

# MAATALOUDEN AIHEUTTAMA FOSFORI- JA TYPPIKUORMA VESISTÖIHIN

Seppo Rekolainen  
Vesien- ja ympäristöntutkimuslaitos

## Johdanto

Vesistöjä rehevöittävä fosfori- ja typpikuormitus tulee joko pistemäisistä lähteistä tai hajapäästöinä. Pistekuormituksesta suurin osa koostuu teollisuuden ja asutuksen puhdistettujen tai puhdistamattomien jätevesien mukana tulevasta kuormituksesta. Hajapäästöt ovat sen sijaan joko maa-alueilta tai ilmasta laskeutuvaa hajakuormitusta. Maa-alueilta hajakuormitusta tulee sekä maatalous- että metsäalueilta. Luonnonolosuhteissa maa-alueilta tulevaa ravinnepäästöä kutsutaan luonnonhuuhoutumaksi, ihmisen siihen aiheuttamaa lisää kuormitukseksi. Hajakuormitusta aiheuttavat siten maan ottaminen esimerkiksi maatalouden tai metsätalouden käyttöön.

Jotta vesiensuojelutoimenpiteet osataan kohdistaa oikein, tarvitaan tietoa sekä pistemäisen kuormituksen että hajakuormituksen suuruudesta ja suhteellisista osuuksista kokonaiskuormituksesta. Pistemäisen kuormituksen arviointi onnistuu suhteellisen tarkasti. Laajat vesiensuojelutoimenpiteet ovat alentaneet asutuksen jätevesien mukana tulevaa fosforikuormitusta merkittävästi. Sen sijaan asutuksen typpikuormitus ja teollisuuden sekä fosfori- että typpikuormitus ovat kasvaneet. Hajakuormituksen määrän arviointi on huomattavasti vaikeampaa. Kuormituksen suuruuteen vaikuttavat monet paikalliset tekijät, kuten maaperän ominaisuudet, topografia ja tehdyt maa- ja metsätaloustoimenpiteet. Siten kuormitus voi vaihdella paljon aivan lähekkäisten alueiden välilläkin. Myös ajalliset vaihtelut ovat säätekijöistä johtuen suuria. Suurin osa kuormituksesta tulee runsaiden sateiden tai lumensulamisen yhteydessä ja myös vaihtelu eri vuosien välillä voi olla erittäin suurta. Siten kuormituksen kehittymisestä perättäisten vuosien välillä ei voida tehdä johtopäätöksiä eri toimenpiteiden vaikutuksista, vaan vaihtelu saattaa olla suurelta osin luonnollista. Toimenpiteiden vaikutusten seuranta pitää usein perustaa pidempien jaksojen välisiin eroihin.

Hajakuormituksen suuruutta voidaan mitata monella eri tavalla. Eri menetelmien erona on lähinnä tutkimuskohteen suuruus. Pienten koealojen haittana on se, että paikallisten vaihtelujen johdosta niiltä saatu tulos edustaa vain sitä aluetta, tuloksen yleistäminen on hankalaa. Mikäli koealuetta kasvatetaan suureksi (jokivesistö), tulos edustaa huomattavasti laajempia alueita, mutta yleensä mukaan tulee myös muita kuormittavia tekijöitä (pistekuormitus) eikä hajakuormituksen erottaminen niistä ole kovin yksinkertaista. Isojen koealojen haittana on myös se, että mahdollisten toimenpiteiden vaikutusten seuranta on vaikeaa.

Maatalouden kuormituksesta on aiemmin esittänyt yhteenvedon Kauppi (1984), metsätalouden osalta Sallantaus (1986) ja Ahtiainen (1990). Hajakuormituksesta suurin osa on peräisin maataloudesta ja nimenomaan peltoviljelystä. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia maatalouden aiheuttaman kuormituksen suuruutta uusimmalla käytettävissä olevalla havaintoaineistolla.

