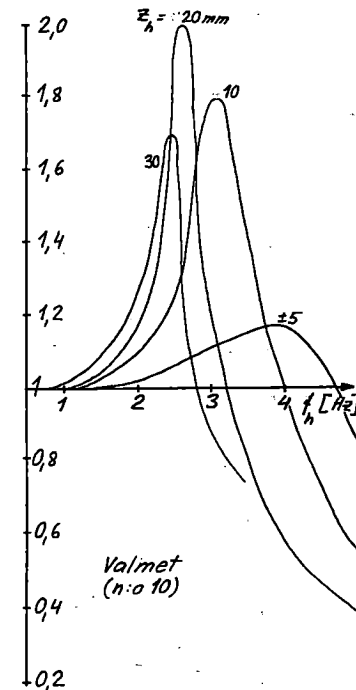
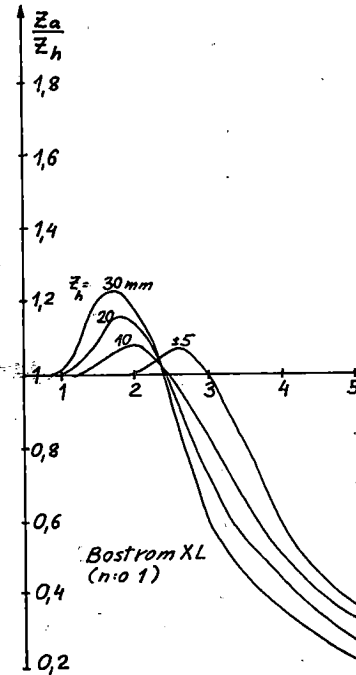


Kuva 14. Tutkittujen istuimien joustokäyriä. Jousitus on pyritty säätämään 70 kp:n painoiselle ajajalle sopivaksi (keskisääti).



Kuva 15. Taulukossa 2 esitettyjen istuimien kiihtyvyyssuurennuskorvakäyrät. Kuormituksena 50 kp:n punnus. Heräteamplitudi $z_h = 10$ mm.

- Kevyelle kuljettajalle soveltuva vain Bostrom-istuimien, muissa säättöalue ei ulotu riittävän alas.
- Tarpeeksi pehmeä jousitus (pieni jousivakio) on ainoastaan Bostrom-istuimissa ja lähes tarpeeksi pehmeä Grammer-istuimissa. Muiden istuimien jousitus on aivan liian jäykkä. Niinpä niiden ominaisaajuudet ovat vielä kaukana tavoitteena pidettävän 1,5 Hz:n yläpuolella.
- 3) Määritettiin istuimien kiihtyvyyssuurennuskorvakäyrät.

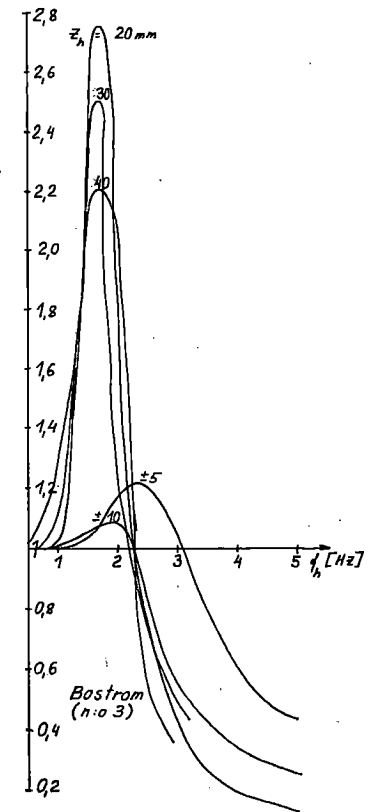
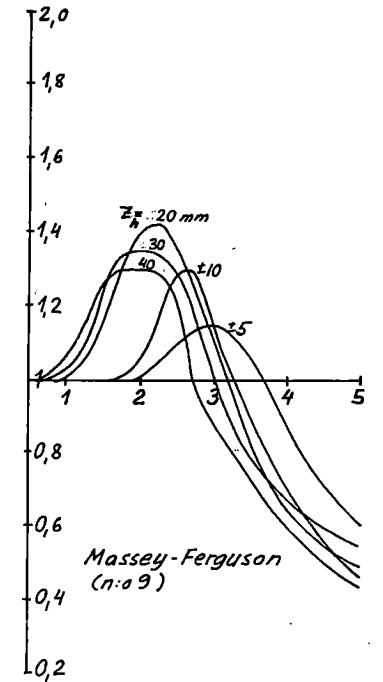


Kuva 16. 50 kp:n punnuksella kuormitettujen istuimien suurennuskorvakäyriä, parametrina heräteamplitudi z_h .

$$\text{roinkäyrät } \frac{z_a}{z_h} \omega^2 = f(f_h),$$

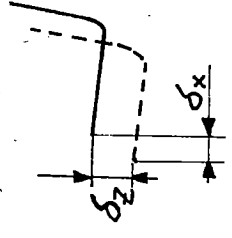
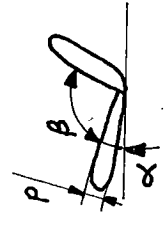
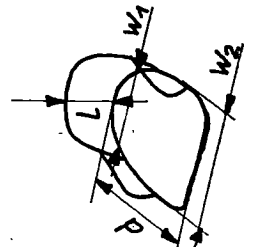
jossa $\omega = 2\pi f_h$. Sinimuotoinen amplituditaan 5 mm ja 10 mm:n heräteliike saatiin erityisellä, istuintutkimuksia varten rakennetulla tärytyslaitteella. Istuimien heilahdusamplitudit rekisteröitiin oskilloskooppia ja oskillografia käyttäen.

Käytetty tutkimusmenetelmä oli pääpiirtein sama kuin itävaltalaisessa Bundesversuchs- und Prüfungsanstalt:issa käytössä oleva menetelmä. Kuvassa 15 on esitetty saatuja koetuloksia. Mukana



Taulukko 2. Istuinkokeiden tuloksia ja suositeltavia arvoja.

