

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA

142

SUONENJOEN TUTKIMUSASEMA



ANTTI MAUKONEN

KULOTUSTEKNOLOGIAN KEHITTÄMINEN

SUONENJOKI 1984

Valokuva: Pertti Harstela

ISBN 951-40-0963-0
ISSN 0358-4283

1984 Suonenjoen Kirjapaino Ky

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
TIEDONANTOJA

142

SUONENJOEN TUTKIMUSASEMA

KULOTUSTEKNOLOGIAN KEHITTÄMINEN

Antti Maukonen

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ	2
1. JOHDANTO	3
2. KULOTUSTIEDUSTELUN TULOKSET	5
3. KULOTUSTEKNIIKAN KEHITTÄMISMAHDOLLI- SUUKSIA	8
3.1. Traktoriruisku	8
3.2. Teloilla liikkuva moottoriruisku	11
3.3. Veden fysikaalisten ominaisuuksien muuttaminen	11
3.3.1. Veden viskositeetin ja pin- tajännityksen muuttaminen	11
3.3.2. Veden vaahdottaminen	12
3.4. Laikkukulotus	14
3.5. Helikopterin käyttömahdollisuudet kulotuksessa	15
3.6. Sähkösytytys ja sääennusteet	17
4. KUSTANNUSTIETOJA	19
4.1. Kulotus tavanomaisin menetelmin	19
4.2. Polttolaikeutus	20
4.3. Helikopterikulotus	21
4.4. Vertailu koneelliseen maanmuokkaukseen	21
4.5. Muita kustannustietoja	22
5. TULOSTEN TARKASTELUA	22
6. KIRJALLISUUS	24

TIIVISTELMÄ

MAUKONEN, A.1984. Kulotusteknologian kehittäminen. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 142.

Tutkimuksessa tarkastellaan kulotusteknologian kehittämismahdollisuuksia. Palontorjunta-alalla on tapahtunut viimeisten kahdenkymmenen vuoden aikana huomattavaa kehitystä, jota voidaan osin hyödyntää myös kulotuksessa. Sammutusveden vaahdotus ja metsä- tai maataloustraktooriin asennettava ruiskuyksikkö tuntuvat tällä hetkellä ehkä lupaavimmilta vaihtoehdoilta.

Kulotustöiden koneellistamista koskeva tutkimuksen osa on tehty pääosin kirjallisuuden ja asiantuntijahaastattelujen perusteella. Tämän lisäksi tutkimukseen kuuluvat syksyllä 1983 järjestetyn postitiedustelun tulokset. Tiedustelu lähetettiin kulotusta harjoittaville intressipiireille, ja siinä pyydettiin vastauksia mm. kulotustöitä koskeviin teknis-taloudellisiin kysymyksiin.

1. JOHDANTO

Metsänhoidollisen kulotuksen valtakausi kesti Suomessa 1950-luvun alkupuolelta 1960-luvun puoliväliin, jolloin metsämaan koneelliset muokkausmenetelmät alkoivat yleistyä. Huippukautena 1950-luvun puolivälissä kulo-tettiin vuosittain 30 000 ha (kulotustoimikunnan mie-tintö 1980). Viime vuosina vastaava pinta-ala on ollut alle 1 000 ha (Metsätilastollinen vuosikirja 1982).

Vaikka kulotus metsänhoidollisesti olisikin erittäin hyvä maan valmistamistoimenpide, sen käyttö on kui-tenkin jatkuvasti vähentynyt. Osasyynä tähän kehityk-seen ovat olleet vanhanaikaiset, kehittymättömät ja paljon työvoimaa vaativat kulotusmenetelmät. Tämä johtaa töiden toteutuksessa käytännön järjestelyvai-keuksiin ja nostaa kustannuksia.

Kulotuksen etuina pidetään yleensä seuraavia seikkoja (esim. Kolehmainen 1951):

- Kulotus muuttaa ravinteet kasveille käyttökelpoiseen muotoon.
- Metsän uudistamista haittaava pintakasvillisuus tuhoutuu.
- Tuhohyönteiset ja sienet tuhoutuvat.
- Maan happamuus vähenee.
- Kulotus on "luonnonmukainen" maan valmistustapa, jonka jäljiltä on syntynyt hyväkasvuisia ja korkea-laatuksia taimikoita.

Kenttäväen keskuudessa tuntuu kiinnostusta kulotusta kohtaan kyllä olevan, ja kulotuksen lisäämistä pide-täänkin yleisesti suotavana.

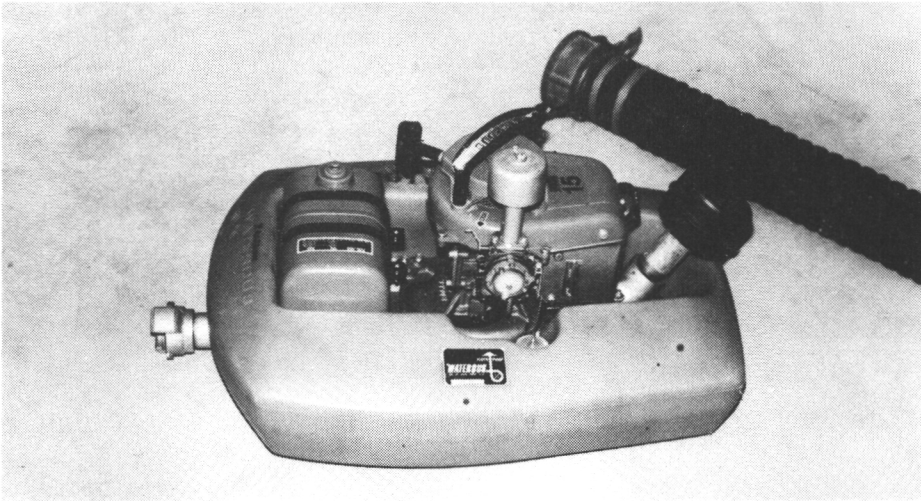
Tavanomaisin menetelmin toteutettuna kulotus on paljon työvoimaa vaativaa. Lähinnä hakkuualueen koosta riip-puen tarvitaan kulotukseen kymmenestä lähemmäs kolme-kymmentä miestä (Kolehmainen 1951).

Kalustossa on kuitenkin sitten 1960-luvun tapahtunut kehitystä. Käyttöön on tullut keveitä kannettavia sy-tyttimiä ja moottoriruiskuja. Kannettavien moottori-ruiskujen lisäksi voidaan tarvittaessa käyttää maatalous- tai metsätraktorin päälle asennettua sammutusyk-sikköä. Niinikään sääennusteet ovat parantuneet huo-

mattavasti. Jo näiden parannusten myötä on ihmistyövoiman tarve Ruotsissa pystytty alentamaan jopa 0.2-0.7 miestyöpäivään hehtaaria kohden, kun vastaava luku 1950- ja 1960-luvuilla oli 2-4 miestyöpäivää/ha (Samuelson & Wickström 1981)! Todettakoon, että Suomessa Tuomarniemen hoitoalueessa vuosina 1947-1949 työvoiman tarve oli keskimäärin 5.1 miestyöpäivää/ha (Kolehmainen 1951).



Kuva 1. Tulirintama etenee.



Kuva 2. Kevytrakenteinen kelluva moottoripumppu.

