

VESISATEEN JAKAUTUMISESTA  
MÄNNIKÖISSÄ

MAUNU SEPPÄNEN

*SUMMARY:*

*ON THE DISTRIBUTION OF RAINFALL  
IN THE PINESTANDS*

HELSINKI 1964

## Sisällys

	Sivu
Johdanto .....	3
Sademäärä aukealla ja männikössä .....	4
Vuorokautisen sademäärän suuruuden vaikutus sademäärään männikössä .....	5
Metsikön tiheyden vaikutus sademäärään männikössä .....	7
Männikön sademäärän horisontaalinen jakautuminen .....	7
Mäntyjen runkoja pitkin valunut vesimäärä .....	10
Sateen kokonaismäärän jakautuminen .....	11
Vuorokautisen sademäärän suuruuden vaikutus runkoja pitkin valuvaan vesimäärään ..	11
Kirjallisuutta — <i>References</i> .....	14
<i>Summary</i> .....	15

## Johdanto

Metsään lankeavasta vesisateesta jää aina osa puihin, joista se poistuu melkein yksinomaan haihtumalla. Metsäisillä seuduilla on tällä seikalla monessa suhteessa huomionarvoinen merkitys. Metsikössä maahan päässyt sadevesi jakautuu horisontaalisesti epätasaisesti. Tästä johtuen taimien kasvupaikat eivät ole vedensaantiin nähden yhtä edullisia. Yritän seuraavassa selvittää vesisateen jakautumista männikössä.

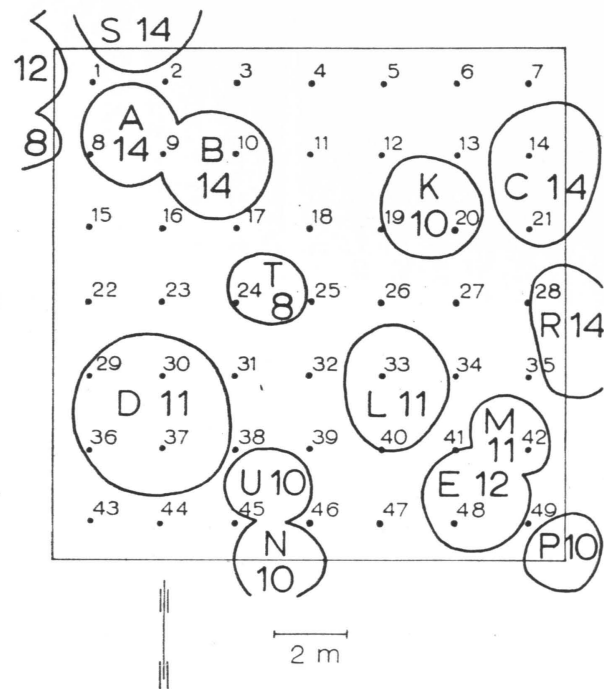
Tutkimus perustuu hydrologisen toimiston järjestämiin havaintoihin, joita suoritettiin vv. 1959—62 Alajärvellä Möksyn kylässä. Nämä havainnot täydentävät niitä tutkimuksia, joita metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston toimesta suoritettiin vv. 1934—36 Vilppulassa ja Kankaanpäässä (LUKKALA 1942), ja joissa tehtiin vesisademittauksia erilaisissa metsiköissä, m.m. myös männiköissä. Viimemainitut männiköt olivat tiheitä, sillä latvusprojektioiden summa oli noin 80 % mittausalueen pinta-alasta. Hydrologisen toimiston havaintoasemalla Möksyssä oli männikön tiheys vain noin 36 %.

Edellämainittujen mittausten perusteella olen yrittänyt tutkia, kuinka suuri osa vesisateesta pääsee männikössä maahan sateena, kuinka suuri osa valuu runkoja pitkin maahan, ja kuinka suuri osa jää puihin erisuurilla ja eriluonteisilla vuorokautisilla sademäärillä. Myös olen yrittänyt selvittää, miten metsikön tiheys vaikuttaa sademäärään männikössä, ja miten vuorokautisen sademäärän suuruus vaikuttaa sateen horisontaaliseen jakautumiseen männikössä.

Möksyssä oli männikköön sijoitettuna 49 sademittaria 2 metrin välein neliönmuotoiselle alueelle (kuva 1). Aukealla maalla oli 2 sademittaria, toinen noin 200 m etelään, toinen noin 100 m pohjoiseen männikössä olevasta mittariryhmästä. Kaikki nämä sademittarit olivat tasaisella maalla. Puiden runkoja pitkin valuvan veden mittaamista varten oli 5 männyn runkoon kiinnitetty vedenkeruulaitteet (kuva 2). Sateen rankkuus ja ajankohta määrättiin pluviograafilla.

Mittausalueella oli mäntyjen korkeus 8—14 m ja latvusprojektioiden summa noin 36 %. Puuston ikä oli noin 80 vuotta.

Havaintoja tehtiin kesäkuusta lokakuuhun vv. 1959—62. Pluviograafi ja puiden rungoissa olevat vedenkeruulaitteet olivat toiminnassa vv. 1960—62.