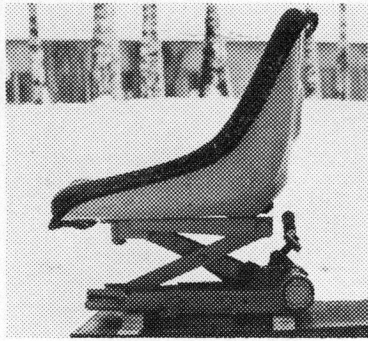
Suositeltavia arvoja:		380	≤450	±40	≤240	3..10	≥80	50..140										
OECD:n työryhmä		±40	320	±80	3..5	80..150	50..110											
Bundesversuchs-u. Prüfungsanstalt, Itävalta		"	"	"	"	≤8	"											
Landteknisk Institutt, Norja		"	"	"	"	"	"											
Statens maskinprovningar, Ruotsi		"	"	"	"	"	"											
Maatalouskoneiden tutkimuslaitos (Vakolia), metsätrakt.		"	"	"	"	≤±15	≤1,5											
N:o	Istuin	Traktori	w1/w2 (mm)	d (mm)	l (mm)	p (mm)	α (aste)	β (aste)	jouset (kpl)	heil. valm. (kpl)	δZmax (mm)	δX (mm)	op (kp/cm)	ck (kp/cm)	ej (kp/cm)	G minmax (kp)	G (kp)	f0 (Hz)
1	Bostrom (U.K.)	International	340/450	340	310	40	7..10	90	1 kpl	1	101	+3	2,5	4,3	5,0	49..165	1,2	
2	S.n:o 137908	Belarus	320/500	380	270	40	5	90	"	1	93	0	4,3	5,3	5,0	25..126	1,3	
3	Bostrom (U.K.)	Volvo	340/460	340	270	40	7	95	"	-1)	90	+2	6,5	6,2	6,8	56..176	1,6	
4	S.n:o 147691	Ford	340/530	390	250	50	12	90	"	1	105	+2	6,0	6,0	9,2	42..197	1,4	
5	Bostrom	Leyland (Nuffield)	260/450	330	260	50	5..12	90	"	1	82	+10	10,3	8,0	5,3	48..220	1,6	
6	McCormick	John Deere	380/460	390	270	100	8	95	2 kpl	1	93	+35	10,7	10,0	10,3	81..162	1,8	
7	Grammer Type: DS 20 L2	David Brown	270/440	350/380	270	50	8..9	95	"	1	86	+15	7,0	8,3	10,0	67..167	1,6	
8	Grammer type: DS 20 B	Deutz	360/450	350	320	40/60		90	"	1	87	+15	9,0	11,0	10,8	85..204	1,8	
9	Grammer type: DS 20 D1	Massey-Ferg	330/500	340	310	50	5	95	"	1	73	0	8,3	10,5	16,2	91..178	1,8	
10	MF	Valmet	280/470	320/380	310	50	2	95	2 kpl	-	71	0..60	-22	25,4	20,2	-	105..235	2,5
11	Valmet Tourula 2)	Fiat	470/490	350	270	30	2..3	100	1 kpl	-	20	15..35	+3	66	50	37	40..220	3,9
12	Zetor	Zetor	300/460	330	230	20	4	100	kumi- vääntöj.	-	100	n.100	-11	19	19	19	120..144	2,4
13	Zetor	Zetor 8011	440/480	390	400	100	4	100	1 kpl	1	120	70..120	-12	7,3	10,5	20,5	136..230	1,8
									3)									



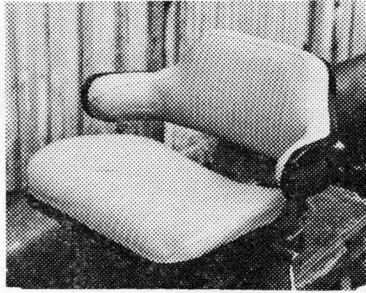
1) Nykyisissä istuimissa on jo hydr. heilahduksen vaimennin
 2) Lisähintaan on saatavana Bostrom-istuim (mallia 500 lukuunottamatta)
 3) Kumi-pussissa ylipaine 1,5 kp/cm², jolla saatiin parhaat joustoarvot (valmistajan suositus: 1,5...2,5 kp/cm²)



