

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA 545

Kannuksen tutkimusasema



Mäntyöljyn mahdollisuudet poltto- ja voiteluaineena

Sauli Takalo

1995

**Metsäntutkimuslaitos
Kannuksen tutkimusasema
PL 44
69101 Kannus
puh. 968-871 161**

**The Finnish Forest Research Institute
Kannus Research Station
PL 44
FIN-69101 Kannus
Finland**

Mäntyöljyn mahdollisuudet poltto- ja voiteluaineena

Sauli Takalo

Metsäntutkimuslaitos. Kannuksen tutkimusasema.
1995

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 545

Takalo, S. 1995. Mäntyöljyn mahdollisuudet poltto- ja voiteluaineena.. - Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 545. 17 s. + liitteet. ISBN 951-40-1418-9, ISSN 0358-4283.

Moottorisahalla työskenneltäessä kuluu teräketjuöljyä noin yksi litra hakattua 10 m³ kohden, mikä merkitsee tavanomaisissa harvennushakkuun olosuhteissa 4 - 6 dm³/ha ja päätehakkuissa 20-30 dm³/ha. Aikaisemmin tämä öljy oli yksinomaan mineraaliöljyä. Varsin usein kustannussyihin vedoten teräöljynä käytettiin käytöstä poistettua vanhaa moottoriöljyä. Tämän öljyn on todettu olevan haitallista sekä metsäluonnolle että ihmisen terveydelle.

Metsäntutkimuslaitos ryhtyi 1980-luvun alussa etsimään vaihtoehtoa näille öljyille. Ensisijaisena tavoitteena oli löytää luontoa saastuttamaton käyttäjäystävällinen öljy. Toivottavaa myös oli, että öljy olisi kotimainen ja uusiutuvasta raaka-aineesta peräisin. Etsitynkaltaisia raaka-aineita oli tuolloin tarjolla kaksi: mänty ja rypsi. Toinen kasvoi metsässä ja toinen pellossa,. Koetoiminta näiden öljyjen jalostamiseksi käynnistyi 1980. Kaupallinen teräöljy rypsisistä valmistui 1984 ja mäntyöljystä 1994. Tässä julkaisussa kuvataan koetoimintaa, jota tehtiin mäntyöljyllä vuonna 1994.

Kokeiden mukaan mäntyöljyn voiteluominaisuudet ovat verraten hyvät. Erilaisilla lisäaineilla varustettuna sen käyttöalue näyttää muodostuvan huomattavan laajaksi. Nykyisessä muodossaan Oulube 32 on tasavertainen toisten bio-teräöljyjen kanssa. Sensijaan sen jatkuva käyttö hydraulikassa samoin kuin Oulusol 102 dieselkäyttö edellyttävät jatkojalostusta..

Bioöljyjen yleistymisen kannalta on tärkeää, että niiden hinnat saadaan laskemaan lähemmäs mineraaliöljyjen hintoja. Tämän mahdollistanevat tuotekehittely ja lisääntyvä kilpailu.

Avainsanat: bioöljyt, terälaite, ihmisen ja metsäluonnon suojele.

Julkaisija: Metsäntutkimuslaitos, Kannuksen tutkimusasema.

Hyväksynyt: Oto. tutkimusjohtaja Aarne Reunala 7.3.1995.

Jakaja: Metsäntutkimuslaitos, Kannuksen tutkimusasema, PL 44, 69101 Kannus.
Puh. 968-871161.

Summary

Cutting wood with a chainsaw consumes about one liter chainoil per 10m³ cut wood. This means 4 - 6dm³ per hectar in normal thinning and 20 - 30 dm³ per hectar in clearcutting. Formerly the oil used was always mineral oil. Because of high expenses, however, the mineral oil was quite often replaced by wasteoil. This kind of oil is proved to be damaging both to forests and human health.

In the early 1980's the Finnish Forest Research Institute began to search for an alternative to these oils. The first aim was to find a used-friendly oil which would not pollute nature. Moreover the source of this oil should be of domestic and renewable raw material. At that time there were two possible raw materials available: pine and turnip rape. The former grows in the wood and the latter in the field. Experimental work for refinement of these oils was started in 1980. The commercial chainoil of turnip rape was introduced in 1984 and that of pine in 1994. In this issue the experimental work with pine oil in 1994 is described.

According to the experiments the lubrication qualities of pine oil are quite good. It is obvious that the oil equipped with various additives can be used in many different areas. Today the composition of Oulube 32 is equal to other bio-chainoils. Yet using continuously Oulube 32 in hydraulics and Oulusol 102 in diesels requires further refinement.

In order to make bio-oils common the price level of bio-oils and mineral oils must correspond each other. This goal can be reached by research and development along with increasing competition.

Keywords: bio-oils

Sisällys

1. Johdanto	5
2. Tutkimusaineisto ja menetelmät	6
2.1 Teräketjukokeet	6
2.2 Moottorikokeet	7
2.3 Hydraulioöljykokeet	7
3. Tulokset	8
3.1 Teräketjukokeet	8
3.1.1 Teräketjun kuluminen	8
3.1.2 Öljyn pysyminen terälaitteella	9
3.1.3 Öljyn viskositeetin määrän merkitys terällä pysymiseen	10
3.1.4 Kitka ja terälevyn lämpeneminen	11
3.2 Moottorikokeet	12
3.3 Hydrauliiikkakokeet.....	14
3.4 Muita mäntyöljykokeita.....	14
4. Tulosten tarkastelua.....	15
Kirjallisuus	16
Liitteet	

1. Johdanto

Puutavaran hakkuussa leviää metsäluontoon moottorisahasta noin yksi litra ja hakkuukoneesta noin 0,2 litraa teräketjuöljyä 10 kuutiometriä kohti (Takalo 1982, Rajamäki 1993), joskin suurempiakin arvoja on esitetty (Castrén 1993). Tämä öljy on yleensä mineraalipohjaista ja haitallista sekä ihmiselle että metsäluonnolle.

Bioöljyjen soveltuvuutta moottorisahan teräketjun voiteluun alettiin tutkia Metsäntutkimuslaitoksessa 1980-luvun alussa (Takalo 1981) (liite 1). Koetoiminnan ansiosta rypsiöljystä tuli kaupallinen tuote 1984. Mäntyöljykin oli tuolloin Metlan kokeissa mukana, mutta kun sen käyttöominaisuudet olivat eräiltä osin epätydyttävät, koetoiminta keskeytettiin. Kun mäntyöljyn ominaisuuksia oli parannettu, koetoimintaa jatkettiin uudestaan vuonna 1993, ja siitä tuli vuonna 1994 kaupallinen teräketjuöljy.

Mäntyöljyn raaka-aine on sama kuin mäntysuovallakin. Sellun sivutuotteena syntyvä mänty-raakaöljy lienee ollut tunnettu jo sellun valmistuksen alkuajoista saakka. Mäntyöljyn käytöstä moottorin polttoaineena kertoo jo mm. A. B. Helander Metsänkäsittöopin kirjassa vuodelta 1918 (s. 476). Helanderia laajemmin asiaa käsittelee Murto (1952) julkaisussaan "Mäntypuumme pihka voiteluöljyn raaka-aineena". Puhdasta mäntyöljyä saadaan 15-20 kg sellutontia kohti koko maan tuotantokapasiteetin ollessa noin 50 000 tonnia vuodessa. Öljyn pääasialliset tuottajat ovat Veitsiluoto Oy ja Yhtyneet Paperitehtaat Oy:n Valkeakosken tehtaat. Markkinointia varten nämä ovat perustaneet yhteisen yrityksen Forchem Oy.

