

ODC  
232.329.1  
232.325.1

# FOLIA FORESTALIA<sup>258</sup>

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1976

---

---

PENTTI NISULA

---

MUOVIHUONEEN SADETUSKONE

---

A SPRINKLER FOR A PLASTIC  
GREENHOUSE

---

- No 191 Kullervo Kuusela & Alli Salovaara: Ahvenanmaan maakunnan, Helsingin, Lounais-Suomen, Satakunnan, Uudenmaan-Hämeen, Pirkan-Hämeen, Itä-Hämeen, Etelä-Savon ja Etelä-Karjalan piirimetsälautakunnan metsävarat vuosina 1971—72.  
Forest resources in the District of Ahvenanmaa, and the Forestry Board Districts of Helsinki, Lounais-Suomi, Satakunta, Uusimaa-Häme, Pirkan-Häme, Itä-Häme, Etelä-Savo and Etelä-Karjala in 1971—72. 7,—
- No 192 Paavo Tiihonen: Puutavaralajirakenteen likimääräisarvioinnissa käytettäviä menetelmiä. Methoden für die annähernde Schätzung des Holzsortenstruktur.
- No 193 Terho Huttunen: Suomen sahateollisuus vuonna 1972. The sawmill industry in Finland in 1972. 4,—
- No 194 Ukko Rummukainen: Herbisidirakeiden männyn- ja kuusentaimille aiheuttamista kuori-voitoksista. On bark damages caused to Scots pine and Norway spruce plantations by granular herbicides. 2,—
- No 195 Metsätalastollinen vuosikirja 1972. Yearbook of forest statistics 1972. 12,—
- No 196 Erkki Lähde: The effect of seed-spot shelters and cold stratification on germination of Pine (*Pinus silvestris* L.) seed. Kylvösuojan ja kylmästratifiointin vaikutus männyn siemenen itämiseen. 2,—
- No 197 Erkki Lähde & Kaarlo Kinnunen: Paperikennon ja turveruokun seinän lujuus ja taimien alkukehitys Pohjois-Suomessa. The relationship between the wall strength of paper and peat pots and the initial development of seedlings in Northern Finland. 2,—
- No 198 Esko Jaatinen: Metsäteollisuusyhtiöiden omien metsien hakkuupolitiikan motiivit. Timber cutting motives of forest industry enterprises. 4,—
- No 199 Esko Leinonen: Purunäytteeseen perustuvasta kuivapainomittauksesta. Dry-weight scaling based on chip samples. 3,—
- No 200 Pentti Hakkila & Markku Mäkelä: Jatkotutkimuksia Pallarin kantoharvesterista. Further studies of the Pallari Stumpharvester. 2,—
- No 201 Matti Leikola & Risto Rikala: Lannoituksen vaikutus männyn ja kuusen taimien alkukehitykseen kangasmailla. The effect of fertilization on the initial development of pine and spruce on mineral soils. 2,—
- No 202 Paavo Tiihonen: Leimikon pystymittauksen tarkistaminen. Zur kontrolle einer am stehenden zum Einschlag ausgezeichneten Holz durchgeführten Messung. 2,—
- No 203 Seppo Kaunisto: Männyn kylvöajankohta ojitetulla suolla. Date of direct seeding on drained peatlands. 3,—
- No 204 Pentti Hakkila & Hannu Kalaja: Oksaraaka-aineen kasaus Melroe Bobcat M-600 kuormaajalla. Bunching of branch raw material by Melroe Bobcat M-600 loader.
- No 205 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1971—73. Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1971—73. 5,—
- No 206 Metsäntutkimuslaitoksen päätös puutavaran mittauksessa käytettävistä muuntoluvuista ja kuutioimistaulukoiista 2 päivänä toukokuuta 1969 annetun päätöksen muuttamisesta. Skogsforskningsinstitutets beslut angående ändring av institutets beslut av den 2 maj 1969 om omvandlingskoefficienter och kuberingstabeller för virkesmätning. 8,—
- No 207 Kullervo Kuusela ja Alli Salovaara: Etelä-Karjalan, Pohjois-Savon, Keski-Suomen ja Itä-Savon metsävarat vuonna 1973. Forest resources in the Forestry Board Districts of Etelä-Karjala, Pohjois-Savo, Keski-Suomi and Itä-Savo in 1973. 4,—
- No 208 Tapani Hänninen: Harvennusemetsien puustoisuus ja hakkuumahdollisuudet Suomen eteläpuoliskossa. The stocking and cutting possibilities in the thinning and accretion forests in the southern half of Finland. 4,—
- No 209 Heikki Nikkilä: Ratapölkkytukkien kuutiointi. Measurement of railwaytie-logs. 1,50
- No 210 Hakkuutähteiden talteenoton seurannaisvaikutukset. By-effects of the harvesting of logging residues. 2,50.
- No 211 Paavo Tiihonen: Mäntypylväiden kuutioimismenetelmä. Eine Kubierungsmethode für Kiefernmastholz. 2,—
- No 212 Kaarlo Kinnunen, Juha Lind ja Erkki Lähde: Eri ajankohtina istutettujen männyn kennonaimien alkukehitys Pohjois-Suomessa. Initial development of Scots pine paper pot seedlings planted on different dates in northern Finland. 3,—
- No 213 Kullervo Etholén: Kaatoajankohdan vaikutus koivun ja haavan vesomiseen taimistonhoitoaloilla Pohjois-Suomessa. The effect of felling time on the sprouting of *Betula pubescens* and *Populus tremula* in the seedling stands in northern Finland. 2,—
- No 214 Veijo Heiskanen ja Jorma Riikonen: Tukkien lajittelu sahaukseen kuoren päältä mitatun läpimitan perusteella. Sorting of logs according to the top diameter on bark. 4,—

FOLIA FORESTALIA 258

Metsäntutkimuslaitos, Institutum Forestale Fenniae, Helsinki 1976

Pentti Nisula

MUOVIHUONEEN SADETUSKONE  
A Sprinkler for a plastic greenhouse

ALKUSANAT

Tämän työn tarkoituksena on ollut aikaansaada tasaisesti kasteleva laite muovihuoneen sadettamistarkoituksiin. Työssä ovat avustaneet Metsäntutkimuslaitoksen Suonenjoen Taimitarhan hoitajat metsäteknikot ANTTI NIEMELÄ ja KYÖSTI KUKKONEN sekä erikoisesti kenttä-

mestari RAIMO TALJA, joka on valvonut haihduntamittaukset. Kuvien puhtaaksipiirtämisen on suorittanut neiti TARJA BJÖRKLUND.

Käsikirjoituksen ovat lukeneet prof. VEIJO HEISKANEN ja PENTTI HAKKILA.

Helsinki, helmikuussa 1976

Pentti Nisula

## SISÄLLYSLUETTELO

Sivu

SUMMARY .....	3
TIIVISTELMÄ .....	3
1. Yleistä .....	4
2. Sadetuskoneen rakenne ja sadetustulos .....	7
3. Haihtuminen muovihuoneessa ja sadetuskoneen mitoitus .....	8
4. Automaattinen sadetuskone .....	11
KIRJALLISUUSLUETTELO .....	14

## SUMMARY

The study is a continuation of an earlier investigation (NISULA 1975) on a revolving, automatic sprinkler apparatus out in the open. The experience gained with it was applied to plastic greenhouse conditions and the sprinkler seen in Figs. 4 and 10 was constructed. Its electric circuit is shown in Fig. 11.

The most important observation of the present study was the local variation in evaporation in the plastic greenhouse. For instance, it was faster in the middle of the greenhouse than at the sides (cf. Fig. 7). In addition, evaporation at the ends of the greenhouse was slightly higher than in the middle (cf. Fig. 6).

The main reason for this was the ventilation technique used: the air entered and left through ventilation openings at the ends.

The use of a free water surface in vessels to following evaporation in different parts of the plastic greenhouse was quite practicable.

Even sprinkling was achieved with the nozzle distribution tried initially, which takes into consideration the decreasing pressure in the pipe but not the uneven evaporation observed in the plastic greenhouse. This led to repositioning the nozzles on the pipe, as shown in Fig. 8 and Table 1.

## TIIVISTELMÄ

Tutkimus on jatkoa aikaisempaan työhön (NISULA 1975), joka koski liikkuvaa, automaattista sadetuslaitteistoa avomaolosuhteissa. Siitä saatuja kokemuksia sovellettiin muovihuoneolosuhteissa, ja rakennettiin kuvassa 4 ja 10 esitetty sadetuskone, jonka sähköinen järjestelmä esitetään kuvassa 11.

