



Suhanko Arctic Platinum Oy

Purkuputken vaikutus Kemijoen vedenlaatuun

Kemijoen virtaus- ja vedenlaatumallinnus

15.8.2022, v9

AFRY Finland Oy,
Ympäristötutkimus,
Elektroniikkatie 13
90590 OULU

Copyright © AFRY Finland Oy

Kaikki oikeudet pidätetään Tätä asiakirjaa tai osaa siitä ei saa kopioida tai jäljentää missään muodossa ilman AFRY Finland Oy:n antamaa kirjallista lupaa.

AFRY Finland Oy:n projektinumero on 101016313-001

Sisällys

| | | |
|-----|---|----|
| 1 | JOHDANTO | 3 |
| 2 | LÄHTÖTIEDOT | 3 |
| 2.1 | Ossauskosken patoallas | 3 |
| 2.2 | Ossauskosken alapuolinen jokiosuus | 4 |
| 2.3 | Läpivirtaaman vaihtelu | 4 |
| 2.4 | Sivujoet | 7 |
| 2.5 | Säätiedot | 7 |
| 2.6 | Lähtötietotaulukko..... | 8 |
| 2.7 | Mallihila ja syvyydet | 8 |
| 3 | MALLIN PARAMETRIT JA KALIBROINTI..... | 10 |
| 3.1 | Mallin parametrit..... | 10 |
| 3.2 | Reunaehdot | 10 |
| 3.3 | Säännöstelyn vaikutus Ossauskosken altaaseen | 10 |
| 3.4 | Virtausmittaukset Ossauskosken altaassa | 12 |
| 4 | LASKENTASKENAARIOT | 15 |
| 4.1 | Laskentaskenaarioiden virtaamat | 15 |
| 4.2 | Laskentaskenaarioiden kuormitukset | 16 |
| 4.3 | Kuormituspisteet | 17 |
| 4.4 | Kuormitusmäärät | 18 |
| 5 | SKENAARIOTULOKSET, OSSAUSKOSKEN ALLAS | 23 |
| 5.1 | Pitoisuusnousu Ossauskoskella..... | 23 |
| 5.2 | Piste P1..... | 26 |
| 5.3 | Piste P2..... | 29 |
| 5.4 | Piste P3..... | 33 |
| 5.5 | Piste P4..... | 38 |
| 6 | SKENAARIOTULOKSET, OSSAUSKOSKEN ALAPUOLISET PISTEET | 43 |
| 6.1 | Piste P5..... | 44 |
| 6.2 | Piste P6..... | 48 |
| 7 | LASKENNAN EPÄVARMUUKSISTA | 52 |
| 8 | YHTEENVETO | 53 |
| 9 | LÄHDELUETTELO | 54 |

1 JOHDANTO

Suhanko Arctic Platinum Oy suunnittelee Suhangon alueelle kaivosta, jonka purkuvesiä on suunniteltu ohjattavaksi kaivosalueelta Kemijokeen Rovaniemen ja Tervolan välissä sijaitsevaan Ossauskosken patoaltaaseen tai sen alapuolelle purkuputkea pitkin.

Tässä raportissa on arvioitu suunnitellun kaivoksen purkuvesien sekoittumista ja kulkeutumista Ossauskosken patoaltaassa ja sen alapuolella eri kuormitus- ja virtaamatilanteissa kuudella vaihtoehtoisella purkupaikan sijainnilla. Arviointi on tehty laatimalla patoaltaalle ja sen alapuoliselle jokiosuudelle virtaus- ja vedenlaatumallit ja laskemalla purkuputken tuomien aineiden leviäminen laadittuja malleja käyttäen.

Laskennan tavoitteena oli selvittää, onko purkupisteen sijainnilla vaikutusta patoaltaan ja joen vedenlaatuun, ja jos on, niin kuinka paljon. Keskeinen mallitulos on kuormituksen aiheuttaman pitoisuusnousun suuruus. Tuloksia käytetään edelleen vedenlaadun muutosten aiheuttamien vaikutusten arvioinnissa.

2 LÄHTÖTIEDOT

2.1 Ossauskosken patoallas

Ossauskosken patoallas sijaitsee Kemijoen alaosassa Petäjaskosken ja Ossauskosken voimalaitosten välissä. Koko altaan pinta-ala Petäjaskoskelta lähtien on 1064 ha (Autti et al. 2011). Suurin osa (98 %) altaan läpivirtaamasta on peräisin Kemijoesta. Ossauskosken kohdalla Kemijoen keskivirtaama on 2003–2021 jaksolla mitatuista virtaamista (SYKE Hertta, 2022) laskettuna 572 m³/s. Kemijoen lisäksi altaaseen laskevat Vähäjoki ja Leivejoki, joiden keskivirtaamat ovat noin 8,3 m³/s ja 0,85 m³/s (SYKE Vemala, 2021). Leivejoki laskee Narkauskosken yläpuolelle ja Vähäjoki altaan alempaan osaan, Suukosken kohdalle.

Mallitarkastelua varten allas jaettiin kahteen osaan Narkauskosken kohdalta, vain Narkauskosken alapuolinen osa mallinnettiin. Katkaisukohdassa virtauksen voi arvioida olevan pääasiassa yhdensuuntainen. Ossauskosken altaan alaosan pinta-ala on Narkauskosken tasolta alavirtaan laskettuna noin 6,4 km², tai 640 ha (laskettu GIS-aineistosta) ja tilavuus noin 60,3 milj.m³ (mallihilasta arvioituna). Narkauskosken alapuolisen altaan teoreettinen viipymä on tällöin keskivirtaamalla 572 m³/s 29 h, eli altaan alapuolisen osan veden vaihtuminen kokonaan vie keskimäärin 1,2 vuorokautta.

Allasta säätelevän Ossauskosken voimalaitoksen rakennevirtaama on 1080 m³/s ja putouskorkeus 15 m (Pohjois-Suomen ympäristölupavirasto 2007). Altaan ylin vedenpinnan taso N43 korkeusjärjestelmässä on 42,0 m, nykyiseen N2000 järjestelmään muutettuna vastaava korkeustaso on noin 42,51 m. Vedenkorkeudet on tässä esitetty N43 järjestelmän mukaisena. Voimalaitoksen maksimivirtaaman ylittävä vesimäärä ohjataan tarvittaessa tulvaluukkujen kautta voimalaitoksen ohi.

Altaan säännöstelystä ja lyhyestä viipymästä johtuen patoaltaassa ei todennäköisesti tapahdu veden lämpötilakerrostumista, eli vesi sekoittuu syvyyssuunnassa tehokkaasti koko vuoden ympäri.

2.2 Ossauskosken alapuolinen jokiosuus

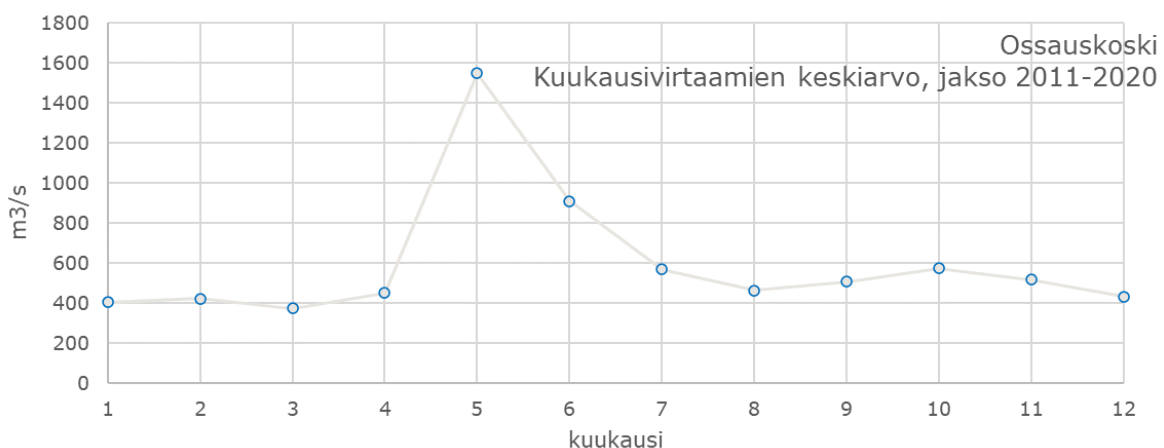
Altaan alapuolisen jokiosuuden läpivirtaamaa säätelee Ossauskosken ja Taivalkosken (Ossauskosken alapuolinen pato) juoksutus. Ossauskosken alapuolella (0–10 km padolta) vedenkorkeus ja virtaama selittyy pitkälti Ossauskosken juoksutuksen perustella johtuen pitkästä välimatkasta (36 km) Taivalkoskelle, siitä että Taivalkosken altaan vedenkorkeusvaihtelu on suhteellisen pieni (1 m), ja siitä, että molempia voimalaitoksia ajetaan saman tyyppisellä vuorokausisäätelyllä. Viipymä Ossauskosken alapuolella joessa on lyhyt ja lämpötilakerrostumista ei pääse syntymään.

Jokiosuudelle laskee useampi sivujoki, joista suurimpia ovat Runkausjoki (keskivirtaama 3,45 m³/s), Louejoki (jossa mukana myös Vaajoki ja Sivakkajoki, keskivirtaama 7,40 m³/s), Varejoki (keskivirtaama 1,65 m³/s) ja Kaisajoki (keskivirtaama 2,91 m³/s). Em. Ossauskosken alapuolisten sivujokien virtaaman osuus koko jokivirtaamasta on Taivalkoskella noin 2,5 %.

2.3 Läpivirtaaman vaihtelu

Ossauskosken mitattu virtaama oli saatavilla vuodesta 2003 alkaen päiväkeskiarvona (Hertta 2022), ja vuodesta 2010 alkaen tuntikeskiarvona (Kemijoki Oy, 2021).

Virtaaman vaihtelua tarkasteltiin 10 vuoden mittaisen jakson (vuodet 2011–2020) tiedoista. Kuukausitasolla tarkasteltuna suurimmat virtaamat sijoittuvat toukokuuhun, pienimmät virtaamat löytyvät tyypillisesti talven ajalta maaliskuulta ja kesäajalta elokuulta. Jakson 2011–2020 maaliskuun kuukausivirtaamien keskiarvo (ts. jakson kaikkien maaliskuiden virtaamien keskiarvo) oli 367 m³/s, kun taas elokuulle vastaava keskiarvo oli 468 m³/s. Kuukausivirtaamien keskiarvot on esitetty kuvassa 1.



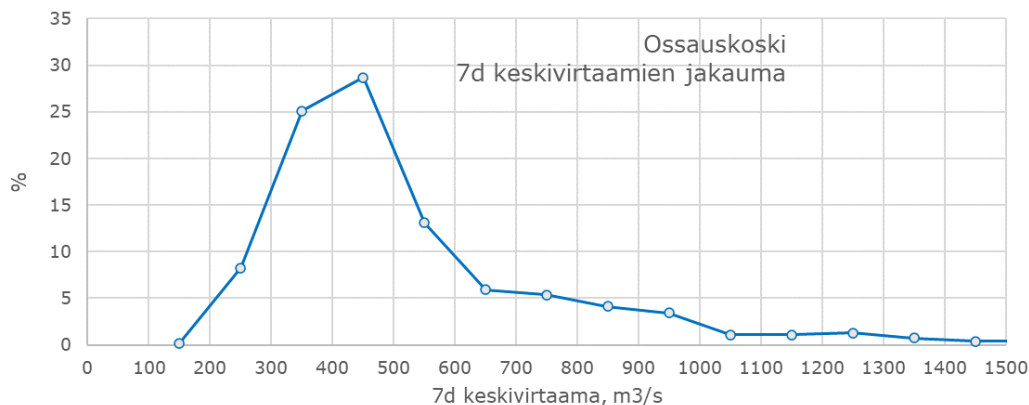
Kuva 1. Ossauskoski, kuukausivirtaamien keskiarvot, jakso 2011–2020.

Koko jakson kuukausivirtaamia tarkastellessa pienin kuukausivirtaama löytyi marraskuulta 2013, kyseisen kuukauden keskivirtaama oli 228 m³/s. Kesäajan (kesä-, heinä- ja elokuut) pienin virtaama 275 m³/s löytyy vuoden 2018 heinäkuulta. Kuukausittaiset keskivirtaamat on esitetty kuvassa 2.



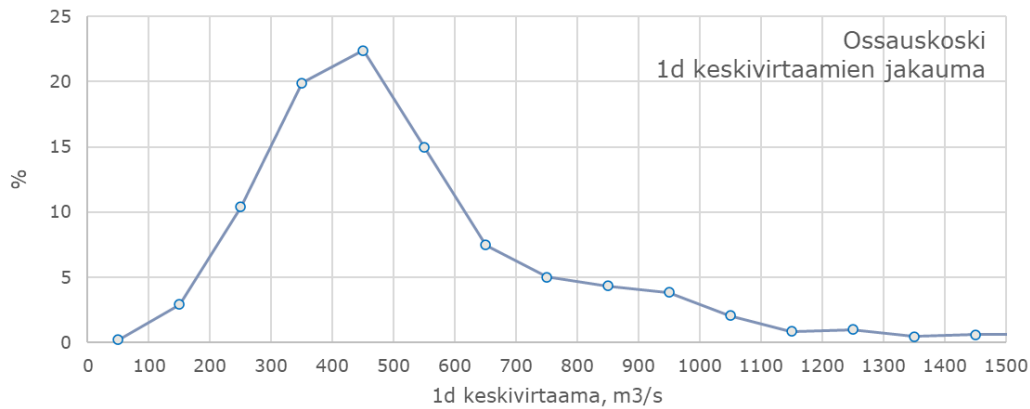
Kuva 2. Ossauskoski, kuukauden keskivirtaamat, jakso 2011–2020

Seitsemän päivän jakson pienin virtaama löytyy ajankohdalta 2 – 8.10.2013, keskivirtaama tällä jaksolla oli 178 m³/s. Viikon jakson keskivirtaamien jakaumasta (kuva 3) huomataan, että yli 50 % viikon jakson virtaamista oli 300–500 m³/s välillä. Alle 200 m³/s viikon jakson keskivirtaamia esiintyi vain 0.17 % jakson 2011–2020 viikoista, ja alle 300 m³/s keskivirtaamia esiintyi viikon jaksoilla 8,4 % tapauksista.



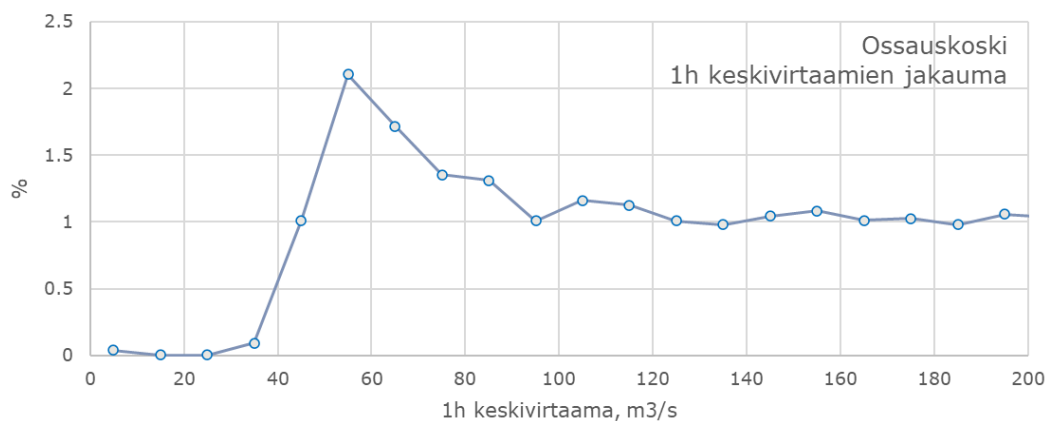
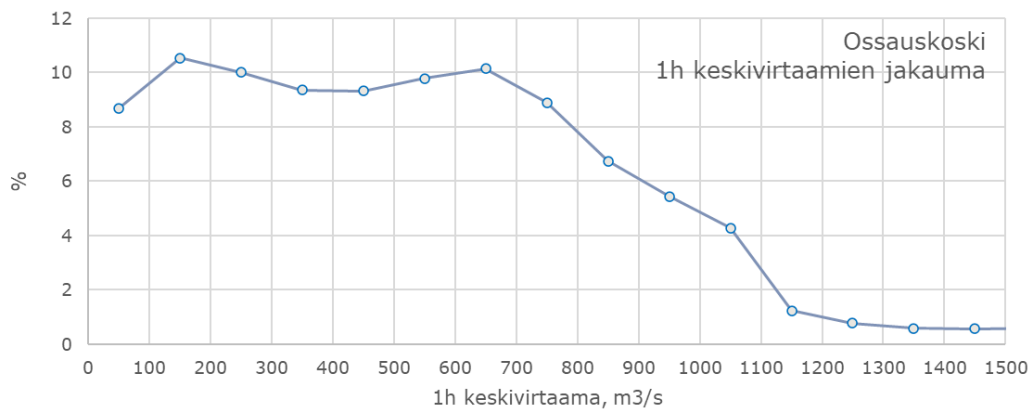
Kuva 3. Ossauskoski, viikon keskivirtaamien jakauma, jakso 2011–2020.

