
This is an electronic reprint of the original article.
This reprint may differ from the original in pagination and typographic detail.

Järvelä, Juha; Västilä, Kaisa

Luonnonmukainen vesirakentaminen peruskuivatuksessa

Published in:
Sven Hallinin tutkimussäätiö 70 vuotta

Julkaistu: 01/01/2016

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

Published under the following license:
Määrittelemätön

Please cite the original version:
Järvelä, J., & Västilä, K. (2016). Luonnonmukainen vesirakentaminen peruskuivatuksessa. teoksessa M. Paasonen-Kivekäs (Toimittaja), *Sven Hallinin tutkimussäätiö 70 vuotta* (Sivut 131-141).

This material is protected by copyright and other intellectual property rights, and duplication or sale of all or part of any of the repository collections is not permitted, except that material may be duplicated by you for your research use or educational purposes in electronic or print form. You must obtain permission for any other use. Electronic or print copies may not be offered, whether for sale or otherwise to anyone who is not an authorised user.

Luonnonmukainen vesirakentaminen peruskuivatuksessa

Juha Järvelä ja Kaisa Västilä

Johdanto

Ympäristönäkökohtien painokas esiintuominen saattoi perinteisen ”kovan” vesirakentamisen seurannaisvaikutuksineen kriittiseen valoon jo vuosia sitten, ja muutosvaiheen jälkeen asenteet ja tavoitteet ovat voimakkaasti muuttuneet ympäristömyönteiseen suuntaan. Luonnonmukainen vesirakentaminen rantautui Suomeen parikymmentä vuotta sitten saksankielisestä Keski-Euroopasta. Tarvetta tällaiselle lähestymistavalle aiheuttivat muualta Euroopasta tutut ilmiöt: lisääntynyt ympäristötietoisuus, huomion siirtyminen jätevesikuormituksen aiheuttamista ongelmista muihin ekologiisiin vesistöhaittoihin sekä maatalouden rakennemuutos ja maatalousmaan viljelykäytön väheneminen. Lisäksi tuolloin valmisteluvaiheessa olleen EU:n vesipolitiikan puitedirektiivin nähtiin edellyttävän vesistöjen tilan arviointia ja parantamista myös rakenteelliselta ja sitä kautta elinympäristöihin vaikuttavalta kannalta.

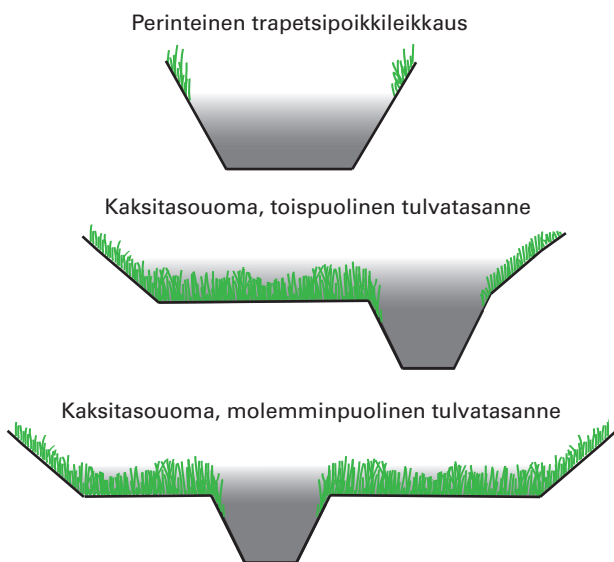
Suomessa luonnonmukaisen vesirakentamisen tutkimus- ja kehitystyö painottui alkuvaiheessa virtavesien kunnostamiseen ja tulvasuojeluun, mutta maankuivatuksella ml. peruskuivatus oli alusta lähtien tärkeä rooli. Toki virtavesiin liittyvää hoito- ja kunnostustyötä oli tehty laajasti jo 1970-luvulta lähtien, mutta hankkeet olivat usein vain kapealaisesti kohdentuneet vedenlaatuun, säännöstelyhaittojen vähentämiseen, jokien uittosääntöjen kumoamiseen tai kalatalouteen eikä ekologisia näkökohtia oltu kokonaisvaltaisesti ja valuma-aluelähtöisesti integroitu uudisrakentamiseen ja kunnostamiseen. Käsillä olevan artikkelin tavoitteena on

valottaa, miten luonnonmukaisen vesirakentamisen tutkimus ja soveltaminen ovat Suomessa vuosien saatossa kehittyneet – ja miten peruskuivatusta voitaisiin uusimman tutkimustiedon perusteella toteuttaa ympäristöystävällisesti.

Vaikka suomalaiset vesirakentamistoimet eivät ole muuttaneet vesiluontoa yhtä voimakkaasti kuin Keski-Euroopassa, ovat toimet olleet laajasti vaikuttavia niin maa- kuin metsätaloudessa. Perinteisissä peruskuivatus- ja uittohankkeissa virtavesiä on voitu voimakkaasti muuttaa riippumatta niiden mahdollisista ekologisista arvoista. Aikalaiskuvausena Oksala (1926) kirjoittaa: ”Luonnontilassa oleva puro tai pieni joki on tavallisesti mutkikas, kivinen ja rannat täynnä ryteikköä. – Rannat kasvavat pensaikkoja ja mättäitä, sinne on kaatunut puita ristiin rastiin, joten liikkuminen rannoilla on työlästä, toisia puita on kaatunut puroon sulkien väylän ja malloilla kohdilla ovat mättäät voineet kasvaa koko puron yli muodostaen lemin, joka kokonaan peittää väylän. – On parasta raivata ja perata sekä rannat että itse väylä ja myöskin oikoa jyrkimmät mutkat niemiä katkomalla tai kanavoimalla.” Samalla kun uomista on poistettu luontaiset mutkat, kasvillisuus ja kivet sekä tasattu vaihteleva pohjan muoto, on vesistöjen rakenne elintilana yksipuolistunut.