Tässä julkaisussa esiteltävät mäntyöljykokeet on pääosin toteutettu Keski-Pohjanmaan Maaseutuelinkeinopiirin (Ylivieska) myöntämän 40 000 markan määrärahan turvin. Aineiston loppukäsittelyyn ja julkaisun kustannuksiin Metsämiesten Säätiö myönsi 20 000 markan apurahan.

Nämä olivat ainoat avustukset viisitoista vuotta jatkuneelle bioöljytyölleni. Maaseutuelinkeinopiirin taholta valvojina olivat mh Marja Kokkonen ja yritystutkija Sakari Virta ja Metsämiesten Säätiön asiamies Risto Hyvärinen. Tutkimus tehtiin Kannuksen tutkimusasemalla. Öljyn valmistaja, Forchem Oy toimitti veloituksetta koeöljyt. Heidän taholtaan koetoimintaan osallistuivat kemisti Marika Paakkanen, tutk.joht. Tauno Luttinen sekä jaost.pääl. Matti Ravaska.

Moottorisahan terälaitteita luovutti puolestaan Amerikkalainen Oregon Biount Europe SA. Käytännön toteutuksessa oli mukana monilukuinen määrä metsureita ja konemiehiä. Asemamme henkilökunnasta moottori- ja sahauskokeissa olivat mukana Pekka Mäkelä ja Tero Takalo. Laboratorioista työssä avustivat Reetta Kolppanen, Arja Sarpola sekä Kaisa Jaakola, kirjoitustyön ja kuvat tekivät Keijo Polet ja Piia Anttila. Englanninkielisen tiivistelmän laati lehtori Sirkka Ranta-Nilkku. Käsikirjoituksen tarkastivat prof. tutkimusjoht. Matti Kärkkäinen, prof. Pentti Hakkila, MMT, as.joht. Jyrki Kangas, MML Jyrki Hytönen sekä MML Risto Lauhanen. Heille sekä kaikille työtäni auttaneille parhaat kiitokset. Erityisesti haluan kiittää entistä esimiestäni prof. Pentti Hakkilaa siitä syystä, että hän on alusta alkaen tukenut ennakkoluulottomasti bioöljytyötä ja näin osaltaan vaikuttanut siihen, että tämänkaltainen

metsäluonnon ja ihmisen suojeluun tähtäävä toiminta alkoi METLA:n toimesta ensimmäisenä Suomessa. Tällä hetkellä näyttää siltä, että mäntyöljyllä on mahdollisuutensa.

2. Tutkimusaineisto ja menetelmät

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää Veitsiluoto Oy:n valmistamien mäntyöljypohjaisten bioöljyjen voiteluteknisiä ominaisuuksia ja käyttömahdollisuuksia. Öljyjen tärkeimmät käyttökohteet olivat moottorisahan ja hakkuukoneen terälaite, dieselmoottori sekä hydraulikka. Nämä ovat myös rypsiöljyn pääkäyttökohteet (Huotari 1993). Pääpaino oli käytännön kokeilla, joita eräin osin täydennettiin laboratoriokokeilla.

Öljyjen tuotenimet ovat Oulube 32 teräöljy ja Oulusol 102 dieselöljy (kesälaatu). Käytännön teräöljykokeissa Oulube 32 teräöljyä verrattiin markkinoilla oleviin mineraali- ja rypsiöljyihin. Eräissä lyhytaikaisissa kokeissa näiden lisäksi tutkittiin suoraan viljelijältä saatuja lisäaineettomia rypsi- ja sinappiöljyjä (Bernesson 1994).

Dieselöljykokeissa Oulusol 102 mäntyöljyn ja mineraalidieselöljyn lisäksi vertailtiin niiden seosöljyjä (esim. 50:50) (VTT 1994). Kokeessa oli kaksi moottoria, 600 cm³ (rivipumppu) paikallismoottori ja tavanomaisessa liikenteessä oleva 2400 cm³:n (jakajapumppu) henkilöpakettiauto. Auton koetoiminta vaati valtiovarainministeriön erikoisluvan (liite 2). Lupa on ensimmäinen laatuaan ja se oli yhden vuoden pituinen. Kasvisöljyn käyttöä dieselpolttoaineena on kyllä tutkittu jo 1930-luvulla (Engelman 1978).

Hydraulikkaöljynä käytettiin Oulube 32 öljyä eli samaa kuin teräöljynä. Sen käytännön ominaisuuksia seurattiin lyhyen aikaa kestäneen puutavaran kuormauksen yhteydessä. Saman öljyn vaikutusta tiivistemateriaaleihin selvitettiin yli vuoden kestäneellä öljykylpykokeella. Sama koe tehtiin myös mineraalipohjaisella hydraulikkaöljyllä. Samaa Oulubea käytettiin 2t-öljynä. Leikkuunesteenä ja pyöröterän puhdistuksessa käytettiin Oulusol öljyä. Saippuaksi tarkoitettun nestemäisen mäntysuovan toimivuutta teräketjuöljynä kokeiltiin kesäolosuhteissa. Öljyjä koskevat analyysit on esitetty liitteessä 3.

2.1 Teräketjukokeet

Teräketjukokeissa käytettiin sekä sähkö- että polttomoottorisahaa, joiden ominaisuudet on esitelty taulukossa 1.

Taulukko 1. Sähkö- ja polttomoottorisahojen ominaisuudet.

Sähkösaaha	Polttomoottorisaha
Teho 2 kW	Tilavuus 38 cm ³
Terälaite 13'' 325' piilokärki	Terälaite sama kuin sähkösahalla
Vetolaite 12-hampainen, ketjunopeus 23 m/s	Vetolaite 8-hampainen, ketjunopeus 36 m/s
Öljypumpun tuotto 10 ml/7000 r/min	Vetolaite 12-hampainen, ketjunopeus 47 m/s
Öljyjen lämpötilat +15 - +18 °C	Öljypumpun tuotto 10 ml/10000 r/min

2.2 Moottorikokeet

Tutkimuksen kohteena oli 3-sylinterinen vesijäähdytteinen 4-tahtimoottori, jonka tilavuus oli 600 cm³ ja polttoainejärjestelmänä Bosch rivipumppu. Kuormittamatonta moottoria käytettiin sekä puhtaalla että 50/50 Oulusol-dieselseoksella. Kierrokset pidettiin vakiona 2200 r/min 300 h:n ajan. Koemoottori varustettiin kahdella polttoainesäiliöllä ja täten oli mahdollista vain hanaa kääntämällä vaihtaa polttoaine laadusta toiseen. Moottorin reagointia polttoaineen vaihdokseen seurattiin kierroslukumittarin avulla. Kierrosluvun mittausta suoritettiin 1 h:n välein 8 h:n ajan. Sylinterin paineita mitattiin 100 h:n välein ohivirtausmittauksin. Sylinterin kansi avattiin tarkastusta varten kaksi kertaa.

