

# RAVINTEIDEN KIERTO ERÄÄSSÄ MÄNNIKÖSSÄ: III MAAPERÄN, KASVILLISUUDEN JA SADEVEDEN RAVINNEPITOISUUKSIEN VAIHTELU

IRJA LEHTONEN

## SUMMARY:

## NUTRIENT CYCLE IN A PINE STAND: III VARIATION IN NUTRIENT CONTENT OF SOIL, VEGETATION, AND PRECIPITATION

Saapunut toimitukselle 1977-07-15

Tutkimus on osa työstä, jossa selvitetään erään puolukkatyyppin männikön ravinnetaloutta. Aineisto kerättiin kesän 1975 aikana. Aineiston keräys- ja analyysimenetelmät on kuvattu edellisissä aiheita käsittelevissä tutkimuksissa. Vuosien 1974 ja 1975 aikana metsäekosysteemeissä esiintyneitä ravinnepitoisuuksien vaihteluja verrattiin keskenään.

Humuksessa vaihteli voimakkaimmin kaliumin ja kalsiumin määrä, pohja- ja kenttäkerroksessa sekä neulasissa sen sijaan typen määrä. Neulasten ravinnepitoisuuksiin vaikuttivat fysiologinen kehitysvaihe, neulasten ikä ja sijainti latvuksessa. On ilmeistä, että säätekijät vaikuttivat metsäekosysteemin ravinnepitoisuuksien muutosten suuruuteen ja ajankohtaan.

Sadeveden ravinnepitoisuudet suurenevät siirryttäessä vapaasta sadannasta metsikkösadantaan ja runkovaluntaan.

### 1. JOHDANTO

Ravinnepitoisuudet voivat vaihdella huomattavasti saman kasvupaikan maaperässä, kasvillisuudessa ja sadevedessä eri kasvukausina ja kasvukauden eri aikoina (TAMM 1955, LOWRY ja AVARD 1968, GRIGAL ym. 1976, LANGVILLE ja McLEAN 1976). MILLER (1966) on todennut mm. havupuiden neulasten typpi-, fosfori- ja kaliumpitoisuuksien vaihtelevan selvästi erilaisissa sääolosuhteissa. MILLERIN mukaan säätekijät korreloivat melko hyvin neulasten (*Pinus resinosa*) ravinnepitoisuuksien kanssa.

Koska vuodenaika, neulasten ikä, näytteen asema latvuksessa ja maaperä vaikuttavat neulasten ravinnepitoisuuksiin (WHITE 1954, WELLS ja METZ 1963) ja koska esim. sadeveden sisältämät ravinteet saattavat olla merkittävä tekijä metsikön ravinnekierrossa (O'CARROL ja MCCARTHY 1973), on suositettu useiden vuosien aikana kerättyjen näytteiden analysointia ravinnepitoisuuksien kasvukautisten muutosten toteamiseksi (von WEHRMAN 1959). Koska kasvukausi eri vuosina alkaa eri aikoina lämpösumman ylitet-

tyä kasville ominaisen kynnysarvon (esim. RAULO ja LEIKOLA 1974), myös ravinnepitoisuuksien muutokset ovat eriaikaisia.

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan maa-

perän, kasvillisuuden ja sadeveden ravinnepitoisuuksien muutoksia eräässä keskisuomalaisessa männikössä sekä mahdollisia eroja edelliseen kasvukauteen verrattuna.

### 2. AINEISTO JA MENETELMÄT

Aineisto on kerätty kasvukauden 1975 aikana Helsingin yliopiston metsäseman läheisyydessä sijaitsevasta koemetsästä. Tutkimusalueen kuvaus, näytteiden keruu- ja analyysimenetelmät on esitetty kahdessa aikaisemmassa julkaisussa (LEHTONEN ym.

1976 a, b). Näytteet kerättiin latvasta luki kolmannesta ja seitsemänneistä oksakiehkurasta. Edellisestä kasvukaudesta poiketen ei kuitenkaan analysoitu oksien puuainesta ja myös näytteenottoaika oli pitempi.

### 3. TULOKSET

#### 31. Maaperän ravinnepitoisuuksien vaihtelu

Kasveille käyttökelpoisten ravinteiden muutoksia humuksessa kasvukauden aikana on tarkasteltu kuvassa 1. Sekä kaliumin että kalsiumin määrä nousi kesän lopulla ja korvasi kasvukauden alun ravinnepitoisuuksien laskua. Kalsium alkoi lisääntyä jonkin verran aikaisemmin kuin kalium. Kasvukausien 1974 ja 1975 aikana näyttivät typpi-, fosfori- ja magnesiumpitoisuudet olevan lähes samansuuruisia mutta jälkim-

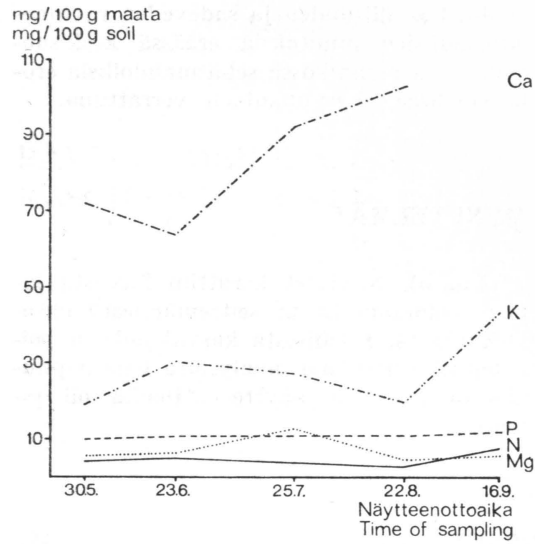
mäisenä kesänä vaihtelu oli pienempää. Sen sijaan kaliumin määrä oli kesällä 1975 alhaisempi ja kalsiumin määrä suurempi kuin edellisen kasvukauden aikana.