2. KULOTUSTIEDUSTELUN TULOKSET

Kulotusta kohtaan tunnetun mielenkiinnon kartoittamiseksi ja kulotusmenetelmien edelleen kehittämisen tarpeellisuuden selvittämiseksi järjestettiin Metsäntutkimuslaitoksella syksyn 1983 aikana postitiedustely, Metsäteollisuusyhtiöille¹⁾ metsähallituksille²⁾ ja metsänhoitoyhdistyksille,³⁾ osoitetussa tiedustelussa pyydettiin vastauksia viiteentoista kulotusta koskevaan kysymykseen.

Kyselylomakkeita (LIITE 1) lähetettiin kaikkiaan 51 kpl, joista täytettynä palautettiin 50 kpl. Osa organisaatioista lähetti useita vastauksia, joten lopullinen vastausprosentti oli 70.

Seuraavassa esitetään kysymyksiin annetut vastaukset kysymysjärjestyksessä.

- Kulotettu pinta-ala
 - Yhteensä 1 325 ha (vuosina 1981-1983)
 - Keskim. n. 440 ha/vuosi
 - "- 9 ha/vastaaaja/vuosi

- Onko tarkoitus kulottaa jatkossa?

- Kyllä	35 kpl	70 %
- Ei	6 "	12 %
- Epävarma	5 "	10 %
- Tyhjä	4 "	8 %
	50 "	100 %

- Käytetty kulotustekniikka, koneiden ja muiden apuvälineiden käyttö
 - Kulotus on tapahtunut ns. perinteisin menetelmin
 - Käytettyjä apukeinoja mm:
 - moottoriruisku
 - traktorikaivuri
 - auraus palokujien teossa
 - kaivot räjäytetty
 - nestekaasupuhallin
 - radiopuhelin

1) 11 eniten omia metsiä omistavaa yhtiötä

2) 3 piirikuntaa

3) 37 kpl eri puolilla Suomea

- Ihmistyövoiman tarve
 - Kulotuksen valmistelu 0,7 miestyöpäivää/ha
 - Poltto 1,5 "-
 - Jälkivartiointi 0,7 "-

 - Yhteensä keskimäärin 2,9 "-
 - Pienin arvo 0,9 "-
 - Suurin arvo 7,0 "-
- Kulotuskustannukset
 - Keskimäärin 680 mk/ha
 - Pienin arvo 100 "
 - Suurin arvo 2500 "
- Kulotuskohteet
 - Kuusivaltainen MT ja VT
 - Suosaarekkeet
 - Paksusammaleiset maapohjat
 - Vaaran pohjoisrinteet
 - Maannousemaa esiintyvillä alueilla
 - Kiviset rinnemaat joilla on runsaasti hakkuutähteitä
- Kohteen pinta-ala
 - Keskimäärin 12,8 ha
 - Pienin arvo 0,7 ha
 - Suurin arvo 45,0 ha
- Hakkuun ja polton välinen aika
 - 1/2 - 2 vuotta
- Viljely
 - Heti tai seuraavana vuonna
- Tuhot
 - Havaittuja tuhoja hyvin vähän
 - kuplamörskyä havaittu 3 tapauksessa
 - tukkimiehentäitä havaittu 7 tapauksessa
- Kulotuksen pahimmat esteet
(1 = pahin, 2 = seuraavaksi pahin jne.)

Alla olevaan taulukkoon on koottu esteet tärkeysjärjestyksessä. Roomalaisen luvun alla olevassa sarakkeessa luvut ilmaisevat miten pahana ko. estettä on pidetty. Esim. "kustannusten" kohdalla oleva lukusarja 16-5-5 tarkoittaa, että 16 vastannutta on pi-

tänyt kustannuksia pahimpana esteenä, 5 toiseksi pahimpana ja 5 kolmanneksi pahimpana. "Pistesarakkeeseen" on laskettu eräänlainen vertailuluku, jolloin kukin I-sija on antanut 5 pistettä, II-sija 4 pistettä jne.

	I	II	III	IV	V	Yht.	Pist.
1. kustannukset	16	5	5			26	115
2. Vastuut, lait riski, vakuu- tukset	6	7		4		17	66
3. Käytännön jär- jestelyvaikeudet	4	7	6			17	66
4. Aukkojen koko ja muoto	6	6	2	1		15	62
5. Sää	7	3			1		48
6. Ammattitaitoisen työvoiman puute	2	3					22
7. Kulotus ei yksin riitä		3	1	1			17
8. Muut	3	3	2	1			

- Onko kulotus käyttökelpoinen nykytekniikalla?

- On	29 kpl	58 %
- Ei ole	9 "	18 %
- Ei tiedä	3 "	6 %
- Tyhjä	9 "	18 %
	-----	-----
	50 kpl	100 %

- Onko kulotus käyttökelpoinen jos tekniikkaa pystytään huomattavasti kehittämään?

- On	37 kpl	74 %
- Ei ole	4 "	8 %
- Ei tiedä	3 "	6 %
- Tyhjä	6 "	12 %
	-----	-----
	50 kpl	100 %

Päätelmiä tuloksista

Vastausten mukaan kiinnostus kulotusta kohtaan on suurempaa mitä alunperin rohjettiin odottaakaan. Pahimpana esteenä kulotuksen yleistymiselle nähtiin muihin maankäsittelymuotoihin verrattuna korkeat kustannukset. Myös vastuukysymykset ja käytännön järjestelyvaikeudet koettiin ongelmallisiksi.

Kohteiden erilaisuuden vuoksi työvoiman tarpeessa ja siten myös kulotuskustannuksissa on erittäin suuria eroja. Laajoilla ja maastoltaan sopivilla kohteilla on kustannustaso hyvinkin kilpailukykyinen muiden maankäsittelytapojen kanssa. Halvimmillaan kulotus oli tiedustelun mukaan maksanut vain 100 mk/ha!

Tukkimiehentäi ja kuplamörsky ovat joskus aiheuttaneet kulotusalueilla taimikkotuhoja. Tiedusteluun vastanneiden mukaan em. tuhot olivat erittäin harvinaisia ja merkityksettömiä. Jos kulotuksen lisäksi rikotaan maanpintaa, katsotaan sen estävän tukkimiehentäin, mutta lisäävän kuplamörskyn esiintymistä (Wickström 1983).

Kulotustiedustelun tärkein anti oli kuitenkin se, että kulotusta pidetään yhä käyttökelpoisena maankäsittelytapana. Lähes 60 % vastanneista piti jo nykyisiä menetelmiä hyvinä, ja yli 70 % piti kulotusta käyttökelpoisena, mikäli menetelmiä pystytään edelleen kehittämään.

3. KULOTUSTEKNIIKAN KEHITTÄMISMAHDOLLISUUKSIA

3.1. Traktoriruisku

Metsätraktoriin asennettuna ruiskukyksikön maastokelpoisuus on erinomainen. Säiliön tilavuus voi olla 5-6 m³.

Maataloustraktorissa on kokeiltu ruiskuratkaisua, jossa suutintanko voidaan asentaa nopeasti etukuormaimen. Pumppuna on paloauton pumppu, joka saa veden 4m³:n säiliöperävaunusta. Ruiskun suutintanko kääntyy hydraulisesti ja suurin ruiskutusteho on 900 litraa minuutissa. Samalla kalustolla voidaan lisäksi puh-

distaa mm. katuja, jolloin ruiskulle saadaan lisää käyttöä (Juvonen 1983).