Liikkuvan kaluston dieselmoottorikokeessa käytetty koeauto oli 9 hengen pienbussi. Sen moottoritulavuus oli 2,4 dm³ ja polttoainejärjestelmänä CAV jakajapumppu. Kylmäkäynnistyksen helpottamiseksi auton imukanavaan oli asennettu sähkötoiminen kylmäkäynnistyslaite. Ajo käsitti pääasiassa tavanomaista työajoa yleisillä teillä. Tämän lisäksi ajettiin testiajoja samaa 100 km reittiä useita kertoja. Testiajossa selvitettiin mm. kulutuserot polttoaineiden välillä. Ajokilometrejä koevuoden aikana kertyi 15000 km. Ilman lämpötilat vaihtelivat välillä -25 °C - +25 °C.

Ajomatkat ja polttoaineseokset olivat seuraavat:

- Oulusol 102	10 000 km	kesälaatu, pakkasraja n. -15 °C
- Oulusol 102 ja diesel 50/50	2 000 km	pakkasraja n. -25 °C
- Dieselöljy	3 000 km	talvilaatu

2.3 Hydraulioöljykokeet

Mäntyöljyn soveltuvuutta hydraulikkaan testattiin käytännön oloissa ja öljykylypkykokeella. Käytännön kokeessa öljy asennettiin pieneen telamaasturiin, jonka ohjaus ja puutavara-kuormain toimivat hydraulikan avulla. Koe kesti noin 1 kk:n ajan ja koneella suoritettiin puutavaran kuormausta ja lähikuljetusta. Oulube 32 öljyn sekä mineraaliöljyn mahdollisia

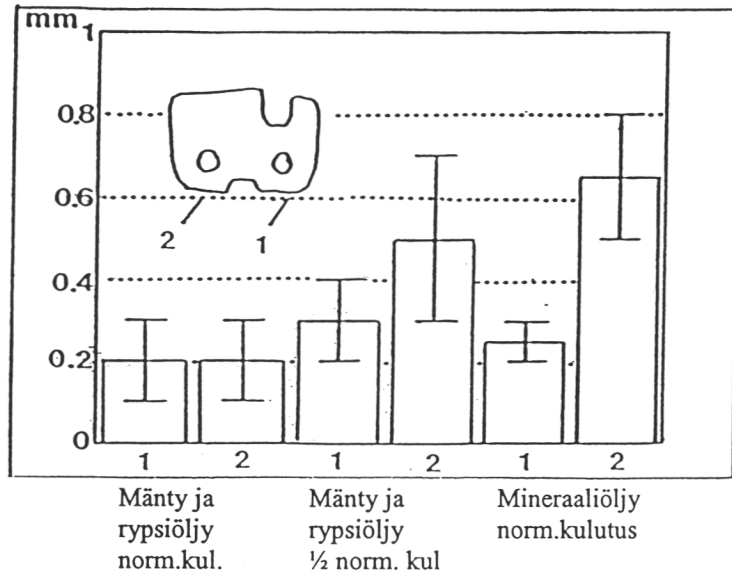
liuotus- ja syövytysominaisuuksia selvitettiin yli vuoden mittaisella öljykylpykokeella. Kokeessa eri raaka-ainepohjaisia stefoja sekä o-renkaita varastoititiin öljyyn upotettuna.

3. Tulokset

3.1 Teräketjukokeet

3.1.1 Teräketjun kuluminen

Teräketjun ja terälevyn suurin kitka kohdistuu kouruhampaan takakannan alueelle (kuva 1). Kitkan suuruus ilmenee takakannan muita voimakkaamana kulumisena. Kannan kulumista seurattiin ja vertailtiin eri öljylaatujen kesken. Käytännön moottorisahatyön seuranta käsitti 70 kpl saman valmistajan teräketjua. Käyttämällä samaa alkuperää pyrittiin minimoimaan laadun vaihtelun merkitys. Öljyn määrän ja laadun vaikutus ilmenee kuvasta 1.



Kuva 1. Kouruhampaan etu(1)- ja takakannan(2) kuluminen mänty-, rypsi- ja mineraaliöljyllä (janat pylväässä ilmaisevat keskihajonnan).

Kun moottorisahan teräöljynä oli mänty- tai rypsiöljy ja öljynkulutus normaali (noin 7 ml/min), teräsenkin etu- ja takakannat kuluivat lähes saman määrän. Tästä syystä niitä koskevat tulokset on yhdistetty samoihin pylväisiin. Mineraaliöljyllä kulumiserot olivat verraten isot ja takakanta kului huomattavasti etukantaa enemmän. Kun mänty- ja rypsiöljyn kulutus puolitettiin, teräsenkin kantojen kuluminen noudatti mineraaliöljyn tulosta.

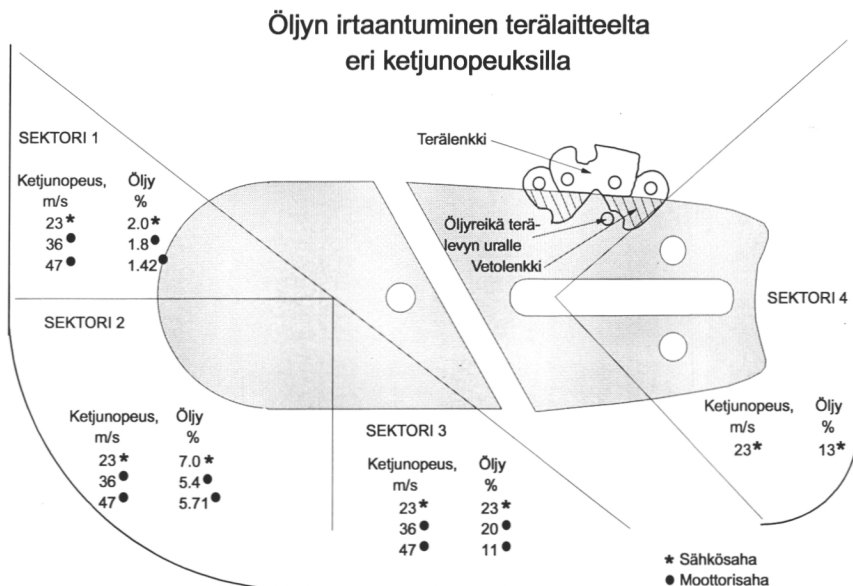
Takakannan kuluminen niittiin saakka ja siitä seuraava ennenaikainen ketjun katkeaminen on verraten yleistä silloin, kun käytetään heikkolaatuista teräöljyä. Kokeiden aikana mäntyöljyn pakkaskestävyyttä jouduttiin valmistajan toimesta parantamaan. Se on tällä hetkellä noin $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$. (Takalo 1981).

Hakkuukoneissa teräketjut rikkoutuvat tapaturmaisesti verraten usein jo ennen kuin ne ovat kuluneet loppuun. Tästä syystä teräöljyn vaikutusta on hakkuulaitteiden osalta usein vaikea arvioida. Teräketjujen rikkoutumista edesauttavat myös ketjumootoreiden ylimitoitettut tehot (Takalo 1972a, 1972b, 1973, 1982). Tarkastettuja terälaitteita oli 20 kpl. Oulube 32 mäntyöljyllä ja mineraaliöljyllä voideltujen kesken tehdyssä silmänvaraisessa vertailussa ei havaittu eroja.

Konemiesten arviot mäntyöljyn ominaisuuksista eivät kaikilta osin olleet yhtä myönteisiä kuin moottorisahamiesten. Kielteisenä koettiin mm. öljyn roiskuminen. Ylimääräinen roiskuminen saataneen loppumaan käyttämällä öljyä, jonka viskositeetti on 46 tai 68.