## Tutkimusmenetelmä

Tutkimus perustuu vesi- ja ympäristöhallinnon hallinnassa olevalla ns. pienten valuma-alueiden verkostolla tehtyihin havaintoihin. Alueet on perustettu pääosin 1950-luvulla, jolloin on aloitettu jatkuvatoiminen valumaveden määrän mittaus. Alueiden koko vaihtelee muutamasta kymmenestä hehtaarista muutamaa kymmeneen neliökilometriin, ja maankäyttö kokonaan maataloudesta täysin metsäalueeseen. Tarkemman kuvauksen alueista, niiden ominaisuuksista samoin kuin vesimäärän mittauksesta ovat raportoineet Mustonen (1965) ja Seuna (1983). Veden laadun seuranta aloitettiin osalla alueista vuonna 1962. Laadun seuranta perustuu näytteenottoon. Näytteenottostrategiaa on muutettu kerran seurantajakson aikana. Vuoteen 1981 asti näytteet otettiin säännöllisesti kerran kuussa, sen jälkeen näytteitä on otettu kuusi keväällä (kerran viikossa) ja kuusi syksyllä (kahdesti kuussa). Käytetyt näytteenottostrategiat samoin kuin laskenta- ja analyysimenetelmät ovat esittäneet Kauppi (1978,1979) ja Rekolainen (1989a).

Vuosina 1986–1989 toteutettiin kolmella alueella automaattista virtaamapainotteista näytteenottoa. Tuloksena saatu näytemäärä vaihteli eri alueiden ja eri vuosien välillä runsaasti ollen kuitenkin vähimmilläänkin yli sata. Tätä aineistoa on käytetty eri prosessien tutkimisessa (Rekolainen 1989b) sekä mallien kalibroinnissa ja testauksessa (Rekolainen 1992, Kallio 1992, tämä raportti, sekä Rekolainen ja Posch 1992). Tässä yhteydessä tästä aineistosta esitetään ainoastaan kuormituksen ajalliseen jakautumiseen liittyvät tulokset.

## Tulokset ja tulosten tarkastelu

Uusimmalla tarkastelujaksolla (1981–1985) maatalouden aiheuttama fosforikuormitus oli 90–180 kg km<sup>-2</sup>a<sup>-1</sup> ja typpikuormitus 760–2000 kg km<sup>-2</sup>a<sup>-1</sup>. Koko maan osalta maatalouden vesistöihin aiheuttamaksi fosforikuormaksi arvioitiin 2000–4000 t vuodessa ja typpikuormaksi 20000–40000 t vuodessa (Rekolainen 1989a). Tässä aineistossa sekä fosfori- että typpikuormituksen havaittiin riippuvan voimakkaasti alueella olevien peltojen osuudesta. Myös happamien sulfaattimaiden ja turvemaasta koostuvien peltojen määrällä sekä peltojen kaltevuudella ja maalajilla havaittiin olevan vaikutusta fosfori- ja typpikuormitukseen.

Verrattaessa kahta tarkastelujaksoa (1965–1974 ja 1981–1985) toisiinsa havaittiin erityisesti fosforikuormituksen olleen jälkimmäisellä jaksolla huomattavasti suuremman. Muutos näytteenottostrategiassa, jälkimmäisen jakson korkeampi keskivalunta sekä maatalouden voimaperäistyminen ja erikoistuminen ovat mahdollisia syitä havaittuun kasvuun. Tiheän havaintoaineiston perusteella lasketut arviot ovat vielä jonkin verran (10–15 %) todellista kuormitusta alempia, mutta kuitenkin tarkempia kuin edellisen havaintojakson perusteella tehdyt arviot (Rekolainen ym. 1991). Parantunut tarkkuus ei kuitenkaan kokonaisuudessaan selitä uudemmalla jaksolla havaittua korkeampaa fosforikuormitusta.