Päivän keskivirtaamien jakauma on esitetty kuvassa 4. Päivän keskivirtaamat olivat tyypillisesti 300–600 m³/s välillä. Pienin arvo oli 67 m³/s (4.8.2019), pisin perättäisten alle 100 m³/s päivävirtaamien jakso kesti kaksi päivää (3-4.8.2019). Yleisesti keskimääräistä pienemmät virtaamat toistuvat viikon välein, eli kyseessä on sähkön tuotantoon liittyvä viikkotason säännöstely. Alle 100 m³/s virtaamia oli 0,2 % jakson päivistä.



Kuva 4. Osauskoski, 1d keskivirtaamien jakauma, jakso 2011–2020

Tuntitaso- virtaamien jakauma on esitetty kuvassa 5. Tuntivirtaamat jakautuvat selvästi eri tavalla kuin päivävirtaamat, eli jakauma on varsin tasainen 50–750 m³/s välillä. Kuvassa 5 on myös tarkennus 0–200 m³/s tuntivirtaamiin (jaolla 10 m³/s), mistä selviää, että alle 40 m³/s virtaamia esiintyy harvoin, yhteensä alle 0,15 % kaikista tuntivirtaamista. Pisin alle 40 m³/s perättäisten tuntivirtaamien jakso kesti 8 h (28.8.2011).



Kuva 5. Osauskoski, 1h keskivirtaamien jakauma, 0 – 1500 m³/s ja tarkennus välille 0 – 200 m³/s, jakso 2011–2020.

2.4 Sivujoet

Kemijoen keskivirtaama oli noin 600 m³/s. Sivujokien keskivirtaamat on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Suurimpien sivujokien keski, minimi ja maksimivirtaamat (jakso 2010-2021)

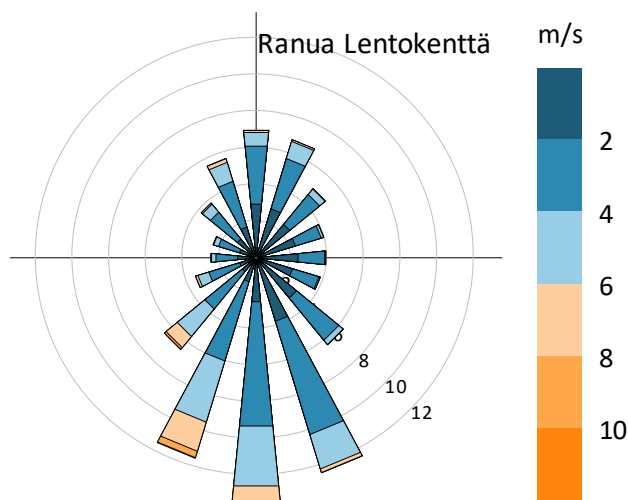
| Joen nimi | k.a. (m ³ /s) | min (m ³ /s) | max (m ³ /s) |
|--|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Ossaukosken allas | | | |
| Vähäjoki | 8.01 | 0.145 | 108.2 |
| Ossaukosken alapuolinen jokiosuus | | | |
| Varejoki | 1.65 | 0.016 | 30.0 |
| Runkausjoki | 3.45 | 0.096 | 33.6 |
| Louejoki | 7.40 | 0.194 | 105.8 |
| Kaisajoki | 2.91 | 0.079 | 39.6 |
| Yhteensä | 23.4 | | |

2.5 Sätiedot

Virtausten laskentamalli käyttää lähtötietoina säätietoja, toisin sanoen tuulta, ilman lämpötilaa, tulevaa säteilyä, ilmankosteutta ja pilvisyyttä. Tuulitietoja tarvitaan tuulen aiheuttamien virtaamien laskentaan. Muita tietoja käytetään veden lämpötilan laskennassa.

Sätietoina käytettiin tässä Ranuan lentokentältä tunnin välein mitattuja tuulitietoja, jotka haettiin Ilmatieteenlaitoksen tietojenhaku - palvelusta (FMI 2021). Lämpötila, säteily, kosteus ja pilvisuus - datana käytettiin Copernicus Climate Change Service - palvelun ERA5 - reanalysis säädataa pisteestä lon 25.25, lat 66.25. Data oli saatavilla tunnin tarkkuudella ja tätä tarkkuutta käytettiin myös mallissa.

Vuosien 2011–2020 ajalta piirretyn tuuliruusun (Kuva 6) perusteella tyypillisimmät tuulen suunnat lentokentällä olivat etelä, etelä-kaakko ja etelä-lounas. Tuulen keskinopeus mittauspaiikalla oli 2,8 m/s, tyyntä oli noin 7,6 % mittausjaksosta.



Kuva 6. Ranuan lentokenttä, tuuliruusu vuodet 2011–2020.

2.6 Lähtötietotaulukko

Lähtötiedot on esitelty pääosin edellä. Mallissa käytetyt keskeiset lähtötiedot lähteineen on esitetty vielä yhteenvedona taulukossa 2. Lähtötietojen tarkkuutta on pyritty arvioimaan "Laatu" – sarakkeessa, ja lähtötietojen vaikutusta mallinnustulokseen "Vaikutus" – sarakkeessa. Sekä laatu että vaikutus on arvioitu sanallisesti. Vaikutus – sarakkeen arvo pyrkii arvioimaan tiedon vaikutusta mallissa. Mikäli vaikutus on suuri, vaikuttaa puutteellinen tieto merkittävästi mallin lopputuloksiin. Esim. syvyystiedoilla ja läpivirtaaman määrällä on suuri vaikutus mallin lopputuloksiin.

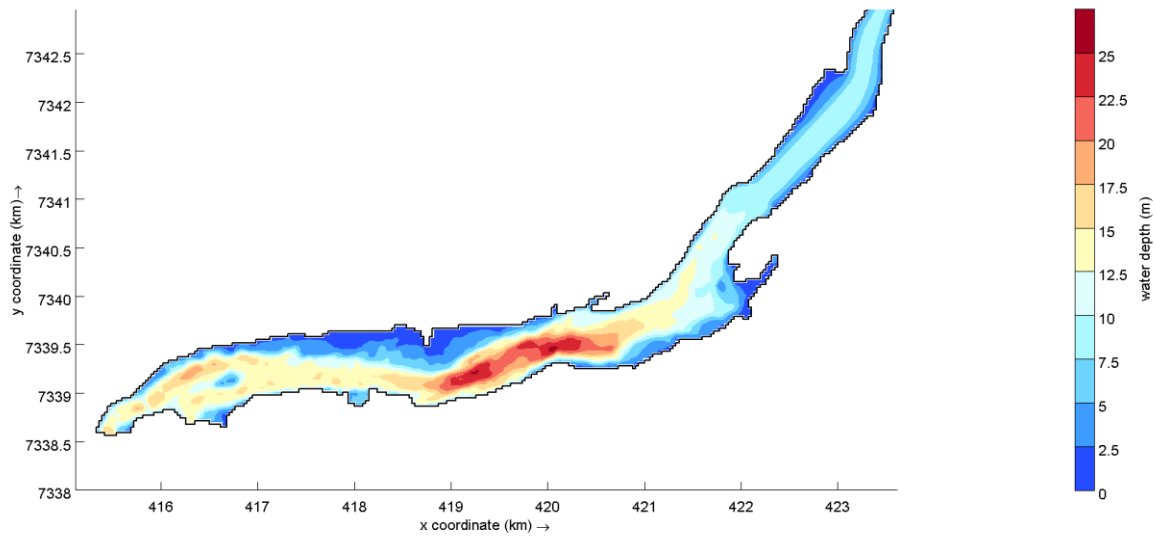
Taulukko 2. Mallissa käytetyt lähtötiedot lähteineen.

| Tieto | Lähde | Laatu | Vaikutus |
|---|--|-------------|-------------|
| Syvyyydet | Mitattu, Mitta Oy, 2021 | hyvä | suuri |
| Rantaviiva | MML maastotietokanta, 2021 | hyvä | suuri |
| Tuuli | Ranuan lentokenttä mittaus, 1 h aikaväli | hyvä | kohtalainen |
| ilman lämpötila | ERA5-reanalysis, 1 h aikaväli | hyvä | pieni |
| ilmankosteus | ERA5-reanalysis, 1 h aikaväli | hyvä | pieni |
| tuleva säteily | ERA5-reanalysis, 1 h aikaväli | hyvä | pieni |
| pilvisyys | ERA5-reanalysis, 1 h aikaväli | hyvä | pieni |
| virtaamat, Pirttikoski ja Ossaus | Mitattu, Kemijoki Oy, 1 h aikaväli | hyvä | suuri |
| jokivirtaama, Sivujoet | SYKE Vemala-järjestelmä | hyvä | pieni |
| Vedenkorkeus, Ossaus, Tervola | Mitattu, Kemijoki Oy, 1 h aikaväli | hyvä | kohtalainen |
| Jokivesien lämpötila | Laskettu liukuvalla keskiarvolla ilman lämpötilasta, kalibroitu Jormasjoen mittaukseen | hyvä | pieni |
| Jäätyminen, Jäänlähtö | SYKE Tarkka-satelliittikuvien pohjalta | välttävä | pieni |
| Yläjuoksun pitoisuudet | Arvioitu mittauksista (vain lyhyt jakso) | ei tarkka | pieni |
| Pienten jokien pitoisuudet | Sama kuin Kemijoki | välttävä | pieni |
| Purkuputken kuormitus, sulfaatti ja nikkeli | Kuukausitason kuormitukset kaivoksen mallinnoista | kohtalainen | suuri |

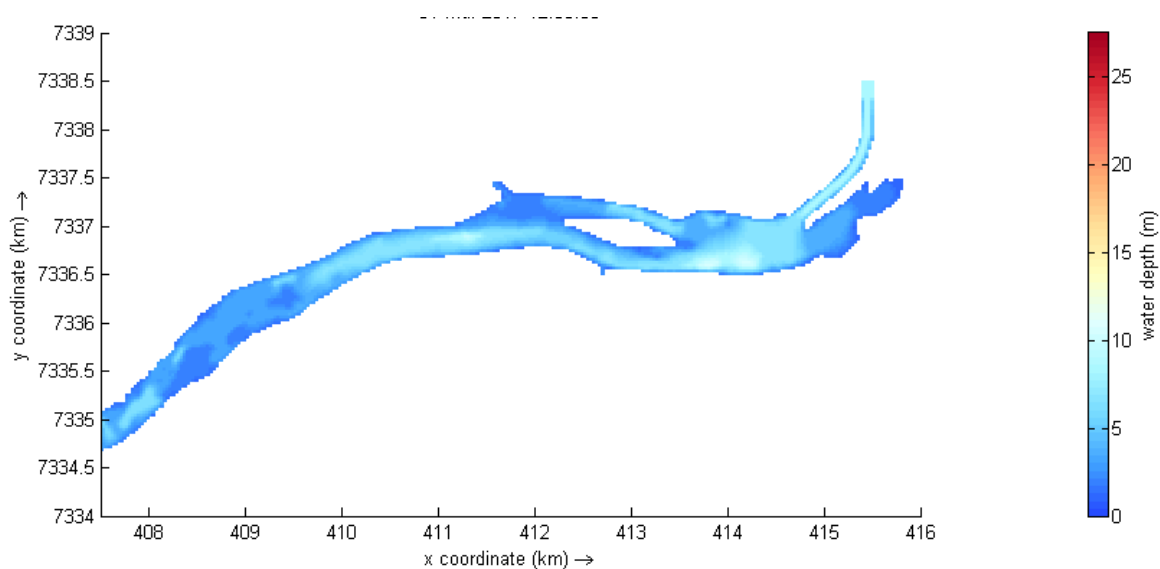
2.7 Mallihila ja syvyydet

Ossauskosken altaan mallihila rakennettiin maanmittauslaitoksen rantaviivan (MML 2021) ja mitattujen syvyyksien (Mitta Oy, 2021) pohjalta Deflt3d-mallin Rgfgrid ja Quickin-ohjelmia käyttäen. Mallissa käytettiin vaakasuunnassa 30 x 30 m neliöhilaa ja syvyyssuunnassa sigma-vertikaalikoordinaattia, jossa oli 16 hilatasoa. Mallihilan syvyydet on esitetty kuvassa 7. Sigma-koordinaateissa mallin jokaisessa pisteessä on syvyyssuunnassa sama määrä hilakoppeja ja hilakoppien korkeus vaihtelee pisteen syvyyden mukaan. Valittu hila tyyppi soveltuu vesialueille, jossa virtaamasaunta ei ole aina sama, vaan voi vaihdella (esim. säännöstelyn takia). Vertikaalitasojen määrä riittää myös kerrostumisen laskentaan.

Ossauskosken alapuolisen jokiosuuden rantaviiva ja syvyydet saatiin maanmittauslaitoksen maastotietokannasta, jossa oli mukana myös vesialueen syvyyskäyrät ja pistesyvyyksiä (MML 2021). Mallihilan Ossauskosken patoa lähinnä olevan osuuden syvyydet on esitetty kuvassa 8. Mallissa käytettiin 30x30 m neliöhilaa, kuten Ossauskosken altaan hilassakin. Syvyysuunnassa käytettiin sigma-vertikaalikoordinaattia, jossa oli 8 hilatasoa. Tasoja tarvittiin vähemmän koska alue oli Ossauskosken allasta selvästi matalampaa.



Kuva 7. Ossauskosken altaan mallihilan syvyydet.



Kuva 8. Ossauskosken alapuolisen jokiosuuden syvyydet (osa alueesta).

3 MALLIN PARAMETRIT JA KALIBROINTI

3.1 Mallin parametrit

Keskeiset malliparametrit on esitetty taulukossa 3. Parametrien merkitys selviää parhaiten mallin käyttöohjeesta (Deltares, 2021).

Taulukko 3. Keskeiset mallisovelluksessa käytetyt parametrit

| Parametri | Käytetty arvo | Oletusarvo |
|---|------------------------|------------|
| Ossauskosken allas | | |
| Horizontal eddy visc. | 0.1 | 1 |
| Horizontal eddy diff. | 1 | 10 |
| Vertical eddy visc. | 0 | 0 |
| Horizontal eddy diff. | 0 | 0 |
| Heat flux model | Ocean | - |
| Secci depth | 2 m | - |
| Bottom roughness | Chezy, 65 | Checzy, 65 |
| Wind friction | 0.00063 – 0.0072/0-100 | sama |
| Turbulence model | k-epsilon | - |
| Forester filter (v & h) | off | on |
| Correction for sigma coord. | yes | no |
| Ossauskosken alapuolinen jokiosuus | | |
| Bottom roughness | Chezy, 65 | Checzy, 65 |

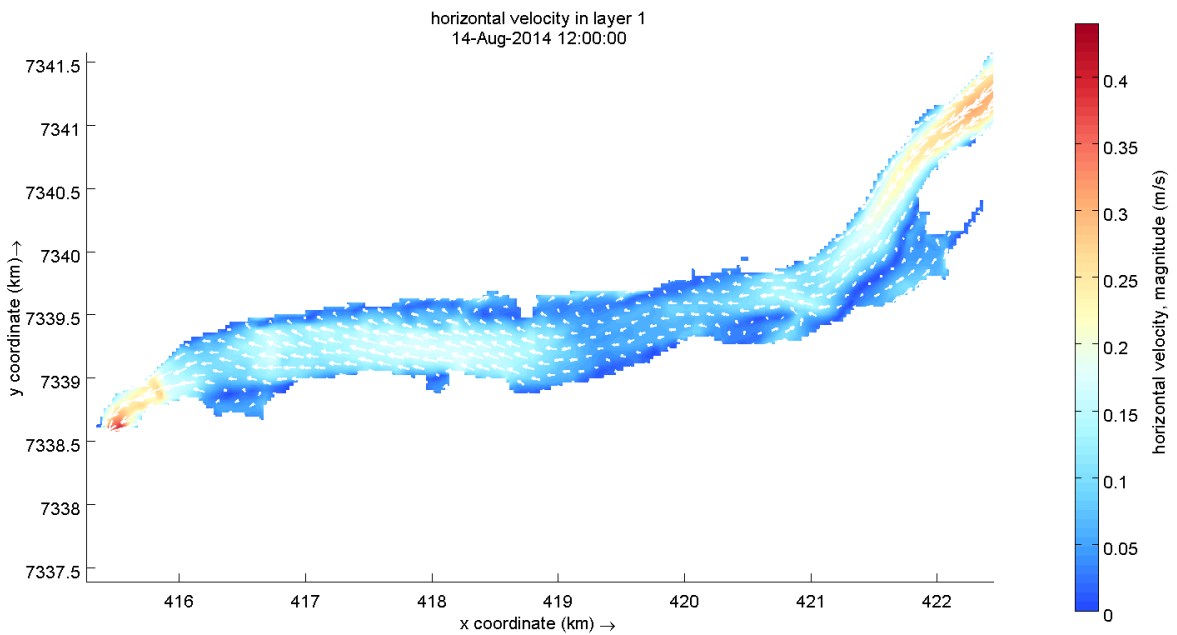
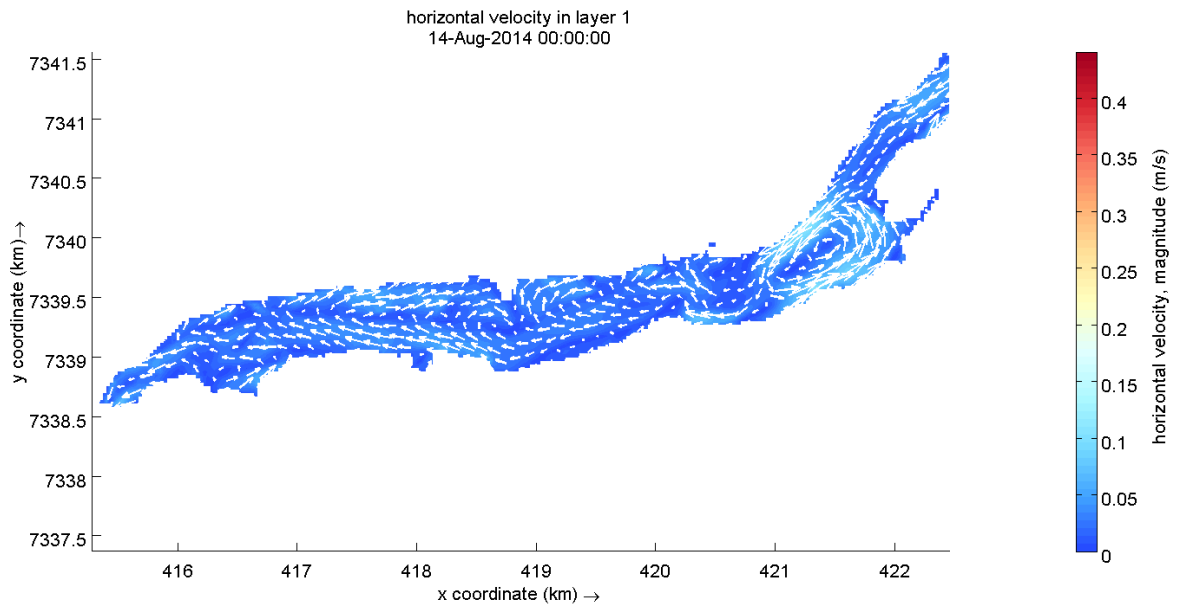
3.2 Reunaehdot