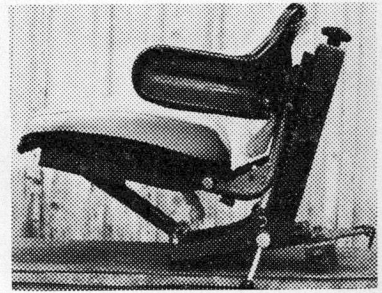
Istuin n:o 1



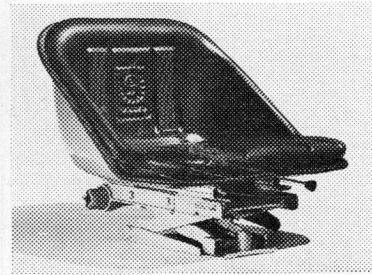
Istuin n:o 2



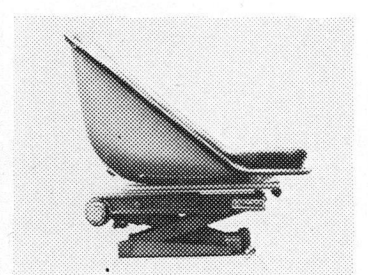
Istuin n:o 6



Istuin n:o 7



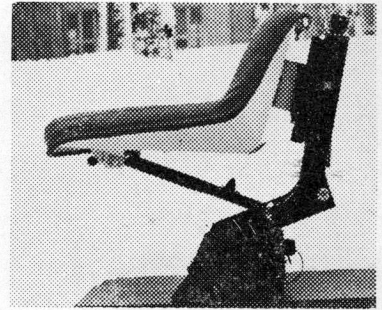
Istuin n:o 3



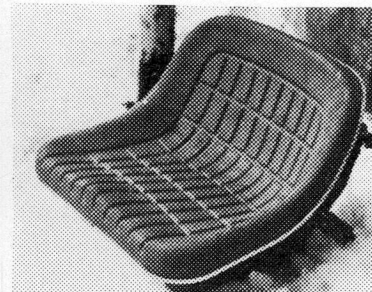
Istuin n:o 4



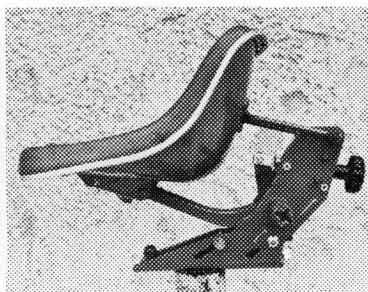
Istuin n:o 8



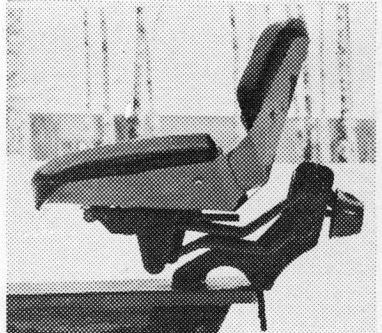
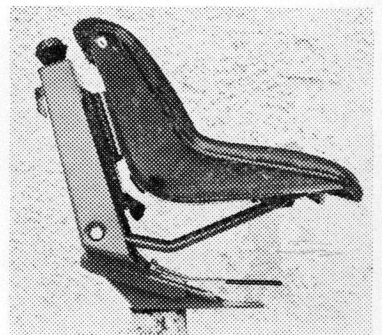
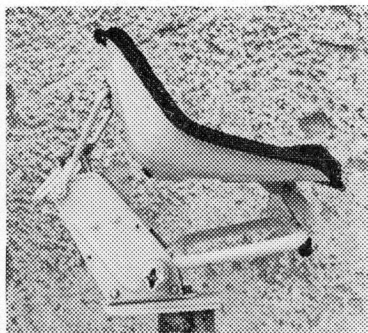
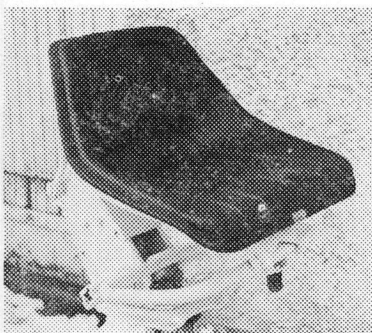
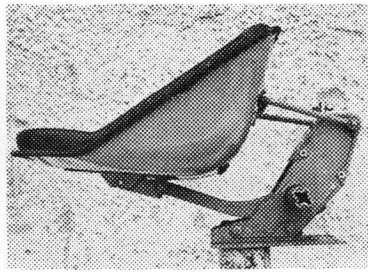
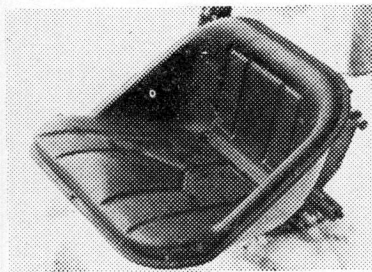
Istuin n:o 9



Istuin n:o 5



Istuin n:o 6





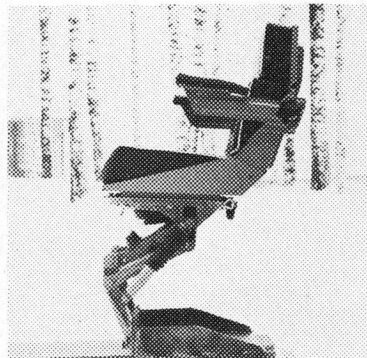
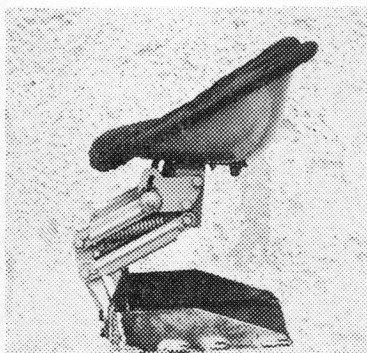
Istuin n:o 11



Istuin n:o 12



Istuin n:o 13



7. Tärinä ja heilunta

Puhuttaessa ihmiseen kohdistuvasta värähtelystä käytetään sanoja "tärinä" ja "heilunta". Tässä esityksessä tärinä on rajoitettu kuvaamaan korkeataajuisia (20...300 Hz), esim. traktorin moottorin synnyttämää värähtelyä ja heilunta kuvaamaan matalataajuisia (0,5...20 Hz), esim. ajoradan epätasaisuuden ja traktorin rungon vapaan heilahdusliikkeen aiheuttamaa liike-
muotoa.

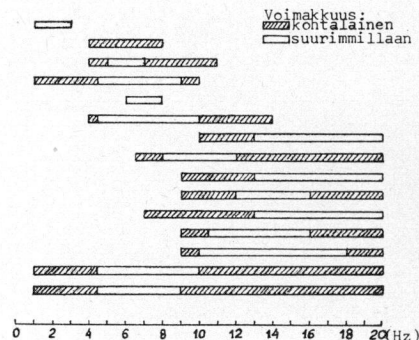
Mitä tärinä ja heilunta aiheuttavat ihmiselle?

Tärinän ja heilunnan fysiologisia sekä psykologisia vaikutuksia ihmiseen on tutkittu paljon. Kuvassa 18 esitettyjen oireiden lisäksi mainittakoon erityisesti traktorin kuljettajissa ilmenneistä väliaikaisista toimintahäiriöistä:

- ohjaustarkkuuden aleneminen,
- vipujen käsittelyn muuttuminen epävarmemmaksi,
- selkä- ja vatsakivut ja -vaivat,
- jalan poljinvoiman muuttuminen epätasaiseksi,
- reaktionopeuden pieneminen,
- näön heikkeneminen ja näkökentän supistuminen,
- väsymys, päänsärky ja yleensä hermosto-oireet,
- työtehon aleneminen.

Mainitut oireet liittyvät sekä pysty- että vaakatasossa tapahtuvaan heiluntaan, joskin jälkimmäisen vaikutuksia on tutkittu vähemmän. Kuitenkin on havaittu, että esim. ohjaustarkkuuden, poljinvoiman vakioisuuden ja silmän laitaosilla näkemisen heik-

hengenahdistusta
vaikutuksia hengitysliikkeissä
rintakipuja
lihaskouristuksia
vaivoja leuassa
vatsakipuja
lihaskäntäytystä
lannerankakipuja
vaivoja päässä
"pala kurkussa"
puhehäiriöitä
ulestamistarvetta
virtsaamistarvetta
muutoksia pulssissa
yleensä epämiellyttävä olo
taajuusalue



Kuva 18. Sinimuotoiselle pystysuuntaiselle heilunnalle alttiinaolevan ihmisen subjektiivisia tuntemuksia. Kokeessa käytetty altistus aika 3 minuuttia ja kiihtyvyyden amplitudin suuruus 0,5 g ≈ 5 m/s². (Magid ja Coerman)

Kuva 17. Tutkimuksessa mukana olleet traktorin istuimet.

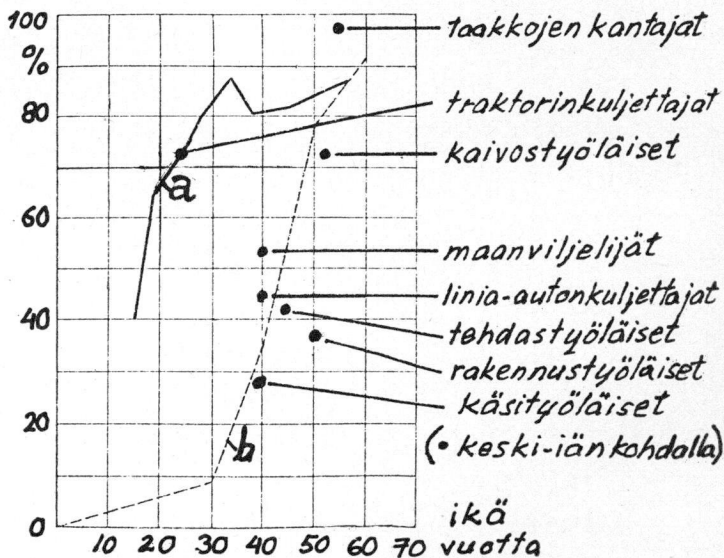
on vertailua varten Itävallassa sallittavaksi katsottavan rajan ilmaiseva käyrä. Vain Bostrom-istuimet jäävät rajan sallitulle puolelle.