Perkauksia on laajasti suoritettu riittävän vedenjohtokyvyn varmistamiseksi maankuivatuksen tarpeisiin. Yleensä pääuoma on kaivettu syvemmäksi ja leveämmäksi verrattuna vastaavissa virtaamaoloissa luonnollisesti kehittyvään uomageometriaan. Tavanomaisissa trapetsi- eli puolisuurmuotoisissa uomissa virtausnopeus on

suuresta poikkileikkauspinta-alasta johtuen alhainen alivirtaama-aikoina, erityisesti kesäisin. Ylivirtaama-aikoina uomissa puolestaan kulkeutuu huomattavia määriä valuma-alueelta tulevaa ja uomasta erodoituvaa hienoa kiintoainesta. Ongelmaksi onkin muodostunut kiintoaineksen kasautuminen sekä tämän edesauttama runsaan kasvuston kehittyminen uomiin. Uomien liettymisen takia perinteiset peruskuivatusuomat joudutaan yleensä uudelleen perkaamaan 10–20 vuoden välein. Tällöin uoman kaivamiseen ja kasvillisuuden poistamiseen liittyvät ekologiset haitat jälleen voimistuvat. Perattuihin uomiin on lisäksi saatettu tehdä erilaisia rakenteita, kuten rumpuja, putkioja ja pohjapatoja, jotka ovat katkaisseet uoman luonnollisen jatkuvuuden eliöiden kannalta. Perinteisellä tavalla toteutettavat ojitukset ja uomien perkaukset lisäävät mahdollisesti tulvimista alapuolisessa vesistössä ja



Kuva 1. Kaksitasoinen uomapoikkileikkaus on perinteistä trapetsipoikkileikkausta luonnonmukaisempi vaihtoehto peruskuivatukseen. Kaksitasouomassa vesi voi hallitusti nousta tulvatasanteelle, joka voi olla tois- tai molemminpuolisesti kaivettu. Kapeassa pääuomassa säilyy kohtuullinen vesisyvyys myös pienemmillä virtaamilla, mikä parantaa kalojen elinolosuhteita.

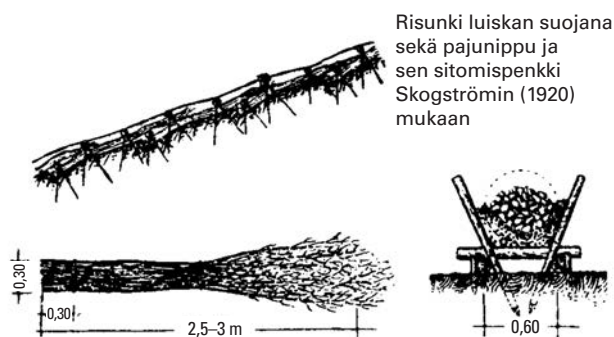
pienentävät alivirtaamia. Luonnon monimuotoisuuden kannalta peratut uomat ovat hyvin yksipuolisia elinympäristöjä, etenkin kun peruskuivatustöiden yhteydessä peltoalueiden lähellä sijaitsevat kosteikot on suurelta osin kuivatettu ja otettu viljelykäyttöön.

Yhtenä tapana yhdistää kuivatus- ja ympäristötavoitteet on käyttää pääuomasta ja tulvatasanteesta muodostuvaa uomapoikkileikkausta (kuva 1). Tällaisten kaksitasouomien toimintaperiaatteena on, että alivesiuomassa säilyy kohtuullinen vesisyvyys pienemmilläkin virtaamilla, kun taas ylivirtaamatilanteissa vesi nousee joko toiselle tai molemmille puolille kaivetuille tulvatasanteille. Kaksitasouomilla odotetaan olevan etuja vedenlaadun, eroosion, kiintoaineen kulkeutumisen sekä luonnon monimuotoisuuden kannalta.

Luonnonmukaisen vesirakentamisen kehitys

Termin 'luonnonmukainen vesirakentaminen' alkuperä on saksankielisessä *naturnaher Wasserbau* -käsitteessä, joka sananmukaisesti tarkoittaa luonnoläheistä vesirakentamista ja josta jo vuonna 1938 professori Alwin Seifert kirjoitti *Deutsche Wasserwirtschaft* -lehdessä otsikolla "Naturnäherer Wasserbau". Kuitenkin vasta vuosikymmeniä myöhemmin 1980-luvulla luonnonsuojelun, maisemasuunnittelun ja vesistösuunnittelun tavoitteet alkoivat yhdistyä Keski-Euroopassa uusiksi luonnonmukaisen vesirakentamisen periaatteiksi. Vesistöjen hoidon ja samalla kaiken vesirakentamisen uudelleenarvioitujen tavoitteet saavuttivat laajan hyväksynnän, niin että toiminnalle tuli vahva yhteiskunnan tuki hallinnon, lainsäädännön ja rahoituksen kautta. Luonnonmukaisella vesirakentamisella alettiin tarkoittaa vesirakentamista, jossa otetaan huomioon vesistön alkuperäiset hydrologiset ja morfologiset olosuhteet, seudun luontaiset kasvupaikkatyypit ja alkuperäinen kasvillisuus ja eläimistö (Jormola ym. 1998).

Uudet ajatukset eivät kuitenkaan syntyneet tyhjästä, sillä esimerkiksi kasvillisuuden käytöllä on Keski-Euroopassa vuosisataiset perinteet jokien eroosiosuojauksessa. Näillä ns. insinööribiologisilla menetelmillä tarkoitetaan yleensä kasvillisuusistutusten käyttöä kesäaikaisen keskivedenpinnan yläpuolisella rantavyöhykkeellä. Pitkän perinteen ansiosta insinööribiologisia menetelmiä on pystytty kehittämään hyvinkin vaihteleviin olosuhteisiin sopiviksi ja nykyajan vaatimuksia vastaaviksi. Suunnitteluohjeita sekä tietoa menetelmien toimivuudesta on saatavilla runsaasti (ks. esim. Jormola ym. 2003 ja Näreaho ym. 2006). Käytettäviin materiaaleihin lukeutuvat kasvit ja kasvinosat niin elävänä kuin kuolleenakin. Esimerkiksi pajusta sidottu risunki on tehokas vesirajavyöhykkeen suoja, jolla on välitön mekaaninen suojausvaikutus, joka koko ajan paranee, kun pajut alkavat juurtua. Oksakatteita voidaan puolestaan valmistaa niin lehti- kuin havupuusta, mutta yleisin on pajukate (kuva 2).



Kuva 2. Perinteisestä kasvillisuuden käytöstä jokien eroosiosuojauksessa Keski-Euroopassa kehittyivät ns. insinööribiologiset suojausmenetelmät osaksi luonnonmukaista vesirakentamista. Suomessa menetelmät ”keksittiin” uudelleen 1990-luvulla vaikka niitä osattiin käyttää jo sata vuotta sitten, jolloin esim. vuoden 1920 Teknillisessä käsikirjassa kuvattiin, että ”rantojen suojeleminen tapahtuu yksinkertaisimmin turvehimmalla, mutta sitä ei kernaasti voi käyttää tavallisen kesävedenpinnan alapuolella, sillä siellä ruoho ei tahdo kasvaa”, ja parempi neuvo oli käyttää pajunoksia.

