

FOLIA FORESTALIA 228

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1975

PENTTI NISULA

LIIKKUVA SADETUSLAITTEISTO

REVOLVING SPRINKLER

- No 163 Ilkka Kohmo: Nykymetsiköiden kasvuprosentti Suomen pohjoispuoliskossa vuosina 1969—70. 1,50
- No 164 Jouko Laasasenaho & Yrjö Sevola: Havutukkien latvamuotolukujen vaihtelu. The variation in top form quotients of the coniferous logs. 2, —
- No 165 Metsätalastollinen vuosikirja 1971. Yearbook of forest statistics 1971. 10,—
- No 166 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1970—72. Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1970—72. 5,—
- No 167 Paavo Tiihonen: Rinnankorkeusläpimitaan ja pituuteen perustuvat uudet puutavalarajitaulukot. Auf Brusthöhendurchmesser und Höhe gestützte neue Sortimententafeln. 1,50
- 1973 No 168 Lorenzo Runeberg: The future for forest-industry products in the United Kingdom. Ison-Britannian metsäteollisuustuotteiden käytön tulevaisuus. 8,—
- No 169 Veijo Heiskanen: Pinon kehysmitan mittaus ja tyhjän tilan vähennys sekä niiden tarkkuus. Measurement of the gross volume of a pile and deduction for empty space and their accuracy. 5,—
- No 170 Veijo Heiskanen: Pinotiheysluvun ja pinotiheystekijään arviointi ja sen tarkkuus. Evaluation of the solid content and the solid content factors and its accuracy. 3,—
- No 171 Veijo Heiskanen: Hylkypölkkyjen osuuden arviointi pinomittauksessa. Estimation of the share of waste bolts in pile measurements 2,—
- No 172 Metsäntutkimuslaitoksen päätös puutavaran mittauksessa käytettävistä muuntoluvuista ja kuutioimistaulukoista 2 päivänä toukokuuta 1969 annetun päätöksen muuttamisesta. Skogsforskningsinstitutets beslut angående ändring av beslutet av den 2 maj 1969 om omvandlingskoefficienter och kuberingstabeller för virkesmätning. 10,—
- No 173 Matti Palo & Esko Pälä: Markkinapuun alueittaiset hankintamäärät ja kulkuvirrat vuonna 1970 (1964, 1967). Removal and flow of commercial roundwood in Finland during 1970 (1964, 1967), by districts. 5,—
- No 174 Jorma Riikonen: Kuitupuun kuoren kutistuminen metsävarastoinnissa. The volumetric shrinkage of pulpwood bark. 1,50
- No 175 Lauri Heikinheimo, Matti Heikinheimo & Aarne Reunala: Earnings of forest workers in Scandinavia, especially in Finland. Metsätyömiesten ansiot Suomessa ja muissa pohjoismaissa. 8,—
- No 176 Matti Palo & Mikko Tervo: Hakkuumäärien lyhytjaksoinen ennustaminen. Short-term forecasting of cut in Finland. 5,—
- No 177 Olavi Huuri: Taimitarhanoston suoritustavan vaikutus kuusen ja männyn taimien alkukehitykseen. The effect of nursery lifting methods on initial development of spruce and pine transplants.
- No 178 Matti Leikola & Jyrki Raulo: Tutkimuksia taimityyppiluokituksen laatimista varten III. Taimien morfologisten tunnusten muuttuminen kasvukauden aikana. Investigations on the basis for grading nursery stock III. Changes in morphological characteristics of nursery stock during the vegetation period. 2,—
- No 179 Paavo Valonen & Matti Ahonen: Vajaakarsinta ja silmävarainen apteeraus kuusisaha-puun teossa. The partial limbing and ocular marking for crosscutting in the preparation of spruce sawlogs. 4,—
- No 180 Pentti Rikkinen: Havusahatukkien latvamuotoluvut erilaisia läpimittaluokituksia käytettäessä. 1,—
- No 181 Veijo Heiskanen: Havusahatukkien kapeneminen ja latvamuotoluku Kainuussa ja Pohjois-Pohjanmaalla. Taper and top form factor of coniferous sawlogs in Kainuu and North Ostrobothnia regions. 2,—
- No 182 Veijo Heiskanen & Jorma Riikonen: Kuitupuun kehysmita ja pinotiheys autokuljetuksen eri vaiheissa. Piled measure and solid volume content of pulpwood piles in various phases of truck transportation 2,50
- No 183 Heikki Nikkilä: Kylvätiheysmenetelmä kuitupuupinon kiintomitan määrittämisessä. The pile face density method in measuring the solid volume of a pulpwood pile. 4,—
- No 184 Olavi Saikku: Lannoituksen vaikutuksesta männyn kuoren määrään kangasmaalla. The effect of fertilization on the amount of the bark of Scotch pine in forest land. 1,50
- No 185 Kaj Asplund, Erkki Lähde & Erkki Numminen: Vajaasti kypsyneen männyn siemenen kehitys käpyjen varastoinnin aikana. On the development of incompletely ripened seeds of Scots pine in cones under storage. 1,50
- No 186 Esko Jaatinen: Recreational utilization of Helsinki's forests. 4,—
- No 187 Markku Mäkelä: Kanto- ja liekopuun korjuu polttoturvesoilta. Harvesting of stump and moor wood from fuel peat bogs. 2,—
- 1974 No 188 Pirkko Velling: Männyn (*Pinus silvestris* L.) puuaineen tiheyden fenotyypisistä ja geneettisistä vaihtelusta. Phenotypic and genetic variation in the wood basic density of Scots pine (*Pinus silvestris* L.). 3,—

Pentti Nisula

LIIKKUVA SADETUSLAITTEISTO
Revolving Sprinkler

ALKUSANAT

Käsillä olevan kastelulaitteen kehitystyö lähti alkuun silloin, kun havaittiin rullataimien hoidossa tarvittavan mahdollisimman tasaista kastelua avomaolosuhteissa toimittaessa. Kastelulaite on tekijän suunnittelema ja asentaja MIKKO KIVELÄN rakentama. Rakentamisen

rahoittaminen on tapahtunut Suomen Kulttuurirahaston ja Metsäntutkimuslaitoksen Kokeilu-alue toimiston, osittain tekijän itsensä, toimesta.

Julkaisun käsikirjoituksen ovat lukeneet professori PENTTI HAKKILA ja vt. prof. MATTI LEIKOLA, joita kiitän.

Helsingissä helmikuussa 1975

Pentti Nisula

SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
SUMMARY in English	3
TIIVISTELMÄ	4
1. JOHDANTO	4
2. KEHITTELYTYÖN TAUSTA	5
21. Käytössä olevat sadettimet ja sadetuslaitteistot	5
22. Ympyräsadettimien tarkkuudesta	7
23. Sadetuslaitteiston mitoittaminen	9
3. KEHITETTY SADETUSLAITTEISTO	11
31. Laitteiston rakenne ja toiminta	11
32. Suutin kokeilut	13
321. Suutintyypit	13
322. Suutinkokeilujen tulokset	15
33. Sadetuskokeilun tulokset	17
331. Sadetuksen määrä ja sadetusteho	17
332. Sadetusväli ja sadetuksen ajankohta	20
333. Sadetettujen rullien paino	20
4. SADETUSAUTOMATIIKAN KEHITTÄMINEN	21
5. SUUREHKON SADETUSLAITTEISTON MITOITTAMISESTA	23
KIRJALLISUUSLUETTELO	27

REVOLVING SPRINKLER SUMMARY

The apparatus belongs to the group of sprinkler systems that revolve round a central pivot, such as have been used extensively in e.g. the USA for irrigation of large plantations (Fig.1). Differently from them, this sprinkler system uses nozzles instead of circular sprinklers and the sprinkler arm is placed as low as possible (Figs. 9 and 14). The nozzles are positioned on the sprinkler arm according to practical experience, thus eliminating the effect of lowered pressure in the piping and making the sprinkler even (Figs. 20 and 22).

Automatic control of the sprinkling is based on placing a small part of the material to be sprinkled on a scale and controlling its movements. When the dry season begins the scale is coupled electrically and transmits an order to the motor and magnetic valve of the sprink-

ling apparatus to begin the sprinkling. Sprinkling ends when the scale has fallen under the influence of sprinkling (Figs. 10–12 and 26).

The sprinkling apparatus is especially useful out in the open when gentle and even irrigation is required regardless of the wind. The automatic operation of the device permits phasing of the irrigating time in the desired manner. For instance, it is possible in the germination phase to irrigate at frequent intervals to keep the germinating bed evenly moist, and the seeds are not washed away with the irrigation water. Later, the most suitable time of the day for sprinkling can be selected or the amount of a single irrigation and the sprinkling density can be fixed. The equipment can also be used for automatic frost protection.

TIIVISTELMÄ

Kehitetty kastelulaitteisto kuuluu keskuspaalun ympäri kiertävien, liikkuvien sadetuslaitteistojen ryhmään, jollaisia esim. USA:ssa on paljon käytetty laajojen viljelysmaiden kasteluun (kuva 1). Näistä poiketen nyt esiteltävässä kastelulaitteistossa on käytetty ympyräsadettimien sijasta suuttimia ja laitteen kasteluvarsi on sijoitettu mahdollisimman matalalle (kuvat 9 ja 14). Suuttimet on sijoitettu kasteluvarrelle siten, että putkijohdossa tapahtuva paineen alenemisen vaikutus on saatu eliminoiduksi ja sadetus on muodostunut tasaiseksi (kuvat 20 ja 22).

Kastelun automaattinen ohjaaminen perustuu siihen, että osa kasteltavaa materiaalia asetetaan vaa'alle, jonka liikkeitä valvotaan. Kuivumiskauden tullessa vaaka kytkeytyy sähköisesti ja se antaa käskyn sadetuslaitteiston

vetomoottorille ja magneettiventtiilille, jolloin sadetus alkaa. Sadetus loppuu välittömästi sen jälkeen, kun vaaka kastelun vaikutuksesta on jälleen painunut alas (kuvat 10–12 ja 26).

Kehitettyä kastelulaitteistoa voidaan käyttää menestyksellisesti nimenomaan avomaan olosuhteissa silloin, kun halutaan aikaan saada hellävarainen ja tasainen kastelu myös tuulisissa olosuhteissa. Laitteen automatiikka sallii kasteluajan rytmittämisen halutulla tavalla. Esimerkiksi siementen idätysvaiheessa voidaan kastella siten, että itämisalusta pysyy tasaisen kosteana eikä siemen huuhtoudu kasteluveden mukana. Myöhemmin voidaan valita kasteluun sopivin vuorokauden aika tai määrätä kertakastelun runsaus ja sadetustiheys. Laitteistoa voidaan käyttää myös automaattiseen hallantorjuntaan.

1. JOHDANTO

Kun rullataimia (NISULA 1966) ryhdyttiin kokeilumielessä kasvattamaan pieninä erinä, ja myöhemminkin suuremman tuotannon alkuvaiheissa, tehtiin rullataimien kastelussa usein suuria virheitä. Monesti kuviteltiin turverullan olevan niin erinomaisen kasvualustan, että sadetuksen valvonnasta voitiin tinkiä. Tätä käsitystä tukivat esimerkit, jotka osoittivat, miten rullataimet olivat johonkin taimitarhan nurkkaan yksin jätettyinä tai metsään unohdettuina kasvaneet rullassa yllättävän hyvin.

Tämä käsitys oli kuitenkin täysin virheellinen. Rullataimien juuristo on hyvin kehittyneenä runsas ja monihaarainen, mutta rakenteeltaan suhteellisen hento, ja lyhytaikainenkin kuivuus vahingoittaa sitä nopeasti. Tämä johtunee pääasiassa siitä, että taimien juuristo on heikosti puutunut ja sen kuiva-tuoretilavuuspaino on pieni, $0.2-0.3 \text{ gr/cm}^3$.

Juuriston kuivuminen, mikä kasvukautena tietää käytännössä juuren valkeiden kärkien häviämistä, merkitsee taimelle aina kasvatappioiden. Mitä useamman kuivumiskauden juuristo kokee, sitä suurempia kasvatappioita on odotettavissa. Lisäksi juuristo tänä aikana puutuu, ja jos rullan alla olevan maan (tai maakerroksen) kosteus on suhteellisen vakaa, niin juuristo pyrkii suuntaamaan kasvunsa tähän maakerrokseen. Koska tähän maakerrokseen huuhtoutuu aina jonkun verran ravinteita, saattaa rullasta karanneilla juurillakin olla siellä hyvät kasvu-edellytykset. Tällaisissa rullissa kasvaneet taimet saattavat kasvukauden aikana näyttää hyviltä, mutta noston yhteydessä voidaan huomata, että taimen aktiivisin ja sen alkumenesykselle tarpeellisin juuristo, jonka tulisi sijaita rullassa olevassa turvepaakussa, jääkin rullan alla olevaan maakerrokseen.

Lähinnä yllä mainitut, sadetuksesta johtuvat puutteet antoivat kirjoittajalle aiheen ryhtyä kehittämään sellaista sadetuslaitteistoa ja -menetelmää, joka mieluummin automaattisesti pitäisi huolen rullataimien säännöllisestä ja tasaisesta, koko kasvukauden jatkuvasta sadetuksesta. Laitteen tuli kastella mahdollisimman tasaisesti ja soveltua ennen kaikkea avomaalla tapahtuvaan kasteluun, minkä takia sen tuli toimia hyvin myös tuulen vaikutuksen alaisena. Lisäksi sen rakentamis- ja käyttökustannusten tuli pysytellä kohtuullisina.

2. KEHITTELYTYÖN TAUSTA

21. Käytössä olevat sadettimet ja sadetuslaitteistot

Intensiivisessä kasvinviljelyssä, kuten puutarha- ja taimistoviljelmillä, kunnollinen kastelu kuuluu välttämättömänä osana järkevään tuotantoon. Sama koskee myös metsäpuiden taimitarhoja. Sadetus, joka ennen sotia oli vähäistä maanviljelyssä, on Suomessa lisääntynyt vuodesta 1960 lähtien yli kymmenkertaiseksi (KARA 1972). Kiinnostus sadetusta kohtaan on niin meillä kuin muuallakin noussut nopeasti, mitä osoittaa vilkas tutkimustyö: esim. PILLSBURYN ja DECANIN (1968) lähdekirjallisuusluettelo sisältää lähes sata viimeaikaista tutkimusta.

Suurien pinta-alojen käsittelyssä on sadetuskastelu, jossa vesi johdetaan putkissa paineella sadettimien kautta sateenomaisesti kasteltavalle pinnalle, osoittautunut pohjavesi- tai valutuskastelua paremmaksi. Näin siitä huolimatta, ettei vettä voida sadettamallaan jakaa tasaisesti kastelevalle pinnalle (KARA 1972).

Sadetuslaitteet voidaan jakaa eri perustein moniin ryhmiin. *Piensadettimia*, joita käytetään pääasiassa pienkiinteistöjen puutarha- ja pihamaiden kasteluun, on tarkastellut LISKOLA (1969). *Piensadetin* on yleensä vesiletkun päähän sijoitettu sadetuslaite, joka suihkuttamalla, ympäri pyörimällä, heiluriliikkeitä tekemällä tai edestakaisin keinumalla saa aikaan kastelun leviämisen määrämuotoiselle alueelle.

Sadettimet voidaan jakaa tehonsa perusteella rankka-, keskirankka- tai hidassadettimiin.

Sadetuslaitteistoa kehitettäessä on **myöhemmin** otettu huomioon myös rullissa varttuvien siementaimien kasvumahdollisuudet. Tällöin sadetuksen tulee siementen itämisyvaiheessa tapahtua niin usein, että itämiskerros pysyy sopivan kosteana. Sadetuksen tulee lisäksi olla hellävaraista siten, ettei vesi huuhto kevyitä siemeniä pois rullasta tai vahingoita itämistapahtumaa.

