

Morenimurskeella pinnoitettujen metsäteiden kunnossapito maataloustraktorikalustolla

Arto Rummukainen

SUMMARY: MAINTENANCE OF CRUSHED MORAIN PAVED FOREST ROADS WITH AGRICULTURAL TRACTOR IMPLEMENTS

Rummukainen, A. 1989. Morenimurskeella pinnoitettujen metsäteiden kunnossapito maataloustraktorikalustolla. Summary: Maintenance of crushed morain paved forest roads with agricultural tractor implements. *Silva Fennica* 23(2): 169-187.

Teiden pinnan kunto tutkittiin keväällä, viikko kunnossapidon jälkeen ja syksyllä. Tärylevyn työtulos oli hiukan parempi kuin vedettävän lanan. Kummallakaan laitteella ei voitu painaa irrallisia suuria kiviä takaisin tienpintaan. Tärylevyn käyttö on kolme kertaa kalliimpaa kuin lanan, mutta levyä voidaan käyttää muihinkin töihin.

The condition of forest road pavements was studied in spring, one week after maintenance and in autumn. The effect of vibrating blade was slightly better than that of pulled drag. Large loose stones couldn't be pressed into pavement with either of the implements. The use of the vibrating blade was three times as expensive as the use of the pulled drag, however the blade is suitable for other purposes.

Keywords: Roads, tractors, implements, grain-size distribution, vibrating blade. ODC 383.1

Correspondence: Arto Rummukainen, University of Helsinki, Department of Logging and Utilization of Forest Products, Unioninkatu 40 B, SF-00170 Helsinki, Finland.

Accepted April 20, 1989

1. Johdanto

Suomessa on rakennettu siirrettävillä murskaimilla tehdyllä morenimurskeella päällystettyjä metsäteitä 1970-luvun lopulta alkaen (Pulkki 1980). Murskeen käyttö metsäteillä on edullista, koska materiaalia saadaan tiealueelta, ja toisaalta murskatun kiviaineksen särmikäs muoto antaa paremman rakenteellisen kantavuuden tielle kuin pyöreä luonnonmateriaali. Yleisesti on käytetty LOKOMO C-630 leukamurskain-

ta, jolla tehdyn murskeen suurin raekoko on 55...65 mm.

Liikenne ja säiden vaikutus kuluttavat tien pintaa. Kulumaurien poistamiseksi ja tienpinnasta sivuun siirtyvän rakennemateriaalin takaisin saamiseksi sorateitä tulee lanata tai höylätä. Toimenpiteillä edistetään myös tien pinnan kuivumista kelirikkoaikana (Metsäteiden kunnossapito 1982, Skarra 1982, Underhålla skogsbilväg 1980,

Yksityiset tiet 1985). Luiskaan valunutta materiaalia on alettu nostaa takaisin tielle, mikäli sen rakeisuus parantaa tien pintaa (Jämsä 1982, Valtonen 1987). Irroneiden rakeiden saaminen takaisin tien pintaan edellyttää, että muokattavan kerroksen tulee olla huomattavasti suurinta rakeen halkaisijaa suurempi (Kuonen 1983). Tällöin karkeasta murskeesta tehdyn tienpinnan käsittelyyn tarvitaan 16...20 tonnin tiehöylä, joka irrottaa ja sekoittaa pintamateriaalin sekä 6...10 tonnin täryjyrä, joka tasoittaa pinnan ja painaa suuret rakeet tiehen (Hurme 1987, Rummukainen 1987).

Metsätien kunnossapidosta vastaavat osakkaat tiekunnan kautta. Kunnossapito tehdään mahdollisimman taloudellisesti mahdollisimman paljon omalla työllä ja omilla koneilla. Tiehöylän ja täryjyrän käyttö on hyvin harvinaista korkeiden kustannusten takia. Yleisin kunnossapitolaitte on kevyt maataloustraktorin vetämä lana (Ranta 1984).

Paavo Kaitanen Oy:n konepaja on kehittänyt maataloustraktorin kolmipistenostolaitteisiin kiinnitettävän kaksiteräisen perälevyn, johon on asennettu hydraulinen tärytin. Tärytin tiivistää levyn irrottaman ja sekoittaman materiaalin tien pintaan. Laitteen yksinkertaisuuden, maataloustraktorikiinnityksen ja tiivistysominaisuuden takia se voisi sopia moreenimurskeesta tehtyjen metsäteiden kunnossapitoon.

Tutkimuksen tarkoitus on selvittää metsäteiden tiekunnille sopivien maataloustraktorin käyttöön perustuvien tärylevyn ja vedettävän lanan soveltuvuus moreenimursketeiden kunnossapitoon.

Tutkimus on osa Yhteispohjoismaisen metsätyöntutkimuksen neuvoston (NSR) projektia 20/1983 "Metoder og utstyr for opprusting og vedlikehold av skogsbilveier". Johtajat Paavo Kaitanen ja Reijo Hörkkö Paavo Kaitanen Oy:stä antoivat tärylevyn korvauksetta tutkimuskäyttöön ja vastasivat sen käyttökustannuksista. Mittaukset suoritettiin Metsäntutkimuslaitoksen Vesijaon tutkimusalueella, jonka metsätaloussinööri Risto Helkiö auliisti osallistui tutkimukseen. Hän järjesti alueen teiden kunnostusohjelman niin, että vedettävä lana oli tarvittaessa tutkimuksen käytössä. Kenttämittauksissa apulaisena ja merkittävän osan ajasta mittauksista vastaavana toimi silloinen metsälioppilas, nykyinen metsänhoitaja, Ari Aalto. Metsälioppilas Mirja Alve seuloi maanäytteet Helsingin Teknillisen korkeakoulun tielaboratoriossa sekä toimi Aallon mittausapulaisena. Työ on osaksi tehty Helsingin yliopiston metsäteknologian laitoksella, osaksi Joensuun yliopiston metsätalouden laitoksella. Professorit Rihko Haarlaa ja Matti Kärkkäinen ovat tehneet vartenotettuja huomautuksia käsikirjoitukseen. Parhaat kiitokset kaikille tutkimukseen osallistuneille.

2. Menetelmät ja aineisto

2.1. Tutkimusmenetelmät

Kestopäällystettyjen teiden laatua ja palvelutasoa kuvaamaan on kehitetty malleja, jotka perustuvat tienpinnan halkeamien, reikien, urien ja epätasaisuuden sekä tien pystysuuntaista epätasaisuutta. Mittauslaitteistot ovat autoon tai perävaunuun kiinnitettäviä kiihtyvyyss-, kulma- tai sijaintimittareita. Laitteet edellyttävät 30...50 km/h mittausnopeutta. Teiden kantavuutta mitataan tienpinnan taipumista mittaavilla menetelmillä (Simonsen 1977).

Edellä kuvatut julkisten teiden kuntoa toutuneisuuden mukaan 0...4 ja pölyämisaalttiuden mukaan 0...3 luokkaan. Silmävaraisen FUG-luokituksen tulokset ovat riippuvuussuhteessa objektiivisiin mittaustuloksiin, jotka mittaavat yleensä tien pystysuuntaista epätasaisuutta. Mittauslaitteistot ovat autoon tai perävaunuun kiinnitettäviä kiihtyvyyss-, kulma- tai sijaintimittareita. Laitteet edellyttävät 30...50 km/h mittausnopeutta. Teiden kantavuutta mitataan tienpinnan taipumista mittaavilla menetelmillä (Simonsen 1977).

Edellä kuvatut julkisten teiden kuntoa

kuvaavat menetelmät ovat usein liian kalliita ja aikaa vieviä metsäteiden kunnan selvittämiseksi. Metsäteiden liikenne on harvaa ja hidasta. Liikennettä voidaan rajoittaa pahimpina kelirikkoaikoina. Tien korkeussuuntaisen pienvaihtelun määrä, joka vaikuttaa polttoaineen kulutukseen, ajoneuvon kulumiseen nopeilla teillä, ei ole metsäteillä merkittävä kuntoa kuvaava tekijä. Metsäteillä liikennöivät ajoneuvot ovat raskaita ja pitkiä, joten kantavuus on tärkeä tekijä. Kantavuutta voidaan mitata Pulkin (1982) pudotuspainolaitteistolla.

Tienpintaan syntyneistä urista voidaan päätellä, ettei tie ole kyllin kantava. Uriin kertyvä vesi nopeuttaa tienpinnan kulumista. Tien poikkileikkauksesta voidaan nähdä urat ja veden valumisen edellyttämä kaltevuus (Shiba 1986). Maapintaisella tiellä olevat irtokivet vaikeuttavat liikennöintiä, kuluttavat tietä ja ajoneuvoa sekä heikentävät rakennetta kulkeutuessaan helposti sivuun. Kulutuskerroksessa tulee olla sopivasti kantavia suuria rakeita ja niiden välissä hienoja sitovia rakeita. Liikenteen ja sään vaikutuksesta kulutuskerroksessa tapahtuu materiaalien poiskulkeutumista. Tien eri kohtien kulutuskerroksen rakeisuudesta voidaan arvioida kerroksen kantavuutta ja hoitotoimien onnistuneisuutta.