Merkittävin tämän tutkimuksen havainto oli se, että haihtuminen muovihuoneessa vaihtelee paikallisesti. Esimerkiksi huoneen keskellä se oli nopeampaa kuin laidoilla (vrt. kuva 7). Lisäksi haihtuminen huoneen päissä on vähän suurempaa kuin keskellä (vrt. kuva 6). Tähän vaikutti

pääasiassa käytetty tuuletustekniikka, jonka mukaan ilma otettiin sisään ja toimitettiin ulos päädyissä olevien tuuletusaukkojen kautta.

Varsin käyttökelpoiseksi havaittiin tapa käyttää astioissa alevaa vapaata vedenpintaa haihdunnan seuraamisen eri puolilla muovihuonetta.

Aluksi kokeilulla suutinjoalla, joka ottaa huomioon paineen vähentymisen putkijohdossa, saatiin tasainen sadetus, mutta se ei huomionnut muovihuoneessa havaittua epätasaista haihduntaa. Tämän takia jouduttiin suuttimille hakemaan uusi asema putkijohdolla, kuten nähdään kuvasta 8 ja taulukosta 1.

## 1. YLEISTÄ

Vuonna 1954 suoritetun tiedustelun perusteella (MIKKOLA 1957) puuttuivat kastelulaitteet vielä melkein joka kolmannelta yli hehtaarin suuruiselta metsäpuiden taimitarhalta, pienimmiltä vielä useamminkin. Luonnonsateen varassa tapahtuva taimien tuottaminen oli siis vielä 20 vuotta sitten melko tavallista. Nykyisin kuulunevat sadetuslaitteet jo jokaisen taimitarhan varusteisiin.

Jos taimitarha soveltaa ns. muovihuonekasvuturveteknikkaa, joka meillä otettiin käyttöön 1960-luvulla, on taimien kasvattaminen ilman sadetusta mahdollista.

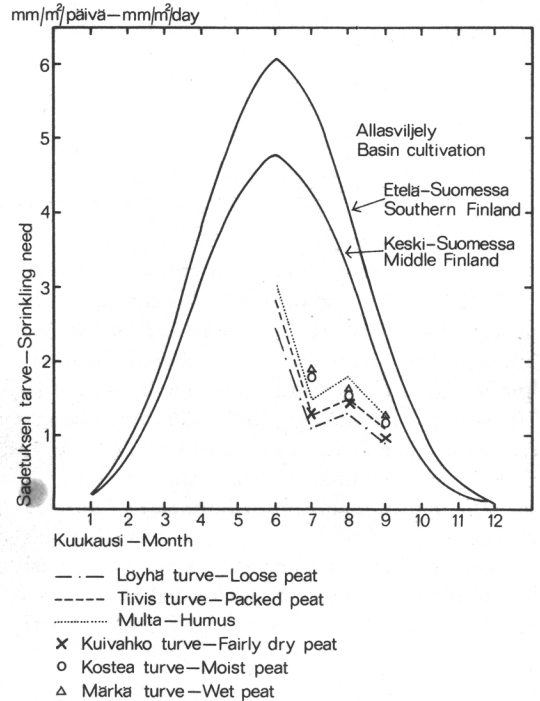
Vaikka kastelun merkitys on metsäpuiden taimitarhoilla avomaa-, mutta varsinkin muovihuoneolosuhteissa suuri, on sitä verrattain vähän käsitelty kirjallisuudessa. Esimerkiksi metsäpuiden taimien kasvattamisen oppikirjat kiinnittävät siihen varsinkin vähän huomiota (vrt. STOECKLER ja JONES 1957, RUPF, SCHÖNHAR ja ZEYHER 1961, LEHTO-SIMONLINNA 1966, ALDHOUS 1972). Vain RUSTENIN ja LANDMARKIN (1968) toimittama oppikirja käsittelee kastelua, lähinnä sen tekniikkaa, perusteellisimmin ja huomioon ottaa myös kastelun muovihuoneessa. Tanskalaisen SKOVIN (1964) tutkimus sisältää asiasta lyhyehkön yleisesityksen avomaolosuhteissa.

Sen sijaan PUUSTJÄRVI (1973), joka on selvittellyt turveviljelyn edellytyksiä kasvihuoneissa, esittää laajahkon katsauksen kasvien ja turpeen vesitalouteen sekä kastelun tarpeeseen muovihuonekasvuturveteknikkaa käytettäessä. HOLOPAINEN (1967) on esittänyt suppeasti tuloksia kastelun tasaisuudesta muovihuoneessa.

Kuvassa 1 esitetään tuloksia sadetuksen tarpeesta PUUSTJÄRVEN (1973) perusteella. Puustjärvi on auringon säteilyenergian avulla arvioinut keskimääräisen sadetuksen tarpeen allasviljelyssä, kasvuston esiintyessä täystiheänä. Sään pilvisuus tai aurinkoisuus laskee tai nostaa sadetuksen määrää kuvassa esitetystä, Kasvi-peitteetön pinta haihduttaa vähemmän kuin täystiheä kasvusto, mikä nähdään myös kuvasta. Esityksen mukaan löyhä turve haihduttaa vähemmän kuin tiivis ja kuiva turve vähemmän kuin märkä.

Viimeksi mainittu johtuu pääasiassa siitä, että märän turpeen pinnasta tapahtuva haihdunta muistuttaa kapillaarista haihduntaa, joka on diffuusista haihduntaa suurempi. Eräessä koivu-puun kuivumista seuraavassa kokeessa, jossa puhdas kapillaarinen haihtuminen oli  $12,6 \text{ kg/m}^2/\text{vrk}$ , oli puhdas diffuusinen haihdunta vain  $0,4 \text{ kg/m}^2/\text{vrk}$ . Samanaikaisesti vapaasta vedepinnasta haihtui  $4,1 \text{ kg/m}^2/\text{vrk}$ . (NISULA 1974)

Taimien kasvun aikana haihtumisen suuruus vaihtelee. Idätysvaiheessa on turpeen pintaa pidettävä jatkuvasti kosteana, ja haihdunta on runsasta. Myöhemmin taimien varttuessa tur-



Kuva 1. Sadetuksen tarve muovihuoneen allasviljelyssä täystiheässä kasvustossa ja erilaisilla kasvualustoilla. Puustjärven (1973) tutkimusten mukaan.

Fig 1. Sprinkling need for basin cultivation in a plastic greenhouse in a fully stocked plant association and in different nutrient layers. According to Puustjärvi's (1973) studies.

peen pinta päästetään usein kuivahtamaan, ja tästä toimenpiteestä muodostuu usein kasvukerroksessa alempana olevalle turpeelle tehokas haihtumisen rajoittaja.

PUUSTJÄRVI (1973) mainitsee, että kastelumenetelmä vaikuttaa haihtumisen suuruuteen siten, että allas- ja tippukastelua sovellettaessa on haihtuminen pienempää kuin ympyräkastelijoita käytettäessä, jotka jättävät kasvualustan pinnan märäksi, mistä johtuen haihtuminen on runsasta.

JUUSELA, KAUNISTO ja MUSTONEN (1969) ovat todenneet puolestaan, että pohjaveden syvyyden ja haihdunnan välillä on kiinteä negatiivinen ja turpeen kosteuden ja haihdunnan välillä kiinteä positiivinen korrelaatio.

Sateen jälkeen tapahtuva pinnan kuivahtaminen suojaa yleensä maata tehokkaasti jatkuvalta haihdunnalta. Puun taimet ovatkin ottaneet huomioon tämän seikan siten, että ne sijoittavat ensimmäiset sivujuurensa jonkun matkaa juurenniskasta alaspäin. Vain itämisvaiheessa on tärkeää, että maa on kosteata pintaan asti, jossa siemen itää.

DALTONin kaavan mukaan ( $H' = a (E_t - e)$ ) haihtuminen ( $H'$ ) on suoraan verrannollinen tuuletustehoon ( $a$ ) ja ilman höyrynpaineen kyllästysvajaukseen ( $E_t - e$ ). Jos muovihuoneeseen tulisi säteilyenergiaa joka paikkaan tasaisesti ja kyllästysvajaus pysyisi samana, olisi haihtuminenkin tasaista. Kuitenkin esimerkiksi muovihuoneen sijainti, suunta aurinkoon nähden tai varjostavat rakennukset saattavat aiheuttaa säteilyenergian epätasaisen jakaantumisen kasvupinnoille. Tuuletustapa voi ohjata ilmavirtoja siten, että kyllästysvajaus vaihtelee paikasta toiseen. Jos tuuletus tapahtuu huoneen pituussuunnassa, voi kuiva ilma kulkeutua sisään ja kostea ilma ulos esimerkiksi vain päätyjen kautta. Tuuletusvirran kulkureiteillä voidaan silloin mitata vaihtelevia kyllästysvajauksen arvoja, jotka luonnollisesti aiheuttavat erilaista paikallista haihduntaa ja vaikeuttavat tasaista kastelua.