Kuva 1. Männikössä olevien sademittarien sijainti (pisteet) ja mäntyjen latvusprojektiot Möksyn havaintoasemalla. Suuremmat luvut ilmoittavat mäntyjen korkeuden metreissä.  
Fig. 1. Site of rain gauges (dots) in pinestand and crown projections of pines at Möksy observation station. Large figures show height of pines in metres.

### Sademäärä aukealla ja männikössä

Aukealla olevilla sademittareilla mitattiin vv. 1959—62 seuraavat vesisateen kokonaismäärät: Pohjoisessa olevalla sademittarilla 1 198 mm ja etelässä olevalla 1 184 mm eli 98.9 % edellisestä mittaustuloksesta. Näiden sademittarien vuorokautisten mittaustulosten erotus oli keskimäärin 0.1 mm ja erotuksen hajonta  $\pm 0.3$  mm.

Seuraavissa laskelmissa on sademääränä aukealla käytetty edellämainittujen kahden sademittarin mittaustulosten keskiarvoa. Näin laskien oli vesisateen kokonaismäärä aukealla havaintoaikana vv. 1959—62 Möksyn havaintoasemalla 1 191 mm.

Sademäärällä männikössä tarkoitetaan tässä tutkimuksessa 49 sademittarin mittaustulosten keskiarvoa. Vesisateen kokonaismäärät huomioonottaen oli vv. 1959—62 tämä keskiarvo 1 018 mm. Sademittarien mittaustulosten hajonta oli  $\pm 6.6$  mm eli  $\pm 6.5$  % yllämainitusta keskiarvosta. Vesisateen kokonaismäärä männikössä (1 018 mm) oli 85.5 % sademäärästä aukealla (1 191 mm).



Kuva 2. Sademittareita ja puiden rungoissa olevia vedenkeruulaitteita Möksyn havaintoasemalla. Valok. M. Seppänen.

Fig. 2. Rain gauges and water collecting appliances in pine trunks at Möksy. Photo: M. Seppänen.

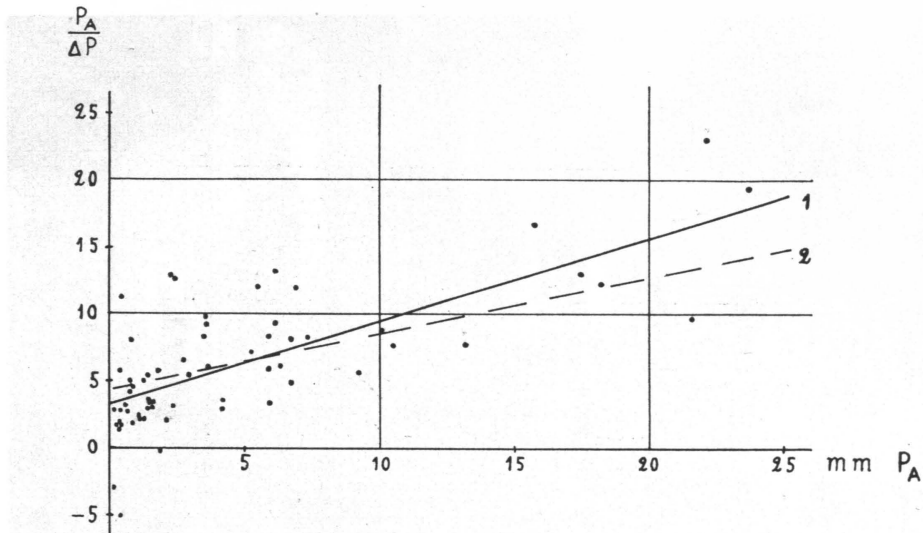
### Vuorokautisen sademäärän suuruuden vaikutus sademäärään männikössä

Männikön ja aukean vuorokautisten sademäärien suhde voi samassakin männikössä huomattavasti vaihdella. Jos esimerkiksi Möksyssä havaintoaikana vv. 1959—62 sattuneista vesisateista otetaan huomioon vain ne tapaukset, jolloin vuorokautinen sademäärä aukealla oli suurempi kuin 7 mm, satoi männikössä keskimäärin 89 % aukean sademäärästä. Mutta sen sijaan tapauksissa, jolloin aukealla satoi vähemmän kuin 1 mm vuorokaudessa, saatiin männikössä sadetta vain 64 % siitä mitä aukealla. Viimeksimainituissa tapauksissa oli sadeveden tippuminen puista suhteellisesti vähäistä.

Merkitään

$$\Delta P = P_A - P_M = \frac{P_A}{a + b P_A}, \quad (1)$$

jossa  $P_A$  ja  $P_M$  ovat vuorokautiset sademäärät aukealla ja männikössä,  $\Delta P$  on niiden erotus, sekä  $a$  ja  $b$  ovat vakioita. Kirjoitetaan kaava (1) muotoon



Kuva 3. Suhteen  $P_A : \Delta P$  keskimääräinen riippuvuus vuorokautisesta sademäärästä  $P_A$  sellaisissa tapauksissa, joissa on sattunut vain yksi sade vuorokaudessa (suora 1), ja kaikki saateet huomioonottaen (suora 2). Pisteet esittävät havaintojen nojalla saatuja suhteen  $P_A : \Delta P$  arvoja edellisissä tapauksissa.