Kuva 3. Traktoriruisku



Kuva 4. Suihku on helppo suunnata haluttuun kohteeseen

3.2. Teloilla liikkuva moottoriruisku

Toinen huomattava edistysaskel pumppukaluston liikkuvuudessa on teloilla maastossa liikkuva moottoriruisku eli ns. "kulkuri". Se helpottaa työskentelyä, sillä ruiskun saaminen vedenottopaikalle sujuu ketterästi vähin miesvoimin. "Kulkurilla" voi taivaltaa pitkiä matkoja selviteltäessä samalla tarvittavaa letkukalustoa. "Kulkurin" pumppausteho 300 metrin matkalla on yli 1 000 litraa minuutissa (Rantanen 1983). Pumppaustehon vähimmäisvaatimuksena pidetään palontorjunnassa 300 litraa minuutissa (Kulotustoimikunnan mietintö 1980). Vaikeassa maastossa voi tela-alustaisen ruiskukäytön liikkuminen olla kuitenkin vaivalloista.

3.3. Veden fysikaalisten ominaisuuksien muuttaminen

3.3.1. Veden viskositeetin ja pintajännityksen muuttaminen

Veden sammutustehon lisäämiseksi siihen voidaan lisätä kemikaaleja, jotka lisäävät veden viskositeettia. Tällainen vesi "tarttuu" hyvin kohteeseen. Myös veden pintajännitystä voidaan muuttaa (alentaa), jolloin kasteluvaikutus kasvaa paremman leviämisen takia.

Pintajännitystä vähentävistä lisäaineista on myös se etu, että pumpun kapasiteetti kasvaa. Esim. 38-44 mm muovi- ja kumiputkia käytettäessä on virtausnopeuden kasvuksi todettu 20-100 %. Tämä mahdollistaa entistä pitempien putkistojen käytön ja suuremmat vesimäärät. On myös mahdollista käyttää entistä ohuempia putkia sekä pienempiä ja samalla myös helpommin siirrettäviä pumppuja (Townsend & Higgins 1976).

Veden viskositeetin nostamisesta saattaisi olla hyötyä esim. helikopterikulotuksessa, jolloin vesi tarttuisi hyvin kohteeseen. Lisäämällä seokseen vielä tiettyjä kemikaaleja pystytään kohteen pinnalle muodostamaan vahakalvo, joka sateista riippuen voi kestää jopa 2-3 kuukautta. Tällainen neste soveltuisi erityisen hyvin suojavaikuteiden kasteluun.

Pintajännityksen laskemisesta aiheutuva kasteluvaikutuksen paraneminen olisi taas arvokas ominaisuus esim. jälkisammutuksessa. Pumppujen kapasiteetin nostami-

seksi voitaisiin kasteluveteen lisätä em. kemikaaleja myös varsinaisen polton aikana.

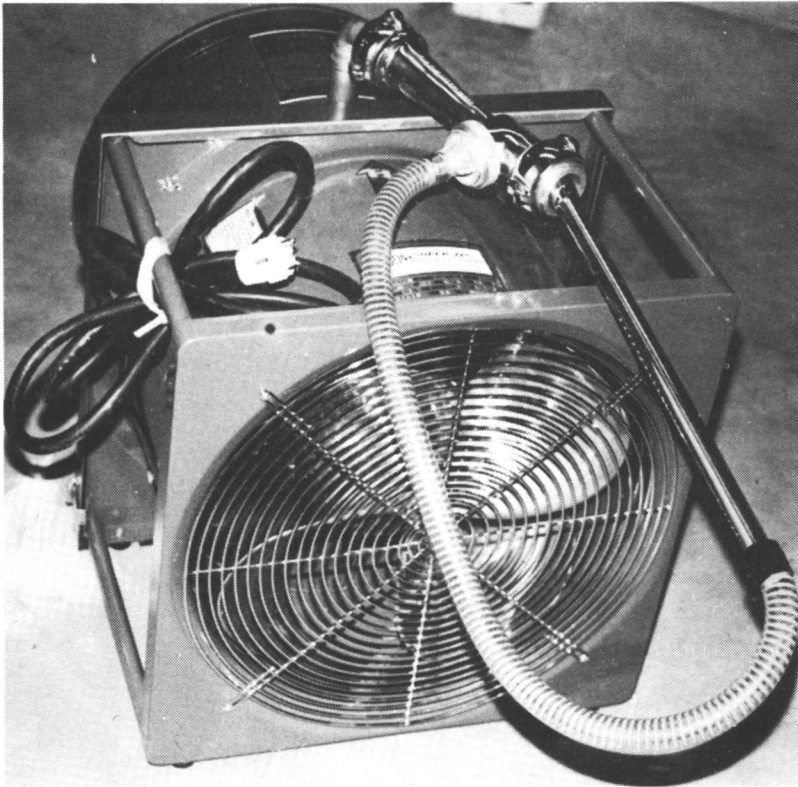
Kemikaalit aiheuttavat kuitenkin huomattavia lisäkustannuksia, joten niiden käyttö kulotuksessa ei tulene suuresti yleistymään. Kemikaalien litrahinta on noin 10 mk ja niitä käytetään 2-4 % seossuhteella (Kuopion palolaitos 1984).

3.3.2. Veden vaahdottaminen

Pelkällä vedellä on taipumus painua kohteessa aina matalimmille kohdille. Vaahto pysyy sen sijaan vettä paremmin paikallaan, jolloin saadaan mahdollisimman tasainen peitto.

Vaahdottaminen voi tapahtua joko kemiallisesti aerosoleilla tai mekaanisesti. Viimeksimainitussa, ehkä taloudellisimmassa vaahdotustavassa, sekoitetaan veteen ilmaa ja stabilointiainetta (proteiineja esim. gelatiini) (Colquitt & Johansen 1967). Vaahdotettavuutta voidaan parantaa huomattavasti pintajännitystä alentavilla kemikaaleilla, jotka eivät vaikuta millään tavalla vaahdon kestävyYTEEN. Kestävyys (jonka pitäisi olla vähintään puoli tuntia) riippuu vaahdokuplan koosta: pienikuplainen vaahto on suurikuplaista kestävämpää. Paitsi, että vaahto on monissa tilanteissa pelkkää vettä tehokkaampi sammutusaine, saavutetaan vaahdottamisella huomattavaa veden säästöä. Tästä on suurta hyötyä erityisesti alueilla, missä on puutetta vedenottopaikoista.

Koska vaahto säilyy pitkän ajan, voidaan kulotuksessa suojavaikokkeiden vaahdottamisella välttää esivalmistelutöitä. Vaahdotettaessa ei lisäainekustannuskaan muodostu niin suureksi kuin käytettäessä yksinomaan veden pintajännitystä ja viskositeettia muuttavia lisäaineita. Tämä johtuu vaahdon paisumisesta. Esim. ns. välivaahdotusmenetelmällä seos paisuu 50-200 kertaiseksi (Kuopion palolaitos 1984, Savon Palokaluste 1984).



Kuva 5. Kevytvahtolaitteet

3.4. Laikkukulotus

Kulotusta on perinteisesti totuttu pitämään vain suu-ripinta-alaisille uudistusalueille sopivana. Perinteisin menetelmin toteutettuna muodostuvat kulotuskustannukset pienillä uudistusaloilla kohtuuttoman korkeiksi.

Pienten uudistusalojen kulotuksessa voitaisiin ajatella laikkukulotusta, jolloin uudistusalueelle poltettaisiin 2 000-2 500 laikkua hehtaarille. Polttoon voidaan käyttää moottoriselkäräuiskua, joka pelkällä suukappaleen vaihdolla muutetaan liekinheittimeksi. Polttoaineena käytetään kevyttä polttoöljyä, naftaa tai petroolia, jolloin liekin lämpötila voi olla 1 000 °C. Kulotus suoritetaan liekinheittimellä maan ollessa kostea, jolloin tuli ei pääse leviämään (Etholen 1975). Moottoriselkäräuiskujen sijasta voidaan käyttää myös nestekaasupuhaltimia.

