

Lisäveden johtamisen vaikutus Pien-Saimaan vedenlaatuun

Coherens-malliarvio

Ninni Liukko
Timo Huttula

YMPÄRISTÖN-
SUOJELU

Lisäveden johtamisen vaikutus Pien-Saimaan vedenlaatuun

Coherens-malliarvio

**Ninni Liukko
Timo Huttula**

Helsinki 2013

SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUS



S Y K E

SUOMEN YMPÄRISTÖ 6 | 2013
Suomen ympäristökeskus (SYKE)
Vesikeskus

Taitto: Ritva Koskinen
Kansikuva: Ympäristöhallinnon kuvapankki; Esa Nikunen
(kuva ei ole Pien-Saimaalta)

Julkaisu on saatavana ainoastaan internetistä:
www.syke.fi/julkaisut | helda.helsinki.fi/syke

ISBN 978-952-11-4166-9 (PDF)
ISSN 1796-1637 (verkkoj.)

ESIPUHE

Tämä työ on osaraportti, joka liittyy Lappeenrannan kaupungin koordinoimaan Pien3D-hankeeseen (Läntisen Pien-Saimaan alueen virtausten ja pumppaamon paikan selvittäminen, EAKR 802329, vastuuhenkilö ympäristöjohtaja Ilkka Räsänen). Pien3D-hankeessa on selvitetty lisäveden johtamista Suur-Saimaalta Pien-Saimaalle ja sen vaikutusta Pien-Saimaan veden laatuun. Pien-Saimaan järvialueen tila on herättänyt huolta alueen asukkaissa ja toimijoissa jo pitkään. Järven rehevöityminen, samea vesi ja viime vuosina ilmenneet laajat sinileväkukinnat ovat heikentäneet järven virkistysarvoa merkittävästi.

Lisäveden johtamisen tavoitteena on parantaa vastaanottavan vesistön tilaa pääasiassa kahta kautta: laimentamalla korkeita ravinnepitoisuuksia lisäveden avulla sekä lisäämällä veden vaihtuvuutta ja siten estämällä rehevöitymistä. Lisäveden johtaminen toteutetaan pumppaamon ja virtauskanavan avulla. Pien3D-hanke on sisältänyt lisäveden johtamiseen tarvittavien pumppaamoiden yleissuunnittelun, kolmiulotteisen Coherens-virtaus- ja vedenlaatumallin laadinnan sekä ympäristövaikutusten arvioinnin. Tämä työ keskittyy Pien-Saimaan Coherens-mallin sovellukseen ja sen tuloksiin. Työssä on esitetty mallin virtaus- ja vedenlaatutulokset avovesikaudella 2010 sekä monivuotisella laskentajaksolla 2001-2006. Tässä raportissa vedenlaadulla tarkoitetaan kiintoaineen, kokonaisfosforin ja kokonaistypen pitoisuuksia vedessä.

SISÄLLYS

I Materiaali ja metodit.....	7
1.1 Mallikuvaus	7
1.2 Tutkimusalue.....	7
1.3 Mallisovellus	9
1.3.1 Laskentavaihtoehdot.....	10
1.3.2 Sisäänsyöttödata avovesikausien laskennoissa	11
1.3.3 Sisäänsyöttödata jaksolla 2001-2006	14
1.4 Havaintopaikat.....	15
2 Mallin kalibrointi ja validointi.....	17
2.1 Fysikaalisen mallin validointi.....	17
2.2 Sedimentti- ja vedenlaatumallien kalibrointi avovesikaudella 2010.....	19
2.3 Mallin testaus avovesikaudella 2009.....	21
2.4 Mallin testaus monivuotisella laskentajaksolla 2001-2006	24
2.5 Yhteenveto mallin luotettavuudesta	27
3 Tulokset eri pumppausvaihtoehdoilla avovesikauden 2010 tilanteessa.....	28
3.1 Veden ikä-muuttuja.....	28
3.2 Kiintoaineen ja ravinteiden aikasarjat Maavedellä	31
3.3 Kiintoaineen ja ravinteiden aikasarjat Riutanselällä.....	35
3.4 Kiintoaineen ja ravinteiden aikasarjat Sunisenselällä.....	38
3.5 Kiintoaineen ja ravinteiden aikasarjat Sunisenselän vedenottoaikoilla.....	41
3.6 Kiintoaineen ja ravinteiden aikasarjat Niemisenselällä.....	44
3.7 N/P-suhteet.....	48
3.8 Vedenlaatu jakson lopussa	53
3.9 Yhteenveto avovesikauden 2010 laskentojen tuloksista.....	60
4 Tulokset monivuotisella laskentajaksolla	62
4.1 Maavesi	62
4.2 Riutanselkä	63
4.3 Sunisenselkä.....	65
4.4 Niemisenselkä.....	66
4.5 Yhteenveto monivuotisen jakson tuloksista.....	67
5 Johtopäätökset.....	69
Kirjallisuus	70
Kuvailulehdet.....	71

1 Materiaali ja metodit

1.1

Mallikuvaus

Coherens-malli on kolmiulotteinen virtaus- ja vedenlaatumalli. Se on kehitetty Belgiassa olevassa Management Unit for the Management of Mathematical Models for the North Sea (MUMM) -yksikössä. Luyten ym. (1999) antavat tarkan kuvauksen Coherens-mallista. Malliin kuuluvat fysikaalinen malli, sedimenttimalli ja vedenlaatumalli.

Fysikaalisessa mallissa on osamallit virtauksia, suolaisuutta ja lämpötilaa varten. Virtauslaskennassa tässä työssä käytettiin algebrallista muotoilua turbulenssin laskeamiseen. Aallot ja virtaukset ovat mallissa vuorovaikutuksessa pohjan kanssa pohjaan vaikuttavan voiman kautta, mikä mahdollistaa resuspension eli kiintoaineen ja ravinteiden vapautuminen pohjasta takaisin vesipatsaaseen. Mallin fysikaalinen osa on ollut mukana EMAPS-mallivertailuhankkeessa Suomenlahdelle ja sen on todettu toimivan hyvin (Myrberg ym. 2010).

Sedimenttimalli kuvaa veteen sekoittuneen kiintoaineen ja epäorgaanisen aineen vajoamista ja kiertoa. Sedimenttimallin muuttujilla on vajoamisnopeudet, jotka aiheuttavat aineen vajoamista kohti pohjaa. Pohjalla aine siirtyy ”nöyhtäkerrokseen”, jolla on rajallinen kyky pidättää aineita. Nöyhtäkerroksessa olevaa ainetta voi poistua alapuoliseen sedimenttiin ja toisaalta siitä voi myös vapautua ainetta takaisin yläpuoliseen vesipatsaaseen (resuspensio).

Vedenlaatumalli on Suomen ympäristökeskuksessa (SYKE) kehitetty osamalli, joka perustuu alun perin SYKE-YVA-mallin biologiseen osaan (Kiirikki ym. 2001) ja jolla lasketaan kokonaistypen ja -fosforin kiertoa ja leväkasvua. Vedenlaatumallin muuttujilla, kuten sedimenttimallinkin muuttujilla, on jokaisella oma vajoamisnopeutensa. Aineet kulkeutuvat vedessä ja kiertävät sedimentin nöyhtäkerroksen kautta samoin, kuin sedimenttimallin muuttujat. Vedenlaatumallissa on myös mahdollisuus laskea leväkasvua. Levien käyttämät ravinteet eivät kuitenkaan poistu kokonaisravinteresurssista, vaan kokonaisravinteiden kulkeutumisista voidaan seurata samoin kuin tilanteessa, jossa leväkasvua ei tapahdu.

1.2

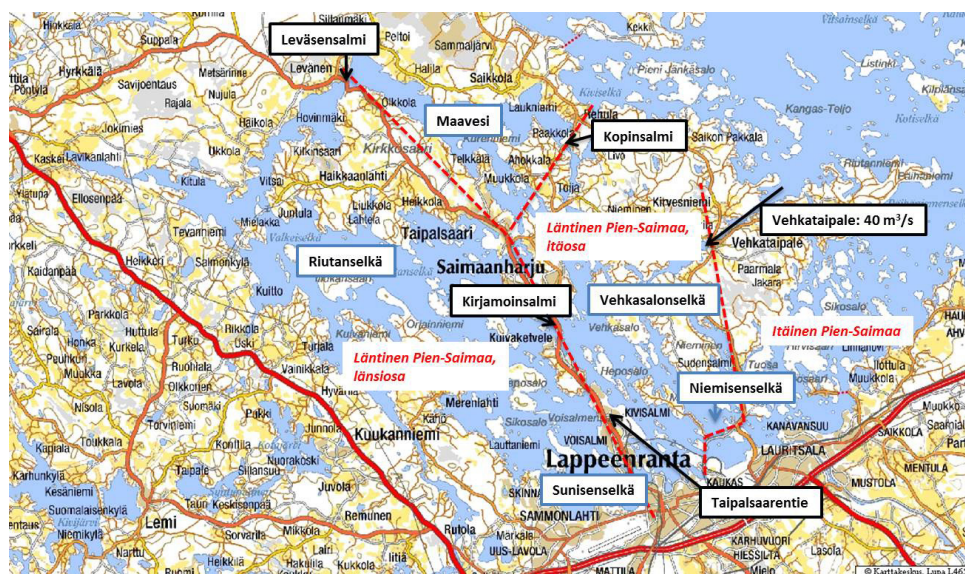
Tutkimusalue

Tutkimusalueena tässä työssä on Pien-Saimaan alue, joka rajautuu eri osa-alueisiin mm. erilaisen vedenvaihtuvuuden perusteella (Kuva 1). Kapea salmi Lauritsalassa Lappeenrannan edustalla jakaa Pien-Saimaan Itäiseen ja Läntiseen osaan. Lappeenrannasta Taipalsaarelle kulkeva pengerretty Taipalsaarentie jakaa vielä Läntisen Pien-Saimaan itäiseen ja läntiseen osaan. Vedenvaihto Läntisen Pien-Saimaan itäisen ja läntisen osan välillä tapahtuu Taipalsaarentiehen puhkaistujen kolmen

kapean salmen, Kirjamoinsalmen, Kivisalmen ja Voisalmen kautta. Taipalsaarentien salmista Kirjamoinsalmi on suurin ja sen kautta vesi vaihtuu parhaiten. Kivisalmissa ja Voisalmissa vesi vaihtuu vain kapean silta-aukon kautta. Vesi voi liikkua Läntisen Pien-Saimaan itä- ja länsiosan välillä myös Maaveden kautta, joka on pohjoisessa erillään Läntisestä Pien-Saimaasta. Maavedelle johtaa kaksi kapeaa salmea, Kopinsalmi ja Leväsensalmi. Molempiin salmiin on rakennettu pengertie ja vesi vaihtuu vain kapeiden silta-aukkojen kautta.

Läntisen Pien-Saimaan länsiosassa tämän työn kannalta tärkeimmät vesialueet ovat Riutanselkä ja Sunisenselkä, joka Lappeenrannan kaupungin edustalla olevana vesialueena on tärkeä virkistyskäytön kannalta. Sunisenselällä sijaitsevat myös Lappeenrannan kaupungin vedenottoaikat, joista saadaan osa kaupungin juomavedestä. Riutanselällä sijaitsee puolestaan Läntisen Pien-Saimaan syvin kohta. Maaveden alue on hyvin matalaa ja vedenlaatu on muuta Pien-Saimaan aluetta heikompi valuma-alueelta tulevan kuormituksen ja humusaineiden takia. Läntisen Pien-Saimaan itäosassa sijaitsevat Vehkasalonselkä ja Niemisenselkä, jonka eteläosassa sijaitsee Kaukaan tehtaiden vedenottoaikka.

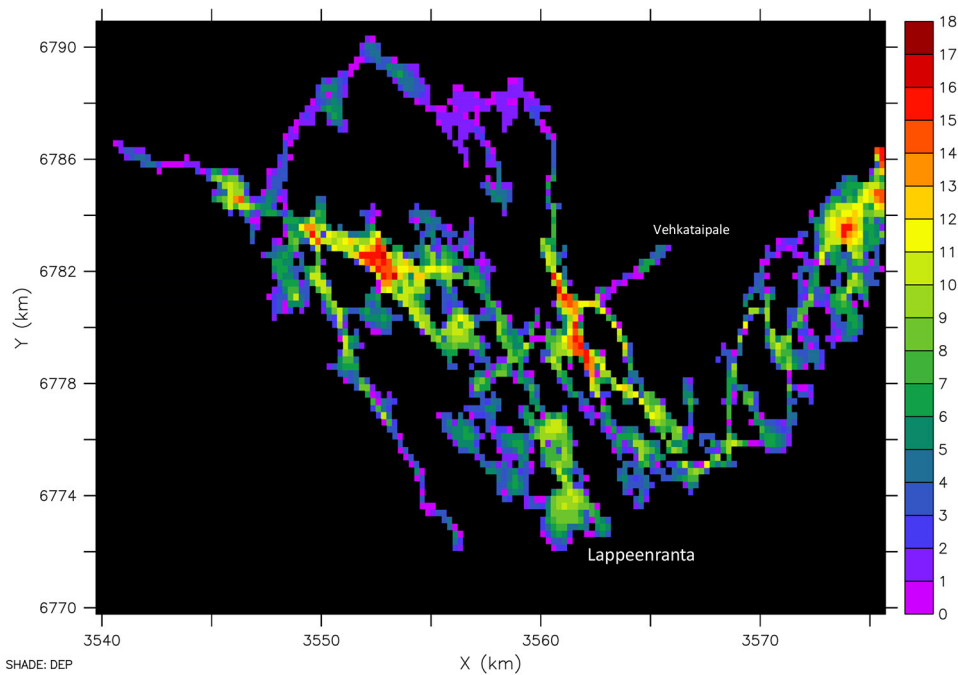
Vehkataipaleen pumppaamolla Suur-Saimaan vettä johdetaan Läntisen Pien-Saimaan itäosaan jatkuvasti $40 \text{ m}^3/\text{s}$. Pumppaus aloitettiin Kaukaan Tehdas Oy:n aloitteesta vuonna 1936. Pumppaus on lisännyt veden vaihtuvuutta ja parantanut vedenlaatua Läntisen Pien-Saimaan itäosassa. Alueen rikkonaisuudesta ja kapeista salmista johtuen veden vaihtuvuus on kuitenkin jäänyt vähäiseksi Maavedellä ja Taipalsaarentien länsipuolella Läntisen Pien-Saimaan länsiosassa.



Kuva 1. Pien-Saimaan alue ja tässä tutkimuksessa painotetut kohteet. Pien-Saimaan osa-alueet on rajattu punaisin katkoviivoin. Siniset laatikot näyttävät tärkeimpien vesialtaiden sijainnit ja mustat laatikot näitä altaita rajoittavien salmien sekä Taipalsaarentien sijainnit.

Mallisovellus

Pien-Saimaan alueelle tehdyn mallisovelluksen hilakooksi valittiin 250m*250m (Kuva 2). Vaakasunnassa ruutuja on 144 ja pystysunnassa 85. Syvyysuunnassa alue jaettiin kymmeneen yhtä paksuun sigmakerrokseen jokaisen hilaruudun kohdalla. Syvyyskerrosten paksuus eri pisteissä horisontaalisesti liikuttaessa vaihtelee siis pohjan syvyyden mukaan, mikä helpottaa virtauslaskentaa paikoissa, joissa pohjan muodot ovat jyrkkiä. Pien-Saimaa on erittäin saaristoinen ja rikkonainen vesialue, mikä teki mallihilan laatimisesta haastavaa. Kun hila oli interpoloitu syvyystietojen perusteella, kaikki vedenvaihdon kannalta oleelliset salmet eivät olleet avoinna. Tästä syystä mm. Läntisen Pien-Saimaan itäosassa Maaveden suuntaan johtavaa kapeaa vesireittiä sekä Kopinsalmea jouduttiin joiltakin kohdilta syventämään manuaalisesti eli muuttamaan maaruutuja vesiruuduiksi. Uusia vesihilaruutuja asetettaessa käytettiin aina mallissa käytössä olevaa minimisyvyyttä 0,51 m. Vesiteitä avattiin myös muualla Maaveden alueella, Leväsensalmessa sekä Itäisen Pien-Saimaan alueella sekä Jokilahdessa ja Lavikanlahdessa. Kirjamoinsalmen syvyyttä korjattiin siten, että salmen poikkileikkaus tuli oikeaksi. Muut kapeat Taipalsaarentien läpäisevät salmet Kivisalmi ja Voisalmi jätettiin suljetuiksi.



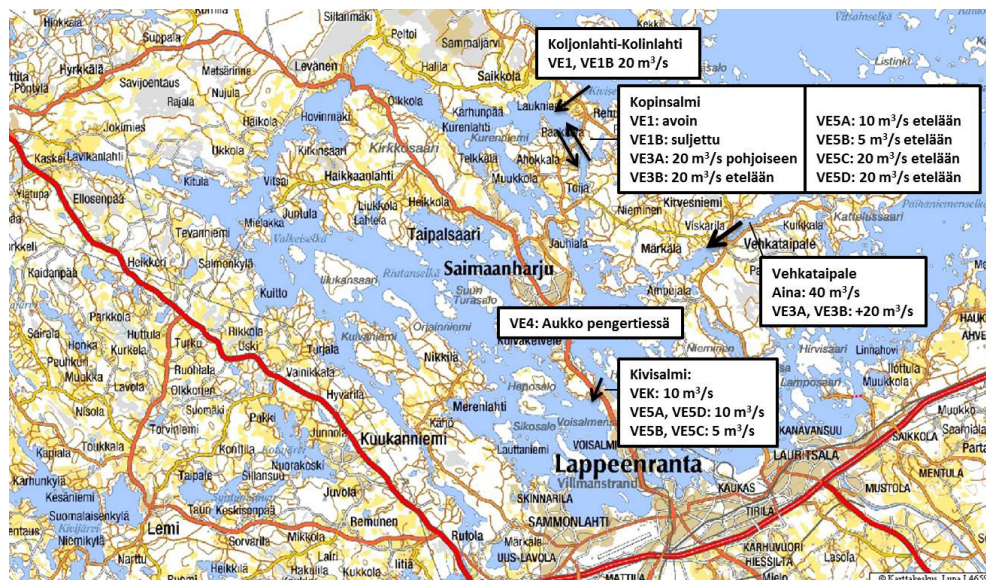
Kuva 2. Pien-Saimaan mallisovelluksen hila. Värit kuvaavat veden syvyyttä metreinä.

Laskentavaihtoehdot

Mallilla lasketut vaihtoehdot lyhennelmiseen on esitetty alla:

- VE0: Nykytilanne
- VE1: Koljonlahden-Kolinlahden kohdalta pumpataan Maavedelle +20 m³/s
- VE1B: Koljonlahden-Kolinlahden kohdalta pumpataan Maavedelle +20 m³/s ja Kopinsalmi on suljettu.
- VE3A: Vehkataipaleelta pumpataan nykyisen lisäksi +20 m³/s ja Kopinsalmessa virtausta kiihdytetään pohjoiseen päin 20 m³/s verran.
- VE3B: Vehkataipaleelta pumpataan nykyisen lisäksi +20 m³/s ja Kopinsalmessa virtausta kiihdytetään etelään päin 20 m³/s verran.
- VE4B: Ravinnekuormaa pienennetään 10% nykyisestä. Lisäaukko pengertiesä.
- VEK: Kivisalmissa pumppaus 10 m³/s etelään.
- VE5A: Kopinsalmessa pumppaus etelään 10 m³/s ja Kivisalmissa etelään 10 m³/s
- VE5B: Kopinsalmessa pumppaus etelään 5 m³/s ja Kivisalmissa etelään 5 m³/s
- VE5C: Kopinsalmessa pumppaus etelään 20 m³/s ja Kivisalmissa etelään 5 m³/s
- VE5D: Kopinsalmessa pumppaus etelään 20 m³/s ja Kivisalmissa etelään 10 m³/s

Kaikissa vaihtoehdoissa kuvatut toimenpiteet tulevat nykytilanteen toimenpiteen (40 m³/s pumppaus Vehkataipaleella) lisäksi. Kuvassa 3 on esitetty laskentatilanteisiin liittyvät pumppaamojen paikat ja pumppaussuunnat kartalla.



Kuva 3. Mallin laskentavaihtoehtoihin liittyvät kohteet ja pumppaussuunnat Pien-Saimaan alueella. Nuolet kuvaavat pumppauksen tai virtauskiihdytyksen suuntaa ja laatikoissa on selvitetty, mihin laskentavaihtoehtoihin kunkin paikan pumppaukset liittyvät.

Mallilla toteutettiin kaikkiin vaihtoehtoihin liittyvät laskennat avovesikauden 2010 tilanteessa. Lisäksi jakson 1.1.2001-31.12.2006 tilanteessa laskettiin nykytilanne sekä vaihtoehto VE5D karkeasti arvioidulla kuormitusdatalla.

Pien3D-hankkeeseen liittyen on julkaistu ympäristövaikutusten arviointiselostus (YVA), (Räsänen ym. 2011), jossa on osin samoja tuloksia kuin tässä raportissa. YVA-selvityksessä käytettiin vaihtoehtoja, joiden pohjalta myös mallin laskentatilanteet on suunniteltu. Alkuperäiset YVA-vaihtoehdot on kuvattu seuraavasti:

- hankkeen toteuttamatta jättäminen (VE0)
- pumppaamon rakentaminen Kolhonlahti-Kolinlahti alueelle ja lisäveden johtaminen Maavedelle (VE1)
- pumppaamon rakentaminen Kutilan alueelle ja lisäveden johtaminen Maavedelle (VE2)
- Vehkataipaleen pumppulaitoksen laajentaminen ja lisäveden johtaminen Kirjamoinsalmen kautta Läntiselle Pien-Saimaalle tai Kopinsalmen kautta Maavedelle (VE3)
- järven ekologisen tilan parantaminen, virkistyskäyttöarvon säilyttäminen ja Sunisenselän vedenoton turvaaminen muilla keinoin kuin lisävettä johtamalla (VE 4)

YVA-vaihtoehtojen ja mallin laskentavaihtoehtojen suhdetta on selvitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Mallin laskentavaihtoehdot suhteessa YVA-vaihtoehtoihin.

Mallin vaihtoehto	Vastaava YVA-vaihtoehto	Huomioita
VE1	VE1	
VE1B	VE2	Mallissa pumppaamo on samassa paikassa kuin vaihtoehdossa I ja Kopinsalmi on suljettu. YVA-tarkastelussa VE1- ja VE2-vaihtoehdoissa on eri pumppaamot n.2-3 km päässä toisistaan.
VE3A	VE3	Mallissa Kopinsalmen pumppaus pohjoiseen päin
VE3B	VE3	Mallissa Kopinsalmen pumppaus etelään päin
VE4B	VE4	Mallissa 10% kuormitusvähennys ja lisäaukko pengertiessä.
VEK		
VE5A		
VE5B		
VE5C		
VE5D		

1.3.2

Sisäänsyöttödata avovesikausien laskennoissa

Säätiedot avovesikausien 2010 ja 2009 (vertailuvuosi) laskentoihin saatiin Ilmatieteen laitoksen Lappeenrannan lentoaseman havaintopaikalta. Tuulen nopeus ja suunta (Kuva 4), ilman lämpötila, ilmankosteus, pilvisuus sekä ilmanpaine luettiin malliin tunnin välisinä havaintoina.

Vuosi 2010 oli sääoloiltaan hieman keskimääräistä kylmempi ja kuivempi Ilmatieteenlaitoksen tilastojen mukaan. Koko maan keskilämpötila oli 1,3 astetta, joka on 0,6 astetta alle pitkäaikaisen keskiarvon. Koko maan sademäärä vuoden aikana oli 560 mm eli noin 30 mm tavanomaista vähemmän. Talvella koettiin pitkiä pakkasjaksoja ja kesällä ennätyshelteitä ja rajuilmoja. (http://ilmatieteenlaitos.fi/tiedotarkisto/-/journal_content/56/30106/124618?refererPlid=38137).

Kiintoaineen, kokonaisfosforin ja kokonaistypen alkuarvot jakson alussa järvi-vedessä saatiin näytteenottotuloksista. Maaveden alueella pitoisuudet ovat selvästi

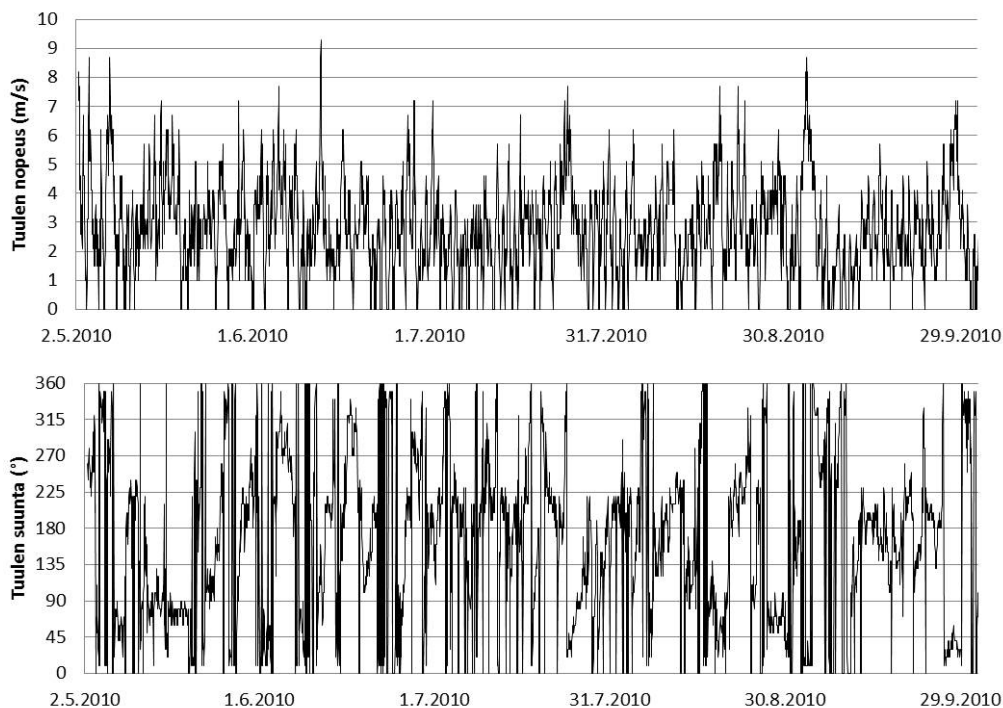
muuta Pien-Saimaata korkeampia, joten sinne asetettiin oma alkuarvo kullekin aineelle. Muualla Pien-Saimaan alueella käytettiin arvoja, jotka saatiin Riutanselän näytteenottotuloksista. Lämpötilan alkuarvona käytettiin vuonna 2009 arvoa 4 °C ja vuonna 2010 arvoa 5 °C koko vesipatsaassa, sillä laskenta aloitettiin jäiden lähdön aikaan keväällä vesimassan ollessa sekoittunut. Alkuarvoa säädettiin sen mukaan, miten mallin tulos sopii ensimmäiseen havaittuun lämpötila-arvoon. Ainepitoisuuksien kohdalla käytettiin ensimmäistä havaittua arvoa laskennan alun jälkeen. Avovesien 2009 ja 2010 laskennoissa käytetyt järiveden alkuarvot on listattu taulukossa 2.

Taulukko 2. Järiveden alkuarvot avovesikausien laskennoissa.

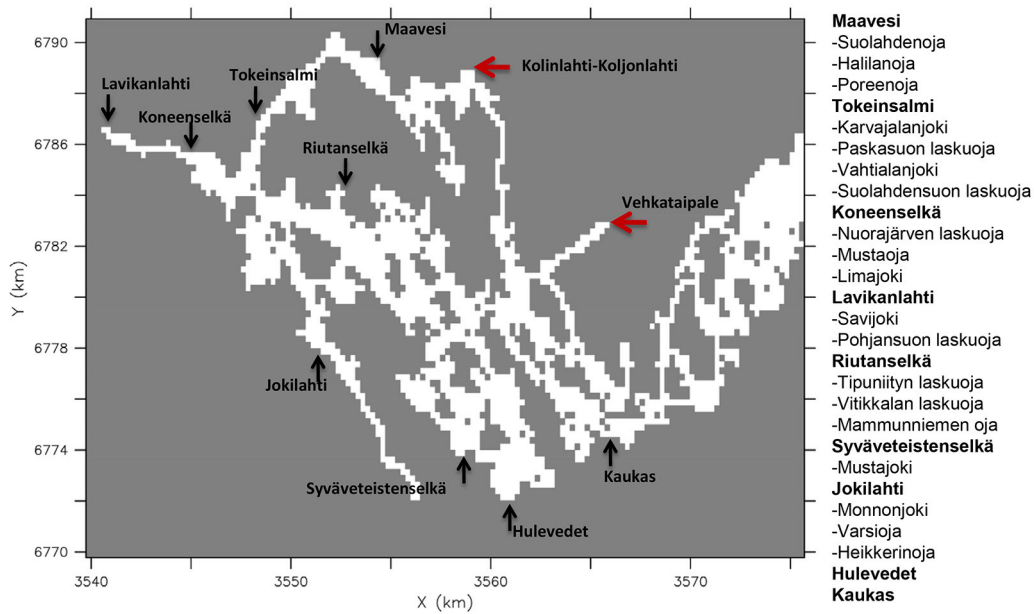
Alue	Avovesikausi	Lämpötila °C	Kiintoaine mg/l	Kok.P µg/l	Kok.N µg/l
Maavesi	2010	5	10	45	540
Muut	2010	5	1,3	16	390
Maavesi	2009	4	4,4	33	790
Muut	2009	4	1,7	12	460

Mallisovellusta varten muodostettiin Pien-Saimaaseen tulevista ojista ”yhdistelmäojia”, jotka koostuvat useammasta oikeasta ojasta (Kuva 5). Yhdistelmäojet muodostettiin ja nimettiin sen vesialueen mukaan, johon ne laskevat. Näiden yhdistelmäojien virtaamat ja pitoisuudet saatiin avovesikausilla 2009 ja 2010 tehdyn ojavesien näytteenoton tuloksista. Yhdistelmäojet ja niiden virtaamat ja pitoisuudet on esitetty kuvassa 6. Malliin pitoisuudet syötettiin päivittäin käyttäen aina edellisen näytteenottokerran tulosta.

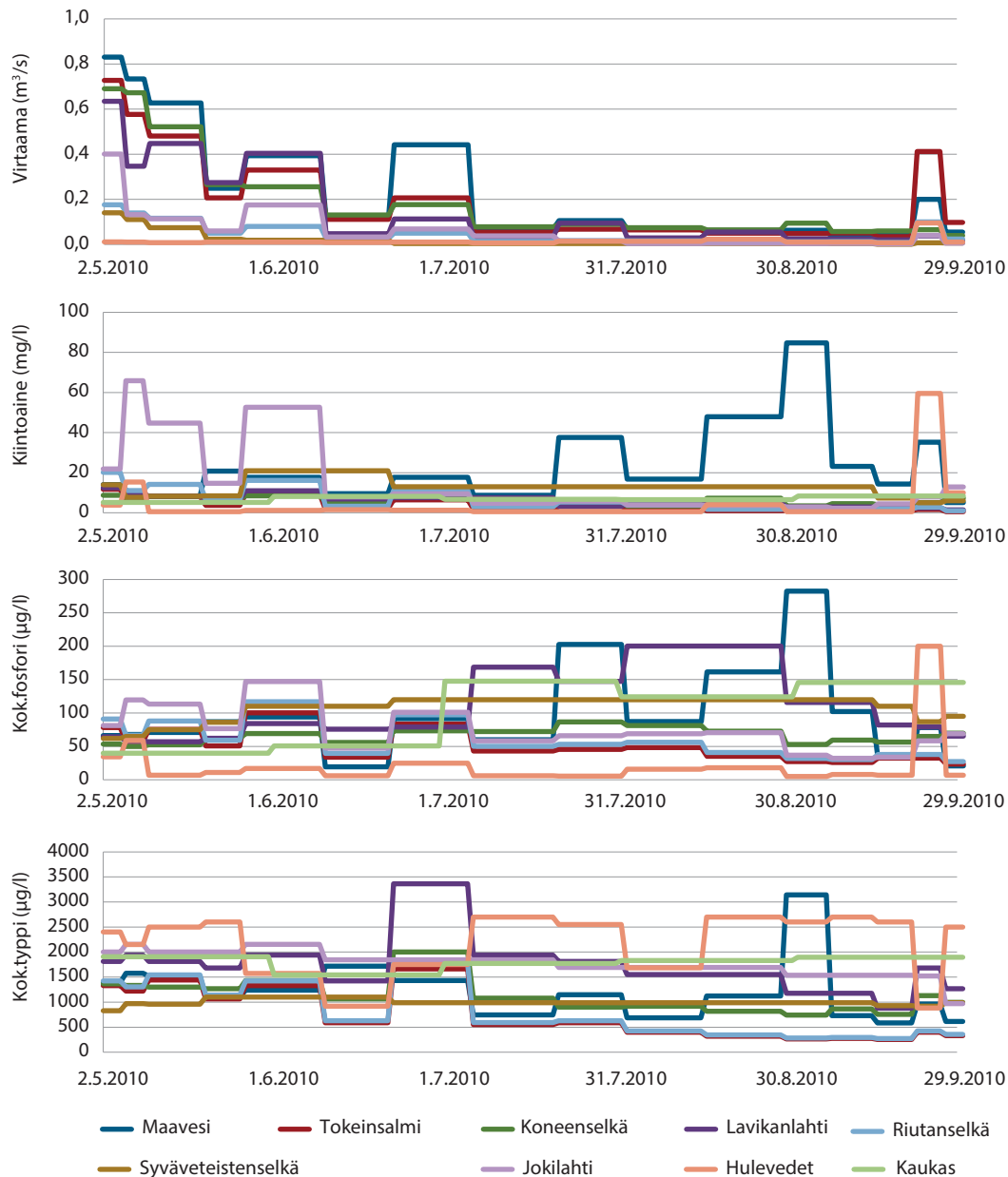
Pumppaamoilta tulevat virtaamat olivat vakioarvoja koko laskentajakson ajan. Virtaamien suuruudet on määritelty laskentavaihtoehtojen yhteydessä luvussa 3.3.1. Pumpatun veden pitoisuudet (Kuva 7) saatiin Vehkatalpaaleen näytteenottopisteen havainnoista. Malliin pitoisuudet syötettiin päivittäin käyttäen aina edellisen näytteenottokerran tulosta.



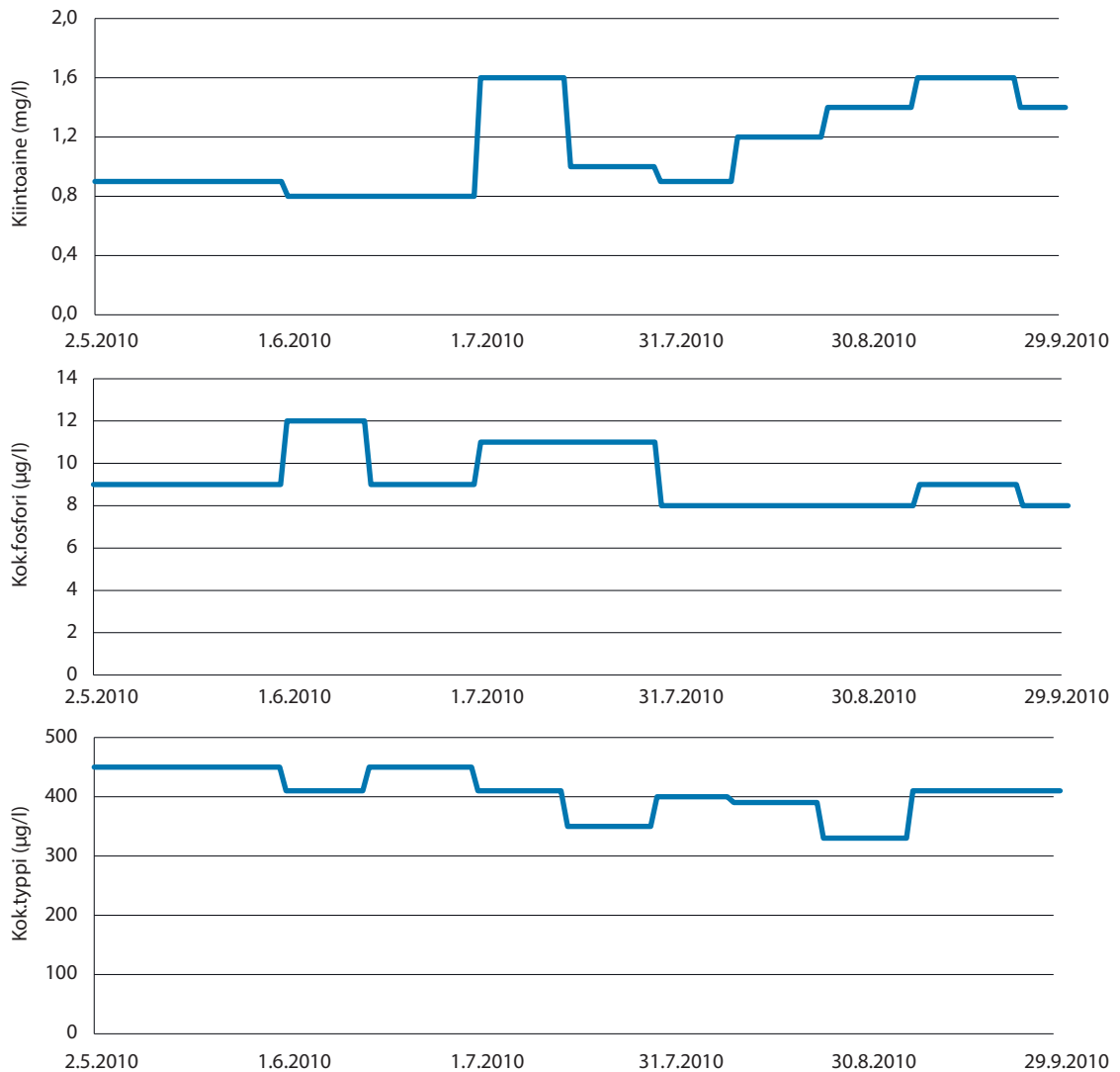
Kuva 4. Tuulen nopeus ja suunta Ilmatieteidenlaitoksen Lappeenrannan lentoaseman havaintoasemalla 2.5.-31.10.2010.