Käytetyn menetelmän tarkoituksenmukaisuutta rajoittavat seuraavat kolme seikkaa.

- 1) Sinimuotoinen pakkoliike ei vastaa todellista ajoa, jossa heräteliike on epäsäännöllinen (stokastinen) ajan funktio.
- 2) Heräteliikkeen amplitudit 5 mm ja 10 mm ovat paljon käytännössä esiintyviä arvoja pienempiä. Heräteamplitudin suurentamisen vaikutusta istuimen suurennuskerrotimeen tutkittiin nyt neljän istuimen osalta. Tulokset nähdään kuvassa 16. Niiden perusteella on 10 mm:n heräteamplitudia pidettävä liian pieninä, z_h = 20 mm antaa jo luotettavamman kuvan istuimen heilumisesta.
- 3) Istuimen kuormituksenä käytetty 50 kp:n rautapunnus ei liikaikankaan vastaa ihmistä (kuvat 12 ja 13).

Vastikään on valmistunut O.E. C.D.-järjestön maatalustraktorin koetusmenetelmään ehdotus traktorin istuinten tutkimusta varten. Ehdotus vahvistettaneen kuluvan vuoden aikana. Sen mukaan mitataan traktorin rungon ja istuimen pystysuorat kiihtyvyydet ajetaessa tarkoin määrättyllä esteradalla. Ehdotus ei sisällä arvosteluohjetta, ainoastaan koetusmenetelmän. Tarkoituksena on istuinten heilahdusominaisuuksien vertailu. Mikään markkinoilla oleva istuin ei ole riittävän hyvä estämään liian kovia heilahduksia, jos ajonopeus on liian suuri esim. kynnöspellolla tai maastossa.

Etenkin metsätraktorissa rungon ja ajajan istuintason kiihtyvyydet olisi syytä mitata myös sivusuunnassa. Maassamme on jo eräissä tutkimuksissa rekisteröity kiihtyvyydet 3-akselisesti. Tulevaisuudessa pyritään istuinkokeet suorittamaan tällä tavoin.



Kuva 19. Selkärangan muutosten määrä %:na tutkituista. a-käyrä: traktorinkuljettajat (Rosegger) b-käyrä: tutkitut muista ammanteista (Junghanns)

keneminen on voimakkaampaa, kun heräteliike vaikuttaa vaakatasossa (sivusuunnassa tai eteen- taaksesuunnassa).

Pysyviä toimintahäiriöitä on vaikeampi tutkia, sillä niitä ilmenee usein vielä vuosien päästä. Tutkimukset muodostuvat siten pitkäaikaisiksi ja syy-yhteyksien löytäminen tuottaa vaikeuksia. Edelläesitettyjen oireiden ja väliaikaisten toimintahäiriöiden enustearvoa pysyvien toimintahäiriöiden suhteen ei tunneta.

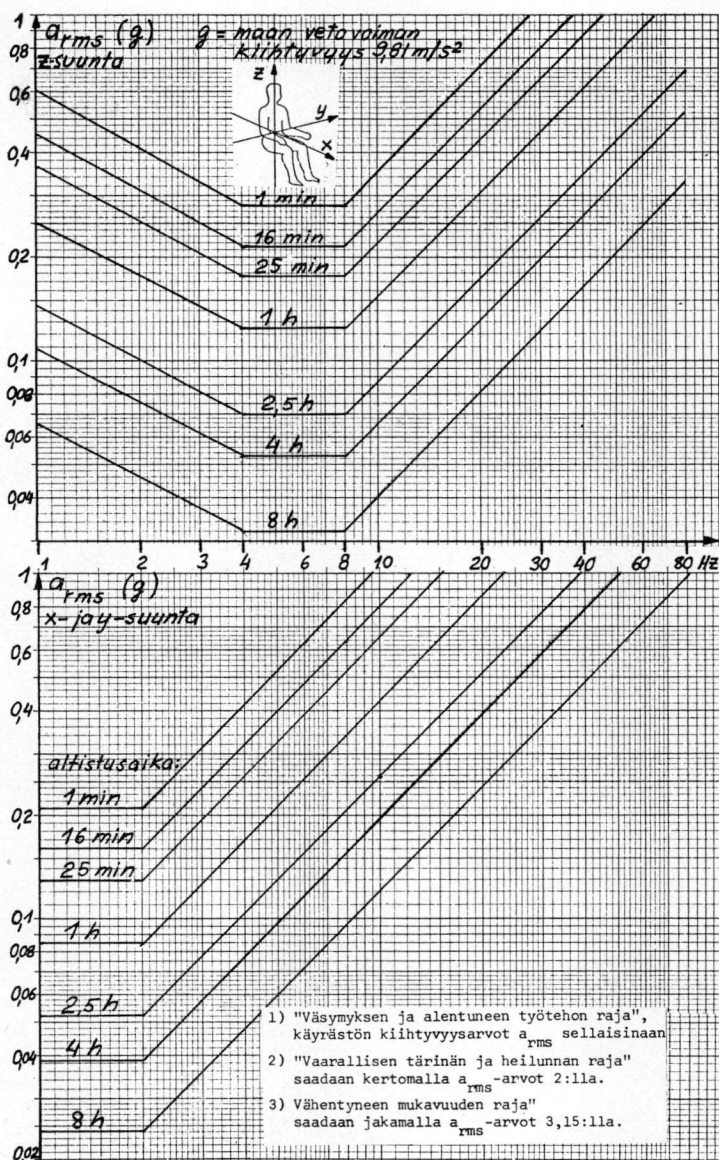
Traktorin kuljettajien keskuudessa on selkäsairauksista kärsivien osuus huomattavan suuri, Suomessa tehdyn haastattelun (1965) mukaan 33 %. Saksassa suoritettu röntgentutkimus, jossa kuvattiin yli 300 ajajaa, osoitti peräti 72 %:lla ajajista olevan muutoksia selkärangassa. Patologian anatomisten löytöjen perusteella on selkärangan muutoksia muissa ammateissa selvästi vähemmän (kuva 19)

Vatsasairauksia on myös laajan röntgentutkimuksen (370 ajajaa tutkittu useiden vuosien aikana) mukaan 51 %:lla traktorin kuljettajista, subjektiivisten vatsakipujen kohotessa jopa 77 %:iin. Luvut ovat lähes kaksinkertaiset muihin tutkittuihin verrattuna.