Useimmiten voimakasta tuuletusta seuraa muovihuoneessa kyllästysvajauksen lisääntyminen ja haihdunnan kasvaminen. Jos muovihuone suljetaan umpinaiseksi teltaksi, pysähtyy haihduntakin vähitellen. Tällöin säteilyenergia ei voi enää purkautua haihtumiseksi mistä johtuen huoneen lämpötila alkaa kohota ja vähitellen on pakko ryhtyä tuuletustoimiin. Tästä puolestaan seuraa ilman uudelleen kuivu-

minen ja lisäkastelun tarve. ”Tuuletettaessa on siis seurattava tuuletuksen vaikutusta sekä lämpötilaan että ilman suhteelliseen kosteuteen” (PUUSTJÄRVI 1973).

PUUSTJÄRVEN (1973) mukaan tulee turpeessa olla viljelykosteuden alueella vettä 0–20 % turpeen tilavuudesta. Jos kasvualustana käytetään 10 cm paksua turvekerrosta vastaa tämä 0–20 mm/m<sup>2</sup> suuruista sadetusta. Jos turpeeseen on siis tälle alueelle sijoitettu 20 mm/m<sup>2</sup> vettä, niin kuvan 1 ylimmän käyrän mukaisesti tämä viljelyvesi riittäisi heinäkuussa korkeintaan 3,4 päiväksi. Tämän jälkeen taimet alkaisivat potea veden puutetta. Jos taas viljelykosteus pyritään säilyttämään tavoitteen puolivälissä eli 10 mm/m<sup>2</sup> sadetuksen suuruisena, ja haihtuminen olisi saman tapaista, tulisi sadetuksen päivittäin korvata haihtunut viljelykosteus. Voidaan laskea, että systemaattinen liika- tai alisadetus johtaa jos yhden kuukauden aikana viljelykosteuden ulkopuolelle, jos sadetus poikkeaa tavoitesadetuksesta (5,5 mm/m<sup>2</sup>/pv) enemmän kuin ± 0,32 mm/m<sup>2</sup>/pv. Esimerkki osoittaa, että muovihuoneessa on syytä pyrkiä kastelun tasaisuuteen. Jos kastelussa on paikallista epätasaisuutta, kuten esimerkiksi ympyräsadettimia käytettäessä, voidaan kastelun jatkuessa joutua pienaluettaisesti ylittämään tai alittamaan turpeelle sopiva viljelykosteusalue, ja satotulos voi huonontua.

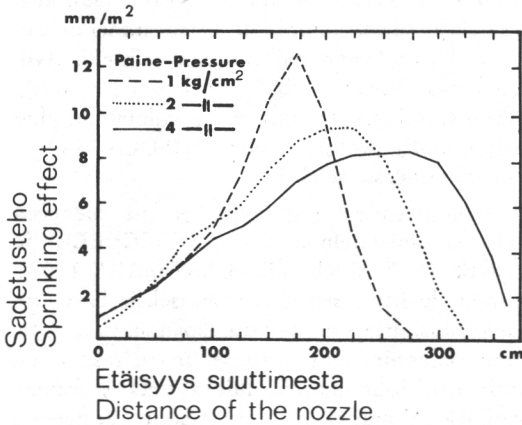
Tasainen kastelu ei ole kuitenkaan sillä toteutettu, että vain sadetus pysyy tasaisena. Kastelun tulee huomioon ottaa nimenomaan myös kasvualustan haihtumisen vaihtelu. Avo- maakasvatuksessa riittää tasaisen kastelun aikaansaamiseksi se, että vettä sadetetaan yhtä paljon joka kohtaan (vrt. NISULA 1975). Muovihuoneessa se ei riitä.

Maakosteuden mittaamiseksi on olemassa erilaisia menetelmiä (vrt. STOECKLER ja JONES 1957 tai RUSTEN-LANDMARK 1968), samoin haihtumisen määrittämiseksi. Tavallisin haihtumismittari on haihtumispannu, jolla mitataan vedenpinnan muutokset maan tasossa tai lysimetri, jolla punnitsemisen tietä seurataan vesimäärän muutoksia kasvutasoon sijoitetussa maakappaleessa. USA:ssa on todettu, että järvestä tapahtuvan haihdunnan ja suuralueen kokonaishaihdunnan välillä vallitsee hyvä korrelaatio silloin, kun järvestä ei tapahdu lämpövaraston muutoksia. MUSTONEN (1964) on meillä todennut luonnon kokonaishaihdunnan ja haihtumispannujen antamien mittaustulosten

välillä vallitsevan hyvän korrelaation (esimerkiksi Tikkurila 0,967 ja Sodankylä 0,980). On myös koko joukko toisenlaisia tuloksia, jotka osoittavat mittauksien tulkitsemisen normaaleja kasvusto-olosuhteita vastaavaksi haihdunnaksi vaikeaksi (vrt. FRIEDRICH 1930).

Edellisen perusteella on tämän tutkimuksen yhteydessä selvitetty muovihuoneen haihduntaa olettamalla se vapaasta vedenpinnasta tapahtuvan haihtumisen suuruiseksi. Tämän menetelmän hyvänä puoleena on pidettävä sitä, että haihduttava pinta voidaan koko kokeen ajan pitää saman suuruisena ja samanlaatuisena. Mm. NIELSEN (1962) on tutkinut haihduntaa kasvihuoneessa vapaasta vedenpinnasta tapahtuvan haihtumisen avulla.

Tavallisin muovihuoneen sadetusjärjestelmä puuntaimia kasvatettaessa perustuu siihen, että muovihuoneen pituussuunnassa on yksi tai useampia putkijohtoja. Näille on määrävlein sijoitettu kiinteästi kartiosadettimia. Kartiosuuttimien sadetusten jakaantumisesta nähdään esitys kuvassa 2. Siihen näyttää vaikuttavan veden paineen ohella etäisyys suuttimesta. Yksittäisen suuttimien sadetustasaisuus on varsin vaatimaton. Kuitenkin, jos suuttimia käytetään, kuten käytännössä aina tapahtuu siten, että suuttimien sadetuskuviot peittävät toisiansa, päästään tasaisempaan sadetukseen peittoalueella, vrt. kuva 3. Reunoilla, jossa peitto loppuu, sadetus seuraa yksittäisen suuttimien



Kuva 2. Perrot-suuttimien sadetusteho eri etäisyydellä suuttimesta Koteng'in (1966) mukaan. Fig. 2. Sprinkling effect of the Perrot nozzle at different distances from the nozzle, according to Koteng (1966).

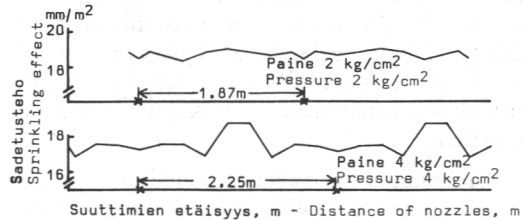
sadetusjakaantuman muotoa. Paineen vaihtelu, joka on hyvin tavallista metsäpuiden taimitarhoilla, aiheuttaa kuvista 2 ja 3 pääteltävissä olevaa sadetusten epätasaisuutta peittoalueella ja reunoilla.

Kartiosuuttimien sijoituskorkeus on valittava sopivasti. HOLOPAISEN (1967) mukaan paineen ollessa liian suuri tai suuttimien ollessa liian korkealla, sadetus yltää muoviin, jolloin huoneen reunat jäävät kuiviksi. Päinvastaisessa tapauksessa sadetus ei taas yllä tarpeeksi leveälle ja huoneen reunaosat jäävät tällöinkin saamatta sadetta.

Muovihuoneen tasaisen kastelun ongelmaan on meillä kiinnittänyt huomiota ainakin RAULO, jonka toimesta vuonna 1969 rakennettiin Suonenjoen Metsänviljelyn Koasemalla KORENIN (1904) esityksen tapainen raiteilla liikkuva kastelujärjestelmä, jonka muodosti muovihuoneen poikki ulottuva pohjaa kohden suppeneva allas. Altaan pohjassa oli pituussuunnassa rivissä pieniä reikiä, joista altaassa oleva vesi purkautui pistesuihkuna tasaisella paineella, kun pidettiin huolta siitä, että altaassa olevan veden pinta pysyi vakiokorkeudella.