Ossauskosken altaan mallin yläreunaehdoksi asetettiin Ossauskosken virtaama, josta vähennettiin vähäjoen virtaama ja vedenkorkeusvaihtelun aiheuttama tilavuusmuutos. Alareunaehdoksi asetettiin Ossauskosken virtaama. Lasketuissa skenaarioissa virtaama jäi alle voimalaitoksen enimmäisvirtaaman, ts. tulvaportit eivät olleet missään skenaarioissa avoinna.

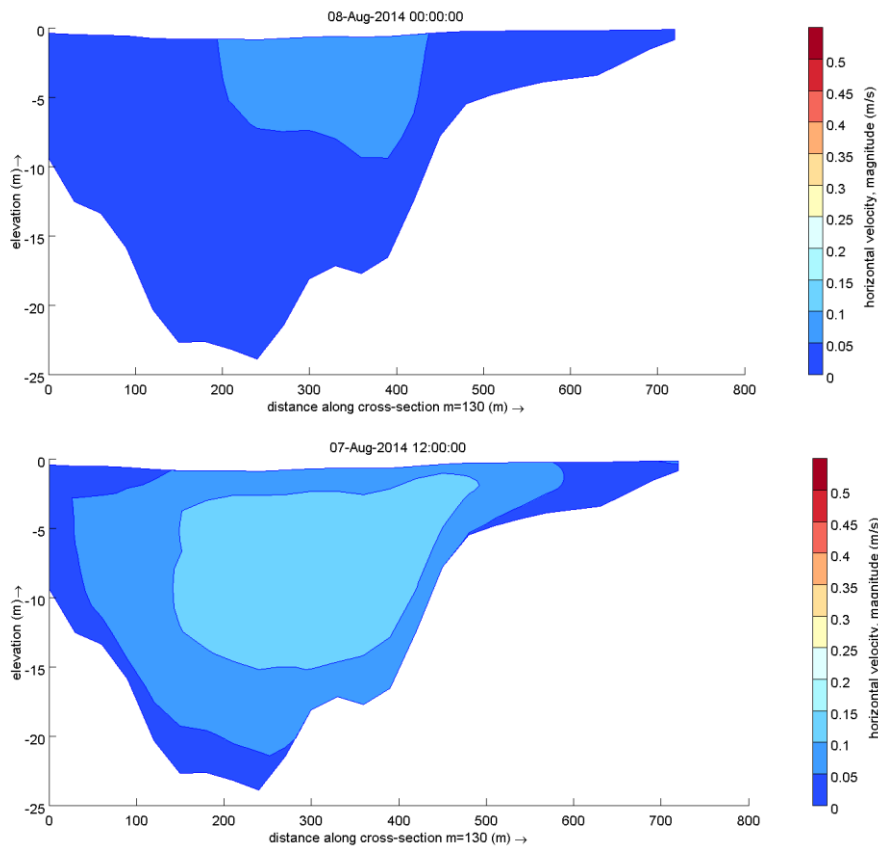
Alapuolisen jokiosuuden mallin yläreunaehdoksi asetettiin Ossauskosken virtaamatieto (1 h tarkkuus), alareunaehtona käytettiin Tervolassa 1 h välein mitattua vedenkorkeutta. Tervolan mittauspisteen ja mallin alareunan vedenkorkeusero arvioitiin laskennassa käytetyillä virtaamilla pieneksi, eikä sillä arvioida olevan vaikutusta Ossauskosken alapuolella oleviin purkupisteisiin.

3.3 Säännöstelyn vaikutus Ossauskosken altaaseen

Ossauskosken allas on säännöstelty, ja päivän sisäinen säännöstely vaikuttaa merkittävästi altaan vesien liikkumiseen. Tyypillisesi virtaama on suurempi päivällä ja pienempi yöllä. Kuvassa 9 on esitetty altaan laskettu pintavirtaus 14.8.2014 yöllä klo 00:00 ja päivällä klo 12:00. Kuvassa 10 on esitetty em. tilanteista virtauksen poikkileikkaus altaan syvänteen kohdalla. Yöllä virtaaman ollessa päivää pienempi altaan vesi pyörteilee ja päävirtaus alavirran suuntaan heikkenee. Suurella virtaamalla päävirtaussuunta on selvä, virtausnopeus on yötilannetta selvästi suurempi ja suuntautuminen selkeästi alavirtaan ranta-alueita lukuunottamatta.



Kuva 9. Virtausvektorit ja virtausnopeus, säännöstelystä johtuvan vuorokausivaihtelun havainnollistus, virtausnopeus klo 00 yöllä (ylempi kuva) ja klo 12 (alempi kuva) 14.8.2014. Ylemmässä kuvassa voimalan juoksutus on $96 \text{ m}^3/\text{s}$ ja alemmassa $720 \text{ m}^3/\text{s}$.



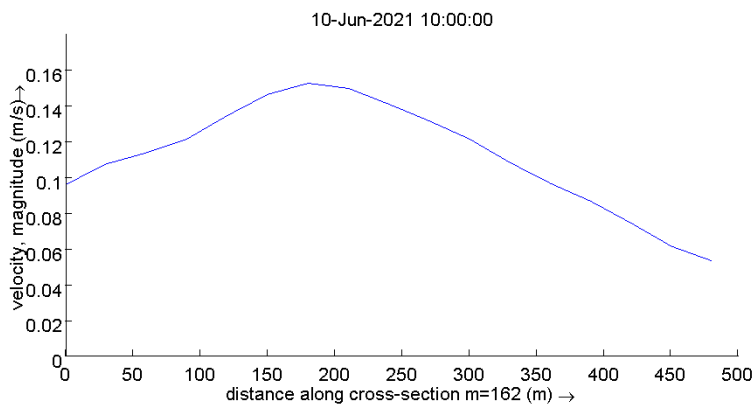
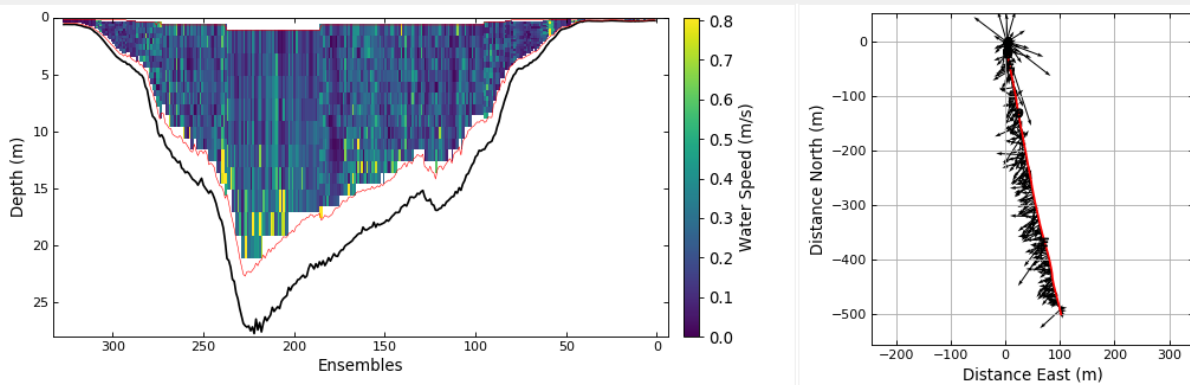
Kuva 10. Virtausnopeuden vuorokausivaihtelun havainnollistus joen poikkileikkauksessa syvänteen kohdalla. Virtausnopeus klo 00 yöllä (ylempi kuva) ja klo 12 päivällä (alempi kuva). Ylempässä kuvassa voimalan juoksutus on $190 \text{ m}^3/\text{s}$ ja alemmassa $850 \text{ m}^3/\text{s}$. Kuvassa eteläranta on vasemmalla. Syvyys suunnan mittakaavaa liioiteltu.

3.4 Virtausmittaukset Ossauskosken altaassa

Ossauskosken altaasta tehtiin virtausmittauksia neljästä poikkileikkauksesta syvyysmittausten yhteydessä kesäkuussa 2021. Mittaukset tehtiin päivällä, jolloin joen virtaama oli suuri (noin $800\text{--}1000 \text{ m}^3/\text{s}$). Mittausten tuloksena saatiin virtaaman keskimääräinen nopeus poikkileikkauksessa sekä virtaussuunnat poikkileikkauksen eri kohdissa. Mittauksia tehtiin syvyysmittausten yhteydessä ennen mallinnustyön aloittamista tilanteissa, joissa juoksutusmäärä oli suuri (yli $800 \text{ m}^3/\text{s}$).

Kuvissa 11 ja 12 on esitetty poikkileikkaukset kahdesta mitatusta virtaamasta (joista oli eniten mittaustietoa) Kähkösensuvannon ja Kähkösenniemen kohdilta. Mittauskuvat ovat QRev 4.0 mittausten käsittelyohjelmasta. Virtausmallilla laskettiin sama tilanne, lasketut poikkileikkausten syvyysintegroidut virtaamat on piirretty samoihin kuviin.

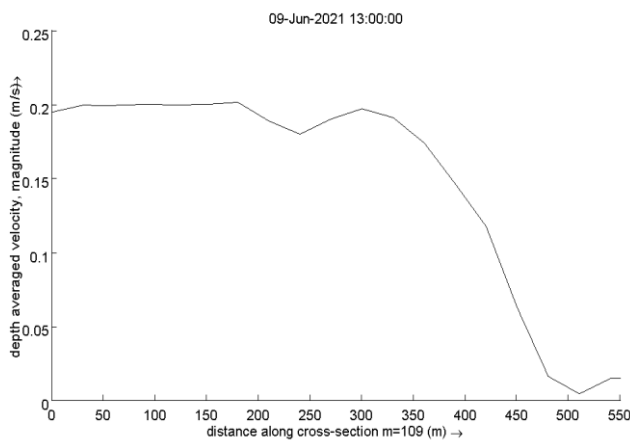
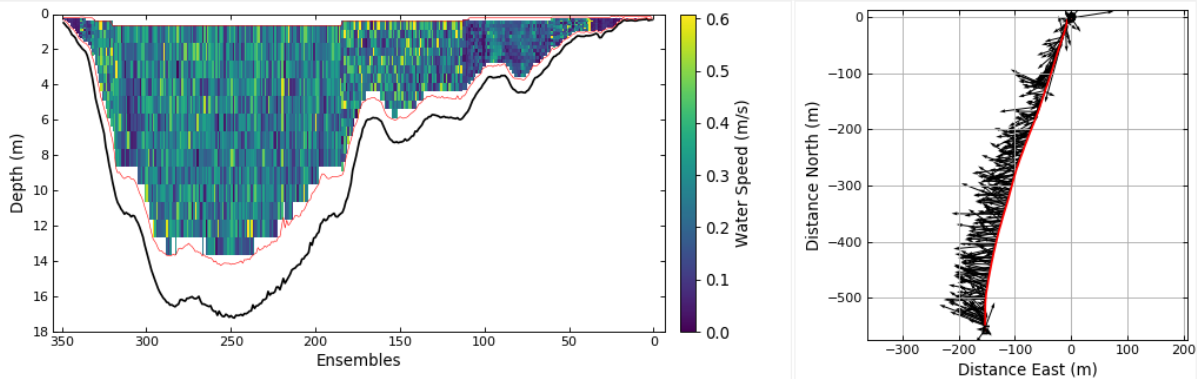
| Transect | Width (m) | Area (m ²) | Avg Boat Speed (m/s) | Course Made Good (deg) | Q/A (m/s) | Avg Water Direction (deg) |
|-----------------|---------------|------------------------|----------------------|------------------------|-------------|---------------------------|
| Average | 508.66 | 7486.59 | 1.60 | | 0.14 | 252.70 |
| 20210610100235r | 512.71 | 7538.36 | 1.60 | 168.46 | 0.14 | 244.21 |
| 20210610101306r | 510.16 | 7487.69 | 1.56 | 167.21 | 0.13 | 249.53 |
| 20210610101913r | 503.10 | 7433.73 | 1.65 | 338.96 | 0.14 | 264.42 |



Kuva 11. Mitattu (ylempi kuva) virtausnopeus poikkileikkauksessa Kähkösensuvannon kohdalla 10.6.2021 klo 10:13 ja laskettu syvyyskeskiarvotettu virtausnopeus (alempi kuva) samasta kohdasta.

Kuvassa 11 näkyvissä mittauksissa virtausnopeus on keskimäärin noin 0,14 m/s. Laskettu virtausnopeus on hieman hitaampi, enimmillään noin 0,15 m/s, ja hidastuu mittauksia vastaavasti matalammalla alueella oikeassa reunassa. Mittauksissa virtaama on pohjoisrantaa lukuun ottamatta yhdensuuntainen alavirtaan, mallissa virtaus on yhdensuuntainen alavirtaan koko poikkileikkauksen leveydeltä.

| Transect | Width (m) | Area (m ²) | Avg Boat Speed (m/s) | Course Made Good (deg) | Q/A (m/s) | Avg Water Direction (deg) |
|-----------------|---------------|------------------------|----------------------|------------------------|-------------|---------------------------|
| Average | 579.73 | 5265.22 | 1.59 | | 0.18 | 277.80 |
| 20210609123212r | 579.40 | 5263.42 | 1.69 | 195.41 | 0.19 | 276.49 |
| 20210609125656r | 581.40 | 5266.86 | 1.58 | 194.90 | 0.18 | 272.62 |
| 20210609130315r | 581.77 | 5276.20 | 1.48 | 13.30 | 0.19 | 281.37 |
| 20210609131049r | 577.84 | 5242.38 | 1.51 | 195.26 | 0.18 | 270.38 |
| 20210609131734r | 578.26 | 5277.26 | 1.68 | 13.79 | 0.17 | 288.18 |



Kuva 12. Mitattu (ylempi kuva) virtausnopeus poikkileikkauksessa Kähkösenniemen kohdalta 9.6.2021 klo 12:32 ja laskettu syvyysskeskiarvotettu virtausnopeus hieman Kähkösenniemen länsipuolelta klo 13:00 (alemmat kuvat).

Kuvassa 12 näkyvissä mittauksissa virtausnopeus on keskimäärin noin 0,18 m/s. Laskettu virtausnopeus on tässä samaa luokkaa. Sekä mitatussa että lasketussa virtausnopeudessa virtaus on yhdensuuntainen alavirtaanpäin syvemmillä alueella, mutta hidastuu ja kääntyy pohjoisrannalla olevalla matalalla alueella (kuvinna oikeapuoleinen reuna).

4 LASKENTASKENAARIOT

4.1 Laskentaskenaarioiden virtaamat

Ossauskosken altaan teoreettinen viipymä on keskimääräisellä virtaamalla hieman yli vuorokauden luokkaa. Lyhyestä viipymästä johtuen kuukauden mittainen laskentajakso viikon mittaisella alustuksella katsottiin riittävän hyvin vedenlaadun arviointiin eri olosuhteissa. Pienimmällä mitatulla keskimääräisellä kuukausivirtaamalla (jakso 2011–2020, 230 m³/s, 11/2013) altaan vesi ehtii vaihtua kuukauden aikana noin kymmenen kertaa.

