

**Pro gradu -tutkielma**

**Virtaaman vaikutus turvetuotantoalueelta lähtevän  
veden ainepitoisuuksiin ja kuormitukseen**

**Jarmo Sillanpää**



**Jyväskylän yliopisto**

Bio- ja ympäristötieteiden laitos

Akvaattiset tieteet

20.6.2016

JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO, Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta

Bio- ja ympäristötieteiden laitos  
Akvaattiset tieteet

SILLANPÄÄ JARMO, A.: Virtaaman vaikutus turvetuotantoalueelta lähtevän veden ainepitoisuuksiin ja kuormitukseen

Pro gradu: 41 s.

Työn ohjaajat: Prof. Jarmo J. Meriläinen, FT Heikki Hämäläinen, FT Jaakko Saukkoriipi

Tarkastajat: Prof. Jarmo J. Meriläinen, FT Toni Roiha

Kesäkuu 2016

---

Hakusanat: Turvetuotanto, ylivirtaama, vedenlaatu, kuormitus, vesienkäsittely.

## TIIVISTELMÄ

Suurten virtaamien vaikutus turvetuotantoalueilta purkautuvan veden laatuun sekä ainekuormitukseen on herättänyt paljon keskustelua viime vuosina. Ajantasaista tutkimustietoa vesienkäsittelymenetelmien tehosta suurten virtaamien aikana on kuitenkin vähän saatavilla. Virtaaman vaikutusta turvetuotantoalueelta lähtevän veden laatuun, ainekuormitukseen sekä erilaisten vesienkäsittelymenetelmien puhdistusteho arvioitiin 36 turvetuotantoalueen päästötarkkailutuloksista vuosilta 2008–2013. Tutkielmassa tarkasteltiin neljää keskeistä veden laadun kuvaajaa, fosforia, typpeä, kiintoainetta ja happea kuluttavaa orgaanista ainesta ( $COD_{Mn}$ ). Ennako-olettamuksena oli, että vedenlaatu ja vesienkäsittelyrakenteiden puhdistusteho heikkenevät suurten virtaamien aikana.

Turvetuotantoalueilla, joilla oli käytössä perustason vesienkäsittely (laskeutusaltaat ja virtaamansäätö) tai kosteikko, suurimmat kiintoainepitoisuudet mitattiin suurten valumien aikana. Vastaavasti pintavalutuskentällisillä kohteilla suurimmat kiintoainepitoisuudet mitattiin pienten valumien aikana. Valuman lisääntyessä kiintoaineen keskimääräisissä puhdistustehoissa ei tapahtunut muutosta vesienkäsittelyrakenteilla. Kaikilta vesienkäsittelymenetelmiltä lähtevän veden kokonaistyyppi ja -fosforipitoisuudet sekä  $COD_{Mn}$ -arvot olivat suurimmat pienten valumien aikana. Vuorokauden keskimääräinen kuormitus kasvoi valumaluokan noustessa kaikilla vedenlaatumuuttujilla. Ylivirtaamatilanteiden aikaisten kuormitusjaksojen (jaksojen kesto keskimäärin 17 päivää) osuus vuosikuormituksesta oli keskimäärin 12–17 % vedenlaatumuuttujasta riippuen. Yksittäisen ylivirtaamajakson (22 päivää) aikaisen kiintoainekuormituksen osuus vuosikuormituksesta oli suurimmillaan 75 %. Tutkielman tulosten perusteella valuman vaikutus etenkin pintavalutuskentiltä purkautuvan veden laatuun oli ennako-oletuksesta poiketen vähäinen, suhteessa valuman muutoksiin. Tästä johtuen ylivirtaamatilanteiden aikaisten kuormitusten luotettavan arvioinnin perustana tulisi olla jatkuvatoiminen virtaamanmittaus. Mikäli tuotantoalueella ei ole omaa virtaamanmittausta, tulisi kuormitusten arvioinnissa käyttää apuna lähellä sijaitsevan tuotantoalueen jatkuvatoimisesti mitattuja valumia.

UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ, Faculty of mathematics and science

Department of Biological and Environmental Science  
Aquatic Sciences

SILLANPÄÄ JARMO, A.: Importance of the runoff to water quality and loads discharged from peat mining sites

Master of Science Thesis: 41 p.

Supervisors: Prof. Jarmo J. Meriläinen, PhD. Heikki Hämäläinen, PhD.  
Jaakko Saukkoriipi

Inspectors: Prof. Jarmo J. Meriläinen, PhD. Toni Roiha

June 2016

---

Key Words: Peat production, peak runoff, water quality, loading, water treatment

## ABSTRACT

Water quality and loading in peat production sites during high runoffs has generated much discussion. Only little up-to-date information is available about water treatment methods reductions during high runoff. The objective of this thesis was to evaluate how runoff affects water quality, loadings and water treatment purifications in peat production sites. The thesis is based on monitoring results recorded in 36 peat production sites in 2008–2013. The changes were surveyed in four main water quality parameters: phosphorus, nitrogen, suspended solids and oxygen consumptive organic matter, the latter of which was measured by chemical oxygen demand ( $COD_{Mn}$ ). The initial assumption was that water quality and reductions will deteriorate during high runoff.

Drainage waters from sites with only basic water treatment methods (sedimentation ponds and peak runoff control) or wetlands had high concentration of suspended solids with high runoff. In those sites which had overland flow fields, the highest concentrations of suspended solids were measured during low runoffs. Average reductions of suspended solids did not decrease with increasing runoff. Nitrogen and phosphorus concentrations and COD were highest during the low runoffs. Peak runoffs increased average loadings in every water quality parameter. The average loading during peak runoffs (average 17 days) comprised about 12–17 % of the annual loading of the studied parameters, but in some cases the proportions were even 75 % (duration 22 days). The result of this thesis shows that importance of runoff to water quality especially in overland flow fields was less than assumed. Therefore the permanent flow record should be the base when peak runoff loadings are estimated. In those sites, which do not have permanent flow record, the annual loading should be evaluated by using the runoffs in the nearest peat production site, in which these values are available.

# Sisältö

<b>1. JOHDANTO .....</b>	<b>5</b>
<b>2. AINEISTO JA MENETELMÄT .....</b>	<b>6</b>
2.1. Tutkimuskohteiden valinta.....	6
2.2. Tutkimuskohteet .....	6
2.3. Vuodenaikojen pituudet.....	7
2.4. Virtaama-aineisto .....	8
2.5. Valuma-arvion vaikutus vuosikuormitusarvioihin .....	8
2.6. Ainevirtaaman laskenta .....	8
2.7. Valuntatilanteiden määrittäminen .....	9
2.8. Pitoisuusreduktion laskenta .....	9
<b>3. TULOKSET.....</b>	<b>11</b>
3.1. Valumat.....	11
3.2. Eri valuntatilanteiden esiintyminen turvetuotantoalueilla .....	13
3.3. Ympäristöhallinnon vesistömallijärjestelmä (SYKE-WSFS) valuman arvioinnissa .....	16
3.4. Valuman vaikutus Pohjois- ja Etelä-Suomen pintavalutuskentiltä lähtevän veden ainepitoisuuksiin ja ominaiskuormitukseen .....	17
3.4.1. Kiintoaine .....	17
3.4.2. Kokonaisfosfori .....	18
3.4.3. Kokonaistyyppi.....	20
3.4.4. Kemiallinen hapenkulutus .....	22
3.5. Vesienkäsittelymenetelmien välinen vertailu .....	25
3.6. Ylivaluntajakson sekä näytteenottovuorokauden osuus turvetuotantoalueen vuosikuormituksesta.....	28
3.7. Valunnan vaikutus vesienkäsittelymenetelmien puhdistustehoon .....	29
<b>4. TULOSTEN TARKASTELU .....</b>	<b>32</b>
4.1. Valumat ja näytteenottohetket.....	32
4.2. Vaihtoehtoisen valuman hyödyntäminen kuormituslaskennassa .....	32
4.3. Valunnan vaikutus turvetuotantoalueelta lähtevän veden ainepitoisuuksiin ja kuormitukseen .....	33
4.4. Ylivirtaamajaksojen ja päivien prosenttiosuudet vuosikuormituksesta.....	36
4.5. Virtaaman vaikutus vesienkäsittelyrakenteiden puhdistustehoon.....	36
4.6. Tuloksiin liittyvät epävarmuustekijät .....	38
4.7. Yhteenvedo ja päätelmät.....	39
<b>Kiitokset.....</b>	<b>39</b>
<b>Kirjallisuus .....</b>	<b>40</b>

## 1. JOHDANTO

Keskustelu turvetuotannosta alapuoliseen vesistöön aiheutuviista päästöistä on ollut viime vuosina vilkasta. Etenkin rankkasateista johtuvien virtaamahuippujen (ylivirtaamatilanteet) aikainen kiintoainekuormitus on herättänyt paljon huomiota. Yleisesti esitettyjen väitteiden mukaan suurin osa turvetuotantoalueelta tulevasta kuormituksesta syntyy lyhytkestoisten ylivaluntajaksojen aikana, jolloin vesimäärät ja ainepitoisuudet ovat suuria, eivätkä vesienkäsittelymenetelmät toimi parhaalla mahdollisella tavalla.

Turvetuotannosta aiheutuviista vesistövaikutuksista merkittävimpinä on pidetty kiintoaine- ja ravinnekuormitusta (Tuukkanen ym. 2011). Kiintoainekuormitus on seurausta ojaverkoston pohjalle laskeutuneen sedimentin eroosiosta (Kløve 1998). Ennen tehostettuja vesienkäsittelymenetelmiä tehdyissä tutkimuksissa kiintoainepitoisuuksien on havaittu kohoavan suurten virtaamien aikana, jolloin ojien pohjille laskeutunut sedimentti lähtee liikkeelle aiheuttaen suurimman osan kiintoainekuormituksesta (Marttila ym. 2008). Tulvien ja rankkasateiden aikana kiintoainekuormitus voikin olla huomattavaa (ympäristöministeriö 2015), jolloin myös suurin osa vuotuisesta kiintoainekuormituksesta muodostuu (Heitto 2014). Tutkimusten perusteella keväällä, jolloin vesimäärät ovat suurimmillaan, myös ravinnekuormituksen osuus vuotuisesta kokonaiskuormituksesta saattaa olla merkittävä (Kok.P 53 % ja Kok.N 43 %) (Eskelinen ym. 2015). Massamääräinen kokonaiskuormitus voidaankin selittää suurelta osin valunnan vaihteluilla, sillä vedenlaadun muutokset ovat suhteellisen pieniä vesimäärän vaihteluihin verrattuna (Kløve ym. 2015)

Viime vuosina turvetuotantoalueiden vesienkäsittelyä on tehostettu virtaamansäätöpadoilla, pintavalutuskentillä ja kosteikoilla. Vuonna 2013 tuotannossa olevilla turvetuotantoalueilla noin 60 %:lla tehostettuna vesienkäsittelymenetelmänä oli ympärivuotinen pintavalutuskenttä. Kuntoonpanovaiheen alueilla pintavalutuskenttien osuus vesienkäsittelyrakenteista oli 80 % (Ympäristöministeriö 2015). Pintavalutuskenttien keskimääräiset kiintoaineen puhdistustehot voivat olla 60–90 %, fosforin 20–60 % ja typen 20–50 % (Ympäristöministeriö 2015, Kløve ym. 2015). Ravinteiden on arvioitu osittain kulkeutuvan kiintoaineeseen sitoutuneena, jolloin kiintoaineen tehokas poisto edesauttaa myös ravinteiden tehokkaampaan puhdistustehoon (Kløve ym 2012). Ennen tehostettuja vesienkäsittelymenetelmiä tuotantoalueen ojaverkostoon sijoitettavat virtaamansäätöpadoit tasaavat virtaamahuippuja ja pienentävät veden kiintoaine- ja ravinnepitoisuuksia (Marttila ym. 2010).

Virtaamien lisääntyessä vesienpuhdistusrakenteiden hydraulinen kuormitus kasvaa, mikä johtaa mm. veden viipymän pienentymiseen rakenteilla (Kløve 2000). Lyhentynyt viipymä heikentää perustason rakenteiden puhdistustehokkuutta, mikä näkyy kohonneena kiintoainekuormituksena alapuolisissa vesistöissä. Yleensä laskeutusaltat pyritään mitoittamaan suuremmille valumille, jotta kiintoaine saadaan laskeutumaan rakenteen pohjalle myös tulva-aikoina. Mikäli mitoitus on riittämätön, jää vesien viipymä rakenteessa liian vähäiseksi hyvän puhdistustuloksen varmistamiseksi. Veden viipymällä on havaittu olevan vaikutusta myös pintavalutuskenttien puhdistustehokkuuteen (Tuukkanen ym. 2011). Virtaamien vaikutuksia veden laatuun on tutkittu jonkin verran suurissa vesistöissä (mm. Meriläinen 1986) sekä turvetuotantoalueilla (esim. Heitto 2014). Suurin osa turvetuotantoalueiden tutkimuksista on tehty ennen tehostettuja vesienkäsittelymenetelmiä, joten ajantasaisista tutkimustietoa vesienkäsittelymenetelmien tehosta suurten virtaamien aikana on vähän saatavilla.

Tässä pro gradu -tutkielmassa pyrittiin selvittämään virtaaman vaikutusta turvetuotantoalueelta lähtevän veden laatuun, kuormitukseen sekä vesienkäsittelymenetelmien puhdistustehoon. Tavoitteena oli määrittää ylivirtaamatilanteet ja selvittää poikkeako ylivirtaamatilanteiden aikainen vedenlaatu ja kuormitus muiden virtaamatilanteiden tai kaikkien mittausajankohtien keskiarvosta. Tutkielman ennakkoletuksena oli, että virtaaman lisääntyessä turvetuotantoalueelta purkautuvan veden ainepitoisuudet kasvavat ja vesienkäsittelyrakenteiden puhdistustehot heikkenevät.

## 2. AINEISTO JA MENETELMÄT

### 2.1. Tutkimuskohteiden valinta

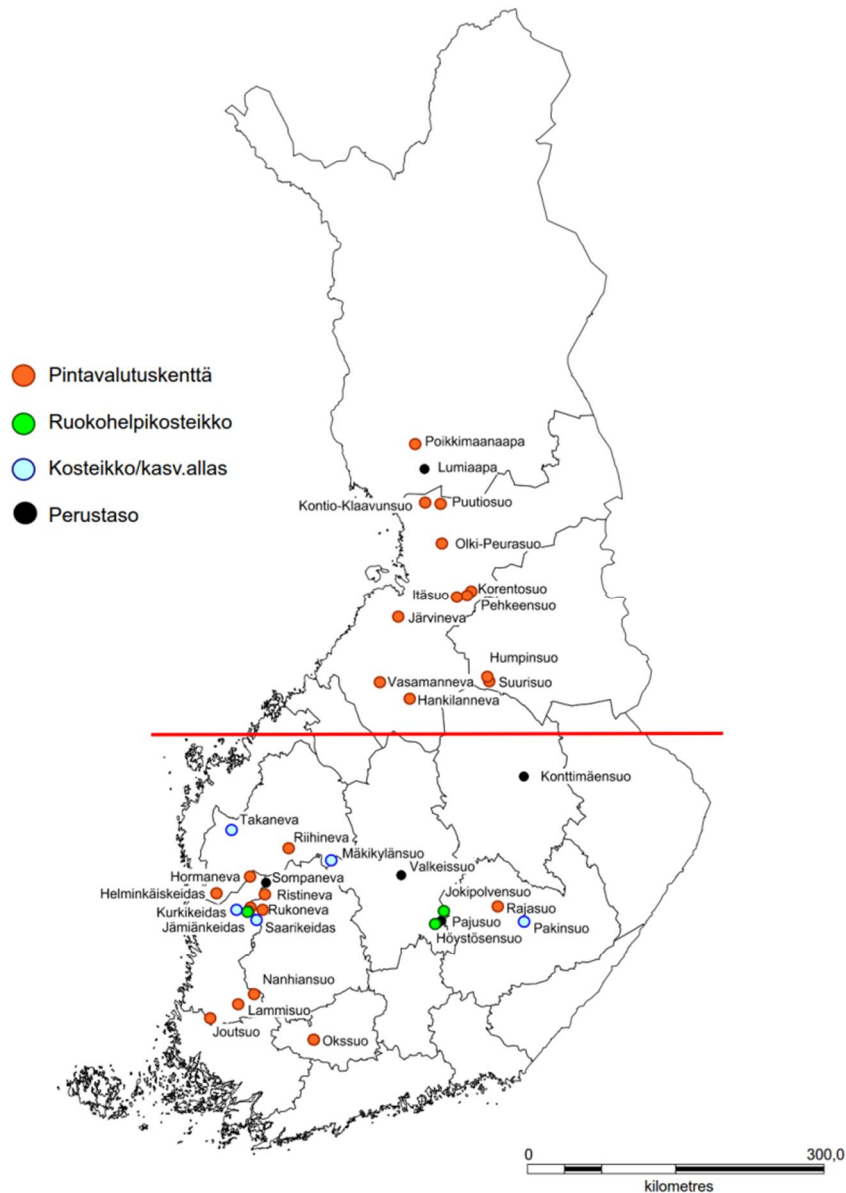
Tutkimuskohteet valittiin saatavilla olevan tarkkailuaineiston perusteella. Kaikilla kohteilla virtaamat mitattiin jatkuvatoimisella mittarilla ja aineistoa oli vähintään kolmen vuoden ajalta vuosilta 2008–2013. Valituilla kohteilla vesinäytteet on haettu ympärivuotisesti, noin 20 kertaa vuodessa. Ympärivuotisessa velvoitetarkkailussa näytteet otetaan talviaikaan kerran kuukaudessa, kevättulvan aikana kerran viikossa ja sulanmaan aikana kahden viikon välein. Näiden tarkkailuohjelmissa määrättyjen näytteiden lisäksi turvetuottajat hakevat ylivirtaamatilanteiden ja poikkeustilanteiden aikana kohteilta omavalvontanäytteitä.

Velvoitetarkkailuaineisto kerättiin Excel-taulukkopohjaan, johon turvetuottajat sekä osin tarkkailua suorittaneet konsultit täydensivät saadut tulokset. Perustietoina kerättiin tarkkailupisteen sijainti, vesienkäsittelymenetelmä sekä tuotantopinta-alat ja tarkkailupisteen valuma-ala. Virtaama-aineisto muutettiin valumaksi ( $1 \text{ s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ ), jolloin eri kohteita voitiin verrata keskenään. Valumatiedot kerättiin vuorokauden keskiarvoina. Lisäksi kerättiin tieto mahdollisista häiriötilanteista virtaamamittauksessa, näytteenottajien merkinnät, käyttötarkkailutiedot sekä tiedot mahdollisista ohijuoksutuksista. Aineistosta koottiin kaikki havainnot kiintoaine-, kokonaistyyppi ja -fosforipitoisuuksista sekä kemiallisesta hapenkulutuksesta ( $\text{COD}_{\text{Mn}}$ -arvot).

### 2.2. Tutkimuskohteet

Tutkimuksessa oli mukana 36 turvetuotantoaluetta, joista 33 on Vapo Oy:n, 2 Turveruukki Oy:n ja 1 Kuopion Energian omistuksessa. Tutkimuskohteet sijaitsevat maantieteellisesti laajalla, mistä johtuen ne jaettiin Pohjois- ja Etelä-Suomen alueisiin, joiden rajaksi asetettiin leveysaste  $64^\circ\text{N}$  (Kuva 1). Pohjois-Suomen alueelta oli mukana 13 ja Etelä-Suomen alueelta 23 tutkimuskohdetta (Liite 1).

Vain perustason vesienkäsittely on 6 tutkimuskohteella, joista vain yksi on Pohjois-Suomessa (Kuva 1). Suurimmalla osalla kohteista (23) on tehostettuna vesienkäsittelymenetelmänä pintavalutuskenttä. Pohjois- ja Etelä-Suomen alueiden välisiä eroja tutkittiin vain pintavalutuskentällisiltä kohteilta ja vesienkäsittelymenetelmien välisiä eroja Etelä-Suomessa sijaitsevilta kohteilta.



Kuva 1. Tutkimuskohteiden maantieteellinen sijainti sekä Pohjois- ja Etelä-Suomen alueet (alueiden rajaksi asetettiin leveysaste  $64^{\circ}\text{N}$ ).

### 2.3. Vuodenaikojen pituudet

Vuosien välisiä eroja tutkittiin kalenterivuositain. Vuodenaikojen pituudet määriteltiin Ilmatieteen laitoksen termisten vuodenaikojen perusteella sekä kohteilta mitattujen valumien avulla. Termisen kevät alkaa, kun vuorokauden keskilämpötila on noussut pysyvästi 0 asteen yläpuolelle (Ilmatieteen laitos 2014). Termisen kevään alkamispäivä ei ennusta sulamisvesien liikkeellelähtöä, mistä johtuen kevään alkamisajankohdaksi määritettiin kohteiden valuma-aineistosta hetki, jolloin sulamisvedet lähtevät liikkeelle. Muiden vuodenaikojen pituudet määritettiin termisten vuodenaikojen perusteella.

## 2.4. Virtaama-aineisto

Yleisin turvetuotannon virtaamanmittaus perustuu paineanturin mittaamaan vedenpinnankorkeuteen. Paineanturitekniikka soveltuu hyvin kohteille, joissa mittapadolla on kohtalainen tai voimakas virtausnopeus (Kukkonen 2012). Paineanturit mittaavat hydrostaattista painetta ja ilmoittavat vedenpinnankorkeuden vaihtelut millimetreinä. Mittausaineisto voidaan joko purkaa tietokoneelle näytteenoton yhteydessä tai lukea mittauspalveluntarjoajan palvelimelta, minkä jälkeen pinnankorkeusaineisto muutetaan virtaamaksi ( $l\ s^{-1}$ ) ja valumaksi ( $l\ s^{-1}\ km^{-2}$ ). Mittapadot ja virtaamamittarit on asennettu mittakaivoon jäätyksen estämiseksi. Paineanturien kalibrointi ja seuranta tapahtuvat mittapatoon asennetun korkeusmitan ja näytteenottojoen yhteydessä tehtävien manuaalisten mittausten avulla (Kukkonen 2012).

## 2.5. Valuma-arvion vaikutus vuosikuormitusarvioihin

Kuormituslaskennassa käytettävällä valuma-arviolla on suuri merkitys arvioidun kuormituksen suuruuteen. Virtaamamittauksessa saattaa olla ongelmia tarkkailujaksojen aikana, tai käytössä ei ole jatkuvatoimista virtaamamittaria. Yleisimmin mittausongelmat johtuvat mittakaivon padotustilanteesta tai mittarin vioista. Padotustilanteessa vesi ei pääse vapaasti virtaamaan mittakaivon läpi, kun alapuolinen oja padottaa vettä. Tällöin veden pinta nousee mittakaivossa, ja virtaamamittarin antamat tulokset ovat virheellisiä. Padotustilanteita esiintyy yleisimmin ylivirtaamatilanteissa.

Virtaamanmittauksen ongelmatilanteissa kuormituslaskennassa voidaan käyttää korvaavia valumatietoja, kuten Suomen ympäristökeskuksen vesistömallijärjestelmällä (SYKE-WSFS) laskettuja valumia tai läheisen suon valumia. Vertaamalla korvaavia valumia suolta mitattuun valumaan, voidaan antaa suositus korvaavien valumien käytöstä tilanteissa, jolloin virtaamanmittauksessa on ongelmia.

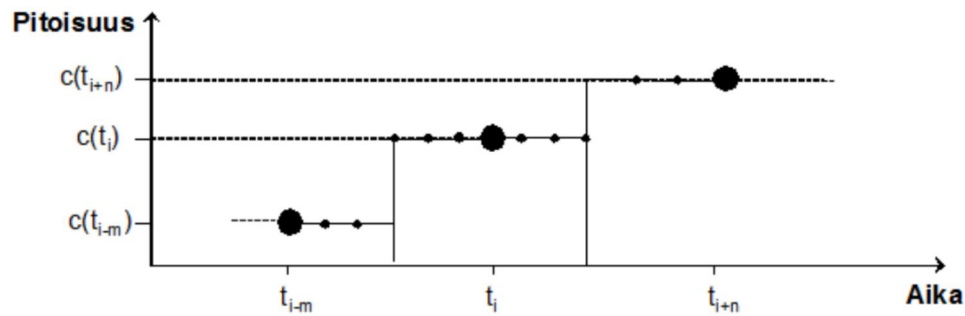
Tutkielmassa turvetuotantoalueelta mitattuja valumia verrattiin vesistömallin avulla samalle kolmannen jakovaiheen valuma-alueelle laskettuihin valumiin. Esimerkkikohteiksi valittiin eri vesienkäsittelymenetelmillä varustettuja kohteita, joilla oli mahdollisimman vähän ongelmia virtaamamittauksessa tutkimusjakson 2008–2013 aikana. Esimerkkikohteiden avulla ( $n = 8$ ) vertailtiin kolmen eri tavoin saadun valuma-arvion vaikutusta arvioituun vuosikuormitukseen ( $kg^{-1}\ ha^{-2}\ a$ ). Vuosikuormitukset laskettiin alla kuvatulla periodimenetelmällä suon omia valumatietoja, vesistömallin sekä läheisen suon valumia hyödyntäen.

## 2.6. Ainevirtaaman laskenta

Ainevirtaaman laskenta tietyn virtauspoikkileikkauksen läpi tietyssä ajassa on periaatteessa yksinkertaista. Laskennassa käytetään mitattua ainepitoisuutta (esim.  $mg\ l^{-1}$ ), joka kerrotaan valitun ajan-jakson virtaamalla ( $l\ s^{-1}$ ). Näin tulokseksi saadaan aineen massa tietyssä ajanjaksossa (Tattari ym. 2014).

Tutkimuskohteiden näytteenottopäivien välisten jaksojen ainekuorma sekä vuotuinen ainekuorma ( $kg^{-1}\ a^{-1}$ ) laskettiin ns. periodimenetelmällä (Kuva 2, kaava 1). Periodimenetelmässä ainekuorma lasketaan jokaiselle päivälle erikseen käyttämällä kunkin päivän mitattua keskivirtaamaa. Käytettävän pitoisuuden oletetaan olevan samansuuruinen havaintopäivän ( $t_i$ ) ja sitä edeltävän havaintopäivän ( $t_{i-m}$ ) puoliväliin ja seuraavan havaintopäivän ( $t_{i+m}$ ) puoleenväliin (Tattari ym. 2014). Vuotuinen ainekuorma saadaan arvioitua summaamalla havaintopäivien ainekuormat. Yksittäisen näytteenottovuorokauden kuormitus laskettiin kertomalla vuorokauden keskivirtaama mitatulla pitoisuudella.





