

METSÄLANNOITUKSEN VAIKUTUS VESISTÖISSÄ

1. VESISTÖJEN TILAAN VAIKUTTAVISTA TEKIJÖISTÄ

Vesistöjen tila tietynä ajankohtana on tulos rinnakkaisista tai peräkkäisistä fysikaalisista, kemiallisista ja biologisista tapahtumista. Nämä muodostavat toisistaan ja ulkoisista tekijöistä riippuvan kokonaisuuden. Vesistön tilaan vaikuttavia tekijöitä ovat virtaussuhteet, siihen ulkopuolelta tulevien aineiden määrä ja laatu, veden lämpötila, valaistus- ja sääolosuhteet ja vesistön laatu, koko ja muoto.

Vesistöön huuhtoutuu erilaisia aineita luonnosta tai ihmisen toiminnan tuloksena. Edellistk voidaan kutsua luonnon kuormitukseksi. Jätevesien mukana vesistöön tulevat aineet on osa ihmisen aiheuttamaa kuormitusta. Tämän lisäksi ihminen vaikuttaa vesistön tilaan välillisesti tai välittömästi muullakin tavoin. Näitä tekijöitä on haja-asutus, maatalous, vesistöjärjestelyt ja tässä käsiteltävä metsänlannoitus.

Vesien kuormitus ilmaistaan aikayksikössä vesistöön tulevana ainemääränä. Tämä ei kuitenkaan ole ainoa kuormituksen kriteerio. Toisena suureena tulee olla aineen pitoisuus. Kuten enemmän haitallisia aineita on tilavuusyksikössä vettä, sitä enemmän ne vaikuttavat vesistön tilaan. Niinpä on tunnettua vesistön tilan parantaminen johtamalla puhtaampaa vettä toisesta vesistöstä. Jos pumputtava vesimäärä on suuri, on myös aikayksikössä tuleva vesistön absoluuttinen kuormitus suuri. Jos tuleva vesi on laimeampaa kuin vesistön vesi, paranee vesistö silti laimennusvaikutuksen ja virtauksen suurenemisen vuoksi. Esitetyt kuormituskriteeriot ovat suuresti yksinkertaistettuja ja aina tulee lisäksi tuntea ko. aineen käyttäytyminen ja merkitys vesistön ekosysteemissä.

Kuormittavan aineen biologisilla ominaisuuksilla on merkitystä paitsi seuraamuksien myös kuormituksen kriteeriona. Karkeasti voidaan vesistöön tulevat aineet jakaa biologisesti aktiivisiin ja inaktiivisiin. Jos vesistöön tulee biologisesti aktiivista, normaaleihin elintoi-
mintoihin osallistuvaa ainetta vähäininkin määrä, lisääntyy myös se biologinen reaktio, johon aine osallistuu. Vain silloin, jos jokin muu teki-

jä on ko. toimintaa rajoittava, ei lisäystä tapahdu. Tähän ryhmään kuuluvia ovat useimmat orgaaniset aineet ja ennenkaikkea kasvinravinteet, joiden merkitystä selvitetään vielä lähemmin.

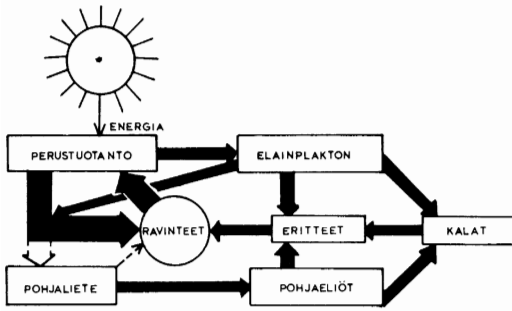
Toisen ryhmän muodostavat biologisesti inaktiiviset aineet. Niillä ei ole vaikutusta veden normaaleihin toimintoihin ennen kuin niiden pitoisuus vedessä nousee niin suureksi, että ne sellaisenaan tai välillisesti muuttavat veden koostumusta tai vaikuttavat sen muihin ominaisuuksiin ympäristötekijöinä. Ympäristön muuttumisen johdosta biologiset tapahtumat voivat muuttua toisiksi, hidastua, kiihtyä tai loppua kokonaan. Vaikutus saattaa kohdistua ekosysteemin tiettyyn osaan, josta välillisesti koko systeemi muuttuu. Vaikka solumyrkyt saattavat olla biologisesti erittäin aktiivisia, on ne luettava tähän ryhmään normaaleihin elintoi-
mintoihin osallistumattomina. Myös haitallisuuden riippuvuus konsentraatiosta puoltaa niiden lukemista tässä tarkoitettuihin aineisiin. Huomautettakoon, että haitallinen konsentraatio eri aineilla vaihtelee suuresti. Mm. eräillä ravintoketjuihin kerääntyvillä aineilla ei haitallisen pitoisuuden alarajaa vedessä ole nykyisellä analyysitekniikalla edes määritettävissä.