Istutus- ja kylvökokeiden mukaan on liekinheittimellä kulotetun maanpinnan todettu vastaavan viljelualueena normaalilla tavalla kulotettua pintaa.

Alla on esitetty luettelonomaisesti eräitä liekinheittimien käytöllä saavutettavia etuja (Etholen 1975).

- Kulotusta voidaan suorittaa hyvinkin kostealla säällä (jopa sateella), eikä siten olla sidottuja harvoin sopiviin kulotuspäiviin.
- Palamisen tehokkuutta voidaan säädellä metsätyypin ja viljelytavan vaatimalla tavalla.
- Voidaan polttaa myös siemen- ja verhopuuston alla.
- Luonnontaimet on mahdollista säästää.
- Liekinheittäjiä voidaan käyttää myös perinteisen kulotuksen yhteydessä polttamalla ennakolta sopivalla säällä suojavyöhykkeitä. Käyttämällä niitä sytytykseen, lisäpolttoon, vastatulen tekoon jne.
- Laitekustannukset ovat minimaaliset, koska tarvittavia välineitä käytetään myös kasvinsuojelu- ja vesakkoräuiskutuksiin.

Laikkukulotus on kuitenkin normaaleihin maankäsittelymuotoihin verrattuna niin kallista, ettei se nykyteknikalla tule ratkaisemaan pienten kulotusalueiden ongelmaa.

3.5. Helikopterin käyttömahdollisuudet kulotuksessa

Helikopterin käyttö metsäpalontorjuntaan on yleistynyt 1970-luvulta alkaen (esim. Wilson 1973, Ethölen 1975, Rantanen 1983). Lisävarusteena helikopteriin tarvitaan tällöin vain kuormavaijeriin ripustettava vesisäiliö (Ethölen 1975).

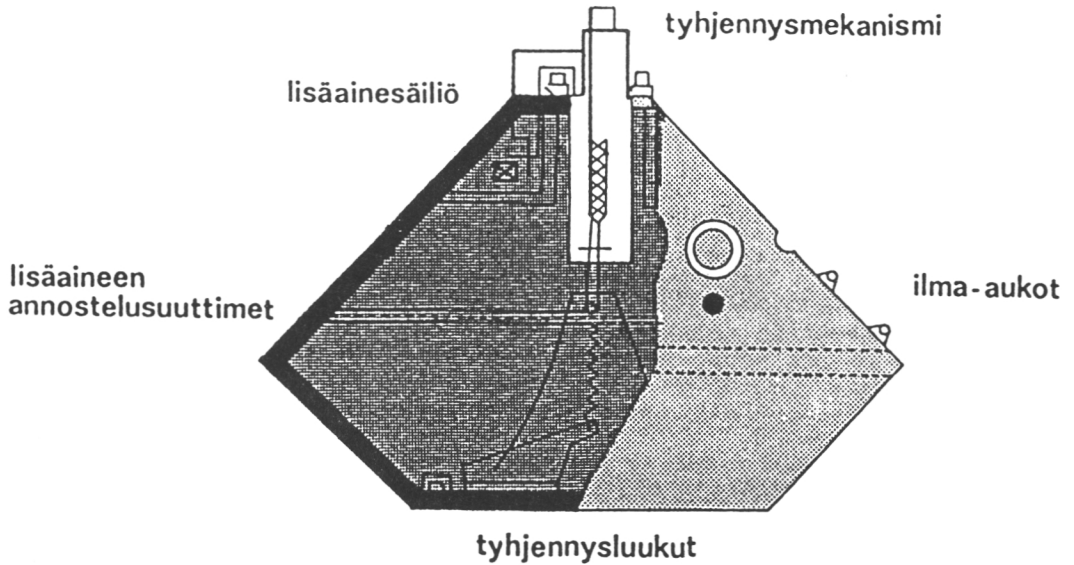
Tätä samaa säiliötä voidaan käyttää myös kulotuksessa suojavaohykkeiden kastelemiseen sekä tulen sammuttamiseen. Myös sytytys onnistuu helikopterilla. Tällöin alue voidaan tarvittaessa saada palamaan hyvinkin nopeasti, jolloin palaminen on mahdollisimman tehokasta. Sytytinlaitteita on erityyppisiä, ja niiden asentaminen helikopteriin käy nopeasti (Sackett 1975, Wickström 1983).

Ensiksi helikopteriin asennetaan vesisäiliö ja kastellaan kuloalueen reunavaoohykkeet. Tällöin välttyään hyvin pitkälti muilta kulotusalueen ennakkovalmistelutoimenpiteiltä. Kun veteen lisätään tiettyjä kemikaleja, saadaan seoksen vaikutusaikaa ja sammutustehokkuutta tarpeen mukaan lisättyä (ks. s.11).

Vesisäiliö voi olla lasikuiturakenteinen, jolloin 800 litran säiliön tyhjäpaino on vain 65 kg. Säiliö täytetään veteen laskemalla ja tyhjenetään avaamalla täyttöluukut kohteen yläpuolella. Lentonopeutta, luukkujen avautumiskulmaa ja lentokorkeutta vaihtelemalla voidaan vaikuttaa kastelukuvion pinta-alaan ja muotoon. Suoja-aluetta kasteltaessa on mahdollista tehdä 4-6 metriä leveätä vanaa, jonka pituus nopeudesta riippuen (800 litran säiliö) voi olla 100-150 metriä (Virtanen 1982).

Vesisäiliön käyttö vaatii lentäjältä suurta taitoa. Pienen helikopterin roottorin aiheuttamaa ilmavirtausta ei pidetä ongelmana, mutta suurella helikopterilla voi kokematon kuljettaja saada tulen leviämään arvaamattomasti (Wilson 1973). Toisaalta lienee myös mahdollista käyttää roottorin synnyttämää ilmavirtausta apuna haluttaessa vaikuttaa tulen etenemiseen.

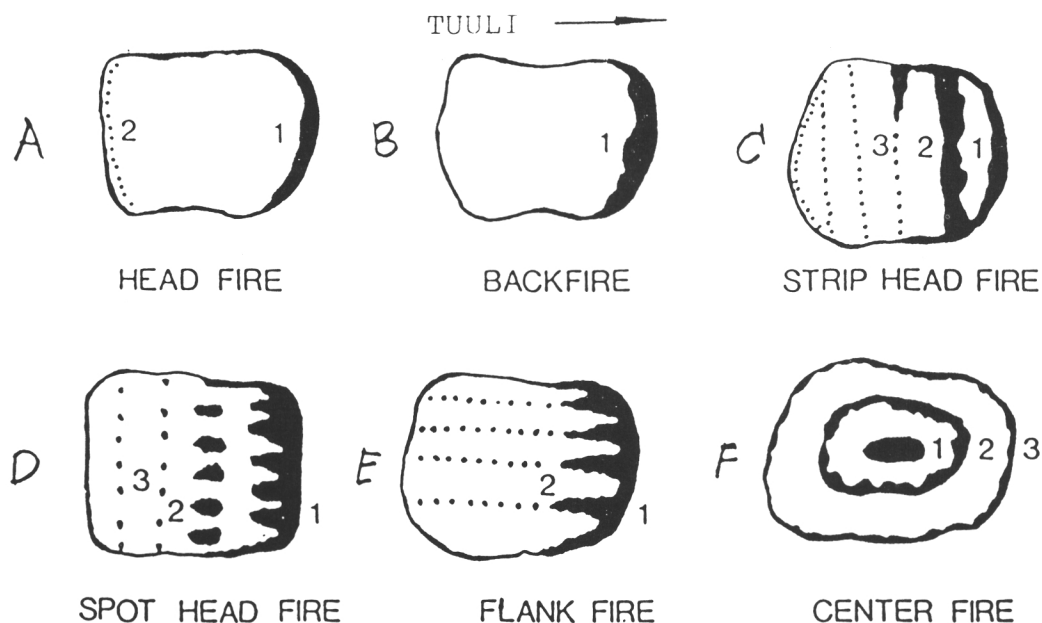
Kun reuna-alueet on kasteltu ja mahdollisesti kriittisimmät kohdat poltettu käsisytyttimien avulla, vaihdetaan vesisäiliön tilalle sytytinlaite (Wickström 1983).