Kuva 5. Mallin sisääntulevat joet. Mustalla merkityt joet ovat useammasta ojasta koostuvia yhdistelmäjoita (listaus oikealla), jotka on nimetty alueittain. Pumppaamot on merkitty punaisella.



Kuva 6. Virtaama sekä kiintoaine-, kokonaisfosfori- ja kokonaistypipitoisuudet malliin sisääntulevissa ojavesien yhdistelmäjoissa.



Kuva 7. Pumppaamoilta tulevan veden kiintoaine, kokonaisfosfori- ja kokonaistyypipitoisuudet 2.5.-31.10.2010.

1.3.3

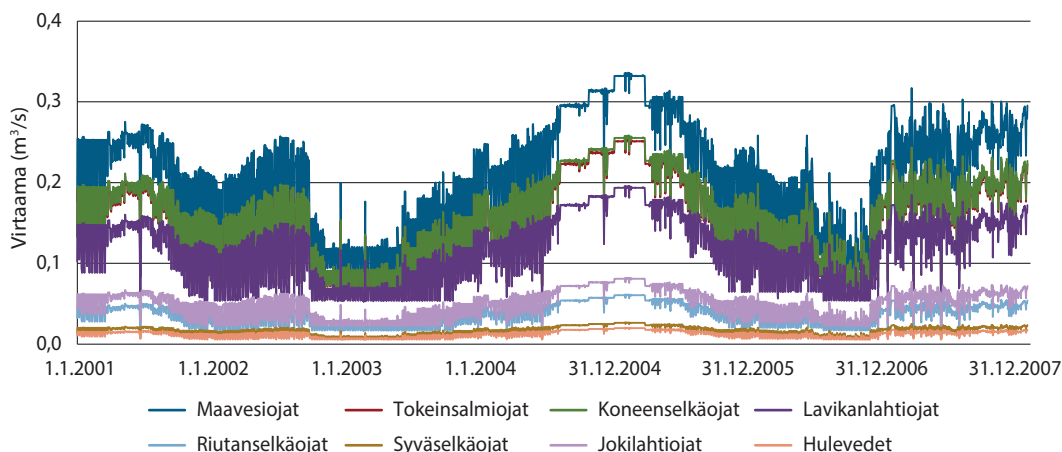
Sisäänsyöttödata jaksolla 2001-2006

Säätiiedot monivuotiseen laskentaan saatiin Ilmatieteen laitoksen Lappeenrannan lentoaseman havaintopaikalta. Tuulen nopeus ja suunta, ilman lämpötila, ilmankosteus, pilvisuus sekä ilmanpaine luettiin malliin kolmen tunnin välisinä havaintoina. Järviveden alkuarvot saatiin näytteenottotuloksista Riutanselän havaintopaikalta (lämpötila 0,8 °C, kiintoaine 1,9 mg/l, kok.P 15 µg/l ja kok.N 540 µg/l). Monivuotisissa laskennoissa käytettiin samoja alkuarvoja koko laskenta-alueella.

Pumppaamoilta tulevat virtaamat olivat vakioarvoja koko laskentajakson ajan, kuten avovesikausien laskennoissakin. Myös Suur-Saimaalta pumpatun veden kiintoaine- ja ravinnepitoisuudet olivat monivuotisissa laskennoissa vakioarvoja (kiintoaine 1,13 mg/l, kok.fosfori 9,34 µg/l ja kok.typpi 438,1 µg/l). Ne saatiin kesällä 2010 tehdyn näytteenoton tuloksista keskiarvona Vehkatakiaipaleen näytteenottopisteeltä.

Ojavesien tuoma kuormitus laskenta-alueelle määriteltiin seuraavasti. Ojavesien kiintoaine- ja ravinnepitoisuudet olivat vakioarvoja, jotka saatiin keskiarvoina avovesikausien 2009 ja 2010 ojavesien näytteenotosta (PISA-ojavesitutkimus ja Pien3D-hankkeessa toteutettu näytteenotto) kullekin yhdistelmäjoelle. Yhdistelmäjo-

kien virtaama arvioitiin suhteessa koko 3. jakovaiheen valuma-alueelta (Ala-Saimaan la) poistuvaan virtaamaan, mikä saatiin WSFS-Vesistömallijärjestelmän tuloksista (<http://www.ymparisto.fi/vesistoennusteet>). Ala-Saimaan la:n virtaaman (avovesikauden 2010 keskiarvo) ja kunkin yhdistelmäjoen virtaaman (avovesikauden 2010 keskiarvo) välille laskettiin korjauskerroin, jonka avulla yhdistelmäjojen arvioitu virtaama laskettiin Ala-Saimaan la:n virtaamasta myös laskentajaksolle 1.1.2001-31.12.2007 päivittäisiksi arvoiksi (Kuva 8). Näin ojavesien tuomalle kuormitukselle pystyttiin karkeasti arvioimaan virtaaman vaihtelu ajan suhteen eli vuoden sisällä tapahtuvat vaihtelut valunnassa pystyttiin huomioimaan, vaikka pitoisuuksina käytettiin vain vakioarvoja.



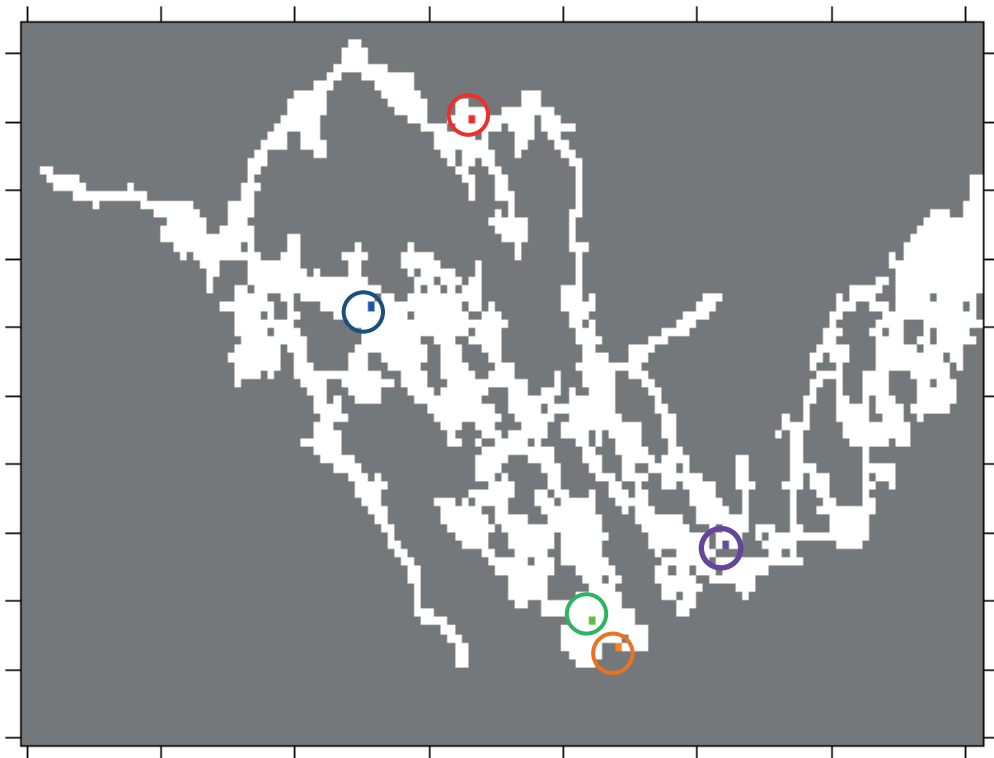
Kuva 8. Mallin sisääntulevien “yhdistelmäjojen” virtaama päivittäisinä arvoina, jotka on laskettu kullekin joelle korjauskertoimen suhteessa Pien-Saimaan la:lta lähtevään virtaamaan. Korjauskerroin kunkin joen ja Pien-Saimaan la:n virtaamien välille on laskettu kesän 2010 keskiarvoista.

1.4

Havaintopaikat

Mallin tulokuvissa on käytetty kuvan 9 mukaisia havaintopaikkoja. Järvihavainnot saatiin kesällä 2010 Pien3D-hankkeen yhteydessä suoritetusta näytteenotosta, jonka havaintopaikat on esitetty kuvassa 10.

Avovesikauden 2009 tulosten vertailussa käytettiin tuloksia Pien-Saimaan sini-levätutkimuksen (Saukkonen 2010) yhteydessä tehdystä näytteenotosta paikoilta (431=Maavesi, LPS10=Riutanselkä, LPS7=Sunisenselkä).



Kuva 9. Mallitulosten esittämisessä käytettyjen havaintopaikkojen sijainnit hilassa. Punainen=Maa-vesi, sininen=Riutanselkä, vihreä=Sunisenselkä, oranssi= Sunisenselän vedenottoaikat ja violetti=Niemisenselän eteläosa (Kaukaan tehtaiden vedenottoaikka)



Kuva 10. Järven näytteenottoaikat avovesikauden 2010 näytteenotossa, joka toteutettiin Pien3D-hankkeen puitteissa. Näytteenottoaikat sijoittuvat seuraavasti: 1=Riutanselkä, 2=Kooneenselkä, 3=Sunisenselkä, 4=Maa-vesi, 5=Vehkasalonselkä, 6=Vehkataipale, 7=Itäinen Pien-Saimaa.

2 Mallin kalibrointi ja validointi

2.1

Fysikaalisen mallin validointi

Pien-Saimaan Coherens-sovelluksen virtausosan validoinnissa eli luotettavuuden arvioinnissa käytettiin touko- ja kesäkuussa 2010 tehtyjä virtausmittauksia Kopinsalmessa, Leväsensalmessa ja Kirjamoinsalmessa. Validointimittaukset toteutettiin lie-riömittauksina silta-aukoissa eri tuulitilanteissa 18.5., 25.5., 8.6. ja 22.6. Pien3D-hankkeen osana (Kuha ym. 2011).

Coherens-mallilla laskettiin mittauspäivien olosuhteita vastaavat virtauskentät vakiotuulitilanteissa. Mallilaskennoissa käytetty tuulen suunta valittiin vastaamaan mittauksia edeltänyttä 12h jakson tuulen suuntaa 45-90 asteen tarkkuudella. Koillistuulen laskennassa käytettiin tuulen nopeutta 3 m/s ja muissa laskennoissa nopeutta 5 m/s. Mittauspäivien tuulia on tarkemmin selvitetty alla validointitulosten yhteydessä Lappeenrannan lentokentän (Ilmatieteenlaitoksen havaintoasema) tuulitietojen perusteella.

Ensimmäisenä mittauspäivänä 18.5. tuuli oli puhaltanut idästä jo kahden päivän ajan. Tuulen nopeuden keskiarvo mittauksia edeltävien 12 tunnin ajalta oli 4,7 m/s. Tuulen suunta ja nopeus olivat siis hyvin verrattavissa laskennassa käytettyyn tuuleen (itätuuli 5 m/s). Kopinsalmessa ja Leväsensalmessa virtaus suuntautui yhdenmukaisesti sekä mittauksissa että mallissa (Taulukko 3). Mallin antama virtaama oli erityisesti Kopinsalmessa liian suuri verrattuna mittauksiin. Kirjamoinsalmessa virtaussuunta oli vastakkainen mallissa ja mittauksissa, joten mallin antamat virtaukset Kirjamoinsalmessa eivät ole välttämättä luotettavia itätuulen tilanteessa.

25.5. tuuli puhalsi keskimäärin lounaasta nopeudella 3,3 m/s mittauksia edeltävän 12 tunnin aikana. Mallitulokset on etelätuulen tilanteesta 5 m/s. Kopinsalmen ja Leväsensalmen mittauksiin verrattuna mallitulokset on erittäin hyvä (Taulukko 4). Virtaussuunnat vastaavat toisiaan sekä mallissa että mittauksissa, ja myös mallin antamat virtaamat ovat hyvin lähellä mitattuja. Kirjamoinsalmessa havaittiin mittauspäivänä virtauksen suunnan vaihtelua eri mittauskertojen välillä. Mallissa virtaussuunta on länteen ja virtaama on melko pieni (4,8 m³/s).

8.6. tuuli puhalsi keskimäärin koillisesta 4,8 m/s edeltävien 12 tunnin aikana. Mallissa käytettiin koillistuulta (3 m/s). Virtaussuunnat vastasivat toisiaan mittauksien ja mallin välillä kaikissa kolmessa salmessa (Taulukko 5). Mallin laskema virtaama oli erittäin lähellä mittaustulosta Kopinsalmessa. Leväsensalmessa ja Kirjamoinsalmessa virtaama oli mallissa hiukan pienempi kuin mittauksissa.

22.6. tuuli puhalsi keskimäärin pohjoisesta 2,5 m/s edellisten 12 tunnin aikana. Mallissa käytettiin pohjoistuulta (5m/s). Kopinsalmessa ja Kirjamoinsalmessa virtaussuunnat olivat samat sekä mallissa että mittauksissa (Taulukko 6). Leväsensalmessa virtaussuunta vaihteli mittauksien aikana, kun taas mallin antama virtaus suuntautui länteen. Kirjamoinsalmen virtaama oli mallissa liian pieni verrattuna mittaustuloksiin.

Laskennoissa käytetyssä tuulen suunnassa ja nopeudessa oli siis pienehköjä eroja mittauspäivien todelliseen tilanteeseen, mikä aiheuttaa osan mittausten ja mallitulosten välisistä eroista. Lisäksi on otettava huomioon, että laskentatuloksia tarkasteltiin kolme päivää kestäneen vakiotuulilaskennan jälkeen, mikä aiheuttaa oman eronsa verrattuna jatkuvasti vaihteleviin luonnon tuuliin.

Taulukko 3. Mittausten ja mallin antamat virtaamat (m³/s) Kopinsalmessa, Leväsensalmessa ja Kirjamoinsalmessa. Mittaukset on tehty 18.5.2010 ja mallilaskenta on itätuulen 5 m/s tilanteesta.

	KOPINSALMI		LEVÄSENSALMI		KIRJAMOINSALMI	
	suunta	virtaama	suunta	virtaama	suunta	virtaama
Mittaukset	N	13,9	W	12,2	W	35,8
Malli	N	20,3	W	15,2	E	13,7

Taulukko 4. Mittausten ja mallin antamat virtaamat (m³/s) Kopinsalmessa, Leväsensalmessa ja Kirjamoinsalmessa. Mittaukset on tehty 25.5.2010 ja mallilaskenta on etelätuulen 5 m/s tilanteesta.

	KOPINSALMI		LEVÄSENSALMI		KIRJAMOINSALMI	
	suunta	virtaama	suunta	virtaama	suunta	virtaama
Mittaukset	S	7	E	6,7	W,E	-
Malli	S	7,4	E	8,2	W	4,8

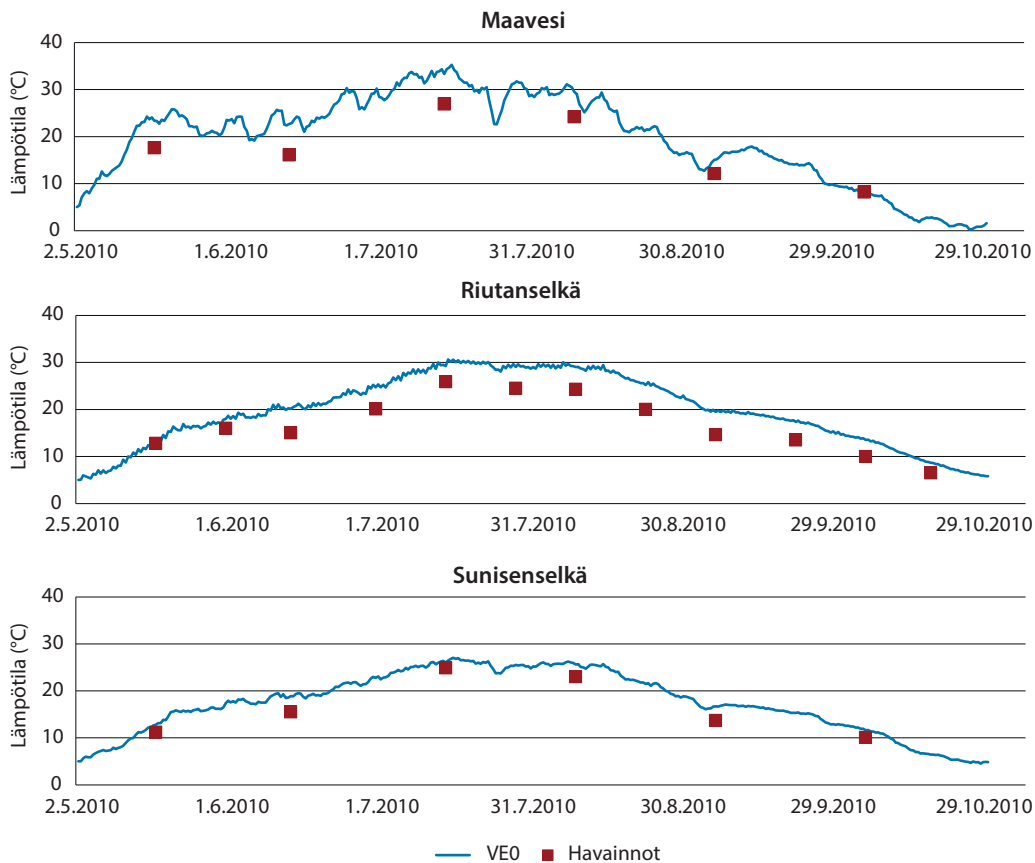
Taulukko 5. Mittausten ja mallin antamat virtaamat (m³/s) Kopinsalmessa, Leväsensalmessa ja Kirjamoinsalmessa. Mittaukset on tehty 8.6.2010 ja mallilaskenta on koillistuulen 3 m/s tilanteesta.

	KOPINSALMI		LEVÄSENSALMI		KIRJAMOINSALMI	
	suunta	virtaama	suunta	virtaama	suunta	virtaama
Mittaukset	N	10,2	W	14,2	E	9,8
Malli	N	10,9	W	9,3	E	6,2

Taulukko 6. Mittausten ja mallin antamat virtaamat (m³/s) Kopinsalmessa, Leväsensalmessa ja Kirjamoinsalmessa. Mittaukset on tehty 22.6.2010 ja mallilaskenta on pohjoistuulen 5 m/s tilanteesta.

	KOPINSALMI		LEVÄSENSALMI		KIRJAMOINSALMI	
	suunta	virtaama	suunta	virtaama	suunta	virtaama
Mittaukset	N	12,3	W,E	-	E	17,7
Malli	N	8,4	W	7,5	E	4,8

Lämpötilalaskenta kuuluu osana fysikaaliseen malliin, sillä veden lämpötila vaikuttaa osaltaan virtauksiin. Avovesikaudella 2010 lämpötila oli mallissa useita asteita liian korkea verrattuna havaintoihin (Kuva 11). Malli ei siis laskenut järiveden jäähtymistä oikein, vaan vesi jäähtyy mallissa liian hitaasti ilman viiletessä. Lämpötilatuloksia ei eri laskentavaihtoehtojen osalta ole esitelty lainkaan tässä työssä. Lämpötilan vaikutus kiintoaineen ja ravinteiden pitoisuuksiin on vähäinen.



Kuva 11. Lämpötila Maavedellä, Riutanselällä ja Sunisenselällä pintavedessä avovesikaudella 2010 havaintojen ja mallin mukaan (kalibrointitulokset). Havainnot ovat yhden metrin syvyydeltä ja mallitulokset on esitetty siitä syvyyskerroksesta, joka sisältää 1m syvyyden.

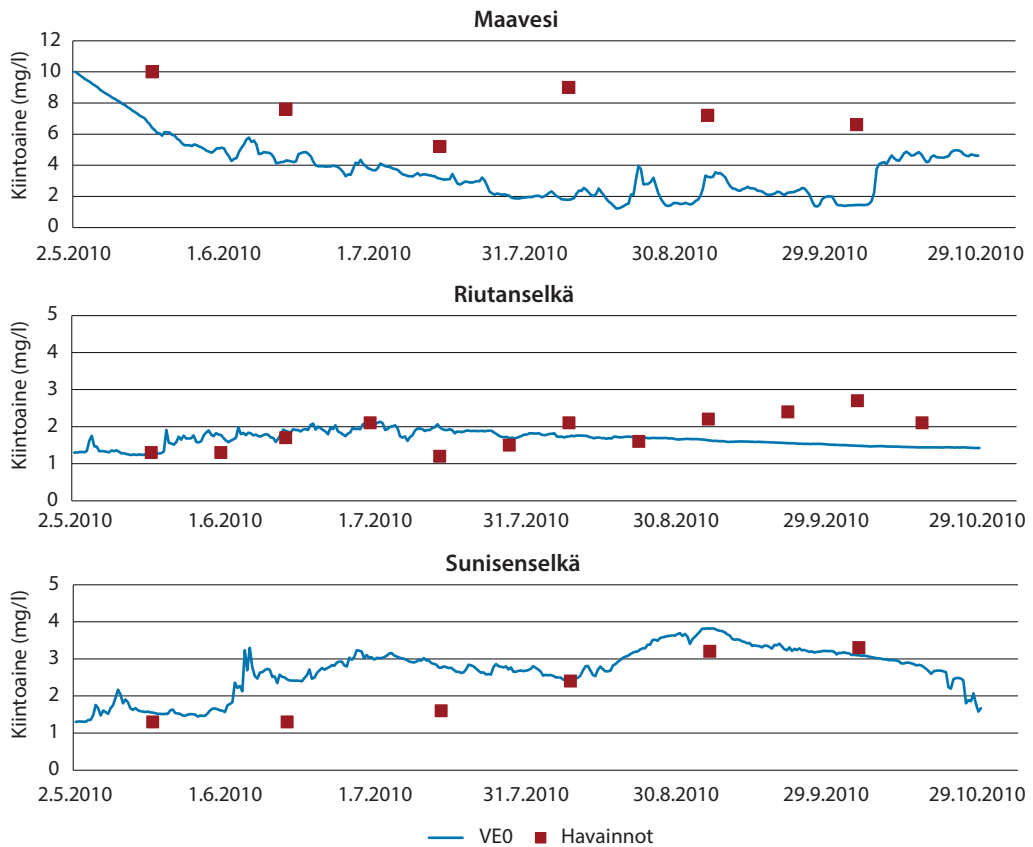
2.2

Sedimentti- ja vedenlaatumallien kalibrointi avovesikaudella 2010

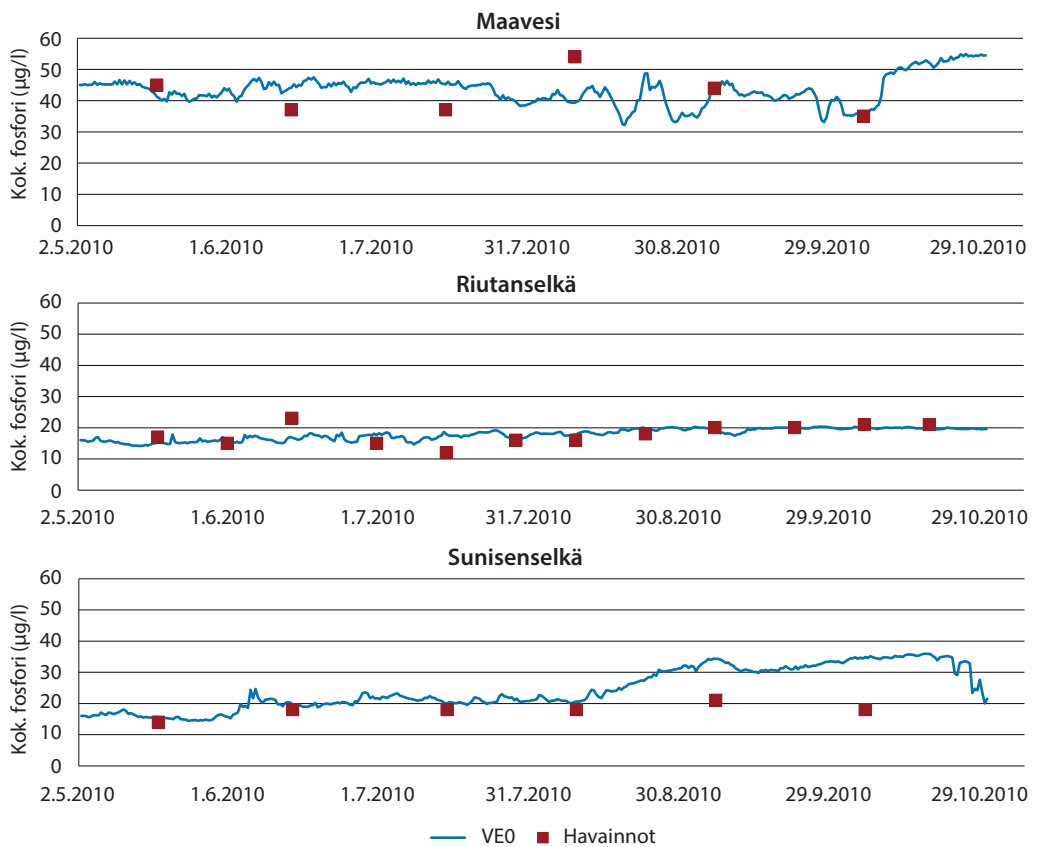
Tässä luvussa on esitetty avovesikauden 2010 kiintoaine- ja kokonaisravinnetulokset nykytilanteessa verrattuna havaintoihin Maaveden, Riutanselän ja Sunisenselän havaintopaikoilla. Havainnot ovat yhden metrin syvyydeltä ja mallitulokset on esitetty siitä syvyyskerroksesta, joka sisältää yhden metrin syvyyden.

Kiintoaine-, kokonaisfosfori- ja kokonaistyyppipitoisuuksia kalibroitiin eli säädettiin kohdalleen vajoamisnopeuksien avulla. Useita erilaisia vajoamisnopeuksia kehitettiin ja näistä valittiin ne arvot, joilla mallin laskema pitoisuus vedessä oli lähimpänä havaittuja pitoisuuksia koko alueella eli Maaveden, Riutanselän ja Sunisenselän havaintoasemilla. Koko laskenta-alueella käytettiin samaa vajoamisnopeutta kullekin aineelle. Vajoamisnopeuksiksi valittiin kiintoaineelle $-0,02592$ m/vrk, kokonaisfosforille $-0,0864$ m/vrk ja kokonaistypelle $-0,0432$ m/vrk. Kokonaisravinteiden kiintoainetta suuremmat vajoamisnopeudet johtunevat siitä, että niissä on mukana sekä liukoinen että partikkelisidonnainen osa. Mallin laskemat tulokset näillä valituilla vajoamisnopeuksilla on esitetty alla.

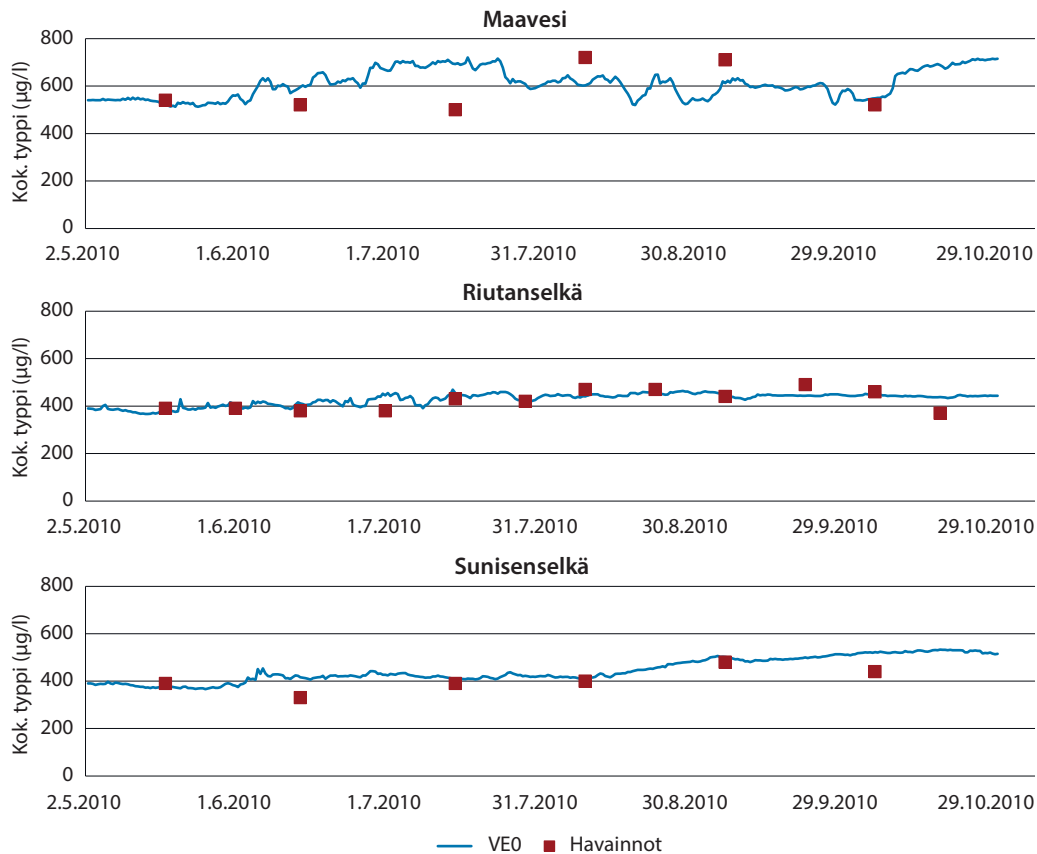
Mallilla laskettu kiintoainepitoisuus vastaa melko hyvin havaintoja Riutanselällä ja Sunisenselällä (Kuva 12). Maavedellä mallitulokset on havaintojen tasoa selvästi alhaisempi. Kokonaisfosforipitoisuus vastaa havaintoja erittäin hyvin Maavedellä ja Riutanselällä (Kuva 13). Sunisenselällä mallitulokset on jakson loppuosassa liian korkea, mutta alkuosassa jaksoa erittäin hyvä. Kokonaistyyppipitoisuus vastaa havaintoja erittäin hyvin kaikissa havaintopaikoissa (Kuva 14).



Kuva 12. Kiintoainepitoisuus Maavedellä, Riutanselällä ja Sunisenselällä pintavedessä avovesikaudella 2010 havaintojen ja mallin mukaan (kalibrointitulokset). Havainnot ovat yhden metrin syvyydeltä ja mallitulokset on esitetty siitä syvyyskerroksesta, joka sisältää 1 m syvyyden.



Kuva 13. Kokonaisfosforipitoisuus pintavedessä Maavedellä, Riutanselällä ja Sunisenselällä avovesikaudella 2010 havaintojen ja mallin mukaan (kalibrointitulokset). Havainnot ovat yhden metrin syvyydeltä ja mallitulokset on esitetty siitä syvyyskerroksesta, joka sisältää 1 m syvyyden.



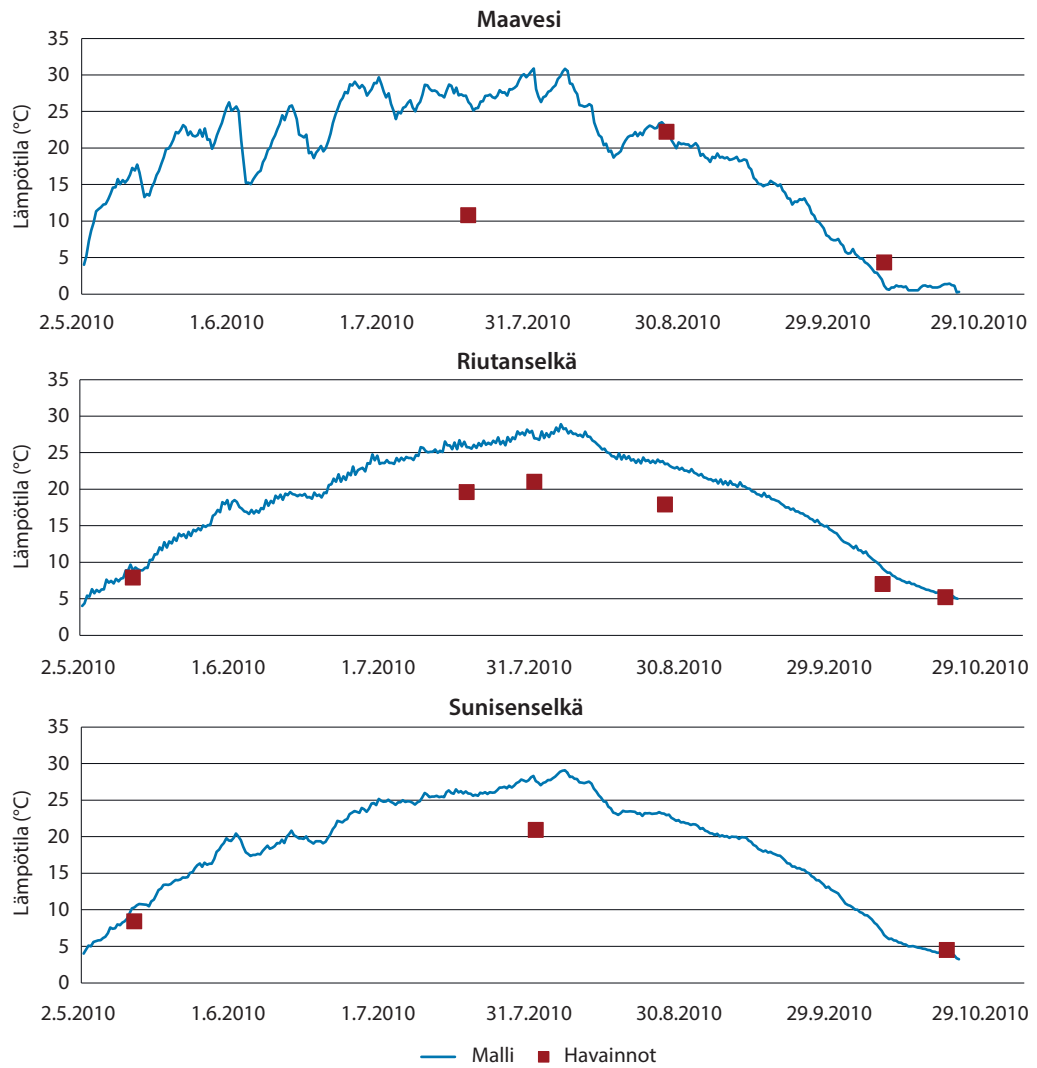
Kuva 14. Kokonaistyyppipitoisuus pintavedessä Maavedellä, Riutanselällä ja Sunisenselällä avovesikaudella 2010 havaintojen ja mallin mukaan (kalibrointitulokset). Havainnot ovat yhden metrin syvyydeltä ja mallitulokset on esitetty siitä syvyyserrokselta, joka sisältää 1m syvyyden.

2.3

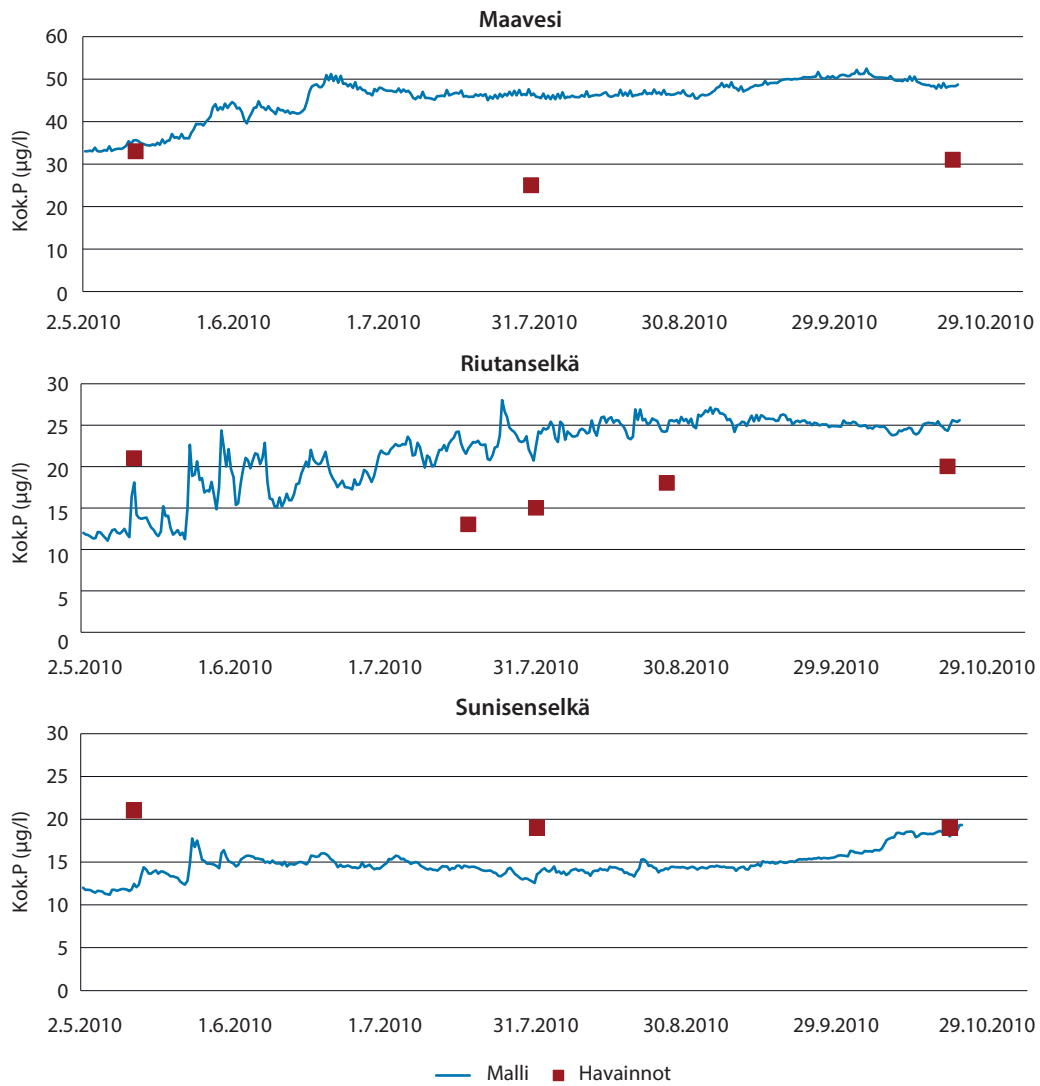
Mallin testaus avovesikaudella 2009

Avovesikauden 2010 laskentojen lisäksi tehtiin nykytilanteen laskenta myös avovesikaudelle 2009. Tässä laskennassa käytettiin samoja vajoamisnopeuksia kuin vuoden 2010 laskennassakin, ja tarkoituksena oli testata mallia eli selvittää sen toimivuutta myös toisenlaisella jaksolla. Työssä oli kuitenkin ongelmana, että käytössä ei ollut yhtä kattavia sisäänsyöttötietoja molemmille vuosille. Vuoden 2009 tulokset Maaveden, Riutanselän ja Sunisenselän havaintopaikoilla on esitetty alla.