Myöhemmin on RAULO korvannut altaan putkella, johon on noin 12 mm välein porattu 1 mm läpimittaisia reikiä ja painetta tasaisena pitävä säiliövesi on laitteessa erillisenä. Laitteen heikoin kohta lienee kuitenkin kiinteissä pistesuihkun antavissa rei'issä, joiden tarkka koneistaminen altaan pohjaan tai putkijohtoon, niiden aukipysyminen kastelun kuluessa sekä huono muunneltavuus tuottavat vaikeuksia.

Hyvin mielekkäänä on pidettävä sitä Raulon tavoittelemaa näkökohtaa, että muovihuoneen poikki ulottuvaa tasaisesti sadettavaa kasteluvartta kuljetetaan huoneen päästä toiseen tasai-



Kuva 3. Sadetusteho putkijohdon suunnassa Perrot-suuttimia käytettäessä Koteng'in (1966) mukaan.

Fig. 3. Sprinkling effect in the direction of the pipe when using Perrot nozzles, according to Koteng (1966).



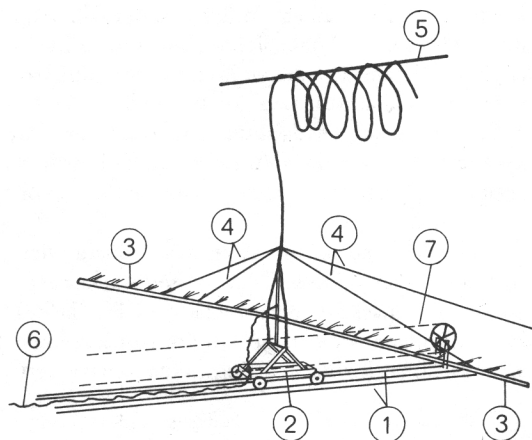
sella nopeudella. Tällöin koko pinnan sadetus muodostuu tasaiseksi, jos poikkiäinen sadetus on tasainen. Tämä sadetus ei kuitenkaan otta huomioon muovihuoneen usein epätasaista haihduntaa, minkä takia kastelu voi muodostua epätasaiseksi.

Nyt käsilläoleva työ on jatkoa aikaisemalle avomaan kastelulaitetta koskevalle tarkastelulle (NISULA 1975). Tässä ns. liikkuvassa sadetuslaitteessa käytettiin kastelutarvelle määrävälein

sovitettuja Floodjet-suuttimia, joista vesi suihkusi kohtisuorassa suunnassa suutinakselin nähden ja levittäytyy latteaksi sektorivirtaukseksi noin  $60^{\circ}$  kulmassa. Käsilläolevan työn yhteydessä suuttimet on kokeellisesti pyritty sijoittamaan siten, että ne vastaisivat muovihuoneen poikkisuunnassa havaittavaa haihdunnan ja kastelutarpeen vaihtelua. Samalla on pyritty kehittämään laitteiston rakennetta, liikuttelumekanismia ja automaattista hallintaa.

## 2. SADETUSKONEEN RAKENNE JA SADETUSTULOS

Suonenjoen Metsänviljelyn Koeasemalla rakennettu sadetuskone on sijoitettu ns. isoon muovihuoneeseen, joka on 15 metriä leveä ja 60 metriä pitkä. Muovihuoneen tuuletus tapahtuu lounais- ja koillispäädyissä olevien tuuletusaukkojen ja ovien kautta. Päätyihin on lisäksi sijoitettu koneelliset huippumurit tuuletusta tehostamaan. Huoneen keskelle on pituussuunnassa sijoitettu päästä päähän ulottuva vanhasta kenttäradasta irrotettu kiskopari (1), jonka päällä olevan vaunun (2) varassa liikuttellaan poikittaista kastelutarvelta (3), kuva 4. Vaunun runkorakennetta on jatkettu ylöspäin



Kuva 4. Raiteilla kulkeva sadetuskone. Sadetusleveys n. 15 metriä.

Fig. 4. Sprinkler moving on tracks. Sprinkling width about 15 m.

niin, että kastelutarvelta (4) on saatu jännitetyksi.

Kastelutarvelta putkijohto on tuuman ja neljänneksen paksuista galv. johtoa, johon on sijoitettu 0,34 l/min sadettavia Floodjetsuuttimia (NISULA 1975) sopivin välein. Veden syöttöletku oli alunperin sijoitettu lenkeille muovihuoneen harjalla olevan liukukiskon (5) varaan. Myöhemmin on käytetty muovihuoneen keskellä sijaitsevasta vesipostista otettua syöttövetä, joka on johdettu kastelutarvelta kastelukoneen mukana raiteiden välillä maassa edestakaisin vedettävää letkua (6) myöten. Tällä letkulla on sopivasti sijoittumis- ja liikkumistilaa raiteiden välissä ja sadetuskone on hyvin pystynyt vetämään letkua perässään.

Sadetuskone on alunperin rakennettu käsin työnnettäviksi, mutta kastelukokeiden aikana sitä on liikuteltu sähkömoottorikäyttöisesti vetoliinan (7) avulla tasaisen liikenopeuden aikaansaamiseksi.

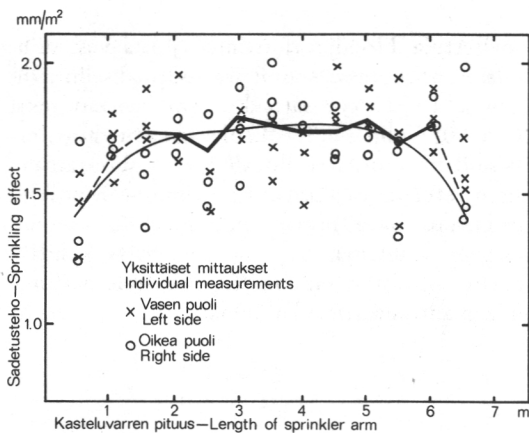
Suuttimien paikat kastelutarvelalla on määrätty ottamalla huomioon veden paineen vähäinen alentuminen putkijohdossa huoneen keskeltä laiduille. Tällöin on saatu seuraava kaava suuttimien paikan määrittämiseksi putkijohdolla:

$y = 0,252 - 0,0036 x$ , jossa vakio 0,252 osoittaa ensimmäisen suuttimen paikan johdolla, m,

$x$  = edellisen suuttimen paikka johdolla, m,

$y$  = seuraavan suuttimen paikka johdolla, m.

Yhtälön perusteella laskettu suuttimien välimatka lyhenee koko ajan edettäessä kastelutarvelta keskeltä laidalle. Tämä merkitsee sitä,



Kuva 5. Sadetustehon jakaantuminen kasteluvarellalla.

Fig. 5. Distribution of sprinkling effect in the sprinkler arm.

että suuttimien metriä kohden laskettu lukumäärä kasvaa vähitellen laitaa kohti 3,96–4,41 kappaletta metriä kohden.

### 3. HAIHTUMINEN MUOVIHUONEESSA JA SADETUSKONEEN MITOITUS

Koe aloitettiin 7.7.1975 siten, että muovihuoneen kumpaankin päähän, noin 8 metriä oviaukosta sisään päin sekä huoneen keskelle, asetettiin viereen huoneen reunasta toiseen ulottuen 24 muovilaatikkoa. Laatikot olivat suorakaiteen muotoisia, 15 cm syviä ja pinta-alaltaan 1052 cm<sup>2</sup>. Koetta aloitettaessa niihin pantiin 5 litraa siemenvettä, jonka muutoksia seurattiin punnitsemalla neljän viikon aikana. Viimeinen punnitus suoritettiin 4.8.1975.