Fig. 3. Average dependence of ratio  $P_A : \Delta P$  on 24-hour precipitation in cases of only one rainfall in 24 hours (straight line 1) and when all rainfall is taken into account (straight line 2). Dots show values of ratio obtained from observations.

$$\frac{P_A}{\Delta P} = a + b P_A \quad (2)$$

Vakioiden  $a$  ja  $b$  arvot määrätään kaavasta (2).

Tässä on kuitenkin syytä tarkastella erikseen niitä tapauksia, jolloin vuorokaudessa on sattunut vain yksi sade, sillä sademäärä männikössä riippuu vuorokaudessa sattuneiden sateiden lukuisuudesta. Jos nimittäin vuorokautinen sademäärä muodostuu kahden tai useamman sateen tuloksena, kykenevät puut pidättämään enemmän sadevettä, kuin jos sama vuorokautinen sademäärä olisi saatu yhden sateen tuloksena. Edellisessä tapauksessahan ehtivät puut sateiden välillä kuivahtaa.

Tapauksissa, jolloin on sattunut vain yksi sade vuorokaudessa, saadaan vakiolle arvot:  $a = 3.2$  ja  $b = 0.62$ .

Kun otetaan huomioon kaikki saateet, välittämättä siitä, onko vuorokautinen sademäärä muodostunut yhden vai useamman sateen tuloksena, saadaan vakiolle arvot:  $a = 4.8$  ja  $b = 0.41$ .

Kaavaa (2) esittävät suorat nähdään kuvasta 3.

Erotuksen  $\Delta P$  kuvaajat nähdään kuvasta 6.

### Metsikön tiheyden vaikutus sademäärään männikössä

Koska Suomessa on tehty vesisateen mittauksia sekä kohtalaisen tiheässä männikössä (LUKKALA 1942) että harvassa männikössä (Möksyssä), yritän saatujen tulosten perusteella likimääräisesti selvittää kysymystä, miten vesisademäärä männikössä keskimäärin riippuu metsikön tiheydestä.

Merkitään, että vesisademäärä kesäkuusta lokakuuhun on männikössä  $p$  % vastaavasta sademäärästä aukealla, ja että metsikön tiheys (latvusprojektioiden summa) on  $t$  %. Merkitään edelleen, että

$$p = 100 + m t^n, \quad (3)$$

jossa  $m$  ja  $n$  ovat vakioita. Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston havaintojen mukaan (LUKKALA 1942) oli  $p = 80$  %, kun  $t = 80$  %. Möksyssä tehtyjen mittausten mukaan oli  $p = 85.5$  %, kun  $t = 36$  %. Ottaen huomioon, että aukealla on  $p = 100$  % ja  $t = 0$  %, saadaan vakiot  $m$  ja  $n$  lasketuiksi ja kaava (3) muotoon

$$p = 100 - 3.4 \times t^{0.40} \quad (4)$$

Kaava (4) koskee vesisateen kokonaismäärää kesäkuusta lokakuuhun, ja sen mukaan laskien saadaan seuraavia arvoja

$t$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	%
$p$	100	91.4	88.8	86.5	84.9	83.5	82.2	81.0	80.0	79.0	78.1	%

Huomattava on, että prosenttiluvun  $p$  arvot riippuvat myös mäntyjen latvusten sivuprojektoiden suuruudesta. Tämän seikan selvittäminen vaatisi kuitenkin lisähavaintoja erilaisissa männiköissä.

Tarkastellaan vielä, miten vuorokautisen sademäärän suuruus ja metsikön tiheys vaikuttavat sademäärään männikössä, kun otetaan huomioon kaikki saateet. Otetaan lähtökohdaksi LUKKALAN (1942) ilmoittamat tulokset ja Möksyssä saadut tulokset:

	Vuorokautinen vesisademäärä (mm)										
Aukea ( $t = 0$ %)	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	
Männikkö ( $t = 36$ %)	1.6	3.3	5.1	7.0	8.8	10.7	12.6	14.6	16.5	18.4	
Männikkö ( $t = 80$ %)	1.0	2.7	4.5	6.3	8.1	9.9	11.8	13.6	15.4	17.1	

Näiden arvojen nojalla voidaan laskea taulukko 1, joka esittää likimääräisesti vuorokautisen sademäärän suuruuden ja metsikön tiheyden vaikutuksia sademäärään männikössä.