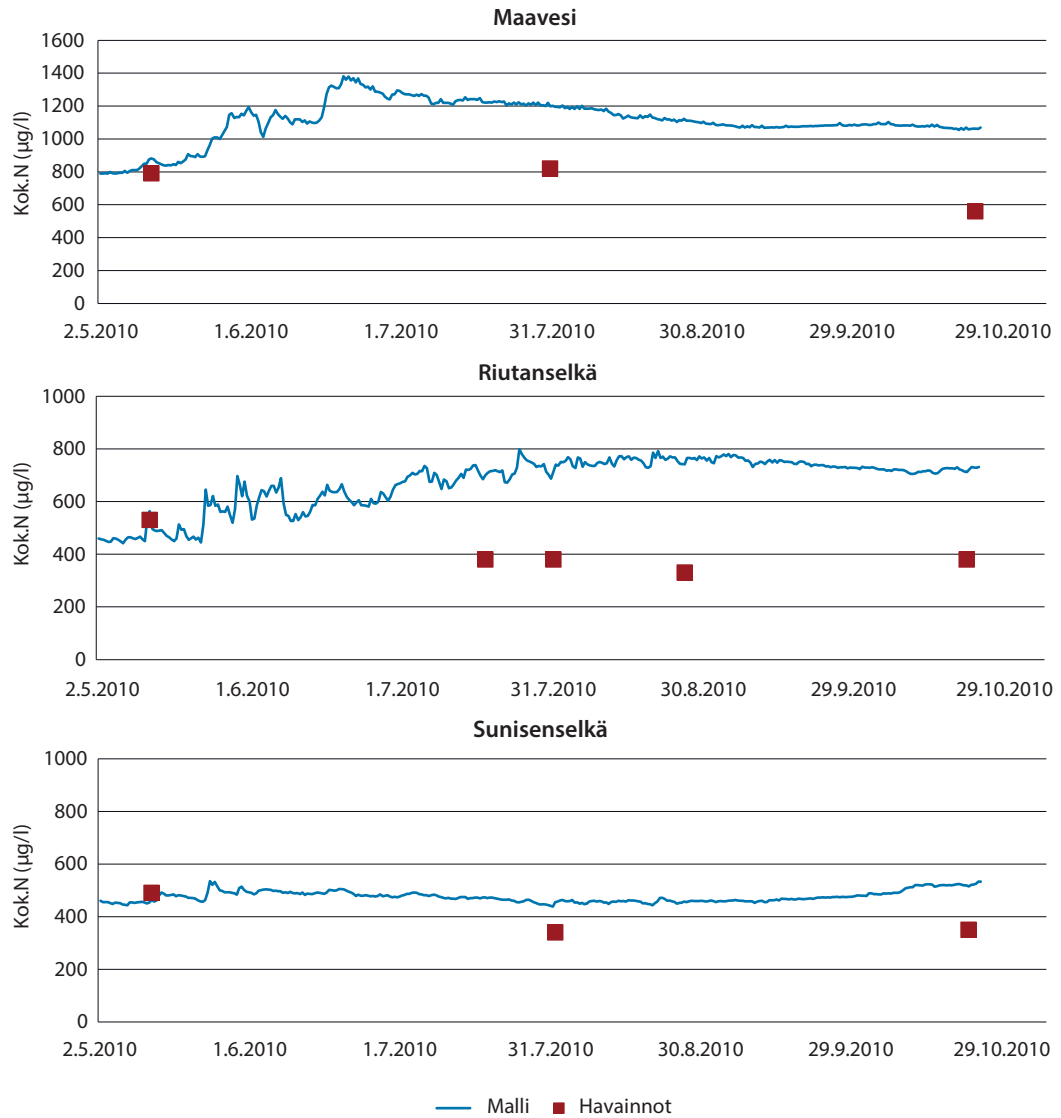
Tuloksista näkyy, että vuoden 2009 laskentatulokset (Kuvat 15-17) eivät vastaa havaintoja yhtä hyvin kuin vuoden 2010 tulokset. Sisäänsyöttödatan vähäisempi määrä (karkeampi näytteenottotiheys) selittää osan tästä erosta, mutta vuosien sää- ja vesilojen luonnollisilla eroavaisuuksilla lienee tätä suurempi vaikutus. Malli ei siis pysty laskemaan olosuhteiltaan erilaisen vuoden ainepitoisuuksia yhtä hyvällä tarkkuudella kuin kalibrointivuoden pitoisuuksia samoilla vajoamisnopeuksilla. Kalibrointivuoden (avovesikausi 2010) tilanteen tarkasteluun erilaisilla pumppauske-naarioilla se soveltuu kuitenkin hyvin.



Kuva 15. Lämpötila pintavedessä Maavedellä, Riutanselällä ja Sunisenselällä 2.5.-31.10.2009 havaintojen ja mallin mukaan (testaustulos). Havainnot ovat yhden metrin syvyydeltä ja mallitulokset on esitetty siitä syvyyskerroksesta, joka sisältää 1m syvyyden.



Kuva 16. Kokonaisfosforipitoisuus pintavedessä Maavedellä, Riutanselällä ja Sunisenselällä 2.5.-31.10.2009 havaintojen ja mallin mukaan (testaustulos). Havainnot ovat yhden metrin syvyydeltä ja mallitulokset on esitetty siitä syvyyskerroksesta, joka sisältää 1m syvyyden.



Kuva 17. Kokonaistyyppipitoisuus pintavedessä Maavedellä, Riutanselällä ja Sunisenselällä 2.5.-31.10.2009 havaintojen ja mallin mukaan (testaustulos). Havainnot ovat yhden metrin syvyydeltä ja mallitulokset on esitetty siitä syvyyserroksesta, joka sisältää 1m syvyyden.

2.4

Mallin testaus monivuotisella laskentajaksolla 2001-2006

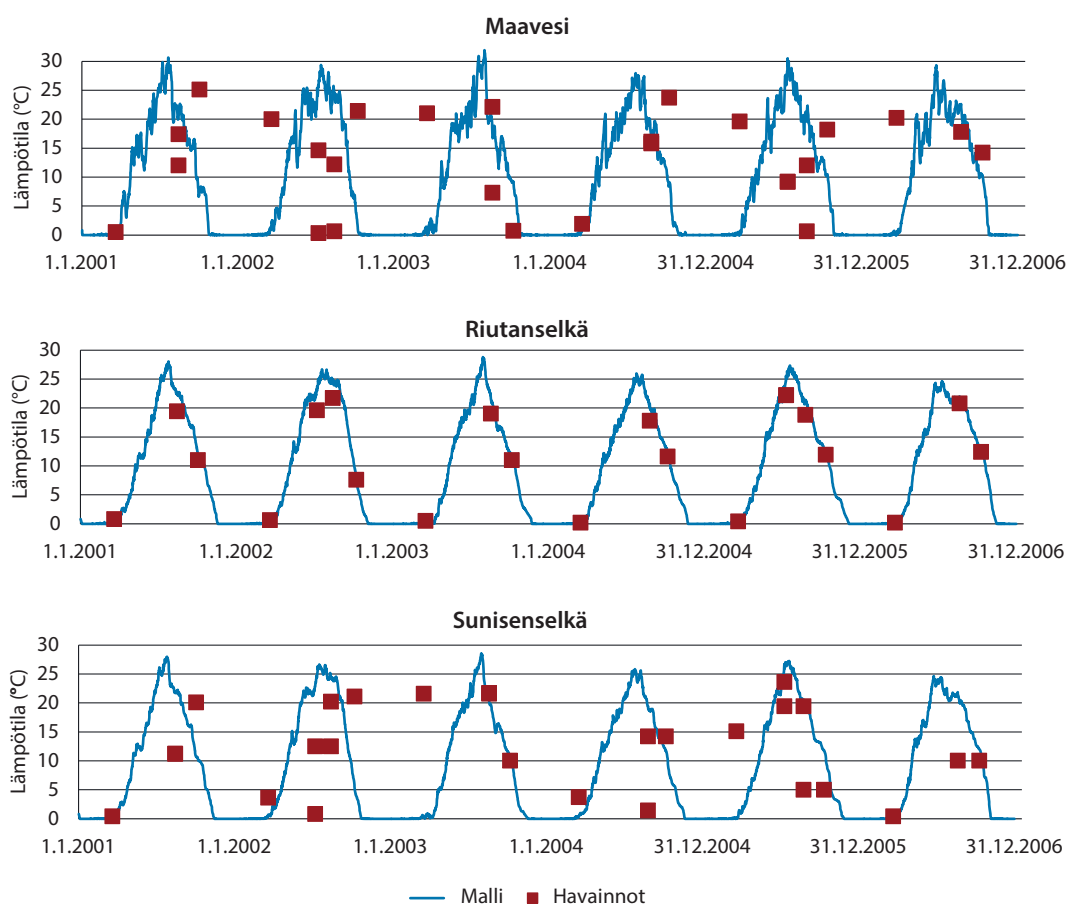
Alla on esitetty lämpötilan, kiintoainepitoisuuden ja kokonaisravinnepitoisuuksien aikasarjat eri havaintopaikoissa verrattuna näytteenottotietoihin monivuotisen laskentajakson aikana. Sunisenselän kiintoaine- ja Maaveden kokonaisfosforipitoisuuksista ei ollut havaintoja saatavilla.

Monivuotisissa laskennoissa käytettiin samoja aineiden vajoamisnopeuksia, jotka saatiin avovesikauden 2010 tiedoilla toteutetusta kalibroinnista. Vuosina 2001-2006 malliin syötetty jokien tuoma kuormitustieto on arvioitu vain karkealla tarkkuudella (luku 1.3.3). Tämä lienee suuri syy siihen, että mallitulosten ja havaintojen välillä on toisinaan suuriakin poikkeavuuksia.

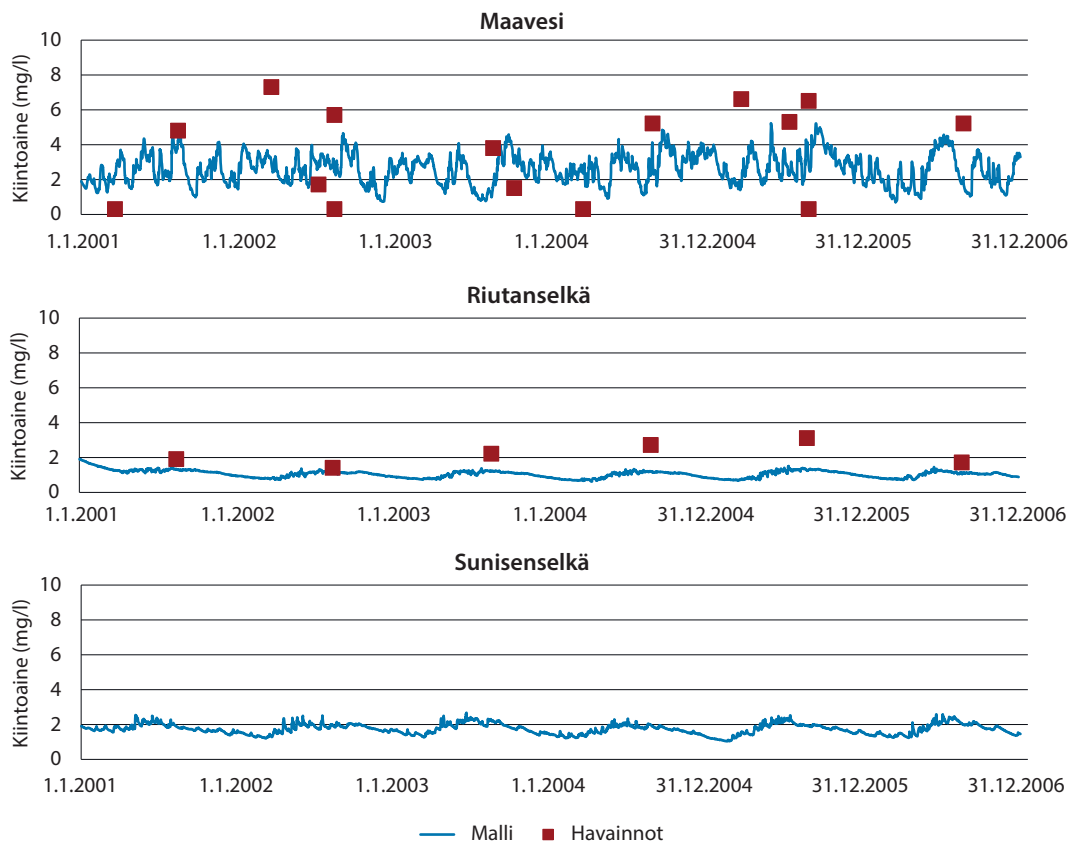
Mallin laskema suurin lämpötila on kesäisin liian korkea verrattuna havaintoihin (Kuva 18). Syksyinen viileneminen ja keväinen lämpeneminen ajoittuvat kuitenkin Riutanselän tuloksissa hyvin.

Riutanselän kiintoainepitoisuus on mallituloksissa vähän havaintoja alhaisemalla tasolla (Kuva 19), mutta ajallinen vaihtelu on mallissa ja havainnoissa samaa luokkaa. Maavedellä mallitulos vastaa keskimäärin havaintoja, mutta mallissa ei esiinny yhtä suurta ajallista vaihtelua kuin havainnoissa.

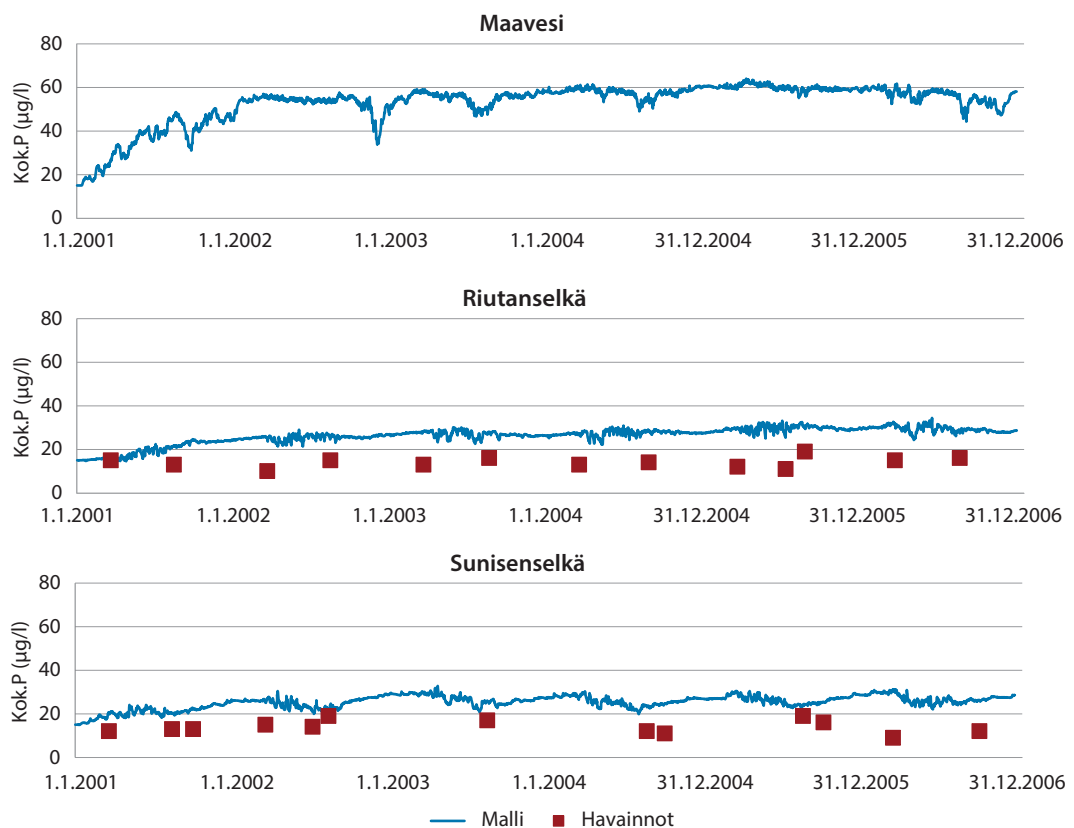
Kokonaisfosforipitoisuus on Riutanselällä ja Sunisenselällä mallissa jonkin verran havaintoja korkeammalla tasolla (Kuva 20). Sekä mallissa että havainnoissa ajallinen vaihtelu on kuitenkin samaa luokkaa. Myös kokonaistyyppipitoisuus on mallissa havaintoja korkeammalla tasolla (Kuva 21).



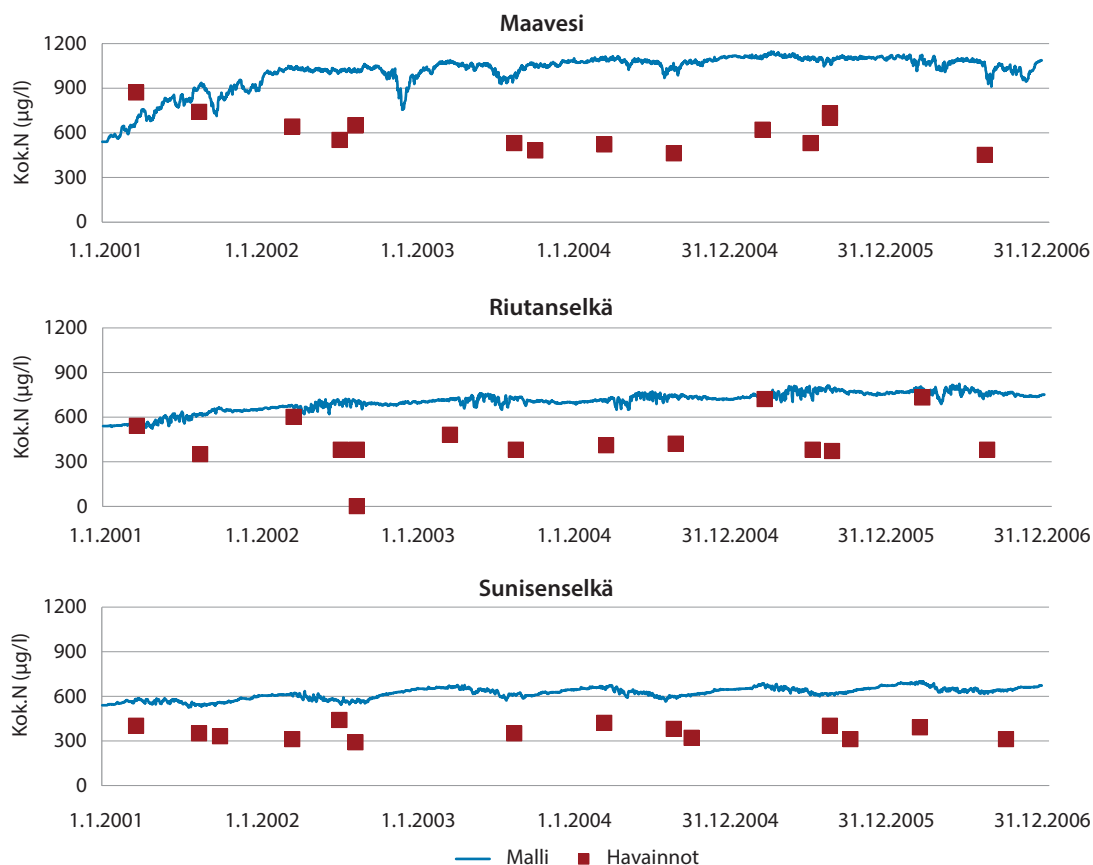
Kuva 18. Lämpötila pintavedessä Maavedellä, Riutanselällä ja Sunisenselällä 1.1.2001-31.12.2006 havaintojen ja mallin mukaan (testaustulos). Havainnot ovat yhden metrin syvyydeltä ja mallitulokset on esitetty siitä syvyysskerroksesta, joka sisältää 1m syvyyden.



Kuva 19. Kiintoainepitoisuus pintavedessä Maavedellä, Riutanselällä ja Sunisenselällä 1.1.2001-31.12.2006 havaintojen ja mallin mukaan (testaustulos). Havainnot ovat yhden metrin syvyydeltä ja mallitulokset on esitetty siitä syvyyskerroksesta, joka sisältää 1m syvyyden.



Kuva 20. Kokonaisfosforipitoisuus pintavedessä Maavedellä, Riutanselällä ja Sunisenselällä 1.1.2001-31.12.2006 havaintojen ja mallin mukaan (testaustulos). Havainnot ovat yhden metrin syvyydeltä ja mallitulokset on esitetty siitä syvyyskerroksesta, joka sisältää 1m syvyyden.



Kuva 21. Kokonaistyyppipitoisuus pintavedessä Maavedellä, Riutanselällä ja Sunisenselällä 1.1.2001-31.12.2006 havaintojen ja mallin mukaan (testaustulos). Havainnot ovat yhden metrin syvyydeltä ja mallitulokset on esitetty siitä syvyyserrokselta, joka sisältää 1m syvyyden.

2.5

Yhteenvedo mallin luotettavuudesta

Pien-Saimaan mallisovelluksen fysikaalinen osa validoitiin eli todettiin toimivaksi vertailemalla avovesikauden 2010 mallituloksia alueella tehtyihin virtausmittauksiin ja lämpötilahavaintoihin (Luku 2.1.). Validoinnin perusteella virtausmalli näyttää toimivan kohtuullisen hyvin. Maavedelle johtavissa salmissa mallin laskema virtaama vastaa havaintoja erittäin hyvin. Kirjamoinisalmissa virtaussuunta oli itätuulen tilanteessa mallin mukaan vastakkainen havainnoille, mutta koillis- ja pohjoistuulilla virtaus suuntautui oikeaan suuntaan. Koillis- ja pohjoistuulilla mallin laskema virtaama oli havaintoja pienempi. Mallin laskema vedenvaihto Maaveden kautta näyttää siis olevan oikein, mutta malli näyttää antavan aliarvion Taipalsaarentien itä- ja länsipuolen välisestä vedenvaihdosta. Veden lämpötila pintavedessä on mallituloksissa liian korkea verrattuna havaintoihin.

Mallisovelluksen sedimentti- ja vedenlaatuosot kalibroitiin avovesikauden 2010 tilanteessa etsimällä sopivimmat vajoamisnopeudet kiintoaineelle, kokonaisfosforille ja kokonaistypelle (Luku 2.2.). Kalibrointi onnistui hyvin, joten avovesikauden 2010 laskentatuloksissa pitoisuudet vastaavat hyvin havaintoja.

Vedenlaatuosan toimivuutta olosuhteiltaan erilaisina vuosina tarkasteltiin avovesikauden 2009 sekä monivuotisen jakson 2001-2006 tulosten avulla (Luvut 2.3. ja 2.4.). Näillä jaksoilla mallin antamat tulokset eivät sovi yhteen havaintojen kanssa yhtä hyvin kuin avovesikaudella 2010. Tämä johtuu etenkin vuosien 2001-2006 kohdalla sisäänsyötetyn datan karkeasta tarkkuudesta. Tämän pidemmän jakson tulokset ovat kuitenkin hyödyllisiä suuntaa antavana lisätietona nykytilanteen ja lasketun pumppausvaihtoehdon välisten erojen tarkastelussa.

3 Tulokset eri pumppausvaihtoehdoilla avovesikauden 2010 tilanteessa

3.1

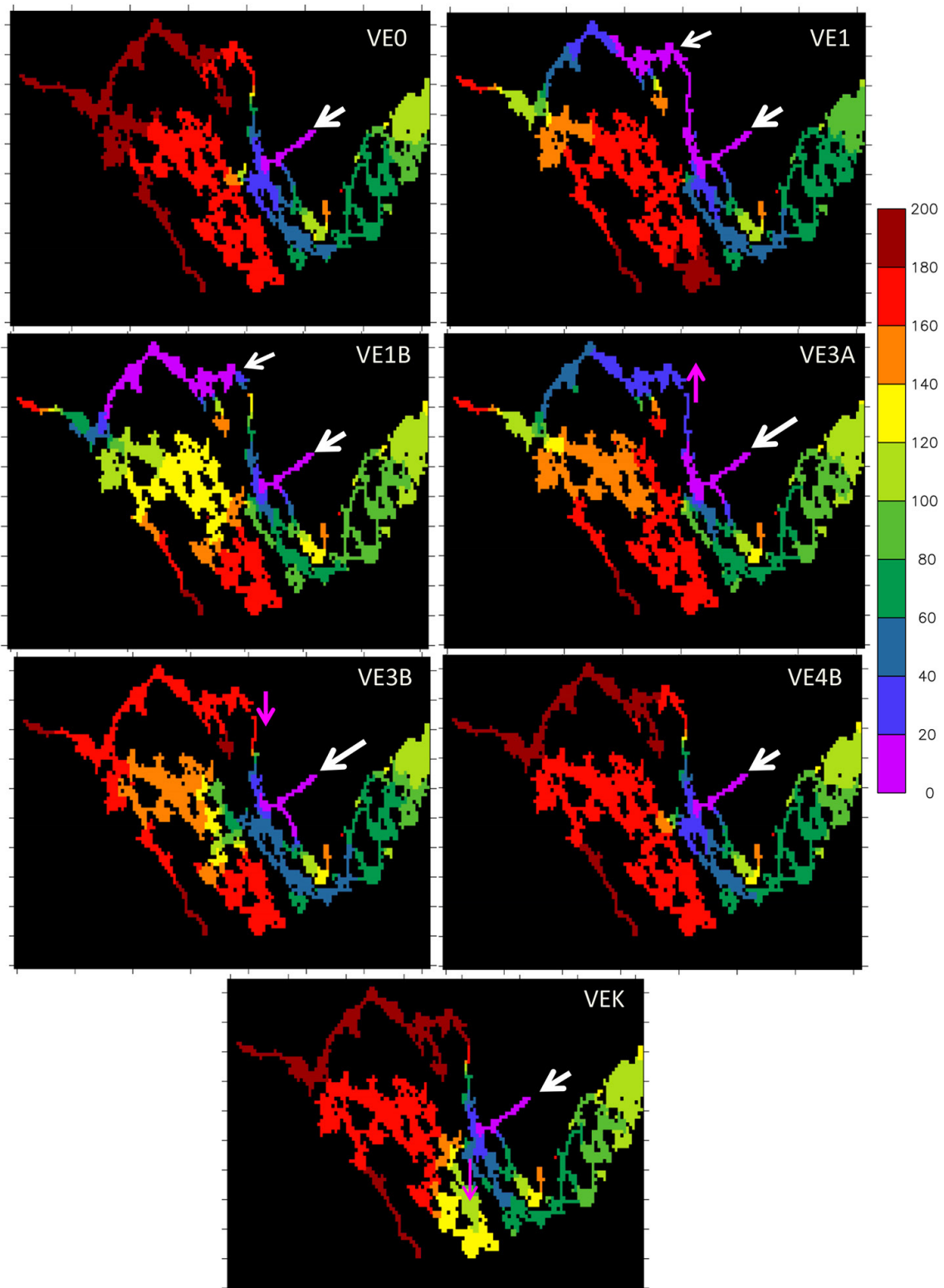
Veden ikä-muuttuja

Kuvissa 22 ja 23 on esitetty veden ikä – merkkiaineen kulkeutumistulokset pintakerroksessa. Mallilla laskettiin pumppaamoilta tulevan veden leviämistä jakson aikana. Kussakin laskentavaihtoehdossa käytössä olevien pumppaamojen (Vehkataipale tai Vehkataipale ja Kolinlahti-Kolhonlahti) kohdalla oleva vesi merkittiin laskennan aikana jatkuvasti nollan vuorokauden ikäiseksi, jolloin tuloskuviissa tietyllä alueella näkyvä veden ikä kertoo, onko vesi kulkeutunut pumppaamon luota, sekä mahdolliseen kulkeutumiseen kuluneen ajan. Kuvissa on esitetty tilanne pintakerroksessa, johon vesi on voinut kulkeutua eri reittejä, joko suoraan pintakerroksessa tai muiden kerrosten kautta.

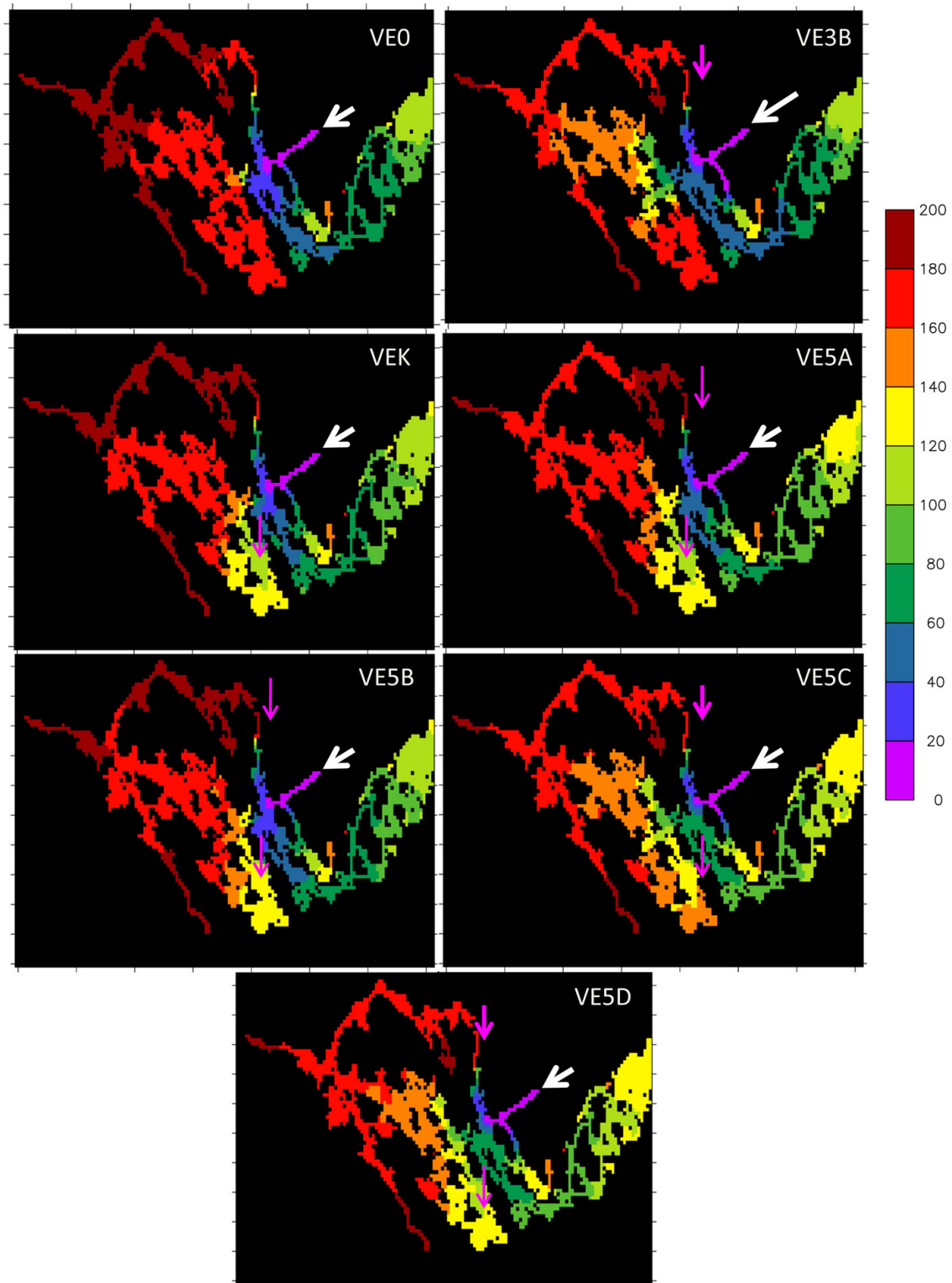
Kuvat ovat ajanhetkeltä 182 päivää laskentajakson alun jälkeen. Alueille, joilla veden ikä on kuvissa pienempi kuin 182 päivää, on siis tullut laskentajakson aikana vettä pumppaamojen luota. Mitä nuorempaa vesi on, sitä lyhyemmässä ajassa se on kulkeutunut pumppaamoilta. Veden ikä- muuttuja kuvaa pumpatun veden leviämistä ja välillisesti myös veden vaihtuvuutta; mitä enemmän pumpattua vettä alueelle tulee, sitä paremmin vesi vaihtuu.

Taulukossa 7 on esitetty veden ikä-tulokset numeroarvoina Maaveden, Riutanselän ja Sunisenselän havaintopaikoilla. Maavedelle pumpattu vesi leviää nykytilannetta laajemmalle alueelle vaihtoehdoilla VE1, VE1B, VE3A, VE3B, VE5C ja VE5D. Riutanselän havaintopaikalle pumpatun veden kulkeutuminen on nykytilannetta nopeampaa vaihtoehdoilla VE1B, VE3B, VE5A, VE5C ja VE5D. Sunisenselän tilanne paranee vaihtoehdoilla VEK ja VE5A-D.

Pumpattu vesi leviää nopeammin (veden ikä pienempi) kaikille kolmelle alueelle vaihtoehdoilla VE5D ja VE5C. Pumpattu vesi leviää koko Läntisen Pien-Saimaan länsiosan alueelle sekä Maaveden alueelle parhaiten näillä vaihtoehdoilla.



Kuva 22. Veden ikä-muuttujan leviämistilanne pintakerroksessa 31.10.2010 eli 182 päivää laskennan alun jälkeen laskentavaihtoehdoilla VE0, VE1, VE1B, VE3A-B, VE4B ja VEK (luku 1.3.1). Alle 182 päivän ikäinen vesi on tullut pumpaamoilta (Vehkataipale tai Kolinlahti). Veden ikä kertoo, kuinka pitkä aika on kulunut veden kulkeutumiseen pumpaamojen luota. Valkoiset nuolet kuvaavat lisäveden pumpausta laskenta-alueen ulkopuolelta ja vaaleanpunaiset nuolet pumpausta alueen eri osien välillä.



Kuva 23. Veden ikä-muuttujan leviämistilanne pintakerroksessa 31.10.2010 eli 182 päivää laskennan alun jälkeen eri laskentavaihtoehdoilla VE0, VE3B, VEK ja VE5A-D (luku 1.3.1). Alle 182 päivän ikäinen vesi on tullut pumppaamolta (Vehkataipale). Veden ikä kertoo, kuinka pitkä aika on kulunut veden kulkeutumiseen pumppaamon luota. Valkoiset nuolet kuvaavat lisäveden pumppausta laskenta-alueen ulkopuolelta ja vaaleanpunaiset nuolet pumppausta alueen eri osien välillä.

Taulukko 7. Veden ikä (vrk) Maaveden, Riutanselän ja Sunisenselän havaintopaikoilla 31.10.2010 eli 182 päivää laskennan alun jälkeen. Veden ikä kertoo, missä ajassa pumpattua vettä on kulkeutunut havaintopaikalle. Yli 182 päivän ikäinen vesi ei ole tullut pumpaamoilta. Plussaa tai miinusta annettu verrattuna nykytilanteeseen: + tarkoittaa nopeampaa ja - hitaampaa pumpatun veden kulkeutumista ko. alueelle verrattuna nykytilanteeseen.