Läntisessä Euroopassa määrätietoisien vesiympäristöjen kunnostamisen ja toisaalta myös ympäristönäkökohdat paremmin huomioonotettavan uudisrakentamisen mahdollisesti vähentynyt viljelysmaan tarve ja parantunut vedenlaatu yhdessä ympäristömyönteisyyden kanssa. Euroopalainen muutoskehitys ei kuitenkaan ole yksinomaan seurausta ympäristöystävällisistä asenteista, vaan merkittävä vaikutus on ollut Keski-Euroopassa kestävämmäksi havaitulla tulvasuojelutilanteella. Reinin suuri tulva alkuvuonna 1995 toimi sysäyksenä vaatimuksille kokonaisvaltaisesta vesistöjen käytön luonnonmukaistamisesta, esimerkiksi luontaisten tulva-alueiden palauttamisesta.

Merkittäväksi vesistöhankkeita ohjaavaksi tekijäksi nousi luonnon monimuotoisuus, ja joki- ja purovesistöjen kunnostukset alettiin nähdä laajempina kokonaisuuksina, joihin olennaisena osana liittyy tulvasanteen ja valuma-alueen ottaminen mukaan kunnostukseen. Muutosta edistivät osaltansa myös havainnot, joiden mukaan virtavesien eliöstössä ei havaittu merkittävää positiivista palautumista, vaikka vedenlaatu oli parantunut. Tämän seurauksena nähtiin virtavesien rakenteellisen ja toiminnallisen kokonaisuuden ennallistamisen merkitys.

Vesistökuunnostuksille alettiin asettaa laajalaisempia tavoitteita sekä vaatia käyttöön järjestelmällisempiä suunnittelu- ja toteutusmenetelmiä. Näiden tarve tuli ilmeiseksi, koska Keski-Euroopassa ja Yhdysvalloissa päämääräksi otettiin suurtenkin jokien kunnostaminen, minkä edellytyksenä on suunnittelun valuma-alueelähtöisyys; puhutaan ns. integroidusta lähestymistavasta. Pyrkimys on pois päin pienimittakaavaisista, lyhytaikaisista ja paikkakohtaisista toimenpiteistä kohti valuma-alueen ekologisten ja muiden vuorovaikutusten kokonaisuuden huomioonottavaa ratkaisua.

Suomessa luonnonmukaisen vesirakennuksen tieteellinen tutkimus aloitettiin Teknillisen korkeakoulun (TKK) Vesitalouden ja vesirakennuk-



Kuva 3. Nuuksion Myllypuron ennallistaminen 1997 (vas.) ja Päntäneenjoen tulvasuojelu 1998 (oik.) olivat luonnonmukaisen vesirakentamisen ensimmäiset kehityskohteet Suomessa.

sen laboratoriossa 1995. Tutkimuspanostus sai alkusysäyksensä professori Pertti Vakkilaisen vierailusta Wienin Teknillisessä yliopistossa 1994–1995. Tätä seurasi Marja Lahtisen esiselvitys ”Luonnonmukainen vesirakentaminen Keski-Euroopassa” ja tutkijoiden ja opiskelijoiden yhteinen opintomatka (ks. Järvelä ja Vakkilainen 1996) sekä Juha Järvelän lisensiaatintyö ”Luonnonmukainen vesirakennus”. Sittemmin aihepiiriä on TKK:ssa ja Aalto-yliopistossa määrätietoisesti tutkittu ja kehitetty useissa oppinäytteissä väitöskirjatöihin asti. Tutkimuksen käytännöllinen sovellettavuus on ollut tärkeä näkökohta, ja kokeellista työtä tehtiinkin jo alusta lähtien yhdessä Suomen ympäristökeskuksen ja alueellisten ympäristökeskusten kanssa.

Tutkimus- ja kehitystyö keskittyi ensi vaiheessa virtavesien ennallistamiseen. Vuonna 1997 Nuuksion kansallispuistossa virtaavasta Myllypurosta tuli ensimmäinen kohde, jossa luonnonmukaisen vesirakentamisen periaatteita alettiin soveltaa ja kehittää Suomen oloihin puron ensimmäisen vaiheen ennallistamishankkeessa. Seuraavana vuonna toteutettiin eteläpohjanmaalaisen Päntäneenjoen tulvasuojeluhanke. Se toimi ensimmäisenä esimerkkinä siitä, kuinka luonnonmukaisia menetelmiä voidaan käyttää tulvanhallinnassa ja maankuivatuksessa perinteisen ”kovan vesirakentamisen” sijaan.

Luonnonmukainen vesirakentaminen maa- ja metsätaloudessa

Pelto- ja metsäalueiden peruskuivatusuomien perkauksissa ja peruskunnostuksissa voidaan luonnonmukaisen vesirakentamisen menetelmin turvata ja palauttaa vesistön rakenteellista (morfologista) ja biologista monimuotoisuutta huolehtien samalla maankuivatuksesta. Joidenkin menetelmien avulla voidaan lisätä uomien itsepuhdistuskykyä ja siten vähentää kunnossapitotarvetta. Luonnonmukaisen vesirakentamisen keinoin voidaan mahdollisesti parantaa myös virtavesien ja niiden alapuolisten vesistöjen veden laatua sekä maisemallisia ja virkistyskäyttöön liittyviä ominaisuuksia.

Maatalousuomissa lähtökohtana ekologista tilaa parantaville kunnossapitotoimille on peltoviljelyn edellyttämän kuivatustilan säilyttäminen tai parantaminen. Peruskuivatusuomien ennen perkausta vallinnutta luonnontilaa onkin useimmiten mahdotonta saavuttaa mm. maanomistusolojen ja kuivatusvaatimusten vuoksi. Erilaisilla toimenpiteillä ja rakenteilla voidaan kuitenkin parantaa perattavien uomien monimuotoisuutta ja tilaa silloinkin, kun ympäröivä maankäyttö ei salli laajempaa luonnonmukaistamista.