Raja biologisesti aktiivisten ja inaktiivisten aineiden välillä on tulkinnanvarainen ja riippuu olosuhteista. Esimerkiksi monet orgaaniset aineet kuten humusaineet, joiden määrä vesis-
sissä lisääntyy mm. soiden ojituksen vaikutuksesta, hajoavat hitaasti. Jokivesistöissä ne voidaan katsoa hajoamattomiksi, mutta järvivesistöissämme niillä on oleellinen merkitys veden happitaloudelle.

Vesien pilaantuminen voi kohdistua myös suoranaisesti käyttöveden laatuominaisuuksiin. Yleensä tällöin on konsentraatio haitallisuuden mittana.

2. VESIEN BIOLOGISET TAPAHTUMAT JA VESIEN LIKAANTUMINEN

Veteen joutuessaan biologisesti aktiiviset aineet osallistuvat biologiseen kiertoon, veden tuotanto- ja hajoamistapahtumiin. Perustuotan-

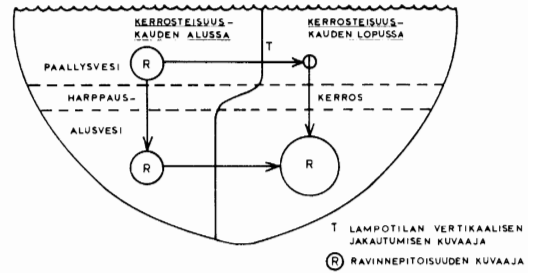


Kuva 1. Kasvinravinteiden kierto vedessä (Seppänen).
Fig. 1. Circulation of plant nutrients in water (Seppänen).

to, yhteyttäminen on jokaisessa ympäristössä, myös vedessä elämän perusedellytys. Veden perustuotanto on pienien vedessä keijuvien kasvien, kasviplanktonin aikaansaamaa. Ne käyttävät energialähteenään auringonvaloa ja voivat näin ollen lisääntyä vain valaistussa vesikerroksessa. Perustuotantoa tapahtuu siis veden pinnan läheisissä, meidän ruskeissa vesisämme melko ohuessa vesikerroksessa. Yhteyttämisessä syntyy epäorgaanisista mineraaliaineista, hiilidioksidista ja kasvinravinteista orgaanista eli eloperäistä ainetta samalla kun happea vapautuu. Syntynyt orgaaninen aine muodostuu ravinnoksi toisenvaraisille eliöille kuten bakteereille, eläinplanktonille, pohjajelmille ja kaloille.

Toinen yhtä tärkeä ryhmä pieneliöitä ovat ns. hajoittajaorganismit, jotka muuttavat orgaanista ainetta takaisin mineraaliaineeksi käyttäen samalla osan siitä soluaineensa rakentamiseen. Hajoitus (hengitys, palaminen, mätäneminen) on tuotannolle vastakkainen, happea kuluttava ja hiilidioksidia vapauttava toiminta. Hajoitusta tapahtuu kaikissa vesikerroksissa ja myös lietteessä. Kaasumaista veteen liuenutta happea tarvitsee välttämättä vain osa eliöistä. Toiset voivat toimia joko vaihtoehtoisesti tai ainoastaan hapettomassa ympäristössä, jolloin ne ottavat tarvitsemansa hapen kemiallisista yhdisteistä. Hapettomassa l. anaerobisessa tilassa on hajoaminen mätänemistä. Mätänemisen tuloksena syntyy usein pahanhajuisia ja myrkyllisiä aineita.

Osa hajoamistilassa olevasta aineesta vajoaa pohjalle. Näin biologisesta kierrosta poistuu kasvinravinteita. Tämä on ns. vesien puhdistumista. Niin kauan kuin järveen tulee kasvinravinteita enintään sellainen määrä, että sitä vastaava määrä poistuu kierrosta pohjasedi-



Kuva 2. Ravinteiden jakautuminen järvestä kerrostuneisuuden aikana (Seppänen).