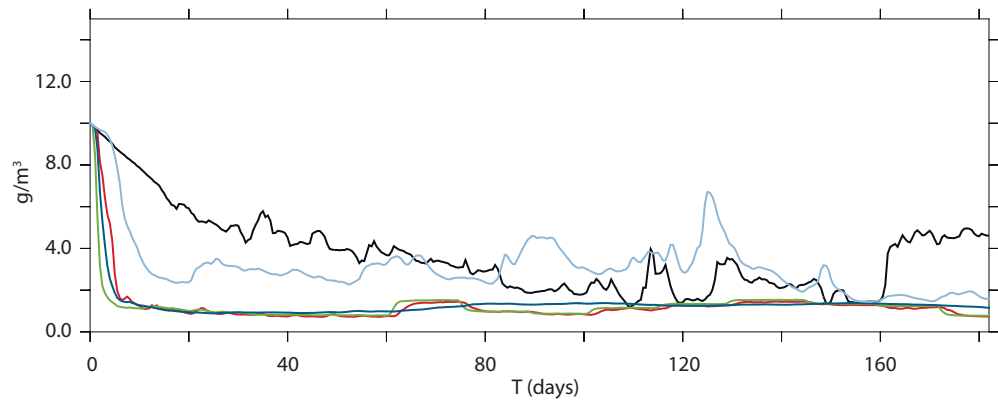
Vaihtoehto	Maavesi	Riutanselkä	Sunisenselkä	Koko alue vrt. VE0
VE0	160-180, >180	140-180	160-180	
VE1	0-40 +++	160-180 -	>180 -	Maavesi +++ Riutanselkä - Sunisenselkä -
VE1B	0-40 +++	120-140 ++	160-180 +-	Maavesi +++ Riutanselkä ++ Sunisenselkä +-
VE3A	20-40 +++	140-180 +-	160-180 +-	Maavesi +++ Riutanselkä +- Sunisenselkä +-
VE3B	160-180 +	60-180 ++	160-180 +-	Maavesi + Riutanselkä ++ Sunisenselkä +-
VE4B	>180 -	140-180 +-	160-180 +-	Maavesi - Riutanselkä +- Sunisenselkä +-
VEK	>180 -	140-180 +-	120-140 ++	Maavesi - Riutanselkä +- Sunisenselkä ++
VE5A	160-180, >180 +-	120-180 +	120-140 ++	Maavesi +- Riutanselkä + Sunisenselkä ++
VE5B	>180 -	140-180 +-	120-140 ++	Maavesi - Riutanselkä +- Sunisenselkä ++
VE5C	160-180 +	80-160 ++	140-160 +	Maavesi + Riutanselkä ++ Sunisenselkä +
VE5D	160-180 +	80-160 ++	120-140 ++	Maavesi + Riutanselkä ++ Sunisenselkä ++

3.2

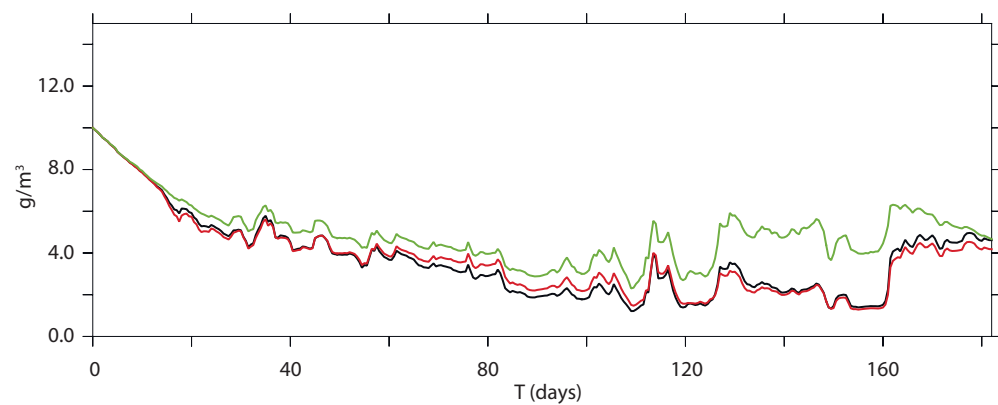
Kiintoaineen ja ravinteiden aikasarjat Maavedellä

Maaveden havaintopaikasta saatujen aikasarjojen (Kuvat 24-32) perusteella kiintoainepitoisuus pienenee selkeästi vaihtoehdoilla VE1, VE1B ja VE3A avovesikauden 2010 tilanteessa. Myös vaihtoehto VE3B alentaa pitoisuuksia, mutta jakson keskivaiheilla pitoisuus on nykytilannetta korkeampi. Vaihtoehto VE4B on kiintoaineen suhteen samanlainen kuin nykytilanne. Vaihtoehto VEK kasvattaa kiintoainepitoisuutta osassa jaksoa. Vaihtoehdoilla VE5A-D kiintoainepitoisuus on osassa jaksoa nykytilannetta suurempi, mutta jakson lopussa nykytilannetta pienempi.

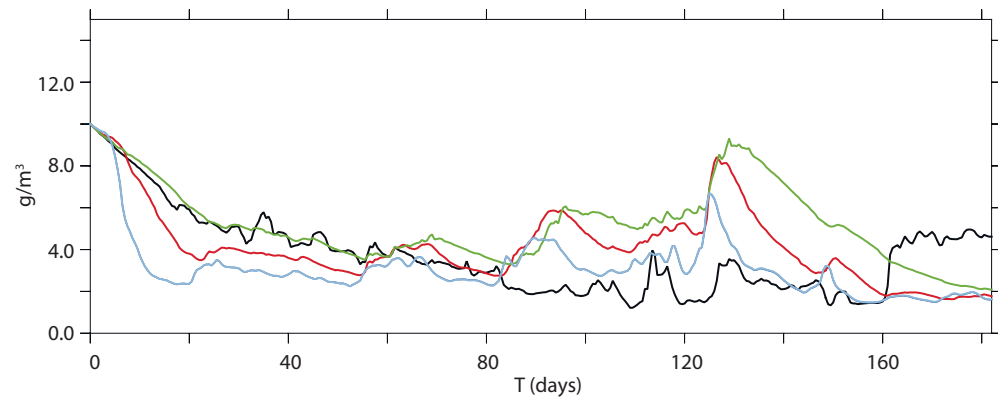
Kokonaisravinnepitoisuudet Maavedellä pienenevät vaihtoehdoilla VE1, VE1B, VE3A ja VE3B sekä vaihtoehdoilla VE5C-D. Vaihtoehto VE4B on kuten nykytilanne. Vaihtoehdoilla VEK sekä VE5A-B pitoisuus on nykytilannetta suurempi osassa jaksoa.



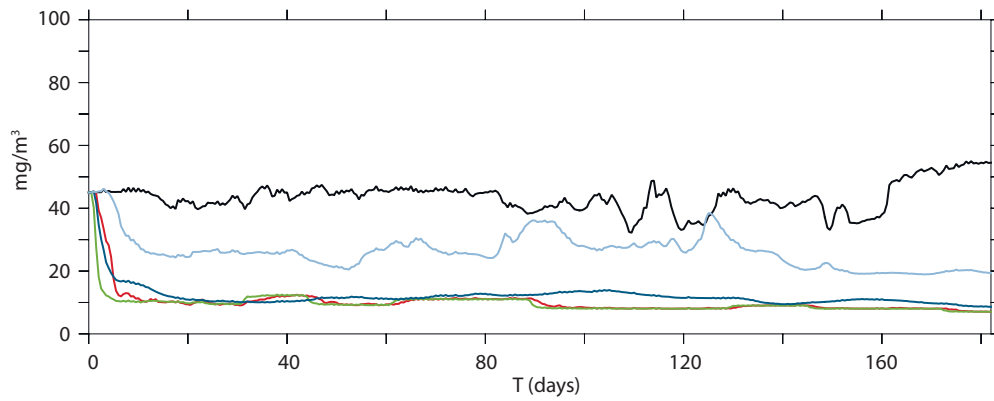
Kuva 24. Kiintoaine (mg/l) Maavedellä 2.5.2010-31.10.2010. Musta=VE0, punainen=VE1, vihreä=VE1B, sininen=VE3A, v.sininen=VE3B



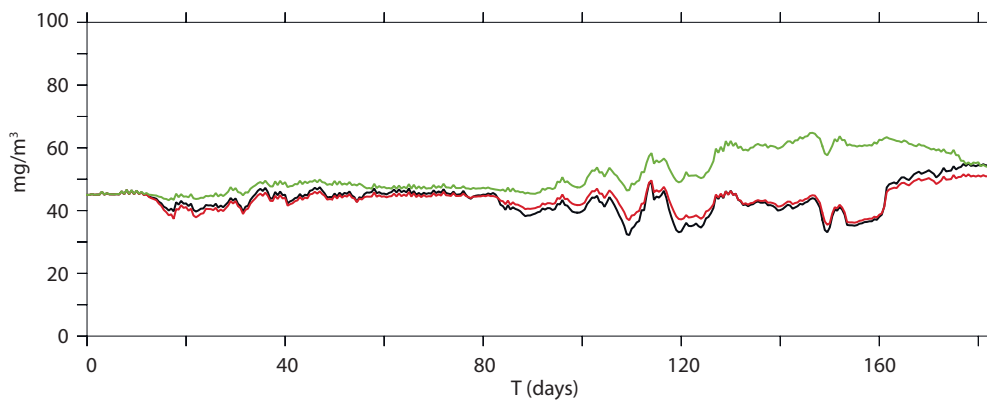
Kuva 25. Kiintoaine (mg/l) Maavedellä 2.5.2010-31.10.2010. Musta=VE0, punainen=VE4B, vihreä=VEK



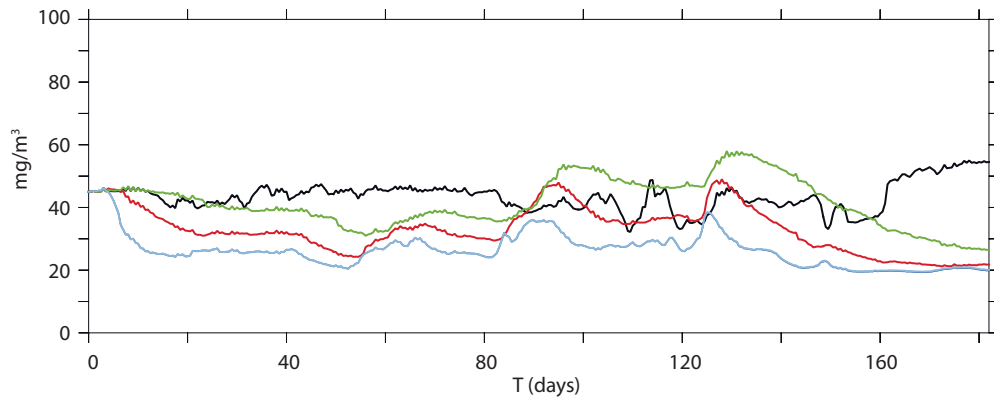
Kuva 26. Kiintoaine (mg/l) Maavedellä 2.5.2010-31.10.2010. Musta=VE0, punainen=VE5A, vihreä=VE5B, sininen=VE5C, v.sininen=VE5D



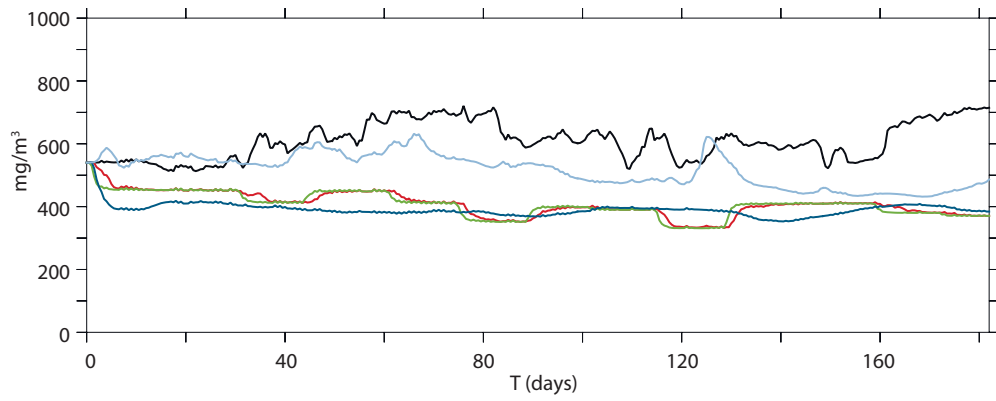
Kuva 27. Kok.fosfori ($\mu\text{g/l}$) Maavedellä 2.5.2010-31.10.2010. Musta=VE0, punainen=VE1, vihreä=VEIB, sininen=VE3A, v.sininen=VE3B



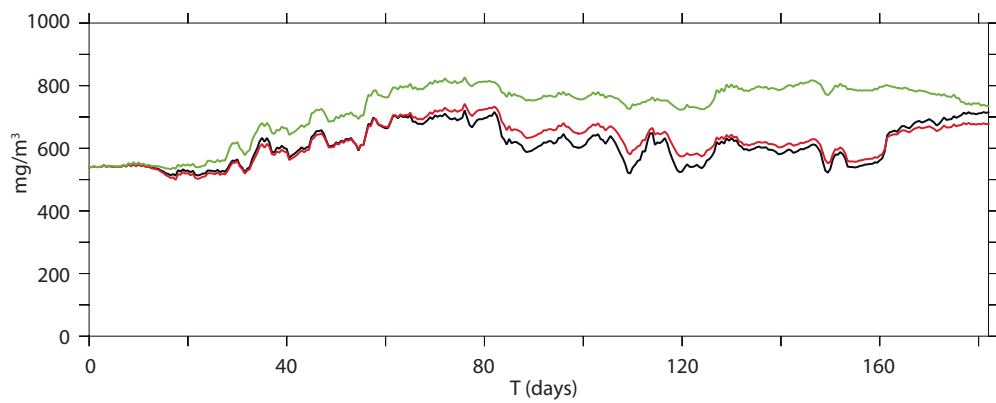
Kuva 28. Kok.fosfori ($\mu\text{g/l}$) Maavedellä 2.5.2010-31.10.2010. Musta=VE0, punainen=VE4B, vihreä=VEK



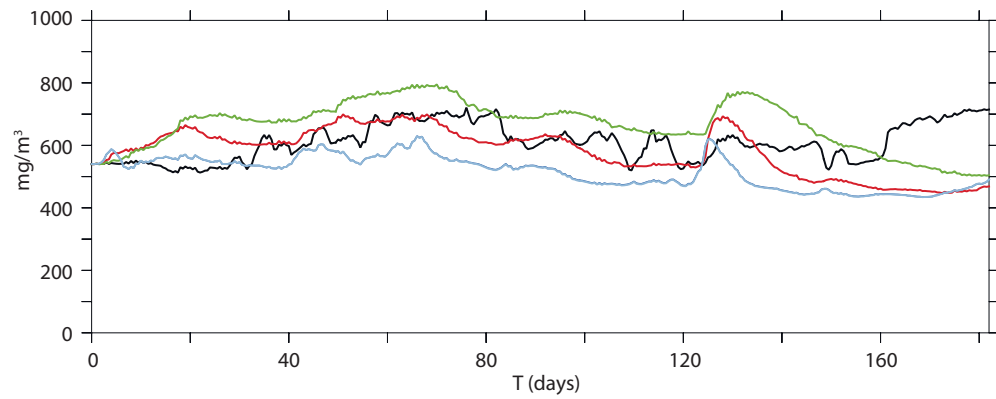
Kuva 29. Kok.fosfori ($\mu\text{g/l}$) Maavedellä 2.5.2010-31.10.2010. Musta=VE0, punainen=VE5A, vihreä=VE5B, sininen=VE5C, v.sininen=VE5D



Kuva 30. Kok.typpi ($\mu\text{g/l}$) Maavedellä 2.5.2010-31.10.2010. Musta=VE0, punainen=VE1, vihreä=VEIB, sininen=VE3A, v.sininen=VE3B



Kuva 31. Kok.typpi ($\mu\text{g/l}$) Maavedellä 2.5.2010-31.10.2010. Musta=VE0, punainen=VE4B, vihreä=VEK



Kuva 32. Kok.typpi ($\mu\text{g/l}$) Maavedellä 2.5.2010-31.10.2010. Musta=VE0, punainen=VE5A, vihreä=VE5B, sininen=VE5C, v.sininen=VE5D

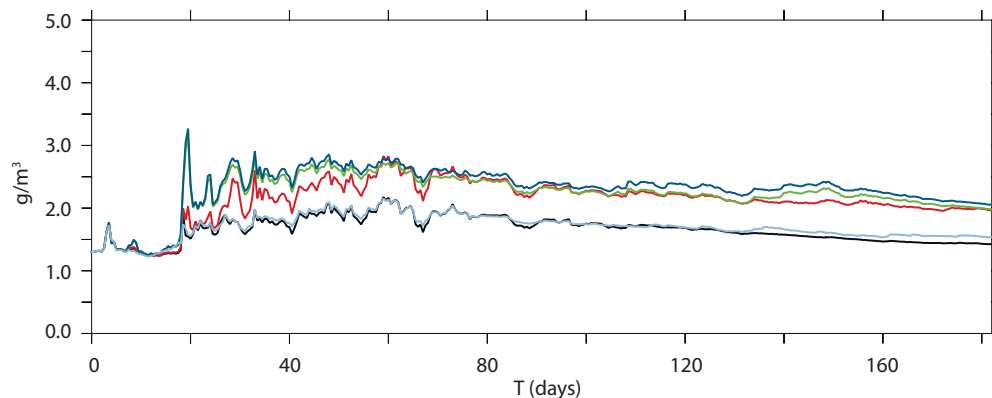
Kiintoaineen ja ravinteiden aikasarjat Riutanselällä

Riutanselän kiintoainetulokset on esitetty kuvissa 33-35. Kiintoainepitoisuus kasvoi jonkin verran Riutanselällä vaihtoehdoilla VE1, VE1B ja VE3A. Vaihtoehdoilla VE3B, VE4B, VEK ja VE5A-D pitoisuudet olivat lähes samat kuin nykytilanteessa.

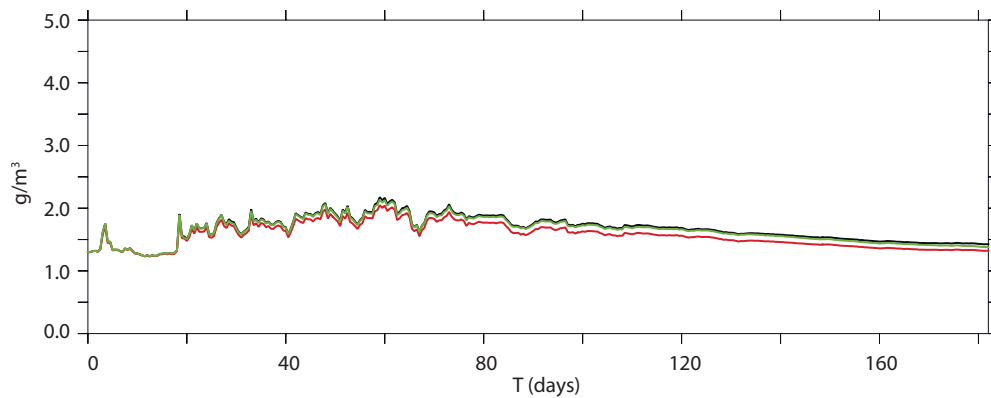
Kokonaisfosforipitoisuudet kasvoivat Riutanselällä vaihtoehdoilla VE1 ja VE1B (Kuva 36). Vaihtoehdolla VE3A pitoisuus kasvaa jakson alkuvaiheessa, mutta alkaa sen jälkeen laskea ja on jakson loppuun mennessä saavuttanut nykytilanteen tason. Sama näkyy myös vaihtoehdolla VE1B, mutta hieman hitaammin. Tämä kuvaa sitä, että Maavedeltä kulkeutuvat korkeammat pitoisuudet nostavat Riutanselän pitoisuuksia vain väliaikaisesti. Vaihtoehdoilla VE3B, VE4B, VEK ja VE5A-D fosforipitoisuudet pienenevät Riutanselällä jonkin verran (Kuvat 37 ja 38).

Kokonaistyyppipitoisuudet kasvavat Riutanselällä vaihtoehdoilla VE1, VE1B ja VE3A ja pienenevät vaihtoehdoilla VE3B, VE4B, VEK ja VE5A-D (Kuvat 39-41).

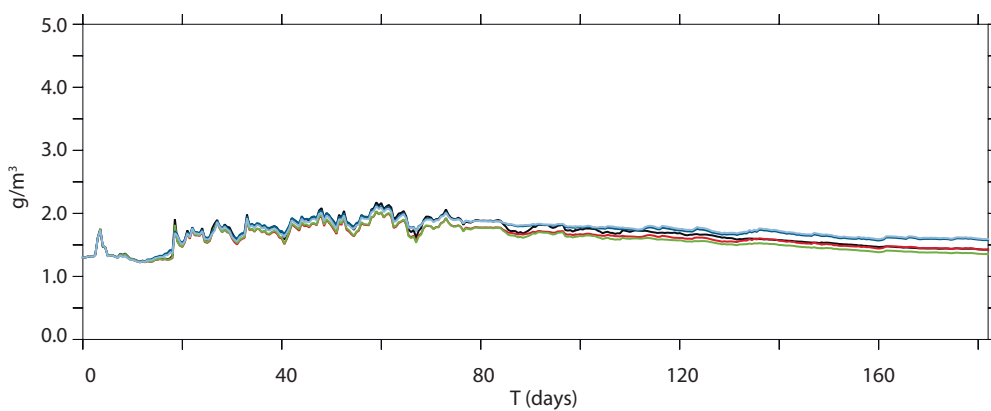
Tulosten tulkinnessa on huomioitava, että mallilaskennan tulos Maavedeltä kulkeutuvan aineen määrästä on vain arvio, joka on saatu mallissa käytettyjen vesipatsaassa olevien alkuarvojen perusteella. Malliin määriteltiin vedessä olevien pitoisuuksien alkuarvoiksi Maaveden alueelle näytteenotossa havaitut korkeammat pitoisuudet verrattuna muuhun laskenta-alueeseen. Sedimentissä olevat liikkeellelähtökykyiset ainemäärät olivat mallissa kuitenkin koko laskenta-alueella samat, vaikka luonnossa sedimentin paksuudessa voi ilmetä eroja. Malli arvioi siis lähinnä vesipatsaassa olevien pitoisuuksien kulkeutumista Maavedeltä, eikä sen pohjalta voi päätellä sedimentistä liikkeelle lähtevän aineen määrää. Koska Maaveden alueella on arvioitu olevan muuta Pien-Saimaan aluetta enemmän helposti liikkeelle lähtevää sedimenttiä, niin luonnossa Riutanselän pitoisuudet saattavat nousta vaihtoehdoilla VE1, VE1B ja VE3A enemmänkin, kuin mitä alla olevat kuvat osoittavat. Mallissa ei pystytty huomioimaan sedimentin paksuusvaihteluja ja ainepitoisuuksia eri alueilla, koska sedimentin ominaisuuksista ei ole tähän tarkoitukseen tarpeeksi mittaustuloksia.



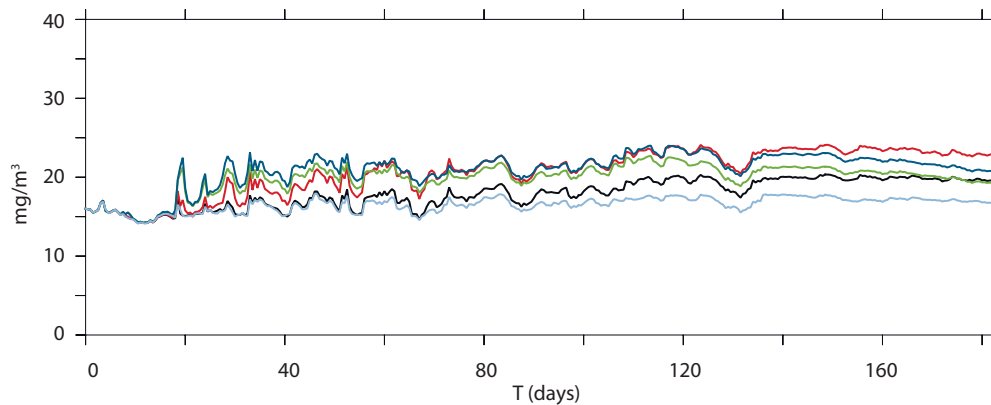
Kuva 33. Kiintoaine (mg/l) Riutanselällä 2.5.2010-31.10.2010. Musta=VE0, punainen=VE1, vihreä=VE1B, sininen=VE3A, v.sininen=VE3B



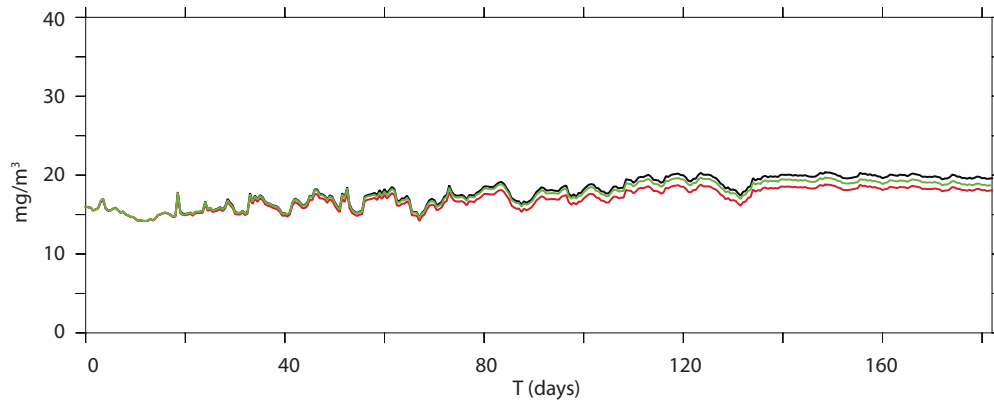
Kuva 34. Kiintoaine (mg/l) Riutanselällä 2.5.2010-31.10.2010. Musta=VE0, punainen=VE4B, vihreä=VEK



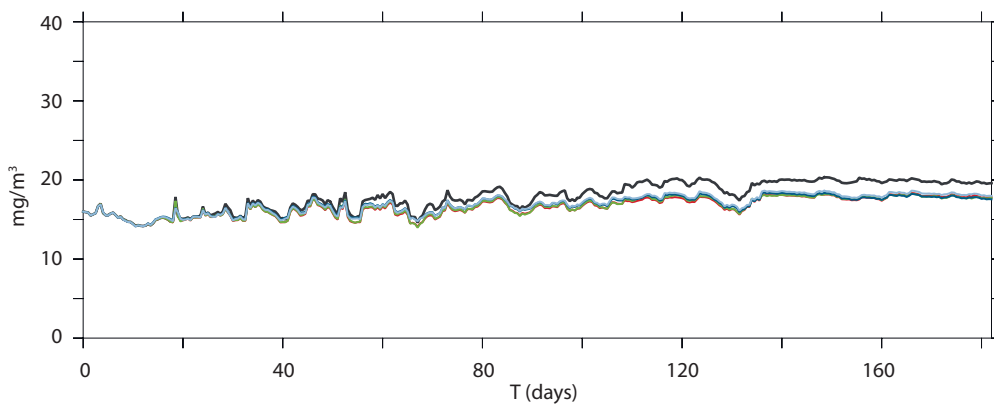
Kuva 35. Kiintoaine (mg/l) Riutanselällä 2.5.2010-31.10.2010. Musta=VE0, punainen=VE5A, vihreä=VE5B, sininen=VE5C, v.sininen=VE5C



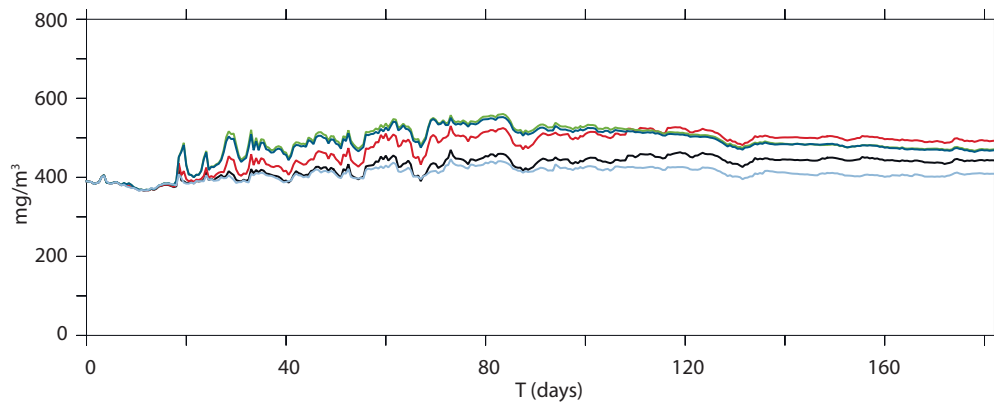
Kuva 36. Kok.fosfori (µg/l) Riutanselällä 2.5.2010-31.10.2010. Musta=VE0, punainen=VEI, vihreä=VEIB, sininen=VE3A, v.sininen=VE3B



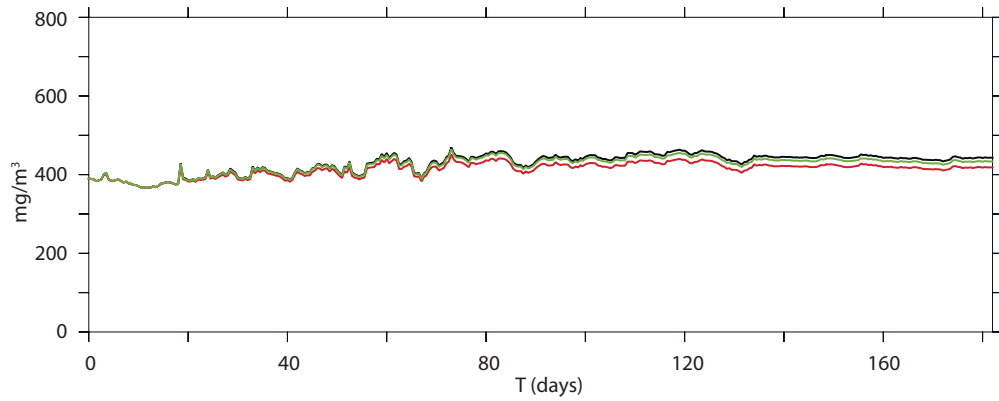
Kuva 37. Kok.fosfori ($\mu\text{g/l}$) Riutanselällä 2.5.2010-31.10.2010. Musta=VE0, punainen=VE4B, vihreä=VEK



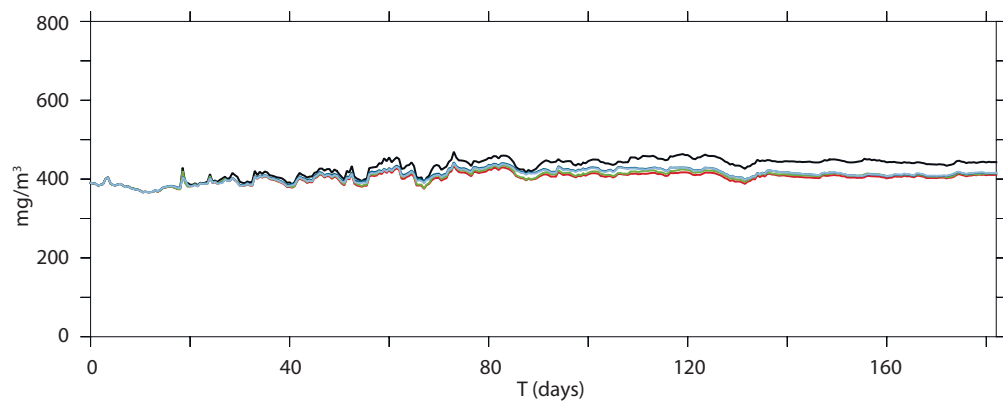
Kuva 38. Kok.fosfori ($\mu\text{g/l}$) Riutanselällä 2.5.2010-31.10.2010. Musta=VE0, punainen=VE5A, vihreä=VE5B, sininen=VE5C, v.sininen=VE5D



Kuva 39. Kok.typpi ($\mu\text{g/l}$) Riutanselällä 2.5.2010-31.10.2010. Musta=VE0, punainen=VE1, vihreä=VE1B, sininen=VE3A, v.sininen=VE3B



Kuva 40. Kok.typpi ($\mu\text{g/l}$) Riutanselällä 2.5.2010-31.10.2010. Musta=VE0, punainen=VE4B, vihreä=VEK

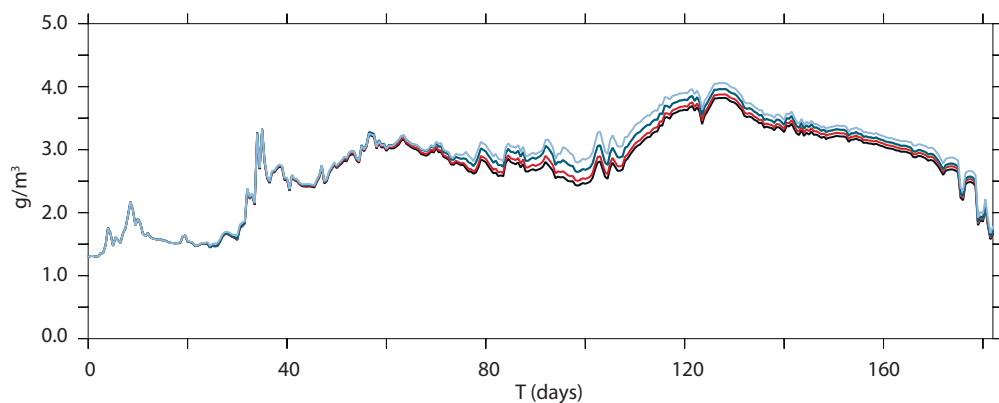


Kuva 41. Kok.typpi ($\mu\text{g/l}$) Riutanselällä 2.5.2010-31.10.2010. Musta=VE0, punainen=VE5A, vihreä=VE5B, sininen=VE5C, v.sininen=VE5D

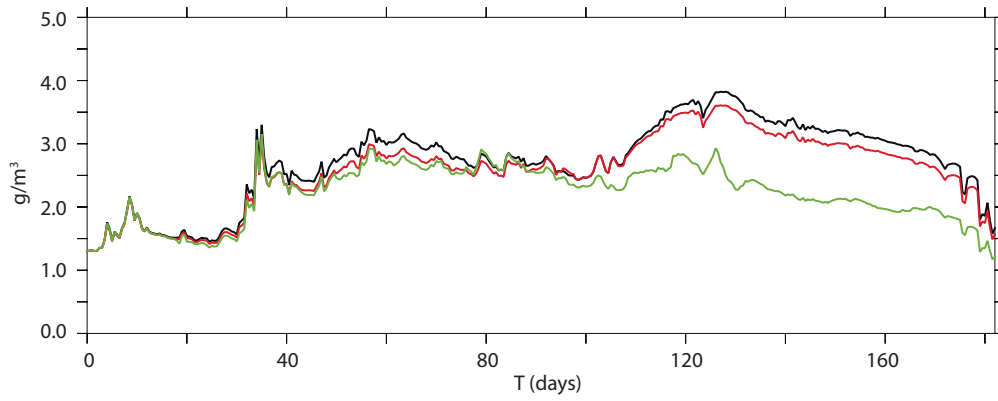
3.4

Kiintoaineen ja ravinteiden aikasarjat Sunisenselällä

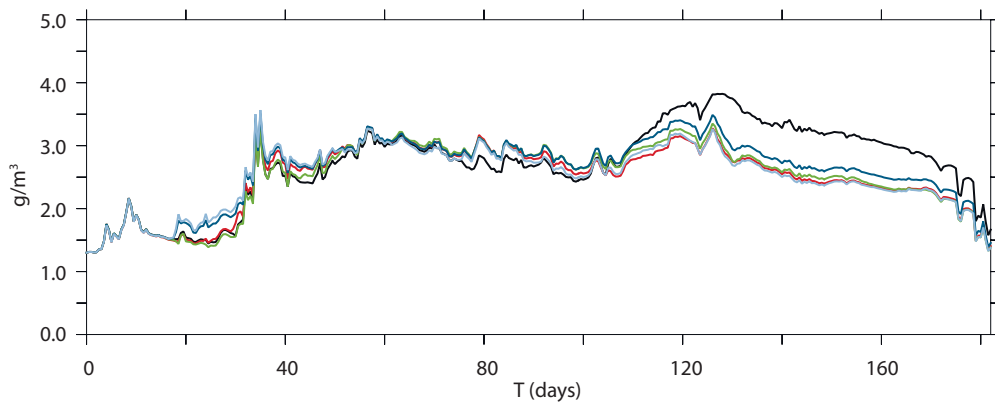
Sunisenselällä kiintoaine- ja ravinnepitoisuudet (Kuvat 42-50) eivät juurikaan muutu nykytilanteeseen verrattuna vaihtoehtoilla VE1, VE1B, VE3A ja VE3B. Vaihtoehtoilla VE4B, VEK ja VE5A-D pitoisuudet ovat jakson loppupuolella pienempiä kuin nykytilanteessa.