3.1.2 Öljyn pysyminen terälaitteella

Vertailuun osallistuivat biopohjaiset mänty-, rypsi- ja sinappiöljy sekä mineraaliöljy (Metsuri-Eco). Koe suoritettiin tarkoitusta varten tehdyssä ajotelineessä, missä terältä irronnut öljy pyrittiin ohjaamaan telineeseen kiinnitettyihin imukykyisiin papereihin. Paperien saama öljymäärä todettiin punnitien. Telineen mukaiset öljyn purkausalueet jaettiin neljään sektoriin (kuva 2). Terälaitteella pysymisen lisäksi selvitettiin öljyn viskositeetin sekä ketjunopeuden vaikutusta öljyn irtautumiseen. Sahauskokeen kestoaika oli yksi minuutti.



Kuva 2. Öljyn irtautuminen terälaitteelta eri ketjunopeuksilla.

Alussa täytettiin öljytankki tarkkaan määrämittaen. Kokeen aikana vajentunut öljytankki täytettiin samaan määrään, täyttömäärä punnittiin. Punnitsemalla eri sektoreille asennetut imu-paperit saatiin selville ne kohdealueet, joihin öljy koeoloissa purkautui. Öljyjen irtaantuminen sektoreittain sähkösahalla ja moottorisahallaa tehdyissä kokeissa on esitetty kuvassa 2.

Kuvan 2 kokeet suoritettiin Oulube 32 öljyllä. Ketjunopeuden kohotessa imupapereilta talteen saatu öljymäärä väheni. Eräs syy vähenemiseen oli öljyn lisääntynyt sumuuntuminen. Terä toimii eräänlaisena keskipakoislevittimenä (Laitinen ja Takalo 1978). Sumuuntumista lisäävät myös teräketjun vetolenkit, jotka piiskaavat öljyä jo terälevyn öljyreialla. Teränopeuden ollessa 47 m/s (169,2 km/h) iskee mainitussa paikassa öljyyn yli 3000 vetolenkkiä yhden sekunnin aikana (180 000 min). (Takalo ja Sauvala 1978).

3.1.3 Öljyn viskositeetin määrän merkitys terällä pysymiseen

Koe, jossa selvitettiin viskositeetin määrän merkitys öljyn terällä pysymiseen, tehtiin aiemmin kuvatulla sahaustelineellä ja menetelmällä (taulukko 2). Sähkösahan teränopeus oli 23 m/s, ja öljyjen lämpötila +15 - +19 °C.

Taulukko 2. Öljyn viskositeetin merkitys terällä pysymiseen eri öljyalaaduilla.

Öljy	Sektoreille 1-3 irronneen öljyn määrä, %		
	Viskositeetti*		
	32	46	68
Mäntyöljy, Oulube 32	32	27,2	30,8
Rypsiöljy, Raision VECOIL+			32,0
Rypsiöljy, suoraan viljelijältä	34		
Sinappiöljy, “ “	32		
Mineraliöljy, Metsuri-Eco		26,0	

*Viskositeettiarvot vertailukelpoiset vain Oulube-öljyillä

Koeoloissa parhaiten terällä pysyi öljy, jonka viskositeetti oli 46, mutta sitäkin irtosi terältä yli neljäsosa (Takalo 1979, 1982).

Öljyn tarttuvuutta selvitettiin siten, että teräketju punnittiin, upotettiin teräöljyyn, riiputettiin tietty aika ja punnittiin jälleen. Teräketjun painon lisäys tulkittiin johtuvan öljyn ominaisuudesta kiinnittyä teräkseen. Punnitus suoritettiin 0,0001 g:n tarkkuudella. Öljyt ja huonelämpötila +22 °C. Kolmen toiston keskiarvotulokset olivat seuraavat:

	Teräketjun painonlisäys, %
Mäntyöljy (Oulube 32)	+2,9
Mineraaliöljy (Metsuri-Eco)	+2,6
Rypsi (VECOIL+, Raisio)	+2,5
Rypsi (suoraan tuottajalta)	+2,2

Asetelmassa ei ole huomioitu öljyjen tiheyseroja. Öljyn tarttuvuudesta teräkseen on hyötyä terälaitekäytössä. Ongelmaksi tarttuvuus koetaan silloin, kun öljy tahrii esim. hakkuukoneen hytin sekä ikkunat. Kuten havaitaan, mäntyöljyn tarttuvuus oli muita vertailuöljyjä parempi.

3.1.4 Kitka ja terälevyn lämpeneminen

Mänty- ja rypsiöljyn ominaisuuksia terälaitteen voitelussa verrattiin sahaamalla kiekkoja kuivasta 19 cm läpimittaisesta pylväästä. Samalla polttoainemäärällä sahatut kiekot mitattiin ja sahaus pinta-alat laskettiin. Teräöljyn säätö oli molemmilla sama 3 ml/min (taulukko 3).

Sahaus suoritettiin 42 cm³ moottorisahalla. Kummallakin öljyllä käytettiin omaa uutta teräketjua. Ketjun teroitus suoritettiin tankkauksen yhteydessä ja ketjun venymän suuruus mitattiin. (Takalo 1972b).

Taulukko 3. Öljyalaadun vaikutus sahauspinta-alaan ja sahausaikaan.

Öljy	Sahauspinta-ala	Sahausaika
Oulube 46	5,88 m ²	96 min
Raisio VEGOIL+	5,86 m ²	105 min

Sahaustulos (m²) on käytännössä saman suuruinen. Vaikka sahausajassa on 9 % ero, olivat sahauspinta-alat ja teräketjun venymät saman suuruiset. Tästä päätellen öljyjen kitkaerot ovat erittäin vähäiset (Stat.medd. 3156).

Öljyjen ominaisuuksia terälevyn lämpenemisen kannalta selvitettiin sahaamalla moottorisahalla lankkuja kuivasta, halkaisijaltaan 230 mm vahvuisesta kyllästetystä pylväästä. Sahaus kesti 30 s, minkä jälkeen terälevyn lämpötila mitattiin DTM-20 Thermometer Alnor mittarilla, jonka toiminta-alue on -40 °C - +180 °C. Teräöljyn virtausmäärä oli 4 ml/min (taulukko 4).

Taulukko 4. Öljyn ominaisuuksien vaikutus terälevyn lämpenemiseen.

Öljy	Lämpötila, °C
Mäntyöljy, Oulube 46	44,6
Rypsiöljy, Raisio VEGOIL+	45,1
Rypsiöljy, raaka	44,6
Mineraaliöljy, Metsuri Eco	44,5

Koetusmenetelmä lienee rankimpia, mitä terälaitteelle voidaan asettaa, mutta tästäkään huolimatta terälevyn lämpötilat eivät eronneet toisistaan merkitsevästi (Pietilä 1994). Huomioida kannattaa, että rypsiöljy (raaka) on lisäaineeton, ja että mineraaliöljykin toimii hyvin myös tavanomaisista vähäisemmällä öljymäärällä. Toisaalta mm. ruotsalaiset kirjoittavat, että mäntyöljyllä terälaitteen kitka on tuntuvasti pienempi kuin mineraaliöljyllä (Rantanen 1994).