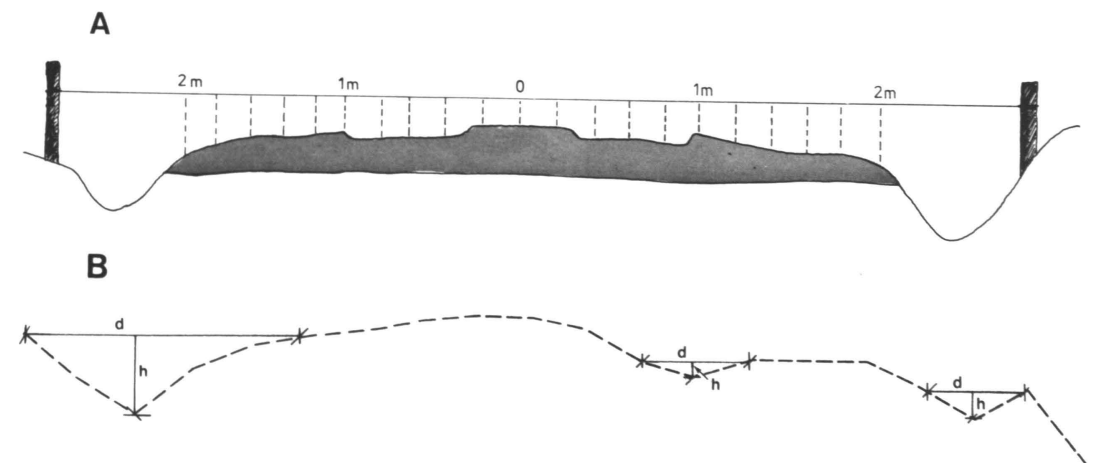
Suomessa määritetään yksityisteiden

(Yksityiset tiet 1985) ja Unkarissa metsäteiden (tri M. Kosztko, Sopronin yliopisto, suull. tiedonanto 1986) laatu tien poikkileikkauksen muodon, pintamateriaalin laadun ja irtokivien määrän perusteella.

Tutkittaviksi valituille teille suoritettiin kevätkunnossapito tärylevyllä tai traktorin vetämällä lanalla kesäkuussa 1986. Teiden poikkileikkauksen muoto, irtokivien määrä ja kulutuskerroksen rakeisuus mitattiin ennen lanausta, viikko lanauksesta sekä lokakuussa ennen lumen tuloa. Tieosuudet luokiteltiin lisäksi syksyllä Yksityisten teiden (1985) laaduntarkastusohjeiden mukaan.

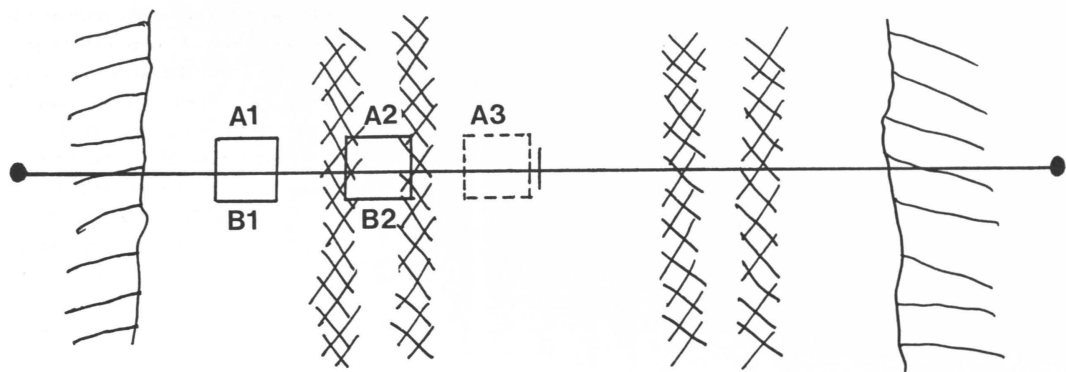
Tien poikkileikkauksen muodon mitausta varten mittauskohdalle tien kummallekin puolelle lyötiin paalut. Paaluihin merkittiin vaakataso, johon mittaushetkeksi pingotettiin ohut lanka peruskorkeudeksi. Tien keskipisteen (pyöränurien sisäreunojen välisen etäisyyden puoliväli) etäisyys paaluista mitattiin. Tienpinnan korkeus peruskorkeudesta mitattiin yhden senttimetrin tarkkuudella tien keskipisteestä ja 20 cm välein kaksi metriä kummallekin puolelle tietä (kuva 1A). Kunkin ajankohdan poikkileikkaukset piirrettiin paperille, josta mitattiin 0,5 cm syvempien kuoppien lukumäärä, syvyys ja leveys kuvan 1B mukaisesti.

Rakeisuus ja irtokivien määrä selvitettiin



Kuva 1. Tien poikkileikkauksen muodon mittaus maastossa (A) ja kuoppien mittaus paperilla (B). Vesikuopan suurin syvyys on h ja leveys d.

Fig. 1. The measurement of the road cross-section in terrain (A) and the measurement of holes on paper (B). The largest depth of a waterhole is h and width d.



Kuva 2. Irtokivien määrän ($A_{1,2,3}$) ja kulutuskerroksen rakeisuusnäytteiden ($B_{1,2}$) ottokohtat.
Fig. 2. Sampling points of the number of loose stones ($A_{1,2,3}$) and those of the grain-size distribution of the surface layer ($B_{1,2}$).

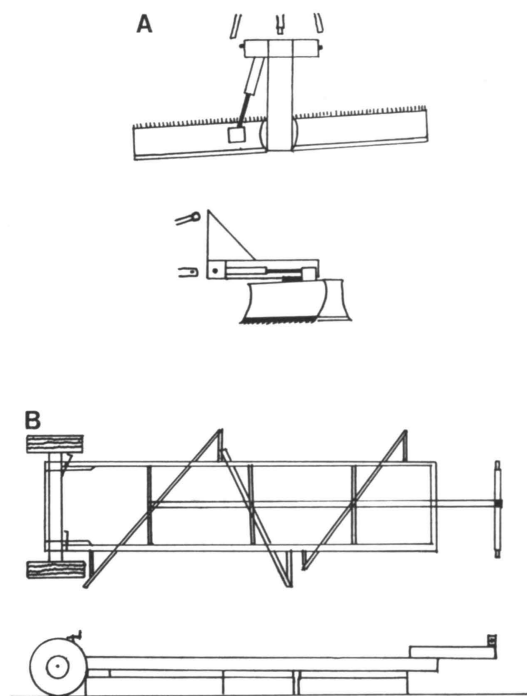
pyöränuralta ja tien laidasta $31,6 \times 31,6$ cm kehikon sisältä (kuva 2). Tienpinnasta kädellä pyyhkäisten irtoavat kivet pudotettiin 60 mm ja 20 mm seulojen läpi ja seuloille jääneet kivet laskettiin.

Rakeisuusnäytteet otettiin peräkkäisillä kerroilla aina eri puolelta tien keskipistettä, jottei edellinen näytteenotto sekoittaisi tuloksia. Näyte otettiin kehikon sisältä tien pinnasta kolmen senttimetrin syvyyteen, jolloin näytteen tilavuus oli noin kolme kuutiodesimetriä. Kehikon sisältä lasketut irtokivet lisättiin näytteeseen. Näytteet seulottiin Helsingin Teknillisen korkeakoulun rakennuslaboratoriossa tavanomaisena kuivaseulontana (esim. Hartikainen 1978). Seulaverkkojen nelikulmaisten silmien sivunpituudet olivat 64, 55, 32, 25, 20, 16, 12, 8, 6, 4, 2, 1, 0,5, 0,25, 0,125 ja 0,075 mm.

22. Aineisto

221. Tärylevyn ja lanan tekniset ominaisuudet

Tärylevy kiinnitetään vähintään 70 kW:n traktorin kolmipistekiinnityslaitteisiin (kuva 3A). Laitteen runkoon on pyörivällä nivelellä kiinnitetty kaksi vastakkaisiin suuntiin kuperaa terälevyä. Levy-yhdistelmää voidaan kahdella hydraulisylinterillä säätää kaikissa kolmessa tasossa. Levy painaa 1 000 kg ja sen sisällä on hydraulinen epäkesko, jonka tärinän suuntaa ja



Kuva 3. Tärylevy (A) ja lana (B).
Fig. 3. The vibrating blade (A) and the pulled drag (B).

nopeutta voidaan säädellä. Laite vaatii traktorilta kaksipiirihydraulijärjestelmän tai erillisen hydraulipumpun. Levyn kaikki toiminnot säädetään hydraulisesti ohjaimosta. Työkoneen ohjattavuuden takia

traktorin tulisi olla nelivetoinen tai ainakin etupainoilla varustettu. Terän leveys on 2,5 m.

Tutkimuksessa käytetty lana oli perinteinen itsetehty kolmiteräinen lana (kuva 3B). Sitä vedettiin 70 kW:n nelivetotraktorilla. Terien asento säädetään taka-akselin luona olevilla ruuvikammilla. Lana on kiinnitetty traktorin kolmipistenostolaitteisiin, joilla työkorkeus säädetään. Lanan työleveys on 2,5 m.