Sadetuslaitteisto ja -menetelmä on pyritty kehittämään lisäksi sellaiseksi, että se sopii myös paljasjuuristen taimien kasteluun.

Hidassadettimien teho on alle 5 mm/h ja käyttöpaine yleensä n. 2 ... 4 kg/cm². Viime aikoina on siirrytty pääasiassa hidassadettimien käyttöön, koska kasteluvesi voidaan tällöin jakaa edullisemmin useammille sadettimille ja kasteluaikaa voidaan pidentää. Koko yön ajan annettava kastelukin on mahdollista. Hitaan kastelun ansiosta jäykähköt maat kärsivät tällöin vähemmän rakennevaurioita. Myös laitteiden käsittely ja siirto on helpompaa ja kevyempää (RÄISÄNEN ja KARA 1969).

Kun useita sadettimia liitetään kastelujärjestelmäksi syntyy *sadetuslaitteisto*. Ne voidaan ryhmitellä lähinnä asennus- ja käyttötekniikkansa perusteella kiinteisiin, siirrettäviin, liikuteltaviin tai liikkuviin.

Metsäpuiden taimitarhoilla käytetään esim. muovihuoneissa ja joskus avomaallakin kiinteitä laitteistoja, mutta yleisimmin käytetty sadetuslaitteisto on siirrettävä. Tällöin helposti siirrettävät kevyet putket liitetään toisiinsa ns. pikaliittimiä käyttäen. Liikuteltavat laitteistot on tavallisesti asennettu täysin toimintavalmiiksi kannatuspyörien tai sadetusvaunun varaan. Sen jälkeen kun laitteisto on työnnetty tai kuljetettu konevoimaisesti uuteen paikkaan – tavallisimmin kasteluputkistoa vastaan kohtisuorassa suunnassa – kastelu voidaan välittömästi aloittaa. Periaatteessa kuljetettavat kastelulaitteistot poikkeavat siirrettävistä laitteistoista vain pitemmälle kehitetyn siirtelytekniikkansa takia. Liikkuville sadetuslaitteistoille on ominaista, että ne kulkevat sadetuksen aikana

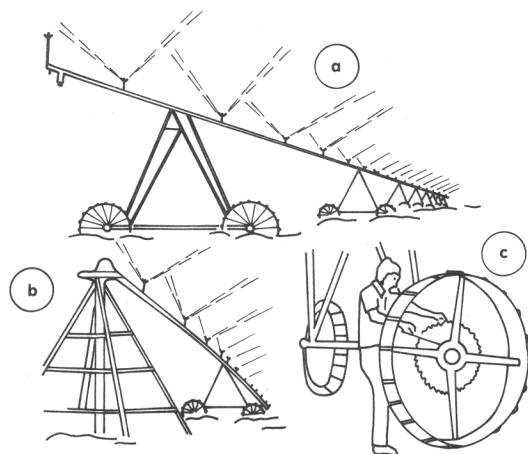
kasteluviedellä toimivan vesimoottorin tai jonkun muun voimanlähteen avulla eteenpäin. Sadetuskuvio voi olla suorakaiteen tai ympyrän muotoinen riippuen laitteiston liikkumistavasta. Meillä Kesko Oy:n markkinointiohjelmaan kuuluva englantilainen WRIGHT RAIN LAUREAU edustaa liikuteltavaa sadetuslaitteistoa. Siinä noin 70 metriä pitkä kasteluvarsi on pantu kiertämään vaakasuorassa varren toisessa päässä olevan akselin ympäri sadetusvaunun kannattamana (WRIGHT RAIN Limited . . .). Laitteen paikaltaan sadettaman ympyränmuotoisen alueen pinta-ala on noin 1.2 hehtaaria. Kun koneetta liikutellaan suosituksen mukaisesti kolmioyhdistelmää (108x108 m) käyttäen teholliseksi kastelualueeksi jää siirtokertaa kohden noin 0.6 hehtaaria. Pikaliitettävät syöttöputken jatkokset kulkevat sadetusvaunun mukana, jolloin veden syöttöputkien kantaminen miesvoimin jää vähäiseksi.

Monien keksijöiden (esim. WRIGHT 1963, BLAIR 1968, SIEBERT 1969, DELFS 1972) esittämät sadetuslaitteistot ovat liikkuvia. Nämä laitteet voidaan jakaa kahteen päätyyppiin, suorakaiteen- ja ympyränmuotoisen sadetusalueen kastelijoihin. Kasteluvarsi, johon sadetimet on asennettu sopivin välein, saattaa olla hyvinkin pitkä. Suorakaiteen muotoista aluetta kastelevissa laitteissa kasteluvarsi liikkuu pyörien tai sadetusvaunun varassa edestakaisin sadettavan alueen yli. Veden johtaminen runkoverkosta tällaiseen laitteeseen on jonkun verran hankalaa. Veden syöttöletkun pitää nimittäin päästä liikkumaan laitteiston mukana. Tämän takia laitteistoa on käytetty esim. kastelukana-
vien yhteydessä, jolloin laite kulkee pitkin kanavan vartta ja imuletkun vapaa pää voi liikkua kanavassa ja ottaa sieltä tarvitsemansa veden.

Englantilainen J.D. Pott on ratkaissut tämän pulman siten, että kasteluvarsi on asennettu kasteluvaunun päälle (CRADOCK). Laitteisto liikkuu kasteluvien paineen käyttämällä vesimoottorilla edestakaisin. Sadetusvaunussa oleva koneisto voi kelata taipuisan vedensyöttöletkun sisään tai ulos riippuen laitteen kulkusuunnasta. Kerrallaan kasteltavan suorakaiteen muotoisen alan suurin ulottuvuus on 30x275 metriä, mikä vastaa lähimain yhden hehtaarin suuruista aluetta. Keskusosuusliike Hankkijan toimesta on maahamme toimitettu kokeiluja varten ainakin yksi tällainen kone. Kone tunnetaan kaupanimeltään FARROW RAINMATIC.

Mm. amerikkalainen Valmont Industries

valmistaa ympyränmuotoista alaa sadettavia massakastelulaitteita lähinnä preeria-alueiden viljelijöille ja karjatilallisille (VALMONT INDUSTRIES INC. 1973). Näitä Center Pivotin-nimellä (kuva 1) kulkevia, keskuspaalun ympäri pyöriä sadetuslaitteistoja valmistaa 24 yritystä eri puolilla USA:ta (IRRIGATION AGE 1971). Laitteistoissa itse kasteluvarsi saattaa olla jopa 800 metriä pitkä. Se on sijoitettu määrävällein asennettujen pyöräparien kannatukselle ja tuettu vajerisidoksin pyörien kohdalla oleviin tornirakennelmiin. Kasteluvarren poikkileikkauksen läpimitta on kuusi tummaa. Varsi sijaitsee noin 3 metrin korkeudessa maanpinnasta. Toisesta päästään kasteluvarsi on kytketty kiinteästi keskuspaaluun, jota kautta vesi pumpataan kasteluvarteen. Vesi voidaan myös pumpata suoraan keskuspaalun alla sijaitsevasta syväporakaivosta. Kasteluvarsi liikkuu sadetusveden voimalla käyville pyöriin liitetyillä vesimoottoreilla. Varsi tekee kierroksen keskuspaalunsa ympäri esim. kerran 42 tunnissa. Kasteluvarsi voi kumpuilevalla seudulla taipua maaston mukaisesti. Sadettimina käytetään kasteluvarrelle asennettuja ympyräsadettajia. Valmont Indust-



Kuva 1. "Center Pivot". Liikkuva kastelulaitteisto U.S.A:sta. a) Pyöräparien kannattama kasteluvarsi ympyräsadettimiseen; b) keskuspaalu; c) mies asennustyössä. Huom. mittakaava.

Figure 1. "Center Pivot". Revolving sprinkler from the USA. a) The sprinkler arm, supported on pairs of wheels, with its circular sprinkler; b) centre pivot; c) man engaged in installation work. Note the scale.

ries, Inc. on kehittämässä suutin-sadettimiin perustuvaa kasteluvartta mm. jäykkärakenteisten savimaiden käsittelyyn (NISULA, J-P. 1974).

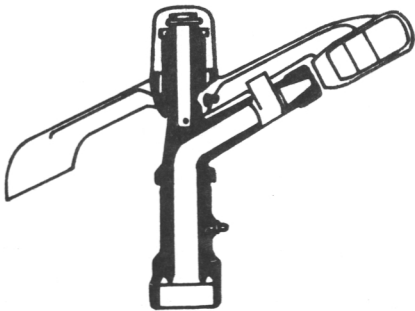
22. Ympyräsadettimien tarkkuudesta

Metsäpuiden taimitarhoilla sadettimia käytetään pääasiassa siten, että muovihuoneissa käytetään sadettimina erilaisia suuttimia ja avomaalla ns. ympyräsadettajia. Avomaalla, mm. peltojen sadetuksessa, ovat ympyräsadettajat tavallisia (KARA 1971).

Ympyräsadettimet ovat tavallisesti ns. heilurisadettimia (kuva 2), joissa pyörimisliike saadaan aikaan herkästi laakeroidun jousitetun heilurin avulla. Heilurin pää on muotoiltu siten, että vesisuihku heittää heilurin sivuun, jolloin se palautuessaan iskee suihkuputkeen tai sen varteen ja samalla kääntää sadetinta iskun suuntaan. Suihkuputken suuntaa muutetaan nykyksittäin esim. 4 astetta kerrallaan, jolloin hetkellinen sademäärä on 90 kertaa suurempi kuin koko ympyrälle laskettu keskimääräinen sade (KARA 1972).

Ympyräsadettimen suihkuputken suuttimet ovat tavallisesti vaihdettavia, ja niiden suutinreiän läpimitta voi vaihdella 3. . . 7 mm. Reiän koon ja veden paineen kasvaessa sadetismäärä nousee ja kastelun ulottuvuus kasvaa. Pisarakoko pienenee, kun paine kasvaa. Suuret pisarat lentävät pisimmälle (KARA 1971). SEGNER (1963) on selvittänyt ympyräsadettajien pisarakokoja ja pisaran nopeutta.

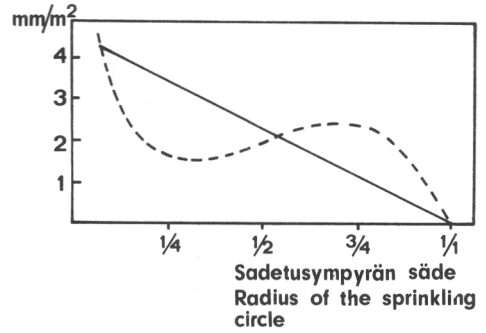
Kaikkia sadettimia ja kastelulaitteistoja rasittaa se tosiasia, että niiden antama sadetus



Kuva 2. Heilurityyppinen ympyräsadetin MUS-SALON (1963) mukaan.

Figure 2. Circular sprinkler of oscillating type according to MUSSALO (1963).

Sadetusteho Sprinkling effect



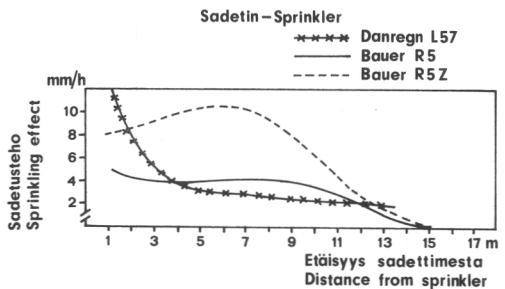
— Hyvä jakaantuma - Good distribution
- - - - Huono jakaantuma - Poor distribution

Kuva 3. Esimerkki ympyräsadettimen kastelutehon jakaantumisesta.

Figure 3. Example of the distribution of the irrigation effect.

jakaantuu epätasaisesti kasteltavalle pinnalle (vrt. esim. CHRISTENSEN 1961, KARA 1972). Ne eivät vastaa siinä suhteessa luonnonsadetta. Jos sadetusveden mukana levitetään veteen sekoitettuja lannoitteita tai torjunta-ainetta, nekin leviävät epätasaisesti. Tällä seikalla saattaa olla käytännöllistä merkitystä ainakin erikoistapauksissa vaateliaan viljelytavan tai -kasvin kohdalla.

Hyvä ympyräsadetin kastelee siten, että satteen määrä vähenee suoraviivaisesti sadettajasta poispäin (kuva 3). CHRISTENSEN (1961) on koemitannut monia kymmeniä saatavilla olevia ympyräsadettimia. Yhdessäkään tapauksessa hän ei ole saanut lineaarista riippuvuutta sadetuksen



Kuva 4. Sadetustehon jakaantuminen ympyräsadettimia käytettäessä 3.5 kg/cm^2 paineella. CHRISTENSENIN (1961) mukaan.

Figure 4. Distribution of the sprinkling effect when using circular sprinklers with a pressure of 3.5 kg/sq. cm. , according to CHRISTENSEN (1961).

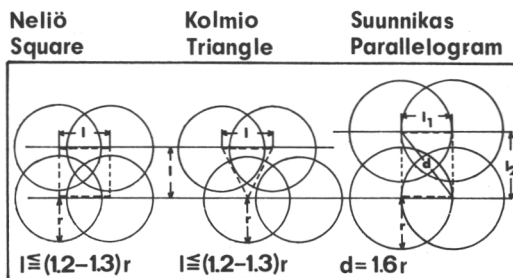
määrän ja sadetimesta lasketun etäisyyden välille. Kuvassa 4 esitetään CHRISTENSENIN (1961) mukaan kolmen sadettimen kastelutulos.

Kun ulkona avomaalla tavallisesti tuulee, vaikeudet lisääntyvät. Vesi suihkuua ympyräsadettajan suuttimesta usein korkeassa kaaressa, minkä takia tuulta vasten sinkoutuva kasteluvesi iskeytyy takaisin ja putoaa runsaana sadettimen tuulen puolelle. Se osa kasteluvedestä, joka joutuu myötätuuleen, ajautuu sadetimesta 10–15 % kauemmaksi kuin tyynellä säällä. Jo 1.5 m/s nopeudella puhaltava tuuli saa aikaan huomattavia muutoksia sadetuskuvion muotoon (CHRISTENSEN 1961).

Kiinteitä ja siirrettäviä sadetuslaitteistoja käytettäessä pyritään edellä esitettyjä haittoja välttämään mm. siten, että sadetimet asetellaan kasteltavalle alueelle tilanteen mukaisesti joko neliö-, kolmio- tai suunnikasmenetelmää käyttäen (kuva 5). Tuulen suunnan pitäisi olla poikittain sadetinlinjaan nähden. CHRISTENSENIN (1961) mukaan jo 3 m/s puhaltava tuuli tekee sadetusympyrän niin soikeaksi, että linjan siirtoväliä on lyhennettävä yhdellä kolmasosalla.

Kuvassa 6 nähdään sadetuksen jakaantuminen siirrettävissä sadetuslaitteistossa neliöyhdistelmää käytettäessä (CHRISTENSEN 1961). Samojen laitteistojen yksittäisten sadettimien sadetusjakaantumaa nähtiin jo aikaisemmin kuvassa 3. Kuvioiden perusteella voidaan havaita, että kastelun määrä vaihtelee useita millimetrejä. Kastelu ei siis ole tasaista.