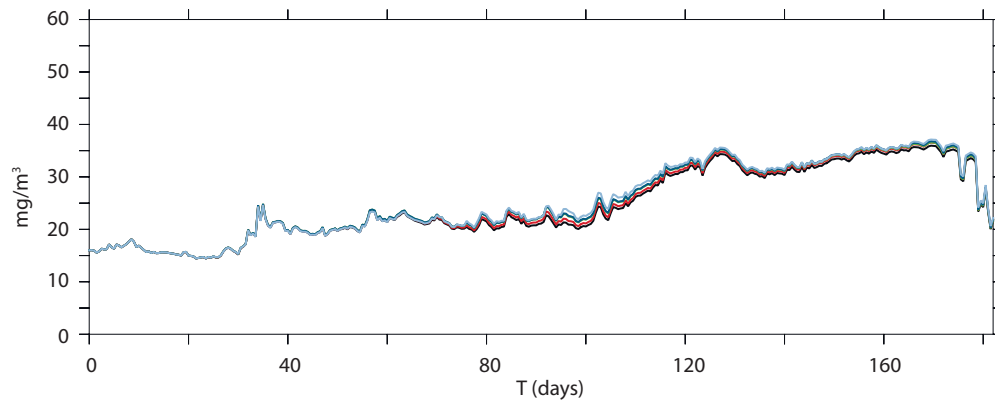
Kuva 42. Kiintoaine (mg/l) Sunisenselällä 2.5.2010-31.10.2010. Musta=VE0, punainen=VE1, vihreä=VE1B, sininen=VE3A, v.sininen=VE3B



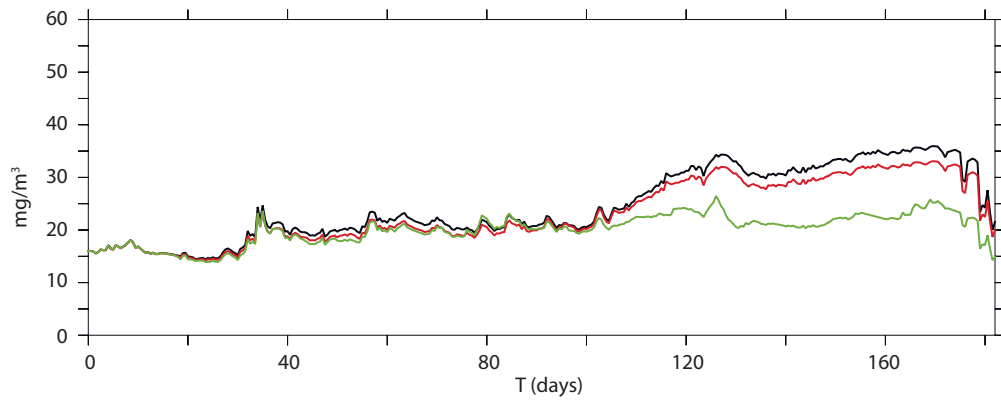
Kuva 43. Kiintoaine (mg/l) Sunisenselällä 2.5.2010-31.10.2010. Musta=VE0, punainen=VE4B, vihreä=VEK



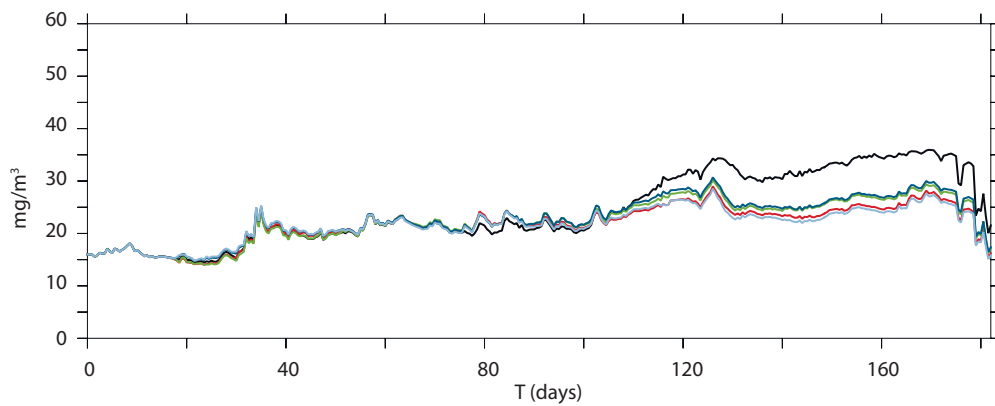
Kuva 44. Kiintoaine (mg/l) Sunisenselällä 2.5.2010-31.10.2010. Musta=VE0, punainen=VE5A, vihreä=VE5B, sininen=VE5C, v.sininen=VE5D



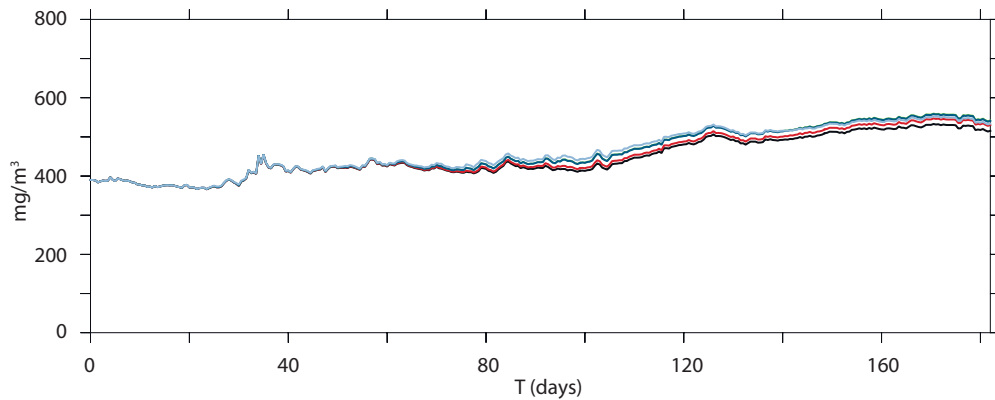
Kuva 45. Kok.fosfori (µg/l) Sunisenselällä 2.5.2010-31.10.2010. Musta=VE0, punainen=VE1, vihreä=VE1B, sininen=VE3A, v.sininen=VE3B



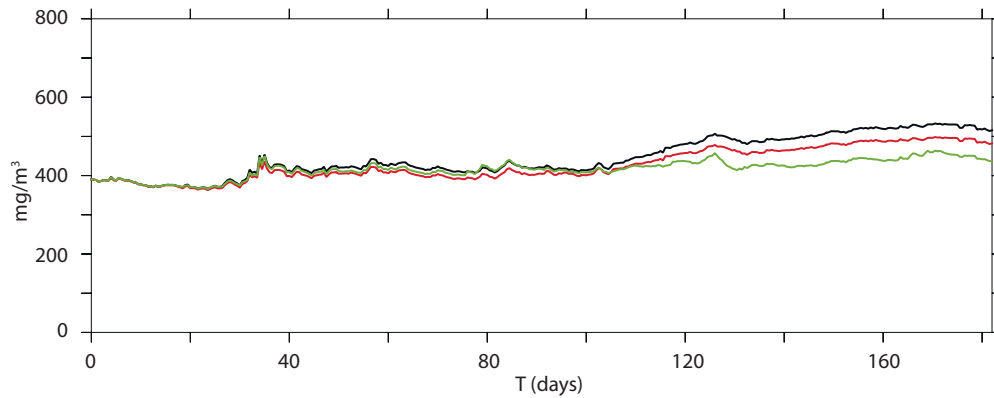
Kuva 46. Kok.fosfori ($\mu\text{g/l}$) Sunisenselällä 2.5.2010-31.10.2010. Musta=VE0, punainen=VE4B, vihreä=VEK



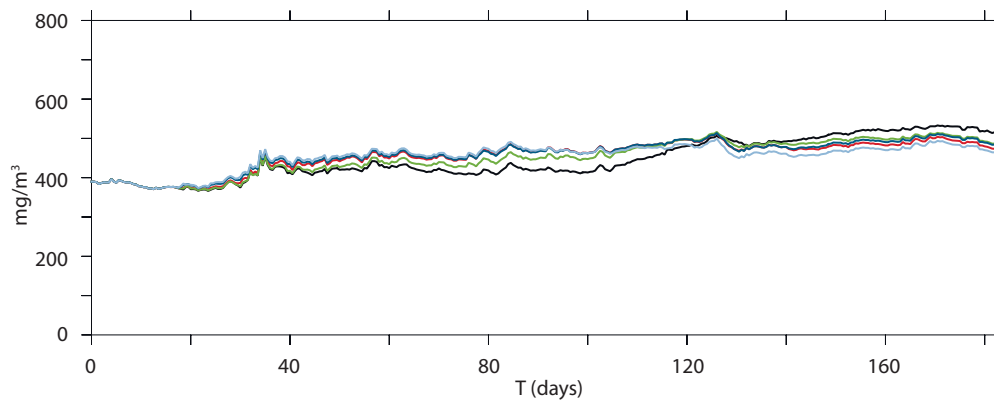
Kuva 47. Kok.fosfori ($\mu\text{g/l}$) Sunisenselällä 2.5.2010-31.10.2010. Musta=VE0, punainen=VE5A, vihreä=VE5B, sininen=VE5C, v.sininen=VE5D



Kuva 48. Kok.typpi ($\mu\text{g/l}$) Sunisenselällä 2.5.2010-31.10.2010. Musta=VE0, punainen=VE1, vihreä=VE1B, sininen=VE3A, v.sininen=VE3B



Kuva 49. Kok.typpi ($\mu\text{g/l}$) Sunisenselällä 2.5.2010-31.10.2010. Musta=VE0, punainen=VE4B, vihreä=VEK

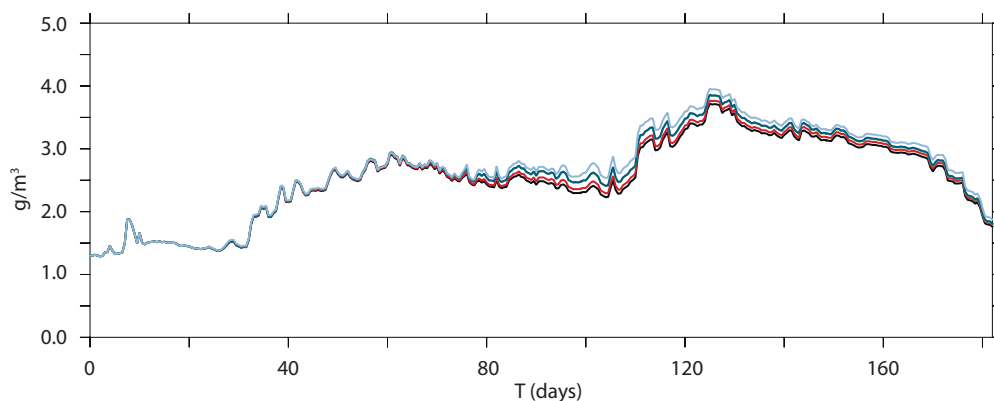


Kuva 50. Kok.typpi ($\mu\text{g/l}$) Sunisenselällä 2.5.2010-31.10.2010. Musta=VE0, punainen=VE5A, vihreä=VE5B, sininen=VE5C, v.sininen=VE5D

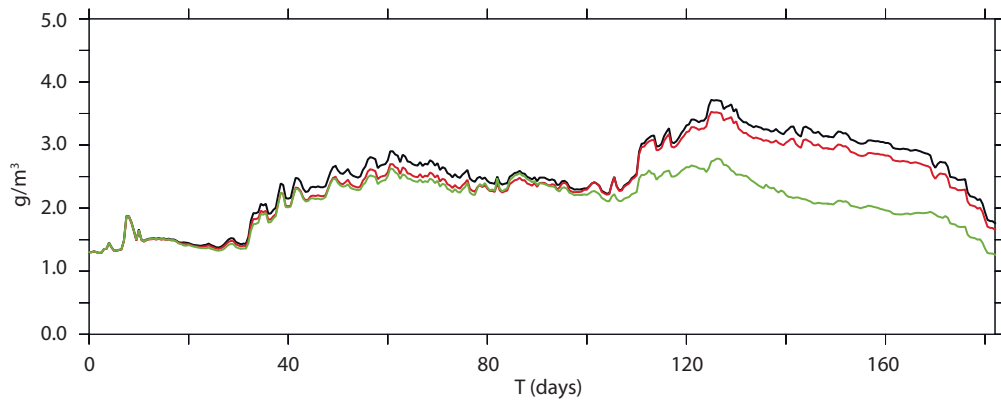
3.5

Kiintoaineen ja ravinteiden aikasarjat Sunisenselän vedenottoaikoilla

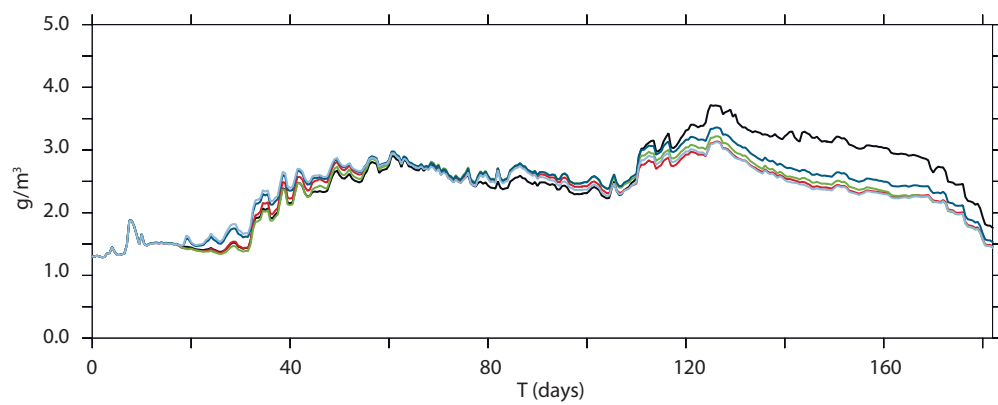
Vedenlaatu-aikasarjoja tulostettiin myös Sunisenselän vedenottoaikojen luota (Kuvat 51-59). Tulokset ovat tässä paikassa hyvin samanlaiset kuin keskeemmällä Sunisenselkällä.



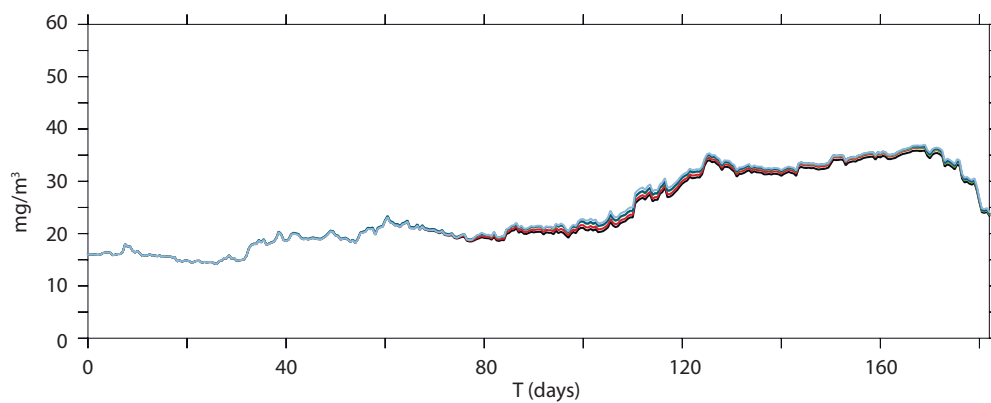
Kuva 51. Kiintoaine (mg/l) Sunisenselän vedenottoaikojen luona 2.5.2010-31.10.2010. Musta=VE0, punainen=VEI, vihreä=VEIB, sininen=VE3A, v.sininen=VE3B



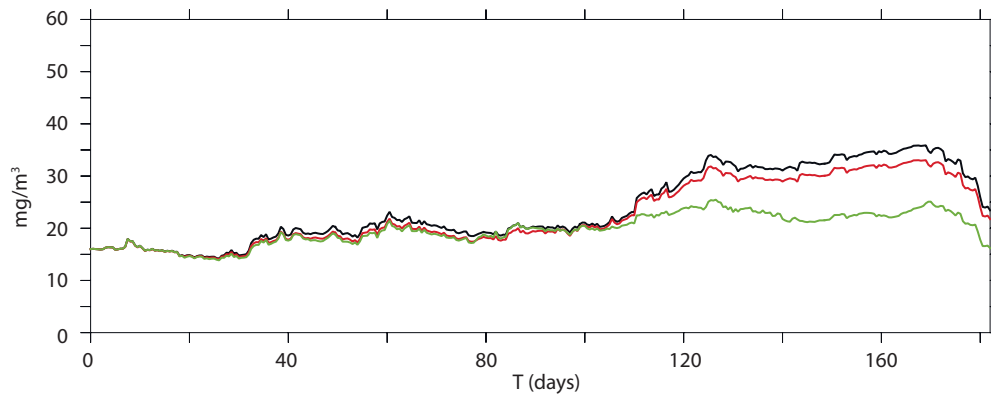
Kuva 52. Kiintoaine (mg/l) Sunisenselän vedenottoaikkojen luona 2.5.2010-31.10.2010. Musta=VE0, punainen=VE4B, vihreä=VEK



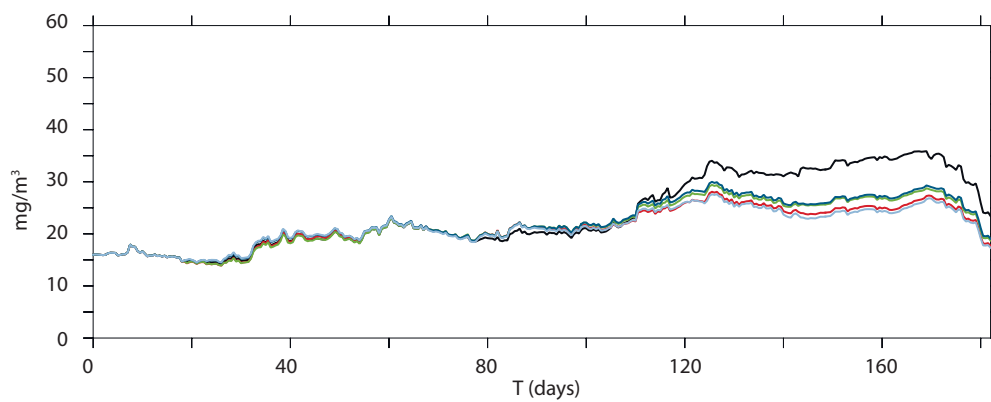
Kuva 53. Kiintoaine (mg/l) Sunisenselän vedenottoaikkojen luona 2.5.2010-31.10.2010. Musta=VE0, punainen=VE5A, vihreä=VE5B, sininen=VE5C, v.sininen=VE5D



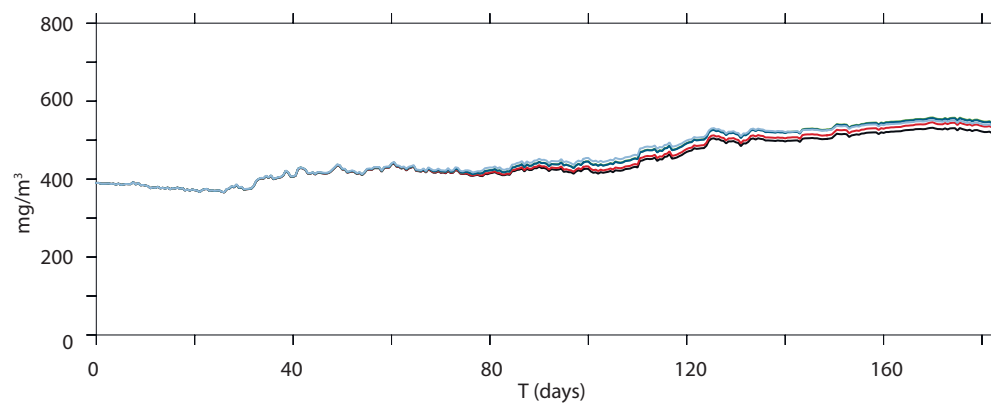
Kuva 54. Kok.fosfori ($\mu\text{g}/\text{l}$) Sunisenselän vedenottoaikkojen luona 2.5.2010-31.10.2010. Musta=VE0, punainen=VE1, vihreä=VE1B, sininen=VE3A, v.sininen=VE3B



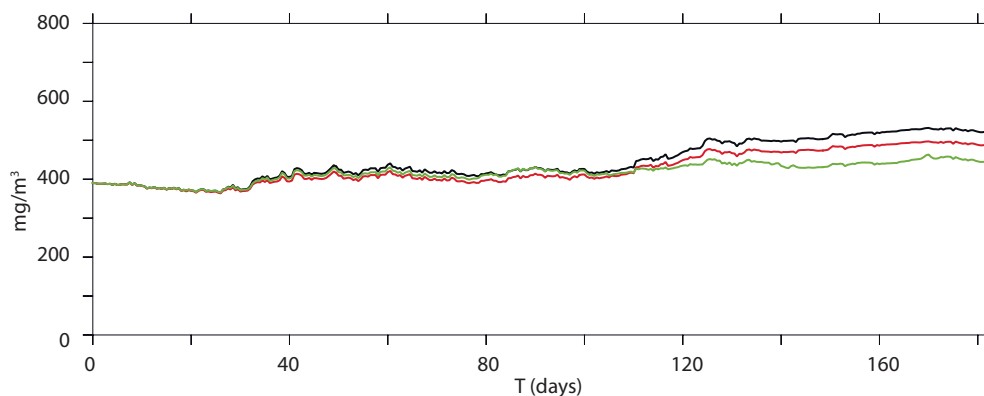
Kuva 55. Kok.fosfori ($\mu\text{g/l}$) Sunisenselän vedenottoaikkujen luona 2.5.2010-31.10.2010. Musta=VE0, punainen=VE4B, vihreä=VEK



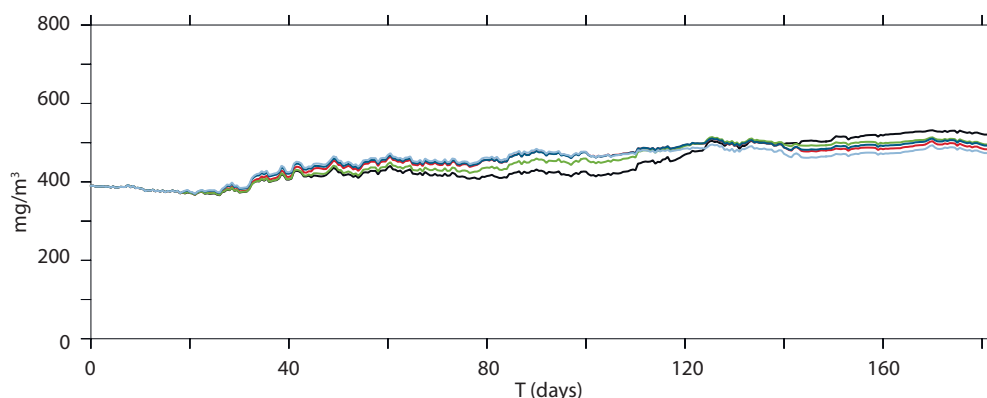
Kuva 56. Kok.fosfori ($\mu\text{g/l}$) Sunisenselän vedenottoaikkujen luona 2.5.2010-31.10.2010. Musta=VE0, punainen=VE5A, vihreä=VE5B, sininen=VE5C, v.sininen=VE5D



Kuva 57. Kok.typpi ($\mu\text{g/l}$) Sunisenselän vedenottoaikkujen luona 2.5.2010-31.10.2010. Musta=VE0, punainen=VE1, vihreä=VE1B, sininen=VE3A, v.sininen=VE3B



Kuva 58. Kok.tyyppi ($\mu\text{g/l}$) Sunisenselän vedenottoaikkojen luona 2.5.2010-31.10.2010. Musta=VE0, punainen=VE4B, vihreä=VEK



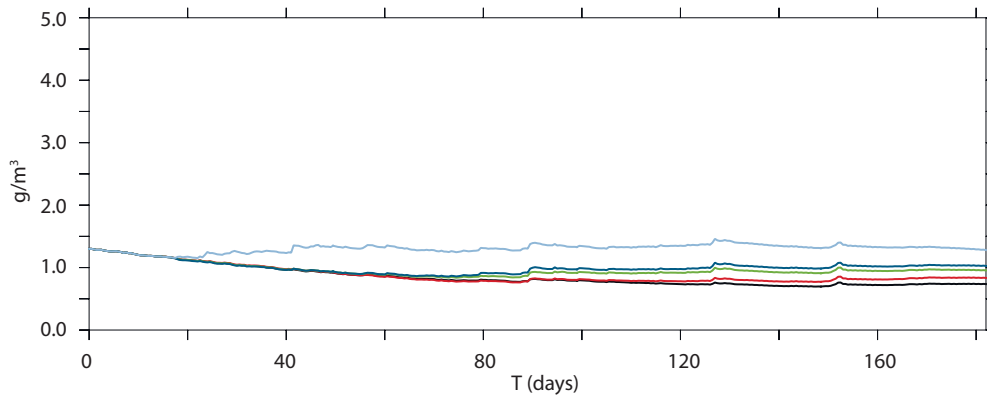
Kuva 59. Kok.tyyppi ($\mu\text{g/l}$) Sunisenselän vedenottoaikkojen luona 2.5.2010-31.10.2010. Musta=VE0, punainen=VE5A, vihreä=VE5B, sininen=VE5C, v.sininen=VE5D

3.6

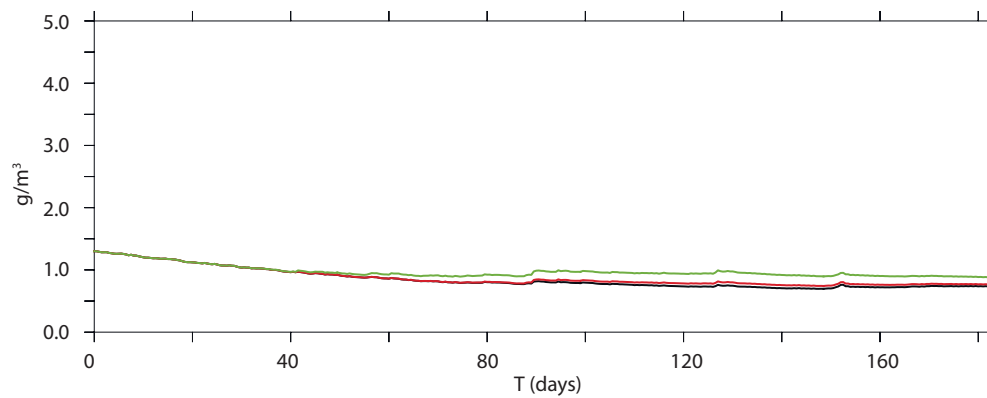
Kiintoaineen ja ravinteiden aikasarjat Niemisenselällä

Kiintoaine- ja ravinnepitoisuudet Niemisenselän eteläosassa lähellä Kaukaan tehtaiden vedenottoa on esitetty kuvissa 60-68. Kiintoainepitoisuudet Kaukaan tehtaiden vedenottoaikalla kasvavat selvästi vaihtoehdoilla VE3B ja VE5A-D, jolloin Maaveden vettä pumpataan Kopinsalmesta etelään päin. Muilla vaihtoehdoilla pitoisuudet ovat melko lähellä nykytilannetta. Ravinnepitoisuudet kasvavat jonkin verran myös vaihtoehdoilla VE1B, VE3A ja VEK. Mikään vaihtoehdoista ei muuta vedenlaatua tällä havaintopaikalla nykytilannetta ($40 \text{ m}^3/\text{s}$ pumpaus Vehkataipaleelta) paremmaksi.

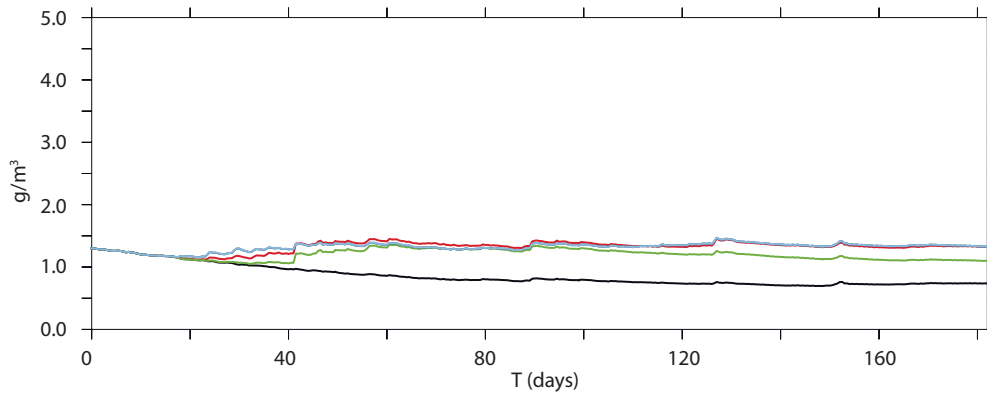
Vaihtoehtojen VE3B ja VE5A-D tilanteissa, joissa pumpataan vettä Maavedeltä Vehkasalonselälle päin, on huomioitava, että luonnossa pitoisuuksien kasvu saattaa olla suurempaa kuin mallin antamissa tuloksissa, koska mallissa ei otettu huomioon sedimentissä olevia mahdollisesti liikkeellelähteviä pitoisuuksia. Pitoisuuksien nousu pumpausten seurauksena lienee kuitenkin väliaikaista, erityisesti jos Maavedelle pumpataan puhtaampaa Suur-Saimaan vettä (VE3B), jolloin sen vedenlaatu paranee.



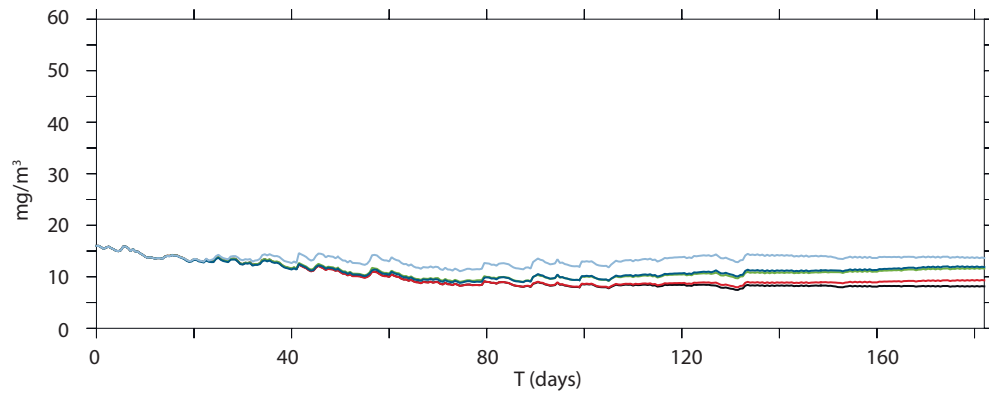
Kuva 60. Kiintoaine (mg/l) Niemisenselän eteläosassa 2.5.2010-31.10.2010.
 Musta=VE0, punainen=VE1, vihreä=VEIB, sininen=VE3A, v.sininen=VE3B



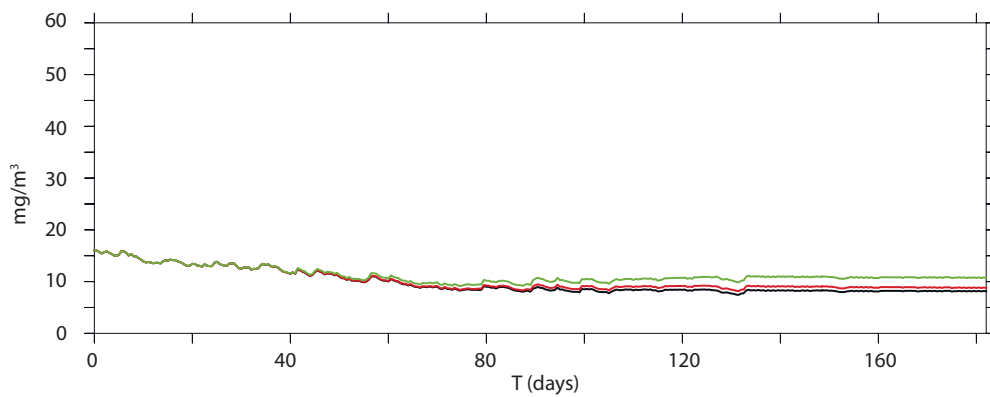
Kuva 61. Kiintoaine (mg/l) Niemisenselän eteläosassa 2.5.2010-31.10.2010.
 Musta=VE0, punainen=VE4B, vihreä=VEK



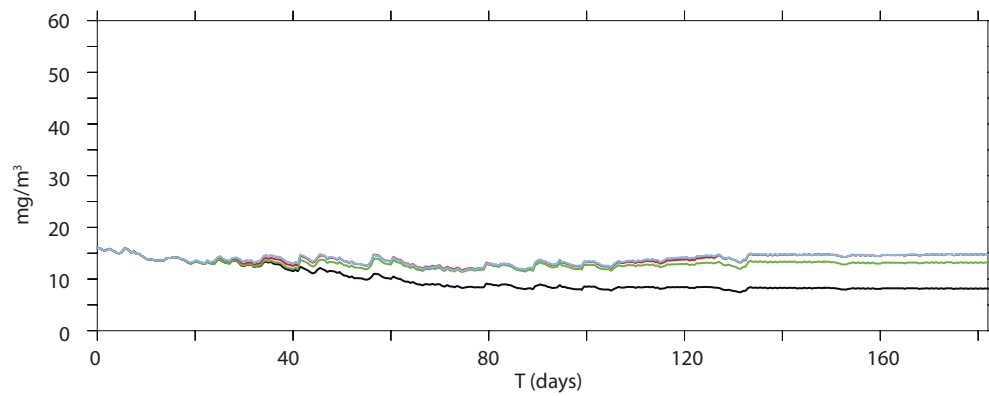
Kuva 62. Kiintoaine (mg/l) Niemisenselän eteläosassa 2.5.2010-31.10.2010.
 Musta=VE0, punainen=VE5a, vihreä=VE5B, sininen=VE5C, v.sininen=VE5D



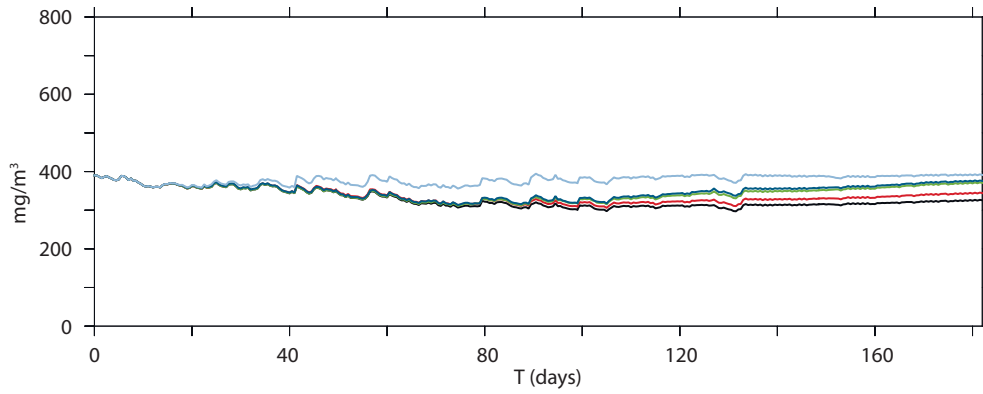
Kuva 63. Kokonaisfosfori ($\mu\text{g/l}$) Niemisenselän eteläosassa 2.5.2010-31.10.2010.
 Musta=VE0, punainen=VEI, vihreä=VEIB, sininen=VE3A, v.sininen=VE3B



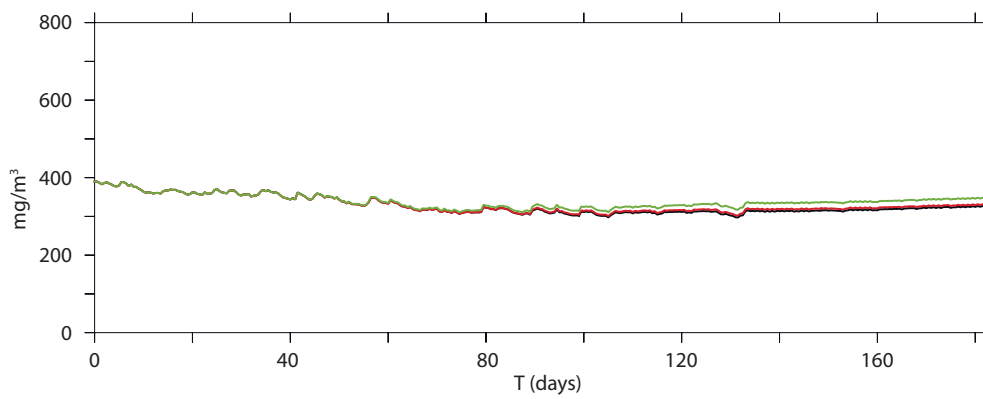
Kuva 64. Kokonaisfosfori ($\mu\text{g/l}$) Niemisenselän eteläosassa 2.5.2010-31.10.2010.
 Musta=VE0, punainen=VE4B, vihreä=VEK



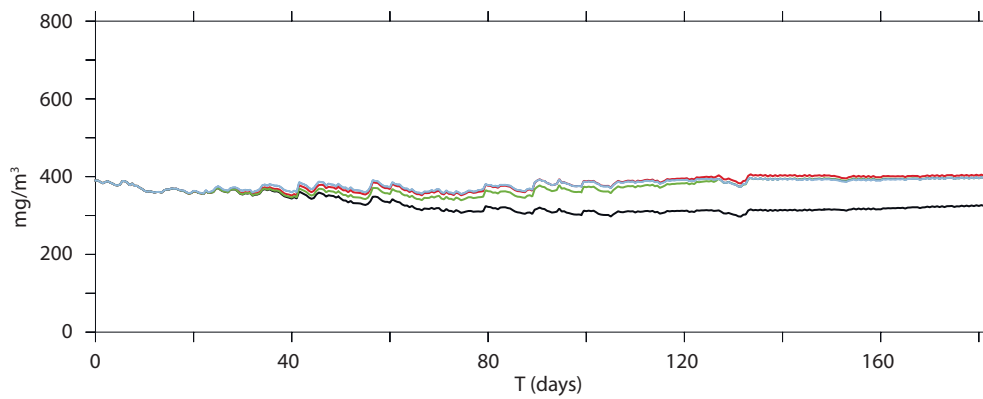
Kuva 65. Kokonaisfosfori ($\mu\text{g/l}$) Niemisenselän eteläosassa 2.5.2010-31.10.2010.
 Musta=VE0, punainen=VE5A, vihreä=VE5B, sininen=VE5C, v.sininen=VE5D



Kuva 66. Kokonaistyyppi ($\mu\text{g/l}$) Niemisenselän eteläosassa 2.5.2010-31.10.2010.
 Musta=VE0, punainen=VE1, vihreä=VE1B, sininen=VE3A, v.sininen=VE3B



Kuva 67. Kokonaistyyppi ($\mu\text{g/l}$) Niemisenselän eteläosassa 2.5.2010-31.10.2010.
 Musta=VE0, punainen=VE4B, vihreä=VEK



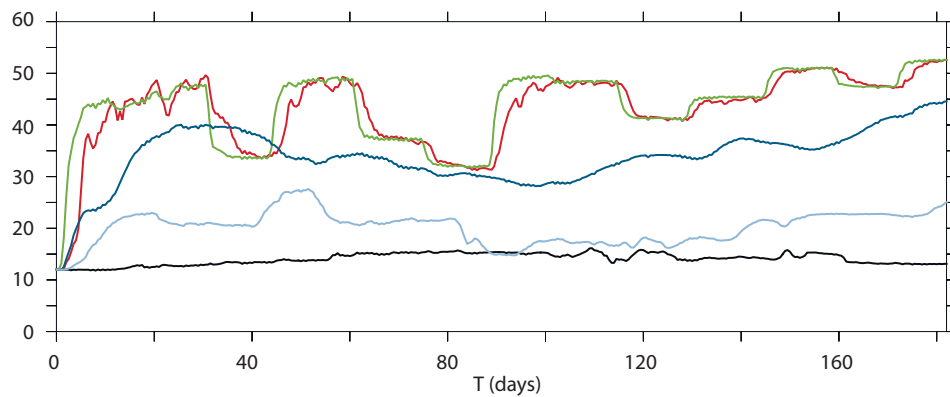
Kuva 68. Kokonaistyyppi ($\mu\text{g/l}$) Niemisenselän eteläosassa 2.5.2010-31.10.2010.
 Musta=VE0, punainen=VE5A, vihreä=VE5B, sininen=VE5C, v.sininen=VE5D

N/P-suhteet

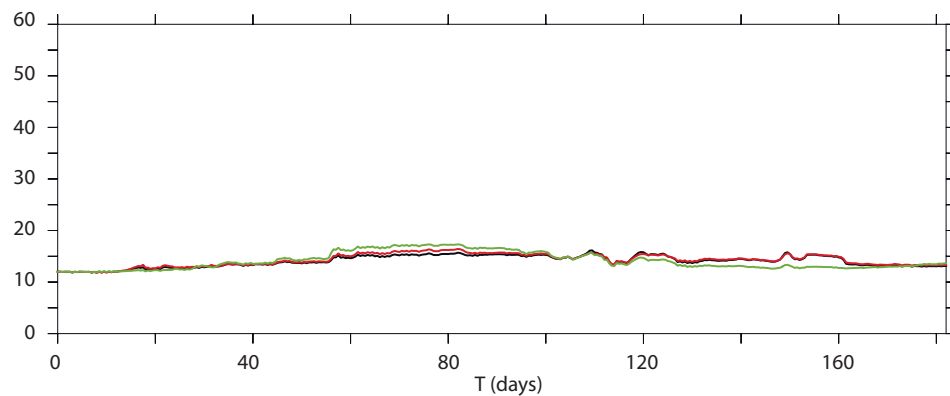
Vähäravinteisten lisävesien johtaminen vaikuttaa veden laatuun laimentumisen kautta. Laimentumisen yhteydessä myös kokonaisravinteiden suhteet (N/P) muuttuvat jonkin verran. Kun N/P-ravannesuhde kasvaa, niin järvi muuttuu fosforirajoitteisempaan suuntaan ja riski sinileväkukintoihin muuttuu aiempaa pienemmäksi.