Kuva 2. Vuosikuormituslaskentaan käytetyn periodimenetelmän periaate.  $m$  = vuorokausien lukumäärä edeltävästä havaintopäivästä havaintopäivään  $t_i$  ja  $n$  = vuorokausien lukumäärä havaintopäivästä seuraavaan havaintopäivään (Tattari ym. 2014).

$$L_a = \sum_{i=1}^{365} c(t_i) \cdot Q(t_i)$$

(1) Vuotuinen ainekuorma

Missä  $L_a$  on vuotuinen ainevirtaama,  $c(t_i)$  on havaintopäivän ainepitoisuus ja  $Q(t_i)$  on havaintopäivän keskivirtaama

Arvioidut päästöt on suhteutettu pinta-alaan (ominaiskuormitus), jolloin kohteiden kuormituksia voidaan verrata keskenään. Turvetuotantoalueet on rajattu eristysojilla, jolloin vesienkäsittelyrakenteille tulevat vedet ovat turvetuotantoalueelta tulevia kuivatusvesiä. Suurimmalla osalla kohteista tarkkailupisteen valuma-ala sisältää ainoastaan tuotantoalueen, mutta joidenkin tarkkailupisteiden valuma-alueilla on pieniä tuotannosta poistuneita alueita esim. peltoja tai metsäalueita. Turvetuotantoalueen vuosikuormitus (kg) lasketaan kertomalla tarkkailupisteen ominaiskuormitus ( $\text{kg}^{-1} \text{ha}^{-2}$ ) tuotantopinta-alalla.

Verrattaessa usean eri kohteen virtaamatilanteiden aikaisia kuormituksia keskimääräisiin kuormituksiin käytetään yksikköinä  $\text{g ha}^{-1} \text{d}^{-1}$ . Vertaamalla päiväkohtaista kuormitusta ( $\text{kg}^{-1} \text{d}^{-1}$ ) vuosikuormitukseen ( $\text{kg}^{-1} \text{a}^{-1}$ ), voidaan arvioida päivän osuus kokonaiskuormituksesta.

## 2.7. Valuntatilanteiden määrittäminen

Turvetuotannon ympäristönsuojeluohjeessa (Ympäristöministeriö 2015) ylivirtaamatilanteeksi määritellään tilanne, jolloin suolta lähtevä valunta on 10–15-kertainen keskivaluntaan ( $10 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ ) nähden tai sateen rankkuus on suurempi kuin 20 mm/vuorokausi. Tarkkailuista saatujen tietojen perusteella näin suuria valumia ( $100\text{--}150 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ ) esiintyy harvoin. Tästä johtuen tässä tutkielmassa kohteille ei aseteta yhtä tiettyä ylivirtaamatilanteen rajaa, vaan virtaamien vaikutusta tutkitaan valumaluokittain. Mitatuissa valumissa on eroja tuotantoalueiden välillä, mistä johtuen valumaluokat määritettiin jokaiselle tuotantoalueelle erikseen, koko tarkkailujakson ajalle. Valumaluokkien rajat määräytyivät fraktiilien mukaan ollen 0–20 %, 20–30 %, 30–40 %, 40–50 %, 50–60 %, 60–70 %, 70–80 %, 80–90 %, 90–95 % ja suurimpia valumia kuvaava luokka >95 % fraktiili. Määritettyjen rajojen avulla voitiin kohteilta otetut näytteet jakaa valuma-luokittain ainepitoisuuksien ja kuormitusten vertailua varten.

## 2.8. Pitoisuusreduktion laskenta

Vesienkäsittelymenetelmien pitoisuusreduktio eli puhdistusteho laskettiin kohteille, joiden virtaamamittauksessa ei ollut ongelmia ja näytteitä oli usealta vuodelta sekä

vesienkäsittelyyn tulevasta sekä lähtevästä vedestä. Kaikkien näytteiden ja valumaluokkien keskimääräiset pitoisuusreduktiot sekä yksittäisten näytteenotokertojen pitoisuusreduktiot lasketaan kaavalla 2.

$$red. = \frac{(C_{in} - C_{out})}{C_{in}} * 100\%$$

(2) Vesienkäsittelyrakenteen pitoisuusreduktio

Missä *red.* on pitoisuusreduktio (%),  $C_{in}$  on vesienkäsittelyyn tulevan valumaveden pitoisuus,  $C_{out}$  on vesienkäsittelystä lähtevän valumaveden pitoisuus

Näytteenottovuorokauden keskimääräisen valuman vaikutusta pintavalutuskenttien pitoisuusreduktioon tutkittiin kahdeksalla Etelä-Suomessa sijaitsevalla pintavalutuskentällä (Taulukko 1). Pintavalutuskentistä kolme oli perustettu ojitetulle suolle ja viisi ojittamattomalle suoalueelle. Rukonevan pintavalutuskenttää lukuun ottamatta vedet johdettiin pintavalutuskentille pumppaamalla.

Taulukko 1. Pintavalutuskenttien pitoisuusreduktioiden laskentaan käytettyjen kohteiden tiedot ja näytemäärät.

Suo	Tarkkailujakso	Näytteitä kpl *	Millaiselle pohjalle perustettu	Vesien ohjaus kentälle (pumppaus / gravitaatio)
Helminkäiskeidas	2008 - 2013	67	Ojitettu	Pumppaus
Hormaneva	2008 - 2013	119	Ojitettu	Pumppaus
Joutsuo	2011 - 2013	58	Ojitettu	Pumppaus
Jämiänkeidas	2011 - 2013	66	Ojittamaton	Pumppaus
Lammisuo	2009 - 2013	96	Ojittamaton	Pumppaus
Nanhiansuo	2008 - 2013	119	Ojittamaton	Pumppaus
Ristineva	2008 - 2013	101	Ojittamaton	Pumppaus
Rukoneva	2010 - 2013	63	Ojittamaton	Gravitaatio

\* Näytteenotokerrat, jolloin näyte otettu sekä vesienkäsittelyyn tulevasta että lähtevästä vedestä.

Pintavalutuskenttien lisäksi valuman vaikutusta pitoisuusreduktioon tutkittiin neljällä kosteikolla ja kolmella kasvillisuuskentällä. Kasvillisuuskentille vedet johdettiin gravitaation avulla ja kosteikoille pumppaamalla (Taulukko 2).

Taulukko 2. Kosteikkojen ja kasvillisuuskenttien pitoisuusreduktioiden laskentaan käytettyjen kohteiden tiedot ja näytemäärät.

Suo	Vesienkäsittely	Näytteitä kpl *	Millaiselle pohjalle perustettu	Vesien ohjaus kentälle (pumppaus / gravitaatio)
Höystösensuo	Ruokohelpikosteikko	116	Vanha tuotantoalue	Gravitaatio
Jokipolvensuo	Ruokohelpikosteikko	120	Vanha tuotantoalue	Gravitaatio
Jämiänkeidas	Ruokohelpikosteikko	108	Vanha tuotantoalue	Gravitaatio
Kurkikeidas	Kosteikko	84	Vanha tuotantoalue	Pumppaus
Mustakeidas- Saarikeidas	Kosteikko	79	Vanha tuotantoalue	Pumppaus
Pakinsuo	Kosteikko	105	Suo	Pumppaus
Takaneva	Kosteikko	68	pelto	Pumppaus

\* Näytteenotokerrat, jolloin näyte otettu sekä vesienkäsittelyyn tulevasta että lähtevästä vedestä.

### 3. TULOKSET

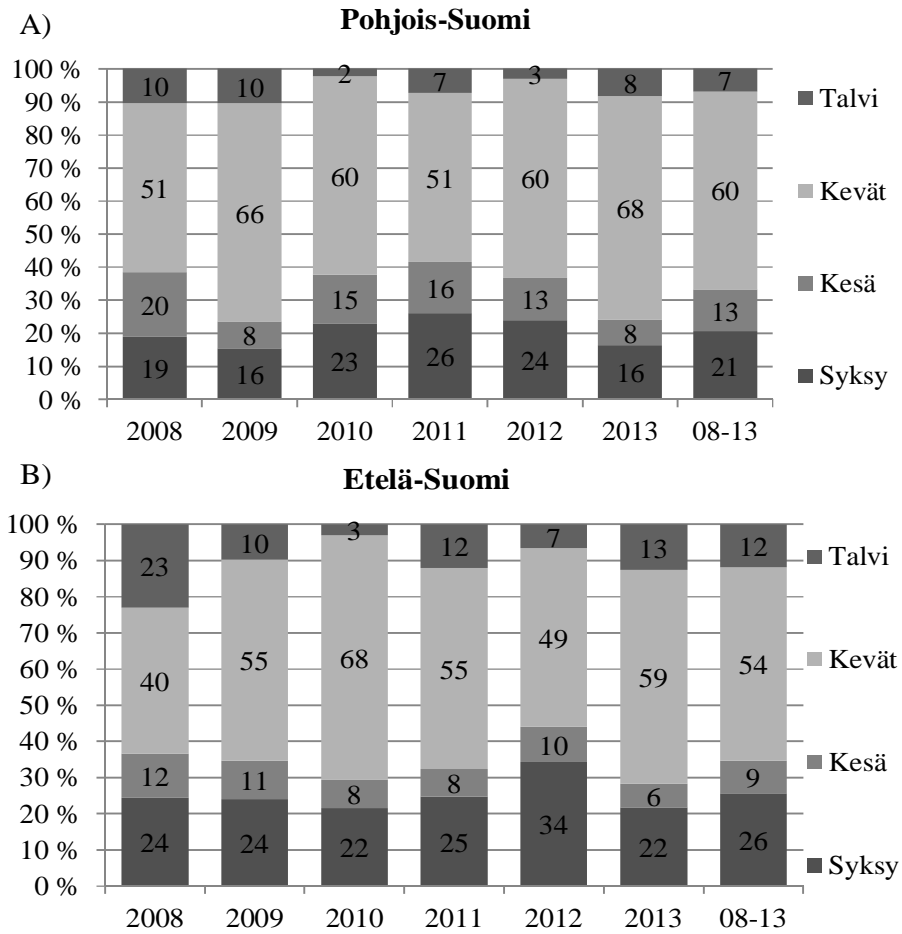
#### 3.1. Valumat

Keskimääräiset vuosivalumat olivat suurimmillaan vuosina 2008 ja 2012 (Liite 2). Pohjois-Suomen kohteilla vuoden 2008 keskivaluma oli  $17,2 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$  ( $n = 8$ ) ja Etelä-Suomen kohteilla  $20,9 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$  ( $n = 14$ ). Vuonna 2012 keskimääräiset valumat olivat Pohjois-Suomen kohteilla  $22,7 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$  ( $n = 11$ ) ja Etelä-Suomen kohteilla  $17,4 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$  ( $n = 22$ ). Pienimmät valumat mitattiin vuonna 2009, jolloin Pohjois-Suomen kohteiden keskimäärin valuma oli  $11,3 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$  ( $n = 9$ ) ja Etelä-Suomen kohteilla  $9,7 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$  ( $n = 11$ ) (Liite 2).

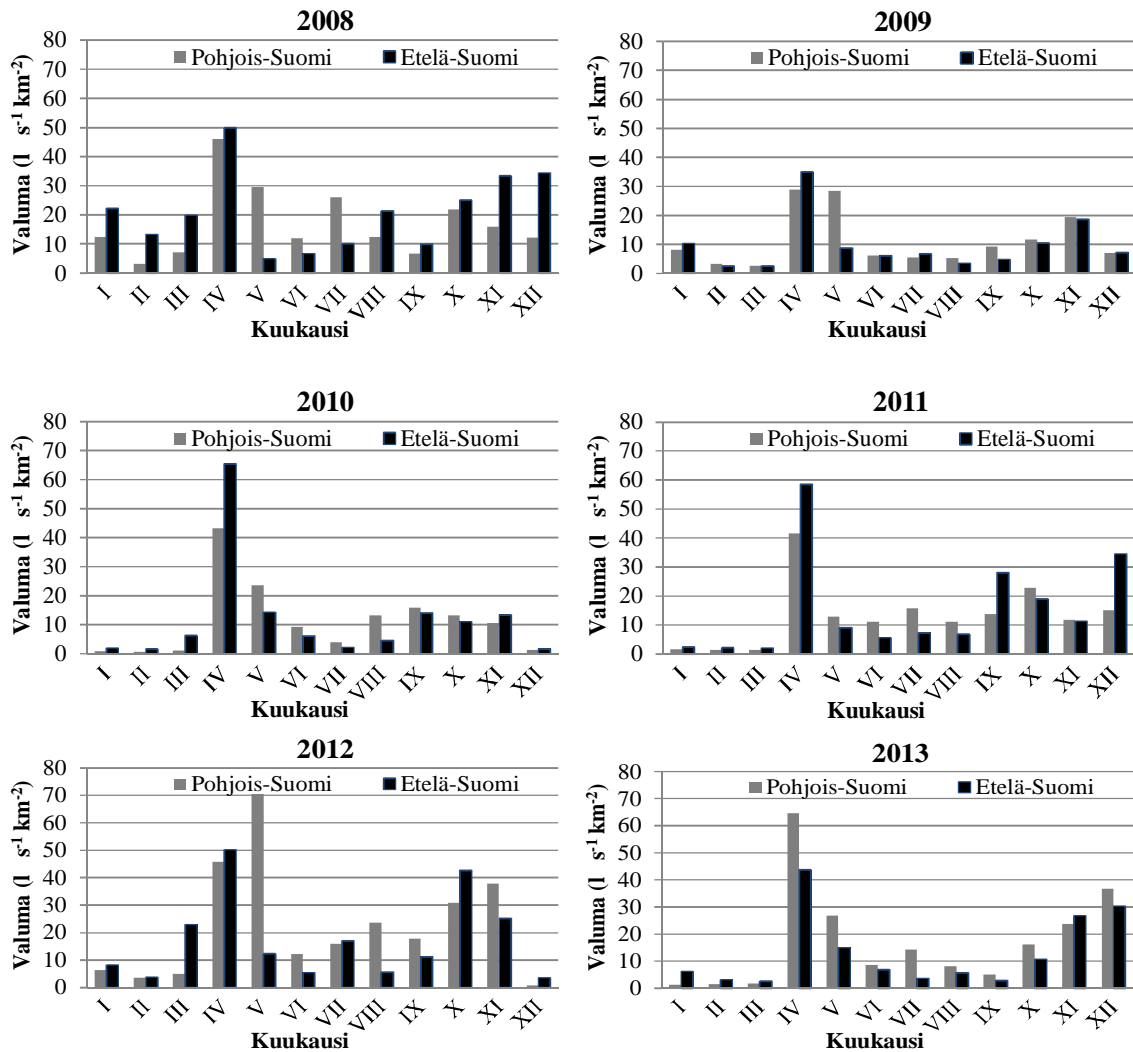
Vuosina 2010 ja 2011 tammi-maaliskuun valumat olivat Pohjois-Suomen kohteilla pieniä tai valumaa ei ollut lainkaan. Etelä-Suomen kohteiden keskimääräinen valuma oli talvella  $9,4 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$  ja Pohjois-Suomen kohteilla  $6,1 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ . Keskimäärin talven osuus vuoden kokonaisvalunnasta on Etelä-Suomessa noin 12 % ja Pohjois-Suomessa noin 9 % (Kuva 3). Vuonna 2008 Etelä-Suomessa talven osuus koko vuoden valumasta oli 23 %, kun vuonna 2010 osuus oli vain 3 % (Kuva 3B).

Valumat ovat suurimmillaan keväällä lumien sulamisen aikaan. Kevään keskimääräinen valuma oli Etelä-Suomessa  $43 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$  ja Pohjois-Suomessa  $54 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$  (Liite 3). Kevään osuus vuosivalunnasta on Etelä-Suomessa noin 54 % ja Pohjois-Suomessa 60 %. Kuukausitasolla keskimäärin suurimmat valumat mitattiin huhtikuussa (Kuva 4, liite 2). Etelä-Suomessa kevään valumat lähtevät yleisesti ottaen nousuun maaliskuun huhtikuun vaihteessa, kun Pohjois-Suomessa kevään alku sijoittuu yleisesti huhtikuun puolivälin aikoihin.

Kesän keskimääräinen valuma oli Etelä-Suomen kohteilla  $7,2 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$  ja Pohjois-Suomen kohteilla  $11,3 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$  (Liite 3). Keskimäärin kesän osuus kokonaisvalunnasta on Pohjois-Suomessa 13 % ja Etelä-Suomessa 9 % (Kuva 3). Syksyn keskimääräiset valumat olivat Pohjois-Suomen kohteilla  $18,4 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$  ja Etelä-Suomen kohteilla  $20,3 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$  (Liite 3). Keskimäärin syksyn osuus kokonaisvalunnasta on Pohjois-Suomessa 21 % ja Etelä-Suomessa 26 % (Kuva 3).



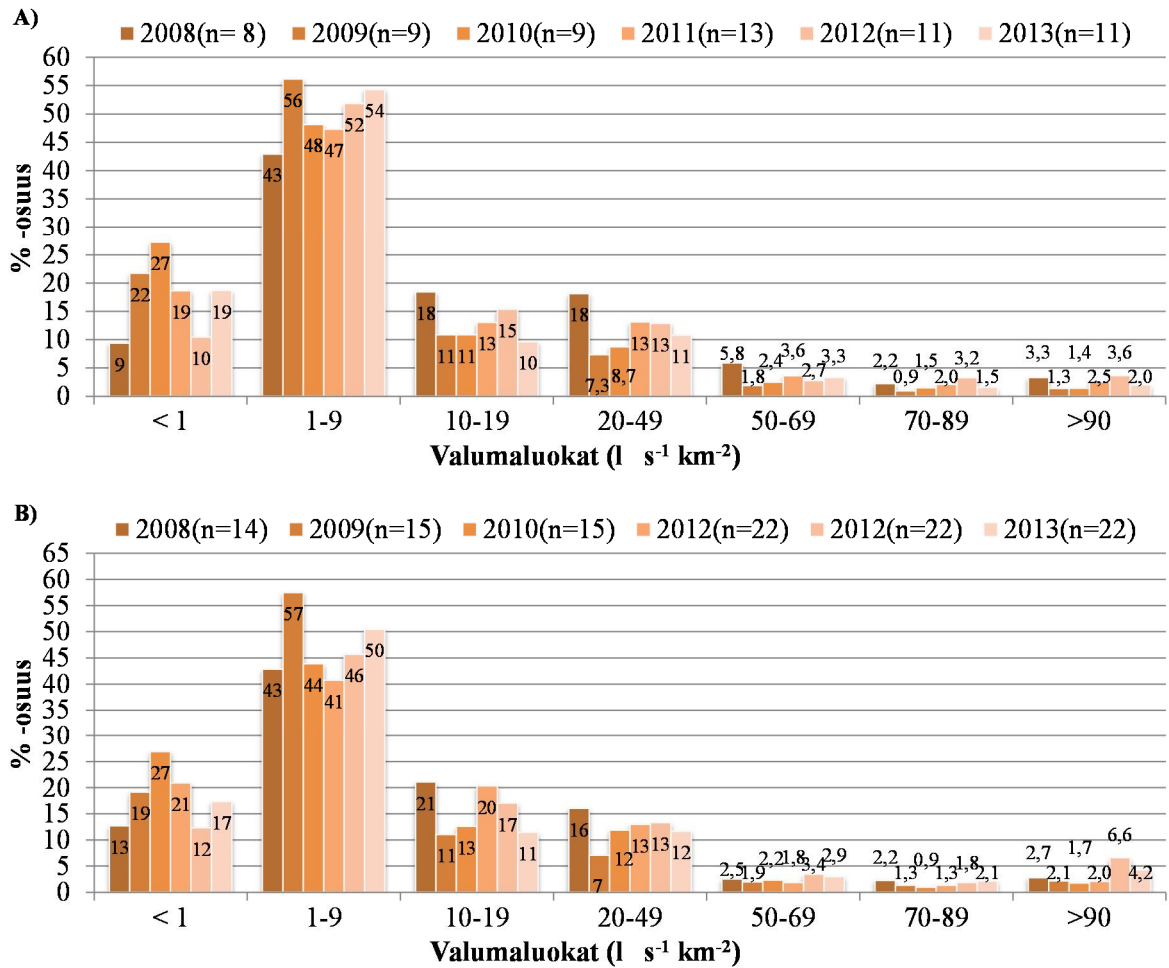
Kuva 3. Valunnan prosentuaalinen jakautuminen vuodenajoittain eri vuosina Pohjois-Suomen (A) ja Etelä-Suomen (B) kohteilla.



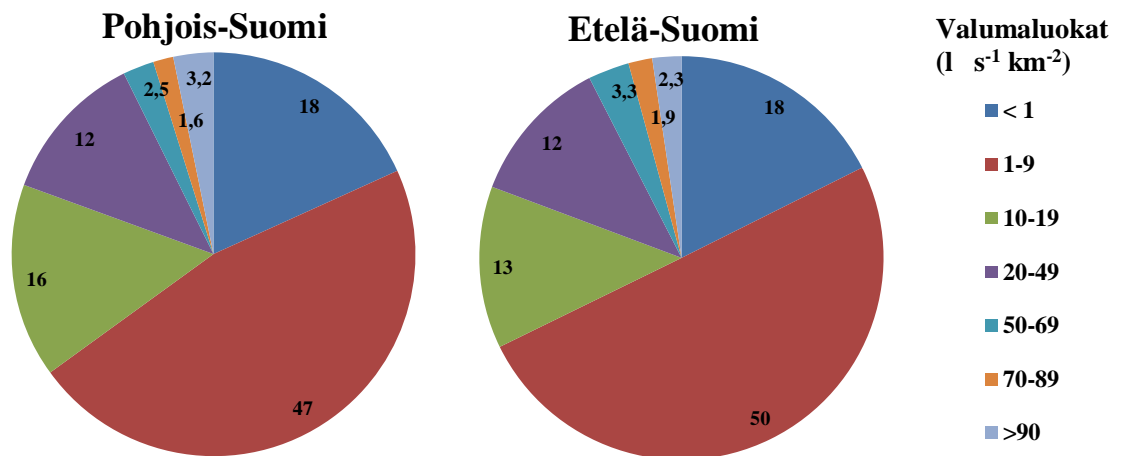
Kuva 4. Tutkimuskohteiden keskivalumat ( $l s^{-1} km^{-2}$ ) kuukausittain ja alueittain eri vuosina (liitteessä 2 kohteiden määrät vuosittain ja alueittain).

### 3.2. Eri valuntatilanteiden esiintyminen turvetuotantoalueilla

Vuoden aikana keskimäärin noin 70 %:lla päivistä valuma oli pienempi kuin  $10 l s^{-1} km^{-2}$ . Suurimpien valumien (yli  $90 l s^{-1} km^{-2}$ ) osuus havaintopäivistä oli keskimäärin noin 3 % (Kuva 6). Pohjois- ja Etelä-Suomen välillä ei havaittu tässä eroja. Sateisina vuosina 2008 ja 2012 hyvin pienten valumien tai hetkien, jolloin valuntaa ei ole lainkaan (alle  $1 l s^{-1} km^{-2}$ ), osuus oli muita havaintovuosia pienempi. Erittäin sateisena vuonna 2012 Etelä-Suomen kohteilla suurten vuorokausivalumien ( $> 90 l s^{-1} km^{-2}$ ) osuus oli 6,6 % (Kuva 5B).



Kuva 5. Vuorokauden keskimääräisten valumien jakautuminen valumuokittain ei vuosina Pohjois-Suomen (A) ja Etelä-Suomen (B) kohteilla.

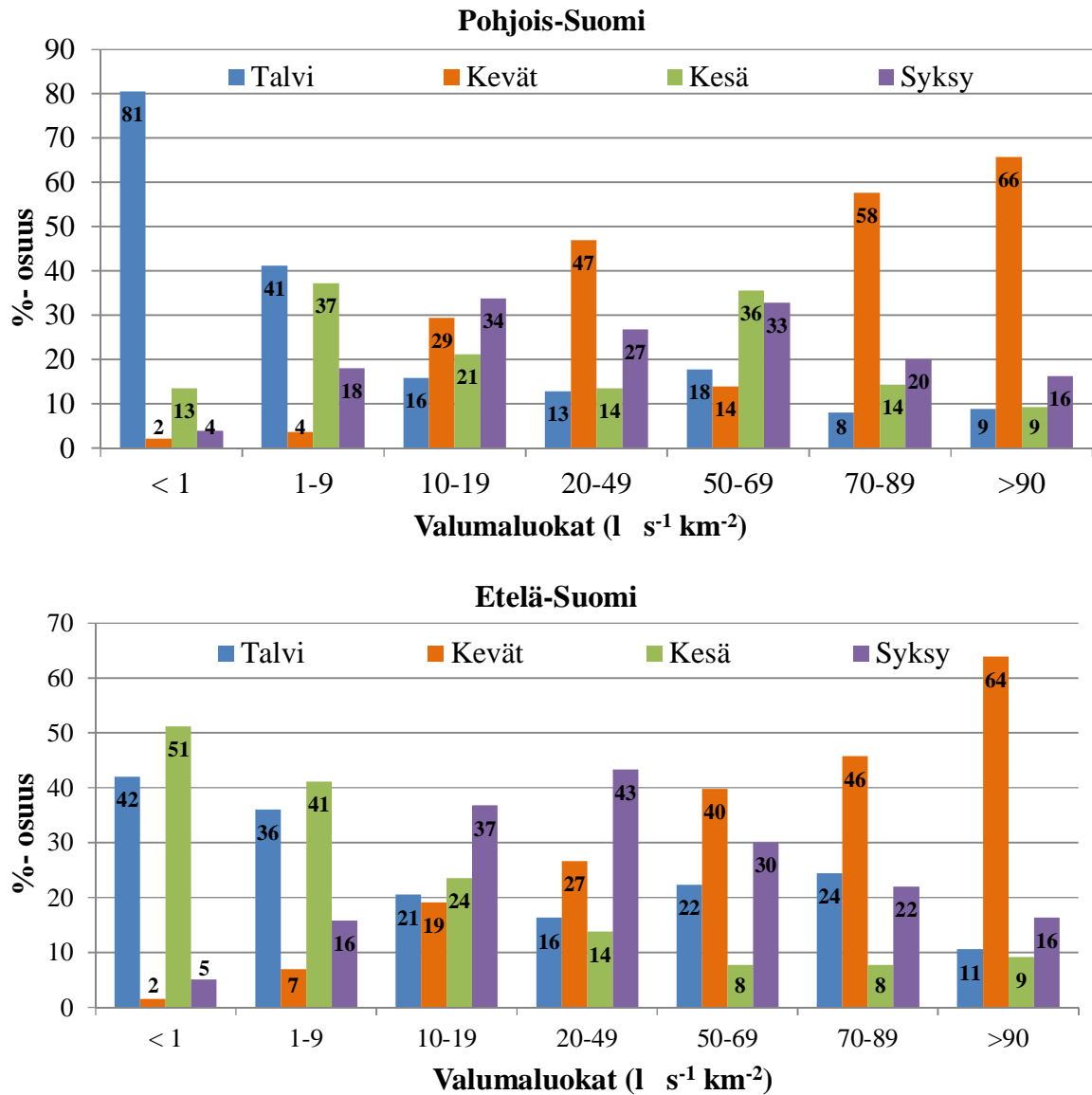


Kuva 6. Vuorokauden keskimääräisten valumien (l s<sup>-1</sup> km<sup>-2</sup>) prosentuaalinen jakautuminen keskimäärin koko tarkkailujakson 2008–2013 aikana.

