

# EROOSION JA FOSFORIKUORMITUKSEN VÄHENTÄMINEN VILJELYTEKNIIKAN AVULLA

Seppo Rekolainen  
Vesien- ja ympäristöntutkimuslaitos

## Johdanto

Fosfori on Suomen järvissä yleisimmin levien kasvua rajoittava ravinne ja siten yksi rehevöitymisen päätekijöistä. Tilanne on uusimpien tutkimustulosten mukaan toisenlainen Itämeren rannikkovesissä, jossa typen on todettu olevan useimmiten kasvua rajoittava minimitekijä (Tamminen 1990, Graneli ym. 1990). Tästä huolimatta on valtioneuvosto periaatepäätöksessään antanut etusijan fosforipäästöjen vähentämiselle (Ympäristöministeriö 1988). Maataloudesta vesistöihin tuleva kokonaisfosforikuormitus on tällä hetkellä suurempi kuin suurimmista pistekuormituslähteistä, teollisuudesta ja asutuksesta, tuleva kuormitus yhteensä (Rekolainen 1989).

Maatalouden vesistöihin aiheuttamasta kokonaisfosforikuormituksesta suurin osa tulee eroosioaineksen mukana, koska fosfori sitoutuu varsin voimakkaasti maapartikkeleihin. Kokonaisfosforikuormitusta voidaan siis siten tehokkaimmin pienentää eroosiota vähentämällä. Eroosion liikkeellepaneva voima on putoavan sadepisaran liike-energia, joka irrottaa maapartikkeleita vesisuspensioon. Mikäli yksittäisen sateen määrä ylittää maan infiltraatiokapasiteetin, vesiylijäämä alkaa valua pintavaluntana aluksi ohuena kerroksena, vähitellen konsentroituen muodostaen noroja. Sekä ohutkerrosvalunta että norot voivat irrottaa lisää maapartikkeleita, mikäli suspendoituneen aineksen konsentraatio on pienempi kuin valunnan kuljetuskapasiteetti. Mikäli hetkellinen kuljetuskapasiteetti on pienempi kuin konsentraatio, tapahtuu suspendoituneen aineen sedimentoitumista.

Teoriasta voidaan päätellä, että eroosiota voidaan pienentää ensinnäkin pienentämällä paljaalle maanpinnalle putoavan sadepisaran energiaa. Tämä saadaan aikaan sillä, että maan pinnalla on kasvi, joka vastaanottaa ensin sadepisaran, joka vasta sitten, jo suurimman osan liike-energiastaan menettäneenä, putoaa tai valuu maan pinnalle. Sama vaikutus on myös maan pinnalla olevalla oljella ja sängellä. Mitä suurempi osa maanpinnasta on elävän tai kuolleen kasvimateriaalin peitossa, sitä suurempi osa sadepisarosta putoaa ensin niille ja sitä vähemmän maata irtoaa vesifaasiin. Viljanviljelyssä sateisimman ajan peittoa voidaan ratkaisevasti lisätä luopumalla syyskynnöstä kokonaan, siirtämällä se keväeseen tai korvaamalla aura jollakin kevytmuokkausvälineellä.

Toinen keino vähentää eroosiota on pienentää pintavalunnan kuljetuskapasiteettia eli käytännössä saada pintavirtauksen nopeus pienentymään ja laskeuttaa ainakin osa maapartikkeleista takaisin maahan. Pintavirtauksen kuluttavaa vaikutusta voidaan myös pienentää sitomalla maa paremmin kulutusta kestäväksi. Tällainen vaikutus aikaansaadetaan lisäämällä tai tihentämällä kasvipeitettä joko koko pellolla (esim. nurmiviljely) tai vain osalla peltoa (esim. suojakaistat).

Tutkimuksen tarkoituksena oli vertailla matemaattisten mallien avulla kevennetyn muokkauksen ja suojakaistojen tehokkuutta eroosion vähentämisessä.