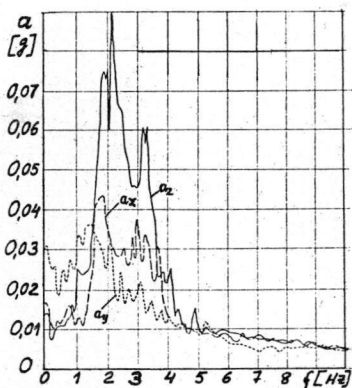
Traktorin kuljettajaan kohdistuvan värinän voimakkuutta kyetään pienentämään monin tavoin, kuten tasapainottamalla moottori hyvin, eristämällä moottori ja ohjaamo kumityynyjä tms. käyttäen traktorin rungosta, käyttämällä hydraulista ohjausta, mitoittamalla vivut ja polkimet siten, etteivät ne joudu resonanssiin, ja päällystämällä istuin sopivalla värinää "imevällä" pehmusteella. Ihmiskeho vaimentaa jo luonnostaan värinää, joten se ei voimakkaana ulotu kovin syväälle ihmisen sisälle. Värinää ei siten pääse muodostumaan vaikeaksi ongelmaksi, joskaan ei voida väittää, etteikö pitkäaikainen heikkokin värinä saattaisi olla syynä vanhemmalla iällä ilmeneviin sairauksiin.

Värinää vaarallisempi vaikutuksiltaan nopeampi ja vaikeampi vaimentaa on traktorin kuljettajaan kohdistuva matalataajuisen, mutta suuriamplitudinen heilunta. Pystyheilunnan merkityksellisin taajuualue on traktorin rungosta, istuimen ja ihmisen ominaistuualue 1,5...8 Hz. Vaakaheilunnan vaarallinen alue on ihmisen vaakaheilunnan ominaistuualue 1...3 Hz.

Kuvassa 20 nähdään ISO:n normiehdotus v. 1970, jossa on otettu huomioon värähelyn suunta, altistus aika taajuus ja voimakkuus (sinimuotoisen vakio-suuruuden kiihtyvyyden tehollinen arvo "rms"). Käyrästöt osoittavat, miten ihmisen sietokyky lisääntyy taajuuden suuressa. Pystyheilunnan eli z-suuntaisen heilunnan sietokyky lisääntyy myös taajuuden pienessä ihmiselle vaarallisen alueen alapuolelle.



Kuva 20. ISO/TC 108/WG 7:n normiehdotus N 36 (v. 1970): Ohje ihmisen koko vartaloon kohdistuvan värähelyn arvostelemiseksi.



Kuva 21. Keskikokoisen maataloustraktorin istuimen x-, y- ja z-suuntaiset kiihtyvyydet äestettäessä kynnöspellolla nopeudella 7 km/h. (Sjøflot ja Dupuis)

Pystyheilunta

Maataloustraktorin heiluntasuunnista on pysty- eli z-suunta tärkein, sillä merkityksellisellä

resonanssialueella ajajan heilunta on voimakkainta z-suunnassa (kuva 21). Eri tutkimusten mukaan ajajaan kohdistuvat x- ja y-suuntaiset kiihtyvyydet ovat voimakkuudeltaan vain 25...50 % z-suunnassa mitatuista arvoista.

Metsätraktorin kuljettajan heiluntaa selvittävien tutkimusten tuloksia on esitetty kuvassa 22. Kokeet suoritettiin kesällä 1970 Pohjois-Karjalassa. Tulosten vertaaminen ISO:n rajakäyrään osoittaa että jo muutaman tunnin päivittäin kestävästä metsätraktorin ajosta aiheutuu terveydellistä vahinkoa pelkästään pystyheilunnan perusteella, ellei käytetä riittävän hitaita ajonopeuksia.

Pystyheiluntaa todettiin voitavan tehokkaasti vaimentaa tarkoituksenmukaisella istuimella. Mutta käytettäessä sopimatonta istuinta heilunta voi päinvastoin voimistua, jopa 1,5...2-kertaiseksi. Tilanne on pahin metsätraktoreissa, jotka on varustettu sellaisilla maataloustraktorin istuimilla, joiden ominaistuualue on

likimain sama kuin metsätraktorin rungosta oma alhainen ominaistuualue.

Sivuheilunta

ISO:n normiehdotuksen rajakäyrien vertailu osoittaa x- ja y-suuntaisen heilunnan olevan pienillä taajuuksilla ihmiselle jopa kaksi kertaa niin vahingollista kuin pystyheilunnan. Tämä johtuu mm. ihmisen selkärangan rakenteesta, joka on kehittynyt kestävämpään paremmin pystysuuntaisia rasituksia.

Konstruktiivisin keinoin lienee x- ja y-suuntaisen heilunnan vähentäminen vaikeata. Yrityksiä ei käytännössä ole näkynyt. Ajoneuvoissa, joissa sivusuuntainen heilunta on voimakasta, on sivuheiluntauongelma huomionarvoinen. Näin on tilanne useimmissa metsätraktoreissa, joissa kesällä 1970 suoritettujen mittaukset osoittivat ajajaan kohdistuvan sivusuuntaisen heilunnan olevan pystyheilunasta huomattavasti voimakkaampaa. Jo yksinkertaisella siirtymätarkastelulla voidaan saada käsitys sivuheilunnon suuruudesta. Tarkastelut osoittavat metsätraktorin ajajan sivusiirtymien (y-suunnassa) olevan keskimäärin 35...50 % yhden pyörän alle osuvan esteen korkeudesta, pystysiirtymien vastaavien lukujen ollessa vain 20...40 %.

Syynä suuriin sivusiirtymiin on se, että metsätraktorin ohjaamo on korkealla, usein vielä jäykän akselin lähellä tai suorastaan päällä.

Keinuvana etuakselin käyttö vähentää osaltaan sivuheiluntaa, joskin vaikeammin katseella seurattavan takarungon voimakas heilunta saattaa pienentää saavutettua etua. Teräskenteen käyttö traktorin takapäissä on tällöin edullista.

Ajajan heiluntaa vähentävät konstruktiiviset keinot ovat rajoitetut ja nykyisellään riittämättömät. Vain kyllin hidas ajo voi osaltaan taata ajajan terveyden ja työkyvyn säilymisen.

Traktorin kuljettajien terveys- tutkimusten tulokset sekä toisaalta työn tuottavuuteen ja ajoneuvoon kohdistuvat vaatimukset pakottavat lähitulevaisuudessa kehittämään uusia ja ottamaan käyttöön kehittelyn alaisia ratkaisuja. Tällaisia ovat mm. koko ohjaamon eristäminen muusta rungosta jousien varaan sekä mahdollisesti aktiivinen, elektronisesti ohjattu istuinjousitusjärjestelmä.