Kokonaisravinteiden pitoisuudet (taulukko 1) olivat kesällä 1975 hieman pienempiä kuin edellisen kasvukauden aikana. Vain magnesiumin määrä oli korkeampi kuin edellisenä kasvukautena. Sekä kokonais- että käyttökelpoisten ravinteiden pitoisuudet olivat kuitenkin likimain samansuuruiset kuin esim. VIRON (1953) tai MÄLKÖSEN (1974) saamat arvot.

Taulukko 1. Typpi-, fosfori-, kalium-, kalsium- ja magnesiumpitoisuuksien vaihtelu humuksessa kasvukauden aikana. Kokonaisravinteet.

Table 1. Variation in the nitrogen, phosphorous, potassium, calcium and magnesium content in humus layer during the growing season. Total content of nutrients.

Näytteenottoaika Sampling time	N	P	K	Ca	Mg
	mg/100 g				
30. 5. 1975	834	92	86	150	74
23. 6. 1975	490	76	105	170	73
25. 7. 1975	1 106	69	80	70	59
22. 8. 1975	848	94	72	200	57
16. 9. 1975	1 079	126	112	230	74
$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	871.4 ± 110.6	91.4 ± 9.8	91.0 ± 7.6	164.0 ± 27.1	67.4 ± 3.9

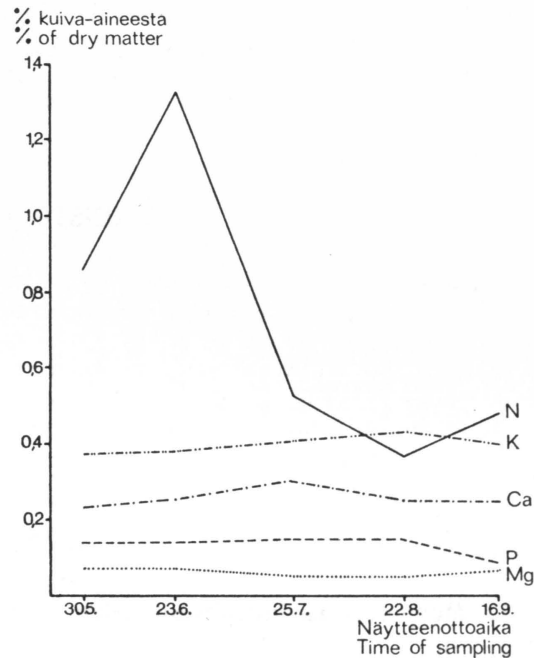


Kuva 1. Ravinnepitoisuuksien vaihtelu maaperässä kesän 1975 kuluessa. Kasveille käyttökelpoiset ravinteet.

Fig. 1. Variation in the nutrient content of the soil during summer 1975.

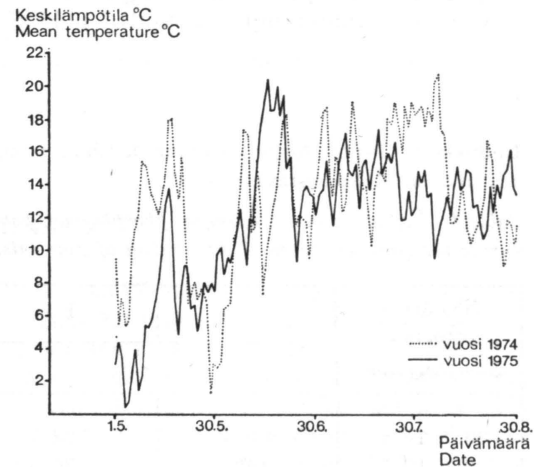
### 32. Ravinnepitoisuuksien vaihtelu pohja- ja kenttäkerroksen kasvillisuudessa

Pohjakerroksen kasvillisuuden ravinnepitoisuuksien vaihtelussa (kuva 2) selvintä oli typen voimakas väheneminen kasvukauden alussa. Muiden ravinteiden määrät pysyivät sen sijaan melko tasaisina. Vain kalsiumia ja magnesiumia oli likimain yhtä paljon kuin edellisenä kasvukautena. Kaliumin pitoisuuserot olivat selvimpiä; edelliseen kasvukauteen verrattuna kaliumia näytti olevan huomattavasti vähemmän. Tämä saattoi johtua näiden kahden kasvukauden erilaisista sääolosuhteista (kuva 3, taulukko 3, myös KANNINEN 1977, PIETARINEN 1977). Koska vuoden 1975 kesällä satoi vähemmän kuin kesällä 1974, ei metsäekosysteemiin tullut yhtä runsaasti pohjakerroksen kasvien käyttöön sopivia ravinteita (TAMM 1953, O'CARROL ja MCCARTHY 1973, PÄIVÄNEN 1974). Myös fosforitaso näytti alhaisemmalta kuin kesällä 1974. Ravinnepitoisuudet olivat kuitenkin likimain samansuuruiset kuin AALTOSEN



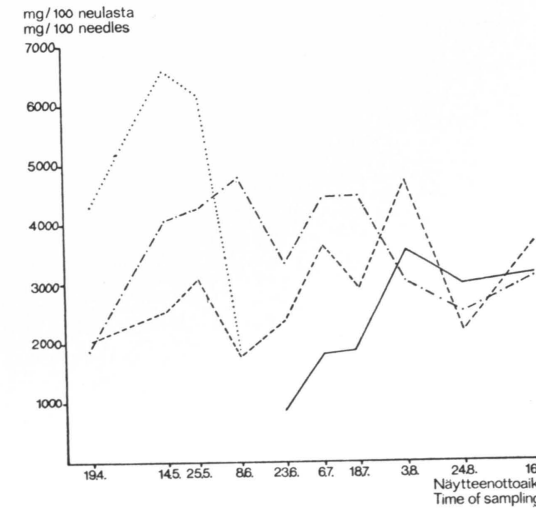
Kuva 2. Ravinnepitoisuuksien vaihtelu pohjakerroksen kasvillisuudessa.

