

Eroosiota ja sedimentin kulkeutumista kuvaavan INCA-SED mallin sovellus neljälle valuma-alueelle Suomessa

Katri Rankinen¹⁾, Marie Thouvenot-Korppoo²⁾ ja Daniel Butterfield³⁾

¹⁾ Suomen ympäristökeskus, PL 140, FI-00251 Helsinki, Finland, katri.rankinen@ymparisto.fi

²⁾ Teknillinen korkeakoulu PL 1000, FI-02015 TKK, Finland

³⁾ The Aquatic Environments Research Centre, Reading, UK

Tiivistelmä

Jokien kiintoainekuorma selittyy suurelta osin valuma-alueen peltoprosentilla erityisesti Etelä-Suomessa. Valumavesien mukana maa-ainekseen kiinnittyneenä kulkeutuu myös ravinteita vastaanottaviin vesistöihin. Suomessa tärkeimmät eroosion mekanismit ovat sadepisaroiden iskut maan pintaan, sekä erityisesti savimailla hiukkasten diffuusio kiinteästä maasta veteen. Lisäksi maahiukkasten kulkeutumiseen vaikuttavat uomassa tapahtuvat prosessit. Termillä 'sedimentin kulkeutuminen' kuvataan sekä maa-alueilla tapahtuvaa eroosiota että maahiukkasten kulkeutumista uomia pitkin valuma-alueen purkupisteeseen. Matemaattisen sedimentin kulkeutumista kuvaavan INCA-SED (Integrated Nutrients from CAtchment- Sediment) mallin sovellettavuutta ja käytettävyyttä ilmastomuutoksen ja maankäytön muutosten vaikutusten arviointiin testattiin EU:n rahoittamassa Euro-limpacs projektissa. Mallista tehtiin sovellukset neljälle pienelle valuma-alueelle, joilla on erilaiset maalajit. Peltoprosentti tutkituilla valuma-alueilla vaihteli 12 ja 36 välillä. INCA-SED malli kykeni simuloimaan sekä joen kiintoainekonsentraation oikean tason että kausivaihtelun sekä savimailla että karkeammilla maalajeilla. Lisäksi mallinnettu sedimentin kulkeutuminen eri maankäyttöluokista vastasi Suomessa mitattuja arvoja. Esimerkiksi mallinnettu eroosio maankäyttöluokassa 'viljakasvit savimaalla' oli $806 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$, kun mitattu arvo vaihteli välillä $760\text{--}1500 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$. Kiintoainekonsentraation ja virtaaman välinen korrelaatio vaihteli selvästi eri joissa. Tämä ero selittyi INCA-SED mallissa valuma-alueiden maankäytöllä ja jokien erilaisella morfologialla. Koska joen kiintoainekonsentraation kausivaihtelun oikea tavoittaminen on edellytyksenä ilmastomuutoksen vaikutusten luotettavalle mallintamiselle INCA-SED mallin voi sanoa sopivan sekä maankäytön muutosten että ilmastomuutoksen vaikutusten arviointiin Suomessa.

Avainsanat: eroosio, matemaattinen mallinnus, valuma-alue, vedenlaatu, sedimentin kulkeutuminen

Johdanto

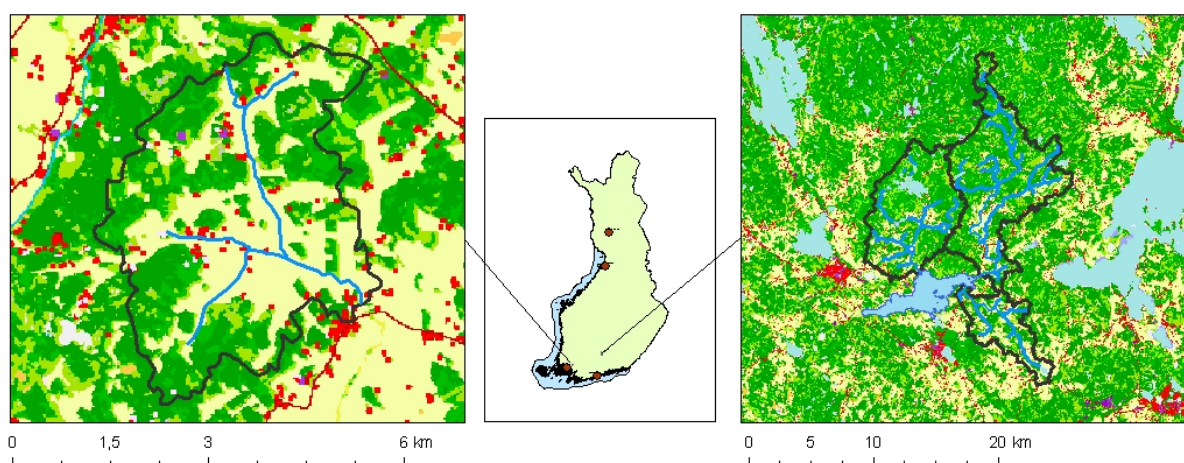
Jokien kiintoaineskuorma selittyy suurelta osin valuma-alueen peltoprosentilla erityisesti Etelä-Suomessa. Valumavesien mukana maa-ainekseen kiinnittyneenä kulkeutuu myös ravinteita vastaanottaviin vesistöihin. Suomessa tärkeimmät eroosion mekanismit ovat sadepisaroiden iskut maan pintaan, sekä erityisesti savimailla hiukkasten diffuusio kiinteästä maasta veteen (Aura et al. 2002). Lisäksi maahiukkasten kulkeutumiseen vaikuttavat uomassa tapahtuvat prosessit (Day 2007). Termillä 'sedimentin kulkeutuminen' kuvataan sekä maa-alueilla tapahtuvaa eroosiota että maahiukkasten kulkeutumista uomia pitkin valuma-alueen purkupisteeseen.