Havaintopäiviä, jolloin vuorokauden keskimääräinen valuma on suurempi kuin 90 l s<sup>-1</sup> km<sup>-2</sup>, oli keskimäärin 12 päivänä vuodessa (3 %) ja näistä 65 % ajoittuu keväälle (Kuva 7). Alivaluntatilanteista (alle 1 l s<sup>-1</sup> km<sup>-2</sup>) suurin osa ajoittuu talveen ja kesään (Kuva 7).

Keskimäärin noin puolella päivistä vuorokauden keskivaluma oli välillä 1–10 l s<sup>-1</sup> km<sup>-2</sup> (Kuva 6). Näistä päivistä 36 % oli talvella ja 41 % kesällä (Kuva 7). Pienimmistä

valumista (alle  $1 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ ) Pohjois-Suomen kohteilla keskimäärin 81 % oli talvella ja Etelä-Suomen kohteilla 51 % kesällä ja 42 % talvella.



Kuva 7. Valumaluokkien prosentuaalinen jakautuminen vuodenajoittain.

### 3.3. Ympäristöhallinnon vesistömallijärjestelmä (SYKE-WSFS) valuman arvioinnissa

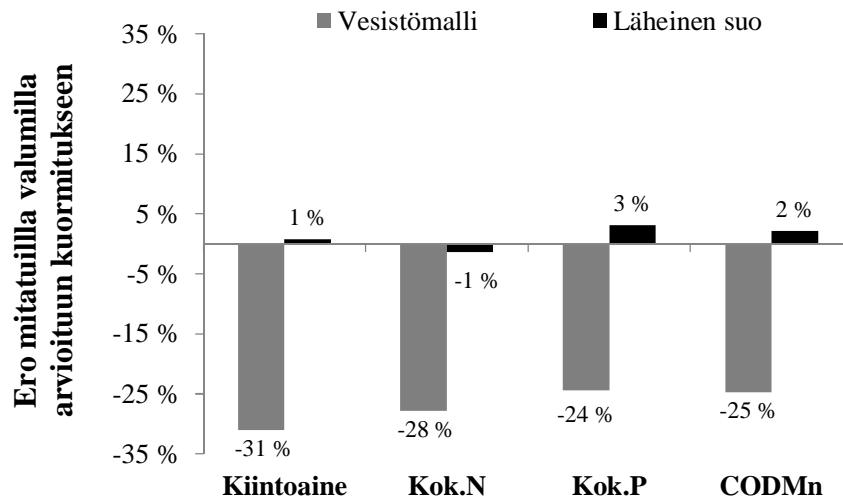
Turvetuotantoalueelle (n=8) vesistömallin avulla arvioitu keskimääräinen vuosivaluma oli keskimäärin  $4,6 \text{ ls}^{-1} \text{ km}^{-2}$  (vaihteluväli  $-19,0\text{--}1,7 \text{ ls}^{-1} \text{ km}^{-2}$ ) mitattua vuosivalumaa pienempi. Vuositasolla suurimmat erot mitatun ja arvioidun valuman välillä olivat sateisina vuosina 2008 ja 2012 sekä keväisin ja syksyisin, jolloin valumat ovat suuria. Kevään arvioitu keskivaluma oli kaikilla kohteilla mitattua valumaa pienempi (keskiarvo  $-14,0 \text{ ls}^{-1} \text{ km}^{-2}$ ) (Taulukko 3). Kesällä ja talvella arvioidun ja mitatun valuman väliset erot olivat pienempiä. Poikkeuksina muutamilla kohteilla yksittäisten vuosien ja vuodenaikojen arvioidut keskivalumat olivat mitattua valumaa suuremmat (Liite 5).

Suurimmalla osalla kohteista vesistömalli keskiarvoistaa valuntakäyrää ja kesän ajan valumapiikit puuttuivat aineistosta lähes kokonaan. Yksittäisillä valumapiikeillä tarkoitetaan enintään muutaman päivän kestoista tilannetta, jolloin valumat nousevat ja laskevat nopeasti. Poikkeuksina yksittäisillä kohteilla vesistömallilla arvioidut valumat ajoittuivat hyvin mitattuun valumaan nähden.

Taulukko 3. Kahdeksalta kohteelta mitattujen ja vesistömallilla arvioitujen keskimääräisten valumien erotukset vuosittain sekä vuodenajoittain.

	Vuosi ( $\text{ls}^{-1} \text{ km}^{-2}$ )						Vuodenajoittain ( $\text{ls}^{-1} \text{ km}^{-2}$ )			
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Talvi	Kevät	Kesä	Syksy
Tuotantoalue	22,1	10,3	11,7	14,9	19,6	14,7	10,2	48,1	7,9	21,1
Vesistömalli	14,7	6,5	7,6	11,2	15,0	10,1	7,1	33,8	6,2	12,5
<b>Erotus</b>	<b>-6,9</b>	<b>-3,7</b>	<b>-3,8</b>	<b>-3,5</b>	<b>-5,2</b>	<b>-4,4</b>	<b>-2,5</b>	<b>-14,0</b>	<b>-2,1</b>	<b>-8,4</b>
Vaihteluväli	-19,0	-10,1	-15,1	-11,8	-15,1	-10,1	-10,1	-34,7	-8,0	-16,0
	1,7	-0,3	1,3	2,7	2,4	-2,6	2,0	-3,9	1,5	0,0

Arvioitaessa vuosikuormitus vesistömallilla lasketuilla valumilla keskimääräiset ominaiskuormitukset olivat noin 31–24 % pienemmät kuin suon omilla valumilla arvioidut kuormitukset. Käyttämällä lähellä sijaitsevan suon valumia, oli arvioitu vuosikuormitus lähimpänä suon omilla valumilla arvioitua kuormitusta (Kuva 8, Liite 7).



Kuva 8. Kahdeksalle kohteelle vesistömallilla laskettujen valumien sekä läheisen suon valumien perusteella arvioitujen keskimääräisten ominaiskuormitusten ero suhteessa kohteiden omilla valumilla arvioituihin ominaiskuormituksiin.

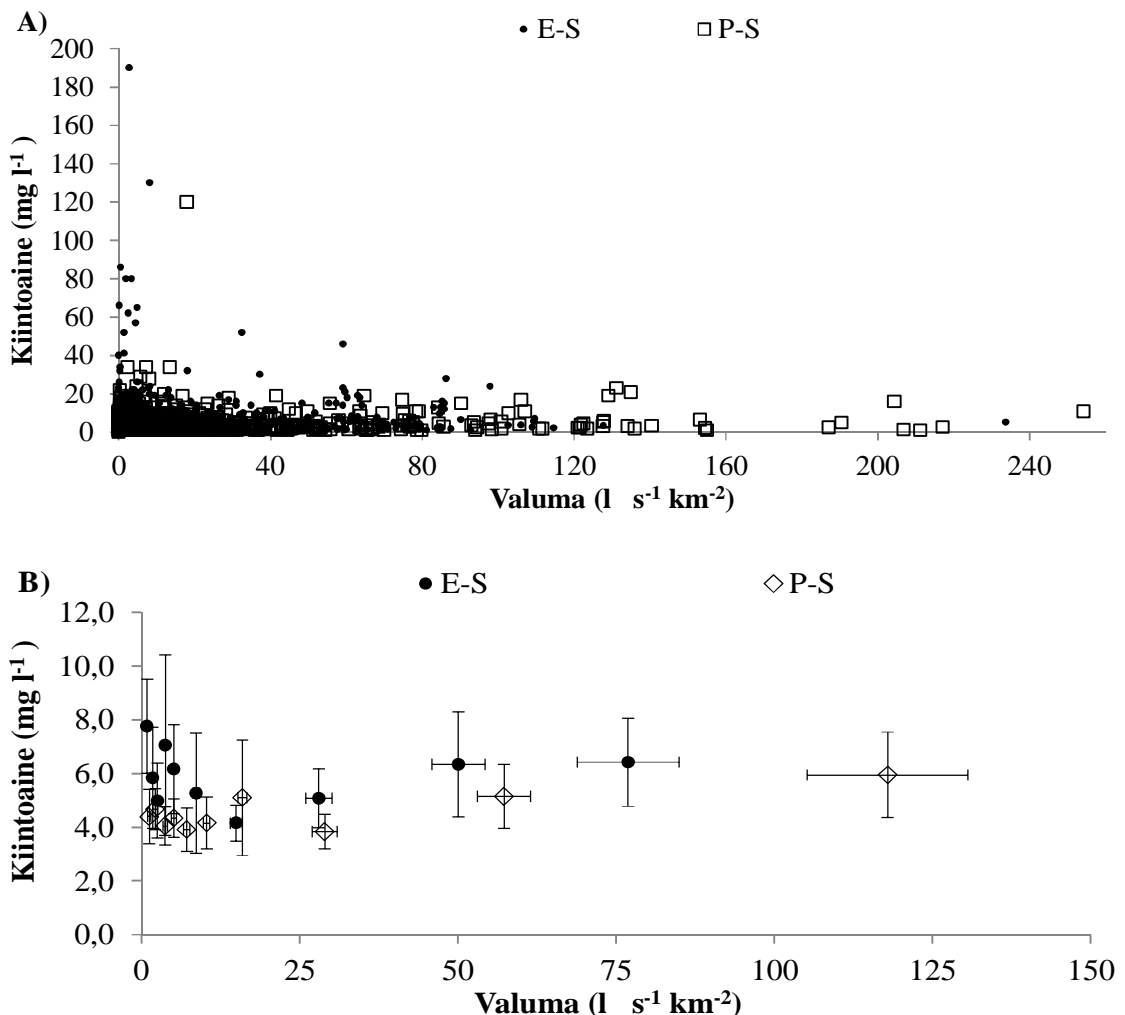


### 3.4. Valuman vaikutus Pohjois- ja Etelä-Suomen pintavalutuskentiltä lähtevän veden ainepitoisuuksiin ja ominaiskuormituksiin

#### 3.4.1. Kiintoaine

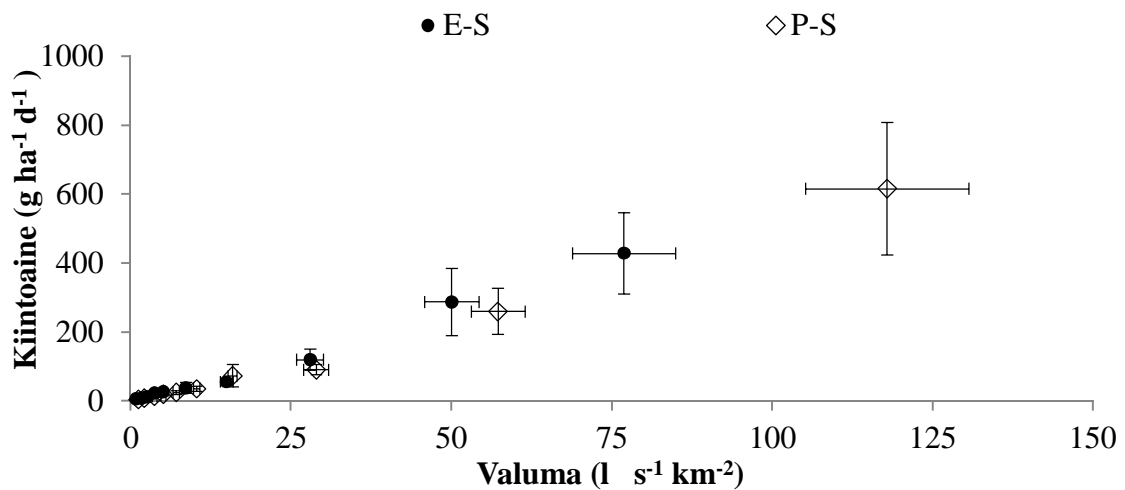
Kaikkien näytteiden keskimääräinen kiintoainepitoisuus oli Pohjois-Suomen pintavalutuskentällisillä kohteilla  $4,5 \text{ mg l}^{-1}$  (95 % luottamusväli  $4,1\text{--}4,8 \text{ mg l}^{-1}$ ;  $n = 904$ ) ja Etelä-Suomen kohteilla  $5,9 \text{ mg l}^{-1}$  (95 % luottamusväli  $5,2\text{--}6,6 \text{ mg l}^{-1}$ ;  $n = 1078$ ). Pintavalutuskentiltä lähtevän veden yksittäisten näytteenottokertojen suurimmat kiintoainepitoisuudet mitattiin pienten valumien aikana (Kuva 9 A). Kiintoainepitoisuuden ja näytteenottopäivän keskimääräisen valuman välillä ei havaittu lineaarista riippuvuutta. Etelä- ja Pohjois-Suomen kohteiden keskimääräisissä kiintoainepitoisuuksissa ei havaittu eroja valumaluokkien tai alueiden välillä (Kuva 9 B).

Pintavalutuskentiltä lähtevän veden keskimääräinen kiintoainepitoisuus oli kesällä hieman muita vuodenaikoja suurempi (keskiarvo  $6,5 \text{ mg l}^{-1}$  95 % luottamusväli  $5,8\text{--}7,3 \text{ mg l}^{-1}$ ;  $n = 874$ ). Muina vuodenaikoina keskimääräiset kiintoainepitoisuudet vaihtelivat välillä  $4,1\text{--}4,6 \text{ mg l}^{-1}$  (Liite 13).



Kuva 9. Pohjois-Suomen (P-S) ja Etelä-Suomen (E-S) pintavalutuskentällisten kohteiden näytteenottopäivien keskimääräiset valumat ja ko. päivien näytteenottohetkien kiintoainepitoisuudet (A) sekä keskimääräiset kiintoainepitoisuudet valumaluokittain 95 % luottamusvälillä (B)

Pintavalutuskentällisten kohteiden keskimääräinen kiintoainekuormitus oli Pohjois-Suomessa  $82 \text{ g ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$  (95 % luottamusväli  $66\text{--}97 \text{ g ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ;  $n = 904$ ) ja Etelä-Suomessa  $71 \text{ g ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$  (95 % luottamusväli  $59\text{--}83 \text{ g ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ;  $n = 1078$ ) (Liite 10). Pintavalutuskentällisten kohteiden kiintoainekuormituksen vuorokausivaihtelusta Pohjois-Suomen kohteilla 44 % ja Etelä-Suomen kohteilla 37 % voitiin selittää keskimääräisen valuman vaihtelulla. Alivalumien aikaan kiintoainekuormitus oli keskimääräistä pienempi ja suurten valumien aikaan keskimääräistä suurempi. Ylivaluntavuorokausien (95 % fraktiili) keskimääräinen kiintoainekuormitus oli Pohjois-Suomessa noin seitsenkertainen ja Etelä-Suomessa noin kuusinkertainen kaikkien näytteenottovuorokausien keskiarvoon verrattaessa (Kuva 10). (Liite 10). Pohjois-Suomen ylivaluntavuorokausien keskimääräinen valuma ( $118 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ ;  $n = 52$ ) oli Etelä-Suomen valumaa ( $77 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ ;  $n = 55$ ) suurempi, mistä johtuen ylivaluntavuorokausien keskimääräinen kuormitus oli Etelä-Suomen kohteita suurempi (Kuva 10).

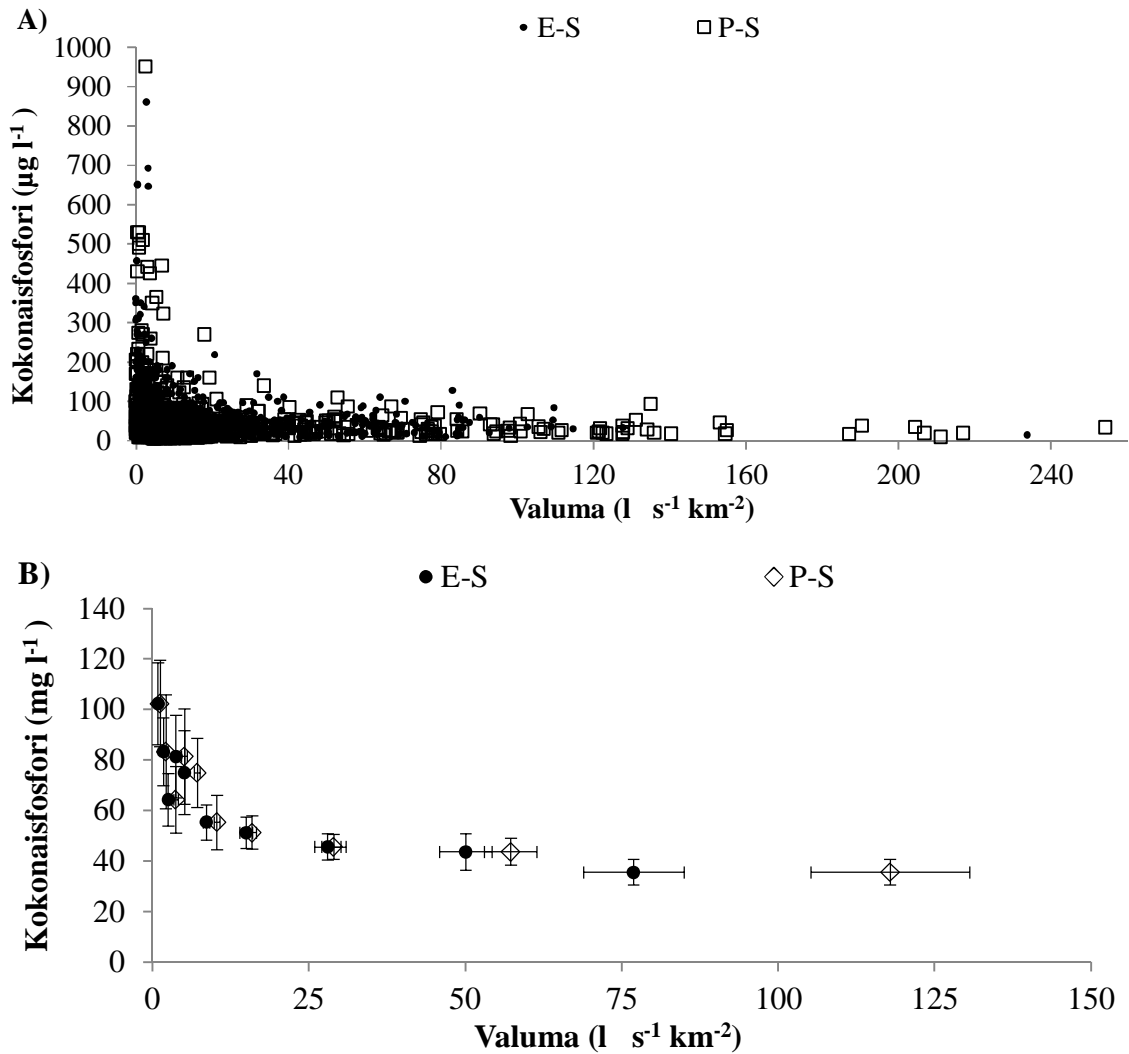


Kuva 10. Pohjois-Suomen (P-S) ja Etelä-Suomen (E-S) pintavalutuskentällisten kohteiden keskimääräiset valumat ja kiintoainekuormitukset valumaluokittain 95 % luottamusvälillä.

### 3.4.2. Kokonaisfosfori

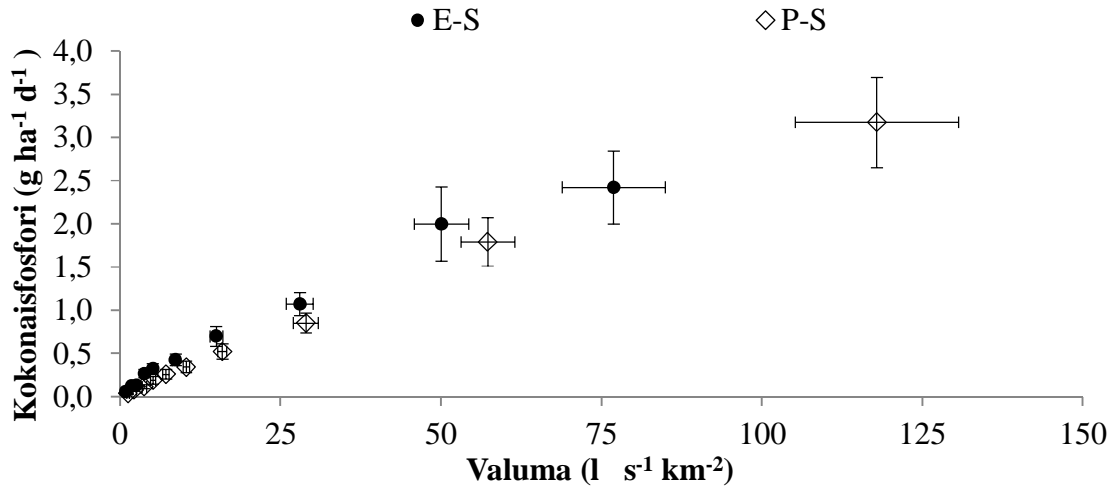
Pohjois-Suomen pintavalutuskentällisillä kohteilla kaikkien näytteiden keskimääräinen fosforipitoisuus oli  $47 \mu\text{g l}^{-1}$  (95 % luottamusväli  $42\text{--}51 \mu\text{g l}^{-1}$ ;  $n = 904$ ) ja Etelä-Suomen kohteilla  $68 \mu\text{g l}^{-1}$  (95 % luottamusväli  $53\text{--}72 \mu\text{g l}^{-1}$ ;  $n = 1078$ ) (Liite 9). Yksittäisten näytteenottokertojen suurimmat fosforipitoisuudet mitattiin pienten valumien aikana. Vuorokauden keskimääräisen valuman kasvaessa fosforipitoisuudet pienenevät (Kuva 11 A). Valumaluokkien keskimääräisissä fosforipitoisuuksissa ei havaittu eroja Pohjois- ja Etelä-Suomen kohteiden välillä, vaan molemmilla alueilla keskimääräiset pitoisuudet pienenevät valumaluokan kasvaessa (Kuva 11 B).

Fosforipitoisuudet olivat pienimmillään keväällä (keskiarvo  $40 \mu\text{g l}^{-1}$  95 % luottamusväli  $37\text{--}43 \mu\text{g l}^{-1}$ ;  $n = 313$ ) ja suurimmillaan kesällä (keskiarvo  $72 \mu\text{g l}^{-1}$  95 % luottamusväli  $66\text{--}78 \mu\text{g l}^{-1}$ ;  $n = 874$ ) (Liite 13).



Kuva 11. Pohjois-Suomen (P-S) ja Etelä-Suomen (E-S) pintavalutuskentällisten kohteiden näytteenottopäivien keskimääräiset valumat ja ko. päivien näytteenottohetkien kokonaisfosforipitoisuudet (A) sekä keskimääräiset fosforipitoisuudet valumaluokittain 95 % luottamusvälillä (B)

Pintavalutuskentällisten kohteiden näytteenottovuorokausien kesimääräinen fosforikuormitus oli Pohjois-Suomessa  $0,57 \text{ g ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$  (95 % luottamusväli  $0,50\text{--}0,63 \text{ g ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ;  $n = 904$ ) ja Etelä-Suomessa  $0,60 \text{ g ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$  (95 % luottamusväli  $0,54\text{--}0,66 \text{ g ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ;  $n = 1078$ ) (Liite 12). Fosforikuormituksen vuorokausivaihtelusta Pohjois-Suomen kohteilla 56 % ja Etelä-Suomen kohteilla 65 % voitiin selittää kesimääräisen valuman vaihtelulla. Ylivaluntavuorokausina (95 % fraktiili) otettujen näytteiden kesimääräinen fosforikuormitus oli Pohjois-Suomessa noin kuusinkertainen ja Etelä-Suomessa noin nelinkertainen kesimääräiseen fosforikuormitukseen verrattuna (Kuva 12, Liite 12).

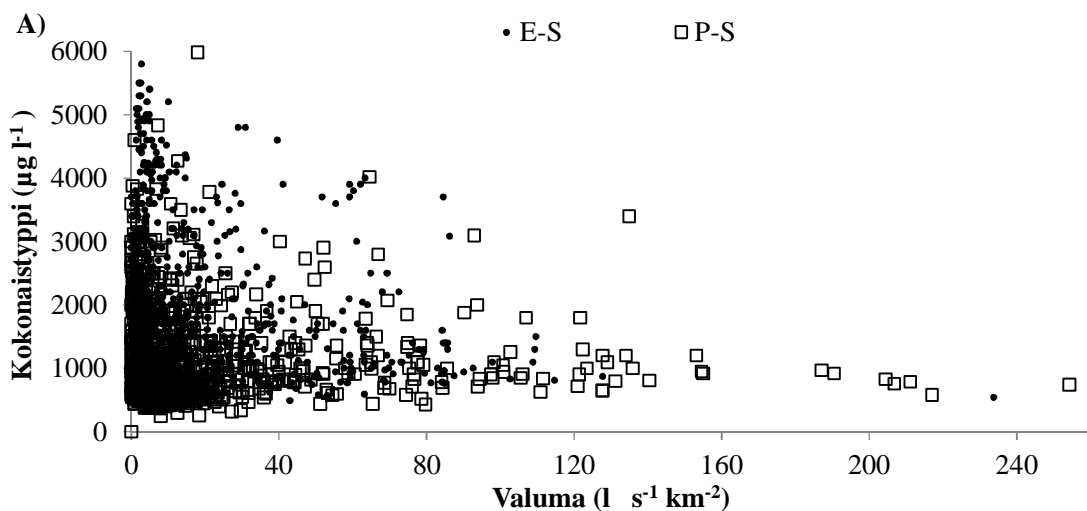


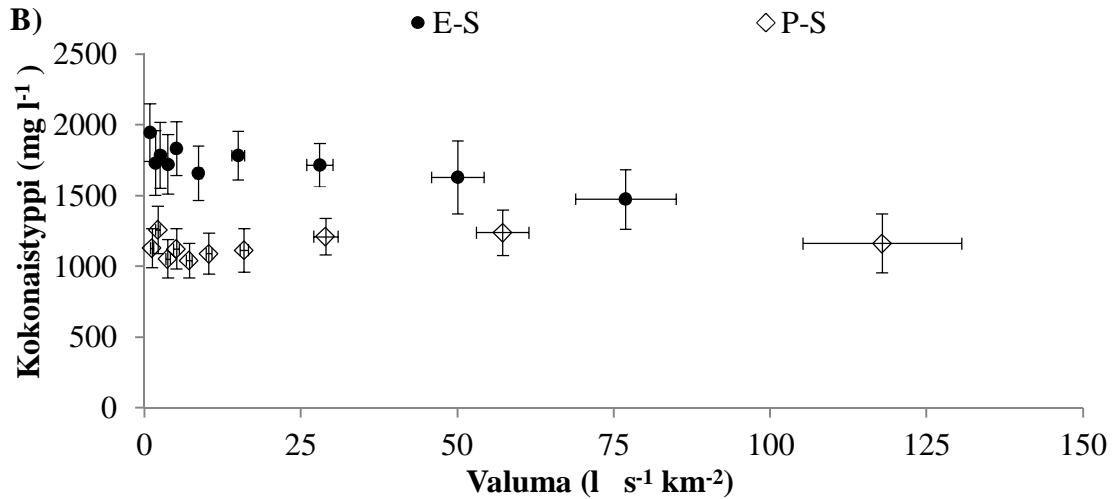
Kuva 12. Pohjois-Suomen (P-S) ja Etelä-Suomen (E-S) pintavalutuskentällisten kohteiden keskimääräiset valumat ja fosforikuormitukset valumaluokittain 95 % luottamusvälillä.