## Tutkimusmenetelmä

Kevennetyn muokkauksen ja suojakaistojen tehokkuutta eroosion torjunnassa tutkittiin vertailevasti CREAMS-mallin (Knisel 1980) avulla. Malli on testattu ja muokattu Suomen olosuhteisiin soveltuvaksi (Rekolainen ja Posch 1991). Mallisimulaatiot tehtiin hypoteettiselle, jatkuvassa ohran viljelyssä olevalle pellolle. Malliajot tehtiin erikseen eri maalajeille (savi-hiesu-hieno hieta) ja erilaisille kaltevuuksille.

Kaikki malliajot tehtiin kymmenen vuoden jaksolle, josta laskettiin vuosikeskiarvot. Ilmastotietoina käytettiin Jokioisten observatorion havaittua lämpötilaa ja säteilyä jaksolta 1971–1980. Päivittäisinä sadantatietoina käytettiin kaksiparametrisen gammajakauman mukaisesti generoitua aineistoa, jonka tilastolliset ominaisuudet ovat samat kuin 30 vuoden havaintojaksolla Jokioisissa (Posch ym. 1992).

Eri muokkausmenetelmien vertailemiseksi syysmuokkauksen aiheuttamaksi maanpäällisten kasvinosien suhteelliseksi vähennysosuudeksi annettiin arvoja nolasta yhteen (0 = kaikki ennen muokkausta maan pinnalla olevat kasvinosat (säntki ja olki) jäävät paikoilleen, 1 = muokkaus peittää maan pinnan alle kaikki kasvinosat). Myös eri muokkausmenetelmien vaikutusta maan pinnan karkeuteen (veden virtausvastus) vaihdeltiin muuttamalla pinnan virtausvastusta kuvaavan kertoimen arvoa.

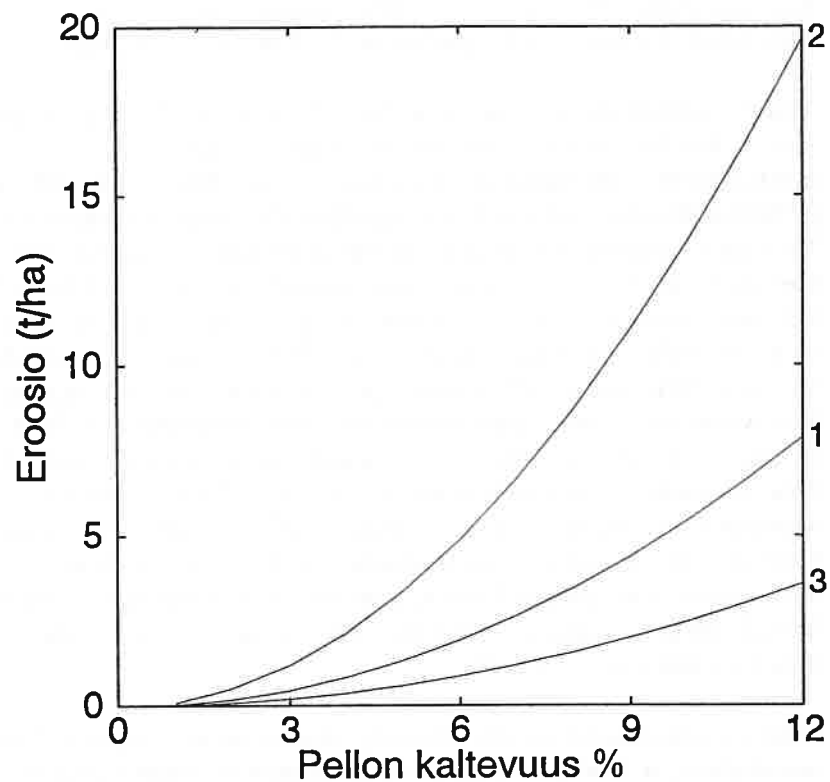
Suojakaistojen vaikutusta eroosioon tutkittiin muuttamalla suojakaistan leveyttä yhdestä metristä 25 metriin (pellon kokonaispituus 100 m), sekä analysoimalla erikseen hyväkasvuisen ja huonokasvuisen suojakaistan tehokkuutta.