Fig. 2. Plant nutrient distribution in lake water in summertime according to Seppänen. T = vertical temperature distribution, R = nutrient con.en'.

mentteihin, ei luonnon tasapaino järkyty. Jos taas tuleva jätemäärä on sietoa suurempi, kiihtyvät sekä tuotantotoiminta ja orgaanisen aineen lisääntyessä myös hajoaminen. Seurauksena on hapen kuluminen. Kun happi loppuu pohjan läheisistä vesikerroksista, liukenee pohjalle saostuneita kasvinravinteita takaisin vesifaasiin. Seurauksena on yhä lisääntyvä tuotanto ja hajoaminen. Vastaavaa liukenemista sedimenteistä ja kiihtyvää likaantumista tapahtuu, jos ulkopuolelta tulevan orgaanisen kuormituksen määrä on niin suuri, että veden happivarasto kuluu loppuun sen hajotessa. Näin vesien pilaantuminen on aluksi hidasta, mutta tietyn pisteen saavutettuaan kiihtyy nopeasti. Vedessä eliötoiminta jakaantuu osiin, joissa kussakin on oma pieneliöyhteisönsä omine tehtävineen. Orgaanisen aineen syntetisoiminen tapahtuu veden ylemmissä kerroksissa. Osa aineksesta vajoaa alaspäin ja joutuu muiden eliöiden ravinnoksi tai hajoituksen kohteeksi paikalla ja osa vajottuaan alempiin vesikerroksiin tai pohjalle. Kiertokulku eloperäisestä aineesta mineraaliaineeseen ja päinvastoin jatkuu lähes loputtomiin, osan aineesta kuitenkin poistues- sa kierrosta. Tämän kiertokulun on Seppänen havainnollistanut kuvan 1 ja saman asian kerrostuneessa järvestä kuvan 2 esittämällä kaaviolla erittäin selkeästi (Ympäristö ja terveys 2, 1970).

3. KASVINRAVINTEET VESIEN PILAAJANA

Kasviravinteet ovat välttämättömiä kaikille biologisille toiminnolle. Luonnonvesissä on niitä tai ainakin joitakuita niistä hyvin vähäisiä määriä. Fosforin ja typen pitoisuus vesissä on yleensä pieni. Näin fosfori tai typi on vesien biologisia tapahtumia rajoittava tekijä. Kaliumia, joka on kolmas lannoitteiden pääravinteis-

ta, on vesissä sen sijaan jo luonnostaan biologisiin toimintoihin tarvittavaa määrää runsaammin. Fosfori on useimmin minimitekijänä, mutta meilläkin on vesiä, joissa typen puute jo luontaisesti rajoittaa biologisia tapahtumia.

Fosforia tarvitaan hyvin pieni lisäys, minkä jälkeen tulee jokin toinen tekijä esim. typpi minimitekijäksi. Fosforia saattaa olla luonnon- vesissä vain 0,01 mg/l. Muiden aineiden määrän pysyessä samana saatetaan tarvita vain kaksinkertainen pitoisuus eli 0,02 mg/, kun fosforia on jo ylimäärin. Mainittakoon selvennyksenä, että fosforin tai muun minimitekijän pitoisuus sinänsä ei ole merkittävä kuten usein erheellisesti esitetään, vaan sen suhteellinen osuus muihin biologiseen reaktioon osallistuviin aineisiin nähden. Kuitenkin erityisesti fosforin nopea mobilisoituminen uudelleen käytettäväksi pienentää usein tuotannossa tarvittavan fosforin kokonaismäärää. Ensimmäisessä ja monissa maissa yksinomaan kasvinravinteiden vakavin haitta ilmenee primäärituotannon lisääntymisestä valaistussa vesikerroksessa. Sen lisäksi, että syntyvä levämassa jo sinänsä on harmillista — mainittakoon vain meilläkin todettu veden hankinnan vaikeutuminen ja paha maku kaloissa — lisääntyy veden orgaanisen aineen määrä tavattomasti. Hajotessaan tämä kuluttaa happea. Esimerkiksi yhden ihmisen asumajätevesien fosforista syntyvä levämassa saattaa sopivissa oloissa aiheuttaa viisinkertaisen hapen kulumisen asumajäteveden primääriseen hapen kulutukseen verrattuna. Jotta metsälannoituksesta huuhtoutuvan fosforin merkitystä voitaisiin paremmin arvioida, mainittakoon että 1 g fosforia saattaa aiheuttaa sellaisen levätuotannon, että sen hajotessa kuluu kaikki happi 15—20 m³:stä vettä.