Seuraavassa esitetään teoreettinen sadetus tapauksessa, jossa sadetusympyrän säde on 10 metriä ja sadetuksen jakaantuminen vähentyy



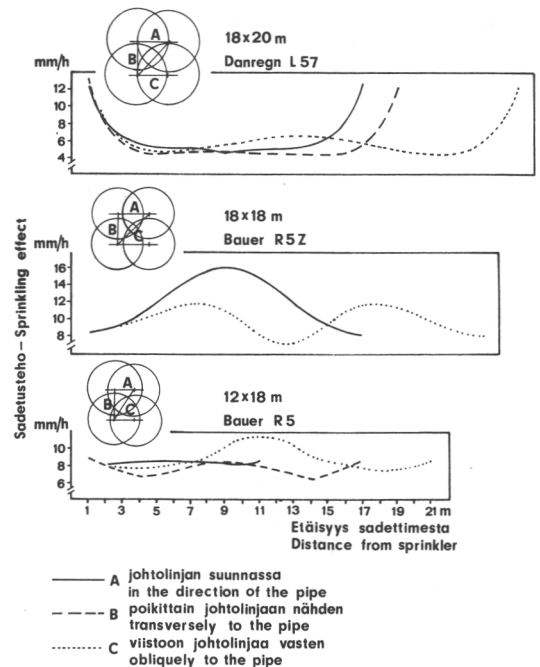
Kuva 5. Ympyräsadettimien asettelussa käytettyjä menetelmiä KARAN (1961) mukaan. Neliösiirtoa käytetään eniten.

Figure 5. Methods used for positioning circular sprinklers, according to KARA (1961). The square change is the most common.

sadetimesta ulkokehälle lineaarisesti 4...1 mm/h. Kolmio (15x13 m) ja neliöyhdistelmiä (14x14 m) käyttäen muodostuu silloin kastelu-ympyröiden peittäessä toisiaan lohkoja, joissa sadetusteho vaihtelee 1...4 mm/h. Seuraavasta asetelmasta nähdään, miten näiden lohkojen pinta-alat suhtautuvat toisiinsa. Sadetus muodostuu verrattain epätasaiseksi.

Lohkon sadetusteho, mm/h	Lohkon pinta-ala	
	Kolmio-	Neliö-
	yhdistelmässä, %	
1	—	1
2	14	23
3	76	57
4	10	19
Yhteensä	100	100

Kun ympyräsadetin asennetaan liikkuvaan ja keskuspaalun ympäri pyörivään sadetuslaitteistoon, se sadettaa epätasaisesti (kuva 7, kuvio



Kuva 6. Sadetuksen jakaantuminen yhdistelmissä erityyppisiä ympyräsadettajia käytettäessä. CHRISTENSENIN (1961) mukaan.

Figure 6. Distribution of sprinkling in the combinations when using circular sprinklers of different types. According to CHRISTENSEN (1961).

A). Tässä kasteluvarrella on lineaarisesti sadettava ympyräsadetin o_1 , joka antaa oman ympyränsä neljännesrenkaisiin lineaarisesti sadetta, mikä jakaantuu 1...4 mm/h, kuvan mukaisesti. Kun ympyräsadetin sitten sadetuslaitteiston mukana kiertää keskuspaalun ympäri jakaantuu sadetusteho prosenttisesti ympyräsadettimen sadetussäteen neljänneksen levyisille ison kasteluypyrän renkaile kuvan osoittamalla

tavalla: 8, 20, 32 ja 41 %. Sadetuksen jakaantuma jää nytkin epätasaiseksi.

Käytännössä ei tilanne kuitenkaan ole yhden sadettimen varassa, vaan silloin sijoitetaan ympyräsadettimia siten, että niiden kasteluypyrät peittävät toisiaan. Kuvan 7 B kuviossa, sadettajien o_2 ja o_3 kasteluypyröiden säteet peittävät kokonaan toisensa. Tällöin sadetusteho ison kasteluypyrän renkaisiin muuttuu edulliseksi: 24, 26, 26 ja 24 %.

Koska täysin lineaarisesti kastelevia ympyräsadettajia ei ole saatavissa, on sadetusteho käytännössä kuvan 7 kuvion B asetelmaa huonompi. Lisäksi tuuli huonontaa kastelun tasaisuutta. Lopputulokseksi saadaan tässäkin tapauksessa epätasainen sadetustulos, joka tosin usein on täysin riittävä.

Ympyräsadettimien sopivana käyttöpaineena pidetään tavallisesti 3...4 kg/cm², mikä merkitsee käytännössä sitä, että johdossa ensimmäisenä olevan sadettimen paine pyritään pitämään 4 kg/cm² ja viimeisen paine 3 kg/cm² suuruisena. Koska sadettimet asennetaan johtoon tasavälein, tämä merkitsee esim. sitä, että sadetussäteen ollessa sadetinta kohden 16 metriä, viimeinen sadetin – jos suuttimen suihkureiän läpimitta on 6 mm – antaa keskimäärin 0.4 mm/h pienemmän sadetuksen kuin ensimmäinen.

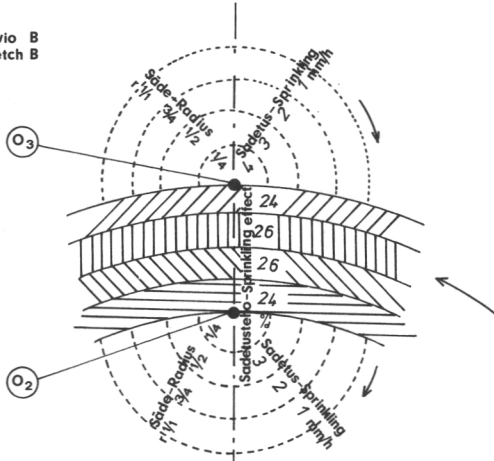
Siirrettävissä sadetuslaitteistoissa tuottaisi vaikeuksia käyttää putkijohdossa tapahtuvan painehäviön eliminoimiseksi eri sadetinetäisyyksiä, koska johdot pitäisi silloin sadetinlinjaa muodostettaessa aina pitää samassa järjestyksessä. Keskuspaalun ympäri pyörivissä liikkuvissa sadetuslaitteistoissa tämä on mahdollista, ja se on toteutettukin.

23. Sadetuslaitteiston mitoittaminen

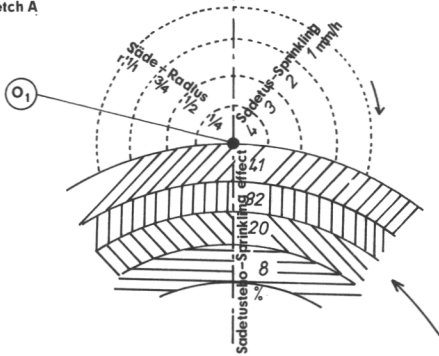
Sadetuslaitteistoa mitoittaessa tähdätään siihen, että halutun kasteluajan kuluessa alueelle saadaan riittävästi vettä tasaisesti jaettuna. Kaksi edellä mainittua tavoitetta on otettava huomioon pumppuasemaa ja runkojohtoverkoston mitoittaessa. Tämän tutkimuksen yhteydessä tarkastellaan sadetuksen tasaisuuden ongelmaa.

Kun sadettimien suuttimet ovat samanlaisia, muuttuu suuttimesta virtaavan veden määrä suhteessa paineen neliöjuureen seuraavan kaavan mukaisesti (KARA 1971):

Kuvio B
Sketch B



Kuvio A
Sketch A



Kuva 7. Liikkuvan, keskuspaalun ympäri pyörivän sadetuslaitteiston kasteluvarrella asennettuna yksittäisen ympyräsadettimen o_1 ja toisensa peittävien kahden ympyräsadettimen o_2 ja o_3 sadetustehon prosenttien jakaantuminen sadettimen säteen levyisessä sadetusrenkaassa.

Figure 7. Per cent distribution within the sprinkling circle (its width is equal to the radius of the sprinkler) of a single circular sprinkler o_1 revolving ground its centre pivot and installed on a sprinkler arm, and of two overlapping circular sprinklers o_2 and o_3 .

$$Q = 0.0125 \cdot d^2 \cdot \mu \cdot \sqrt{H} \quad (1),$$

jossa Q = virtaama m^3/h
 d = suutinreiän läpimitta, mm
 μ = virtauskerroin (tav. 0.90–0.98)
 H = veden paine suuttimessa, mH_2O (metreinä vesipatsasta)

Yksinkertaisinta on siis järjestää tasainen kastelu siten, että veden virtaama pysyy kaikissa suuttimissa vakaana. Esimerkiksi siirrettävää sadetuslaitteistoa käytettäessä voidaan jokaisen sadetuslinjan alkuun asentaa paineentasausventtiili, joka pitää huolen siitä, että em. ehto tulee täytetyksi.

Pitkille putkijohdoille on ominaista, että osa veden paineesta menee hukkaan veden ja putken seinämien kitkan takia. Putkijohdojen painehäviön selvittämiseksi on suoritettu paljon kokeita, ja näiden perusteella tutkijat ovat johtaneet kymmeniä erilaisia kaavoja (RINNE 1945). Yksi vanhimmista ja edelleenkin käytetyistä kaavoista on DARCYN kaava vuodelta 1857, joka ilmoittaa vastuskorkeuden putkijohdossa turbulenssivirtauksen vallitessa:

$$h_f = k \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (2),$$

jossa h_f = paineen häviötä ilmaiseva vastuskorkeus eli putkivastus mH_2O (metreinä vesipatsasta)
 k = putkivastuskerroin
 l = putken pituus, m
 d = putken sisäläpimitta, m (vähennettyinä 4 mm:n ruostumisvaralla)
 v = veden nopeus, m/sek
 g = painovoiman kiihtyvyys, = 9.81 m/sek²

Kerroin k on kokeellisesti määritettävä putkijohdon vastuskerroin, jonka suuruus riippuu putken sisäseinämän aaltoisuudesta ja karkeudesta. Tätä kerrointa on paljon tutkittu. NIKURADSEN (1933) mukaan vastuskerroin on putken aaltoisuuden ja Reynoldsin luvun funktio. Reynoldsin luku putkijohdossa määritetään veden keskimääräisen virtausnopeuden, putken läpimitan ja veden kinemaattisen sitkeyskertoimen avulla.

Käytännössä vanhoille jo ruostuneille putkille voidaan käyttää likiarvona $k = 0.03$ tai laskea se tarkemmin esim. "Rakennusten vesijohdot ja viemärit" -kirjan (1972) perusteella. Kirja sisältää myös nomogrammeja painehäviön määrittämiseksi graafisesti.

Putkijohdon mitoituksella voidaan säädellä johdon painehäviön suuruutta, joka vaikuttaa johdolle asennettujen suuttimien veden virtaukseen ja sadetukseen. Jos kaikista suuttimista halutaan saada koko sadetuslinjan osuudella saman verran vettä, tulee putkijohto ylimitoitaa niin paksuksi, ettei paine pääse vähenemään putkijohdon matkalla. Näin käytännössä usein menetelläänkin, jolloin siis sadetuslinja koko pituudeltaan ylimitoitetaan. Harvemmin menetellään siten, että linjan alkupää, jossa veden virtaus on suurin, valmistetaan paksumpana putkena kuin loppupää.

Toinen tapa tasaiseen sadetukseen pääsemiseksi on menetellä siten, että putkivastuksen kasvaminen (= paineen häviäminen) otetaan huomioon asennettaessa suuttimia sadetuslinjalle. Koska putkivastus vähentää sadetuslinjan painetta, vähentää se myös suuttimista tulevan veden virtaamaa ja sadetustehoa. Käytännössä tämä merkitsee sitä, että suuttimet on asennettava putkijohdolle vähenevien välimatkojen päähän toisistaan sadetuslinjan alusta lukien.

Keskuspaalun ympäri kiertyviä, liikkuvia sadetuslaitteistoja mitoittaessa ongelma on hiekan erilainen kuin siirrettävissä, sadetuslinjaa vastaan kohtisuorassa liikkuvissa tai liikuteltavissa laitteistoissa. Tällöin nimittäin kastelutarren kiertyessä keskuspaalun ympäri tulee sadetusympyrän ulompiin osiin pumputa lisääntyvää pinta-alaa vastaavasti enemmän vettä, ts. veden virtaaman sadetuslinjan alussa tulee kasvaa samassa suhteessa kuin sadetuslinja pitenee. Suuttimia asennettaessa tulee siis huomioon ottaa sadetettavan pinta-alan kasvu linjan piteessä ja putkivastuksen lisäys kastelutarren pituuden kasvaessa ja veden virtauksen lisääntyessä. Näin on menetelty tämän tutkimuksen yhteydessä kehitetyn kastelulaitteen prototyyppiä mitoittaessa.

3. KEHITETTY SADETUSLAITTEISTO

31. Laitteiston rakenne ja toiminta

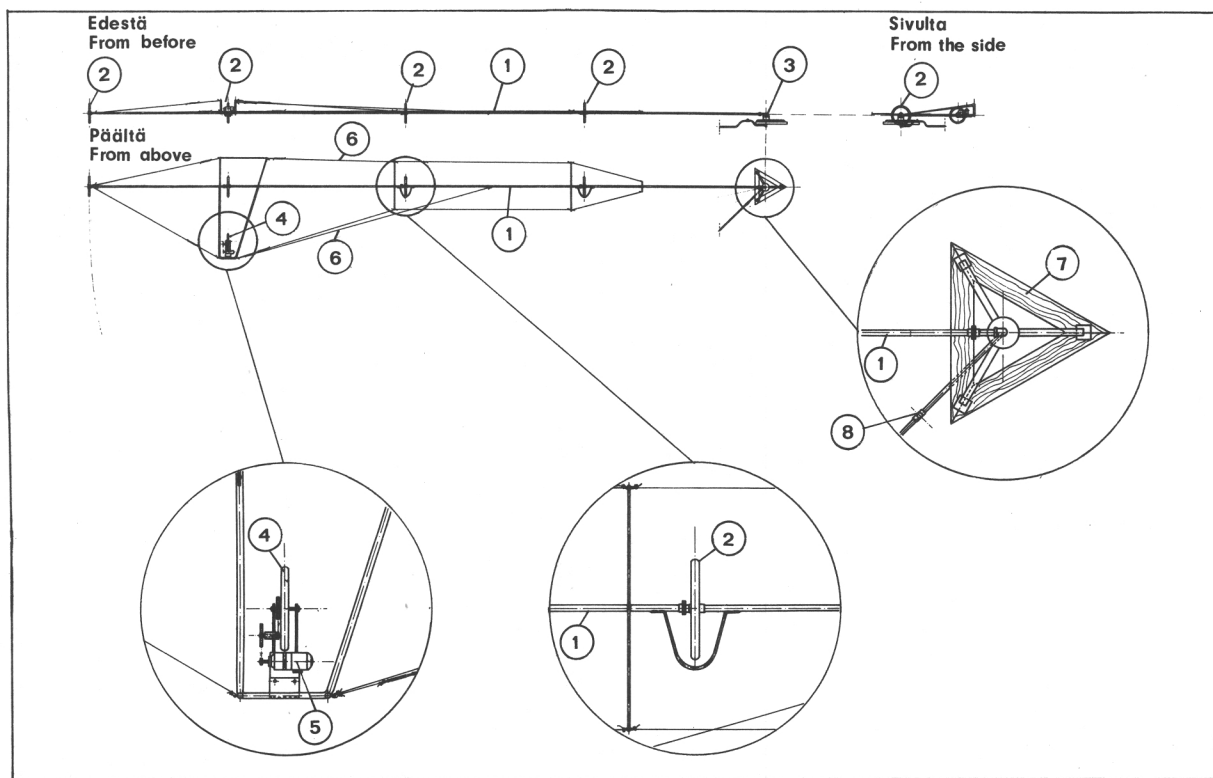
Kehitetyn sadetuslaitteiston prototyyppi valmistettiin ja asennettiin paikoilleen Suomenjoen metsänviljelyn koeasemalle keväällä 1970. Sen jälkeen laitteistoon on tehty muutoksia ja parannuksia. Varsinkin kastelun tasaisuuteen ja sen automatiikkaan on kiinnitetty huomiota.

Kuvassa 8 on sadetuslaitteisto piirretty kolmesta suunnasta. Oleellimmat osat on esitetty osakuvantoina suuremmissa mittakaavassa. Kuva 9 esittää laitteistoa valokuvana.

