

METSÄTEHO

SUOMEN PUUNJALOSTUSTEOLLISUUDEN KESKUSLIITON METSÄTYÖNTUTKIMUSOSASTO  
Forest Work Studies Section of the Central Association of Finnish Woodworking Industries

Julkaisu n:o 27 — Publication no. 27

# PUUTAVARALAUTTOJEN VETOVASTUKSISTA JA MAHDOLLISUUKSISTA LAUTTAUKSEN KEHITTÄMISEKSI

RISTO EKLUND

---

On Timber Raft Drag and the Possibilities of Developing Rafting

Summary in English

---

HELSINKI 1952



METSÄTEHO

SUOMEN PUUNJALOSTUSTEOLLISUUDEN KESKUSLIITON METSÄTYÖNTUTKIMUSOSASTO  
Forest Work Studies Section of the Central Association of Finnish Woodworking Industries

Julkaisu n:o 27 — Publication no. 27

# PUUTAVARALAUTTOJEN VETOVASTUKSISTA JA MAHDOLLISUUKSISTA LAUTTAUKSEN KEHITTÄMISEKSI

RISTO EKLUND

---

On Timber Raft Drag and the Possibilities of Developing Rafting

Summary in English

---

HELSINKI 1952



## Alkusanat

Käsillä oleva julkaisu selostaa tuloksia niistä puutavaralauttojen vetovastuksia koskevista tutkimuksista, jotka otettiin Metsätehon, Suomen Puunjalostusteollisuuden Keskusliiton metsätyöntutkimusosaston ohjelmaan kesällä 1950 ja joiden suorittamiseen aloite tuli lähinnä Kymin Uittoyhdistyksen uittopäällikön *Nils Stolpen* taholta. Tarkoituksena oli selvittää eri puutavaralajien ja eri tyyppisten ja kokoisten lauttojen kuljetusvaikeussuhteita sekä mahdollisuuksia vetovastuksen alentamiseksi. Sittemmin huomattiin tarkoituksenmukaiseksi suorittaa samassa yhteydessä eräitä havaintoja, jotka alunperin eivät kuuluneet suunnitelmaan.

Kaikkia puutavaralajeja ja kaikkia eri muotoisia ja kokoisia lauttoja ei ehditty tutkia ensimmäisen kesän kaksi kuukautta kestäneiden kenttätöiden aikana, vaan lisäaineistoa jouduttiin keräämään kesällä 1951.

Tutkimus on tapahtunut eri puolilla maata yhteistoiminnassa seuraavien yhteisöjen kanssa: *Enso-Gutzeit Osakeyhtiö*, *Kaukaan Tehdas Osakeyhtiö*, *Kemijoen Uittoyhdistys*, *Kokemäenjoen Uittoyhdistys*, *Kymin Osakeyhtiö*, *Kymin Uittoyhdistys*, *Rauma-Raahen Oy* ja *Veilsiluoto Osakeyhtiö*. *Metsätieteellinen tutkimuslaitos* on luovuttanut käytettäväksi ennen sotaa vireille pannun lauttaus-tutkimuksen aineiston, mistä on saatu muutamia tuulen vaikutusta koskevia arvoja.

*Suomen Uittajainyhdistys* on hyväntahtoisesti ottanut julkais-takseen tutkimuksen vuosikirjassaan.

Paitsi edellä mainittujen yhteisöjen lukuisia toimihenkilöitä, jotka eri tavoin ovat antaneet välttämätöntä apua tutkimusten suorittamiseksi, on samoin kiitollisuudella mainittava vielä tri *E. J. Helle*, metsäneuvos *A. Kivelä* sekä dipl. ins. *Pentti Villikka*, joilta tutkimuksen suorittaja, metsänhoitaja, dipl. ins. *Risto Eklund* on saanut apua joko tutkimuksen suunnitteluvaiheessa, työn kuluessa tai aineiston käsittelyssä. Metsätehon puolesta esitän tässä kiitokset heille kaikille.

Helsingissä syyskuussa 1951.

Jaakko Vöry

# SISÄLLYSLUETTELO

|                                                              | Sivu |
|--------------------------------------------------------------|------|
| ALKUSANAT .....                                              | 3    |
| SISÄLLYSLUETTELO .....                                       | 4    |
| KÄYTETTYJÄ LYHENNYKSIÄ .....                                 | 5    |
| I TUTKIMUKSEN KOhteET JA MENETELMÄT .....                    | 6    |
| 1. Tutkimuksen tarkoitus ja suoritusperiaatteet .....        | 6    |
| 2. Lauttojen rakenteesta .....                               | 7    |
| 3. Mittausten suoritus .....                                 | 9    |
| II VETOVASTUSTEKIJÖIDEN YLEISTÄ TARKASTELUA .....            | 12   |
| III ERI PUUTAVAROIDEN LAUTTAUSVAIKEUSSUHTEISTA .....         | 15   |
| 1. Yleistä .....                                             | 15   |
| 2. Nippujonojen vertailu .....                               | 17   |
| 3. Mullikkalauttojen vertailu .....                          | 23   |
| 4. Kehälauttojen vertailu .....                              | 26   |
| IV ERI LAUTTAMUOTOJEN LAUTTAUSVAIKEUSSUHTEISTA .....         | 29   |
| 1. Yleistä .....                                             | 29   |
| 2. Puolipuhaiden havutukkien vertailu .....                  | 29   |
| 3. Vaneritukkien vertailu .....                              | 31   |
| 4. Puolipuhaiden 2-m paperipuiden vertailu .....             | 32   |
| 5. Puolipuhaiden sekapaperipuiden vertailu .....             | 33   |
| V LAUTTAUSKUSTANNUSTEN JAOSTA .....                          | 35   |
| VI ALUKSEN KULJETUSKAPASITEETTIIN VAIKUTAVIA TEKIJÖITÄ ..... | 36   |
| 1. Nipun koko .....                                          | 36   |
| 2. Lautan koko .....                                         | 38   |
| 3. Lautan muoto .....                                        | 47   |
| 4. Hinausköyden pituus .....                                 | 49   |
| 5. Lautan eteen sijoitettu aura .....                        | 51   |
| VII TUULEN VAIKUTUKSESTA LAUTTAUKSEEN .....                  | 54   |
| VIII LAUTTAUKSEN KEHITTÄMISMAHDOLLISUUKSISTA .....           | 58   |
| IX LOPPUSANAT .....                                          | 60   |
| LÄHDELUETTELO .....                                          | 61   |
| SUMMARY IN ENGLISH .....                                     | 63   |

# KÄYTETTYJÄ LYHENNYKSIÄ

|                                    |                                                     |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Br <sub>t</sub>                    | = bruttorekisteritonni                              |
| c                                  | = senttimetri                                       |
| h                                  | = tunti                                             |
| H/H                                | = höyryhinaaja                                      |
| H/V                                | = höyryvarppaaja                                    |
| hv                                 | = hevosvoima                                        |
| hv i                               | = indikoitu hevosvoima                              |
| kgf                                | = kilogramma (voiman mittana)                       |
| k-m <sup>3</sup>                   | = kiintokuutiometri                                 |
| l                                  | = ulottuvaisuus                                     |
| M/H                                | = moottorihinaaja                                   |
| Nr <sub>t</sub>                    | = nettorekisteritonni                               |
| p-m <sup>3</sup>                   | = pinokuutiometri                                   |
| R                                  | = Reynoldsin luku                                   |
| r                                  | = kierros                                           |
| s                                  | = sekunti                                           |
| s.                                 | = sivu                                              |
| ss.                                | = sivut                                             |
| t                                  | = nesteen sitkeysmoduli                             |
| tekn. j <sup>3</sup>               | = teknillinen kuutiojalka                           |
| tekn.j <sup>3</sup> <sub>18'</sub> | = teknillinen kuutiojalka 18 jalan päästä mitattuna |
| v                                  | = nopeus                                            |
| v <sub>kr</sub>                    | = kriittinen nopeus                                 |

# I. Tutkimuksen kohteet ja menetelmät

## 1. Tutkimuksen tarkoitus ja suoritusperiaatteet

Alkusanoissa jo on mainittu, että tutkimuksen eräänä tarkoituksena on ollut selvittää eri tyyppisten ja kokoisten lauttojen kuljetusvaikeussuhteita. Tässä yhteydessä on suoritettu pääasiassa kahden luonteista vertailua.

1) Eri *puutavaralajien*: kuorellisten ja puolipuhdaintien havutukkien, puolipuhdaintien 2- ja 4-metrinen ja seka- (vaihtelevan pituisten) paperipuiden, vertailu, joka on tehty erikseen nippujonoja, ns. »mullikkalauttoja» ja kehälauttoja varten (lauttamuodoista ja niiden määrittelystä edempänä). Koska puolipuhdaintien mäntytukit ovat ehkä yleisin lautattava puutavaralaji ja koska ne ovat lauttausominaisuuksiltaan paperipuiden ja vaneritukkien välillä, muita puutavaralajeja on verrattu niihin.

2) Eri *lauttamuotojen*: nippujonon, »mullikkalauttojen» ja kehälauttojen, vertailu, joka on tehty erikseen puolipuhdaintien havutukkeja, vaneritukkeja, puolipuhdaintia 2-m ja sekapaperipuita koskevaksi. Koska kokeita on tehty enimmänsä nippujonoille, joissa on 8 nippua rinnan kussakin rivissä (8-jonoinen), on tämä lautterakenne valittu perustaksi vertailuja tehtäessä.

Näihin vertailuihin on päästy siten, että kentällä on mitattu erilaisten lauttojen vetovastus ja samanaikainen (veto-) nopeus ja piirretty saatuja vetovastus-vetonopeuspisteitä vastaavat käyrät, ts. vetonopeus vetovastuksen funktiona. Syntyneiden käyrien perusteella on piirretty käyrästä, jotka osoittavat vetonopeuden riippuvuutta lautan koosta. Ko. käyrästäissä esiintyvät erikseen eri puutavaralajit ja lauttaumuodot sekä seuraavat vetovoimat: 500, 1 000, 1 500, 2 000, 2 500, 3 000 ja 4 000 kgf. Viimeksi mainittujen käyrästäöjen avulla on voitu suorittaa sekä eri puutavaralajien että lauttaumuotojen välinen vertailu valitsemalla käyriltä haluttuja pisteitä.



Mainittujen käyrästöjen pohjalla on selvitetty myös *vetovastuksen riippuvuus lautan koosta*. Koska erilaisia lauttoja hinattaessa hinaajan vetovoima riippuu jonkin verran lautan koosta, on tutkittu, mihin tapaan hinaajan täydellä (1/1) koneiston kuormituksella mitattu vetovoima riippuu hinaausnopeudesta. Jos tunnetaan hinaajan koneiston 1/1 kuormituksella mitattu vetovoima paalukokeessa ja käyrästöjen perusteella saatavat lauttojen vastusominaisuudet, voidaan määrittää lautan kuljetusnopeus. Käytännön tehtävissä voidaan riittävällä tarkkuudella käyttää esim. 1.5 km/h hinaausnopeudella vastaavasti mitattua vetovoimaa. Tämän tapaisilla kokeilla voitaisiin myös saada tukea ns. *Schaffranin* tai *Taylorin* käyrästöille potkurin hyötysuhteen selvittämiseksi pienillä hinaausnopeuksilla.

*Nipun koon, lautan muodon* (nippujonossa rinnakkain olevien nippujen luvun), *hinausköyden pituuden* ja *tuulen* vaikutuksesta on ollut edellä mainittujen pääkokeiden ohessa tilaisuus suorittaa muutamia havaintoja. Vaikka niiden suhteen ei olekaan suoritettu systemaattista tutkimusta, voidaan havaintojen perusteella osoittaa muutamia suuntaviivoja.

Metsätehon puolesta tämän tutkimuksen tekijällä on ollut pariin otteeseen tilaisuus osallistua Kaukaan Tehdas Osakeyhtiön kokeisiin, jotka koskivat nippujonon vetovastuksen pienentämistä eteen kiinnitettävän, vanerista rakennetun *auran* avulla. Mainittu yhtiö on ystävällisesti luovuttanut käytettäväksi mm. kaiken kokeita koskevan aineiston.

Tutkimustulokset on esitetty taulukkojen ja käyrästöjen muodossa. Matemaattiseen ratkaisuun ei ole pyritty, koska muutujia on niin monta, että kaavojen avulla laskeminen tulisi epätarkaksi ja tarpeettoman työlääksi.

Kokeiden ja tutkimusten aikana tehtyjen muiden havaintojen pohjalla esitetään lisäksi joukko teknillis-taloudellisia näkökohtia lauttauksen kehittämiseksi.

## 2. Lauttojen rakenteesta

Tutkimus koski, kuten edellä on käynyt ilmi, kolmea tärkeintä, sisävesilauttauksessamme esiintyvää lauttatyyppiä: nippujonoa, »mullikkalauttaa» ja kehälauttaa.

*Nippujono* (»suonilautta», »järjestetty lautta», »reilattu kuorma») edustaa näistä teknillisesti kehittyneintä lauttamuotoa. Edellä



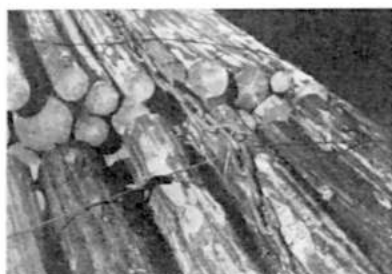
Kuva 18. Yli 10 000 p-m<sup>3</sup> 2-m paperipuuta sisältävä 8-jonoinen nippulautta. Ympäryspuomia ei ole, vetopuomeja on vain kaksi. — *Photo 18. An 8-row chain of bundles containing over 10 000 cu.m. piled measure of 2-metre pulpwood. There is no surrounding boom, and only two traction booms.*



Kuva 19. Langoilla-kin sidotut paperipuuniput kiinnitetään vetopuomiin. — *Photo 19. Even pulpwood bundles bound with wire are fastened to the traction boom.*



Kuva 20. Nippujen sitominen toisiinsa teräslangalla. — *Photo 20. Tying up of bundles to one another with annealed steel wire.*



Kuva 21. Ketjun kiinnittäminen pölkyn ympäri kulkevalla langalla. — *Photo 21. Fastening of chain with a wire going round the log.*



Kuva 22. Nippujonon peräkkäiset niput voidaan yhdistää S-tikkakäytkimellä. — *Photo 22. Successive bundles in a chain of bundles may be connected up with a special device, S-connection.*



Kuva 23. Vetoköyden liittämisen nippujonon kahden vetopuomin päähän. — *Photo 23. The fastening of the traction rope to the end of the two traction booms of a chain of bundles.*

mainituista syistä tämä lauttamuoto on valittu perustaksi, johon toisia on verrattu. Nippujonossa on 2...14, ehkä tavallisimmin 8 nippua käsittäviä *nippurivejä*, joita on lautan pituussuunnassa yleensä 20...50. Tavallisesti kaksi nippua rinnan ja vaihteleva nippumäärä peräkkäin on kiinnitetty nipunsiteestä teräslangalla puomeihin, ketjuihin tai teräsköysiin ryhmiksi, *säikeiksi*. Kuvat 18...23 osoittavat nippujonorakenteita.

*Mullikkalautalla* tarkoitetaan lauttaa, jossa tavallisesti veto-puomeilla on yhdistetty 3...4 ympäryspuomeilla kokoon rengas-tettua nippuryhmää, ns. *«mullikkaa»*. Päijänteellä käytetään yhdessä mullikassa n. 200 nippua. Kuvat 24 ja 25 esittävät mullikkalauttoja.

*Kehälautta* eli avolautta (tavallisesti vetopuomilla ympäröity) muodostuu yhdestä tai useammasta *pyräästä*, joksi sanotaan puomituksella ympäröityä, muuten irrallaan uivaa puutavara-ryhmää. Tutkittujen kehälauttojen peräkkäiset pyräät olivat ketjuilla kahdesta kohdasta toisiinsa kiinnitettyjä.

### 3. Millausten suoritus

*Velovoima* on mitattu tarkistetulla dynamometrillä ja *veto-nopeus* samanaikaisesti siivikolla. Kokeissa dynamometri on kiin-



Kuva 24. Nippujen varastoimi-nen *«mullikka»*lauttoina. —  
Photo 24. Storage of bundles in the form of bundle rafts, so called *«steers»*.



Kuva 25. 3 mullikkaa käsittävän mullikkalautan varppausta. Lautan pituus on 400 m ja leveys 90 m. —  
Photo 25. Warping of a bundle raft of 3 *«steers»*. Length of raft 400 m and width 90 m.

nitetty hinaajissa hinauskoukkuun ja varppaajissa laivan keulakoukkuun. Voimamittauksissa on saavutettu  $n. \pm 25$  kgf tarkkuus. Siivikon antamia arvoja on tarkistettu mittaamalla nopeus yht'aikaa siivikolla sekä kellon ja kartalta valittujen, maastossa helposti tunnettavien kiintopisteiden avulla. Tarkkojen nopeusarvojen saaminen siivikolla edellyttää pintavirtojen takia jokseenkin tyyntä säätä. Milloin nopeusmittauksia on suoritettu heikohkon tuulen vallitessa, siivikko on upotettu aallokon alapuolelle pintavirtojen vaikutuksen eliminoimiseksi. Sään ollessa verraten tyyni nopeusmittauksien tarkkuus on ollut  $n. \pm 0.01$  m/s, sillä paria poikkeusta lukuun ottamatta kutakin nopeusarvoa määritettäessä mittauksia on jatkettu niin kauan, että kolme peräkkäistä lukemaa on pysynyt vakiona.

*Tuulen nopeus* on mitattu anemometrillä mahdollisimman tarkoin neljän metrin korkeudelta veden pinnasta lukien, sillä tuulen nopeus muuttuu pinnasta mitatun korkeuden funktiona. Koska mittaukset on tehnyt varsinaisesti yksi henkilö, tuulen nopeutta ei ole voitu mitata lautalta käsin samanaikaisesti laivalla toimitettavien mittauksien kanssa. Tämän vuoksi tuulen nopeus on todettu niin paljon laivalla suoritettavia toisia mittauksia ennen tai jälkeen, että lauttaan puhaltavalla tuulella on ollut ko. nopeus silloin, kun laivalla on suoritettu muut mittaukset.

Tuulen, aallokon ja pintavirtojen vaikutuksesta uittoon on tehty Ruotsissa melko perusteellinen teoreettinen selvittely (*Forsblad*), joka kuitenkin rajoittuu eri perustekijöiden tutkimiseen. Näissä kokeissa saatuja tuloksia pyrittiin soveltamaan nopeus- ja tuulimittauksia tehtäessä.

*Tuulen suunnan* merkitys on otettu huomioon arvioimalla  $5 \dots 10^\circ$  tarkkuudella tuulen suunnan ja laivan kulkusuunnan välinen kulma.

*Potkurin kierrosluku* on mitattu takometrillä laivan koneen kampiakselin päästä; arvot on saatu  $n. \pm 2$  r/min tarkkuudella. *Työpaine* luettiin höyrykattilan manometristä. Lukeman tarkkuus on ollut  $\pm 0.1$  kgf/cm<sup>2</sup>. Painemittauksen tarkkuus riippuu lähinnä manometrien virheistä, joiden suuruutta ei ole voitu todeta tämän tutkimuksen yhteydessä. Potkurin kierrosluvun ja työpaineen lukemisen on toimittanut tavallisesti koneen hoitaja, mutta lukemia ei ole saatu kuitenkaan aivan samanaikaisiksi vetovoima- ja nopeusmittauksien kanssa.

Potkurivirran eliminoimiseksi hinaajan vetoköysi on purettu

köysirummulta koko pituudeltaan. *Hinausköyden* pituus on aluksen koosta riippuen yleensä 200...250 m, mikä riittää potkurivirran vaikutuksen kumoamiseen. Muussa tapauksessa hinausköyden pituudesta on huomautettu erikseen ao. koesarjan kohdalla. Mitauksia suoritettaessa laiva on pidetty hinausköyden suuntaisena vetovoiman sivukomponenttien syntymisen ehkäisemiseksi.

Ettei poikkeuksellisia virtausolosuhteita esiintyisi, on vältetty mittauksia aluksen tai lautan kulkiessa *malalassa* vedessä.

*Lautan kuutiomäärä* on saatu rannassa tai tehtaalla suoritettun mittauksen perusteella, toisissa tapauksissa on ollut valitettavasti pakko turvautua uittoon pannun puutavaran keskikuutioihin. Nippujen mitat ja uintikyvyt on saatu yleensä kymmenen edustavan yksilön mittojen keskiarvoina. Nippujen mitat on ilmoitettu 5 c tarkkuudella.

Kuutiomäärien muuntamisessa k-m<sup>3</sup>:eiksi on käytetty seuraavia teoksia: »Tapion taskukirja», Metsätehon julkaisu n:o 4 a, »Koivupölkköjen kuutiosuhdetaulukkoja» (käytetty, koska edellisessä ei ole ollut kaikkia tarpeellisia taulukoita), ja »Kymin Uittoyhdistyksen ohjeet uittotavaran omistajille sekä vahvistetut kuutioimis- taulukot» (käytetty Kymin Uittoyhdistyksen alueella mahdollisimman suuren tarkkuuden saavuttamiseksi).

## II. Vetovastustekijöiden yleistä tarkastelua

Tri *Helle* on selviteltyt melko perusteellisesti nippujonon vetovastukseen vaikuttavia tekijöitä 1920- ja 1930-luvuilla tehden kokeita sekä todellisilla lautoilla että pienoismalleilla. Metsätehon tarkoituksena ei ole ollut näin ollen enää sanottavammin syventyä samoihin kysymyksiin. Koska Metsätehon tutkimus käsittää kuitenkin joukon asioita, jotka eivät ole sisältyneet Helteen tutkimukseen, ja koska suoritettujen mitausten valossa näyttää aiheelliselta tehdä muutamia Helteen tutkimuksista jonkin verran poikkeavia hypoteeseja, tarkastellaan seuraavassa hiukan vetovastuksen syntymistä ja tutkimista, tosin suurelta osalta Helteen kokeiden nojalla.

Lautan *velo- l. virtausvastuksen* aiheuttavat:

1) *pinta- l. hankausvastus*, joka johtuu lautan ja veden kitkasta puiden pinnalla;

2) *muotovastus*, joka riippuu lautan muodosta, ts. tavasta, millä vesi sivuuttaa lautan.

Pintavastus on sitä pienempi, mitä sileämpi on väliaineessa liikkuva kappale. Muotovastus taas on sitä pienempi, mitä paremmin väliaineen virtaviivat seuraavat kappaleen pintaa, jolloin haitallinen pyörretila pienenee. Tämä voidaan saavuttaa pidentämällä ja suipentamalla kappaleen takaosaa l. antamalla kappaleelle edullinen *virtaviivamuoto* (profiolomalla). Vetovastus on = liikevoima lukuarvoltaan, mutta se on vastakkaissuuntainen.

Puutavaralautta on niin monimutkainen kappale (-ryhmä), että sen virtausvastuksen selvittäminen on varsin monisäikeinen tehtävä. Paitsi todellisia lauttoja tutkimalla tähän voidaan pyrkiä hydraulikassa (virtausopissa) usein käytettyjen *pienoismallikokeiden* avulla.

Mallikokeita suoritettaessa tulee niin mallissa kuin todellisuudessaakin olla *sama virtaamismuoto*: turbulenssi- tai laminaarivirtaus. *Laminaarivirtaus*, joka edustaa hidasta ja säännöllistä virtaamismuotoa, *muuttuu*, *yliteltäessä kriittinen nopeusraja* ( $V_{kr}$ ), *turbulenssivirtaukseksi*, joka sen sijaan on nopeaa ja pyörteistä virtausta. Laminaarisen virtauksen vallitessa vetovastus on verrannollinen nopeuteen, turbulenttisen vallitessa likimain nopeuden neliöön.

Ns. *Reynoldsin* luvusta riippuu, kumpi mainituista virtausmuodoista

esiintyy. Raja ei kuitenkaan ole täsmällinen, sillä ylimenovaihe on epävakaa. Laminaarivirtauksen tapahtumista suosivat pieni virtausnopeus, virtaavan väliaineen suuri sitkeys ja pieni hydraulinen säde. Laminaarivirtausta esiintyy yleensä vain nopeuksien ollessa pieniä, joten virtauslaskelmissa liikutaan pääasiassa turbulenssivirtauksen pohjalla. Esim.  $+20^{\circ}\text{C}$  lämpötilassa 5 c läpimittaisessa, veden täyttämässä putkessa  $V_{kr}$  on 4.6 c/s (alaraja).

Puutavaralautan kuljetusnopeus on 10...100 c/s suuruusluokkaa. Jos lautta voitaisiin katsoa yhdeksi suureksi kappaleeksi, voitaisiin mainittavaa virhettä tekemättä kaikki virtaus käsitellä turbulenssivirtauksena. On kuitenkin niin, että myös lautan sisällä esiintyy virtausta, jota aiheuttavat seuraavat tekijät:

- 1) lautan edessä vallitseva *glipaine*, mikä voidaan havaita esimerkiksi vedenpinnan noususta kuljetettavan lautan edessä,
- 2) lautan jälkipäässä esiintyvä *imu*,
- 3) *nippujen välit* ja nipuista vinosti ulospäin pistävät puiden päät ja muita syvemmällä tai sivummalla uivat nipun osat, jotka pakottavat vettä nippujen läpi.

Tämä virtaus on hitaampaa kuin lautan kulkunopeus, suurin piirtein sitä hitaampaa, mitä syvemmällä lautan sisällä tapahtuvaa virtausta tarkastellaan. Ei ole suinkaan itsestään selvää, että kaikki lautan sisällä tapahtuva virtaus olisi turbulenssivirtausta. Ei myöskään ole selviö, että lautan sisällä tapahtuvan virtauksen johdosta koituva vetovastus olisi merkityksettömän pieni. Virtausvastushan syntyy muotovastuksesta ja pintavastuksesta. Yksityiset tukit aiheuttavat lautan sisällä tapahtuvalle virtaukselle muotovastusta, ja niiden hankauspinta on paljon suurempi kuin lauttaa ympäröivä märkä piiri.

Pienoismallikokeissa aiheutuu virheitä siitä, ettei mallikappaleissa voida mukailla tarkasti eri puutavaroiden ja nippujen pinnan ja muodon vaihteluita. Esim. Helle mainitsee (1933 s. 13), että hänen kokeissaan veitsellä vuoltu pinta vastasi tukin pintaa ja että pienoistukit olivat suhteellisesti paksumpia kuin todelliset tukit. Hän huomauttaa, että pienoistukkien ylipaksuus ei ole haitta, sillä täten kompensoidaan sitkeydestä johtuva nippujen läpi tapahtuvan virtauksen vaikeutuminen. Huomautus on kuitenkin varsin ylimalkainen.

Helle on todennut (1933, ss. 11 ja 12), että nippujonon edessä vaikuttava paine aiheuttaa ensimmäisten nippurivien läpi virtauksen, joka myöhemmin pyrkii ulos nippujen väleistä, ja että lautan takapäässä (jättösivulla) syntyvä imu saa aikaan virtauksen viimeisten nippujen läpi. Laskiessaan nippujonon hankausvastusta hän kuitenkin jättää ottamatta huomioon nämä nippujen läpi tapahtuvat virtaukset; lautan etupäässä vallitsevalla läpivirtauksella hän sanoo olevan laminaarisen rakenteen (s. 11).

»Jotta voitaisiin saavuttaa geometrisesti yhdenmuotoiset virtauskuvat virtauksen tapahtuessa geometrisesti samanlaisissa ulkoisissa olosuhteissa (esim. mallissa ja todellisuudessa), vaaditaan, että yhdenmuotoisesti sijaitsevilla pisteillä tilavuusyksikköä kohti jokaisena silmänräpäyksenä vaikuttavat voimat (mallissa ja todellisuudessa) ovat vakiosuhteessa toisiinsa»

(*Hellström*, s. 96). Lauttojen vetovastuksia tutkittaessa tulevat tässä yhteydessä kysymykseen lähinnä sitkeysvoimat. Olettamalla *sitkeysvoimat* vakioksi tilavuusyksikköä kohti päädytään yhtälöön;

$$R = \frac{v \cdot l}{t},$$

missä  $R$  = dimensioton vakio, Reynoldsin luku,

$v$  = nopeus,

$l$  = ulottuvaisuus ja

$t$  = nesteen sitkeysmoduli.