3.2 Moottorikokeet

Moottorin (600 cm³) kierrosluvun vaihtelussa esiintyi vain vähäistä eroa eri polttoaineiden kesken. Oulusol 102 öljyä käytettäessä kierrokset olivat hieman dieseliä korkeammat, samoin kiihtyvyyks oli nopeampi kuin dieselöljyllä. Ohivirtausmittausten mukaan sylintereiden kunto oli vakaa eikä vuotoja esiintynyt. Sama asia varmistui myös sylinterin kannen aukaisujen yhteydessä. Ilmeisesti moottorin kuormittamattomuudesta johtuen pakokanavaan muodostui haitallista mönjää, jonka poistamiseksi pakokanavan alapuolelle porattiin reikä.

Kokeen loppuosaa hankaloitti polttoainejärjestelmän letkujen haurastuminen ja sen myötä lisääntyneet ongelmat koko järjestelmässä. Suutinten karstanmuodostus oli vähäistä verrattuna auton karstoitukseen. Autolla ajettaessa mäntyöljyn kulutus oli 100 km:llä 5-7 % suurempi kuin dieselöljyllä.

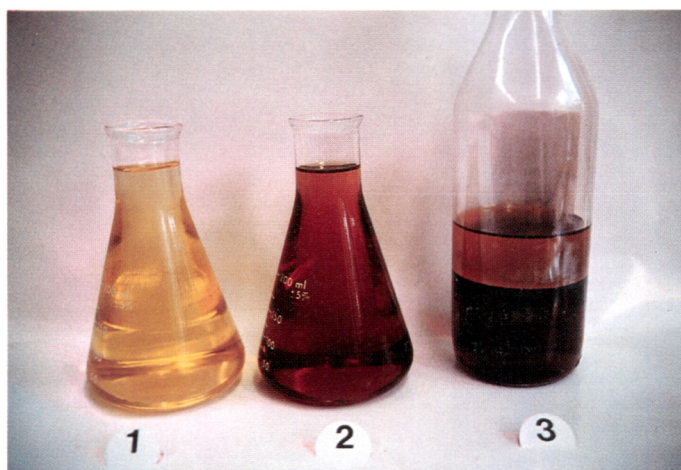
Kokeen suppeudesta ja vanhasta kalustosta johtuen Oulusolin vaikutusta eri koneenosien käyttöikään ei pyritty erikseen mittaamaan. Polttoaineen kulutuksen lisäksi pääasiallinen seuranta kohdistui ruiskutusventtiilin ja pumpun mittauksiin koepumpulla mCAV. Samalla arvioitiin silmävaraisesti suuttimen karstan määrä sekä suihkun muoto. Suutinten karstanmuodostuksesta päätellen niissä esiintyi ns. jälkitiputusta (Savolainen 1958). Sitä, johtuiko jälkitiputus putkistoon jäävästä liian korkeasta paineesta tai öljyn suuresta sitkoudesta, ei selvitetty. Moottoriöljyn käyttäytymistä seurattiin, samoin polttoainesuodattimen tukkiintumisen syiden selvittelyssä turvaututtiin laboratorion apuun. Kokeen pitkittyessä suodattimen tukoksen aiheuttaja oli yleensä epämääräinen liete, mikä oli peräisin polttoainejärjestelmästä. Suuttimen koksautumisesta auringonkukkaöljyllä raportoivat Bruwer ym. (1980): "Paljas auringonkukkaöljy, kuten myös 20 % auringonkukkaöljy dieselpolttoaineessa. Kaikissa öljykokeissa esiintyi pyrkimystä ruiskusuuttimen koksiintumiseen". Myös soijan ja dieselöljyn 50:50 seos-

suhteella oli ongelmia kokiintumisen kanssa (Humke ja Barsic 1981). “Suutinneulat olivat syöpyneet sekä avautumispainet laskivat (Luttinen ym. 1995).

Lyhyellä aikavälillä Oulusol 102 oli ominaisuuksiltaan lähes dieselöljyn veroinen polttoaine. Kokeen pitkittyessä Oulusolin sisältämät liuottimet alkoivat vaikuttaa polttoainejärjestelmään. Tämän seurauksena tavanomaiset letkut ym. pehmenivät ja osin liukenivat polttoaineen joukkoon. Kaikki epäpuhtaudet eivät erottuneet suodattimella, vaan kulkeutuivat pumpulle. Epäpuhtauksista johtuen ruiskutuspumppu kului loppuun verraten nopeasti. Kulumisen nopeutta kuvaa myös paineen aleneminen, joka laski viimeisen 3000 km:n aikana alkuperäisestä 225 bar:sta 100 bar:iin. Pumpun nestepää oli pahoin naarmuuntunut ja sen yleisilme muistutti hiekkapuhalletun teräksen pintaa.

Ilmeisesti suurin syy pumpun kulumiseen löytyy polttoaineen sisältämän raudan suuresta määrästä, joka todettiin kymmenkertaiseksi aikaisempaan Oulusoliin verrattuna. Lisääntynyt rautapitoisuus johtui siitä, että öljy oli sitä liuottanut mm. lakkakäsitellystä polttoainesäiliöstä. Säiliön liuenneesta lakkapinnasta oli peräisin myös öljyn punertava väri (kuva 3). Tavanomaisesta poikkeava väri toimi hyvänä opasteena, kun etsittiin värin muutoksen aiheuttajaa. “Mäntyöljyn esterin ja dieselöljyn seos näyttää käyttökelpoiselta dieselpolttoaineelta” (VTT 1994). Vaikka useilla tahoilla on lyhytaikaisissa käyttökokeissa seossuhteilla 50:50 (diesel/mäntyöljy) päädytty öljyn suhteen myönteisiin kokemuksiin, osoittavat tässä pelkällä mäntyöljyllä tehdyt kokeet sen, että Oulusol 102 on ensisijassa liuotin eikä dieselpolttoaine.

Toistaiseksi ei ole pystytty osoittamaan, mikä moottorityyppi sopii parhaiten biopolttoaineen käyttöön. Alan ammattipiireissä on todettu, että rivipumppu sietää epäpuhtauksia paremmin kuin jakajapumppu ja tästä syystä rivipumppu olisi parempi vaihtoehto silloin, kun polttoaineena käytetään bioöljyä. Männän suhteen ovat eräät suosimassa ns. ilmakammioniäntiä (Bernesson 1994). Kokeilemisen arvoisia moottorityyppejä lienee useitakin. Eräs tällainen on Hesselman-moottori, joka on eräänlainen dieselin ja ottomoottorin välimuoto (Savolainen 1958).