222. Työmenetelmät

Tärylevyä kokeiltiin kahdella työmenetelmällä. Ensimmäisessä menetelmässä painettiin etummainen hammastettu levy alas, jolloin se repi pintakerroksen auki 2...5 cm syvyydeltä ja irrotti suuria kiviä syvemmältäkin tien rakenteesta. Takimmainen sileä levy tasoitti irroitettua kerrosta (kuva 4A). Tärylevyä kallistettiin siten, että se nosti maata tien laidasta keskelle. Kun kumpikin laite oli käsitelty, tasoitettiin keskusta kolmannella ajokerralla. Tärylevy ei kuitenkaan pystynyt painamaan irrottamiaan suuria murskekappaleita takaisin tien runkoon, joten työmenetelmää ei otettu mukaan tutkimukseen.

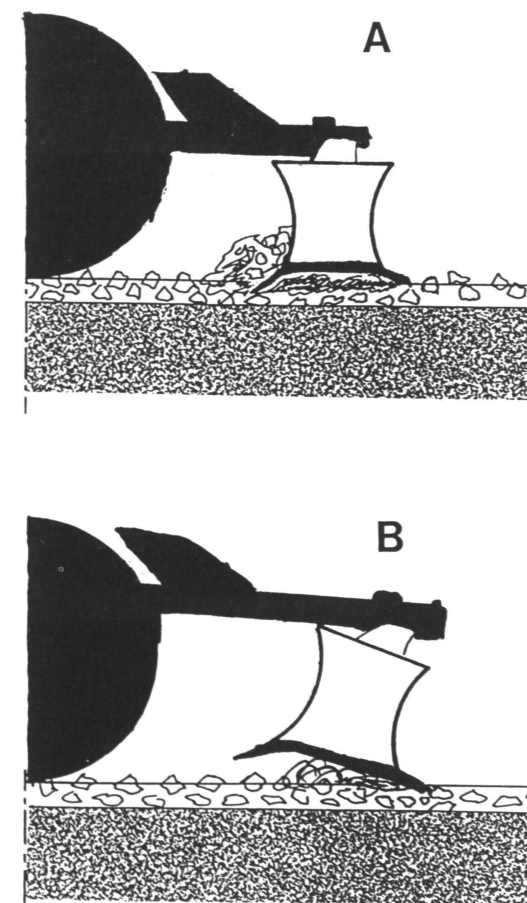
Toisessa tärylevyn työmenetelmässä takimmaisella levyllä tasoitettiin tien pinta kallistamalla levyä keräämään materiaalia tien laidasta keskelle (kuva 4B). Täry painoi koholla olevia, mutta ei irrallisia, suuria murskekappaleita tien rakenteeseen takaisin. Etummainen levy oli hiukan tien pinnasta kohotettuna, jolloin se repi auki vain selvästi koholla olevat tien pinnan osat. Tiet käsiteltiin kahteen suuntaan, yksi laite tiestä kerrallaan.

Lanaa vedettiin maataloustraktorilla, kerran tien kumpaakin laitaa, jolloin sen kolme terää nostivat materiaalia tien laidasta keskemmälle ja tasoittivat tien pinnan.

223. Koetiet

Koeteiksi valittiin Metsäntutkimuslaitoksen Vesijaon tutkimusalueelta teitä, jotka oli rakennettu itseliikkuvalla Mertsamurskaimella tehdystä murskeesta 1970- ja 1980-

lukujen vaihteissa. Aineistoon valittiin tieosuudet, joille odotettiin raskasta liikennettä kesän aikana. Kummallekin vertailtavalle koneyksikölle valittiin kunnoltaan ja ympäristöltään samankaltaiset tieosuudet. Taulukossa 1 on teiden sijainti, rakenluokka ja mitattujen poikkileikkausten lukumäärä sekä kulutuskerroksen rakeisuus. Jäljempänä teitä käsitellään taulukon 1 numeroinnin mukaan.



Kuva 4. Tärylevyn työmenetelmät: tienpinnan irtirepivä (A), tienpintaa tasoittava (B).
Fig. 4. Working methods of the vibrating blade: tearing up (A), leveling (B).

Taulukko 1. Tärylevyn ja lanan vertailutiet, niiden rakennusluokka, mitattujen poikkileikkausten lukumäärä ja kulutuskerroksen suurin raekoko.

Table 1. The test roads for the vibrating blade and the pulled drag, their road class, the number of measured cross sections and the grain size of the road surface layer.

Tie, numero ja tieluokka Road name, number and road class	Työväline Implement	Poikkileikkausmittausten lukumäärä Number of cross sections measured	Kulutuskerroksen raekoko, mm Grain size of surface layer, mm
Pajujärvi 1, aluetie. Ordinary forest road	Lana Drag	6	0...35
	Tärylevy Blade	6	0...35
Riemulankangas 2, aluetie. Ordinary forest road	Lana Drag	6	0...65
	Tärylevy Blade	4	0...65
Riemulan pisto 3, varsitie. Spur road	Lana Drag	2	0...65
	Tärylevy Blade	2	0...65

3. Tulokset

31. Työmenetelmät

311. Työskentelynopeudet

Taulukossa 2 esitetään eri teillä saavutetun lanauksen työskentelynopeudet. Lana on yli kaksi kertaa nopeampi kuin tärylevy.

Kun otetaan huomioon, että yksikaistaisella metsäautotiellä sekä tärylevyä että lanaa joudutaan vetämään kaksi kertaa tien pituutta kohti, saadaan taulukon keskimäärätulosten perusteella lanaustyön tuottavuudeksi 0,8 tie-km/h tärylevyllä ja 2,2 tie-km/h lanalla. Aika on tehoyöaikaa. Käänteisesti nämä tarkoittavat, että yhden tiekilometrin lanaukseen kuluu tehoaikaa tärylevyllä keskimäärin 1 h 13 min ja lanalla 27 min. Kun näihin lisätään 15 % keskeytyksiä ja apuaikoja saadaan työn tuottavuudeksi työmaa-aikaa kohti tärylevyllä 0,7 tie-km/h ja lanalla 1,9 tie-km/h. Vastavasti yhden tiekilometrin lanaukseen ku-

luu työmaa-aikaa tärylevyllä 1 h 24 min ja lanalla 31 min.

Yhtä tieosuutta kohti tulee vähintään yksi kääntyminen. Tärylana mahtuu kääntymään tien leveydellä. Lana vaatii pituutensa ja hinattavuutensa takia kääntymistä varten tien risteyksen tai neljä metriä pitkän piston tieltä. Siirtyminen työkohteelle ja työkohteiden välillä ei riipu lanaukseen käytetystä koneesta vaan tieoloista ja traktorista. Lana täytyy tuoda hinaamalla, mutta tärylevyllä varustettua traktoria voidaan kuljettaa nopeasti 16 tonnin vaihtolava-autolla. Tässä tutkimuksessa tärylevytraktorin purku vaihtolavalta kesti 7 min ja takaisin kuormaus 16 min. Tärylevyn kuljetusnopeus valtateillä on noin neljä kertaa nopeampaa kuorma-autolla kuin lanan kuljetus traktorilla hinaamalla.

Tärylevyn kiinnittäminen traktoriin ja irrottaminen siitä kestää yhtä kauan kuin lanankin. Lanaa voidaan vetää kaikilla

Taulukko 2. Teittäiset käsittelymatkat ja -nopeudet.
Table 2. Distances and speeds of the maintained roads.

Tie Road	Kone Implement	Käsittely matka, m Maintained distance, m	Käsittelykertojen lukumäärä Number of maintenances	Yhden käsittelykerran keskinopeus, km/h Average speed of one maintenance, km/h
1	Tärylevy Blade	543	2	1,22
	Lana Drag	682	2	4,89
2	Tärylevy Blade	385	2	1,64
	Lana Drag	558	2	4,10
3	Lana Drag	192	2	4,39
A ¹⁾	Tärylevy Blade	1 336	3	1,28
B ¹⁾	Tärylevy Blade	2 287	2	1,69
Keskimäärin On average				
	Tärylevy Blade			1,64
	Lana Drag			4,48

¹⁾ Vertailututkimukseen kuulumattomia kohteita samoissa olosuhteissa.

¹⁾ Roads in similar conditions, which didn't belong to this study.

riittävän tehokkailla traktoreilla, mutta tärylevyn käyttö edellyttää traktorilta kaksohydrauliikkaa tai erillistä hydraulipumppua, kuten edellä on jo mainittukin.

312. Kustannukset

Kumpikin työkone vaatii noin 70 kW:n traktorin käyttölaitteekseen. Nelipyöräveto on eduksi kumpaakin käytettäessä. Tutkimuksen aikana tärylevyä käytti takapyöräveto traktori, mutta kuljettajan kokemusten mukaan nelipyöräveto olisi ollut paremmin ohjattavissa peräpaineista

tärylevyä käytettäessä. Lanaa veti tutkimuksessa nelivetoinen traktori.

Koneurakoitsijain liitto ja Suomen maanrakentajien keskusliitto laativat vuosittain ohjetuntivuokrat yleisimmille maanrakennuskoneille (Maanrakennuskoneiden... 1987). Traktoreiden ohjetuntivuokra riippuu traktorin koosta. Vuokraan sisältyy kuljettajasta aiheutuvat kustannukset. Nelivedon käyttämisestä peritään lisävuokra. Seuraavan asetelman mukaan (Maanrakennuskoneiden... 1987) vedettävän lanan tuntikustannukset ovat 149 mk/h.