8. Melu

Liian voimakas melu vaurioittaa sisäkorvan soluja. Tämän seurauksena syntyvä huonokuuloisuus ei käytännössä pystytä lainkaan parantamaan. Korkeita äkillisiä huippuja sisältävä melu on vaarallisempaa kuin tasainen melu.

Melussa työskentely vaatii ylimääräistä ponnistelua ja tehokkaampaa keskittymistä. Työnteki-

jän energiakulutus nousee, mikä helposti johtaa väsymiseen ja työsuorituksen alenemiseen. Korkeataajainen melu häiritsee paremmin kuin matalataajainen.

Osoituksena melun torjunnan tarpeellisuudesta on sosiaali- ja terveysministeriö määrännyt, että 1. 7. 1971 mennessä on traktorin melutason ajajan pään kohdalla oltava N 95-käyrän alapuolella (kuva 23). Melun voimakkuuden vaararajaksi katsotaan N 85-taso, joten sen alittamista on pidettävä päämääränä.

Melun vaarallisuus riippuu sen voimakkuuden ja taajuuden lisäksi luonnollisesti myös altistusajasta ja lepotaukojen pituudesta. Pyrittäessä välttämään pysyvien kuulovaurioiden synty voidaan päivittäistä työvuoroa kohden sallia korkeintaan seuraavat melutasot: yli 5 tunnin ajan N 85, 2...5 tunnin ajan N 90, 1...2 tunnin ajan N 95, enintään 20 minuutin ajan N 105 tai enintään 5 minuutin ajan N 120

Melun mittaus

Melu mitataan maataloustraktoreissa O.E.C.D.-koetusohjeen mukaisesti 5 cm:n etäisyydellä ajajan päästä moottorin säätöivun (kaasun) ollessa täysin auki-asennossa. Mittaukset aloitetaan kullakin vaihteella ilman kuormaa. Traktorin vetämää kuormaa lisätään, kunnes löydetään korkein melutaso dB (A), jota vastaavassa kohdassa suoritetaan taajuusanalysointia käyttäen oktaavianalyysiä.

Käytännön traktorijossa melutaso on yleensä huomattavasti mitatun maksimitason alapuolella.

Oktaavianalyysi on välttämätön, mikäli mittaustuloksia aiotaan käyttää torjuntatoimenpiteitä varten. Melun haitallisuus olisi arvioitavissa jo dB(A)-melutasonkin perusteella, jonka määrittäminen on yksinkertaisempaa ja nopeampaa.

Koska erot äänitasojen korkeudessa saattavat olla jopa yli 20-kertaisia, on äänen voimakkuutta ryhdytty esittämään logaritmisella asteikolla desibeleinä, dB. Myös N-luvut ovat logaritmisia. Sen sijaan soni-luvut ovat tasavälisiä eli melun kuulussa kaksinkertaisena on soni-luku myös kaksinkertainen

Taulukossa 3 on esitetty tulokset maatalouskoneiden tutkimuslaitoksella suoritetuista melun mittauksista. N-luku ilmoittaa N-käyrän, jonka alapuolelle oktaavianalyysin kaikki mittausarvot jäävät. Soni-luku on tietyillä painokertoimilla kerrottujen em. mittausarvojen summa.

Tulosten vertaaminen em. salittuihin melussaoloaikojen N-lukuihin osoittaa, ettei useimmilla traktoreilla ole terveellistä työskennellä yhtäjaksoisesti montakaan tuntia moottorin käydessä täydellä teholla.

Melun torjunta

Melun muodostumista traktorin moottorissa ja voimansiirtolaitteissa ei voida riittävästi ehkäistä. Sen sijaan voidaan melun etenemistä ihmisen korviin vähentää monin tavoin. Turvahuhtien käyttöönnoton seurauksena on ohjaamon melun torjunta käynyt entistä tarpeellisemmaksi ja vaikeammaksi. Eräissä mittauksissa on turvahuhtin todettu lisäävän melua 3...4 dB 6 dB:n nousu merkitsee melun voimakkuuden kaksinkertaistumista.

Turvahuhtien kehyksen ja seinäpeltien tärinä on kyettävä ehkäisemään ja seinärakennetta päinvastoin käyttämään ilman välityksellä etenevien ns. ilmaäänien tien katkaisemiseen. Moottorista ja voimansiirtolaitteista lattian ja etuseinän läpi pyrkivä tärinä ja melu on eristettävä ohjaamosta.

Kiinteitä rakenteita pitkin etenevää tärinää ja ns. runkoäänäitä voidaan vaimentaa tehokkaasti

sijoittamalla metallirakenteiden liittymäkohtiin vaimentavia välikappaleita. Kumi ja muovi ovat tavallisimmin käytettyjä hyviä materiaaleja. Turvakehyksen kiinnityspisteissä on kumitatat tms. todettu erittäin tarpeellisiksi.

Hytiin sisäpinnat on syytä peittää ääntä imevillä ja eristävillä aineyhdistelmillä, jollaisia ovat monikerrosmatot ja ruiskutusmassat. Ellei näin tehdä, saattaa turvahuhtin kaltaisessa suljetussa tilassa kaikuminen, ts. äänen heijastuminen kovasta pinnasta toiseen, kasvattaa äänen voimakkuuden moninkertaiseksi. Kaksinkertaisten ikkunalasien käyttöön on todettu osaltaan auttavan melun torjumisessa.

Muodoiltaan monimutkaisen ohjaamolattian läpi moottorista ja voimansiirtolaitteista tulevan tärinän ja melun vaimentaminen on vaikeaa. Tasainen lattia on tässäkin mielessä eduksi. Lattia on syytä peittää esim. paksulla kumimatolla. 5 cm paksun vaahtomuovikerroksen on todettu vähentävän ohjaamon melua, eräissä tapauksissa 4...9 dB.

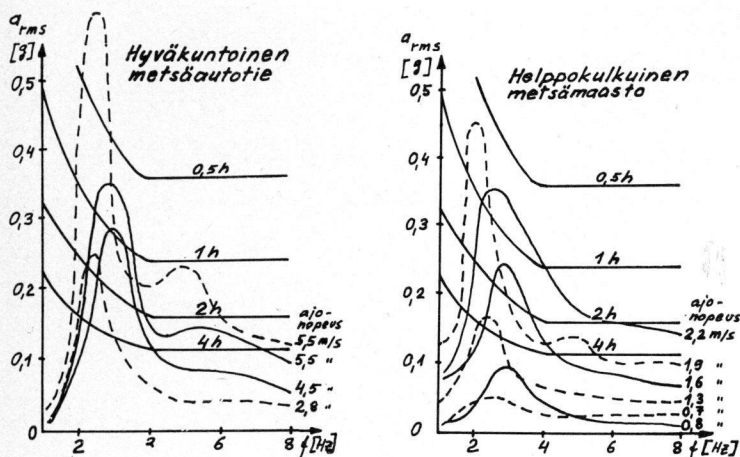
Ellei melun voimakkuutta kyetä konstruktiivisin keinoin rajoittamaan vaararajana pidetyn N 85-melun alapuolelle on kuljet-

tajan käytettävä kuulonsuojaimia. Muulloinkin on niiden käyttäminen suositeltavaa melun häiritsevyyden ja epämiellyttävyyden vuoksi. Korvakäytävään sijoitettavat halvat tulpat ja meluvanu alentavat tyydyttävästi vain korkeataajuisia melua, sitä paitsi ne saattavat aiheuttaa ärsyystä korvakäytävissä. Ulkokorvat peittävien kupumallisten suojainten suojeluteho on useimmissa tapauksissa riittävä (kuva 23).