Myös hajoituksessa tarvitaan ravinteita. Koostumukseltaan yksipuolisten, paljon hiiliyhdisteitä sisältävien jätevesien hajoaminen nopeutuu ja hapen kulumisen kasvaa ravinteita lisätaässä. Vesistössämme on runsaasti maaperästä huuhtoutuvaa eloperäistä ainetta, humusta. Tämä aiheuttaa vesille niiden ruskean värin. Humus hajoaa biologisesti hyvin hitaasti, mutta nopeutuu kasvinravinteiden läsnäolossa. Pitkän talven aikana kuitenkin sen hajoamisella on huomioonotettava vaikutus veden happitalouteen. Hapen vajuus talvella onkin tavallinen ilmiö luonnontilaisten järviemme syvänteissä. Vähäisenkin lisätekijän vaikutuksesta saattaa happi loppua kokonaan. Kasvinravinteiden, fosforin ja typen määrän vähäiselläkin lisääntymisellä on oleellinen merkitys vesistöjen tilan muuttajana. Vesistöjen luonne ja laatu, sekä ilmastollisista oloista johtuvat tekijät vaikuttavat

sen, että myös kasvinravinteiden aiheuttamat haitat ovat osittain toisenlaiset ja usein pahemmat kuin yleensä muissa maissa.

4. HUUHTOUTUMISEEN VAIKUTTAVISTA TEKIJÖISTÄ

On tunnettua, että aineen huuhtoutumiseen maasta vaikuttavat tämän aineen kemiallinen luonne ja sen maassa esiintyvä yhdiste, maan kivennäisaineksen raekoko, määrä ja laatu, maaperän kuivatustila ja kuivatuksen luonne, maan orgaanisen aineksen humuksen määrä, sen happamuus, koostumus ja ilmasto-olosuhteet sekä maahan tulevien ravinteiden määrä ja lannoitustapa. Suomen maaperän tyyppillisinä erikoispiirteinä mainittakoon kalkkiköyhien, happamien ja paljon orgaanista ainesta sisältävien maiden runsaus. Monilla alueilla esiintyy myös fosforin huuhtoutumista estävää alumiinia ja rautaa runsaasti. Maataloushallitus on tutkinut näiden tekijöiden vaikutuksia luontaiseen huuhtoutumaan ja yksityiskohtaiset tulokset julkaistaan myöhemmin.

Todettakoon, että täysin luonnontilaisesta maasta huuhtouma vaihtelee melko suuresti mainituista tekijöistä johtuen. Jotta tietyn toimenpiteen kuten metsälannoituksen merkitystä vesien kasvinravinnekuormittajana voidaan arvioida, on tärkeää tietää ko. alueen luontainen huuhtouma ja sen vaihtelut eri aikoina.

Suoritettujen huuhtoutumistutkimusten valossa näyttävät ilmastolliset olosuhteet varsin tärkeiltä ravinteiden huuhtoutumiseen vaikuttavilta tekijöiltä. Koko talven sadanta kerääntyy lumena maahan. Keväällä maan ollessa vielä jässä lumi sulaa ja monien kuukausien sadanta valuu vesistöihin usein vain muutamien päivien aikana. Jos lannoitus suoritetaan lumelle, on todennäköistä, että lannoitteet liukenevat suoraan sulamisvesiin.

Fosforin ja kalin huuhtoutumista koskevissa tutkimuksissa on todettu, että maan ollessa jässä kalia liukenee melko runsaasti veteen, tosin jonkin verran vähemmän kuin kesätulvien aikana. Maalajilla näyttää olevan oleellinen merkitys fosforin pidättymiseen eri vuodenaikoina. Erityisen selvästi on nähtävissä lannoitustavan vaikutus. Turvemaalla on Purokosken tutkimuksessa (käsikirjoitus) veden fosforipitoisuus 1 cm syvyyteen mullatussa maassa ollut 0—3 % siitä, mitä se on ollut pintalannoitusta käytettäessä. Näin metsälannoituksesta, joka tehdään nykyään pintalannoituksena, on suurempi mahdollisuus huuhtoutua lannoitteita vesiin kuin peltolannoituksesta.

5. HUUHTOUTUMINEN METSÄNLANNOITUS-ALUEELTA

5. 1 Tutkimuksen suoritus

Maataloushallitus on tutkinut lannoitteiden huuhtoutumista vuosina 1966—67 seitsemällä metsänlannoitusalueella Pohjois-Karjalassa, Kainuussa ja Lapissa. Lisäksi on tehty lannoituskoe lehtometsäalueella, mutta havaintojen jatkuessa ei tässä yhteydessä vielä käsitellä näitä tutkimustuloksia. Käytännön vaikeuksien, lähinnä varojen puutteen vuoksi monia tämänlaatuiseen tutkimukseen kuuluvia perushavaintoja ei ole voitu tehdä riittävällä tarkkuudella. Tästä syystä voidaan tässä yhteydessä puhua vain alustavasta, suuntaa-antavasta tutkimuksesta.