### 3.4.3. Kokonaistyyppi

Pohjois-Suomen pintavalutuskentällisillä kohteilla keskimääräinen typpipitoisuus oli  $1100 \mu\text{g l}^{-1}$  (95 % luottamusväli  $1085\text{--}1179 \mu\text{g l}^{-1}$ ;  $n = 904$ ) ja Etelä-Suomen kohteilla  $1800 \mu\text{g l}^{-1}$  (95 % luottamusväli  $1707\text{--}1848 \mu\text{g l}^{-1}$ ;  $n = 1078$ ). Yksittäisten näytteenotokertojen suurimmat typpipitoisuudet mitattiin pienten valumien aikana (Kuva 13 A). Etelä-Suomessa keskimääräiset kokonaistyyppipitoisuudet pienenevät hieman valumaluokan noustessa (Kuva 13 B, Liite 10). Etelä-Suomessa keskimääräiset typpipitoisuudet olivat pienten valumien aikana Pohjois-Suomea suuremmat (Kuva 13 B, Liite 11).

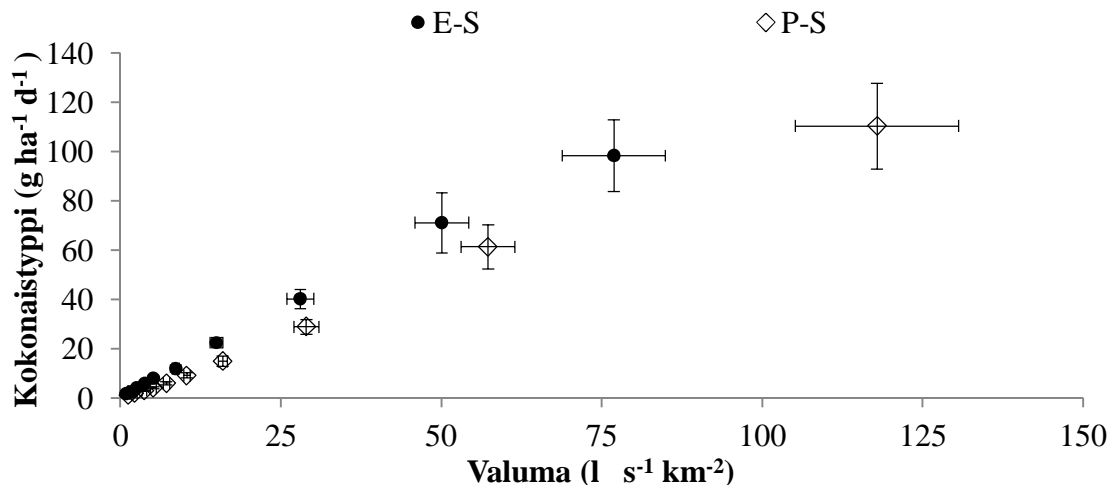
Typpipitoisuudet olivat pienimmillään keväällä (keskiarvo  $1\ 200 \mu\text{g l}^{-1}$  95 % luottamusväli  $1\ 167\text{--}1\ 319 \mu\text{g l}^{-1}$ ;  $n = 313$ ). Typpipitoisuudet olivat suurimmillaan syksyllä (keskiarvo  $1\ 700 \mu\text{g l}^{-1}$  95 % luottamusväli  $1\ 571\text{--}1\ 774 \mu\text{g l}^{-1}$ ;  $n = 426$ ) (Liite 13).



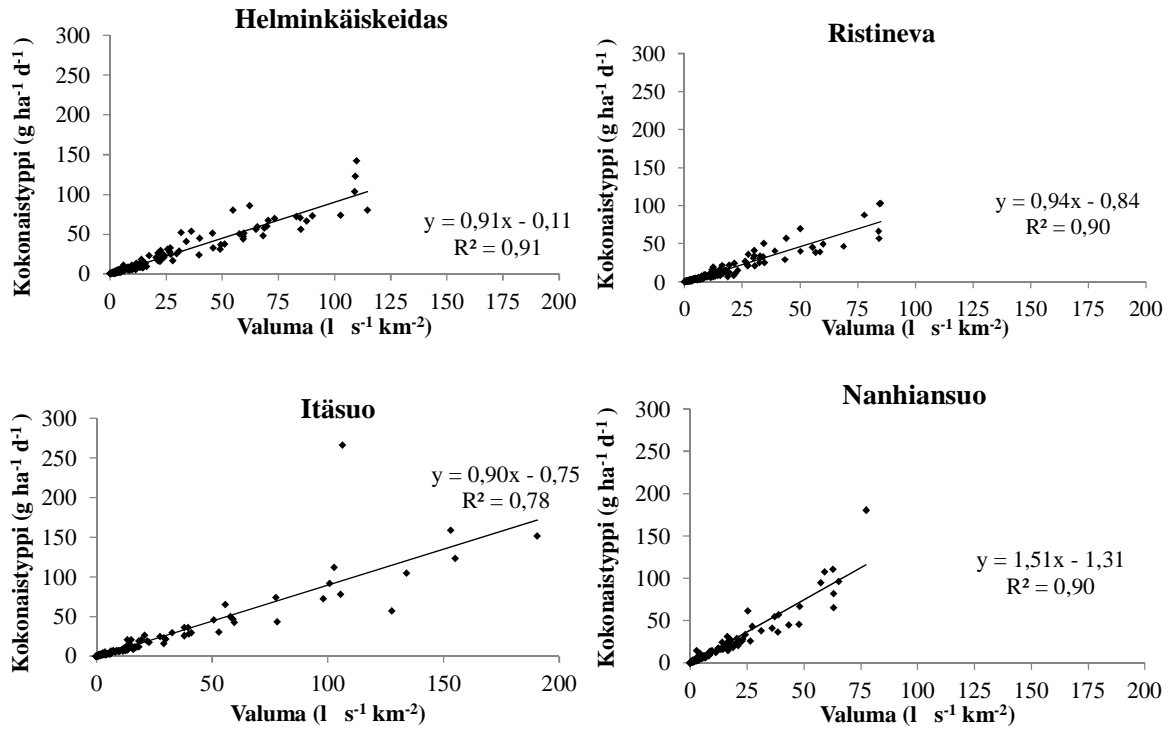


Kuva 13. Pohjois-Suomen (P-S) ja Etelä-Suomen (E-S) pintavalutuskentällisten kohteiden näytteenottopäivien keskimääräiset valumat ja ko. päivien näytteenottohetkien kokonaistyyppipitoisuudet (A) sekä keskimääräiset tyyppipitoisuudet valumaluokittain 95 % luottamusvälillä (B)

Pohjois-Suomen pintavalutuskentällä typen kuormitus oli keskimäärin 18 g ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> (95 % luottamusväli 16–20 g ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>; n = 904) ja Etelä-Suomessa 20 g ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> (95 % luottamusväli 18–23 g ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>; n = 904) (Liite 12). Tyyppikuormitukset vuorokausivaihtelusta Pohjois-Suomen kohteilla 71 % ja Etelä-Suomen kohteilla 62 % voitiin selittää keskimääräisen valuman vaihtelulla. Yksittäisillä kohteilla selitysasteet olivat vieläkin suuremmat (Kuva 15). Ylivirtaamatilanteissa (95 % fraktiili) keskimääräinen tyyppikuormitus oli Pohjois-Suomessa kuusinkertainen (110 g ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) ja Etelä-Suomessa viisinkertainen (98 g ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) keskimääräiseen tyyppikuormitukseen verrattaessa (Kuva 14, Liite 12).



Kuva 14. Pohjois-Suomen (P-S) ja Etelä-Suomen (E-S) pintavalutuskentällisten kohteiden keskimääräiset valumat ja tyyppikuormitukset valumaluokittain 95 % luottamusvälillä.

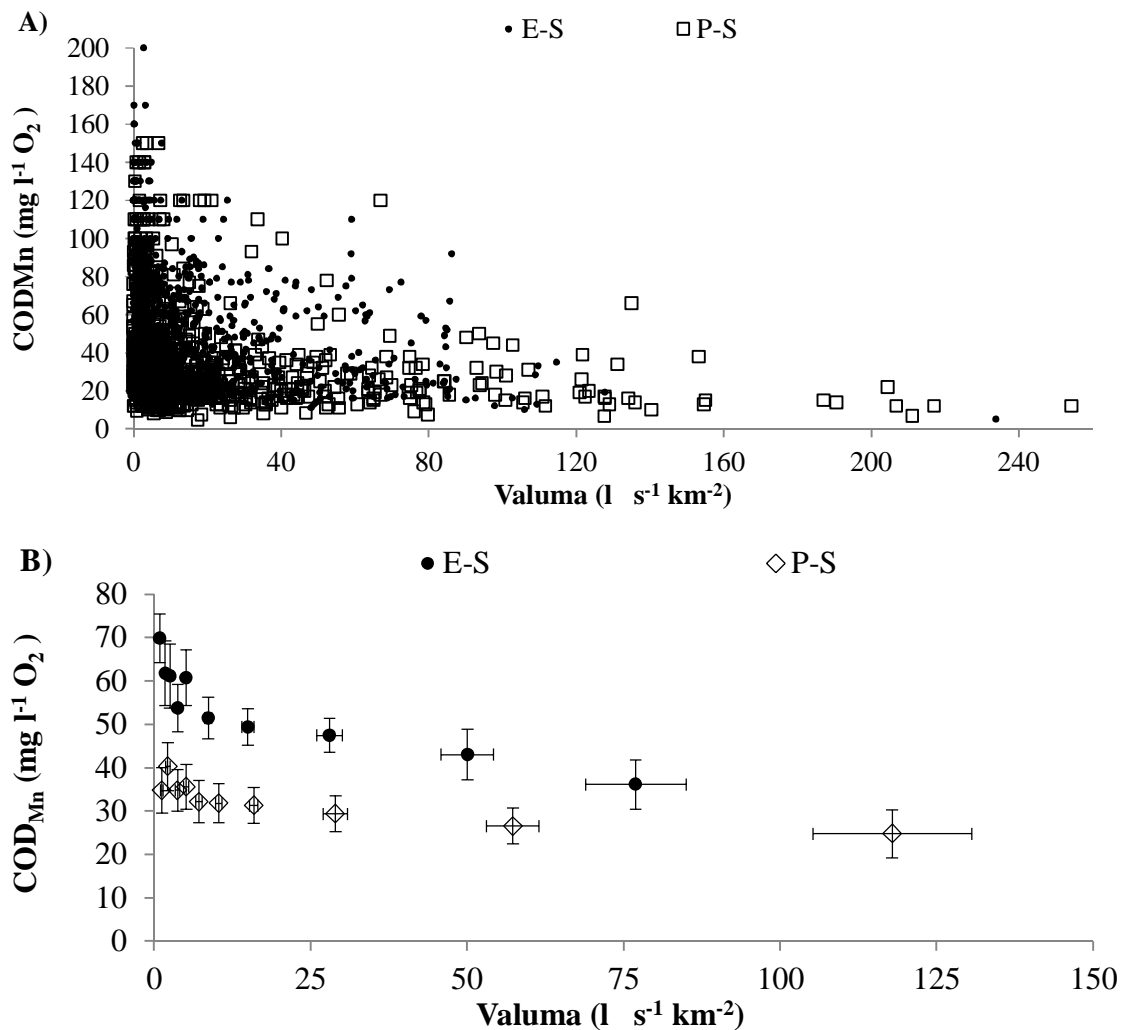


Kuva 15. Näytteenottovuorokauden tyyppikuormituksen riippuvuus näytteenottovuorokauden keskimääräisestä valumasta neljällä esimerkkikohteella.

#### 3.4.4. Kemiallinen hapenkulutus

Pintavalutuskentällisten kohteiden kaikkien näytteiden keskimääräinen COD<sub>Mn</sub>-arvo oli Pohjois-Suomessa 33 mg l<sup>-1</sup> O<sub>2</sub> (95 % luottamusväli 31–34 mg l<sup>-1</sup> O<sub>2</sub>; n = 904) ja Etelä-Suomessa 55 mg l<sup>-1</sup> O<sub>2</sub> (95 % luottamusväli 53–57 mg l<sup>-1</sup> O<sub>2</sub>; n = 1078) (Liite 9). Yksittäisten näytteenottovuorokausien suurimmat COD<sub>Mn</sub>-arvot mitattiin keskimääräisen vuorokausivaluman ollessa pieni. Etelä-Suomen kohteilla valumaluokan kasvaessa keskimääräiset COD<sub>Mn</sub>-arvot pienenevät (Kuva 16 A). Etelä-Suomessa keskimääräiset COD<sub>Mn</sub>-arvot olivat Pohjois-Suomea suuremmat. Kemiallisen hapenkulutuksen erot alueiden välillä pienenevät valuman lisääntyessä. (Kuva 16 B, Liite 11).

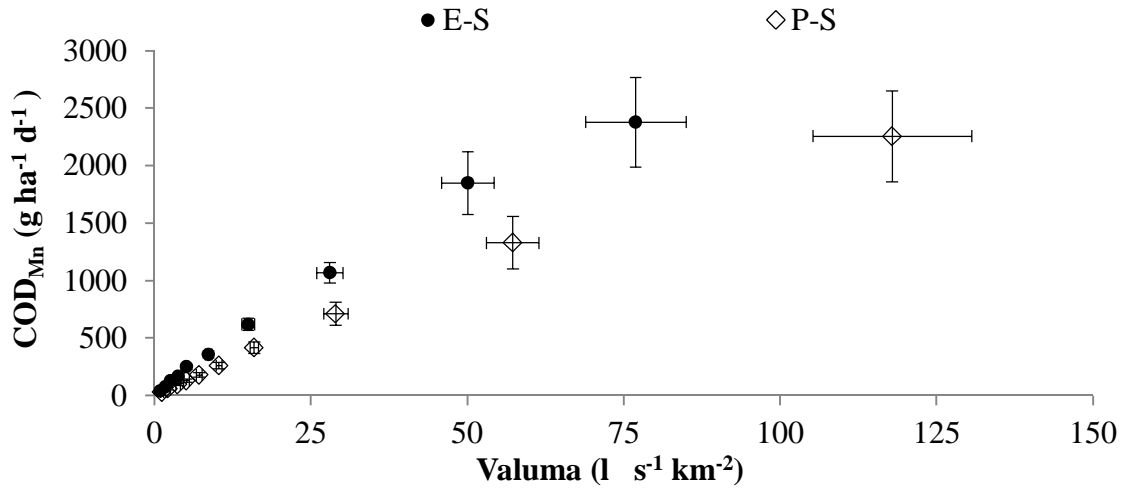
COD<sub>Mn</sub>-arvot olivat pienimmillään keväällä (keskiarvo 28 mg l<sup>-1</sup> O<sub>2</sub> 95 % luottamusväli 26–30 mg l<sup>-1</sup> O<sub>2</sub>; n = 313) ja suurimmillaan kesällä (keskiarvo 52 mg l<sup>-1</sup> O<sub>2</sub> 95 % luottamusväli 50–54 mg l<sup>-1</sup> O<sub>2</sub>; n = 874) (Liite 13).



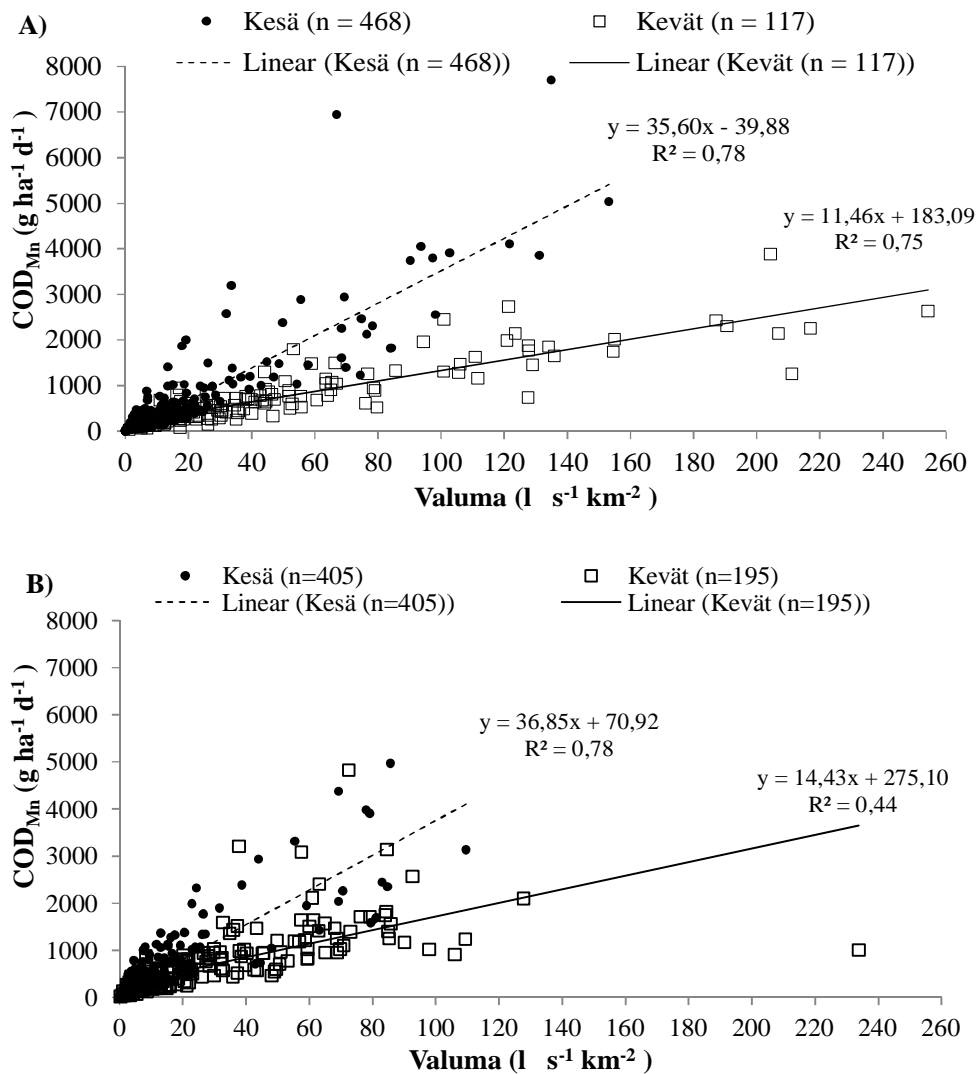
Kuva 16. Pohjois-Suomen (P-S) ja Etelä-Suomen (E-S) pintavalutuskentällisten kohteiden näytteenottopäivien keskimääräiset valumat ja ko. päivien  $\text{COD}_{\text{Mn}}$ -arvot (A) sekä keskimääräiset  $\text{COD}_{\text{Mn}}$ -arvot valumaluokittain 95 % luottamusvälillä (B)

Pohjois-Suomen pintavalutuskentillä  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  kuormitus oli keskimäärin  $425 \text{ g ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$  (95 % luottamusväli  $378\text{--}471 \text{ g ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ;  $n = 904$ ) ja Etelä-Suomessa  $537 \text{ g ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$  (95 % luottamusväli  $486\text{--}589 \text{ g ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ;  $n = 904$ ) (Liite 12).  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  kuormituksen vuorokausivaihtelusta Pohjois-Suomen kohteilla 58 % ja Etelä-Suomen kohteilla 56 % voitiin selittää keskimääräisen valuman vaihtelulla. Ylivaluntavuorokausien (95 % fraktiili) keskimääräinen kuormitus oli Pohjois-Suomessa viisinkertainen ja Etelä-Suomessa nelinkertainen kaikkien näytteenottovuorokausien keskimääräiseen kuormitukseen verrattuna (Kuva 17, Liite 12).

Kesän ylivaluntavuorokausina keskimääräinen happea kuluttava kuormitus oli noin kaksinkertainen ( $3\,442 \text{ g ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ,  $n = 20$ ) kevään ylivaluntavuorokausiin verrattuna ( $1\,677 \text{ g ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ,  $n = 59$ ) (Kuva 18 B, Liite 13). Pohjois- ja Etelä-Suomessa näytteenottovuorokausien happea kuluttava kuormitus ( $\text{COD}_{\text{Mn}}$ ) oli keväällä huomattavasti kesää suurempi (Kuvat 23 A ja B).



Kuva 17. Pohjois-Suomen (P-S) ja Etelä-Suomen (E-S) pintavalutuskentällisten kohteiden keskimääräiset valumat ja COD<sub>Mn</sub> kuormitukset valumaluokittain 95 % luottamusvälillä.



Kuva 18. Kevään ja kesän näytteenottovuorokausien keskimääräisen valuman ja COD<sub>Mn</sub> kuormituksen välinen riippuvuus Pohjois-Suomen (A) ja Etelä-Suomen (B) pintavalutuskentällisillä kohteilla.



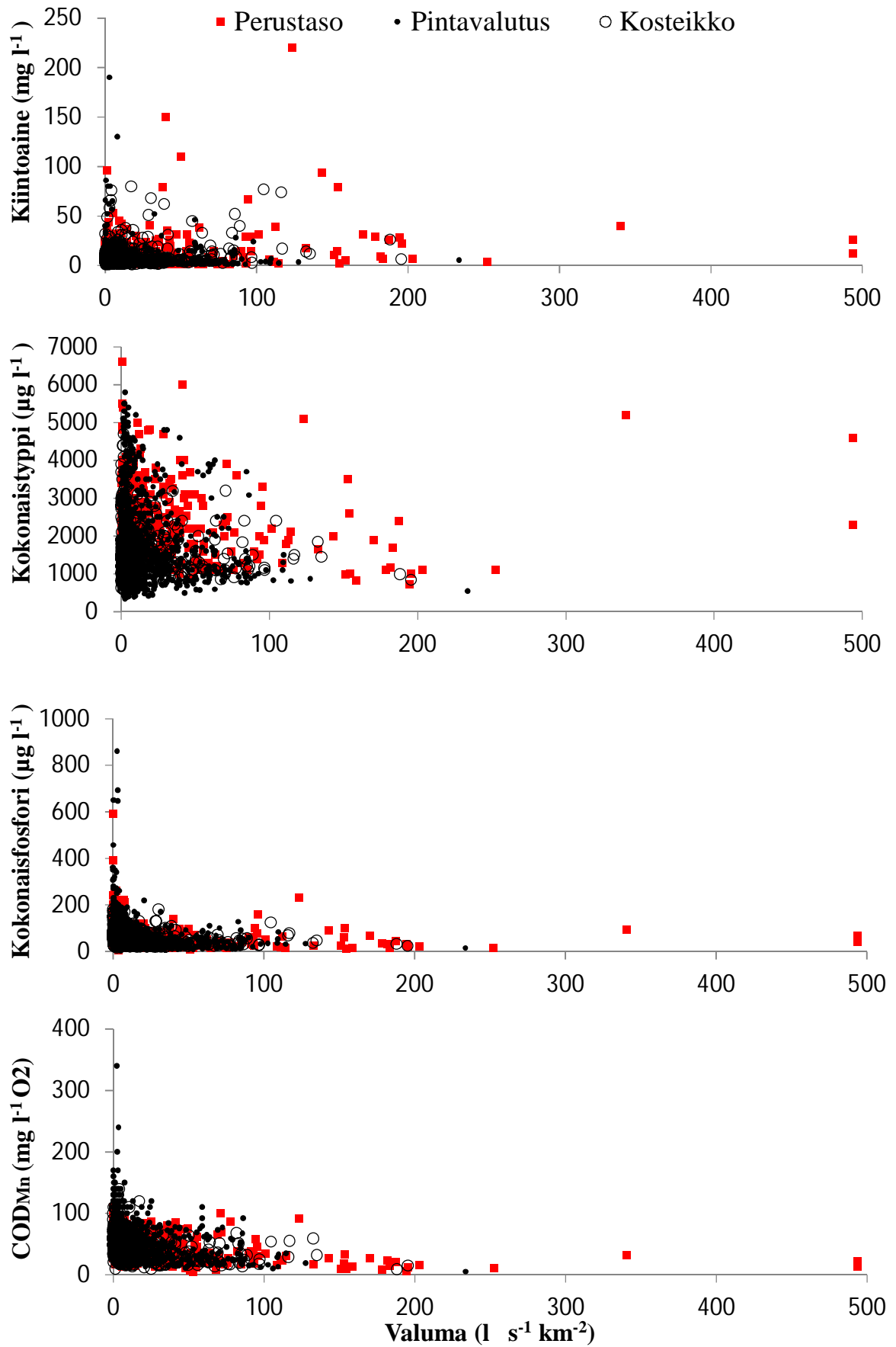
### 3.5. Vesienkäsittelymenetelmien välinen vertailu

Perustason kohteiden ( $n = 5$ ) kaikkien näytteenottohetkien ( $n = 484$ ) keskimääräinen kiintoainepitoisuus oli  $11,3 \text{ mg l}^{-1}$  (vaihteluväli  $<1,0\text{--}220 \text{ mg l}^{-1}$ ), pintavalutusKentällisten kohteiden ( $n = 12$ )  $5,9 \text{ mg l}^{-1}$  ( $n = 1078$ , vaihteluväli  $<1,0\text{--}190 \text{ mg l}^{-1}$ ) ja kosteikkojen ( $n=5$ )  $14,9 \text{ mg l}^{-1}$  ( $n = 464$ , vaihteluväli  $1,2\text{--}80 \text{ mg l}^{-1}$ ) (Liitteet 13, 15, 16). PintavalutusKentällisiltä kohteilta yksittäisen näytteenottokerran suurin kiintoainepitoisuus mitattiin ( $190 \text{ mg l}^{-1}$ ) pienten valumien aikana ( $2,8 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ ). Perustason kohteilla suurin kiintoainepitoisuus ( $220 \text{ mg l}^{-1}$ ) mitattiin suurten valumien ( $123 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ ) aikana. (Kuva 19). PintavalutusKentällä keskimääräisissä kiintoainepitoisuuksissa ei havaittu muutosta valumaluokkien välillä. Kosteikkojen ja perustason kohteiden keskimääräiset kiintoainepitoisuudet lisääntyivät valumaluokan noustessa. Suurimman valumaluokan (95 % fraktiili) keskimääräiset valumat olivat perustason kohteilla huomattavasti pintavalutusKenttien vastaavan valumaluokan keskivalumaa suuremmat (Kuva 20). Perustason kohteilla kiintoainepitoisuuksissa oli suurta vaihtelua näytteenottohetkien välillä (Kuva 19).