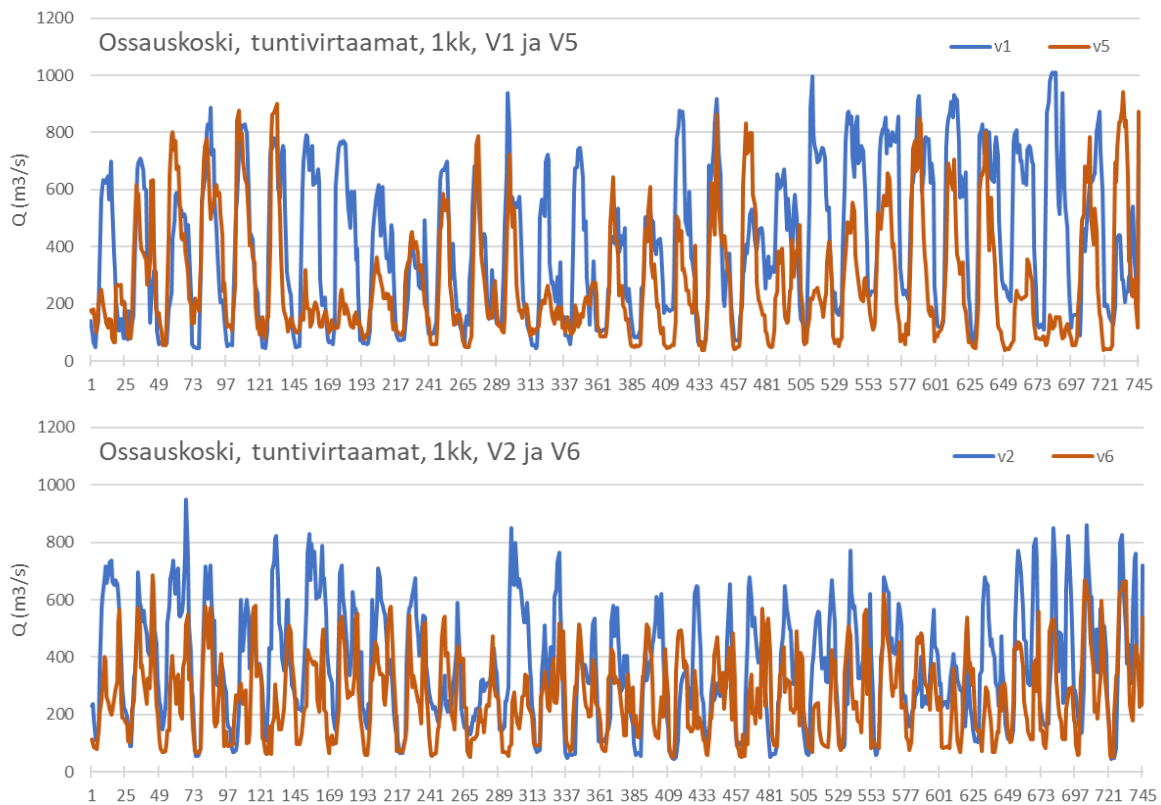
Vuosien 2011–2020 virtaamatietojen perusteella vähävirtaamaisimmat kuukaudet olivat maaliskuu ja elokuu. Maaliskuun virtaamien keskiarvo oli 375 m³/s ja mediaani 378 m³/s, elokuulle vastaavat arvot olivat 464 m³/s ja 382 m³/s, ja koko vuoden virtaaman keskiarvo oli 600 m³/s. Elokuun keskimääräistä virtaamatilannetta edustamaan valittiin vuoden 2014 elokuu, jonka keskivirtaama (416 m³/s) oli em. jakson elokuiden keskivirtaaman ja mediaanin välissä. Maaliskuun keskivirtaama edustamaan valittiin vuoden 2017 maaliskuu (keskivirtaama 372 m³/s), jonka virtaama oli lähinnä maaliskuiden virtaamien keskiarvoa.

Vähävirtaamaisia tilanteita edustamaan valittiin jakson 2011–2020 vähävirtaamaisin kesäkuukausi (2018 heinäkuu, keskivirtaama 276 m³/s) ja vähävirtaamaisin talvikuukausi (2011 maaliskuu, keskivirtaama 263 m³/s).

Kuvassa 13 on esitetty laskettavien kuukausien virtaamat tuntivirtaamatiedoista. Kuvasta näkyy suuri päivittäinen virtaamien vaihtelu, sekä varsinkin skenaariossa V5 myös viikkovaihtelu, jossa viikonlopulla virtaamat ovat pienempiä kuin arkipäivinä.

Taulukko 4. Malliskenaariot.

| Skenaario | Kaivoksen toimintavuosi | Virtaama |
|-----------------|-------------------------|--------------------------------|
| V1-keski8kesä | 8.vuosi | 08/2014, 416 m ³ /s |
| V2-keski8talvi | 8.vuosi | 03/2017, 372 m ³ /s |
| V3-keski13kesä | 13.vuosi | 08/2014, 416 m ³ /s |
| V4-keski13talvi | 13.vuosi | 03/2017, 372 m ³ /s |
| V5-kuiva13kesä | 13.vuosi | 07/2018, 276 m ³ /s |
| V6-kuiva13talvi | 13.vuosi | 03/2011, 263 m ³ /s |



Kuva 13. Ossauskoski, virtaamat 1kk mittaisella laskentajaksolla skenaariot V1 ja V5 (keskimääräinen ja kuiva kesä), sekä V2 ja V6 (keskimääräinen ja kuiva talvi).

4.2 Laskentaskenaarioiden kuormitukset

Kuormitusten osalta purkuveden sekoittumista arvioitiin tässä kaivoksen toiminta-ajalle lasketuilla kuormituksilla (AFRY Finland, 2022). Kuormituksiksi valittiin 8. toimintavuoden ja 13. toimintavuoden kuormitukset, joista ensimmäinen edusti keskimääräistä kuormitusta (mediaani), ja jälkimmäinen toimintajakson suurimpia kuormituksia. Purkuputken kuormituksina on käytetty em. toimitavuosille laskettuja kuormitusten vuosikeskiarvoja. Vuosikeskiarvon mukainen kuukausikuormitus oli suurempi kuin erikseen maaliskuulle tai elokuulle laskettu kuukausittainen kuormitusarvo lukuun ottamatta 13. toimintavuoden keskimääräistä kuormitusta, jolloin elokuulle laskettu kuormitusarvo oli hieman vuosikeskiarvon mukaista kuormitusta suurempi (2,3 %)

Kuormitukset muuttuvat säätilanteen mukaan: kuivana vuonna kaivosalueelta ei tarvitse poistaa vastaavaa määrää vettä kuin normaalina tai sateisempänä vuonna.

Koska sekä jokivirtaamat että kaivoksen kuormitus riippuvat molemmat sadannasta, on todennäköistä, että kuivana vuonna sekä jokivirtaama että kaivoksen kuormitus vähenevät. Tästä johtuen kaivoksen kuormituksille arvioitiin kuivan vuoden (1/10 toistuvuus) kuormitus, jota käytettiin vähävirtaamaisten tilanteiden skenaarioissa. Kuten keskimääräisillekin tilanteille, kuormituksena käytettiin vuosikeskiarvokuormitusta. Kuivan vuoden tilanne arvioitiin vain 13. toimintavuoden kuormituksille.

Taulukossa 4 on esitetty yhteenveto lasketuista skenaarioista. Skenaariot V1 ja V2 edustavat kuormitusvuosien mediaanikuormitusta keskimääräisellä virtaamalla.

Skenaariot V3 ja V4 edustavat suurinta kuormitusvuotta keskimääräisillä virtaamilla. Skenaariot V5 ja V6 on laskettu puolestaan kuivalle vuodelle siten, että virtaamina on käytetty kuivan kesän ja talven virtaamajaksoja, ja kuormituksena on käytetty 13. toimintavuoden tiedolla lasketun kuivan vuoden keskimääräistä kuormitusta.

Laskentaskenaariota on siis kuusi, joista jokaiselle arvioitiin päästöjen kulkeutuminen kaikista vaihtoehtoisista purkupaikoista P1-P4.

4.3 Kuormituspisteet

Ossauskosken altaassa sijaitsevat purkupisteet sijoitettiin mallissa noin 1,5–2 metrin etäisyydelle pohjalta lukien mallin hilakerrokseen 14/16 yhteen 30 x 30 m hilakoppiin. Purkuputki on tässä oletettu päättyvän siten, että putken pää on suunnattu 45 asteen kulmassa ylöspäin, mikä edesauttaa purkuveden sekoittumista jokiveteen. Sekoittumista purkupaikan lähellä voidaan edelleen tehostaa käyttämällä diffuusoria.

Ossauskosken altaassa sijaitsevien purkupisteiden paikat on esitetty kuvassa 14. Purkupaikka P1 sijaitsee lähellä Ossauskosken voimalaitosta noin 450 m padolta ylävirtaan ja ylin piste P4 puolestaan purkuputken veteenlaskupaikan lähellä Ruunaanmännikön kohdalla noin 4 km padolta ylävirtaan. Näiden pisteiden lisäksi tarkasteluun on valittu kaksi lisäpistettä, P2 ja P3. Piste P2 sijaitsee padolta noin 1,9 km ylävirtaan hieman Rähänrannan tasolta länteen. Piste P3 sijaitsee Kaiteran kohdalla noin 3 km padolta ylävirtaan. Piste P4 sijaitsee yli 20 m syvyisen ja muutaman kilometrin pituisen syvänteen kohdalla, piste P3 puolestaan syvänteestä katsottuna alavirran puolella.

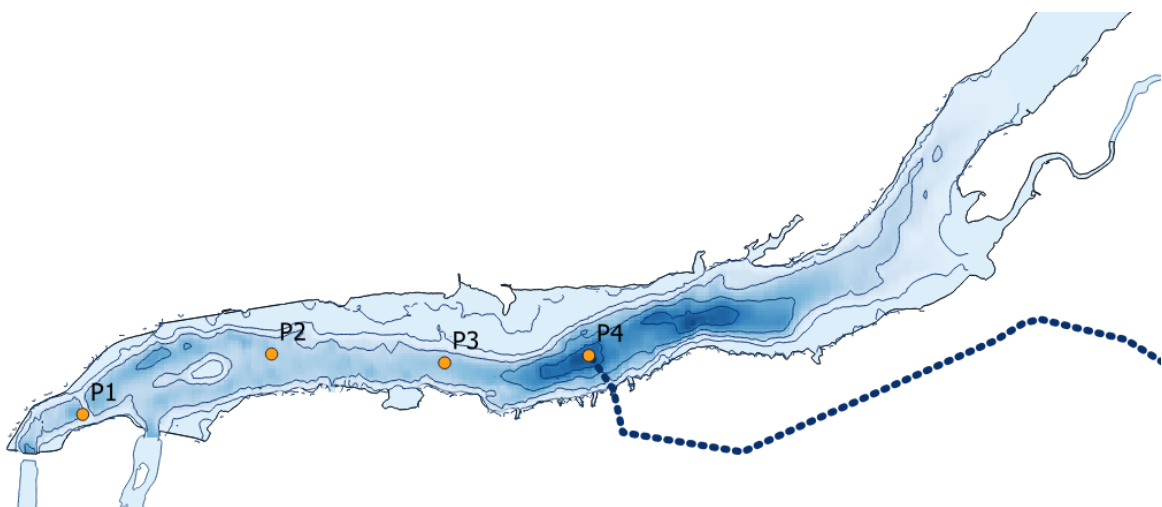
Purkupisteiden koordinaatit ovat (TM35FIN koordinaatistossa):

P1 sijainti: N=7338825, E=415825 (mallin hilapiste 18,10), syvyys 13,9 m

P2 sijainti: N=7339225, E=417125 (mallin hilapiste 61,24), syvyys 13,9 m

P3 sijainti: N=7339175, E=418325 (mallin hilapiste 101,22), syvyys 15,5 m

P4 sijainti: N=7339225, E=419325 (mallin hilapiste 135,24), syvyys 24,1 m

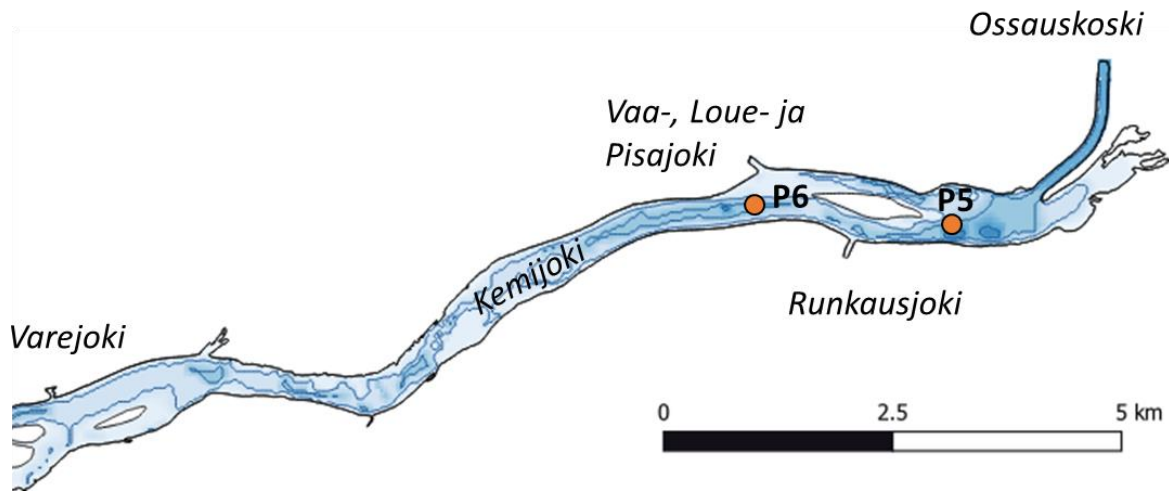


Kuva 14. Kuormituspisteiden P1-P4 sijainti Ossauskosken altaassa.

Ossauskosken alapuolisella jokiosuudella sijaitsevat pisteet on esitetty kuvassa 15. Jokiosuudella sijaitsevat purkupisteet sijoitettiin mallissa noin 1–2 metrin etäisyydelle pohjalta lukien mallin hilakerrokseen 7/8 yhteen 30 x 30 m hilakoppiin. Purkuputken oletettiin päättyvän kuten Ossauskosken altaallakin siten, että putki on suunnattu vinosti ylöspäin sekoittumisen parantamiseksi.

Purkupiste P5 sijoitettiin Oinassaaren itäpään tasalle päävirtaukseen ja purkupiste P6 Oinassaaren länsipuolelle, hieman Louejoen suun tasalta alavirtaan. Pisteiden koordinaatit ovat:

P5 sijainti N=7336660, E=413740 (mallin hilapiste 55,55), syvyys 10 m
 P6 sijainti N=7336900, E=411610 (mallin hilapiste 55,55), syvyys 5 m.



Kuva 15. Kuormituspisteiden P5 ja P6 sijainti Ossauskosken alapuolisella jokiosuudella.

4.4 Kuormitusmäärät

Kuormitusmäärät on esitetty taulukossa 5. Määrät on poimittu skenaarion mukaiselle laskettavalle kuukaudelle ja toimintavuodelle kaivoksen ainetaseessa arvioituista kuormitusarvioista. Taulukossa 6, 7 ja 8 on lisäksi esitetty eri ainepitoisuuksien nousut jokivedessä suhteessa jokiveden suolapitoisuuslisäykseen eri skenaariolle. Skenaarioiden eri aineiden kuormitukset suhteessa suolakuormitukseen poikkeavat jossakin määrin eri skenaarioiden välillä, mistä johtuen skenaariolle on omat taulukonsa.

Mallilaskennassa purkuvettä simuloitiin käyttämällä mallissa purkuvetenä merivettä, jonka tiheys asetettiin vastaavaksi kuin purkuvedelle arvioitu tiheys. Purkuveden tiheydet on laskettu K,Na,Ca, Mg ja SO₄ ainepitoisuuksien pohjalta, muilla aineilla on vain pieni vaikutus veden tiheyteen. RHOMV-laskurilla (Boehrer et. al 2010) arvioitu tiheydet ja vastaavat kokonaissuolapitoisuudet on esitetty alla:

V1 & V2: 8.vuosi, tiheys 15 C, 1000.34 g/l, eqs 1.56 g/l, Q 0.152 m³/s
 V3 & V4: 13.vuosi, tiheys 15 C, 1000.52 g/l, eqs 1.79 g/l, Q 0.190 m³/s
 V5 & V6: 13. vuosi, tiheys 15 C, 1000.32 g/l, eqs 1.53 g/l, Q 0.129 m³/s

Purkuveden ionikoostumuksella ei tässä tapauksessa ole vaikutusta veden sekoittumiseen mallilaskennassa, sillä suolapitoisuutta käsiteltiin mallissa reagoimattomana ja täysin liukoisena. Myös muut aineet käsitellään mallissa täysin liukoisina ja reagoimattomina.