Tutkimusalueet on valittu metsähallituksen ja yksityisten lannoitusalueilta, jotka kaikissa tapauksissa ovat olleet soita. Tutkimuksen kohteeksi on pyritty saamaan selkeä valuma-alue, josta pääosa lannoitetaan ja jossa on mahdollisuus mitata virtaama riittävällä tarkkuudella. Koska lannoitusalueet on valittu muiden näkökohtien kuin huuhtoutumatutkimuksen asiallisuuden perusteella, eivät alueet kaikissa suhteissa täytä tutkimuksen vaatimuksia. Pahimpana haittana onkin yleensä lannoitetun alueen pieni osuus (7—58 %) koko valuma-alueesta. Valuma-alueen suuruus on vaihdellut 8—75 km². Suon osuus on ollut 25—67 %. Peltoa on ollut vain kahdella valuma-alueella. Yhdeltä alueelta mainitut tiedot puuttuvat. Osa suoalueesta on ojitettua, osan ollessa vielä ilman ojitusta. Tällä seikalla ei kuitenkaan ole havaittavaa merkitystä tuloksiin. Valuma-alueiden järvisyys on vaihdellut melko paljon. Järviprosentti on ollut 0—13, mutta lannoitetun alueen ja havaintopaikan välillä ei ole ollut järviä.

Koska riittäviä tietoja huuhtoutumaan vaikuttavista tekijöistä ei käytännöllisten vaikeuksien vuoksi ole voitu saada, on etsitty lähellä sijaitseva mahdollisimman paljon lannoitus-alueita vastaava vertailualue. Virhelähteiden eliminoinniseksi on tältä tehty samanaikaisesti samat havainnot kuin lannoitetulta alueelta.

Lannoitteena on käytetty PK-lannoitetta (24—15) muilla alueilla paitsi Miesjoella, missä 48 % alueesta on käsitelty hienofosfaatilla (400 kg/ha) ja loppuosa 52 % PK:lla (400 kg/ha). PK-lannoitetta ilmoitetaan käytetyn muualla 500 kg/ha. Lannoitus on suoritettu käsin levittämällä, traktorilevityksenä tai lentokoneesta. Levitystä on tehty eri vuodenaikoina ja käsiteltävän alueen ollessa suuri se on kestänyt useita kuukausia. Lannoitusalueita, lannoitusta ja vertailualueita kuvaavat perustiedot on esi-

tetty taulukossa 1. L alueen nimen jäljessä tarkoittaa lannoitusalueita ja V vertailualueita.

Kultakin lannoitusalueelta ja vertailualueelta kuuluivat ohjelman mukaisiin huuhtoutumahavaintoihin mittaukset vähintään kahden kuukauden ajan ennen ja jälkeen lannoituksen 1—2 viikon välein ja tämän jälkeen vähintään vuoden ajan kerran kuukaudessa.

Lannoitusajan oltua jopa viisi kuukautta tätä ohjelmaa ei ole voitu käytännössä noudattaa. Havaintoja, joiden lukumäärä ilmenee tulostaulukosta 2 sarakkeista 2 ja 4, on 2—11 kuukaudelta ennen ja 6—14 kuukaudelta jälkeen lannoituksen (sarakeet 1 ja 3). Tutkimuksen ajankohtana on mitattu virtaama yleensä siivikolla ja määritetty vedestä kasvinravinteet ja tavanomaiset veden yleisiä laatua kuvaavat suuret. Näytteenoton ja kenttähavaintomittaukset on tehnyt ao. maanviljelysinsinööripiiri. Määrittämiä on tehty piirin laboratoriossa, vesiensojelutoimistossa sekä ravinnemäärittämiä myös valtion maatalouskemian laitoksessa. Eri laboratorioden tulosten yhdenmukaisuus on tarkistettu. Virtaamamittausten tulosten perusteella voidaan saada kuva vesimäärän suhteellisesta runsaudesta, mutta mittauksen tilapäisluonteesta johtuen tulosten tarkkuus ei riitä huuhtoutuma-arvojen laskemiseen. Tässä esityksessä on käsitelty fosforin ja kalin huuhtoutumista lannoitusalueilta verrattuna vertailualueelta tulevaan kuormitukseen. Muiden määrittysten tuloksia, jotka tullaan yksityiskohtaisesti julkaisemaan erikseen, on käytetty tulosten tarkistamisessa sen lisäksi, että niistä saadaan kuva vesien yleisestä laadusta.

5. 2 Tulokset

Taulukossa 2 on laskettu kokonaisfosforin ja kaliumin pitoisuuksien keskiarvot sekä lannoituksen vaikutuksen selvittämiseksi verrattu tuloksia vertailualueen tuloksiin. Fosforia koskevat luvut ovat sarakkeissa 5—11 ja kaliumin sarakkeissa 12—18.