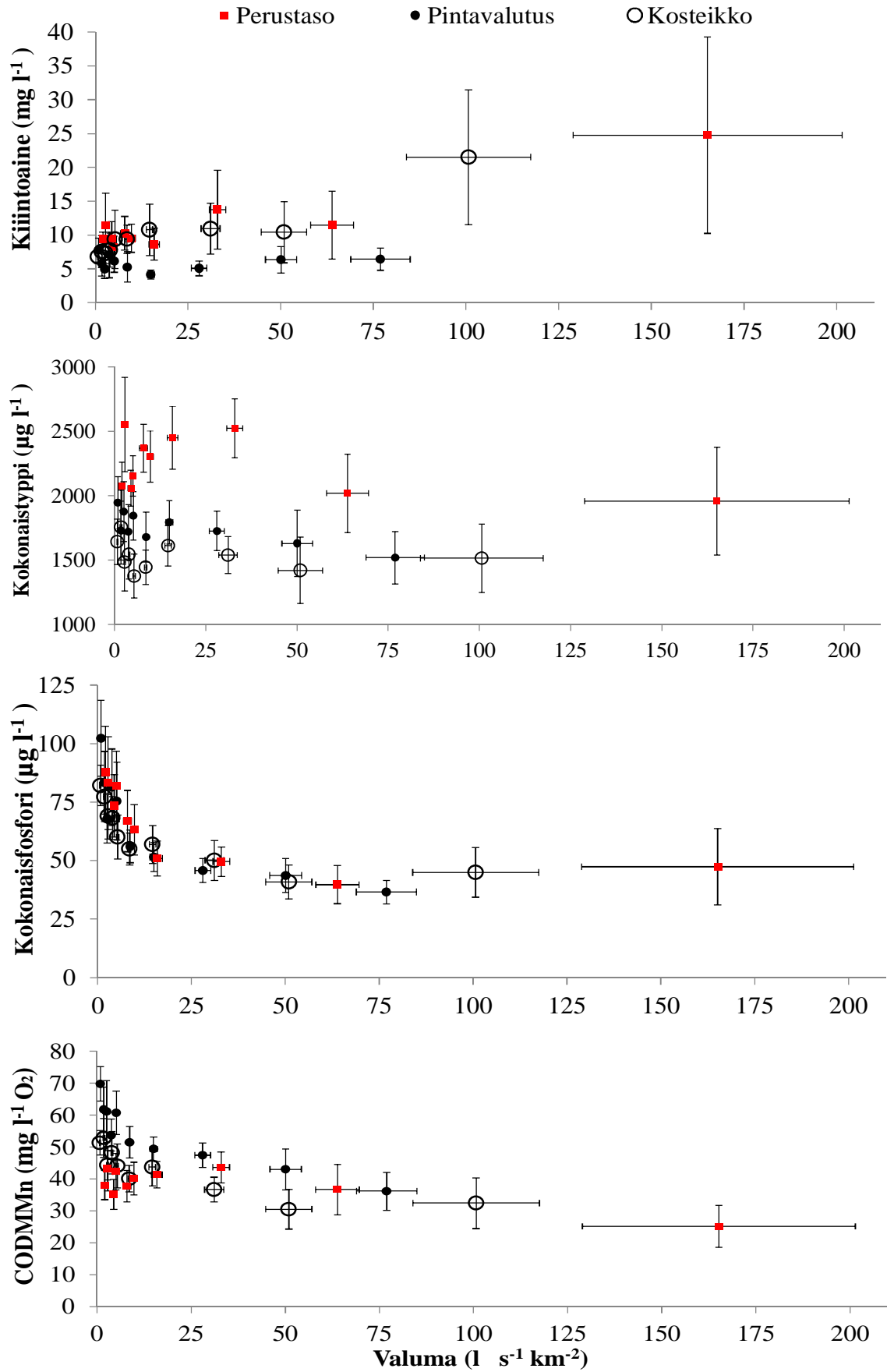
Keskimääräinen kokonaistyyppipitoisuus oli perustason kohteilla  $2300 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$  (vaihteluväli  $630\text{--}6600 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$ ), pintavalutusKentillä  $1800 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$  (vaihteluväli  $340\text{--}5800 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$ ) ja kosteikoilla  $1500 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$  (vaihteluväli  $470\text{--}4700 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$ ) (Liitteet 13, 15, 16). Kaikilta vesienkäsittelymenetelmiltä lähtevän veden suurimmat kokonaistyyppipitoisuudet mitattiin pienten valumien aikana (Kuva 19). Perustason kohteilla korkeita tyyppipitoisuuksia mitattiin myös suurten valumien aikana, minkä lisäksi pitoisuuksissa oli muita vesienkäsittelymenetelmiä enemmän hajontaa (Kuva 19). Valumaluokkien keskimääräiset tyyppipitoisuudet olivat perustason kohteilla muita vesienkäsittelymenetelmiä korkeammat (Kuva 19, liite 14).

Keskimääräinen kokonaisfosforipitoisuus oli perustason kohteilla  $66 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$  (vaihteluväli  $5,0\text{--}590 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$ ), pintavalutusKentillä  $69 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$  (vaihteluväli  $2,0\text{--}860 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$ ) ja kosteikoilla  $63 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$  (vaihteluväli  $16\text{--}190 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$ ) (Liitteet 13, 15). Kokonaisfosforipitoisuuksissa ei havaittu eroja vesienkäsittelymenetelmien välillä. Suurimmat yksittäiset kokonaisfosforipitoisuudet mitattiin pienten valumien aikana (Kuvat 19). Valumaluokan kasvaessa keskimääräiset kokonaisfosforipitoisuudet pienenevät kaikilla vesienkäsittelymenetelmillä (Kuva 20, Liitteet 13, 15, 16).

Keskimääräinen  $\text{COD}_{\text{Mn}}$ -arvo oli perustason kohteilla  $39 \text{ mg l}^{-1}\text{O}_2$  (vaihteluväli  $4,4\text{--}110 \text{ mg l}^{-1}\text{O}_2$ ), pintavalutusKentillä  $55 \text{ mg l}^{-1}\text{O}_2$  (vaihteluväli  $5,0\text{--}340 \text{ mg l}^{-1}\text{O}_2$ ) ja kosteikoilla  $44 \text{ mg l}^{-1}\text{O}_2$  (vaihteluväli  $9,1\text{--}140 \text{ mg l}^{-1}\text{O}_2$ ) (Liitteet 13, 15, 16). Suurimmat  $\text{COD}_{\text{Mn}}$ -arvot mitattiin pienten valumien aikana pintavalutusKentällisiltä kohteilta. Valuman lisääntyessä  $\text{COD}_{\text{Mn}}$ -arvot ja erot vesienkäsittelymenetelmien välillä pienenevät (Kuvat 19 ja 20).



Kuva 19. Näytteenottovuorokauden keskimääräisen valuman ja näytteenottohetken ainepitoisuuden välinen riippuvuus vesienkäsittelymenetelmittäin (kaikki kohteet sijaitsevat Etelä-Suomessa).



Kuva 20. Etelä-Suomen pintavalutuskenttien, kosteikkojen sekä perustason kohteiden keskimääräiset ainepitoisuudet valumaluokittain 95 % luottamusvälillä

### 3.6. Ylivaluntajakson sekä näytteenottovuorokauden osuus turvetuotantoalueen vuosikuormituksesta

Pintavalutuskentällisillä kohteilla ylivaluntajaksojen (95 % fraktiili) arvioitu keskimääräinen kiintoainekuormitus oli Pohjois-Suomessa nelinkertainen ja Etelä-Suomessa viisinkertainen kaikkien virtaamajaksojen keskiarvoon verrattuna. Ylivaluntajaksojen aikainen kokonaistyyppikuormitus oli Pohjois-Suomessa kolminkertainen ja Etelä-Suomessa nelinkertainen keskiarvoon verrattuna. Kokonaisfosforin ja kemiallisen hapenkulutuksen ylivaluntajaksojen keskimääräiset kuormitusarvot olivat noin kolminkertaiset verrattuna kaikkien virtaamajaksojen keskiarvoon (Taulukko 4).

Taulukko 4. Pohjois- ja Etelä-Suomen pintavalutuskentällisten kohteiden kaikkien virtaamajaksojen sekä ylivaluntajaksojen keskimääräiset kuormitusarvot ( $\text{g ha}^{-1} \text{d}^{-2}$ ).

	Jaksoja	Jakson pituus keskimäärin	Jakson keskivaluma	Kiinto- aine	Kok. N	Kok. P	COD <sub>Mn</sub>
	kpl	(d)	$\text{l s}^{-1} \text{km}^{-2}$		$\text{g ha}^{-1} \text{d}^{-1}$		
<b>Pohjois-Suomi</b>							
Kaikki	1042	19	14	80	18	0,59	421
Ylivirtaamajaksot	52	21	74	330	62	1,76	1 237
Suurin			244	2 573	160	5,63	4 308
Ylivirtaamajakso / Vuosi				5,3	4,1	3,4	3,0
<b>Etelä-Suomi</b>							
Kaikki	1273	15	23	69	20	0,56	517
Ylivirtaamajaksot	55	13	78	355	73	1,76	1 707
Ylivirtaamajakso / Vuosi			3,4	5,2	3,7	3,1	3,3

Ylivaluntajaksojen aikaisen kuormituksen arvioidussa osuudessa koko vuoden kuormituksesta ei ollut eroja Etelä- ja Pohjois-Suomen välillä. Ylivaluntajaksojen prosenttiosuus kiintoaineen vuosikuormituksesta oli keskimäärin 17 %, kokonaistyyppikuormituksesta 14 %, kokonaisfosforin kuormituksesta 13 % ja happea kuluttavasta kuormituksesta 12 %. Kiintoaineella suurin yksittäisen ylivaluntajakson arvioitu osuus vuosikuormituksesta oli 75 % Pohjois-Suomessa ja 67 % Etelä-Suomessa. Kyseisten ylivaluntajaksojen pituudet olivat 22 ja 18 päivää (Taulukko 5).

Taulukko 5. Pohjois- ja Etelä-Suomen pintavalutuskentällisten ylivirtaamatilanteiden keskimääräiset prosenttiosuudet vuosikuormituksesta sekä suurin yksittäisen ylivaluntajakson osuus vuosikuormituksesta.

	Jaksoja	Jakson pituus keskimäärin	Jakson keskivaluma	Prosenttiosuus vuosikuormituksesta			
	kpl	(d)	$\text{l s}^{-1} \text{km}^{-2}$	Kiintoaine	Kok.N	Kok. P	COD <sub>Mn</sub>
<b>Pohjois-Suomi</b>							
Keskiarvo	52	21	74	17	15	15	13
Max		22	244	75	39	41	28
<b>Etelä-Suomi</b>							
Keskiarvo	55	13	78	16	13	12	11
Max		18	234	67	54	40	29
Kaikki	107	17	76	17	14	13	12

Pintavalutuskentällisten kohteiden yksittäisten ylivaluntavuorokausien ( $n = 107$ ) keskimääräinen osuus kiintoainekuormituksesta oli 2,2 %, kokonaisfosforikuormituksesta 1,7 %, kokonaistyyppikuormituksesta 1,7 % ja COD<sub>Mn</sub> kuormituksesta 1,5 %. Kaikista näytteenottopäivistä ( $n = 1982$ ) kiintoaineen suurin yksittäisen päivän osuus kokonaiskuormituksesta oli 10,7 %, kokonaistyyppikuormituksesta 6,4 %, kokonaisfosforin 9,4 % ja kemiallisen hapenkulutuksen 5,9 %.

Perustason kohteilla ylivaluntapäivien ( $n = 36$ ) keskimääräinen arvioitu osuus kuormituksesta oli hyvin samansuuruinen kuin pintavalutuskentällisillä kohteilla: kiintoainekuormituksella 3,0 % (pienin 0,2 %, suurin 10 %), kokonaisfosforikuormituksella 1,8 % (pienin 0,2 %, suurin 4,8 %), kokonaistyyppikuormituksella 1,8 % (pienin 0,5 %, suurin 5,9 %) ja  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  kuormituksella 1,5 % (pienin 0,3 %, suurin 4,0 %).

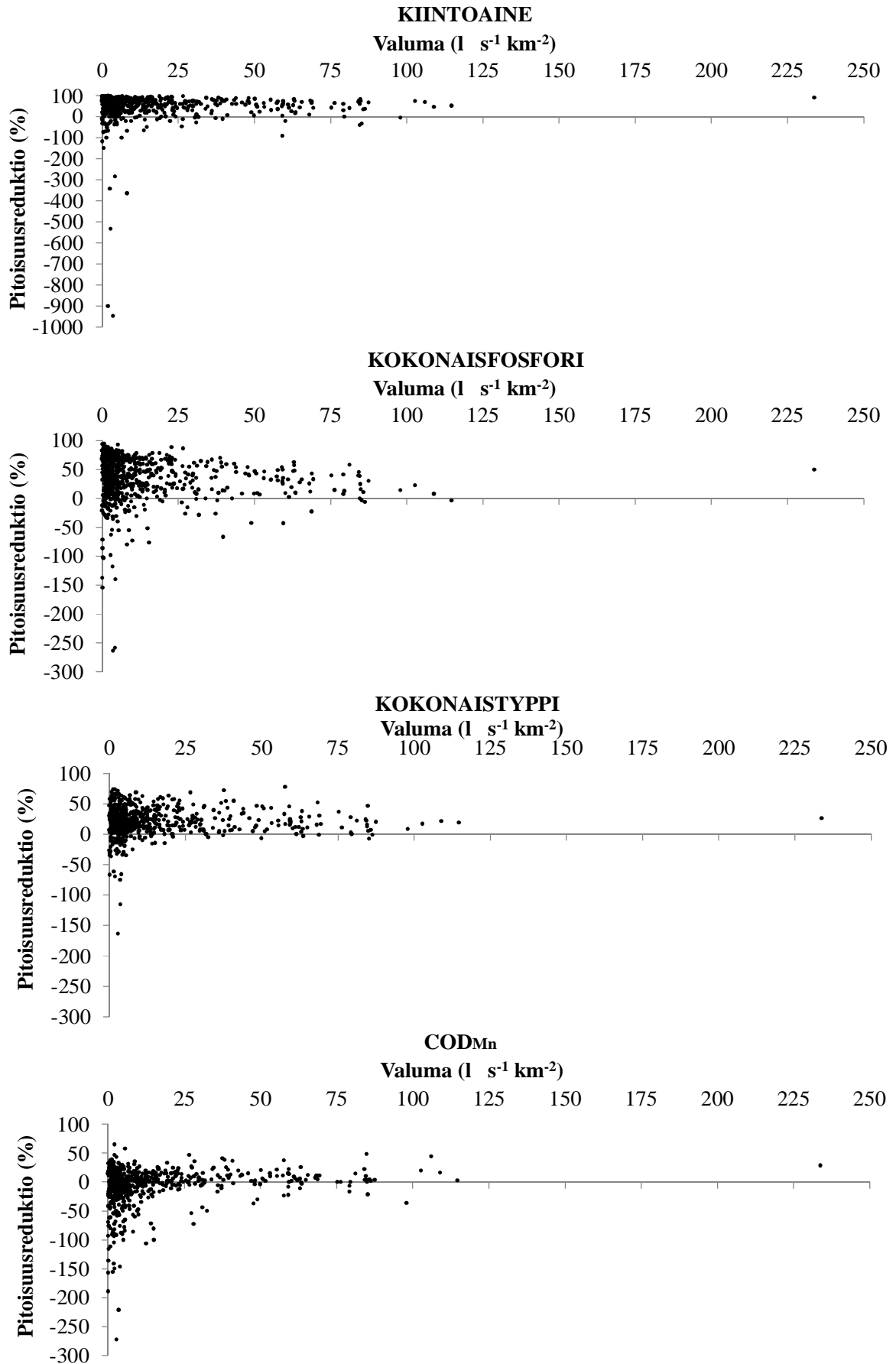
### 3.7. Valunnan vaikutus vesienkäsittelymenetelmien puhdistustehoon

Pintavalutuskentällisten kohteiden ( $n=8$ ) kaikkien näytteiden keskimääräiset pitoisuusreduktiot olivat seuraavat: kiintoaine 63 %, kokonaistyyppi 21 %, kokonaisfosfori 44 % ja  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  1 % ( $n = 689$ ). Kaikkien näytteenottovuorokausien keskimääräinen valuma oli  $14,4 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ . Ylivaluntatilanteiden (35 vrk) aikana keskimääräinen valuma ( $79,1 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ ) oli 5,5 kertaa niin suuri kuin keskiarvo (Liite 17). Ylivaluntatilanteiden aikana otettujen näytteiden keskimääräiset pitoisuusreduktiot olivat seuraavat: kiintoaine 57 %, kokonaistyyppi 17 %, kokonaisfosfori 34 % ja  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  5 % ( $n = 35$ ) (Kuva 21, Liite 17).

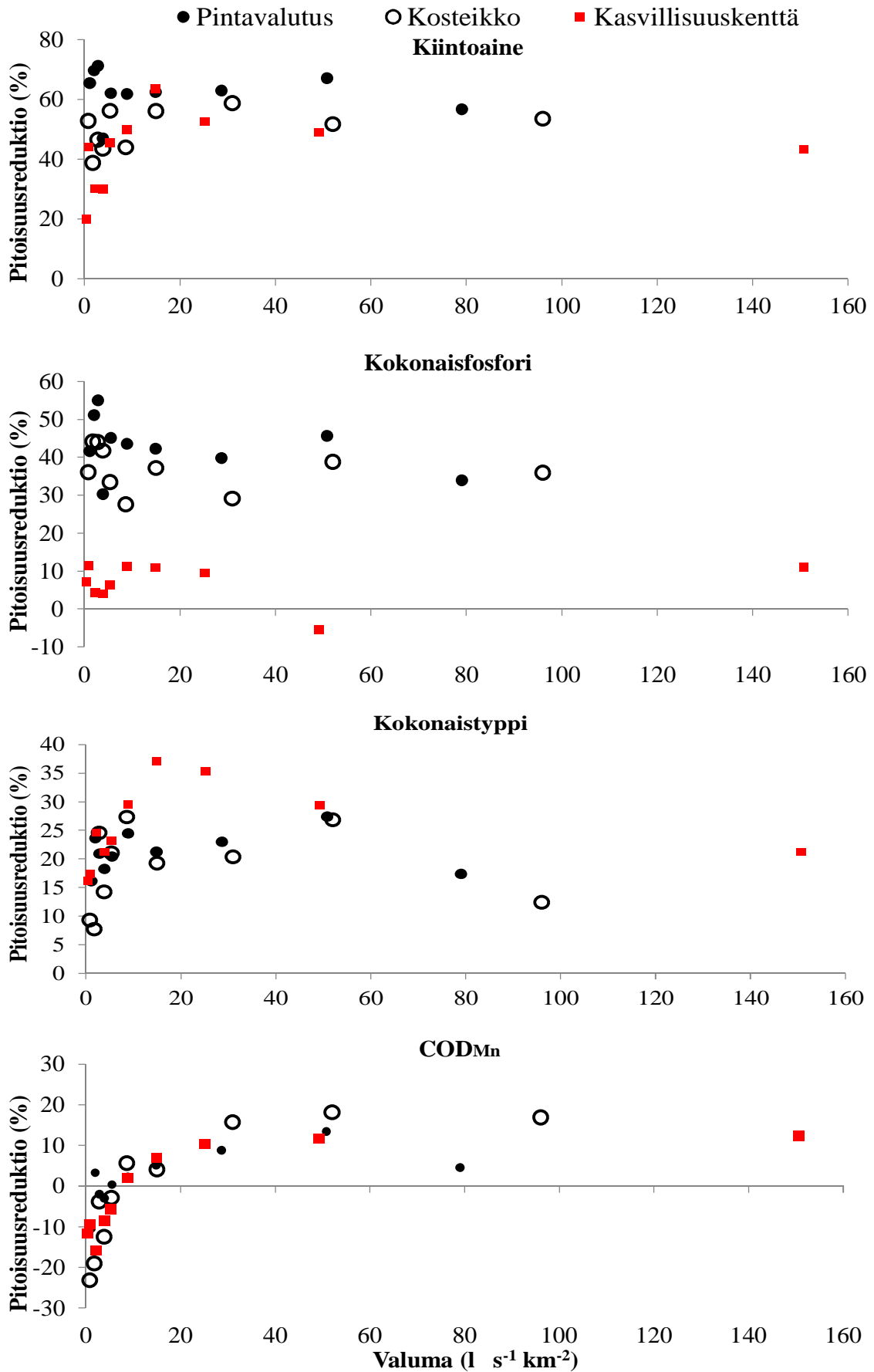
Pintavalutuskentällisillä kohteilla kaikkien veden laatua kuvaavien muuttujien yksittäisten näytteenottohetkien heikoimmat ja parhaimmat pitoisuusreduktiot olivat pienten valumien aikana (Kuva 20). Näytteenottovuorokauden keskimääräisen valuman lisääntyessä negatiivisten pitoisuusreduktioiden määrä väheni (Kuva 20).

Kosteikoilta otettujen kaikkien näytteiden ( $n = 336$ ) keskimääräinen pitoisuusreduktio oli seuraava: kiintoaine 51 %, kokonaistyyppi 18 %, kokonaisfosfori 37 % ja  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  -2 %. Ylivaluntatilanteiden aikana (95 % fraktiili) ( $n = 15$ ) kosteikkojen keskimääräinen pitoisuusreduktio oli seuraavaa: kiintoaine 54 %, kokonaistyyppi 12 %, kokonaisfosfori 36 % ja kemiallinen hapenkulutus 17 % (Liite 18). Kosteikkojen kaikkien näytteenottovuorokausien keskimääräinen valuma oli  $14,6 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ . Ylivaluntatilanteiden aikana otettujen 15 näytteenottovuorokauden keskimääräinen valuma oli  $96,1 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ , ollen 6,6 kertaa kaikkien näytteenottovuorokausien keskiarvoa suurempi (Liite 18).

Kasvillisuuskentiltä otettujen kaikkien näytteiden ( $n = 344$ ) keskimääräinen pitoisuusreduktio oli seuraava: kiintoaine 44 %, kokonaistyyppi 27 %, kokonaisfosfori 8 % ja  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  -1 % (Liite 19). Ylivaluntatilanteiden aikana (95 % fraktiili) ( $n = 14$ ) kasvillisuuskenttien keskimääräinen pitoisuusreduktio oli seuraavaa: kiintoaine 43 %, kokonaistyyppi 21 %, kokonaisfosfori 11 % ja kemiallinen hapenkulutus 12 %. Ylivaluntatilanteiden aikana (95 % fraktiili) otettujen 14 näytteenottovuorokauden keskimääräinen valuma oli  $150,7 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ , ollen 9 kertaa kaikkien näytteenottovuorokausien keskiarvoa ( $16,6 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ ) suurempi.



Kuva 21. Näytteenottohetken pitoisuusreduktion ja näytteenottovuorokauden keskivaluman välinen riippuvuus kahdeksalla Etelä-Suomen pintavalutuskentällä.



Kuva 22. Etelä-Suomessa sijaitsevien pintavalutuskenttien ( $n = 8$ ), kosteikkojen ( $n = 4$ ) ja kasvillisuuskenttien ( $n = 3$ ) keskimääräiset pitoisuusreduktiot valumaluokittain

## 4. TULOSTEN TARKASTELU

### 4.1. Valumat ja näytteenottohetket

Tutkimusjaksolle 2008–2013 ajoittui hyvin erityyppisiä hydrologisia vuosia, mistä johtuen tutkielmassa käytetty aineisto kattoi hyvin eri virtaamatilanteet. Etenkin vuosina 2008 ja 2012 satoi paljon ja kylmästä kesästä johtuen haihdunta oli keskimääräistä pienempää, jolloin oli myös keskimääräistä enemmän ylivirtaamatilanteita. Esimerkiksi Kokemäenjoen vesistöalueella mitattiin vuonna 2012 100-vuotisen havaintojakson toiseksi suurimmat vuosisadannat (Anonyymi, 2013). Runsaista sateista johtuen myös valumat olivat keskimääräistä suurempia vuonna 2012. Pohjois- ja Etelä-Suomen kohteilla suurin osa ylivaluntatilanteista ajoittui keväälle, jolloin lumensulamisedet ovat liikkeellä. Alueiden välisiä eroja oli kesän ja talven aikaisissa valumissa. Pohjois-Suomen kohteilla pienimmistä valumista noin 80 % mitattiin talvella, kun Etelä-Suomen kohteilla pienimmät valumat jakautuivat tasaisemmin talvelle ja kesälle. Kesällä Etelä-Suomessa haihdunta on Pohjois-Suomea suurempaa, mikä voi selittää kesän ajan pienemmät valumat Etelä-Suomen kohteilla. Vastaavasti Pohjois-Suomessa talvet ovat kylmempiä, jolloin valumat ovat pieniä. Lisäksi eteläisessä Suomessa lunta on vähemmän, mistä johtuen talvivalunta on Pohjois-Suomea suurempi (Kløve ym. 2015).

### 4.2. Vaihtoehtoisen valuman hyödyntäminen kuormituslaskennassa

Korvattaessa virtaamajaksoja läheisen suon tai vesistömallin valumilla, on aineistoja hyvä verrata kohteelta mitattuun valumiin, mikäli niitä on saatavilla. Vertailun avulla nähdään, mikä menetelmä soveltuu parhaiten tarkasteltavalle kohteelle. Tässä tutkimuksessa tehtyjen vertailujen perusteella pienin ero suon omilla valumilla laskettuun kuormitukseen saatiin käyttämällä hyväksi läheisen suon valumia, näin ollen virtaamajaksojen korvaamisessa tulisi käyttää hyväksi mahdollisimman lähellä sijaitsevan kohteen valumatietoja.

Suomen ympäristökeskuksen vesistömallijärjestelmän (SYKE-WSFS) avulla kohteille arvioidut valumat olivat mitattua valumaa pienemmät. Suurimmat erot mitatun ja arvioidun valuman välillä olivat sateisina vuosina sekä keväällä ja syksyllä, jolloin valumat ovat suuria. Arvioitujen valumien ajoittumisessa oli eroja mitattuun valumaan nähden. Etenkin kesän sateista johtuvat lyhyen ajan kestävät valumapiikit puuttuvat vesistömallin avulla lasketusta valumasta tai niiden ajoittuminen oli virheellinen. Tulokset ovat samansuuntaiset kuin Heikkisen (2012), joka havaitsi, että vesistömallin avulla laskettu valuntapiikki jäi mitattua valumaa pienemmäksi ja oli muodoltaan loivempi. Erityisesti pitkän kuivan jakson jälkeen vesistömallilla lasketussa valunnan synnyssä on viivettä tai valuntapiikkiä ei ole lainkaan (Heikkinen 2012).