Kolmella maatalousvaltaisella alueella suoritettuna tiheän virtaamapainotteisen näytteenoton perusteella lasketut kumulatiiviset fosfori- ja typpikuormitukset (Kuvat 1 ja 2) osoittavat, että sääoloiltaan 'normaalina' vuotena pääosa kuormituksesta tulee keväällä lumensulamisaikaan ja toisaalta syksyllä sateisena aikana. Tällaisia vuosia tutkimusjaksolla olivat vuodet 1986 ja 1988. Tutkimusjaksolle osui kuitenkin sääoloiltaan muunlaisia vuosia. Vuonna 1987 kesä oli erittäin sateinen ja se näkyy myös

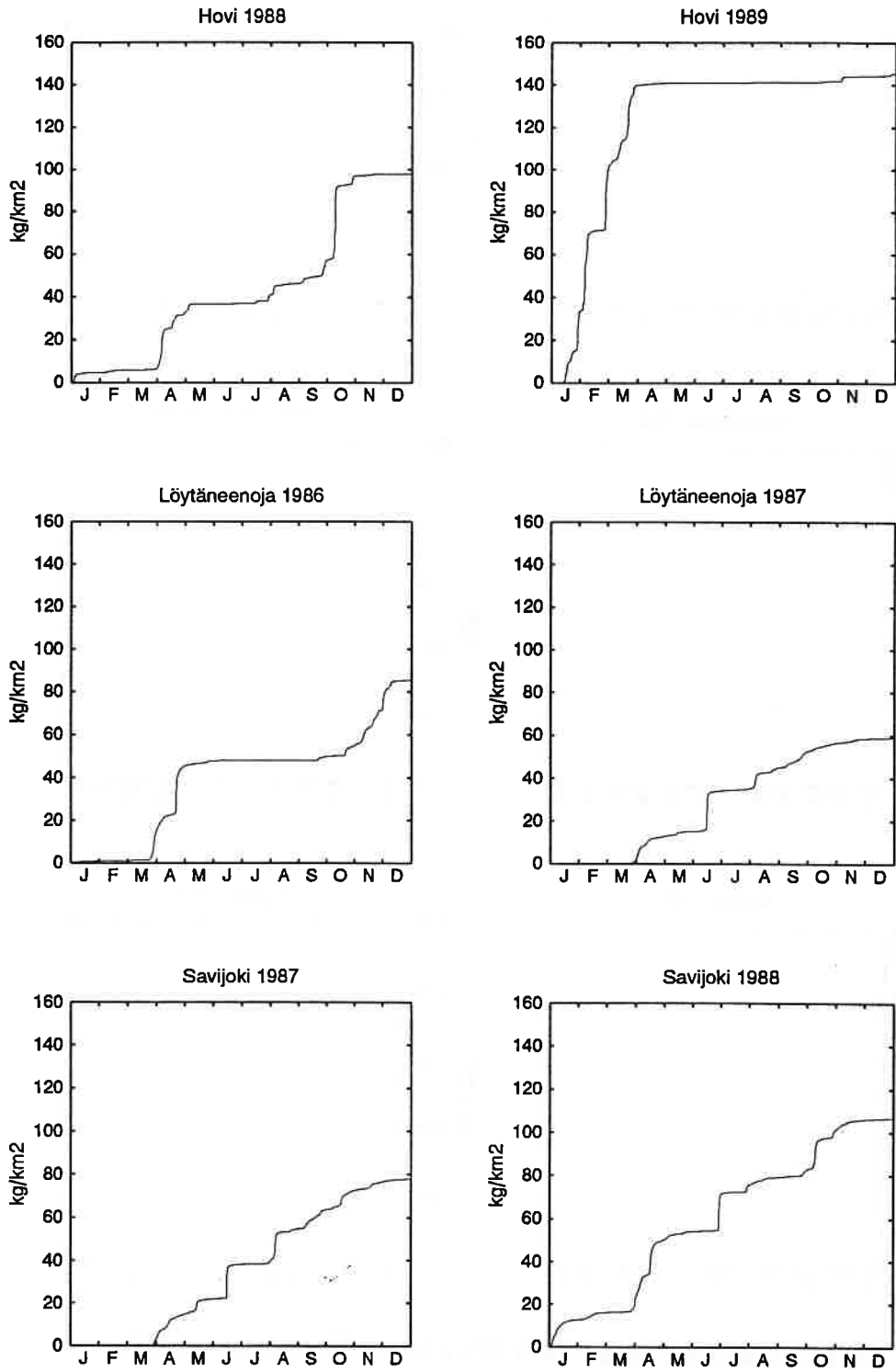
suurena kesäaikaisena fosforikuormituksena. Vuonna 1989 suurin osa koko vuoden kuormituksesta tuli talvella leutojen ilmojen ja vesisateiden johdosta.