Mallin kokonaisfosfori- ja kokonaistyyppitulosten perusteella lasketut ravinnesuhteet on esitetty kuvissa 69-83. Tulosten perusteella ravinnesuhde kasvaa Maavedellä vaihtoehdoilla VE1, VE1B, VE3A, VE3B ja VE5A-D. Vaihtoehdoilla VE4B ja VEK ei ole Maavedelle vaikutusta.

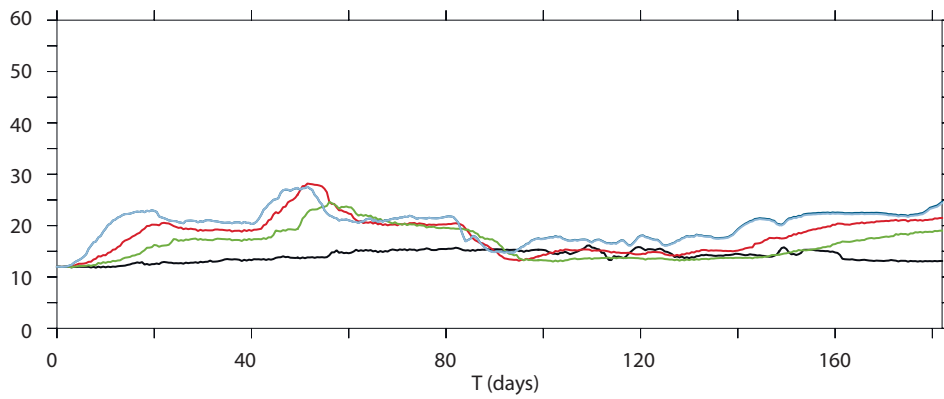
Riutanselällä ravinnesuhde kasvaa hieman vaihtoehdoilla VE1B ja VE3A ja muilla vaihtoehdoilla ei ole juurikaan vaikutusta. Sunisenselällä ravinnesuhde kasvaa vaihtoehdoilla VEK ja VE5A-D. Niemisenselän eteläosassa ravinnesuhde kasvaa vaihtoehdoilla VE4B ja VEK. Suhde pienenee Niemisenselällä jonkin verran muilla vaihtoehdoilla, mutta vähiten vaihtoehdolla VE1.



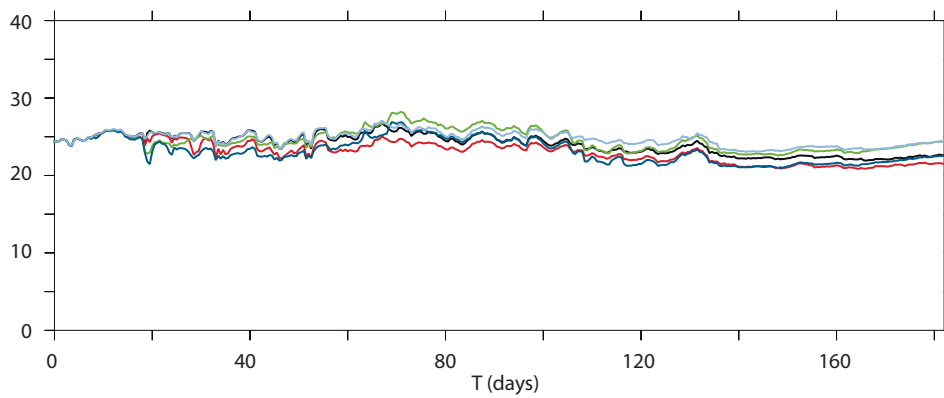
Kuva 69. N/P suhde Maavedellä pintakerroksessa 2.5.2010-31.10.2010. Musta=VE0, punainen=VE1, vihreä=VE1B, sininen=VE3A, v.sininen=VE3B.



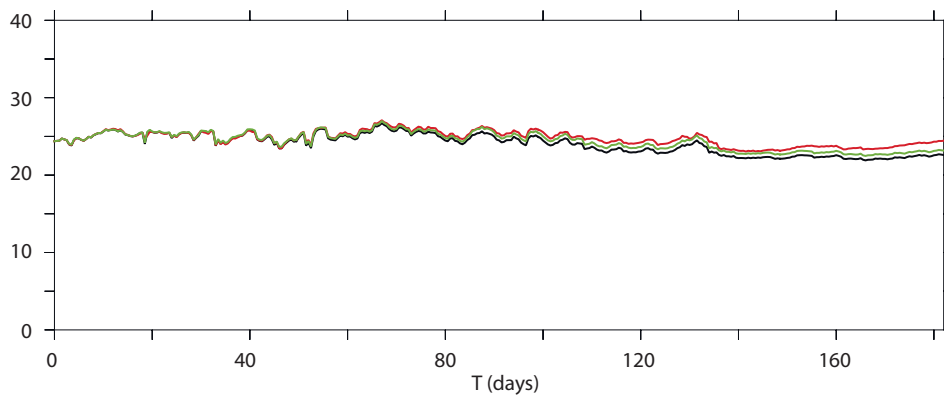
Kuva 70. N/P suhde Maavedellä pintakerroksessa 2.5.2010-31.10.2010. Musta=VE0, punainen=VE4B, vihreä=VEK.



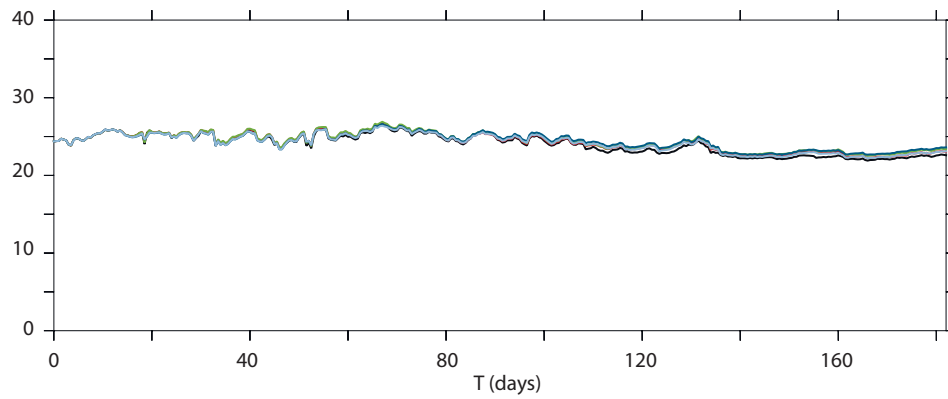
Kuva 71. N/P suhde Maavedellä pintakerroksessa 2.5.2010-31.10.2010.
 Musta=VE0, punainen=VE5A, vihreä=VE5B, sininen=VE5C, v.sininen=VE5D.



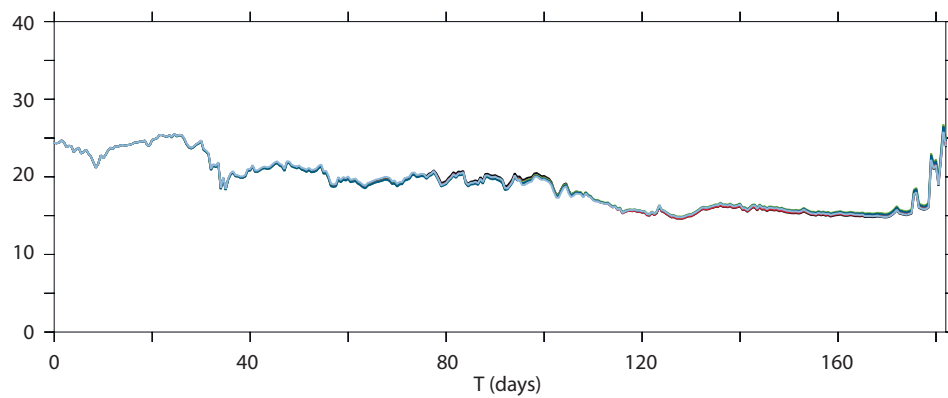
Kuva 72. N/P suhde Riutanselällä pintakerroksessa 2.5.2010-31.10.2010.
 Musta=VE0, punainen=VE1, vihreä=VE1B, sininen=VE3A, v.sininen=VE3B.



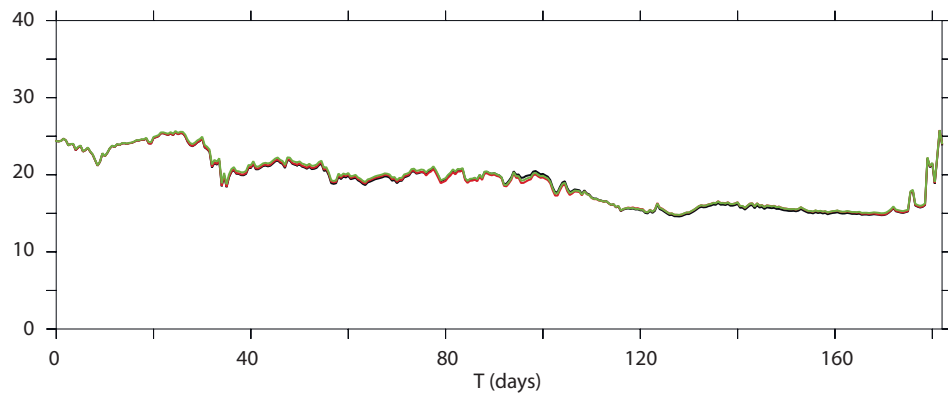
Kuva 73. N/P suhde Riutanselällä pintakerroksessa 2.5.2010-31.10.2010.
 Musta=VE0, punainen=VE4B, vihreä=VEK



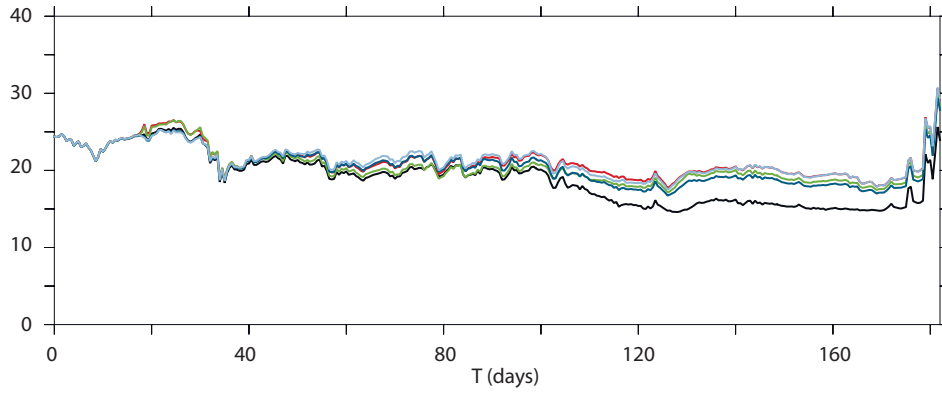
Kuva 74. N/P suhde Riutanselällä pintakerroksessa 2.5.2010-31.10.2010.
 Musta=VE0, punainen=VE5A, vihreä=VE5B, sininen=VE5C, v.sininen=VE5D



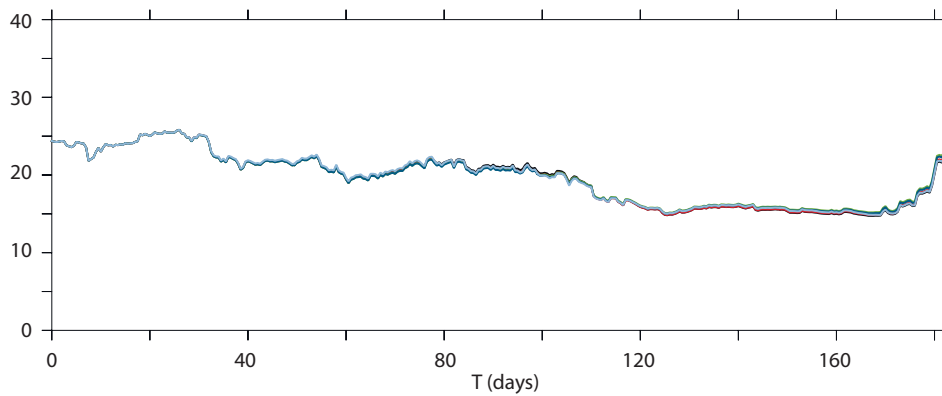
Kuva 75. N/P suhde Sunisenselällä pintakerroksessa 2.5.2010-31.10.2010.
 Musta=VE0, punainen=VE1, vihreä=VE1B, sininen=VE3A, v.sininen=VE3B.



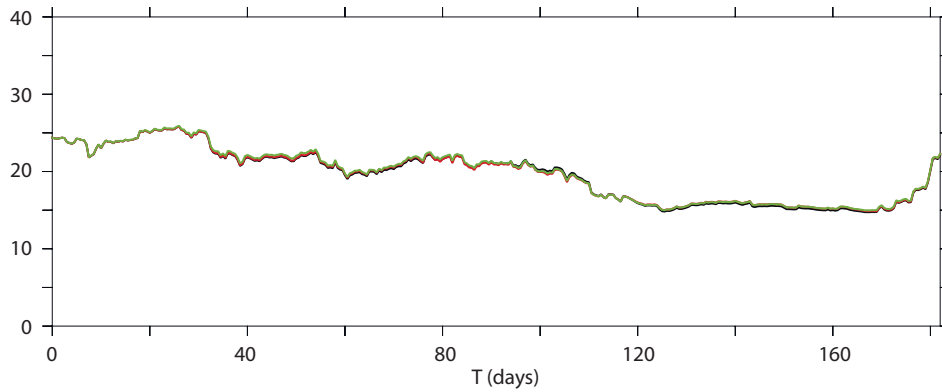
Kuva 76. N/P suhde Sunisenselällä pintakerroksessa 2.5.2010-31.10.2010.
 Musta=VE0, punainen=VE4B, vihreä=VEK



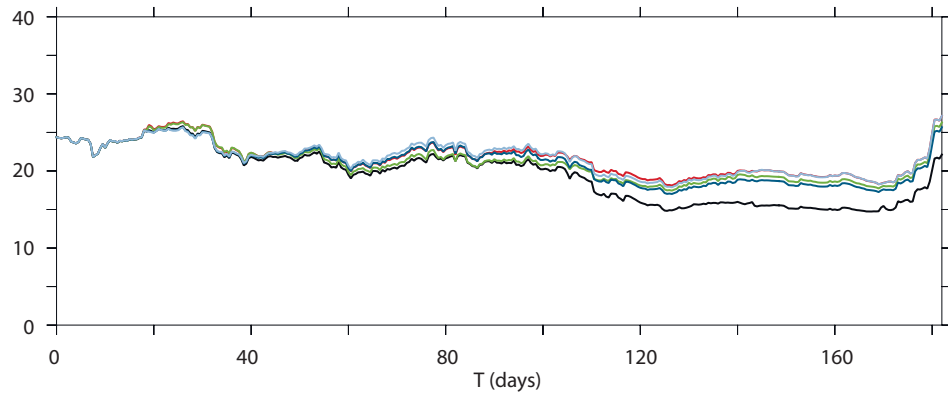
Kuva 77. N/P suhde Sunisenselällä pintakerroksessa 2.5.2010-31.10.2010.
 Musta=VE0, punainen=VE5A, vihreä=VE5B, sininen=VE5C, v.sininen=VE5D



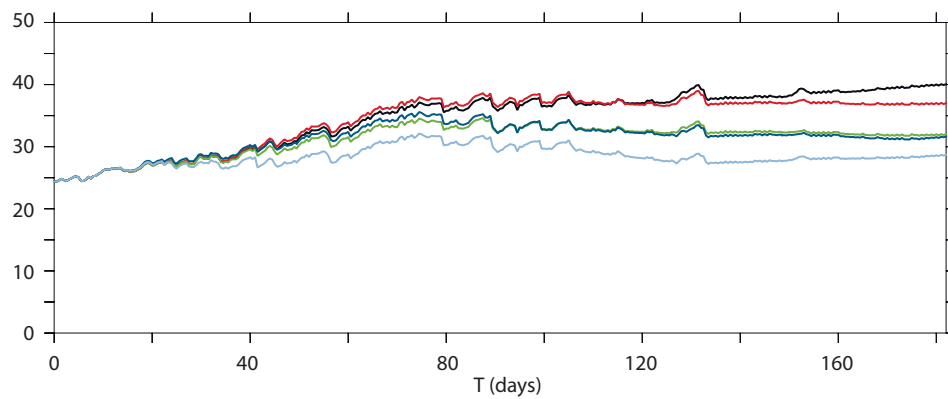
Kuva 78. N/P suhde Sunisenselän vedenottoaikkojen luona pintakerroksessa 2.5.2010-31.10.2010.
 Musta=VE0, punainen=VE1, vihreä=VE1B, sininen=VE3A, v.sininen=VE3B.



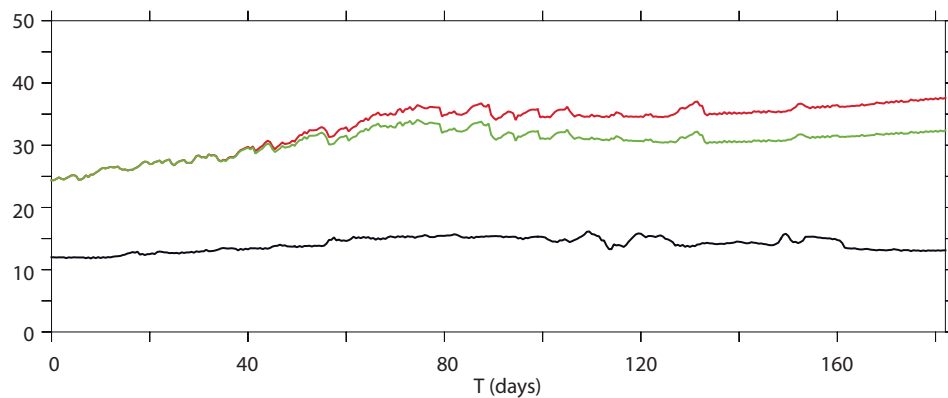
Kuva 79. N/P suhde Sunisenselän vedenottoaikkojen luona pintakerroksessa 2.5.2010-31.10.2010.
 Musta=VE0, punainen=VE4B, vihreä=VEK



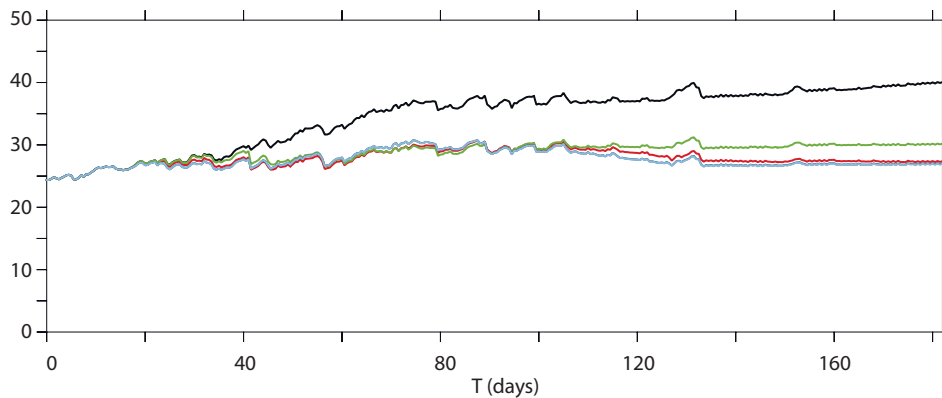
Kuva 80. N/P suhde Sunisenselän vedenottoaikkojen luona pintakerroksessa 2.5.2010-31.10.2010. Musta=VE0, punainen=VE5A, vihreä=VE5B, sininen=VE5C, v.sininen=VE5D



Kuva 81. N/P suhde Niemisenselän eteläosassa pintakerroksessa 2.5.2010-31.10.2010. Musta=VE0, punainen=VE1, vihreä=VE1B, sininen=VE3A, v.sininen=VE3B.



Kuva 82. N/P suhde Niemisenselän eteläosassa pintakerroksessa 2.5.2010-31.10.2010. Musta=VE0, punainen=VE4B, vihreä=VEK



Kuva 83. N/P suhde Niemisenselän eteläosassa pintakerroksessa 2.5.2010-31.10.2010. Musta=VE0, punainen=VE5A, vihreä=VE5B, sininen=VE5C, v.sininen=VE5D

3.8

Vedenlaatu jakson lopussa

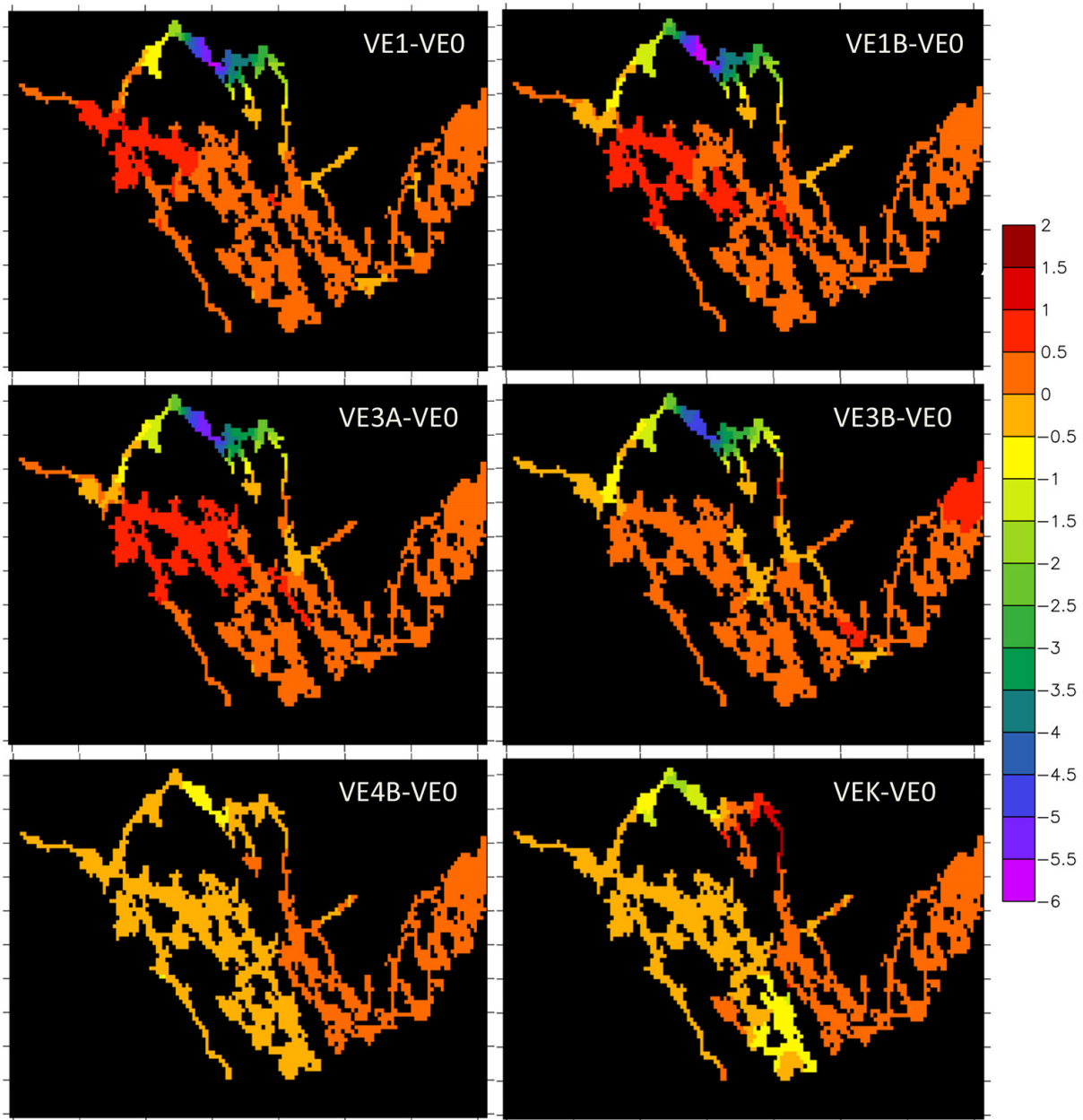
Kuvissa 84 – 89 on esitetty kunkin laskentavaihtoehdon tuottama pitoisuuksien muutos verrattuna nykytilanteen laskentaan pintavedessä laskentajakson lopussa 31.10.2010. Muutos on saatu vähentämällä nykytilanteen ainepitoisuus kyseessä olevan laskentavaihtoehdon pitoisuudesta. Tulokset ovat hetkellisiä ja kuvaavat jakson lopputilannetta.

Jakson lopussa Maaveden kiintoainepitoisuus vähentyi nykytilanteeseen nähden kaikilla vaihtoehdoilla (Kuvat 84 ja 85). Vaihtoehdolla VEK pitoisuus kasvoi hieman Maaveden itäosassa. Riutanselällä kiintoainepitoisuus kasvoi osassa aluetta vaihtoehdoilla VE1B, VE1 ja VE3A. Muilla vaihtoehdoilla pitoisuus pysyi lähellä nykytilanteen arvoja Riutanselällä. Sunisenselällä kiintoainepitoisuus väheni vaihtoehdolla VEK ja pysyi nykytilanteen kaltaisena muilla vaihtoehdoilla. Niemisenselän eteläosassa ja Itäisellä Pien-Saimaalla kiintoainepitoisuudet kasvoivat hieman vaihtoehdoilla VE3B, VE5A, VE5C ja VE5D, kun taas muilla vaihtoehdoilla pitoisuudet pysyivät nykytilanteen kaltaisina.

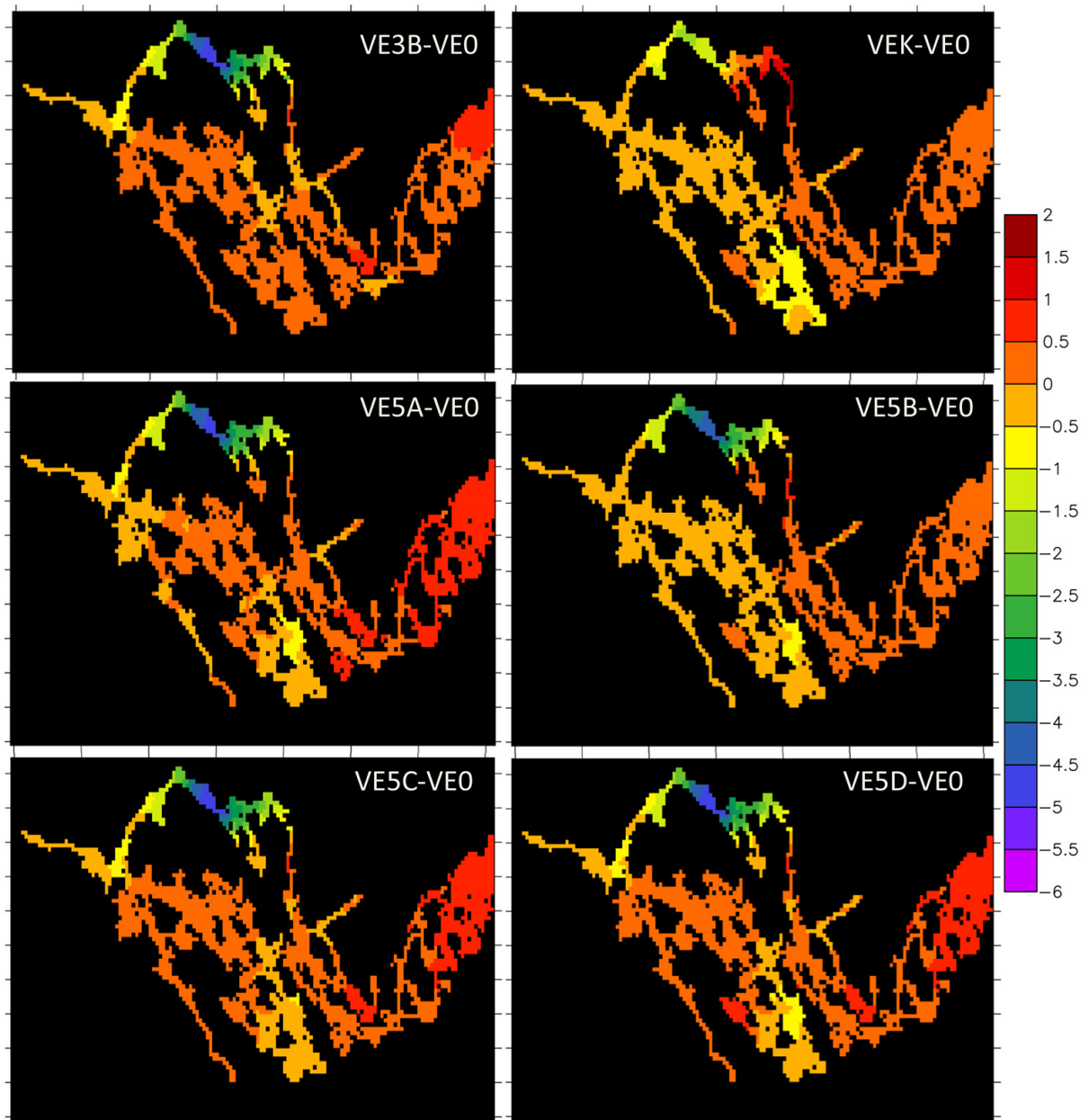
Kokonaisfosfori vähentyi Maavedellä nykytilanteeseen verrattuna vaihtoehdoilla VE1, VE1B, VE3A, VE3B, VE4B, VE5A-D ja pysyi nykytilanteen kaltaisena vaihtoehdolla VEK (Kuvat 86 ja 87). Riutanselällä pitoisuudet vähenivät nykytilanteeseen nähden vaihtoehdoilla VE4B ja VE5A-D, kun taas muilla vaihtoehdoilla pitoisuudet olivat lähes kuten nykytilanteessakin. Sunisenselällä pitoisuudet vähenivät vaihtoehdoilla VE5A-D ja muilla vaihtoehdoilla tilanne oli samanlainen kuin nykytilanteessa. Niemisenselän eteläosassa kokonaisfosforipitoisuudet kasvoivat hieman vaihtoehdoilla VE4B ja VE5A-D ja pysyivät muilla vaihtoehdoilla nykytilanteen kaltaisena. Itäisellä Pien-Saimaalla kokonaisfosforipitoisuudet kasvoivat hieman vaihtoehdoilla VE5A, VE5C ja VE5D.

Kokonaistyyppipitoisuudet vähenivät Maavedellä kaikilla vaihtoehdoilla nykytilanteeseen verrattuna (Kuvat 88 ja 89). Riutanselällä pitoisuus lisääntyi vaihtoehdolla VE1 ja pysyi lähes nykytilanteen mukaisena muilla vaihtoehdoilla. Sunisenselällä tyyppipitoisuus väheni vaihtoehdoilla VEK ja VE5D ja pysyi muilla vaihtoehdoilla lähes nykytilanteen mukaisena. Niemisenselän eteläosassa pitoisuudet kasvoivat hieman vaihtoehdoilla VE3B ja VE5A-D ja pysyivät muilla vaihtoehdoilla nykytilanteen kaltaisena. Itäisellä Pien-Saimaalla pitoisuudet vähenivät tai pysyivät lähellä nykytilaa kaikilla vaihtoehdoilla.

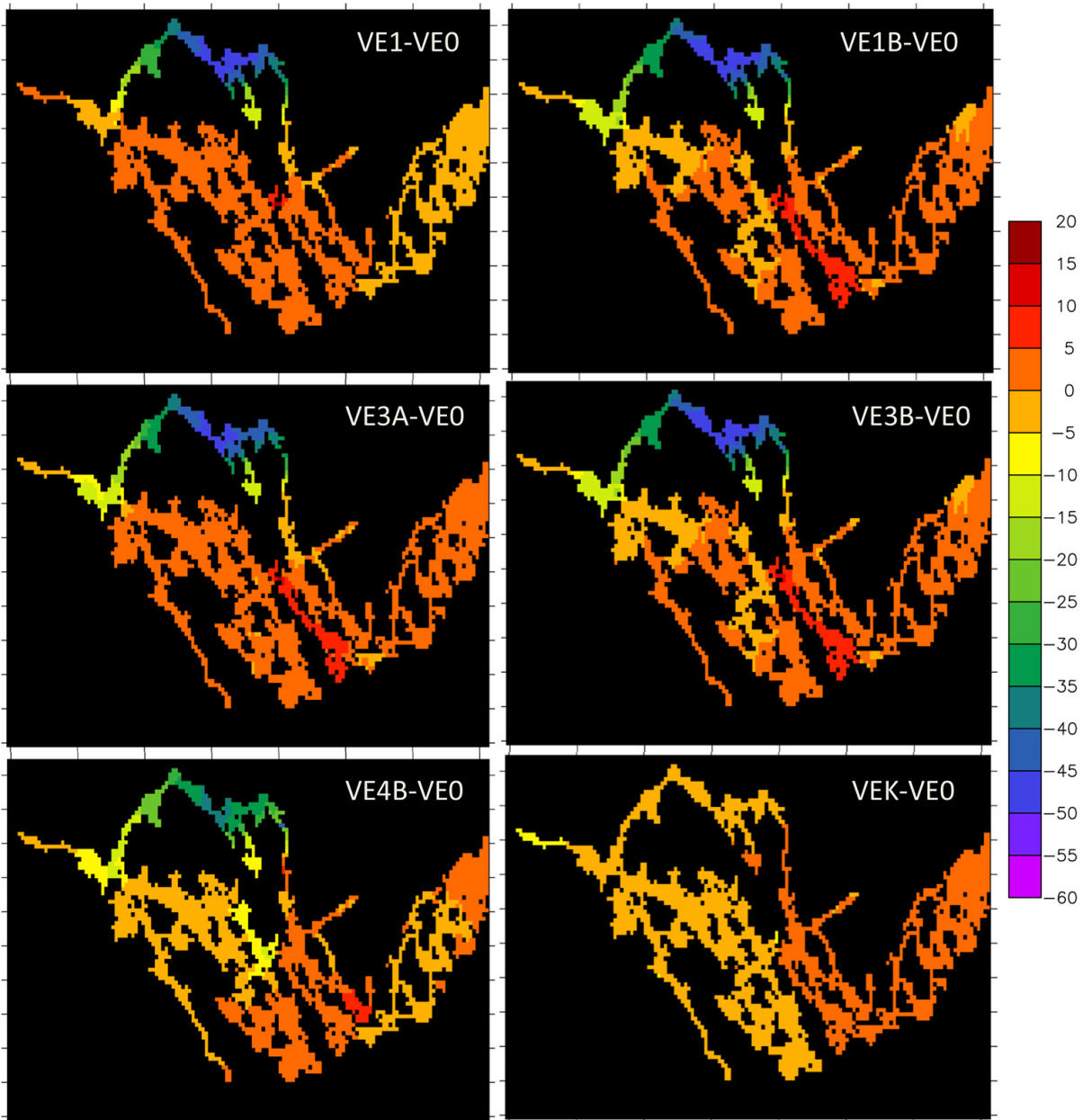
Yllä olevia tuloskuvia jakson loppuhetkeltä tarkastellessa on huomioitava, että kyseessä on vain hetkellinen tilanne. Joiltain osin erot ovat suurempia muina hetkinä jakson aikana. Sekä loppuhetken että jakson loppuosan tilannetta on selvitetty seuraavan luvun taulukossa ja aiemmin esitettyjen aikasarjakuvien avulla luvuissa 3.2-3.6.