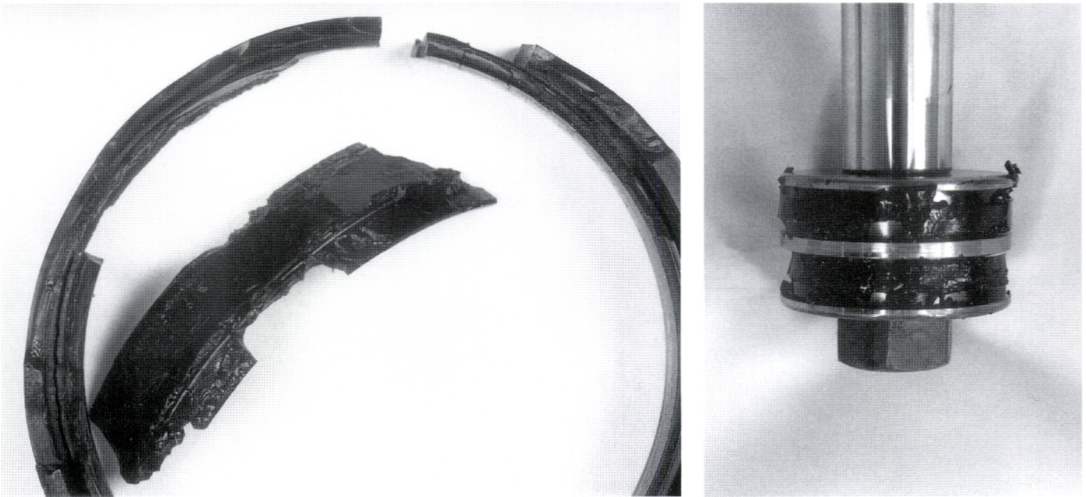


Kuva 3. Mäntyöljy on väriltään kullankeltainen (1). Kuljetusastian lakkapinnan liukeneminen öljyyn aiheutti värinmuutoksen ja lisäsi öljyn rautapitoisuuden kymmenkertaiseksi (2). Keltainen rypsiöljy ja tumma mineraaliöljy “asuvat eri kerroksissa” (3).

3.3 Hydraulikkakokeet

Mäntyöljyn käyttökoe hydraulikassa oli lyhytaikainen, eikä sen yhteydessä esiintynyt toimintahäiriöitä. Silmänvaraisesti arvioiden pieniä öljyn vuotokohtia esiintyi enemmän kuin mineraaliöljyllä. Vuotokohdat esiintyivät pienimuotoisina ja ne havaitsi lähinnä siitä, että niihin muodostui pöly/öljyhattaroita.

Öljykylpykokeen mukaan kaikki käytössä olevat tiivistemateriaalit eivät kestä rikkoontumatta mäntyöljyä. Rikkoontuminen tapahtuu yleensä joko liueten tai murenemalla. "Tiivistekumien soveltuvuus käytettävän öljyn kanssa tulisi varmistaa etukäteen (Rajamäki 1993) (kuva 4).



Kuva 4. Mineraali- ja rypsi/mäntyöljyjen sekäkäyttö saattaa haurastuttaa eräät tiivisteraaka-aineet.

Myös eräät tiivisteiden valmistajat ovat kiinnittäneet huomiota tiivisterikkojen yleistymiseen silloin, kun painenesteinä on käytetty bioöljyä. Saksalainen Parker-Prädifa on tiivisteiden valmistaja. Seuraavat lainaukset ovat peräisin heidän tuotejulkaisusta:

"Uusi polyuretaani on kehitetty. Parker-Prädifa on kehittänyt tehtaallaan Bietigheimissä uuden polyuretaani P 5000 seoksen käytettäväksi luonnosta saatavien painenesteiden, kuten esimerkiksi rypsiöljyn kanssa. Tähän mennessä polyuretaani tiivisteet ovat vaurioituneet "BIO"-nesteissä, jos niitä on käytetty yli 70 asteen lämpötiloissa. Kemiallinen reagointi on johtanut fysikaalisten ominaisuuksien vakavaan huononemiseen." Polyuretaanin käyttö Suomessa on yleisintä hydraulisylinterieissä ja moottorin akselilla. Niiden osuus on tällä hetkellä noin 50 %, ja suuntaus on lisääntyvä.

3.4 Muita mäntyöljykokeita

Erillisessä kokeessa sahattiin kiekkoja halkaisijaltaan 17-19 cm kuivasta pylvästä käyttäen mäntyöljyä Oulube 46 moottorisahan 2t-seosöljynä. Mäntyöljyn osuutta synteettisessä 2t-öl-

ijyssä lisättiin vähin erin niin, että seossuhde oli lopuksi 50:50. Öljyn osuus polttoaineessa oli 2 % (Takalo 1981). Sahaus oli kestoltaan noin 5 h ja sen kuluessa tarkkailtiin mm. sytytystulpan eristeiden ja elektronien värien muotoutumista. Seossuhteella 50:50 koetoiminta jatkuu käytännön työssä.

Mäntyöljy Oulusol 102 käytettiin menestyksekkäästi myös pyöröterän puhdistus- ja liukastusaineena. Eräs käyttöalue löytynee pora- ja leikkuunesteenä metallin työstössä. Tällä sektorilla mäntyöljyllä on jo perinteitä (Murto 1952, s. 225).

Ruostutuskokeessa teräketjut varastoititiin käytön jälkeen kahdeksi kuukaudeksi tilaan, missä ilman suhteellinen kosteus oli 98 % (Raisio teräöljy ja Oulube 46). Ruostetta ei muodostunut. Nivelet olivat aluksi kankeat molemmilla öljyillä.

Nestemäinen mäntysuopa maksaa kaupassa vain noin puolet mäntyteräöljyn hinnasta. Kesäoloissa tehty sahauskoe osoitti, että ainakin lyhytaikaisissa sahausissa mäntysuopaa voi käyttää myös terälaitteen voiteluun. Suopaan lisätty saippua (20%) aiheutti jonkin verran vaahtoamista, mutta voitelua se ei koeoloissa heikentänyt.

4. Tulosten tarkastelua

Monipuolisissa mäntyöljyyn perustuvien tuotteiden kokeilussa lupaavimmat tulokset saatiin teräketjujen voiteluaineena. Tämä ei ollut yllätys kirjallisuuden perusteella. Erityisesti viime sotien aikana huomiota kiinnitettiin männyn mahdollisuuksiin voiteluöljyn raaka-aineena, olkoonkin että useissa tapauksissa lähtöaineena oli terva (Murto 1952).

Hyvät tulokset johtuivat osittain tuotteiden mahdollistamasta alhaisesta kitkasta, osittain hyvästä tarttuvuudesta teräkseen. Mahdollista on, että havaittu teräketjun lenkkien pieni kuluminen oli sidoksissa juuri hyvään tarttuvuuteen. Sensijaan hydraulikassa hyvä tarttuvuus on haitaksi, jos se ilmenee liimamaisena (Mannesmann 1991).

Käytettäessä mäntyöljyä dieselpolttoaineena luotettavia tuloksia ei voida saavuttaa lyhytaikaisiin kokeisiin. Hitaasti ilmenevät haittavaikutukset vaativat pitkäaikaista koetoimintaa käytännön oloissa. Erityisen suuria ongelmia aiheutui siitä, että dieselöljylle suunnitellut nykyiset materiaalit saattavat olla sopimattomia uusille biotuotteille.

Myös hydraulikkakäytössä on mahdollista, että mäntyöljypohjaiset tuotteet edellyttävät uusien materiaalien käyttöä. Nyt tehtyjen lyhytaikaisten kokeiden perusteella tästä ei ole kuitenkaan varmuutta.

Öljyn ominaisuuksia voitaneen muuttaa esim. fraktioimalla tai lisäaineiden avulla. Tosin valtaosa käytettävissä olevista lisäaineista lienee petrolipohjaisia liuottimia, joten niiden osuuden lisäämismahdollisuudet ovat rajoitettuja.

Nyt tehdyt kokeet ja 1980-luvun alusta lähtien kertynyt kokemus osoittavat, että mäntyöljy-pohjaisia tuotteita voidaan jo nyt suositella teräketjukäyttöön. Muut käyttökohteet vaativat laajempia seurantatutkimuksia ja kehitystyötä.