Kustannuslaji	Kustannukset mk/h
70 kW:n traktori kuljettajineen	18
Nelipyöräveto	12
Tielana	19
Yhteensä	149

Yhden tiekilometrin käsittelyyn kuluu lanalla 31 minuuttia, mistä tulee kilometrikustannukseksi 77 mk/km.

Tärylanan hinta on valmistajan mukaan noin 60 000 mk.

Kustannuslaji	Kustannukset mk/h
70 kW:n traktori kuljettajineen	118
Nelipyöräveto	12
Tärylevy	26
Yhteensä	156

Yhden tiekilometrin käsittelyyn kuluu lanalla 84 minuuttia, mistä tulee kilometrikustannukseksi 218 mk/km.

Ohjetuntivuokriin perustuvaa kustannuslaskelmaa voidaan pitää kustannusten ylärajana. Suurista urakoista on mahdollista saada alennusta. Metsätien tiekunnan jäsenillä on usein omia traktoreita, joiden käyttäminen on urakoitsijan traktoriin verrattuna halvempaa, koska palkkakustannukset ja osa rahoituskustannuksista jäävät usein pois.

Vertailun vuoksi 6 tonnin tiehöylän tuntivuokra on 179 mk/h, joka lanan työskentelynopeudella antaa kilometrikustannukseksi 92 mk/h. Rannan (1984) kyselytutkimuksen mukaan metsäteiden lanauksen maksoi 1983 kustannustason mukaan keskimäärin 122 mk/km. Halvinta lanauksen oli yksityisten metsänomistajien teillä (57 mk/km) ja kalleinta Metsähallituksen metsäteillä (250 mk/km). Metsähallituksen teillä useissa tapauksissa käytettiin tiehöylää, koska teillä on usein huomattavasti yleistä liikennettä.

32. Työtulos

321. Irtokivet

Irtokivien määrä talven 1985-86 jälkeen ennen lanausta oli 8 kpl/(3 × 0,1 m² koealaa) (taulukko 3). Pyöränuran kohdalla oli luonnollisesti kaikkein vähiten irtokiviä. Koko aineistossa (havainnot 26 pisteestä) eniten irtokiviä, eli neljä kappaletta, oli tien reunan koealat olivat usein tien kapeuden ja hoitamattomuuden takia jo heinäkossa, jolloin irtokivien määräkin jäi pieneksi. Tiestä riippuen suurin irtokivimäärä oli reunan tai keskustan koealalla.

Selvästi eniten irtokiviä oli tiellä 1, jonka pintakerros oli pientä 0...35 mm mursketta. Suurten yli 60 mm kivien osuus oli vakio 13 % suuren murskeen teillä. Pienen murskeen tiellä niitä oli vain satunnaisesti. Liikenteen kannalta suuret kivet haittaavat enemmän kuin pienet, elleivät pienet muodosta yhtenäistä irtokerrosta tien pintaan. Tiellä 2 suuret irtokivet häiritsivät paikoin ainakin kevyttä liikennöintiä.

Irtokivien lukumäärä väheni keskimäärin 6 % lanauksen vaikutuksesta. Varsinkin suurten (yli 60 mm) kivien osuus irtokivien määrästä väheni puoleen ennen lanausta vallinneesta tilanteesta. Pyöränuralla ja keskellä tietä oli yhtä paljon kiviä, irtokivet olivat siirtyneet reunalle.

Etukäteen yritettiin valita vilkkaimmin liikennöityjä mursketeitä. Pääasiallinen liikenne teillä kesän aikana oli kuitenkin henkilöautoja. Raskasta liikennettä olivat muutamat puutavara- ja sorakuormat.

Lokakuuhun mennessä irtokivien määrä oli kaikilla teillä pienentynyt reiluun kolmasosaan ennen lanausta vallinneesta tilanteesta. Pyöränuralla kivet olivat hävinneet. 60 mm suurempien kivien osuus oli syksyllä suurempi kuin keväällä, mutta niiden lukumäärä on kuitenkin kolmasosan pienempi kuin ennen lanausta.

Irtokiviaineistot eivät ole normaaliakautuneita, koska pieniä havaintoja (0 ja 1) on huomattavasti enemmän kuin muita havaintoja. Irtokivien määrään vaikuttavia tekijöitä selvitettiin varianssianalyysillä, mutta aineiston jakautumien vinouden takia tuloksia voi pitää korkeintaan suuntaantavina. Murskeen koko oli merkittävin

Taulukko 3. Irtokivien keskimääräiset lukumäärät koeteillä ennen lanausta, sekä 60 mm suurempien kivien osuus irtokivistä. Kunkin koealan pinta-ala on 0,1 m².

Table 3. The average number of loose stones on the roads before handling. The percentage of stones larger than 60 mm of the total number of loose stones. The area of each sample is 0,1 m².

Koealan sijainti Position of the sample	Irtokivien lukumäärä, kpl/koeala Number of loose stones, pcs./sample				Kaikki tiet All roads s.d.
	Tie 1 Road 1 \bar{x}	Tie 2 Road 2 \bar{x}	Tie 3 Road 3 \bar{x}	\bar{x}	
Keskellä Between wheel ruts	6,2	2,7	2,5	4,3	3,8
Uralla On wheel rut	0,6	0,2	0,3	0,4	0,6
Reunalla On road shoulder	4,5	3,2	1,0	3,4	4,4
Yhteensä Total	11,3	6,1	3,8	8,1	6,5
60 mm:ä suurempien irtokivien osuus kokonaismäärästä, % Percentage of loose stones larger than 60 mm					
	0,1	13	13		

Taulukko 4. Irtokivien keskimääräinen lukumäärä eri aikoina tärylevyllä ja lanalla käsitellyillä teillä.

Table 4. The number of loose stones on roads handled with the vibrating blade and with the pulled drag at different times.

Mittausaika Time of the measurement	Irtokivien lukumäärä, kpl/(3 * 0,1 m ² koeala) Number of loose stones, pcs./(3 * 0,1 m ² sample)					
	Tärylevy Blade		Lana Drag		Keskimäärin On average	
	\bar{x}	s.d.	\bar{x}	s.d.	\bar{x}	s.d.
Ennen lanausta Before handling	6,7	6,8	9,4	6,2	8,1	6,5
Kesäkuussa lanauksen jälkeen In June after handling	7,9	5,9	7,3	9,3	7,6	7,8
Lokakuussa lanauksen jälkeen In October after handling	1,2	2,0	3,2	2,9	2,3	2,7

irtokivien määrää selittävä tekijä kaikkina ajankohtina. Pienestä murskeesta tehdyllä tiellä oli enemmän irtokiviä kuin suuresta murskeesta tehdyillä.

Tärylevyllä käsitellyillä teillä oli ennen

lanausta ollut vajaan kolmanneksen vähemmän irtokiviä kuin lanalla käsitellyillä teillä (taulukko 4). Ero ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevä. Tärylevykäsittely on jättänyt hiukan lanausta enemmän irtokivi-

Taulukko 5. Kruskal-Wallis testiarvot taulukon 4 irtokivien määrien vertailua varten.
Table 5. The Kruskal-Wallis test values for comparing the number of loose stones in Table 4.

Aika Time	Järjestyslukujen k.a. Average value of ordinars		Testiarvo Test value	Merkitsevyytaso Level of significance
	Tärylevy Blade	Lana Drag		
Ennen lanausta Before handling	10,8	15,8	2,68	-
Kesäkuussa lanauksen jälkeen In June after handling	14,7	12,5	0,53	-
Lokakuussa lanauksen jälkeen In October after handling	9,6	16,9	6,49	*

kiviä tien pinnalle. Syksyllä, jolloin ovat nähtävissä käsittelyjen pitkäaikaisvaikutukset, on vedettävällä lanalla käsitellyillä koepisteillä ollut noin kolme kertaa enemmän irtokiviä kuin tärylevyllä käsitellyillä koepisteillä.

Keskiarvojen tilastollisissa vertailuissa käytettiin Kruskal-Wallis testiä, koska tutkittavat jakaumat eivät ole normaalisti jakautuneita vaan voimakkaasti vasemmalle vinoja. Taulukossa 5 on Kruskal-Wallis testiarvot eri käsittelyjen vaikutuksille.

Saman ajankohdan irtokivien määriä verrattaessa ei eri työkoneilla suoritetuilla käsittelyillä ole eroa (taulukko 4). Sen sijaan tärylanalla käsitellyillä pisteillä on syksyllä ollut merkittävästi vähemmän irtokiviä kuin lanalla käsitellyissä koepisteissä. Tilastollinen merkitsevyys on hyvin lähellä 1 % merkitsevyystasoa (vertailuarvo 6,67).

322. Tien poikkileikkaus

Piirretyistä poikkileikkauksista mitattujen yli 0,5 cm syvien vesikuoppien teittäiset keskilukumäärät ovat taulukossa 6. Yhdessä poikkileikkauksessa oli ennen lanausta keskimäärin kaksi vesikuoppaa. Suoritettujen varianssianalysien perusteella ennen käsittelyjä vallineessa tilanteessa ei kuoppien lukumäärässä eikä syvyydessä ollut tilastollisesti merkittäviä eroja murskeen koon eikä tulevan käsittelymenetelmän mukaan. Käsittelyjen ansiosta kuoppien

lukumäärä on vähentynyt. Syksyyn mennessä kuoppien lukumäärä on palannut ennen lanausta vallinneelle tasolle.

