

SATEEN JAKAANTUMINEN ERILAISSA METSIKÖISSÄ

JUHANI PÄIVÄNEN

SUMMARY:

THE DISTRIBUTION OF RAINFALL IN DIFFERENT TYPES OF FOREST STANDS

HELSINKI 1966

Alkulause

Käsillä oleva tutkimus on tehty Helsingin yliopiston suometsätieteen laitoksessa. Jo usean vuoden aikana suoritetuissa turpeen vesitalouden tutkimuksissa esiin tulleet ongelmat pakottivat laajentamaan vesitalouden selvittelyä myös erilaisten metsiköiden sateenläpäisevyyden, runkovalunnan ja varpukerroksen pidännän mittaamiseen. Viimeksi mainitut ovat olleet allekirjoittaneen huolena, joskin kenttätöissä ovat useat eri henkilöt avustaneet.

Alkuperäisen virikkeen metsikkösadantatutkimusten suorittamiseen sain professori PAAVO YLI-VAKKURILTA. Fil. tohtori J. M. ANGERVO opasti sadantamittausten järjestämisessä. Professorit LEO HEIKURAINEN ja PEITSA MIKOLA ovat tutustuneet käsikirjoitukseen ja tehneet useita varteenotettuja huomautuksia. Kaikesta saamastani avusta olen edellä mainituille henkilöille kiitollinen. *Suomen Luonnonvarain Tutkimussäätiön* myöntämä apuraha on mahdollistanut työn loppuunsaattamisen.

Helsingissä toukokuussa 1966

Juhani Päivänen

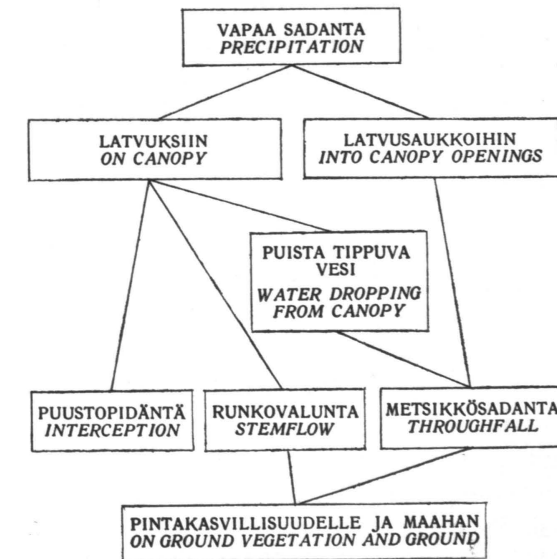
Sisällysluettelo

	sivu
1. Johdanto	5
2. Menetelmien tarkastelua	6
3. Tutkimuksen suorittaminen	7
31. Tietoja tutkimuskohteista	7
32. Aineiston keräys	8
321. Metsikkösadannan ja vapaan sadannan mittaus	8
322. Runkovalunnan mittaus	12
4. Tutkimustulokset	12
41. Metsikkösadanta	12
411. Yksityisten sademittarien keräystulosten hajonta	12
412. Metsikkösadanta tutkimusmetsiköissä	14
413. Sateen pääsy yksityisen puun alle metsikössä	22
42. Runkovalunta	25
43. Varpukasvillisuuden vaikutus maahan pääsevään sademäärään	28
44. Sateen jakaantuminen metsikköön hakatussa aukossa	30
5. Tiivistelmä ja päätelmät	31
Kirjallisuusluettelo — <i>References</i>	33
<i>Summary</i>	35

1. Johdanto

Sademäärää latvuston yläpuolella tai avoimella paikalla kutsutaan *vapaaksi sadannaksi*. Osa vapaasta sadannasta pidättyy metsikössä puiden latvuksiin ja haihtuu sieltä takaisin ilmaan tai imeytyy lehtiin ja neulasiin. Englanninkielisessä kirjallisuudessa tästä osasta käytetään nimitystä interception. Meikäläisestä kirjallisuudesta ei ole löydettävissä yhtä lyhyttä sanaa, mutta tässä yhteydessä voitaisiin ehdottaa käytettäväksi sadannan, haihdunnan ja valunnan kanssa analogisesti muodostettua termiä *puustopidäntä*. Muu osa sateesta tulee maahan osaksi suoraan ja puista tippumalla (*metsikkösadanta*), osaksi runkoja myöten valumalla (*runkovalunta*) (kuva 1).

Maanpeitteelle (karikkeet ja pintakasvillisuus) tulevasta sateesta osa haihtuu, osa tunkeutuu maanpeitteen läpi ja osa muodostaa pintavettä, joka valuu pois (*pintavalunta*). Juurikerrokseen saakka päässyt vesi joko imeytyy välittömästi juuristoon tai painuu juurikerroksen läpi joko pidättyen syvempiin maakerroksiin tai kulkeutuen pohjaveteen asti. Maassa oleva vesimäärä voi vähen-



Kuva 1. Sateen jakaantuminen metsikössä.
Fig. 1. Distribution of rain in a stand.

tyä neljällä tavalla: valunnan, puuston haihdunnan, pintakasvillisuuden haihdunnan tai vapaan haihdunnan kautta. Edellä esitetty sateen jakaantuminen metsikössä perustuu ENGLERIN (1919, s. 140) julkaisemaan kaavakuvaan, joskin terminologiaa on pyritty osaksi muokkaamaan erityisesti käsillä olevan työn tarpeita vastaavaksi.

Metsikön vesitaseen selvittämisen ongelma on erittäin laaja. Allekirjoittanut on aikaisemmin laatinut lähinnä saatavissa olevaan kirjallisuuteen perustuvan selvityksen mainitusta aiheesta (PÄIVÄNEN 1964). Tässä yhteydessä rajoitutaan käsittelemään metsikkösadantaa ja runkovaluntaa sekä käytettävissä olevan kirjallisuuden että kenttämittauksilla saadun aineiston perusteella.

Työn tavoitteeksi on asetettu alustavien tietojen saaminen sateen jakaantumisesta eri puulajia olevissa ja eri tiheysastetta edustavissa metsiköissä.

2. Menetelmien tarkastelua

Aikaisemmissa tutkimuksissa käytetyt sademittarimäärät vaihtelevat yhdestä useaan kymmeneen riippuen tutkimuksen tarkoituksesta ja halutusta tarkkuudesta. Metsikkösadantamittauksia sijoittamalla sademittarit subjektiivisesti valittuihin metsikön kohtiin ovat suorittaneet mm. BEALL (1934), WOOD (1937), STÄLFELT (1944) ja KITTREDGE ym. (1941). Kahdessa viimeksi mainitussa tutkimuksessa menetelmä liittyi tutkimuksen esikokeisiin. Yleensä sademittarit on sijoitettu systemaattisesti määräväleihin tai arpomalla koealoille. Niin ikään on käytetty menetelmiä, joissa aina muutaman sateen mittauksen jälkeen mittarit on siirretty edeltä käsin arvotuille paikoille ja näin edelleen (NIEDERHOF ja WILM 1943, s. 58). Kokeellisia tutkimuksia puuntaimien sateenpidätyskyvystä ajan funktiona on myös suoritettu (GRAH ja WILSON 1944, s. 893). Puustopidännän ajallista kulkua on seurattu tukkipuukuusikossa piirtävällä sademittarilla ja sen lisäksi keskimääräinen metsikkösadanta on pyritty mittaamaan suuripinta-alaisella keräysastialla (DELFS ym. 1958, s. 79). Samantapaista menetelmää on STÄLFELT (1944, s. 452) soveltanut yksityisen puun alle pääsevän sadannan mittaamiseen. Vanhimmat metsikkösadantatutkimukset ovat RIEGLERIN (1881), BÜHLERIN (1892) ja HOPPEN (1896) suorittamia. GODSKE ja SCHIEDRUP PAULSEN (1949) ovat käsitelleet myöhemmin viimeksi mainitun tutkimuksen aineistoa tilastollisesti.

Muualla suoritettuja metsikkösadantamittauksia ei voida kuitenkaan sellaisenaan yleistää meille toisistaan poikkeavien sademäärien, puulajien ja metsikkörakenteiden vuoksi. Suomessa ovat metsikkösadantatutkimuksia suorittaneet HEIKINHEIMO (1912), LUKKALA (1942, 1946), TEIVAINEN (1952), SIRÉN (1955) ja SEPPÄNEN (1964). Mainittakoon, että maataloushallituksen vesistö tutkimusten yhteydessä vuosina 1929—1935 ryhdyttiin alustavasti linjamenetelmää

käyttäen tutkimaan metsässä maahan satavan veden määrää (KAITERA 1936, s. 12).

Jos metsikössä maahan tulevaa vesimäärää mitattaessa jätetään runkovalunta huomioon ottamatta, saatetaan tehdä huomattava virhe. Runkovalunnan mittaamiseksi eri tutkijat ovat kehitelleet keräyskauluksia sinkkipellistä, kumilistasta, kumikourusta sekä narusta ja piestä (vrt. RIEGLER 1881, s. 236, HOPPE 1896, s. 9, KITTREDGE ym. 1941, s. 506, STÄLFELT 1944, s. 462, SIRÉN 1955, s. 167, DELFS ym. 1958, s. 79 ja SEPPÄNEN 1964, s. 10).

3. Tutkimuksen suorittaminen

31. Tietoja tutkimuskohteista

Tutkimuksen kenttämittaukset suoritettiin Helsingin yliopiston metsäharjoitteluasemalta käsin Korkeakosken hoitoalueessa. Pyrkimyksenä oli saada puhtaat kuusi-, mänty- ja koivumetsiköt edustetuiksi. Samanikäisten ja muilta taksatoorisilta tunnuksiltaan samankaltaisten eri puulajia olevien puhtaiden metsiköiden löytäminen osoittautui kuitenkin mahdottomaksi.

Tärkeimmät tiedot tutkimusmetsiköistä ovat taulukossa 1.

Koska osa tutkimuksen kohteena olevista koealoista on perustettu lähinnä toista tarkoitusta varten (vrt. HEIKURAINEN 1963 ja HEIKURAINEN ym. 1964), ei metsiköiden sopivuus sademittausten suorittamiseen ole ollut yksinomaan määrävänä. Metsiköt 6—15 ovat kaikki olleet turvealustalla.

Koemetsikköaineisto sisältää varsin hyvän sarjan männiköiden eri kehitysluokkia, kuten seuraavasta asetelmasta nähdään.

Puulaji ja kehitysluokka	kpl	Koeala N:o
Mä, taimisto ja riukuaste	2	1, 10
Mä, harvennusemetsikkö	2	6, 15
Mä, väljennusemetsikkö	2	5, 11
Mä, hakkuukypsä	1	2
Mä, vajaatuottoinen (neva mu)	1	13
Ku, harvennusemetsikkö	1	12
Ku, suojuspuuasento	2	3, 8
Ku-taimisto + ko-verhopuusto	2	9, 14
Ko, harvennusemetsikkö	2	4, 7
Yhteensä	15	

Kuusikoita edustavat vain nuorehko harvennusemetsikkö ja kaksi suojuspuuasennon metsikköä. Harvennusemetsikön koivikoita on kaksi, samoin koivu-verhopuuston alla kasvavia luontaisia kuusitaimistoja.

Taulukko 1. Eräitä tietoja
Table 1. Precipitation

Koeala — Sample plot	1	2	3	4	5	6	7	8
Maanpinnan viettävyys — Gradient	5°S	—	15°W	—	—	—	—	—
Metsätyyppi — Forest type (CAJANDER 1949 and SARASTO 1961)	VT	VT	OMT	Mtk	VT	VSNmu	VSNmu	Rhtk
Puulajisuhteet — Proportions of tree species, %								
Mänty — Pine	100	100	—	—	88	100	6	5
Kuusi — Spruce	—	—	100	—	6	—	—	95
Koivu — Birch	—	—	—	100	6	—	94	—
Ikä, v. — Age, years	44	100	85	37	51	40	50	80
Pohjapinta-ala, m ² /ha — Basal area sq.m.	10	23	30	10	14	19	17	18
Keskipituus, m — Mean height, m	7	18	22	10	15	11	11	17
Valtapituus, m — Dominant height, m	10	21	24	12	17	14	12	20
Kuutiomäärä, k-m ³ /ha — Volume cu. m/ha	49	237	358	57	113	115	90	161
Runkoluku, kpl/ha — Stem num- ber/ha	1250	475	450	900	500	1820	2087	600
Latvuston peittävyys, % — Canopy cover, %	27	38	43	37	24	27	26	26

32. Aineiston keräys

321. Metsikkösadannan ja vapaan sadannan mittaus

Metsikkösadannan mittaus suoritettiin Ilmatieteellisen keskuslaitoksen kesä-sademittareilla (kuva 2) ja tästä suometsätieteen laitoksella parannettua mallia olevilla sademittareilla. Kummankin sademittarityypin keräysala on 100 cm². Jälkimmäisen sademittarimallin etuna on yksinkertainen kiinnitystapa kannatinpylvääseen ja edellistä helpompi tyhjennettävyys. Lisäksi se oli maalattu valkoiseksi lämmön imeytymisen ja haihdunnan pienentämiseksi.