Uomien tilan parantamisessa voidaan merkittävästi hyödyntää luonnollisia prosesseja. Rakent-

teellista tilaa voidaan kohentaa mm. monipuolis-
tamalla virtausoloja, vedensyvyyyksiä ja pohjama-
teriaaleja sekä torjumalla liiallista eroosiota. Mah-
dollisia toimenpiteitä ovat mm. tulvatasanteellisen
kaksitasopoikkileikkauksen käyttäminen, pohja-
kynnysten rakentaminen, uoman mutkittelun li-
sääminen, luonnonmukaisten eroosiosuojausten
rakentaminen sekä sora-, kivi- ja puuaineksen li-
sääminen uomiin.

Kutusoraikot ja kivimuodostelmat luovat li-
sääntymisympäristöjä ja suojapaikkoja kaloille,
kuten taimenille. Arvokkaita kalalajeja on tavattu
peratuistakin uomista, joten kutusoraikkojen ra-
kentaminen maatalousuomiin voi olla perusteltua,
varsinkin kun soraikot eivät juurikaan nosta tulva-
vedenkorkeuksia.

Tärkeää on myös palauttaa hallitusti uomiin
niiden luontaisia eroosio- ja sedimentaatioproses-
seja. Suoristetussa uomassa on usein luonnostaan
tapahtunut mutkittelua, jota uudessa perkaushank-
keessa on pyrittävä säilyttämään ja hallitusti edistä-
mään erilaisin toimenpitein. Esimerkiksi suojavyö-
hykkeet mahdollistavat rajoitetusti uomien mutkit-
telukehityksen. Kaikki toimenpiteet, joilla viivyte-
tään veden säilymistä valtaojissa ja purouomissa
kuivana aikana parantavat eliöstön elinolosuhteita
ja lisäävät siten kuivatushankkeeseen liittyvien uo-
mien monimuotoisuutta. Erityisesti purojen osal-
ta voi olla tarpeen kuivatuksesta vähän tinkimillä
pyrkii turvaamaan riittävä vesisyvyys kuivinakin
aikoina esimerkiksi pohjakynnysten avulla.

Maa- ja metsätalousalueiden purovesistöjen
hyvän ekologisen ja laadullisen tilan saavuttami-
nen edellyttää toimenpiteitä paitsi itse vesistössä
myös valuma-alueella. Kestävin tapa ongelmien
ratkaisemiseksi on puuttua niiden syihin ja ennal-
taehkäisyyn. Vähemmän kuormittavien viljely- ja
metsänhoitotoimenpiteiden lisäksi käytetään las-
keutusaltaita, kosteikkoja sekä suojakaistoja ja
-vyöhykkeitä pienentämään valuma-alueilta tule-
vaa kiintoaine- ja ravinnekuormitusta. Erityisesti
kosteikkojen merkitys on moninainen, sillä ne tar-
joavat erilaisia habitaatteja eliöille, ylläpitävät poh-

javedenpintaa, pidättävät kulkeutuvia aineita ja ta-
saavat valuntaa vähentäen siten tulvimista alajuok-
sulla. Lisäksi kosteikot mahdollistavat eliöiden sel-
viämisen valtaojaverkostossa kuivien kausien yli.
Myös valtaojien ja purojen varsien suojakaistoja ja
-vyöhykkeitä on mahdollista kehittää aiempaa mo-
nimuotoisemmiksi vesi- ja peltoeliöstön kannalta.

Luonnonmukaisissa peruskuivatushankkeissa
yhtenä lähtökohtana on löytää tulvavesille varas-
toitumismahdollisuuksia kunnostettavan uoman
valuma-alueelta. Valuma-alueen maankäyttöä voi-
daan suunnitella uudestaan siten, että tulvaher-
kimpiä ja samalla usein ekologisesti arvokkaita ja
taloudellisesti huonotuottoisia viljelyalueita muu-
tetaan esimerkiksi kosteikoiksi, suojavyöhykkeik-
si tai laituriksi. Näin ravinteiden huuhtoutumista
tulvanalaisilta pelloilta ja niityiltä saadaan vähen-
nettyä ja samalla muodostettua alueita, joille pidät-
tyy valumavesien mukana kulkeutuvaa kiintoainet-
ta ja ravinteita.

Luonnossa tapahtuvien normaalien muutos-
prosessien takia tulee niin tavanomaisia kuin luon-
nonmukaisiakin peruskuivatustuomia ja niissä ole-
via rakenteita ylläpitää asianmukaisesti. Luonnon-
mukaisia uomia ei siis voida kokonaan jättää kehiti-
tymään ”oman onnensa nojaan” silloin kun niiltä
vaaditaan teknistä kuivatustoimivuutta. Esimerk-
keinä ylläpitotoimista ovat esimerkiksi lietekuop-
pien tyhjennys, rumpujen ympäristön siivous pa-
dottavasta puuaineksesta sekä luiska- ja suojakais-
takasvillisuuden niitto ja kasvijätteen keruu. Uoman
ja rantavyöhykkeen vuotuisella pienimuotoisella
hoidolla ja kunnostamisella voidaan jopa välttää
laajamittaisen perkauksen tarve ja palauttaa siten
uoma vähitellen lähemmäksi luonnontilaa. Luon-
taisen elpymiskehityksen täysimääräinen hyödyn-
täminen on kuitenkin maatalousalueilla usein mah-
dotonta, sillä se heikentää liiaksi peltojen kuiva-
tustilaa. Yksityiskohtaisemmin luonnonmukaisen
vesirakentamisen menetelmiä peruskuivatushank-
keissa ovat selostaneet muun muassa Jormola ym.
(2003), Näreaho ym. (2006) sekä Järvenpää ja Sa-
volainen (2015).

Kaksitasouomat uutena maankuivatusmenetelmänä

Tulvatasanteesta ja pääuomasta muodostuvia kaksitasouomia (kuva 1) alettiin kehittää tavoitteena sovittaa yhteen tulvasuojelutarpeet ja ympäristönäkökohdat (ks. Knight ja Shiono 1996, USDA 2007). Kaksitasouomat pohjautuvat luonnontilaisten uomien rakenteeseen ja toimintaan, sillä luonnonoloissa lähes kaikkia virtavesiä ympäröi tulvatasanne. Erotuksena tulvatasanteellisista luonnonuomista tarkoitetaan kaksitasouomilla tässä kirjoituksessa sellaisia uomia, joiden tulvatasannegeometria on ihmisen suunnittelema. Kaksitasouomien yhtenä toimintaperiaatteena on, että alivesiuomassa säilyy kohtuullinen virtausnopeus pienemmilläkin virtaamilla. Tällöin kiintoaineen kasautuminen ja uoman liettyminen vähenee, mikä voi pienentää yläpitotarvetta puolisuunnikkaan muotoisiin uomiin

verrattuna. Tulvatilanteissa vesi puolestaan nousee hallitusti joko toiselle tai molemmille puolille kaivetuille tulvatasanteille (kuva 1).