Fosforikuormitus liittyy suuriin valumahuippuihin, jotka peltoalueilla ovat varsin lyhytaikaisia. Esimerkkinä tästä on vuosikuorman jakautuminen ajan suhteen Hovin koealueella vuonna 1988 (Kuva 3). Kyseisessä tapauksessa 50 % koko vuoden kuormasta tuli n. 5,5 päivässä, 75 % 20 päivässä ja 90 % 46 päivässä. Jos näistä tuloksista arvioidaan peltohehtaarin ominaiskuormitusta samalla menetelmällä kuin aiemmin (Rekolainen 1989a), päädytään fosforikuormituksen osalta samaa suuruusluokkaa oleviin lukuihin, sen sijaan typpikuormituksen suhteen kuormitus näyttäisi olevan jonkin verran suurempi kuin aiemmin on arvioitu. Suurempiin typpikuormituksiin ovat ilmeisesti syynä leudot ja sateiset talvet, jotka toisaalta lisäävät maan läpi huuhtoutuvan veden määrää sellaisena vuodenaikana, jolloin maassa on vapaata tyyppiä ja toisaalta lämpimämpien säiden aiheuttama kiihtynyt typen vapautuminen maan orgaanisesta aineesta. On myös mahdollista, että aivan viime aikoihin asti kasvanut typpilannoitustaso on lisännyt typen huuhtoutumista.