Taulukko 5. Malliskenaarioiden kuormitukset, kuormitukset ovat samat skenaariopareilla V1 ja V2, V3 ja V4 sekä V5 ja V6.

| Aine | V1 | V2 | V3 | V4 | V5 | V6 |
|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Paikka | kg/d | kg/d | kg/d | kg/d | kg/d | kg/d |
| Sali | 20487 | 20487 | 29385 | 29385 | 17040 | 17040 |
| 01 - As | 0.048 | 0.048 | 0.070 | 0.070 | 0.044 | 0.044 |
| 02 - Ba | 4.435 | 4.435 | 6.318 | 6.318 | 3.966 | 3.966 |
| 03 - Be | 0.105 | 0.105 | 0.154 | 0.154 | 0.097 | 0.097 |
| 04 - Cd | 0.023 | 0.023 | 0.034 | 0.034 | 0.022 | 0.022 |
| 05 - Co | 0.148 | 0.148 | 0.220 | 0.220 | 0.138 | 0.138 |
| 06 - Mo | 0.764 | 0.764 | 1.060 | 1.060 | 0.653 | 0.653 |
| 07 - Pb | 0.127 | 0.127 | 0.188 | 0.188 | 0.118 | 0.118 |
| 08 - Sb | 0.113 | 0.113 | 0.163 | 0.163 | 0.102 | 0.102 |
| 09 - Se | 0.484 | 0.484 | 0.711 | 0.711 | 0.445 | 0.445 |
| 10 - Sn | 0.084 | 0.084 | 0.124 | 0.124 | 0.078 | 0.078 |
| 11 - Th | 0.422 | 0.422 | 0.619 | 0.619 | 0.390 | 0.390 |
| 12 - U | 0.023 | 0.023 | 0.034 | 0.034 | 0.021 | 0.021 |
| 13 - V | 1.752 | 1.752 | 2.541 | 2.541 | 1.606 | 1.606 |
| 14 - Al | 6.580 | 6.580 | 8.220 | 8.220 | 5.569 | 5.569 |
| 15 - Ca | 3577 | 3577 | 5316 | 5316 | 3289 | 3289 |
| 16 - Cr | 0.658 | 0.658 | 0.822 | 0.822 | 0.557 | 0.557 |
| 17 - Cu | 1.316 | 1.316 | 1.644 | 1.644 | 1.114 | 1.114 |
| 18 - Fe | 26.32 | 26.32 | 32.88 | 32.88 | 22.27 | 22.27 |
| 19 - K | 1540 | 1540 | 2102 | 2102 | 1291 | 1291 |
| 20 - Mg | 726 | 726 | 1003 | 1003 | 619 | 619 |
| 21 - Mn | 1.322 | 1.322 | 1.922 | 1.922 | 1.201 | 1.201 |
| 22 - Na | 593.7 | 593.7 | 724.2 | 724.2 | 410.5 | 410.5 |
| 23 - Ni | 1.340 | 1.340 | 1.989 | 1.989 | 1.250 | 1.250 |
| 24 - P | 3.948 | 3.948 | 4.932 | 4.932 | 3.341 | 3.341 |
| 25 - Sr | 6.012 | 6.012 | 8.223 | 8.223 | 4.949 | 4.949 |
| 26 - Ti | 1.565 | 1.565 | 2.271 | 2.271 | 1.430 | 1.430 |
| 27 - Zn | 0.083 | 0.083 | 0.112 | 0.112 | 0.066 | 0.066 |
| 28 - Cl | 173.9 | 173.9 | 182.6 | 182.6 | 92.2 | 92.2 |
| 29 - F | 2.506 | 2.506 | 2.987 | 2.987 | 1.674 | 1.674 |
| 30 - SO4 | 9084.1 | 9084.1 | 13108.0 | 13108.0 | 7079.1 | 7079.1 |
| 31 - NO3 | 173.2 | 173.2 | 228.6 | 228.6 | 136.8 | 136.8 |
| 32 - NO3-N | 39.1 | 39.1 | 51.6 | 51.6 | 30.9 | 30.9 |
| 33 - NH4 | 156.8 | 156.8 | 228.7 | 228.7 | 143.7 | 143.7 |
| 34 - NH4-N | 121.8 | 121.8 | 177.6 | 177.6 | 111.6 | 111.6 |
| 37 - N | 160.9 | 160.9 | 229.2 | 229.2 | 142.5 | 142.5 |

Taulukko 6. Ainepitoisuuksien nousu suolapitoisuuden nousuilla 1-100 mg/l, skenaariot V1-V2.

| Aine | | | | | | | | yks. |
|------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------|
| Sali | 1.00 | 2.00 | 5.00 | 10.00 | 20.00 | 50.00 | 100.0 | mg/l |
| 01 - As | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.02 | 0.05 | 0.12 | 0.23 | µg/l |
| 02 - Ba | 0.22 | 0.43 | 1.08 | 2.16 | 4.33 | 10.82 | 21.65 | µg/l |
| 03 - Be | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0.05 | 0.10 | 0.26 | 0.51 | µg/l |
| 04 - Cd | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.06 | 0.11 | µg/l |
| 05 - Co | 0.01 | 0.01 | 0.04 | 0.07 | 0.14 | 0.36 | 0.72 | µg/l |
| 06 - Mo | 0.04 | 0.07 | 0.19 | 0.37 | 0.75 | 1.86 | 3.73 | µg/l |
| 07 - Pb | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0.06 | 0.12 | 0.31 | 0.62 | µg/l |
| 08 - Sb | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0.06 | 0.11 | 0.28 | 0.55 | µg/l |
| 09 - Se | 0.02 | 0.05 | 0.12 | 0.24 | 0.47 | 1.18 | 2.36 | µg/l |
| 10 - Sn | 0.00 | 0.01 | 0.02 | 0.04 | 0.08 | 0.21 | 0.41 | µg/l |
| 11 - Th | 0.02 | 0.04 | 0.10 | 0.21 | 0.41 | 1.03 | 2.06 | µg/l |
| 12 - U | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.06 | 0.11 | µg/l |
| 13 - V | 0.09 | 0.17 | 0.43 | 0.86 | 1.71 | 4.28 | 8.55 | µg/l |
| 14 - Al | 0.32 | 0.64 | 1.61 | 3.21 | 6.42 | 16.06 | 32.12 | µg/l |
| 15 - Ca | 0.17 | 0.35 | 0.87 | 1.75 | 3.49 | 8.73 | 17.46 | mg/l |
| 16 - Cr | 0.03 | 0.06 | 0.16 | 0.32 | 0.64 | 1.61 | 3.21 | µg/l |
| 17 - Cu | 0.06 | 0.13 | 0.32 | 0.64 | 1.28 | 3.21 | 6.42 | µg/l |
| 18 - Fe | 1.28 | 2.57 | 6.42 | 12.85 | 25.69 | 64.23 | 128.47 | µg/l |
| 19 - K | 0.08 | 0.15 | 0.38 | 0.75 | 1.50 | 3.76 | 7.52 | mg/l |
| 20 - Mg | 0.04 | 0.07 | 0.18 | 0.35 | 0.71 | 1.77 | 3.55 | mg/l |
| 21 - Mn | 0.06 | 0.13 | 0.32 | 0.65 | 1.29 | 3.23 | 6.45 | µg/l |
| 22 - Na | 0.03 | 0.06 | 0.14 | 0.29 | 0.58 | 1.45 | 2.90 | mg/l |
| 23 - Ni | 0.07 | 0.13 | 0.33 | 0.65 | 1.31 | 3.27 | 6.54 | µg/l |
| 24 - P | 0.19 | 0.39 | 0.96 | 1.93 | 3.85 | 9.64 | 19.27 | µg/l |
| 25 - Sr | 0.29 | 0.59 | 1.47 | 2.93 | 5.87 | 14.67 | 29.35 | µg/l |
| 26 - Ti | 0.08 | 0.15 | 0.38 | 0.76 | 1.53 | 3.82 | 7.64 | µg/l |
| 27 - Zn | 0.00 | 0.01 | 0.02 | 0.04 | 0.08 | 0.20 | 0.41 | µg/l |
| 28 - Cl | 0.01 | 0.02 | 0.04 | 0.08 | 0.17 | 0.42 | 0.85 | mg/l |
| 29 - F | 0.12 | 0.24 | 0.61 | 1.22 | 2.45 | 6.12 | 12.23 | µg/l |
| 30 - SO4 | 0.44 | 0.89 | 2.22 | 4.43 | 8.87 | 22.17 | 44.34 | mg/l |
| 31 - NO3 | 8.45 | 16.91 | 42.27 | 84.53 | 169.06 | 422.65 | 845.30 | µg/l |
| 32 - NO3-N | 1.91 | 3.82 | 9.55 | 19.10 | 38.19 | 95.48 | 190.95 | µg/l |
| 33 - NH4 | 7.66 | 15.31 | 38.28 | 76.55 | 153.11 | 382.77 | 765.53 | µg/l |
| 34 - NH4-N | 5.94 | 11.89 | 29.72 | 59.44 | 118.89 | 297.22 | 594.43 | µg/l |
| 37 - N | 7.85 | 15.71 | 39.27 | 78.54 | 157.08 | 392.69 | 785.38 | µg/l |

Taulukko 7. Ainepitoisuuksien nousu suolapitoisuuden nousuilla 1-100 mg/l, skenaariot V3-V4.

| Aine | | | | | | | | yks. |
|------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------|
| Sali | 1.00 | 2.00 | 5.00 | 10.00 | 20.00 | 50.00 | 100.0 | mg/l |
| 01 - As | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.02 | 0.05 | 0.12 | 0.24 | ug/l |
| 02 - Ba | 0.22 | 0.43 | 1.08 | 2.15 | 4.30 | 10.75 | 21.50 | ug/l |
| 03 - Be | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0.05 | 0.10 | 0.26 | 0.52 | ug/l |
| 04 - Cd | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.06 | 0.12 | ug/l |
| 05 - Co | 0.01 | 0.01 | 0.04 | 0.07 | 0.15 | 0.37 | 0.75 | ug/l |
| 06 - Mo | 0.04 | 0.07 | 0.18 | 0.36 | 0.72 | 1.80 | 3.61 | ug/l |
| 07 - Pb | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0.06 | 0.13 | 0.32 | 0.64 | ug/l |
| 08 - Sb | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0.06 | 0.11 | 0.28 | 0.55 | ug/l |
| 09 - Se | 0.02 | 0.05 | 0.12 | 0.24 | 0.48 | 1.21 | 2.42 | ug/l |
| 10 - Sn | 0.00 | 0.01 | 0.02 | 0.04 | 0.08 | 0.21 | 0.42 | ug/l |
| 11 - Th | 0.02 | 0.04 | 0.11 | 0.21 | 0.42 | 1.05 | 2.11 | ug/l |
| 12 - U | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.06 | 0.11 | ug/l |
| 13 - V | 0.09 | 0.17 | 0.43 | 0.86 | 1.73 | 4.32 | 8.65 | ug/l |
| 14 - Al | 0.28 | 0.56 | 1.40 | 2.80 | 5.59 | 13.99 | 27.97 | ug/l |
| 15 - Ca | 0.18 | 0.36 | 0.90 | 1.81 | 3.62 | 9.05 | 18.09 | mg/l |
| 16 - Cr | 0.03 | 0.06 | 0.14 | 0.28 | 0.56 | 1.40 | 2.80 | ug/l |
| 17 - Cu | 0.06 | 0.11 | 0.28 | 0.56 | 1.12 | 2.80 | 5.59 | ug/l |
| 18 - Fe | 1.12 | 2.24 | 5.59 | 11.19 | 22.38 | 55.95 | 111.90 | ug/l |
| 19 - K | 0.07 | 0.14 | 0.36 | 0.72 | 1.43 | 3.58 | 7.15 | mg/l |
| 20 - Mg | 0.03 | 0.07 | 0.17 | 0.34 | 0.68 | 1.71 | 3.41 | mg/l |
| 21 - Mn | 0.07 | 0.13 | 0.33 | 0.65 | 1.31 | 3.27 | 6.54 | ug/l |
| 22 - Na | 0.02 | 0.05 | 0.12 | 0.25 | 0.49 | 1.23 | 2.46 | mg/l |
| 23 - Ni | 0.07 | 0.14 | 0.34 | 0.68 | 1.35 | 3.38 | 6.77 | ug/l |
| 24 - P | 0.17 | 0.34 | 0.84 | 1.68 | 3.36 | 8.39 | 16.78 | ug/l |
| 25 - Sr | 0.28 | 0.56 | 1.40 | 2.80 | 5.60 | 13.99 | 27.98 | ug/l |
| 26 - Ti | 0.08 | 0.15 | 0.39 | 0.77 | 1.55 | 3.86 | 7.73 | ug/l |
| 27 - Zn | 0.00 | 0.01 | 0.02 | 0.04 | 0.08 | 0.19 | 0.38 | ug/l |
| 28 - Cl | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0.06 | 0.12 | 0.31 | 0.62 | mg/l |
| 29 - F | 0.10 | 0.20 | 0.51 | 1.02 | 2.03 | 5.08 | 10.17 | ug/l |
| 30 - SO4 | 0.45 | 0.89 | 2.23 | 4.46 | 8.92 | 22.30 | 44.61 | mg/l |
| 31 - NO3 | 7.78 | 15.56 | 38.90 | 77.81 | 155.61 | 389.04 | 778.07 | ug/l |
| 32 - NO3-N | 1.76 | 3.52 | 8.79 | 17.58 | 35.15 | 87.88 | 175.76 | ug/l |
| 33 - NH4 | 7.78 | 15.56 | 38.91 | 77.82 | 155.64 | 389.09 | 778.18 | ug/l |
| 34 - NH4-N | 6.04 | 12.09 | 30.21 | 60.43 | 120.85 | 302.13 | 604.25 | ug/l |
| 37 - N | 7.80 | 15.60 | 39.00 | 78.00 | 156.00 | 390.01 | 780.02 | ug/l |

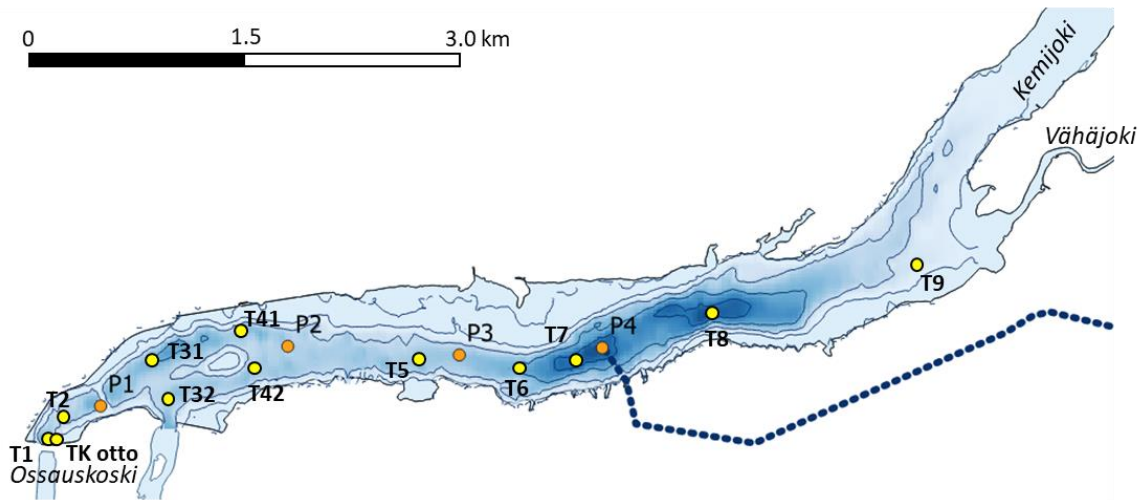
Taulukko 8. Ainepitoisuuksien nousu suolapitoisuuden nousuilla 1-100 mg/l, skenaariot V5-V6