Koealoilla 1—5 (koko 20 × 20 m) arvottiin yhdeksälle sademittarille paikat. Koealoilla 6—10, 14 ja 15 sijoitettiin kymmenen sademittaria systemaattisesti määräväleihin. Koealat 11—13 olivat V-ajastaisia muuttomia ja turvekankaita. Muiden tutkimusten yhteydessä suoritettiin myös metsikkösadantamittauksia eri sarkaleveyttä edustavissa pisteissä V-muotoisen koealan halkaisijalla. Tut-

sadehavaintometsiköistä.
sample plot data.

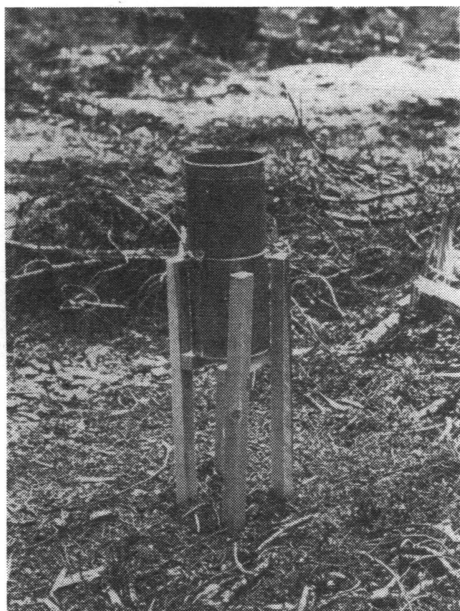
9	10	11	12	13	14	15
—	—	—	—	—	—	—
Rhtk	VSNmu	Vatk	Rhtk	LkNmu	Mtk	IRmu
Vall. Dominant	Ylisp. Holdovers				Vall. Dominant	Ylisp. Holdovers
4	—	100	95	2	100	—
84	2	△	5	91	—	100
12	98	△	△	7	—	—
20	50	15	80	55	..	20
7	12	△	8	11	..	2
7	16	2	11	9	..	5
10	..	4	16	14	..	8
25	90	10	69	97	10	10
3591		1225	603	1979	335	2500
47		26	14	31	7	33

kittavat sarkaleveydet olivat 5, 10, 20, 30...100 m. Mittauskohtia tuli siis kullekin koealalle yksitoista.

Koealalla 5 sijoitettiin lisäksi yhden koivun, männyn ja kuusen alle sademittarit 50 cm ja 125 cm päähän rungosta kaikkiin neljään pääilmansuuntaan. Nämä yksityiset koepuut pyrittiin valitsemaan siten, että ne sekä rinnankorkeusläpimitaltaan että pituudeltaan olivat samaa suuruusluokkaa.

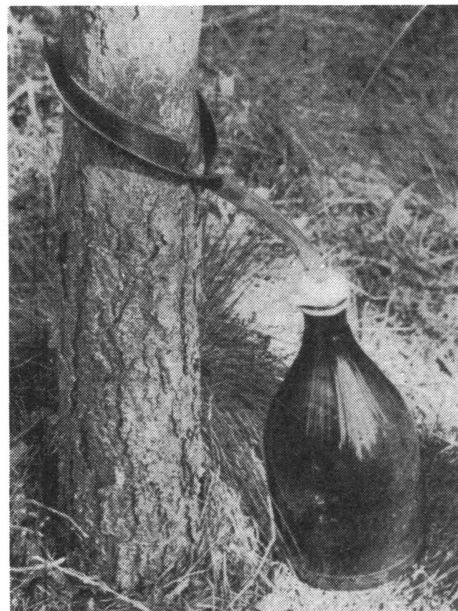
Sademittarit sijaitsivat koealoilla 4—10 siten, että niiden keräyspinnat olivat 1 m:n korkeudella maanpinnasta. Muilla koealoilla ja koeala 5:n yksittäispuiden alla mittarien keräyspinnat olivat 0,5 m:n korkeudella. Koealoilla ei ollut sanottavissa määrin hakkuutähteitä, joten niiden sadetta pidättävää vaikutusta ei tarvinnut ottaa huomioon (vrt. esim. GOODELL 1952, s. 376).

Metsiköt 11 ja 15 ja paikoin myös 14 olivat varputurvekankaita. Jotta saataisiin tietoja varpukerroksen läpäisystä vesimäärästä, suoritettiin sademäärän mittauksia myös varpukerroksen alla. Sademittarien keräyspinnat olivat



Kuva 2. Ilmatieteellisen keskuslaitoksen kesäsademittari.

Fig. 2. Summer rain gauge (Finnish Meteorological Office).



Kuva 3. Runkovalunnan mittausmenetelmä.

Fig. 3. Measurement of stemflow

tällöin maanpinnan tasossa. Varpukerroksen alla olleiden mittarien sijainnit ja lukumäärät olivat seuraavat: Koealalla 11 6 kpl, koealalla 15 5 kpl ja koealalla 14 4 kpl. Kahdessa ensiksi mainitussa kohteessa sademittarit asetettiin systemaattisesti, viimeksi mainitussa mittarit pantiin erilaisten varpukasvustojen alle esikokeen luonteisesti summittaisten sadantamäärien saamiseksi. Lisäksi suoritettiin muutamia mittauksia varpujen »runkoja» pitkin maahan valuvan vesimäärän selvittämiseksi.

Kunkin metsikkösadantakoealan läheisyydessä mitattiin vastaavan ajanjakson vapaa sadanta aukealla paikalla. Vapaan sadannan mittaukseen oli käytettävissä mm. neljä Lambrechtin piirtävää sademittaria. Piirtävän sademittarin kumulatiivisen sadantakäyrän perusteella voidaan määrittää sadannan määrä, sateen sattumisen ajankohta ja rankkuus. Piirtävien sademittarien keräysala oli 200 cm².

Piirtäviä sademittareita ei riittänyt jokaiseen tutkimuskohteeseen, joten vapaan sadannan mittaukseen oli käytettävä myös kesäsademittareita. Alustavissa kokeissa todettiin, että kussakin kohteessa yksi sademittari riitti vapaan sadannan selvittämiseen. Samaan tulokseen on tullut mm. SIRÉN (1955, s. 167). Muissakin tutkimuksissa on vapaana sadantana yleensä pidetty tutkimusmetsikköä lähellä sijaitsevalla aukealla mitattua sademäärää. Oikeampaa olisi tie-

tysti mitata sademäärä latvuston yläpuolella, jolloin sateen paikallisuudesta ja aukon mahdollisesta pienuudesta aiheutuvat virheellisuudet eliminoituisivat (PENMAN 1963, s. 10). Vapaan sadannan mittarit pyrittiin saamaan todella avoimelle paikalle, jottei aukon pienuus tai metsänreunan varjostus vaikuttaisi mittaustuloksiin.

Koeala 16 perustettiin sen seikan selvittämiseksi, miten sade jakaantuu metsään hakattuun pieneen aukkoon. Aukon koko oli 30×30 m ja ympärillä oleva metsä oli samanlaista kuin koealalla 6. Aukkoon sijoitettiin yhdeksän sademittaria siten, että sademittari tuli 5, 10 ja 15 m:n päähän aukon jokaisesta laidasta.

Kaikki tutkimuksessa käytetyt sademittarit olivat ilman tuulisuojusta. BURGER (1951, s. 25) toteaa olevan eroa eri korkeudella sijainneiden, tuulisuojuksella varustettujen ja ilman tuulisuojusta olleiden mittarien keräysmäärien välillä. Näiden tekijöiden vaikutusta ei ole kuitenkaan voitu tässä työssä tarkastella.

Tässä yhteydessä ei ole myöskään voitu selvittää niitä havaintovirheitä, jotka muodostuvat sademittariin roiskuvasta (lisäys) ja toisaalta siitä pois tupruavasta (vähennys) sadevedestä (PENMAN 1963, s. 8).

Ilmatieteelliseltä keskuslaitokselta saatiin Hyytiälän ilmastoaseman päivittäiset sademäärätiedot. Hyytiälässä sademittaukset suoritetaan tuulisuojuksella varustetulla Wildin sademittarilla, jonka keräysala on 500 cm².

Sademittarien tyhjennys koealoilla pyrittiin suorittamaan sadepäivinä keran päivässä. Muutamaan otteeseen suoritettiin myös yksittäisten sadekuurojen mittauksia, siis mitattiin vuorokauden sateet useammassa kuin yhdessä jaksossa. Sademittarien ja koealojen suuri määrä sekä koealojen pitkät välimatkat estivät mittarien samanaikaisen tyhjentämisen. Käytettävissä olleen kaluston ja tutkimushenkilöstön vähäisyyden vuoksi ei mittauksia voitu suorittaa jokaisella koealalla kaikkina kolmena kasvukautena.

Seuraavassa asetelmassa esitetään eri kesinä tutkimuksen kohteena olleet metsiköt ja aikavälit, joilta suurimmalta osalta koealoja sateet on mitattu.

Vuosi	Tutkimuskausi	Tutkimusmetsiköt
1963	27/5—8/10	1—10
1964	19/5—14/9	3 ja 6—10
1965	24/5—6/10	6, 7, 9 ja 11—16

Sadannan mittaukseen käytettyjen laitteiden määrä eri vuosina oli seuraava:

	1963	1964	1965
Piirtäviä mittareita aukealla	4	4	4
Kesäsademittareita:			
— aukealla	4	1	14
— metsiköissä	94	60	83
— varpukerroksen alla	—	—	15

Tutkimuksen yhteydessä sadantamittauksia on suoritettu kaikkiaan 172:ssa metsikössä sijaitsevassa pisteessä, 15 pisteessä varpukerroksen alla sekä 23 pisteessä aukealla tai metsään hakatussa aukossa. Metsikössä suoritettuja yksityisiä sadantahavaintoja kertyy yhteensä 10.870 kpl.

Koealojen latvuspeiton mittaamiseksi piirrettiin kustakin koealasta latvusprojektiokartta Cajanuksen putkea apuna käyttäen. Latvusprojektiokartat on esitetty toisessa yhteydessä (PÄIVÄNEN 1966). Karttoihin merkittiin jokaisen sademittarin asema. Latvusprojektioiden summa määrättiin planimetrillä. Latvusprojektiokarttoja ovat tällaisten tutkimusten yhteydessä tehneet mm. HOPPE (1896), LUKKALA (1942, 1946), YLI-VAKKURI (1960) ja SEPPÄNEN (1964).

322. Runkovalunnan mittaus

Runkovaluntaa mitattiin koealojen 6—9 välittömässä läheisyydessä olevista puista. Koska keräyskaulusten kiinnittämisessä tarvittiin apuna nauvoja, ei runkovaluntaa haluttu mitata koealoilla kasvavista puista. Mittauksen kohteeksi valittiin rinnankorkeusläpimitoiltaan erikokoisia puita. Mittauksia suoritettiin koealojen 6, 7 ja 9 runkovaluntakoepuista (yht. 28 puuta) kaikkina kolmena kesänä, koealalta 8 (10 puuta) ainoastaan kesällä 1963. Koska mittauksen kohteena olleet puut sijaitsivat koealojen vieressä, olivat ympäristöolosuhteet keskimäärin samat kuin itse koealallakin.

Runkovalunnan keräämiseen sopivaa keräyskaulusta kokeiltiin laboratorioolosuhteissa. Kokeiltavina olivat erilaiset muovi- ja kumilistat. Lopulta päädyttiin muoviseen kulmalistaan, joka muutaman 1 tuuman naulan avulla pingotettiin rungon ympärille. Tiivistysmateriaalina käytettiin öljypitoista muovikitä, joka on säilynyt murtuilematta jo useita vuosia. Keräyskaulukset kiinnitettiin runkoon heti tyvilaaientuman yläpuolelle. Keräyskaulukelta vesi johdettiin muoviputken avulla maassa olevaan keräysastiaan. Keräysastiana käytettiin aluksi puolen litran pulloja. Näiden osoittauduttua liian pieniksi käytettiin keräysastioina 2 litran pulloja ja n. 4,5 litran peltikanistereita (kuva 3). Keräysastioiden tyhjennys suoritettiin aina metsikkösadantamittarien tyhjennyksen yhteydessä, muutamina päivinä tyhjennys suoritettiin useampaan kertaan saman vuorokauden aikana.

4. Tutkimustulokset

41. Metsikkösadanta

411. Yksityisten sademittarien keräystulosten hajonta

Erittäin vaikean ongelman muodostaa vähäisten havaintopisteiden (8—11 sademittaria koealalla) antamien sadanta-arvojen yleistäminen koko koealaa koskeviksi keskimääräisiksi metsikkösadannan määriksi. Koealojen koko vaih-

telee tässä tutkimuksessa 1,0—8,6 aariin. Osa sademittareista (koealat 1—5) on sijoitettu arpomalla määrättyihin paikkoihin metsikössä, osa taasen systemaattisesti. Kuitenkin tässä tutkimuksessa kuten kaikissa aiemmissakin metsikkösadantatutkimuksissa pidetään keskimääräisenä metsikkösadantana eri mittarien antamien havaintojen aritmeettista keskiarvoa.

Metsikkösadannan mittauksilta vaadittava tarkkuus olisi nähtävä kokonaisuuden osana. Toisin sanoen tarkoitus, johon tuloksia tullaan käyttämään, määrätköön tarkkuusvaatimukset. On tutkittava, millä tarkkuudella voidaan esimerkiksi muut vesitaseen komponentit selvittää. Tarkoitetaan lähinnä maan kosteuspitoisuutta, pohjavesipintaa, haihduntaa ja valuntaa sekä näiden muutoksia. Erityisesti haihdunta ja maan kosteuspitoisuus mitataan usein melkoisen epätyytyväväällä tarkkuudella ja tällöin voidaan katsoa sadanta ehkä helpoimmin ja tarkimmin mitattavaksi veden kiertokulun osaksi.