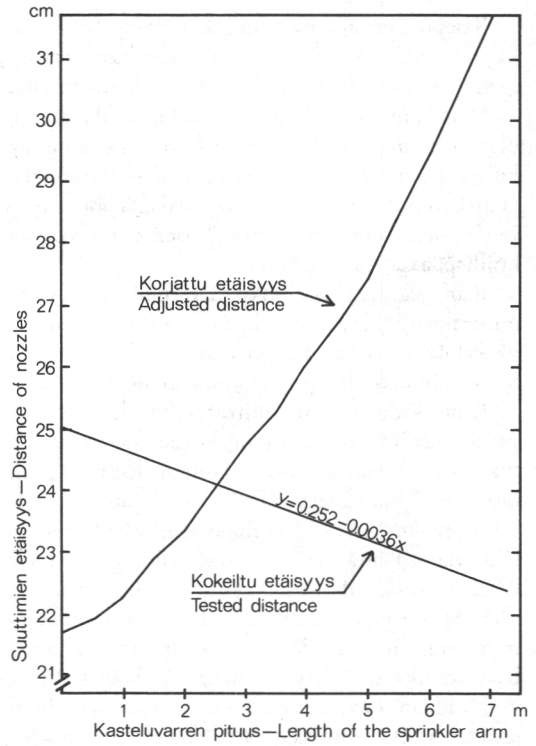
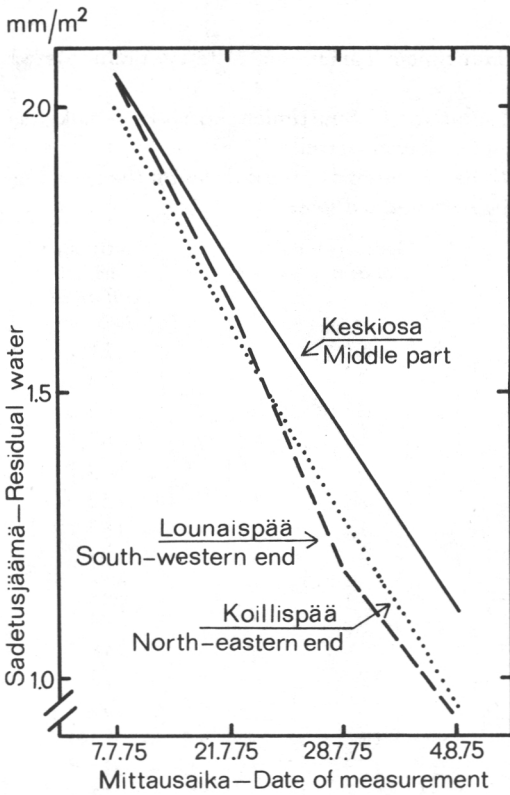
Samantapaista koejärjestelyä kokeiltiin kostealla turpeella täytetyillä reikäpohjaisilla laatikoilla. Tämä menetelmä näytti kuitenkin sopivan huonommin sadetuskoneen mitoitukseen, sillä runsaasti kasteltaessa osa vedestä valui turpeen läpi ja laatikosta ulos. Vähän kasteltaessa vesi taas haihtui nopeasti turpeen pinnasta, ja siitä muodostui tehokas este syvemältä haihtumiselle. Näin haihtumisen säännöllisyys häiriintyi ja sen kulkua oli turvelaati-

Sadetusteho on mitattu laatikoiden avulla samalla tavoin kuin aikaisemmin (NISULA 1975) ja tulokset nähdään kuvassa 5. Kuvasta nähdään yksittäisten mittausten poikkeamat ja niiden keskiarvo (murtoviivadiagrammi) ja keskimääräinen tasoitus (tasoituskäyrä). Tasoituskäyrän keskiosa on varsin tasainen, kuitenkin hieman nouseva. Tämä viittaa siihen, että suuttimien keskinäistä välimatkaa pitäisi vielä vähän pidentää laidalle edettäessä. Tämä lienee kuitenkin käytännössä tarpeetonta. Käyrän nopea laskeutuminen kummassakin päässä vartta, johtuu siitä, että putkijohdon päissä suuttimien loppuessa sadetuseitto heikkenee. Tämä vika on helposti korjattavissa lisäsuuttimia asentamalla esimerkiksi siten, että kasteluvarren alkupäässä suuttimia lisätään koneen runkorakenteeseen päin, suutinjakoa noudattaen. Tällöin sadetuksen jakaantuma nousee sadetuskäyrän keskiosan tasoon. Kasteluvarren uloimmassa päässä ei liene muuta neuvoa kuin kokeilemalla tiivistää suutinjakoa ja/tai kääntää uloimpien suuttimien sadetusta laidalta keskihuonetta kohden. Kokeissa kummallakin puolen muovihuonetta olevat kasteluvarett ovat sadettaneet samalla tavoin ja yhtä runsaasti.

koiden avulla vaikea tulkita sadetuskoneen mitoittamiseksi. Tämän takia haihtumista pyrittiinkin selittämään vain vapaasta veden pinnasta tapahtuvan haihtumisen avulla, sillä vapaasta veden pinnasta tapahtuva haihtuminen on säännöllistä. Siemenveden avulla on haihduttava vesipinta lisäksi voitu kokeen ajan pitää samansuuruisena.

Sadetuskoneessa oli vesimittari, josta luetujen tulosten, kuvan 5:n ja sadetuskoneen kulkeman matkan perusteella voitiin laskea sadetuskoneen sadetus ja haihdunnan jälkeinen sadetusjäämä kunakin ajankohtana seuraavasti:

Sadetusaika	Sadetus mm/m <sup>2</sup>	Sadetusjäämä, mm/m <sup>2</sup> Vesiastioissa Turveastioissa	
7.7.–14.7.75	35,5	+ 2,04	+ 0,78
7.7.–21.7.75	49,3	+ 1,31	+ 0,32
7.7.–28.7.75	64,8	+ 0,68	–0,08
7.7.–29.7.75	75,3	–0,01	–0,09

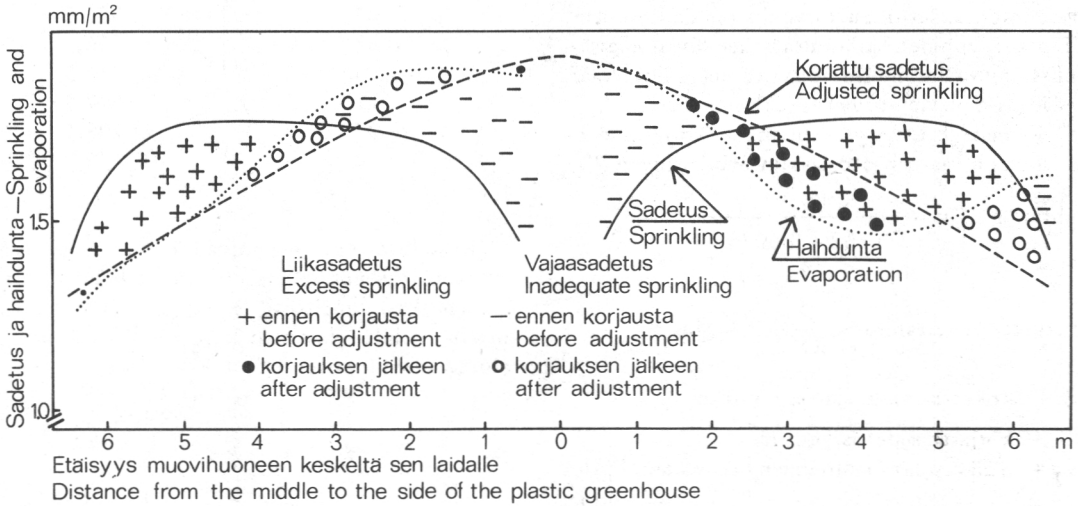


Kuva 6. Sadetusjäämä muovihuoneen pituus-suunnassa.

Fig. 6. Residual water in the longitudinal direction of the plastic greenhouse.

Kuva 8. Suuttimien kokeiltu ja korjattu etäisyys kasteluvarellalla.

Fig. 8. Tested and adjusted distance of nozzles on the sprinkler arm.



Kuva 7. Sadetuksen ja haihdunnan välinen suhde.

Fig. 7. Ratio between sprinkling and evaporation.

Koejakson aikana huoneen sadettamiseen käytettiin 53,4 m<sup>3</sup> vettä, joka siis käytännöllisesti katsoen kokonaan poistui haihtumalla.

Haihdunta muovihuoneen etelälaidalla näytti olevan hieman, eli 0,5 mm/m<sup>2</sup>, voimakkaampaa kuin pohjoislaidalla. Sadetuksen kokonaisuusjäämä poikkipäin huoneen keskellä oli myös vähän suurempi kuin muovihuoneen lounais- ja koillispuolella, kts. kuva 6.

Kun sadetus ja keskimääräinen haihdunta muunnettiin kertasadetuksen ja kertahaihdunnan yksikköarvoksi, saatiin kuvassa 7 esitetty tulos. Siitä nähdään liika- ja vajaasadetetut kohdat.

Kun sadetuskone mitoitettiin haihduntaa vastaavaan tasoon, pyrittiin korjaamaan suurimmat kastelussa havaitut puutteellisuudet, eli kuvasta 7 havaittava kastelun vajuus muovihuoneen keskellä (–) ja liikakastelu (+) huoneen laidoilla. Tämä työ toteutettiin graafisesti, lähtien siitä olettamuksesta, että aluksi on tärkeää korjata oleellimmat kasteluvirheet ja myöhemmin, jos edelleen on tarvetta, tehdään lisäkorjaukset. Tehty tasoitus nähdään kuvasta 7. Voidaan havaita, että korjauksen jälkeinen sadetus johtaa enintään ± 0,15 mm/m<sup>2</sup> suuruiseen poikkeamaan.