Vesikuoppien suurin syvyys on ollut keskimäärin 2,6 cm (taulukko 7). Kuoppien keskileveys on ollut hieman vajaa metri. Suurelta tuntuva leveys johtuu siitä, että kaikki 0,5 cm syvemmät kohdat mitattiin. Liikenteen kannalta vesikuoppien leveys on yleensä vaarattomin mitatuista muuttujista. Pienialaisissa kuopissa ajoneuvojen pyörät eivät kulje pohjaa myöten, kuten laakeissa kuopissa, vaan aiheuttavat kuoppien reunoihin suuria pistemäisiä kuormituksia, jotka rikkovat tien rakennetta. Laakeissa kuopissa olevalla vedellä on suuri vapaa pinta tilavuuteensa nähden, mistä johtuen haihdunta on tehokkaampaa kuin syvistä kuopista. Kuoppien lukumäärän kasvu lisää tietenkin kaikkia kuoppien aiheuttamia hankaluuksia.

Heti käsittelyjen jälkeen kuoppien syvyys oli tilastollisesti merkitsevästi pienempi 0...35 mm murskeesta tehdyissä koepisteissä kuin 0...65 mm murskeesta tehdyissä pisteissä. Syksyllä kuoppien lukumäärä oli tilastollisesti merkitsevästi pienempi hienommasta murskeesta tehdyissä pisteissä kuin karkeammasta murskeesta tehdyissä koepisteissä. Työkoneiden merkitys ei tullut voimakkaasti esille minään ajankohtana.

Tärylevyllä käsittely on vähentänyt kuoppien lukumäärää ja madaltanut kuoppien syvyyttä (taulukot 6 ja 7). Kuoppien leveys on ollut käsittelyn jälkeen läh-

tötilannetta suurempi, mutta on syksyyn mennessä kaventunut lähtötasosta (90 cm) 66 cm:iin. Vedettävä lana on lisännyt kuoppien lukumäärää ja syvyyttä. Ainoastaan kuoppien leveys on vedettävää lanaa käytettäessä hiukan pienentynyt.

Varianssianalyysin perusteella tärylanaa käytettäessä murskeen koolla tai mittausajalla ei ole ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta kuoppien lukumäärään tai keskisyvyyteen. Vedettävän lanan työljäljessä hienommasta murskeesta tehdyillä tie-

osuuksilla on ollut tilastollisesti merkitsevästi vähemmän kuoppia kuin karkeammasta tehdyillä osuuksilla. Kuoppien keskisyvyys on myös ollut hienon murskeen tapauksessa pienempi kuin karkean, ero ei tosin ole tilastollisesti kovin merkittävä.

Tienpinnan hyvyyttä kuvaamaan kehitettiin muuttuja summasyvyys, joka on poikkileikkauksen vesikuoppien syvyyksien summa eli ilmaisee kuoppien lukumäärän ja syvyyden yhteisvaikutuksen. Mitä suurempi arvo muuttujalla on sitä huo-

Taulukko 6. Tien poikkileikkauksen vesikuoppien lukumäärä tärylevyllä ja lanalla käsitellyillä teillä.

Table 6. The number of water holes in road cross sections handled with the vibrating blade and with the pulled drag.

Aika Time	Vesikuoppien määrä poikkileikkauksessa, kpl Number of water holes in a cross section, pcs.					
	Tärylevy Blade		Lana Drag		Keskimäärin On average	
	\bar{x}	s.d.	\bar{x}	s.d.	\bar{x}	s.d.
Ennen lanausta Before handling	2,2	1,0	1,6	1,2	1,8	1,1
Kesäkuussa In June	1,5	1,0	1,8	1,1	1,7	1,1
Lokakuussa In October	1,8	0,7	2,1	0,9	2,0	0,8

Taulukko 7. Tien poikkileikkauksen vesikuoppien keskimääräinen suurin syvyys tärylevyllä ja lanalla käsitellyillä teillä.

Table 7. The average of largest depths of water holes in road cross sections handled with the vibrating blade and with the pulled drag.

Aika Time	Vesikuoppien keskim. suurin syvyys, cm Average of largest depths of water holes, cm					
	Tärylevy Blade		Lana Drag		Keskimäärin On average	
	\bar{x}	s.d.	\bar{x}	s.d.	\bar{x}	s.d.
Ennen lanausta Before handling	3,0	2,1	2,3	2,0	2,6	2,0
Kesäkuussa In June	2,1	1,1	2,5	1,7	2,3	1,5
Lokakuussa In October	2,3	1,2	2,5	2,0	2,4	1,6

nommasta tiestä on kyse. Tärylevyllä käsittely on merkittävästi pienentänyt summasyvyyttä (taulukko 8) eli parantanut tien kuntoa. Vaikutus on sitten vähentynyt liikenteen kulutuksessa kesän aikana loppuarvon ollessa kuitenkin selvästi lähtötasoa alempana. Lanaus vedettävällä lanalla on huonontanut tien kuntoa alkuperäisestä.

Liikenteen vaikutus kesän aikana on hie-man vielä edelleen huonontanut tilannetta. Summasyvyyttä koskevan varianssianalyysin perusteella ennen lanausta on koneiden välillä ollut tilastollisesti lähes merkitsevä ero. Käsittelyn jälkeen kohoaa murskelajin vaikutus suuremmaksi kuin koneen vaikutus. Tämäkään vaikutus ei tosin tilas-

tollisesti ole kovin merkitsevä. Tärylana-aineistossa tärkein summasyvyyden selittäjä on aika, murskeiden välillä ei ole eroa. Vedettävän lanan aineistossa aika on merkityksetön selittäjä murskekoon ollessa tilastollisesti lähes merkitsevä. Summasyvyys on ollut hieman suurempi hienon murskeen kuin karkean murskeen teillä (taulukko 9) ennen käsittelyä. Lanauksen jälkeen on hienosta murskeesta tehtyjen teiden pinta ollut karkeasta tehtyjen teiden pinta parempi.

TVH:n ohjeissa (Yksityiset tiet 1985) sorasta tehdyksi kulutuskerrokseksi (kuva 5). Tien laidan materiaalin rakeisuuskäyrät kulkevat lähes koko matkan ohjekäyrän alapuolella. Teiden laidalla karkeiden ja-keiden osuus on suurempi kuin keskellä. Tämä on tyypillistä myös TVH:n sorateilla (Valtonen 1987).

Raekooltaan 0...35 mm murskeesta tehdyillä tienpinnoilla uran ja tien reunan rakeisuuskäyrät ovat lähempänä toisiaan kuin karkeammasta (0...65 mm) murskeesta tehdyillä teillä (taulukko 10 ja kuva 5). Karkeasta murskeesta tehdyillä teillä tien reuna koostuu puoleksi 32 mm:ä suuremmista kivistä. Karkeasta murskeesta tehdyillä teillä tien rakenne on joko muovautunut liikenteen alla tai jo muotoutunut rakennusvaiheessa epätasarakenteisemmaksi kuin hienommasta murskeesta tehtyjen teiden rakenne.

Työmenetelmien vertailuun pyrittiin saamaan samanlaiset tieosuudet kummallekin työkonelle. Tavallisella lanalla käsiteltyjen tieosuuksien rakeisuuskäyrä kulkee sekä uran että tien reunan näytteissä alempana kuin tärylevyllä käsiteltyjen osuuksien rakeisuuskäyrät (kuvat 6 ja 7). Jos silttiaineksen osuus on pienempi kuin 8 %, maa-aineksen kantavuus on yleensä sitä

323. Tienpinnan materiaalikoostumus

Pyöränuralta ja tien reunasta otettujen 3 cm paksujen materiaalinäytteiden mukaan (taulukko 10) tien reunalla suurten rakeiden osuus on suurempi kuin pyöränuralla. Suuresta hajonnasta johtuen erot eivät kuitenkaan ole tilastollisesti merkitseviä. Silttijakeen osuuden täytyy olla suurempi kuin 1 %, mutta sitä ei ole pelkässä kuivaseulonassa saatu eroon. Vaikka siltin osuuden absoluuttiset arvot eivät pidäkään paikkaansa, voitaneen arvojen suhteita pitää oikeita suuntia antavina.

Karkean soran ja kivien osuus on murskepinnassa tietenkin suurempi kuin

Taulukko 10. Erilaisista murskeista tehtyjen tienpintojen keskimääräiset rakeisuusosuudet ennen lanausta uralla ja tien reunalla. 0...35 mm 12 havaintoa ja 0...65 mm 14 havaintoa.

Table 10. Before handling the average grain-size distribution of the road surface layers built of 0...35 mm and of 0...65 mm crushed material on the wheel rut and the shoulder of the road. The number of samples on 0...35 mm material is 12 and on 0...65 mm 14.