Jos keskimääräisesti normaalikokoiselle lautalle tehtäisiin koealtaaseen mahtuva pienoismalli, jouduttaisiin Reynoldsin mukaan käyttämään niin suuria nopeuksia, ettei se ole mahdollista tavallisessa koetuslaitoksessa. Pienoismallikokeita tehdessään Helle ei ole voinut tutkia sitkeysilmiöitä, jotka pääasiassa muodostavat hankausvastuksen (vaan ainoastaan muotovastuksia *Frouden vastaavien nopeuksien lain* perusteella). Hän koetti selvittää todellisten lauttojen hankausvastuksen lautan loppupään ja alkupään mukanaan kuljettamien *vesimassojen impulssien* erotuksena sekä *Frouden*, *Schlichtingin* ja *Karmán-Pranllin* kaavojen mukaan laskien, mutta saadut arvot ovat poikenneet toisistaan ja olleet epävarmoja, eikä ole saatu varmuutta, että hankausvastuksen osuus kokonaisvastuksesta olisi pienoismalleilla ollut sama kuin todellisilla lautoilla. Jos muotovastuksesta voidaan tietynlaista lauttatyyppiä käyttäen vähentää jokin osa, riippuu näin saavutettava hyöty oleellisesti siitä, kuinka suuri osuus hankausvastuksella on kokonaisvastuksesta.

Kuten myöhemmin lähemmin selvitetään, *hankausvastuksen osuus näyttää vaihtelevan huomattavasti puulavaralajin, lautan koon, vetovoiman yms. seikkojen mukaan*. Tuntuu hyvin mahdolliselta, että Helle on arvioinut hankausvastuksen osuuden liian pieneksi, sillä hänen kokeissaan pienoistukit olivat liian paksuja ja tukkiniput ehkä säännöllisempiä kuin todellisuudessa, eikä hän hankausvastusta laskiessaan ole ottanut mukaan nippujen läpi tapahtuvaa virtausta. Vaikka nipuissa tapahtuva virtaus onkin hidasta ja koskenee vain osaa puumäärästä, lieenee siitä koituva hankaus- (ja muoto-) vastus melkoinen, koska yksityisten puiden vettä koskettavien pinta-alojen summa on aivan toista suuruusluokkaa kuin lauttaa ympäröivä märkä pinta. Näin ollen lieenee lautan (myös nippulautan) edullisinta muotoa kokeillaessa muotovastuksen ohella otettava huomioon lautan ympärillä ja sisässä, varsinkin alku- ja loppupäässä, esiintyvä hankausvastus.

Myöhemmin esitetään asianomaisten alakohtien yhteydessä erilaisten lauttojen vetovastussuhteita ja mahdollisuuksien mukaan arvioidaan eri vetovastustekijöitä.



### III. Eri puutavaroiden lauttausvaikeus- suhteista

#### 1. Yleistä

Kentällä suoritettujen mittausten perusteella kullekin tutkitulle lautalle laadittuja vetonopeus-vetovoimäkäyriä hyväksi käyttäen on piirretty eri lauttamuodoille jokaista puutavaralajia varten käyrästöt (kuvat 26—29, 32—33 ja 36), jotka osoittavat vetonopeuden riippuvuutta lautan koosta vetovoiman ollessa 500, 1 000, 1 500, 2 000, 2 500, 3 000 ja 4 000 kgf.

Aineiston suppeuden vuoksi käyriä on osittain jatkettu ottamalla tukea viereisistä käyristä. Tämä on katsottu voitavan tehdä, koska koearvojen mukaan vetonopeuden riippuvuus lautan koosta näyttää olevan jokseenkin yhdenmukainen kaikilla tutkituilla puutavaralajeilla. Näin mahdollisesti syntynyt virhe lienee kuitenkin pienempi kuin lauttojen vaihtelusta ehkä koituva virhe, sillä useimmissa tapauksissa on ollut pakko tyytyä muutamilla lautoilla suoritettuihin kokeiluihin. Jos tutkimuksien jatkaminen katsotaan tarpeelliseksi, voidaan osoittaa, kuinka suuri vaihtelu esiintyy tietystä puutavarasta tehtyjen samantyyppisten lauttojen välillä, ja todeta, kuinka suuri koelautojen lukumäärä on tarpeen erilaisia tarkkuusvaatimuksia varten. Jo suoritettujenkin tutkimusten nojalla voidaan vertailla paremmin todellisuutta vastavasti kuin pelkkien arvailujen tai epävarmojen tilastojen pohjalla. Laajaan aineistoon perustuvalla tilastolla saadaan kyllä usein vetovaikeussuhteiden suunta selville, mutta lauttaukseen vaikuttavien tekijöiden joukko on niin moninainen, ettei nykyisillä tilastoilla voida päästä erityiskokeissa saavutettavaan tarkkuuteen. Varta vasten järjestetyissä kokeissa vertailua vaikeuttavat seikat ovat näet riittävän hyvin eliminotavissa.

Eri puutavaralajien vertailussa oikeudenmukaisiin hinaustak-

soihin tai kustannusten jakoon pyrittäessä olisi erotettava ainakin kahdenluonteisia tapauksia.

1. On kuljetettava eri suuruisia lauttoja, eikä lauttojen koko ole juuri säännösteltävissä. *Parhaimman vertailuperusteen antaneval tällöin eri puutavaroiden suhteelliset kuljetusnopeudet kiintokuulio-määrän ja vetovoiman ollessa sama. Taksasuhteisiin pyrittäessä on lisäksi olettava huomioon alusten tehollisen kuljetusajan osuus.* Jos esimerkiksi jokin puutavara on samalla vetovoimalla saman kuutiomäärän sisältävinä lauttoina kuljetettaessa 10 % hitaampaa kuin toinen, ja varsinainen kuljetusaika on 60 % aluksen ajan-käytöstä, taksasuhteiksi saadaan 106:100. Lähtökohtana on siis kysymyksen asettelu: Kuinka paljon nopeammin tai hitaammin kulkee samalla vetovoimalla saman suuruinen lautta jotakin tiettyä puutavaraa kuin jotakin toista puutavaraa?

2. Käytännössä ei kuitenkaan tavallisesti esiinny edellä mainitunlainen tapaus, vaan kysymys on siitä, missä määrässä tietyn puutavaran kuljetus tulee kalliimmaksi tai halvemmaksi kuin toisen, kun käytetään samaa alusta. Yleensä pyritään tietysti käyttämään hyväksi aluksen taloudellisinta kapasiteettia, ja vertailut on suoritettava silloin tältä pohjalta.

Milloin sitten käytetään hyväksi aluksen taloudellisinta kapasiteettia? Silloin kun aluksella kuljetetaan mahdollisimman suuria kuormia huomioon ottaen väylän laatu, sääsuhteet ja organisatoriset seikat. Jollei puutavaran laadun tai vastaavien tekijöiden vuoksi voida käyttää aluksen taloudellisinta kapasiteettia, olisi tästä oikeastaan suoritettava korvaus, mikä käytännössä voidaan toteuttaa tietenkin vain likimääräisesti arvioiden.

Meikäläisessä sisävesilauttauksessa lienee verraten yleistä, että väylän laadusta ja sääsuhteista johtuen hinaajan teho tulee käytetyksi taloudellisesti silloin, kun lautan koko on sellainen, että hinausnopeus tyynellä säällä on n. 1.6 km/h. Varppaajalle on edullista valita toisinaan suurempi nopeus. Käytännössä hinaajilla kuljetetaan usein liian pieniä lauttoja, niin että nopeus on esim. 2 km/h (syynä voi olla, että hinaaja on liian tehokas ko. olosuhteisiin).

Edellä olevaan perustuen on katsottu aiheelliseksi suorittaa puutavaroiden vertailu myös siten, että *verrataan niiden lauttojen kokoa, jotka alus voi kuljettaa samalla nopeudella koneistonsa läydellä kuormituksella.* Tarkastelun kohteiksi ovat joutuneet nippujonot (suonilautat) ja ns. mullikkalautat (nopeus = 1.6 ja 2.0 km/h)

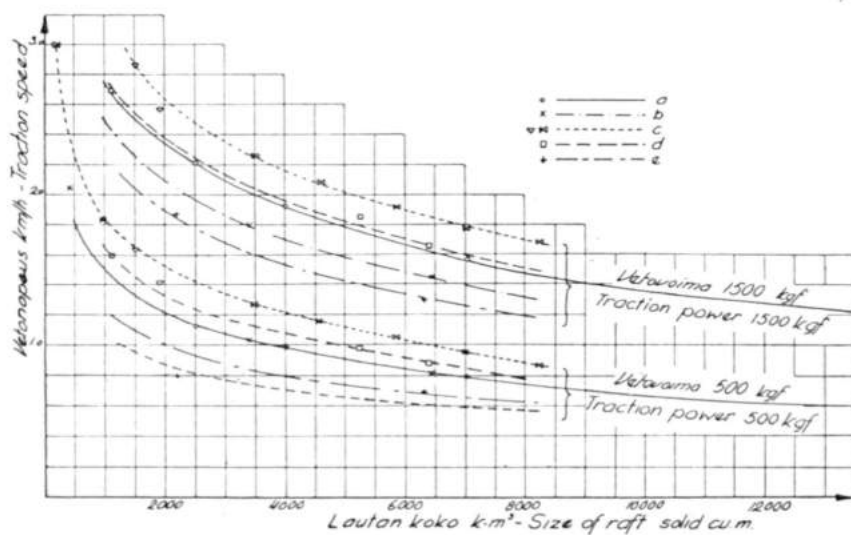
sekä kehälautat (nopeus = 1.2 ja 1.6 km/h); kehälautan laadusta tai keräilyaluksen pienestä vetovoimasta johtuen kehälautan kuljetusnopeus on usein n. 1.2 km/h. Koska tässä eri puutavarain vertailussa edellytetään samaa nopeutta, päästään taksasuhteisiin suoraan vertaamalla lauttojen kokoa.

Suhdelukuja laskettaessa on vertailuperusteena käytetty puolipuhkaita havutukkeja.

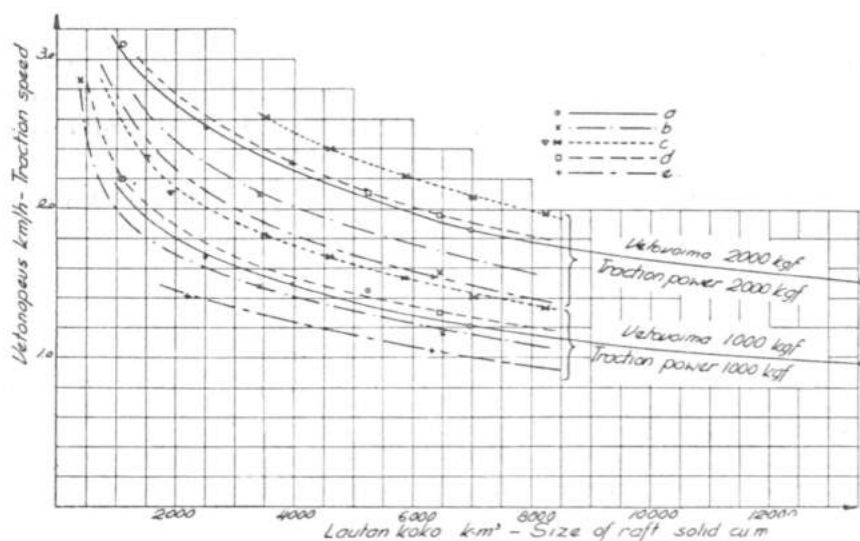
## 2. Nippujonojen vertailu

Seuraavassa on pyritty vertailemaan kahdeksan nippua rinnan sisältäviä nippujonoja. Lähtien kuvista 26—29, jotka kuvaavat erilaisten nippujonojen vetonopeuden riippuvuutta lautan koosta, on laadittu taulukko 1. Taulukossa on verrattu vaneritukki- ja puolipuhkaiden paperipuunippujonojen *vetonopeutta* samankokoisten puolipuhkaiden havutukkilauttojen vetonopeuteen vetovoiman vaihdellessa.

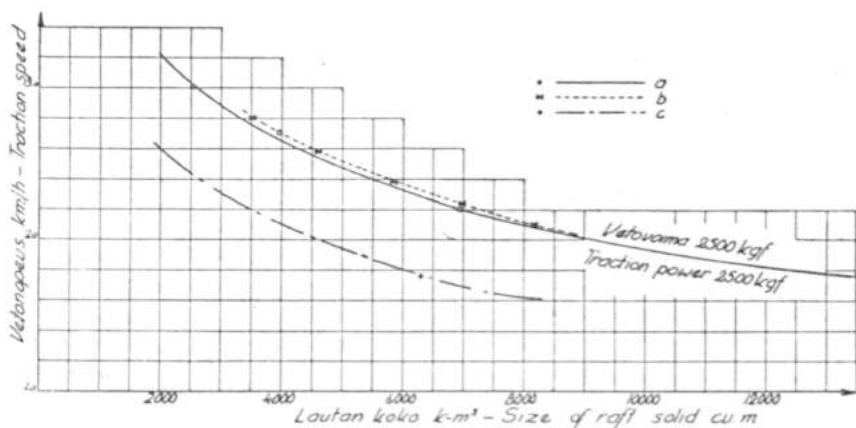
Puolipuhkaiden 2-m paperipuiden nopeussuhteet on esitetty sekä n. 5 p-m<sup>3</sup> nipuille että n. 16 p-m<sup>3</sup> kaksoisnipuille yhteisillä



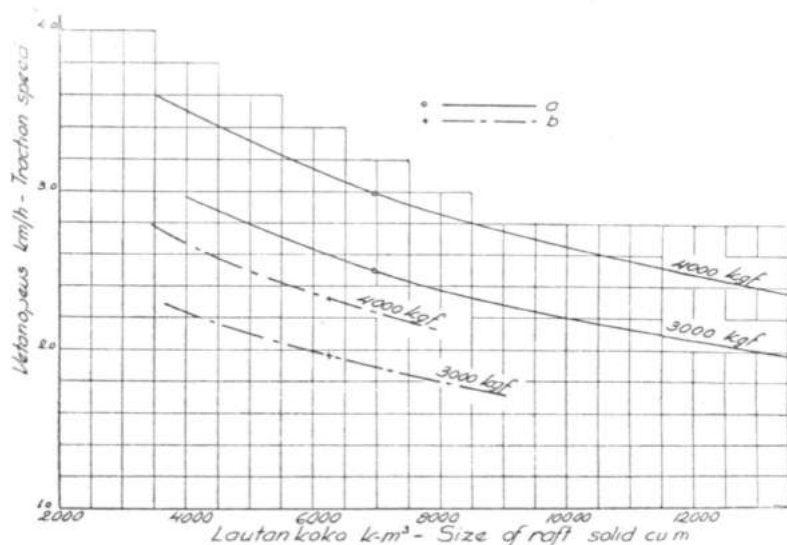
Kuva 26. Nippujonojen vetonopeuden riippuvuus lautan koosta vetovoiman ollessa 500 ja 1500 kgf. Puutavaralajit: a = puolipuhk. havutukit, b = vaneritukit, c = puolipuhk. 2-m paperipuut, d = puolipuhk. 4-m paperipuut, e = puolipuhk. sekapaperipuut. — Photo 26. Dependence of the traction speed of a chain of bundles on the size of raft, at a traction power of 500 and 1500 kgf. Types of timber: a = partly-barked softwood logs, b = plywood logs, c = partly-barked 2-metre pulpwood, d = partly-barked 4-metre pulpwood, e = partly-barked mixed pulpwood.



Kuva 27. Nippujonon vetonopeuden riippuvuus lautan koosta veto-voiman ollessa 1 000 ja 2 000 kgf. Puutavaralajit: samoin kuin kuvassa 26. — Photo 27. Dependence of the traction speed of a chain of bundles on the size of raft, at a traction power of 1 000 and 2 000 kgf. Types of timber: same as in Photo 26.



Kuva 28. Nippujonon vetonopeuden riippuvuus lautan koosta veto-voiman ollessa 2 500 kgf. Puutavaralajit: a = puolipuht. havutukit, b = puolipuht. 2-m paperipuut, c = puolipuht. sekapaperipuut. — Photo 28. Dependence of the traction speed of a chain of bundles on the size of raft, at a traction power of 2 500 kgf. Types of timber: a = partly-barked softwood logs, b = partly-barked 2-metre pulpwood, c = partly-barked mixed pulpwood.



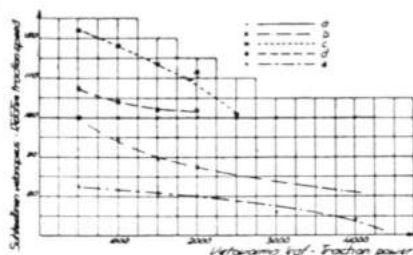
Kuva 29. Nippujonon vetonopeuden riippuvuus lautan koosta veto-voiman ollessa 3 000 ja 4 000 kgf. Puutavaralajit: a = puolipuh. havutukit, b = puolipuh. sekapaperipuut. — Photo 29. Dependence of the traction speed of a chain of bundles on the size of raft, at a traction power of 3 000 and 4 000 kgf. Types of timber: a = partly-barked softwood logs, b = partly-barked mixed pulpwood.

käyrillä. 5 p-m<sup>3</sup> nipuista rakennettuja lauttoja on tutkittu vain kaksi; toisen arvot vastaavat tarkalleen kaksoisnippujen nopeuksia, toisen arvot jäävät vähän pienemmiksi. Koska lisäksi 5 p-m<sup>3</sup> nippuja koskevat kokeet tehtiin epäsuotuisissa koeolosuhteissa, ei ole syytä yrittää muuta vertailua. (Käyrästöissä 5 p-m<sup>3</sup> nippujen tunnuskuva on kärjellään »seisova» kolmio; kaksoisnippujen merkinä on kaksi kolmiota, kärkikulmapari ristikulmina.)

Taulukkoon laskettujen suhteellisten vetonopeuksien<sup>1)</sup> avulla on verrattu eri puutavaralajeja kuvassa 30. Käytetyillä veto-voimilla edullisuusjärjestys on osoittautunut seuraavaksi:

- 1) puolipuh. 2-m paperipuut,
- 2) puolipuh. 4-m paperipuut,
- 3) puolipuh. havutukit,

<sup>1)</sup> Ko. suhteelliset vetonopeudet on laskettu keskiarvoina eri kokoisille lautoille, sillä vetonopeussuhteet eivät näytä riippuvan sanottavasti lautan koosta.



Kuva 30. Nippujonon suhteellisen vetonopeuden riippuvuus lautan koosta ja vetovoimasta eri puutavaroita kuljetettaessa. Puutavaralajit: a = puolipuht. havutukit, b = vaneritukit, c = puolipuht. 2-m paperipuut, d = puolipuht. 4-m paperipuut, e = puolipuht. sekapaperipuut. — Photo 30. Dependence of the relative traction speed of a chain of bundles on the size of raft and traction power in towage of different types of timber. Types of timber: a = partly-barked softwood logs, b = plywood logs, c = partly-barked 2-metre pulpwood, d = partly-barked 4-metre pulpwood, e = partly-barked mixed pulpwood.

- 4) vaneritukit,
- 5) puolipuhdaat sekapaperipuut.<sup>1)</sup>

Tämä järjestys onkin aivan odotetun mukainen. Sen sijaan ei liene yleisesti tunnettua, että vastussuhteet vaihtelevat vetovoiman mukaan. Kaukaan Tehdas Osakeyhtiössä tosin on esitetty vastaavanlainen oletamus tilastollisten tarkastelujen nojalla. Pienestä aineistosta johtuen suhdelukuja on ehdottomasti pidettävä likiarvoina, mutta ne osoittavat kuitenkin nopeuserojen suuruusluokan.

Vetovoiman ja -nopeuden kasvaessa vaneritukkinippujono jää jälkeen havutukeista, vaikka ne näyttävätkin olevan saman veroisia pientä, n. 500 kgf vetovoimaa käytettäessä. Tämä lienee käsiteltävä niin, että pitkät ja mutkaiset vaneritukit saavat aikaan huomattavan, nippujen sisässä laminaarisista virtauksista syntyvän vastuksen ja syväkulkuisuutensa takia suuren muotovastuksen lautan molemmissa päissä. Vaneritukkien pituuden vuoksi epäjatkuvuus aiheuttaa sen sijaan vain vähän muotovastusta. Tästä johtuen nopeuden ollessa pieni sekä vaneritukkien että havutukkien vastus on likimain yhtä suuri. Nopeuden lisääntyessä laminaariset virtaukset muuttuvat turbulenttisiksi, mistä

<sup>1)</sup> Sekapaperipuilla tarkoitetaan tässä ns. «kymiläisiä» paperipuita, jotka sidotaan samaan nippuun huolimatta pituuden {vaihtelusta (pituus = 3...7 m).

syystä vastus kasvaa jyrkästi, sillä virtaustilan ollessa laminaarinen vastus on verrannollinen nopeuteen, mutta sen ollessa turbulenttinen likipitään nopeuden neliöön. Koska nopeuden ollessa pieni laminaarisista virtauksista koituvan vastuksen osuus kokonaisvastuksesta on vaneritukeilla suurempi kuin havutukeilla, on nopeuden lisääntyessä vaneritukkien vastuksen nousu ja nopeuden aleneminen jyrkempi.

Väärinkäsitysten välttämiseksi huomautettakoon erityisesti, ettei nopeusero kasva *kokonaisuppoamien* (deplasementti) suhteessa. (Vrt. *Vuorislo*, 1939, s. 118. Vuoristo tarkoittaa kokonaisuppoumalla sitä tuloa, joka saadaan, kun lautan kokonaispituus kerrotaan lautan keskileveydellä ja saatu tulo nippujen keskimääräisellä syväkulkuisuudella.) Saman kiintokuutiometriäärän sisältävän vaneritukkinippujonon kokonaisuppouma on 30...60 % suurempi kuin havutukkinippujonon, mutta vetonopeus on vain vähän yli 10 % pienempi. Jos samoin havutukkinippujonon kokoa lisätään esim. 4 500...5 600 k-m<sup>3</sup>:iin eli 40 % ja vetovoima on 2 000 kgf, nopeus pienenee vain n. 10 %.

Vetovoiman ollessa 500 kgf *2-m paperipuunippujono* on n. 22 % nopeampi kuin vastaava havutukkilautta, mutta vetovoiman kasvaessa 2 500 kgf:aan ero pienenee 1 % paikkeille. Kuinka tällainen muutos on selitettävissä?

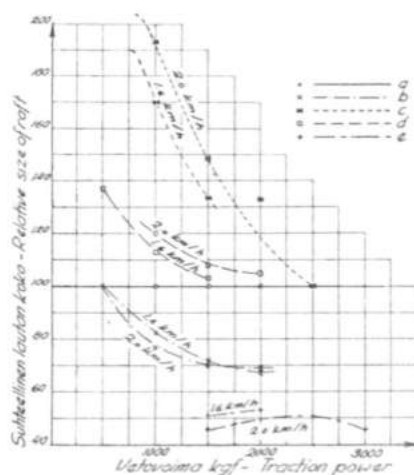
Kuten edellä on viitattu, kaikki lautan aiheuttama virtaus ei ole turbulenttista, jolloin vastus on likimain verrannollinen nopeuden neliöön, vaan osa virtauksesta on laminaarista, jolloin vastus on verrannollinen nopeuteen. Suurin osa laminaarisesta virtauksesta esiintyy lautan sisässä, lähinnä alku- ja loppupäässä. Näin ollen on selvää, että paperipuunippujonossa laminaarista virtausvastusta syntyy laajemmassa mitassa kuin havutukkinippujonossa, sillä keskimäärin tukkeja ohuemmillä paperipuilla on suurempi hankauspinta; lisäksi epäjatkuvuus aiheuttaa puiden päissä muotovastusta lukuisammin kuin noin kolme kertaa pitemmille tukeille. Tukeilla tosin nippujen perättäisen välin suhde nippujen keskipituuteen on hieman suurempi kuin *2-m paperipuilla* kaksoisnippuina, esim. *Vuorislon* (1939, s. 118) mukaan 9.1 ja 8.4 %.

*2-m paperipuut* ovat siis pienillä vetovoimilla huomattavasti edullisemmin kuljetettavissa kuin havutukit. Sitä mukaa kuin vetovoima ja nopeus kasvavat laminaariset virtaukset muuttuvat turbulenttisiksi, ja *2-m paperipuiden* ja havutukkien kuljetus-

vaikeudet lähenevät toisiaan. Jos yksinomaan kokonaisuppouma ja -muoto olisi ratkaiseva, 2-m paperipuulautta olisi jatkuvasti ainakin suunnilleen yhtä edullinen havutukkeihin verrattuna kuin nopeuden ollessa pieni. Vaikeussuhteen määrittäisi näet siinä tapauksessa ratkaisevasti lauttojen yhtenä suurena kappaleena aiheuttama muotovastus, joka paperipuunippujonon kapeammasta muodosta ja pienemmästä syväyksestä johtuen olisi sille alhaisempi kuin havutukkinippujonolle.

4-m paperipuiden vaikeussuhde on samanluonteinen kuin 2-m paperipuiden, ne ovat vain lauttausominaisuuksiltaan melko lähellä havutukkeja, varsinkin kun tutkitut lautat ovat olleet syvässä uivia. Vetovoiman kasvaessa 500:sta 2 000:een kgf nopeusero alenee 7...2 %:iin.

Sekapaperipuulautta on kaikkein hitain, mikä on luonnollista, sillä niput ovat erittäin huonomuotoisia, mukana kuljetettava vesimäärä suuri ja puut eri mittaisia ja pienehköjä. Vetovoiman kasvaessa 500...4 000 kgf:aan havutukkeihin verrattuna vetonopeus alenee n. 82...74 %:iin.<sup>1)</sup>



Kuva 31. Nippujonon suhteellisen koon riippuvuus vetonopeudesta ja -voimasta eri puutavaroita kuljetettaessa. Vetonopeudet 1.6 ja 2.0 km/h. Puutavaralajit: samoin kuin kuvassa 30. — Photo 31. Dependence of the relative size of a chain of bundles on the speed and power of traction in towage of different kinds of timber. Traction power: 1.6 and 2.0 km/h. Types of timber: same as in Photo 30.

<sup>1)</sup> Tutkitut sekapaperipuunippujonot ovat olleet keskimääräistä syvemmässä uivissa, josta johtuen niitä koskevat arvot lienevät poikkeuksellisen alhaisia eivätkä siis antane oikeata kuvaa.



Kuvassa 31 esitetään nippujonon *suhteellisen koon* riippuvuus vetovoimasta lautan vetonopeuden ollessa 1.6 ja 2.0 km/h. Nähdään eroavuuksien yleensä korostuvan nopeuden ollessa korkea ja vetovoiman vaikuttavan erittäin jyrkästi vaikeussuhteisiin. Viimeksi mainitusta seikasta johtuen on vertailuja tehtäessä suppeaan aineistoon rakentuvilla käyrillä otettava huomioon melkoinen virhemahdollisuus. Piirroksen lähtöarvot ovat taulukossa 2.

500...2 000 kgf välillä vaneritukkinippujonon suhteellinen koko alenee 100:sta 68:aan, mikä vastaa suhteellisen vetonopeuden pienenemistä 100:sta 87.5:een.

2-m paperipuun suhde havutukkeihin muuttuu vetovoiman vaihtuessa jyrkemmin kuin toisten puutavaralajien vastaava suhde. Ko. käyrillä lienee huippupisteensä, kun vetovoima on 700...800 kgf vaiheilla. Virhemahdollisuuksien välttämiseksi huippupisteet on kuitenkin jätetty pois ja käyrät aloitettu vasta 750 kgf:sta, jolloin samalla laivalla kuljetettavissa oleva lautta on suunnilleen kaksinkertainen vastaavaan havutukkilauttaan verrattuna. Ero pienenee nollaan, kun vetovoima-akselilla siirrytään 2 500:aan kgf.

500...2 000 kgf välillä 4-m paperipuunippujonon suhteellinen koko pienenee 137:stä 103:een. Sekapaperipuunippujonon suhteellinen koko pysyttelee 50:n paikkeilla, kun vetovoima on 1 500...3 000 kgf.