Suure E sarakkeessa 5 tarkoittaa lannoitetun alueen fosforin pitoisuuden keskiarvoa ennen lannoitusta ilmaistuna g P/1 ja J seuraavassa sarakkeessa samaa lukua lannoituksen jälkeiseltä ajalta. Sarakkeessa 7 on DL pitoisuuden keskiarvon lisäys lannoituksen jälkeen eli J—E. Sarakkeissa 8—10 on vastaavat luvut vertailualueen havainnoista. Kaliumin kohdalla on vastaavat sarakkeet. Pitoisuus on ilmaistu mg K/1. Kun tarkastellaan pitoisuuden muutoksia ennen lannoitusta ja sen jälkeen yksinomaan lannoitetulla alueella, nähdään että pitoisuus keskimäärin on jopa alentunut. Vastaavia muutoksia

Taulukko 1. Metsiänlannoitusalueiden valuma-alueen ja lannoitetun alueen koko ja muut ominaisuudet sekä lannoituksen suoritustapa.

Table 1. Data on the fertilization areas of the study and on the waterbeds concerned.

Alueen nimi Name of area	Valuma-alueen of the watershed			Pelto % arable land	järvi % lakes	Lannoitettu ala Area fertilized		Lannoitus- aika kk Month of application		lannoite Fertilizer
	ala km ² Area	kiv.maa % mineral land	suo % peatland			km ²	%	Monib of application	tapa Method of application	
Haukiahio)	L 13,3 V 4,7	44 59	50 33	— —	6,1 8,0	1,21 4,03	9	11.—1.	käsin by hand	PK
Rasinaho	L 8,6	54	40	—	6,5	4,03	47	2.	käsin by hand	PK
Jokijärvi	L 27,6 V 10,3	66 70	25 20	4 6	5,5 4,3	2,00	7	9.	lento by airplane	PK
Luhropohja	L 8,0 V 3,7	52 54	30 38	5 3	13,0 4,9	1,10	14	9.—10.	traktori by tractor	PK
Kiikkukangas	L 47,2 V ₁ 18,3	35 52	65 48	— —	— —	9,49	20	7.	lento by airplane	PK
Miesjoki	L 75,1	(ei tutkittu) (not studied)	(ei tutkittu) (not studied)	—	1,1	10,60	14	7.—11.	traktori by tractor	52 % PK + 48 % hieno- fosfaatti rock phosphate
Junkuaapa	L 16,9 V 8,4	33 49	67 51	— —	0,3 0,2 0,2	9,70	58	7.	lento by airplane	PK

L = Lannoitettu — Fertilized area

V = Vertailualue — Comparison area

*) Myös Rasinahon vertailualue — Including the comparison area at Rasinaho

Taulukko 2. Fosforin ($\mu\text{gP/l}$) ja kaliumin (mgK/l) pitoisuuden keskiarvot metsänlannoitusalueilla ja vertailualueilla sekä näiden erotukset.
 Table 2. Mean phosphorus ($\mu\text{gP/l}$) and potassium (mgK/l) contents in fertilized and unfertilized areas and their differences.

Alue Area	Havaintoja Number of observations				Fosfori Phosphorus				Kalium Potassium					
	Ennen Before		Jälkeen After		Lannoitettu Fertilized		Vertailu Comparison		Lannoitettu Fertilized		Vertailu Comparison		DL—DV	
	kk months	kpl number	kk months	kpl number	E	J	DL	E	J	DV	E	J	DL	DV
Haukiahon virtaus > 0 flow > 0	4	11	12	13	32	45	13	29	29	0	29	29	13	34
Rasinahon virtaus > 0 flow > 0	5	13	11	11	42	45	3	30	29	—1	30	15	4	35
Jokijärvi	3	9	14	8	14	19	5	13	12	1	13	12	4	4
Luhrapohja	4	12	13	16	13	35	22	19	12	7	15	12	15	7
Kiikkukangas	11	16	6	11	37	30	—7	33	12	—21	33	12	14	14
Miesjoki	2	5	7	19	28	11	—17	40	17	—23	40	17	6	6
Junkuaapa	2	4	6	10	13	17	4	7	20	—13	7	20	17	17
					0,57	1,1	0,63	0,79	1,10	0,31	0,57	1,1	0,63	0,32
					0,63	1,16	0,53	0,81	1,12	0,31	0,63	1,16	0,53	0,22
					0,55	0,88	0,33	0,51	0,63	0,12	0,55	0,88	0,33	0,21
					1,10	1,00	—0,10	0,76	0,71	0,04	1,10	1,00	—0,10	—0,06
					0,86	0,88	0,02	0,76	0,59	0,17	0,86	0,88	0,02	0,19
					0,58	0,78	0,20	0,88	1,08	0,20	0,58	0,78	0,20	0
					0,52	2,08	1,56	0,98	1,03	0,05	0,52	2,08	1,56	1,51