Nyt käsiteltävänä olevassa aineistossa jakaantuivat sademittarit prosentuaalisesti latvusten alle (A) seuraavan asetelman mukaisesti. Samassa yhteydessä esitetään koealojen latvusprojektioiden summan prosentuaalinen osuus koko koealan pinta-alasta (B) sekä näiden prosenttilukujen erotus (A—B).

Koealan N:o	% mittareista latvusten alla	Latvus-% koko koealan pinta-alasta	Erotus
	(A)	(B)	(A—B)
1	33	27	+ 6
2	33	38	— 5
3	33	43	—10
4	33	37	— 4
5	33	24	+ 9
6	30	27	+ 3
7	20	26	— 6
8	30	26	+ 4
9	50	47	+ 3
10	50	26	+24
11	45	14	+31
12	45	31	+14
13	9	7	+ 2
14	40	33	+ 7
15	20	28	— 8

Voidaan todeta, että sademittarien suhteellinen määrä latvusten alla seurailee suunnilleen latvuspeiton suhteellista osuutta koko koealan pinta-alasta. Pahimmat poikkeamat ovat koealojen 10—12 kohdalla.

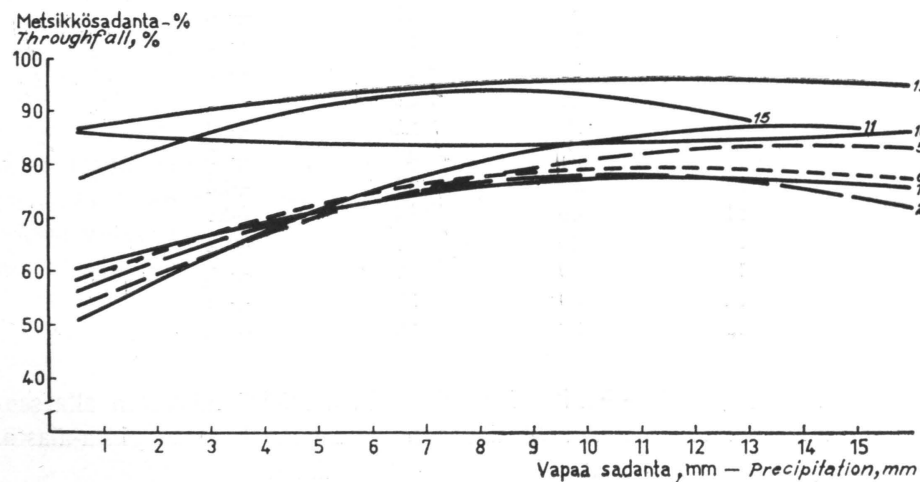
Koska käytettävissä oli varsin pieni sademittarimäärä kussakin tutkimusmetsikössä, on selvää, että eri mittarien keräysmäärät poikkeavat varsin paljon toisistaan. Tämän seikan selvittämiseksi tarkasteltiin primääriaineistoa varianssi-analyysillä. Laskettiin selvittämätön ja mittarien sijainnista johtuva hajonta

sekä laskettiin teoreettisesti, kuinka paljon sademittareita metsikössä tarvittaisiin, jotta hajonta olisi ± 1 %.

Laskelmat osoittivat hajonnan vaihtelevan $\pm 1,0$ — $\pm 3,4$ %. Hajonta-arvoon $\pm 1,0$ % pääsemiseksi tarvittavien mittarien määrä vaihteli vastaavasti 10—129 kpl. Nähdään siis, että luotettaviin metsikkösadanta-arvoihin pääsemiseksi olisi sademittareita täytynyt olla huomattavasti enemmän kuin tässä tutkimuksessa oli mahdollisuus käyttää. Menetelmien tarkastelun yhteydessä todettiin kuitenkin, että paljon pienempiäkin mittarimääriä on käytetty.

412. Metsikkösadanta tutkimusmetsiköissä

Havaintometsiköissä pidettiin kunkin havaitun sadejakson aiheuttamana metsikkösadantana (= metsikössä sademittarien keräyspinnan korkeudelle saapuvana sateena) sademittarien keräysmäärien aritmeettista keskiarvoa. Näin saadut metsikkösadannat laskettiin prosenteiksi vastaavan ajan vapaan sadannan arvosta ja asetettiin koordinaatistoon, jossa x-akselina oli vapaa sadanta. Pistejoukot tasoitettiin analyttisesti toisen asteen yhtälön kuvaajiksi. Tasoitustavasta johtuu, että muutaman koealan kohdalla tasoituskäyrä ei ole jatkuvasti kohoava tai pysy tietyllä tasolla vapaan sadannan kasvaessa. Suurien sateiden havaintojen vähäisyys aiheuttaa myös epävarmuutta käyrien loppuosia piirrettäessä (kuvat 4—6). Alkuperäiaineiston tasoitus on esitetty jo aiemmassa yhteydessä (PÄIVÄNEN 1966).

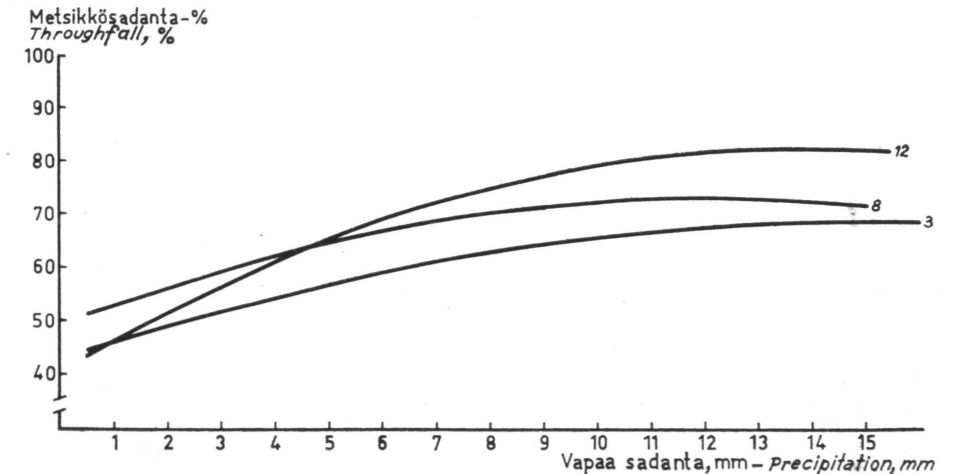


Kuva 4. Männikkökoelajien metsikkösadantaprosenttien tasoituskuvaajat. Numerot tarkoittavat koelajien numeroita.

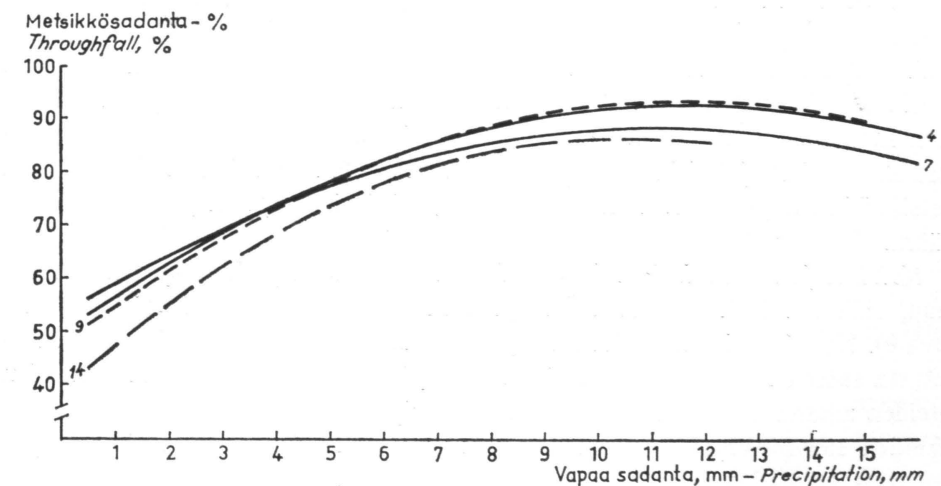
Fig. 4. Smoothed delineators of pine sample-stand precipitation. The numbers refer to the sample plots.

Seuraavassa tarkastellaan metsikkösadantaprosentin muuttumista vapaan sadannan määrän kasvaessa. Tarkastelu tapahtuu puulajeittain.

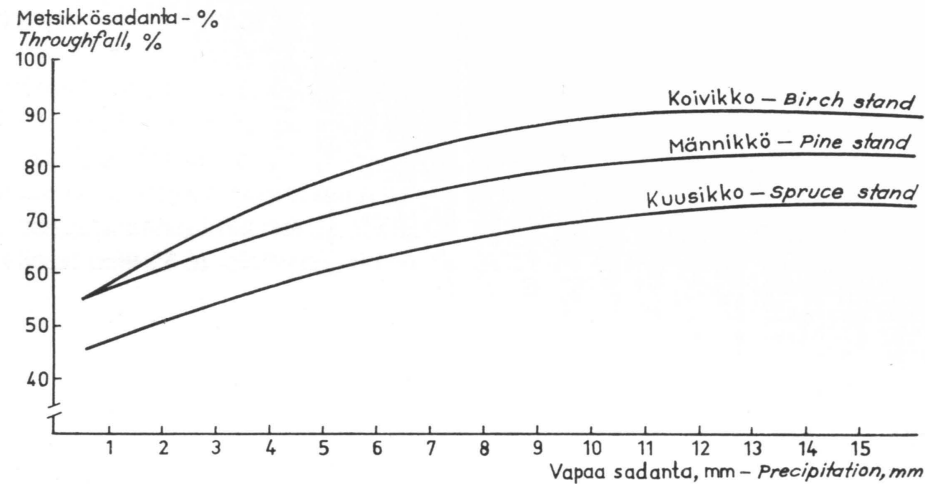
Männiköiden metsikkösadantakäyrät ovat kuvassa 4. Kuvasta nähdään, että koealat 1, 2, 5, 6 ja 11 muodostavat selvästi oman ryhmänsä. Kun näillä koealoilla puuston määrä vaihtelee 49—237 k-m³/ha, ei puuston määrällä näyttäisi olevan kovinkaan suurta vaikutusta metsikkösadantaprosenttiin. Koealan 10 käyrästä kuitenkin ilmenee, että mäntytaimistossa metsikkösadantaprosentti on lähes vapaan sadannan määrästä riippumaton ja pysyttelee n. 85 %:n tasolla.



Kuva 5. Kuusikkokoealajien metsikkösadantaprosenttien tasoituskuvaajat. Fig. 5. Smoothed delineators of spruce sample-stand precipitation.



Kuva 6. Koivikkokoealajien metsikkösadantaprosenttien tasoituskuvaajat. Fig. 6. Smoothed delineators of birch sample-stand precipitation.



Kuva 7. Koivikon (koealat 4 ja 7), männikön (1, 2, 5, 6 ja 11) ja kuusikon (3, 8 ja 12) keskimääräiset metsikkösadantaprosentit.

Fig. 7. Average stand precipitation in birch (sample plots 4 and 5), pine (1, 2, 5, 6, and 11), and spruce (3, 8, and 12) stands.

Hyvin harvapuustoisessa männikössä (koeala 13) metsikkösadantaprosentti on myös varsin korkea eli 90—95 %. Koealan 15 metsikkösadantakäyrä on ilmeisesti virheellinen ja kulkee aivan liian korkealla. Tällä koealalla vähälukuiset sademittarit sijaitsivat epäedullisesti koealan reunoille ryhmittyneiden puiden suhteen.

Kuusikoiden sadantakäyrät on esitetty kuvassa 5. Käyrät näyttävät varsin luontevilta, varsinkin suurissa sademäärissä. Pienien sateiden (< 4,5 mm) kohdalla koealan 12 käyrä kulkee muiden käyrien suunnasta poiketen. Nuoressa kuusikossa, jollaista koeala 12 edustaa, näyttää metsikkösadantaprosentti vapaan sadannan suuretessa nousevan jyrkemmin kuin vanhoissa, runsaspuustoisissa kuusikoissa, jollaisia ovat koealat 3 ja 8. Ainakin suurien sateiden aikana metsikköön siis pääsee sitä enemmän vettä, mitä pienempi on puuston kuutiomäärä.

Koivikot ja kuusitaimistot koivuverhokuuston alla on yhdistetty samaan kuvaan, sillä ko. koealojen sadantakäyrät muistuttavat suuresti toisiaan (vrt. kuva 6). Kuusitaimistolla koivuverhokuuston alla näyttää kuitenkin olevan vaikutusta sateen maahanpääsyyn ainoastaan pienien sateiden kohdalla. Suurien sateiden aikana näyttävät metsikkösadantakäyrät saavuttavan puhtaiden koivikoiden sadantakäyrien tason. Metsiköiden kuutiomäärien erot eivät näytä ainakaan selvästi vaikuttavan metsikkösadantaan.