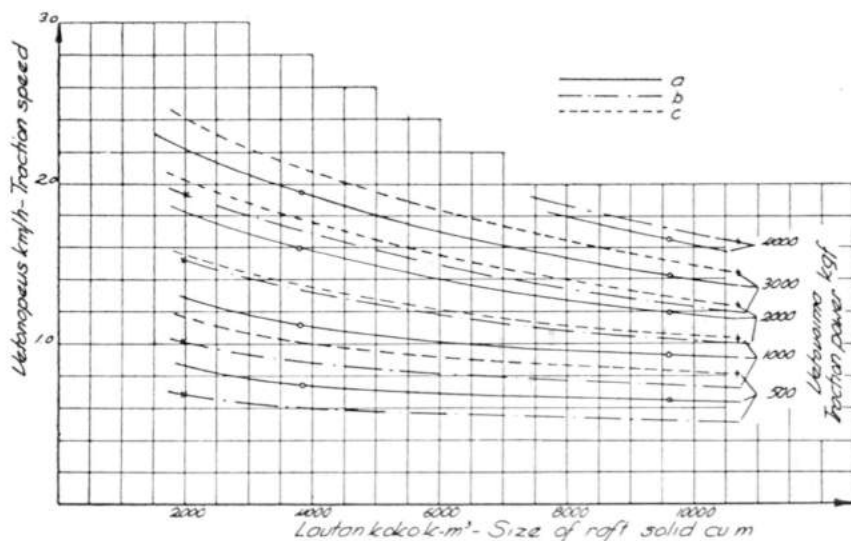
### 3. Mullikkalauttojen vertailu

Vertailu on tehty samojen periaatteiden mukaan kuin nippujonoina, mutta rinnastettavina ovat ainoastaan puolipuhtaat havutukit, vaneritukit ja puolipuhtaat sekapaperipuut.

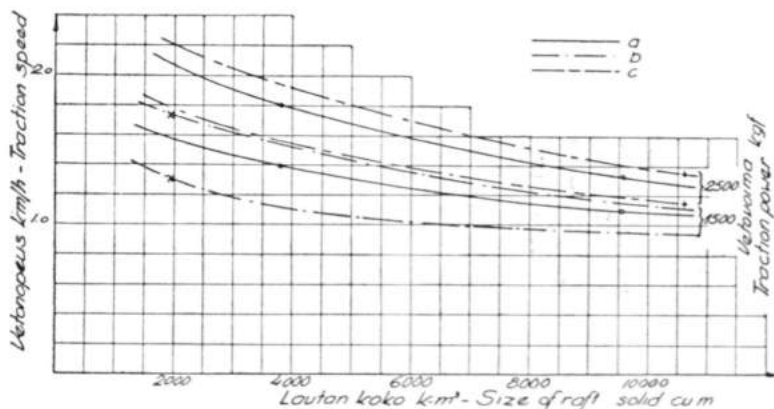
Taulukossa 3 ja kuvassa 34 on suoritettu *nopeusvertailu* vetovoiman ja mullikkalautan koon ollessa sama eri puutavaralajeja kuljettaessa. Nopeusjärjestys on seuraava:

1. puolipuhtaat sekapaperipuut,
2. puolipuhtaat havutukit,
3. vaneritukit.

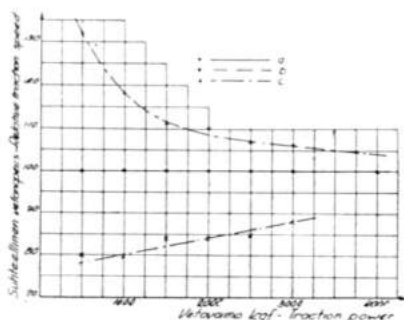
Vetovoiman vaihdellessa 500...3 000 kgf *vaneritukit* ovat n. 20...15 % hitaampia kuin havutukit. Koska arvot eivät asetu täsmällisesti kuvaajalle, on liian epävarmaa lähteä arvailemaan vastussuhteiden kehitystä.



Kuva 32. Mullikkalautan vetonopeuden riippuvuus lautan koosta veto-voiman ollessa 500, 1 000, 2 000, 3 000 ja 4 000 kgf. Puutavaralajit: a = puolipuht. mäntytykit, b = vaneritukit, c = puolipuht. sekapaperipuut. — Photo 32. Dependence of the traction speed of a bundle raft on the size of raft, with a traction power of 500, 1 000, 2 000, 3 000 and 4 000 kgf. Types of timber: a = partly-barked pine logs, b = plywood logs, c = partly-barked mixed pulpwood.



Kuva 33. Mullikkalautan vetonopeuden riippuvuus lautan koosta veto-voiman ollessa 1 500 ja 2 500 kgf. Puutavaralajit: a = puolipuht. mäntytykit, b = vaneritukit, c = puolipuht. sekapaperipuut. — Photo 33. Dependence of the traction speed of a bundle raft on the size of raft, with a traction power of 1 500 and 2 500 kgf. Types of timber: a = partly-barked pine logs, b = plywood logs, c = partly-barked mixed pulpwood.

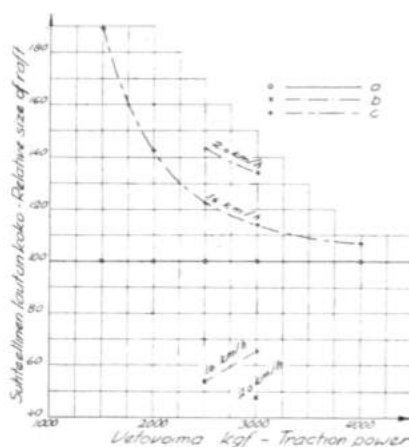


Kuva 34. Mullikkalautan suhteellisen vetonopeuden riippuvuus lautan koosta ja vetovoimasta eri puutavaroita kuljetettaessa. Puutavaralajit: a = puolipuht. havutukit, b = vaneritukit, c = puolipuht. sekapaperipuut.  
 — Photo 34. Dependence of the relative traction speed of a bundle raft on the size of raft and traction power in the transport of different types of timber. Types of timber: a = partly-barked softwood logs, b = plywood logs, c = partly-barked mixed pulpwood.

Vetovoiman kasvaessa 500...4 000 kgf puolipuhneiden sekapaperipuiden hyväksi oleva, puolipuhneisiin havutukkeihin verrattu nopeusero alenee 32...4 %:iin. Asia lienee selitettävissä siten, että suuri osa paperipuiden vastuksesta muodostuu pienellä vetovoimalla laminaarisen virtauksen aiheuttamasta vastuksesta. Nopeuden kasvaessa laminaariset virtaukset muuttuvat turbulentsiksi, vastus nousee jyrkemmin nopeuden suhteen, ja paperipuut lähenevät kuljetusominaisuuksiltaan havutukkeja.

Kuten edellä nippujonojen yhteydessä vertailu on suoritettu myös alusten kuljetuskapasiteetin hyväksi käyttäminen lähtökohtana. Nopeusarvoina on tässäkin pidetty 1.6 ja 2.0 km/h, mitkä niinkään vastaavat mullikkalauttojen varppausnopeuksia Päijänteellä. Lautan koko vetovoiman funktiona vakionopeuksilla nähdään taulukon 4 pohjalla laaditusta kuvasta 35.

Vaneritukeille on saatu kuvaajan pisteitä vain 2 500...3 000 kgf välille. 1.6 km/h nopeudella vaneritukkilautan koko on 55...65 % havutukkilautan koosta. Vetovoiman ollessa 4 000 kgf vaneritukkilautan suhteellinen koko lienee suurempi. Koska varppaukset tapahtuvat Päijänteellä likimain tällä vetovoimalla, ko. suhteellisen koon selville saaminen olisi ollut tärkeätä, mutta lauttojen järjestelytehtävissä käytetyn koeluksen ankkuri ei pysynyt kiinni 4 000 kgf vetovoimaan saakka. 2.0 km/h nopeudella ajettaessa vetovoiman ollessa 3 000 kgf vaneritukkilautan suhteellinen suuruus on vain 48.



Kuva 35. Mullikkalautan suhteellisen koon riippuvuus vetonopeudesta ja -voimasta eri puutavaroita kuljetettaessa. Vetonopeudet 1.6 ja 2.0 km/h. Puutavaralajit: samoin kuin kuvassa 34. — Photo 35. Dependence of the relative size of a bundle raft on traction speed and power in the transport of different types of timber. Traction speed: 1.6 and 2.0 km/h. Types of timber: same as in Photo 34.

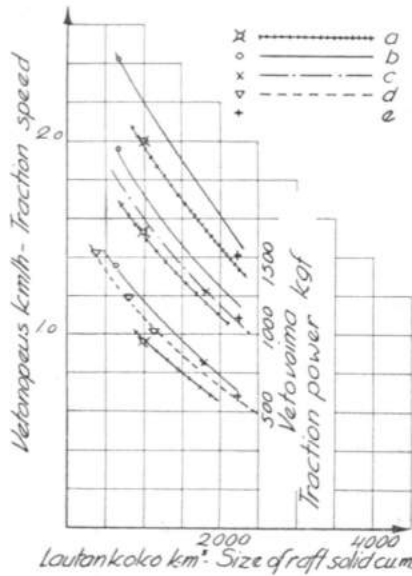
Puolipuhlaan sekapaperipuulautan suhteellinen koko alenee 189:stä 107:ään, kun vetovoima kasvaa 1 500...4 000 kgf:aan nopeuden ollessa 1.6 km/h. Kun nopeus on 2.0 km/h, suhteellinen koko pysyttelee suurempana alentuen 143:sta 134:ään vetovoimavälillä 2 500...3 000 kgf.

#### 4. Kehälauttojen vertailu

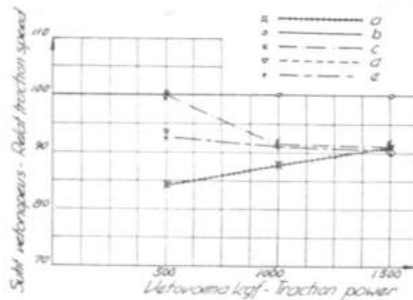
Rinnastettavina ovat kuorelliset ja puolipuhlaat havutukit, vaneritukit, puolipuhlaat 2-metriset ja sekapaperipuut. Esityksestä on jätetty pois niitä muutamia kokeita koskevat arvot, joissa lautan kuutiomäärän selvittäminen jäi epätarkaksi. Kuvassa 36 on suoritettu eri puutavaralajien nopeusvertailu vetovoiman ja kehälaudan koon ollessa sama. Erot ovat niin vähäisiä, että tarkempaan erittelyyn ei ole aihetta huomioon ottaen kokeiden pieni lukumäärä.

Taulukossa 5 ja kuvassa 37 on suoritettu nopeusvertailu vetovoiman ja kehälaudan koon ollessa sama eri puutavaralajeille.

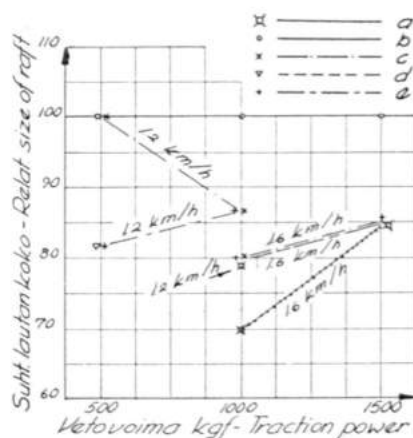
Vetovoiman kasvaessa 500...1 500 kgf kuorellisten havutukkien suhteellinen nopeus näyttää kasvavan 85...90, vaneritukkien suh-



Kuva 36. Kehälautan vetonopeuden riippuvuus lautan koosta veto-voiman ollessa 500, 1 000 ja 1 500 kgf. Puutavaralajit: a = kuorell. havutukit, b = puolipuht. havutukit, c = vaneritukit, d = puolipuht. 2-m paperipuut, e = puolipuht. sekapaperipuut. — Photo 36. Dependence of the traction speed of a boom of logs with a traction power of 500, 1 000 and 1 500 kgf. Types of timber: a = unbarked softwood logs, b = partly-barked softwood logs, c = plywood logs, d = partly-barked 2-metre pulpwood, e = partly-barked mixed pulpwood.



Kuva 37. Kehälautan suhteellisen koon riippuvuus vetonopeudesta ja -voimasta eri puutavaroita kuljetettaessa. Puutavaralajit: a = kuorell. havutukit, b = puolipuht. havutukit, c = vaneritukit, d = puolipuht. 2-m paperipuut, e = puolipuht. sekapaperipuut. — Photo 37. Dependence of the relative size of a boom of logs on traction speed and power in the transport of different types of timber. Types of timber: a = unbarked softwood logs, b = partly-barked softwood logs, c = plywood logs, d = partly-barked 2-metre pulpwood, e = partly-barked mixed pulpwood.



Kuva 38. Eri puutavaroiden suhteelliset lautan koot kehälauttoina kuljetettaessa vetovoiman vaihdellessa vetonopeuden ollessa 1.2 ja 1.6 km/h. Puutavaralajit: samoin kuin kuvassa 37. — Photo 38. Relative raft sizes of different types of timber under tow in the form of boom of logs with varying traction power at a traction speed of 1.2 and 1.6 km/h. Types of timber: same as in Photo 37.

teellinen nopeus alenee 100...90, ja paperipuiden suhteellista nopeutta osoittavat pisteet pysyttelevät hiukan 90:n yläpuolella.

Lauttojen suhteellisen koon vertailussa on nopeusarvoina pidetty 1.2 ja 1.6 km/h, jotka ovat tavallisia kehälauttojen siirtonopeuksia. Ko. vertailu nähdään taulukosta 6 ja kuvasta 38. Suhteellisten lautan kokojen erot ovat jonkin verran suurempia kuin suhteellisten vetonopeuksien erot, niin että muiden puutavaroiden suhteellinen lautan koko puolipuhutuksiin havutukkeihin verrattuna vaihtelee yleensä 75...90 kuorellisten havutukkeiden ollessa epäedullisimpia.

## IV. Eri lauttamuotojen lauttausvaikeus- suhteista

### 1. Yleistä

Puutavaralajeittain on laadittu taulukot ja piirrokset, joista ilmenevät vetonopeudet eri tyyppisiä ja kokoisia lauttoja kuljettettaessa. Täten voidaan vertailla tietyn kokoisen lautan kuljetusnopeutta nippujonona, mullikkalauttana ja kehälauttana tunnetun suuruisen laivan siirtämänä. Suhdelukuja laskettaessa eri lauttamuotoja on verrattu nippujonoihin.

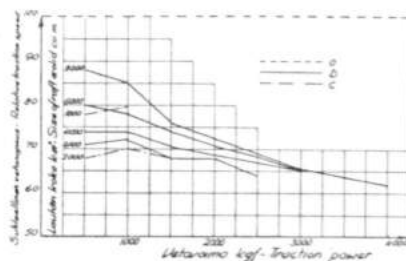
Päinvastoin kuin eri puutavaralajien vertailussa on eri lauttamuotojen vertailussa osoittautunut tarkoituksenmukaiseksi jättää yhdistämättä lautan eri kokoja vastaavat suhteelliset nopeudet (vetovoiman ollessa vakio).

Samoista syistä kuin suhteellisia lautan kokoja esittävät taulukot ja piirrokset eri puutavaralajien lauttausvaikeussuhteita selviteltäessä, on tehty myös taulukot ja piirrokset, jotka osoittavat nippujonoihin verrattuja lautan kokoja eri vetovoimia käyttäen, mutta vetonopeudet ovat olleet 1.2, 1.6 ja 2.0 km/h.

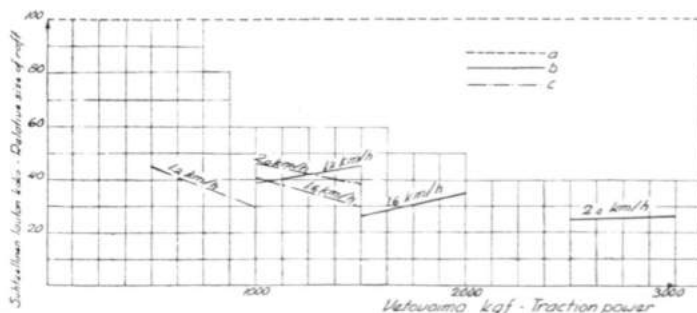
### 2. Puolipuhneiden havutukkien vertailu

Taulukko 7 ja kuva 39 esittävät eri lauttamuotoina kuljetettujen puolipuhneiden havutukkien vetonopeuksia.

500 kgf vetovoimalla *mullikkalautan nopeus* on 68...88 % nippujonon nopeudesta suhteellisen nopeuden suurentuessa, kun lautan koko kasvaa. Se onkin luonnollista, sillä mullikkalautan hitaus nippujonoon verrattuna johtunee pääasiassa suuresta muotovastuksesta lautan alku- ja loppupäässä, ja tämän muotovastuksen osuus kokonaisvastuksesta pienenee lautan koon kas-



Kuva 39. Puolipuhtaiden havutukkien suhteellisen vetonopeuden riippuvuus lautan koosta ja vetovoimasta eri tyyppisinä lauttoina kuljetettaessa. a = nippujono, b = mullikkalautta, c = kehälautta. — Photo 39. Dependence of the relative traction speed of partly-barked softwood logs on the size of raft and on traction power, when transported in rafts of different types. Types of raft: a = chain of bundles, b = bundle raft, c = boom of logs.



Kuva 40. Puolipuhtaan havutukkilaivan suhteellisen koon riippuvuus vetonopeudesta ja -voimasta eri tyyppisinä lauttoina kuljetettaessa. Vetonopeudet 1,2, 1,6 ja 2,0 km/h. a = nippujono, b = mullikkalautta, c = kehälautta. — Photo 40. Dependence of the relative size of a raft of partly-barked softwood logs on the speed and power traction when transported in rafts of different types. Traction speeds: 1.2, 1.6 and 2.0 km/h. Types of raft: same as in Photo 39.

vaassa. Vetovoiman kasvaessa mullikkalautan suhteellinen nopeus pienenee, ja eri lautan suuruuksia käyttäen saavutettavaa suhteellista nopeutta osoittavat kuvaajat lähenevät toisiaan. Suhteellisen nopeuden pienentyminen johtunee siitä, että mullikkalautassa esiintyy pienillä nopeuksilla suhteellisesti enemmän laminaarisia virtauksia kuin nippujonossa, ja läheneminen taas siitä, että näiden laminaaristen virtausten osuus kokonaisvastuksesta on kookkaassa mullikkalautassa suurempi kuin pienessä ja nopeuden ollessa pieni merkitsevämpi kuin nopeuden ollessa suuri.

500...1500 kgf välillä kehälautan suhteellinen nopeus 1000 k-m<sup>3</sup> kehälautalle on n. 80 ja 2000 k-m<sup>3</sup> kehälautalle n. 70. Lautan



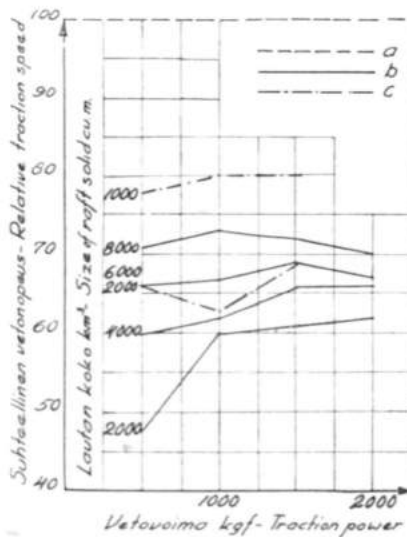
koon kasvaessa suhteellinen nopeus siis alenee. Koska suuri osa kehälautan vastuksesta koituu hankausvastuksesta, jonka suuruus yksikköä kohti ei muuttune paljon kehälautan koon kasvaessa, vastuksen väheneminen yksikköä kohti lautan koon kasvaessa on kehälautassa epäedullisempi kuin nippujonossa.

Taulukossa 8 ja kuvassa 40 vertaillaan eri lauttamuotoja kuljetettaessa samoissa olosuhteissa (eri vetovoimia käyttäen nopeuden ollessa 1.2, 1.6 ja 2.0 km/h) saavutettavia *lautan kokoja*.

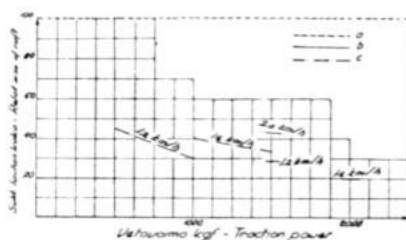
*Mullikkalautan* suhteellinen koko on sitä suurempi, mitä suurempi on vetovoima ja mitä pienempi vetonopeus (siis isompi lautta). Kehälautta suhtautuu juuri päinvastoin. Ko. tapauksissa mullikkalautan suhteellinen koko vaihtelee n. 25...45 ja kehälautan n. 30...45.

### 3. Vanerilukkien vertailu

Taulukossa 9 ja kuvassa 41 vertaillaan vaneritukkien *vetonopeuksia*, kun tavara kuljetetaan eri lauttamuotoina. Vaikeus-suhteet ovat samansuuntaiset kuin havutukeilla. *Mullikkalauttojen*



Kuva 41. Vaneritukkien suhteellisen vetonopeuden riippuvuus lautan koosta ja vetovoimasta eri tyypisinä lauttoina kuljetettaessa. a = nippujono, b = mullikkalautta, c = kehälautta. — Photo 41. Dependence of the relative traction speed of plywood logs on the size of raft and traction power when transported in rafts of different types. Types of raft: same as in Photo 39.



Kuva 42. Vaneritukkilautan suhteellisen koon riippuvuus vetonopeudesta ja -voimasta eri tyyppisinä lauttoina kuljetettaessa. Vetonopeudet 1,2, 1,6 ja 2,0 km/h. a = nippujono, b = mullikkalautta, c = kehälautta. — Photo 42. Dependence of the relative size of a raft of plywood logs on the traction speed and power when transported in rafts of different types. Traction speeds: 1.2, 1.6 and 2.0 km/h. Types of raft: same as in Photo 39.

suhteellinen nopeus ei kuitenkaan alene vetovoiman kasvaessa; pienille lautoille se näyttää päin vastoin lisääntyvän.

2 000...8 000 k-m<sup>3</sup> suuruisten mullikkalauttojen suhteellinen nopeus on 500 kgf vetovoimalla 50...70 ja 2 000 kgf vetovoimalla 60...70.

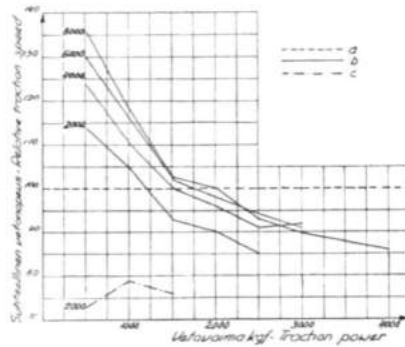
1 000...2 000 k-m<sup>3</sup> kehälautan suhteellinen nopeus on 500...1 500 kgf vetovoimavälillä 80...65, eikä selvää riippuvuutta vetovoimasta ole havaittavissa.

Taulukossa 10 ja kuvassa 42 rinnastetaan eri lauttamuotoina samoissa vetovoima- ja -nopeussuhteissa kulkevia vaneritukkimääriä. Esiintyvissä tapauksissa mullikkalautan suhteellinen koko on 20...30 ja kehälautan 30...45.

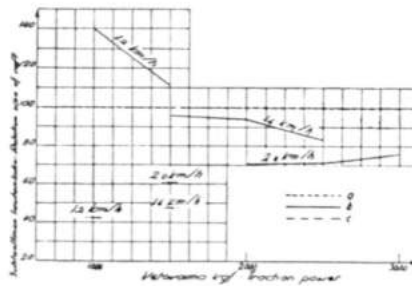
#### 4. Puolipuhneiden 2-m paperipuiden vertailu

Taulukosta 11 nähdään 500 kgf vetovoimalla 1 000 k-m<sup>3</sup> kehälautan suhteellisen nopeuden olevan 60 ja 2 000 k-m<sup>3</sup>:n 48. Kehälautan suhteellinen nopeus on siis alhainen, mikä johtuu siitä, että pienikokoiset paperipuut levittäytyvät kehälauttana laajalle alalle aiheuttaen suuren hankausvastuksen.

Taulukosta 12 havaitaan, että 500 kgf vetovoimalla ja 1,2 km/h nopeudella puolipuhkaita 2-m paperipuita saadaan siirretyksi kehälauttana vain n. 12 % nippujonona kulkevasta määrästä.



Kuva 43. Sekapaperipuiden suhteellisen vetonopeuden riippuvuus lautan koosta ja vetovoimasta eri tyypeisinä lauttoina kuljetettaessa. a = nippujono, b = mullikkalautta, c = kehälautta. — Photo 43. Dependence of the relative traction speed of mixed pulpwood on the size of raft and traction power when transported in rafts of different types. Types of raft: same as in Photo 39.



Kuva 44. Puolipuhlaan sekapaperipuulautan suhteellisen koon riippuvuus vetonopeudesta ja -voimasta eri tyypeisinä lauttoina kuljetettaessa. Veto-voimat: 1.2, 1.6 ja 2.0 km/h. a = nippujono, b = mullikkalautta, c = kehälautta. — Photo 44. Dependence of the relative size of a raft of partly-barked mixed pulpwood on traction speed and power when transported in rafts of different types. Traction speeds: 1.2, 1.6 and 2.0 km/h. Types of raft: same as in Photo 39.

### 5. Puolipuhlaiden sekapaperipuiden vertailu

Taulukossa 13 ja kuvassa 43 vertaillaan sekapaperipuiden vetonopeuksia eri lauttamuotoina kuljetettaessa. Koska sekapaperipuunippujono on erittäin hidaskulkuinen (ks. s. 76), mullikkalautan ja nippujonon nopeudet ovat lähellä toisiaan. Vasta lisäkokeiden perusteella voidaan kuitenkin sanoa varmasti, onko mullikkalautta pienillä nopeuksilla siinä määrin nippujonoa edullisempi, kuin tehty koesarja on osoittanut<sup>1)</sup>. Laminaaristen vir-

<sup>1)</sup> Ko. kokeissa nippujonon ja kehälautan puut ovat olleet syvemmässä uivissa kuin mullikkalautan puut.

tausten muuttuessa turbulenttisiksi raja on epävaka, ja on voinut sattua, että laminaarinen virtaustila on jatkunut poikkeuksellisen kauan (vastus on ollut tällöin tavallista pienempi).

Koesarjan mukaan 2 000...4 000 kgf vetovoimavälillä mullikkalautta on 0...15 % nippujonoa hitaampi. 500...1 500 kgf vetovoimalla *kehälaudan* suhteellinen nopeus taas on n. 75.

Suoritettujen harvojen kokeiden perusteella näyttäisi (taulukko 14 ja kuva 44) 1.2 km/h nopeudella 1 000...1 500 kgf voimalla vedettävän *mullikkalaudan suhteellinen* koko nousevan 140...110 tienoille. 1 500...3 000 kgf vetovoimalla 1.6 ja 2.0 km/h nopeudella se on n. 95...70. Tässäkin yhteydessä on mahdollista, että pieniä vetovoimia ja -nopeuksia käytettäessä esiintyy huomattavasti virhettä.

*Kehälaudan* suhteellinen koko kasvaa n. 40...60:een nopeuden lisääntyessä 1.2:sta 2.0:aan km/h vetovoiman ollessa 1 000...1 500 kgf.

## V. Lauttauskustannusten jaosta

Edellä eri yhteyksissä jo on viitattu kustannusten jakamiseen lauttausvaikeutta vastaavasti erilaisissa tapauksissa. Jos lauttaus tapahtuu jatkuvasti samantyyppisissä olosuhteissa, voidaan helposti valita jokaiselle puutavaralle ja lauttamuodolle näitä olosuhteita vastaava jakoperuste.

Yleensä asiantila ei kuitenkaan ole yhtä yksinkertainen, vaan lauttausta suoritetaan erilaisilla aluksilla vaihtelevan kokoisina lauttoina. Tällöin kustannusten jakosuhteet olisi määritettävä laskemalla  $k \cdot m^3 \cdot km$ -määrillä punnittu suhdelukujen (ekvivalenttilukujen) keskiarvo kullekin puutavaralle (mahdollisesti erikseen erilaisina lauttoina kuljetettaessa). Riippuu tietenkin paikallisista olosuhteista, kuinka monimutkaiseksi kustannusten jakaminen tällä tavalla tulisi ja kuinka tarkkaan kustannusten jakamiseen tarkoituksenmukaisuussyistä kannattaa mennä.