E = Ennen lannoitusta — Before fertilization

J = Lannoituksen jälkeen — After fertilization

DL = Pitoisuuden lisäys lannoitetulla alueella — Increase in content in fertilized area

DV = Pitoisuuden lisäys vertailualueella — Increase in content in unfertilized area

on tapahtunut myös vertailualueella. Tämä joutuu veden laadun luontaisista ajallisista vaihteluista. Jotta saataisiin nämä luontaiset muutokset eliminoitua ja lannoituksen vaikutus esiintuloksista mahdollisimman hyvin, on verrattu keskenään pitoisuuden muutoksia molemmilla alueilla. Niinpä sarakkeessa 11, missä on fosforipitoisuuden muutos lannoitetuilla alueilla vertailualueeseen verrattuna, on muutos positiivisen kaikilla alueilla. Pitoisuus on lisääntynyt vertailualueen lannoituksen jälkeisen ajan tuloksiin verrattuna 14—120 %. Haukiahon ja Rasinahon alueilla lasketut runsaan veden aikaa kuvaavat lisäykset ovat 155 ja 230 %, mitkä iuvut sinänsä eivät kuitenkaan ole sovellettavissa runsaan valuman aikaisiksi arvoiksi yleensä.

Myös kalin kohdalla (sarake 18) on lisääntymistendenssi havaittavissa. Määritystarkkuuden huomioon ottaen kaliumin pitoisuus on muuttunut 0—15 mg K/l, ollen neljällä alueella 0,2—0,3 mg/l eli edellä käytettynä prosenttilukuna 20—33 %. Lapissa sijaitsevalla Junkaavan alueella on lisäysprosentti 150. Kahdella alueella ei ole tulosten perusteella todettavissa lisäystä.

6. JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksen tulosten perusteella voidaan selvästi todeta, että soiden lannoituksen vaikutuksesta vesien kasvinravinnekuormitus lisääntyy. Tutkimuksen alustavasta luoteesta ja mm. pohjahuuhtoutuman sekä erilaisten huuhtoutumaan vaikuttavien tekijöiden epätarkoista arvoista ja vaihteluista huolimatta ei voi olla sattuma, että kaikilla lannoitetuilla alueilla on veden fosforipitoisuus ja usein myös vesissä vähemmän tärkeä kaliumpitoisuus lisääntynyt. Tämä tulos onkin todennäköinen, kun otetaan huomioon, että lannoitus suoritetaan pintalannoituksena.

Tuloksista on edelleen todettavissa, että huuhtoutumista tapahtuu lannoitusajasta riippumatta pääasiassa runsaan veden aikaan keväisin ja syksyisin. Tämä tulos on tärkeä vastaisia tutkimuksia järjestettäessä. Lannoituksen ajankohdan ja tavan vaikutuksia huuhtoutumisen sijaan ei näiden tulosten perusteella voida esittää. Harvat keväthavainnot osoittavat kuitenkin, että sulamiskauden aikana huuhtoutuminen on runsaimmillaan.

Tilantee havainnollistamiseksi tulee kiusaus tutkimuksen tiedostetuista puutteista huolimatta spekuloida tuloksilla enemmänkin kuin ankaran tieteellisesti olisi oikeutettua. Nämä suuruusluokkaa koskevat päätelmät ovat jossain määrin

puollettavissa, mm. Karsisto (Suo 21, 1970 (3—4), 60—66) on esittänyt tutkimuksen tarkkuuden huomioonottaen suuruusluokaltaan vastaavia tuloksia eli fosforin huuhtoutumaksi noin 50 g/ha v. Tulostaulukossa esiintyvä suurin pitoisuus 17 μ g/l merkitsee likimäärin samaa lukua. Jos otetaan huomioon lannoitusalan osuus valuma-alueesta, pitoisuuden lisäyksen keskiarvo olisi n. 70 μ g/l lannoitettua alaa kohden vaihdellen välillä 9—150 μ g/l ja huuhtoutuma olisi keskiarvon perusteella, 300 mm valuntaa käyttäen laskettuna 200 g/ha v. Viime vuonna lannoitettiin metsiä noin 160 000 ha. Näin metsänlannoituksesta johtuva fosforikuormitus keskiarvon perusteella laskettuna olisi noin 30 tonnia eli lähes puolet meijeriteollisuuden fosforikuormituksesta ja lähes yhden prosentin suuruusluokkaa koko maan jätevesien fosforikuormituksesta.