Ympäristönäkökohtia ajatellen kaksitasouomat tarjoavat useita hyötyjä perinteiseen peruskuivatukseen verrattuna. Luonnon oloissa on havaittu, että kasvittuneet tulvatasanteet ehkäisevät eroosiota sekä pidättävät veden mukana kulkeutuvaa kiintoainetta. Samalla tasanteille pidättyy myös savi- ja silttipartikkeleihin sitoutuneita aineita, kuten fosforia, raskasmetalleja ja torjunta-aineita. Kaksitasouomien odotetaan olevan luonnon monimuotoisuuden kannalta perinteisiä rakennettuja uomia parempia mm. monipuolisempien elinympäristöjen, vaihtelevien syvyyksien ja virtausnopeuksien sekä erilaisten kasvillisuusvyöhykkeiden johdosta. Tulvatasanne voi myös toimia ekologisena käytävänä. Kaksitasogeometrialla voidaan välttää kaivaminen uoman pohjasta tai veden alta, jolloin pohjan



Kuva 4. Perniön Juottimenoja (yllä vas.), Sipoon Ritobäcken (yllä oik., rakentamisvaiheessa) ja Tyrnävän Leppioja (vas.) ovat edustavimmat esimerkit ympäristönäkökohtia edistävän kaksitasoisen uomapoikkileikkauksen käytöstä maatalouden peruskuivatuksessa Suomessa.

elinympäristöt eivät tuhoudu uoman rakentamistai ylläpitovaiheessa. Kaksitasouomiin voidaan lisäksi palauttaa tai rakentaa korvaavia elinympäristöjä, esimerkiksi kutusoraikoita.

Kaksitasoisten uomien soveltamisesta maatalousympäristössä on kansainvälisestikin vielä niukalti ohjeistusta, sillä suurin osa kokemuksista on peräisin joki- ja taajamakohteisiin tulvanhallintaa varten rakennetuista kaksitasouomista. Isossa-Britanniassa ja Alankomaissa rakennetuilla tulvatasanteellisilla uomilla on pyritty parantamaan tulvanhallintaa sekä samalla luomaan monimuotoisia tulvatasanne-elinympäristöjä. Yhdysvaltain Keskilännessä puolestaan on rakennettu kaksitasoisia maatalousuomia, joiden tavoitteena on ollut varmistaa maankuivatus niin, että uomien ylläpitotarve olisi mahdollisimman vähäinen (Powell ym. 2007). Suomessa kaksitasouomia on rakennettu niin jokiympäristöihin (esim. Pätäneenjoki ja Tuusulanjoki), kuin puromaisiin valtaoijiinkin (esim. Juottimenoja, Ritobäcken ja Leppioja, kuva 4).

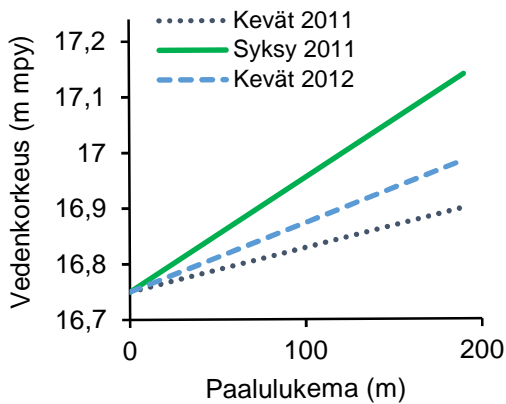
Vaikka pääuoman ja tulvatasanteen välisiä vuorovaikutuksia on selvitetty jo vuosikymmeniä, tieteellisesti tutkittua tietoa varsinaisten rakennettujen kaksitasouomien toimivuudesta on niukasti. Lisäksi tulvatasannekasvillisuus ja hienon kiintoaineksen kulkeutuminen ja kasautuminen asettavat erityishaasteita kaksitasouomien suunnittelulle. Näistä syistä Aalto-yliopistossa aloitettiin aihepiirin tieteellinen tutkimus Ritobäckenin koekohteessa Sipoossa vuonna 2010 (mm. Västilä ym. 2011, Västilä 2015).

Uutta tutkimustietoa Ritobäckenin kaksitasouomalta

Sipoossa Ritobäckenin kaksitasouomalla v. 2010–2013 suoritetun tutkimuksen (Västilä 2015) päätaavoitteena oli selvittää tulvatasannekasvillisuuden vaikutuksia vedenkorkeuksiin ja virtausoloihin sekä hienoaineksen kasautumiseen ja eroosioon. Näiden

vaikutusten mallintamiseksi ja ennustamiseksi tutkimuksessa keskityttiin erityisesti edistämään kasvillisuuden kuvausta helposti mitattavien ominaisuuksien avulla. Tutkimus tuli mahdolliseksi, kun Ritobäckenin alueen maanomistajat ja Uudenmaan ELY-keskus tekivät uomasta luonnonmukaisen peruskuivatuksen esimerkkikohteen. Ennen kaksitasogeometrian rakentamista Ritobäckenin uomaa ympäröivät viljelyalueet olivat kärsineet toistuvasti tulvista jopa kasvukauden aikana. Ritobäckenin pääuoma on melko loiva (pohjan pituuskaltevuus 0,002) ja keskimääräiset virtausnopeudet ovat suuruusluokkaa 0,1–0,3 m s⁻¹. Valuma-alue on kooltaan 10 km². Uoma, valuma-alueen maaperä sekä kulkeutuva sedimentti ovat koheesioainesta eli muodostuvat hienojakoisista savi- ja silttipartikkeleista.