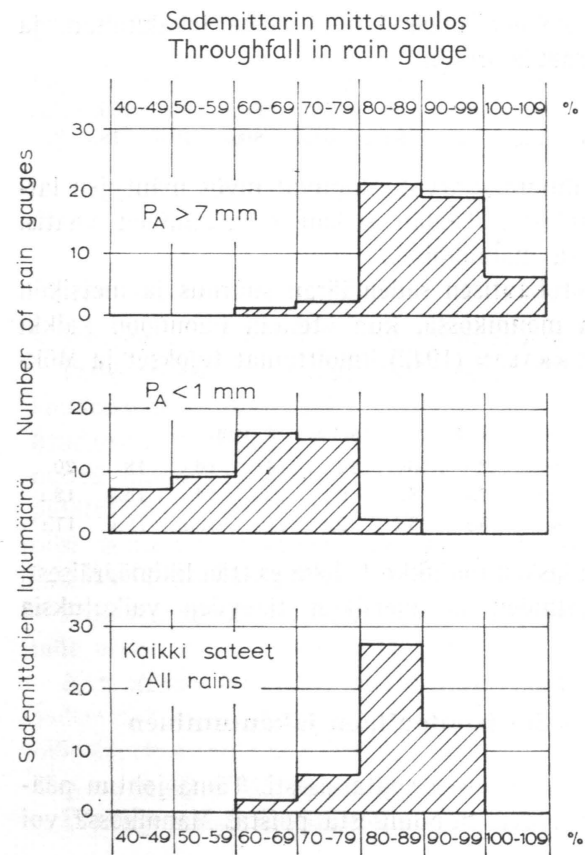
### Männikön sademäärän horisontaalinen jakautuminen

Metsässä jakautuu maahan tullut sadevesi epätasaisesti. Tämä johtuu pääasiassa puiden varjostuksesta ja veden tippumisesta puista. Männikössä voi

Taulukko 1. Sademäärä erittheissä männiköissä erisuurilla vuorokautisilla sademäärillä.  
Table 1. Throughfall in pinestands of varying density when 24-hour precipitations vary.

Aukea — Open place	Metsän tiheys Density of forest	Vuorokautinen sademäärä (mm) 24-hour precipitation (mm)									
		2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0
Männikkö — Pinestand	0.2	1.8	3.6	5.4	7.3	9.2	11.1	13.0	15.0	17.0	19.0
»	0.4	1.5	3.3	5.1	6.9	8.7	10.6	12.5	14.4	16.3	18.2
»	0.6	1.3	3.0	4.8	6.6	8.4	10.2	12.0	13.9	15.8	17.6
»	0.8	1.0	2.7	4.5	6.3	8.1	9.9	11.8	13.6	15.4	17.1
»	1.0	0.9	2.6	4.3	6.1	7.9	9.7	11.6	13.4	15.2	16.9

rankkasateilla tippua puista vettä niin runsaasti, että latvuksen alla saattaa sataa enemmän kuin aukealla. Runsaille sateille pääsee sadevettä suhteellisesti enemmän maahan kuin pienillä sateilla. Tämä ilmenee myös kuvasta 4.



Kuva 4. Sademittarien mittaustulosten jakautuminen männikössä Möksyn havaintoasemalla vesisateilla havaintoaikana vv. 1959—62 seuraavissa tapauksissa: 1) Vuorokautinen sademäärä aukealla oli suurempi kuin 7 mm. 2) Vuorokautinen sademäärä aukealla oli pienempi kuin 1 mm. 3) Kaikki sateet huomioonottaen. Sateet on ilmaistu prosentteina vastaavista sademääristä aukealla.

Fig. 4. Distribution of rain gauge measurements in pinestand at Möksyn observation station during observation period 1959—62 in the following cases: 1) 24-hour precipitation greater than 7 mm; 2) 24-hour precipitation smaller than 1 mm; 3) all rainfall taken into account. Throughfall expressed as percentages of corresponding precipitation.

Taulukko 2. Sademittarien mittaustulokset ( $\Sigma P$ ) vesisateella Möksyn havaintoasemalla vv. 1959—62 prosentteina vastaavasta aukean sademäärästä ( $\Sigma P_A$ ) 1) suurilla vuorokautisilla sateilla ( $P_A > 7$  mm), 2) pienillä vuorokautisilla sateilla ( $P_A < 1$  mm) ja 3) kaikki sateet huomioonottaen. Sademittarien numerointi (N) ja sijainti puiden suhteen nähdään kuvasta 1.  
Table 2. Rain gauge measurements ( $\Sigma P$ ) in rainfall at Möksyn observation station 1959—62 as percentages of precipitation ( $\Sigma P_A$ ) 1) in large 24-hour precipitation ( $P_A > 7$  mm), 2) in small 24-hour precipitation ( $P_A < 1$  mm) and 3) when all rainfall is taken into account. Numbering of rain gauges (N) and positions in relation to trees are shown in Fig 1.

	N		N		N		N		N		N	
	N	$\Sigma P$	N	$\Sigma P$	N	$\Sigma P$	N	$\Sigma P$	N	$\Sigma P$	N	$\Sigma P$
1) $P_A > 7$ mm $\Sigma P_A = 655$ mm	1	71	8	102	15	86	22	94	29	88	36	102
	2	62	9	95	16	78	23	87	30	96	37	93
	3	81	10	100	17	85	24	102	31	86	38	86
	4	90	11	92	18	87	25	94	32	83	39	86
	5	95	12	91	19	90	26	87	33	107	40	87
	6	93	13	83	20	94	27	85	34	81	41	82
	7	90	14	108	21	95	28	92	35	83	42	93
2) $P_A < 1$ mm $\Sigma P_A = 27$ mm	1	40	8	64	15	76	22	78	29	68	36	76
	2	48	9	43	16	78	23	72	30	52	37	52
	3	64	10	42	17	68	24	64	31	54	38	59
	4	80	11	67	18	74	25	61	32	74	39	64
	5	80	12	74	19	64	26	72	33	69	40	69
	6	78	13	68	20	58	27	72	34	58	41	48
	7	78	14	56	21	60	28	60	35	58	42	46
3) Kaikki sateet $\Sigma P_A = 1191$ mm	1	66	8	91	15	87	22	94	29	83	36	96
	2	67	9	74	16	82	23	88	30	86	37	84
	3	79	10	85	17	86	24	93	31	84	38	82
	4	90	11	89	18	87	25	90	32	81	39	84
	5	95	12	87	19	87	26	85	33	95	40	84
	6	92	13	78	20	90	27	85	34	78	41	75
	7	86	14	91	21	91	28	84	35	78	42	86