Laitteisto kuuluu liikkuvien sadetuslaitteistojen pääryhmään. Sille on luonteenomaista kuvan 8 mukaisesti maanpäällinen putkijohto (1), joka on asennettu läpimitaltaan 26" suu-

ruisten, kumirenkaalla varustettujen pinnapyörien (2) keskiöitten läpi ja joka on toisesta päästään navoitettu keskuspaaluun (3). Putkijohto kiertää keskuspaalun ympäri johtoon tuetun vetopyörän (4) avulla. Vetopyörä saa käyttövoimansa 0.2 kW suuruisesta sähkömoottorista (5), jonka kierrosluku 1357 k/min on vaihteilla alennettu 7.9 k/min. Tämä merkitsee käytännössä sitä, että kastelulaitteisto tekee keskuspaalun ympäri yhden kierroksen 25 minuutissa.

Putkijohto (1) on koottu laippaliitoksilla kauppalaatua olevista 6 m pituisista galvanoituista teräsputkisaloista, joiden sisäläpimitta on 1 1/4" (NS 32 mm). Viimeistä salkoa on jouduttu lyhentämään käytettävissä olevan tilan



Kuva 8. Kehitetyn sadetuslaitteiston kokoonpanoa osoittava piirustus.
Figure 8. Drawing illustrating the construction of the sprinkling apparatus developed here.



Kuva 9. Sadetuslaitteisto kehältä keskuspaalua kohden kuvattuna.

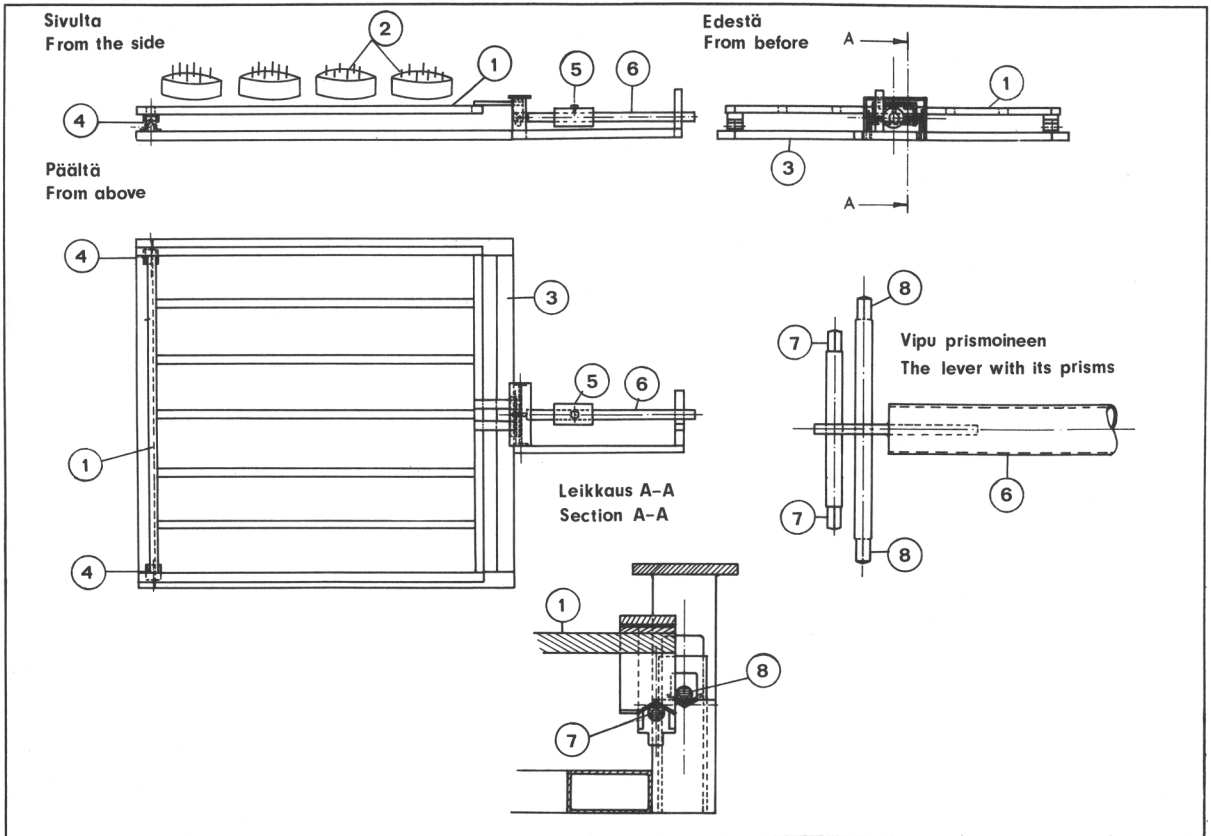
Figure 9. Looking towards the central pivot from the circle of the sprinkler.

puutteen takia. Ensimmäinen salko on liitetty keskuspaaluun 90°:n käyrällä. Käyrän yläpää on liitetty laipalla ensimmäiseen putkisalkoon ja alapää on laakeroitu 1" -läpimittaisen keskuspaaluna toimivan, maasta nousevan veden tuloputken päälle, ja liittyy vesihuollon maanalaaiseen runkoverkoston. Keskuspaaluputken ja käyrän väli on suljettu vedenpitäväksi ns. tefa-tiivisteellä.

Pinnapyörät on liukulaakeroitu laippaliitosten välittömään läheisyyteen putkijohdon päälle ruuveilla kiinnitettyjen olakkeellisten holkkien varaan.

Putkijohdon selkään on pinta-alan lisääntymisen ja paineen vähentymisen huomioon ottaen asennettu 96 kpl kastelulaitteiston liikkumissuunnasta viuhkamaisesti taaksepäin sadettavia suuttimia alkaen 1.63 metrin päästä ja päättyen 22.25 metrin päähän keskuspaalusta.

Kuvassa 8 nähdään vajajerisidoksia (6), jotka myöhemmin on korvattu laitteiston kulkusuun-



Kuva 10. Kasteluvaa'an kokoonpanopiirustus.

Figure 10. Assembly drawing of the sprinkler scale.

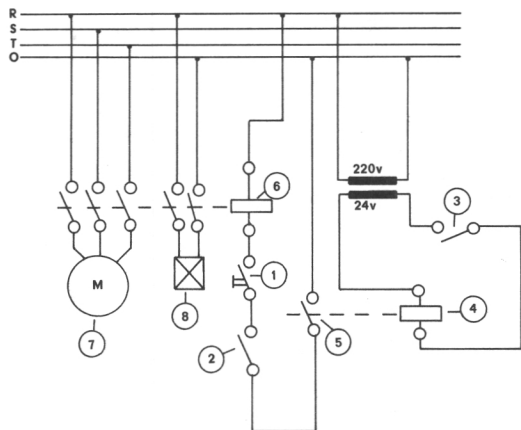
nan puolelle sovitetulla kiinteällä, ohuesta putkesta tehdyllä tukirakenteella. Kun tukivaijerit poistettiin suuttimien sadetuspuolelta, tippuveden esiintyminen lakkasi.

Keskuspaalu (3) on tuettu kolmella tukijalalla puusta tehtyyn kolmion muotoiseen tukirakennelmaan (7), joka on ankkuroitu maahan.

Sähkövoima, joka pyörittää moottoria (5) ja käyttää veden tulojohdon magneettiventtiiliä (8) tulee maanalaista johtoa myöten keskuspaalulle. Keskuspaalun (3) ympärillä olevaan putkijohdon käyrään on kiinteästi asennettu liukurengaskytkin, joka siirtää sähkön vaiheet käyttömoottoriin (5).

Sähkövoiman siirto magneettiventtiiliin (8) ja käyttömoottoriin (5) ajoitetaan sadetusympyrään sopivalle paikalle sijoitetun kasteluvaan avulla. Tämä esitetään kuvassa 10. Vaa'an kuormaritulalle (1) voidaan sijoittaa esim. 12–15 turverullaa (2) taimineen. Kuormaritulä (1) lepää vasemmasta päästään perusrungon (3) varaan sijoitetuilla kannatusprismoilla (4). Kuormaritulän (1) oikea pää lepää liikuteltavan vastapainon (5) kuormittaman vivun (6) kannatusprismoilla (7). Vipu (6) itse on laakeroitu prismoilla (8) perusrungon (3) varaan. Kun vaaka on tasapainossa ja kuormaritulalle (1) asetetaan lisää painoa, esim. kun luonnon sade tai keinokastelu tuovat sitä tullessaan, kuormaritulä (1) painuu alas ja vipu (6) nousee ylös. Vaa'an kuorman kevetessä esim. haihtumisen johdosta, nousee kuormaritulä vuorostaan ylös ja vipu laskeutuu.

Kun vipuun (6) asennetaan sopivasti elohopeakatkaisija (kuva 11), kytkeytyy sähkövirta ritilällä (1) olevan kuorman keventyessä. Tällöin sadetuslaitteiston magneettiventtiili avautuu, vetomoottori lähtee käyntiin ja sadetus alkaa. Kun vaa'alla olevat turverullat ovat



Kuva 12. Sadetuslaitteiston sähköinen toiminta.
Figure 12. Electric circuit of the sprinkler.

sitten kastuneet tarpeeksi, vaa'an kuormaritulä painuu jälleen alas, magneettikytkimen elohopea juoksee tyhjiön vapaaseen päähän ja sähkövirta katkeaa.

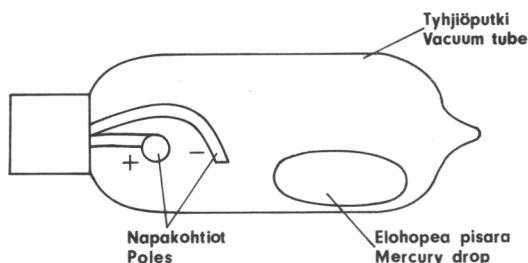
Kuva 12 esittää kastelulaitteiston sähköisen toiminnan. Kun käsikytkin (1) suljetaan laitteisto jää odottamaan aikakellon (2) kytkeytymistä. Kellon avulla kastelu voidaan ohjelmoida tapahtumaan haluttuna vuorokaudenaikana, esim. aamuyöllä kello 3–6 välillä.

Kun aikakello (2) on sulkenut virtapiirin omalta kohdaltaan, laitteisto jää odottamaan matalajännitteisessä virtapiirissä olevan kasteluvaan elohopeakatkaisimen (3) sulkeutumista. Tämän jälkeen rele (4) saa jännitteen ja siihen liittyvä katkaisija (5) sulkeutuu sekä aiheuttaa kelakytkimen (6) päällellemen. Nyt lähtee 3-vaihemoottori (7) kuljettamaan sadetuslaitteistoa ja magneettiventtiili (8) avautuu. Sadetusta kestää niin kauan kuin aikakello ja elohopeakytkin pysyvät kiinni. Jomman kumman tai molempien avautuminen merkitsee sadetuksen keskeytymistä.

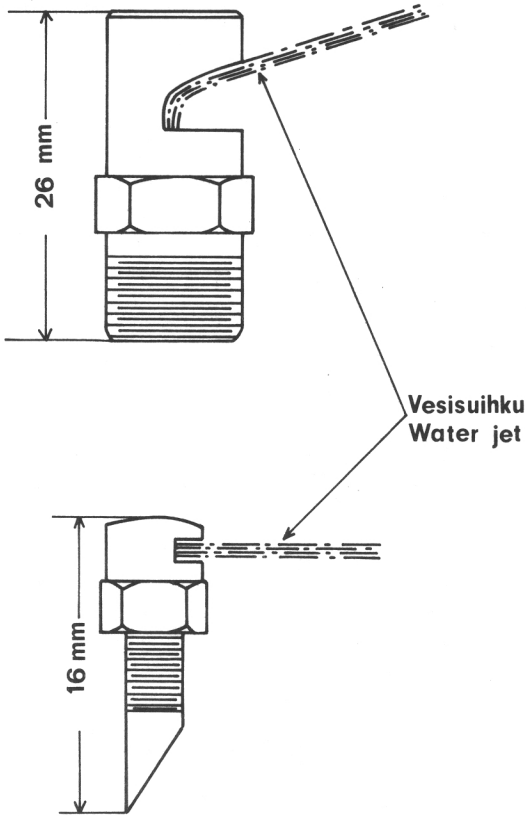
32. Suutinkokeilut

321. Suutintyyppit

Kokeiluihin ryhdyttäessä pyrittiin käyttämään halpaa ja käytännössä koettua suutintyyppiä ja päädyttiin puutarhureiden käyttämään ns. Tp-suuttimeen (kuva 13). Tämä suutin valmistetaan puristamalla polyeteenimuovista,

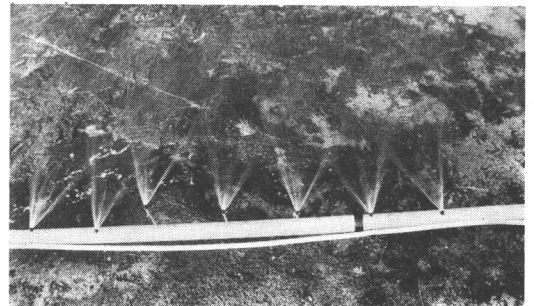


Kuva 11. Elohopeakatkaisija sivulta katsottuna.
Figure 11. Mercury switch seen from the side.



Kuva 13. Ylhäällä Floodjet- ja alhaalla Tp-suutin.

Figure 13. Above a Floodjet and below a Tp nozzle.



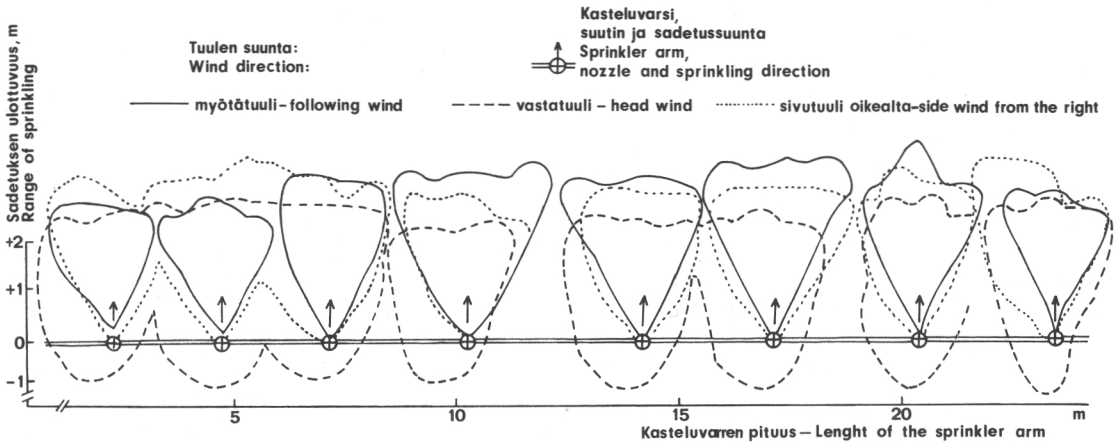
Kuva 14. Vasemmalla Floodjet- ja oikealla Tp-suuttimia toiminnassa.
Figure 14. On the left Floodjet and on the right Tp nozzles in action.

ja se on sektorisadettaja. Sen ilmoitetaan antavan n. 1.5 l/min -suuruisen virtaaman käytettäessä 1 kg/cm² -suuruista painetta. Vesi suihkuu kohtisuorassa suunnassa suutinakseliin nähden ja levittäytyy latteaksi sektorivirtaukseksi noin 60° kulmassa. Valmistusmenetelmästä johtuen virtaama ja suihkun muoto vaihtelevat suuttimesta toiseen.

Myöhemmin saatiin kokeiltavaksi USA:lainen Sraying Systems Co:n (1964) valmistamia Floodjet-suuttimia (kuva 13), joita Suomessa edustaa S.G. Nieminen Oy. Luettelon mukaan on saatavissa 28 eri kokoa, jotka antavat kilon paineella 0.23–205 l/min suuruisen virtaaman. Suuttimet työstetään automaattikoneissa hyvin ahtain toleranssein. Suutin antaa leveän ja tasaisesti jakaantuneen lanteen sektorivirtauksen. Vesi suihkuu suutinakselistista noin 20°:n nousukulmassa ylöspäin. Käytettävissä oli kahdenkokoisia Floodjet-suuttimia, Ø 0.7 ja 1.3 mm, mitkä vastasivat virtausta 0.34 ja 1.1 l/min 1.0 kg/cm²-paineella.