Kuva 6. Vesisäiliön rakenne

Jotta poltto tapahtuisi mahdollisimman ripeästi, alue kannattaa sytyttää hieman eri tavalla kuin tavannomaisen kulotuksen yhteydessä (kuva 7, tapa B). Eriytyisen hyvin helikopterikulotukseen soveltunee sytytystapa, jossa lennetään alueen yli useita sytytyslinjoja aloittaen sytytys tuulen alta (tapa D). Joissakin tilanteissa voitaneen sytyttää myös tuulen päältä (tapa A) tai alueen keskeltä (tapa F). Luonnollisesti sytytys voidaan tehdä miestyönäkin, jolloin helikopteri voi koko ajan huolehtia reuna-alueiden sammutuksesta. Pääasia on, että alue saadaan palamaan nopeasti. Käsisytytyksessä tulisivat siten kysymykseen lähinnä sytytysmenetelmät C, E ja A.

Helikopterikulotuksessa poltettavan alueen on oltava suuri ja selvärajainen, ja lähellä on oltava vesisäiliön täyttämiseen soveltuva paikka. Helikopterin korkeiden käyttötuntikustannusten vuoksi työt tulee suunnitella hyvin ennakolta, jonka lisäksi lentäjä sekä kulotuksen johtaja ovat kulotuksen aikana jatkuvassa



Kuva 7. Kulotukseen soveltuvia erilaisia sytytystapoja (Martin & Dell 1978). Numerot ilmaisevat sytytysjärjestyksen.

radioyhteydessä. Helikopterimiehistön ja kulotuksen johtajan lisäksi työn toteuttamiseen tarvitaankin vain puolenkymmentä apumiestä (Wickström 1983).

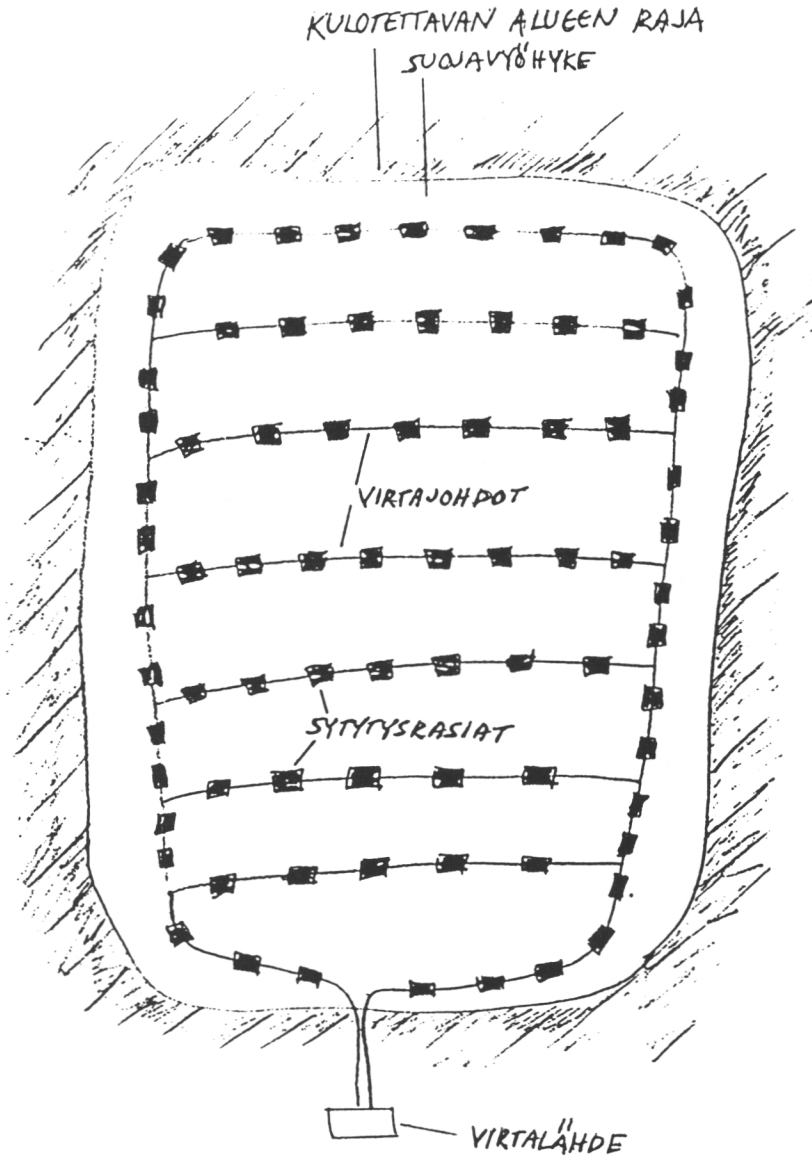
3.6. Sähkösytytys ja sääennusteet

Pohjois-Amerikassa on kulotuksessa käytetty apuna sähköistä sytytysjärjestelmää. Sähkösytytys edustaa sytytyksen uusinta tekniikkaa. Laitteisto on kannettava ja kustannuksiltaan erittäin huokea.

Sytytysjärjestelmän voimanlähteenä käytetään generaattoria tai 12 voltin akkua. Lisäksi tarvitaan johtoa, sytyttimet, sytytyslankaa ja sytytysrasiat.

Sähköpiirit vedetään paikoilleen ennen kulotusta kuloalueen erityispiirteet huomioon ottaen. Polton edessä kytkee kulotuksen johtaja kussakin tilanteessa tarvittavat virtapiirit, jolloin sytytysrasiat saavat ympäröivän orgaanisen materiaalin palamaan. Sähkösytytystä käytettäessä kulotuksen johtajan kulon kont-

rollointi helpottuu ratkaisevasti (Main & Roussopoulos 1972, Schimke, Dell & Ward 1975).



Kuva 8. Sähkösytytysjärjestelmä paikoilleen asennettuna.

Sääennusteiden parantumisen myötä on nykyään entistä paremmat mahdollisuudet valita kulotukseen sopiva ajankohta. Pohjois-Amerikassa on laadittu tietokone-ohjelmia, joiden avulla saadaan selville kulotukseen soveltuvien päivien lukumäärä ja jakautuminen kulotuskauden aikana tietyllä paikkakunnalla. Ohjelma perustuu pitkäaikaisiin säähavaintokeskiarvoihin. Rajoitteet (esim. lämpötila, kosteus, tuulen nopeus) määräämällä saadaan selville todennäköiset kysymykseen tulevat päivät (Furman 1979).

Suomessa Ilmatieteenlaitos on kokeelluontoisesti laatinut säätiedonantoja mm. maanviljelijöiden erityistarpeisiin erittäin hyvin tuloksin.