Eri puulajia olevien metsiköiden keskinäisten sadantasuhteiden tarkastelu varten on kuvaan 7 hahmoteltu edellisten kuvien perusteella koivikolle, männi-

kölle ja kuusikolle sadantakäyrät. Samaa puulajia olleiden koealojen keskiarvoina on näille teoreettisille metsiköille saatu seuraavat keskimääräiset tunnuukset:

	Pohjapinta-ala m ² /ha	Kuutiomäärä m ³ /ha	Latvuspeitto %
Koivikko	14	75	31
Männikkö	14	115	24
Kuusikko	18	160	31

Metsikkösadantaprosentin ja erilaisten puustotunnusten välisen yhteyden selvittämiseksi koealametsiköissä on taulukkoon 2 kerätty tiedot koealojen kuutiomäärästä, pohjapinta-alasta ja latvuspeitosta. Edelleen taulukkoon on laskettu koealojen metsikkösadantaprosentit keskiarvona koko havaintoaineistosta. Koska kuitenkin koealojen sadantamäärien tasoituskuvaajien pohjana on ollut eri määrä ja erilaisia sateita, on yhteiseksi tarkastelukohdaksi otettu vapaan sadannan keskiarvo käyrien piirtämisessä käytetystä koko aineistosta. Tämä vapaan sadannan arvo on 4,8 mm. Tasoituskäyrät ovat siis keskimääräisesti luotettavimpia vapaan sadannan arvon ollessa 4,8 mm. Viimeisessä sarakkeessa on metsikkösadantaprosentit keskimäärin eri puulajia olevissa metsiköissä. Männikön kohdalla merkintä (71×) tarkoittaa ×-merkittyjen metsikkösadantaprosenttien keskiarvoa, joka on paremmin verrattavissa muiden puulajien metsiköiden keskimääräisarvoihin kuin jos myös varsin harvapuustoinen nevuuttuma, mäntytaimisto ja muista koealoista muutoin poikkeava koeala 15 (sadantaprosentit merkitty sulkeisiin) olisi otettu huomioon. Nähdään siis, että vapaan sadannan ollessa 4,8 mm koivikkoon pääsee vapaasta sadannasta 77, männikössä 71 ja kuusikossa 62 %.

Verrattaessa edellä esitettyjä prosenttilukuja aikaisemmissa tutkimuksissa saatuihin löydetään useimmiten selvää yhdenmukaisuutta. LUKKALAN (1942) mukaan metsikkösadantaprosentti on koivikossa 74 % ja SIRÉNIN (1955) mukaan 78—79 %. TEIVAINEN (1952) on arvioinut koivikon läpäisevyyden suuremmaksi, 85—90 %:iin. Männiköiden kohdalla muissa tutkimuksissa on yleensä päädytty jonkin verran suurempiin metsikkösadantaprosentteihin, esim. LUKKALA (1942) 80 %, TEIVAINEN (1952) 80—85 % ja SEPPÄNEN (1964) 86 %. Tosin pienempiäkin lukuja on esitetty, esim. HEIKINHEIMO (1912) on päätenyt 64 %:iin. Muut tutkijat ovat kuusikoissa saaneet hyvin samantapaisia arvoja kuin mihin tässä työssä on päädytty, esim. BUHLER (1892) 55—60 %, HEIKINHEIMO (1912) 55 %, LUKKALA (1942) 54—65 % ja STÄLFELT (1944) 57 %.

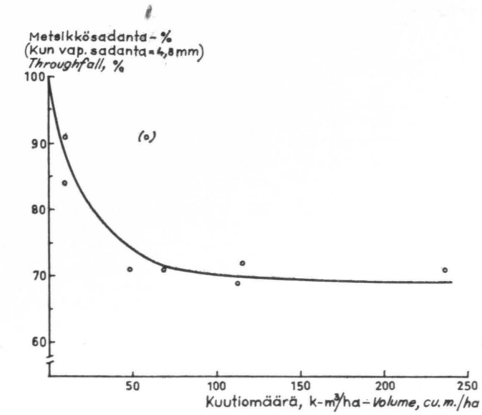
Metsikkösadantaprosentin ja jonkin puulajista riippumattoman puustotunnusten välisen riippuvuussuhteen löytäminen vaikuttaisi erittäin käyttökelpoiselta. Eri puulajien pidäntä on kuitenkin siksi erilainen, että mainittua puulajista riippumatonta vuorosuhdetta tuskin on olemassa. Aineiston vähäisyyden vuoksi asian tarkastelu on tässä yhteydessä mahdotontakin.

Taulukko 2. Koealat puulajeittain ja kuutiomäärän suhteen kasvavana sarjana sekä koealojen pohjapinta-alat, latvuspeitot, metsikkösadantaprosentit havaintomateriaalin keskiarvona, metsikkösadantaprosentit vapaan sadannan ollessa 4.8 mm ja metsikkösadantaprosentit keskimäärin eri puulajeja olevissa metsiköissä.

Table 2. Sample plots by tree species and in order of increasing volume; the basal areas, crown covers, stand precipitation as average relative values, stand precipitation during 4.8 mm gross precipitation, and stand precipitation averaged for stands of different tree species.

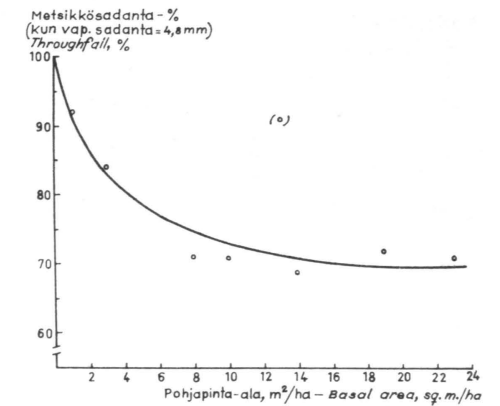
Koeala N:o	Puulaji	Kuutiomäärä k-m ³ /ha	Pohjapinta-ala m ² /ha	Latvuspeitto %	Metsikkösadanta-% koko aineiston keskiarvona	Metsikkösadanta-% vapaan sadannan ollessa 4,8 mm	Metsikkösadanta-% keskimäärin
Sample plot N:o	Tree species	Volume cu.m/ha	Basal area sq.m/ha	Crown cover %	Average stand precipitation, all data %	Stand precipitation during 4.8 mm gross precipitation	Stand precipitation average %
10	Mä Pi	10	3	26	85	84	
13	» »	10	1	7	93	92	
1	» »	49	10	27	70	71*	
15	» »	59	13	28	(90)	(91)	
11	» »	69	8	14	78	71*	
5	» »	113	14	24	69	69*	
6	» »	116	19	27	68	72*	
2	» »	237	23	38	68	71*	76 (71*)
12	Ku Spr	97	11	31	69	65	
8	» »	161	18	26	63	64	
3	» »	358	30	43	55	57	62
4	Ko Bi	57	10	37	75	78	
7	» »	90	17	26	72	76	77
9	Ku+ko-verhop	115	19	47	72	77	
14	Spr+Bi nurse st	123	18	33	70	73	75

Saman puulajin sisällä metsikkösadantaprosenttien ja puustotunnuksen välistä riippuvuutta voidaan tässä yhteydessä tarkastella ainoastaan männikköiden kohdalla, joita aineistoon kuuluu 8 kappaletta. Kuten jo taulukosta 2 nähdään, ei ainakaan latvuspeitto näytä selittävän männikköiden sateen läpäisevyyttä. Jos jätetään huomioon ottamatta muista koealoista poikkeava koeala 15, voidaan todeta, että metsikkösadantaprosentti ensin jyrkästi pienenee puuston kuutiomäärän ja pohjapinta-alan suuretessa, mutta asettuu nopeasti jokseenkin vakiotasolle (kuvat 8 ja 9). Mainittakoon, että lumitutkimusten yhteydessä MUSTONEN (1965, s. 11) on päättänyt käyttämään puuston kuutiomäärää yhtenä selittäjänä, koska puuston määrä ilmaisee puustopidäntään vaikuttavan tekijän, oksistomassan määrän paremmin kuin esimerkiksi tiheys. YLI-VAKKURI



Kuva 8. Metsikkösadannan riippuvuus männikön kuutiomäärästä, kun vapaa sadanta on 4,8 mm.

Fig. 8. The correlation between stand precipitation and pine stand volume during 4.8 mm gross precipitation.



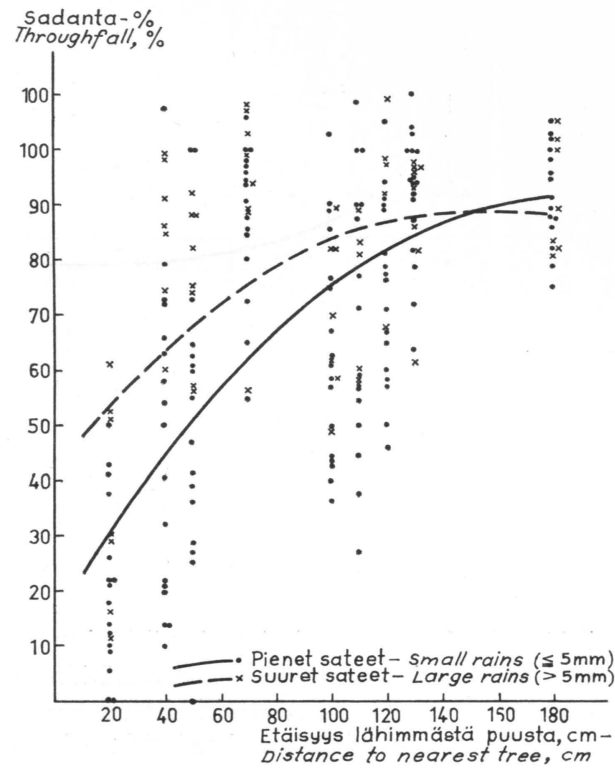
Kuva 9. Metsikkösadannan riippuvuus männikön pohjapinta-alasta, kun vapaa sadanta on 4,8 mm.

Fig. 9. The correlation between stand precipitation and pine stand basal area during 4.8 mm gross precipitation.

(1960, ss. 38—39) korostaa niin ikään, että latvuston peittävyuden lisäksi myös sen paksuus ja laatu sekä korkeus maasta olisi otettava huomioon. Sekä tämän työn että edellä referoitujen tutkimusten perusteella näyttäisi siis SEPPÄSEN (1964, s. 7—8) laskelma puuston tiheyden vaikutuksesta sademäärään männikössä aikalailla kyseenalaiselta.

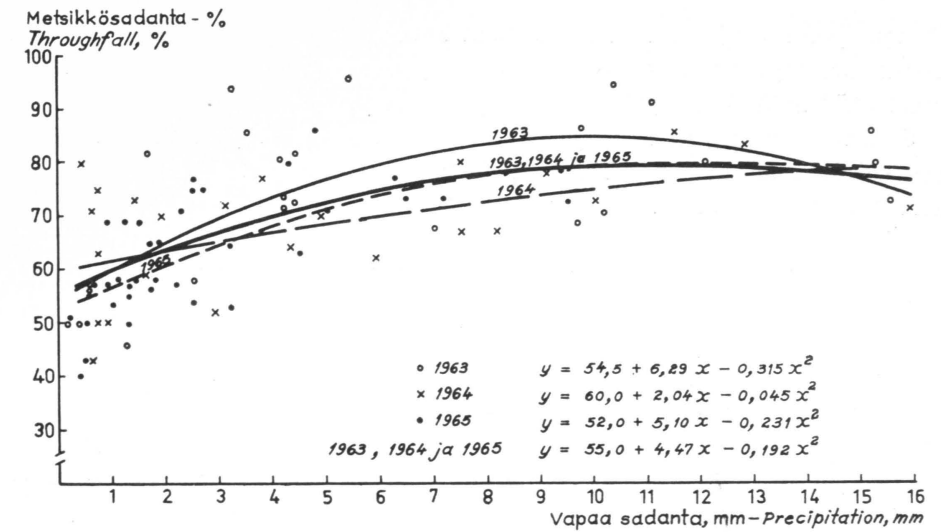
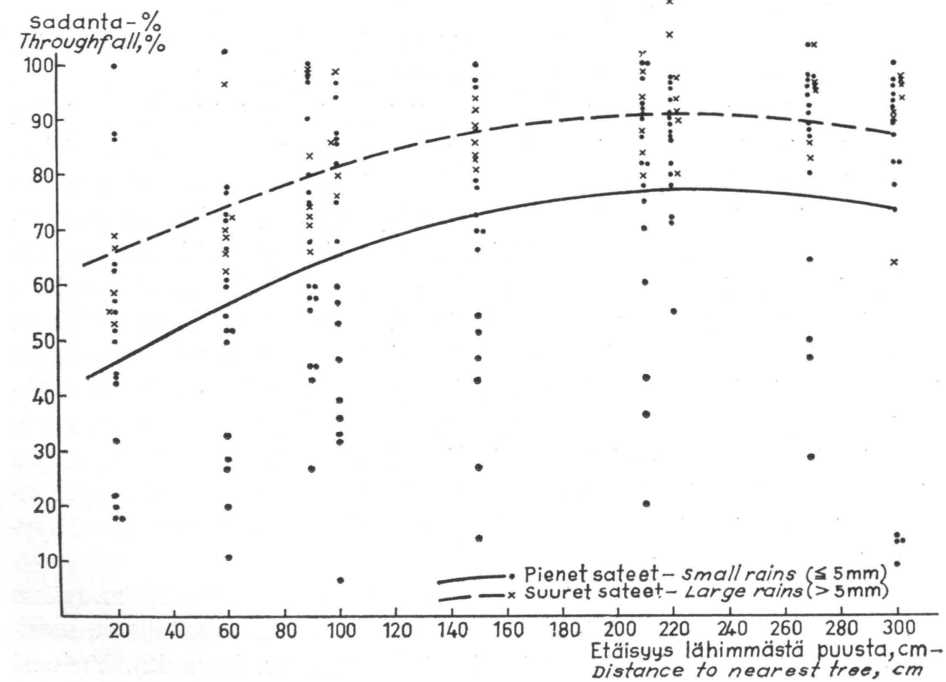
Sadantaprosenttien ja havaintopisteen lähimmästä puusta mitatun etäisyyden välisen riippuvuussuhteen selvittelyyn antaa käytettävissä olleiden sademittarien vähyys vain rajoitetut mahdollisuudet. Esimerkin vuoksi kuviin 10 ja 11 on otettu kahden koealan mainittua riippuvuussuhdetta osoittavat kuvaajat. Sateet on jaettu sademäärän perusteella kahteen luokkaan: alle ja yli 5 mm:n sateisiin. Kuvien pisteet edustavat alkuperäisten sadantahavaintojen prosentista osuutta vapaasta sadannasta. Hajonta on suuri, mutta kuitenkin on selvästi havaittavissa latvuston sateen maahan pääsyä ehkäisevän vaikutuksen väheneminen siirryttäessä rungosta pois päin. Eräs hajontaa lisäävä tekijä on varmasti tuuli, vaikka sen vaikutusta ei ole voitukaan tämän työn yhteydessä tarkemmin tutkia. Nuoressa männikössä, jossa oksat ovat lyhyitä ja elävä oksisto alkaa n. 3 metrin korkeudelta, puun sateelta suojaava vaikutus on selvä, mutta toisaalta sen vaikutusala on varsin pieni. Koivikossa sadeolot ovat paljon tasaisemmat. Myös muilla koealoilla metsikköön pääsevä sademäärä riippui samansuuntaisesti kuin esimerkiksi otetuissa tapauksissa havaintopisteen etäisyydestä lähimmästä rungosta.