Fig. 2. Variation in the nutrient content of the bottom layer vegetation.



Kuva 3. Päivittäisten keskilämpötilojen vaihtelu kasvukausien 1974 ja 1975 aikana.

Fig. 3. Variation in the mean temperatures on different days throughout summers 1974 and 1975.



Kuva 4. Kolmanneksi ylimmän oksakiehkuran neulasten kuivapainojen vaihtelu.

Yhtenäinen viiva = Tutkimusjakson aikana syntyneet neulaset.  
Katkoviiva = Vuosi ennen tutkimusjaksoa syntyneet neulaset.  
Katko-pisteiviiva = Kaksi vuotta ennen tutkimusjaksoa syntyneet neulaset.  
Pisteiviiva = Kolme vuotta ennen tutkimusjaksoa syntyneet neulaset.

Fig. 4. Variation in the dry weight of the needles in the third whorl from the top.

Single line = Needles grown during the study period.  
Broken line = Needles grown one year before the study period.  
Dotted broken line = Needles grown two years before the study period.  
Dotted line = Needles grown three years before the study period.

(1950) esittämät tulokset yksittäisten pohjakerroksen kasvien ravinnepitoisuuksista.

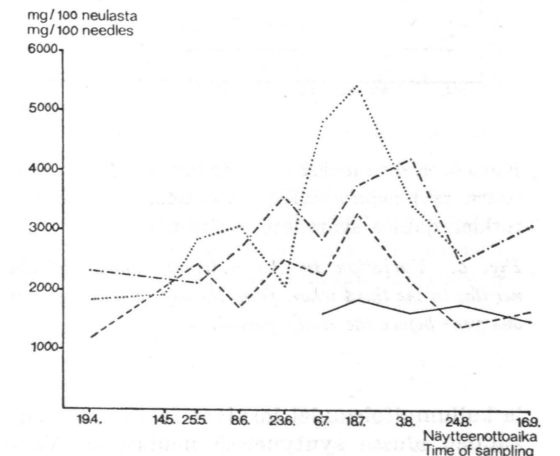
Kenttäkerroksen kasvillisuuden ravinnepitoisuuksien vaihtelu oli melko pientä tyyppiä lukuunottamatta. Typpipitoisuus nousi tasaisesti kesän aikana ja saavutti maksimitason silloin, kun pohjakerroksen typpipitoisuus laski minimiin. Maksimi oli kesän 1975 aikana selvästi myöhemmin kuin kesällä 1974. Kuitenkin molemmille kasvukausille oli yhteistä se, että huippu saavutettiin vasta kenttäkerroksen lajien lopetettua kasvunsa. Myös typen minimi pohjakerroksessa

ja maksimi kenttäkerroksessa olivat molempina kasvukausina samanaikaisesti.

### 33. Ravinnepitoisuuksien vaihtelu männyn neulasissa

Neulasten ravinnepitoisuuksien vaihtelua iän ja sijainnin suhteen tarkasteltiin kolmanneksi ja seitsemänneksi oksakiehkurasta otettujen neulasnäytteiden avulla (LEYTON ja ARMSON 1955, WELLS ja METZ 1963, LOWRY ja AVARD 1968). Ravinnepitoisuuksien muutokset kasvukauden aikana on esitetty kuvissa 6...9.

Ravinnepitoisuuksien vaihtelu kasvukauden aikana oli huomattava. Typpi-, fosfori-

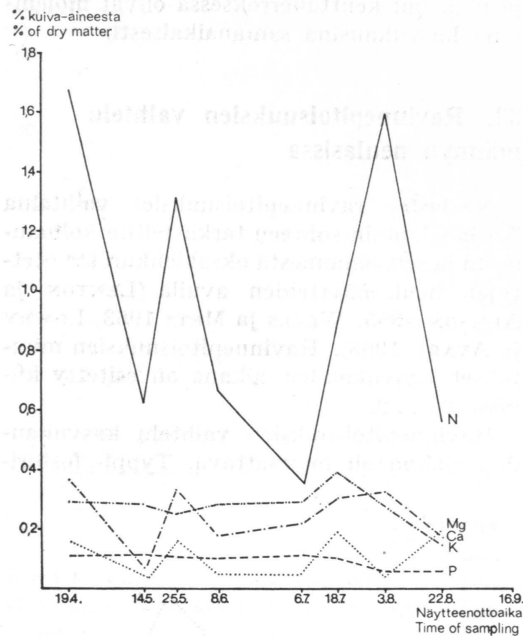


Kuva 5. Seitsemänneksi ylimmän oksakiehkuran neulasten kuivapainojen vaihtelu.

Yhtenäinen viiva = Tutkimusjakson aikana syntyneet neulaset.  
Katkoviiva = Vuosi ennen tutkimusjaksoa syntyneet neulaset.  
Katko-pisteiviiva = Kaksi vuotta ennen tutkimusjaksoa syntyneet neulaset.  
Pisteiviiva = Kolme vuotta ennen tutkimusjaksoa syntyneet neulaset.