Kulotuksen onnistumisen kannalta on tärkeää tietää myös hakkuutähteiden ja humuskerroksen kosteuspitoisuus (ks. s.23-24). Tähän astihan kulotus on tehty melkolailla "sormituntumalta", mutta parhaan mahdollisen lopputuloksen saavuttamiseksi olisi hyvä - erityisesti syyskulotuksessa - tukeutua kulotusajankohdassa kosteusmittauksiin.

4. KUSTANNUSTIETOJA

Seuraavassa tarkastellaan kulotuskustannuksia eri polttomenetelmillä. Mukaan on otettu myös hintatietoja eräistä mielenkiintoisista kulotukseen sopivista apuvälineistä. Laskelmat on tehty alkuvuoden 1984 hintatason mukaan. Laskelmien pohjana olevien kulotusolosuhteiden erilaisuudesta johtuen tulokset ovat vain karkeasti suuntaa antavia.

4.1. Kulotus tavanomaisin menetelmin

- Vuoden 1983 tiedustelun mukaan kulotuskustannukset olivat seuraavat (kohteen pinta-ala keskimäärin 12.8 ha):

valmistelu + poltto	578 mk/ha
jälkivartiointi	102 mk/ha
	<hr/>
yhteensä	680 mk/ha
pienin arvo	100 mk/ha
suurin arvo	2 500 mk/ha

4.2. Polttolaikutus

- Palkkausalue 4, 2 000 laikkua/ha, ns. kevyt poltto maan ollessa kostea.
- Poltto moottoriselkäräyksellä.

Työkustannus: Ajanmenekki 15 h/ha
Palkka 18,27 mk/h

$$15 \text{ h/ha} \times 18,27 \text{ mk/h} = 274 \text{ mk/ha}$$

Polttoöljykustannus:

Polttoöljynkulutus 0,256 l/laikku
==> 513 l/ha
Polttoöljyn hinta 1,70 mk/l

$$513 \text{ l/ha} \times 1,70 \text{ mk} = 872 \text{ mk/ha}$$

Polttoainekustannus:

Polttoaineen kulutus 1,2 l/h
==> 18 l/ha
hinta (92 okt. 5% seos) 4,00 mk/l

$$18 \text{ l/ha} \times 4,00 \text{ mk} = 72 \text{ mk/ha}$$

Kustannukset yhteensä:

$$274 \text{ mk/ha} + 872 \text{ mk/ha} + 72 \text{ mk/ha} \\ = 1\,218 \text{ mk/ha}$$

(Lähteet: Metsähallituksen kehittämisjaoston koese-
lostus N:o 58. 1971.
Metsä- ja uittoalan työehtosopimus
1.4.83-29.2.84)

4.3. Helikopterikulotus

- kohteen pinta-ala 52 ha
- helikopterin ajankäyttö 515 cmin/ha
- 5 apumiestä, palkka 18,27 mk/h, ajankäyttö 5 x 733 cmin/ha
- helikopterin käyttötuntikustannus 4 000 mk/h

Helikopterikustannus:

515 cmin/ha

6 000 cmin

x 4 000 mk = 343 mk/ha

Miestyökustannus:

5 x 733 cmin/ha

6 000 cmin

x 18,27 mk/h = 11 mk/ha

Polttokustannukset yhteensä
Jälkivartiointi354 mk/ha
102 mk/ha

Yhteensä

456 mk/ha

Esivalmistelukustannukset jäävät helikopterikulotuksessa suurelta osin.

Huom. helikopterikulotuksessa yksi lentotunti vastaa 28 miestyöpäivää (sos. kustannusten kanssa 18 miestyöpäivää), joten kysymykseen tulevat vain laajat uudistusalueet.

(Lähteet: Wickström 1983, Metsä- ja uittoalan työehtosopimus 1.4.83-29.2.1984).

4.4. Vertailu koneelliseen maanmuokkaukseen, (mk/ha)

	ajolinjojen keskim. väli	TYÖVAIKEUSLUOKKA					
		I HELPPO		II TAVALLINEN		III VAIKEA	
		MUOKKAUSALAN KOKO, HA					
		>20 ha	5-9.9	>20	5-9.9	>20	5-9.9
Äestys	4 m	321	356	363	397	424	463
	5 m	269	295	299	329	353	386
Auraus							
- telapuskutraktori	5 m	346	433	400	500	440	550
- metsätr.	4 m	533	562	627	661	721	760

Huom. Poikkeuksellisen vaikean työkohteen maksuperusteet sovitaan erikseen.

(Lähde: Metsämaan äestyksen ja aurauksen urakointimaksut 1.5.1983- 31.4.1984. Metsäalan Kuljetuksenantajat ja Koneurakoitsijain liitto ry.)

4.5. Muita kustannustietoja

- Metsätraktorin päälle asennettu ruiskuyksikkö.

Käyttötuntikustannus n. 175 - 200 mk, mikä vastaa n. 1.2 - 1.4 miestyöpäivää (Sos.kustannusten kanssa 0.8 - 0.9 miestyöpäivää). Jos oletetaan kulotuksen kestävän esim. viisi tuntia, niin tällöin ruiskutusyksikön kustannus vastaa (sosiaalikulut mukana) 4 - 5 miestyöpäivää.

- Oy Fodio Ab:n kehittämä traktoriruisku.

- suutintanko, suuttimet, kääntösylinteri, hydrauliletkut, työvälinekiinnike 7. 700 mk

- paineletku, liittimet, nivelakseli 3. 950 mk

- pumppu siemenvesipumpulla, sovitus perävaunun aisalle 22. 500 mk

- perävaunu, 4m³ säiliö 38. 500 mk

- imuputket, 8 m letkua, pohjaventtiili 7. 300 mk

Yhteensä 79. 950 mk

- Kevytvahtolaitteet 35 000 mk

- lisäkemikaalit 10 - 20 mk/l, 2 - 4 % seos

- Tela-alustainen moottoriruisku, "kulkuri"

- tela-alusta 20 500 mk

- moottori, Esa 20 (1 000 l/min) 31 200 mk

51 700 mk

5. TULOSTEN TARKASTELUA

Metsänhoidolliselta kannalta kulotuksen lisääminen olisi nykytilanteessa suotavaa. Pelkkien kulotus- ja

maanmuokkaukuskustannusten suora vertaaminen antaa kulotuksesta kuitenkin usein liian kielteisen kuvan. Jos tarkastelu ulotetaan pitemmälle aikavälille, on ilmeistä, että kustannusero kaventuu mm. erilaisista taimikon jälkihoitokustannuksista ja kasvueroista johtuen. Kulotuksen yhteydessä vältetään myös uudistusalueen raivaukselta.

Kustannussyistä kulotuksessa on pyrittävä mahdollisimman suuriin kuvioihin. Yksityismetsissä tähän tulisi mahdollisuuksien mukaan pyrkiä yhteistyössä naapuritilojen kanssa, jolloin kulotus ennakoitaisiin jo hakkuuvaiheessa. Metsäteollisuusyhtiöiden ja metsähallituksen mailla ei uudistusalan koko ole ongelmana.

Maaston suhteen kulotus soveltuu erityisen hyvin esim. kivisille rinnemaille, joilla on kuitenkin runsaasti palavaa hakkuutähdettä. Tällaisen alueen koneellinen muokkaus on kallista, ja muokkausjälki epätydyttävää. Muita erityisen sopivia kohteita ovat esim. suosarekkeet ja paksusammaleiset kuusikot, joilla on esiintynyt maannousemaa. Aivan paksukunttaisimmilla maapohjilla ei kulotus yksinään useinkaan riitä, jolloin lisämuokkaus nostaa kokonaiskustannuksia.