Kokonaiskuormitukseen verrattuna on suurimpiakin huuhtoutuma-arvoja käyttäen metsälannoituksesta aiheutuva vesistön kuormitus nykyisellä lannoituksella melko vähäinen. Kuitenkin tämän kuormituslähteen aliarvioimiseen ei ole mitään aihetta. Tilanne on nimittäin kokonaan toinen, jos asiaa tarkastellaan paikallisena tekijänä ja sen vesistön osan kannalta, johon kuormitus kohdistuu. Paikallisena likaajana metsälannoituksella on ilmeisesti jo nykyään merkitystä. Metsälannoitus lisääntyy lähitulevaisuudessa ilmeisesti huomattavasti. Mm. metsänparannustoimikunnan 1969 antaman osamietinnön mukaan lannoitettavia soita olisi noin 2 milj. hehtaaria. Lannoituksella lisätään puun kasvua myös kuivilla mailla. Näin vuosittain lannoitettu ala saattaa nousta nykyisestäään kymmenkertaiseksi mikäli lannoitus suoritetaan joka kymmenes vuosi. Metsänparannustoimenpiteitä suoritetaan tehokkaasti seudulla, jossa ei ole muuta likaavaa toimintaa, vesistöt ovat luonnon-tilaisia ja vielä suurten reittivesistöjen latveisiä. Puhtaimmat vesistömme ovat tällöin vaarassa likaantua ja näiden rehevöitymisestä saattaa olla vielä seurauksena koko alapuolisen vesistön häiriytyminen.

Lannoituksen sopivan ajankohdan valinnalla ja sen suoritustavalla voitaneen ravinteiden väsiin huuhtoutumista vähentää. Muitakin keinoja häiriövaikutusten pienentämiseksi varmaan löytyy, kun asiaan paneudutaan. On myönnettävä, että metsät ovat tärkeä luonnonvaramme, mutta myös vedet ja häiriytymätön luonto ovat tärkeitä luonnonvaroja nekin. Metsätaloudessa samoin kuin muussakin taloudellisessa toiminnassa tarvitaan kaikkien tekijöiden optimoimista ratkaisuja harkittaessa ja menetelmää

valittaessa. Näennäisesti yhdeltä puolen tarkasteltuna tästä saattaa aiheutua lisäkustannuksia, mutta menettely on kokonaisuuden kannalta pitkällä tähtäyksellä edullisempi. Nyt olisikin kii-

reellisesti selvitettävä huuhtoutumiseen vaikuttavat tekijät ja sovellettava kokemukset käytännön toimenpiteiksi moniarvoista optimiratkaisua silmällä pitäen.

SUMMARY:

ON THE INFLUENCE OF FOREST FERTILIZATION ON WATERCOURSES

In 1966—67 the National Board of Agriculture performed investigations into the washing of fertilizers from seven areas that had been treated with fertilization. Table 1 gives a few general data on the areas in question. In most cases 500 kg of PK fertilizer (24—15) had been applied per hectare. In each fertilization area and in the corresponding areas for comparison left unfertilized, observations on the washing were made at intervals of 1—2 weeks during a period beginning at least two months before and ending not earlier than two months after fertilizer application; after this period observations were continued once a month for at least one year.

Table 2 shows the mean phosphorus and potassium contents for the fertilized areas; in addition, it gives a comparison between these contents in the fertilized areas and the corresponding values for the comparison areas. The figures concerning phosphorus are presented in columns 5—11 and those for potassium, in columns 12—18. Column 11 shows a clear increase in the phosphorus content in areas to which phosphorus had been applied. In comparison with the changes that had taken place in the comparison areas during the period after

fertilizing, this increase varied from 14 to 120 %. For potassium (column 18), too, a trend of increasing contents could be observed.

The results clearly prove that the quantity of plant nutrients of watercourses increases due to fertilization performed in their vicinity and that washing takes place primarily in the spring and in the fall when water is abundant.

In comparison with the total load, that caused to the watercourses through forest fertilization of present-day extent is of a relatively small importance even when highest values of washing are recorded. However, there is no reason to underestimate the importance of forest fertilization in this respect. As a local source of pollution forest fertilization is probably an important factor already now, and as forest fertilization evidently is going to increase considerably in the nearest future and forest improvement activity is particularly efficient in areas where no other polluting activity takes place, our cleanest watercourses are now threatened by pollution. The increase of plant nutrients in a certain part of a watercourse also means a danger of disturbance to other parts of the same watercourse, located downstreams from the polluted area.

Kansikuva: Siikaneva Ruovedellä.

Cover: *The Siikaneva area in the parish of Ruovesi.*