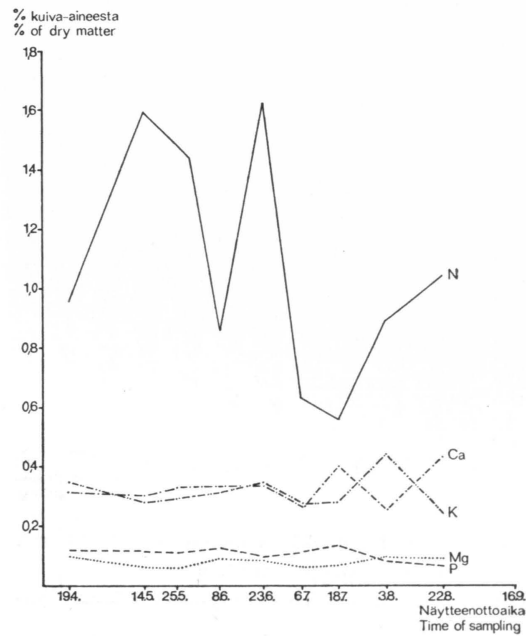
Fig. 5. Variation in the dry weight of the needles in the seventh whorl from the top.

Single line = Needles grown during the study period.  
Broken line = Needles grown one year before the study period.  
Dotted broken line = Needles grown two years before the study period.  
Dotted line = Needles grown three years before the study period.



Kuva 6. Kolmanneksi ylimmän oksakiehkuran neulasten ravinnepitoisuuksien vaihtelu. Vuosi ennen tutkimusjaksoa syntyneet neulaset.

Fig. 6. Variation in the nutrient content of the needles in the third whorl from the top. Needles grown one year before the study period.



Kuva 7. Kolmanneksi ylimmän oksakiehkuran neulasten ravinnepitoisuuksien vaihtelu. Kaksi vuotta ennen tutkimusjaksoa syntyneet neulaset.

Fig. 7. Variation in the nutrient content of the needles in the third whorl from the top. Needles grown two years before the study period.

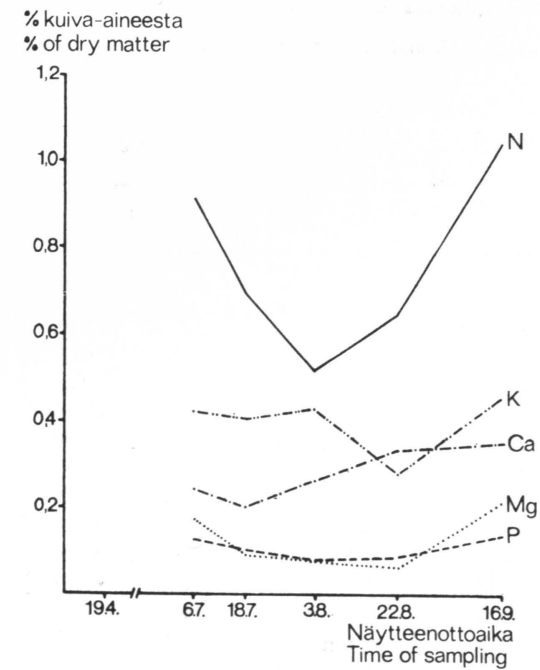
ja kaliumpitoisuudet laskivat selvästi kasvukauden alussa syntyneissä neulasissa. Varsinkin typpipitoisuus väheni voimakkaasti

neulasten kasvun lisääntyessä ja maksimikasvun aikana (PIETARINEN 1977). Vastapituuskasvun loppuessa ja solukoiden van-

Taulukko 2. Karikkeen typpi-, fosfori-, kalium-, kalsium- ja magnesiumpitoisuudet kesän 1975 aikana.

Table 2. Nitrogen, phosphorous, potassium, calcium and magnesium content of the litter during summer 1975.

Keräysjakso Collection period	N	P	K	Ca	mg
	mg/100 g				
19. 4.—25. 5. 1975	834	160	136	300	134
25. 5.—23. 6. 1975	470	146	164	270	84
23. 6.—18. 7. 1975	570	120	840	380	130
18. 7.—18. 8. 1975	668	160	124	120	76
18. 8.—16. 9. 1975	300	60	468	70	43
$\bar{x} \pm s_x$	$568.4 \pm 89.9$	$129.2 \pm 18.8$	$346.4 \pm 138.6$	$228.0 \pm 57.6$	$93.4 \pm 17.2$



Kuva 8. Seitsemänneksi ylimmän oksakiehkuran neulasten ravinnepitoisuuksien vaihtelu. Tutkimusjakson aikana syntyneet neulaset.

Fig. 8. Variation in the nutrient content of the needles in the seventh whorl from the top. Needles grown during the study period.

hetessa (kuvat 4 ja 5) ravinnepitoisuudet alkoivat jälleen kohota (KOZLOWSKI ja WINGET 1964, SMITH ym. 1970).

Latvuston alaosassa ravinnepitoisuudet olivat alhaisemmat kuin latvuston yläosassa (LOWRY ja AVARD 1968, MORRISON 1973). Karikkeiden typpi-, fosfori- ja magnesiumpitoisuudet (taulukko 2) näyttivät olevan kesällä 1975 likimain yhtä suuret kuin edellisenä kesänä. Sen sijaan kaliumpitoisuus ja sen vaihtelu oli suurempaa ja kalsiumpitoisuus ja sen vaihtelu pienempää kuin edellisenä kasvukautena.