Eri puutavaroita kustannusten jakoa varten rinnastamalla olisi selvitettävä myös missä määrin tuuli muuttaa vaikeussuhteita, mutta sitä ei ole voitu selvittää tämän tutkimuksen yhteydessä, koska yksinomaan tuulen vaikutuksen selvittäminen on erittäin työläs tutkimus.

Voidaan kysyä, vastaavatko mittausten perusteella kustannusten yhteismitalliseksi tekemistä varten saatavat ekvivalenttiluvut jälkikalkyylistä syntyviä. Yleensä on vastattava kielteisesti, sillä jälkilaskelmassa vaikuttavat tuotannon laajuuden ja sen komponenttien (toimintasuhteen, työskentelyajan, työtehon jne.) vaihtelut ja hintatason muutokset. Lisäksi puutavaran hankinnan kustannuslaskennan primääriaineistossa on niin suuria virheitä, että jälkikalkyylin käyttöarvo tuotannon kontrollina on useimmiten kyseenalainen. *Erilyismittausten perusteella päästään eräänlaiseen standardilaskentaan, joka antaa oikeamman kuvan toiminnasta käyttäessään sen millapuuna »hyvän työn» aiheuttamia kustannuksia.*

## VI. Aluksen kuljetuskapasiteettiin vaikuttavia tekijöitä

### 1. Nipun koko

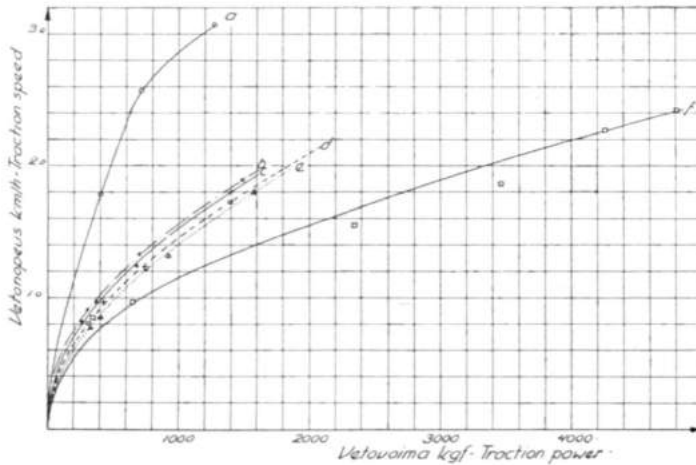
Nipun koon vaikutusta vetovastukseen ei varsinaisesti tutkittu. Kuvassa 45, joka kuvaa vaneritukkinippujonon vetonopeutta vetovoiman funktiona, on kuitenkin rinnastettavissa kahden kokoisia nippuja. Kysymykseen tulee käyrän *c* vertaaminen käyriin *d* ja *e*. Käyrä *c* edustaa 147 nipun lauttaa tilavuudeltaan  $3\,550\text{ k-m}^3$  ( $= n. 105\,500\text{ tekn. j}^3_{18'}$ ), käyrät *d* ja *e* kuvaavat 193 nipun lauttaa tilavuudeltaan  $3\,390\text{ k-m}^3$  ( $= n. 101\,200\text{ tekn. j}^3_{18'}$ ), *d*-käyrä esittää lauttaa kanavoinnin jälkeen uudelleen kokoonpantuna. Käyrää *c* vastaavien nippujen keskikoko on  $24.2\text{ k-m}^3$  (78 tukkia), käyriä *d* ja *e* vastaavien  $17.6\text{ k-m}^3$  (57 tukkia).

Jos oletetaan, että kuljettavan laivan vetovoima on  $1\,500\text{ kgf}$   $1.8\text{ km/h}$  nopeudella, saadaan seuraavat kuljetuskapasiteetit:

1) nipun koon ollessa  $24.2\text{ k-m}^3$  kapasiteetti  $= 3\,550 \cdot 1.86\text{ k-m}^3 \cdot \text{km} = 6\,600\text{ k-m}^3 \cdot \text{km}$ ,

2) nipun koon ollessa  $17.6\text{ k-m}^3$  kapasiteetti  $= 3\,390 \cdot 1.78\text{ k-m}^3 \cdot \text{km}$  (nopeus otettu keskiarvona)  $= 6\,030\text{ k-m}^3 \cdot \text{km}$ .

Suurempaa ko. nipun kokoa käyttäen saavutetaan siis  $n. 10\%$  korkeampi kapasiteetti. Jos oletetaan varsinaisen kuljetusajan olevan  $60\%$  laivan ajankäytöstä, hinaus- tai varppauskustannuksissa säästetään  $6\%$ . Tämä säästö saadaan, jos on kysymys tietyn puumäärän kuljettamisesta ilman, että lautan kokoa voidaan säätää aluksen kuljetuskykyä parhaiten vastaavaksi. Jos taas lauttojen koko kummankin kokoisia nippuja käytettäessä voidaan määrittää edullisimmaksi huomioon ottaen samojen perusteiden mukaan aluksen vetovoiman ( $1\,500\text{ kgf}$ ) (lähemmin edempänä), säästö tulee suuremmaksi, nimittäin  $30\ldots 40\%$ .



Kuva 45. Vaneritukkinippujonon vetonopeuden riippuvuus vetovoimasta.

|     |          |                                  |                    |
|-----|----------|----------------------------------|--------------------|
| a = | 24 nipp. | 12 540 tekn. j <sup>3</sup> ,18' | 2-jonoinen lautta. |
| b = | 193      | 101 184                          | 6- " "             |
| c = | 147      | 105 493                          | 8- " "             |
| d = | 193      | 101 184                          | 8- " "             |
| e = | 193      | 101 184                          | 8- " "             |
| f = | 336      | 205 000                          | 14- " "            |

Photo 45. Dependence of the traction speed of a chain of plywood log bundles on the power of traction.

|     |           |                             |             |
|-----|-----------|-----------------------------|-------------|
| a = | 24 bundl. | 12 540 techn.cu.f. (18 f.), | 2-row raft. |
| b = | 193       | 101 184                     | 6- " "      |
| c = | 147       | 105 493                     | 8- " "      |
| d = | 193       | 101 184                     | 8- " "      |
| e = | 193       | 101 184                     | 8- " "      |
| f = | 336       | 205 000                     | 14- " "     |

Suurempi säästö johtuu siitä, että lautan kokoa suurennettaessa vastus muuttuu edullisemmin kuin nopeutta lisättäessä. (Mainittakoon vielä, että suuremmilla nipuilla oli epäedullisempi kellumissuhde.)

Molemmat edellä olevat lautat olivat saman yhtiön puita ja niitä kuljetettiin samaa reittiä. Mahdollisuuksia nipun koon suurentamiseen on siis tietyissä tapauksissa. Ainakin voidaan pyrkiä tekemään kaikki niput sen maksimin kokoisiksi, jonka kanavankynnyksen tms. määrittää. Lopullisia johtopäätöksiä ei ole syytä tehdä yhden ainoan koesarjan perusteella, mutta on huomattava, että suurempia nippuja sisältävä kuorma voidaan tehdä isommaksi myös seuraavista syistä:



Kuva 46. 2-m paperipuunippuja. Suurimmat niput (7...7.5 p-m<sup>3</sup>) ovat kallistuneet. — *Photo 46. 2-metre pulpwood bundles. The biggest bundles (7...7.5 piled cu.m.) are tilted.*

1) johtuen lautan pystysuoran ulottuvuuden lisääntymisestä ja vesivälien osuuden vähenemisestä saman puumäärän sisältävä lautta saadaan lyhyemmäksi (tai kapeammaksi), josta syystä väylän kiemurtelevat mutkat ovat helpommin ohitettavissa,

2) samaa puutavaramäärää kohti laskettu tuulen vaikutus heikkenee.

Nipun koon lisääminen näyttää olevan hinauksen tai varpauksen kannalta yllättävän edullista, mistä syystä tarkempi selvitys nipun koon vaikutuksesta on paikallaan. On kuitenkin huomattava, ettei lyhyestä puutavarasta välipuita käyttämättä kannata tehdä suuria nippuja (kuva 46).

## 2. Lautan koko

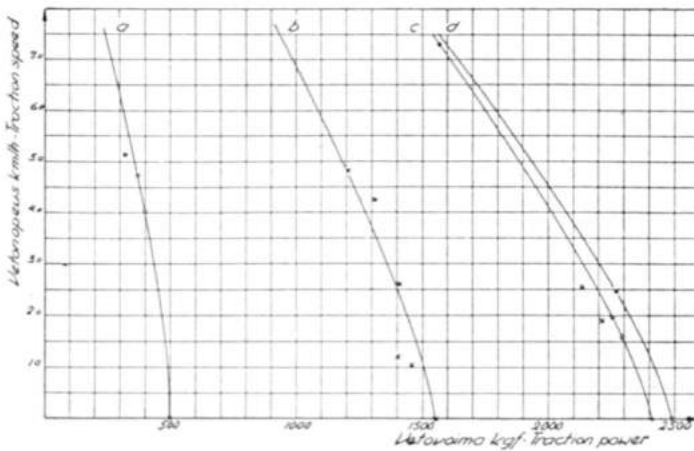
Lautan koon vaikutuksella aluksen kuljetuskapasiteettiin on hinattaessa hiukan erilainen luonne kuin varpattaessa, jolloin itse asiassa on kysymys kuljetuskapasiteetista vetovoiman funktiona.

Tutkittaessa lautan suuruuden vaikutusta *hinaajan* kuljetuskapasiteettiin yleinen tarkastelu lieene suoritettava normaaliolosuhteita silmällä pitäen. Ellei poikkeuksellisia, haittaavia tekijöitä ole ja ellei hinaaja ole ylitehokas kuljetettavaan lauttaan verrattuna, ajetaan laivan koneistoa täysin kuormittaen apuhöyryä käyttämättä. Tällöin koneiston täydellä kuormituksella hinaajan nopeus on sitä suurempi, mitä pienempi on lautan vetovastus,

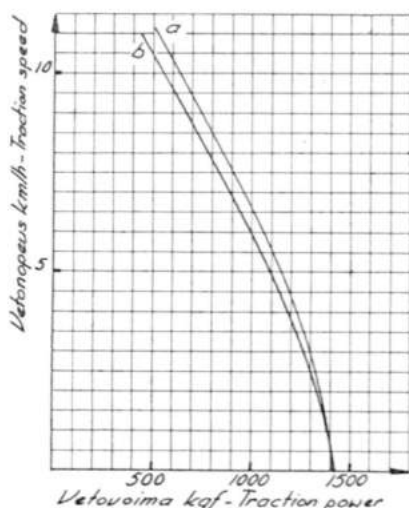


ja hinaajan vetokyky taas on hinausnopeuden funktio. Vetokyky on suurin paalukokeessa, jolloin nopeus on nolla, ja nolla ilman hinattavaa esinettä, jolloin nopeus saa maksimiarvonsa. Laivan koneiston kokonaishyötysuhde ei pysy vakiona hinausnopeuden vaihdellessa, josta syystä ei voida ratkaista yksinkertaisilla laskuilla vetovoiman riippuvuutta vetonopeudesta kuormituksen ollessa vakio.

Merkitsevää on selvittää hinaajan vetovoima sen koneistoa täysin kuormittaen vetonopeuden vaihdellessa vetovastuksen muutosten takia. Tätä varten suoritettiin pieni kokeilu muutamilla Kymin Osakeyhtiön hinaajilla. Tulokset on esitetty taulukossa 15 ja kuvassa 47. Kokeessa käytettiin hinattavana kuormana toista hinaajaa, mistä johtuu arvojen suuri hajonta, sillä kuormana oleva hinaaja on vaikeasti ohjattavissa aiheuttaen virheitä mitaustuloksiin. Tarkkoihin arvoihin pyrittäessä olisi hinattava eri kokoisia lauttoja tms. Halla VII mitattiin ainoastaan paalukokeessa, toiset ko. laivaa koskevat arvot on saatu muissa hinauskokeissa kuormituksen ollessa suunnilleen vastaava. Halla VII:n ja Halla XVII:n käyrät leikkaavat toisensa, mutta suoritettun kokeen epätarkkuuden vuoksi leikkauspistettä ei ole voitu määrittää.



Kuva 47. Hinaajan vetovoima sen koneistoa täysin kuormittaen vetonopeuden vaihdellessa vetovastuksen muutosten takia. a = Halla V, 38 HVi, b = Halla XV, 150 HVi, c = Halla VII, 218 HVi, d = Halla XVII, 198 HVi. — Photo 47. Traction power of a tug at full effect of its engine with traction speed varying because of variations in drag. Tugs: a = Halla V, 38 IHP, b = Halla XV, 150 IHP, c = Halla VII, 218 IHP, d = Halla XVII, 198 IHP.

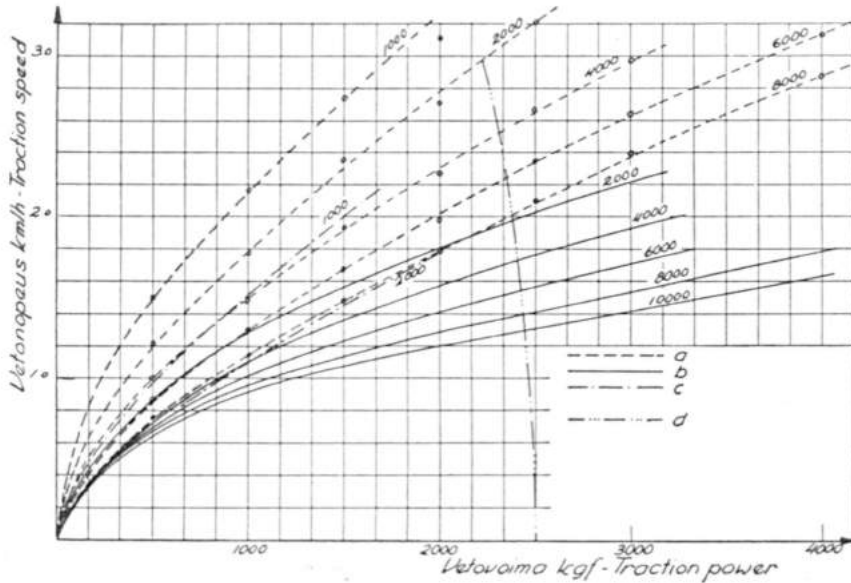


Kuva 48. Hinaajan vetovoima sen koneiston kuormituksen ollessa vakio vetonopeuden vaihdellessa. a = hinaaja varustettuna potkurilla A, b = hinaaja varustettuna potkurilla B. — Photo 48. Traction power of a tug at constant effect of its engine with traction speed varying. a = tug fitted with screw A, b = tug fitted with screw B.

Kuva 48 osoittaa tapausta, jolloin hinaaja on paalukokeessa varustettuna potkurilla A heikompi kuin varustettuna potkurilla B asianlaidan ollessa päinvastoin tavallisella hinausnopeudella. Luonnollisesti konstruktio A on hinausteknillisesti edullisempi kuin konstruktio B. Käytännössä potkurien hyvyys määritetään usein paalukokeen avulla, mutta tämä voi siis antaa hinauksen kannalta jonkin verran väärän kuvan. Kokonaisvertailussa on tietysti otettava mukaan myös edullisuussuhde ilman kuormaa ajettaessa.

Kuten edellä olevasta on käynyt ilmi, selvitettyäessä hinaajan kuljetuskapasiteetin riippuvuutta lautan koosta on otettava huomioon sekä lautan vetonopeus vetovoiman funktiona että hinaajan vetovoima vetonopeuden funktiona koneiston kuormituksen ollessa vakio (yleensä 1/1-kuormitus).

Kuva 49 esittää erilaisten havutukkilauttojen vetonopeuden riippuvuutta vetovoimasta. Lisäksi eräs käyrä osoittaa Halla XVII:n vetovoimaa koneistoa täysin kuormittaen vetonopeuden vaihdellessa. Tämän piirroksen perusteella on laskettu taulukko 16, jossa esitetään aluksen kuljetuskapasiteetin riippuvuus lautan



Kuva 49. Puolipuhdun havutukkilaivan vetonopeuden riippuvuus veto-voimasta. a = nippujono, b = mullikkalautta, c = kehälautta, d = käyrä, joka osoittaa Halla XVII:n vetovoimaa. Käyrien ohien merkityt numerot ilmoittavat laivan koon  $\text{k-m}^3$ :inä. — Photo 49. Dependence of the traction speed of a raft of partly-barked softwood logs on the traction power. a = chain of bundles, b = bundle raft, c = boom of logs, d = curve showing the traction power of tug Halla XVII. The figures on the curves indicate the size of the raft in solid cu.m.

koosta. Taulukko voitaneen sellaisenaan katsoa päteväksi *varppaajille* (kuvat 50 ja 51), joissa vetovoima voidaan yleensä pysyttää käytetyssä maksimiarvossa laivan koosta riippumatta, jos laivan lujuus sen sallii. *Hinaajien* kuljetuskapasiteetti nousee vielä 8...10 % jyrkemmin (kapasiteetin lisäyksestä laskettuna) kuin taulukon mukainen kuljetuskapasiteetin lisäys osoittaa.

Koska laivan kokoa suurentamalla tapahtuvassa kuljetuskapasiteetin kohottamisessa laivan nopeus alenee, kuljetusyksikköä ( $\text{k-m}^3 \cdot \text{km}$ ) kohti laskettu *paluuajien* määrä vähenee, mikä tietysti edistää suurten laivojen käytön kannattavuutta.

Taulukko 16 sekä kuvat 52 ja 53 osoittavat selvästi *liian pienten laivojen käytön epätaloudellisuuden*. Ylärajan laivan koolle asettaa alin nopeus, mihin voidaan mennä sääsuhteista ja väylän laadusta johtuen. Sisävesilauttauksessa tilastojen mukaan ja silmävaraisesti arvioiden nippujonoiden ja mullikkalauttojen kau-



Kuva 50. Kymin Uittoyhdistyksen höyryvarppaajat »Ukko» ja »Kolmas» Pellonpään laiturissa. Laivojen pääkone 100...110 hv i, varppauskone 37...40 hv i ja vetovoima 1/1-kuormalla 4 200...4 600 kgf. Päijänteen mullikalauttojen kuljetuksessa. — *Photo 50. The steam warping-boats owned by the Kymi River Floating Association »Ukko» and »Kolmas», at Pellonpää pier. The vessels have a main engine of 100...110 IHP, warping machine of 37...40 IHP and traction with full load of 4 200...4 600 kgf. Used for towage of bundle rafts on Lake Päijänne.*



Kuva 51. 4 200...4 800 kgf vetovoimalla varppaavan höyryaluksen teräsköysi ja perärulla. Teräsköysi on liian ohut (ø 22 mm) ja perärullan läpimitta liian pieni (ø köyden keskeltä köyden keskelle 470 mm). — *Photo 51. Wire rope and aft reel of a steam vessel warping at a traction power of 4 200...4 800 kgf. The wire rope is too thin (dia. 22 mm), and the diameter of the aft reel too small (dia. from middle of rope to middle of rope 470 mm).*

kosiirrossa tämä nopeus on 1.5...1.7 km/h, kehälauttojen kuljetuksessa se vaihtelee tavallisesti 1.0...1.8 km/h paikallisten olosuhteiden mukaan, mikä nopeuden suuruusluokka lienee asianmukaisesti valittu. Kapeilla, suojaisilla väylillä riittänee tyynellä säällä jopa 0.5 km/h nopeus. Oksalan (1947) antamista arvoista edelleen laskien suurehkojen kehälauttojen kuljetuksessa tehon reservi on varattava n. 1 km/h nopeutta vastaten. Usein *lautan lujuusominaisuudet* määrittävät nopeuden ylärajan kehälauttojen kuljetuksessa. Tämän vuoksi osa aluksen tehosta voi jäädä käyttämättä, koska esim. kaukohinaajat ovat liian voimakkaita pienten kehälauttojen siirtotehtäviin (hinaajien kokoa ks. lähemmin Eklund, 1950a).

Huomautettakoon tässä yhteydessä, että *meikäläisessä sisävesikaukohinauksessa käytetyt suurilehoiset (höyrykoneella varustetut) hinaajat ovat osoittautuneet epätaloudellisiksi, koska niillä on kuljettu liian pieniä lauttoja* (sääsuhteista ja väylän laadusta johtuen usein mahdotonta nostaa lauttojen kokoa ko. hinaajien tehoa vastaavaksi). Epätaloudellisuus johtuu siitä, että *polttoainekus-*

lannuksel esim.  $\text{k-m}^3 \cdot \text{km}$  kohti laskettuina kohoavat jyrkästi vetonopeuden kasvaessa. Tämän eliminoimiseksi olisi seuraavia mahdollisuuksia.

1) Ajetaan *pienemmällä täytöksellä* (suunnanmuuttolaitteen tulee olla rakenteeltaan sellainen, että hyötysuhde pysyy silti korkeana, esim. Klugin tai Marshallin laite).

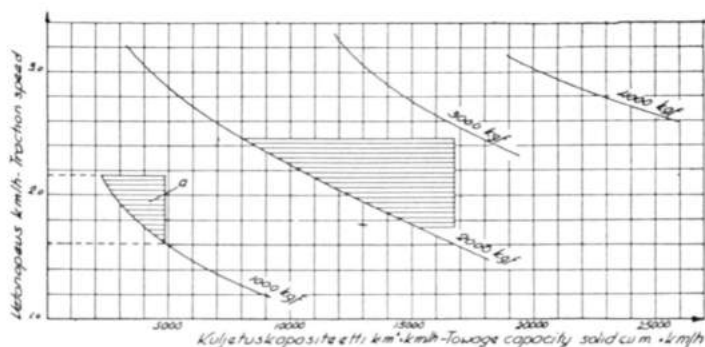
2) Valitaan *aluksen leho* mahdollisimman pieneksi. Kuitenkin on varattava riittävästi tehoa epäedullisia sääsuhteita varten. Tämä näkökohta on otettava huomioon varsinkin, jos lauttojen koko voidaan pysyttää suunnilleen vakiona.

3) Siirrytään käyttämään *halvempia polttoaineita*, ts. siirrytään *polttööljylämmitykseen tai dieselmoottorikäyttöön*. Edellinen vaihtoehto tulee halvemmaksi ainoastaan vanhoja aluksia parannettaessa, jälkimmäiseen verrattuna sillä on myös se etu, että halkotai kivihiililämmitykseen voidaan palata parin päivän muutostöiden jälkeen, jos öljyn saanti lakkaa.

4) Siirrytään *varppaukseen*, jolloin koneiston kokonaishyötysuhde paranee.

Kuvasta 52, joka esittää *aluksen* (tehollista kuljetusaikaa kohti lasketun) *kuljetuskapasiteetin riippuvuutta vetonopeudesta* lautattaessa *puolipuhlailta havutukkeja nippujonoina*, nähdään kuljetuskapasiteetin menetys liian suurina nopeuksina käytettäessä.

Esimerkki. — Jos aluksen vetovoima on 2 000 kgf ja vetonopeus 2.0 km/h, lisääntyy kuljetuskapasiteetti 36 % siirryttäessä niin



Kuva 52. Aluksen kuljetuskapasiteetin riippuvuus vetonopeudesta lautattaessa puolipuhlailta havutukkeja nippujonoina. Viivoitettu pinta a kuvaa kuljetuskapasiteetin menetystä  $> 1.6 \text{ km/h}$  nopeutta käytettäessä aluksen vetovoiman ollessa 1000 kgf. — Photo 52. Dependence of the transport capacity of a vessel on the speed of traction when partly-barked softwood logs are rafted in chain of bundles. Shaded areas a indicate the loss in transport capacity at speeds over 1.6 km/h, the traction power of the vessel being 1 000 kgf.

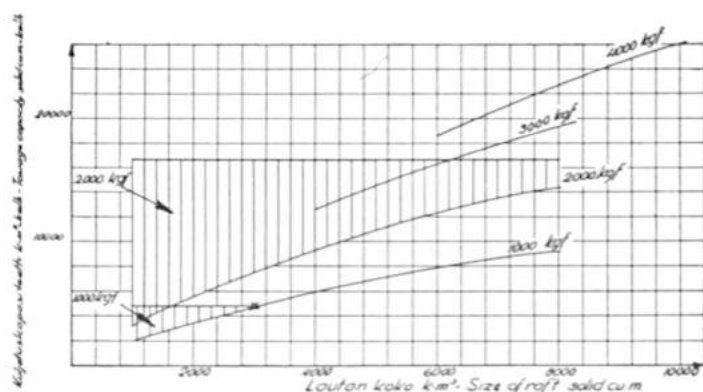
paljon suurempiin lauttoihin, että nopeus on 1.6 km/h. Jos alus on hinaaja, ero kasvaa n. 9 %,  $1.09 \cdot 36 = 39$ ; hinaajan kuljetuskapasiteetin lisäys hinausaikaa kohti laskettuna on siis 39 %. Jos oletetaan edelleen, että hinausmatka on 100 km, paluunopeus 16.7 km/h ja polttoaineen otosta yms. johtuvat seisonta-ajat 10...11 h/matka, voidaan laskea tehollisen hinausajan osuus.

|                           |                            |
|---------------------------|----------------------------|
| Tapaus I, nopeus 2.0 km/h | Tapaus II, nopeus 1.6 km/h |
| Hinaus: 50 h              | Hinaus: 62.5 h             |
| Paluu: 6 h                | Paluu: 6 h                 |
| Seisonta-ajat: 10 h       | Seisonta-ajat: 11 h        |
| Hinausaika: 76 %          | Hinausaika: 79 %           |

Pienempää nopeutta ja suurempaa lauttaa käytettäessä saadaan siis  $\frac{79}{76} \cdot 139 = 144$  % suurempaa nopeutta ja pienempää lauttaa käytettäessä saatavasta hinaustehosta.

Kuva 53 esittää aluksen kuljetuskapasiteetin riippuvuutta lautan koosta lautattaessa puolipuhlaita havulukkeja nippujonoina (tässäkin aluksen kuljetuskapasiteetti on laskettu tehollista kuljetusaikaa kohti). Piirroksesta selviää kuljetuskapasiteetin menetys liian pieniä lauttoja käytettäessä.

Esimerkki. — Väylällä kuljetetaan 400...650 nippua (n. 5 000...8 000 k-m<sup>3</sup>) sisältäviä havutukkinippujonoja, lautan koko



Kuva 53. Aluksen kuljetuskapasiteetin riippuvuus lautan koosta lautattaessa puolipuhlaita havutukkeja nippujonoina. Viivoitetut pinnat kuvaavat aluksen kuljetuskapasiteetin menetystä liian pieniä lauttoja käytettäessä (ts. nopeus  $> 1.6$  km/h) aluksen vetovoiman ollessa 1 000 ja 2 000 kgf. — Photo 53. Dependence of the transport capacity of a vessel on the size of raft when partly-barked softwood logs are rafted in chains of bundles. Shaded areas indicate the loss in the transport capacity of the vessel when too small rafts are used (at speeds over 1.6 km/h), the traction power of the vessel being 1 000 and 2 000 kgf.

on mahdollista valita tietyn suuruiseksi 650 nipun ylärajaan asti, kuljetusalusten teho on n. 180 hv i ja vetovoima n. 2 000 kgf. Mikä lautan koko on taloudellisin?

Kuvasta 53 nähdään, että 1.6 km/h nopeutta ei aliteta, vaikka lautan koko nostetaan väylän laadun tms. seikkojen määrittämään ylärajaan n. 8 000 k-m<sup>3</sup>. Aluksen aiheuttamat kustannukset tehollista hinausaikaa kohti pysyvät vakiona, mutta kuljetuskapasiteetti nousee 11 000 k-m<sup>3</sup> · km/h:sta n. 3 000 k-m<sup>3</sup> · km/h eli 27 % siihen verrattuna, että kuljetettaisiin 5 000 k-m<sup>3</sup>:n lauttoja. Kuten edellisessä esimerkissä, edullisuus vielä paranee, jos alus on hinaaja ja jos tehollisen kuljetusajan lisääntyminen otetaan huomioon.

Pari huomattavaa metsäteollisuusyhtiötämme on kokeillut erinomaisin tuloksin jo kesällä 1950 suurempien lauttojen käyttämistä kaukohinauksissa. Toisen yhtiön lauttojen keskikoon ilmoitetaan nousseen n. 20 %, vaikka suurentamisyhtymykset aloitettiin vasta keskikesällä. Kustannuksissa on saatu vastavasti merkittävä säästö.