Keskimäärin vesistömalli antoi aliarvion vuosivalumista, mutta vertailussa oli myös kohteita, joissa vesistömallin avulla voitiin arvioida hyvin turvetuotantoalueelta lähtevä valuma. Selityksenä mitatun ja lasketun valuman samansuuntaisuudelle voidaan pitää vesistömallin käyttämän virtaamamittauspisteen valuma-alueen ominaisuuksia, mistä johtuen malli antaa todenmukaisen kuvan turvetuotantoalueen valumista. Laskentamallin antamaan valumaan voivat vaikuttaa myös arviot haihdunnasta sekä alueelle varastoituneet vesimäärät. Erot mitatun ja arvioidun valuman välillä voivat selittyä myös turvetuotantoalueiden vesienkäsittelymenetelmillä, sekä vesien pumppauksella.

Ennen vaihtoehtoisten valumien käyttämistä tulisi valumia verrata keskenään esimerkiksi valumakuvaajan avulla, jotta havaitaan soveltuuko vaihtoehtoinen valuma-aineisto kyseiselle kohteelle. Vaikka vaihtoehtoinen valuma olisi läheisen suon valuma-



aineistoa, voivat valumat käyttäytyä erilailla. Turvetuotantoalueilla valuman muodostumiseen vaikuttavat turpeen kosteus, huokoisuus, hydraulinen johtavuus sekä ojituksen kaltevuus (Kløve ym, 2015), joissa voi olla suurta vaihtelua tuotantoalueiden välillä. Vesistömallin avulla laskettua valumaa käytetään yleensä korvaamaan lyhyitä virtaamajaksoja, jolloin kohteelta mitatut virtaamat eivät ole padotuksesta tai virtaamamittarin häiriöstä johtuen luotettavia. Turvetuotantoalueen vesienkäsittelyrakenteet, kuten virtaamansäätöpadot sekä vesien pumppaus vaikuttavat valumien suuruuteen ja käyttäytymiseen, mikä osaltaan selittää kohteilta mitatun valuman ja vesistömallin perusteella lasketun valuman väliset erot.

Turvetuotantoalueiden kuivatusvesien johtaminen pintavalutuskentille tai kosteikoille ei suurimmassa osassa kohteista onnistu ilman pumppausta. Etenkin vanhoilla tuotantoalueilla pintojen madaltumisen myötä vesien ohjaaminen ilman pumppausta on käynyt mahdottomaksi. Pumppaamot mitoitetaan käyttämällä mitoitusvalumaa, joka vaihtelee, ollen yleisesti välillä  $100\text{--}150 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$  (Kallio ym. 2007). Oletettavasti pumppauksella on valumahuippuja tasaava vaikutus (Karppinen ym. 2015, Tuukkanen ym. 2011). Tässä tutkielmassa pintavalutuskentät, joille vesi johdettiin pumppaamalla, havaittiin valumien pysyvän kauemmin. Tämä viittaisi siihen, että pumppaamo padottaa vesiä yläpuoliseen altaaseen ja ojaverkostoon. Vertailua tehtiin vain muutaman yksittäisen kohteen valumista, joten pumppaamojen vaikutusta valumiin tulisi tutkia lisää useammalta kohteelta.

### **4.3. Valunnan vaikutus turvetuotantoalueelta lähtevän veden ainepitoisuuksiin ja kuormituksiin**

#### **Kiintoaine**

Turvetuotantoalueiden kuivatusvesien kiintoainepitoisuuksissa on suurta vaihtelua kohteiden välillä. Aiemmissä tutkimuksissa tuotantoalueet, joissa turve on pitkälle maatunutta, kiintoainepitoisuudet ovat olleet suuria (Tuukkanen ym. 2014), mikä saattaa osaltaan selittää kohteiden välisiä eroja. Tämän tutkimuksen tuloksissa yksittäisten näytteenottokertojen suurimmat kiintoainepitoisuudet mitattiin pienten valumien aikana. Pintavalutuskentällisillä kohteilla keskimääräisissä kiintoainepitoisuuksissa ei havaittu suuria eroja valumaluokkien välillä, joten tämän tutkielman aineistossa valuman lisääntymisellä ei ollut vaikutusta pintavalutuskentiltä lähtevien kuivatusvesien keskimääräisiin kiintoainepitoisuuksiin.

Vesienkäsittelymenetelmällä oli suuri vaikutus ylivaluntatilanteiden kiintoainepitoisuuteen. Perustason kohteilla sekä kosteikoilla mitattiin suuria kiintoainepitoisuuksia suurten valumien aikana. Perustason kohteiden ylivaluntatilanteiden keskimääräinen kiintoainepitoisuus oli lähes nelinkertainen verrattuna pintavalutuskentällisten kohteiden ylivaluntanäytteiden keskimääräiseen kiintoainepitoisuuteen. Perustason kohteilla ylivirtaamatilanteiden keskimääräinen valuma oli pintavalutuskentällisten kohteiden keskivalumaa suurempi. Pintavalutuskenttien pienemmät valumat saattavat osaltaan selittyä pumppauksella, joka padottaa vettä yläpuoliseen ojaverkostoon. Vesienkäsittelymenetelmien välinen vertailu tehtiin Etelä-Suomen kohteilla. Perustason kohteiden vesienkäsittelyrakenteisiin kuuluvat yleensä päisteputkipidättimet, laskeutusaltaat ja virtaamansäätöpadot.

Heitto (2014) havaitsi tutkimuksessaan, jaettuaan Tiirinsuon vuosien 2003 – 2012 kuormitusaineiston neljään yhtä suureen luokkaan, kiintoainekuormitusten olleen suurimmillaan isoimmassa valuntaluokassa ( $> 38 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ ). Tulos on samansuuntainen tässä tutkielmassa saatuihin tuloksiin nähden. Kiintoaineen sekä myös muiden muuttujien

kuormitukset ovat suurimmillaan isoimmissa valumaluokissa (95 % fraktiili). Vesimäärien ollessa pieniä myös kuormitukset ovat pieniä. Näin ollen kuormituksista suurin osa syntyy silloin kun valumat ovat suuria, vaikka veden ainepitoisuuksissa ei tapahtuisikaan suuria muutoksia valuman lisääntyessä. Perustason kohteilla kiintoainepitoisuudet kohosivat suurimmissa valumaluokissa, mikä yhdessä suurten vesimäärien kanssa lisää kuormitusta huomattavasti verrattuna pintavalutuskentällisten kohteiden kuormituksiin.

Kesällä suurimpien valumaluokkien keskimääräiset valumat olivat pienemmät kuin keväällä, mutta kuivatusvesien suuremmista kiintoainepitoisuuksista johtuen kiintoainekuormitus oli muita vuodenaikoja suurempi. Perustason kohteella loppuvuoden suuret virtaamajaksot sekä kesän yksittäiset virtaamapiikit nostivat kiintoainekuormitusta merkittävästi (Heitto 2014).

## **Fosfori**

Keskimääräiset kokonaisfosforipitoisuudet olivat suurimmillaan pienissä valumaluokissa ja pitoisuudet pienenevät valuman noustessa. Tulos on samansuuntainen aikaisempien tutkimustulosten kanssa (Kløve 2001). Suurten valumien aikana, jolloin vesi virtaa turpeen pintakerroksissa, fosforipitoisuudet ovat pienempiä kuin pienten valumien aikana, jolloin vesi kulkee syvemmissä kerroksissa. Pienten valumien aikana pitoisuuksien laimeneminen on vähäistä ja valumavesi on pääosin peräisin suon syvemmistä kerroksista, jossa fosforipitoisuudet ovat suurempia (Kløve, 2012). Tuukkanen ym. (2015) turpeelle tekemien uuttokokeiden perusteella kokonaisfosforia huuhtoutui hieman enemmän turpeen keski- ja pohjakerroksista verrattuna pintakerrokseen. Tuloksissa oli kuitenkin hajontaa ja myös pintakerroksen fosforihuuhtoumat voivat olla suuria.

Aikaisemmissa tutkimuksissa kokonaisfosforin pitkän aikavälin keskimääräisten pitoisuuksien vaihtelusta suurin osa (76 %) voitiin selittää kiintoainepitoisuudella (Tuukkanen ym. 2015). Tässä tutkielmassa fosforipitoisuuksien ja kiintoainepitoisuuksien välillä ei havaittu selkeää yhteyttä. Esimerkiksi perustason kohteilla mitattiin korkeita kiintoainepitoisuuksia valuman lisääntyessä, mutta kokonaisfosforipitoisuudet pienenevät. Myös tehostetuilla vesienkäsittelymenetelmillä suurimpien valumaluokkien keskimääräiset kokonaisfosforipitoisuudet olivat kaikkien näytteiden keskiarvoa pienemmät. Pienimmissä valumaluokissa etenkin kesänajan fosforipitoisuudet olivat suuria. Myös aiemmissa tutkimuksissa fosforipitoisuudet ovat olleet suuria keskikesän pienten valumien aikaan (Tuukkanen ym. 2015). Erot vuodenaikojen välillä tasoittuivat suuremmissa valumaluokissa, joissa kevään keskimääräiset pitoisuudet olivat muita vuodenaikoja pienemmät. Keväällä lumien sulamisvedet laimentavat valumavesiä ja kentät ovat usein roudan peittämiä, jolloin vedet eivät pääse suotautumaan syvempiin kerroksiin.

Pienten valumien suurista pitoisuuksista huolimatta kuormitukset olivat suurimmat isoimmissa valumaluokissa. Pienten valumien aikaiset suuret pitoisuudet eivät välttämättä aiheuta suurta lisäystä kuormitukseen (Tuukkanen ym. 2015).

## Typpi

Keskimääräisissä typpipitoisuuksissa ei havaittu muutoksia valuman lisääntyessä. Tästä johtuen näytteenottovuorokauden valumalla voitiin selittää vuorokauden kuormituksen vaihtelut.

Tuukkasen ym. (2015) turpeelle tekemät maaperäanalyysit osoittivat typpipitoisuuksien jakautuvan tasaisesti eri turvekerrosten välille, minkä lisäksi tehdyissä uuttokokeissa typpeä huuhtoutui tasaisesti pinta-, puoliväli- ja pohjakerroksista. Kyseiset tulokset voivat selittää myös tässä tutkielmassa tehtyjä havaintoja valuman vähäisestä vaikutuksesta typpipitoisuuksiin.

Suurimmat erot typpipitoisuuksissa olivat maantieteellisesti verrattaessa Pohjois- ja Etelä-Suomen pintavalutuskentällisten kohteiden typpipitoisuuksia. Kokonaistyppipitoisuudet olivat kaikissa valumaluokissa suuremmat Etelä-Suomen kohteilla, mikä osaltaan selittyy Etelä-Suomen suuremmalla ilmasta tulevalla typpilaskeumalla. Typpilaskeuma vaihtelee Suomessa 1 – 6 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> ollen suurimmillaan Eteläisessä Suomessa (Tattari ym. 2015).

Keskimääräiset typpipitoisuudet olivat pienet keväällä lumien sulamisvesien aikaan, minkä jälkeen pitoisuudet kohoavat, ollen suurimmillaan syksyllä. Tulos on samansuuntainen aiempien tutkimustulosten kanssa (Kløve 2001, Tuukkanen ym. 2015). Ylivaluntatilanteissa typpipitoisuudet olivat suurimmillaan syksyllä. Syksyn suuret typpipitoisuudet selittyvät nitraattitypellä, jota kertyy kesäaikaan turpeen hajoamisen seurauksena turpeen pintakerrokseen, josta se huuhtoutuu syysateiden aikana (Tuukkanen ym. 2015).

## COD<sub>Mn</sub> ja happea kuluttava kuormitus

Keskimääräiset COD<sub>Mn</sub>-arvot pienenevät huomattavasti valuman lisääntyessä. Etenkin Etelä-Suomen pintavalutuskentällisillä kohteilla humuspitoisuuksien lasku valuman lisääntyessä oli selkeää. Suurin osa ylivaluntatilanteista oli keväällä, jolloin lumen ja jään sulamisvedet laimentavat valumavesiä, mikä osaltaan selittää humuspitoisuuksien pienenemistä valuman lisääntyessä. Valumaveden COD<sub>Mn</sub>-arvot olivat kevään ylivaluntatilanteissa huomattavasti muiden vuodenaikojen keskiarvoja pienemmät. Muina vuodenaikoina COD<sub>Mn</sub>-arvot eivät suuresti muuttuneet valumaluokan muuttuessa. Humuspitoisuuksien on todettu usein olevan suurimmillaan pienten valumien aikana, jolloin valumavesi on pohjakerroksissa pitkään seisonutta vanhaa vettä (Tuukkanen ym. 2011). Pienten valumien aikana pintavalutuskenttien keskimääräiset COD<sub>Mn</sub> puhdistustehot olivat negatiiviset, jolloin myös COD<sub>Mn</sub>-arvot olivat suurempia kuin perustason kohteilla.

Kemiallista hapenkulutusta kuvaava COD<sub>Mn</sub>-arvo sekä kokonaistyppipitoisuus olivat pienempiä keväällä kuin kesällä ja syksyllä vastaavansuuruisten valumien aikana. Kesän ja syksyn ylivaluntatilanteet aiheuttavat yli kaksinkertaisen humuskuormituksen verrattuna kevään vastaavaan suuruisen ylivaluntavuorokauden kuormitukseen. Myös aiemmissa tutkimuksissa typpipitoisuudet ja COD<sub>Mn</sub>-arvot ovat olleet suurimmillaan syksyllä (Postila ym. 2015a).

Keskimääräiset COD<sub>Mn</sub>-arvot olivat Etelä-Suomen kohteilla huomattavasti Pohjois-Suomen kohteita suuremmat. Tulos on samansuuntainen Tuukkasen ym. (2011) sekä Kantosen (2011) tekemien havaintojen kanssa maantieteellisen sijainnin vaikutuksesta COD<sub>Mn</sub>-arvoon. Alueiden välisiin eroihin voi vaikuttaa erot haihdunnassa, lämpötilassa, valunnan muodostumisessa sekä myös erot alueiden geologiassa (Tuukkanen ym. 2011).

#### 4.4. Ylivirtaamajaksojen ja päivien prosenttiosuudet vuosikuormituksesta

Pohjois-Savossa sijaitsevan Tiirinsuon (perustason vesienkäsittely) velvoitetarkkailuaineiston pohjalta tehdyn tarkastelun perusteella kiintoaineen vuosikuormituksesta suurin osa on lähes jokaisena tarkkailuvuotena syntynyt muutaman viikon aikajaksolla. Yleensä suurin osa vuosikuormituksesta muodostui keväällä, jolloin virtaamat olivat suurimmillaan (Heitto 2014). Tässä tutkimuksessa saatujen tulosten perusteella pintavalutuskentällisten kohteiden ylivirtaamatilanteiden keskimääräisen kuormituksen prosenttiosuus vuosikuormituksesta oli kiintoaineen osalta 17 %, kokonaistypen osalta 14 %, kokonaisfosforin osalta 13 % ja kemiallisen hapenkulutuksen osalta 12 %. Suurimmat yksittäisten ylivirtaamajaksojen kuormitusten osuudet vuosikuormituksesta olivat kiintoaineen osalta 75 %, kokonaistypen osalta 54 %, kokonaisfosforin osalta 41 % ja kemiallisen hapenkulutuksen ( $\text{COD}_{\text{Mn}}$ ) osalta 29 %. Näin ollen yksittäisen ylivaluntajakson prosenttiosuus vuosikuormituksesta voi olla merkittävä. Verrattaessa ylivaluntajaksojen prosenttiosuuksia vuosikuormituksesta on tärkeää huomioida myös kuormitusjakson pituus, joka kyseisellä ylivaluntanäytteellä on laskettu sekä tarkastella kyseisen jakson valumia. Yksittäisen ylivaluntajakson aikainen kuormitus vaihtelee suuresti ja mikäli laskettava jakso on pitkä, voi sen osuus vuosikuormituksesta olla merkittävä. Vähäsateisena vuonna yksittäisen ylivirtaamatilanteen prosenttiosuus vuosikuormituksesta voi nousta erittäin suureksi, kun sateisena vuonna yksittäisen ylivirtaamatilanteen prosenttiosuus jää pieneksi, vaikka kuormituksessa ei tapahtuisi suurta muutosta vuosien välillä. Ylivirtaamajakson prosenttiosuus vuosikuormituksesta ei näin ollen kerro kuormituksen suuruudesta kyseisellä jaksolla. Tästä johtuen kuormitusten vertailussa on parempi käyttää hyväksi ominaiskuormituksia. Pintavalutuskentällisten kohteiden ja perustason kohteiden välillä ei ollut havaittavissa suurta eroa verrattaessa kuormitusjaksojen prosenttiosuuksia vuosikuormituksesta.

#### 4.5. Virtaaman vaikutus vesienkäsittelyrakenteiden puhdistustehoon

Turvetuotannon tarkkailutulosten perusteella ojittamattomalle suopohjalle perustettujen pintavalutuskenttien kiintoaineen keskimääräiset pitoisuusreduktiot ovat 62–89 % (ympäristöministeriö, 2015). Kahdeksan pintavalutuskentän kaikkien näytteiden ( $n = 689$ ) keskimääräinen kiintoaineen pitoisuusreduktio oli 63 %. Ennako-olettamuksesta poiketen pintavalutuskenttien keskimääräiset puhdistustehot eivät heikentyneet valuman lisääntyessä. Pienten valumien aikana mitattiin eniten negatiivisia puhdistustehoja, jolloin oli myös suurin osa havainnoista. Pienten valumien aikana otetuissa näytteissä on huomioitava, että kentälle tulevasta ja sieltä lähtevästä vedestä otetut näytteet eivät kuvasta samaa vettä, koska veden viipymä kentällä pitenee pienten valumien aikana. Valuman lisääntyessä kiintoaineen pitoisuusreduktiot hieman pienenevät, mutta samalla negatiiviset pitoisuusreduktiot vähenivät, mistä johtuen keskimääräisissä pitoisuusreduktioissa ei tapahtunut suurta muutosta valuman lisääntyessä.

Kahdeksasta pintavalutuskentästä viisi oli perustettu ojittamattomalle suopohjalle, mikä osaltaan selittää hyvää puhdistustehoa myös suurten valumien aikana. Heikkisen ym. (2015) mukaan ojittamattomien pintavalutuskenttien kiintoaineen puhdistustehon ja virtaaman välillä ei havaittu riippuvuutta. Vastaavasti ojitetuilla pintavalutuskentillä virtaamalla oli tilastollisesti merkitsevä negatiivinen korrelaatio kiintoaineen puhdistustehon kanssa (Heikkinen ym., 2015)

Kosteikoilla ylivaluntavuorokausien kiintoaineen puhdistusteho (54 %) oli hieman parempi kuin kaikkien näytteenottovuorokausien keskimääräinen puhdistusteho (51 %). Suurimpien valumien aikana kosteikoille tulevien puhdistettavien vesien keskimääräinen

kiintoainepitoisuus ( $47,1 \text{ mg l}^{-1}$ ) oli kuitenkin yli kaksinkertainen verrattuna kaikkien valumatilanteiden keskimääräiseen kiintoainepitoisuuteen ( $21,9 \text{ mg l}^{-1}$ ). Suurten valumien aikana tuotantokentiltä ja ojista voi huuhtoutua niihin pidättynyttä kiintoainesta (Heikkinen ym. 2015), mikä näkyy suurina pitoisuuksina ennen tehostettua vesienkäsittelyä. Ennen tehostettua vesienkäsittelyä mitatut suuret pitoisuudet edesauttavat parempaan puhdistustehoon (Postila ym. 2015a) Näin ollen prosentuaalisten puhdistustehojen sijaan tulisi kiinnittää huomiota alapuoliseen vesistöön purkautuvan veden pitoisuuksiin. Tämän tutkielman pintavalutuskentällisille kohteille ylivaluntatilanteiden aikana tulevan puhdistettavan veden keskimääräiset kiintoainepitoisuudet eivät poikenneet muiden valuntatilanteiden aikaisista pitoisuuksista. Tähän voivat vaikuttaa tuotantoalueen kokoomaajiin sijoitettavien virtaamansäätöpadot, joiden on todettu pienentävän kiintoainepitoisuutta keskimäärin 77 % (Marttila, 2005). Tämä saattaa selittää erot puhdistettavan veden kiintoainepitoisuuksissa.

Valuman lisääntymisellä ei ollut ollut suurta vaikutusta vesiensuojelurakenteiden fosforin puhdistustehoon. Ylivaluntavuorokausina pintavalutuskentille sekä myös kosteikoille tulevan puhdistamattoman veden sekä myös puhdistetun veden fosforipitoisuudet pienenevät verrattaessa kaikkien näytteenottovuorokausien keskimääräiseen fosforipitoisuuteen. Kiintoaineen tehokas poisto edesauttaa myös kokonaisfosforin poistumista valumavedestä (Tuukkanen ym. 2015).

Kemiallisen hapenkulutuksen ( $\text{COD}_{\text{Mn}}$ ) keskimääräiset pitoisuusreduktiot olivat kaikilla vesienkäsittelyrakenteilla negatiiviset. Suopohjille perustetuilla kosteikoilla ja pintavalutuskentillä kemiallisen hapenkulutuksen ( $\text{COD}_{\text{Mn}}$ ) puhdistustehot ovat yleisesti heikot (Kløve ym. 2012, Eskelinen ym. 2015). Valuman lisääntyessä keskimääräiset puhdistustehot paranivat hieman kaikilla vesienkäsittelyrakenteilla. Suurin osa ylivirtaamatilanteista oli keväällä, jolloin vesienkäsittelyrakenteiden pintakerrokset ovat jäässä ja vesi ei pääse suotautumaan kentän syvempiin kerroksiin, mikä saattaa selittää kevään parempia puhdistustehoja (Postila ym. 2015a).

Tulos on samansuuntainen Heikkisen ym. (2015) pintavalutuskentällisille kohteille tekemän tarkasteluun nähden, jossa kentille kohdistuvan hydraulisen kuormituksen lisääntyminen tehosti humuksen ( $\text{COD}_{\text{Mn}}$ ) pidättäytymistä, sekä ojitetuilla, että ojittamattomilla pintavalutuskentillä. Tässä tutkielmassa myös kosteikoilla ja kasvillisuuskentillä humuksen puhdistustehot paranivat valuman lisääntyessä. Heikkisen ym. (2015) arvion mukaan puhdistettavan veden humusaineiden pitoisuudet ovat suurimmillaan tulvakaudella, mikä selittää myös parempaa puhdistustehoa. Tämän tutkimuksen aineistossa humuspitoisuudet olivat pienemmillään tulvakaudella, jolloin lumiensulamisedet laimentavat vesiä ja suurin osa ylivaluntavuorokausista mitataan. Tästä johtuen etenkin pintavalutuskentillä ja kosteikoilla puhdistettavan veden humuspitoisuudet laskivat valuman lisääntyessä. Keväällä humuspitoisuudet pienenevät myös kentälle tulevissa vesissä, joten puhdistustehon parantuminen valuman lisääntyessä ei selity puhdistettavan veden kohonneilla pitoisuuksilla. Toisaalta valuman lisääntyessä kenttien pintakerroksen happipitoisuus parantuu mikä voi osaltaan selittää kenttien parempaa kykyä pidättää rautapitoista humusta (Heikkinen ym. 2015).

Kosteikkoja ja kasvillisuuskenttiä koskeviin puhdistustuloksiin on suhtauduttava varauksella kohteiden vähäisestä määrästä johtuen. Lisäksi on otettava huomioon, että pitoisuusvertailuna toteutettu puhdistustehon laskenta aliarvioi vesienkäsittelyrakenteiden todellisen puhdistustehon etenkin kesällä, jolloin kentältä mahdollisesti tapahtuvaa veden nettohaihduntaa ei oteta huomioon laskennassa (Postila 2007). Kentältä tapahtuva haihdunta voi pienentää vesimääriä 5–20 % kentästä riippuen (Postila ym. 2015b) Osa

vesienkäsittelyrakenteille johdetavasta vedestä saattaa myös suotautua pohjaveteen etenkin ojitetuilla pintavalutuskentillä, mikäli vanhat ojat on kaivettu liian syväälle (Postila 2015b).

#### 4.6. Tuloksiin liittyvät epävarmuustekijät

Valuntatietojen luotettavuus vaikuttaa suuresti tulosten luotettavuuteen. Valuntatietojen luotettavuuden arviointi perustui lähinnä näytteenottajien tekemien merkintöjen tulkintaan, sekä valumakuvaajien tarkasteluun. Mikäli näytteenottajan merkinnöistä kävi ilmi, että virtaamamittauksessa oli ollut ongelmia tai mittapisteellä tai yläpuolisella valuma-alueella oli jotain normaalista poikkeavaa, jätettiin näyte pois näytteenottovuorokauden tuloksia koskevasta tarkastelusta. Näin pyrittiin varmistamaan, että näytteenottovuorokauden keskimääräiset valumat ovat luotettavia, joilla arvioitiin olevan suurin vaikutus koko tutkielman tulosten luotettavuuteen. Käytettäessä vuorokauden keskivalumaa, saattaa näytteenottohetken ajoittuminen aiheuttaa epävarmuutta tuloksiin. Valumat voivat vaihdella päivän aika suuresti, jolloin näytteenottohetken valuma on todennäköisemmin eri kuin näytteenottopäivän keskivaluma. Valuman lisäksi myös pitoisuudet voivat vaihdella päivän aikana, jolloin näytteenottohetkellä saattaa olla vaikutusta pitoisuuteen.

Näytteenottokertojen välillä virtaamamittauksessa on voinut esiintyä myös ongelmia, jotka ovat saattaneet vääristää käytettävää valunta-aineistoa. Mikäli virtaamamittauksessa on ollut pienempiä ongelmia, on niiden havainnoimien virtaamadatasta hankalaa. Virtaamamittauksiin liittyvät ongelmat kertautuvat helposti myös vuosikuormituslaskentaan ja aiheuttavat epävarmuutta laskentaan.

Vuosikuormituksia laskettaessa on huomioitava, että laskenta perustuu aina arvioon. Siihen, kuinka tarkka arvio vuosikuormituksesta saadaan, vaikuttavat käytettävien valuntatietojen luotettavuus, kohteen pinta-alatietojen luotettavuus sekä vesinäytteiden näytteenottotiheys ja ajoittuminen eri virtaamatilanteisiin.

Ylivaluntatilanteet määritettiin jokaiselle kohteelle erikseen, jolloin kohteiden väliset erot tulivat esille. Kohteiden tarkkailujaksot eivät olleet kaikilla kohteilla samanpituiset. Osalla kohteista aineisto kattoi koko kuuden vuoden ajanjakson (2008–2013), kun lyhyin tutkimusjakso oli kaksi vuotta (2012–2013). Vuosien välillä oli havaittavissa suuriakin eroja, joten eripituiset tutkimusjaksot voivat vaikuttaa ylivirtaamatilanteiden määrittelyyn eri kohteilla.

Eri vesienkäsittelymenetelmien välisten erojen tarkasteluun tuo epävarmuutta kohteiden vähäinen lukumäärä. Huomioitavaa myös on, että tutkielmassa pintavalutuskentällisiä kohteita oli huomattavasti enemmän kuin muilla rakenteilla varustettuja kohteita, jolloin myös ylivaluntanäytteitä oli saatavilla enemmän pintavalutuskentällisiltä kohteilta.