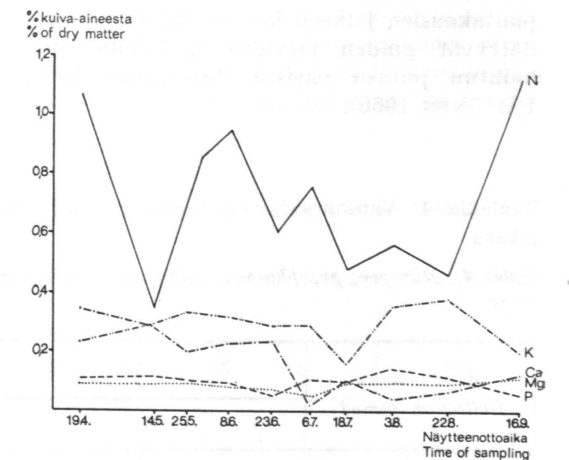
### 34. Sadeveden ravinnepitoisuus

Taulukossa 3 esitetään eri keräysjaksojen sademäärät sekä pH-arvot ja johtoluvut sadeveden eri komponenteille. Sateet jakaan-

tuivat tasaisesti läpi kesän. Alkukesästä sademäärä oli normaali: toukokuussa 97 % ja kesäkuussa 118 % keskimääräisestä 50 vuoden sadannasta. Sen sijaan loppukesällä oli kuivaa; heinäkuun sademäärä oli vain 44 % ja elokuun 48 % keskimääräisestä sademäärästä. Sadeolot poikkesivat näin ollen huomattavasti kesän 1974 sadeoloista.

Eri kuukausina sadeveden keskimääräiset pH-arvot ja johtoluvut eivät poikenneet 5 %:n riskitasolla merkittävästi toisistaan. Eri päivinäkin sadeveden pH-arvot olivat 90 %:n luotettavuudella ja 5 %:n riskitasolla koko kesän keskiarvon tasalla. Sen sijaan elokuun 11. päivän sateessa todettiin poikkeuksellisen korkea johtoluku vapaassa sadannassa. Tällöin olivat myös metsikkösadannan ja runkovalunnan johtoluvut tavallista korkeammat. Sekä vapaassa sadannassa että metsikkösadannassa ja runkovalunnassa johtoluku kohosi kasvukauden loppua kohti.

Metsikkösadannan määrä oli kolmen keräysjakson aikana 25...30 % vapaan sadannan määrästä. Sen sijaan toisen ja neljännen keräysjakson metsikkösadannan määrä ylty vapaan sadannan määrän suuruisiksi. SEPPÄSEN (1964) mukaan metsikössä



Kuva 9. Seitsemänneksi ylimmän oksakiehkuran neulasten ravinnepitoisuuksien vaihtelu. Vuosi ennen tutkimusjaksoa syntyneet neulaset.

Fig. 9. Variation in the nutrient content of the needles in the seventh whorl from the top. Needles grown one year before the study period.

Taulukko 3. Vapaan sadannan, metsikkösadannan ja runkoyalunnan määrä, pH ja johtoluku kesällä 1975.

Table 3. Amount of free rainfall, throughfall and stem flow, and pH and conductivity of these three components during summer 1975.

Sadannan osa Component of precipitation	Keräysjakso Collection period	Sademäärä Amount of precipitation mm	pH $\bar{x} \pm s_x$	Johtoluku Conductivity $\bar{x} \pm s_x$
Vapaa sadanta Free rainfall	19. 5.— 3. 6. 1975	40.7	7.0 ± 0.07	49.3 ± 5.33
	4. 6.—23. 6. 1975	18.6	6.9 ± 0.10	59.8 ± 8.81
	24. 6.—12. 7. 1975	36.7	7.0 ± 0.05	34.5 ± 6.50
	13. 7.—10. 8. 1975	32.2	7.1 ± 0.04	61.0 ± 9.27
	11. 8.—18. 8. 1975	7.1	6.8 ± 0.07	112.7 ± 39.50
Metsikkösadanta Throughfall	19. 5.— 3. 6. 1975	10.7	6.6 ± 0.08	77.5 ± 17.50
	4. 6.—23. 6. 1975	20.2	6.3 ± 0.17	86.5 ± 14.57
	24. 6.—12. 7. 1975	9.5	6.3 ± 0.30	52.5 ± 0.50
	13. 7.—10. 8. 1975	33.4	6.3 ± 0.17	64.6 ± 13.50
	11. 8.—18. 8. 1975	2.2	6.4 ± 0.09	159.5 ± 35.70
Runkovalunta Stem flow	19. 5.— 3. 6. 1975	0.13	4.1 ± 0.30	121.7 ± 41.67
	4. 6.—23. 6. 1975	0.11	4.3 ± 0.10	462.5 ± 217.50
	24. 6.—12. 7. 1975	0.11	4.4 ± 0.05	77.7 ± 13.09
	13. 7.—10. 8. 1975	0.10	4.7 ± 0.45	112.0 ± 21.27
	11. 8.—18. 8. 1975	0.01	5.8 ± 0.03	160.0 ± 40.00

tosin voi rankkasateella tippua puista vettä niin runsaasti, että latvuksen alla paikoitellen sataa enemmän kuin aukealla. Pitkien poutakausien jälkeen kevyet sateet taas pidättyvät puiden latvukseen, jolloin sade haihtuu puiden oksista (SEPPÄNEN 1964, PÄIVÄNEN 1966).

Runkovalunnan määrä oli alle prosentin vapaan sadannan määrästä kaikkien keräysjaksojen aikana. Valunnan määrä oli samansuuruinen kuin edellisenä kasvukautena (SEPPÄNEN 1964).

Vapaan sadannan tyypipitoisuudet olivat kahtena peräkkäisenä tutkimuskesänä yhtä

Taulukko 4. Vapaan sadannan typpi-, fosfori-, kalium-, kalsium- ja magnesiumpitoisuudet kesän 1975 aikana.

Table 4. Nitrogen, phosphorous, potassium, calcium and magnesium content of free rainfall during summer 1975.