Eri havaintovuosien välisiä eroja metsikkösadantaprosenttien tasoituskuvauksissa pyritään tarkastelemaan koealojen 3 ja 6—10 avulla. Näillä koealoilla on suoritettu sadantamittauksia kahtena tai kolmena kesänä (ks. kuva 12). Yleisenä



Kuva 10. Sadantaprosentin riippuvuus havaintopisteen etäisyydestä lähimmästä puusta nuorena männikössä (koeala 1).
Fig. 10. Relative precipitation at different observation distances from the closest tree in a young pine stand (sample plot 1).

Kuva 11. Sadantaprosentin riippuvuus havaintopisteen etäisyydestä lähimmästä puusta koivikossa (koeala 4).
Fig. 11. Relative precipitation at different observation distances from the closest tree in a birch stand (sample plot 4).



Kuva 12. Esimerkki eri havaintovuosien välisistä eroista metsikkösadantaprosenttien tasoituskuvaajissa (koeala 6).

Fig. 12. An example of differences in the smoothed delineators of stand precipitation in different years (sample plot 6).

piirteinä voidaan todeta, että vuoden 1963 käyrä kulkee selvästi vuosien 1964 ja 1965 käyrien yläpuolella. Viimeksi mainitut eivät sitä vastoin yhtä selvästi poikkea toisistaan, vaan tasoitustavasta johtuen menevät paikoin ristikkäinkin. Eri vuosien välisten poikkeamien syytä tutkittiin mm. sadantaintensiteetin avulla. Tällöin käytettiin apuna koealan 6 lähetyvillä avoimella paikalla olleen piirtävän sademittarin kumulatiivista sadantakäyrää. Jokaiselle mitatulle sateelle laskettiin sadantaintensiteetti, jolla tarkoitetaan millimetreinä ilmaistun sademäärän ja sateen kestoajan (sadetauot pois luettuna) tunteina osamäärää. Eri vuosille laskettiin erikseen yli ja alle 5 mm:n sateille sekä yhteensä kaikille sateille yksittäisten sateiden sadantaintensiteettien sademäärällä painotetut keskiarvot. Laskelmat antoivat seuraavat tulokset:

	Keskim. sadantaintensiteetti, mm/h		
	Alle 5 mm:n sateet	Yli 5 mm:n sateet	Kaikki sateet
1963	1,81	2,46	2,32
1964	1,02	1,91	1,71
1965	1,23	1,47	1,35
Keskimäärin vv. 1963—1965	1,34	2,08	1,85

Nähdään, että sekä pienillä että suurilla sateilla keskimääräinen sadantaintensiteetti on ollut suurin vuonna 1963. Vuosien 1964 ja 1965 sadantaintensiteetti

tit eivät poikkea yhtä selvästi toisistaan kuten jo havaittiin metsikkösadanta-prosenttien tasoituskuvaajienkin kohdalla. Asetelmasta nähdään, että suuret sateet ovat myös keskimäärin rankempia kuin pienet sateet.

Sadantaintensiteetin suuruuden vaikutus metsikköön pääsevään suhteelliseen sademäärään on selvä. Tämä nähdään myös seuraavasta asetelmasta. Laskelmat on tehty koelalta 6.

	Sadantaintensiteetti ≥ 2,1 mm/h	Kaikki sateet
	Metsikkösadanta-%	
1963	80,6	75,0
1964	80,7	72,8
1965	80,6	70,2

Käänteisesti voidaan asia ajatella seuraavasti: Sateen pidättyminen puiden latvuksiin on suurimmillaan sadekuuron alussa. Lehtien, neulasten ja oksien pinnat ovat tällöin vielä kuivat. Sen jälkeen kun nämä ovat kostuneet, tulee pidättyvä määrä yhtä suureksi kuin haihtuminen näiltä pinnoilta. WISLER ja BRATER (1959, s. 195) ovat esittäneet seuraavan kaavan:

$$x = a + bt,$$

jossa x = kokonaispidäntä,
 a = pidäntäkapasiteetti,
 b = haihdunta tunnissa,
 t = sateen kesto aika tunneissa.

Näin ollen yhtäsuuria vapaan sadannan määriä vastaavat metsikkösadanta-prosentit saattavat poiketa toisistaan riippuen sateen voimakkuudesta ja jakaantumisesta eri suuriin kuuroihin.

On selvää, etteivät keskimääräiset sadantaintensiteettiluvut riitä yksinään selittämään eri vuosien välisiä eroja metsikkösadantaprocenttien tasoituskuvaajissa. Mitattujen sateiden keskikoko on myös ollut suurin ensimmäisenä havaintovuotena. Havaintojen vähyys ja tasoitustavan heikkoudet saattavat poikkeuttaa eri vuosien kuvaajia toisistaan. Toisaalta puuston lehti- ja neulamassa saattaa vaihdella melkoisesti vuodesta toiseen, jolloin tasoituskuvaajien poikkeamat voivat olla todellisia, puustosta aiheutuvia puustopidännän eroja.

413. Sateen pääsy yksityisen puun alle metsikössä

Koelalla 5 pyrittiin tavanomaisen metsikkösadantamittauksen lisäksi selvittämään, millä tavoin sade pääsee tunkeutumaan yksityisen puun latvuksen lävitse suhteellisen tasaisessa metsikössä. Tätä tarkoitusta varten valittiin kolme koepuuta (mänty, kuusi ja koivu), jotka kooltaan olivat samaa suuruusluokkaa, kuten seuraavasta asetelmasta ilmenee.

	$D_{1,3}$	Pituus, m	Latvuksen pituus, m	Latvuksen ala, m ²
Mänty	25	17,0	9,0	6,6
Kuusi	21	15,5	15,0	5,3
Koivu	21	15,5	10,5	10,0

Kunkin koepuun alle asetettiin 8 sademittaria, 2 kuhunkin pääilmansuuntaan rungosta. Sademittarien etäisyydet rungon keskipisteestä olivat 50 ja 125 cm.

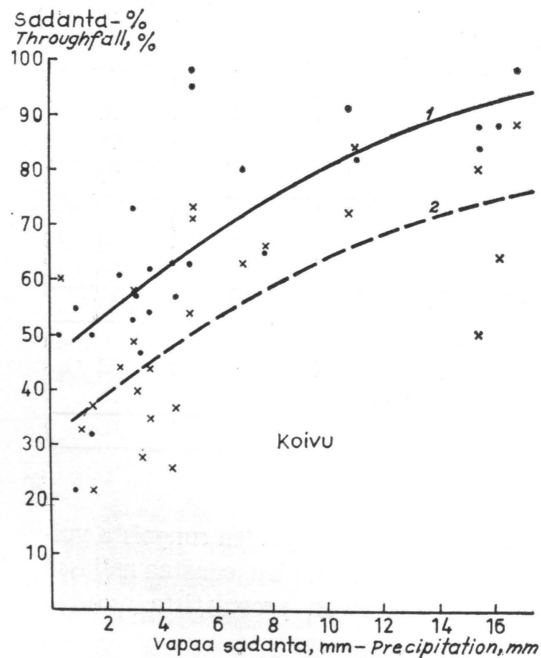
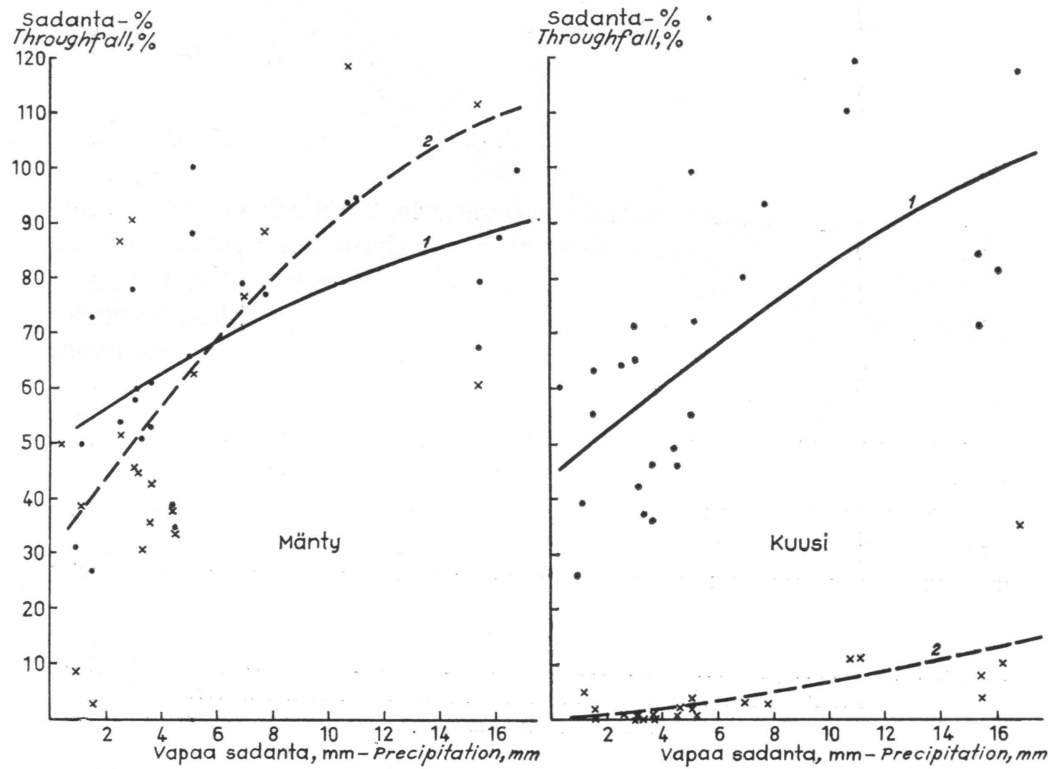
Taulukossa 3 esitetään koepuiden alla eri havaintopisteissä mitatut sadantamäärät prosentteina vapaasta sadannasta. Kummallakin etäisyydellä koepuiden rungosta on lisäksi laskettu neljän sademittarin keräystulosten keskiarvona keskimääräinen sadantaprocentti.

Kuusen latvuksen suurella pituudella on ilmeinen vaikutus pidäntään. Sen alle pääsee vain runsaasti puolet siitä sademäärästä, joka pääsee männyn latvuksen alle. Koivu ja mänty taas ovat sateen pidättyvyyden suhteen varsin samankaltaisia. Tulokset ovat siis samansuuntaisia kuin eri puulajien muodostamien metsikköiden keskimääräisiä sadantaprocentteja tarkasteltaessa havaittiin.

Taulukko 3. Sadantaprocentti yksityisen puun alla 50 ja 125 cm:n etäisyydellä rungosta.
 Table 3. Per cent precipitation under an individual tree at distances of 50 and 125 cm from the trunk.

Puulaji ja etäisyys rungosta, cm Tree species and distance from trunk, cm	Ilmansuunta Compass direction				Keskim. Average
	Etelä South	Länsi West	Pohj. North	Itä East	
Mä Pi 50	88	79	92	76	84
125	90	70	43	70	68
Keskim. — Average	89	75	67	73	76
Ku Spr 50	5	4	17	9	8
125	81	73	65	101	80
Keskim. — Average	43	39	41	55	44
Ko Bi 50	63	63	57	68	63
125	85	76	66	85	78
Keskim. — Average	74	70	61	77	70

Keskimääräisiä sadantaprocentteja eri etäisyyksillä koepuiden rungoista voidaan tarkastella myös kuvan 13 avulla. Piirroksissa kukin piste edustaa neljässä mittauskohdassa mitattujen sadantamäärien keskiarvon prosenttista osuutta vastaavan ajanjakson vapaan sadannan arvosta.