Sademittarit oli asetettu männikköön 2 metrin välein. Sentähden ei voida piirtää karttaa, joka luotettavasti esittäisi sateen horisontaalista jakautumista mitta-alueella. Tätä jakautumista selventäneen kuitenkin taulukko 2, joka esittää eri sademittarien saamia kokonaissademääriä.

Jos rajoitutaan tarkastelemaan vain niiden sademittarien sijaintia, joihin on tullut eniten tai vähiten sadetta, huomataan seuraavaa:

1) Kun  $P_A > 7$  mm, saatiin mittariin 14 eniten sadetta (108 %). Mittari 14 oli latvuksen alla. Vähiten sadetta (62 %) tuli mittariin 2, joka oli puiden lähellä, mutta ei latvuksen alla.

2) Kun  $P_A < 1$  mm, saivat mittarit 5 ja 6 eniten sadetta (80 %). Nämä

mittarit olivat kaukana puista. Mittariin 1 tuli sadetta vähiten. Tämän mittarin lähellä sen joka puolella oli puuta.

3) Kun otetaan huomioon kaikki sateet, sai mittari 36 eniten sadetta (96 %). Mittari 36 sijaitsi latvuksen lounaisreunan kohdalla, josta saattoi tippua vettä mittariin. Lisäksi satoi tähän mittariin esteettömästi, kun tuuli puhalsi lounaasta, jolla tuulensuunnalla saatiin suurin sademäärä. Mittariin 2 satoi vähiten (66 %).

Tarkastellaan vielä, *miten männikön sademäärän horisontaalinen jakautuminen riippuu etäisyydestä lähimpään puuhun.*

Runsilla vuorokautisilla sateilla sai sademittari yleensä sitä enemmän vettä, mitä lähempänä puuta mittari oli. Pienillä sateilla oli asia päinvastoin, mittariin tuli yleensä sitä enemmän sadetta, mitä kauempana mittari oli puusta.

Männikössä olevan havaintopisteen saaman sademäärän ja lähimpään mänttyyn mitatun etäisyyden välillä oli kohtalainen negatiivinen korrelaatio ( $r = -0.44$ ), kun vuorokautinen sademäärä aukealla oli suurempi kuin 7 mm, mutta melkoinen positiivinen korrelaatio ( $r = +0.64$ ), kun aukealla satoi vähemmän kuin 1 mm vuorokaudessa. Kaikki sateet huomioonottaen oli korrelaatio heikosti positiivinen ( $r = +0.10$ ).

*Eri sademittarien mittaustulosten hajonta oli*

- 1) suurilla vuorokautisilla sademäärillä ( $P_A > 7$  mm)  $\pm 8.1$  %
- 2) pienillä vuorokautisilla sademäärillä ( $P_A < 1$  mm)  $\pm 10.9$  %
- 3) Kaikki sateet huomioonottaen  $\pm 6.5$  %

Keskisuurilla vuorokautisilla sademäärillä oli sademittarien mittaustulosten prosentuaalinen hajonta pienempi kuin suurilla tai pienillä vuorokautisilla sademäärillä.

### Mäntyjen runkoja pitkin valunut vesimäärä

Puiden runkoja pitkin valuva vesimäärä mitattiin 5 männyn rungosta siten, että se johdettiin kouruja myöten pulloihin. Näitä vedenkeruulaitteita oli männyissä A, B, C, D ja E (Kuva 1). Havaintoaikana vv. 1960—62 valui näiden mäntyjen runkoja pitkin yhteensä 305 dm<sup>3</sup> eli keskimäärin 61 dm<sup>3</sup> yhden puun runkoa pitkin. Sademäärä aukealla oli 823 mm ja männikössä 708 mm.

Eri mäntyjen runkoja pitkin valuneiden vesimäärien keskimääräinen poikkeama keskiarvosta (61 dm<sup>3</sup>) oli  $\pm 21$  dm<sup>3</sup> (34 %) eli siis huomattavan suuri. Tämä johtunee pääasiassa mäntyjen latvusten muodosta, mäntyjen sijainnista muihin mäntyihin nähden ja mäntyjen koosta. Tämän kysymyksen selvittäminen vaatisi kuitenkin oman tutkimuksensa.