Raekoko, mm Grain-size, mm	Raekoon keskimääräinen osuus koko näytteestä, % Average percentage of grain-size of total sample							
	Murskeen koko Grain-size of crushed material							
	0-35 mm		0-65 mm		0-35 mm		0-65 mm	
	Ura Wheel rut	Reuna Shoulder	Ura Wheel rut	Reuna Shoulder	Ura Wheel rut	Reuna Shoulder	Ura Wheel rut	Reuna Shoulder
	\bar{x}	s.d.	\bar{x}	s.d.	\bar{x}	s.d.	\bar{x}	s.d.
<0,075	2	1	1	1	1	1	2	2
0,075-2	34	9	30	8	42	14	26	17
2-20	34	5	31	6	28	5	18	10
20-32	16	8	17	5	9	4	6	3
32-64	12	9	17	10	16	12	38	28
>64	2	6	4	9	4	9	10	11

Taulukko 8. Keskimääräinen tien poikkileikkauksen vesikuoppien syvyyksien summa eli summasyvyys (katso teksti) tärylevyllä ja vedettävällä lanalla käsitellyillä teillä.

Table 8. The average of depthsums¹⁾ of water holes in road cross section handled with the vibrating blade and with the pulled drag.

Aika Time	Vesikuoppien keskimääräinen summasyvyys, cm Average of depthsums ¹⁾ of water holes, cm					
	Tärylevy Blade		Lana Drag		Keskimäärin On average	
	\bar{x}	s.d.	\bar{x}	s.d.	\bar{x}	s.d.
Ennen lanausta Before handling	6,8	6,5	3,9	3,4	5,3	5,2
Kesäkuussa In June	3,2	2,1	5,0	3,9	4,1	3,3
Lokakuussa In October	4,5	2,7	5,1	4,2	4,8	3,5

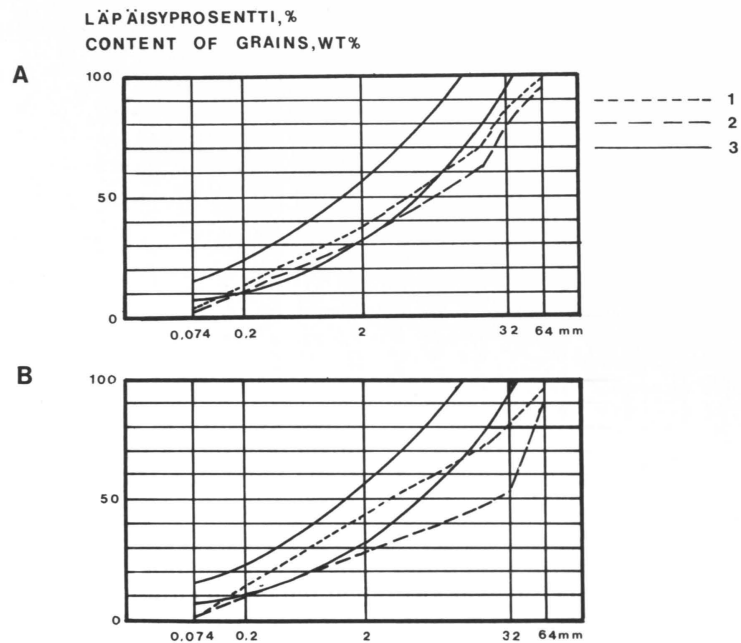
¹⁾ Depthsum is the sum of depths of all water holes in one cross-section.

Taulukko 9. Keskimääräinen tien poikkileikkauksen vesikuoppien syvyyksien summa eli summasyvyys (katso teksti) 0...35 mm ja 0...65 mm murskeesta tehdyillä teillä.

Table 9. The average of depthsums¹⁾ of water holes in road cross section on roads built of 0...35 mm and of 0...65 mm crushed morain.

Aika Time	Vesikuoppien keskimääräinen summasyvyys, cm Average of depthsums ¹⁾ of water holes, cm					
	Murskeen koko, mm Grain-size of crushed material, mm				Keskimäärin On average	
	0...35		0...65			
	\bar{x}	s.d.	\bar{x}	s.d.	\bar{x}	s.d.
Ennen lanausta Before handling	5,5	7,2	5,0	2,8	5,3	5,2
Kesäkuussa In June	3,0	3,3	5,1	3,1	4,2	3,3
Lokakuussa In October	3,9	4,6	5,6	2,2	4,8	3,5

¹⁾ Depthsum is the sum of depths of all water holes in one cross-section.



Kuva 5. Pyöränuran ja tien reunan materiaalin rakeisuuskäyrät 0...35 mm (A) ja 0...65 mm (B) murskeesta rakennetuilla teillä ennen lanausta. 1 = pyörän ura, 2 = tien reuna ja 3 = alue osoittaa TVH:n ohjealueen sorasta rakennetulle kulutuskerrokselle (Yksityiset... 1984).

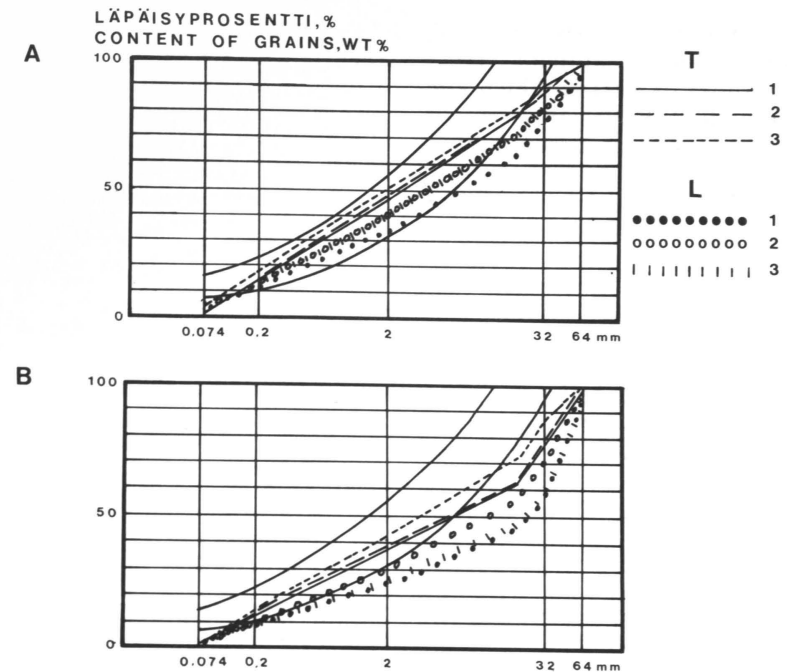
Fig. 5. The grain-size distributions of wheel rut and shoulder on roads build of 0...35 mm (A) ja 0...65 mm (B) crushed morain morain before handling. 1 = wheel rut, 2 = road shoulder and 3 = area shows the norm grain-size distribution for gravel surface layer given by the Central Board of Road and Waterways Construction (Yksityiset... 1984).

suurempi mitä pienempi on hienon aineksen osuus (Yksityiset tiet 1984), eli pintamateriaalin kantavuus on ollut lanateillä hiukan parempi kuin tärylevyillä keskimäärin. Kummankin menetelmän näytteissä on havaittavissa koko aineiston keskiarvossa sekä TVH:n sorateilla (Valtonen 1987) havaittu tien reunan uraa suurempi karkeiden rakeiden osuus. Suuresta hajonnasta johtuen eri työmenetelmillä käsiteltävien teiden lähtöarvojen välillä ei ole yksiselitteisesti merkitsevää eroa.

Pyöränuralla tärylevyllä käsittely on vaikuttanut vähän pintamateriaalin koostumukseen (kuvat 6 ja 7). Muutokset ovat yleensä syksyyn mennessä palautuneet ennalleen lukuunottamatta käsittelyn aiheuttaman vähenemisen jälkeistä voimakasta kasvua silttijakeen osuudessa. Mielenkiin-

toinen on 32...64 mm jaeosuus, jota tärylevyllä käsittely on siirtänyt uralle tien reunalta. Suurimmat kivet (> 64 mm) ovat vähentyneet uralla, mutta tien reunalta ne eivät ole hukkuneet. Karkean materiaalin saaminen pyöränuralle on edullista, koska kulutuskerroksen rakeet jauhautuvat kuitenkin liikenteen, sään ja hoitotoimenpiteiden takia koko ajan pienemmiksi, eli hienojakeen osuus tiessä kasvaa ajan myötä.

Lanaus tavallisella lanalla on lisännyt pienten (> 2 mm) rakeiden osuutta sekä pyöränuralla että tien reunalla. 20 mm hienompien rakeiden osuus on lähes poikkeuksetta kasvanut lanauksen ansiosta sekä uralla että reunalla. Vastaavasti karkeampien rakeiden osuus on pienentynyt koko tiessä. Liikenne on kesän aikana palautta-



Kuva 6. Pyöränuran (A) ja tien reunan (B) materiaalin rakeisuuskäyrät tärylevyllä (T) ja tavallisella lanalla (L) käsitellyillä tieosuuksilla ennen lanausta (1), heti lanauksen jälkeen (2) sekä lokakuussa lanauksen jälkeen (3).