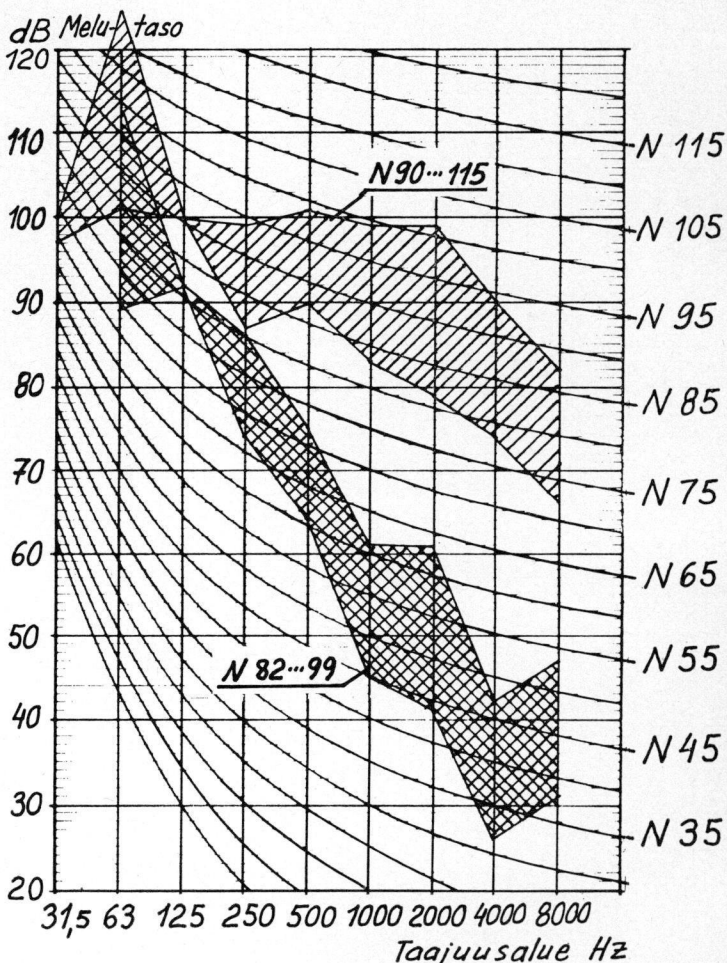
9. Lämpötila ja ilmastointi

Sopivan työskentelylämpötilan valinta riippuu työn vaatimasta liikunnasta, vaatuksesta sekä traktorin ohjaamossa lisäksi siitä, kuinka usein ajaja poistuu sieltä työskentelyn aikana. Metsätraktoreiden ohjaamon sopiva lämpötila on tavallisesti 15°...20°. Sopivan lämpötilan ylläpitämiseksi pitää traktoriin olla saatavissa riittävän tehokas, säädettävä lämmitys-laite. Lämmin ilma on johdettava ohjaamoon tasaisesti niin, etteivät lämpötilaerot eri puolilla ohjaamoa muodostu suuriksi.

Lämpötilaerojen, vetoisuuden, poistokaasujen ja melun välttämiseksi on ohjaamon oltava tiivis. Puhdasta, kesällä mahdoli-



Kuva 22. Vetotraktorin (Clark 666 —) ja kuormatraktorin (Teli-Lokkeri —) ajan selän pystykiiliväsymysamplitudien tehollisten arvojen tehollinen keskiarvo taajuuden funktiona. Kuvaan on piirretty ISO:n normiehdotuksen mukaiset vaaralliset tärinän ja heilunnan rajat altistusajoille 0,5—4 tuntia.



Kuva 23. Vakolassa 17. 4. 71 mennessä 71:ssä maataloustraktorin turvahuhtissa ajajan korvan luota mitatun melun analysointitulokset, vino viivoitus. Käyttämällä Silenta-kuulonsuojaimia laskevat vastaavat melutasot risti-viivoitetulle alueelle.

Taulukko 3. Maatalouskoneiden tutkimuslaitoksella O.E.C.D.-ohjeen mukaan mitattu traktorin melu turvavytissä ajajan korvan luona.

Traktori	Turvavyttilä	Melu	
		Kuultavuus Soni-luku	N-luku
Belarus LTZ T40A	Junkkari	302	115
Belarus MTZ 50	Junkkari	219	105
Belarus Super MTZ-50	Siro	233	108
BM-Volvo Buster	Suomi	140	96
BM-Volvo T 430	T430, BM	109	92
BM-Volvo T430	malli K, Hara Ab	133	99
BM-Volvo T650	T650, Fernmo Ab	82	90
David Brown 880 AS	Bo 702 (Klippan)	159	100
David Brown 990 AS	Bo 70/1 (Klippan)	161	101
David Brown 1200	Terä 12	275	110
David Brown 1200	Terä 14	193	103
David Brown 1200 AS	Bo 69/4 (Klippan)	129	97
Deutz D 4006	Terä 5	154	97
Deutz D 4006	Kuuslahden Konep	125	95
Deutz D 6006	Terä 6	149	97
Deutz D 7006	Terä 6	176	100
Deutz D 9006	Terä 13	193	100
Deutz D 10006	Terä 13	212	103
Fiat 250 Frutteto	Terä 10	142	95
Fiat 450 DT	Terä 3	158	99
Fiat 500	Terä 3	164	99
Fiat 500 DT	Terä 3	151	99
Fiat 550 DT	Terä 4	167	99
Fiat 600	Terä 4	137	96
Fiat 650	Vammas	192	104
Fiat 650 DT	Terä 7	154	97
Fiat 850	Terä 9	172	101
Fiat 850	Vammas	124	97
Fordson Super Major	Kesto (K&K) 7	200	104
Ford 4000	Horsma	222	102
Ford 4000	Martonvaara	224	102
Ford 4000	401112 (Ford)	183	102
Ford 5000	Ku-Me	173	98
Ford 5000	Kesto (K&K) 7	143	97
Ford 5000	Ku-Me	176	97
Ford 5000	Widing	154	98
Ford 5000	Vammas	163	99
International 454	Siro	172	101
International 826	Turla	212	102
Leyland 344	Junkkari	162	100
Leyland 344	Junkkari	196	103
Leyland 344	Tip Top (ruotsal.)	160	100
Leyland 344	Junkkari	149	97
Leyland 384	Junkkari	179	101
Massey-Ferguson 135	Junkkari	136	96
Massey-Ferguson 135	Palmu	175	101
Massey-Ferguson 165	Palmu	162	98
Massey-Ferguson 165	Palmu	144	97
Massey-Ferguson 165	Palmu	118	95
Massey-Ferguson 178	Palmu	166	99
Massey-Ferguson 178	Palmu 7	224	103
Massey-Ferguson 1080	Palmu 8	189	101
Massey-Ferguson 50	Palmu	143	97
Mc Cormick 434	Horsma	132	96
Mc Cormick 434	Turla	184	104
Mc Cormick 724	Horsma	211	103
Mc Cormick 724	Turla	183	99
Valmet 865 CK-LM	Valmet	95	91
Valmet 700	Valmet	130	96
Valmet 1100	Valmet	141	96
Valmet 500	Junkkari	223	100
Valmet 880 S	Valmet	125	97
Valmet 880 K	Valmet	78	89
Zetor 3511	Terä 2	135	99
Zetor 3511	Terä 2	144	96
Zetor 4511	Terä 15	120	94
Zetor 5511	Terä 1	133	97
Zetor 5511	Terä 1	152	100
Zetor 5511	Terä 1	144	95
Zetor 5511	Terä 1	136	96