Lisäesimerkinä esitetään vielä melko tyypillinen tapaus puolipuhdaiden 2-m paperipuiden keräyksestä.

Oletamus: laivan koneen teho on 46 hv i ja vetovoima n. 500 kgf, ajonopeus ilman kuormaa 15 km/h ja hinattavana on 800 ja 1 200 p-m<sup>3</sup> lautat; lauttojen keskinäinen etäisyys on 3 km, ja ne olisi hinattava samaan paikkaan, jonne etäisyys kummastakin lautasta on 10 km; laiva on keräyspaikassa valmiina hinaukseen, ja sää on tyyni. Jos lauttojen välimatka on näinkin suuri verrattuna hinausmatkoihin, hinataan käytännössä kumpikin lautta erikseen. Tällöin kuluu aikaa suunnilleen seuraavasti:

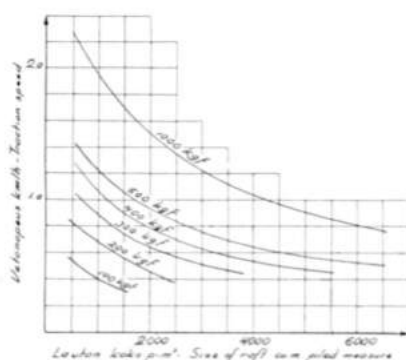
|                                                    |               |
|----------------------------------------------------|---------------|
| 10 km ajo 1 200 p-m <sup>3</sup> :n lautalle ..... | 40 min.       |
| Lautan ottaminen .....                             | 40 »          |
| Lautan hinaus (nopeus n. 1.14 km/h) .....          | 527 »         |
| Lautan kiinnittäminen .....                        | 40 »          |
| 10 km ajo 800 p-m <sup>3</sup> :n lautalle .....   | 40 »          |
| Lautan ottaminen .....                             | 40 »          |
| Lautan hinaus (nopeus n. 1.30 km/h) .....          | 462 »         |
| Lautan kiinnittäminen .....                        | 40 »          |
| Aikaa kuluu yhteensä .....                         | n. 1 230 min. |

Kuljetus on kuitenkin edullisempaa suorittaa seuraavasti:

|                                                                  |             |
|------------------------------------------------------------------|-------------|
| 10 km ajo 800 p-m <sup>3</sup> lautalle .....                    | 40 min.     |
| Lautan ottaminen .....                                           | 40 »        |
| Lautan hinaus toisen lautan luo (nopeus n.<br>1.30 km/h) .....   | 139 »       |
| Lautan ottaminen .....                                           | 50 »        |
| 2 000 p-m <sup>3</sup> lautan hinaus (nopeus n. 0.91 km/h) ..... | 659 »       |
| Lautan kiinnittäminen .....                                      | 60 »        |
| Aikaa kuluu yhteensä .....                                       | n. 990 min. |

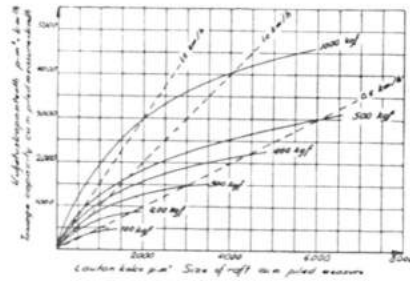
Hinaustehtävän suorittaminen vie siis aikaa n. 1 230 min. = 20 h 30 min., jos lautat hinataan erikseen, ja n. 990 min. = 16 h 30 min., jos pienempi lautta hinataan ensin suuremman luo ja sitten molemmat yhdessä keräyspaikkaan. Ajan säästö jälkimmäistä tapaa käyttäen on 4 h, ts. 20 %. Jos hevosvoimatunnin hintana käytetään 10 mk, säästö on  $4 \times 46 \times 10$  mk = 1 840 mk. On siis syytä etukäteen karkeasti laskea edullisin keräysreitti, ja varmasti kannattaa yhdistellä pyräitä useammin kuin nykyisin käytännössä tapahtuu. Pienehköjä laivoja käytettäessä voitaneen sallia tyynellä säällä kehälauttojen hinausnopeuden alentuminen lautan koon kasvamisen johdosta n. 0.5 km:iin/h ja tuulisäällä n. 1 km:iin/h (nopeus arvioituna työntä säätä vastaavaksi).

Metsätehon kokeiden ja Kunnaksen (s. 81) mukaan on laadittu kuvat 54, 55 ja 56, jotka ilmentävät puolipuhlaan 2-m paperi-

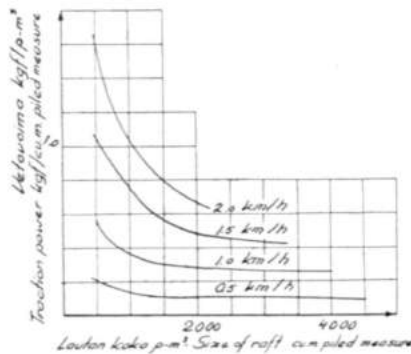


Kuva 54. Puolipuhlaan 2-m paperipuukehälautan vetonopeuden riippuvuus vetovoimasta. — Photo 54. Dependence of the traction speed of a boom of logs of partly-barked 2-metre pulpwood on traction power.





Kuva 55. Aluksen kuljetuskapasiteetin riippuvuus lautan koosta puoli-  
puhtaana 2-m paperipuun kuljetuksessa kehälauttoina. — Photo 55.  
Dependence of the transport capacity of a vessel on the size of raft when partly-  
barked 2-metre pulpwood is transported in booms of logs.

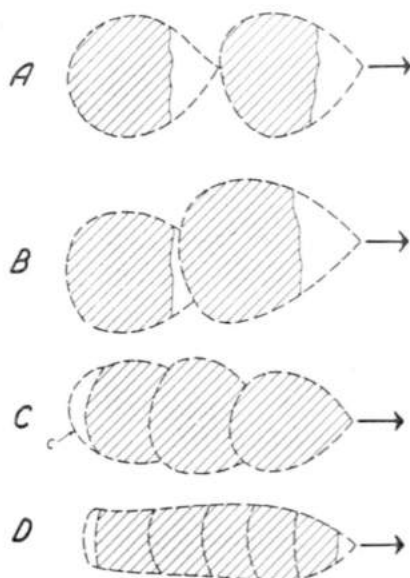


Kuva 56. Vetovoiman tarpeen riippuvuus lautan koosta puolipuh-  
taan 2-m paperipuun kuljetuksessa kehälauttoina. — Photo 56. Dependence  
of traction power requirements on the size of raft in the transport of partly-  
barked 2-metre pulpwood in booms of logs.

puukehälautan vetovastussuhteita. Kuvasta 54, joka kuvaa veto-  
nopeutta lautan koon funktiona, on otettu nopeusarvot edel-  
liseen esimerkkiin. Kuva 55 esittää kuljetuskapasiteettia lautan  
koon funktiona eri vetovoimia käyttäen. Ko. käyriä on leikattu  
0.5, 1.0 ja 1.5 km/h nopeusviivoilla. Kuvaajien leikkauspisteistä  
nähdään tietyn tehoisen aluksen kuljetuskapasiteetti ja vastaava  
lautan koko. Kuvan 56 mukaan voidaan laskea tarvittava  
vetovoima (määrittää keräysaluksen suuruus), kun tunnetaan  
kuljetettavien lauttojen koko ja arvioidaan sopivin vetonopeus.

### 3. Lautan muoto

On todennäköistä, että *virtaviivaprofiilia* käyttämällä (esim.  
H-lautta, Helle, 1934) voidaan tietyissä tapauksissa saavuttaa



Kuva 57. Kehälauttojen kaavioita. — Photo 57. Different shapes of booms of logs.

huomattavia säästöjä. Väylän laatu voi asettaa rajoituksia virtaviivamuotoisen lautan kuljettamiselle, sillä sellainenhan tulee saman puumäärän sisältävänä pitemmäksi kuin maksimileveydeltään yhtäläinen, tasaleveä lautta. Koska kuitenkin syystä tai toisesta samalla reitillä kuljetetaan eri kokoisia lauttoja, olisi kokeilematta selvää, että ainakin pienet lautat voidaan tehdä virtaviivaisiksi väylän asettamatta esteitä. Suurten lauttojen suhteen on huomattava, että virtaviivaisen lautan loppupää on kapea ja taipuisa, eikä rantaan ajautumisen vaara ole yhtä suuri kuin samanpituisen tasalevyisen lautan.

Kuvasta 57 huomataan, että kehälautan muoto B on virtaviivaisempi kuin muoto A. Ruotsissa on käytetty muotoa D kapeilla ja mutkaisilla väylillä (Nylen). Se on myös vastukseltaan tavallista kehälauttaa edullisempi.

Metsätehon kokeiden yhteydessä sattui tilaisuus kokeilla samojen nippujen kuljetusta 6- ja 8-jonoisena lauttana. Lauttaan kuului 193 vaneritukkinippua = 3 390 k-m<sup>3</sup>. Vetovoiman ollessa n. 1 500 kgf 6-jonoisen lautan nopeus oli n. 1.90 km/h ja 8-jonoisen n. 1.78 km/h, joten 6-jonoinen lautta kulki n. 7 % nopeammin. Tietyissä tapauksissa on siis kannattavaa siirtyä nykyisin tavalli-

simmasta, 8-jonoisesta lautasta 6- tai 4-jonoiseen, yleensä sitä kannattavampaa, mitä pienempiä lautat ovat. Eräs yhtiö käytti jopa 14-jonoisia lauttoja, mutta sellaisista pitäisi luopua.

#### 4. Hinausköyden pituus

Seuraavassa tarkastellaan hinausköyden pituuden vaikutusta aluksen kuljetuskapasiteettiin (oikeastaan vain vetonopeuteen) nippujonon ja kehälautan hinauksessa kahden koesarjan perusteella.

Koesarja 1.

Lauttamuoto: nippujono.

Puutavara: »kymiläinen» sekapaperipuu.

Lautan koko: 486 nippua, n. 9 200 p-m<sup>3</sup>, n. 6 300 k-m<sup>3</sup>. Lautassa rinnakkain 8 nippua.

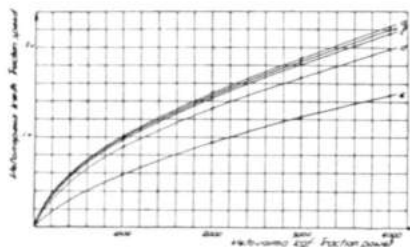
Nippujen kellumissuhde: n. 25 % läpimitasta.

Alus: H/H Ruotsalainen.

Kuvassa 58 esitetään hinausköyden pituuden vaikutus »kymiläisen» sekapaperipuunippujonon vetonopeuteen. Diagramma osoittaa vetonopeutta vetovoiman funktiona viidellä, 50 m eroin olevalla hinausköyden pituudella 50...250 m välillä.

Taulukkoon 18 on otettu vetonopeus eri vetovoimilla ja hinausköyden pituuksilla ja laskettu kutakin vetovoimaa vastaavien hinausnopeuksien suhdeluvut.

Edellä olevan taulukon nojalla voidaan tehdä karkeita johtopäätöksiä käytäntöä varten. (On huomattava, että taulukko 18



Kuva 58. Hinausköyden pituuden vaikutus »kymiläisen» sekapaperipuunippujonon vetonopeuteen. Lautan koko n. 9 700 p-m<sup>3</sup>. Alus H/H Ruotsalainen, 280 HVi, tunneli. Hinausköyden pituus: a = 250 m, b = 200 m, c = 150 m, d = 100 m, e = 50 m. — Photo 58. Effect of the length of towing rope on the traction speed of a chain of bundles of mixed pulpwood, type »Kymi». Size of raft approx. 9 700 cu.m. piled measure. Vessel steam tug Ruotsalainen, 280 IHP, tunnel. Length of towing rope: a = 250 m, b = 200 m, c = 150 m, d = 100 m, e = 50 m.

koskee vain H/H Ruotsalaista.) Suurille hinaajille riittää 250 m ja pienille 200 m hinausköysi. Taulukon mukaan köyden lyhentäminen tilapäisesti 150 m:iin ei ole kovin haitallista, mutta sen lyhentäminen 100 m:iin tuntuu nopeudessa jo yli 10 % ja sen lyhentäminen 50 m:iin alentaa nopeuden alle  $2/3$ :n täyspitkää köyttä käyttäen saavutettavasta nopeudesta. Eri laivoja ja erilaisia nippujonoja koskevat nopeuden muutokset ovat tietenkin jonkin verran erilaisia.

Mutkaisilla ja kapeilla väylillä hinausköyttä on pakko lyhentää. On vain pidettävä huoli siitä, ettei sitä lyhennetä tarpeettoman paljon, sillä köyden pienillä pituuksilla sen vähäinenkin lyhentäminen vaikuttaa tuntuvasti nopeuteen. Vielä enemmän laivan päälliköt rikkovat sitä sääntöä vastaan, ettei pidä ajaa liian kauan köysi lyhennettynä. Keskimääräiseen toimintaan verraten voidaan oikeastaan katsoa hyväksi mieheksi sellainen, joka 5 km ajoa varten jatkaa 70 m köyden täyspitkäksi, vaikka tällöin tavallisen suuruisella laivalla hinattaessa jatkamiseen kuluvan ajan huomioon ottaen voitetaan aikaa 20...30 % eli n. 40 min. Jos lasketaan laivatunnin hinnaksi 1 500 mk, tappio on n. 1 000 mk eli »kipparin» päiväpalkka.

Koesarja 2.

Lauttamuoto: kehälautta.

Puutavara: vaneritukit.

Lautan koko: 1 780 k-m<sup>3</sup>.

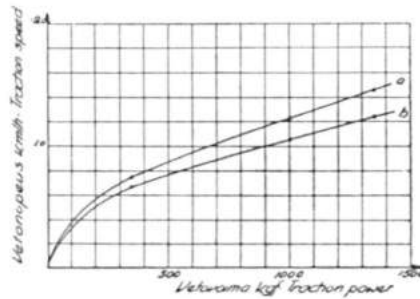
Puiden kellumissuhde: 25 % läpimitasta.

Alus: H/H Onkilahti.

Seuraavassa taulukossa esitetään hinausköyden (120...35 m) lyhentämisen aiheuttama nopeuden aleneminen ottamatta huomioon tuulen vaikutusta.

Koesarjaa 2 suoritettaessa ei ole ollut, kuten aikaisemmin esitetyn koesarjan 1 yhteydessä, mahdollisuutta lukuisien arvojen saamiseen mm. siitä syystä, että H/H Onkilahden hinausköyden kokonaispituus on ollut vain 120 m. Koska nämä koesarjat on tehty eri laivoilla, ne eivät ole muutenkaan täysin rinnastettavissa sen selvittämiseksi, missä määrässä hinausköyden pituuden vaikutus aluksen kuljetuskapasiteettiin nippujonoa hinattaessa eroaa ko. vaikutuksesta kehälauttaa hinattaessa.

Näyttää siltä, että hinausköyden lyhentäminen alentaa vähemmän



Kuva 59. Hinausköyden pituuden vaikutus vaneritukkikehälautan veto-  
vastukseen. Hinaajan koneen teho 110 HVi. Hinausköyden pituus: a =  
120 m, b = 35 m. — *Photo 59. Effect of the length of tow rope on the drag*  
*of a boom of plywood logs. Engine output of tug 110 IHP. Length of tow*  
*rope: a = 120 m, b = 35 m.*

kehälautan kuin nippujonon nopeutta. Koska potkurivirran<sup>1)</sup> aiheuttama vastus syntyy valtaosaltaan lautan etupäässä ja koska lautan etuosassa koituva (muoto-)vastus käsittää yleensä pienemmän osan kehälautan kuin nippujonon kokonaisvastuksesta, mainitun suuntainen kehälautan ja nippujonon suhtautumisen eroavuus lienee johdonmukainen.

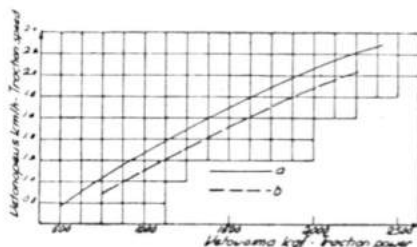
### 5. Lautan eteen sijoitettu aura

Kaukaan Tehdas Osakeyhtiö suoritti muutamia kokeita tutkiakseen mahdollisuuksia vetovastuksen alentamiseen lautan eteen sijoitettavan auran avulla. Tutkimus sai alkusysäyksensä Helteen suorittamista pienoismallikokeista (*Helle* 1927, 1933, 1934).

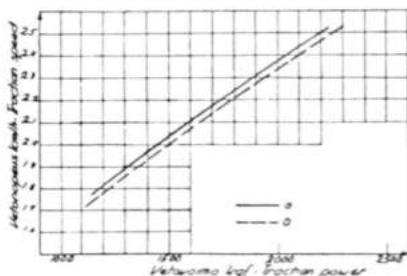
Auran muodostivat keskeltä nivelellä varustettujen ohjetukkien väliin kiinnitetyt vanerilevyt. Nivelen avulla karkikolmion kanta saatiin suunnilleen lautan levyiseksi. Auran vaikutusta esittävät kuvat 60–62.

Koe 1. Lautassa oli 573.5 kaksoisnippua ( $\approx 16 \text{ p-m}^3$ ) puolipuhaita 2-m paperipuita ja 25 nippua = 1 538 kpl puolipuhaita havutukkeja, ja auran korkeus oli 2.0 m. Koetulokset näkyvät kuvassa 60. Auran vaikutus oli epäedullinen, mikä johtunee

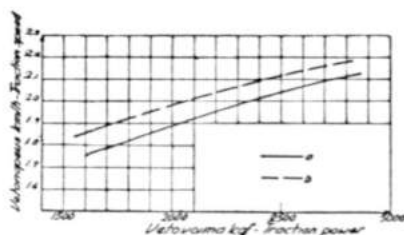
<sup>1)</sup> Koska potkurivirta nousee hydraulisen paineen johdosta pintaan, voi sattua, että potkurivirtaa kovin syväälle ohjattaessa se kohoaakin pintaan vasta lautan etureunan jälkeen.



Kuva 60. Auran vaikutus lautan vetovastukseen, koe 1. Lautassa kokeen aikana 573.5 kaksoisnippua 2-m paperipuita, 25 nippua havutukkeja. Auran korkeus 2.0 m. a = ilman auraa, b = auran kanssa. — Photo 60. Effect of plough on raft drag, Experiment 1. Raft contained 573.5 double bundles of 2-metre pulpwood, 25 bundles of softwood logs during the experiment. Height of plough 2.0 m. a = without plough, b = with plough.



Kuva 61. Auran vaikutus lautan vetovastukseen, koe 2. Lautassa kokeen aikana 329 kaksoisnippua 2-m paperipuita, 16 060 kpl havutukkeja. Auran korkeus 1.64 m. a = ilman auraa, b = auran kanssa. — Photo 61. Effect of plough on raft drag, Experiment 2. Raft contained 329 double bundles of 2-metre pulpwood, 16 060 softwood logs during the experiment. Height of plough 1.64 m. a = without plough, b = with plough.



Kuva 62. Auran vaikutus lautan vetovastukseen, koe 3. Lautassa kokeen aikana 344 kaksoisnippua 4-m paperipuita, 134 kaksoisnippua 2.5-m paperipuita. Auran korkeus 1.14 m. a = ilman auraa, b = auran kanssa. Suoritettaessa koetta auralla varustettuna vaikutti hinaukseen hidastavasti voimakas sivuaallokko. — Photo 62. Effect of plough on raft drag, Experiment 3. The raft contained 344 double bundles of 4-metre pulpwood, 134 double bundles of 2.5-metre pulpwood during the experiment. Height of plough 1.14 m. a = without plough, b = with plough. In carrying out the experiment with a plough, the towage was adversely effected by big waves from one side.

siitä, että aura ui huomattavasti syvemmällä kuin paperipuuniput ja suurensi sen vuoksi muotovastusta.

Koe 2. Lautassa oli 329 kaksoisnippua ( $\dot{a}$  16 p-m<sup>3</sup>) puolipuhaita paperipuita, 16 060 kpl puolipuhaita havutukkeja, ja auran korkeus oli 1.64 m. Kuvasta 61 huomataan *velonopeuden kasvaneen* n. 10 % lautan ollessa auralla varustettu. Huomioon ottaen auran teko- ja korjauskustannukset, auran vaatima käsittely ja paluuseen kuluva ajan lisääntyminen, n. 50 %, ei auran käyttäminen liene kannattavaa, jos saavutetaan 10 % korkeampi hinausnopeus; asian laita on edullisempi, milloin voidaan käyttää vastaavasti suurempia lauttoja ja pitää hinausnopeus samana. Edelliseen kokeeseen verrattuna aikaan saatu parannus lienee saavutettu auran mataloittamisella.

Koe 3. Lautassa oli 344 nippua ( $\dot{a}$  16 p-m<sup>3</sup>) puolipuhaita 4-m paperipuita ja 134 kaksoisnippua ( $\dot{a}$  20 p-m<sup>3</sup>) puolipuhaita 2.5-m paperipuita, ja auran korkeus oli 1.14 m. Lautan ollessa auralla varustettuna nopeus oli hiukan pienempi kuin auratta (kuva 62), mikä johtunee auraa käytettäessä vallinneesta sivuaallokosta. On myös huomattava, että muotovastuksen osuus on paperipuulautan kokonaisvastuksesta pienempi kuin vastaavan tukkilautan kokonaisvastuksesta, jonka vuoksi auran käyttäminen lienee yleensä edullisinta tukkinippujen edessä.

Yhteenvetona auraa koskevista kokeista voidaan sanoa, että tätä tietä *ei ole odotelevissa ainakaan suuria parannuksia*.

## VII. Tuulen vaikutuksesta lauttaukseen

Tuulen vaikutuksesta uittoon on Ruotsissa tehty laaja tutkimus (*Forsblad*), joka selvittelee tuulen vaikutuksen perusteita, analysoi eri tekijöitä antaen arvokkaita tietoja tutkimustyölle, muttei juuri käsittele probleemoita käytännöllisen uittotoiminnan kannalta.

Tutkimuksessa todetaan, että tuuli vaikuttaa paitsi suoranaisesti ja aaltoliikkeen välityksellä puihin, myös pintavirran nopeuteen ja vedenpinnan kaltevuuteen.

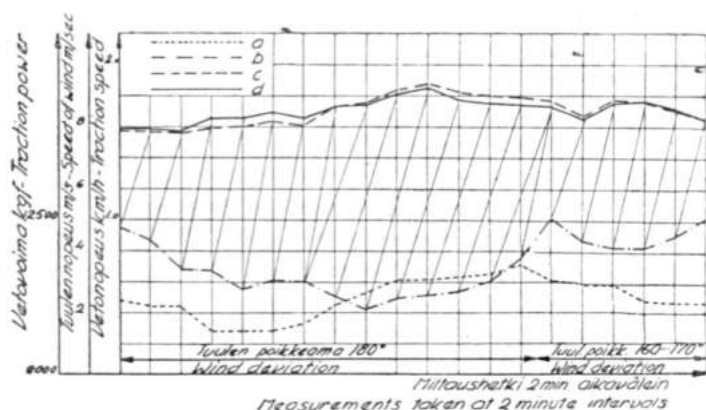
Tuulen ja virran voimaa koetetaan laskea tietyistä kaavoista lähtien. Tämä voi käydä päinsä yksityisten tukkien suhteen, mutta lauttoihin sovellettuna tulee kovin ylimalkaiseksi. Esimerkiksi tuulen vaikutuksen erilainen voimakkuus eri puutavara-lajeihin on tuskin selvitettävissä tätä tietä. Aallonvoiman suuruuden on havaittu riippuvan pääasiallisesti aaltojen pituudesta ja korkeudesta sekä uivan esineen muodosta, syväkulkaisuudesta ja syvyysheilahdusten heilahdusluvusta.

Kuten esitetyistä viitteistä ilmenee, edellä mainitun tapainen tutkimusmenetelmä analyysistä synteisiin on hankala ja tulokset vaikeasti sovellettavissa. Jos meillä otetaan tuulen vaikutus tutkittavaksi, lienee syytä lähteä päinvastaista tietä. Suorittamalla mittauksia erilaisissa käytännön olosuhteissa asiantila voidaan todeta luotettavasti tietyissä olosuhteissa ja arvioida likimain poikkeavien tekijöiden vallitessa.

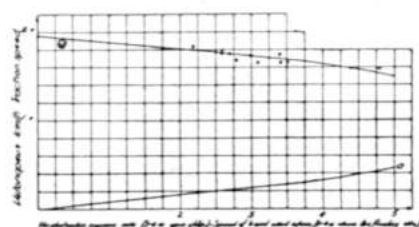
Tuulen vaikutuksen selvittäminen ei ole vielä kuulunut Metsätehon lauttaustutkimusohjelmaan, mutta otollisen tilaisuuden sattuessa on tehty pari alustavaa mittausta.

Kuvissa 63 ja 64 esitetään *tuulen vaikutus puolipuhlaan 2-m paperipuunippujonon velonopeuteen*. Ko. lautta oli 8-jonoinen ja sisälsi 573.5 kaksoisnippua ( $\approx 16$  p-m<sup>3</sup>) paperipuita, jonka ohessa oli 25 nippua (1 538 kpl) puolipuhkaita havutukkeja. Veto-





Kuva 63. Tuulen vaikutus 2-m paperipuunippujonon vetonopeuteen ja vetovoiman tarpeeseen. Lautta 8-jonoinen sisältäen 573.5 kaksoisnippua (à 16 p-m<sup>3</sup>) paperipuita, 25 nippua (1 538) havutukkeja. a = vetovoima (H/H Hurma), b = tuulen nopeus 3...4 m vp:n yläpuol., c = vetonopeus, d = vetonopeus korjattuna 2 250 kgf vetovoimaa vastaavaksi. — Photo 63. Effect of wind on the traction speed and traction power requirements of a chain of bundles of 2-metre pulpwood. An 8-row raft containing 573.5 double bundles (16 cu.m. piled measure each) of pulpwood and 25 bundles (1 538) softwood logs. a = traction power (steam tug Hurma), b = speed of wind 3...4 m above floating site, c = traction speed, d = traction speed corrected to a traction power of 2 250 kgf.



Kuva 64. Tuulen vaikutus 2-m paperipuunippujonon vetonopeuteen. Lautta 8-jonoinen sisältäen 573.5 kaksoisnippua (à 16 p-m<sup>3</sup>) paperipuita, 25 nippua (1 538) havutukkeja. Hinaajan vetovoima 2 250 kgf. a = tuulen aiheuttama vetonopeuden aleneminen. — Photo 64. Effect of wind on the traction speed of a chain of bundles of 2-metre pulpwood. An 8-row raft containing 573.5 double bundles (16 cu.m. piled measure each) of pulpwood, 25 bundles (1 538) softwood logs. Traction power of tug 2 250 kgf. a = reduction in traction speed due to wind.

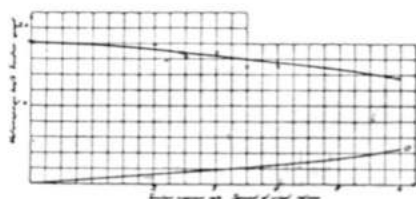
voima, hinausnopeus ja tuulennopeus mitattiin samanaikaisesti 2 min. väliajoin. Tuulen nopeus mitattiin laivan kannelta käsin 3...4 m korkeudelta vedenpinnan yläpuolella. Mittauskorkeuden vaihtelusta tuulen nopeusarvoihin koituva vaihtelu lienee 3 %

(esim. Forsbladin mukaan arvioiden). Koska mittaukset suoritettiin laivalla tuulen ollessa vastainen, tuulen vaikutus lauttaan esiintyy hidastuneena. Kuvassa 63 on yhdistetty vinosti vasemmalta alhaalta oikealle ylös nousevilla viivoilla suunnilleen toisiaan vastaavia tuulen nopeuden ja hinausnopeuden pisteitä. Tämä huomioon ottaen on laadittu kuva 64, joka osoittaa vetonopeutta vastatuulen nopeuden funktiona. Tyynellä säällä ko. lautan nopeus on n. 1.96 km/h vetovoiman ollessa 2 250 kgf (eri mittausten mukaan), mutta 5 m/s vastaluussa nopeus on vain n. 1.50 km/h. Yleensä pyritään välttämään hinausta nippujonoina yli 5 m/s vastaluussa.