Kuva 13. Eri suuruisten sateiden pääsy yksityisen puun alle. Kukin piste on neljässä mittauskohdassa mitattujen sadantamäärien keskiarvon prosenttinen osuus vastaavasta vapaan sadannan arvosta. Käyrä 1 keskimääräinen sadanta-% 125 cm:n ja käyrä 2 50 cm:n etäisyydellä rungosta.

Fig. 13. Throughfall during variable rains under an individual tree. The points are averages of four sites, expressed as per cent of the gross precipitation. Curve 1 shows average precipitation at 125 cm and curve 2 at 50 cm from the trunk.

Mäntykoepuun kohdalla tasoituskäyrät menevät ristikkäin. Pienillä sateilla 125 cm:n etäisyydellä rungosta olleet mittarit ovat saaneet enemmän sadetta kuin 50 cm:n etäisyydellä olleet mittarit. Suurilla sateilla taas lähinnä männyn runkoa olleet mittarit ovat saaneet keskimäärin enemmän sadetta kuin kauempana olleet mittarit. Tämä käy täysin yksiin SEPPÄSEN (1964, s. 10) esittämien tuloksien kanssa sateen horisontaalisesta jakaantumisesta männikössä. Sadanta-prosentit ylittävät suurilla sateilla paikoin 100 %:n tason. Tämä aiheutuu lähinnä oksistosta keräytyvästä vedestä, joka painovoiman tai tuulen tai näiden yhteisvaikutuksesta tippuu sademittareihin.

Kuusen alla mitattujen sademäärien tasoituskäyrät näyttävät varsin luonnollisilta. Lähellä runkoa maahan pääsevä sateen osa on vain 0—10 % vapaasta sadannasta. Latvusprojektion rajan tuntumassa (125 cm:n etäisyydellä rungosta) tasoituskäyrä nousee voimakkaasti vapaan sadannan suuretessa. Tämäkin johtuu suurien sateiden aiheuttamasta sadeveden valumisesta alaspäin suuntautuneita oksia myöten maahan.

Koivun alle sade näyttää jakaantuvan varsin tasaisesti. Sama nähdään jo yksityisten sademittarien keskimääräisistä mittaustuloksista (taulukko 5). Kuitenkin on selvästi havaittavissa, että sadanta prosentti lähempänä runkoa (50 cm:n etäisyydellä) on n. 15 prosenttiyksikköä pienempi kuin lähempänä latvusprojektion rajaa.

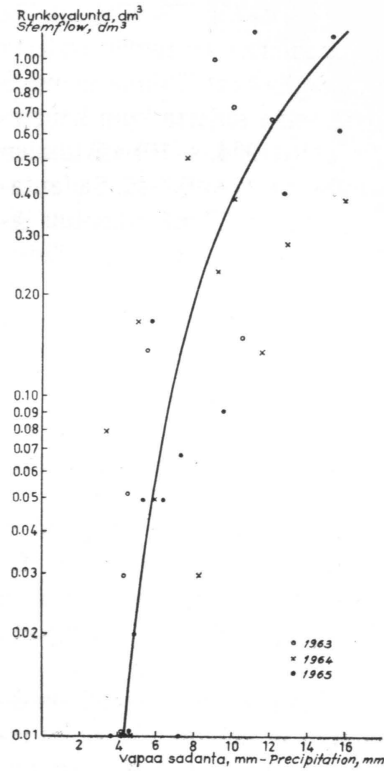
Edellä esitetystä voidaan todeta, että sademäärä kuusen latvuksen alla vaihtelee varsin paljon riippuen mittauskohdasta. Männyn ja koivun alle sade tunkeutuu jokseenkin yhtä hyvin. Etenkin koivun alla sadeolot ovat varsin tasaiset, joskin maahan pääsevän sateen osuus kasvaa siirryttäessä rungosta latvusrajaa kohden.

42. Runkovalunta

Mitatut runkovaluntamäärät kuutiodesimetreinä asetettiin puolilogaritmiiseen koordinaatistoon, jossa abskissana oli ko. mittauskauden vapaa sadanta millimetreinä. Kullekin koepuulle laadittiin oma pisteistönsä, jonka mukaan käsivaraisesti suoritettiin tasoitus. Kuten esimerkiksi asetetusta kuvasta (kuva 14) nähdään, on hajonta varsin suuri.

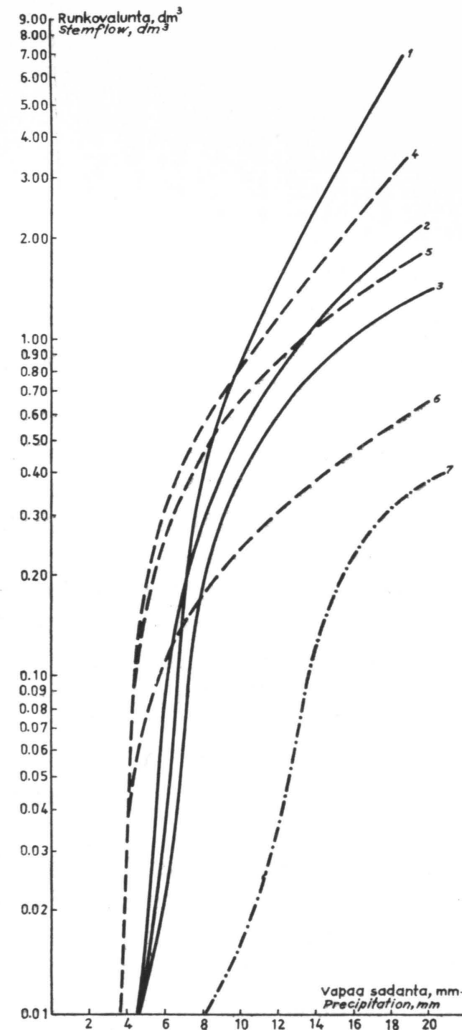
Primääriaineistoa tarkasteltaessa havaittiin, että sekä mänty- että koivukoepuiden kokotunnusten kasvaessa myös mitatut runkovaluntamäärät kasvavat. Runkovaluntamääriin vaikuttavat kuitenkin muutkin tekijät kuin koepuiden koko ja muoto. Tällaisia tekijöitä ovat mm. koepuun sijainti metsikön muihin puihin nähden, oksiston ja rungon lämpötila sateen sattuessa, tuulen suunta ja voimakkuus jne. Näitä seikkoja ei ole kuitenkaan voitu selvittää tämän työn yhteydessä.

Systemaattista virhettä mitattuihin runkovaluntamääriin saattaa aiheutua keräyskaulukselle satavasta tai oksistosta tippuvasta vedestä. Keräyskaulusten



Kuva 14. Esimerkki runkovaluntamittausten käsivaraisesta tasoittamisesta (mänty $D_{1,3}$ 9 cm, koealalta 6).

Fig. 14. An example showing the method of smoothing the stemflow measurements by free hand (pine $D_{1,3}$ 9 cm from sample plot 6).



Kuva 15. Keskimääräinen runkovalunta (dm^3/runko) läpimittaluokittain männikössä ja koivikossa sekä kuusikon kaikkien runkovaluntakoeputien keskimääräinen runkovalunta erisuuruisten sateiden aikana. Fig. 15. Average stemflow ($\text{cu.dm}/\text{stem}$) by diameter classes in a pine and birch stand, and average stemflow of all spruce sample trees during variable rains.

Mänty 1 $D_{1,3}$ 5–9 cm (3 runkoa – stems)
 Pine 2 » 11–15 » (3 » - »)
 3 » 17–19 » (2 » - »)
 Koivu 4 » 5–7 » (4 » - »)
 Birch 5 » 9–11 » (4 » - »)
 6 » 13–15 » (6 » - »)
 Kuusi 7 » 9–25 » (9 » - »)
 Spruce

ala on kuitenkin suurimmillaankin vain alle 50 cm^2 ja koska metsikkösadanta-prosentti lähellä runkoa on varsin pieni ja toisaalta suuren sateen kohdalla runkovaluntamäärä on keräyskaulukselle mahdollisesti sateena tulevaan vesimäärään verrattuna 10–20-kertainen, ei tätä mahdollista virhettä ole ryhdytty eliminoidaan. Kuten myöhemmin esitettävien lukusarjojen yhteydessä nähdään, nousee koko metsikön runkovalunta suurellakin sateella vain noin yhteen prosenttiin vapaan sadannan määrästä, joten mahdollisella systemaattisella virheellä ei ole merkitystä metsikön saamaa kokonaisvesimäärää arvioitaessa.

Männikön ja koivikon kohdalla päädyttiin runkovaluntakoeputista mitattujen runkovaluntamäärien yhdistämiseen eri rinnankorkeusläpimittaluokkien keskimääräisiksi käyriksi (kuva 15). Kookkaassa kuusikossa tulee varsin pieni vesimäärä runkoa pitkin valumalla maahan. Rungon koon vaikutus valuvaan vesimäärään ei ole myöskään selvä. Tämän vuoksi katsottiin yhteinen rungon koosta riippumaton runkovaluntakuvaaja (kuva 15) riittäväksi koko koealan runkovalunnan laskentaperustaksi.

Taulukko 4. Vapaan sadannan ja runkoja pitkin valuneen vesimäärän suhde männikössä (koeala 6), koivikossa (7) ja kuusikossa (8).

Table 4. Ratio of gross precipitation and stemflow in a pine stand (sample plot 6), birch stand (7), and spruce stand (8).

Koeala Sample plot	6		7		8	
	Männikkö, 115 $\text{k-m}^2/\text{ha}$ Pine stand, 115 $\text{cu.m}/\text{ha}$		Koivikko, 90 $\text{k-m}^2/\text{ha}$ Birch stand, 90 $\text{cu.m}/\text{ha}$		Kuusikko, 161 $\text{k-m}^2/\text{ha}$ Spruce stand, 161 $\text{cu.m}/\text{ha}$	
Vapaa sadanta mm Gross precipitation mm	Runkovalunta — Stemflow					
	mm	% vap. sadannasta % of gross ppt	mm	% vap. sadannasta % of gross ppt	mm	% vap. sadannasta % of gross ppt
4	0	0	0,01	0,3	0	0
5	0	0	0,03	0,6	0	0
6	0,01	0,2	0,05	0,8	0	0
7	0,02	0,3	0,06	0,9	0	0
8	0,05	0,6	0,08	1,0	0	0
9	0,07	0,8	0,09	1,0	0	0
10	0,09	0,9	0,11	1,1	0	0
11	0,11	1,0	0,13	1,2	0	0
12	0,14	1,2	0,15	1,3	0,01	0,1
13	0,17	1,3	0,17	1,3	0,01	0,1
14	0,20	1,4	0,19	1,4	0,01	0,1
15	0,24	1,6	0,22	1,5	0,02	0,1
16	0,28	1,8	0,24	1,5	0,02	0,1
17	0,33	1,9	0,27	1,6	0,02	0,1

Taulukossa 4 esitettävä vapaan sadannan ja runkoja pitkin valuneen vesimäärän vertailu on saatu aikaan siten, että kunkin läpimittaluokan runkoluvulla on kerrottu kutakin vapaan sadannan arvoa vastaava yksikkörunkovalunta ja luokkien runkovalunnat on laskettu yhteen ja edelleen muutettu pinta-alan avulla sadantamillimetreiksi. SIRÉN (1955, s. 206) on menetellyt samalla tavoin. SEPPÄNEN (1964, s. 10) on ilman luokittelua kertonut keskimääräisellä runkoa kohden mitatulla runkovalunnalla runkoluvun ja saanut sitä kautta alueen kokonaisrunkovalunnan. KITTREDGE ym. (1941) ovat sitä vastoin muuntaneet runkovalunnat latvusprojektoiden pinta-alan perusteella sadantamillimetreiksi.

Runkoja pitkin valui tämän tutkimuksen perusteella männikössä 0—1,9 % ja koivikossa 0—1,6 % vapaan sadannan määrästä. Kuusikossa runkovalunta oli aivan häviävän pieni. Kaiken kaikkiaan runkovalunta voidaan katsoa erittäin vähäiseksi maan saaman vesimäärän lisääjäksi.

Muissa tutkimuksissa on esitetty hyvin samantapaisia tuloksia. SEPPÄNEN (1964, s. 11) on saanut männikössä keskimääräiseksi runkovalunnaksi 0,4 %, kun taas KITTREDGE ym. (1941, s. 513) muissa olosuhteissa ovat saaneet 1 %. STÅLFELT (1944, ss. 462—463) on kuusikon runkovalunnan kohdalla päätenyt 0,6 %:iin, SIRÉN (1955, s. 210) toteaa taas sen ainakin Pohjois-Suomen kuusikoissa lähes olemattomaksi. Koivikossa SIRÉN (em.t.) on sitä vastoin mitannut varsin suuria runkovaluntamääriä, 7,8—8,4 % koko kesän sademäärästä. Samoin kuin käsillä olevassa tutkimuksessa (ks. kuva 15), myös RIEGLER (1881, s. 239) on todennut, että runkovalunta alkaa eri puulajeilla aina vasta tietyn suuruisilla sateilla.