Kuvassa 14 nähdään yllä esitettyjen suutintyyppien virtauskuviot. Kun esikokeissa havaittiin Tp-suuttimien virtauskuvioiden vaihtelevan siten, että eräät suuttimet suihkuttivat enemmän johonkin suuntaan, hylättiin 200:sta suuttimesta 67 kappaletta. Jäljelle jääneiden suuttimien virtaama mitattiin käyttäen noin 1 kg/cm²-suuruista vakiopainetta. Tällöin keskimääräiseksi virtaamaksi saatiin 1.56 l/min, tuotoksen vaihdella 1.48–1.65 l/min.

Näitä suuttimia asennettiin kastelulaitteiston putkijohdolle 97 kappaletta siten, kuin tarkemmin selostetaan sivulla 17. Yksittäiset suuttimet sijoitettiin putkijohdolle umpimähkäisen arvannon mukaiseen peräkkäisjärjestykseen.



Kuva 15. Eräiden kasteluvareilla olevien Tp-suuttimien sadetuskuvioita kuivalla hiekalla. Tuulen voimakkuus 12 m/s.

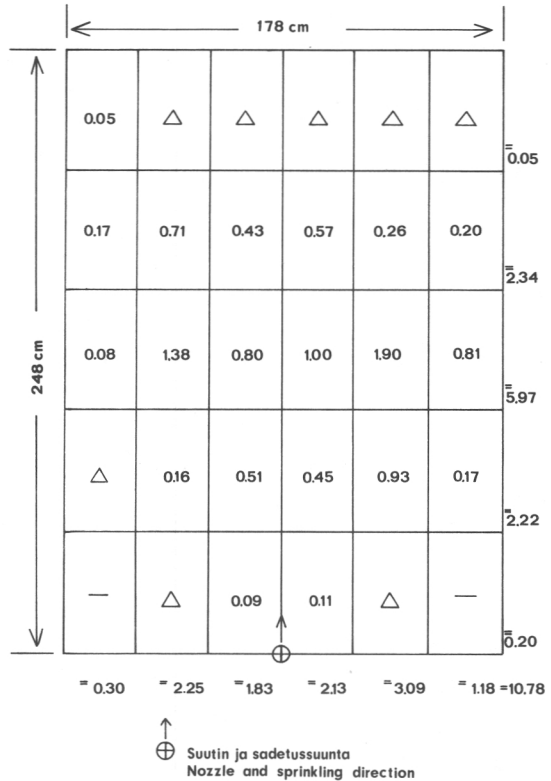
Figure 15. Sprinkler patterns on dry sand of some Tp nozzles on the sprinkler arm. Wind velocity 12 m/sec.

322. Suutinkokeilujen tulokset

Kuvassa 15 nähdään muutamien suuttimien sadetuskuvioita kuivalla hiekalla erilaisissa tuuliolosuhteissa sadetuslaitteiston pysyessä paikallaan ja suuttimien sijaitessa putkijohdolla 35 cm:n korkeudella hiekan pinnasta. Tuulen voimakkuus on näissä kokeissa ollut noin 12 m/sec. Kuivalle hiekalle sadetettu kuvio ei anna tietenkään täsmällistä käsitystä sadetuskuvion muodosta, mutta se osoittaa kuitenkin yksilöllisiä eroja suuttimien välillä. Tuuli näyttää jonkun verran kuljettavan suuttimen suihkua mukanaan. Varsinkin näin on vastatuulen vallitessa. Vastatuulella sadetuksen sektori on leveä ja myötätuulella kapea.

Kun suuttimia on kasteluvarella täysi määrä, ne ovat lähekkäin ja suihkut sekaantuvat toisiinsa. Tuuli vaikuttaa silloin tähän sadetuksen kokonaisrintamaan. Kuva 15 tukee sitä silmävaraista havaintoa, että sivutuuli vaikuttaa vain vähän veden kokonaislaskeuman kuvioon. Myötä- ja vastatuuli tosin siirtävät sadetusta kasteluvaren suhteen poikkisuunnassa, mutta ne siirtävät kokonaissadetuksen kuviota liikkuvaan putkijohtoon nähden vain joko aikaisemmaksi tai myöhäisemmäksi. Kasteluvaren liikkua ilmiö siten menettää käytännöllisen merkityksensä.

On voitu panna merkille, että mitä matalammalle suuttimet voidaan asentaa ja mitä suurempina pisaroina vesi suihkuaa, sitä vähäisempi on

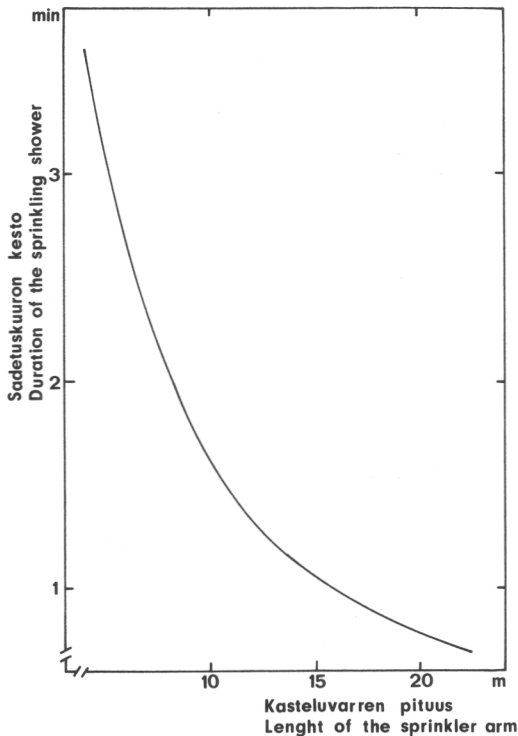


Kuva 16. Esimerkki sadetuksen (mm/m^2) jakaantumisesta laatikoihin kasteluvarella olevasta yhdestä Tp-suuttimesta.

Figure 16. Example of the distribution of sprinkling ($\text{mm}/\text{sq.m.}$) in boxes from one Tp nozzle on the sprinkler arm.

tuulen vaikutus. Pisarakoko suurenee, jos käytetään pientä painetta, esim. $0.7-1.0 \text{ kg/cm}^2$, joka riittää pienille Tp- ja Floodjet-suuttimille.

Esimerkki Tp-suuttimen sadetuksen jakaantumisesta esitetään kuvassa 16. Sadetus on mitattu suunnikkaan muotoisilla astioilla, joita on ollut 6 vierekkäin ja 5 peräkkäin, $178 \times 248 \text{ cm}$ suuruisella alueella. Kuvassa on laatikoihin merkitty sadetuksen määrä millimetreissä neliometriä kohden. Sateen jakaantuminen suihkun suunnassa on säännöllisempää kuin poikkisuunnassa. Sadetuslaitteiston toiminnan kannalta päinvastainen tilanne olisi tosin parempi. Jos kuitenkin suuttimia asetetaan tiheään vierekkäin, tasaantuu sadetus poikkisuunnassa niin, että jokaiseen suihkun suuntaiseen laatikkoriiviin tulee yhtä paljon sadetta. Suihkun suun-



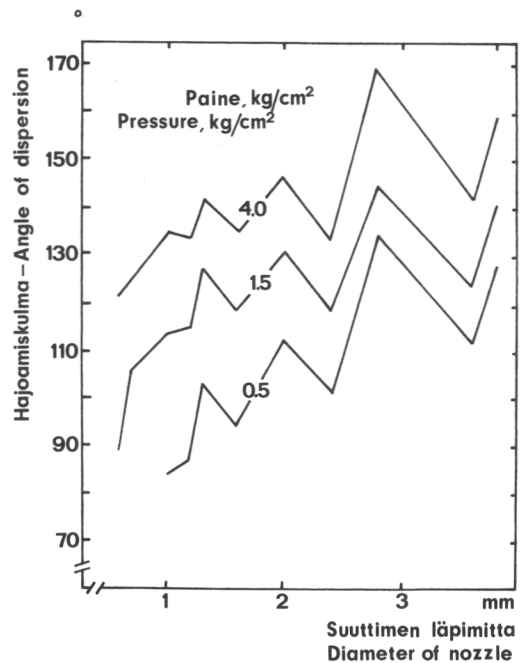
Kuva 17. Esimerkki sadetuskuoron kestosta, kun suuttimen antaman sadetuksen ulottuvuus on 2 m ja sadetuslaitteisto liikkuu 25 min./kierros.

Figure 17. Example of the duration of the sprinkling shower when the sprinkling range of the nozzle is 2 m and the sprinkler moves 25 min./revolution.

taan nähden poikittaisissa laatikkoriveissä sen sijaan korostuu se jo yksittäisen suuttimen kohdallakin havaittu ilmiö, että keskirivin laatikoihin sataa eniten, ja sadetuksen määrä vähenee nopeasti suihkun suunnassa kummallekin taholle.

Sadetuksen suihkun suuntaisella jakaantumisella ei ole käytännöllistä merkitystä, koska sadetuslaitteisto liikkuu siinä suunnassa rataa kiertäessä. Käytännössä tämä merkitsee vain sitä, että sadetus tulee kastelukohdalle lisääntyvällä runsaudella, on huipussaan keskellä suihkua ja alkaa sitten taas vaimentua. Tällainen sadetustapa muistuttaa luonnossa lyhyttä sadekuuroa. Jos yksittäisten suuttimien sadetusalue on suihkun suunnassa 2 m:n pituinen, niin kuvasta 17 nähdään, kuinka kauan kastelu viipyy sadetettavalla kohdalla, jos laitteiston nopeus on 25 min./kierros. Kastelujohdon tyvessä sadetuskuuron kesto on pitkä ja se vähenee nopeasti etäisyyden keskuspaalusta kasvaessa.

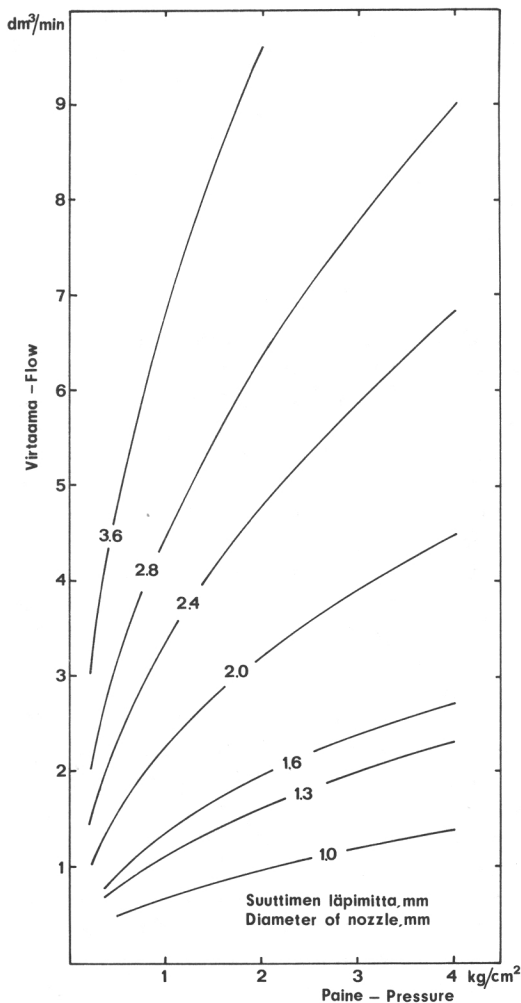
Floodjet-suuttimet saatiin käyttöön niin myöhäisessä vaiheessa, ettei niillä suoritettu suutinkohtaisia kokeiluja. Nämä suuttimet ovat raken-



Kuva 18. Floodjet-suuttimien suihkun hajoamiskulma. Spraying Systems Co:n (1964) mukaan. Figure 18. Angle of dispersion of the jet of Floodjet nozzles. According to Spraying Systems Co. (1964).

teeltaan ja työstötavaltaan kuitenkin niin luotettavia, ettei suutinkokeiluihin niillä ollut vastaavaa tarvetta kuin muovisilla Tp-suuttimilla. Tehdas ilmoittaa lisäksi luettelossaan (SPRAYING SYSTEM CO 1964) Floodjet-suuttimista kuten muistakin laajan valikoiman sisältävistä suutintyypeistään suuttimen virtaaman eri paineilla sekä suihkun hajoituskulman. Kuvat 18 ja 19 laadittu näiden tietojen perusteella.

Suihkun hajoamiskulma riippuu suuttimen läpimitasta ja käytettävästä paineesta (kuva 18).



Kuva 19. Veden virtaama Floodjet-suuttimista. Spraying Systems Co:n (1964) mukaan.
 Figure 19. Flow of water from Floodjet nozzles. According to Spraying Systems Co. (1964).

Kuvasta 19 nähdään muutamien Floodjet-suuttimien virtaama. Paineen vaikutus tulee selvemmäksi suuttimen läpimitan kasvaessa. Mitä suurempaa suutinta käytetään, sitä enemmän on siis kiinnitettävä huomiota sadetuslinjan painehäviöihin.

Kuvan 19 osoittama virtaama (l/min) voidaan mitoitettun kastelulaitteiston yhteydessä tulkita myös virtaukseksi neliömetrille (l/m²) tai sadetukseksi m² kohden (mm/m²). Tällöin piirroksen 19 tarkastelu on käytännön läheisempää, koska virtaamat voidaan käsitellä sadetustehona (mm/m²). Kuvan perusteella on todettu, että läpimitaltaan 3.6 mm:n suutin, siirryttäessä painealueella 0.5–1.0 kg/cm² lisää sadetusta 2.0 mm/m². Käytettäessä pienempää 1.0 mm:n suutinta, lisääntyy sadetus vastaavalla painealueella vain 0.20 mm/m². Tämän takia on käytännössä edullista käyttää pieniä suuttimia ja pientä painetta. Kokonaissadetuksen määrää voidaan tällöin enentää laitteiston kiertonopeutta vähentämällä.

33. Sadetuskokeilun tulokset

331. Sadetuksen määrä ja sadetusteho

Aluksi muoviset Tp-suuttimet asennettiin kastelutarvelle olettaen, että jokainen suutin antaa aikayksikössä samansuuruisen virtaaman siitä huolimatta, millä kohdalla kasteluvartta suutin sijaitti. Putkijohdon painehäviö oletettiin siis nolllaksi. Sijoittelussa pidettiin edelleen huoli siitä, että jokaisen suuttimen peittoalaksi laitteiston pyörähtäessä kerran ympäri tuli yhtäsuuri ala eli 15 m²:n suuruinen ympyränrengas. Ensimmäinen suutin sijaitti 2.38 ja viimeinen suutin 22.26 m:n päässä kastelulaitteiston keskuspaalusta. Suuttimien paikat määräytyivät yksinomaan sen perusteella, että suuttimia oli asennettava putkijohdolle keskuspaalusta lähtien samassa suhteessa kuin kasteltavan sadetusympyrän pinta-ala kasvoi. Sadetuksen jälkeen kuitenkin huomattiin, että paineen väheneminen näinkin lyhyessä putkijohdossa oli syytä ottaa huomioon.

Sadetustulos n. 1.0 kg/cm² painetta käytettäessä mitattiin 39:llä suunnikkaan muotoisella muovilaatikolla, jotka asetettiin putkijohdon suunnassa vierekkäin keskuspaalusta kehälle, jättämällä pyörien kohdalle niiden kulku-urat vapaiksi. Laatikkoa vastaavalle ympyränrengas-

le laskettiin sadetusmäärä laatikkoon saadun kasteluveden ja ympyrärenkaan pinta-alan perusteella. Sitten laskettiin erikseen kumulatiivisesti yhteen eri ympyrärenkaiden sadetusvesimäärät ja niiden pinta-alat. Jos tällöin kastelu olisi ollut täysin tasaista, kumulatiivisen sadetusmääräsarjan ja kumulatiivisen ympyrärenkaiden pinta-alarajan välillä olisi vallinnut origon kautta kulkevan suoran kuvaama lineaarinen riippuvuus.