Monitoimikoneen jäljiltä kulottamista on pidetty usein ongelmallisena, koska hakkuutähteet ovat säännöllisissä kasoissa ja välialueilla ei ole juurikaan palavaa hakkuutähdettä. Jos maa on kuitenkin riittävän kuivaa, onnistuu poltto myös monitoimikonetyömailla (Samuelson & Wickström 1981).

Oikean kulotusajankohdan valitseminen onkin polton onnistumisen kannalta ensiarvoisen tärkeää. Jos humuskerros on liian kostea, se ei pala riittävästi, ja kulotuksella ei tällöin paranneta riittävästi puiden kasvuedellytyksiä. Päinvastaisessa tapauksessa, maan ollessa liian kuivaa, voi palaminen olla taas liiankin tehokasta - näin erityisesti kuivanpuoleisilla kasvupaikoilla - jolloin boniteetti saattaa jopa huonontua.

Kokemus on osoittanut, että oikean kulotusajankohdan valitseminen on keväällä helpompaa kuin syyskesällä. Samoin on havaittu, että palamisen ollessa epätäydellistä (maa on liian kostea), ei tuli tuhoa riittävästi jätepuuston juuristoa, ja alue vesottuu myöhemmin voimakkaasti. Tällöin menetetään yksi kulotuksella normaalisti saavutettavista eduista, eli taimikonhoidon

helpottuminen (Siivola 1984).

Jos perinteisten poltto- ja palontorjuntavälineiden kehittyminen on helpottanut melkoisesti kulotustöitä. Näistä laitteista mainittakoon nestekaasupuhaltimet ja kevyet moottoriruiskut. Kulotukseen lienee kuitenkin mahdollista käyttää myös nykyaikaisempaa kalustoa. Lupaavimmilta mahdollisuuksilta tuntuisivat metsä- tai maataloustraktorin päälle asennettava ruiskuyksikkö ja veden vaahdottaminen. Laajoilla uudistusaloilla voisi helikopterikulotuskin olla aivan realistinen vaihtoehto.

Joka tapauksessa, jos kulotuksen osuutta maanvalmistajien joukossa halutaan lisätä, niin kalustoa on ehdottomasti nykyaikaistettava. Nykyisessä muodossaan kulotus sitoo liian paljon ihmistyövoimaa, jolloin käytännön järjestelyvaikeudet kiireisessä organisaatiossa ovat usein ylipääsemättömiä. Suuren työvoiman tarpeen vuoksi muodostuvat myös kulotuskustannukset korkeiksi. Uutta teknologiaa hyväksikäyttämällä varsinainen polttovaihe helpottuu ratkaisevasti, minkä lisäksi lienee mahdollista saavuttaa kustannussäästöjä myös esivalmistelutöissä.



Kuva 9. Sytytystä nestekaasusytyttimellä.

KIRJALLISUUSLUETTELO

COLQVITT, J. W. & JOHANSEN, R. W. 1967. Developing Foam with an Aerial Tanker. Fire Control Notes. U.S. Department of Agriculture Forest Service. Vol 28, n:o 1:8,11.

ETHOLEN, K. 1975. Kulotustekniikkaa. Metsäntutkimuslaitoksen Rovaniemen tutkimusaseman tiedonantoja n:o 9, 7s. Rovaniemi.

FURMAN, R. W. 1979. Using Fire Weather Data in Prescribed Fire Planning. Two Computer Programs. Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. Forest Service. U.S. Department of Agriculture. General Technical Report RM-63.

JUVONEN, P. 1983. Traktoriruisku hyvä oivallus. Metsäpalon sammutusnäytös Padasjoella. Maaseudun tulevaisuus n:o 89:8.

KOLEHMAINEN, V. A. 1951. Kulottajan opas. Tapio. Helsinki.

Kulotustoimikunnan mietintö. 1980. Komiteamietintö n:o 1. 80s. Helsinki.

Kuopion palolaitoksen henkilökunta. Suullinen haastattelu 13.1.1984.

MAIN, W. A. & ROUSSOPOULOS, P. J. 1972. Electrical Igniter Tests Circuits. Ignition of Prescribed Burns More Reliable. Fire Control Notes. U.S. Department of Agriculture. Forest Service. s.14-15.

MARTIN, R. E. & DELL, J. D. 1978. Planning for Prescribed Burning in the Inland Northwest. USDA Forest service General Technical Report PNW 76 1978. Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station. U.S. Department of Agriculture Forest Service. Portland, Oregon.

Metsähallituksen kehittämisjaoston koeselostus n:o 58. 1971. Polttolaikutus. 8s. Hirvas.

Metsä- ja uittoalan työehtosopimus, metsätyöpalkkojen taulukot 1.4.83-29.2.84. Palkkausalue 4.

- Metsämaan äestyksen ja aurauksen urakointimaksut 1.5.1983-31.4.1984. Metsäalan kuljetuksenantajat ja Koneurakoitsijain Liitto ry.
- Metsätilastollinen vuosikirja. 1982. Metsäntutkimuslaitos. s.91. Helsinki.
- RANTANEN, M. 1983. Paljon vettä ja nopeasti. Metsälehti n:o 15:11.
- SACKETT, S. S. 1975. Airborne Igniters for Prescribed Burning. Fire Management U.S. Department of Agriculture. Forest Service.
- SAMUELSON, H. & WICKSTRÖM, R. 1981. Markbunden hyggesbränning. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten ekonomi nr. 6.
- Savon palokaluksen henkilökunta. Suullinen haastattelu 13.1.1983.
- SCHIMKE, H. E, DELL, J. P. & WARD, F. R. 1975. Electrical Ignition for Prescribed Burning. Pacific Southwest. Forest and Range Experiment Station. U.S. Department of Agriculture. Forest Service. California 14s.
- SIIVOLA, M. 1984. Suullinen haastattelu. Metsäteknikko. Tehdaspuu Oy.
- TOWNSEND, D. M. & HIGGINS, D. G. 1976. The use of Friction-Reducing Additives in Forestry Hose. Part I. Forest Fire Research Institute Information Report. Ontario. Ottawa. 8s.
- VIRTANEN, J. 1982. Helikopteri metsäpalontorjunnassa. Metsäntutkimuslaitoksen Joensuun tutkimusaseman tiedonantoja 20s. Joensuu.
- WICKSTRÖM, R. 1983. Hyggesbränning med helikopter. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten resultat nr. 1. 4s.
- WILSON, K. O. 1973. The Helicopter Bucket... A Versatile Tool. Fire Management. U.S. Department of Agriculture. Forest Service. s. 15.

(LIITE 1.)