Kuvasta 8 näkyy suuttimien jako korjatussa sadetuksessa. Kun suuttimien keskinäinen etäisyys oli ennen korjausta kastelutarpeen pituuden mukaan vähenevä, on se korjauksen jälkeen muuttunut päinvastaiseksi. Tämä johtuu luonnollisesti siitä edellä havaitusta ilmiöstä, että muovihuoneen haihdunta oli keskellä suurin, joten sadetuksen tarvekin on siellä suurin. Tämäntyyppinen haihdunta lienee tavanomaista niissä muovihuoneissa, joissa tuuletus hoidetaan päädyissä olevien tuuletusaukkojen kautta.

Kuvassa 8 esitetyt suuttimien korjatut etäisyydet on saatu päätöslaskun avulla kuvan 7 ja

$$\text{yhtälön } y_1 = \frac{1}{0.252 - 0.0036 x}$$

perusteella verrannosta  $\frac{S}{KS} = \frac{y_1}{x}$ , jossa

S = kokeessa saatu sadetus, mm/m<sup>2</sup>

KS = korjattu sadetus, mm/m<sup>2</sup>

y<sub>1</sub> = S:ää vastaava suuttimien lukumäärä, kpl/m

x = KS:ää vastaava suuttimien lukumäärä, kpl/m

Suuttimien paikat on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Suuttimien korjauksen jälkeinen asema kastelutarrella

Table 1. Position of the nozzles on the sprinkler arm after adjustment.

Suuttimen n:o No. of nozzle	Suuttimen asema, cm Position of nozzle, cm
1	21,7
2	43,5
3	65,4
4	87,5
5	109,7
6	132,0
7	154,7
8	177,6
9	202,3
10	224,7
11	248,3
12	272,3
13	296,7
14	321,4
15	346,3
16	371,5
17	397,1
18	423,1
19	449,5
20	476,2
21	503,3
22	530,8
23	558,9
24	587,5
25	616,7
26	646,5
27	677,0
28	708,1
29	739,9

Kastelutarpeen ensimmäisiä ja viimeisiä suuttimia asennettaessa on huolehdittava suuttimien kastelupeitosta niin, että suuttimien metriä kohden laskettu luku on kastelutarpeen alussa 4.6 ja lopussa 3.1.

#### 4. AUTOMAATTINEN SADETUSKONE

Kun kuvassa 4 esitettyä kastelukonetta liikuttellaan miesvoimaisesti, joudutaan työhön sitomaan yksi henkilö. Kastelu voi huoneen pituussuunnassa tällöin olla epätasaista, sen mukaan miten koneen liikuttelunopeus vaihtelee. Varsinkin siementen idätysvaiheessa konetta on liikuteltava usein, koska kylvöpinta on pidettävä kosteana ja haihdunta on silloin voimakasta. Vain usein tapahtuva tai jatkuva kastelu kykenee säilyttämään hyvän itämiskosteuden. Myöhemmin taimien noustua pintaan kastelutyötä voidaan vähentää ja kasteluvesi voidaan sijoittaa turpeeseen syvemmälle.

Ihmistyön vähentämiseksi, kastelun tasaisuuden ja säännöllisen toistuvuuden turvaamiseksi, on pyritty kehittämään automaattinen kastelukoneisto, jopa vaativiakin olosuhteita varten.

Kuvassa 9 nähdään aikaisemassa kuvassa 4 esitetyn kastelukoneen liikuttelumekanismin tärkeimmät osatkatkaisut. Kuvio 1 esittää vetoliinan liikuttelukoneistoa moottoripäästä katsottuna, ilman moottoria, kuvio 2 ja 3 samaa laitteistoa sivulta ja päältä katsottuna. Mieluimmin vedenkestävästä vaneerista tehdystä hihnapyörässä (1) on kaksi uraa, toinen (2) vetoliinaa (6) ja toinen (3) sähkömoottorin (4) hammashihnaa (5) varten. Hihnapyörä on laakeroitu kahden säteislaakerin (7 ja 8) varaan, joita

runkorakenteen varassa voidaan liikuttaa toisiinsa vasten kohtisuoraan siinä määrin kuin on tarpeen vetoliinan (6) päällä pysymiseksi. Runkorakenne on tehty kulmaraudasta piirroksen mukaisesti ja kiinnitetty ruuvipulteilla (9) raitisiin (10). Runkorakenteeseen on lisäksi kiinnitetty rajakatkaisijat (11 ja 12), jotka huolehtivat vetomoottorin (4) kierrossuunnan vaihtamisesta. Lisäksi siihen on sijoitettu koko laitteiston pysäytyskatkaisija (13) suunnanvaihtohäiriöiden varalta. Vetoliinalle sijoitetut laukaisujouset (14, 15), jotka on sijoitettu kastelukoneen liikeradan päähän toisistaan, kytkevät vuoronperään rajakatkaisijat (11, 12), minkä johdosta moottori muuttaa kierrossuuntaansa. Jos jompi kumpi laukaisujouset työntyy katkaisijalle (13) saakka koko laitteisto pysähtyy.

Kastelukoneen sähköjärjestelmän piirikaavio nähdään kuvasta 10. Turpeen kosteustilaa tai astioissa olevaa vapaata vedenpintaa valvovat vaa'at ( $b_{11a}$ ,  $b_{11b}$  ja  $b_{11c}$ ) voidaan asettaa siten, että yksi vaa'osta on muovihuoneen keskellä ja yksi kummassakin päässä. Jos minkä tahansa kolmen vaa'an kosketin ( $b_{11a}$ ,  $b_{11b}$  ja  $b_{11c}$ ) menee kiinni, kytkeytyy rele  $d_1$ , joka sulkee virtapiirin katkaisijassa ( $c_{1a}-1c$ ). Mikäli aikakytin ( $b_{12}$ ) on lisäksi sulkeutuneena ja rajakatkaisijasta  $b_{13}$  (kuva 10, viitenumero 12)

Fig.1.Päästä katsottuna-From the end

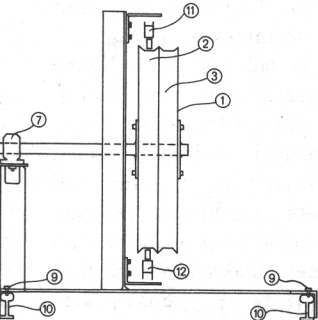
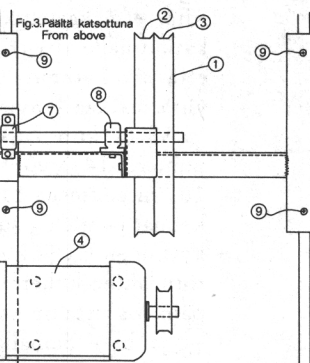
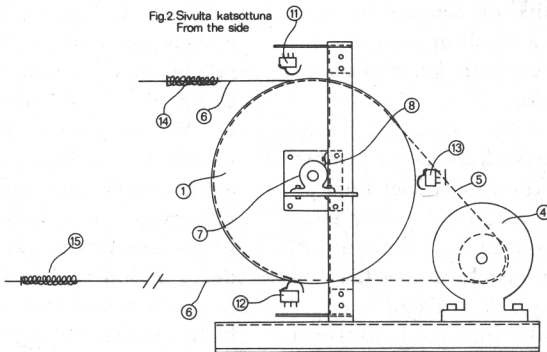
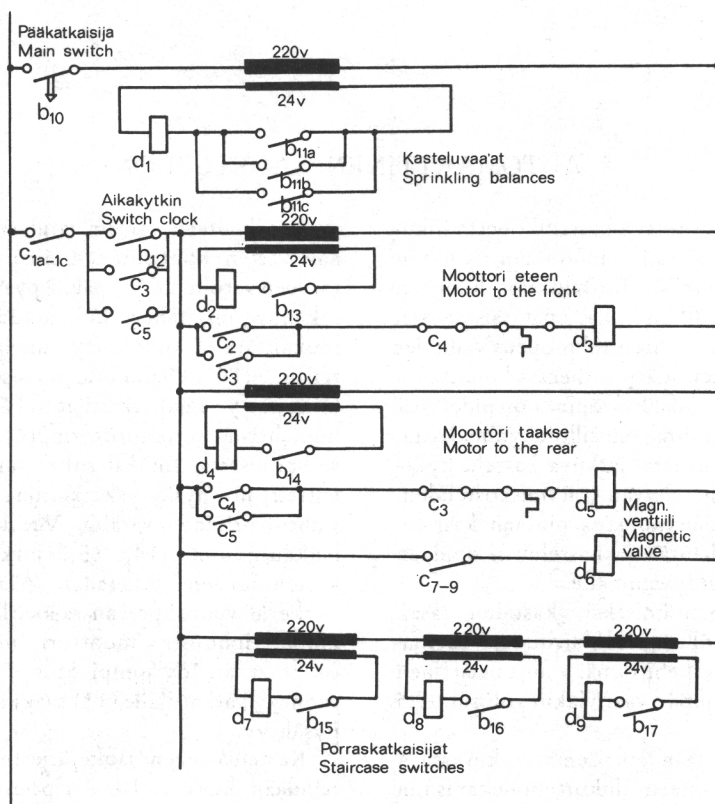


Fig.2.Sivulta katsottuna  
From the side



Kuva 9. Sadetuskoneen liikuttelumekanismi.  
Fig. 9. The mechanism for moving the sprinkler.