Kuvassa 20 esitetään saatu tulos (1. koesadetus) pisteviivadiagrammilla pyöräväleittäin. Sadetus on ollut kastelukentän sisäosissa suhteellisesti runsaampaa kuin ulompana. Keskimääräiset sadetustehot olivat pyöräväleissä ympyrän kehää kohden: 1.97, 1.82, 1.58 ja 1.66 mm/m². Pyörävälien pisteviivadiagrammeille saatiin seuraavat lineaariyhtälöt:

Pyöräväli	Yhtälö
1. 2.3 ... 5.9 m	$y_1 = 1.973 x_1 - 21.084$
2. 6.3 ... 12.0 m	$y_2 = 1.817 x_2 - 10.692$
3. 12.4 ... 18.2 m	$y_3 = 1.582 x_3 + 81.483$
4. 18.4 ... 22.3 m	$y_4 = 1.662 x_4 - 20.800$

(3)

jossa

x = sadetusympyrän pinta-ala, m²

y = sadetuksen määrä, l

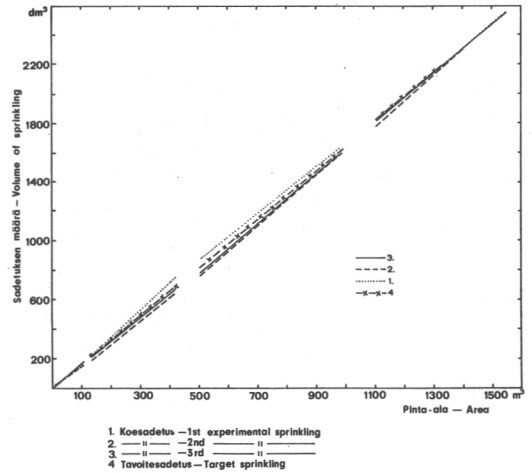
Sadestulosta, josta on nähtävissä putkijohdossa virtaavan kasteluveden paineen vähentymisen vaikutus, verrattiin siihen vastaavalla tavalla muodostettuun tulokseen, joka saatiin sen perusteella, että aikaisemmin tehdyssä koe-tuksessa oli saatu tietää jokaisen yksittäisen T_p-suuttimen virtaama (l/min) vakio paineen alaisena (kts. sivu 14). Tällöin saatiin pyöräväleille toiset yhtälöt:

Pyöräväli	Yhtälö
1. 2.3 ... 5.9 m	$y_1 = 1.634 x_1 + 0.394$
2. 6.3 ... 12.0 m	$y_2 = 1.637 x_2 + 0.363$
3. 12.4 ... 18.2 m	$y_3 = 1.632 x_3 + 6.370$
4. 18.4 ... 22.3 m	$y_4 = 1.640 x_4 + 15.060$

(4)

Yhtälöiden graafinen esitys nähdään kuvassa 20 viiva-ristidiagrammina (tavoitesadetus). Tulos ottaa siis huomioon kastelupinta-alan lisääntymisen edettäessä kastelulaitteiston keskuspaalulta ympyrän kehää kohden olettaen paineen putkijohdossa pysyvän samansuuruisena.

Sijoittamalla yhtälöistä (3) saatu sadetuksen määrä (y) vastaavan pyörävälin yhtälöön (4), saatiin sijoitusta vastaava sadetusympyrän pinta-ala (m²). Kun tämän jälkeen laskettiin tätä



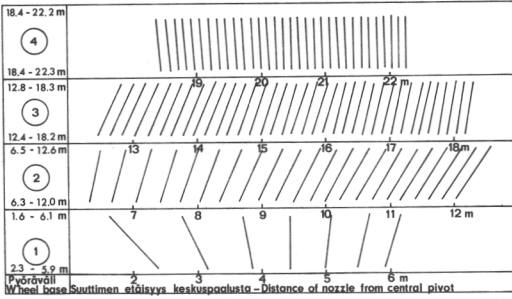
Kuva 20. Kasteluveden jakaantuminen sadetusympyrään.

Figure 20. Distribution of sprinkling water in the sprinkling circle.

pinta-alaa vastaavan ympyrän sade, saatiin suuttimen uusi paikka kastelutarrella.

Kuvassa 21 esitetään graafisesti, millä tavoin suuttimia jouduttiin siirtämään pyöräväleissä. Ensimmäinen suutin, joka ennen oli 2.38 m:n päässä keskuspaalusta siirtyi nyt vasemmalle 1.64 m:n päähän. Useimpia suuttimia siirrettiin hieman oikealle. Tämä toimenpide merkitsi sadetuksen siirtämistä jonkun verran keskuspaalusta pois päin, kuten oli tarpeellistakin, jotta keskimääräinen sadetus putkijohdon alkupäässä olisi saatu pienemmäksi. Viimeisessä pyörävälissä suuttimet siirtyivät keskuspaaluun päin.

Kuvan 20 viivadiagrammista selvää suuttimien siirtelyn jälkeen saatu sadestulos (2. koesadetus), joka nyt oli vähän parempi. Pyöräväliden keskisadetuksukset poikkesivat kuitenkin vielä toisistaan, tosin eri suuntaan kuin aikaisemmin. Nyt ne olivat: 1.52, 1.61, 1.79 ja 1.77 mm/m². Tämän tapaiseen tulokseen on osaltaan saattanut vaikuttaa koeolosuhteiden muuttuminen ja se ratkaisu, joka tehtiin jatkokokeiden aikana; koska suuttimien vesivirrat näyttivät lyövän ensimmäisessä kokeessa toisiaan vasten, ehkä niitä muuttaen, suuttimet nostettiin kokeessa lyhyiden putkien avulla kolmen sentin korkeuseroille viiden suuttimen ryhmissä, jolloin korkeudet putkijohdon pinnasta olivat: 0, 3, 6, 9 ja 12 cm (vrt. kuva 14).



Kuva 21. Painehäviön vaikutus kastelutarrella olevien suuttimien siirtoon. Lyhyt pystysuuntainen viiva alkaa suuttimen alkuperäisestä paikasta ja päättyy suuttimen uudelle sijoituskohtalle kastelutarrella.

Figure 21. Effect of pressure loss on the movement of the nozzles on the sprinkler arm. A short vertical line begins from the original location of the nozzle and ends at the new location of the nozzle on the sprinkler arm.

Kolmannessa kokeessa otettiin putkijatko pois ja sijoitettiin Tp-suuttimien kohdalle 1.1 l/min sadettavat Floodjet-suuttimet kuitenkin siten, että ensimmäiseen pyöräväliin lisättiin yksi suutin ja toiseen pyöräväliin 2 suutinta. Koesadetuksessa saatiin tällöin kuvan 20 täysviivan osoittama sadetuksen jakaantuma (3. koesadetus). Keskimääräinen sadetus eri pyöräväleillä oli nyt hyvin tasainen, nim. 1.64, 1.60, 1.68 ja 1.63 mm/m².

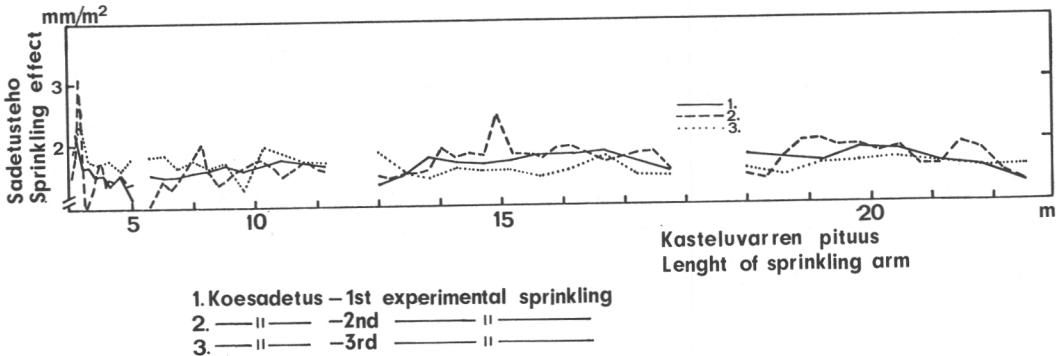
Sovellettua suutinten paikan kokeellista mää-

ritysmenetelmää, joka ottaa huomioon käytettävän putkijohdon aiheuttaman painehäviön vaikutuksen virtaaman määrään, voitaneen käyttää nimenomaan silloin, kun sadetus halutaan kastelutarren vaikutusalueella mahdollisimman tasaiseksi.

Kuvassa 22 tarkastellaan vielä yksittäisiin laatikoihin tulleen sadetuksen määrää. Käytetty diagrammisymboliikka on sama kuin kuvassa 20. Laatikoittain tarkasteltuna näyttää toisessa sadetuskokeessa, jossa Tp-suuttimet nostettiin lyhyiden varsien päihin, olevan eniten heilahdeluja. Tähän nostoon oli syynä – kuten aikaisemmin mainittiin – olettamus, että suuttimien suihkut ensimmäisessä kokeessa hakkasivat toisiinsa ja suuttimien virtauskuvio muuttui. Kuva 22 osoittaa kuitenkin tuloksen toisenlaiseksi. Kun Tp-suuttimien suihkut on nostettu toisistaan eroon, jolloin niiden suihkut ovat vapaamat, sadetuksen epätasaisuus on kasvanut.

Tasaisin sadetustulos on saatu Floodjet-suuttimilla. Kun tarkastellaan jakaantuma pyörien lähimmän vaikutuspiirin ulkopuolella, havaitaan, että sadetuksen vaihtelu jää laatikosta toiseen yleensä n. 0.2–0.3 mm/m² pienemmäksi.

Vain ensimmäisen pyörän ja keskuspaalun väliin jäävällä kasteluypyrän alueella esiintyy suurempaa vaihtelua ja eritasoista sadetusta. Käytännössä tästä alueesta vain uloin osa, n. 50 m², on rullataimien kasvatusaluetta. Mikäli tämänkin alueen sadetus olisi saatava muun alueen tasolle, olisi suoritettava lisää sadetuskokeita ja mahdollisesti käytettävä tällä alueella pienempitehoisia suuttimia tiheämpään sijoitettuna.



Kuva 22. Sadetusteho laatikkomittauksen perusteella. Liittyy kuvan 20 koesarjaan.

Figure 22. Sprinkling effect on the basis of box measurement. Pertain to the experimental series of Figure 20.

332. Sadetusväli ja sadetuksen ajankohta

Vaa'an herkkyys vaikuttaa kasteluvälin pituuteen. Hyvin herkkä vaaka sallii sadetuslaitteiston tehdä vain yhden kastelukierroksen kerrallaan. Sadetusvälin pituus riippuu silloin kastelutehon (mm/m^2) kertavoimakkuudesta ja haihtumisolosuhteista. Kuivalla ja tuulisella säällä haihtuminen on voimakasta, minkä takia vaaka kytkee kastelulaitteiston usein toimintaan. Vaa'an herkkyyttä vähentämällä sadetusvälejä voidaan pidentää. Käytännössä ei olekaan haittaa siitä, että kasteluvaa'an herkkyys on vähäinen.

Kokeissa käytetyn vaa'an keskiherkkyydeksi saatiin laboratorio-olosuhteissa 559 g, mikä merkitsee sitä, että vaaka muutti asentoaan vasta, kun sille oli tullut keskimäärin 559 g painon lisäys. Herkkyys vaihteli seitsemän kokeuksen aikana 410–740 g.

Kentällä suoritetuissa kastelukokeissa vaa'an päälle asetettiin 12 turverullaa, joiden yhteispaino oli 53 kg. Edellä esitetyn perusteella vaaka siis siirtyi herkkyysrajan yli, kun se oli saanut lisäpainoa 559 g eli 46.6 g/rulla. Käytännössä tämä merkitsi noin $1.3 \text{ mm}/\text{m}^2$ -suuruista sadustehoa. Vaa'an herkkyyden vaihteluvälin huomioon ottaen sadetus saattoi ehkä vaihdella $1.0\text{--}1.7 \text{ mm}/\text{m}^2$, mikä rullien painossa merkitsi $0.6\text{--}1.0 \%$ suuruista painon vaihtelua. Tämän mukaisesti vaaka kastelutti taimia varsin pienin väliajoin, mikä kesällä 1973 näkyi myös kastelulaitteiston kierrosten lukumäärässä.

Kahtena kesänä kastelulaitteisto oli kytketty toimimaan automaattisesti. Kesällä 1973 laitteisto ryhtyi välittömästi kastelemaan, kun vaaka ylitti herkkyysrajansa. Kesä oli verrattain kuiva ja kastelua tarvittiin runsaasti. Laitteiston kappalelaskija rekisteröi kaikkiaan 172 kastelukierrosta, kuten yksityiskohtaisemmin selviää alla olevasta asetelmasta:

Havainto aika	Päiviä, kpl	Kierroksia	
		kaikkiaan	päivää kohden
27.6.–13.7.73	19	65	3.4
13.7.– 3.8.73	18	77	4.3
3.8.–17.8.73	14	21	1.5
17.8.–30.8.73	13	9	0.7

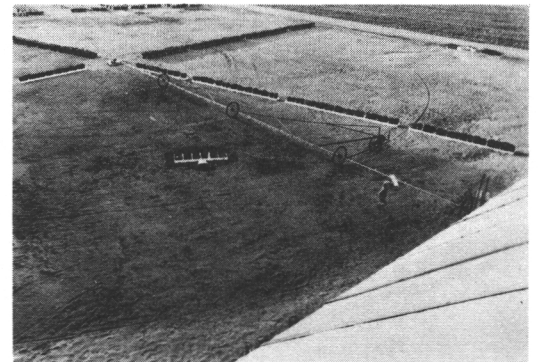
Kun kastelu oli tällä tavalla järjestetty, vaaka antoi laitteistolle lähtöimpulssin nimenomaan päivän aikana, jolloin haihtuminen yleensä on suurimmillaan. Kun kastelu yhdellä kierroksella oli suunnilleen $1.5 \text{ mm}/\text{m}^2$, huomattava osa kasteluvedestä jäi taimien versoihin, joista se nopeasti haihtui ilmaan.

Monet tutkijat ovat kiinnittäneet huomiota päivällä ja yön aikana suoritetun kastelun vaikutukseen. HALLGRENTIN (1947) mukaan sadetuksen vaikutus Ruotsissa oli vain 40–50 % luonnon sateen vaikutuksesta. Tämä johtuu haihtumistappiosta, joka on suuri varsinkin lämpöisellä ja tuulisella säällä kasteltaessa. Päivällä kasteltaessa haihtumistappio saattaa olla 20.5–32.7 %. Yöllä sadetettaessa haihtumistappiot ovat vain 1.4–4.4 % (NÄÄS ja JOHANSSON 1956).

Versoston pitäminen pitkän päivää kosteana, ei yleensä ole järkevää, sillä monet taudit saattavat silloin löytää edullisen lisääntymistilaisuuden. Kesällä 1974 kokeiltiinkin toisenlaista automaatiikkaa, joka sallii kastelun vain yön aikana. Tämä saatiin aikaan käyttämällä aikakelloa, joka antoi kastelun tapahtua vain kello 3–6 välillä aamuyöllä, joka on vuorokauden kosteinta aikaa, kasteen määränkin ollessa suurimmillaan. Kesä 1974 oli kuitenkin niin sateinen, että laitteisto teki koko kesän aikana vain 11 kierrosta.