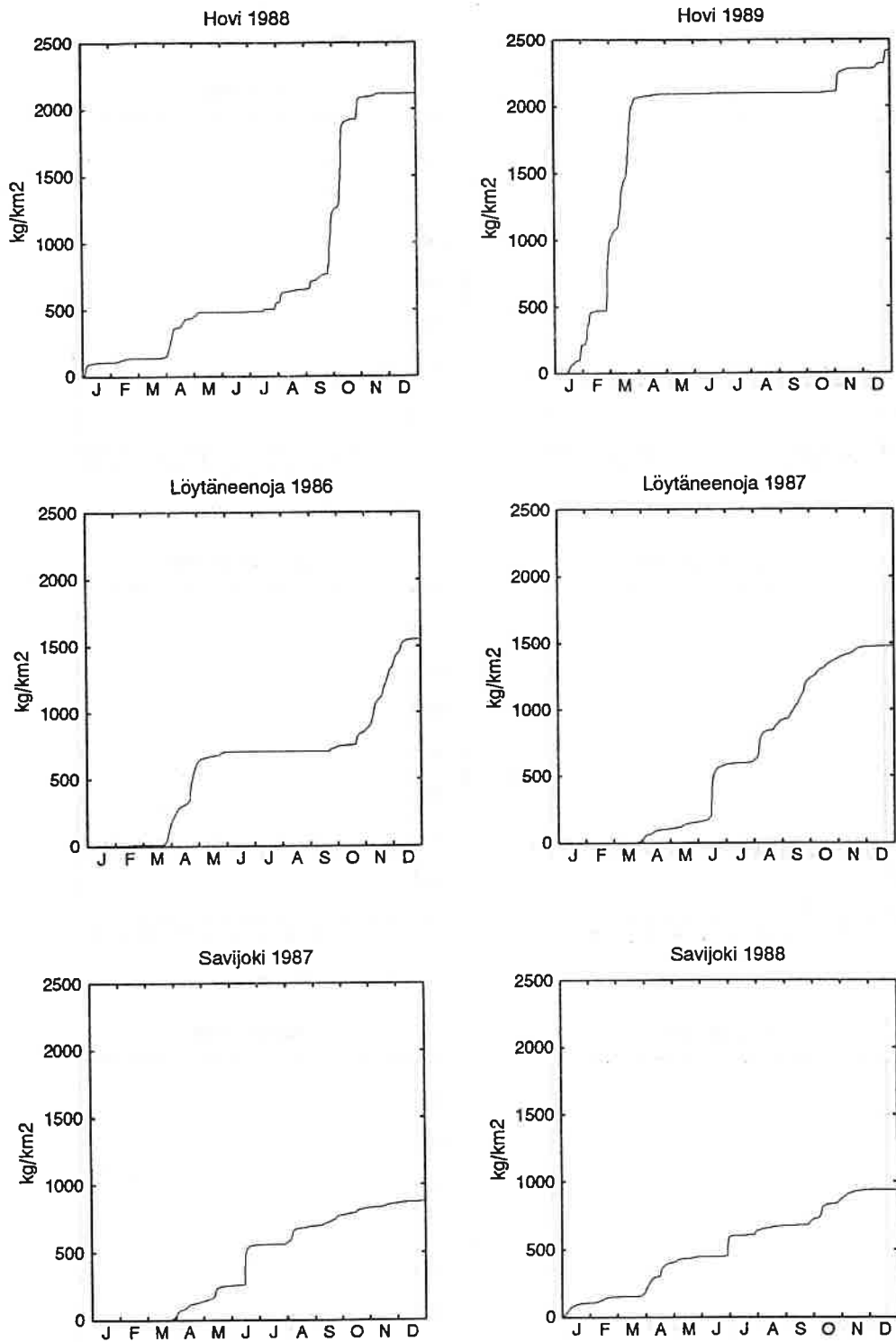
## Kirjallisuus

- Ahtiainen, M. 1990. Avohakkuun ja metsäojituksen vaikutukset purovesien laatuun. Vesi- ja ympäristöhallinnon Julkaisuja – Sarja A 45, 122 s.
- Kallio, K. 1992. Kuormituksen vähentämistoimenpiteiden vaikutus peltoalueelta tulevaan kuormitukseen – esimerkkialueena Yläneenjoki. Julkaisussa: Rekolainen, S ja Kauppi, L (toim.). Maatalous ja vesien kuormitus. Yhteistutkimusprojektin tutkimusraportit, Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja 359, 1992.
- Kauppi, L. 1978. Effect of drainage basin characteristics on the diffuse load of phosphorus and nitrogen. Publications of the Water Research Institute, National Board of Waters 30:21–41.
- Kauppi, L. 1979. Phosphorus and nitrogen input from rural population, agriculture, and forest fertilization to watercourses. Publications of the Water Research Institute, National Board of Waters 34:35–46.
- Kauppi, L. 1984. The contribution of agricultural loading to eutrophication in Finnish lakes. *Wat. Sci. Tech.* 17:1133–1140.
- Mustonen, S.E. 1965. Hydrologic investigations by the Board of Agriculture during the years 1957 to 1964. *Soil and Hydrotechnical Investigations* 11. 114 p.
- Rekolainen, S. 1989a. Phosphorus and nitrogen load from forest and agricultural areas in Finland. *Aqua Fennica* 19:95–107.
- Rekolainen, S. 1989b. Effect of snow and soil frost melting on the concentrations of suspended solids and phosphorus in two rural watersheds in Western Finland. *Aquatic Sciences* 51/3:211–223.
- Rekolainen, S. 1992. Eroosion ja fosforikuormituksen vähentäminen viljelytekniikan avulla. Julkaisussa: Rekolainen, S ja Kauppi, L (toim.). Maatalous ja vesien kuormitus. Yhteistutkimusprojektin tutkimusraportit, Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja 359, 1992.