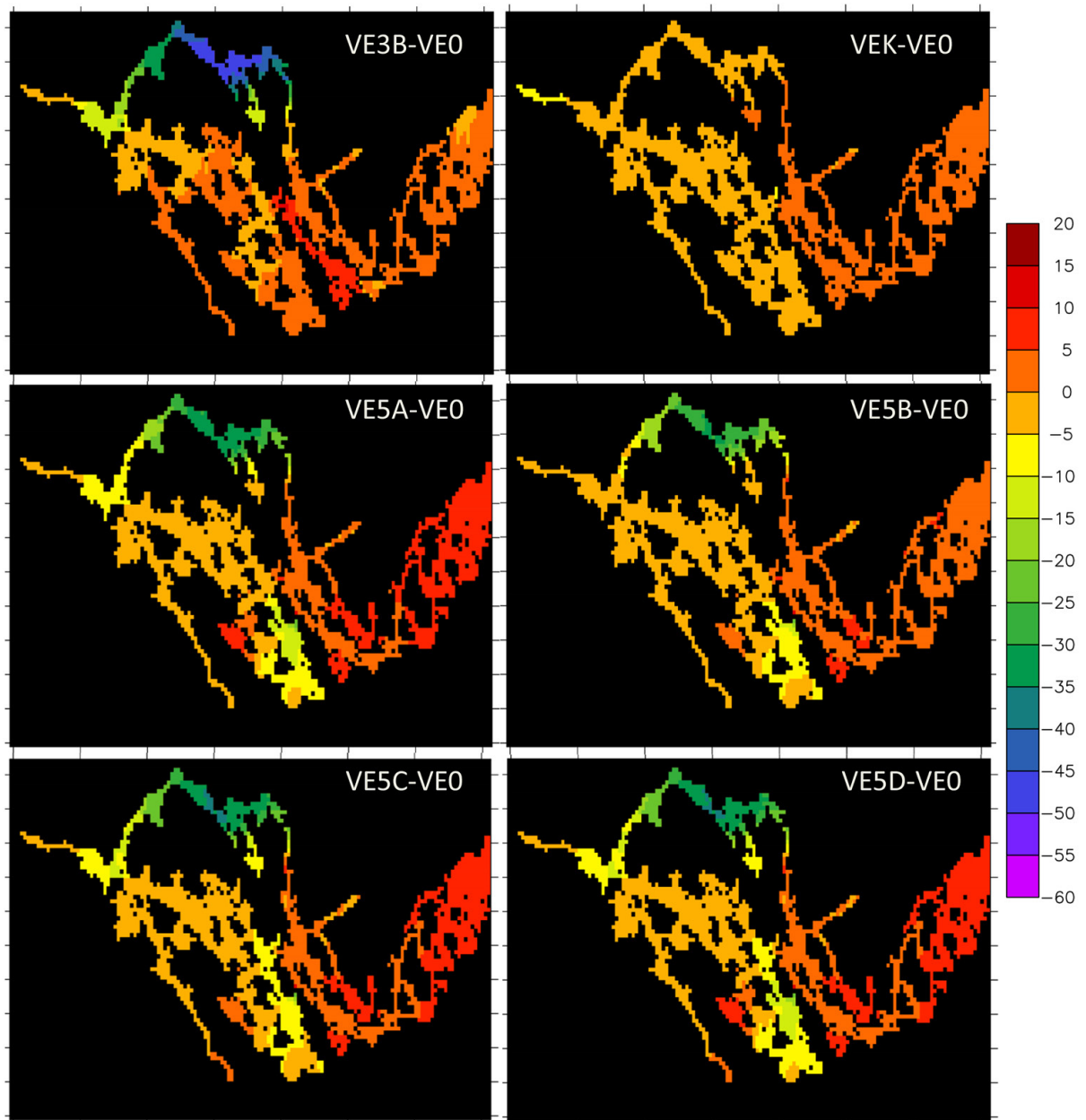
Kuva 84. Laskentavaihtoehtojen VE1, VE1B, VE3A-B, VE4B ja VEK aiheuttama muutos kiintoainepitoisuuteen (mg/l) 31.10.2010 pintavedessä. Muutos on saatu vähentämällä eri vaihtoehtojen pitoisuuksista nykytilanteen pitoisuus. Vaalean- ja tummanoransseilla alueilla muutos nykytilanteesta on pienempi kuin 0,5 mg/l.



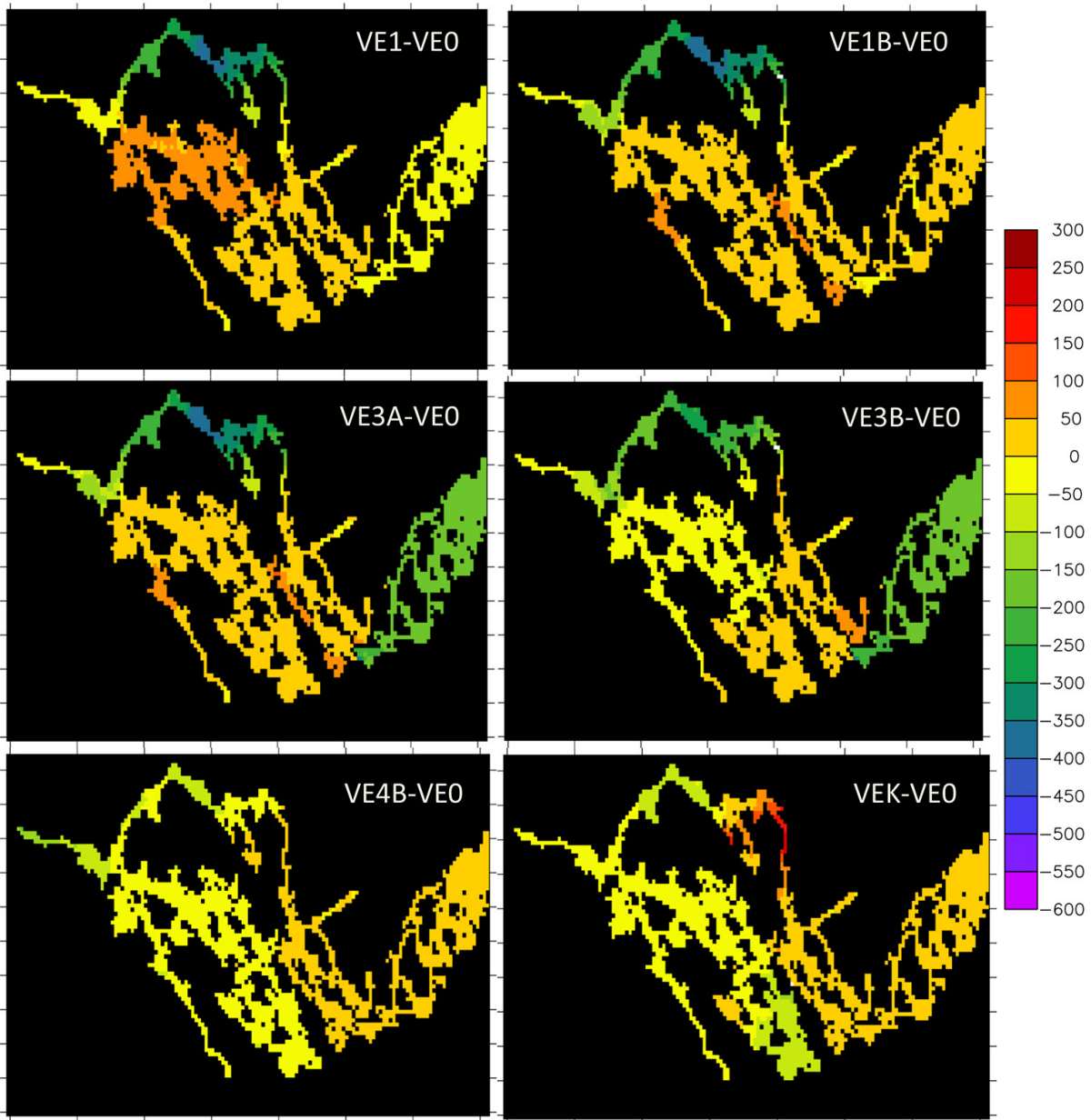
Kuva 85. Laskentavaihtoehtojen VE3B, VEK ja VE5A-D aiheuttama muutos kiintoainepitoisuuteen (mg/l) 31.10.2010 pintavedessä. Muutos on saatu vähentämällä eri vaihtoehtojen pitoisuuksista nykytilanteen pitoisuus. Vaalean- ja tummanoransseilla alueilla muutos nykytilanteesta on pienempi kuin 0,5 mg/l.



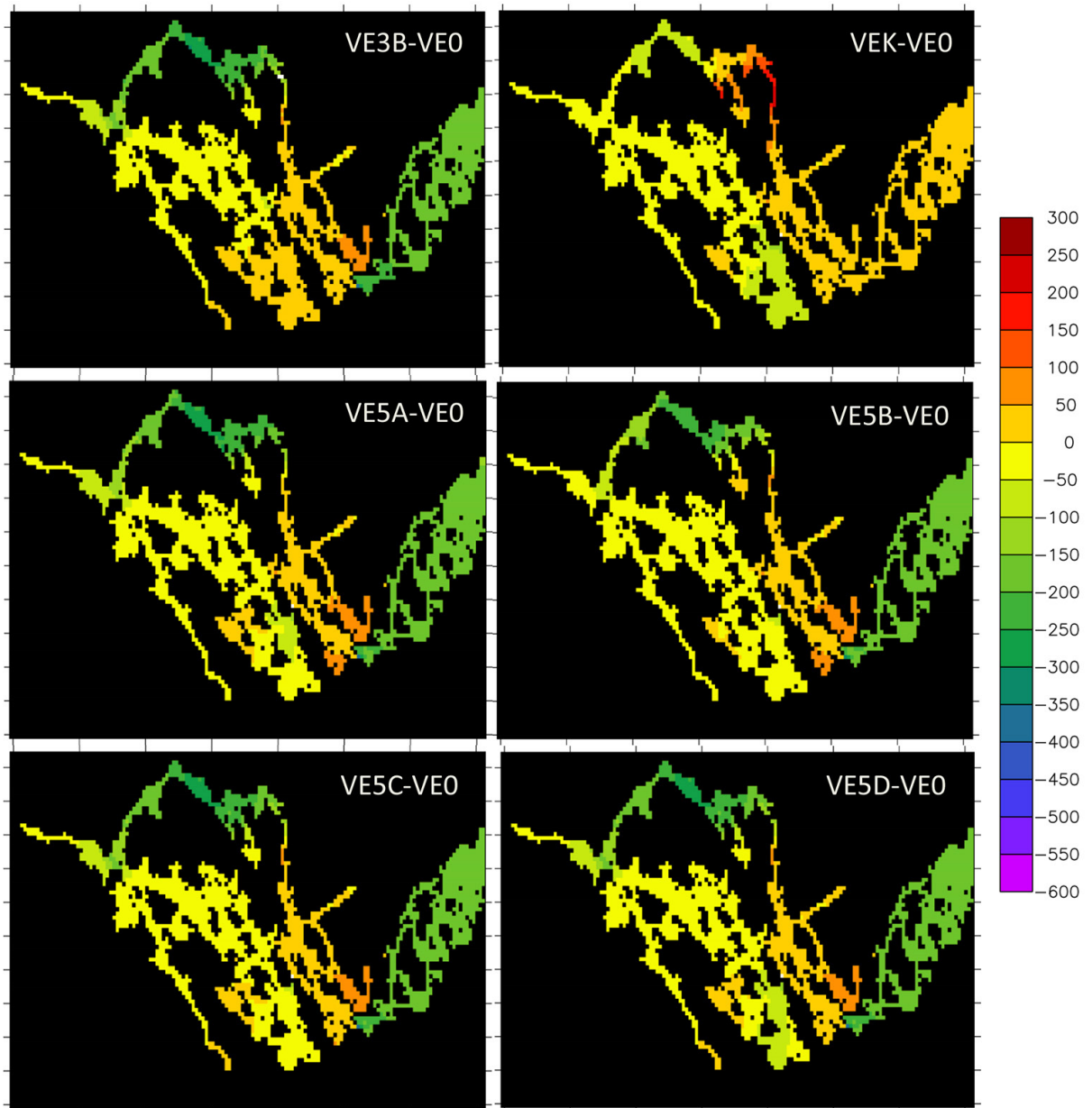
Kuva 86. Laskentavaihtoehtojen VEI, VEIB, VE3A-B, VE4B ja VEK aiheuttama muutos kok.fosforipitoisuuteen ($\mu\text{g/l}$) 31.10.2010 pintavedessä. Muutos on saatu vähentämällä eri vaihtoehtojen pitoisuuksista nykytilanteen pitoisuus. Vaalean- ja tummanoransseilla alueilla muutos nykytilanteesta on pienempi kuin $5 \mu\text{g/l}$.



Kuva 87. Laskentavaihtoehtojen VE3B, VEK ja VE5A-D aiheuttama muutos kok.fosforipitoisuuteen ($\mu\text{g/l}$) 31.10.2010 pintavedessä. Muutos on saatu vähentämällä eri vaihtoehtojen pitoisuuksista nykytilanteen pitoisuus. Vaalean- ja tummanoransseilla alueilla muutos nykytilanteesta on pienempi kuin $5 \mu\text{g/l}$.



Kuva 88. Laskentavaihtoehtojen VE1, VE1B, VE3A-B, VE4B ja VEK aiheuttama muutos kok. typpipitoisuuteen ($\mu\text{g/l}$) 31.10.2010 pintavedessä. Muutos on saatu vähentämällä eri vaihtoehtojen pitoisuuksista nykytilanteen pitoisuus. Keltaisilla ja tummankeltaisilla alueilla muutos nykytilanteesta on pienempi kuin $50 \mu\text{g/l}$.



Kuva 89. Laskentavaihtoehtojen VE3B, VEK ja VE5A-D aiheuttama muutos kok.typpipitoisuuteen ($\mu\text{g/l}$) 31.10.2010 pintavedessä. Muutos on saatu vähentämällä eri vaihtoehtojen pitoisuuksista nykytilanteen pitoisuus. Keltaisilla ja tummankeltaisilla alueilla muutos nykytilanteesta on pienempi kuin $50 \mu\text{g/l}$.

Yhteenveto avovesikauden 2010 laskentojen tuloksista

Pien-Saimaaseen johdetun lisäveden leviäminen sekä Maavedelle, Riutanselälle että Sunisenselälle tehostuu mallin mukaan nykytilaan verrattuna eniten laskentavaihtoehtoilla VE5D ja VE5C (luku 3.1). Sunisenselän kannalta vaihtoehto VE5D on hieman parempi kuin vaihtoehto VE5C.

Kiintoaineen ja kokonaisravinteiden osalta avovesikauden 2010 tulokset on tiivistetty alla olevassa taulukossa 8 lukujen 3.2-3.8 tulosten perusteella. Taulukkoa katsottaessa on huomioitava, että pitoisuusmuutoksien suuruudet (esitetyt luvut) saattavat luonnossa olla erilaisia kuin mallilaskennan tuloksissa. Esimerkiksi kasvaneet pitoisuudet Riutanselällä vaihtoehtoilla VE1, VE1B ja VE3A saattavat todellisuudessa olla taulukon lukuja suurempia, koska malliin ei tietojen puuttuessa voitu asettaa Maaveden sedimentissä olevan tai sieltä irtoavan aineen määrää. Mallitulokset edustaa lähinnä vedessä olevien ainemäärien kulkeutumista. Pitoisuudet Riutanselällä näillä kolmella vaihtoehtolla saattavat luonnossa siis kasvaa esitettyä enemmänkin.

Maaveden pitoisuudet pysyvät vaihtoehtoilla VE4B ja VEK lähellä nykytilanteen pitoisuuksia ja pienenevät nykytilanteesta muilla vaihtoehtoilla viimeistään jakson lopussa. Riutanselällä pitoisuudet kasvavat nykytilanteesta vaihtoehtoilla VE1, VE1B ja VE3A, joissa Maaveden vedessä olevat aineet kulkeutuvat tehokkaammin Riutanselälle päin. Riutanselän pitoisuudet sen sijaan pienenevät ravinteiden osalta niissä vaihtoehtoissa, joissa pumppaus suuntautuu Maavedeltä läntisen Pien-Saimaan itäosaan, eli vaihtoehtoissa VE3B ja VE5A-D. Pitoisuudet pienenevät Riutanselällä hieman myös vaihtoehtolla VE4B, johon sisältyy kuormitusvähennyksiä. Sunisenselän tilanne pysyy nykyisen kaltaisena vaihtoehtoilla VE1, VE1B, VE3A ja VE3B ja paranee hieman vaihtoehtolla VE4B. Sunisenselän kannalta parhaat vaihtoehdot ovat VEK ja VE5A-D.

Taulukon 8 perusteella Maaveden, Riutanselän ja Sunisenselän pitoisuuksien kannalta parhaat vaihtoehdot ovat VE5A-D. Pelkästään Sunisenselän kannalta vaihtoehto VEK on yhtä tehokas kuin vaihtoehdot VE5A-D.

Vaihtoehtojen VE5A-D välillä erot pitoisuuksissa ovat hyvin pieniä, mutta vaihtoehto VE5D vaikuttaa niistä niukasti parhaalta kokonaisravinteiden osalta jakson lopputilannetta tarkasteltaessa (Kuvat 87 ja 89) Maavedellä, Riutanselällä ja Sunisenselällä. Koska vaihtoehtolla VE5D saatiin myös parhaimmat pumputun veden leviämistulokset näille alueille, se valittiin parhaaksi vaihtoehdoksi jatkotarkasteluihin monivuotisia laskentoja varten nykytilanteen rinnalle.

Vaihtoehto VE5D kuitenkin kohottaa kiintoaine- ja ravinnepitoisuuksia Niemisen selän eteläosassa lähellä Kaukaan tehtaiden vedenottoa (luku 3.6).

Taulukko 8. Kokonaisyhteenveto vedenlaatuvaikutuksista laskentajakson loppupuolella ja lopussa verrattuna nykytilaan. Tulokset on koottu kiintoaineen, kokonaisfosforin ja kokonaistypen aikasarjojen pohjalta. Kokonaistilanne-sarakkeeseen on koottu yhteenvetona + (pitoisuus kasvaa), - (pitoisuus vähenee) tai 0 (ei muutosta) kullekin aineelle ja alueelle.

Vaihtoehto	Maavesi	Riutanselkä	Sunisenselkä	Kokonaistilanne KA, Kok.P, Kok.N
VEI	KA, Kok.P ja Kok.N pienenee selvästi	KA kasvaa hiukan (<1 mg/l), Kok.P kasvaa hiukan (<5 µg/l), Kok.N kasvaa (<100 µg/l)	KA, Kok.P ja Kok.N kuten nykytilassa	Maavesi: --- Riutanselkä: +++ Sunisenselkä: 000
VEIB	KA, Kok.P ja Kok.N pienenee selvästi	KA kasvaa hiukan (<1 mg/l), Kok.P kuten nykytilassa, Kok.N kasvaa hiukan (<100 µg/l)	KA, Kok.P ja Kok.N kuten nykytilassa	Maavesi: --- Riutanselkä: +0+ Sunisenselkä: 000
VE3A	KA, Kok.P ja Kok.N pienenee selvästi	KA kasvaa hiukan (<1 mg/l), Kok.P kasvaa hiukan (<0,5 µg/l), Kok.N kasvaa hiukan (<100 µg/l)	KA, Kok.P ja Kok.N kuten nykytilassa	Maavesi: --- Riutanselkä: +++ Sunisenselkä: 000
VE3B	KA, Kok.P ja Kok.N pienenee selvästi, osassa jaksoa KA nykytilaa suurempi	KA kuten nykytilassa, Kok.P pienenee (<10 µg/l) Kok.N pienenee (<100 µg/l)	KA, Kok.P ja Kok.N kuten nykytilassa	Maavesi: --- Riutanselkä: 0-- Sunisenselkä: 000
VE4B	KA, Kok.P ja Kok.N lähes kuten nykytilassa	KA kuten nykytilassa, Kok.P pienenee hiukan (<5 µg/l) ja Kok.N pienenee hiukan (<100 µg/l)	KA lähes kuten nykytila, Kok.P lähes kuten nykytila, Kok.N pienenee hiukan (<100 µg/l)	Maavesi: 000 Riutanselkä: 0-- Sunisenselkä: 00-
VEK	KA, Kok.P ja Kok.N suurempi kuin nykytilassa osassa jaksoa, lopussa kuten nykytila	KA, Kok.P, Kok.N lähes kuten nykytilassa	KA pienenee, Kok.P pienenee (n.5-10 µg/l) ja Kok.N pienenee (<200 µg/l)	Maavesi: 000 Riutanselkä: 000 Sunisenselkä: ---
VE5A ja VE5B	KA, Kok.P ja Kok.N suurempi kuin nykytilassa osassa jaksoa, jakson lopussa pienempi kuin nykytilassa	KA kuten nykytilassa, Kok.P pienenee hiukan (n.5 µg/l), Kok.N pienenee hiukan (<100 µg/l)	KA pienenee osassa jaksoa (<1 mg/l), Kok.P pienenee osassa jaksoa (<10 mg/l), Kok.N pienenee hiukan (<50 µg/l)	Maavesi: --- Riutanselkä: 0-- Sunisenselkä: ---
VE5C ja VE5D	KA suurempi kuin nykytilassa osassa jaksoa, jakson lopussa pienempi kuin nykytilassa. Kok.P ja Kok.N pienempi kuin nykytilassa.	KA kuten nykytilassa, Kok.P pienenee hiukan (n.5 µg/l), Kok.N pienenee hiukan (<100 µg/l)	KA pienenee osassa jaksoa (<1 mg/l), Kok.P pienenee osassa jaksoa (<10 mg/l), Kok.N pienenee hiukan (<50 µg/l)	Maavesi: --- Riutanselkä: 0-- Sunisenselkä: ---

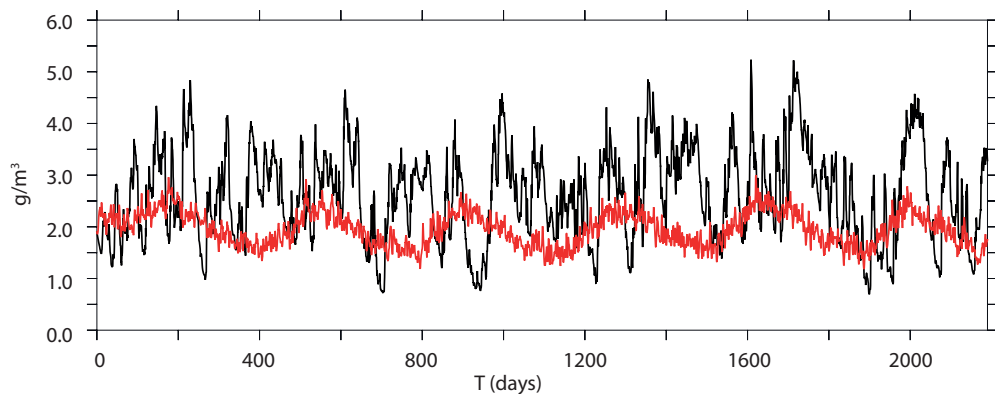
4 Tulokset monivuotisella laskentajaksolla

4.1

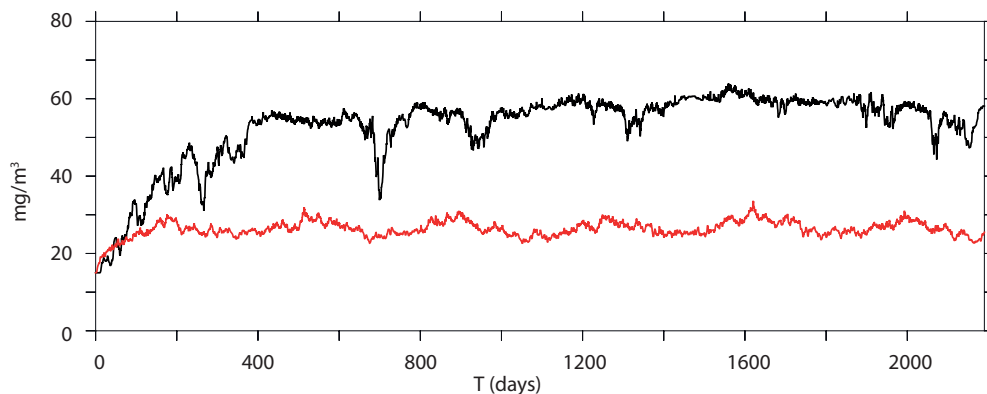
Maavesi

Monivuotinen laskentajakso tehtiin vaihtoehdoilla VE0 ja VE5D jaksolle 1.1.2001-31.12.2006.

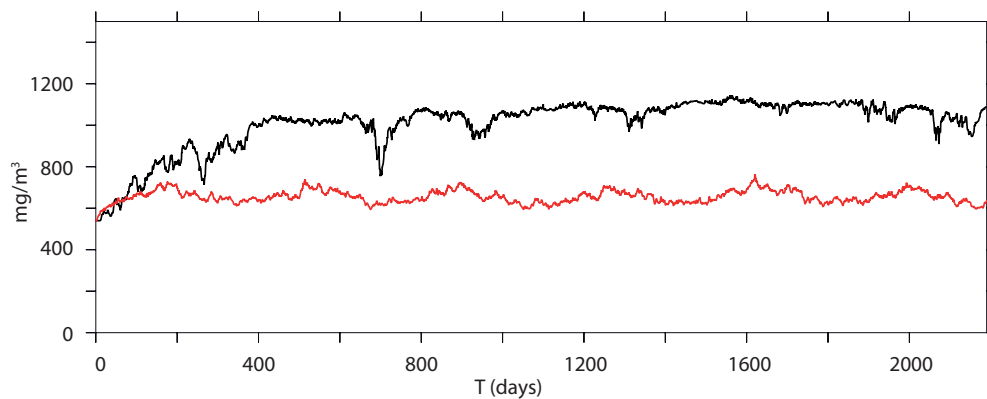
Maavedellä kiintoainepitoisuuden ajallinen vaihtelu on huomattavasti pienempää vaihtoehdossa VE5D verrattuna nykytilanteeseen (Kuva 90). Tämä johtunee tasaisemmasta veden virtaussuunnasta ja suuremmasta virtaamasta vaihtoehdolla VE5D. Kokonaisravinnepitoisuudet vähenevät VE5D-tilanteessa nopeasti huomattavasti nykytilanteen pitoisuuksia alemmalle tasolle, vaikka aivan jakson alussa ravinnepitoisuudet on nykytilannetta korkeampia (Kuvat 91 ja 92).



Kuva 90. Mallilla laskettu kiintoainepitoisuus (mg/l) Maavedellä 1.1.2001-31.12.2006 nykytilanteessa (musta) ja VE5D-tilanteessa (punainen).



Kuva 91. Mallilla laskettu kokonaisfosforipitoisuus ($\mu\text{g/l}$) Maavedellä 1.1.2001-31.12.2006 nykytilanteessa (musta) ja VE5D-tilanteessa (punainen).

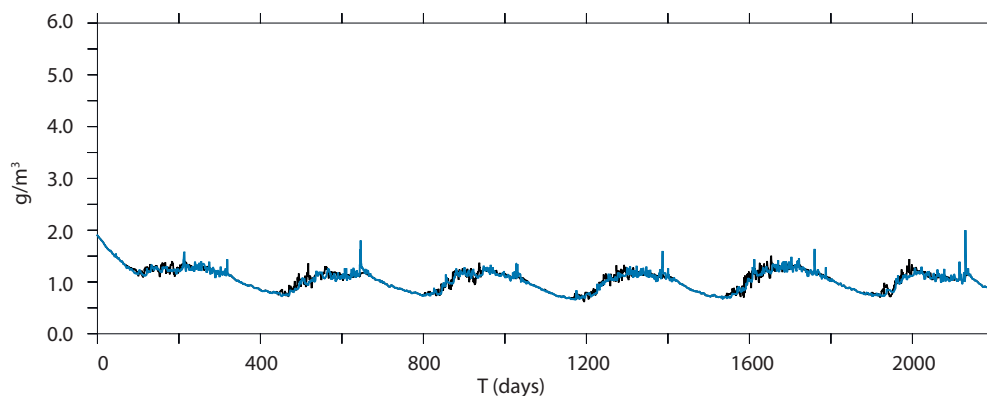


Kuva 92. Mallilla laskettu kokonaistyyppipitoisuus ($\mu\text{g/l}$) Maavedellä 1.1.2001-31.12.2006 nykytilanteessa (musta) ja VESD-tilanteessa (punainen).

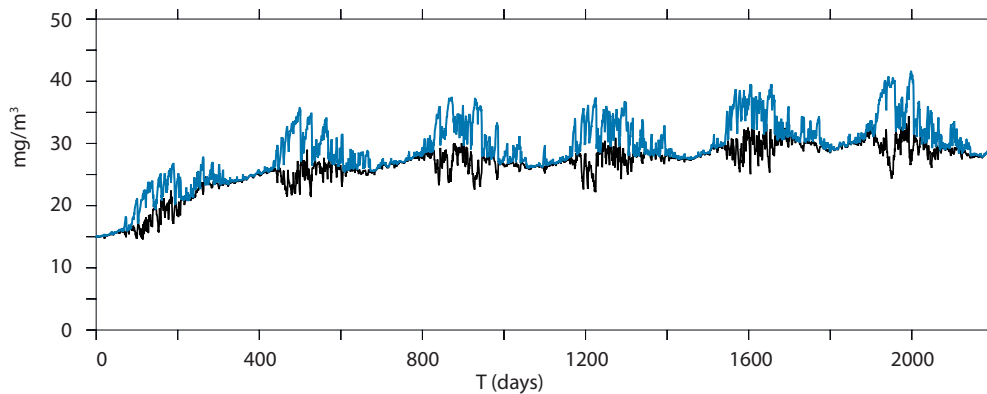
4.2

Riutanselkä

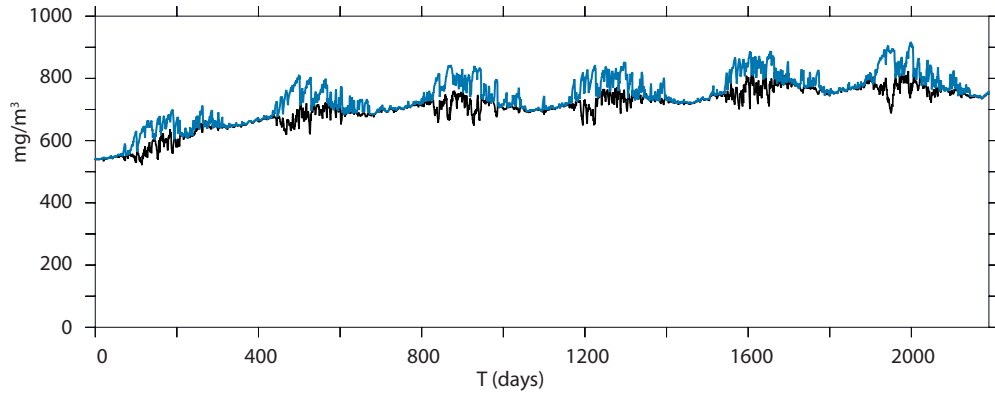
Nykytilanteessa Riutanselän kiintoainepitoisuudet ovat hyvin lähellä toisiaan sekä pintaa läheisimmässä että pohjaa läheisimmässä kerroksessa (Kuva 93). Kokonaisravinnepitoisuudet ovat lämpötilakerrostumisen aikana pohjan lähellä hieman korkeammalla tasolla kuin pintakerroksessa (Kuvat 94 ja 95).



Kuva 93. Mallilla laskettu nykytilanteen kiintoainepitoisuus (mg/l) Riutanselällä pintakerroksessa (musta) ja pohjakerroksessa (sininen) 1.1.2001-31.12.2006.

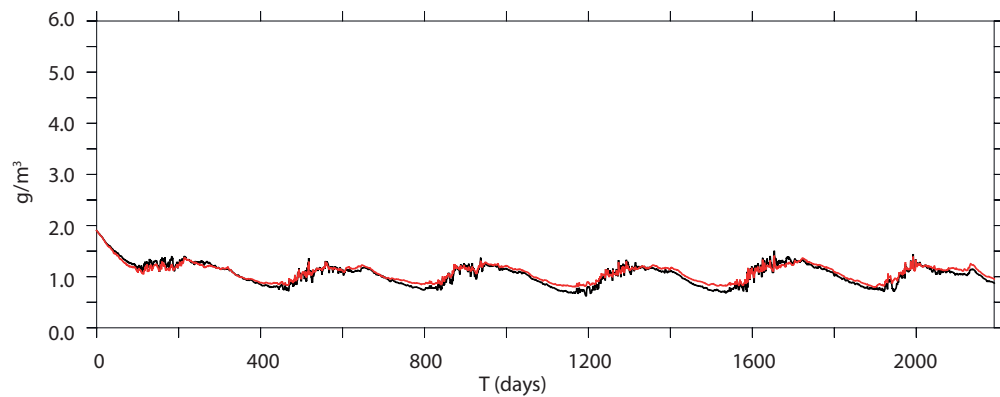


Kuva 94. Mallilla laskettu nykytilanteen kokonaisfosforipitoisuus ($\mu\text{g/l}$) Riutanselällä pintakerroksessa (musta) ja pohjakerroksessa (sininen) 1.1.2001-31.12.2006.

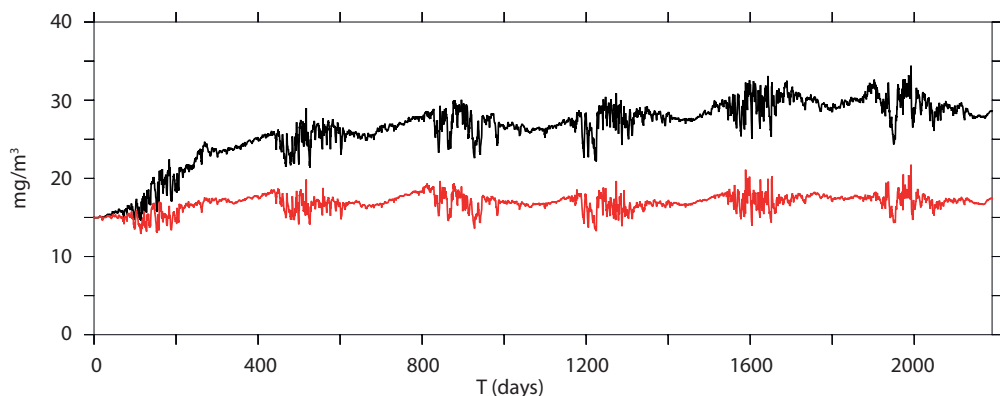


Kuva 95. Mallilla laskettu nykytilanteen kokonaistyyppipitoisuus ($\mu\text{g/l}$) Riutanselällä pintakerroksessa (musta) ja pohjakerroksessa (sininen) 1.1.2001-31.12.2006.

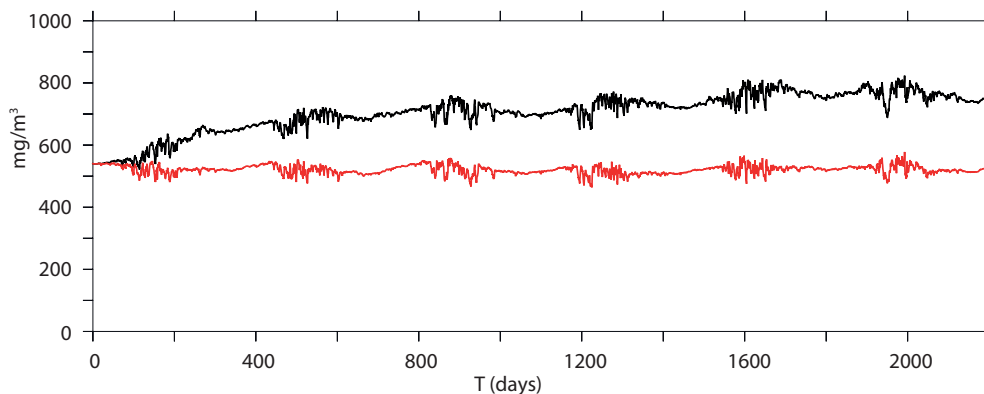
Kiintoainepitoisuudet ovat nykytilanteessa ja VE5D-tilanteessa lähes samat (Kuva 96). Kokonaisravinnepitoisuudet putoavat pian jakson alun jälkeen selvästi nykytilannetta alemmalle tasolle VE5D-tilanteessa (Kuvat 97 ja 98). Vaihtoehtojen väliset erot pohjan lähellä ovat samanlaisia kuin pinnan lähellä.