Matemaattisen eroosiota ja sedimentin kulkeutumista kuvaavan INCA-SED (Integrated Nutrients from CAtchment- Sediment) mallin sovellettavuutta suomalaisille maalajeille ja käytettävyyttä ilmastomuutoksen ja maankäytön muutosten vaikutusten arviointiin testattiin EU:n rahoittamassa Euro-limpacs projektissa.

Aineisto ja menetelmät

Matemaattisessa sedimentin kulkeutumista kuvaavassa INCA-SED mallissa on osittain (tai näennäisesti) hajautettu rakenne. Malli yhdistää saatavissa olevan havaintoaineiston hydrometeorologiasta, maankäytöstä, eroosioherkyydestä sekä valuma-alueen että uoman morfologiasta (Jarritt and Lawrence 2007). Mallissa joen pääuoma jaetaan osiin, ja näille osille määritellään osavaluma-alueet. Mallinnuksen perusyksikkö on siten maankäyttöluokka osavaluma-alueella. INCA-SED malli on osamalli laajemmassa fosforin kulkeutumista kuvaavassa INCA-P mallissa.

INCA-SED mallista tehtiin sovellukset neljälle pienelle valuma-alueelle Suomessa (kuva 1). Valuma-alueista kolme sijaitsee Etelä-Suomessa Pääjärven ympärillä. Mustajoki, Haarajoki ja Luhdanjoki eroavat morfologialtaan selvästi toisistaan. Alueen maalajit ovat suhteellisen karkeita, lähinnä moreenia ja hiesua (taulukko 1). Mustajoen ja Haarajoen valuma-alueista suurin osa on talousmetsää. Luhdanjoen valuma-alueesta kolmannes on viljeltyä. Neljäs valuma-alue Savijoki sijaitsee Lounais-Suomen intensiivisesti viljellyllä alueella. Valuma-alueen pellot sijaitsevat jokivarressa savimailla. INCA-SED mallin kalibroinnissa käytettiin SYKEN kaukokartoitusaineistoa ja virtaaman- ja vedenlaadun havaintorekisterin aineistoa. Hydrologiset syötetiedot saatiin SYKEN Vesistömallijärjestelmästä.



Kuva 1. Savijoen ja Pääjärven valuma-alueiden sijainti

Taulukko 1. Valuma-alueiden maankäyttö ja maalajit

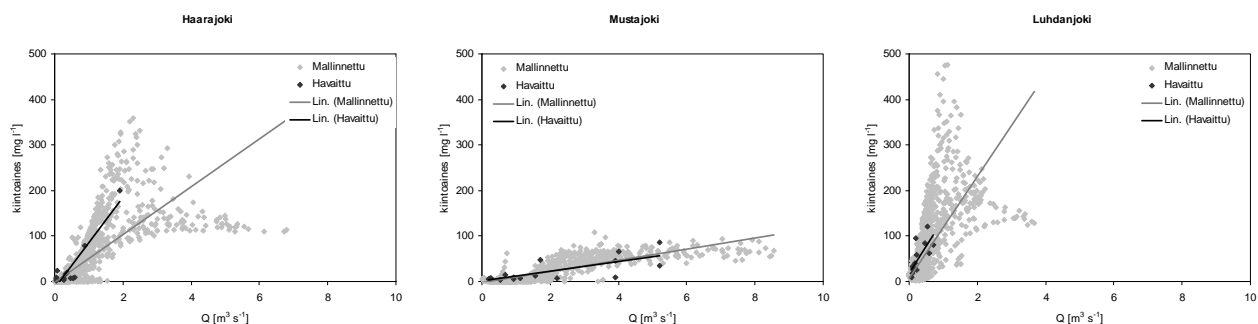
Valuma- alue	Pinta- ala km ²	Vuosisivalunta mm	Maankäyttö			Maalajit		
			Pelto %	Kesanto %	Metsä %	Mr ja KHt %	HHt %	Sa %
Haarajoki	58	212	12	11	71	64	18	0
Mustajoki	78	234	13	19	68	68	11	1
Luhdanjoki	25	-	33	19	48	42	34	10
Savijoki	15	369	36	3	61	51	0	49