| Aine | | | | | | | | yks. |
|------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------|
| Sali | 1.00 | 2.00 | 5.00 | 10.00 | 20.00 | 50.00 | 100.0 | mg/l |
| 01 - As | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0.05 | 0.13 | 0.26 | ug/l |
| 02 - Ba | 0.23 | 0.47 | 1.16 | 2.33 | 4.65 | 11.64 | 23.27 | ug/l |
| 03 - Be | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0.06 | 0.11 | 0.28 | 0.57 | ug/l |
| 04 - Cd | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0.06 | 0.13 | ug/l |
| 05 - Co | 0.01 | 0.02 | 0.04 | 0.08 | 0.16 | 0.41 | 0.81 | ug/l |
| 06 - Mo | 0.04 | 0.08 | 0.19 | 0.38 | 0.77 | 1.92 | 3.83 | ug/l |
| 07 - Pb | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0.07 | 0.14 | 0.35 | 0.70 | ug/l |
| 08 - Sb | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0.06 | 0.12 | 0.30 | 0.60 | ug/l |
| 09 - Se | 0.03 | 0.05 | 0.13 | 0.26 | 0.52 | 1.31 | 2.61 | ug/l |
| 10 - Sn | 0.00 | 0.01 | 0.02 | 0.05 | 0.09 | 0.23 | 0.46 | ug/l |
| 11 - Th | 0.02 | 0.05 | 0.11 | 0.23 | 0.46 | 1.14 | 2.29 | ug/l |
| 12 - U | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.06 | 0.12 | ug/l |
| 13 - V | 0.09 | 0.19 | 0.47 | 0.94 | 1.88 | 4.71 | 9.42 | ug/l |
| 14 - Al | 0.33 | 0.65 | 1.63 | 3.27 | 6.54 | 16.34 | 32.68 | ug/l |
| 15 - Ca | 0.19 | 0.39 | 0.96 | 1.93 | 3.86 | 9.65 | 19.30 | mg/l |
| 16 - Cr | 0.03 | 0.07 | 0.16 | 0.33 | 0.65 | 1.63 | 3.27 | ug/l |
| 17 - Cu | 0.07 | 0.13 | 0.33 | 0.65 | 1.31 | 3.27 | 6.54 | ug/l |
| 18 - Fe | 1.31 | 2.61 | 6.54 | 13.07 | 26.14 | 65.36 | 130.72 | ug/l |
| 19 - K | 0.08 | 0.15 | 0.38 | 0.76 | 1.52 | 3.79 | 7.58 | mg/l |
| 20 - Mg | 0.04 | 0.07 | 0.18 | 0.36 | 0.73 | 1.82 | 3.64 | mg/l |
| 21 - Mn | 0.07 | 0.14 | 0.35 | 0.70 | 1.41 | 3.52 | 7.05 | ug/l |
| 22 - Na | 0.02 | 0.05 | 0.12 | 0.24 | 0.48 | 1.20 | 2.41 | mg/l |
| 23 - Ni | 0.07 | 0.15 | 0.37 | 0.73 | 1.47 | 3.67 | 7.33 | ug/l |
| 24 - P | 0.20 | 0.39 | 0.98 | 1.96 | 3.92 | 9.80 | 19.61 | ug/l |
| 25 - Sr | 0.29 | 0.58 | 1.45 | 2.90 | 5.81 | 14.52 | 29.04 | ug/l |
| 26 - Ti | 0.08 | 0.17 | 0.42 | 0.84 | 1.68 | 4.19 | 8.39 | ug/l |
| 27 - Zn | 0.00 | 0.01 | 0.02 | 0.04 | 0.08 | 0.19 | 0.39 | ug/l |
| 28 - Cl | 5.41 | 10.82 | 27.06 | 54.12 | 108.24 | 270.59 | 541.18 | mg/l |
| 29 - F | 0.10 | 0.20 | 0.49 | 0.98 | 1.96 | 4.91 | 9.82 | ug/l |
| 30 - SO4 | 0.42 | 0.83 | 2.08 | 4.15 | 8.31 | 20.77 | 41.54 | mg/l |
| 31 - NO3 | 8.03 | 16.05 | 40.13 | 80.27 | 160.53 | 401.34 | 802.67 | ug/l |
| 32 - NO3-N | 1.81 | 3.63 | 9.07 | 18.13 | 36.26 | 90.66 | 181.32 | ug/l |
| 33 - NH4 | 8.43 | 16.86 | 42.16 | 84.31 | 168.63 | 421.57 | 843.13 | ug/l |
| 34 - NH4-N | 6.55 | 13.09 | 32.73 | 65.47 | 130.94 | 327.34 | 654.69 | ug/l |
| 37 - N | 8.36 | 16.72 | 41.80 | 83.60 | 167.20 | 418.00 | 836.01 | ug/l |

5 SKENAARIOTULOKSET, OSSAUSKOSKEN ALLAS

Mallissa eri aineiden pitoisuudet on laskettu siten, että suolapitoisuus on laskettu mallin avulla, ja muiden aineiden pitoisuudet on saatu kertomalla suolapitoisuutta kyseisen aineen ja suolakuormituksen suhteella.

Tuloksia on tarkasteltu aikasarjapisteissä T1–T9, joiden sijainti on esitetty kuvassa 16.



Kuva 16. Kuormituspisteiden (P1–P4) ja tulostuspisteiden (T1–T9) sijainnit Ossauskosken altaassa. Purkupuikelle suunniteltu reitti katkoviivalla (purkupisteeseen P4).

5.1 Pitoisuusnousu Ossauskoskella

Kuormituksen aiheuttaman pitoisuusnousu on esitetty tässä ensin skenaarioiden keskimääräisenä ja suurimpana pitoisuusnousuna Ossauskoskella. Keskiarvot on laskettu pisteiden P2 ja P3 aiheuttamien pitoisuusnousujen keskiarvona ja maksimi on suurempi pisteiden P2 ja P3 tuloksista. Lasketut pitoisuusarvot eri aineille on esitetty taulukoissa 9 (kk-keskipitoisuudet) ja 10 (lasketun kuukauden maksimipitoisuudet).

Maksimipitoisuudet riippuvat paljon siitä, miten tehokkaasti vesi mallissa sekoittuu. Sekoittuminen puolestaan riippuu mallin parametrisoinnista. Sekoittumisen osalta mallissa on tässä käytetty oletusarvoja pienempiä parametriarvoja. Keskipitoisuus toistuu mallissa enimmäispitoisuutta luotettavammin, sillä sekoittuminen vaikuttaa keskipitoisuuksiin selvästi vähemmän kuin enimmäispitoisuuteen.

Taulukko 9. Skenaariot V1-V6, keskimääräinen pitoisuusnousu Ossauskoskelta lähtevässä virtaamassa (vaihtoehtojen P2 ja P3 keskiarvo).

| Aine | V1 | V2 | V3 | V4 | V5 | V6 | yks. |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| Sali | 0.543 | 0.615 | 0.779 | 0.882 | 0.688 | 0.735 | mg/l |
| 01 - As | 0.001 | 0.001 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | µg/l |
| 02 - Ba | 0.118 | 0.133 | 0.167 | 0.190 | 0.160 | 0.171 | µg/l |
| 03 - Be | 0.003 | 0.003 | 0.004 | 0.005 | 0.004 | 0.004 | µg/l |
| 04 - Cd | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | µg/l |
| 05 - Co | 0.004 | 0.004 | 0.006 | 0.007 | 0.006 | 0.006 | µg/l |
| 06 - Mo | 0.020 | 0.023 | 0.028 | 0.032 | 0.026 | 0.028 | µg/l |
| 07 - Pb | 0.003 | 0.004 | 0.005 | 0.006 | 0.005 | 0.005 | µg/l |
| 08 - Sb | 0.003 | 0.003 | 0.004 | 0.005 | 0.004 | 0.004 | µg/l |
| 09 - Se | 0.013 | 0.015 | 0.019 | 0.021 | 0.018 | 0.019 | µg/l |
| 10 - Sn | 0.002 | 0.003 | 0.003 | 0.004 | 0.003 | 0.003 | µg/l |
| 11 - Th | 0.011 | 0.013 | 0.016 | 0.019 | 0.016 | 0.017 | µg/l |
| 12 - U | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | µg/l |
| 13 - V | 0.046 | 0.053 | 0.067 | 0.076 | 0.065 | 0.069 | µg/l |
| 14 - Al | 0.174 | 0.198 | 0.218 | 0.247 | 0.225 | 0.240 | µg/l |
| 15 - Ca | 94.8 | 107.4 | 140.9 | 159.7 | 132.8 | 141.9 | µg/l |
| 16 - Cr | 0.017 | 0.020 | 0.022 | 0.025 | 0.022 | 0.024 | µg/l |
| 17 - Cu | 0.035 | 0.040 | 0.044 | 0.049 | 0.045 | 0.048 | µg/l |
| 18 - Fe | 0.698 | 0.791 | 0.871 | 0.987 | 0.900 | 0.961 | µg/l |
| 19 - K | 40.82 | 46.25 | 55.69 | 63.12 | 52.14 | 55.69 | µg/l |
| 20 - Mg | 19.25 | 21.82 | 26.59 | 30.13 | 25.02 | 26.72 | µg/l |
| 21 - Mn | 0.035 | 0.040 | 0.051 | 0.058 | 0.048 | 0.052 | µg/l |
| 22 - Na | 15.74 | 17.83 | 19.19 | 21.75 | 16.58 | 17.71 | µg/l |
| 23 - Ni | 0.036 | 0.040 | 0.053 | 0.060 | 0.050 | 0.054 | µg/l |
| 24 - P | 0.105 | 0.119 | 0.131 | 0.148 | 0.135 | 0.144 | µg/l |
| 25 - Sr | 0.159 | 0.181 | 0.218 | 0.247 | 0.200 | 0.214 | µg/l |
| 26 - Ti | 0.041 | 0.047 | 0.060 | 0.068 | 0.058 | 0.062 | µg/l |
| 27 - Zn | 0.002 | 0.003 | 0.003 | 0.003 | 0.003 | 0.003 | µg/l |
| 28 - Cl | 4.609 | 5.222 | 4.839 | 5.484 | 3.725 | 3.978 | µg/l |
| 29 - F | 0.066 | 0.075 | 0.079 | 0.090 | 0.068 | 0.072 | µg/l |
| 30 - SO4 | 240.8 | 272.8 | 347.3 | 393.7 | 285.9 | 305.4 | µg/l |
| 31 - NO3 | 4.591 | 5.201 | 6.058 | 6.866 | 5.524 | 5.901 | µg/l |
| 32 - NO3-N | 1.037 | 1.175 | 1.369 | 1.551 | 1.248 | 1.333 | µg/l |
| 33 - NH4 | 4.157 | 4.711 | 6.059 | 6.867 | 5.803 | 6.198 | µg/l |
| 34 - NH4-N | 3.228 | 3.658 | 4.705 | 5.332 | 4.506 | 4.813 | µg/l |
| 37 - N | 4.265 | 4.833 | 6.074 | 6.884 | 5.754 | 6.146 | µg/l |

Taulukko 10. Skenaariot V1-V6, korkein pitoisuusnousu Ossauskoskelta lähtevässä virtaamassa (vaihtoehtoista P2 ja P3 suurempi arvo).

| Aine | V1 | V2 | V3 | V4 | V5 | V6 | yks. |
|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------|
| Sali | 2.16 | 1.46 | 3.08 | 2.07 | 2.11 | 1.30 | mg/l |
| 01 - As | 0.005 | 0.003 | 0.007 | 0.005 | 0.005 | 0.003 | µg/l |
| 02 - Ba | 0.468 | 0.315 | 0.662 | 0.445 | 0.492 | 0.302 | µg/l |
| 03 - Be | 0.011 | 0.007 | 0.016 | 0.011 | 0.012 | 0.007 | µg/l |
| 04 - Cd | 0.002 | 0.002 | 0.004 | 0.002 | 0.003 | 0.002 | µg/l |
| 05 - Co | 0.016 | 0.011 | 0.023 | 0.015 | 0.017 | 0.011 | µg/l |
| 06 - Mo | 0.081 | 0.054 | 0.111 | 0.075 | 0.081 | 0.050 | µg/l |
| 07 - Pb | 0.013 | 0.009 | 0.020 | 0.013 | 0.015 | 0.009 | µg/l |
| 08 - Sb | 0.012 | 0.008 | 0.017 | 0.011 | 0.013 | 0.008 | µg/l |
| 09 - Se | 0.051 | 0.034 | 0.075 | 0.050 | 0.055 | 0.034 | µg/l |
| 10 - Sn | 0.009 | 0.006 | 0.013 | 0.009 | 0.010 | 0.006 | µg/l |
| 11 - Th | 0.045 | 0.030 | 0.065 | 0.044 | 0.048 | 0.030 | µg/l |
| 12 - U | 0.002 | 0.002 | 0.004 | 0.002 | 0.003 | 0.002 | µg/l |
| 13 - V | 0.185 | 0.124 | 0.266 | 0.179 | 0.199 | 0.122 | µg/l |
| 14 - Al | 0.694 | 0.467 | 0.862 | 0.579 | 0.691 | 0.424 | µg/l |
| 15 - Ca | 377.4 | 254.1 | 557.2 | 374.3 | 408.1 | 250.5 | µg/l |
| 16 - Cr | 0.069 | 0.047 | 0.086 | 0.058 | 0.069 | 0.042 | µg/l |
| 17 - Cu | 0.139 | 0.093 | 0.172 | 0.116 | 0.138 | 0.085 | µg/l |
| 18 - Fe | 2.777 | 1.870 | 3.446 | 2.315 | 2.764 | 1.697 | µg/l |
| 19 - K | 162.45 | 109.39 | 220.28 | 147.95 | 160.20 | 98.33 | µg/l |
| 20 - Mg | 76.63 | 51.60 | 105.16 | 70.63 | 76.87 | 47.18 | µg/l |
| 21 - Mn | 0.139 | 0.094 | 0.201 | 0.135 | 0.149 | 0.091 | µg/l |
| 22 - Na | 62.64 | 42.18 | 75.91 | 50.98 | 50.94 | 31.27 | µg/l |
| 23 - Ni | 0.141 | 0.095 | 0.208 | 0.140 | 0.155 | 0.095 | µg/l |
| 24 - P | 0.416 | 0.280 | 0.517 | 0.347 | 0.415 | 0.255 | µg/l |
| 25 - Sr | 0.634 | 0.427 | 0.862 | 0.579 | 0.614 | 0.377 | µg/l |
| 26 - Ti | 0.165 | 0.111 | 0.238 | 0.160 | 0.177 | 0.109 | µg/l |
| 27 - Zn | 0.009 | 0.006 | 0.012 | 0.008 | 0.008 | 0.005 | µg/l |
| 28 - Cl | 18.342 | 12.350 | 19.140 | 12.855 | 11.444 | 7.024 | µg/l |
| 29 - F | 0.264 | 0.178 | 0.313 | 0.210 | 0.208 | 0.127 | µg/l |
| 30 - SO4 | 958.3 | 645.3 | 1373.9 | 922.8 | 878.5 | 539.2 | µg/l |
| 31 - NO3 | 18.27 | 12.30 | 23.96 | 16.10 | 16.97 | 10.42 | µg/l |
| 32 - NO3-N | 4.127 | 2.779 | 5.414 | 3.636 | 3.834 | 2.354 | µg/l |
| 33 - NH4 | 16.55 | 11.14 | 23.97 | 16.10 | 17.83 | 10.94 | µg/l |
| 34 - NH4-N | 12.85 | 8.65 | 18.61 | 12.50 | 13.84 | 8.50 | µg/l |
| 37 - N | 16.97 | 11.43 | 24.02 | 16.14 | 17.68 | 10.85 | µg/l |

5.2 Piste P1

Pisteen P2 alapuolella on seurantapisteeet T1 ja T2, ja lähimmät yläpuoliset pisteet ovat T31 ja T32. Suolapitoisuuden pitoisuusnousun aikasarjat eri laskentaskenaariolle V1–V6 näistä pisteistä on esitetty kuvassa 17 ja pitoisuusnousujen keskiarvot taulukossa 11. Piste P1TK_otto on kalankasvatuslaitoksen ottovedelle laskettu pitoisuus.

Pisteessä T1, eli Ossauskosken padon lähtevässä virtaamassa pitoisuusnousu vaihtelee 0,5 ja 6 mg/l välillä. Suurin pitoisuusvaihtelu on skenaarioilla V3 ja V4, eli silloin, kun kuormitus on suurin. Pisteessä T2 kuormitus nostaa pitoisuuksia pohjalla selvästi pintaa enemmän, pohjalla pitoisuus vaihtelee 0 ja 50 mg/l välillä, kun pinnalla pitoisuusnousu jää alle 5 mg/l kaikissa skenaariossa.