Kuva 96. Mallilla laskettu kiintoainepitoisuus (mg/l) Riutanselällä 1.1.2001-31.12.2006 nykytilanteessa (musta) ja VE5D-tilanteessa (punainen).



Kuva 97. Mallilla laskettu kokonaisfosforipitoisuus ($\mu\text{g/l}$) Riutanselällä 1.1.2001-31.12.2006 nykytilanteessa (musta) ja VE5D-tilanteessa (punainen).

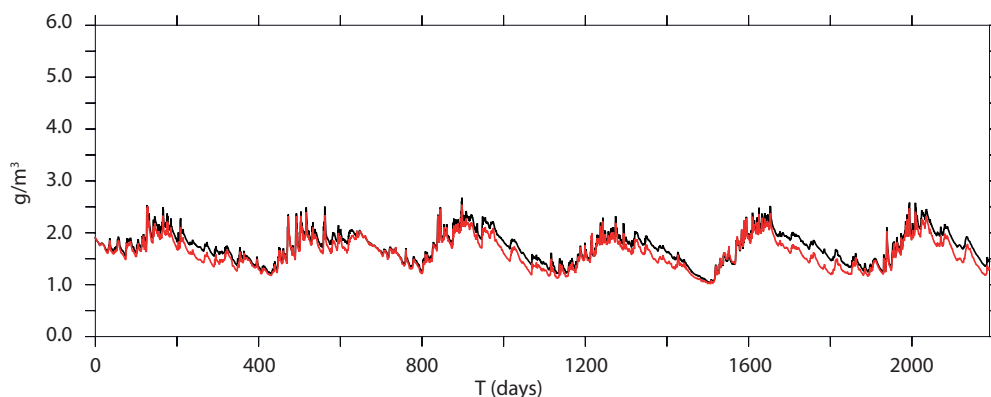


Kuva 98. Mallilla laskettu kokonaistyyppipitoisuus ($\mu\text{g/l}$) Riutanselällä 1.1.2001-31.12.2006 nykytilanteessa (musta) ja VE5D-tilanteessa (punainen).

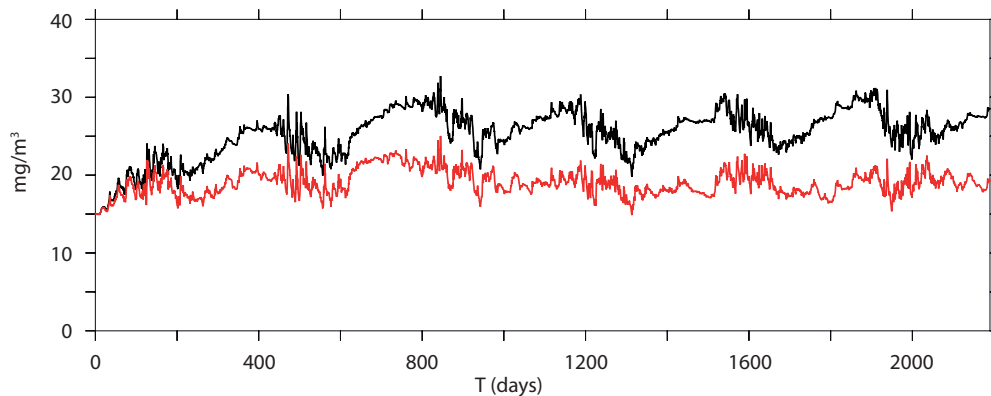
4.3

Sunisenselkä

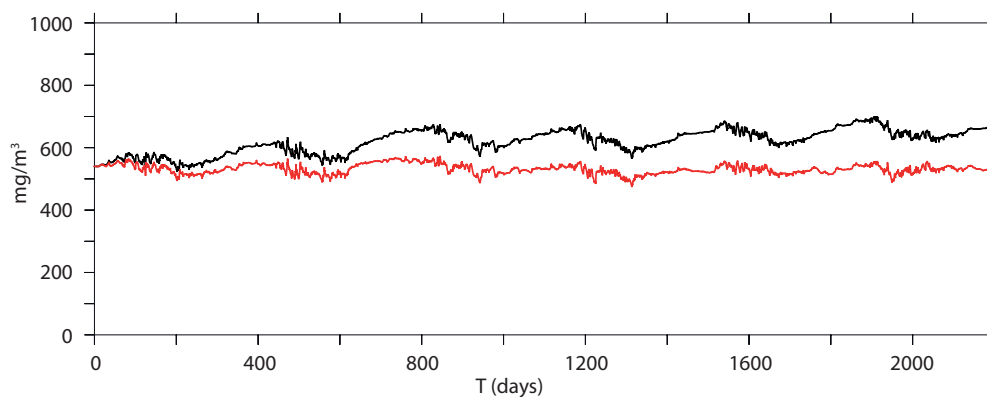
VE5D-tilanteen kiintoainepitoisuudet ovat Sunisenselällä samalla tasolla nykytilanteen pitoisuuksien kanssa (Kuva 99). Kokonaisravinnepitoisuudet putoavat VE5D-tilanteessa pian laskennan alun jälkeen nykytilanteen pitoisuuksia alhaisemmalle tasolle (Kuvat 100 ja 101).



Kuva 99. Mallilla laskettu kiintoainepitoisuus (mg/l) Sunisenselällä 1.1.2001-31.12.2006 nykytilanteessa (musta) ja VE5D-tilanteessa (punainen).



Kuva 100. Mallilla laskettu kokonaisfosforipitoisuus ($\mu\text{g/l}$) Sunisenselällä 1.1.2001-31.12.2006 nykytilanteessa (musta) ja VE5D-tilanteessa (punainen).

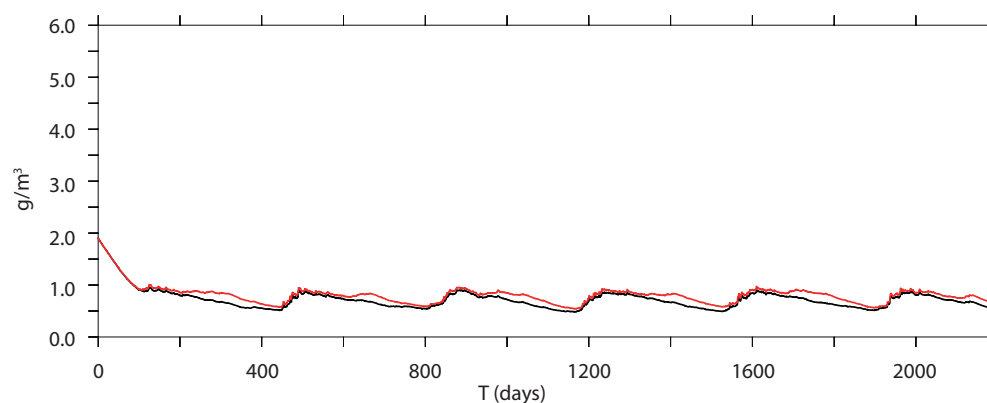


Kuva 101. Mallilla laskettu kokonaistyyppipitoisuus ($\mu\text{g/l}$) Sunisenselällä 1.1.2001-31.12.2006 nykytilanteessa (musta) ja VE5D-tilanteessa (punainen).

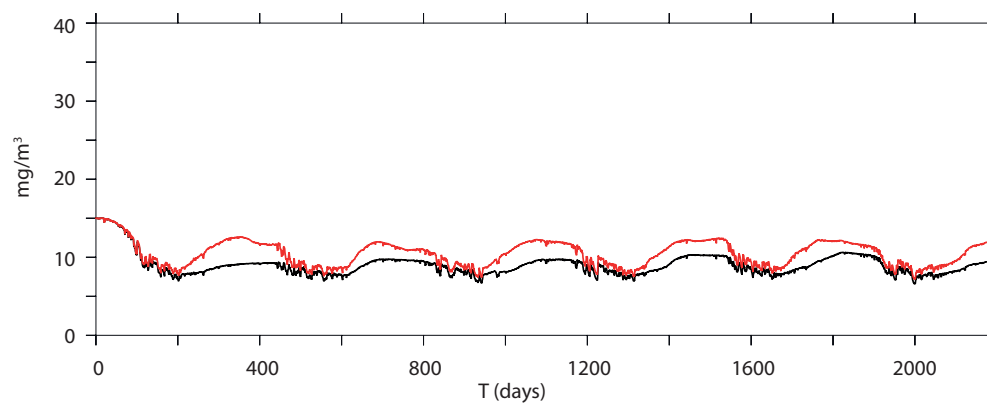
4.4

Niemisenselkä

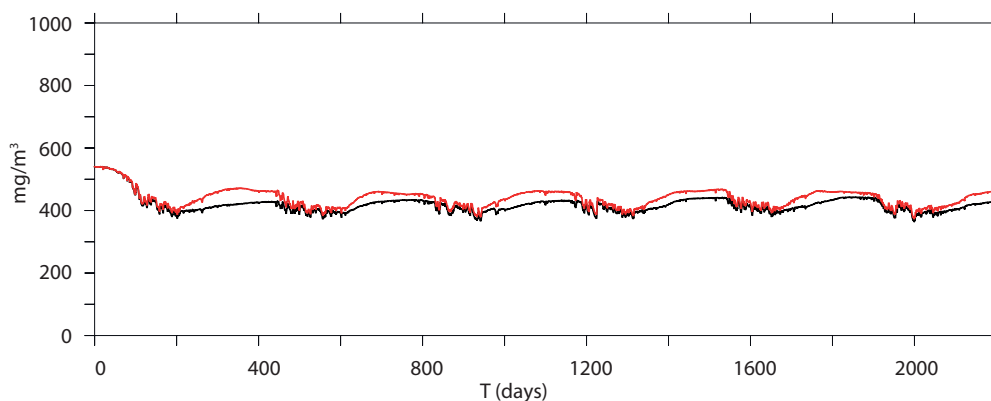
Kiintoainepitoisuus Niemisenselän eteläosassa Kaukaan tehtaiden vedenottoaikan luona on VE5D-tilanteessa lähes samalla tasolla kuin nykytilanteessakin (Kuva 102). Kokonaisravinnepitoisuudet ovat hieman korkeammalla tasolla VE5D-tilanteessa, mutta ero on melko pieni (Kuvat 103 ja 104).



Kuva 102. Mallilla laskettu kiintoainepitoisuus (mg/l) Niemisenselän eteläosassa 1.1.2001-31.12.2006 nykytilanteessa (musta) ja VE5D-tilanteessa (punainen).



Kuva 103. Mallilla laskettu kokonaisfosforipitoisuus ($\mu\text{g/l}$) Niemisenselän eteläosassa 1.1.2001-31.12.2006 nykytilanteessa (musta) ja VE5D-tilanteessa (punainen).



Kuva 104. Mallilla laskettu kokonaistyyppipitoisuus ($\mu\text{g/l}$) Niemisenselän eteläosassa 1.1.2001-31.12.2006 nykytilanteessa (musta) ja VE5D-tilanteessa (punainen).

4.5

Yhteenveto monivuotisen jakson tuloksista

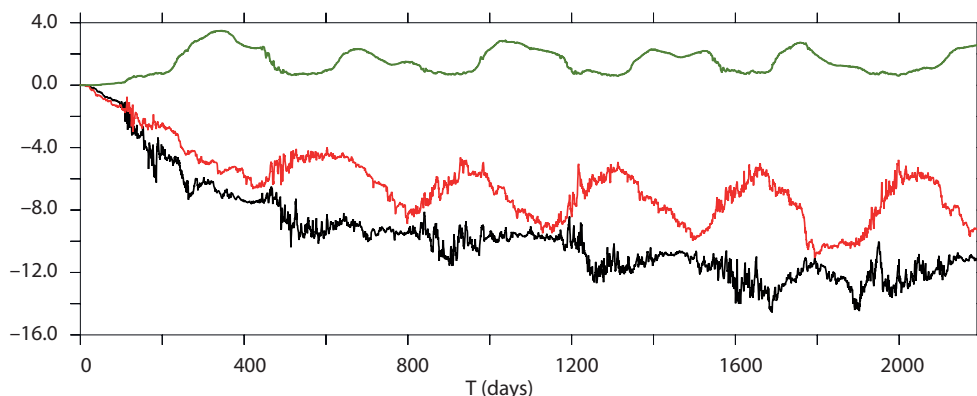
Taulukossa 9 on listattu mallin antamat keskiarvoiset ainepitoisuudet kuusivuotisen laskentajakson aikana nykytilanteessa ja vaihtoehdossa VE5D. Keskimääräinen kiintoainepitoisuus on Maavedellä hieman pienempi VE5D-vaihtoehdossa kuin nykytilanteessa, kun taas muilla alueilla pitoisuudet ovat samaa luokkaa molemmissa tilanteissa. Keskimääräiset kokonaisravinnepitoisuudet ovat selvästi pienemmät vaihtoehdossa VE5D kuin nykytilanteessa Maavedellä, Riutanselällä ja Sunisenselällä, mutta Niemisenselällä hieman nykytilannetta suuremmat. Vaihtoehdon VE5D toteuttaminen vaikuttaisi siis monivuotisen laskennan perusteella kiintoaine- ja kokonaisravinnepitoisuuksien pienenemistä Läntisen Pien-Saimaan länsiosassa eli Taipalsaarentien länsipuolella.

Taulukko 9. Koko laskentajakson 1.1.2001-31.12.2006 keskimääräiset kiintoaine- ja kokonaisravinnepitoisuudet havaintoasemilla n.Im syvyydessä nykytilanteessa VE0 ja vaihtoehdotilanteessa VE5D.

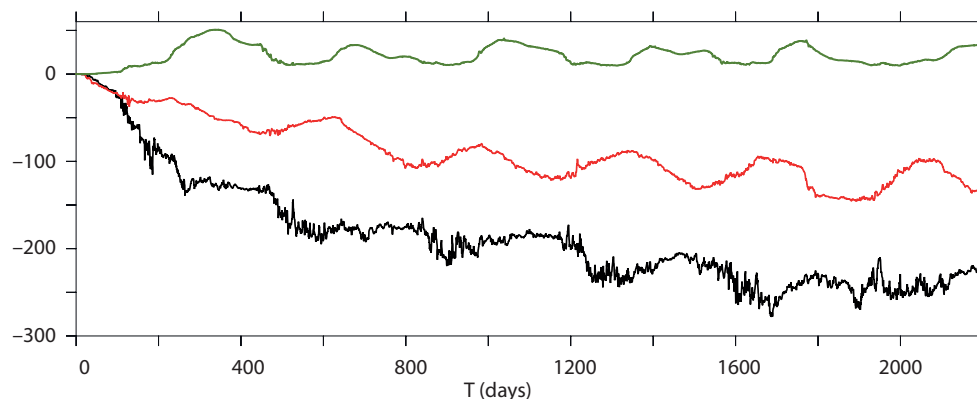
	Laskentatilanne	Maavesi	Riutanselkä	Sunisenselkä	Niemisenselkä
Kiintoaine (mg/l)	VE0	2,61	1,05	1,73	0,72
	VE5D	1,96	1,08	1,62	0,81
Kok.P ($\mu\text{g/l}$)	VE0	52,8	26,3	25,2	9,0
	VE5D	26,3	16,8	18,9	10,5
Kok.N ($\mu\text{g/l}$)	VE0	1009	706	618	419
	VE5D	655	520	530	440

Monivuotisen laskentajakson tarkoituksena oli myös tarkastella sitä, miten tilanne kehittyi lisävettä johdettaessa pidemmällä aikavälillä. Avovesikauden 2010 aikana eli puolen vuoden kuluessa ei vielä saavutettu tasapainotilannetta pumppausten aloittamisen jälkeen. Monivuotisella laskentajaksolla saaduista tuloksista asiaa tarkasteltaessa näyttää siltä, että vaihtoehdossa VE5D tasapainotilanteen saavuttamiseen kuluu useampia vuosia Läntisen Pien-Saimaan länsiosassa, kun taas tasapaino saavutetaan nopeammin Läntisen Pien-Saimaan itäosassa. Kokonaisfosfori- ja typpipitoisuuksien ero vaihtoehtojen VE5D ja VE0 välillä kasvaa monivuotisen laskennan ensimmäisinä vuosina ja näyttää tasaantuneelta vasta laskennan viimeisenä vuotena 1800 päivää laskennan alun jälkeen (Kuvat 105 ja 106). Niemisenselällä Läntisen Pien-Saimaan itäosassa ero sen sijaan pysyy tasaisena jo laskentajakson ensimmäisistä vuosista alkaen. Tämä johtunee siitä, että vaihtoehdossa VE5D vettä pumpataan Kopinsalmessa etelään eli Maavedeltä Läntisen Pien-Saimaan itäosaan. Pumppaaminen vaikuttaa

näin nopeimmin tälle alueelle, kun taas Riutanselältä ja Sunisenselältä vesi kiertää hitaammin kapeiden salmien kautta pois alueelta. Kivisalmessa tehtävä pumpkaus kuitenkin nopeuttaa ainakin Sunisenselän vedenvaihtoa. Pien-Saimaan alueen teoreettinen viipymä on lähes viisi vuotta nykytilanteessa. Suunnilleen tämä aika näyttäisi kuluvan myös siihen, että pumppausratkaisulla VE5D saavutetut pitoisuusmuutokset vakiintuvat myös Läntisen Pien-Saimaan länsiosassa. Mallin mukaan kokonaisravinnepitoisuudet pienenisivät Riutanselällä ja Sunisenselällä selvästi kuusivuotisen laskentajakson aikana. Niemisenselällä pitoisuudet nousevat hieman, ja kuusivuotisen laskentajakson tuloksista ei ole nähtävissä niiden palaamista ennalleen nykytilanteen mukaiselle tasolle.



Kuva 105. Muutos kokonaisfosforipitoisuudessa ($\mu\text{g/l}$) vaihtoehdossa VE5D verrattuna nykytilanteeseen Riutanselällä (musta), Sunisenselällä (punainen) ja Niemisenselällä (vihreä). Muutos on saatu vähentämällä vaihtoehdon VE5D pitoisuudesta nykytilanteen VE0 pitoisuus.



Kuva 106. Muutos kokonaistyyppipitoisuudessa ($\mu\text{g/l}$) vaihtoehdossa VE5D verrattuna nykytilanteeseen Riutanselällä (musta), Sunisenselällä (punainen) ja Niemisenselällä (vihreä). Muutos on saatu vähentämällä vaihtoehdon VE5D pitoisuudesta nykytilanteen pitoisuus.

5 Johtopäätökset

Pien-Saimaalle tehty mallisovellus perustuu Coherens-mallikoodiin, joka on aiemmin todettu hyvin toimivaksi mm. Suomenlahdella tehdyssä useiden 3D-mallien vertailuhankkeessa (Myrberg ym. 2010). Pien-Saimaan alueella mallinnuksen haasteena olivat alueen rikkonaisuus ja kapeat salmet.

Virtausmittausten perusteella mallin vedenvaihto saatiin toimimaan hyvin erityisesti Maavedelle johtavien salmien kohdalla. Taipalsaarentien ali kulkevassa Kirjamoinсалmessa mallitulokset eivät kuitenkaan aina vastanneet mittaustuloksia, joten vedenvaihdossa Taipalsaarentien itä- ja länsipuolen välillä on mallissa tiettyä epävarmuutta ja malli näyttää antavan aliarvion salmessa tapahtuvalle virtaamalle (luku 2.1). Tällä vedenvaihtuvuuteen liittyvällä epävarmuudella on vaikutusta myös ravinteiden kulkeutumistuloksiin.

Yleisesti ottaen mallin sovellusalueella kiintoaine- ja kokonaisravinnepitoisuudet vastasivat havaintoja hyvin avovesikauden 2010 tilanteessa. Numeroina annetut pitoisuusmuutokset pumppausratkaisujen seurauksena ovat kuitenkin vain suuntaa antavia. Siitä huolimatta eri pumppausratkaisujen välisiä eroja voidaan hyvin tarkastella avovesikauden 2010 tuloksista. Vaihtoehtojen välisistä eroista voidaan arvioida, mitkä pumppausratkaisut ovat tehokkaimpia pumpatun veden kulkeutumisen ja vedessä olevien pitoisuuksien kannalta. Tulokset kaikille eri pumppausratkaisuille laskettiin avovesikauden 2010 tilanteessa.

Avovesikauden 2010 tulosten perusteella vaihtoehto VE5D, jossa Kopinsalmessa pumpataan vettä etelään 20 m³/s ja Kivisalmessa pumpataan etelään 10 m³/s, vaikuttaa lasketuista vaihtoehdoista parhaalta parantamaan Maaveden, Riutanselän ja Sunisenselän vedenvaihtoa. Tällä pumppausvaihtoehdolla myös kiintoaine- ja kokonaisravinnepitoisuudet vähenevät Taipalsaarentien länsipuolella ja Maavedellä muita vaihtoehtoja paremmin mallitulosten mukaan, joskin vaihtoehdot VE5A-C ovat lähes yhtä hyviä. Taipalsaarentien itäpuolella Niemisenselän eteläosassa ainepitoisuudet kuitenkin kasvavat hieman vaihtoehdoilla VE5A-D. Myös Itäisellä Pien-Saimaalla kiintoaine- ja kokonaisfosforipitoisuudet ovat nykytilaa korkeampia jakson lopussa vaihtoehdoilla VE5A, VE5C ja VE5D.

Monivuotiselle jaksolle tehtiin laskennat nykytilanteessa vaihtoehdolla VE0 ja lisäksi vaihtoehdolla VE5D. Tulokset vastaavat avovesikauden 2010 tuloksia. Vaihtoehdolla VE5D kiintoaine- ja kokonaisravinnepitoisuudet vähenevät nykytilanteeseen verrattuna Taipalsaarentien länsipuolella, mutta kasvavat hieman nykytilanteesta Taipalsaarentien itäpuolella. Pitoisuuseron tasaantumiseen vaihtoehdon VE5D ja nykytilanteen välillä kuluu mallitulosten mukaan useita vuosia Riutanselällä ja Sunisenselällä, kun taas Niemisenselällä Taipalsaarentien itäpuolella tasaantuminen on nopeampaa.

Pien3D-hankkeen työssä painotettiin erityisesti vedenlaadun paranemista Läntisen Pien-Saimaan länsiosassa eli Taipalsaarentien länsipuolella. Laskentavaihtoehdoista ei löytynyt sellaista vaihtoehtoa, jonka avulla pitoisuudet pienenisivät sekä Taipalsaarentien länsi- että itäpuolella. Pitoisuuksien nousu johtuu Maavedellä

olevien suurehkojen ainemäärien kulkeutumisesta Kopinsalmessa tehtävän pump-
pauksen suuntaan. Monivuotisissa laskentatuloksissa ei ole vielä kuuden vuoden
aikana nähtävissä pitoisuuksien palautumista takaisin nykytilaan Niemisenselällä
(luku 4.4). Vaihtoehdossa VE5D ei pumpata nykyistä enempää Suur-Saimaan vettä
Pien-Saimaalle, vaan virtauksia ainoastaan kiihdytetään Pien-Saimaan alueen sisällä.
Mahdollisesti lisäveden pumppaaminen Suur-Saimaalta näiden ratkaisujen lisäksi
saattaisi auttaa pitoisuuksien palauttamisessa nykytilanteen mukaiselle tasolle myös
Taipalsaarentien itäpuolella. Nykytilanteessa pumppaus Vehkakaipaaleella on paran-
tanut vedenlaatua ja veden vaihtuvuutta pääasiassa Taipalsaarentien itäpuolella.
Avovesikauden 2010 nykytilanteen laskentatuloksien mukaan pitoisuudet olivatkin
Niemisenselän eteläosassa hieman pienempiä kuin Riutanselällä. Tästä syystä uusilla
vedenjohtamisratkaisuilla on haluttu parantaa nimenomaan Läntisen Pien-Saimaan
länsiosan tilaa.

Vaihtoehto VE5D on siis tässä työssä tarkastelluista vaihtoehdoista sopivin, jos
halutaan parantaa nimenomaan Maaveden, Riutanselän ja Sunisenselän vedenvaihtoa.
Myös uusien pumppausvaihtoehtojen suunnitteleminen ja tarkasteleminen on
mahdollista tämän työn tulosten valossa.

Tässä työssä havaitut mallin kehitystarpeet otetaan huomioon meneillään olevissa
mallinnushankkeissa, jotka sisältävät Coherens-mallin kehitystyötä. Näitä hankkeita
ovat muun muassa Keski-Suomen liiton/Euroopan aluekehitysrahaston, SYKEN,
Jyväskylän yliopiston ympäristöntutkimuskeskuksen ja JSP Oy:n rahoittama PAS-
MA-hanke, Suomen Akatemian rahoittama CONPAT-hanke ja Ympäristöministeriön
rahoittama Saaristomeren valuma-alueen kokonaiskuormitusmallin kehittäminen
-hanke.

KIRJALLISUUS

- Kiirikki, M., Inkala, A., Kuosa, H., Pitkänen, H., Kuusisto, M., ja Sarkkula, J. 2001. Evaluating the effects
of nutrient load reductions on the biomass of toxic nitrogen-fixing cyanobacteria in the Gulf of Fin-
land, Baltic Sea. *Boreal Env. Res.* 6:131-146.
- Kuha, J., Liukko, N. ja Huttula, T. 2011. Läntisen Pien-Saimaan virtausmittaukset kesällä 2010. Raportti,
Suomen ympäristökeskus, 16 s.
- Luyten, P. J., Jones, J. E., Proctor, R., Tabor, A., Tett, P. ja Wild-Allen, K., 1999. COHERENS - A coupled
hydrodynamical-ecological model for regional and shelf seas: user documentation. MUMM report.
Management Unit of the Mathematical Models of the North Sea, 911 pp.
- Myrberg, K., Ryabchenko, V., Isaev, A., Vankevich, R., Andrejev, O., Bendtsen, J., Erichsen, A., Funkquist,
L., Inkala, A., Neelov, I., Rasmus, K., Rodriguez Medina, M., Raudsepp, U., Passenko, J., Söderkvist,
J., Sokolov, A., Kuosa, H., Anderson, T. R., Lehmann, A. & Skogen, M. D. 2010: Validation of three-di-
mensional hydrodynamic models of the Gulf of Finland. *Boreal Env. Res.*, 15: 453-479.
- Räsänen, I., Aura, R., Vahanne, P., Leppänen, P., Bäckman, K., Eensalu, K., Päivänen, J., Järvinen, S.,
Hannula, H., Tallsten, C., Kuusola, J., Käpynen, T., Torssonen, H., Saarijärvi, E., Huttula, T., Liukko,
N., Rasmus, K. ja Yrjölä, R. 2011. Lisäveden johtaminen Läntiselle Pien-Saimaalle
Ympäristövaikutusten arviointiselostus, 203 s. (http://www.ely-keskus.fi/fi/ELYkeskukset/Kaakkois-SuomenELY/Ymparistonsuojelu/YVA/Vireilla/yksittaistapaukset/Sivut/lisavesi_saimaalle.aspx)
- Saukkonen, P. 2010. Läntisen Pien-Saimaan sinileväseuranta vuonna 2009. Saimaan Vesi- ja Ympäristön-
tutkimus Oy. Raportti No 351, 8s.

KUVAILEHTI

<i>Julkaisija</i>	Suomen ympäristökeskus (SYKE)			<i>Julkaisuaika</i> Huhtikuu 2013
<i>Tekijä(t)</i>	Ninni Liukko ja Timo Huttula			
<i>Julkaisun nimi</i>	Lisäveden johtamisen vaikutus Pien-Saimaan vedenlaatuun: Coherens-malliarvio			
<i>Julkaisusarjan nimi ja numero</i>	Suomen ympäristö 6/2013			
<i>Julkaisun teema</i>	Ympäristönsuojelu			
<i>Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut</i>	Julkaisu on saatavana ainoastaan internetistä: https://helda.helsinki.fi/syke			
<i>Tiivistelmä</i>	<p>Suomen ympäristökeskus teki Pien-Saimaan alueelle Coherens-mallisovelluksen, jolla simuloitiin vaihtoehtoisia pumppaustilanteita avovesikaudella 2010 ja jaksolla 2001-2006. Mallin virtaus- ja vedenlaatuosat antoivat avovesikauden 2010 tilanteessa tyydyttäviä tuloksia verrattuna havaintoihin. Jaksolla 2001-2006 käytettiin alueelle sisään tulevasta kuormituksesta vain karkeita arvioita, joten malli ja havainnot eivät vastaa toisiaan yhtä hyvin kuin avovesikauden 2010 tilanteessa. Pitkäaikaiset laskennat nykytilanteesta ja yhdestä pumppausratkaisusta tukevat kuitenkin avovesikaudelta 2010 saatuja tuloksia.</p> <p>Avovesikauden 2010 tulosten perusteella vaihtoehto VE5D, jossa Kopinsalmessa virtausta kiihdytetään pumppaamalla vettä etelään 20 m³/s ja Kivisalmessa etelään 10 m³/s, vaikuttaa lasketuista vaihtoehdoista parhaalta parantamaan Maaveden, Riutanselän ja Sunisenselän vedenvaihtoa. Tällä pumppausvaihtoehdolla myös kiintoaine- ja ravinnepitoisuudet vähenevät eniten Taipalsaarentien länsipuolella ja Maavedellä mallitulosten mukaan. Taipalsaarentien itäpuolella Niemisenselän eteläosassa ainepitoisuudet kuitenkin kasvavat hieman sekä avovesikauden 2010 että jakson 2001-2006 mallitulosten mukaan.</p>			
<i>Asiasanat</i>	järvet, Saimaa, vedenlaatu, virtaus, mallit, kiintoaines, ravinteet			
<i>Rahoittaja/ toimeksiantaja</i>				
	ISBN	ISBN 978-952-11-4166-9 (PDF)	ISSN	ISSN 1796-1637 (verkkoi.)
	<i>Sivuja</i> 73	<i>Kieli</i> Suomi	<i>Luottamuksellisuus</i> julkinen	<i>Hinta (sis.alv 8 %)</i>
<i>Julkaisun myynti/ jakaja</i>	Suomen ympäristökeskus (SYKE) PL 140, 00251 HELSINKI Puh. 020 610 123 Sähköposti: neuvonta.syke@ymparisto.fi , www.ymparisto.fi/syke			
<i>Julkaisun kustantaja</i>	Suomen ympäristökeskus (SYKE) PL 140, 00251 HELSINKI Puh. 020 610 123 Sähköposti: neuvonta.syke@ymparisto.fi , www.ymparisto.fi/syke			
<i>Painopaikka ja -aika</i>				

PRESENTATIONSBLAD

Utgivare	Finlands miljöcentral (SYKE)			Datum April 2013
Författare	Ninni Liukko och Timo Huttula			
Publikationens titel	Lisäveden johtamisen vaikutus Pien-Saimaan vedenlaatuun: Coherens-malliarvio (Ledning av tilläggsvatten i Pien-Saimaa – inverkan på vattenkvaliteten: uppskattning med Coherens-modellen)			
Publikationsserie och nummer	Miljön i Finland 6/2013			
Publikationens tema	Miljövård			
Publikationens delar/ andra publikationer inom samma projekt	Publikationen finns tillgänglig bara på internet: https://helda.helsinki.fi/syke			
Sammandrag	<p>Finlands miljöcentral gjorde för Pien-Saimaa-området en Coherens-modelltillämpning som användes för att simulera alternativa pumpningssituationer under den isfria perioden 2010 och perioden 2001-2006. De delar i modellen som gällde strömning och vattenkvalitet gav tillfredsställande resultat av tillståndet under den isfria perioden 2010 jämfört med observationerna. Under perioden 2001-2006 användes endast grova uppskattningar för den belastning som nådde området, varför modellen och observationerna inte stämmer med varandra lika bra som under den isfria perioden 2010. Långvariga beräkningar av nuläget och en pumpningslösning stöder dock de resultat som erhöles från den isfria perioden 2010.</p> <p>Utgående från resultaten från den isfria perioden 2010 verkar det som om alternativet VE5D, där strömningen i Kopinsalmi intensifieras genom att pumpa vatten söderut 20 m³/s och i Kivisalmi söderut 10 m³/s, är det bästa av de kalkylerade alternativen för att förbättra vattenutbytet i Maavesi, Riutanselkä och Sunisenselkä. Enligt modellresultaten minskar också sediment- och näringshalterna väster om Taipalsaarivägen och i Maavesi mest med detta pumpningsalternativ. Öster om Taipalsaarivägen i södra delen av Niemenselkä ökar dock substanshalterna en aning enligt modellresultaten från både den isfria perioden 2010 och perioden 2001-2006.</p>			
Nyckelord	sjöar, Saimen, vattenkvalitet, strömmande, modeller, suspenderat material, näringsämnen			
Finansiär/ uppdragsgivare				
	ISBN	ISBN 978-952-11-4166-9 (PDF)	ISSN	ISSN 1796-1637 (online)
	Sidantal 73	Språk Finska	Offentlighet Offentlig	Pris (inneh. moms 8 %)
Beställningar/ distribution	Finlands miljöcentral (SYKE) PB 140, 00251 Helsingfors Tfn. +358 20 610 123 Epost: neuvonta.syke@ymparisto.fi , www.miljo.fi/syke			
Förläggare	Finlands miljöcentral (SYKE) PB 140, 00251 Helsingfors Tfn. +358 20 610 123 Epost: neuvonta.syke@ymparisto.fi , www.miljo.fi/syke			
Tryckeri/tryckningsort och -år				

DOCUMENTATION PAGE

<i>Publisher</i>	Finnish Environment Institute (SYKE)			<i>Date</i> April 2013
<i>Author(s)</i>	Ninni Liukko and Timo Huttula			
<i>Title of publication</i>	Lisäveden johtamisen vaikutus Pien-Saimaan vedenlaatuun: Coherens-malliarvio (The effect of pumping external water on the water quality in Lake Pien-Saimaa: Evaluation with Coherens model)			
<i>Publication series and number</i>	The Finnish Environment 6/2013			
<i>Theme of publication</i>	Environmental protection			
<i>Parts of publication/ other project publications</i>	The publication is available only on the internet: https://helda.helsinki.fi/syke			
<i>Abstract</i>	<p>Finnish Environment Institute has made a Coherens model application for Lake Pien-Saimaa. The model application was used to simulate different pumping scenarios during the open water period of 2010 and during the period from 2001 to 2006. In the situation of the open water period of 2010 the model produced satisfying results compared to observations for both water currents and water quality. During the period from 2001 to 2006 only rough estimates of the input loading to the model area were used and therefore the model and the observations are not as well comparable as in the situation of the open water period in 2010. The long time simulations in the present situation and in one of the pumping situations are however supporting the results that were calculated during the open water period of 2010.</p> <p>The pumping scenario VESD, where 20 m³/s of water is pumped to south in Kopinsalmi strait and 10 m³/s to south in Kivisalmi strait, seems to be the best of the simulated scenarios for increasing the water change to the areas of Maavesi, Riutanselkä and Sunisenselkä. Also the concentrations of suspended sediment and total nutrients decreased most in this scenario in Maavesi, Riutanselkä and Sunisenselkä. However, in the southern part of Niemisenselkä basin the concentrations are increasing a little according to the results in both open water period of 2010 and the longer simulation period.</p>			
<i>Keywords</i>	lakes, Lake Saimaa, water quality, flow, models, suspended sediment, nutrients			
<i>Financier/ commissioner</i>				
	ISBN	ISBN 978-952-11-4166-9 (PDF)	ISSN	ISSN 1796-1637 (online)
	<i>No. of pages</i> 73	<i>Language</i> Finnish	<i>Restrictions</i> Public	<i>Price (incl. tax 8 %)</i>
<i>For sale at/ distributor</i>	Finnish Environment Institute (SYKE) P.O.Box 140, FI-00251 Helsinki, Finland Tel. +358 20 610 123, fax +358 20 490 2190 Email: neuvonta.syke@ymparisto.fi , www.environment.fi/syke			
<i>Financier of publication</i>	Finnish Environment Institute (SYKE) P.O.Box 140, FI-00251 Helsinki, Finland Tel. +358 20 610 123, fax +358 20 490 2190 Email: neuvonta.syke@ymparisto.fi , www.environment.fi/syke			
<i>Printing place and year</i>				

Suomen ympäristökeskus teki Pien-Saimaan alueelle Coherens-mallisovelluksen, jolla simuloitiin vaihtoehtoisia pumppaustilanteita avovesikaudella 2010 ja jaksolla 2001-2006. Mallin virtaus- ja vedenlaatuosat antoivat avovesikauden 2010 tilanteessa tyydyttäviä tuloksia verrattuna havaintoihin. Jaksolla 2001-2006 käytettiin alueelle sisään tulevasta kuormituksesta vain karkeita arvioita, joten malli ja havainnot eivät vastaa toisiaan yhtä hyvin kuin avovesikauden 2010 tilanteessa. Pitkäaikaiset laskennat nykytilanteesta ja yhdestä pumppausratkaisusta tukevat kuitenkin avovesikaudelta 2010 saatuja tuloksia.

Avovesikauden 2010 tulosten perusteella vaihtoehto VE5D, jossa Kopinsalmessa virtausta kiihdytetään pumppaamalla vettä etelään 20 m³/s ja Kivisalmissa etelään 10 m³/s, vaikuttaa lasketuista vaihtoehdoista parhaalta parantamaan Maaveden, Riutanselän ja Sunisenselän vedenvaihtoa. Tällä pumppausvaihtoehdolla myös kiintoaine- ja ravinnepitoisuudet vähenevät eniten Taipalsaarentien länsipuolella ja Maavedellä mallitulosten mukaan. Taipalsaarentien itäpuolella Niemisenselän eteläosassa ainepitoisuudet kuitenkin kasvavat hieman sekä avovesikauden 2010 että jakson 2001-2006 mallitulosten mukaan.



ISBN 978-952-11-4166-9 (PDF)

ISSN 1796-1637 (verkkoj.)