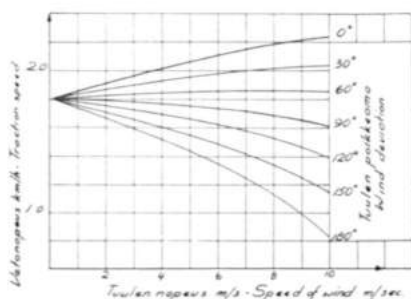
Koska tuulen yllättäessä joudutaan poikkeuksellisesti selviytymään voimakkaammassakin tuulessa kuin 5 m/s, olisi luoteltavien tilastojen perusteella selvittävä ao. lauttaolosuhteissa esiintyvä maksimiluuli esim. kuukausittain ja mitallava sen vaikutus kuljelettaviin lauttoihin sekä tästä edelleen lähtien laskettava tarvittavat energianresurssit ja alusten teho.

Metsätieteellinen tutkimuslaitos on antanut Metsätehon käytettäväksi Vuoriston ennen sotaa alulle paneman laajan hinaustutkimuksen aineiston, joka on jäänyt käsittelemättä. Tästä aineistosta poimittujen arvojen perusteella on laadittu kuvat 65 ja 66, jotka esittävät tuulen vaikutusta tukki- ja »kolkalaisen» sekamullikkalautan vetonopeuteen. Piirroksat ovat kuitenkin melko epäluotettavat, sillä todennäköisesti tuulen nopeus- ja varppausnopeusarvot eivät vastaa toisiaan (pisteiden hajonnasta päätellen), eikä tuulen nopeuden mittauskorkeuteen liene kiinnitetty huomiota.

Piirrosten mukaan näyttäisi ko. lauttojen nopeus muuttuvan



Kuva 65. Tuulen vaikutus tukkimullikkalautan vetonopeuteen. Lautan koko: 4 mullikkaa, 538 nippua. Alus H/V Ukko. Vetovoima n. 4 300 kgf. a = tuulen aiheuttama vetonopeuden aleneminen. — Photo 65. Effect of wind on the traction speed of a bundle raft of logs. Size of raft: 4 groups of bundles, 538 bundles. Vessel s/v Ukko. Traction speed approx. 4 300 kgf. a = reduction in traction speed due to wind.



Kuva 66. Tuulen vaikutus «kotkalaisen» tukkipaperipuu-mullikkalautan vetonopeuteen. Lautan koko: 3 mullikkaa, 750 nippua. Alus H/V Ukko. Vetovoima n. 4 300 kgf. — Photo 66. Effect of wind on the traction speed of a bundle raft of logs and pulpwood, type «Kolka». Size of raft: 3 groups of bundles, 750 bundles. Vessel s/v Ukko. Traction power approx. 4 300 kgf.

vastatuulen vaikutuksesta *jokseenkin samalla lailla*. Jälkimmäistä lauttaa varten on piirretty myös käyräparvi, joka osoittaa suurin piirtein tuulen suunnan ja varppaussuunnan välisen poikkeaman vaikutusta. Myötätuuli edistää lauttaa vähemmän kuin yhtä voimakas vastatuuli hidastaa, mikä johtuu siitä, että vetovastus kasvaa lähimain nopeuden neliöön verrannollisena. Kuvasta 66 havaitaan 750 nipun mullikkalautan varppauksessa yli 4 000 kgf vetovoiman olevan tarpeen, jos joudutaan pelastamaan näin suuri mullikkalautta suojaan 10 m/s tuulesta, mikä, kuten tässä tapauksessa, voi sattua Päijänteen kokoisella järvellä. Varppaajan suunta ei aina ole muutettavissa esim. lautan saaren suojaan vetämistä varten, ja ellei varppaajan kone ole riittävästi ylimitoitettu (tai mahdollisuus suuren voiman saantiin järjestetty vaihteiden avulla), varppaajan kone voi pysähtyä kovassa vastatuulessa.

## VIII. Lauttauksen kehittämismahdollisuuksista

Lauttauksen kehittämismahdollisuuksia tarkasteltaessa luodaan lyhyt silmäys jo edellä mainittuihin näkökohtiin, muita seikkoja tuodaan esiin ainoastaan, jos ne liittyvät läheisesti tähän tutkimukseen.

1. *Lauttamuodon* valintaa varten olisi selvitettävä varsinaisten lautan kuljetuskustannusten lisäksi niputus- sekä lautan teko- ja purkamiskustannukset. Koska viimeksi mainitut tunnetaan usein ainakin likimäärin, päästään tätä tutkimusta apuna käyttäen suurin piirtein ratkaisemaan ko. olosuhteisiin sopivin lauttamuoto. On muistettava, että valinnan ei tarvitse olla sama kaikille puutavaroille, esim. 2-m puolipuhtaan paperipuun kehälauttatus on erittäin hankalaa nippujonokuljetukseen verrattuna.

2. *Nipun kokoa* suurentamalla näyttää olevan huomattavia mahdollisuuksia aluksen kuljetuskapasiteetin kohottamiseen. On pyrittävä standardisoimaan nipun koko maksimin suuruiseksi.

3. *Isompia lauttoja* käyttämällä saadaan usein *kustannukset alenemaan yllättävän paljon*. Vetonopeuden kasvaessa *polttoainekustannukset* nousevat jyrkästi, niiden alentamiseen voidaan päästä myös käyttämällä pienempää höyrykonetta tai täytöstä sekä siirtymällä polttoöljylämmitykseen, dieselmoottorikäyttöön tai varppaukseen.

4. Lauttausta varten on saatava *ennakkosuunnitelma*, on syytä harkita mahdollisuuksia siirtymiseksi keskitettyyn työsuunnitteluun.

5. Lautan vetovastusta voidaan usein alentaa *profiloimalla tai kavenlamalla* lauttaa.

6. *Hinausköyden* pituuden tulee olla riittävä. Jos köyttä on pakko lyhentää väylän tai sään takia, se on jatkettava jälleen täyteen mittaansa niin pian kuin mahdollista.

7. Jos (vaihtelevan pituisesta puutavarasta sidottavien) nippujen toinen pää tehdään tasaiseksi, nippujonon kahden peräkkäisen nipun *tasaiset päät on pantava vastakkain*, sillä lautta saadaan siten hieman lyhyemmäksi.

8. Kuljetettaessa samassa lautassa erilaisia nippuja *sileäpinlaiset nipul on sijoitettava laulan sivuille*, jos tämä voi tapahtua ilman lisätyötä ja nippujen pituuden vaihtelun aiheuttamaa hankaluutta.

9. Jos kehälauttojen siirrossa on riittävä reservi vetopuomeja, joita hinataan takaisin paluumatkalla, *»tyhjät puomit» on palautettava suurissa erissä*, koska aluksen nopeus hidastuu oleellisesti jo yhden puomijonon kuljettamisesta.

10. Vaikka ns. *suoraa varppausla* (esim. *»tynnyrivarppaus»*) ei voitaisikaan soveltaa aina, on syytä harkita sen käyttämistä tyynellä säällä ja suoralla väylällä.

11. On lisättävä alusten tehollisten työtuntien määrää käyttämällä aluksia mahdollisuuksien mukaan *vieritykseen ja nipelukseen* varsinkin rantakeräysten yhteydessä.

## IX. Loppusanat

Tämä tutkimus on suoritettu pääosaltaan välittömästi käytännössä tapahtuvan lauttaustoiminnan yhteydessä, josta syystä se ei täytä rakenteellisessa mielessä kaikkia tieteelliselle työlle asetettavia vaatimuksia, mutta kenttätöiden suhteellisen lyhyt aika on pyritty käyttämään mahdollisimman tehokkaasti silmällä pitäen tutkimuksen kohteiden taloudellista merkitystä.

Tutkimustulokset ovat poikenneet monessa kohdin yllättävässä määrin vallitsevista käsityksistä ja arveluista. Sekä eri puutavaralajien ja lauttamuotojen lauttausvaikeussuhteet että kustannusten jakoperusteet ovat osoittautuneet toisen luonteisiksi ja monitahoisemmiksi probleemoiksi kuin näihin asioihin systemaattisesti syventymättä on oletettu, mikä toisaalta kysymysten monimutkaisuuden vuoksi onkin luonnollista. Lauttaustapojen valinta ja lauttauskustannusten jakoperusteet joutunevatkin uudelleen arvioitaviksi. Vaikka aluksen kuljetuskapasiteetin taloudellisinta hyväksi käyttämistä ei olekaan selvitetty kaikissa suhteissa, on siinäkin tullut esiin joukko näkökohtia, jotka ansaitsevat huomiota.

Kuten edellä eri yhteyksissä on painotettu, lauttojen vetovastuksen syntyminen on niin monivivahteista, että eksakteja tuloksia on käytännössä mahdotonta saavuttaa. Vaikka tietyissä tapauksissa tulokset ovat tarkempia, täytynee varautua ainakin 5...10 % virhemahdollisuuteen, mutta kokeiden lukumäärää lisäämällä päästäneen alle 5 % virherajan.

## LÄHDELUETTELO

- Appelqvist, J. Ax.* 1928 a. Transportbolagets bogseringar av sågtimmer och massaved under seglationen 1925. Svenska Flottledsförbundets årsbok 2, ss. 1434...1435.
- » 1928 b. Havsflottning. Svenska Flottledsförbundets årsbok 2, ss. 1533...1536.
- Blumenthal, Oskar.* 1929. Motorvarpbåtens användning i flottningens tjänst. Svenska Flottledsförbundets årsbok 2, ss. 1522...1532.
- Eklund, Risto.* 1950 a. Hinaajan taloudellinen koko sisävesilauttauksessa. Metsätehon tiedoituksia n:o 46.
- » 1950 b. Lauttausaluksen kuljetuskapasiteettiin vaikuttavia seikkoja. Esitelmä Metsätehon luentopäivillä 29. 11. 1950.
- » 1950 c. Pääpiirteitä lauttausvaikeussuhteista. Metsätehon tiedoituksia n:o 47.
- Forssblad, Lars.* 1947. Vindens inverkan på timmerflottning. Svenska Flottledsförbundets årsbok 21, ss. 4315...4327.
- Helle, E. J.* 1927. Tutkimuksia hitaasti kulkevien tukkilauttojen hinaustehon parantamiseksi. Teknillinen Aikakauslehti, ss. 337...361.
- » 1933. Untersuchungen zur Verkleinerung des Schleppwiderstandes langsam fahrender Flösse. Helsinki.
- » 1934. Uusia tutkimuksia nippulauttahinauksissa. Suomen Uittajainyhdistyksen r.y. vuosikirja III, ss. 42...52.
- Hellström, Bo.* 1945. Kompendium i vattenbyggnad vid Kungl. Tekniska Högskolan. Del I Hydraulik. Stockholm.
- Hülte, Des Ingenieurs Taschenbuch I,* 1941. 27. Auflage, Berlin.
- Koivupölkkyjen kuutiohuhdetaulukkoja.* Metsätehon julkaisuja n:o 4 a. 1947.
- Kunnas, A.* 1934. Järvilauttauksesta Oulujoen Vesistön Uittoyhdistyksen toimialueella. Suomen Uittajainyhdistyksen r.y. vuosikirja III, ss. 72...86.
- Lundén, Bo.* 1948. Oljeeldning av ångbogserbåtar. Svenska Flottledsförbundets årsbok 22, ss. 4428...30.
- Metsätieteellinen tutkimuslaitos.* Vuoriston johdolla kerättyä julkaisemattomaa aineistoa vuodelta 1939.
- Nylén, Sven.* 1947. Virkesbogsering i trånga flottleder. Svenska Flottledsförbundets årsbok 21, ss. 4310...4312.
- Oksala, Arvi.* 1947. Uittoteknologia. II painos. Helsinki.
- Pönllynen, V.* 1932. Höyryalusten polttopuun kulutus. Acta forestalia fennica 38.
- » 1945. Kymin Uittoyhdistyksen kuutioimistaulukot sekä vahvistetut ohjeet. Helsinki.

- Railo, Y K.* 1948. Laivojen mäntähöyrykoneet. II painos. Porvoo-Helsinki.
- Rinne, Viljo.* 1945. Vesirakentajan virtausoppi. Helsinki.
- Sandholm, J W.* 1928. Väderleksutsikter för timmerbogserare vid Norrlandskusten. Svenska Flottledsförbundets årsbok 2, ss. 1599...1605, 1778.
- Tuovinen, Arno.* 1950. Puutavaran rantavarastojen talviniputuksesta. Metsätehon julkaisuja n:o 24.
- Virkkunen, Henrik — Vuorenjuuri, Pentti.* 1950. Liukuvan kustannusten tarkkailubudjetin laadinnasta vaihtuvan hintatason vallitessa. Tehostaja, ss. 453...457.
- Vuoristo, Ilmari.* 1938. Uittohankaluustutkimuksia. Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja 25. 3.
- » 1939. Nipun kuntoisuudesta erilaisilla niputtajilla niputettaessa sekä nippujen laadun vaikutuksesta hinausvastukseen. Suomen Puu, ss. 116...118.
- Yrjö-Koskinen, Yrjö O T.* 1950. Puutavaran merikuljetuksesta ja niputuksesta Länsi-Suomessa. Metsätehon tiedoituksia n:o 40.
- Östman, C J.* 1933. Vindmätaren och dess användning. Svenska Flottledsförbundets årsbok 7, ss. 2235...2240.
- Östman, F J.* 1928. Vinden och flottningen. Svenska Flottledsförbundets årsbok 2, ss. 1565...1574, 1780...1782.



Risto Eklund:

## ON TIMBER RAFT DRAG AND THE POSSIBILITIES OF DEVELOPING RAFTING

### Summary

An investigation into timber raft drag was included in the research programme of Metsäteho, the Forest Work Studies Section of the Central Association of Finnish Woodworking Industries, in the early Summer 1950. The field work for this investigation was effected in the Summer of 1950. As the material is still limited and as the drag of the different rafts varies fairly widely, the results obtained must be considered to indicate the range only. However, they throw new light on many problems connected with rafting.

The investigation was into three raft types of the greatest importance in Finnish inland waterways rafting: chain of bundles, bundle rafts, and boom of logs.

A *Chain of bundles* (Photos 18...23) consists of *bundle rows* of 2...14, most often perhaps 8 bundles each, and generally numbering 20...50 lengthwise in the raft. Usually two adjacent bundles and a varying number of successive bundles are made into groups — termed *strands* — by means of steel wire fastenings from the bundle binding to booms, wire ropes or steel chains.

A *bundle raft* (Photos 24 and 25) usually consists of 3...4 groups of bundles, enclosed in surrounding booms, or so-called «steers», each of which contains say 200 bundles; these groups of bundles are connected by traction booms.

A *boom of logs* (usually surrounded by traction booms) consists of one or several small booms of logs enclosed in a bag boom but floating free.

The investigation covered the following types of timber: unbarked and partly barked softwood logs, plywood logs, partly barked 2-metre, 4-metre (and 3...7-metre) mixed pulpwood.

### *General discussion of drag factors.*

The drag or flow resistance of the raft arises from surface or friction resistance, due to friction between the raft and the water on the surface of the timber, and shape resistance which depends on the shape of the raft, i.e. on the way in which water passes the raft. Flow is not confined to the exterior surface of the raft alone but occurs inside the raft also.

above all at the fore and after end of the raft. The flow inside the raft is caused by overpressure in the forward part of the raft, by suction at the after end of the raft, by the spaces between the bundles, and by log ends protruding obliquely from the bundles. Although the speed of flow inside the raft is small, the flow within the raft causes a considerable friction resistance in bundle rafts as the contact surface is large.

While the speed of flow is small and the hydraulic radius great, there is *laminar flow*, representing a slow and regular form of current, but on passing the *critical speed limit* it goes over into *turbulent flow*, which is rapid and full of eddies. With laminar flow prevailing, the drag is proportional to the speed; with turbulent flow it is approximately proportional to the second power of the speed. Which one of the two forms of flow is present depends on the so-called *Reynolds* figure. However, there is no clearly-defined limit as the stage of change-over is not constant. Laminar flow is favoured by a low speed of flow, great density of the flowing medium, and a small hydraulic radius.

In the transports of chains of bundles laminar flow is probably mainly present inside the rafts, i.e. the part played by friction resistance depends on the laminar flow. The relative proportion of friction resistance seems to vary considerably with the type of timber, shape of raft, size of raft, traction power etc. In a boom of logs the friction resistance is promoted by the large friction surface. Some twenty years ago, when experiments were arranged with miniature models to ascertain the most convenient shape of a chain of bundles, the part played by friction resistance remained unconsidered, but on the basis of experiments carried out with real rafts it seems obvious that this cannot be done if serviceable results are desired.

#### *On the relative rafting difficulty with different types of timber.*

In comparing the different types of timber in order to achieve reasonable rafting tariffs or distribution of expenses, cases of at least two different character must be considered.

1. The rafts are of different sizes, varying irregularly. The best basis for comparison, then, is probably provided by the *relative towage speeds* of the different types of timber, *the quantity in solid cubic metres* and *traction power* remaining constant. When tariff relations are aimed at, the *proportion of effective towage time of the vessels*, of the total expenditure of time, must also be considered.

2. In practice, however, the problem is more often whether the transport of a certain type of timber is more expensive or cheaper than that of another, using the same vessel. In general, naturally, efforts are made to utilise the *most economic capacity of the vessel*. The comparisons, therefore, should be effected on this basis. As big rafts are advantageous in transport, the most economic capacity of the vessel is utilised when the vessel transports as big rafts as possible, taking into account climatic conditions, quality of waterway, and organisational factors. Due to this, comparison has been effected with the size of the rafts the vessel may tow at a given speed using the full output of its machinery. To ensure sufficient energy

reserves for winds, the vessel must attain a certain speed in calm weather, which is dependent particularly on the shape of raft and on the rafting channel. As this comparison presupposes the same transport speed, tariff relations are achieved directly by comparing *the sizes of rafts*.

The comparisons in question are given in Tables 1...6 and Photos 30, 31, 34, 35, 37 and 38.

In comparisons the mean values obtained for rafts of different sizes have been used, as no district correlation between the difficulty relations and raft size was discerned, and as the variations in the difficulty relations due to the size of the raft were fairly small. The comparisons covered the types of timber mentioned above in rafts of different types. (Due to exceptional cases, the speed and raft size values relating to so-called mixed pulpwood in chains of bundles appear too low.)

#### *On the rafting difficulty relations of different types of rafts.*

This comparison has been effected according to the same principles as the comparison between the different types of timber. However, it has proved advisable not to combine the relative speeds for the different sizes of raft. (The same remark as above applies to mixed pulpwood.)

The comparison between the different types of rafts is given in Tables 7...14 and Photos 39...44.

#### *On the distribution of rafting costs.*

When rafting is effected continuously in similar circumstances, a distribution basis corresponding to these conditions can, of course, easily be selected for each type of timber and of raft.

As a rule, however, the problem is not so simple: rafting is carried out with different vessels and rafts of varying size. The cost distribution ratios must then be determined by calculating the *mean value, weighed by solid cu. m. · km amounts, of ratios* (equivalent values) *for each type of timber* (possibly separately for tows with different types of rafts). It depends on local conditions, naturally, how complicated the distribution of costs by this method will be and how detailed a distribution of costs is worth while for reasons of expediency.

The equivalent figures obtained on the basis of measurements in order to make the costs comparable as far as quantities is concerned, generally do not comply with those obtained by subsequent calculations, the latter being affected by variations in the extent of production and its components (operating ratio, period of work, work efficiency etc.) and changes in price level. In addition, the primary material for cost calculations in timber logging contains such considerable errors that the useful value of a subsequent calculation to check production, in most cases, is questionable to say the least. A kind of *standard calculation* can be achieved on the basis of special measurements, and it gives a more accurate picture of the operations, using costs of «good work» as the standard.

*Factors affecting the capacity of the rafting vessel.*

1. When a plywood log raft (chain of bundles) of 3 000...4 000 solid cu. m. was towed the following advantages were achieved by *enlarging the size of the bundle* from an average of 57 logs to 78 logs, or by approx. 50 %:

(a) Employing a constant traction power and raft of constant cubic content, the speed of transport increased 10 % when bigger bundles were used. If the relative proportion represented by effective towage time is 70 % of the time expended, this increase in speed corresponds to a 7 % saving in towage expenses. The rafts compared were towed along the same waterway, which shows that a canal lock etc. does not restrict an increase in the size of bundle.

(b) Employing a constant traction power and constant speed, the size of the raft, according to calculations, can be increased 30...40 % by the introduction of larger bundles, which corresponds to a reduction of some 25 % in towage expenses. The great advantage to be gained by increasing the raft size lies in the fact that the resistance of the raft increases more slowly than its size grows.

2. The vessel may be so powerful that the waterway in question will not allow the passage of so big a raft as the *output of the machinery* requires if, for economy reasons, excessive speeds are to be avoided. On the basis of statistics it has been estimated that a *speed of 1.5...1.7 km/h in the rafting of bundles in calm weather* should be maintained in the Finnish Lake District so as to reserve sufficient energy resources for bad weather. Unless the warping boat is equipped with gears, it must be capable of developing at least the same speed.

Photo 52 describes the *loss in transport capacity at too high speeds, i.e. using an inadequate raft size*. It is found that the increase in costs may easily total 50 %. The same thing is shown in Photo 53, this time with the size of raft as the changeable factor, as opposed to the speed.

Photo 54 shows how the *traction power required per constant cubic quantity is reduced with the size of raft growing* and the speed remaining constant. The figure refers to partly-barked 2-metre pulpwood in a boom of logs. In this case the friction resistance constitutes a large part of the total resistance, for the friction surface between pulpwood and water is quite large when the timber is in the form of a boom of logs. For other types of timber, the reduction in traction power requirements is sharper still; similarly it is more radical if the timber is transported in the form of a chain of bundles or a bundle raft.

As early as in the summer of 1950 two of our biggest forest industry companies successfully increased the size of rafts in long-distance towage. Particular attention should be paid to the accumulation of large stocks when timber is hauled onto shore or ice, and to the combination of near-by storages when logs enclosed in bag booms are assembled on bundling sites.

In the transport of *booms* a case parallel to enlarging the raft size can be observed. «Empty booms» must be transported in large lots, as the speed of the vessel is essentially reduced by the transport of even a single row of booms.

In Finland wood is the usual fuel in towage vessels. The radical rise in expenses of running at too high speeds is due to *fuel expenses*, amounting approximately to the third power of the speed; these expenses may represent over 50 % of the total cost of towage. Fuel costs can be reduced by using lower speeds, i.e. larger rafts, tugs of lower output or a smaller cut-off of steam engine cylinder (in which case the steering gear must be such that ratio of efficiency remains high even with a small cut-off) and by going over to fuel oil heating, diesel engine drive or warping. Unless warping is suitable, tugs equipped with diesel engines are the most serviceable, when the purchase of new vessels is being considered. It is worth while converting old boilers to fuel oil heating. It is to be noted that if fuel oil ceases to be available the boilers can be re-converted to fuelwood heating in a couple of days.

3. By *reducing the width* of a chain of bundles of plywood logs, towed in 8 rows, to a 6-row one, it was possible to increase the speed 7 % (a raft of 193 bundles). Rafts of even 14 rows have been towed. Consequently, chains of bundles, particularly if they are of small size, must not be made too wide.

4. A minor improvement related to the raft shape can be achieved by *levelling one end with bundles made up of timber of varying lengths*, placing the *level ends* of two successive bundles *end to end*, as this makes the raft slightly shorter.

5. By using a *plough* of plywood boards in front of the chain of bundles it has been possible to improve towage speed approx. 10 %. However, the plough causes certain inconveniences, e.g. it lengthens the return trip time by approx. 50 %, for which reason the use of the plough can hardly be recommended.

6. Shortening of the *length of towing rope* has a greater effect in the transport of a chain of bundles than of a boom of logs. Photo 58 shows the effect of the length of towing rope on the traction speed of the vessel (output 280 indicated HP) in towing an 8-row bundle load. When the rope is shortened to 50 m propeller current reduces the speed to less than two-thirds of the speed achieved with a full length (250 metres) of rope.

7. The significance of wind in rafting has been preliminarily investigated. Photo 64 shows the extent to which an adverse wind retards the towage of a chain of 2-metre pulpwood bundles containing 600 double bundles with a traction capacity of approx. 2 250 kgf. A wind increase from calm to 5 m/sec. reduces the speed of the raft from 1.96 km/h to 1.50 km/h, but is still not at all dangerous. To warp a bundle raft of 750 bundles in a 10 m/sec. adverse wind requires a traction power of 4 000 kgf (Photo 66). A more thorough study of the influence of wind on rafting would be necessary to enable a calculation of the outputs of vessels. Another very topical question would be that of determining the output of towing and warping motor boats.