Tulokset ja niiden tarkastelu

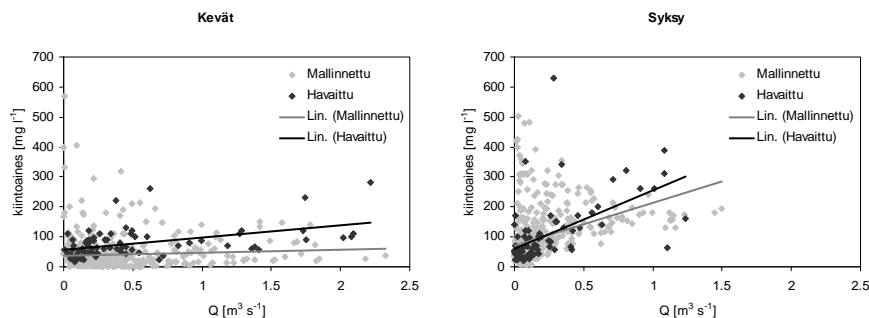
INCA-SED malli kykeni simuloimaan sekä joen kiintoainekonsentraation oikean tason että kausivaihtelun (kuvat 2 ja 3) sekä savimailla että karkeammilla maalajeilla. Lisäksi mallinnettu sedimentin kulkeutuminen eri maankäyttöluokista vastasi Suomessa mitattuja arvoja. Esimerkiksi mallinnettu eroosio maankäyttöluokassa 'viljakasvit savimailla' oli 806 kg ha⁻¹ a⁻¹, kun mitattu arvo vaihteli välillä 760-1500 kg ha⁻¹ a⁻¹ (Ekholm et al. 2005).

Kiintoainekonsentraation ja virtaaman välinen korrelaatio vaihteli selvästi eri joissa. Tämä ero selittyi INCA-SED mallissa valuma-alueiden maankäytöllä ja jokien erilaisella morfologialla. Mallinnetut piikit kiintoainekonsentraatioissa olivat yleensä korkeampia kuin havaitut ja tapahtuivat yleensä juuri virtaaman alkaessa nousta. Yleensä näiden tapauksien havainnot puuttuivat. Tämän perusteella voi päätellä, että nykyinen vedenlaadun havainnointiohjelma ei välttämättä anna oikeaa tasoa kiintoaineksen kulkeutumiselle.

Koska joen kiintoainekonsentraation kausivaihtelun oikea tavoittaminen on edellytyksenä ilmastomuutoksen vaikutusten luotettavalle mallintamiselle INCA-SED mallin voi sanoa sopivan sekä maankäytön muutosten että ilmastomuutoksen vaikutusten arviointiin Suomessa. Onnistunut kiintoaineen ja sedimentin kulkeutumisen mallinnus on edellytys seuraavaksi tehtävälle fosforin kulkeutumisen mallintamiselle.



Kuva 2. Simuloitu ja havaittu kiintoainekonsentraation ja virtaaman välinen korrelaatio Haarajoessa, Mustajoessa ja Luhdanjoessa



Kuva 3. Simuloitu ja havaittu kiintoainekonsentraation ja virtaaman välinen korrelaatio Savijoessa eri vuodenaikoina

Kirjallisuus

- Aura, E., Saarela, K. & Rätty, M.** 2002. Savimaiden eroosio. MTT:n selviytyksiä 118: 32 s.
- Day, S.** 2007. Lecture note on sediment transport and scour. Department of Civil Engineering, Indian Institute of Technology: 172 p.
- Ekholm, P., Turtola, E., Grönroos, J., Seuri, P. & Ylivainio, K.** 2005. Phosphorus loss from different farming systems estimated from soil surface phosphorus balance. *Agriculture Ecosystems & Environment* 110:266-278.
- Jarritt, N. P. & Lawrence, D. S. L.** 2007. Fine sediment delivery and transfer in lowland catchments: modeling suspended sediment concentrations in response to hydrological forcing. *Hydrological Processes* 21: 2729-2744.