Vedenjohtokyvyn ja peltojen kuivatustilan parantamiseksi Ritobäckenille rakennettiin talvella 2010 yhteensä 850 metriä pitkä, 4–5 metriä leveä tulvatasanne keskivedenkorkeudelle (kuva 4). Kaksitasouomalta valittiin tutkimusta varten 190 metrin pituinen uomajakso. Tutkimusuomajakson ylä- ja alapuolella mitattiin jatkuvatoimisilla antureilla viiden minuutin välein vedenkorkeutta ja sameutta, jotka muutettiin vastaavasti virtaamiksi ja kiintoainepitoisuuksiksi kohteelle määritettyjen regressioyhtälöiden avulla. Näin saatiin selville uomassa kulkeutuva kiintoainekuorma sekä uomajaksolla tapahtuvan nettoeroosion ja -kasautumisen ajoittuminen. Lisäksi tutkimusuomajakson tulvatasanteelle perustettiin keväällä 2010 neljä 20 metrin pituista, erilaista ruoho- ja puuvartista kasvillisuutta sisältävää koealaa sekä kasvittomana pidetty vertailualue. Koealojen kehittymistä seurattiin määrittämällä mm. kasvillisuuden keskimääräinen märkämassa, kuivamassa ja korkeus. Eroosion ja kasautumisen selvittämiseksi kultakin koealalta mitattiin kolmena kesänä kahden poikkileikkauksen geometria 0,20–0,40 metrin välein keskimäärin ±6 mm:n tarkkuudella.



Kuva 5. Pienissä kaksitasouomissa tulvatasanteen ja luiskien kasvillisuudella on merkittävä vaikutus vedenkorkeuksiin, ja tämän vaikutuksen ennustaminen uomien suunnitteluvaiheessa on olennaista ympäröivien maa-alueiden kuivatuksen onnistumiseksi. Kasvillisuuden runsastuminen kesän 2011 aikana nosti vedenkorkeutta Ritobäckenin koekohteen 190 metriä pitkällä uomajaksolla jopa 0,25 metriä, kuten kevään 2011 ja syksyn 2011 vedenkorkeuksien vertaileminen osoittaa. Keväisin vedenkorkeudet ovat kuitenkin edellissyksyä alhaisempia (vrt. syksy 2011 ja kevät 2012), koska ruohovartinen kasvillisuus taipuu lähemmäs maanpintaa talven aikana ja puuvartinen kasvillisuus varistaa lehtensä.

Kasvillisuuden aiheuttama vedenkorkeuksien nousu huomioitava uomien suunnittelussa

Tulvatasanne-, luiska- ja vesikasvillisuuden runsaus vaikuttaa merkittävästi uomien vedenkorkeuksiin ja siten virtausoloihin ja aineiden kulkeutumiseen. Esimerkkinä vaikutuksista kuva 5 näyttää vedenpinnan korkeuden 190 metriä pitkällä uomajaksolla Ritobäckenillä eri vuodenaikoina. Tulvatasannekasvillisuuden runsastuminen kasvukauden aikana aiheutti virtausvastuksen kasvun seurauksena padotusta niin, että samaa vedenkorkeutta uomajakson alaosassa vastasi jopa 0,25 metriä suurempi pinnankorkeus uomajakson yläosassa syksyllä verrattuna kevään tilanteeseen. Seuraavana keväänä lumen sulannan aikaan uomajakson yläosan vedenkorkeus oli edellistä syksyä alhaisempi, kos-

ka ruohovartinen kasvillisuus oli talven aikana taipunut lähemmäs maanpintaa ja puuvartiset kasvit olivat lehdettömiä. Kaiken kaikkiaan vedenkorkeudet koko mittausjaksolla olivat sitä suurempia, mitä korkeampaa kasvillisuus oli. Esimerkiksi syksyllä 2011 ruohovartisen kasvuston korkeus oli keskimäärin jopa 0,55 metriä, koska kasvustoa ei ollut tutkimuksellisista syistä niitetty. Runsaasta kasvillisuudesta huolimatta kaksitasoratkaisu on selvästi parantanut peltojen kuivatustilaa Ritobäckenillä, sillä tulvatasanteen kaivun jälkeen vesi on noussut pelloille vain paikoitellen lyhyiksi ajanjaksoiksi.

Jotta peruskuivatus voidaan toteuttaa kustannustehokkaasti ja ympäristön kannalta järkevästi, tulee vedenkorkeudet mitoitusvirtaamalla voida luotettavasti ennustaa uomia suunniteltaessa ja ylläpidettäessä. Tämä mahdollistaa sen, ettei uomista tehdä liian suuria tai liian pieniä, ja että ne toimivat suunnitellulla tavalla.

Ritobäckenin tulokset osoittavat, että kilometrin mittaisella uomajaksolla tulvatasannekasvillisuus voi nostaa vedenkorkeuksia jopa lähes metrillä verrattuna kasvittomaan tasanteeseen. Sopivasti hoidetulla tulvatasannekasvustolla voidaan kuitenkin sekä ehkäistä eroosiota tulvatasanteelta että vähentää kiintoaineen ja todennäköisesti myös siihen kiinnittyneiden ravinteiden ja haitta-aineiden kulkeutumista alapuolisiin vesistöihin (ks. jäljempänä). Näiden ympäristöhyötyjen vastapainona oleva kasvillisuuden aiheuttama vedenpinnan nousu voidaan ja tulee tarkoin huomioida uomien suunnitteluvaiheessa. Uomien vedenkorkeudet arvioidaan tavallisesti kirjallisuusarvojen perusteella tai maastohavainnoista kalibroimalla. Luotettavampi ja objektiivisempi tapa olisi käyttää esimerkiksi fysikaalisperusteista virtausmallia, joka kuvaa kasvillisuuden vaikutuksen vedenkorkeuksiin sen aiheuttaman poikkileikkauksen peittävyuden (ns. *blockage factor*, kasvillisuuden poikkileikkauksesta peittämä pinta-ala jaettuna veden peittämällä pinta-alalla) avulla (ks. Västilä 2015). Peittävyuden määrittämiseksi tarvitaan tietoa kasvillisuuden korkeudesta, jota saadaan esimerkiksi maastomittausten tai kaukokartoituksen avulla (ks. Jalonen 2015).