Koetoiminnan aikana valmistui Oulube-öljystä kaupallinen teräöljy. Kustannuksiltaan se ei kuitenkaan tällä hetkellä liene kilpailukykyinen mineraaliöljyjen kanssa. Mutta jos kuluttaja arvostaa ympäristönsuojelunäkökohtia, hän saattaa hyvinkin mineraaliöljyn sijasta valita mäntyöljyn sen korkeammasta hinnasta riippumatta.

Kirjallisuus

- Bernesson, S. 1994. Extraction of rape seed oil and farm operation of an eisbett engine tractor. Report 183.
- Bruwer, J. J., Boshoff, B. van D., Hugo, F. J. C., duPlessis, L. M., Fuls, J., Hawkins, C., Vanderwalt, A. N. and Engerbrect, A. 1980. Sunflower Seed Oil as an Extender for Diesel Fuel in Agricultural Tractors. Symposium of the Sout African Institute of Agricultural Engineers, June 11. 1980.
- Castren, M. 1993. Öljyn ympäristö- ja terveysvaikutukset puunkorjuutyössä. Työtehoseuran metsätiedote 520.
- Engelman, H. W., Guenther, P. E. and Silvis, T. W. 1978. Vegetable Oil as a Diesel Fuel. ASME Paper 78-DGP-19, presented at the Energy Technology Conference and exhibition, Houston, TX, November 1978.
- Helander, B. A. 1918. Metsänkäyttö-oppi. Porvoo.
- Humke, A. L. and Barsic, N. J. 1981. Performance and Emissions Characteristics of a Naturally Aspirated Diesel Engine with Vegetable Oil Fuels. (Part 2), SAE Paper 810955.
- Huotari, P. 1993. Rypsiöljyn käyttö metsätyökoneissa hydraulii- ja teräketjuöljynä. Joensuun Yliopisto. Opintotutkielma. Moniste.
- Laitinen, J. ja Takalo, S. 1978. Kantokäsittelylaittein varustettujen raivaussahojen vertailua. Folia Forestalia 340.
- Luttinen, R., Ravaska, M. ja Paakkanen, M. 1995. VTT Energia, Osa III.
- Mannesmann, REXROTH 1991. Hydrauliiikan perusteet ja komponentit s. 51.
- Murto, J. O. 1952. Mäntypuumme pihka voiteluöljyn raaka-aineena. Acta Forestalia Fennica 59.
- Pietilä, J. 1994. Teräöljyjen vertailua. MTT Vakola.
- Rajamäki, J. 1993. Ympäristöystävälliset öljyt metsätöissä. Metsätehon katsaus 8.
- Rantanen, M. 1994. Mäntyöljyllä sahaa enemmän motteja. Metsälehti 24. s. 18.

- Savolainen, P. O. 1958. Dieselmootorit ja niiden huolto. Helsinki. 112 s.
- Takalo, S. 1972a. Kovametalliteräketju kantosavotassa. Koneviesti 6. s. 25.
- 1972b. Teräketjun vetomurtolujuuksista. Maaseututyöväen viesti 2. s. 15.
- 1973. Teräketjun värinä. Mottimestari 1.
- 1979. Sähkökäyttöiset piensahat. Koneviesti 17. s. 21.
- 1981. Rypsi- ja mäntyöljyn käyttö moottorisahassa. Koneviesti 17. s. 26.
- 1982. Moottorisahan terälaite ja sen kestävyys. Koneviesti 21. s. 24.
- ja Sauvala, K. 1978. Havaintoja metsurin suojainten kestävyydestä ja sen mittaamisesta. Folia Forestalia 311.
- VTT Vuosikirja. 1994. VTT Energia, Biopolttoaineet 1993.

Takalo tutkii yhä korvaavia voiteluaineita:

Rypsiöljyn ja mäntyöljyn käyttö moottorisahassa

Jäteöljytutkimusta tehdessäni useat metsurit sekä kauppiat lausuivat toivomuksenaan, että ryhtyisin tutkimaan myös "luontoystävällisten" öljyjen soveltuvuutta moottorisahan teräketjun voiteluun. Nykyisin käytössä olevat teräketjuöljyt ovat ns. maaöljyjä, jotka ovat tunnetusti vahingollisia sekä metsäluonnolle että vesistöille. Lisäksi öljy tahrii vaatteet ja rikkoo kumijalkineet.

Ympäristöystävällisistä öljyistä varsinkin mäntyöljy on ollut tunnettu jo vuosisadan alusta. Sen sijaan rypsiöljy lienee tullut meillä yleiseen tietoon vasta 1950-luvulla, jolloin voiteluöljyä valmistettiin mm. kasviöljyistä, kalanjätteistä, appelsiininkuorista, karjanlannasta ja muusta senkaltaisesta tähteestä.

Kokeilutarkoituksiin tarvittavat öljyt saatiin Oulu Oy:stä sekä Raisio Tehtailta. Sekä mänty- että rypsiöljyllä suoritettiin lähinnä laboratoriokokeita vastaavia sahauskokeita keinoolosuhteissa. Koe käsitti kiekkojen ja lankkujen sahuuta noin 25 cm läpimittaisesta

koivusta. Kokeessa havaittiin, että kumpaisenkin öljyn voitelukyky oli riittävä terälaitteen voitelemiseen.

Tämän alustavan kokeilun jälkeen käynnistettiin välittömästi käytännön kokeet, jotka jatkuvat edelleen ja kestävät todennäköisesti yli talven. Molempien "luonnonöljyjen" talvikäyttöä rajoittaa tällä hetkellä se, että ne jähmettyvät pakkasessa. Tällä hetkellä näyttää siltä, että luontoystävällinen jähmepisteen alennusaineikin on jo käytettävissä.

Näyttää todennäköiseltä, että tällä hetkellä käytössä olevat maaöljypohjaiset teräketjuöljyt voidaan korvata ympäristöystävällisemmällä kotimaisella voiteluaineella jo aivan lähitulevaisuudessa. Samalla voinee kumisaapasteollisuus huokaista helpotuksesta, ovathan nämä uudet vaihtoehdot tietävästi ystävällistä myös jalkineille.

Samaan aikaan teräöljytestin kanssa tutkitaan myös rypsiöljyn sopivuutta sahanmoottorin kaksitahtiöljyksi.

Liite 2

Valtiovarainministeriön päätös hakemukseen, jossa Metsäntutkimuslaitoksen Kannuksen metsäntutkimusasema on pyytänyt vapautusta Ford Transit 100-VCWVS 1-VAN/2690 -merkkisestä henkilöautosta vuosilta 1993 - 1994 suorittavasta moottoriajoneuvoveron lisäverosta.

Annettu valtiovarainministeriössä 21 päivänä joulukuuta 1993

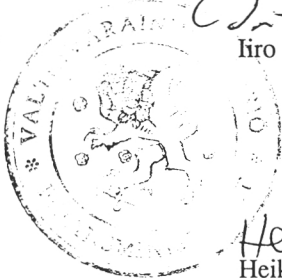
N:o VM 38/504/93

Valtiovarainministeriö on ottanut tämän hakemuksen ratkaistavakseen ja on moottoriajoneuvoverosta annetun lain 32 a §:n (616/82) nojalla vapauttanut Metsäntutkimuslaitoksen Kannuksen metsäntutkimusaseman suorittamasta Ford Transit 100-VCWVS 1-VAN/2690 -merkkisestä henkilöautosta rekisteritunnus BJJ-290 vuosilta 1993-1994 mäntyöljyn tai mäntyöljyyn perustuvan polttoaineen käytön johdosta suoritettavaa moottoriajoneuvoveron lisäveroa. Päätös ei koske muun dieselöljyä lievemmin verotetun polttoaineen käyttöä.