Taulukko 1 — Table 1

Nippujonon vetonopeuden riippuvuus lautan koosta ja vetovoimasta eri puutavaroita kuljetettaessa. — *Dependence of the Traction Speed of a Chain of Bundles on the Size of Raft and Traction Power in Towing Different Types of Timber.*

| Lautan koko,<br>k-m <sup>3</sup><br><i>Size of Raft,<br/>solid cu.m.</i> | Vetovoima,<br>kgf<br><i>Traction<br/>Power</i> | Vetonopeus — <i>Traction Speed</i>                                  |                           |                                    |                           |                                                                             |                           |                                                                             |                           |                                                                           |                           |
|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------------|------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
|                                                                          |                                                | Puolipuhfaat<br>havutukit<br><i>Partly-barked<br/>Softwood Logs</i> |                           | Vaneritukit<br><i>Plywood Logs</i> |                           | Puolipuhfaat<br>2-m paperipuut<br><i>Partly-barked<br/>2-metre Pulpwood</i> |                           | Puolipuhfaat<br>4-m paperipuut<br><i>Partly-barked<br/>4-metre Pulpwood</i> |                           | Puolipuhfaat<br>sekapaperipuut<br><i>Partly-barked<br/>Mixed Pulpwood</i> |                           |
|                                                                          |                                                | km/h                                                                | Suhdeluku<br><i>Ratio</i> | km/h                               | Suhdeluku<br><i>Ratio</i> | km/h                                                                        | Suhdeluku<br><i>Ratio</i> | km/h                                                                        | Suhdeluku<br><i>Ratio</i> | km/h                                                                      | Suhdeluku<br><i>Ratio</i> |
| 1 000                                                                    | 500                                            | 1.50                                                                | 100                       | 1.50                               | 100                       | 1.83                                                                        | 122                       | 1.65                                                                        | 110                       |                                                                           |                           |
|                                                                          | 1 000                                          | 2.15                                                                | 100                       | 2.00                               | 93                        | 2.64                                                                        | 123                       | 2.26                                                                        | 110                       |                                                                           |                           |
|                                                                          | 1 500                                          | 2.73                                                                | 100                       | 2.50                               | 92                        |                                                                             |                           | 2.77                                                                        | 102                       |                                                                           |                           |
|                                                                          | 2 000                                          | 3.10                                                                | 100                       | 2.91                               | 94                        |                                                                             |                           | 3.16                                                                        | 102                       |                                                                           |                           |
| 2 000                                                                    | 500                                            | 1.22                                                                | 100                       | 1.22                               | 100                       | 1.53                                                                        | 126                       | 1.33                                                                        | 109                       |                                                                           | 83                        |
|                                                                          | 1 000                                          | 1.78                                                                | 100                       | 1.68                               | 94                        | 2.12                                                                        | 119                       | 1.86                                                                        | 105                       | 1.46                                                                      | 82                        |
|                                                                          | 1 500                                          | 2.35                                                                | 100                       | 2.10                               | 89                        | 2.62                                                                        | 112                       | 2.38                                                                        | 101                       | 1.90                                                                      | 81                        |
|                                                                          | 2 000                                          | 2.71                                                                | 100                       | 2.44                               | 90                        |                                                                             |                           | 2.78                                                                        | 103                       | 2.24                                                                      | 83                        |
|                                                                          | 2 500                                          | 3.20                                                                | 100                       |                                    |                           |                                                                             |                           |                                                                             |                           | 2.59                                                                      | 81                        |
|                                                                          | 3 000                                          |                                                                     |                           |                                    |                           |                                                                             |                           |                                                                             |                           |                                                                           |                           |
|                                                                          | 4 000                                          |                                                                     | 100                       |                                    |                           |                                                                             |                           |                                                                             |                           |                                                                           |                           |
| 4 000                                                                    | 500                                            | 1.00                                                                | 100                       | 1.00                               | 100                       | 1.22                                                                        | 122                       | 1.08                                                                        | 108                       | 0.81                                                                      | 81                        |
|                                                                          | 1 000                                          | 1.48                                                                | 100                       | 1.41                               | 95                        | 1.75                                                                        | 118                       | 1.53                                                                        | 104                       | 1.23                                                                      | 81                        |
|                                                                          | 1 500                                          | 1.93                                                                | 100                       | 1.71                               | 89                        | 2.17                                                                        | 113                       | 1.97                                                                        | 102                       | 1.54                                                                      | 80                        |
|                                                                          | 2 000                                          | 2.26                                                                | 100                       | 1.99                               | 88                        | 2.51                                                                        | 111                       | 2.30                                                                        | 102                       | 1.81                                                                      | 80                        |
|                                                                          | 2 500                                          | 2.66                                                                | 100                       |                                    |                           | 2.69                                                                        | 101                       |                                                                             |                           | 2.10                                                                      | 79                        |

|            |       |      |     |      |      |      |       |      |     |      |    |
|------------|-------|------|-----|------|------|------|-------|------|-----|------|----|
|            | 3 000 | 2.96 | 100 |      |      |      |       |      |     | 2.24 | 76 |
|            | 4 000 | 3.49 | 100 |      |      |      |       |      |     | 2.65 | 76 |
| 6 000      | 500   | 0.86 | 100 | 0.86 | 100  | 1.04 | 121   | 0.92 | 107 | 0.71 | 83 |
|            | 1 000 | 1.29 | 100 | 1.22 | 95   | 1.52 | 118   | 1.34 | 104 | 1.04 | 81 |
|            | 1 500 | 1.67 | 100 | 1.50 | 90   | 1.91 | 114   | 1.72 | 103 | 1.35 | 81 |
|            | 2 000 | 1.97 | 100 | 1.75 | 89   | 2.20 | 112   | 2.02 | 102 | 1.57 | 80 |
|            | 2 500 | 2.33 | 100 |      |      | 2.36 | 101   |      |     | 1.80 | 77 |
|            | 3 000 | 2.63 | 100 |      |      |      |       |      |     | 1.99 | 76 |
|            | 4 000 | 3.11 | 100 |      |      |      |       |      |     | 2.34 | 75 |
| 8 000      | 500   | 0.76 | 100 | 0.76 | 100  | 0.90 | 119   | 0.80 | 105 | 0.63 | 83 |
|            | 1 000 | 1.14 | 100 | 1.07 | 94   | 1.34 | 118   | 1.19 | 104 | 0.93 | 82 |
|            | 1 500 | 1.48 | 100 | 1.33 | 90   | 1.71 | 115   | 1.52 | 102 | 1.21 | 82 |
|            | 2 000 | 1.78 | 100 | 1.54 | 86   | 1.98 | 111   | 1.81 | 102 | 1.38 | 78 |
|            | 2 500 | 2.08 | 100 |      |      | 2.11 | 101   |      |     | 1.62 | 78 |
|            | 3 000 | 2.38 | 100 |      |      |      |       |      |     | 1.82 | 76 |
|            | 4 000 | 2.85 | 100 |      |      |      |       |      |     | 2.12 | 71 |
| Keskiarvo  | 500   |      | 100 |      | 100  |      | 122   |      | 107 |      | 83 |
| Mean value | 1 000 |      | 100 |      | 94.5 |      | 118   |      | 104 |      | 82 |
|            | 1 500 |      | 100 |      | 89.5 |      | 113.5 |      | 102 |      | 81 |
|            | 2 000 |      | 100 |      | 87.5 |      | 111.5 |      | 102 |      | 80 |
|            | 2 500 |      | 100 |      |      |      | 101   |      |     |      | 79 |
|            | 3 000 |      | 100 |      |      |      |       |      |     |      | 76 |
|            | 4 000 |      | 100 |      |      |      |       |      |     |      | 74 |





Taulukko 3 — Table 3

Mullikkalautan vetonopeuden riippuvuus lautan koosta ja vetovoimasta eri puutavaroita kuljetettaessa. — *Dependence of the Traction Speed of the Bundle Raft on the Size of Raft and Traction Power in Towing Different Types of Timber.*

| Vetonopeus — Traction Speed                                                  |                                                |                                                                     |                           |                                    |                           |                                                                           |                           |
|------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------------|------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Lautan<br>koko, k-m <sup>3</sup><br><i>Size of<br/>Raft, solid<br/>cu.m.</i> | Vetovoima,<br>kgf<br><i>Traction<br/>Power</i> | Puolipuhtaat<br>havutukit<br><i>Partly-barked<br/>Softwood Logs</i> |                           | Vaneritukit<br><i>Ptywood Logs</i> |                           | Puolipuhtaat<br>sekapaperipuut<br><i>Partly-barked<br/>Mixed Pulpwood</i> |                           |
|                                                                              |                                                | km/h                                                                | Suhdeluku<br><i>Ratio</i> | km/h                               | Suhdeluku<br><i>Ratio</i> | km/h                                                                      | Suhdeluku<br><i>Ratio</i> |
| 2 000                                                                        | 500                                            | 0.86                                                                | 100                       | 0.68                               | 79                        | 1.15                                                                      | 134                       |
|                                                                              | 1 000                                          | 1.28                                                                | 100                       | 1.01                               | 79                        | 1.54                                                                      | 120                       |
|                                                                              | 1 500                                          | 1.57                                                                | 100                       | 1.29                               | 82                        | 1.77                                                                      | 113                       |
|                                                                              | 2 000                                          | 1.81                                                                | 100                       | 1.51                               | 83                        | 2.02                                                                      | 112                       |
|                                                                              | 2 500                                          | 2.04                                                                | 100                       | 1.72                               | 84                        | 2.19                                                                      | 107                       |
|                                                                              | 3 000                                          | 2.21                                                                | 100                       | 1.93                               | 91                        | 2.40                                                                      | 104                       |
| 4 000                                                                        | 500                                            | 0.74                                                                | 100                       | 0.60                               | 81                        | 1.00                                                                      | 135                       |
|                                                                              | 1 000                                          | 1.10                                                                | 100                       | 0.88                               | 80                        | 1.35                                                                      | 123                       |
|                                                                              | 1 500                                          | 1.37                                                                | 100                       | 1.13                               | 82                        | 1.54                                                                      | 112                       |
|                                                                              | 2 000                                          | 1.57                                                                | 100                       | 1.32                               | 84                        | 1.74                                                                      | 111                       |
|                                                                              | 2 500                                          | 1.78                                                                | 100                       | 1.51                               | 85                        | 1.92                                                                      | 108                       |
|                                                                              | 3 000                                          | 1.91                                                                | 100                       | 1.67                               | 87                        | 2.06                                                                      | 108                       |
| 6000                                                                         | 500                                            | 0.69                                                                | 100                       | 0.57                               | 81                        | 0.92                                                                      | 133                       |
|                                                                              | 1 000                                          | 1.01                                                                | 100                       | 0.82                               | 82                        | 1.21                                                                      | 120                       |
|                                                                              | 1 500                                          | 1.23                                                                | 100                       | 1.03                               | 84                        | 1.37                                                                      | 111                       |
|                                                                              | 2 000                                          | 1.40                                                                | 100                       | 1.18                               | 84                        | 1.54                                                                      | 110                       |
|                                                                              | 2 500                                          | 1.58                                                                | 100                       | 1.34                               | 85                        | 1.69                                                                      | 107                       |
|                                                                              | 3 000                                          | 1.70                                                                | 100                       | 1.48                               | 86                        | 1.82                                                                      | 107                       |
| 8 000                                                                        | 500                                            | 0.67                                                                | 100                       | 0.54                               | 80                        | 0.86                                                                      | 128                       |
|                                                                              | 1 000                                          | 0.97                                                                | 100                       | 0.76                               | 80                        | 1.10                                                                      | 114                       |
|                                                                              | 1 500                                          | 1.13                                                                | 100                       | 0.96                               | 85                        | 1.24                                                                      | 110                       |
|                                                                              | 2 000                                          | 1.28                                                                | 100                       | 1.08                               | 84                        | 1.38                                                                      | 108                       |
|                                                                              | 2 500                                          | 1.42                                                                | 100                       | 1.22                               | 86                        | 1.51                                                                      | 106                       |
|                                                                              | 3 000                                          | 1.54                                                                | 100                       | 1.33                               | 86                        | 1.63                                                                      | 106                       |
|                                                                              | 4 000                                          | 1.78                                                                | 100                       |                                    |                           | 1.83                                                                      | 103                       |
| 10 000                                                                       | 500                                            | 0.65                                                                | 100                       | 0.52                               | 78                        | 0.83                                                                      | 128                       |
|                                                                              | 1 000                                          | 0.92                                                                | 100                       | 0.74                               | 81                        | 1.04                                                                      | 113                       |
|                                                                              | 1 500                                          | 1.08                                                                | 100                       | 0.95                               | 88                        | 1.17                                                                      | 108                       |
|                                                                              | 2 000                                          | 1.17                                                                | 100                       | 1.02                               | 87                        | 1.27                                                                      | 108                       |
|                                                                              | 2 500                                          | 1.30                                                                | 100                       | 1.13                               | 87                        | 1.38                                                                      | 106                       |
|                                                                              | 3 000                                          | 1.40                                                                | 100                       | 1.23                               | 88                        | 1.48                                                                      | 106                       |
|                                                                              | 4 000                                          | 1.62                                                                | 100                       |                                    |                           | 1.68                                                                      | 104                       |
| Keski-<br>arvo<br><i>Mean<br/>Value</i>                                      | 500                                            |                                                                     | 100                       |                                    | 80                        |                                                                           | 132                       |
|                                                                              | 1 000                                          |                                                                     | 100                       |                                    | 80                        |                                                                           | 118                       |
|                                                                              | 1 500                                          |                                                                     | 100                       |                                    | 84                        |                                                                           | 111                       |
|                                                                              | 2 000                                          |                                                                     | 100                       |                                    | 84                        |                                                                           | 110                       |
|                                                                              | 2 500                                          |                                                                     | 100                       |                                    | 85                        |                                                                           | 107                       |
|                                                                              | 3 000                                          |                                                                     | 100                       |                                    | 88                        |                                                                           | 106                       |
|                                                                              | 4 000                                          |                                                                     | 100                       |                                    |                           |                                                                           | 104                       |

Taulukko 4 — Table 4

Mullikkalautan koon riippuvuus vetonopeudesta ja -voimasta eri puutavaroita kuljetettaessa. — *Dependence of the Size of a Bundle Raft on Traction Speed and Power in Towing Different Types of Timber.*

| Vetonopeus, km/h<br><i>Traction Speed</i> | Vetovoima, kgf<br><i>Traction Power</i> | Lautan koko — <i>Size of Raft</i>                            |                           |                                    |                           |                                                                    |                           |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------|------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------------------------------------|---------------------------|
|                                           |                                         | Puolipuhtaat havutukit<br><i>Partly-barked Softwood Logs</i> |                           | Vaneritukit<br><i>Plywood Logs</i> |                           | Puolipuhtaat sekapaperipuut<br><i>Partly-barked Mixed Pulpwood</i> |                           |
|                                           |                                         | k-m³<br><i>Solid cu.m.</i>                                   | Suhdeluku<br><i>Ratio</i> | k-m³<br><i>Solid cu.m.</i>         | Suhdeluku<br><i>Ratio</i> | k-m³<br><i>Solid cu.m.</i>                                         | Suhdeluku<br><i>Ratio</i> |
| 1.6                                       | 1 500                                   | 1 800                                                        | 100                       |                                    |                           | 3 400                                                              | 189                       |
|                                           | 2 000                                   | 3 800                                                        | 100                       |                                    |                           | 5 400                                                              | 142                       |
|                                           | 2 500                                   | 5 750                                                        | 100                       | 3 100                              | 54                        | 7 000                                                              | 122                       |
|                                           | 3 000                                   | 7 200                                                        | 100                       | 4 750                              | 66                        | 8 250                                                              | 114                       |
|                                           | 4 000                                   | 10 250                                                       | 100                       |                                    |                           | 11 000                                                             | 107                       |
| 2.0                                       | 2 500                                   | 2 300                                                        | 100                       |                                    |                           | 3 300                                                              | 143                       |
|                                           | 3 000                                   | 3 350                                                        | 100                       | 1 600                              | 48                        | 4 500                                                              | 134                       |

Taulukko 5 — Table 5

Kehälautan vetonopeuden riippuvuus lautan koosta ja vetovoimasta eri puutavaroita kuljetettaessa. — *Dependence of the Traction Speed of a Boom of Logs on the Size of Raft and Traction Power in Towing Different Types of Timber*

| Lautan koko,<br>k-m³<br><i>Size of Raft,<br/>solid cu.m.</i> | Vetovoima,<br>kgf<br><i>Traction<br/>Power</i> | Vetonopeus — <i>Traction Speed</i>                            |                                |                                                                     |                                |                                    |                                |                                                                             |                                |                                                                           |                                |
|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
|                                                              |                                                | Kuorelliset<br>havutukit<br><i>Unbarked<br/>Softwood Logs</i> |                                | Puolipuhtaat<br>havutukit<br><i>Partly-barked<br/>Softwood Logs</i> |                                | Vaneritukit<br><i>Plywood Logs</i> |                                | Puolipuhtaat<br>2-m paperipuut<br><i>Partly-barked<br/>2-metre Pulpwood</i> |                                | Puolipuhtaat<br>sekapaperipuut<br><i>Partly-barked<br/>Mixed Pulpwood</i> |                                |
|                                                              |                                                | km/h                                                          | Suhde-<br>luku<br><i>Ratio</i> | km/h                                                                | Suhde-<br>luku<br><i>Ratio</i> | km/h                               | Suhde-<br>luku<br><i>Ratio</i> | km/h                                                                        | Suhde-<br>luku<br><i>Ratio</i> | km/h                                                                      | Suhde-<br>luku<br><i>Ratio</i> |
| 1 000                                                        | 500                                            | 0.98                                                          | 84                             | 1.17                                                                | 100                            | 1.17                               | 100                            | 1.09                                                                        | 93                             | 1.09                                                                      | 93                             |
|                                                              | 1 000                                          | 1.53                                                          | 88                             | 1.73                                                                | 100                            | 1.60                               | 92                             |                                                                             |                                | 1.60                                                                      | 92                             |
|                                                              | 1 500                                          | 2.00                                                          | 91                             | 2.19                                                                | 100                            | (2.00)                             | (91)                           |                                                                             |                                | 2.00                                                                      | 91                             |
| 2 000                                                        | 500                                            | 0.68                                                          | 85                             | 0.80                                                                | 100                            | 0.80                               | 100                            | 0.74                                                                        | 93                             | 0.74                                                                      | 93                             |
|                                                              | 1 000                                          | 1.10                                                          | 88                             | 1.25                                                                | 100                            | 1.15                               | 92                             |                                                                             |                                | 1.15                                                                      | 92                             |
|                                                              | 1 500                                          | 1.45                                                          | 91                             | 1.60                                                                | 100                            | 1.45                               | 91                             |                                                                             |                                | 1.45                                                                      | 91                             |
| Keskiarvo<br><i>Mean Value</i>                               | 500                                            |                                                               | 84.5                           |                                                                     | 100                            |                                    | 100                            |                                                                             | 93                             |                                                                           | 93                             |
|                                                              | 1 000                                          |                                                               | 88                             |                                                                     | 100                            |                                    | 92                             |                                                                             |                                |                                                                           | 92                             |
|                                                              | 1 500                                          |                                                               | 91                             |                                                                     | 100                            |                                    | 91                             |                                                                             |                                |                                                                           | 91                             |

Taulukko 6 — Table 6

Kehälautan koon riippuvuus vetonopeudesta ja -voimasta eri puutavaroita kuljetettaessa. — *Dependence of the Size of a Boom of Logs on Traction Speed and Power in Towing Different Types of Timber.*

| Vetonopeus,<br>km/h<br><i>Traction<br/>Speed</i> | Vetovoima,<br>kgf<br><i>Traction<br/>Power</i> | Lautan koko — <i>Size of Raft</i>                             |                           |                                                                     |                           |                                            |                           |                                                                             |                           |                                                                           |                           |
|--------------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
|                                                  |                                                | Kuorelliset<br>havutukit<br><i>Unbarked<br/>Softwood Logs</i> |                           | Puolipuhmaat<br>havutukit<br><i>Partly-barked<br/>Softwood Logs</i> |                           | Vaneritukit<br><i>Plywood Logs</i>         |                           | Puolipuhmaat<br>2-m paperipuut<br><i>Partly-barked<br/>2-metre Pulpwood</i> |                           | Puolipuhmaat<br>sekapaperipuut<br><i>Partly-barked<br/>Mixed Pulpwood</i> |                           |
|                                                  |                                                | k-m <sup>3</sup><br><i>Solid<br/>cu.m.</i>                    | Suhdeluku<br><i>Ratio</i> | k-m <sup>3</sup><br><i>Solid<br/>cu.m.</i>                          | Suhdeluku<br><i>Ratio</i> | k-m <sup>3</sup><br><i>Solid<br/>cu.m.</i> | Suhdeluku<br><i>Ratio</i> | k-m <sup>3</sup><br><i>Solid<br/>cu.m.</i>                                  | Suhdeluku<br><i>Ratio</i> | k-m <sup>3</sup><br><i>Solid<br/>cu.m.</i>                                | Suhdeluku<br><i>Ratio</i> |
| 1.2                                              | 500                                            |                                                               |                           | 950                                                                 | 100                       | 950                                        | 100                       | 775                                                                         | 82                        | 775                                                                       | 82                        |
|                                                  | 1 000                                          | 1 700                                                         | 79                        | 2 150                                                               | 100                       | 1 875                                      | 87                        |                                                                             |                           | 1 875                                                                     | 87                        |
| 1.6                                              | 1 000                                          | 875                                                           | 70                        | 1 250                                                               | 100                       | 1 000                                      | 80                        |                                                                             |                           | 1 000                                                                     | 80                        |
|                                                  | 1 500                                          | 1 700                                                         | 85                        | 2 000                                                               | 100                       | 1 700                                      | 85                        |                                                                             |                           | 1 700                                                                     | 85                        |

Taulukko 7 — Table 7

Puolipuhattaiden havutukkien vetonopeuden riippuvuus lautan koosta ja vetovoimasta eri tyyppisinä lauttoina kuljetettaessa. — *Dependence of the Traction Speed of Partly-barked Softwood Logs on the Size of Raft and Traction Speed when Towed in Rafts of Different Types.*

| Lautan<br>koko, k-m <sup>3</sup><br><i>Size of<br/>Raft, solid<br/>cu.m.</i> | Vetovoima,<br>kgf<br><i>Traction<br/>Power</i> | Vetonopeus — Traction Speed          |                           |                                      |                           |                                   |                           |
|------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------|
|                                                                              |                                                | Nippujono<br><i>Chain of Bundles</i> |                           | Mullikkalautta<br><i>Bundle Raft</i> |                           | Kehälautta<br><i>Boom of Logs</i> |                           |
|                                                                              |                                                | km/h                                 | Suhdeluku<br><i>Ratio</i> | km/h                                 | Suhdeluku<br><i>Ratio</i> | km/h                              | Suhdeluku<br><i>Ratio</i> |
| 1 000                                                                        | 500                                            | 1.50                                 | 100                       |                                      |                           | 1.17                              | 78                        |
|                                                                              | 1 000                                          | 2.15                                 | 100                       |                                      |                           | 1.73                              | 80                        |
|                                                                              | 1 500                                          | 2.73                                 | 100                       |                                      |                           | 2.19                              | 80                        |
| 2 000                                                                        | 500                                            | 1.22                                 | 100                       | 0.86                                 | 71                        | 0.80                              | 68                        |
|                                                                              | 1 000                                          | 1.78                                 | 100                       | 1.28                                 | 72                        | 1.25                              | 70                        |
|                                                                              | 1 500                                          | 2.35                                 | 100                       | 1.57                                 | 68                        | 1.60                              | 68                        |
|                                                                              | 2 000                                          | 2.71                                 | 100                       | 1.81                                 | 68                        |                                   |                           |
|                                                                              | 2 500                                          | 3.20                                 | 100                       | 2.04                                 | 64                        |                                   |                           |
| 4 000                                                                        | 500                                            | 1.00                                 | 100                       | 0.74                                 | 74                        |                                   |                           |
|                                                                              | 1 000                                          | 1.48                                 | 100                       | 1.10                                 | 74                        |                                   |                           |
|                                                                              | 1 500                                          | 1.93                                 | 100                       | 1.37                                 | 71                        |                                   |                           |
|                                                                              | 2 000                                          | 2.26                                 | 100                       | 1.57                                 | 69                        |                                   |                           |
|                                                                              | 2 500                                          | 2.66                                 | 100                       | 1.78                                 | 67                        |                                   |                           |
|                                                                              | 3 000                                          | 2.96                                 | 100                       | 1.91                                 | 65                        |                                   |                           |
| 6 000                                                                        | 500                                            | 0.86                                 | 100                       | 0.69                                 | 80                        |                                   |                           |
|                                                                              | 1 000                                          | 1.29                                 | 100                       | 1.01                                 | 78                        |                                   |                           |
|                                                                              | 1 500                                          | 1.07                                 | 100                       | 1.23                                 | 74                        |                                   |                           |
|                                                                              | 2 000                                          | 1.97                                 | 100                       | 1.40                                 | 71                        |                                   |                           |
|                                                                              | 2 500                                          | 2.33                                 | 100                       | 1.58                                 | 68                        |                                   |                           |
|                                                                              | 3 000                                          | 2.63                                 | 100                       | 1.70                                 | 65                        |                                   |                           |
| 8 000                                                                        | 500                                            | 0.76                                 | 100                       | 0.67                                 | 88                        |                                   |                           |
|                                                                              | 1 000                                          | 1.14                                 | 100                       | 0.97                                 | 85                        |                                   |                           |
|                                                                              | 1 500                                          | 1.48                                 | 100                       | 1.13                                 | 76                        |                                   |                           |
|                                                                              | 2 000                                          | 1.78                                 | 100                       | 1.28                                 | 72                        |                                   |                           |
|                                                                              | 2 500                                          | 2.08                                 | 100                       | 1.42                                 | 68                        |                                   |                           |
|                                                                              | 3 000                                          | 2.38                                 | 100                       | 1.54                                 | 65                        |                                   |                           |
|                                                                              | 4 000                                          | 2.85                                 | 100                       | 1.78                                 | 62                        |                                   |                           |

Taulukko 8 — Table 8

Puolipuhtaan havutukkilautan koon riippuvuus vetonopeudesta ja -voimasta eri tyyppisinä lauttoina kuljetettaessa.  
*Dependence of the Size of a Raft of Partly-barked Softwood Logs on Traction Speed and Power when Towed in Rafts of Different Types.*

| Vetonopeus, km/h<br><i>Traction Speed</i> | Vetovoima, kgf<br><i>Traction Power</i> | Lautan koko — <i>Size of Raft</i>    |                           |                                      |                           |                                   |                           |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------|
|                                           |                                         | Nippujono<br><i>Chain of Bundles</i> |                           | Mullikkalautta<br><i>Bundle Raft</i> |                           | Kehälautta<br><i>Boom of Logs</i> |                           |
|                                           |                                         | k-m³<br><i>Solid cu.m.</i>           | Suhdeluku<br><i>Ratio</i> | k-m³<br><i>Solid cu.m.</i>           | Suhdeluku<br><i>Ratio</i> | k-m³<br><i>Solid cu.m.</i>        | Suhdeluku<br><i>Ratio</i> |
| 1.2                                       | 500                                     | 2 100                                | 100                       |                                      |                           | 950                               | 45                        |
|                                           | 1 000                                   | 7 100                                | 100                       | 2 750                                | 39                        | 2 150                             | 30                        |
|                                           | 1 500                                   | (14 500)                             | 100                       | 6 600                                | (45)                      |                                   |                           |
| 1.6                                       | 1 000                                   | 3 050                                | 100                       |                                      |                           | 1 250                             | 41                        |
|                                           | 1 500                                   | 6 700                                | 100                       | 1 800                                | 27                        | 2 000                             | 30                        |
|                                           | 2 000                                   | 10 900                               | 100                       | 3 800                                | 35                        |                                   |                           |
| 2.0                                       | 1 000                                   | 1 300                                | 100                       |                                      |                           | 600                               | 46                        |
|                                           | 1 500                                   | 3 550                                | 100                       |                                      |                           | 1 300                             | 39                        |
|                                           | 2 500                                   | 9 100                                | 100                       | 2 300                                | 25                        |                                   |                           |
|                                           | 3 000                                   | 13 000                               | 100                       | 3 350                                | 26                        |                                   |                           |

Taulukko 9 — Table 9

Vaneritukkien vetonopeuden riippuvuus lautan koosta ja vetovoimasta eri tyyppisinä lauttoina kuljetettaessa. — *Dependence of the Traction Speed of Plywood Logs on the Size of the Raft and Traction Power when Towed in Rafts of Different Types.*

| Lautan<br>koko, k-m <sup>2</sup><br><i>Size of<br/>Raft, solid<br/>cu.m.</i> | Vetovoima,<br>kgf<br><i>Traction<br/>Power</i> | Vetonopeus — Traction Speed          |                           |                                      |                           |                                   |                           |
|------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------|
|                                                                              |                                                | Nippujono<br><i>Chain of Bundles</i> |                           | Mullikkalautta<br><i>Bundle Raft</i> |                           | Kehälautta<br><i>Boom of Logs</i> |                           |
|                                                                              |                                                | km/h                                 | Suhdeluku<br><i>Ratio</i> | km/h                                 | Suhdeluku<br><i>Ratio</i> | km/h                              | Suhdeluku<br><i>Ratio</i> |
| 1 000                                                                        | 500                                            | 1.50                                 | 100                       |                                      |                           | 1.17                              | 78                        |
|                                                                              | 1 000                                          | 2.00                                 | 100                       |                                      |                           | 1.60                              | 80                        |
|                                                                              | 1 500                                          | 2.50                                 | 100                       |                                      |                           | (2.00)                            | (80)                      |
| 2 000                                                                        | 500                                            | 1.22                                 | 100                       | 0.58                                 | 48                        | 0.80                              | 66                        |
|                                                                              | 1 000                                          | 1.68                                 | 100                       | 1.01                                 | 60                        | 1.15                              | 63                        |
|                                                                              | 1 500                                          | 2.10                                 | 100                       | 1.29                                 | 61                        | 1.45                              | 69                        |
|                                                                              | 2 000                                          | 2.44                                 | 100                       | 1.51                                 | 62                        |                                   |                           |
| 4 000                                                                        | 500                                            | 1.00                                 | 100                       | 0.60                                 | 60                        |                                   |                           |
|                                                                              | 1 000                                          | 1.41                                 | 100                       | 0.88                                 | 62                        |                                   |                           |
|                                                                              | 1 500                                          | 1.71                                 | 100                       | 1.13                                 | 66                        |                                   |                           |
|                                                                              | 2 000                                          | 1.99                                 | 100                       | 1.32                                 | 66                        |                                   |                           |
| 6 000                                                                        | 500                                            | 0.86                                 | 100                       | 0.57                                 | 66                        |                                   |                           |
|                                                                              | 1 000                                          | 1.22                                 | 100                       | 0.82                                 | 67                        |                                   |                           |
|                                                                              | 1 500                                          | 1.50                                 | 100                       | 1.03                                 | 69                        |                                   |                           |
|                                                                              | 2 000                                          | 1.75                                 | 100                       | 1.18                                 | 67                        |                                   |                           |
| 8 000                                                                        | 500                                            | 0.76                                 | 100                       | 0.54                                 | 71                        |                                   |                           |
|                                                                              | 1 000                                          | 1.07                                 | 100                       | 0.78                                 | 73                        |                                   |                           |
|                                                                              | 1 500                                          | 1.33                                 | 100                       | 0.96                                 | 72                        |                                   |                           |
|                                                                              | 2 000                                          | 1.54                                 | 100                       | 1.08                                 | 70                        |                                   |                           |