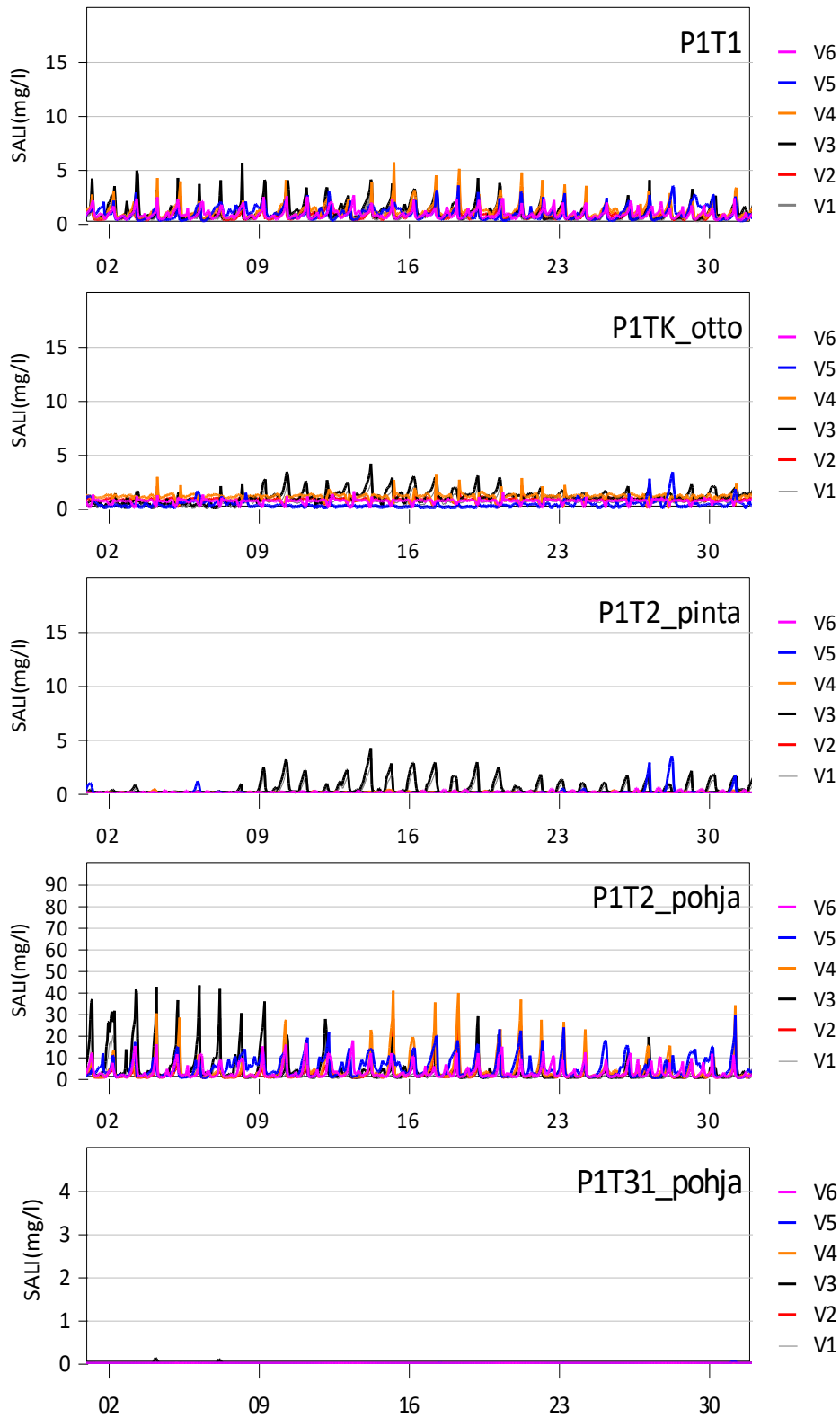
Ylävirran puolelle pisteisiin P31 ja P32 pitoisuutta ei kulkeudu lasketuilla skenaariolla.

Kalankasvatuslaitoksen vedenotossa suolapitoisuuden nousu vaihtelee 0–4,1 mg/l välillä. Laskennan perusteella kuormitus näyttää kulkeutuvat voimalaitoksen ottoon pääasiassa syvemmissä vesikerroksissa. Kalankasvatuslaitoksen vedenoton pitoisuustason vaihtelu jää laskentatulosten perusteella pienemmäksi kuin poistuvan veden pitoisuusvaihtelu johtuen siitä, että voimalaitoksen otto ulottuu syvemmälle.

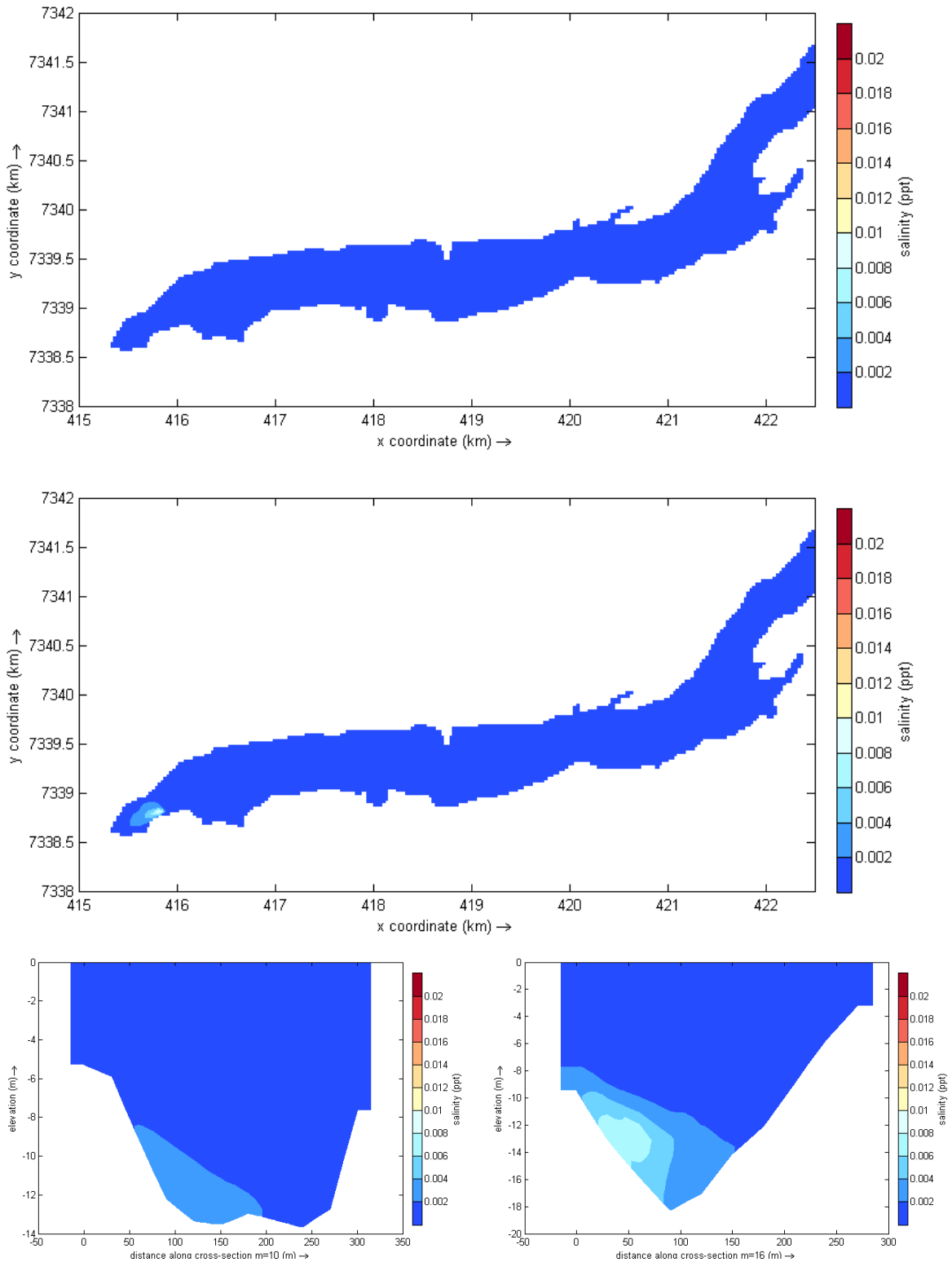
Kuvassa 18 on esitetty 50 % syvyytason ja pohjakerroksen suolapitoisuuden kuukausikeskiarvo skenaariolla V1, sekä pitoisuuden syvyysprofiilit vastaavista arvoista. Kuvissa näkyy, että kuormitus kulkeutuu keskimäärin 50 % syvyyskerrosta syvemmällä. Profiilikuvien perusteella kuormitus kulkeutuu purkupaikalta varsin suoraan voimalaitoksen ottoon.

Taulukko 11. Piste P1, skenaariot V1-V6, keskimääräinen suolapitoisuuden pitoisuusnousu eri aikasarjapisteissä.

| Piste | V1 | V2 | V3 | V4 | V5 | V6 | yks. |
|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|
| P1T1 | 0.76 | 0.78 | 1.09 | 1.11 | 0.91 | 0.84 | mg/l |
| P1TK_otto | 0.81 | 0.79 | 1.10 | 1.09 | 0.38 | 0.66 | mg/l |
| P1T2_pinta | 0.36 | 0.06 | 0.46 | 0.07 | 0.09 | 0.08 | mg/l |
| P1T2_pohja | 2.56 | 2.45 | 4.22 | 3.84 | 5.00 | 2.96 | mg/l |
| P1T31_pinta | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | mg/l |
| P1T31_pohja | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | mg/l |
| P1T32_pinta | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | mg/l |
| P1T32_pohja | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | mg/l |



Kuva 17. Pistettä P1 lähimpien pisteiden aikasarjatiedot. Huomaa piste T1 ja T2_pohja eri asteikko. Vaaka-akselilla kuukauden päivän numero.



Kuva 18. Skenaario V1, piste P1, suolapitoisuuden keskiarvo 50 % syvyydeltä (ylin kuva) ja pohjakerroksesta (keskimmäinen kuva), sekä suolapitoisuuden keskiarvon syvyysprofiili (alin kuvapari, vasen) pisteen T2 kohdalta sekä 60 m purkupisteen alapuolelta (alin kuvapari, oikea). Profiilikuvissa etelänpuoleinen ranta on vasemmalla.

5.3 Piste P2

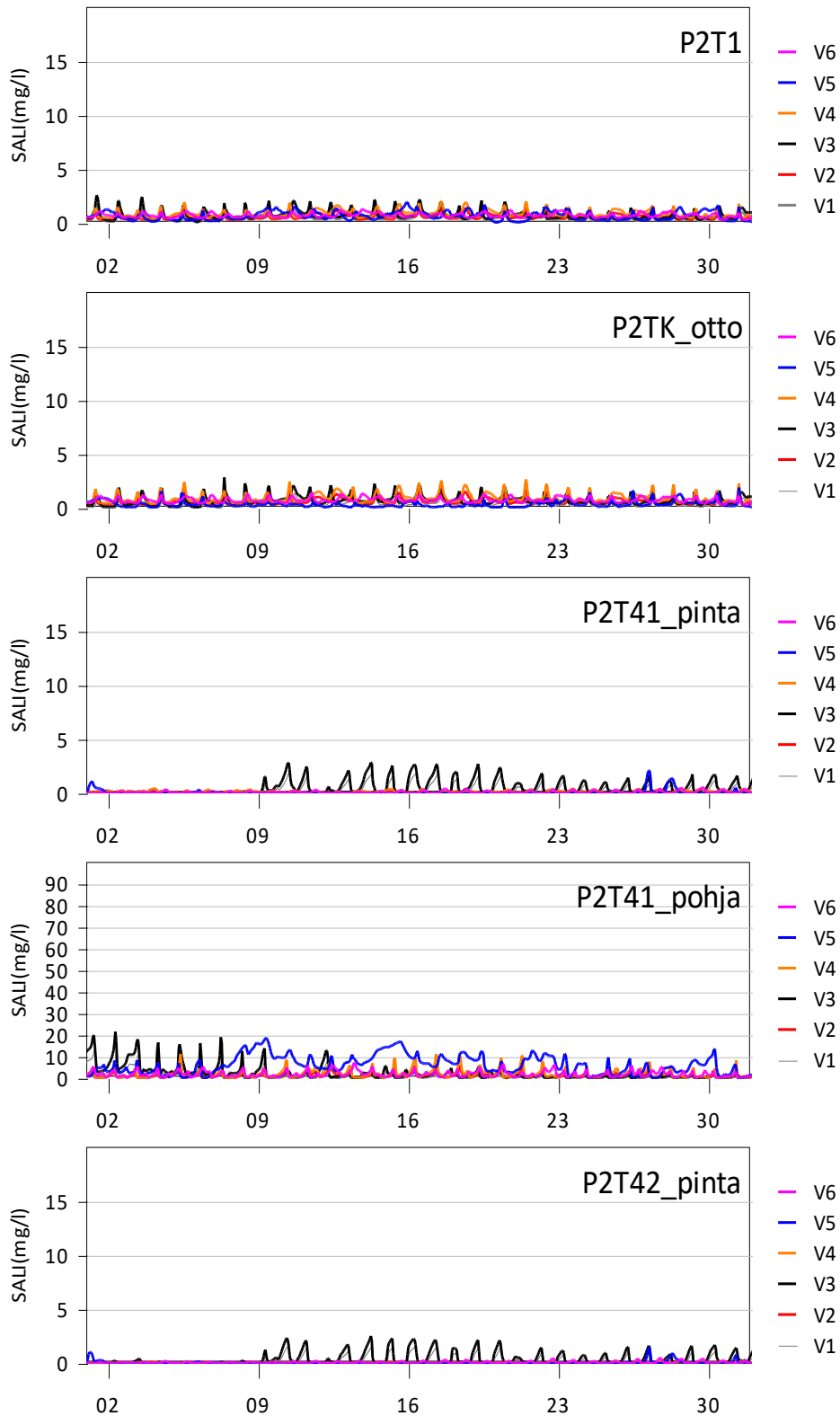
Pisteestä P2 alajuoksulle päin olevat aikasarjapisteet ovat T41 ja T42, T31, T32, T2 ja T1. Lähin ylläjuoksun piste on T5 ja sitä kauempana syvänteen reunalla on piste T6. Suolapitoisuuden pitoisuusnousun aikasarjat näistä pisteistä on esitetty kuvissa 19 ja 20, sekä vastaavat keskiarvot taulukossa 12.

Kuormituspisteen ollessa kauempana padosta jää pitoisuusnousun vaihtelu voimalaitoksen otossa pisteessä T1 pienemmäksi kuin pisteellä P1. Kun pisteellä P1 pitoisuusnousun suurimmat arvot olivat lähellä 6 mg/l tasoa, on pisteellä P2 pitoisuusnousu enimmilläänkin alle 3 mg/l. Pisteiden T41 ja T42 pintakerroksessa pitoisuusnousu jää alle 4 mg/l, mutta pohjakerroksessa pitoisuusnousu ylittää hetkellisesti skenaariolla V3 22 mg/l tasolle. Pisteiden T41 pitoisuudet ovat suuremmat kuin pisteellä T42, joten enin osa kuormituksesta kulkeutuu pohjoisrannan puolella jokea. Ylävirran pisteiden T5 ja T6 pohjatasolla näkyy pitoisuusnousua skenaarioilla V1, V3 ja V5, eli kesäaikana. Talven skenaarioissa ei kulkeutumista ylävirtaan aikasarjapisteiden kohdalla näy.

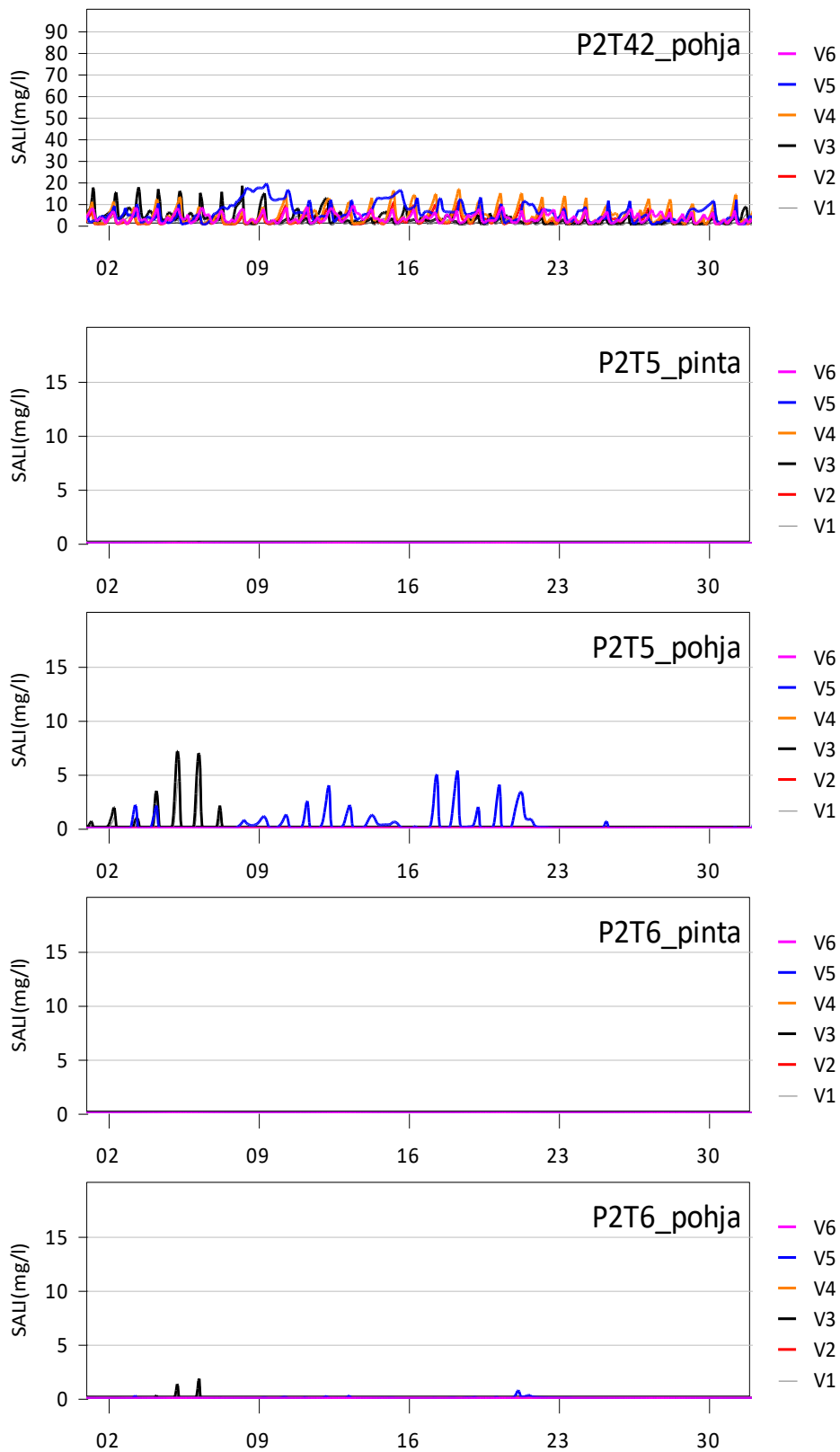
Suolapitoisuuden 1kk keskiarvot V1 skenaariosta on esitetty kartalla kuvassa 21. Kuvassa näkyy, että kuormitus sekoittuu hyvin jokiveteen, ja keskimääräinen pitoisuusnousu jää alle 2 mg/l tason purkupaikan lähialueen pohjan läheistä aluetta lukuun ottamatta. Padon lähellä kuormitus sekoittuu myös pintaveteen todennäköisesti säännöstelyn aiheuttaman sekoittumisen johdosta.