Kuvaan 1 merkityllä neliönmuotoisella alueella (14 m  $\times$  14 m = 196 m<sup>2</sup>) oli 11 mäntyä. Olettamalla, että koko tällä aluella valui keskimäärin yhden puun runkoa pitkin maahan vettä 61 dm<sup>3</sup>, valui puiden runkoja pitkin koko

alueella 671 dm<sup>3</sup> vettä maahan. Tämä vesimäärä peittäisi alueen 3.4 mm vahvuksena kerroksena. Sademäärän aukealla ollessa 823 mm valui siis runkoja pitkin maahan sadevettä 3.4 mm.

### Sateen kokonaismäärän jakautuminen

Havaintoaikana vv. 1960—62 jakautui vesisateen kokonaismäärä Möksyn havaintoasemalla seuraavalla tavalla:

	mm	%
Sademäärä männikössä . . . .	708.1	86.0
Runkoja pitkin valui . . . . .	3.4	0.4
Puihin jäi . . . . .	111.5	13.6
Sademäärä aukealla . . . . .	823.0	100

Runkoja pitkin valunut vesimäärä, 0.4 % sademäärästä aukealla, oli taimiston ja muun matalan kasvullisuuden kannalta merkityksettömän pieni.

Tätä ei kuitenkaan voida pitää yleisenä sääntönä. Runkoja pitkin valunut vesimäärä voi joissakin olosuhteissa nousta huomattavan suureksikin. Esimerkkinä mainittakoon vuoristossa lähellä Bass Lakea, Kaliforniassa vv. 1940—46 suoritettujen mittausten tulokset (ROWE ja HENDRIX 1951). Siellä satoi vettä keskimäärin 30.9 tuumaa (785 mm) vuodessa. Tämä sademäärä jakautui männikössä siten, että metsikössä satoi 25.6 tuumaa (82.8 %), runkoja pitkin valui 1.1 tuumaa (3.6 %) ja puihin jäi 4.2 tuumaa (13.6 %).

Runkoja pitkin valui siis Bass Lakessa 3.6 % ja Möksyssä 0.4 % sademäärästä aukealla. Ero oli varsin huomattava. Syynä lienevät olleet männiköiden, maaston ja sateen luonteen erilaisuudet.

Puihin jäi sekä Bass Lakessa että Möksyssä sama prosentuaalinen vesimäärä, 13.6 % sademäärästä aukealla.

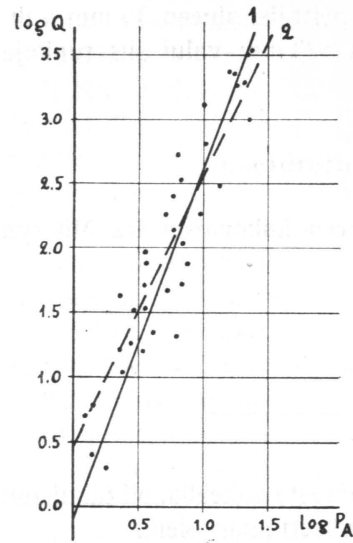
### Vuorokautisen sademäärän suuruuden vaikutus runkoja pitkin valuvaan vesimäärään

Runkoja pitkin valuneen vesimäärän suhde sademäärään on runsailla sateilla suurempi kuin pienillä sateilla. Lisäksi on huomattava, että jos vuorokautinen sademäärä muodostuu kahdesta tai useammasta sateesta, valuu runkoja pitkin yleensä vähemmän vettä, kuin jos sama vuorokautinen sademäärä olisi saatu yhden sateen tuloksena.

Tarkastellaan, miten Möksyn havaintoasemalla keskimäärin yhden männyn runkoa pitkin valuneen sadeveden määrä riippui vuorokautisesta sademäärästä aukealla.

Merkitään

$$Q = c P_A^d, \quad (5)$$



Kuva 5. Kaavan  $\log Q = \log c + d \times \log P_A$  kuvaaja sellaisissa tapauksissa, joissa on sattunut vain yksi sade vuorokaudessa (suora 1), ja kaikki sateet huomioonottaen (suora 2). Pisteet esittävät havaintojen nojalla saatuja suureen  $\log Q$  arvoja edellisissä tapauksissa.

Fig. 5. Graph of formula  $\log Q = \log c + d \times \log P_A$  in cases of only one rainfall in 24 hours (straight line 1) and when all rainfall is taken into account (straight line 2). Dots show value of quantity  $\log Q$  obtained from observations in preceding cases.

jossa  $Q$  on se vesimäärä ( $\text{cm}^3$ ), joka keskimäärin valuu yhden puun runkoa pitkin vuorokaudessa,  $P_A$  on vuorokautinen sademäärä aukealla (mm) sekä  $c$  ja  $d$  ovat vakioita.

Kirjoitetaan kaava (5) muotoon

$$\log Q = \log c + d \times \log P_A, \quad (6)$$

ja määrätään sen avulla vakioiden arvot.

Tapauksissa, jolloin vuorokautinen sademäärä oli yhden sateen tulos, saadaan vakioille arvot:  $c = 0.88$  ja  $d = 2.7$ . Kaavaa (6) esittää silloin graafisesti suora 1 kuvassa 5.

Kun otetaan huomioon kaikki sateet, saadaan vakioille arvot:  $c = 3.0$  ja  $d = 2.1$ . Kaavan (6) kuvaaja on suora 2 kuvassa 5.