Fig. 6. The grain-size distributions of wheel rut (A) and shoulder (B) on road sections maintained by vibrating blade (T) and pulled drag (L) before handling (1), one week after handling (2) and after handling in October (3).

nut melkein kaikki lanauksen aiheuttamat muutokset ennalleen. Kivet (< 64 mm) ovat kuitenkin siirtyneet täysin uralta reunalle. Silttiaineksen osuus on entisestään kasvanut uralla. Silttiosuuksia arvioitaessa täytyy muistaa, että sen absoluuttiset arvot lienevät kuivaseulonnasta johtuen liian pieniä. Silttiosuuden suhteellisten muutosten suuntaa voitaneen kuitenkin pitää merkitsevinä.

Regressionanalyysillä tutkittiin, mitkä tekijät vaikuttavat yksittäisten raekokoluokkien suuruuteen. Millään selittäjäyhdistelmällä ei päästy merkitseviin selityksiksi. Työkone ja murskeen koko olivat parhaimpia selittäjiä, mutta niidenkin merkitys ja merkitsevyys vaihteli hyvin paljon raekokoluokkien välillä.

Käyrien perusteella tärylevyllä käsittely on lanan käyttöä tarkoituksenmukaisempi, koska se säilyttää karkeata jaetta tiessä.

Lanaus lisää tarpeettomasti hienojakeen osuutta. Kesäaikainen liikennöinti on tasoitannut kuitenkin melkoisesti lanaamisessa tapahtuneita muutoksia. Tärylevyn ja lanan työpölkien vaikutusta tien kuntoon tulisi seurata useiden vuosien ajan, jolloin saataisiin taloudellisetkin vaikutukset esiin.

324. Yksityisten teiden kuntoisuusluokitus

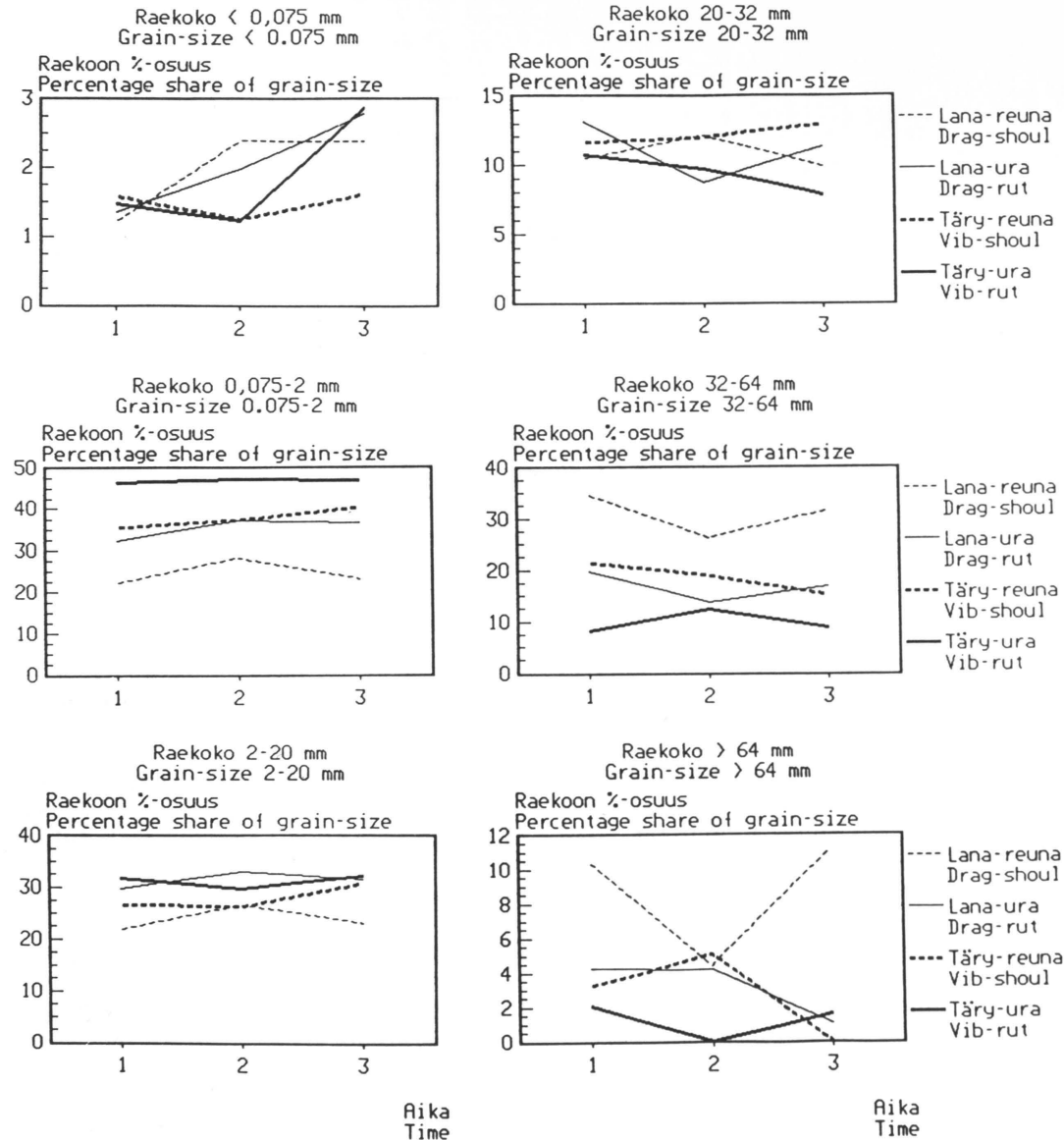
Lokakuussa koeteiden pisteet luokiteltiin TVH:n yksityisteiden laaduntarkastusohjeiden (Yksityiset... 1985) mukaan. Pintakäsittelyjen kannalta merkittävin arvostelukohde on kappaleeseen "kulutuskerros" kuuluva kohta "Raiteet, kuopat, irto- ja maakivet". Muihin kohtiin ei yhdellä käsittelykerralla juuri ole voitua vaikutusta.

Lanauksen vaikutusta kulutuskerroksen

materiaalin määrään ja laatuun ei voida tehdä pelkästään lopputilannetta vertaamalla. TVH:n luokituksessa kaikkien koe-ten pintamateriaali putosi toiseksi parhaaseen luokkaan, koska parhaassa luokassa suurin raekoko saa olla vain 18 mm.

Yhtä tavallisella lanalla käsiteltyä koepistettä lukuunottamatta kaikki koepisteet

olivat parhaassa luokassa raiteiden, kuoppien ja irto- sekä maakivien suhteen. Työmenetelmät ovat sen mukaan tasa-arvoisia, tärylevyn ollessa hieman varmempi hyvän työjäljen tekijä. Muihin tässä tutkimuksessa käytettyihin laatuvaatimuksiin verrattuna laaduntarkastuslomake on epätarkka luokkien suuruudesta johtuen.



Kuva 7. Tärylevykäsittelyn ja lanauksen vaikutus pyöränuran ja tien reunan materiaalin rakeisuusosuuksiin.
Fig. 7. The effect of maintenance by vibrating blade and pulled drag on the grain-size distribution of wheel rut and shoulder of the road.

4. Tulosten tarkastelu

Työmenetelmien vertailuaineisto on pieni. Erojen merkityksen tulkintaa vaikeuttaa arvojen suuri hajonta. Tärylevy on vähentänyt vesikuoppien haittoja ja säilyttänyt tien materiaalirakenteen lanaa paremmin. Nämä tekijät ovat tien tulevan kestävyuden kannalta tärkeitä. Tärylevyn käyttö on kuitenkin lähes kolme kertaa kalliimpaa kuin lanaukset. Saavutettujen hyötyjen aiheuttamia säästöjä on vaikea arvioida ilman muutamia vuosia kestävästä seuranta-tutkimuksesta, jolla tutkitaan, voidaanko käsittelevä tärylevyllä tehdä harvemmin kuin lanauksia. Todennäköisesti tietä on joka tapauksessa huollettava vähintään kerran vuodessa. Tällöin tärylevyn kalliit käsitteilykustannukset tekevät sen käytön epätaloudelliseksi.

Suurista käyttökustannuksistaan huolimatta saattaa levy olla harkinnan arvoisen hankinta tiekunnalle. Traktorin käyttöaika ja -kustannukset eivät välttämättä ole kovin merkittävä tekijä, jos osakkaat itse tekevät työn. Tärylevyn käyttömahdollisuudet ovat huomattavan monipuoliset lanaan verrattuna. Tärylevyä voidaan tehokkaasti käyttää rakennustöissä. Sillä on suuri irro-

tusvoima. Kaksipuolisena se on myös nopeakäyttöinen. Talvella tärylevyn irrotusvoimaa voidaan hyödyntää paannejään irroituksessa. Kaikki traktorin omistajat eivät voi käyttää levyä, koska se vaatii kaksiohydrauliikan tai erillisen hydraulipumpun.

Moreeninmurskauksen yleistyttyä on siirrytty tekemään kulutuskerros hienomasta murskeesta (MH Pertti Mäki-Hakola, Etelä-Pohjanmaan metsälautakunta, MH Hannu Niemelä, Keskusmetsälautakunta Tapio, suull. tiedonann. 1988). Tien kantava kerros tehdään 0...65 mm murskeesta ja kulutuskerros 0...20-35 mm murskeesta. Tien pintaan tulee helposti muokattava kerros, joka täyttää perinteisen vaatimuksen, jonka mukaan kerroksen tulee olla kahdesta kolmeen kertaan suurimman rakeen paksuinen (esim. Kuonen 1983). Tämäkin tutkimus puolustaa hienon murskeen käyttöä, koska 0...35 mm murskeesta tehdyt tienpinnat muokkautuivat parempaan kuntoon kuin 0...65 mm murskeesta tehdyt. Hienon murskeen kunnossapitoon soveltuu sitten myös halpa lana.