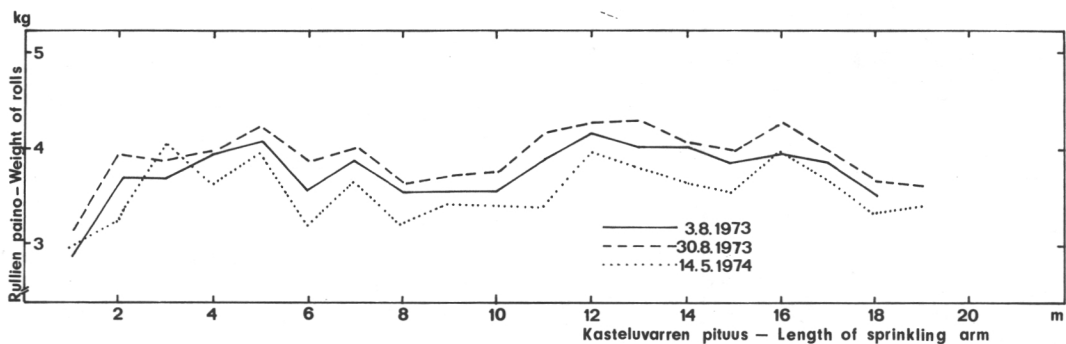
333. Sadetettujen rullien paino

Kesällä 1973 asetettiin taimirullia pitkän kasteluymyrän neljää sädetä, kaksi säteellistä



Kuva 23. Kokeen järjestäminen, jossa selvitettiin rullien painon muuttumista sadetuksen aikana kesällä 1974.

Figure 23. Arrangement of the experiment to study the change in the roll weight during sprinkling in summer 1974.



Kuva 24. Luonnonsateen ja sadetuksen vaikutus taimirullien painoon.

Figure 24. Effect of natural rain and sprinkling on the weight of seedling rolls.

reikäpohjaisiin muovilaatikoihin ja kaksi säteelistä hiekkapohjaisen kenttämaakerroksen varaan (kuva 23). Laatikoissa olevat taimirullat mitattiin kesän aikana viisi eri kertaa. Hiekan päälle asetetut rullat mitattiin sen sijaan vain kaksi kertaa, koska niitä koskeva koe aloitettiin myöhemmin. Hiekalle asetetut rullat olivat paikallaan vielä seuraavan talven yli ja niiden paino mitattiin lumen lähdettyä ja jään sulattua keväällä 1974.

Laatikoissa olevien rullien painot vaihtelivat laatikosta toiseen huomattavasti, 3–6 kg/kpl, mutta painojen muuttuminen punnituskerrasta

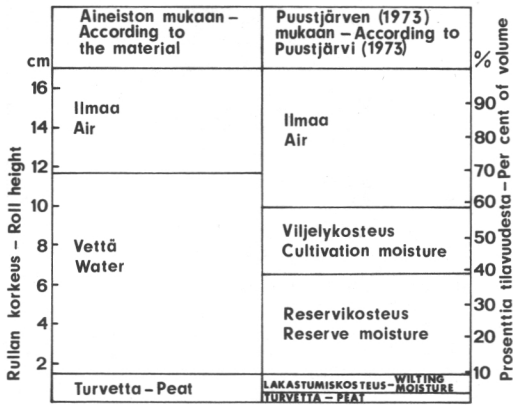
toiseen tapahtui kunkin rullan kohdalla samaan suuntaan kuin hiekan päällä olevien rullien painon vaihtelu (kuva 24). Avomaan taimet joutuvat myös luonnonsateen alaisiksi, joka porrastaa taimirullien painon sen mukaisesti, minä ajankohtana punnitus suoritetaan. Kuvasta 24 huomataan, että esim. talven aikana rullien painot ovat huomattavasti kohonneet syksyn sateiden ja lumen sulamisvesien takia. Yleisvaikutelmaksi on jäänyt, että rullien painot toisiinsa verrattuina ovat pysyneet kasteluuympyrän säteen suunnassa saman suuruisena kuin koetta aloitettaessakin.

4. SADETUSAUTOMATIIKAN KEHITTÄMINEN

Erityisesti Etelä-Suomen ilmastotyyppiin kuuluu kuiva alkukesä. Parhaimpana kasvukautena tarvittaisiin esim. kesäkuussa 120 mm sadetta, mutta luonnonsateen määrä on vain n. 72 mm. Lisäksi on otettava huomioon, että luonnonsade tulee usein rankkoina kuuroina eikä maa kykene imemään sitä, vaan osa vedestä valuu kasveja hyödyttämättä pois (Bauer-sadetus.....).

Oikean sadetusajan merkityksestä BROUWER (1955) toteaa, että eräät kasvit hyötyvät sadetuksesta vain vähän, toiset taas hyvin runsaasti. Kasvit tarvitsevat sadetuksen yleensä määrättyinä, hyvin rajoitettuna ajankohtana kasvukaudesta. Sopimattomana aikana suoritettu

sadetus saattaa aiheuttaa jopa sadon vähennyistä ja laadun heikkenemistä. Tämän seikan selvittämiseksi ei liene metsäpuiden taimilla suoritettu selvityksiä, vaikka tutkimus olisikin ehkä tarpeellinen. Saattaa olla mahdollista, että metsäpuiden taimien kastelu tulisi jollain tavalla rytmittää kasvukauden aikana. Sen periaatteen, että kasvualusta aina pidetään tasaisen kosteana, ei tarvitse olla oikea, koska se ei ole täysin luonnonmukainen. Saattaisi olla edullisempaa porrastaa sadetus siten, että kasvualustan kosteus päästetään sadetusten välillä lähelle viljelyoptimin alarajaa. Koska turpeessa viljelyoptimin kostea kasvialue on laaja (PUUSTJÄRVI 1973), on mahdollista vähentää sadetuskertoja



Kuva 25. Taimirullan kasvutilan jakaantuminen.
Figure 25. Distribution of the growing space of the seedling roll.

ja lisätä samanaikaisesti kastelun määrää. Näin voidaan samalla rulliin kuivina kausina ikäänkuin "imeä" ilmaa huokostilojen tuulettamiseksi.

Kuvassa 25 esitetään turverullan kasvutilan jakaantuminen rullan korkeussuunnassa prosentteina kasvutilasta. Vasemmanpuoleinen osa ilmoittaa ilman, veden ja turpeen määrän tämän tutkimuksen aineiston perusteella. Oikeanpuoleinen osa näyttää rullan tilavuuden jakaantumisen PUUSTJÄRVI (1973) tutkimuksesta saatu- jen tietojen perusteella. Oikealla puolella turpeen osuus on pienempi, mikä johtunee pääasiassa siitä, että Puustjärven laskelmat tarkoittavat puristamattomassa tilassa olevaa vaaleata rahkaturvetta. Tämän tutkimuksen turve on otettu rullasta, jossa se on jonkun verran litistynyt kasaan ja on lisäksi ollut verrattain pitkälle maatunutta.

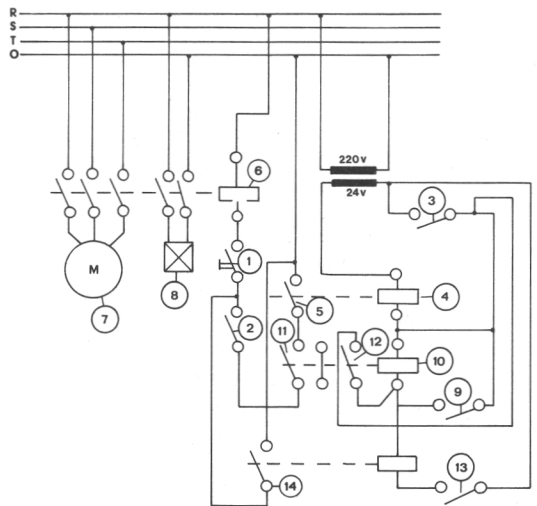
PUUSTJÄRVEN (1973) mukainen viljelykosteus sijaitsee alueella, jossa kosteus vaihtelee n. 40-60 % rullan tilavuudesta. Tämä tieto avaa mahdollisuudet edellä esitettyyn rytmisadetukseen ja merkitsee sitä, että rullien kuivumiskauden aikana sadetus voidaan aloittaa 40 tilavuusprosentista ja lopettaa 60 prosentissa. Välillä kasteluautomaatiikka odottaa, ja sadetuslaitteisto lähtee taas käyntiin seuraavalta viljelykosteuden alarajalta eli 40 prosentista.

Porrastettu automaattinen kastelu voidaan teknisesti suorittaa esimerkiksi seuraavalla tavalla. Painon muuttamista kontrolloivat rullat asetetaan kahdelle kuvan 10 tapaiselle vaa'alle,

joista toinen valvoo viljelykosteuden ylärajaa (60 %) ja toinen sen alarajaa (40 %). Vaa'oilla on elohopeakytkimet (3) ja (9), (kuva 26).

Vaakoihin liittyvä sähköinen järjestely esitetään virtapiirikaaviona kuvassa 26, joka on syntynyt kuvan 12 piirikaavion laajennuksesta. Kun elohopeakytkin (3) viljelykosteuden ylärajaa valvovasta vaa'asta sulkeutuu, jää toinen vaa'oista odottamaan, kunnes haihtumista on jatkunut niin kauan, että on tultu viljelykosteuden alarajalle. Tällöin myös toisessa vaa'assa oleva elohopeakytkin (9) sulkeutuu. Samanaikaisesti ovat kelakytkimiin (4) ja (10) liittyvät katkaisijat (5) ja (11) myös sulkeutuneet, ja vetomoottori (7) on lähtenyt käyntiin sekä magneettiventtiili (8) on avautunut. Kelakytkimeen (10) liittyvä pitokosketin (12) on vielä samanaikaisesti iskeytynyt päälle, minkä johdosta elohopeakytkin (9) voi avautua, mutta kastelu jatkuu edelleen niin kauan kuin viljelykosteuden ylärajaa valvova vaaka pitää elohopeakatkaisijaa (3) suljettuna. Kun se avautuu sadetuslaitteiston toiminta pysähtyy. Tällöin on yksi sadetusrytmiyksen kuuluva jakso tullut suoritetuksi.

Keväällä ja joskus myös syksyllä saattavat kuusentaimit taimitarhalla joutua hallan uhkamiksi. Lyhytaikaiset hallat voidaan usein torjua kastelemalla. Tämä menetelytapa perustuu siihen, että vedessä vapautuu lämpöä noin 80 kcal



Kuva 26. Virtapiirin kaavio rytmittäistä kastelua ja hallantorjuntasadetusta käytettäessä.
Figure 26. Diagram of the circuit for group irrigation and anti-frost sprinkling.

sadetettua vesilitraa kohden. Vapautuva lämpö pitää kasvit sulana jääkuoren alla. Edellytyksenä kuitenkin on, että jään muodostus on jatkuva. Jatkuva 2–4 mm/h sadetus suojaa kasvuston tyyneellä säällä -8–10°C hallalta, ja tuulen nopeuden ollessa 0.5–1.0 m/s -5°C hallalta (MÜSSALO 1963). Lisäämällä kastelu-

laitteiston automatiikkaan kuvassa 26 esitetty termostaattikytkin (13), katkaisijoinen (14) voidaan vaakojen elohopeakatkaisijat (3) ja (9) sekä aikakello (2) ohittaa, niin että laitteisto lähtee automaattisesti sadettamaan termostaatin määräämällä hetkellä, esim. ilman lämpötilan laskeuduttua 0°C alapuolelle.

5. SUUREHKON SADETUSLAITTEISTON MITOITTAMISESTA

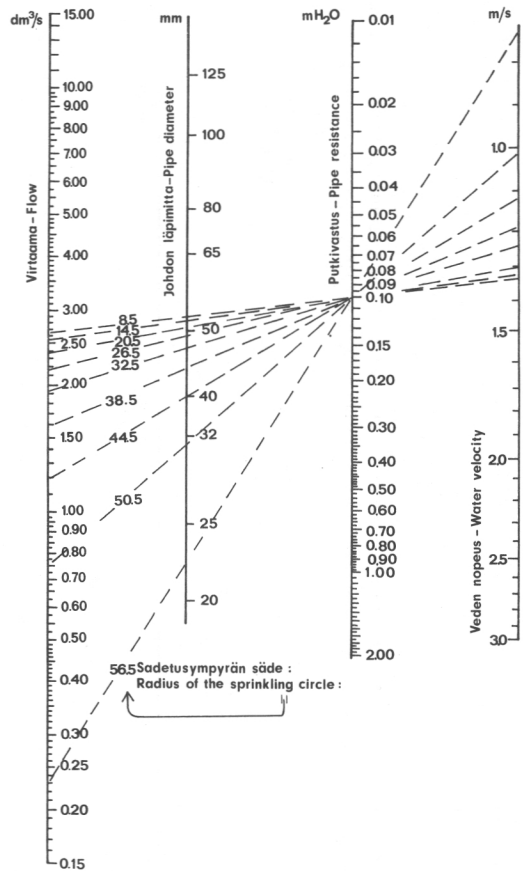
Alla olevaan asetelmaan on laskettu painehäviö (mH₂O) 20.6 metriä pitkässä putkijohdossa. Siitä havaitaan, miten virtaaman kasvessa putkivastus myös kasvaa. Putken läpimitan lisääntyessä vastus vähenee.

Virtaama	Johdon läpimitta, mm			
	32	40	50	65
l/s				
.54	.48	.16	.06	.02
1.76	4.22	1.42	.48	.14
2.24	6.63	2.23	.75	.21

Tämän vuoksi keskuspaalun ympäri kiertävää suurehkoa sadetuslaitteistoa mitoittaessa joudutaan kiinnittämään erikoista huomiota veden virtaaman suuruuteen ja käytettävien putkijohtojen läpimittaan.

Jos kiertävä kasteluvarsi tehdään 56.5 m pitkäksi, niin se kerran keskuspaalun ympäri pyörähtäessään kastelee hehtaarin suuruisen alueen. Tämän perusteella voidaan eri sadetus-tehoille (mm/m²) laskea veden virtaama kasteluvarren alussa ja kasteluvarren eri kohdilla. Jos kasteluvarsi koostuu 6 m:n pituisista putkisoista, voidaan läpimitta määrittää halutun painehäviön vallitessa.

Kuvassa 27 esitetään ongelman ratkaisumalli nomogrammin avulla (Rakennusten vesijohdot 1972). Lähdetään siitä perusolettamuksesta, että laitteisto kiertää kerran ympäri 63 minuutissa ja antaa tasaisen 1 mm/m²-suuruisen sadetuksen. Putkivastus pidetään koko kasteluvarren matkalla samana eli 0.10 mH₂O. Tällöin voidaan nomogrammiin piirtää jokaisen putkijatkos virtaaman (l/s) ja halutun painehäviön



Kuva 27. Esimerkki teräsjohtojen läpimitan määrittämisestä painehäviön nomogrammin avulla. Figure 27. Example of the determination of the diameter of the steel pipe with the help of the pressure loss nomogram.

Taulukko 1. Hehtaarin suuruista aluetta kastelevan sadetuslaitteiston virtaama- ja vastusarvoja.
 Table 1. Flow and resistance values of sprinkling equipment that irrigates an area of one hectare.

Putkijatko ja sen sisä- läpimitta, D_s mm Pipe exten- sion and its inner diame- ter, D_s mm	Kasteltavan ympyrän Radius of the circle to be irrigated		Ohivirtaama By-pass flow		Ulosvirtaama Out flow		Putkivastus, kerroin, k Pipe resistan- ce coefficient, c_e , $m H_2O$
	säde, m radius, m	ala, m^2 area, sq. m.	putkijatkon ulommassa päässä in the outer end of the pipe extension dm^3/h	putkijatkon keskellä in the middle of the pipe extensions dm^3/s	putkijatkosta from the pipe extension dm^3/h	putkijatkosta from the pipe extension dm^3/min	
Lähtö- käyrä Initial curve	2.5	20	10008	2.65	—	—	—
1/65	8.5	227	9801	2.59	207	3.29	.06
2/65	14.5	660	9368	2.48	433	6.87	.12
3/65	20.5	1320	8708	2.30	660	10.48	.18
4/65	26.5	2206	7822	2.07	886	14.06	.23
5/65	32.5	3318	6710	1.78	1112	17.65	.29
6/65	38.5	4657	5371	1.42	1339	21.25	.35
7/65	44.5	6221	3807	1.61	1564	24.83	.41
8/65	50.5	8011	2017	.53	1790	28.41	.47
9/65	56.5	10028	0	0	2017	32.02	.53
					10028	158.86	2.65

yhdyksjanat. Nämä leikkaavat väliin jäävän kuvaajasuoran, josta voidaan lukea putkijatkon sisäläpimitta D_s (mm).