43. Varpukasvillisuuden vaikutus maahan pääsevään sademäärään

Kuten aineiston keräyksen esittelyn yhteydessä kävi selville, suoritettiin koealoilla 11, 13 ja 15 sadantamittauksia vastaavasti 6, 5 ja 4:llä sademittarilla myös varpukerroksen alla.

Sademittarien määrä varpukerroksen alle pääsevän sademäärän selvittämiseksi on liian vähäinen, mutta suuntaa antavia lukuja niistä sentään saadaan. Koealalla 13 varpukerroksen alla olleet mittarit sijaitsivat kaikki koealan metsittyneellä osalla, joten myös vain koealan tämän osan sadantaprosentteihin varpukerroksen alle tullutta vesimäärää verrataankin. Seuraavassa taulukossa esitetään varpukerroksen ylä- ja alapuolella mitattujen sadantaprosenttien erotuksia koealoittain.

Varpukerroksen ylä- ja alapuolella mitattujen sadantaprosenttien erotukset vaihtelevat pienillä sateilla (1 mm) 30—46 ja erittäin suurilla sateilla (15 mm) 12—21. Nämä luvut eivät kuitenkaan sinänsä ilmaise sitä sadannan osaa, joka pidättyy varpukerrokseen, sillä varpujen »runkoja» pitkin valuu myös vettä

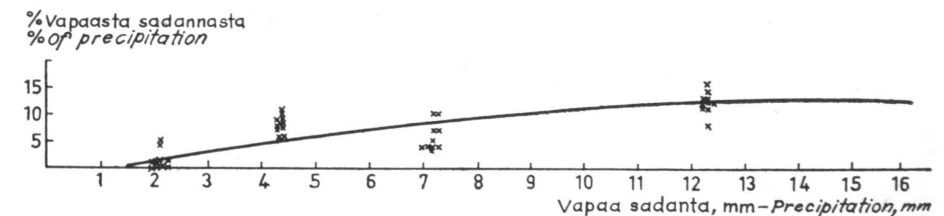
Taulukko 5. Varpukerroksen ylä- ja alapuolella mitattujen sadantaprosenttien erotukset koealoittain. Koealan 15 kohdalla suluissa esitetty arvio varpukerrokseen todella pidättyvästä vapaan sadannan prosenttisesta osuudesta.

Table 5. Differences in relative precipitation between the measurements made above and below the shrub layer, by sample plots. For sample plot 15, an estimate has been given in brackets for the part of rain actually retained by the shrub layer.

Vapaa sadanta mm Gross precipitation, mm	Sadantaprosenttien erotus Difference between relative ppt		
	Koeala 11 Sample plot 11	Koeala 13 Sample plot 13	Koeala 15 Sample plot 15
1	30	37	46 (46)
5	24	33	33 (28)
10	17	28	23 (13)
15	12	21	18 (7)

maahan. Tätä sadannan osaa eivät varpukerroksen alle sijoitetut sademittarit kuitenkaan pysty rekisteröimään.

Asian selvittämiseksi tutkittiin syyskuussa 1965 koealalla 15 varpuja pitkin maahan valuvaa vesimäärää 10 pintakasvillisuusympyrän alalta. Varpukerros oli koealalla lähes yhtenäinen ja päävarpuna oli *Ledum palustre*. Ympyröiden pinta-ala oli 1/4 m². Sattumanvaraisesti valituille ympyröille sattuvat kaikki varvut katkaistiin maanpinnan tasalta. Katkaistut varvut sijoitettiin kasvu- paikoillaan maahan suutaan myöten upotettuihin pulloihin mahdollisimman luonnonmukaiseen asentoon. Varvun katkaisupinta ei kuitenkaan tullut lähelle pullon pohjaa. Jos pulloon olisi kerääntynyt paljon vettä, varpu olisi saattanut haihduttaa osan vedestä ennen mittauksen suorittamista. Kontrollin vuoksi asetettiin myös kaksi tyhjää pulloa ilman varpua. Mittauksia suoritettiin yhteensä 40 varvusta. Tämän tutkimusosan aikana sattui vain neljä selvästi mitattavaa sadetta. Sateiden suuruus vaihteli 2,0—12,3 mm. Suurin yksityisestä varvusta kertynyt vesimäärä oli 120 cm³. Kullakin pintakasvillisuusympyrällä varvuista yhteensä kertynyt vesimäärä laskettiin pinta-alan suhteessa sadantamillimetreiksi. Saadut sadantamillimetrit laskettiin prosentteina vastaavasta



Kuva 16. Varpuja pitkin maahan valuva vesimäärä prosentteina vapaan sadannan määrästä eri suurien sateiden aikana.

Fig. 16. Stemflow reaching the ground from shrubs (per cent of gross precipitation) during variable rains.

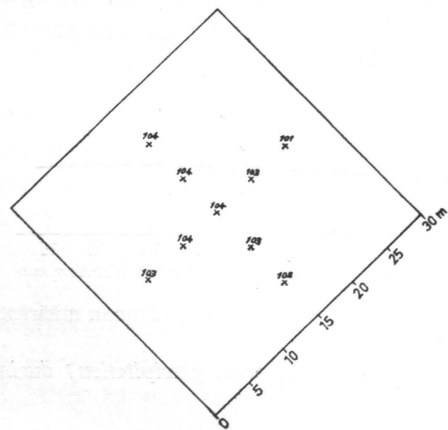
vapaan sadannan arvosta. Pistejoukko, jonka mukaan käsivarainen fasoitus on suoritettu, on varsin vähäinen (kuva 16). Kuitenkin voidaan todeta, että varpuja pitkin valuu varsin huomattava osa sateesta maahan, varsinkin suurien sateiden aikana. Niin ollen varpujen todellisuudessa pidättämä prosenttinen osuus sateesta on huomattavasti pienempi kuin pelkillä sademittareilla suoritettujen mittauksien perusteella saattaisi päätellä. Taulukossa 6 esitetään koealan 15 kohdalla suluissa varpukerroksen todellinen pidäntä, joka tosin saattaa olla jonkin verran liian suuri johtuen metsikkösadantaa mittaavien mittarien epäedullisesta sijainnista koealan puihin nähden, kuten jo aiemmassa yhteydessä havaittiin. Voidaan kuitenkin todeta, että vielä suurillakin sateilla varpukerros pidättää 7—13 % vapaasta sadannasta, vaikka varpuja pitkin maahan valuukin lisäksi noin 10 % vapaan sadannan määrästä.

44. Sateen jakaantuminen metsikköön hakatussa aukossa

Mikroilmasto-olot pienehkössä metsikköön hakatussa aukossa ovat luonnollisesti toisenlaiset kuin aukealla paikalla.

Tämän työn yhteydessä haluttiin tutkia myös sateen jakaantumista metsikköön hakatussa aukossa. Koealan 16 muodosti 30×30 m:n laajuinen aukko, jota ympäröivä metsä oli samanlaista nevuuttumalle syntynyttä tasaista nuorta männikköä kuin koealalla 6. Aukkoon sijoitettiin yhdeksän sademittaria. Sademittari tuli 5, 10 ja 15 metrin päähän aukon jokaisesta laidasta. Sademittarien sijainti ja kunkin sademittarin keskimäärin saama sademäärä prosentteina aukealla mitatusta sademäärästä käy selville myös kuvasta 17.

Eri sademittarien tyhjennyskertaisia sademääriä tarkasteltiin varianssianalyysin avulla. Yksityisten sademittarien keräysmäärien välille ei saatu merkittävää eroa. Kunkin sateen aikana aukkoon keskimäärin tullutta sademäärää verrattiin aukealla paikalla (piirtävällä, tuulisuojuksottomalla sademittarilla) mitattuun sademäärään. Varianssianalyysi osoitti seuraavat F -arvot:



Kuva 17. Metsikköön hakattuun aukkoon (koeala 16) asetettujen sademittarien sijainti. Luvut ilmoittavat kunkin sademittarin koko havaintokauden keskimääräisen suhteellisen sademäärän, kun aukealla paikalla mitattua sademäärää merkitään = 100.

Fig. 17. Sites of rain gauges in an opening cut in sample plot 16. The numbers give average relative precipitation for each gauge for the period of measurement (precipitation in the open = 100).

$$\begin{aligned} \text{Laskettu } F &= 7,61^{xx} \\ \text{Teor. } F_{1,0} \% &\sim 7,60 \end{aligned}$$

Täten siis metsikköön hakatussa aukossa ja aukealla paikalla mitattujen sademäärien ero oli merkitsevä. Koko mittausajanjakson aikana saatiin sadetta keskimäärin 3 % enemmän metsikköön hakatussa aukossa kuin aukealla paikalla.

Edellä saatu tulos käy täysin yksiin GEIGERIN (1957, ss. 350—353) esittämien tulosten kanssa. GEIGER vertailee metsikköön hakatun aukon sääoloja aukon läpimitan (D) ja ympäröivän metsikön keskipituuden (H) suhteeseen. Hänen aineistossaan tämän suhteen ollessa 1,47 ($D = 38$ m ja $H = 26$ m) oli aukossa mitattu sademäärä suurimmillaan. Silloin saatiin aukossa keskimäärin 5 % enemmän sadetta kuin aukealla paikalla. Aukon koko on tällöin sellainen, ettei ympäröivä metsä enää estä sateen pääsyä aukkoon. Toisaalta aukossa valitsevasta ilman tyyneydestä johtuu, että siellä mitataan suurempi sademäärä kuin aukealla.

Tässä työssä aukon läpimitan ja ympäröivän metsän keskipituuden suhteeksi saatiin 2,61. Myös tätä suhdetta vastaava metsikköön hakatun aukon sama prosentuaalinen sademäärä (103 %) sopii GEIGERIN (1957, s. 352) esittämään taulukkoon.

Todellisuudessa tuskin aukkoon sataa sen enempää kuin täysin avoimelle paikalle, vaan näennäinen ero johtuu tuulen haitallisesta vaikutuksesta aukealla.

Sitä vastoin voidaan panna merkille, ettei tämän aineiston perusteella voida todeta reunametsän sateelta varjostavaa vaikutusta ainakaan enää 5 metrin päässä metsän reunasta, vaan sade jakaantuu yllättävän tasaisesti näinkin pienessä aukossa.

5. Tiivistelmä ja päätelmät

Tutkimuksessa on pyritty tarkastelemaan metsikkösadannan ja runkova-lunnan mittausmenetelmiä sekä yritetty selvittää sateen jakaantumisen riippuvuutta metsikön puulajista ja puuston rakenteesta. Edelleen on tarkasteltu yksityisen puun ja varpukasvillisuuden vaikutusta maahan pääsevään vesimäärään. Sateen jakaantumista metsikköön hakattuun aukkoon on niin ikään tutkittu. Kenttämittaukset on suoritettu kesinä 1963—1965. Tutkimuksen kohteena on ollut 15 metsikkökoealaa.

Saatujen tulosten yleistämiskelpoisuutta rajoittaa tutkimuksessa käytettävissä olleiden sademittarien vähäisyys. Aineisto on kuitenkin tahdottu esittää, koska tiedot metsäilmastostamme ovat toistaiseksi olleet varsin puutteellisia (FRANSSILA 1956 a, s. 4—5).

Mäntytaimistossa metsikkösadantaprosentti on 85 %:n tasolla ja lähes riippumaton sateen voimakkuudesta. Vajaapuustoisella nevuuttumalla vapaasta

sadannasta pääsee maahan 90—95 %. Muutoin näyttäisi männikössä puuston määrällä olevan vain vähäinen merkitys maahan pääsevään vesimäärään. Kaikki männikkökoealat huomioon ottaen puustotunnuksista osoittautui pohjapinta-ala parhaaksi metsikkösadantaprosentin selittäjäksi. Kuusikoita ja koivikoita sisältyi aineistoon siksi vähän, että puuston määrän vaikutusta sademäärään metsikössä ei voida tarkoin selvittää.

Koko havaintoaineiston keskimääräistä sadantaa (vapaa sadanta = 4,8 mm) vastaavat metsikkösadantaprosentit olivat eri puulajien muodostamissa metsiköissä seuraavat: koivikossa 77, männikössä 71 ja kuusikossa 62 %.

Eri havaintovuosien metsikkösadantakäyrät poikkeavat jonkin verran toisistaan. Sadantaintensiteetti näyttää osittain selittävän poikkeamia.

Yksityisen puun vaikutusta maahan pääsevään vesimäärään tarkasteltaessa voitiin todeta, että sademäärä kuusen alla riippuu paljon mittauskohdasta. Männyn ja koivun alle sade tunkeutuu jokseenkin yhtä hyvin. Sekä koivikossa että yksityisen koivun alla sadantasuhteet ovat varsin tasaiset.

Varpukasvillisuuden pidäntä osoittautui varsin merkittäväksi (7—46 % vapaasta sadannasta) tekijäksi maahan pääsevää sademäärää arvioitaessa. Edelleen havaittiin, että varpuja pitkin maahan valuva vesi on ehdottomasti otettava huomioon. Tässä työssä viimeksi mainittu sadannan osa oli suurilla sateilla jopa 10 % vapaasta sadannasta.

Runkovalunta oli kuusikossa aivan mitättömän pieni. Männikössä ja koivikossa runkovalunta oli suurillakin sateilla alle 1,5 % vapaan sadannan määrästä, joten se voidaan katsoa erittäin vähäiseksi maan saaman vesimäärän lisääjäksi.