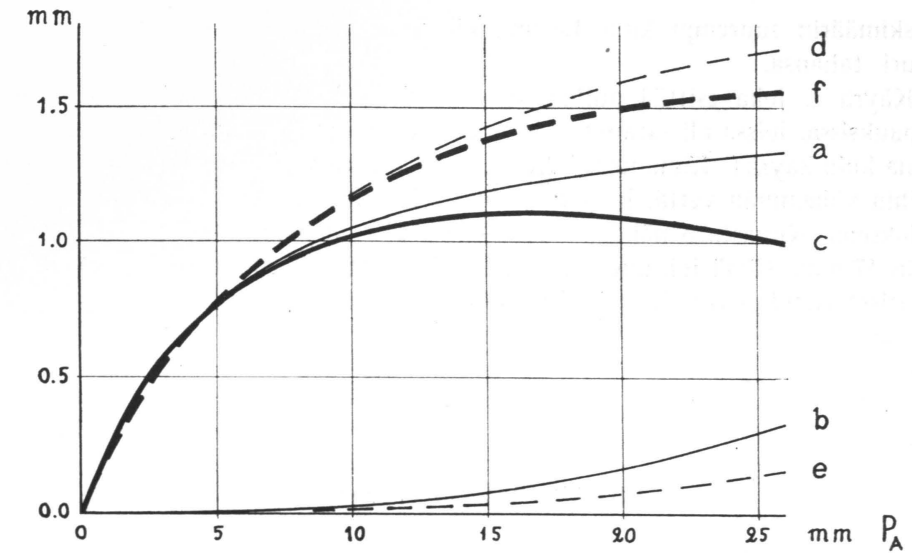
Ottaen huomioon, että mittausalueella oli yhteensä 11 mäntyä, valui alueella runkoja pitkin vettä kaikenkaikkiaan likimain  $11 Q \text{ cm}^3$  vuorokaudessa. Kun tämä vesimäärä jaetaan tasaisesti koko alueelle ( $196 \text{ m}^2$ ), peittäisi se alueen  $0.000056 Q \text{ mm}$  vahvuisena kerroksena.

Merkitään

$$P_R = 0.000056 Q \quad (7)$$

jossa  $P_R$  on mäntyjen runkoja pitkin valunut sateen osa (mm). Vesimäärän  $P_R$  kuvaajat nähdään kuvasta 5 (käyrät b ja e).

Olettaen, että kaavan 5 vakioiden arvot, jotka on laskettu vuosien 1960—62 havainnoista, sopivat myös vuosille 1959—62, voidaan vuorokautisen vesisademäärän jakautumisen riippuvuus sateen määrästä ja luonteesta esittää kuvalla 6.



Kuva 6. Vuorokautisen vesisademäärän jakautuminen männikössä Möksyn havaintoasemalla vv. 1959—62. erisuurilla ja eriluonteisilla sateilla. Käyrät a ja d esittävät aukean ja männikön sademäärien erotusta, käyrät b ja e runkoja pitkin valunutta vesimäärää sekä käyrät c ja f puihin jäänyttä vesimäärää. Käyrät a, b ja c koskevat tapauksia, jolloin on sattunut vain yksi sade vuorokaudessa, käyrät d, e ja f kaikkia tapauksia.  $P_A$  vuorokautinen sademäärä aukealla.

Fig. 6. Distribution of rain for 24 hour period as affected by amount and character of rain at Möksy 1959—62. Curves a and d show difference in amounts of precipitation and of throughfall, curves b and e show amount of stemflow, curves c and f show amount of water remaining in trees. Curves a, b and c refer to cases when rain has fallen only once in 24 hours, curves d, e and f refer to all cases.  $P_A$  = amount of precipitation for 24 hour period.

Usein sattuu, että saadaan saman vuorokauden aikana sadetta useaan eri otteeseen. Tällaisina vuorokausina ehtivät mäntyjen havut, oksat ja rungot siinä määrin kuivua, että puut kykenevät pidättämään keskimäärin enemmän sadevettä kuin vuorokausina, joiden aikana sama sademäärä on saatu yhden sateen tuloksena. Tämä nähdään kuvasta 6.

Havujen ja oksien aiheuttama sadehäviö ilmenee pääasiassa aukean ja männikön sademäärän erotuksena ( $\Delta P$ ). Edellämainituista syistä  $\Delta P$  on keskimäärin suurempi silloin, kun kaikki sateet otetaan huomioon (käyrä d) kuin niissä tapauksissa, joissa yksi sade (käyrä a) on antanut saman sademäärän.

Runkoja pitkin maahan virtaava sateen osa ( $P_R$ ) on kaikki sateet huomioonottaen (käyrä e) keskimäärin pienempi kuin vastaava arvo silloin, kun vuorokautinen sademäärä on yhden sateen tulos (käyrä b).

Puihin jäävä sateen osa [ $P_A - (P_M + P_R) = \Delta P - P_R$ ] ei silloin, kun kaikki sateet otetaan huomioon, käyrän f mukaan ollut Möksyn havaintoalueella

keskimäärin suurempi kuin 1.6 mm, oli vuorokautinen sademäärä kuinka suuri tahansa.