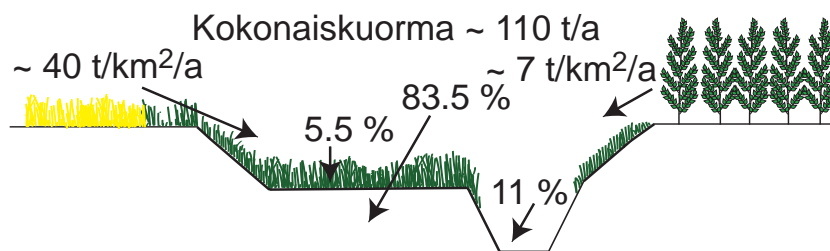
Kiintoaineen kasautuminen tulvasanteelle parantaa vedenlaatua

Ritobäckenin maastotutkimuksilla saatiin näyttöä siitä, että kaksitasogeometrialla ja tulvatasannekasvillisuudella voidaan vaikuttaa hienojakoisen sedimentin kulkeutumiseen ja veden laatuun. Seurannassa havaittiin, että eroosio oli vähäistä sen jälkeen, kun tulvatasanne sai kaivun jälkeen kasvipeitteen. Jatkuvatoimiset sameusmittaukset ja poikkileikkausten seuranta osoittivat, että sateiden aiheuttamien virtaushuippujen aikana kiintoainetta kasautui tulvatasanteelle. Tämä paransi uoman vedenlaatua alentamalla sameutta ja kiintoainepitoisuuksia, jotka olivat sateiden aikana tyypillisesti 100–500 mg l⁻¹. Samalla alavirtaan kulkeutuva fosforikuormakin todennäköisesti vähenee, sillä Ritobäckenillä suuri osa fosforista näytti olevan sitoutunut koheesiivisiin kiintoainepartikkeleihin (Västilä ym. 2015).

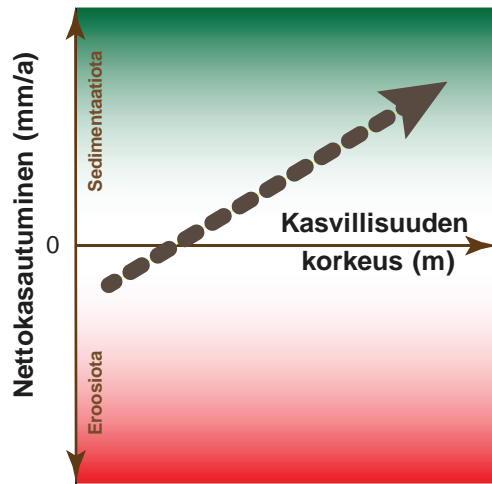
Kuva 6 esittää Ritobäckenin 190 metriä pitkän kaksitasouomajakson kiintoainetaseen. 190 metrin pituiselle tulvatasanteelle kasautui kahden vuoden aikana 5,5 % uomajaksolle tulevasta kokonaiskiintoainekuormasta, joka oli 11 t km⁻² vuodessa. Koko 850 metrin pitkälle tulvatasanteelliselle uomajaksolle kasautui arviolta noin 20 % kulkeutuvasta kiintoaineesta. Keskimäärin 89 % uoman vuotuisesta kiintoainekuormasta kulkeutui silloin,

kun vedenpinta oli tasanteen tasoa korkeammalla. Kiintoaine oli valtaosin peräisin valuma-alueelta, ja maatalousalueiden ominaiskuormitus oli karkeasti arvioiden noin kuusi kertaa metsäaluetta suurempi. Kasautuneesta sedimentistä 17 % oli savea ja 74 % oli silttiä. Tällaisissa koheesiivisissä ympäristöissä kasautumista edistää voimakkaasti se, että yksittäiset pienet kiintoainepartikkelit aggregoituvat eli sitoutuvat suuremmiksi flokeiksi (ks. Västilä 2015). Aggregoitumisen takia jopa savi-kokoluokan kiintoainetta voi siis kasautua riittävän hitaissa virtauksissa, kuten tulvatasannekasvillisuuden lomassa.

Ritobäckenin tutkimukset antoivat tietoa siitä, millaista tulvatasannekasvillisuuden tulee olla uomaerosion ehkäisemiseksi tai kiintoaineen ja siihen sitoutuneen fosforin pidättämiseksi. Maastomittausten perusteella kasautuminen tasanteelle oli sitä suurempaa, mitä korkeampaa kasvillisuus oli (kuva 7). Nettoeroosiota tapahtui, kun kasvillisuus oli matalaa (korkeus <~0,07 m). Tulokset osoittavat, että luonnonmukaisissa uomissa eroosiota voidaan ehkäistä noin 0,10 metriä korkealla ruohovartisella tulvatasannekasvustolla. Tulvatasanteelle kasautui sedimenttiä kahden vuoden aikana keskimäärin 7 mm vuodessa kasvillisuuden korkeuden ollessa keskimäärin 0,25 metriä. Vertailun vuoksi eroosio tulvatasanteelta kaivun aikana sekä kaivun jälkeisenä keväänä ennen tasanteen kasvittumista oli noin 6 mm. Näin ollen kaksitasouoman rakennus-



Kuva 6. Kaksitasouomat parantavat vedenlaatua, sillä hienoaineksen kasautuminen kasvipeitteiselle tulvatasanteelle leikkaa kiintoainepitoisuuksia ja -kuormia varsinkin syys- ja kevätsateilla. Ritobäckenin koekohteen 190 metriä pitkä kaksitasouomajakso poisti 5,5 % vuotuisesta kiintoainekuormasta, mikä osoittaa, että jo näinkin lyhyillä tulvatasanteellisilla uomaosuuksilla voidaan vähentää alapuolisiin vesistöihin kulkeutuvaa kuormitusta kiintoaineen sekä mahdollisesti myös siihen sitoutuneen fosforin osalta.



Kuva 7. Kaksitasouomissa tulvasanteen eroosiota voidaan ehkäistä noin 10 cm korkealla ruohovartisella kasvustolla. Kiintoaineen kasautuminen tulvasanteelle lisääntyy kasvillisuuden korkeuden kasvaessa. Esimerkiksi Ritobäckenillä mitattu 7 mm:n vuotuinen keskimääräinen kasautuminen 200 metriä pitkällä ja 5 metriä leveällä tulvasanteella vähensi alavirtaan kulkeutuvaa sedimenttikeruun 5,4 tonnilla vuodessa.

vaiheesta aiheutuva ylimääräinen eroosio ja kiintoainekuorma voi kumoutua kasautumisen ansiosta jo muutaman vuoden aikana. Alustavien arvioiden mukaan kasautuminen on lisäksi tehokkaampi tapa vähentää alavirtaan kulkeutuvaa kokonaisfosforikuormaa verrattuna fosforin sitoutumiseen tulvasannekasvillisuuteen (Västilä ym. 2015).