Havaitaan, että nomogrammin mukaan kolmen ensimmäisen putkijatkoksen tulee olla sisäläpimitaltaan jonkun verran yli 50 mm ja neljän seuraavan yli 40 mm jne. Viimeisen putkijohdon täytyisi olla enää noin 22–23 mm.

Käytännössä putkikoot valittaisiin siten, että kolme ensimmäistä jatkoa olisivat kaupan mukaista standardimittaa eli D_s 65 mm, kolme seuraavaa D_s 50 mm jne. Viimeinen putkijatko olisi D_s 25 mm.

Koska käytetty nomogrammi on tarkoitettu rakennusten vesijohdon mitoituksista varten on se runsaasti ylimitoitettu. Mikäli pysytään tarkassa mitoituksessa ja halutaan käyttää ongelman ratkaisussa erilaisia putkikokoja, tulisi lisävastuksena silloin huomioon ottaa se kertavastus, joka syntyy kahden erikokoisen putkijohdon liitäntäkohdassa. Silloin syntyy kuristuksesta johtuva kertavastus, kun siirrytään suuremmasta putkikoosta pienempään (vrt. RINNE 1945).

Taulukoissa 1 ja 2 on mitoitettu hehtaarin suuruista alaa kasteleva keskuspaalun ympäri kiertävä sadetuslaitteisto olettaen, että kasteluvarsi on koko pituudellaan D_s 65 mm eli ns. 2 1/2"-in putkea. Kierrosajaksi ja kastelutehoksi on valittu samat arvot kuin edellisessä nomogrammiratkaisussa (63 min/k ja 1 mm/m²).

Taulukkoon 1 on putkijatkottain laskettu veden virtaamat ja vastukset. Virtaus esitetään ohi- ja ulosvirtaamana. Ulosvirtaamalla tarkoitetaan sitä vesimäärää, joka purkautuu putkijatkolle sijoitettujen suuttimien kautta ja suihkutaan putkijatkon alle jäävälle ympyräenkaalle. Ohivirtaamalla tarkoitetaan sitä vesimäärää, joka kulkee putkijatkon läpi seuraavien putkijatkosten ulosvirtaamaa varten. Tämän vuoksi ohivirtaaman määrä pienenee ja ulosvirtaaman määrä kasvaa kasteluympyrän ulompia osia kohden siirryttäessä. Taulukkoon on vielä Langin kaavan (Rakennusten vesijohdot 1972) mukaan ¹⁾ laskettu putkijatkon putkivastuskerroin ja putkivastus. Koska veden virtaama on otettu pieneksi ja putkien läpimitta suureksi, on putkivastus (mH₂O) saatu pysymään vähäisenä. Tämä helpottaa kastelutarvelle asennettavien suuttimien sijoittelua.

Jos taulukon 1 mukaiselle pitkälle kastelutarvelle sijoitettaisiin vain pieniä suuttimia, esim. 0.34 l/min, lisääntyisi niiden lukumäärä nopeasti kasteluympyrän kehää kohden. Tämän takia on ulkokehää kohden edettäessä valittu suurempi suutinkoko siten, että kullekin putkijatkolle voidaan asentaa suuttimet noin 30 cm:n välein. Tällöin on päädytty suutinkokoihin, jotka esitetään taulukossa 2. Koska veden paine putkijohdossa vähenee, on suuttimien todellinen

1) Sama kuin Darcyn kaava, kts. sivu 10.

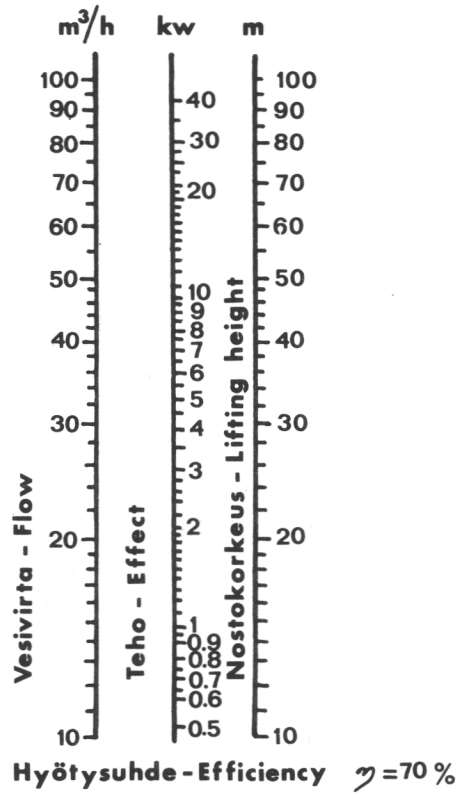
Taulukko 2. Hehtaarin suuruista aluetta kastelevan sadetuslaitteiston suuttimien koko ja lukumäärä.
Table 2. Size and number of the nozzles in sprinkling equipment that sprinkles an area of one hectare.

Putkijatko ja sen sisäläpimitta, D_s mm <i>Pipe extension and its inner diameter, D_s mm</i>	Floodjet-suuttimien nimellinen virtaama, dm ³ /min <i>Nominal flow of Floodjet nozzles dm³/min</i>	Vedenpaine putkijohdon keskellä, m H ₂ O <i>Water pressure in the middle of the pipe, m H₂O</i>	Vedenpaineella korjattu suuttimien virtaama, dm ³ /min <i>Flow of nozzles corrected for dm³/min</i>	Suuttimien lukumäärä, kpl <i>Number of nozzles, units</i>	Laskettu sadetusteho, mm/m ² <i>Calculated sprinkling effect, mm/sq.m.</i>
1/65	.23	9.917	.229	14	.98
2/65	.34	9.839	.337	21	1.03
3/65	.45	9.772	.444	23	.97
4/65	.68	9.713	.669	21	1.00
5/65	.90	9.667	.882	20	1.00
6/65	1.10	9.634	1.073	20	1.01
7/65	1.40	9.613	1.362	18	1.15
8/65	1.40	9.603	1.361	21	1.15
9/65	1.40	9.603	1.359	24	1.15
Yhteensä <i>Total</i>				182	1.00

virtaama niiden nimellistä virtaamaa pienempi. Tämän perusteella on kuvan 19 tapaisesta graafisesta esityksestä interpoloimalla määritetty suuttimien korjatut virtaama-arvot, jotka myös nähdään taulukossa 2. Näiden perusteella on sitten voitu laskea suuttimien lukumäärä putki-jatkoille, jolloin taulukon mukaan hehtaarin suuruista alaa sadettavaan laitteistoon tarvitaan yhteensä 182 erikokoista Floodjet-suutinta.

Taulukossa 2 nähdään vielä lasketun sadetuk- sen teoreettinen teho (mm/m^2). Käytännössä tämä sadetusteho ja sadetuksen tasaisuus saatta- vat olla jonkun verran erilaisia, koska putki- vastusten arvoa ja suuttimien vaikutuksia on mahdoton etukäteen määrittää aivan tarkasti. Tämän takia tuleekin käytännössä suorittaa sadetuksen tasaisuuden tarkistus koemittauksin, mikäli pyritään tasaisempaan sadetustulokseen. Tarkistusmenettely voi olla sivulla 18 esitetyn mukainen ja sen tulosten perusteella voidaan muuttaa suuttimien paikkaa.

Kun pyritään kierrosta kohden $1 \text{ mm}/\text{m}^2$ suuruiseen sadetustehoon, pysyy kastelu hyvin vaimeana ja kasteluvesi ehtii kierrosten aikana hyvin imeytyä kasteltavaan alustaan. Pumpat- tavat vesimäärät pysyvät myös pieninä, mistä johtuen vastukset ovat vähäisiä ja selvittään pieniä sadetuspumppuja käyttäen. Kuvassa 28 esitetään nomogrammi, jonka perusteella voi- daan määrittää sadetuspumpun tehon tarve kilowatteina (kW), kun pumppaustarve (m^3/h) ja nostokorkeus (m) tunnetaan. Esimerkiksi käsillä ollutta hehtaarin suuruista alaa kastelevan sadetuslaitteiston pumpun tehoksi riittäisi n. 0.5 kW, jos nostokorkeutta ei tarvitsisi ottaa huomioon.



Kuva 28. Nomogrammi sadetuspumpun tehotarpeen määrittämiseksi MUSSALON (1963) mukaan.

Figure 28. Nomogram for determination of the effect requirement of the sprinkler pump. According to MUSSALO (1963).

KIRJALLISUUSLUETTELO

- ASLYNG, H.C. 1962. Vanding i jordbruget. Kulturteknik II 2 udg D.S.R. Vetr. Landbohøjsk. Köpenhamn.
- Bauer-sadetus sadon paras vakuutus. Hankkijan palveluverkoston jakama esite.
- BLAIR, J.I. 1968. Irrigation Spray Line. Britt. pat. n:o 1 156 289.
- BROUWER, W. 1955. Untersuchungen über den Erfogszeitpunkt der Beregnung mit Abwasser und Reinwasser zu verschiedenen Kultur- und Fruchtarten. Boden und Pflanze vv. 37–42.
- CHRISTENSEN, S. Aa. 1961. Markvanding. Afprøvning of vandingsmaterial. Köpenhavn.
- CRADOCK, H.T. The Farrow Rainamatic self-propelled irrigator. Esite.
- DELFIS, L.M. 1972. Rough ground self-propelled sprinkling irrigation apparatus. U.S.A. pat n:o 3 672 572.
- HALLGREN, G. 1947. The influence of Precipitation on Crop Yields in Sweden. Uppsala.
- Irrigation age. The practical magazine for irrigation farming. 1971 January.
- KARA, O. 1971. Sadetuksen tilakohtainen suunnittelu. Vakolan tied. 15/71.
- KARA, O. 1972. Sadetuksesta ja sen kannattavuudesta viljanviljelytiloilla Etelä-Suomessa. Summary: Spinkler irrigation and its profitability on grain growing farms in southern Finland. Suomen maataloustiet. seur. julk. 127.
- LISKOLA, K. 1969. Piensadettimien ryhmätutkimus. Teho n:o 6–7.
- MOLENAAR, A. 1960. Irrigation by sprinkling. FAO Agric. Devel. Paper no. 65. Roma.
- MUSSALO, R. 1963. Kastelu. Maa- ja vesirakentajan käsikirja. Helsinki.
- NIKURADSE, J. 1933. Strömungsgesetze in rauhen Röhren. VDI-Forschungsh. 361. Berlin.
- NISSI, T. 1971. Käytännön sadetustekniikkaa kevätiljapelloilla. Vakolan tied. 15/71.
- NISULA, J-P. 1973. Kirjeellinen tiedonanto. U.S.A. Nebraska.
- NISULA, J-P. 1974. Suullinen tiedonanto.
- NISULA, P. 1966. Rullataimimenetelmä. Metsätaloud. Aikakaust. n:o 12.
- NÄÄS, O. ja JOHANSSON, W. 1956. Försök med snabbvatning och långsamvatning. Grundförbättr 9: 90–105.
- PILLSBURY, A.F. ja DECAN, A. 1968. Sprinkler irrigation. FAO Agric. Devel. Pap. N:o 88. Rome.
- PUUSTJÄRVI, V. 1973. Kasvuturve ja sen käyttö. Turveteollisuusliitto r.y. Julk. 1.
- Rakennusten vesijohdot ja viemärit. 1972. Suomen kunnallistekn. yhd. julk. 7. Helsinki.
- RINNE, V. 1945. Vesirakentajan virtausoppi. Helsinki.
- RÄISÄNEN, L. ja KARA, O. 1969. Sadetuslaitteet. Vakolan tied. 6/69.
- SCHMIDTKE, R.R. 1919. Berechnungseinrichtung für Äcker und Gartenanlagen. Saksal. pat. n:o 316 248.
- SEGINER, I. 1963. Water distribution from medium pressure sprinklers. J. Amer. Soc. civil Engrs, 89, IR 2.
- SIEBERT, L.P. 1969. Ambulatory Irrigating Device. U.S.A. pat. n:o 3 465 766.
- Spraying systems. Co. 1964. Industrielle Spritzdüsen und zubehör. Katalog 25 G. 3201 Randolph. St., Bellwood, Ill.
- Valmont Industries, Inc. 1973. ”73 Valleys. Esite. Valley, Neb. U.S.A.
- WRIGHT, C.S. 1963. Improvements in or relating to Irrigation Booms. Britt. pat. n:o 1 032 444.
- Wright Rain Limited. Wright Rain Laureau. Esite. Ringwood, Hampshire. England.

- No 189 Risto Seppälä: Yksityismetsänomistajien hakkuukäyttäytyminen Suomen itäosissa.
Cutting behaviour of private forest owners in eastern Finland. 4,—
- No 190 Risto Seppälä: Raakapuun tarjonnasta Suomessa.
On the supply of roundwood in Finland. 4,—
- No 191 Kullervo Kuusela & Alli Salovaara: Ahvenanmaan maakunnan, Helsingin, Lounais-Suomen, Satakunnan, Uudenmaan-Hämeen, Pirkka-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, Pirkka-Häme, Itä-Häme, Etelä-Savo and Etelä-Karjala in 1971—72. 7,—
- No 192 Paavo Tiuhonen: 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: Herbisidiraikereiden männyn- ja kuusentaimille aiheuttamista kuori-
violetuksista.
On bark damages caused to Scots pine and Norway spruce plantations by granular herbicides. 2,—
- No 195 Metsätilastollinen 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 kylmästratifikoinnin 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 Strumpharvester. 2,—
- No 201 Matti Leikola & Risto Rikala: Lannoituksen vaikutus männyn ja kuusen taimien alku-
kehitykseen kangasmailla.
The effect of fertilization on the initial development of pine and spruce on mineral soils. 2,—
- No 202 Paavo Tiuhonen: 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 kuutioimistalukoista 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: Harvennussuomien 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 Tiuhonen: Mäntypylväiden kuutioimismenetelmä.
Eine Kubierungsmethode für Kiefernastholz. 2,—
- No 212 Kaarlo Kinnunen, Juha Lind ja Erkki Lähde: Eri ajankohtina istutettujen männyn
kennotaimien 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 taimiston-
hoitoaloilla 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,—
- 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 Wilhelmsen: 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
- No 221 Simo Penttilä ja Jouko Hämäläinen: Päiväansio ja työn tuotos urakkapalkkaisessa istutustyössä 1972.
Daily earnings and work output in piece rate planting in Finland 1972. 4,—
- No 222 Veli-Pekka Järveläinen: 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 asetoniuutteitten määrä.
Bark percentage, basic density, and amount of acetone extractives in stump and root wood. 1,50
- No 225 Metsätalostollinen vuosikirja 1973.
Yearbook of forest statistics 1973.
- No 226 Bo Långström: Eräiden insektisidien testaus tukkimiehintäin, *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 ("pölkky-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 määrittämismenetelmät.
Methods for the measurement of softwood sawlogs. 3,—
- No 230 Aulikki Kauppila ja Erkki Lähde: Koetuloksia maan käsittelyn vaikutuksesta metsämaan 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 metsäteollisuuden raaka-ainenäköymät 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 laadunmääritys Suomessa.
Preparation, handling, measurement and quality determination of sawmill chips in Finland. 3,—
- No 235 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 237 Markku Mäkelä: Oksaraaka-aineen kasaus ja kuljetus.
Bunching and transportation of branch raw material. 2,—