## Tulokset ja tulosten tarkastelu

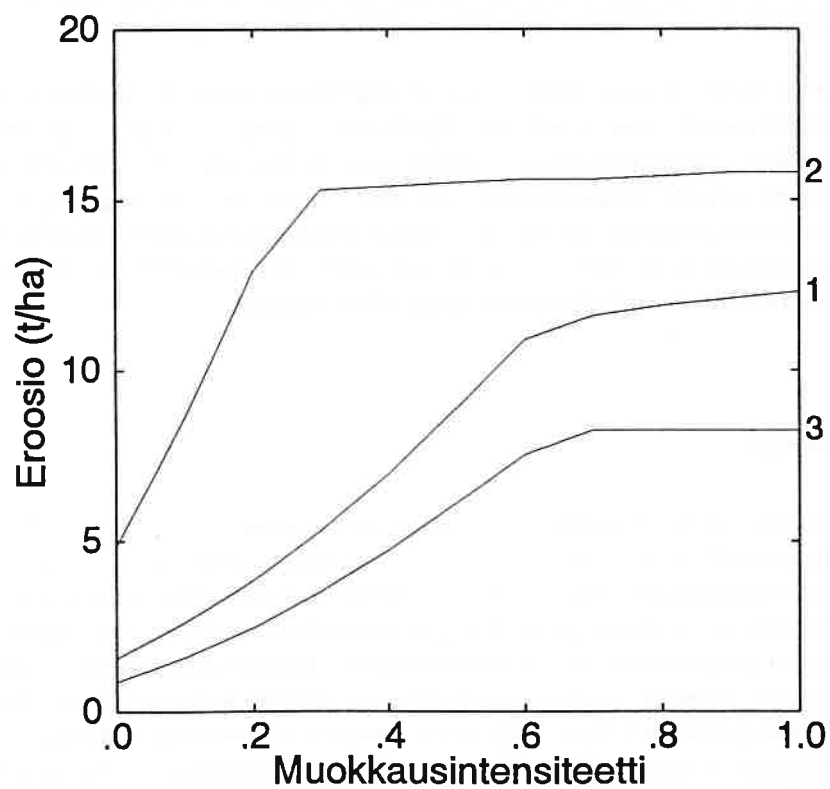
Malliajosten mukaan eroosio kasvoi potentiaalisesti suhteessa pellon kaltevuuteen. Samoin havaittiin hiesumaan olevan herkempää eroosiolle kuin savi- tai hietamaan (Kuva 1).

Muokkauksen keventämisen todettiin pienentävän eroosiota merkittävästi erityisesti savi- ja hietapelloilla (Kuva 2). Voidaan arvioida, että perinteisen aurakynnön muokausintensiteetin arvo on välillä 0,7–0,9. Erittäin kevyellä muokkauksella (esim. lapiorullaäes) päästäneen arvoihin 0,2–0,4. Tällainen kevytmuokkaus vähentää eroosiota kaikilla maalajeilla. Savi- ja hietamailla eroosion vähentämiseen riittää vähän karkeampikin muokkaus. Mikäli muokkaus siirretään kokonaan keväeseen juuri ennen kylvöitä suoritettavaksi, eroosio pienenee 60–80 % maalajista riippuen. Absoluuttisesti eroosio pienenee sitä enemmän, mitä kaltevampi pelto on. Vesien-suojelullisesti tehokkainta on siten muokkauksen keventäminen jyrkillä rantapelloilla.