5. Yhteenveto

Tavallinen lana käsittelee tienpintaa parin senttimetrin syvyydeltä. Tien pintaa muokkaavat voimat ovat pääasiassa tien ja sen poikkisuunnassa vaikuttavia leikkausvoimia. Irrotetut massat sekoittuvat siirtyessään terien edessä tien laidasta toiseen kunnes jäävät painovoiman vaikutuksesta kuoppakohtiin. Paria senttiä suuremmat rakeet siirtyvät siksi tien sivuun, ellei kohdalle satu sitä syvempiä kuoppia.

Lanaukset vähentävät irto- ja kuoppien määrää tien pinnalla. Vesikuoppien lukumäärä ja syvyys ovat lanauksessa lisääntyneet tai vähintään säilyneet ennallaan. Kuoppien leveys on toisaalta kaventunut. Tienpinnan

rakeisuutta lanaukset on heikentänyt lisäämällä hienoaineksen osuutta. Suurimmat kivet ovat siirtyneet tien rakenteesta pois tien reunalle.

Tärylevy irrottaa lanauksen tavoin maata leikkaamalla, sekoittamalla ja siirtämällä sitä tien poikkisuunnassa. Ero lanaukseen on tärylaitteen aiheuttama pystysuuntainen iskuvoima, joka lisää etummaisenaan irrotusvoimaa ja tiivistää tasoitetun maakerroksen toisella terällä. Käytetyllä 1,5 km/h työskentelynopeudella tiivistyskuoppien väli oli pienempi kuin tiivistävän terän paksuus. Tiivistysvoima riittää painamaan maasta irtoamattomat suuret rakeet takai-

sin tien pintaan. Se ei kuitenkaan riitä tunkemaan jo irrallaan olevia suuria rakeita sisään, vaan ne siirtyvät tieltä pois. Käsitely tärylevyllä on hieman lisännyt irtokivien määrää tiellä, mutta kesän aikana niiden määrä on vähentynyt huomattavasti. Levy on vähentänyt vesikuoppien määrää ja madaltanut niitä. Kumpikin vaikutus on säilynyt syksyyn asti. Vesikuoppien leveys on kasvanut käsittelyssä, mutta jälleen kaventunut syksyyn mennessä. Levy on säilyttänyt karkean materiaalin tien rakenteessa ja jopa siirtänyt karkeata materiaalia tien reunalta pyöränuralle.

Yhden tiekilometrin käsittely tärylevyllä vie 1,4 h (työmaa-aika) ja lanalla 0,5 h. Tiekilometrin käsittelykustannus levyllä

on kolme kertaa kalliimpaa kuin lanalla (218 mk ja 77 mk). Vaikka tärylevyn työtulos on hiukan lanan tulosta parempi, on levyn käyttö pelkästään tien kunnossapitoon epätaloudellista. Tärylevylle saattaa löytyä muuta käyttöä tienrakennuksesta ja talvikunnossapidosta.

Kummallakin laitteella käsitellyt tienpinnat olivat syksyllä pinnaltaan käyttökelpoisessa kunnossa. Kumpikaan ei kuitenkaan pysty sekoittamaan irrallisia suuria (> 65 mm) murskerakeita takaisin tienpintaan. Laitteet sopivat mursketien kunnossapitoon, jos tietä hoidetaan niin usein, etteivät suuret rakeet ehdi nousta tienpinnasta ulos.

Kirjallisuus

- Hartikainen, O-P. 1978. Tielaboratorion työohjeita 398. Otapaino, Espoo. 216 s.
- Hurme, K. 1987. Täryttävä kiekkojyry metsäautoteiden rakentamiseen ja ylläpitoon. Koneurakoitsija 2: 34-35.
- Johannesson, A., Johansson, A., Kankare, E. & Skarra, N. 1983. Förbättring och underhåll av grusvägar, FUG, Slutrapport av ett samnordiskt vägforskningsprojekt. Tiivistelmä: Sorateiden parantaminen ja kunnossapito, FUG, Yhteispohjoismaisen tutkimuksen loppuraportti. Abstract: Improvement and maintenance of gravel roads, FUG, Final report of a joint investigation of the Nordic countries. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Tutkimuksia 243. 104 s.
- Jämsä, H. 1982. Metoder för grusslitlagrets behandling. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Tiedotteita 194. 47 s.
- Kuonen, V. 1983. Wald- und Gueterstrassen. Planung - Projektierung - Bau. Eigenverlag des Verfassers. Pfaffhausen. 743 s.
- Maanrakennuskoneiden ryhmittely, tuntivuokrat ja vuokrauksen yleiset ehdot 1.1.1987 alkaen. 1987. Koneurakoitsijain liitto r.y. ja Suomen maanrakentajien keskusliitto r.y., Helsinki. 575.
- Metsäteiden kunnossapito. 1982. Keskusmetsälautakunta Tapio. Helsinki. 40 s.
- Pulki, R. 1980. Factors affecting the use of crushed clacial moraines for forest road construction. Tiivistelmä: Moreenimurskeen käyttöön metsätien rakennuksessa vaikuttavat tekijät. Helsingin yliopiston metsäteknologian laitos, Tiedonantoja 41. 96 s.
- 1982. The development of an economical method for measuring the bearing capacity of forest roads. Tiivistelmä: Taloudellisen mittausmenetelmän kehittäminen metsäautoteiden kantavuuden arvioimiseen. Helsingin yliopiston metsäteknologian laitos, Tiedonantoja 42. 85 s.
- Ranta, M. 1984. Metsäteiden kunnossapito, kunto ja kunnostustarve. Metsäteknologian pro gradu -työ. Helsingin yliopiston metsäteknologian laitos. 82 s.
- Rummukainen, A. 1987. Moreenimurskeesta tehtyjen metsäteiden kunnossapito. Esitelmä Suomen Metsätieteellisen Seuran kokouksessa 18.3.1987. 2 s.
- Shiba, M. 1986. Computer simulation of road surface roughness using the point-by-point information and its applicability to the behaviour of surface drainage. Poster paper, XVIIIth IUFRO World Congress in Ljubljana, Yugoslavia, 7-21., September 1986. 37 s.
- Simonsen, P. 1977. Utvärderingsmetoder för bärgningsmätningar - en litteraturstudie. Statens väg och trafikinstitut, Meddelande 65. 49 s.
- Skarra, N. 1982. Faktorer som påverkar hövlingsfrekvens og drivstofforbruk på grusveger. En undersøkelse for Nordisk Ministerråds vegforskningsprosjekt: "Forbedring og vedlikehold av grusveger (FUG)". Transportøkonomisk institutt, Prosjektrapport. 56 s.
- Teiden kuntoa ja palvelutasoa koskeva seuranta tutkimus. Yhteenvedo v. 1979-1983. 1984. Valtion

teknillinen tutkimuskeskus, Tie- ja liikennelaboratorio, Tutkimuslaskutus 452. 53 s.

Underhåll skogsbilväg. 1980. Skogsstyrelsen, Jönköping. 36 s.

Valtonen, K. 1987. Soratietutkimus; Sulkavan tiemestaripiiri -87. Tutkimusraportti 20.8.1987. 5 s.

Yksityiset tiet. Osa I Suunnitteluohjeet. 1984. Tie- ja

vesirakennushallitus, TVH 722504. Helsinki. 119 s.

Yksityiset tiet. Osa III Kunnossapito-ohjeet. 1985. Tie- ja vesirakennushallitus, TVH 722506. Helsinki. 61 s.

Total of 19 references

Summary

Maintenance of crushed morain paved forest roads with agricultural tractor implements

Since late 1970's crushed morain excavated from actual road site has been used for surface layer of forest roads. The largest allowed particle diameter is 65 mm. Traffic and weather are wearing the surface so that small grains are thrown to the shoulders or ditches of the road. Grading brings the lost grains back into the road surface. Harm is caused by the large loose grains, because an energy of a 16 ton motorgrader and a 6 ton roller is needed to press them down into the road surface. This equipment is too expensive for use on forest roads.

26 road cross sections were measured in spring 1986, one week after maintenance in June and for third time in October. The maintenance was carried out by an ordinary 1 ton pulled drag or by a 1 ton vibrating blade, which was mounted on the three point linkage of an agricultural tractor. The number of water holes

and loose stones on the cross-section were measured. The grain-size distribution of road surface at wheel ruts and shoulders were measured in laboratory.

All the cross sections were in a proper condition in autumn. The forest road maintenance with a vibrating blade resulted in more shallow water holes and better grain-size distribution of the road surface layer than a pulled drag. On the other hand the maintenance with the drag was three times faster and cheaper than that with the vibrating blade. Neither of the implements could press large loose rock particles back into the road surface. Roads of crushed morain should be maintained with these light implements so frequently that the large particles do not get loose from the pavement. The vibrating blade is suitable for road construction and other maintenance work in winter.