Keräysjakso Collection period	N	P	K	Ca	Mg
	mg/l				
19. 5.— 3. 6. 1975	0.349	0.100	0.196	0.100	0.150
4. 6.—23. 6. 1975	0.302	0.100	0.188	0.075	0.040
24. 6.—12. 7. 1975	0.326	0.100	0.212	0.060	0.090
13. 7.—10. 8. 1975	0.372	0.100	0.218	0.060	0.100
11. 8.—18. 8. 1975	0.302	0.070	0.050	0.060	0.310
$\bar{x} \pm s_x$	0.330 ± 0.014	0.094 ± 0.006	0.173 ± 0.031	0.071 ± 0.008	0.138 ± 0.046

Taulukko 5. Metsikkösadannan typpi-, fosfori-, kalium-, kalsium- ja magnesiumpitoisuudet kesän 1975 aikana.

Table 5. Nitrogen, phosphorous, potassium, calcium and magnesium content of throughfall during summer 1975.

Keräysjakso Collection period	N	P	K	Ca	Mg
	mg/l				
19. 5.— 3. 6. 1975	0.419	0.120	0.188	0.120	0.260
4. 6.—23. 6. 1975	0.302	0.120	0.264	0.110	0.440
24. 6.—12. 7.;1975	0.372	0.120	0.282	0.110	0.500
13. 7.—10. 8. 1975	0.396	0.050	0.134	0.080	0.450
11. 8.—18. 8. 1975	0.396	0.060	0.164	0.130	1.000
$\bar{x} \pm s_x$	0.377 ± 0.020	0.094 ± 0.016	0.206 ± 0.029	0.110 ± 0.008	0.530 ± 0.124

suuret (taulukko 4). Sen sijaan fosforipitoisuudet olivat hieman suuremmat, mutta kalium-, kalsium- ja magnesiumpitoisuudet selvästi pienemmät kuin edellisenä kasvukautena. Voimakkaita vaihteluita ei keräysjaksojen välillä esiintynyt. Ravinnepitoisuudet jäivät melko pieniksi verrattuna esim. MÄLKÖSEN (1974) ja PÄIVÄSEN (1974) saamiin tuloksiin.

Metsikkösadannan ravinnepitoisuudet (taulukko 5) olivat yleensä hieman suuremmat kuin edellisenä runsassateisena kesänä. Kaliumin ja kalsiumin määrät olivat kuitenkin hieman pienemmät. Kalium lisääntyi

metsikkösadannassa aina kolmannen keräysjakson loppuun asti, jonka jälkeen sen määrä hieman laski. Ilmeisesti kasvillisuudesta oli tällöin huuhtoutunut helposti siirtyvä kalium sadeveten (TAMM 1951). Myös kalsiumia huuhtoutui kasvillisuudesta metsikkösadantaan. Typen, kaliumin ja magnesiumin suhteellinen osuus oli metsikkösadannassa suurempi kuin vapaassa sadannassa.

Runkovalunnan ravinnepitoisuudet (taulukko 6) olivat suuremmat kuin vapaan sadannan. Typpi- ja fosforipitoisuudet olivat suuremmat kuin edellisenä kasvukautena. Sen sijaan kaliumia, kalsiumia ja magne-

Taulukko 6. Runkovalunnan typpi-, fosfori-, kalium-, kalsium- ja magnesiumpitoisuudet kesän 1975 aikana.

Table 6. Nitrogen, phosphorous, potassium, calcium and magnesium content of stem flow during summer 1975.

Keräysjakso Collection period	N	P	K	Ca	Mg
	mg/l				
19. 5.— 3. 6. 1975	0.419	0.120	0.380	0.640	0.440
4. 6.—23. 6. 1975	0.372	0.104	0.099	0.520	0.400
24. 6.—12. 7. 1975	0.396	0.080	0.280	0.220	0.500
13. 7.—10. 8. 1975	0.372	0.140	0.400	0.240	0.490
11. 8.—18. 8.;1975	0.442	0.080	0.112	0.060	Δ
$\bar{x} \pm s_x$	0.400 ± 0.014	0.105 ± 0.012	0.254 ± 0.064	0.336 ± 0.106	0.458 ± 0.023

siumia huuhtoutui runkovaluntaan selvästi vähemmän. Typen, fosforin ja kaliumin suhteellinen osuus oli runkovalunnassa ja metsikkösadannassa yhtä suuri, kalsiumin osuus taas kasvoi selvästi siirryttäessä vapaasta

sadannasta runkovaluntaan. Magnesiumin suhteellinen osuus oli hieman pienempi kuin metsikkösadannassa mutta kuitenkin suurempi kuin vapaassa sadannassa.

#### 4. TARKASTELU

Tutkimuksessa selvitettiin kasvillisuuden ja maaperän ravinnepitoisuuksien muutoksia sekä sateen määrää ja laatua eräässä keski-suomalaisessa männikössä. Aineisto täydentää kesän 1974 aikana saatuja tuloksia kyseisen metsikön ravinnetaloudesta.

Ravinnepitoisuudet vaihtelivat suuresti metsäekosysteemin eri osissa. Erityisen selvää oli typpimäärän muuttuminen kasvukauden kuluessa sekä maaperässä että kasvillisuudessa. Tulokset näyttävät tukevan käsitystä, että eri kasvukausien aikana ravinnepitoisuuksien vaihtelu sattuu eri ajankohtiin ja ravinnetaso on erilainen mm. kasvukauden sääolosuhteiden mukaan.