KULOTUSTIEDUSTELU

1. Yhtiö/organisaatio: _____
2. Kulotettu pinta-ala: 1983 _____ ha
1982 _____ ha
1981 _____ ha
3. Onko tarkoitus kulottaa jatkossakin? _____
4. Käytetty kulotustekniikka, koneiden ja muiden apuvälineiden käyttö: _____

5. Ihmistyövoiman tarve (esim. miestyöpäiviä/ha)
kulotuksen valmistelussa _____
varsinaisessa kulotuksessa _____
jälkivartioinnissa _____

yhteensä _____
6. Kulotuskustannukset (mk/ha): _____
7. Minkätyyppisiä kohteita kulotettu? _____

8. Kohteen keskimääräinen pinta-ala: _____ ha
9. Kauanko kulunut hakkuusta ennen kulotusta? _____
10. Milloin istutettu/kylvetty kulotuksen jälkeen? _____
11. Tukkimiehentäi-, kuplamörsky- ym. tuhojen esiintyminen kulotetuilla alueilla: _____
12. Kulotuksen pahimmat esteet (tärkeysjärjestyksessä 1. pahin 2. seuraavaksi pahin jne.) _____

13. Onko kulotus käyttökelpoinen nykytekniikalla? _____
14. Onko kulotus käyttökelpoinen jos tekniikkaa pystytään huomattavasti kehittämään? _____
15. Miten kulotustekniikkaa tulisi mielestänne kehittää? _____

- N:o 1 Matti Leikola ja Jyrki Raulo. Tutkimuksia taimityyppiluokituksen laatimista varten II. 1972.
- N:o 2 Matti Leikola. Silmujen ja neulasten poiston vaikutus männyn ja kuusen pituuskasvuun. 1972.
- N:o 3 Kim von Weissenberg. Kokemuksia Murray männyn viljelystä Suomessa. 1972.
- N:o 4 Terttu Koponen. Peltomyyräpopulaation rakenteesta. 1972.
- N:o 5 Pentti Nisula. Erilaisten rullataimien menestymisestä viljelyaloilla. 1972.
- N:o 6 Veikko Koski ja Jyrki Raulo. Ennakkotuloksia rauduskoivun jälkeäiskokeesta. 1972.
- N:o 7 Matti Leikola. Havaintoja taimipakkauksissa esiintyvistä lämpötiloista välivarastoinnin aikana. 1973.
- N:o 8 Matti Leikola ja Jyrki Raulo. Pellolle istutettujen männyn ja kuusen ja rauduksen taimien alkukehityksestä. 1973.
- N:o 9 Etelä-Suomen metsänviljelytutkijoiden neuvottelupäivillä pidetyt alustukset. 1973.
- N:o 10 Jyrki Raulo. Rauduskoivun taimilajien 1 A + 1 A tuottaminen. 1974.
- N:o 11 Matti Leikola ja Olavi Huuri. Ennakkotuloksia Etelä-Suomen runko-tutkimuksesta vv. 1970—1973. 1974.
- N:o 12 Tutkimuspäivän alustukset v. 1974. 1974.
- N:o 13 Martti Ruottinen. Suonenjoen ja Pieksämäen taimitarhojen taimitoimitukset vuosina 1971 ja 1972. 1975.
- N:o 14 Jyrki Raulo. Lannoitetun täytemaan käytöstä rauduskoivun viljelyssä. 1975.
- N:o 15 Matti Leikola. Näkökohtia lyhytkiertoviljelmiä ja -kokeita perustettaessa. 1976.
- N:o 16 Risto Rikala. Jauhetun kuorihumuksen käyttökelpoisuus lumen sulattamiseen taimitarhalla. 1976.
- N:o 17 Matti Leikola ja Pekka Suolahti. Ennakkotuloksia männyn taimien välivarastointikokeesta. 1976.
- N:o 18 Matti Leikola ja Jyrki Raulo. Heinimisajankohdan vaikutus pellolle istutettujen männyn ja kuusen taimien alkukehitykseen. 1976.
- N:o 19 Matti Leikola ja Pekka Rossi. Paju- ja poppelipistokkaiden menestyminen Suonenjoen taimitarhalla kesällä 1976. 1977.
- N:o 20 Matti Leikola. Muovihylsytaimien menestyminen Suonenjoella vv. 1971—1976. 1977.
- N:o 21 Pertti Harstela. Taimitarhatyöntekijöiden mielipiteitä työmenetelmistä ja työjärjestelyistä. 1977.
- N:o 22 Carl Johan Westman ja Päivi Hänninen. Kemiallinen maa-analyysi paljasjuuristen taimien tuotannossa - ennakkotiedonanto. 1977
- N:o 23 Pertti Harstela ja Leo Tervo. Kuusen taimien juurten leikkaus noston yhteydessä. 1977.
- N:o 24 Risto Rikala. Maanparannus, lannoitus ja kastelu keskustaimitarhoilla. 1978.
- N:o 25 Jari Parviainen ja Kyösti Konttinen. Männyn avomaataimien koulinta-ajankohtakoe. 1978.
- N:o 26 Pekka Rossi. Paju- ja poppelipistokkaiden juurtuminen. Tuloksia vuoden 1976 juurruttamiskokeista. 1979.

- N:o 27 Pekka Rossi. Paju- ja poppelipistokkaiden juurruttaminen taimitarhalla. Kirjallisuuteen ja havaintoihin perustuvat ohjeet. 1979.
- N:o 28 Ukko Rummukainen ja Pekka Voipio. Eräiden herbisidien käytöstä havupuiden kylvöaloilla. 1979.
- N:o 29 Leo Tervo. Havaintoja verhopuuston kasauksesta. 1979.
- N:o 30 Päivi Hänninen. Hidasliukoisten lannoitteiden käyttömahdollisuuksista koulittujen taimien kasvatuksessa. 1979.
- N:o 31 Risto Rikala. Paljasjuuristen taimien kuljetus ja käsittely ennen istutusta. Tiedusteluun pohjautuva selvitys. 1979.
- N:o 32 Jyrki Raulo ja Leo Tervo. Rauduskoivun taimilajin 1 (Lk+A) tuottaminen Etelä-Suomessa. 1980.
- N:o 33 Jari Parviainen (toim.). Metsäpuiden taimien kasvatusta ja istutusta koskevia viimeaikaisia tutkimuksia. 1980.
- N:o 34 Päivi Hänninen. Männyn koulintataimien kasvuerot ja niihin vaikuttaneet tekijät Suomenjoen taimitarhalla. 1980.
- N:o 35 Taimitarhan sienitautipäivä 14.8. 1980.
- N:o 36 Havaintoja Keski-Eurooppaan tehdyltä opintomatkalta 14.6-1.7. 1980. Jari Parviainen ja Leo Tervo: Metsäpuiden taimien tuottaminen, Pekka Rossi: Lyhytkiertoviljelyn puulajien lisääminen ja viljely. 1980.
"Metsänviljelyn koeaseman tiedonantoja" -sarja ilmestyy vuoden 1981 alusta "Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja" -sarjassa.
- N:o 15 Hannu Raitio ja Risto Rikala. Näkökohtia taimien ravinnetaloudesta ja lannoituksesta taimitarhalla. 1981.
- N:o 26 Pertti Harstela ja Leo Tervo. Ennakkotuloksia pistokkaiden istutuksesta auraavilla istutuskoneilla ja käsin. 1981.
- N:o 34 Taimitarha-aineiston geneettiset ominaisuudet. Tutkimuspäivän 1981 esitelmät. 1981.
- N:o 49 Pertti Harstela ja Leo Tervo. Paljasjuuristen taimien tuotannon teknologia. 1982.
- N:o 62 Marja-Liisa Juntunen. Tuhkan levityksen terveydellisten haittojen arviointi. 1982.
- N:o 76 Rossi Pekka. Hirvien aiheuttamat satomenetykset pajuviljelmillä. 1982.
- N:o 104 Risto Rikala ja Kimmo Vähänummi. Kasvatusalustan vaikutus yksivuotiaiden männyn kennotaimien kehittymiseen. 1983.
- N:o 117 Ukko Rummukainen ja Pekka Voipio. Tuloksia rikkakasvien kemiallisesta torjunnasta rauduskoivun koulinta-alalla turvemaalla. 1983.
- N:o 118 Juha Lappi ja Heikki Smolander. AKTA-aineistojen kuvallisen ja tilastollisen analyysin ohjelma. 1983.

Metsäntutkimuslaitos
Suonenjoen tutkimusasema
77600 SUONENJOKI
Puh. 979-11741