Taulukko 10 — Table 10

Vaneritukkilautan koon riippuvuus vetonopeudesta ja -voimasta eri tyyppisinä lauttoina kuljetettaessa. — *Dependence of the Size of a Raft of Plywood Logs on Traction Speed and Power when Towed in Rafts of Different Types.*

| Vetonopeus, km/h<br><i>Traction Speed</i> | Vetovoima, kgf<br><i>Traction Power</i> | Lautan koko — <i>Size of Raft</i>    |                           |                                      |                           |                                   |                           |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------|
|                                           |                                         | Nippujono<br><i>Chain of Bundles</i> |                           | Mullikkalautta<br><i>Bundle Raft</i> |                           | Kehälautta<br><i>Boom of Logs</i> |                           |
|                                           |                                         | k-m³<br><i>Solid cu.m.</i>           | Suhdeluku<br><i>Ratio</i> | k-m³<br><i>Solid cu.m.</i>           | Suhdeluku<br><i>Ratio</i> | k-m³<br><i>Solid cu.m.</i>        | Suhdeluku<br><i>Ratio</i> |
| 1.2                                       | 500                                     | 2 100                                | 100                       |                                      |                           | 950                               | 45                        |
|                                           | 1 000                                   | 6 250                                | 100                       |                                      |                           | 1 875                             | 30                        |
|                                           | 1 500                                   | (10 200)                             | 100                       | 3 000                                | (29)                      |                                   |                           |
| 1.6                                       | 1 000                                   | 2 500                                |                           |                                      |                           | 1 000                             | 40                        |
|                                           | 1 500                                   | 4 950                                |                           |                                      |                           | 1 700                             | 34                        |
|                                           | 2 000                                   | 7 450                                | 100                       | (1 500)                              | (20)                      |                                   |                           |
| 2.0                                       | 1 500                                   | 2 350                                | 100                       |                                      |                           | 1 000                             | 43                        |



Taulukko 11 — Table 11

Puolipuhattaiden 2-m paperipuiden vetonopeuden riippuvuus lautan koosta ja vetovoimasta eri tyyppisinä lauttoina kuljetettaessa. — *Dependence of the Traction Speed of Partly-barked 2-metre Pulpwood on the Size of Raft and Traction Power when Towed in Rafts of Different Types.*

| Lautan koko,<br>k-m <sup>3</sup><br><i>Size of Raft,<br/>Solid<br/>cu.m.</i> | Vetovoima,<br>kgf<br><i>Traction<br/>Power</i> | Vetonopeus — <i>Traction Speed</i>   |                           |                                   |                           |
|------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------|
|                                                                              |                                                | Nippujono<br><i>Chain of Bundles</i> |                           | Kehälautta<br><i>Boom of Logs</i> |                           |
|                                                                              |                                                | km/h                                 | Suhdeluku<br><i>Ratio</i> | km/h                              | Suhdeluku<br><i>Ratio</i> |
| 1 000                                                                        | 500                                            | 1.83                                 | 100                       | 1.09                              | 60                        |
| 2 000                                                                        | 500                                            | 1.53                                 | 100                       | 0.74                              | 48                        |

Taulukko 12 — Table 12

Puolipuhattaiden 2-m paperipuiden lautan koon riippuvuus vetonopeudesta ja -voimasta eri tyyppisinä lauttoina kuljetettaessa. — *Dependence of the Size of a Raft of Partly-barked 2-metre Pulpwood on Traction Speed and Power when Towed in Rafts of Different Types.*

| Vetonopeus,<br>km/h<br><i>Traction Speed</i> | Vetovoima,<br>kgf<br><i>Traction Power</i> | Lautan koko — <i>Size of Raft</i>          |                           |                                            |                           |
|----------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------------|---------------------------|
|                                              |                                            | Nippujono<br><i>Chain of Bundles</i>       |                           | Kehälautta<br><i>Boom of Logs</i>          |                           |
|                                              |                                            | k-m <sup>3</sup><br><i>Solid<br/>cu.m.</i> | Suhdeluku<br><i>Ratio</i> | k-m <sup>3</sup><br><i>Solid<br/>cu.m.</i> | Suhdeluku<br><i>Ratio</i> |
| 1.2                                          | 500                                        | 6 550                                      | 100                       | 775                                        | 12                        |

Taulukko 13 — Table 13

Puolipuhtaiden sekapaperipuiden vetonopeuden riippuvuus lautan koosta ja vetovoimasta eri tyyppisinä lauttoina kuljetettaessa. — *Dependence of the Traction Speed of Partly-barked Mixed Pulpwood on the Size of Raft and Traction Power when Towed in Rafts of Different Types.*

| Lautan<br>koko, k-m <sup>2</sup><br><br>Size of<br>Raft, solid<br>cu.m. | Vetovoima,<br>kgf<br><br>Traction<br>Power | Vetonopeus — Traction Speed |                    |                |                    |              |                    |
|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------|--------------------|----------------|--------------------|--------------|--------------------|
|                                                                         |                                            | Nippujono                   |                    | Mullikkalautta |                    | Kehälautta   |                    |
|                                                                         |                                            | Chain of Bundles            |                    | Bundle Raft    |                    | Boom of Logs |                    |
|                                                                         |                                            | km/h                        | Suhdeluku<br>Ratio | km/h           | Suhdeluku<br>Ratio | km/h         | Suhdeluku<br>Ratio |
| 2 000                                                                   | 500                                        | 1.01                        | 100                | 1.15           | 114                | 0.74         | 73                 |
|                                                                         | 1 000                                      | 1.46                        | 100                | 1.54           | 105                | 1.15         | 79                 |
|                                                                         | 1 500                                      | 1.90                        | 100                | 1.77           | 93                 | 1.45         | 76                 |
|                                                                         | 2 000                                      | 2.24                        | 100                | 2.02           | 90                 |              |                    |
|                                                                         | 2 500                                      | 2.59                        | 100                | 2.19           | 85                 |              |                    |
| 4 000                                                                   | 500                                        | 0.81                        | 100                | 1.00           | 124                |              |                    |
|                                                                         | 1 000                                      | 1.23                        | 100                | 1.35           | 110                |              |                    |
|                                                                         | 1 500                                      | 1.54                        | 100                | 1.54           | 100                |              |                    |
|                                                                         | 2 000                                      | 1.81                        | 100                | 1.74           | 96                 |              |                    |
|                                                                         | 2 500                                      | 2.10                        | 100                | 1.92           | 91                 |              |                    |
|                                                                         | 3 000                                      | 2.24                        | 100                | 2.06           | 92                 |              |                    |
| 6 000                                                                   | 500                                        | 0.71                        | 100                | 0.92           | 130                |              |                    |
|                                                                         | 1 000                                      | 1.04                        | 100                | 1.21           | 116                |              |                    |
|                                                                         | 1 500                                      | 1.35                        | 100                | 1.37           | 102                |              |                    |
|                                                                         | 2 000                                      | 1.57                        | 100                | 1.54           | 98                 |              |                    |
|                                                                         | 2 500                                      | 1.80                        | 100                | 1.69           | 94                 |              |                    |
|                                                                         | 3 000                                      | 1.99                        | 100                | 1.82           | 91                 |              |                    |
| 8 000                                                                   | 500                                        | 0.63                        | 100                | 0.86           | 136                |              |                    |
|                                                                         | 1 000                                      | 0.93                        | 100                | 1.10           | 118                |              |                    |
|                                                                         | 1 500                                      | 1.21                        | 100                | 1.24           | 102                |              |                    |
|                                                                         | 2 000                                      | 1.38                        | 100                | 1.38           | 100                |              |                    |
|                                                                         | 2 500                                      | 1.62                        | 100                | 1.51           | 93                 |              |                    |
|                                                                         | 3 000                                      | 1.82                        | 100                | 1.62           | 90                 |              |                    |
|                                                                         | 4 000                                      | 2.12                        | 100                | 1.83           | 86                 |              |                    |

Taulukko 14 — Table 14

Puolipuhneiden sekapaperipuiden lautan koon riippuvuus vetonopeudesta ja -voimasta eri tyyppisinä lauttoina kuljetettaessa. — *Dependence of the Size of a Raft of Partly-barked Mixed Pulpwood on Traction Speed and Power when Transported in Rafts of Different Types.*

| Vetonopeus, km/h<br><i>Traction Speed</i> | Vetovoima, kgf<br><i>Traction Power</i> | Lautan koko — <i>Size of Raft</i>    |                           |                                      |                           |                                   |                           |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------|
|                                           |                                         | Nippujono<br><i>Chain of Bundles</i> |                           | Mullikkalautta<br><i>Bundle Raft</i> |                           | Kehälautta<br><i>Boom of Logs</i> |                           |
|                                           |                                         | k-m³<br><i>Solid cu.m.</i>           | Suhdeluku<br><i>Ratio</i> | k-m³<br><i>Solid cu.m.</i>           | Suhdeluku<br><i>Ratio</i> | k-m³<br><i>Solid cu.m.</i>        | Suhdeluku<br><i>Ratio</i> |
| 1.2                                       | 500                                     |                                      |                           | 1 250                                |                           | 775                               |                           |
|                                           | 1 000                                   | 4 350                                | 100                       | 6 100                                | 140                       | 1 875                             | 43                        |
|                                           | 1 500                                   | 8 100                                | 100                       | 9 000                                | 111                       |                                   |                           |
| 1.6                                       | 1 000                                   |                                      |                           | 1 600                                |                           | 1 000                             |                           |
|                                           | 1 500                                   | 3 550                                | 100                       | 3 400                                | 96                        | 1 700                             | 48                        |
|                                           | 2 000                                   | 5 750                                | 100                       | 5 400                                | 94                        |                                   |                           |
|                                           | 2 500                                   | 8 350                                | 100                       | 7 000                                | 84                        |                                   |                           |
| 2.0                                       | 1 500                                   | 1 650                                |                           |                                      |                           | 1 000                             | 61                        |
|                                           | 2 000                                   | 2 900                                |                           | 2 050                                | 71                        |                                   |                           |
|                                           | 2 500                                   | 4 600                                |                           | 3 300                                | 72                        |                                   |                           |
|                                           | 3 000                                   | 5 950                                |                           | 4 500                                | 76                        |                                   |                           |

Taulukko 15 — Table 15

Hinaajan vetovoima sen koneistoa täysin kuormittaen vetonopeuden vaihdellessa vetovastuksen muutosten takia. — *Traction Power of Tug, at Full Effect of its Machinery, with Traction Speed Varying due to Changes in Drag*

| Laivan<br>nimi<br><i>Name of<br/>Vessel</i> | Veto-<br>voima,<br>kgf<br><i>Traction<br/>Power</i> | Veto-<br>nopeus,<br>km/h<br><i>Traction<br/>Speed</i> | Potkurin<br>kierrosl.,<br>r/min<br><i>RPM of<br/>Screw</i> | Työpaine,<br>kgf/cm <sup>2</sup><br><i>Working<br/>Pressure</i> | Huomautuksia<br><i>Remarks</i>                             |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Halla V                                     | 500                                                 | 0                                                     | 155                                                        | 8.0                                                             | Tyhjänä ajossa<br>kierrosl. 220 r/min.<br>Teho 38 hv i.    |
|                                             | 400                                                 | 4.03                                                  | 160                                                        | 7.8                                                             |                                                            |
|                                             | 370                                                 | 4.71                                                  | 160                                                        | 7.8                                                             |                                                            |
|                                             | 320                                                 | 5.18                                                  | 165                                                        | 7.8                                                             |                                                            |
| Halla XV                                    | 1 550                                               | 0                                                     |                                                            |                                                                 | Tyhjänä ajossa kier-<br>rosl. 210 r/min.<br>Teho 150 hv i. |
|                                             | 1 450                                               | 1.01                                                  |                                                            |                                                                 |                                                            |
|                                             | 1 400                                               | 1.23                                                  | 152                                                        | 10.0                                                            |                                                            |
|                                             | 1 400                                               |                                                       |                                                            |                                                                 |                                                            |
|                                             | 1 300                                               | 4.25                                                  | 154                                                        | 10.0                                                            |                                                            |
|                                             | 1 200                                               | 5.33                                                  | 160                                                        | 10.0                                                            |                                                            |
| Halla VII                                   | 2 400                                               | 0                                                     | 125                                                        | 7.0                                                             | Teho 218 hv i.                                             |
| Halla XVII                                  | 2 480                                               | 0                                                     | 130                                                        | 8.0                                                             | Tyhjänä ajossa kier-<br>rosl. 210 r/min.<br>Teho 198 hv i. |
|                                             | 2 000                                               | 1.84                                                  | 159                                                        | 8.0                                                             |                                                            |
|                                             | 1 550                                               | 7.56                                                  | 145                                                        | 7.5                                                             |                                                            |
|                                             | 1 230                                               |                                                       | 130                                                        | 8.0                                                             |                                                            |

Taulukko 16 — Table 16

Aluksen kuljetuskapasiteetti puolipuhaiden havutukkien lauttauksessa. — *Towage Capacity of a Vessel Rafting Partly-barked Softwood Logs.*

| Aluksen<br>vetovoima,<br>kgf<br><br><i>Traction<br/>Power of<br/>Vessel</i> | Lautan<br>koko,<br>k-m <sup>2</sup><br><br><i>Size of<br/>Raft, solid<br/>cu.m.</i> | Nippujono — <i>Chain of Bundles</i>                       |                                                      |                           | Mullikkalautta — <i>Bundle Raft</i>                       |                                                      |                           | Kehälautta — <i>Boom of Logs</i>                          |                                                      |                           |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------|
|                                                                             |                                                                                     | Veto-<br>nopeus,<br>km/h<br><br><i>Traction<br/>Speed</i> | Kulj. kapasiteetti<br><i>Towage Capacity</i>         |                           | Veto-<br>nopeus,<br>km/h<br><br><i>Traction<br/>Speed</i> | Kulj. kapasiteetti<br><i>Towage Capacity</i>         |                           | Veto-<br>nopeus,<br>km/h<br><br><i>Traction<br/>Speed</i> | Kulj. kapasiteetti<br><i>Towage Capacity</i>         |                           |
|                                                                             |                                                                                     |                                                           | k-m <sup>2</sup> · km<br><i>Solid<br/>cu.m. · km</i> | Suhdeluku<br><i>Ratio</i> |                                                           | k-m <sup>2</sup> · km<br><i>Solid<br/>cu.m. · km</i> | Suhdeluku<br><i>Ratio</i> |                                                           | k-m <sup>2</sup> · km<br><i>Solid<br/>cu.m. · km</i> | Suhdeluku<br><i>Ratio</i> |
| 1 000                                                                       | 1 000                                                                               | 2.75                                                      | 2 150                                                | 100                       |                                                           |                                                      |                           | 1.53                                                      | 1 530                                                | 100                       |
|                                                                             | 2 000                                                                               | 1.78                                                      | 3 560                                                | 156                       | 1.28                                                      | 2 560                                                | 100                       | 1.10                                                      | 2 200                                                | 144                       |
|                                                                             | 4 000                                                                               | 1.50                                                      | 6 000                                                | 279                       | 1.10                                                      | 4 400                                                | 175                       |                                                           |                                                      |                           |
|                                                                             | 6 000                                                                               | 1.30                                                      | 7 800                                                | 363                       | 1.01                                                      | 6 060                                                | 237                       |                                                           |                                                      |                           |
|                                                                             | 8 000                                                                               | 1.15                                                      | 9 200                                                | 428                       | 0.96                                                      | 7 690                                                | 300                       |                                                           |                                                      |                           |
|                                                                             | 10 000                                                                              |                                                           |                                                      |                           | 0.92                                                      | 9 200                                                | 359                       |                                                           |                                                      |                           |
| 2 000                                                                       | 1 000                                                                               | 3.20                                                      | 3 200                                                | 100                       |                                                           |                                                      |                           |                                                           |                                                      |                           |
|                                                                             | 2 000                                                                               | 2.77                                                      | 5 540                                                | 173                       | 1.80                                                      | 3 600                                                | 100                       |                                                           |                                                      |                           |
|                                                                             | 4 000                                                                               | 2.30                                                      | 9 200                                                | 287                       | 1.57                                                      | 6 280                                                | 174                       |                                                           |                                                      |                           |
|                                                                             | 6 000                                                                               | 2.02                                                      | 12 100                                               | 378                       | 1.40                                                      | 8 400                                                | 233                       |                                                           |                                                      |                           |
|                                                                             | 8 000                                                                               | 1.75                                                      | 14 200                                               | 443                       | 1.28                                                      | 10 100                                               | 280                       |                                                           |                                                      |                           |
|                                                                             | 10 000                                                                              |                                                           |                                                      |                           | 1.19                                                      | 11 900                                               | 331                       |                                                           |                                                      |                           |
| 3 000                                                                       | 2 000                                                                               |                                                           |                                                      |                           | 2.21                                                      | 4 420                                                | 100                       |                                                           |                                                      |                           |
|                                                                             | 4 000                                                                               | 3.16                                                      | 12 600                                               | 100                       | 1.92                                                      | 7 680                                                | 173                       |                                                           |                                                      |                           |
|                                                                             | 6 000                                                                               | 2.62                                                      | 15 700                                               | 124                       | 1.70                                                      | 10 200                                               | 231                       |                                                           |                                                      |                           |
|                                                                             | 8 000                                                                               | 2.38                                                      | 19 100                                               | 152                       | 1.53                                                      | 12 200                                               | 276                       |                                                           |                                                      |                           |
|                                                                             | 10 000                                                                              |                                                           |                                                      |                           | 1.41                                                      | 14 100                                               | 318                       |                                                           |                                                      |                           |
| 4 000                                                                       | 6 000                                                                               | 3.10                                                      | 18 600                                               | 100                       |                                                           |                                                      |                           |                                                           |                                                      |                           |
|                                                                             | 8 000                                                                               | 2.85                                                      | 22 800                                               | 122                       | 1.78                                                      | 14 200                                               | 100                       |                                                           |                                                      |                           |
|                                                                             | 10 000                                                                              | (2.58)                                                    | (25 800)                                             | (139)                     | 1.62                                                      | 16 200                                               | 114                       |                                                           |                                                      |                           |

Taulukko 17 — Table 17

Hinausköyden pituuden vaikutus sekapaperipuunippujonon vetovastukseen. — *Effect of the Length of Towing Rope on the Drag of a Chain of Bundles of Mixed Pulpwood.*

| Hinausköyden<br>pituus, m<br><i>Length<br/>of Towing<br/>Rope</i> | Vetovoima,<br>kgf<br><i>Traction<br/>Power</i> | Vetonopeus<br><i>Traction<br/>Speed</i> |      | Tuulen<br>nopeus,<br>m/s<br><i>Speed<br/>of Wind,<br/>m/sec.</i> | Tuulen<br>poikkeama,<br>astetta<br><i>Wind<br/>Deviation,<br/>degrees</i> | Potkurin<br>kierrosl.,<br>r/min<br><i>RPM of Screw</i> |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------|------|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
|                                                                   |                                                | m/s<br><i>m/sec.</i>                    | km/h |                                                                  |                                                                           |                                                        |
| 63                                                                | 2 600                                          | 0.36                                    | 1.30 | 0.0                                                              | —                                                                         | 115                                                    |
| »                                                                 | 3 350                                          | 0.42                                    | 1.51 | 0.0                                                              | —                                                                         | 134                                                    |
| 139                                                               | 2 370                                          | 0.44                                    | 1.59 | 0.0                                                              | —                                                                         | 116                                                    |
| »                                                                 | 3 270                                          | 0.63                                    | 1.91 | 0.0                                                              | —                                                                         | 133                                                    |
| 227                                                               | 2 600                                          | 0.48                                    | 1.73 | 0.0                                                              | —                                                                         | 115                                                    |
| »                                                                 | 3 300                                          | 0.55                                    | 1.98 | 0.0                                                              | —                                                                         | 130                                                    |
| 245                                                               | 2 600                                          | 0.49                                    | 1.77 | 0.0                                                              | —                                                                         | 115                                                    |
| »                                                                 | 3 300                                          | 0.58                                    | 2.09 | 2.0                                                              | 0                                                                         | 132                                                    |

Taulukko 18 — Table 18

Hinausköyden pituuden vaikutus sekapaperipuunippujonon vetonopeuteen vetovoiman vaihdella. — *Effect of the Length of Towing Rope on the Traction Speed of a Chain of Bundles of Mixed Pulpwood, with Varying Traction Power.*

| Veto-<br>voima,<br>kgf<br><i>Traction<br/>Power</i> | Hinausköyden pituus, m — <i>Length of Towing Rope</i> |                                |                                         |                                |                                         |                                |                                         |                                |                                         |                                |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------|
|                                                     | 50                                                    |                                | 100                                     |                                | 150                                     |                                | 200                                     |                                | 250                                     |                                |
|                                                     | Vetonopeus<br><i>Traction<br/>Speed</i>               |                                | Vetonopeus<br><i>Traction<br/>Speed</i> |                                | Vetonopeus<br><i>Traction<br/>Speed</i> |                                | Vetonopeus<br><i>Traction<br/>Speed</i> |                                | Vetonopeus<br><i>Traction<br/>Speed</i> |                                |
|                                                     | km/h                                                  | Suhde-<br>luku<br><i>Ratio</i> | km/h                                    | Suhde-<br>luku<br><i>Ratio</i> | km/h                                    | Suhde-<br>luku<br><i>Ratio</i> | km/h                                    | Suhde-<br>luku<br><i>Ratio</i> | km/h                                    | Suhde-<br>luku<br><i>Ratio</i> |
| 1 000                                               | 0.59                                                  | 58                             | 0.90                                    | 88                             | 1.00                                    | 98                             | 1.02                                    | 100                            | 1.02                                    | 100                            |
| 2 000                                               | 0.95                                                  | 64                             | 1.32                                    | 89                             | 1.44                                    | 98                             | 1.47                                    | 99                             | 1.48                                    | 100                            |
| 3 000                                               | 1.23                                                  | 65                             | 1.68                                    | 89                             | 1.84                                    | 98                             | 1.87                                    | 99                             | 1.89                                    | 100                            |
| 4 000                                               | 1.46                                                  | 66                             | 1.98                                    | 89                             | 2.16                                    | 98                             | 2.20                                    | 99                             | 2.22                                    | 100                            |

Taulukko 19 — Table 19

Hinausköyden pituuden vaikutus vaneritukkikihälautan vetovastukseen.  
*Effect of the Length of Towing Rope on the Drag of a Boom of Plywood Logs.*

| Hinausköyden<br>pituus, m<br><br><i>Length of<br/>Towing Rope</i> | Vetovoima,<br>kgf<br><br><i>Traction<br/>Power</i> | Vetonopeus<br><i>Traction Speed</i> |      | Tuulen nopeus,<br>m/s<br><br><i>Speed of Wind,<br/>m/sec.</i> | Tuulen poik-<br>keama, astetta<br><br><i>Wind Deviation,<br/>degrees</i> |
|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------|------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
|                                                                   |                                                    | m/s<br><i>m/sec.</i>                | km/h |                                                               |                                                                          |
| 120                                                               | 350                                                | 0.21                                | 0.76 | 0.0                                                           | —                                                                        |
|                                                                   | 1 000                                              | 0.34                                | 1.23 | 0.0                                                           | —                                                                        |
|                                                                   | 1 350                                              | 0.41                                | 1.46 | 0.0                                                           | —                                                                        |
| 35                                                                | 350                                                | 0.19                                | 0.68 | 1.2                                                           | 0                                                                        |
|                                                                   | 1 000                                              | 0.29                                | 1.05 | 0.0                                                           | —                                                                        |
|                                                                   | 1 350                                              | 0.34                                | 1.24 | 0.0                                                           | —                                                                        |

Taulukko 20 — Table 20

Hinausköyden lyhentämisen vaikutus vaneritukkikihälautan vetonopeuteen. — *Effect of the Shortening of Towing Rope on the Traction Speed of a Boom of Plywood Logs.*

| Vetovoima,<br>kgf<br><br><i>Traction<br/>Power</i> | Hinausköyden lyhentämisen aiheuttama vetonopeuden aleneminen<br><i>Reduction in Traction Speed due to Shortening of Towing Rope</i> |      |    |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----|
|                                                    | m/s<br><i>m/sec.</i>                                                                                                                | km/h | %  |
| 350                                                | 0.02                                                                                                                                | 0.08 | 11 |
| 1 000                                              | 0.05                                                                                                                                | 0.18 | 15 |
| 1 350                                              | 0.07                                                                                                                                | 0.22 | 15 |





METSÄTEHON, SUOMEN PUUNJALOSTUSTEOLLISUUDEN KESKUSLIITON  
METSÄTYÖNTUTKIMUSTOIMISTON  
JULKAISUJA

- N:o 1. Metsätyöntutkimukset. Metsätyöntutkimuskursseilla 4. 6.—15. 6. 1945 pidettyjä luentoja. 1945.
- » 2. Metsätyöntutkimukset II. Metsätyöntutkimuskursseilla 12. 6.—16. 6. 1946 pidettyjä luentoja. 1947.
- » 3. Metsätyöläisten elinkustannuksista talvella 1946. Jaakko Vöry. 1947. (Moniste)
- » 4. Tutkimuksia vanerikoivujen hankinnasta I. Koivupölkkyjen kuutiosuhteista. Kalle Putkisto. 1947. (Moniste)
- » 4a. Koivupölkkyjen kuutiosuhdetaulukkoja. Kalle Putkisto. 1947.
- » 5. Tutkimuksia vanerikoivujen hankinnasta II. Aikatutkimuksia vanerikoivujen rasiinkaadosta, karsimisesta ja katkomisesta. Kalle Putkisto. 1947.
- » 7. Aikatutkimuksia pinopuutavaran teosta. Olli Makkonen. 1947. (Moniste)
- » 8. Aikatutkimuksia paperipuiden varastokuorinnasta ja -katkonnasta. Arno Tuovinen. 1948. (Moniste)
- » 9. Leimikon tiheyden vaikutus pinopuutavaran tekoon. Olli Makkonen. 1948. (Moniste)
- » 10. Tutkimuksia pinotavaran autokuljetuksesta. Veijo Heiskanen. 1948.
- » 11a. Tutkimuksia paperipuiden hankinnasta. Pohjois-Suomessa. I Kuorimishukka ja kuutiosuhteet. Arno Tuovinen. 1948.
- » 11b. Tutkimuksia paperipuiden hankinnasta Pohjois-Suomessa. II Veteen vieritys. Arno Tuovinen. 1948.
- » 12. Tutkimuksia paperipuiden hankinnasta Pohjois-Suomessa. III Eri pituisten kuorellisten paperipuiden ajo. Arno Tuovinen. 1948.
- » 13. Metsätyöntutkimukset III. Metsätehon kirjoitukset Metsätaloudellisessa Aikakauslehdessä n:o 5/1948.
- » 14. Aikatutkimuksia pinopuutavaran valmistuksesta Pohjois-Suomessa. Arno Tuovinen ja Sakari Leskinen. 1948. (Moniste)
- » 15. Hevosvarsiteiden hoitokalustosta ja hoidosta. Putkisto — Arnkil. 1948. (Moniste)
- » 16. Suomen metsäteollisuuden raakapuun saanti metsätaseen kannalta tarkasteltuna. I Koko valtakunnan yleisselvittely. Eino Saari. 1948.
- » 18. Aikatutkimuksia tukkien ja paperipuiden teosta talvella. Olli Makkonen. 1949. (Moniste)
- » 19. Maan routaantumisen tilapäisten talviautoteiden rakentamisen kannalta. Aulis E. Hakkarainen. 1949. (Moniste)
- » 20. Tutkimus maalle nostettujen rampapuiden uitosta Kemijoella. Arno Tuovinen. 1949. (Moniste)
- » 21. Moottorisahat ja niiden käyttö Ruotsin metsätaloudessa. Käytännön kokemuksia ja S.D.A:n tutkimusten tuloksia. Greger Carpelan. 1949.
- » 22. Metsätöiden tehostaminen. Luentopäivillä v. 1948 pidettyjä esitelmiä. 1949.
- » 23. Tutkimuksia sahatukin pituuden, lenkouden ja kapenemisen vaikutuksesta sydäntavaran pitiuteen ja leveyteen. A. J. Ronkanen. 1950.
- » 24. Puutavaran rantavarastojen talviniputuksesta. Arno Tuovinen. 1950.
- » 25. Hakkuutöiden aikatutkimustulosten soveltaminen käytäntöön. Olli Makkonen. 1950.
- » 26. Juoksumetritaksan käyttö »ylijäreissä» paperipuuleimikoissa. Olli Makkonen. 1950.
- » 27. Puutavaralauttojen vetovastuksista ja mahdollisuuksista lauttauksen kehittämiseksi. Risto Eklund. 1952.