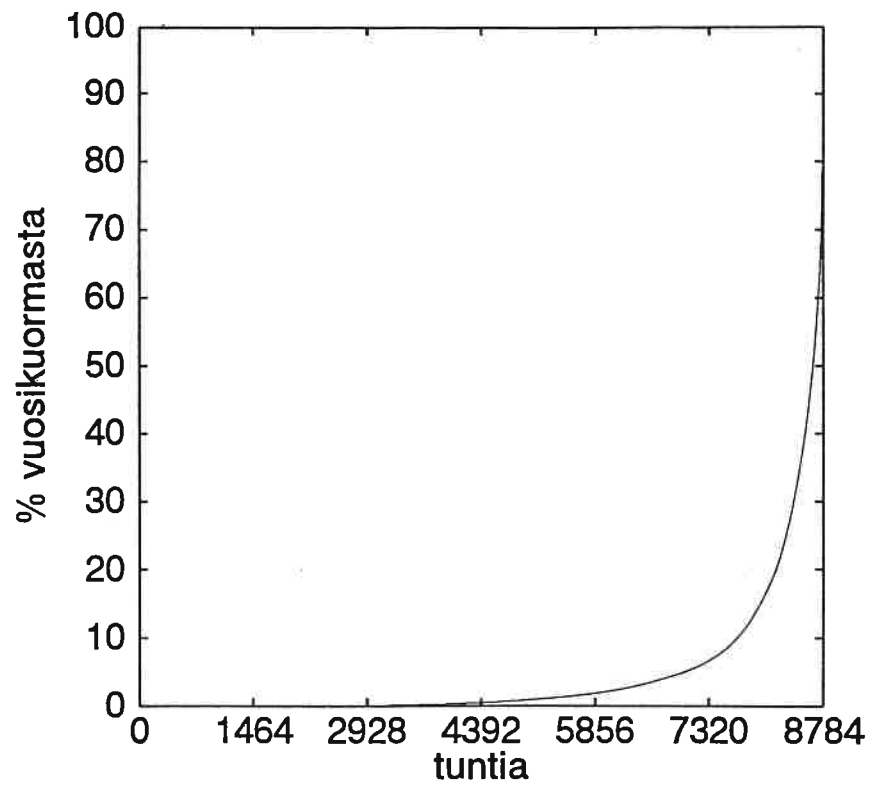
- Rekolainen, S., Posch, M., Kämäri, J. and Ekholm, P. 1991. Evaluation of the accuracy and precision of annual phosphorus load estimates from two agricultural basins in Finland. *J. of Hydrology* 128:237-255.
- Rekolainen, S. ja Posch, M. Adapting the CREAMS model for Finnish conditions. Submitted to *Transactions of the ASAE*.
- Sallantausta, T. 1986. Soiden metsä- ja turvetalouden vesistövaikutukset - kirjallisuuskatsaus. Maa- ja metsätalousministeriö, Luonnonvarajulkaisuja 11, 203 s.
- Seuna, P. 1983. Small basins - A tool in scientific and operational hydrology. Publications of the Water Research Institute 2, National Board of Waters, Finland. 63 p.



Kuva 1. Kumulatiivinen fosforikuorma tutkituilla valuma-alueilla.



Kuva 2. Kumulatiivinen typpikuorma tutkituilla valuma-alueilla.



Kuva 3. Tuntikohtaisista kuormista laskettu kumulatiivinen fosforin vuosikuorma Hovin valuma-alueella 1988. Ennen summaamista tuntikuormat on järjestetty suuruusjärjestykseen.