Näissä arvioissa ei ole otettu huomioon eri muokkausmenetelmien vaikutusta maan pinnan karkeuden muutoksiin. Karkeasti voidaan arvioida, että mitä enemmän maan pinnalla on olkea ja sänkeä, sitä paremmin se vastustaa pintavirtausta ja pienentää sen kuljetuskapasiteettia. Toisaalta monet aurakyntöä korvaavat muokkausmenetelmät tasoittavat pintaa enemmän kuin aura ja siten heikentävät sen kykyä vastustaa eroosiota. Mikäli syysmuokkaus tehdään erittäin kevyesti tai jätetään kokonaan tekemättä, eroosio todennäköisesti vähenee myös pinnan karkeuden lisääntymisen johdosta. Eroosiota pienentää edelleen, mikäli oljet jätetään sadonkorjuun jälkeen korjaamatta. Muokkaustekniikan osalta tulokset on esitetty tarkemmin julkaisussa Rekolainen ja Posch (1991).



Kuva 1. Kaltevuuden vaikutus eroosioon savi-, hiesu- ja hietapelloilla (1=savi, 2=hiesu, 3=hieta).



Kuva 2. Muokkausintensiiteetin vaikutus eroosioon savi-, hiesu- ja hietapelloilla (1=savi, 2=hiesu, 3=hieta).

Suojakaistojen tehokkuus riippuu eniten suojakaistan leveydestä ja suojakaistan kasvillisuuden tiheydestä. Lisäksi vaikuttavat pellon kaltevuus ja maalaji sekä suojakaistan yläpuolisella pellon osalla käytetty viljelytekniikka.

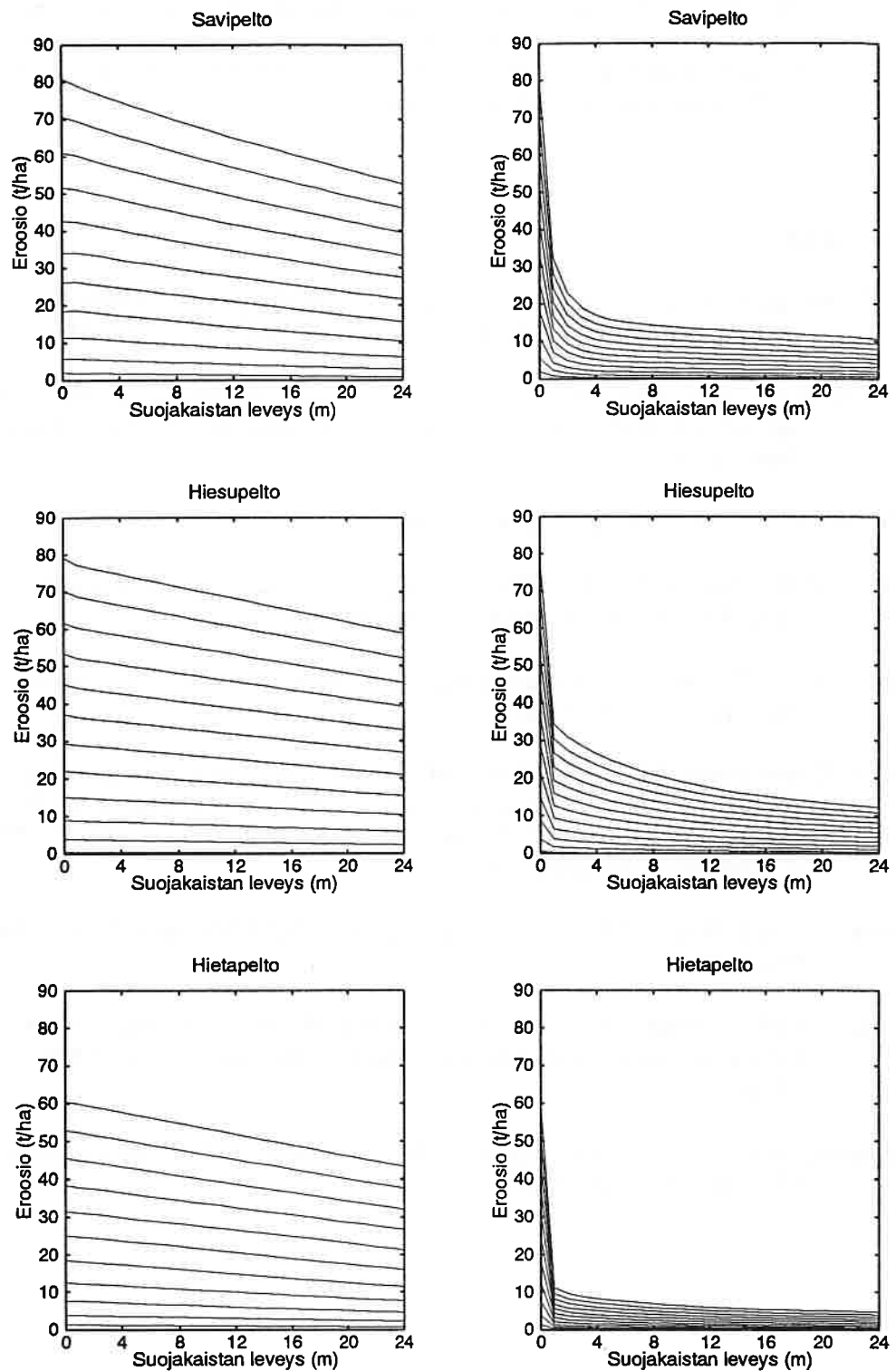