Humuksen typpi-, fosfori- ja magnesiumpitoisuudet olivat kahtena peräkkäisenä tutkimuskesänä lähes samansuuruisia, mutta vaihtelu oli jälkimmäisenä kesänä pienempää. Sen sijaan kaliumin määrä oli pienempi ja kalsiumin määrä suurempi kuin edellisessä kasvukautena. Molemmat lisääntyivät kasvukauden loppua kohti. Kasveille käyttökelpoisten ravinteiden määrä edustaa tasapainotilaa niiden prosessien välillä, joissa ravinteita vapautuu tai tulee maaperään, ja toisaalta niiden prosessien välillä, joissa maaperästä kulkeutuu ravinteita. Niinpä tasapainotilaa voivat häiritä poikkeukselliset sadeolosuhteet tai karikemäärät (NÖMMIK 1977). Juuri sateiden vähyys saattoi aiheuttaa helpoliukaisen kaliumin niukkuuden edelliseen kasvukauteen verrattuna.

Pohjakerroksen kasvillisuuden kaliumipitoisuus oli kesällä 1975 pienempi kuin kesällä 1974. Tämä saattoi johtua sateiden tuoman helpoliukaisen kaliumin puutteesta (O'CARROLL ja MCCARTHY 1973). Pohja- ja kenttäkerroksen kasvillisuudessa typpipitoisuus vaihteli voimakkaammin kuin edellisen kasvukauden aikana. Muutokset olivat vastakkaisuuntaisia siten, että typpipitoisuuden maksimi todettiin samaan aikaan kenttäkerroksessa kuin pohjakerroksessa minimi.

Kasvukauden alussa syntyvissä neulasissa ravinnepitoisuuksien muutokset näkyivät selvimmin. Typpi-, fosfori- ja kaliumipitoisuudet laskivat näissä neulasissa kasvukauden alkupuolella. Vasta syksymmällä ne alkoivat lounasta, kun neulasten pituuskasvu oli loppunut (GRIGAL ym. 1976). Sen sijaan kalsium lisääntyi koko kasvukauden ajan neulasten vanhetessa. Alkukesällä vanhempien neulasten ravinnepitoisuudet olivat alhaisia, koska ne tällöin ovat syntyvien uusien neulasten ravinnevarastona (WELLS ja METZ 1963, KOZLOWSKI ja WINGET 1964).

Neulasnäytteiden ravinnepitoisuuksiin vaikutti myös näytteen sijainti latvuksessa; ylempänä oksakiehkuroissa neulasten ravinnepitoisuudet olivat suurempia kuin latvukseen alaosissa. Kolmannen, lähempänä elävän latvuksen keskikohtaa olevan oksakiehkuran neulaset antavatkin paremman kuvan koko neulasmassan keskimääräisestä ravinnepitoisuudesta kuin lähes latvukseen tyvellä oleva näyteoksakiehkura (WHITE 1954). Seitsemännessä oksakiehkurassa esiintyneet korkeat ravinnepitoisuudet saattoivat johtua siitä, että tämä latvuksen osa on fotosynteesistä epäaktiivista. Fotosynteesin ja hengityksen ollessa tasapainossa ei uusien hiilihydraattien syntyminen alenna vanhojen solukoiden ravinnepitoisuutta.

Karikkeen ravinnepitoisuudet olivat kesän 1975 aikana likimain samansuuruiset kuin kesällä 1974. Sadevedessä määrät olivat melko pieniä. Yleensä kuitenkin vapaan sadannan ravinnepitoisuudet olivat pienemmät kuin metsikkösadannan ja runkovalunnan (MAHENDRAPPA ja OGDEN 1973, MAHENDRAPPA 1974). Ravinteita huuhtoutui kasvillisuudesta sadeveten ja sadeveden mukana maaperään. Selvimmin tämä tuli näkyviin kaliumin ja magnesiumin sekä runkovalunnassa myös kalsiumin määrissä.