#### 4.7. Yhteenveto ja päätelmät

Nykyään turvetuotannossa yleisimmin käytössä oleva tehostettu vesienkäsittelyrakenne on ympärivuotinen pintavalutuskenttä (Ympäristöministeriö 2015). Tämän tutkielman aineiston perusteella virtaaman vaikutus pintavalutuskentällisiltä kohteilta lähtevän veden laatuun oli vähäinen suhteessa virtaaman muutoksiin. Yksittäisten näytteenotokertojen suurimmat pitoisuudet mitattiin pienten valumien aikana. Pintavalutuskenttien keskimääräinen kiintoaineen puhdistusteho oli 63 %. Suurimpien valumien aikana keskimääräinen puhdistusteho ei ennako-olettamuksesta poiketen heikentynyt, ollen keskimäärin 57 %. Tuotantoalueet, joilla kuivatusvedet käsitellään kosteikoilla tai perustason vesienkäsittelyllä, mitattiin korkeita kiintoainepitoisuuksia myös suurten virtaamien aikana.

Näytteenottovuorokauden ominaiskuormitukset kasvoivat valuman lisääntyessä kaikilla vesienkäsittelyrakenteilla. Pintavalutuskentällisten kohteiden ylivirtaamatilanteiden aikaisen kuormitusjaksojen (jakson kesto keskimäärin 17 päivää) osuus vuosikuormituksesta oli keskimäärin 12–17 % vedenlaatumuuttujasta riippuen. Yksittäisen ylivirtaamajakson (22 päivää) aikaisen kiintoainekuormituksen osuus vuosikuormituksesta oli suurimmillaan 75 %. Alivirtaamakausien suurilla ainepitoisuuksilla ei näin ollen suurta vaikutusta vuoden kokonaiskuormitukseen, mistä johtuen alivirtaamakausien osuus vuoden kokonaiskuormituksesta jää pieneksi.

Merkittävin vuorokausikuormituksia selittävä tekijä oli näytteenottovuorokauden keskimääräinen valuma. Tästä johtuen luotettavien kuormitusarvioiden perustana tulisi käyttää jatkuvatoimisesti mitattuja virtaamia. Virtaamanmittauksen ongelmatilanteissa kuormituslaskennassa voidaan käyttää korvaavia valumatietoja, kuten Suomen ympäristökeskuksen vesistömallijärjestelmällä (SYKE-WSFS) laskettuja valumia tai läheisen suon valumia. Arvioitaessa vuosikuormitus vesistömallilla lasketuilla valumilla keskimääräiset ominaiskuormitukset olivat vedenlaatumuuttujasta riippuen noin 31–24 % pienemmät kuin suon omilla valumilla arvioidut kuormitukset. Käyttäessä lähellä sijaitsevan suon jatkuvatoimisesti mitattuja valumia oli arvioitu vuosikuormitus lähimpänä suon omilla valumilla arvioitua kuormitusta. Näin ollen virtaamajaksojen korvaamisen tulisi käyttää läheisen suon valumatietoja.

#### Kiitokset

Kiitos ohjaajilleni Jarmo Meriläiselle ja Heikki Hämäläiselle erittäin hyvistä kommentteista ja näkemyksistä gradun eri vaiheissa. Suuri kiitos ohjaajalleni Jaakko Saukkoriipille Pöyry Finland Oy:sta kommentteista sekä mahdollisuudesta kirjoittaa gradu kyseisestä aiheesta. Lisäksi haluan kiittää Hannu Saloa Bioenergia ry:sta, sekä turvetuottajia mielenkiintoisesta aiheesta sekä mahdollisuudesta hyödyntää velvoitetarkkailuaineistoja gradussani. Kiitos myös vanhemmilleni kannustuksesta opintojen aikana. Suurin kiitos kuitenkin kuuluu avopuolisolleni Annalle tuesta gradun kirjoituksen sekä opintojen aikana.

## Kirjallisuus

- Anonyymi 2013. *Hydrologinen yleiskatsaus 2012*. Suomen ympäristökeskus. [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat\\_ja\\_tilastot/Hydrologiset\\_havainnot/Hydrologiset\\_kuukausitiedotteet/Hydrologinen\\_yleiskatsaus\\_2012\(17020\)](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Hydrologiset_havainnot/Hydrologiset_kuukausitiedotteet/Hydrologinen_yleiskatsaus_2012(17020)). Hakupäivä 29.11.2014.
- Eskelinen R., Ronkanen A-K., Marttila H. & Kløve B. 2015. Purification efficiency of a peatland-based treatment wetland during snowmelt and runoff events. *Ecological Engineering* 84:169–179.
- Heikkinen M. 2012. *Valunnan arviointi turvetuotantoalueen päästölaskennassa – virtaamamittaus padottavissa olosuhteissa ja mittauksen korvaaminen vesistömallilla*. Diplomityö. Oulun yliopisto, prosessi- ja ympäristötekniikan osasto.
- Heikkinen K., Karppinen A., Hadzic M., Tolkkinen M. & Ihme R. 2015. *Rakennetekijöiden vaikutus ojittettujen ja ojittamattomien pintavalutuskenttien puhdistustuloksiin*. SulKA-hankeen loppuraportti. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 23/2015.
- Heitto L. 2014. Turvetuotannon päästötarkkailu velvoitetarkkailun näkökulmasta. *Vesitalous* 1: 40–44.
- Kallio E. & Erkkilä A. 2007. *Turvetuotantoalueen kuivatusvesien pumppaus*. VTT:n tutkimusraportti.
- Karppinen A., Heikkinen K., Hadzic M., Postila H., Tolkkinen M. & Ihme R. 2015. *Pintavalutuskentät turvetuotannon vesienkäsittelyssä*. SulKA-hankeen loppuraportti. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 23/2015.
- Kløve B. 1998. Erosion and sediment delivery from peat mines. *Soil & Tillage Research* 45: 199–216
- Kløve B. 2000. Turvetuotannon vesistökuormituksen synty: virtaaman säädön käyttö ja soveltaminen vesiensuojeluun. *Jordforsk* 64/2000.
- Kløve B. 2001. Characteristics of nitrogen and phosphorus loads in peat mining wastewater. *Water Research* 24: 2353–2362
- Kløve B., Saukkoriipi J., Tuukkanen T., Heiderscheidt E., Heikkinen K., Marttila H., Ihme R., Depre L. & Karppinen A. 2012. *Turvetuotannon vesistökuormituksen ennakointi ja uudet hallintamenetelmät*. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 35/2012.
- Kløve B., Eskelinen R., Mohadighavam S. & Haghghi A. 2015. *Kevättulvien ja rankkasateiden aiheuttamat virtaamat ja niiden aikainen vesienhallinta*. SulKA-hankeen loppuraportti. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 23/2015.
- Kukkonen M. 2012. *Opas metsätalouden kuormituksen seurantaan*. Metlan työraportteja 245. <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2012/mwp245.pdf>. Hakupäivä 4.12.2014.
- Marttila H 2005. *Virtaaman säätö ja kiintoaineen kulkeutuminen turvetuotantoalueen uomissa*. Diplomityö. Oulun yliopisto, prosessi- ja ympäristötekniikan osasto.
- Marttila H. & Kløve B. 2008. Erosion and delivery of dopisited peat sediment. *Water resources research* 44: W06406.
- Marttila H. & Kløve B. 2010. Managing runoff, water quality and erosion in peatland forestry by peak runoff control. *Ecological Engineering* 36: 900-911.
- Meriläinen J. 1986. Loads of nutrients, organic matter and suspended solids discharged by the River Kyrönjoki into the Bothnian Bay. *Water reseach institute, National Board of Waters, Suomi. No. 68*.
- Postila H. 2007. *Soistuvien metsäojitettujen turvemaiden käyttö vesiensuojelurakenteena turvetuotannon vesiensuojelurakenteena turvetuotannon vesienpuhdistuksessa*. Helsinki,



- Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus, Ympäristönsuojeluosasto, Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskuksen raportteja 6/2007. 111 s. ISBN 978-952-11-2806-6
- Postila H., Ronkanen A-K., & Kløve B. 2015a. Wintertime purification efficiency of constructed wetlands treating runoff from peat extraction in a cold climate. *Ecological Engineering* 85:13–25.
- Postila H., Ronkanen A-K., Marttila H. & Kløve B. 2015b. Hydrology and hydraulics of treatment wetland constructed on drained peatlands. *Ecological Engineering* 75:232–241.
- Tattari M., Koskiaho J. & Kosunen M. 2014. *Turvetuotannon kuormituslaskentasuositus ja perustelut sen käyttöönotolle*. TASO-hankkeen raportti.
- Tattari M., Puustinen M., Koskiaho J., Röman E. & Riihimäki J. 2015. *Valuma-alueen eri lähteistä tulevan vesistökuormituksen arviointi ja vähentämismahdollisuudet*. Suomen ympäristökeskus.
- Tuukkanen T., Kløve B., Marttila H., Heikkinen K. & Karppinen A. 2011. *Tilastollinen analyysi turvetuotannon vesistökuormitukseen vaikuttavista tekijöistä*. Oulun yliopisto, 71 s.
- Tuukkanen T., Marttila H. & Kløve B. 2014. Effect of soil properties on peat erosion and suspended sediment delivery in drained peatlands. *Water Resources Research*, 50(4), 3523-3535.
- Tuukkanen T., Marttila H. & Kløve B. 2015. *Maaperäominaisuuksien vaikutus kiintoaine- ja ravinnekuormituksen muodostumiseen turvetuotantoalueilta*. SulKA-hankkeen loppuraportti. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 23/2015.
- Ympäristöministeriö. 2015. *Turvetuotannon ympäristönsuojeluohje*. Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2015. Luontoympäristöosasto.

## Liitteet

Liite 1. Tutkimuskohteiden taustatiedot, tarkkailujakson pituus sekä näytemäärät.

Suo	Vesienkäsittely	Näytteitä		Tarkkailujakso	Tuotannon aloitusvuosi	KKJ	
		yp	ap			YKJ-N	YKJ-E
<b>Etelä-Suomen alue:</b>							
Helminkäiskeidas	Pintavalutuskenttä	76	146	2008–2013	1981	6896267	3234852
Hormaneva	Pintavalutuskenttä	131	139	2008–2013	-	6913147	3268655
Höystösensuo	Ruokohelpikosteikko	132	133	2008–2013	1981	6866729	3457803
Jokipolvensuo	Ruokohelpikosteikko	135	139	2008–2013	1989	6878427	3464437
Joutsuo	Pintavalutuskenttä	66	72	2011–2013	1985	6771204	3228740
Jämiänkeidas	Ruokohelpikosteikko	117	123	2009–2013	1980	6879209	3267282
Jämiänkeidas	Pintavalutuskenttä	71	73	2011–2013	1980	6881469	3269080
Konttimäensuo	perustaso	-	135	2008–2013	2000	7012880	3544680
Kurkikeidas	Kosteikko	92	93	2010–2013	1978	6880148	3254801
Lammisuo	Pintavalutuskenttä	116	119	2009–2013	1982	6785246	3256967
Mustakeidas-Saarikeidas	Kosteikko	95	142	2008–2013	1986	6869863	3275443
Mäkikylänsuo	Perustaso / kosteikko	-	140	2008–2013	-	6930149	3350731
Nanhiansuo	Pintavalutuskenttä	131	139	2008–2013	2006	6795201	3272868
Okssuo	Pintavalutuskenttä	62	135	2008–2013	2001	6749750	3333097
Pajusuo	Perustaso	-	93	2008–2011	1995	6869349	3461398
Pakinsuo	Kosteikko	145	142	2008–2013	1978	6867990	3544840
Rajasuo	Pintavalutuskenttä	81	81	2011–2013	1981	6882870	3518420
Riihineva	Pintavalutuskenttä	52	53	2012–2013	-	6941100	3307810
Ristineva	Pintavalutuskenttä	118	144	2008–2013	1979	6895082	3283633
Rukoneva	Pintavalutuskenttä	108	112	2010–2013	2011	6880320	3283100
Sompaneva	perustaso	69	139	2008–2013	1976	6907132	3284785
Takaneva	Kosteikko	75	74	2010–2013	-	6958874	3249636
Valkeissuo	Perustaso	-	142	2008–2013	1997	6914680	3421090
<b>Pohjois-Suomen alue:</b>							
Hankilanneva	Pintavalutuskenttä	56	100	2008–2012	1994	7089843	3429745
Humpinsuo	Pintavalutuskenttä	-	119	2008–2013	2002	7110935	3508393
Itäsuo	Pintavalutuskenttä	-	122	2008–2013	1979	7193138	3487139
Järvineva	Pintavalutuskenttä	-	111	2008–2013	2006	7171392	3417849
Kontio-Klaavunsuo	Pintavalutuskenttä	-	53	2009–2011	-	7286064	3445224
Korentosuo	Pintavalutuskenttä	40	56	2011–2013	2009	7196994	3491397
Lumiäapa	Perustaso	-	128	2008–2013	-	7319942	3444511
Olki-Peurasuo	Pintavalutuskenttä	-	65	2010–2013	-	7245319	3461909
Pehkeensuo	Pintavalutuskenttä	67	122	2008–2013	1986	7191439	3477635
Poikkimaanäapa/lisäalue	kesä pvk 2/talvi perustaso	-	53	2011–2013	2010	7345328	3434559
Puutiosuo	Pintavalutuskenttä	11	97	2008–2013	-	7285422	3460309
Suurisuo (Vuolijoki)	Pintavalutuskenttä	-	127	2008–2013	2009	7107808	3509506
Vasamanneva	Pintavalutuskenttä	31	55	2011–2013	2011	7106413	3399929

ap = tehostetun vesienkäsittelymenetelmän jälkeen otetut näytteet

yp = Ennen tehostettua vesienkäsittelyä otetut näytteet.

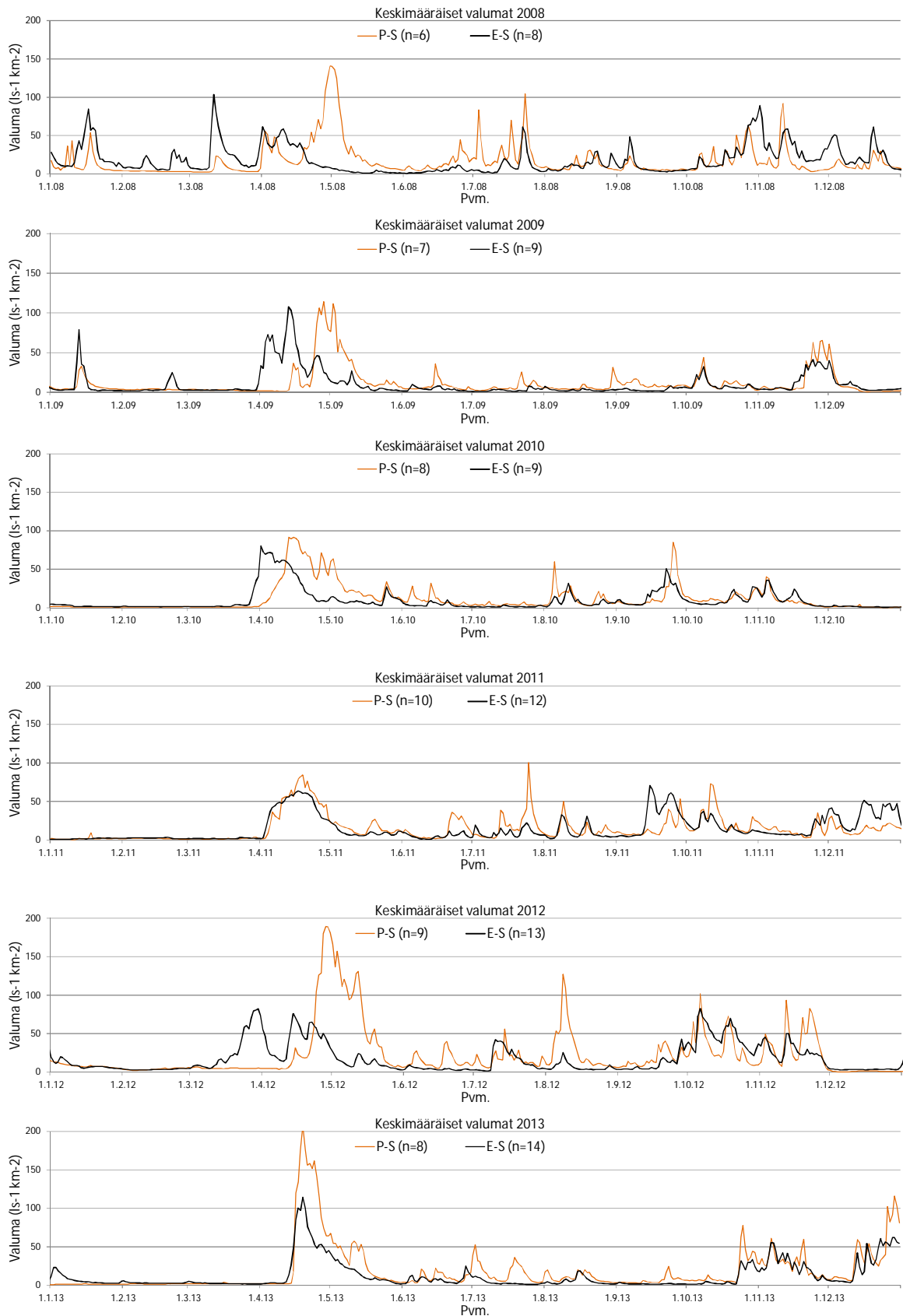
Liite 2. Tutkimuskohteiden keskimääräiset valumat ( $l\ s^{-1}\ km^{-2}$ ) kuukausittain eri vuosina tutkimusjakson 2008–2013 aikana.

Kuukausi	2008		2009		2010		2011		2012		2013	
	P-S	E-S	P-S	E-S	P-S	E-S	P-S	E-S	P-S	E-S	P-S	E-S
	n= 8	n= 14	n= 9	n= 15	n= 9	n= 15	n= 13	n= 21	n= 11	n= 22	n= 11	n= 22
I	12,4	22,2	8,1	10,3	0,8	2,0	1,6	2,4	6,4	8,2	1,1	6,3
II	3,2	13,3	3,3	2,5	0,7	1,6	1,5	2,1	3,6	3,9	1,5	3,1
III	7,2	19,8	2,5	2,6	1,1	6,2	1,4	2,1	5,0	23,0	1,8	2,6
IV	46,0	49,9	28,9	35,0	43,2	65,5	41,6	58,5	45,9	50,3	64,8	43,7
V	29,6	5,0	28,4	8,7	23,6	14,4	12,9	9,0	70,4	12,3	26,8	15,0
VI	12,0	6,7	6,1	6,1	9,1	6,1	11,1	5,6	12,1	5,5	8,5	6,9
VII	26,0	10,0	5,6	6,8	3,8	2,2	15,6	7,3	16,0	17,0	14,1	3,7
VIII	12,5	21,2	5,3	3,5	13,2	4,5	11,1	6,8	23,6	5,6	8,1	5,7
IX	6,6	9,8	9,4	4,8	16,0	14,1	13,8	28,1	17,9	11,2	5,1	2,9
X	22,0	25,0	11,7	10,5	13,3	11,0	22,9	18,9	30,9	42,7	16,1	10,8
XI	15,9	33,4	19,5	18,7	10,7	13,4	11,8	11,3	38,0	25,2	23,8	26,8
XII	12,2	34,4	7,1	7,1	1,3	1,7	15,0	34,5	0,9	3,5	36,8	30,4
<b>Vuosi</b>	<b>17,2</b>	<b>20,9</b>	<b>11,3</b>	<b>9,7</b>	<b>11,4</b>	<b>11,8</b>	<b>13,4</b>	<b>15,5</b>	<b>22,7</b>	<b>17,4</b>	<b>17,4</b>	<b>13,2</b>

Liite 3. Tutkimuskohteiden keskimääräiset valumat ( $l\ s^{-1}\ km^{-2}$ ) vuodenajoittain eri vuosina tutkimusjakson 2008–2013 aikana.

	2008		2009		2010		2011		2012		2013		2008 - 2013	
	P-S	E-S	P-S	E-S	P-S	E-S	P-S	E-S	P-S	E-S	P-S	E-S	P-S	E-S
Talvi	8,5	21,8	7,7	5,1	1,3	2,2	5,5	10,8	3,8	6,2	9,6	10,0	6,1	9,4
min	3,4	9,0	5,1	2,2	0,0	0,3	3,4	4,1	0,8	3,0	3,4	3,2		
max	13,0	38,2	10,4	10,7	3,3	8,5	8,8	23,8	8,2	12,9	12,8	16,3		
Kevät	42,6	38,4	48,1	28,5	34,3	48,0	38,8	49,1	78,9	45,9	78,1	47,1	53,5	42,8
min	30,2	12,7	3,1	14,1	0,0	16,1	11,9	18,8	40,2	21,7	34,4	17,2		
max	54,4	66,4	78,1	46,3	56,4	143,2	67,2	205,5	103,4	68,5	120,0	97,4		
Kesä	16,3	11,6	5,8	5,5	8,5	5,5	11,8	6,7	16,7	9,0	8,9	5,0	11,3	7,2
min	3,7	3,0	0,3	0,5	0,0	1,1	1,9	1,7	7,3	1,0	3,2	1,6		
max	28,9	27,1	17,4	17,0	13,9	15,8	29,0	13,0	32,1	33,7	16,8	10,4		
Syksy	15,7	23,1	11,3	12,4	13,1	15,3	19,8	21,9	31,3	31,9	19,0	17,4	18,4	20,3
min	7,2	14,2	5,6	4,8	0,0	4,8	11,2	6,5	21,1	13,7	5,2	8,0		
max	21,9	41,2	18,6	24,3	25,8	24,7	29,3	48,4	51,6	88,7	28,2	34,0		

Liite 4. Tutkimuskohteiden vuorokauden keskimääräiset valumat ( $l\ s^{-1}\ km^{-2}$ ) eri vuosina tutkimusjakson 2008–2013 aikana.



Liite 5. Kahdeksalta kohteelta mitatut ja vesistömallilla arvioidut keskivalumat sekä niiden erotus vuositasolla ja vuodenajoittain.

Suo (vesienkäsittelymen.) / valuma-alue	Vuosi (l/s km <sup>2</sup> )						Vuodenajoittain (l/s km <sup>2</sup> )			
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Talvi	Kevät	Kesä	Syky
Ristineva (pvk)	16	6,8	8,0	12	19	11	7,2	32	5,6	19
35.535	13	4,2	3,6	8,2	18	7,3	6,9	24	6,0	8,8
Erotus	-3,3	-2,7	-4,4	-3,8	-1,1	-3,3	-0,3	-8,3	0,4	-10,4
Valkeissuo (perustaso)	22	8,2	13	16	17	15	6,8	52	8,1	18
14.286	17	5,0	7,6	14	15	12	7,4	36	5,7	14
Erotus	-4,4	-3,2	-5,6	-2,1	-1,2	-3,0	0,7	-15,5	-2,3	-4,0
Helminkäiskeidas (pvk)	30	11	12	20	34	18	13	50	10	35
37.064	17	7,6	8,5	16	19	14	9,0	41	3,2	23
Erotus	-12,7	-3,6	-3,0	-4,2	-15,1	-4,0	-3,6	-9,6	-6,9	-11,7
Mäkikylänsuo (perustaso/kost.)	14	6,1	10	16	20	12	6,6	42	6,8	17
35.424	16	5,3	8,7	14	15	9,0	6,6	31	8,4	12
Erotus	1,7	-0,8	-1,5	-2,5	-5,2	-3,0	0,0	-10,6	1,5	-5,5
Höystösensuo (rhk)	32	13	23	20	17	16	20	59	12	24
14.844	14	5,9	7,5	10	10	12	10	31	3,9	10
Erotus	-18,1	-7,0	-15,1	-9,7	-6,6	-4,2	-10,1	-27,2	-8,0	-13,3
Jokipolvensuo (rhk)	29	15	8,4	19	9,3	15	16	53	6,4	22
14.954	10	5,3	4,7	7,6	12	8,7	8,0	18	7,1	5,9
Erotus	-19,0	-10,1	-3,6	-11,8	2,4	-6,1	-7,9	-34,7	0,7	-16,0
Järvineva (pvk)	16	8,5	7,5	6,8	17	13	5,8	39	6,1	14
57.013	14	8,1	8,8	10	13	10	5,0	34	6,9	14
Erotus	-2,3	-0,3	1,3	2,7	-4,3	-2,6	-0,8	-5,2	0,7	0,0
Lumiaapa (pvk)	17	13	12	9,4	24	18	6,2	58	8,4	20
64.025	17	11	12	11	18	7,9	3,6	54	8,1	13
Erotus	-0,7	-2,6	-0,7	1,3	-5,7	-10,1	-2,7	-3,9	-0,2	-7,9

Liite 6. Tutkimuskohteiden keskimääräiset valumaluokkarajat Pohjois- ja Etelä-Suomen alueilla.

Suo	Kohteita kpl	Fraktiilit									
		10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	95 %
<b>Pohjois-Suomi</b>											
<b>keskiarvo</b>	<b>13</b>	<b>0,8</b>	<b>1,6</b>	<b>2,6</b>	<b>4,0</b>	<b>5,8</b>	<b>8,1</b>	<b>12</b>	<b>19</b>	<b>39</b>	<b>69</b>
pienin	13	0,0	0,0	0,1	0,2	2,8	5,5	8,3	14	25	47
suurin	13	3,1	4,2	5,4	7,3	9,8	13	17	25	67	95
mediaani	13	0,2	1,0	2,3	4,2	5,3	7,0	12	20	38	68
<b>Etelä-Suomi</b>											
<b>keskiarvo</b>	<b>23</b>	<b>1,0</b>	<b>1,6</b>	<b>2,5</b>	<b>3,6</b>	<b>4,9</b>	<b>7,1</b>	<b>11</b>	<b>20</b>	<b>41</b>	<b>65</b>
pienin	23	0,0	0,1	0,5	1,6	2,4	3,7	6,3	12	23	38
suurin	23	6,0	7,2	8,2	9,5	11	15	20	34	67	103
mediaani	23	0,6	1,1	1,9	2,9	4,3	6,1	10	18	37	62

Liite 7. Kahdeksalta kohteelta mitatuilla valumilla ja vesistömallin lasketuilla valumilla arvioidut keskimääräiset ominaiskuormitukset sekä kuormitusten prosentuaaliset erot.

	Ominaiskuormitukset (kg <sup>-1</sup> ha <sup>-2</sup> a)						2008-2013
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
<b>Kiintoaine</b>							
Oma	44	24	33	38	32	29	33
Vesistömalli	27	16	22	27	24	21	23
Läheinen suo	34	20	45	39	31	32	34
<b>Typpi</b>							
Oma	10,4	5,3	6,3	6,8	8,1	6,0	7,1
Vesistömalli	7,5	3,4	3,9	5,4	6,4	4,2	5,2
Läheinen suo	9,0	5,4	6,5	7,3	8,2	5,9	7,0
<b>Fosfori</b>							
Oma	0,35	0,19	0,17	0,19	0,24	0,19	0,22
Vesistömalli	0,25	0,14	0,12	0,16	0,18	0,15	0,17
Läheinen suo	0,32	0,23	0,18	0,20	0,24	0,19	0,23
<b>COD<sub>Mn</sub></b>							
Oma	228	99	115	156	190	125	152
Vesistömalli	160	70	84	127	154	93	115
Läheinen suo	195	121	128	172	188	127	155

Liite 8. Tutkimuskohteilta otetut näytemäärät ja näytteenottopäivien keskivalumat fraktiileittain.