Mikäli suojakaistalla kasvava kasvillisuus on harvaa (kuten esimerkiksi usein yksivuotisella lannoittamattomalla viherkesannolla) leveäkään suojakaista ei pysty merkittävästi vähentämään eroosiota. Tämä johtuu siitä, että harva kasvusto ei pysty pidättämään edes karkeajakoisinta pellon yläosalta jo liikkeelle lähtenyt maa-ainesta. Jos taas suojakaistan kasvusto on tiheää (esimerkiksi monivuotinen nurmi tai luonnon kasvusto) jo 1–3 metrin levyiset kaistat pystyvät pidättämään jopa puolet siihen tulevasta eroosiosta erittäin kaltevilla pelloilla (6–12 %), jonkin verran vähemmän tasaisemmillä pelloilla (Kuva 3). Pellon maalaji vaikuttaa suojavyöhykkeen tehokkuuteen siten, että hieta- ja sitä karkeammilla maalajeilla jo varsin kapea suojavyöhyke riittää vähentämään eroosiota merkittävästi, leveämmällä suojakaistalla ei enää ole lisävaikutusta. Sen sijaan savi- ja erityisesti hiesumailla vastaavan vähennyksen aikaansaamiseksi tarvittiin selvästi leveämpi vyöhyke (5–10 m). Maalajien väliseen eroon vaikuttaa lähinnä se, että karkeammilta maalajeilta eroosioaines koostuu suuremmalta osalta karkeammasta lajitteesta, joka myös herkemmin, virtausvastuksen kasvaessa, sedimentoituu takaisin suojavyöhykkeessä. Suojakaistojen vaikutus eroosion torjunnassa on tarkemmin raportoitu julkaisussa Posch ja Rekolainen (1992).