Moottoriajoneuvoverosta annetun lain 32 a §:n 4 momentin nojalla tähän päätökseen ei saa valittamalla hakea muutosta.

Tämä päätös lähetetään tiedoksi ja toimenpiteitä varten Autorekisterikeskuksen ajoneuvohallinnon yksikölle.

VALTIOVARAINMINISTERI



Iiro Viinanen
Iiro Viinanen

Vs. vanhempi hallitussihteeri

Heikki Kuitunen
Heikki Kuitunen

Leimaverotta

Tiedoksi: Autorekisterikeskuksen
ajoneuvohallinnon yksikkö
Verohallitus

Kannuksen metsäntutkimusasema
PL 44
69101 Kannus

ANALYYSIT
(FORCHEM OY)

VOITELUAINNE "OULUBE 32"

<u>Ominaisuus</u>		<u>Tyypillinen arvo</u>	<u>Vaihteluväli</u>	<u>Menetelmä</u>
Tiheys, kg/m ³	+20 °C	950	945 - 955	SCAN-T2:65
Viskositeetti, mPa.S	+40 °C			Brookfield
mm ² /s	+40 °C	30	min. 25	
		32		laskennallinen
Viskositeetti-indeksi	°C	220	210 - 230	ASTM D 2270-93
Jähmettymispiste	°C	-24		ASTM-D 97-66
Leimahduspiste	°C	> 200		ASTM D 93-71
Lämmönkestävyys	h 260 °C		12	

OULUSOL 102

Väri, Gardner 1968	5,5
Happoluku, mg KOH/g	10
Viskositeetti, Brookfield, 25 °C, cPs	6
Tiheys, g/l, 20 °C	0,89
Leimahduspiste, Pensky-Martens, °C	>180
Samenemispiste, °C	-15
Jähmepiste, °C	-18
Haihtumattomat, EPA Method 24, %>95	

KALORIMETRINEN LÄMPÖARVO Mj/kg
(METLA Kannus)

Oulube 32 (teräöljy)	36,99
Oulusol 102 (diesel)	39,74
Mäntyrasvahappo	39,20
Sinappiöljy	39,96
Rypsiöljy	39,54
Raskas polttoöljy	40.7 - 42.0
Kevyt polttoöljy	42.7 - 44.0

Kannuksen tutkimusasemalla ilmestyneet Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja-sarjan julkaisut:

- N:o 98 Jyrki Hytönen 1983. Vaaka- ja pystyistutuksen vertailua pajunkasvatuksessa. Abstract: Comparison of horizontal and vertical planting of willow cuttings. 14 s.
- N:o 120 Metsäntutkimuspäivä Kannuksessa 15.9.1983. 40 s.
- N:o 132 Ari Ferm ja Jyrki Hytönen 1984. Säilytyksen vaikutus kosteusnäytteeseen puun kuivamassan määrittämisessä. Abstract: Effect of sample storage in determination of tree dry mass. 16 s.
- N:o 163 Ari Ferm ja Jyrki Hytönen 1984. Vesipajun vesojen puuteknisiä ominaisuuksia. Abstract: On the technical properties of *Salix 'Aquatika'* sprouts. 20 s.
- N:o 206 Metsäntutkimuspäivä Kannuksessa 28.11.1985. Forest Research Day at Kannus 28.11.1985. 99 s.
- N:o 245 Jyrki Hytönen 1987. Lannoituksen vaikutus koripajun ravinnetilaan ja tuotokseen kahdella suonpohja-alueella. Summary: Effect of fertilization on the nutrient status and dry mass production of *Salix Viminalis* on two peat cut-away areas. 31 s.
- N:o 250 Metsäntutkimuspäivä Kokkolassa 13.3.1987. Metsäteknologian teemapäivä. 113 s.
- N:o 304 Ari Ferm (ed.) 1988. Proceedings of the IEA Task II meeting and workshop on cell culture and coppicing. In Oulu, Finland, August 24—29, 1987. 115 s.
- N:o 320 Ari Ferm, Jyrki Hytönen, Kimmo K. Kolari & Heikki Veijalainen 1988. Metsäpuiden kasvuhäiriöt turkistarhojen läheisyydessä. Sammandrag: Tillväxstörningar i skogs-träd i närheten av pälshager. Abstract: Growth disturbances of forest trees close to fur farms. 77 s.
- N:o 322 Ari Ferm & Maire Ala-Pönttiö (toim.) 1989. Metsäntutkimuspäivä Kannuksessa 1988. 96 s.
- N:o 329 Esa Heino 1989. Suomalainen pajukirjallisuus. Finnish bibliography on willow. 30 s.
- N:o 346 Juha Nurmi & Keijo Polet (ed.) 1990. Measurement and evaluation of wood fuel. Proceedings of the IEA/BE TASK VI Activity 5 Workshop in Jyväskylä, Finland. October 25-27, 1989. 64 s.
- N:o 348 Ari Ferm 1990. Coppicing, aboveground woody biomass production and nutritional aspects of birch with specific reference to *Betula pubescens*. 35 s.+osajulkaisut.
- N:o 374 Ari Ferm ja Esa Heino (toim.) 1991. Keski-Pohjanmaa — Nouseva metsämaakunta. Metsäntutkimuspäivä Ylivieskassa 14.6.1990. 43 s.
- N:o 391 Ari Ferm ja Keijo Polet (toim.) 1991. Peltojen metsitysmenetelmät. Tutkimushankkeen väliraportti. Developing methods for afforestation of fields. Interim report. 120 s.
- N:o 401 Risto Lauhanen 1992. PATU M 100-kaivuri metsäojituksessa. Abstract: PATU M 100 excavator in forest drainage. 23 s.
- N:o 409 Risto Lauhanen 1992. Kunnostusojituksen ongelmat ja tutkimustarpeet. Abstract: Ditch network maintenance, its problems and research needs. 45 s.
- N:o 457 Kristian Karlsson (red.) 1993. Skogsforskningsdag i Vörå 1992 — Metsäntutkimuspäivä Vöyrissä 1992. 47 s.
- N:o 458 Risto Lauhanen & Tero Takalo 1993. Yksitelainen LA-MA 10-kaivuri metsäojien perkauksessa. Abstract: LA-MA 10 single track backhoe in forest ditch cleaning. 20 s.
- N:o 463 Ari Ferm, Jyrki Hytönen, Katri Koski, Seppo Vihanta & Olavi Kohal. Peltojen metsitysmenetelmät. Kenttäkokeiden esittely ja metsitysten kehitys kolmen ensimmäisen vuoden aikana. 127 s.
- N:o 540 Jyrki Hytönen & Keijo Polet (toim.) 1994. Metsäntutkimuspäivä Käiviällä 1994.
- N:o 544 Sauli Takalo, Tero Takalo & Risto Lauhanen 1995. Pontus-pientelamaasturi harvennuspuun metsäkuljetuksessa erällä työmaalla.

Kannus 1995
ISBN 951-40-1418-9
ISSN 0358-4283