Kuva 10. Sadetus koneen sähköiset toiminnot.  
 Fig. 10. Electric circuit of the sprinkler.

annetaan impulssi, sulkee kela  $d_2$  kytkimen  $C_2$ . Tällöin kela  $d_3$  kytkee moottorin kuljettamaan kasteluvaunua huoneen ulompaa päätä kohti. Samalla estokytkin  $C_3$  avautuu ja pitokytkimet  $C_3$  sulkeutuvat. Pitokytkimet  $C_3$  pitävät huolen siitä, että kastelukone liikkuu seuraavalle rajakatkaisijalle ( $b_{14}$ ) saakka siinäkin tapauksessa, että aikakytkentä olisi asetettu kastelukoneen yhtä matkaa lyhyemmäksi.

Vasta kun laukaisuvieteri (kuva 10, viitenumero 14) työntää rajakatkaisijaa  $b_{14}$  (kuva 10, viitenumero 11) laukeavat edelliset relekytkennät ja rele  $d_4$  sulkee kytkimen  $C_4$ , avaa estokytkimen  $C_4$  ja kytkee releen  $d_5$ , jolloin moottori lähtee kuljettamaan kasteluvaunua takaisin päin, jos virta on kytkettynä katkaisijoissa  $C_{1a-1c}$  ja  $b_{12}$ . Samalla pitokytkimet  $C_5$  asettuvat pitiasentoon.

Näin kasteluvaunu kulkee huoneen päästä toiseen kasteluvaakojen ja aikakytkimen komennuksissa.

Raiteeseen on kasteluvaakojen määrämälle aluerajalle asennettu porraskatkaisijat ( $b_{15}$ ,  $b_{16}$  ja  $b_{17}$ ), jotka on kytketty sarjaan vastaavien kasteluvaakojen ( $b_{11a}$ ,  $b_{11b}$  ja  $b_{11c}$ ) kanssa. Kun kasteluvaunu saapuu porraskatkaisijalle, se liipaisee katkaisijan kiinni ja mikäli vastaavassa vaa'assakin on kastelupyynnö, niin rele (esim.  $d_7$ ) sulkee kytkimen  $C_{7-9}$ , magneetiventtiili  $D_6$  avautuu ja sadetus alkaa. Käsky lakkaa seuraavalla porraskatkaisijalla, jolloin kasteluvaunu liipasee porraskatkaisijan ( $b_{15}$ ) auki, mutta samanaikaisesti se liipasee myös seuraavan porraskatkaisijan ( $b_{16}$ ) kiinni eli kysyy seuraavalta vaa'alta kastelun tarpeellisuudesta uuden vaa'an alueella. Näin toiminta jatkuu siihen saakka kunnes aikakytkin eikä yksikään vaa'oista ( $b_{11a}$ ,  $b_{11b}$  ja  $b_{11c}$ ) enää päästä virtaa moottorille.

Käytännössä voitaneen kasteluvaakojen ja näin ollen myös porraskatkaisijoiden luomasta kastelujärjestelmästä luopua ja tyytyä vain aika-

kytkimellä hoidettuun automatiikkaan. Jos huoneeseen asetetaan sinne tänne haihdunta-astioita, voidaan nimittäin niiden vapaan vedenpinnan aseman perusteella arvioida kastelun tarvetta ja määrää silmävaraisestikin. Siemen- idätysvaiheessa on joka tapauksessa syytä huolehtia itämiskerroksen jatkuvasta kosteana pysymisestä. Tällöin aikakytkin voidaan asettaa

siten, että kastelukierros tapahtuu esim. puolen tai täyden tunnin välein. Myöhemmin, kun kasteluvesi halutaan sijoittaa turpeeseen syvemmälle, riittää pitemmät kasteluvälit, jopa yön ajaksi sovitettu kastelu.

Aikakytkintä ja pitokosketinjärjestelmää käyttäen kastelulaite aina pysähtyy jompaan kumpaan päähän muovihuonetta.

## KIRJALLISUUSLUETTELO

- ALDHOUS, J.R. 1972. Nursery practice. Bull. For Commn. London.
- FRIEDRICH, W. 1930. Die Messungen der Verdunstung vom Mittellandkanal bei Sehnde in den Jahren 1925 bis 1927. Jahrbuch für die Gewässerkunde Norddeutschlands, besondere Mitteilungen, Band 6, Nr 1.
- HOLOPAINEN, L. 1967. Kastelun tasaisuuden mittauksista muovihuoneissa. Metsänjalostussäätiö. Moniste.
- JUUSELA, T., KAUNISTO, S. ja MUSTONEN, S. 1969. Turpeesta tapahtuvaan haihduntaan vaikuttavista tekijöistä. Summary: On Factors Affecting Evapotranspiration from Peat. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisu 67.1.
- KOREN, L.A. 1904. Vandingsystem for haver, marker of lign. Norjalainen pat. N:o 14068.
- KOTENG, E. 1966. Prøving av dyser spesielt med tanke på vanning av planter i kar. Gartneryrket 56,12.
- LEHTO, J. — SIMOLINNA, J. 1966. Metsäpuiden taimien kasvattaminen. Kirjayhtymä. Helsinki.
- MIKOLA, P. 1957. Taimitarhojen nykyiset työmenetelmät. Summary: Nursery practice in Finland. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisu 48.4.
- MUSTONEN, S.E. 1964. Potentiaalisen evapotranspiration määrittämisestä. Summary: Estimating Potential Evapotranspiration. Suomen Maataloustieteellisen Seuran julkaisu 102,2.
- NIELSEN, B.F. 1962. Evapotranspiration og vanding i væksthuse. Horticultura nr. 11.
- NISULA, P. 1974. Makroilmaston vaikutus varastoidun pinotavaran painoon. Summary: Effect of macroclimate on the weight of stored cordwood. Folia Forestalia 218.
- NISULA, P. 1975. Liikkuva sadetuslaitteisto. Summary: Revolving Sprinkler. Folia Forestalia 228.
- PUUSTJÄRVI, V. 1973. Kasvuturve ja sen käyttö. Turveteollisuusliitto r.y:n julkaisu 1. Helsinki.
- RINDT, C.A. 1937. The effect of windbreaks on distribution of water. U.S. Forest Serv. Planting Quart 6 (2) : illus. (Processed).
- RUPF, H., SCHÖNHAR, S. und ZEYHER, M. 1961. Der Forstpflanzgarten. BLV. Verlagsgesellschaft München Bonn Wien.
- RUSTEN, A. — LANDMARK, L. 1968. Produksjon av skogsplanter. Det Norske Skogselskap. Oslo.
- SKOV, J. 1964. En orientering om vanding i forstplanteskoler. Dansk skovforenings tidsskrift. København. s. 170—202.
- STOECKELER, J.H. 1939. Nursery soil moisture content. U.S. Forest Serv. Planting Quart. 1 (3) : 9—12. (Processed).
- STOECKLER, J. and JONES, G.W. 1947. Forest nursery practice in the Lake States. USDA Agr. Handbook 110.