Pellon yläpuolisella osalla käytetty muokkaustekniikka vaikuttaa myös oleellisesti suojakaistojen tehokkuuteen. Mitä enemmän eroosiota aiheuttavaa viljelytekniikkaa pellon yläosalla on käytetty, sitä huonompilaatuinen suojakaista riittää vähentämään eroosiota. On kuitenkin ilmeistä, että suojakaista pidättää tällöin erityisesti karkeajakoista (hieta, hiekka) liikkeelle lähtenyt ainesta. Paras tulos saavutetaan kuitenkin silloin, kun pellon yläosalla käytetään kevennettyä muokkausta ja siihen yhdistetään muutaman metrin (riippuen kaltevuudesta ja maalajista) suojakaista. Kaltevuuden suhteen pitää ottaa huomioon, että absoluuttisesti paras tulos saadaan aikaan kun eroosion torjunta tehdään kaltevilla pelloilla.

Erityisesti suojakaistat pystyvät siis tehokkaimmin vähentämään jo kerran liikkeelle lähteneestä maa-aineksesta karkeita ainesosia. Kuitenkin toisaalta tiedetään, että fosfori ja todennäköisesti myös muut eroosioaineksen mukana vesistöihin kulkeutuvat aineet (esim. monet torjunta-aineet) rikastuvat hienojakoiseen maa-ainekseen. Tästä voidaan päätellä, että suojakaistojen tehokkuus fosforikuormituksen torjunnassa on pienempi kuin itse eroosion torjunnassa. On mahdollista, että kevennetyt muokkausmenetelmät ovat tässä suhteessa tehokkaampia.

## Johtopäätökset

Peltoalueilta tapahtuvaa eroosiota voidaan merkittävästi vähentää siirtymällä nykyisestä syksyisin suoritettavasta aurakynnöstä kevyempiin muokkausmenetelmiin tai siirtämällä kyntö syksystä kevääseen tehtäväksi juuri ennen kylvötoita. Edelleen eroosiota voidaan pienentää perustamalla vesistöihin ja ojiin rajoittuville pelloille muutamien metrien levyinen monivuotinen nurmikaista. Tarvittavan suojakaistan leveys riippuu pellon maalajista ja pellon kaltevuudesta. Mikäli edellä mainitut toimenpiteet tehdään, vähenee eroosio malliarvioiden mukaan puoleen, olosuhteista riippuen enemmänkin. On kuitenkin todennäköistä, että tutkittujen toimenpiteiden vaikutus kokonaisfosforikuormitukseen on pienempi. Edelleen on todennäköistä, että näillä toimenpiteillä ei ole merkittävää vaikutusta liukoisen fosforin kuormitukseen.



Kuva 3. Suojakaistan leveyden vaikutus eroosioon savi-, hiesu- ja hietapelloilla. Vasemmanpuoleisissa kuvissa suojakaistan kasvillisuus simuloitiin harvaksi, oikeanpuoleisissa tiheäksi.

Vaikka tämän tutkimuksen perusteella näyttääkin siltä, että maalaisista ja kaltevuudesta riippumatta eroosio vähenee merkittävästi ehdotettujen toimenpiteiden ansiosta, tällä hetkellä ei voida esittää arviota sen vaikutuksesta koko maan vesistökuormitukseen. Tämän arviointi vaatii malliarvioiden antaman tiedon yhdistämistä laajempia alueita tai koko maata kattavaan aineistoon maan käytöstä, peltojen kaltevuudesta, maala-jeista ja käytetystä viljelytekniikasta.

## Kirjallisuus

- Graneli, E., Wahlström, K., Larsson, U., Graneli, W. and Elmgren, R. 1990. Nutrient limitation and primary production in the Baltic Sea area. *Ambio* 19:142–151.
- Knisel, W.G. (ed.). 1980. CREAMS: A field-scale model for chemicals, runoff, and erosion from agricultural management systems. U.S. Department of Agriculture. Conservation Research Report 26.
- Posch, M. et al. 1992. Rainfall generator for Finland.
- Posch, M. and Rekolainen, S. 1992. Effect of vegetated filter strips on reduction of soil loss from agricultural land – A model evaluation. Manuscript.
- Rekolainen, S., 1989. Phosphorus and nitrogen load from forest and agricultural areas in Finland. *Aqua Fennica* 19:95–107.
- Rekolainen, S. and Posch, M., 1991. Effects of conservation tillage techniques on erosion control in Finland – A model evaluation, in Preprints Vol.1 "International Hydrology & Water Resources Symposium", National Conference Publication No. 91/22, The Institution of Engineers, Australia, pp. 236–240.
- Rekolainen, S. and Posch, M. 1991. Adapting the CREAMS model for Finnish conditions. Manuscript.
- Tamminen, T. 1990. Eutrophication and the Baltic Sea: Studies on phytoplankton, bacterioplankton, and pelagic nutrient cycles. PhD Thesis. Univ. of Helsinki, Dept. Environ. Conserv. 22 pp.
- Ympäristöministeriö, 1988. Vesiensuojeluohjelma vuoteen 1995. Ympäristöministeriö, Sarja B, 12/1988, 40 s. Helsinki.