Fraktiili	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	95 %
<b>Näytemäärä, kpl</b>										
Perustaso	93	53	65	54	51	67	64	82	40	36
Kosteikko	75	45	44	51	45	54	51	55	23	21
Kasvillisuuskenttä	36	37	44	34	34	51	45	51	17	16
pintavalutuskenttä	245	164	203	236	216	229	240	225	117	107
<b>Yhteensä</b>	<b>449</b>	<b>299</b>	<b>356</b>	<b>375</b>	<b>346</b>	<b>401</b>	<b>400</b>	<b>413</b>	<b>197</b>	<b>180</b>
%-osuus	13,1	8,8	10,4	11,0	10,1	11,7	11,7	12,1	5,8	5,3
<b>Valuma l s<sup>-1</sup> km<sup>2</sup></b>										
Perustaso	1,9	2,7	4,2	5,0	7,7	9,4	15,1	31,2	61,0	165,5
Kosteikko	0,7	1,8	2,8	3,9	5,4	8,5	14,6	31,1	50,9	100,7
Kasvillisuuskenttä	0,4	0,8	2,1	3,9	5,3	8,8	14,7	25,2	49,2	192,6
pintavalutuskenttä	1,0	2,0	3,1	4,4	6,1	9,5	15,4	28,4	53,5	96,8

Liite 9. Pohjois-Suomen (P-S) ja Etelä-Suomen (E-S) Pintavalutuskentällisten tutkimuskohteiden näytteenottovuorokausien keskivalumat sekä näytteenottohetkien keskimääräiset ainepitoisuudet vuosina 2008–2013. Pienin ja suurin arvo kuvaavat yksittäisen näytteenottokerran ainepitoisuutta sekä näytteenottovuorokauden keskivalumaa.

Vuosi	Näytteitä kpl		Valuma l s <sup>-1</sup> km <sup>2</sup>		Kiintoaine mg l <sup>-1</sup>		Kok.N µg l <sup>-1</sup>		Kok. P µg l <sup>-1</sup>		COD <sub>Mn</sub> mg l <sup>-1</sup> O <sub>2</sub>	
	P-S	E-S	P-S	E-S	P-S	E-S	P-S	E-S	P-S	E-S	P-S	E-S
2008	127	107	20,5	22,7	3,8	7,2	971	1 889	41	98	30	58
2009	134	128	12,9	7,8	4,1	7,5	967	2 108	46	97	31	56
2010	123	125	14,8	10,3	5,2	5,5	1 109	2 062	42	71	32	55
2011	172	181	17,4	13,3	5,2	4,0	1 260	1 720	48	60	34	56
2012	178	274	27,3	16,8	4,6	5,1	1 202	1 525	50	49	33	55
2013	170	263	17,3	14,3	3,8	7,0	1 190	1 644	49	62	34	53
Keskiarvo 2008-2013	904	1078	18,8	14,4	4,5	5,9	1 132	1 777	47	68	33	55
Luottamusväli 95 %			16,8 - 20,8	13,0 - 15,8	4,1 - 4,8	5,2 - 6,6	1085 - 1179	1707 - 1848	42 - 51	63 - 72	31 - 34	53 - 57
Pienin			-	-	< 1,0	< 1,0	250	340	5	2	5	5
Mediaani			8,2	5,3	3,0	3,3	900	1 500	30	56	25	49
Suurin			254,3	233,8	120,0	190,0	5 980	5 800	950	860	150	340

Liite 10. Pohjois-Suomen (P-S) ja Etelä-Suomen (E-S) Pintavalutuskeskittämisten kohteiden näytteenottovuorokausien keskimääräiset ominaiskuormitukset vuosina 2008–2013. Pienin ja suurin arvo kuvaavat yksittäisen näytteenottovuorokauden ominaiskuormitukset.

Vuosi	Näytteitä kpl		Valuma $l\ s^{-1}\ km^{-2}$		Kiintoaine $g\ ha^{-1}\ d^{-1}$		Kok.N $g\ ha^{-1}\ d^{-1}$		Kok. P $g\ ha^{-1}\ d^{-1}$		CODMn $g\ ha^{-1}\ d^{-1}$	
	P-S	E-S	P-S	E-S	P-S	E-S	P-S	E-S	P-S	E-S	P-S	E-S
2008	127	107	20,5	22,7	70	111	19	35	0,66	1,31	508	917
2009	134	128	12,9	7,8	57	43	10	14	0,41	0,48	296	321
2010	123	125	14,8	10,3	71	55	14	18	0,42	0,49	333	404
2011	172	181	17,4	13,3	98	52	18	19	0,59	0,49	424	506
2012	178	274	27,3	16,8	123	70	27	20	0,78	0,53	628	640
2013	170	263	17,3	14,3	57	91	16	19	0,47	0,54	315	466
Keskiarvo 2008-2013	904	1078	18,8	14,4	82	71	18	20	0,57	0,60	425	537
Luottamusväli 95 %			16,8 - 20,8	13,0 - 15,8	66 - 97	59 - 83	16 - 20	18 - 23	0,50 - 0,63	0,54 - 0,66	378 - 471	486 - 589
Pienin			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mediaani			8,2	5,3	18	16	6	8	0,21	0,26	188	227
Suurin			254,3	233,8	2 826	2 352	396	270	10,84	9,12	7 696	7 140

Liite 11. Pohjois-Suomen (P-S) ja Etelä-Suomen (E-S) Pintavalutuskeskittämiltä tutkimuskohteilta otetut näytemäärät ja näytteenottopäivien keskivalumat sekä keskimääräiset ainepitoisuudet fraktiileittain (95 % fraktiili kuvastaa ylintä 5 % kaikista valumahavainnoista). Vertailuarvoina kaikkien näytteenottohetkien keskimääräiset ainepitoisuudet.

Fraktiili %	Näytteitä kpl		Valuma $l\ s^{-1}\ km^{-2}$		Kiintoaine $mg\ l^{-1}$		Kok.N $\mu g\ l^{-1}$		Kok. P $\mu g\ l^{-1}$		CODMn $mg\ l^{-1}\ O_2$	
	P-S	E-S	P-S	E-S	P-S	E-S	P-S	E-S	P-S	E-S	P-S	E-S
10 %	87	158	1,3	0,9	4,4	7,8	1 128	1 946	56	102	35	70
20 %	77	87	2,2	1,8	4,7	5,8	1 257	1 729	67	83	40	62
30 %	99	104	3,8	2,5	4,0	5,0	1 051	1 785	45	64	35	61
40 %	115	121	5,1	3,8	4,3	7,1	1 122	1 719	56	81	36	54
50 %	99	117	7,2	5,1	3,9	6,2	1 040	1 832	49	75	32	61
60 %	110	119	10,3	8,7	4,2	5,3	1 089	1 658	43	55	32	51
70 %	115	125	15,9	15,0	5,1	4,2	1 114	1 782	39	51	31	49
80 %	95	130	29,0	28,0	3,8	5,1	1 209	1 716	36	46	29	47
90 %	55	62	57,3	50,1	5,1	6,3	1 237	1 629	37	44	27	43
95 %	52	55	117,9	76,9	5,9	6,4	1 161	1 473	33	35	25	36
Keskiarvo	904	1 078	18,8	14,4	4,5	5,9	1 132	1 777	47	68	33	55

Liite 12. Pohjois-Suomen (P-S) ja Etelä-Suomen (E-S) pintavalutuskeskittämiltä tutkimuskohteilta otetut näytemäärät ja näytteenottopäivien keskivalumat sekä näytteenottopäivien keskimääräiset ominaiskuormitukset fraktiileittain (95 % fraktiili kuvastaa ylintä 5 % kaikista valumahavainnoista). Vertailuarvoina kaikkien näytteenottopäivien keskimääräiset ominaiskuormitukset.

Fraktiili %	Näytteitä kpl		Valuma $l\ s^{-1}\ km^{-2}$		Kiintoaine $g\ ha^{-1}\ d^{-1}$		Kok.N $g\ ha^{-1}\ d^{-1}$		Kok. P $g\ ha^{-1}\ d^{-1}$		CODMn $g\ ha^{-1}\ d^{-1}$	
	P-S	E-S	P-S	E-S	P-S	E-S	P-S	E-S	P-S	E-S	P-S	E-S
10 %	87	158	1,3	0,9	4,3	5,1	1,1	1,6	0,04	0,06	30	40
20 %	77	87	2,2	1,8	7,5	8,3	1,9	2,5	0,08	0,12	61	76
30 %	99	104	3,8	2,5	12,4	11,6	2,9	4,1	0,11	0,13	95	126
40 %	115	121	5,1	3,8	17,8	21,8	4,1	5,8	0,19	0,27	130	165
50 %	99	117	7,2	5,1	24,3	26,6	6,0	8,0	0,26	0,33	178	250
60 %	110	119	10,3	8,7	35,1	36,8	9,0	11,8	0,34	0,42	260	358
70 %	115	125	15,9	15,0	72,7	55,1	14,8	22,4	0,52	0,70	415	617
80 %	95	130	29,0	28,0	90,5	119,9	28,9	40,2	0,85	1,07	711	1068
90 %	55	62	57,3	50,1	259,3	286,9	61,3	71,1	1,79	2,00	1329	1849
95 %	52	55	117,9	76,9	615,1	427,9	110,3	98,4	3,17	2,42	2254	2377
Keskiarvo	904	1 078	18,8	14,4	81,6	71,1	17,9	20,5	0,57	0,60	425	537

Liite 13. Pintavalutuskentällisten kohteiden näytteenottokertojen määrät, keskimääräiset valumat ja ainepitoisuudet sekä näytteenottovuorokausien keskimääräiset ominaiskuormitukset vuodenajoinnain.

Fraktiili	Näytteitä (kpl)				Valuma ( $l\ s^{-1}\ km^2$ )			
	Talvi	Kevät	Kesä	Syksy	Talvi	Kevät	Kesä	Syksy
10 %	106	6	116	17	1,2	0,8	0,9	1,3
20 %	57	4	88	15	2,1	1,8	2,0	1,6
30 %	45	11	117	30	2,9	3,0	3,3	2,9
40 %	44	9	149	34	4,5	3,2	4,4	4,7
50 %	44	24	104	44	5,3	5,2	6,5	6,4
60 %	35	27	114	53	8,3	9,6	9,6	9,8
70 %	12	41	99	88	12,2	14,2	15,8	16,1
80 %	15	77	42	91	28,7	30,9	26,4	27,3
90 %	6	55	25	31	56,0	50,7	63,7	49,6
95 %	5	59	20	23	72,3	106,6	92,8	80,7
Keskiarvo	369	313	874	426	6,4	41,5	10,4	19,9
Luottamusväli 95 %					5,1 - 7,7	37 - 46	9,2 - 11,5	17,9 - 22,0

Fraktiili	Kiintoaine ( $mg\ l^{-1}$ )				CODMn ( $mg\ l^{-1}\ O_2$ )			
	Talvi	Kevät	Kesä	Syksy	Talvi	Kevät	Kesä	Syksy
10 %	4,2	2,7	9,2	4,7	42	55	73	50
20 %	4,4	2,4	6,0	5,0	46	41	55	57
30 %	3,2	4,9	5,3	3,4	45	70	49	42
40 %	4,7	4,7	6,5	3,9	30	55	50	37
50 %	3,7	5,2	6,6	3,2	50	47	48	44
60 %	3,8	4,0	6,1	2,8	39	30	46	41
70 %	3,2	3,4	6,3	3,5	32	34	42	43
80 %	5,2	4,3	5,9	4,1	29	26	54	47
90 %	2,6	4,5	6,5	8,1	27	24	40	53
95 %	9,1	5,3	6,9	7,1	37	20	44	46
Keskiarvo	4,1	4,5	6,5	4,1	42	28	52	45
Luottamusväli 95 %	3,5 - 4,7	3,9 - 5,1	5,8 - 7,3	3,7 - 4,6	38 - 45	26 - 30	50 - 54	43 - 48

Fraktiili	Kokonaistyyppi ( $\mu g\ l^{-1}$ )				Kokonaisfosfori ( $\mu g\ l^{-1}$ )			
	Talvi	Kevät	Kesä	Syksy	Talvi	Kevät	Kesä	Syksy
10 %	1 513	1 233	1 800	1 708	56	19	119	63
20 %	1 819	955	1 364	1 313	67	46	84	64
30 %	1 650	2 263	1 215	1 615	51	57	60	39
40 %	1 354	1 333	1 395	1 697	48	50	81	49
50 %	1 681	1 491	1 422	1 357	79	68	66	36
60 %	1 842	1 251	1 295	1 343	44	47	56	40
70 %	1 890	1 298	1 222	1 750	39	41	51	42
80 %	1 441	1 200	1 524	1 757	38	34	57	41
90 %	1 387	1 174	1 206	2 129	30	39	41	44
95 %	1 326	1 081	1 353	1 910	45	28	42	40
Keskiarvo	1 620	1 243	1 385	1 672	56	40	72	43
Luottamusväli 95 %	1510 - 1730	1167 - 1319	1322 - 1449	1571 - 1774	49 - 63	37 - 43	66 - 78	40 - 46



Fraktiili	Kokonaistyyppi (g ha <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )				Kokonaisfosfori (g ha <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )			
	Talvi	Kevät	Kesä	Syksy	Talvi	Kevät	Kesä	Syksy
10 %	1,5	0,8	1,3	2,2	0,05	0,01	0,06	0,06
20 %	3,0	1,3	1,9	1,6	0,10	0,07	0,11	0,07
30 %	3,4	6,6	3,2	4,2	0,10	0,15	0,14	0,10
40 %	4,7	3,7	4,8	6,7	0,16	0,13	0,26	0,20
50 %	7,0	6,6	7,4	6,7	0,30	0,32	0,33	0,18
60 %	12,2	10,0	9,9	10,8	0,28	0,40	0,44	0,33
70 %	20,3	15,7	16,0	23,0	0,43	0,52	0,68	0,61
80 %	34,7	30,7	33,2	40,6	0,95	0,93	1,17	0,94
90 %	71,8	51,0	68,5	91,3	1,54	1,66	2,46	1,95
95 %	104,4	94,9	110,6	122,3	3,56	2,55	3,54	2,56
Keskiarvo	8,5	39,6	11,5	30,0	0,25	1,18	0,46	0,70
Luottamusväli 95 %	6,6 - 10	35 - 44	9,8 - 13	26 - 34	0,19 - 0,31	1,05 - 1,31	0,40 - 0,52	0,62 - 0,78

Fraktiili	Kiintoaine (g ha <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )				CODMn (g ha <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )			
	Talvi	Kevät	Kesä	Syksy	Talvi	Kevät	Kesä	Syksy
10 %	4	2	6	5	30	34	42	44
20 %	7	3	9	6	63	49	75	55
30 %	7	14	14	9	88	167	119	94
40 %	16	12	22	16	100	149	165	135
50 %	16	21	34	17	184	198	242	203
60 %	26	30	46	24	241	236	352	307
70 %	33	42	86	52	357	396	557	558
80 %	112	118	119	93	668	632	1 195	1 072
90 %	139	186	377	373	1 367	1 028	2 217	2 181
95 %	539	503	624	465	2 916	1 677	3 442	2 854
Keskiarvo	24	173	57	91	188	770	385	754
Luottamusväli 95 %	16 - 33	136 - 211	46 - 69	70 - 111	139 - 237	693 - 846	338 - 433	667 - 842

Liite 14. Eteelä-Suomen perustason kohteiden näytteenottohetkien keskimääräiset valumaveden ainepitoisuudet sekä näytteenottovuorokausien keskimääräiset valumat ja ominaiskuormitukset valumaluokittain (fraktiilit) sekä keskimäärin koko tarkkailujaksolla 2008–2013.

Fraktiili %	Näytteitä kpl	Valuma l/s km <sup>2</sup>	SS mg/l	Kok.N µg/l	Kok. P µg/l	CODMn mg/l O <sub>2</sub>	SS g/ha d	Kok.N g/ha d	Kok. P g/ha d	CODMn g/ha d
10 %	n=76	2,1	9,4	2075	88	38	16	3	0,1	42
20 %	n=41	2,8	11,4	2553	83	43	24	6	0,1	71
30 %	n=49	4,4	9,5	2057	73	35	35	8	0,2	108
40 %	n=41	5,0	8,2	2154	82	42	37	9	0,3	156
50 %	n=44	7,9	10,3	2370	67	38	69	16	0,4	229
60 %	n=52	9,8	9,5	2304	63	40	84	19	0,5	312
70 %	n=47	15,9	8,6	2450	51	41	114	33	0,6	543
80 %	n=68	33,0	13,7	2523	50	44	428	71	1,4	1209
90 %	n=33	63,9	11,5	2018	40	37	726	113	2,3	2056
95 %	n=33	165,2	24,8	1957	47	25	3529	317	6,9	3190
<b>Keskiarvo</b>	<b>n=484</b>	<b>25,0</b>	<b>11</b>	<b>2259</b>	<b>66</b>	<b>39</b>	<b>387,9</b>	<b>48,5</b>	<b>1,0</b>	<b>671,5</b>

Liite 15. Etelä-Suomen pintavalutuskentällisten kohteiden näytteenottohetkien keskimääräiset pitoisuudet sekä näytteenottovuorokausien keskimääräiset valumat ja ominaiskuormitukset valumaluokittain (fraktiilit) sekä keskimäärin koko tarkkailujaksolla 2008–2013.

Fraktiili	Näytteitä	Valuma	SS	Kok.N	Kok. P	CODMn	SS	Kok.N	Kok. P	CODMn
%	kpl	l/s km <sup>2</sup>	mg/l	µg/l	µg/l	mg/l O <sub>2</sub>	g/ha d	g/ha d	g/ha d	g/ha d
10 %	n=158	0,9	7,8	1946	102	70	5	2	0,1	40
20 %	n=87	1,8	5,8	1729	83	62	8	3	0,1	76
30 %	n=104	2,5	5,0	1875	68	61	12	4	0,1	126
40 %	n=121	3,8	7,1	1719	81	54	22	6	0,3	165
50 %	n=117	5,1	6,2	1844	75	61	27	8	0,3	250
60 %	n=119	8,7	5,3	1678	56	51	37	12	0,4	358
70 %	n=125	15,0	4,2	1793	52	49	55	23	0,7	617
80 %	n=130	28,0	5,1	1726	46	47	120	40	1,1	1068
90 %	n=62	50,1	6,3	1629	44	43	287	71	2,0	1849
95 %	n=55	76,9	6,4	1519	37	36	428	100	2,5	2377
<b>Keskiarvo</b>	<b>n=1078</b>	<b>14,4</b>	<b>5,9</b>	<b>1793</b>	<b>69</b>	<b>55</b>	<b>71</b>	<b>21</b>	<b>0,60</b>	<b>537</b>

Liite 16. Etelä-Suomen kosteikkokohteiden näytteenottohetkien keskimääräiset pitoisuudet sekä näytteenottovuorokausien keskimääräiset valumat ja ominaiskuormitukset valumaluokittain (fraktiilit) sekä keskimäärin koko tarkkailujaksolla 2008–2013.

Fraktiili	Näytteitä	Valuma	SS	Kok.N	Kok. P	CODMn	SS	Kok.N	Kok. P	CODMn
%	kpl	l/s km <sup>2</sup>	mg/l	µg/l	µg/l	mg/l O <sub>2</sub>	g/ha d	g/ha d	g/ha d	g/ha d
10 %	n=75	0,7	6,8	1642	82	51	4	1	0,0	30
20 %	n=45	1,8	7,6	1756	77	53	11	3	0,1	74
30 %	n=44	2,8	7,3	1484	69	44	17	3	0,2	104
40 %	n=51	3,9	7,8	1543	68	48	26	5	0,2	160
50 %	n=45	5,4	9,4	1375	60	44	41	6	0,3	197
60 %	n=54	8,5	9,4	1443	55	40	71	11	0,4	293
70 %	n=51	14,6	10,8	1612	57	44	143	20	0,7	561
80 %	n=55	31,1	10,9	1538	50	37	295	40	1,4	982
90 %	n=23	50,9	10,4	1420	41	31	502	60	1,8	1267
95 %	n=21	100,7	21,5	1514	45	32	1933	126	3,9	2735
<b>Keskiarvo</b>	<b>n=464</b>	<b>14,9</b>	<b>9,3</b>	<b>1546</b>	<b>63</b>	<b>44</b>	<b>181</b>	<b>19</b>	<b>0,65</b>	<b>457</b>

Liite 17. Pintavalutuskentällisten kohteiden (n = 8) näytteenottovuorokausien keskivalumat, pintavalutuskentille tulevan (yp) ja lähtevän (ap) veden keskimääräiset ainepitoisuudet sekä pitoisuusreduktiot fraktiileittain.

Fraktiili %	Näytteitä kpl	Valuma l s <sup>-1</sup> km <sup>-2</sup> ap	Kiintoaine mg l <sup>-1</sup>		Red. %	Kok.N µg l <sup>-1</sup>		Red. %	Kok.P µg l <sup>-1</sup>		Red. %	CODMn mg l <sup>-1</sup> O <sub>2</sub>		Red. %
			yp	ap		yp	ap		yp	ap		yp	ap	
10 %	n=103	1,1	19,8	6,8	66	2228	1869	16	154	90	42	56	62	-11
20 %	n=56	2,0	21,1	6,4	70	2290	1749	24	178	87	51	61	59	3
30 %	n=73	2,9	18,1	5,2	71	2242	1773	21	129	58	55	55	56	-2
40 %	n=79	3,9	16,8	8,9	47	2299	1880	18	113	78	30	52	54	-3
50 %	n=73	5,5	13,2	5,0	62	2203	1753	20	109	60	45	54	54	0
60 %	n=80	8,9	15,8	6,0	62	2262	1709	24	85	48	44	48	47	2
70 %	n=73	14,9	11,4	4,3	62	2441	1923	23	83	48	42	52	49	5
80 %	n=77	28,7	15,3	5,7	63	2394	1844	23	74	45	40	53	48	9
90 %	n=40	50,8	23,3	7,6	67	2525	1833	27	75	41	46	54	47	13
95 %	n=35	79,1	18,4	7,9	57	1885	1557	17	53	35	34	37	36	5
<b>Keskiarvo</b>	<b>n=689</b>	<b>14,4</b>	<b>17,0</b>	<b>6,3</b>	<b>63</b>	<b>2332</b>	<b>1842</b>	<b>21</b>	<b>112</b>	<b>63</b>	<b>44</b>	<b>53</b>	<b>52</b>	<b>1</b>

Liite 18. Kosteikkojen (n = 4) näytteenottovuorokausien keskivalumat, kosteikoille tulevan (yp) ja lähtevän (ap) veden keskimääräiset ainepitoisuudet sekä pitoisuusreduktiot fraktiileittain.

Fraktiili %	Näytteitä kpl	Valuma l s <sup>-1</sup> km <sup>-2</sup> ap	Kiintoaine mg l <sup>-1</sup>		Red. %	Kok.N µg l <sup>-1</sup>		Red. %	Kok.P µg l <sup>-1</sup>		Red. %	CODMn mg l <sup>-1</sup> O <sub>2</sub>		Red. %
			yp	ap		yp	ap		yp	ap		yp	ap	
10 %	n=52	0,8	14,3	6,7	53	1901	1724	9	120	77	36	43	53	-23
20 %	n=38	1,8	13,5	8,3	39	1915	1767	8	140	78	44	46	55	-19
30 %	n=31	2,8	14,3	7,6	47	1943	1466	25	127	71	44	43	45	-4
40 %	n=33	3,9	16,4	9,2	43	2014	1728	14	116	68	42	47	53	-13
50 %	n=33	5,4	26,3	11,5	56	1860	1469	21	100	67	33	48	49	-3
60 %	n=44	8,6	19,1	10,7	44	1909	1387	27	78	57	28	42	40	6
70 %	n=34	15,0	28,4	12,5	56	2088	1685	19	87	55	37	47	45	4
80 %	n=40	31,0	24,3	10,0	59	1973	1571	20	61	43	29	43	36	16
90 %	n=16	52,0	23,1	11,2	52	1757	1286	27	62	38	39	37	30	18
95 %	n=15	96,1	47,1	21,9	54	1723	1509	12	64	41	36	37	31	17
<b>keskiarvo</b>	<b>336</b>	<b>14,6</b>	<b>20,7</b>	<b>10,1</b>	<b>51</b>	<b>1927</b>	<b>1584</b>	<b>18</b>	<b>100</b>	<b>62</b>	<b>37</b>	<b>44</b>	<b>45</b>	<b>-3</b>

Liite 19. Kasvillisuuskenttien (ruokohelpi) (n = 3) näytteenottovuorokausien keskivalumat, kasvillisuuskentille tulevan (yp) ja lähtevän (ap) veden keskimääräiset ainepitoisuudet sekä pitoisuusreduktiot fraktiileittain.

Fraktiili %	Näytteitä kpl	Valuma l s <sup>-1</sup> km <sup>-2</sup> ap	Kiintoaine mg l <sup>-1</sup>		Red. %	Kok.N µg l <sup>-1</sup>		Red. %	Kok.P µg l <sup>-1</sup>		Red. %	CODMn mg l <sup>-1</sup> O <sub>2</sub>		Red. %
			yp	ap		yp	ap		yp	ap		yp	ap	
10 %	n=33	0,4	6,7	5,4	20	1326	1112	16	106	99	7	31	35	-12
20 %	n=31	0,9	8,4	4,7	44	1328	1097	17	71	63	11	30	33	-9
30 %	n=43	2,2	7,1	4,9	30	1270	958	25	51	48	4	26	30	-16
40 %	n=33	3,9	6,2	4,4	30	1380	1087	21	60	58	4	29	32	-9
50 %	n=34	5,3	8,9	4,8	46	1458	1121	23	54	51	6	29	30	-6
60 %	n=48	8,8	6,5	3,3	50	1507	1062	30	49	44	11	30	30	2
70 %	n=42	15,0	8,5	3,1	64	1774	1117	37	42	38	11	31	29	7
80 %	n=51	25,2	8,1	3,8	53	1848	1196	35	36	32	9	32	29	10
90 %	n=17	49,2	5,4	2,7	49	1705	1203	29	25	26	-5	29	26	12
95 %	n=14	150,7	10,2	5,8	43	1925	1517	21	42	37	11	41	36	12
<b>keskiarvo</b>	<b>344</b>	<b>16,6</b>	<b>7,5</b>	<b>4,2</b>	<b>44</b>	<b>1536</b>	<b>1117</b>	<b>27</b>	<b>54</b>	<b>50</b>	<b>8</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>-1</b>