Käyrä *c*, joka esittää puihin keskimäärin jäänyttä vesimäärää sellaisissa tapauksissa, joissa oli satanut vain yhden kerran vuorokaudessa, kulkee alempana kuin käyrä *f*. Tämä merkitsee sitä, että yhden vesisateen aikana jää mäntyihin vähemmän vettä, kuin jos sama sademäärä saadaan useamman sateen tuloksena. Kuvasta 6 nähdään, että käyrällä *c* on maksimikohta, kun  $P_A$  on noin 17 mm. Tämä johtunee pääasiassa siitä, että yli 20 mm suuruiset vuorokautiset sateet olivat yleensä olleet lyhytaikaisia kuuroja.

#### Kirjallisuutta — References

- LUKKALA, O. J. 1942. Sateen mittauksia erilaisissa metsiköissä. Acta Forestalia Fennica 50.  
 ROWE, P. B. and HENDRIX, T. M. 1951. Interception of rain and snow by second-growth ponderosa pine. Transactions, American Geophysical Union, Volume 32, Number 6.  
 SIRÉN, G. 1955. The development of spruce forest on raw humus sites in northern Finland and its ecology. Acta Forestalia Fennica 62.

#### SUMMARY:

##### ON THE DISTRIBUTION OF RAINFALL IN THE PINESTANDS

This study was based mainly on observations taken by the Hydrological Office in 1959—62 at Alajärvi near the village of Möksy (63° 6', 24° 15'). 49 rain gauges were placed in the pinestand and 2 in the open places. Stemflow was measured. The density of the forest was 0.86, the height of the trees 8—14 metres and the age of the forest about 80 years. The surface of the ground was horizontal.

The aim of the study was to answer the following questions: the dependence of throughfall on 24-hour precipitation [formulas (1) and (2), Fig 3]: the dependence of stemflow on 24-hour precipitation [formulas (5) and (6), Fig 5]: the dependence of the distribution of 24-hour precipitation on the amount and nature of precipitation [Fig 6].

Symbols used in formulas were:  $P_A$  = 24-hour precipitation (mm),  $P_M$  = 24-hour throughfall (mm),  $\Delta P = P_A - P_M$ ,  $p$  = total throughfall (%),  $t$  = density of forest (%),  $Q$  = stemflow (cm<sup>3</sup>) as an average for one tree, and  $P_R$  = stemflow for 24 hours (mm).  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$ ,  $m$  and  $n$  are constants.

Cases where 24-hour precipitation was the result of one rainfall were treated separately. In these cases  $a = 3.2$ ,  $b = 0.62$ ,  $c = 0.88$  and  $d = 2.7$ . When all rainfall was taken into account,  $a = 4.3$ ,  $b = 0.41$ ,  $c = 3.0$  and  $d = 2.1$ .

The horizontal distribution of throughfall is shown in fig 4 and table 2, which show the distribution when 1)  $P_A > 7$  mm, 2)  $P_A > 1$  mm and 3) all rainfall is taken into account.

The correlation between throughfall and distance to the nearest tree was negative in large 24-hour precipitations ( $r = -0.44$  when  $P_A > 7$  mm), positive in small 24-hour rainfalls ( $r = +0.64$  when  $P_A < 1$  mm) and weakly positive ( $r = +0.10$ ) when all rainfall was taken into account.

Total stemflow at Möksy was only 0.4 %. At Bass Lake, California it was 3.6 % (ROWE and HENDRIX 1951). Interception loss was the same at both stations, 13.6 %.

Because rain measurements were also taken 1934—36 in Finland in a pine forest whose density was 0.80 (LUKKALA 1942), I have attempted to determine approximately how throughfall depends on density of forest [formulas (3) and (4)], and how 24-hour throughfall depends on density of forest and 24-hour precipitation [Table 1].



### **Publications of the Society of Forestry in Finland:**

ACTA FORESTALIA FENNICA. Contains scientific treatises dealing mainly with forestry in Finland and its foundations. The volumes, which appear at irregular intervals, generally contain several treatises.

SILVA FENNICA. Contains essays and short investigations mainly on forestry in Finland. Published at irregular intervals.

### **Die Veröffentlichungsreihen der Forstwissenschaftlichen Gesellschaft in Finnland:**

ACTA FORESTALIA FENNICA. Enthalten wissenschaftliche Untersuchungen vorwiegend über die finnische Waldwirtschaft und ihre Grundlagen. Sie erscheinen in unregelmässigen Abständen in Bänden, von denen jeder im allgemeinen mehrere Untersuchungen enthält.

SILVA FENNICA. Diese Veröffentlichungsreihe enthält Aufsätze und kleinere Untersuchungen vorwiegend zur Waldwirtschaft Finnlands. Sie erscheint in zwangloser Folge.

### **Publications de la Société forestière de Finlande:**

ACTA FORESTALIA FENNICA. Contient des études scientifiques principalement sur l'économie forestière en Finlande et sur ses bases. Parait à intervalles irréguliers en volumes dont chacun contient en général plusieurs études.

SILVA FENNICA. Contient des articles et de petites études principalement sur l'économie forestière de Finlande. Parait à intervalles irréguliers.

**Helsinki, Unionink. 40. B.**