Kiintoaineen kasautumisen maksimoimiseksi on olennaista suunnitella tasanteen korkeusasteen siten, että vesi leviää tasanteelle riittävän usein. Ritobäckenin tulosten perusteella tulvasanteen sijoittaminen noin keskivedenkorkeudelle on järkevää veden laadun parantamiseksi. Kasautumista voidaan lisätä myös varmistamalla, että kiintoaine leviää mahdollisimman tasaisesti tulvasanteelle (ks. Västilä 2015). Tämän vuoksi kannattaa varsinkin suorilla uomaosuuksilla näyttää tulvasannekasvillisuutta loppukesällä säännöllisin välimerkoin. Sopiva niiton pituus on alustavien arvioiden mukaan suuruusluokaltaan 3–4 kertaa tulvasan-

teen leveys. Suositeltava niittojen välimatka riippuu mm. kiintoaineen raekokojakaumasta ja tyypillisistä vedenkorkeuksista, mutta on suuruusluokaltaan arviolta noin 50 metriä pienehköissä koheesiivisissä uomissa.

Kuten muitakin uomia ja rakenteita, kaksitasouomia tulee ylläpitää. Olennaista on hoitaa tulvasanteen ja luiskien kasvillisuutta siten, ettei veteen vapaudu ylimäärin ravinteita kasvillisuuden lahotessa. Tulvasannetta voi lisäksi olla tarpeen alentaa tietyin väliajoin, sillä tasanteen korkeusasteen merkittävä nousu kasautumisen takia voi heikentää tulvanjohtokykyä. Pääuoman pohjan eroosion välttämiseksi voidaan kaksitasouomissa tarvittaessa käyttää luonnonmukaisia pohjakynnyksiä, sillä tulvasannekasvillisuuden takia virtauksen kuluttava voima voi kasvaa pääuomassa.

Yhteenveto

Keski-Euroopasta lähtöisin oleva luonnonmukainen vesirakentaminen on 1990-luvun lopulta lähtien vakiintunut osaksi suomalaista vesistöjen hoidon ja rakentamisen käytäntöä. Sen periaatteiden noudattamista voidaan vaatia esimerkiksi ympäristölupaehdoissa tai julkisen rahoitustuen saamiseksi. Suomessa niin tutkimus kuin käytännön kokeilut koskivat ensimmäisinä vuosina erityisesti virtavesien kunnostamista ja ennallistamista, mutta tulvasuojelu ja maankuivatus olivat jo alusta lähtien keskeisiä näkökohtia. Reilun parinkymmenen vuoden kokemusten perusteella voidaan todeta, että luonnonmukainen vesirakentaminen on edistänyt maa- ja metsätalouden vesiensuojelua tuomalla uusia näkökulmia ja toimintamalleja, yhdistämällä monitieteistä osaamista ja hyödyntämällä laajasti ulkomailla hyväksi todennettuja käytäntöjä.

Uusimman tutkimustiedon valossa peruskuivatuksen ja maanviljelyn ympäristövaikutuksia voidaan vähentää tulvasanteellisilla kaksitasouomilla. Aalto-yliopistossa suoritetun kolmivuotisen maastotutkimuksen perusteella kaksitasogeomet-

riaa käyttäen voidaan turvata peltojen kuivatus-tila parantaen samalla vedenlaatua ja uomien rakenteellista tilaa. Merkittävä virtausta ja aineiden kulkeutumista säätelevä tekijä pienehköissä kaksitasouomissa on kasvillisuus. Maastotutkimukset osoittivat, että hienon kiintoaineuksen kasautuminen kasvittuneelle tulvatasanteelle kevät- ja syysaiteilla alensi merkittävästi veden sameutta ja kiintoainepitoisuutta. Sopivasti hoidetulla tulvatasanekasvustolla voidaan siten sekä ehkäistä eroosiota että vähentää alapuolisiin vesistöihin kulkeutuvaa kiintoaine- ja ravinnekuormitusta.

Viitteet

- Jalonen J. 2015. Hydraulics of vegetated flows: estimating riparian plant drag with a view on laser scanning applications. Aalto University Doctoral Dissertations 137/2015.
- Jormola J, Harjula H, Sarvilinna A, (toim.). 2003. Luonnonmukainen vesirakentaminen – uusia näkökulmia vesistösuunnitteluun. Suomen ympäristö, 631. Suomen ympäristökeskus. Helsinki. 168 s.
- Jormola J, Järvelä J, Lehtinen A, Pajula H. 1998. Luonnonmukainen vesirakentaminen: mahdollisuudet ja erityispiirteet Suomessa. Suomen ympäristö, 265. Suomen ympäristökeskus. Helsinki. 80 s.
- Järvelä J, Vakkilainen, P. 1996. Luonnonmukaisuus keskieuropalaisessa vesirakentamisessa. Vesitalous 37(5): 10-16.
- Järvenpää L, Savolainen M, (toim.). 2015. Maankuivatuksen ja kastelun suunnittelu (2. päivitetty painos). Ympäristöhallinnon ohjeita, 4. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 191 s.
- Knight DW, Shiono K. 1996. River channel and floodplain hydraulics. Teoksessa: Anderson MG, Walling DE, Bates PD, (toim.). Floodplain processes. Wiley, Chichester, s. 139-181.
- Näreaho T, Jormola J, Laitinen L, Sarvilinna A. 2006. Maatalousalueiden perattujen purojen luonnonmukainen kunnossapito. Suomen ympäristö, 52. Suomen ympäristökeskus. Helsinki. 64 s.
- Oksala A. 1926. Uitto ja lauttaus sekä uittorakenteet. WSOY, Porvoo. 296 s.
- Powell GE, Ward AD, Mecklenburg DE, Draper J, Word W. 2007. Two-stage channel systems: Part 2, case studies. J. Soil Water Conserv. 62(4): 286-296.
- USDA 2007. Two-Stage Channel Design. Teoksessa National Engineering Handbook, Part 654 Stream Restoration Design. Natural Resources Conservation Service.
- Västilä K. 2015. Flow-plant-sediment interactions: Vegetative resistance modeling and cohesive sediment processes. Aalto University Doctoral Dissertations 220/2015.
- Västilä K, Jalonen J, Järvelä J. 2011. Sedimenttiprosessin vaikutukset luonnonmukaisten uomien suunnitteluun. Vesitalous 52(4): 28-31.
- Västilä K, Järvelä J, Jalonen J. 2015. Effect of floodplain vegetation on flow and transport of cohesive particles in an environmental two-stage channel. 36th IAHR World Congress, Delft - Hague, Netherlands.