Nyt tutkittujen metsiköiden sadantasuhteiden tuntemusta tarvitaan mm. selvitellessä avohakkuun vaikutusta turvemaiden pohjavesipintaan, tutkittaessa puuston ja pintakasvillisuuden haihduntaa sekä tarkasteltaessa sateiden aiheuttamaa hajontaa turpeen vesipitoisuuden ja pohjavesipinnan välillä vallitsevaan vuorosuhteeseen (HEIKURAINEN ym. 1964, ss. 13—15). Ilmeistä on, että puustopidännän puuttumisella pienentyneen haihdunnan lisäksi on merkittävä vaikutus suon pohjavesipinnan nousuun avohakkuun jälkeen. Avohakkuu heikentää ainakin tilapäisesti varpukasvillisuuden vitaliteettia ja lisää myös siten maan saamaa vesimäärää. Edelleen hydrologiset valunta- ja haihduntatutkimukset vaativat tietoja erilaisten metsiköiden sateenläpäisevyydestä.

Kivennäismailla maan kosteussuhteilla on tärkeämpi merkitys metsikön kehitykseen kuin esimerkiksi valolla (AALTONEN 1934, ss. 12—31). Tämän tutkimuksen kuten useiden aikaisempienkin selvitysten perusteella (esim. YLI-VAKKURI 1960, ss. 38—41) voidaan todeta, että koivu- ja mäntymetsiköt ovat ekologisesti edullisempia kuin kuusikot.

Kirjallisuusluettelo — References

- AALTONEN, V. T. 1934. Die Entwicklung des Waldbestandes und die Wachstumsfaktoren. Acta forest. fenn. 40.
- BEALL, H. W. 1934. The penetration of rainfall through hardwood and softwood forest canopy. Ecology 15: 412—415.
- BURGER, H. 1951. Waldklimafragen. Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw. XXVII.
- BÜHLER, A. 1892. Die Niederschläge im Walde. Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw. II.
- CAJANDER, A. K. 1949. Forest types and their significance. Acta forest. fenn. 56.
- DELFS, J., FRIEDRICH, W., KIESEKAMP, H. and WAGENHOFF, A. 1958. Der Einfluss des Waldes und des Kahlschlages auf den Abflussvorgang, den Wasserhaushalt und den Bodenabtrag. Aus dem Walde. Hefte 3.
- EDERMAYER, E. 1900. Der Einfluss der Wälder auf die Bodenfeuchtigkeit, auf das Sickerwasser, auf das Grundwasser und auf die Ergiebigkeit der Quellen. Stuttgart.
- ENGLER, A. 1919. Untersuchungen über den Einfluss des Waldes auf den Stand der Gewässer. Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw. XII.
- FRANSSILA, M. 1956 a. Metsäilmätieteen tutkimus. Metsikön ilmastosta I. Metsälehti N:o 5, s. 4—5.
- 1956 b. Metsän vesitaloudesta. Metsikön ilmastosta VI. Metsälehti N:o 11—12, s. 6.
- GEIGER, R. 1957. The climate near the ground. Harvard.
- GRAH, R. F. and WILSON, C. C. 1944. Some components of rainfall interception. J. For. 42: 890—898.
- GODSKE, C. L. and SCHIEDRUP PAULSEN, H. 1950. The forest precipitation. Investigations at the station of forest meteorology at os. II. Universitetet: Bergen, Årbok 1949.
- GOODELL, B. C. 1952. Watershed-management aspects of thinned young lodgepole pine stands. J. For. 50: 374—378.
- HEIKINHEIMO, O. 1912. Metsämaitten kosteussuhteista. 1. Kuivien kangasmaitten kosteussuhteet. Suomen Metsänhoitoyhdistyksen julk. XXIX.
- HEIKURAINEN, L. 1963. On using ground water table fluctuations for measuring evapotranspiration. Acta forest. fenn. 76.
- ja SEPPÄLÄ, K. 1963. Kuivatuksen tehokkuus ja turpeen lämpötila. Summary: The effect of drainage on the temperature conditions of peat. Acta forest. fenn. 76.
- , PÄIVÄNEN, J. and SARASTO, J. 1964. Ground water table and water content in peat soil. Acta forest. fenn. 77.
- HOPPE, E. 1896. Regenmessung unter Baumkronen. Mitt. Forstl. Versuchsw. Oesterreichs 21.
- ILMATIETEELLISEN KESKUSLAITOKSEN Kuukausikatsaus Suomen sääoloihin 1963, 1964 ja 1965. Vsk. 57, 58 ja 59.
- KAITERA, P. 1936. Maataloushallituksen vesistötutkimukset vuosina 1929—1935. Maataloushallituksen kulttuuriteknilisiä tutkimuksia N:o 1. Helsinki.
- KERÄNEN, J. ja KORHONEN, V. V. 1951. Ilmasto. Suomen maantieteen käsikirja. Helsinki.
- KITTREDGE, J. 1962. The influence of the forest on the weather and other environmental factors. Forest influences FAO Forestry and forest products studies 15: 81—137.
- , LOUGHEAD, H. J. and MAZURAK, A. 1941. Interception and stemflow in a pine plantation. J. For 39: 505—522.

- LUKKALA, O. J. 1942. Sateen mittauksia erilaisissa metsiköissä. Referat: Niederschlagsmessungen in verschiedenartigen Beständen. Acta forest. fenn. 50.
- 1946. Korpimetsien luontainen uudistaminen. Referat: Die natürliche Verjüngung der Bruchwälder. Comm. Inst. Forest. Fenn. 34.
- MUSTONEN, S. E. 1963. Kesäsateiden aiheuttamasta valunnasta. Maataloushallituksen insinööri- ja vesitekn. tutkimustoimiston tiedotus 3. Helsinki.
- 1965. Ilmasto- ja maastotekijöiden vaikutuksesta lumen vesiarvoon ja roudan syvyyteen. Summary: Effect of meteorologic and terrain factors on water equivalent of snow cover and on frost depth. Acta forest. fenn. 79.
- NIEDERHOF, C. H. and STAHELIN, R. 1942. Climatic conditions within and adjacent to a forest plantation in the Nebraska Sandhills. J. For. 40: 244—248.
- and WILM, H. G. 1943. Effect of cutting mature lodgepole-pine stands on rainfall interception. J. For. 41: 57—61.
- PENMAN, H. L. 1963. Vegetation and hydrology. Reading.
- PÄIVÄNEN, J. 1964. Metsikön vesitaseen selvittämismahdollisuudet. Summary: Possibilities of the explanation of the water balance of a stand. Metsätal. Aikakausl. 81: 447—450.
- 1966. Sateen jakaantuminen erilaisissa metsiköissä. Konekirjoite. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos.
- RIEGLER, W. 1881. Beobachtungen über die Abfuhr meteorischen Wassers entlang den Hochstämmen. Mitt. Forstl. Versuchsw. Oesterreichs II.
- RUTTER, A. J. 1958. The effects of afforestation on rainfall and run-off. The institution of public health engineers. Journal 57: 119—131.
- SARASTO, J. 1961. Über die Klassifizierung der für Walderziehung entwässerten Moore. Acta forest. fenn. 74.
- SEPPÄNEN, M. 1964. Vesitaseen jakautumisesta männiköissä. Summary: On the distribution of rainfall in the pinestands. Acta forest. fenn. 76.
- SIRÉN, G. 1955. The development of spruce forest on raw humus sites in northern Finland and its ecology. Acta Forest. Fenn. 62.
- STÅLFELT, M. G. 1944. Granens vattenförbrukning och dess inverkan på vattenomsättningen i marken. K. Lantbr.-akad. Tidskr. 83: 425—505.
- TEIVAINEN, L. 1952. Pohjois-Suomen tuoreiden kangasmetsien kasvillisuudesta. Referat: Über die Vegetation der frischen Heidewälder in Nordfinland. Ann. Bot. Soc. »Vanamo» 25.
- YLI-VAKKURI, P. 1960. Metsiköiden routa- ja lumisuhteista. Summary: Snow and frozen soil conditions in the forest. Acta forest. fenn. 71.
- WISLER, C. O. and BRATER, E. F. 1959. Hydrology. New York.
- WOOD, O. M. 1937. The interception of precipitation in an oakpine forest. Ecology 18: 251—254.

S U M M A R Y:

THE DISTRIBUTION OF RAINFALL IN DIFFERENT TYPES OF FOREST STANDS

New stand precipitation and stemflow measurements have become necessary in connection with hydrologic studies on peat at the Department of Peatland Forestry of the University of Helsinki. For example, in order to explain the deviations resulting from rains in the ratios between the water content of peat and the groundwater level, throughfall during rains of variable heaviness must be known (HEIKURAINEN *et al.* 1964, pp. 13—15). Also in studies on the effect of stand treatment on soil moisture levels, the amount of precipitation must be known. Hydrologic studies involving runoff and evapotranspiration also require data on interception in various types of stands. This project was designed to explore the distribution of rainfall in forest stands differing in species composition and density.

Procedure and data

The project field work was carried out at the Forest Field Station of Helsinki University in central Finland during the summers 1963—1965. Fifteen stand precipitation sample plots were established (table 1). Stand precipitation was measured with summer rain gauges of the same model as used by the Finnish Meteorological office (figure 2), with a 100 sq. cm sampling area. Each plot had 9—11 rain gauges located at either randomly or systematically selected sites. In addition, rainfall under the crown of individual trees of pine, spruce and birch was studied at one plot with rain gauges placed at 50 and 125 cm distances from the stem in the four main compass directions. Stemflow was measured with the apparatus shown in figure 3.

In the vicinity of each stand precipitation sample plot, gross precipitation was also measured in the open for the same period of time, using among other devices four Lambrecht recording rain gauges. From the cumulative precipitation curve of the recording rain gauge, the amount, time, duration and intensity of the rains were determined. The sampling area of the recording rain gauges was 200 sq. cm.

During the study, precipitation measurements in the stands have been carried out at 172 points, making a total of 10 870 individual recordings.

Stand precipitation

The distribution of rainfall within a forest stand is shown schematically in figure 1.

Precipitation in the sample stands was determined as the arithmetic mean of the quantities measured from the rain gauges for each individual storm. The measured value was then calculated in per cent of the corresponding precipitation in the open and presented graphically (see figure 12).

The precipitation curves for the different stands representing, respectively, the three species are shown in the figures 4—7. The average precipitation in the open was 4.8 mm; the corresponding precipitation in the stand was 77 % for birch, 71 % for pine and 62 % for spruce stands. The effect of stand volume and basal area on stand precipitation is shown in figures 8 and 9; stand density and crown cover have not exhibited a clear effect. Figures 10 and 11 show examples of the correlation of precipitation and the distance from the observation point to the closest tree. Despite great deviations in the data, correlation is evident. The effect of an individual tree on the precipitation reaching the ground has also been examined (table 3 and figure 13).

The differences seen in figure 12 in the smoothed curves of the stand precipitation for the different years are partly explained by the average intensities (= ppt, mm/ duration, h) of the rains for individual years. The stand precipitation percentages may differ also in the distribution of rainfall among storm of different durations. Interception varies, depending on the annual leaf and needle mass of the stand.

Stemflow

The stemflow measured from individual sample trees during variable rains is presented graphically by a free-hand smoothed curve (figure 14). Combined curves for pine and spruce were found best to represent average stemflow for each diameter class (figure 15). In a spruce stand, little stemflow occurs, and bole size has practically no effect on it. Stemflow in the diameter classes has been converted into precipitation millimeters according to the diameter distribution of the stems. As is seen in table 4, less than 1/4 mm (about 1.5 %) reaches the ground by flowing down the stems during a 15 mm rain in a pine and birch stand. In the spruce stands stemflow is negligible.

Interception in shrubs

A part of the sample plots were in drained swamps with a dense vegetation of small shrubs. To determine interception in this vegetation layer, precipitation

was measured under the layer. The sampling surfaces of the rain gauges were at ground level. The difference between the precipitation recorded above and below the layer (see table 5) does not, however, provide a measure of the net interception by the shrubs, since shrub stemflow is considerable.

To estimate the amount of shrub stemflow, measurements were made within one sample plot at ten circular sub-plots, each with an area of 1/4 sq.m. The shrub layer within the sample plot was almost continuous; the dominant shrub cover being *Ledum palustre*. The circular sample plots were selected randomly. The shrubs in the ten sub-plots were cut at the ground level and placed in a natural upright position in bottles set in pits so that their mouths were flush with the ground. Two empty bottles without shrubs served as controls. Stemflow measurements involved total of 40 shrubs. The total precipitation from the shrubs for each circular sub-plot was converted into rain millimeters per area and into per cent of the precipitation in the open (figure 16).

According to the results, the shrub layer retention is about 10 % even during heavy rains; stemflow down the shrubs amounts to another 10 % of the precipitation measured in the open.

Distribution of precipitation in a forest clearing

In connection with this project, the distribution of precipitation in a small forest clearing (30 × 30 meters) was also studied. The forest surrounding the clearing was a pine stand similar to that on plot 6. The distribution of the rain gauges and their average precipitation values, expressed in per cent of precipitation in the open are shown in figure 17. During the period of study, on an average 3 % more precipitation was recorded in the clearing than in the open. The actual amount of rain that fell in the small clearing was probably the same as that in the large open area, the difference in catch being due to the stronger wind effect in the open. It can be seen that beyond a distance of 5 meters from the edge of the forest the bordering forest has no measurable decreasing effect on the recorded values.