simman viileää ilmaa saadaan ohjaamoon vain kunnollisen ilmanvaihtojärjestelmän avulla. On eduksi, jos ikkunat molemmilla puolilla voidaan avata, mutta tuuletuksen jättäminen ikkunoiden

avaamisen varaan on epätydyttävä ratkaisu.

10. Näkyvyys

Raajojen vaivaton ulottuminen hallintalaitteisiin ei vielä takaa

hyvää työasentoa, myös katseen on ulotuttava työkohteisiin. Huono näkyvyys työkohteeseen onkin tavallisimpia syitä siihen, miksi kuljettaja joutuu luopumaan edullisimmasta työasennostaan. Näkyvyysongelma on lisääntynyt turvavyttilien yleistyttyä ja ollessa vielä kehitysvaiheessa.

Lasinpyyhkimien toiminnan, huurteen poiston ja riittävän valaistuksen huolellinen järjestäminen on tärkeää, jottei näkyvyys entisestään huonontuisi sateen, pakkasen ja pimeyden vuoksi.

Ihmisen näkökykyyn, näkökenttään, näihin vaikuttaviin tekijöihin (esim. tärinä) sekä hytin ja sen ikkunoiden muotoiluun, peilien yms. optisten laitteiden käyttöön kohdistuva perustutkimus on kesken. Tärkeisiin näkyvyysongelmiin ei ole vielä tyydyttäviä ratkaisuja.

Tiedotteessa on käytetty Henry Fordin säätiön apurahan sekä Yhteispuhjoismaiseen metsäntutkimusprojektiin "mies ja kone" osoitettujen varojen turvin Teknillisessä korkeakoulussa tehtyjen diplomitoiden antamia tuloksia. Em. tutkimuksia on ohjannut Maa- ja metsätalouden ergonomiatoimikunta.

Lähdeluettelo

1. Työterveyslaitos: Ergonomia. II painos, WSOY 1970.
2. Den Hartog, J.P./Mesmer, G.: Mechanische Schwingungen. II Auflage, Springer-Verlag, Berlin/Göttingen/Heidelberg 1952.
3. ISO/TC 108/WG 7 (Secretariat -19): Guide for the evaluation of human exposure to whole body vibration. Revised Proposal Nr. 36. DNA, Germany, June 1970.
4. O.E.C.D. Standard Code for the Official Testing of Operator's Seats on Agricultural Tractors. 2nd Revision of Working Document prepared by J. Matthews. Paris, April 1971.
5. Bundesversuchs- und Prüfungsanstalt für landwirtschaftliche Maschinen u. Geräte: Traktorsitze: Anforderungen und Prüfmethod. Wieselburg, Österreich, 1968.
6. Sjöflot, L.: Tiltak for å redusere uheldige følger av vibrasjonspåvirkning på kjørere av landbruksmaskiner. Orientering nr. 30. Vollebakk, Norge 1969.
7. Statens Maskinprovningar: Provning och bedömning av sitsar för jordbrukstraktorer. Meddelande 1930. Uppsala, Sverige 1968.
8. Torkkeli, J. Traktoreita koskevat teknilliset turvaohjeet (Traktoriohjeet). Vakolan tiedote 14/70. Simonpaino Oy, Helsinki 1971.
9. Turtiainen, K.: Tärkeimpien metsätyökoneiden ergonomiasta. Työterveys 3/70.

10. Patomeri, R.: Maataloustraktorin rakenne biologisesti tarkasteltuna. Julkaisematon diplomityö, Teknillinen korkeakoulu. Helsinki 1964.
11. Turunen, I.: Maataloustraktorin bioteknologinen soveltuvuus eri aloilla tehtäviin tavallisimpiin töihin ajajien kokemusten ja energiakulutustutkimuksen valossa. Julkaisematon diplomityö, Teknillinen korkeakoulu. Helsinki 1966.
12. Saari, J.: Tärinävaikutusten suuruus, toteaminen ja vähentäminen traktorissa. Julkaisematon diplomityö, Teknillinen korkeakoulu. Helsinki 1969.
13. Kättö, J.: Metsätraktorin rakenteen vaikutus ajajan ja kuorman heilumiseen. Julkaisematon diplomityö, Teknillinen korkeakoulu. Helsinki 1971.
14. Kuorinka, I.: Tuleeko auton istuimessa invalidiksi? Tekniikan Maailma 20/1970 ja 3/1971.
15. Rosegger, S.: Arbeitsphysiologische Probleme in der Landtechnik, insbesondere beim Schlepperfahren. Grundlagen der Landtechnik. 18. Konstrukteurheft (2. Teil), Heft 13. VDI-Verlag, Düsseldorf 1961.
16. Sjöflot, L./Dupuis, H.: Frequenzspektren der auf den Fahrer einwirkenden mechanischen Schwingungen bei Ackerschleppern und Mähdreschern. Grundlagen der Landtechnik. Band 18, Nr. 6. VDI-Verlag, Düsseldorf 1968.
17. Työterveyslaitos, Ergonomia-ryhmä: 15. 3. 71 Helsingissä pidetty ohjaamoseminaari.