#### KIRJALLISUUS

- AALTONEN, V. T. 1956. Die Blattanalyse als Bonitierungsgrundlage des Walthodens. Selostus: Lehtianalyysi metsämaan hyvyysluokituksen perusteena. Commun. Inst. For. Fenn. 37(8): 1-41.
- » — 1955. Die Blattanalyse als Bonitierungsgrundlage des Walthodens II. Selostus: Lehtianalyysi metsämaan hyvyysluokituksen perusteena. Commun. Inst. For. Fenn. 45(2): 1-21.
- GRIGAL, D. F., OHMANN, L. F. & BRANDER, R. B. 1976. Seasonal dynamics of tall shrubs in Northeastern Minnesota: Biomass and nutrient element changes. Forest Sci. 22(2):195-208.
- KANNINEN, M. 1977. Männikön puuston ja varvuston maanpäällisen osan päivittäisen kuiva-ainetuotoksen dynamiikka. Metsänhoitotieteen pro gradu-työ. Helsingin Yliopisto. Helsinki.
- KOZLOWSKI, T. T. & WINGET, C. H. 1964. The role of reserves in leaves, branches, stems and roots on shoot growth of Red pine. Amer. Jour. Bot. 51(5): 522-529.
- LANGVILLE, W. M. & McLEAN, K. S. 1976. Some essential nutrient elements in forest plants as related to species, plant part, season and location. Plant & Soil 45(1): 17-26.
- LEHTONEN, I., WESTMAN, C. J. & KELLOMÄKI, S. 1976 a. Ravinteiden kierto eräässä männikössä: I Kasvillisuuden ja maaperän ravinnepitoisuuksien vaihtelu kasvukauden aikana. Summary: Nutrient cycle in a pine stand: I Seasonal variation in nutrient content of vegetation and soil. Silva Fenn. 10(3): 182-197.
- » — 1976 b. Ravinteiden kierto eräässä männikössä: II Sadannan määrä ja laatu riukasteen männikössä. Summary: Nutrient cycle in a Scots pine stand: II Amount and quality of precipitation in a Scots pine stand at the pole stage. Silva Fenn. 10(4): 277-287.
- LEYTON, L. & ARMSON, K. A. 1955. Mineral composition of the foliage in relation to the growth of Scots pine. Forest Sci. 1: 210-218.
- LOWRY, G. L. & AVARD, P. M. 1968. Nutrient content of Black spruce needles II. Variations with crown class and relationships to growth and yield. Pulp Pap. Res. Inst. Can. Technical Report 3: 1-20.
- » — 1969. Nutrient content of Black spruce and Jack pine needles. III Seasonal variations and recommended sampling procedures. Pulp Pap. Res. Inst. Can. 10: 1-54.
- MAHENDRAPPA, M. K. 1974. Chemical composition of stemflow from some eastern Canadian tree species. Canad. J. For. Res. 4(1): 1-7.
- » — & OGDEN, E. D. 1973. Effects of fertilization of a Black spruce stands on nitrogen contents of stemflow, throughfall and litterfall. Canad. J. For. Res. 3: 54-60.
- MILLER, W. F. 1966. Annual changes in foliar nitrogen, phosphorous and potassium levels of Loblolly pine (*Pinus taeda* L.) with site and weather factors. Plant & Soil 24(3): 369-378.
- MORRISON, I. K. 1973. Distribution of elements in aerial components of several natural Jack pine stands in radnorthern Ontario. Can. Jour. of For. Res. 3(2): 170-179.
- MÄLKÖNEN, E. 1974. Annual primary production and nutrient cycle in some Scots pine stands. Selostus: Vuotuinen primäärituotos ja ravinteiden kiertokulku männikössä. Commun. Inst. For. Fenn. 84(5) 1-87.
- NÖMMIK, H. 1977. Marken som mineralnäringskälla för skogsträden. Sveriges skogsvårdsförbunds tidskrift 2-3: 149-162.
- O'CARROLL, N. & MCCARTHY, R. 1973. Potassium supplied by precipitation and its possible role in forest nutrition. Irish Forestry 30(2): 88-93.
- PIETARINEN, I. 1977. Männikön oksiston päivittäisestä ja kasvukautisesta tuotoksesta. Ympäristötekijöiden ja sisäisen säätelyn suhde tuotokseen sekä tuotoksen ja rakenteen vertikaalinen vaihtelu. Metsänhoitotieteen laudaturyo. Helsingin Yliopisto. Helsinki.
- PÄIVÄNEN, J. 1966. Sateen jakautuminen erilaisissa metsiköissä. Summary: The distribution of rainfall in different types of forest stands. Silva Fenn. 119(3): 1-37.
- » — 1974. Nutrient removal from Scots pine canopy on drained peatland by rain. Seloste: Ravinteiden siirtyminen sadeveden mukana latvustosta maahan turvemaan männikössä. Acta For. Fenn. 139: 1-19.
- RAULO, J. & LEIKOLA, M. 1974. Tutkimuksia puuden vuotuisen pituuskasvun ajoittumisesta. Summary: Studies on the annual height growth of trees. Commun. Inst. For. Fenn. 81(2): 1-19.
- SEPPÄNEN, M. 1964. Vesisateen jakautumisesta männikössä. Summary: On the distribution of rainfall in the pinestands. Acta For. Fenn. 76(8): 1-15.
- SMITH, W. H., SWITZER, G. L. & NELSON, L. E. 1970. Development of the shoot system of young Loblolly pine. I. Apical growth and nitrogen concentration. Forest Sci. 16: 488-490.
- TAMM, C. O. 1951. Removal of plant nutrients from tree crowns by rain. Physiloc. Plant. 4: 184-188.
- » — 1953. Growth, yield and nutrition in carpets of a forest moss. (*Hylocomium splendens*). Medd. Stat. Skogsforskn. Inst. 43(1). 1-140.
- » — 1955. Studies on forest nutrition. I. Seasonal variation in the nutrient content of conifer needles. Medd. Stat. Skogsforskn. Inst., 45(5): 1-34.
- WEHRMANN, J. von. 1959. Methodische Untersuchungen zur Durchführung von Nadelanalysen in Kiefernbeständen. Forstwiss. Cbl. 78: 77-97.

- WELLS, G. G. & METZ, L. J. 1963. Variation in nutrient content of Loblolly pine needles with season, age, soil and position on the crown. Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 27: 90-93.
- WHITE, D. P. 1954. Variation in the nitrogen, phosphorous and potassium contents of pine needles with season, crown position and sample treatment. Proc. Soil. Sci. Soc. Amer. 18: 326-330.
- VIRO, P. J. 1953. Loss of nutrients and the natural balance of the soil in Finland. Selostus: Ravinteiden huuhtoutuminen ja maan luontainen ravinnetase Suomessa. Commun. Inst. For. Fenn. 42(1): 1-51.

SUMMARY:

*NUTRIENT CYCLE IN A PINE STAND: III VARIATION IN NUTRIENT CONTENT OF SOIL, VEGETATION, AND PRECIPITATION*

The study is part of a project designed to elucidate the nutrient budget of a Scots pine stand. The material was collected during summer 1975. The collection and analysis methods are described in the two earlier publications concerned with this project. Variations in the nutrient contents were compared with those obtained for the previous growing season.

The potassium and calcium contents varied the greatest in the humus layer. However, in the bot-

tom and field layer vegetation and needles the variation in the nitrogen content was the greatest. The nutrient contents of the needles were affected by the physiological stage of development, needle age and the position in the crown of the tree. It appears that the magnitude and timing of the variation in the nutrient contents in a forest ecosystem were affected by weather factors. The nutrient content of the rainfall increased in the order: free rainfall, throughfall, and stem flow.