- No 215 Pertti Harstela ja Sauli Takalo: Kokeita oksaraaka-aineen kuormauksesta ja kuljetuksesta.  
Experiments on loading and transportation of branch raw material. 1,50
- No 216 Gunnar Wilhelmson: Puutavaran käsittely. 7,—
- No 217 Pentti Rikkinen: Koivuvaneritukkien kuutiointi. 1,50.  
Calculation of the volume of birch veneer logs.
- No 218 Pentti Nisula: Makroilmaston vaikutus varastoidun pinotavaran painoon.  
Effect of macroclimate on the weight of stored cordwood. 2,50
- No 219 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1972—74.  
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1972—74. 6,—
- No 220 Pentti Nisula: Eräs herbisidien levityslaitte.  
An apparatus for the application of herbisides. 2,50
- 1975 No 221 Simo Penttilä ja Jouko Hämäläinen: Päiväänsio ja työn tuotos urakkapalkkaisessa istutustyössä 1972.  
Daily earnings and work output in piece rate planting in Finland 1972. 4,—
- No 222 Veli-Pekka Jarveläinen: Yksityismetsänomistajien metsätaloudellinen käyttäytyminen.  
Forestry behaviour of private forest owners in Finland. 20,—
- No 223 Jan Heino: Finlands stadsägda skogar betraktade speciellt ur friluftssynvinkel. 5,—
- No 224 Pentti Hakkila: Kanto- ja juuripuun kuoriprosentti, puuaineen tiheys ja asetoniuut-  
teitten määrä.  
Bark percentage, basic density, and amount of acetone extractives in stump and root  
wood. 1,50
- No 225 Metsätalastollinen vuosikirja 1973.  
Yearbook of forest statistics 1973.
- No 226 Bo Långström: Eräiden insektisidien testaus tukkimiehentäin, *Hylobius abietis* L.  
(Col., Curculionidae), tuhojen torjumiseksi.  
Testing of some insecticides for the control of damages caused by the large pine  
weevil, *Hylobius abietis* L. (Col., Curculionidae). 1,50
- No 227 Veijo Heiskanen: Kuitupuun latvaläpimitaan perustuva työmittausmenetelmä ("pökky-  
menetelmä").  
A wage-payment measuring method based on pulpwood top diameter (Bolt method).  
4,—
- No 228 Pentti Nisula: Liikkuva sadetuslaitteisto.  
Revolving Sprinkler. 3,—
- No 229 Veijo Heiskanen ja Pentti Rikkinen: Sahatukkien todellisen kiintomitan määrit-  
tämismenetelmät.  
Methods for the measurement of softwood sawlogs. 3,—
- No 230 Aulikki Kauppila ja Erkki Lähde: Koetuloksia maan käsittelyn vaikutuksesta metsä-  
maan ominaisuuksiin Pohjois-Suomessa.  
On the effects of soil treatments on forest soil properties in North-Finland. 3,—
- No 231 Olli Uusvaara ja Kari Löyttyniemi: Tikaskuoriaisen (*Trypodendron lineatum* Oliv.,  
Col., Scolytidae) aiheuttaman vioituksen vaikutus sahatavaran laatuun ja arvoon.  
Effect of injury caused by the ambrosia beetle (*Trypodendron lineatum* Oliv., Col.,  
Scolytidae) on sawn timber quality and value. 1,50
- No 232 Seppo Ervasti ja Kullervo Kuusela: Suomen metsätase vuosina 1965—72 ja metsä-  
teollisuuden raaka-ainenäkyvät vuoteen 2000.  
Forest balance of Finland in 1965—72 and the prospects of industrial wood until  
2000. 1,50
- No 233 Jouko Laasasenaho: Runkopuun saannon riippuvuus kannon korkeudesta ja latvan  
katkaisuläpimitasta.  
Dependence of the amount of harvestable timber upon the stump height and the top-  
logging diameter. 2,—
- No 234 Olli Uusvaara ja Veijo Heiskanen: Sahanhakkeen valmistus, käsittely, mittaus ja laadun-  
määrittäminen Suomessa.  
Preparation, handling, measurement and quality determination of sawmill chips in  
Finland 3,—
- No 235 Seppo Kaunisto: Jyrsintämuokkaus ja lannoitus männyn ja kuusen kylvön yhteydessä  
turvemaalla.  
Rotavation and fertilization in connection with direct seeding of Scots pine and Norway  
spruce on peat greenhouse experiments 1,50
- No 236 Veijo Heiskanen ja Juhani Salmi: Kuitupuupinon kiintotilavuuden määrittäystä koskevia  
rutkimuksia. Mutkainen lehtikuitupuu, järeä kuitupuu sekä likipituinen havukuitupuu.  
Studies on the determination of the solid volume of a pulpwood pile. Crooked  
broadleaved pulpwood, large-sized pulpwood and coniferous pulpwood of approximate  
length. 3,—
- No 237 Markku Mäkelä: Oksaraaka-aineen kasaus ja kuljetus.  
Bunching and transportation of branch raw material 2,—
- No 238 Mirja Ruokonen: Lehtien kautta annetun fenoksiherbisidin käyttäytyminen kasvissa.  
Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu.

- The behaviour of leaf-applied phenoxy-herbicides in plants. A study based on literature. 2,50
- No 239 Eero Paavilainen: Koetuloksia lannoituksen vaikutuksesta korpikuusikossa. On the response to fertilizer application of Norway spruce growing on peat. 1,—
- No 240 Pentti Hakkila, Hannu Kalaja ja Markku Mäkelä: Kokopuunkäyttö pienpuuongelman ratkaisuna. Full-tree utilization as a solution to the problem of small-sized trees. 8,—
- No 241 Victor Ipatiev & Eero Paavilainen: Lannoituksen vaikutuksen kesto aika vanhassa tupasvillarämeen männikössä. Duration of the effect of fertilization in an old pine stand on a cottongrass pine swamp. 1,50.
- No 242 Pertti Harstela: Työn tuotos ja työntekijän kuormittuminen vyöhykekasausmenetelmää käytettäessä. The effect of bunching into zones on productivity and strain of the worker cutting pulpwood. 2,—
- No 243 Paavo Valonen: Tekomiehen fyysinen kuormitus kehittyneissä työvaltaisissa kuitupuun tekomenetelmissä. The physical strain on the logger in advanced labour intensive pulpwood preparation methods. 4,—
- No 244 Eero Lehtonen: Kourakuormauksen oppiminen. Learning of grapple loading. 4,—
- No 245 Pentti Nisula: Kantoloukku. Stump Crusher. 3,—
- No 246 Hans G. Gustavsen ja Erkki Lipas: Lannoituksella saatavan kasvunlisäyksen riippuvuus annetusta typpimäärästä. Effect of nitrogen dosage on fertilizer response. 2,—
- No 247 Yrjö Vuokila: Nuoren istutuskuusikon harvennus puuntuotannollisena ongelmana. Thinning of young spruce plantations as a problem of timber production. 2,50
- No 248 Timo Kurkela ja Yrjö Norokorpi: Kuusen lumikaristesien (*Lophophacidium hyperboreum* Lagerb.) esiintyminen Suomessa. Occurrence of spruce snow blight fungus, *Lophophacidium hyperboreum* Lagerb. in Finland. 1,—.
- No 249 Pentti Hakkila ja Markku Mäkelä: Pallarin vesakkoharvesteri. Pallari Bushharvester 2,—
- 1976 No 250 Veijo Heiskanen ja Pentti Rikkonen: Havusahatukkien kuoren määrä ja siihen vaikutavat tekijät. Bark amount in coniferous sawlogs and factors affecting it. 7,—
- No 251 Veijo Heiskanen: Havusahatukkeja koskevia arvolaskelmia vuosina 1974—1975. Value calculations for softwood sawlogs in 1974—1975. 7,—.
- No 252 Jyrki Raulo ja Eino Mälkönen: Koivun luontainen uudistuminen muokatulla kangasmaalla. Natural regeneration of birch (*Betula verrucosa* Ehrh. and *B. pubescens* Ehrh.) on tilled mineral soil. 1,50
- No 253 S.-E. Appelroth: Työntutkimus Lamu-kylvökoneesta. Work Study of the Lamu Seeding Machine. 2,50
- No 254 Matti Kärkkäinen: Havutukkien kiintomittausmenetelmän seurantajärjestelmä. A control method for the measurement of pine and spruce logs. 2,—
- No 256 Pentti Hakkila, Hannu Kalaja ja Yrjö Schildt: Bobcat M-721 kaatokasauskone männikön ensiharvennuksessa. Bobcat M-721 feller-buncher in early thinning of Scots pine. 2,—.
- No 257 Pirkko Velling: Mänty- ja kuusiprovenienssien puuaineen tiheyden vaihtelusta. The wood basic density variation of pine and spruce provenances. 4,—
- No 258 Nisula Pentti: Muovihuoneen sadetuskone. A sprinkler for a plastic greenhouse. 1,50
- No 259 Matti Uusitalo: Puun kasvatuksen kulut vuosina 1972 ja 1973. Costs of timber production in Finland in 1972 and 1973. 5,—
- No 260 Harstela Pertti: Työn tuotos ja työntekijän kuormittuminen tehtäessä kuitupuuta liuku- puomikuormausta varten. Work output and the worker's strain in cutting pulpwood for slide-boom loading. 2,50
- No 261 Eero Lehtonen: Pienpuun kaato moottori- ja raivaussahoihin perustuvilla laitteilla. Felling of small-size trees with felling devices based the chain saw and clearing saw. 3,—
- No 264 Yrjö Vuokila: Ensiharvennuskertymä. Yield from the first thinning. 1,50