Taulukko 12. Piste P2, skenaariot V1-V6, keskimääräinen suolapitoisuuden nousu eri aikasarjapisteissä.

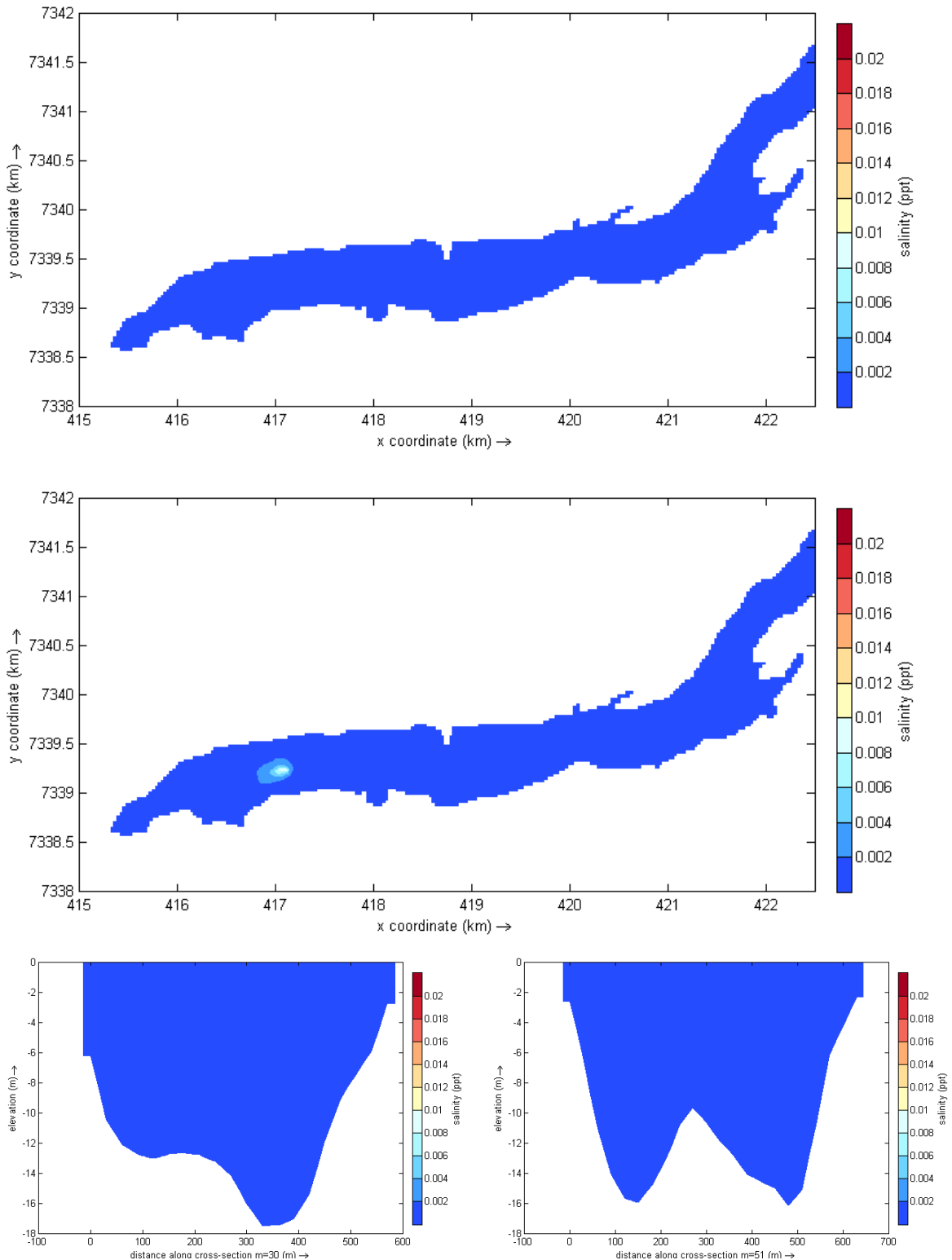
| Aine | V1 | V2 | V3 | V4 | V5 | V6 | yks. |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|
| P2T1 | 0.53 | 0.61 | 0.75 | 0.88 | 0.69 | 0.73 | mg/l |
| P2TK_otto | 0.50 | 0.65 | 0.72 | 0.94 | 0.38 | 0.76 | mg/l |
| P2T2_pinta | 0.43 | 0.51 | 0.62 | 0.69 | 0.14 | 0.54 | mg/l |
| P2T2_pohja | 0.69 | 0.66 | 1.00 | 0.97 | 1.91 | 0.83 | mg/l |
| P2T31_pinta | 0.43 | 0.42 | 0.60 | 0.55 | 0.09 | 0.34 | mg/l |
| P2T31_pohja | 0.89 | 0.69 | 1.30 | 1.02 | 3.54 | 0.95 | mg/l |
| P2T32_pinta | 0.42 | 0.31 | 0.61 | 0.40 | 0.12 | 0.35 | mg/l |
| P2T32_pohja | 1.10 | 1.29 | 1.66 | 2.10 | 4.29 | 1.80 | mg/l |
| P2T41_pinta | 0.36 | 0.13 | 0.50 | 0.15 | 0.06 | 0.09 | mg/l |
| P2T41_pohja | 1.59 | 1.27 | 2.45 | 2.05 | 6.19 | 1.87 | mg/l |
| P2T42_pinta | 0.28 | 0.05 | 0.38 | 0.06 | 0.04 | 0.06 | mg/l |
| P2T42_pohja | 1.98 | 2.66 | 3.16 | 4.33 | 5.89 | 3.30 | mg/l |
| P2T5_pinta | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | mg/l |
| P2T5_pohja | 0.10 | 0.00 | 0.16 | 0.00 | 0.34 | 0.00 | mg/l |
| P2T6_pinta | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | mg/l |
| P2T6_pohja | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | mg/l |



Kuva 19. Pistettä P2 lähimpien pisteiden aikasarjatiedot, pisteet T1, TK_otto, T41 pinta ja pohja ja T42 pinta. Vaaka-akselilla kuukauden päivän numero.



Kuva 20. Pistettä P2 lähimpien pisteiden aikasarjatiedot, pisteet T42 pohja, T5 pinta ja pohja ja T6 pinta ja pohja Vaaka-akselilla kuukauden päivän numero.



Kuva 21. Skenaario V1, piste P2, suolapitoisuuden 1 kk keskiarvo, 50 % syvyydeltä (ylin kuva) ja pohjakerroksesta (keskimmäinen kuva), sekä suolapitoisuuden keskiarvon syvyysprofiili pisteen T31 tasolta (alin kuvapari, vasen) ja pisteen T41 tasolta (alin kuvapari, oikea). Profilikuvissa etelänpuoleinen ranta on vasemmalla.

5.4 Piste P3

Pisteestä P3 alajuoksulle päin pitoisuuksia tarkasteltiin pisteissä T5, T41, T42 ja T1. Lähin ylläjuoksun piste on T6 ja sitä kauempana ovat vielä pisteet T7 ja T8. Suolapitoisuuden pitoisuusnousun aikasarjat näistä pisteistä on esitetty kuvissa 22–24 ja vastaavat keskipitoisuudet taulukossa 13.

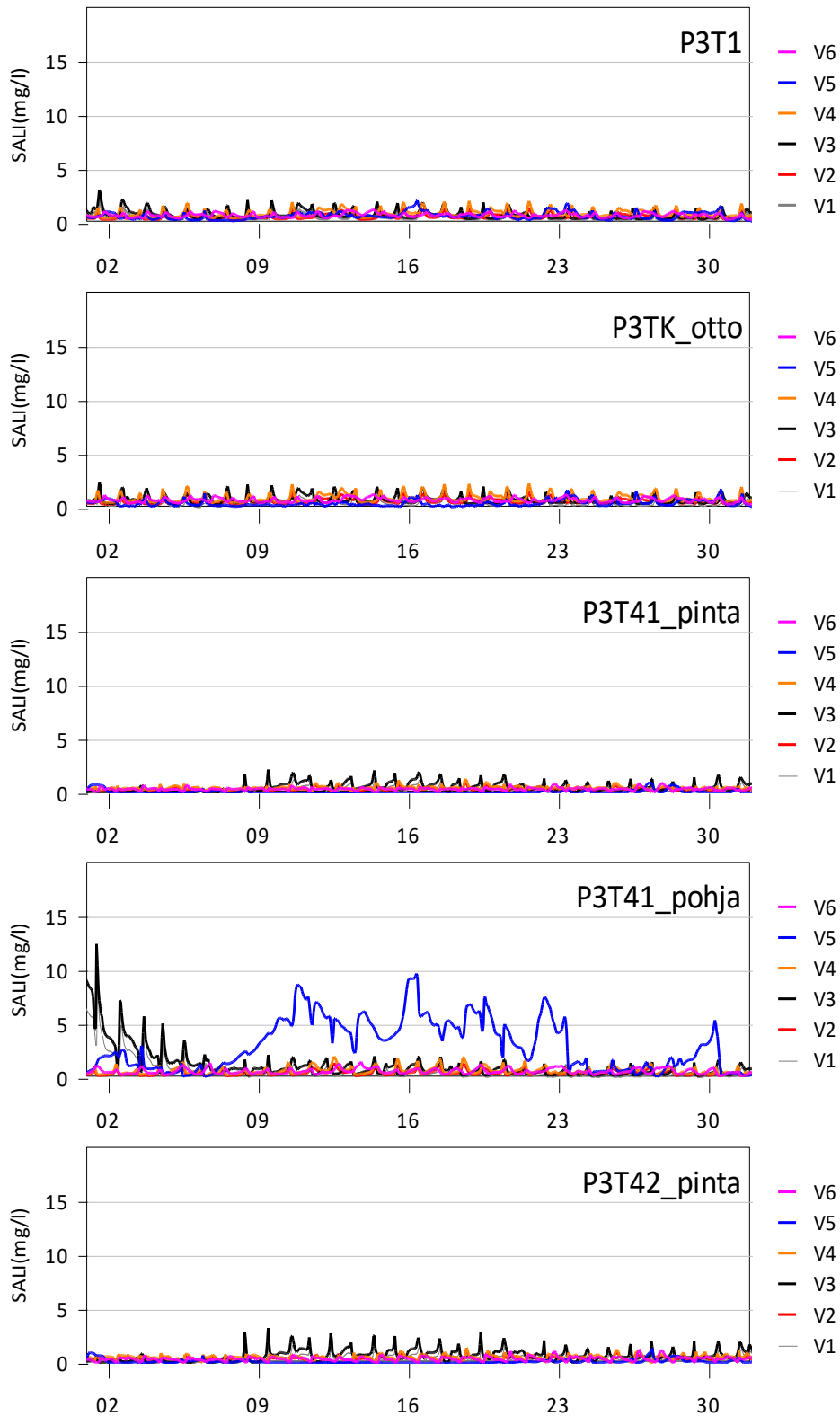
Purkupaikka lähinnä olevassa alajuoksun pisteessä T5 pitoisuudet nousevat enimmillään hetkellisesti lähelle 40 mg/l pitoisuutta keskiarvon jäädessä kuitenkin alle 10 mg/l tasolle tai sen alle. Ylävirran suuntaan pisteen T6 pohjakerrokseen purkuvettä kulkeutuu kesäskenaariolla, eniten kun virtaama on pieni. Myös syvänteen pisteissä T7 ja T8 näkyä ajoittaista pitoisuusnousua kesäskenaariolla.

Ossauskoskella voimalaitoksen otossa (P3T1) ja kalankasvatuslaitoksen vedenotossa (P3TK_otto) pitoisuusnousu ovat enimmillään 3 µg/l ja keskimäärin 1 mg/l tasolla tai näiden alapuolella. Suurimmat pitoisuusnousu ovat skenaarioilla V3 ja V4, jolloin kuormitukset ovat suurimmat.

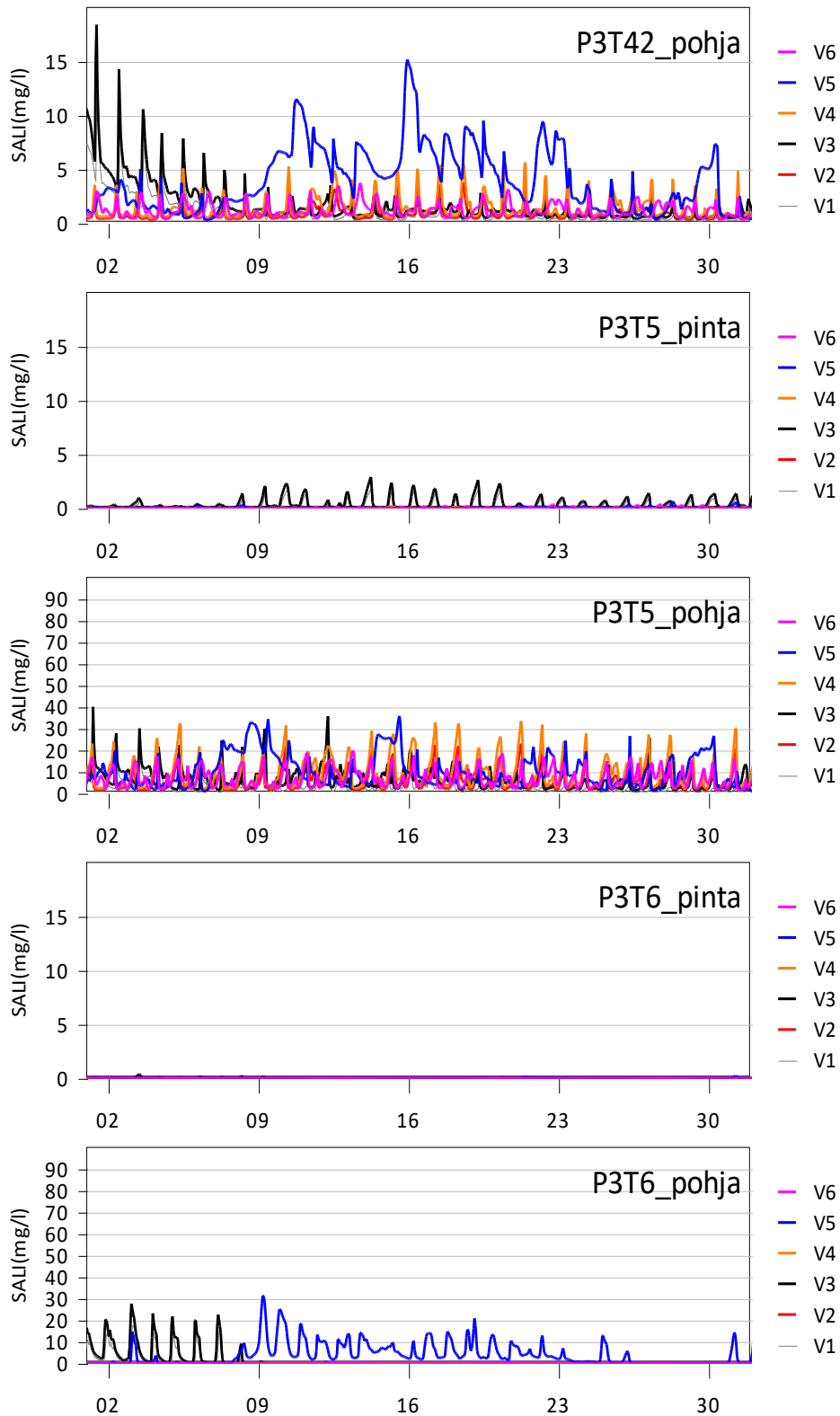
Suolapitoisuuden 1kk keskiarvoja V1 skenaariosta on esitetty karttapohjalla kuvassa 25.

Taulukko 13. Piste P3, skenaariot V1-V6, keskimääräinen suolapitoisuuden nousu eri aikasarjapisteissä.

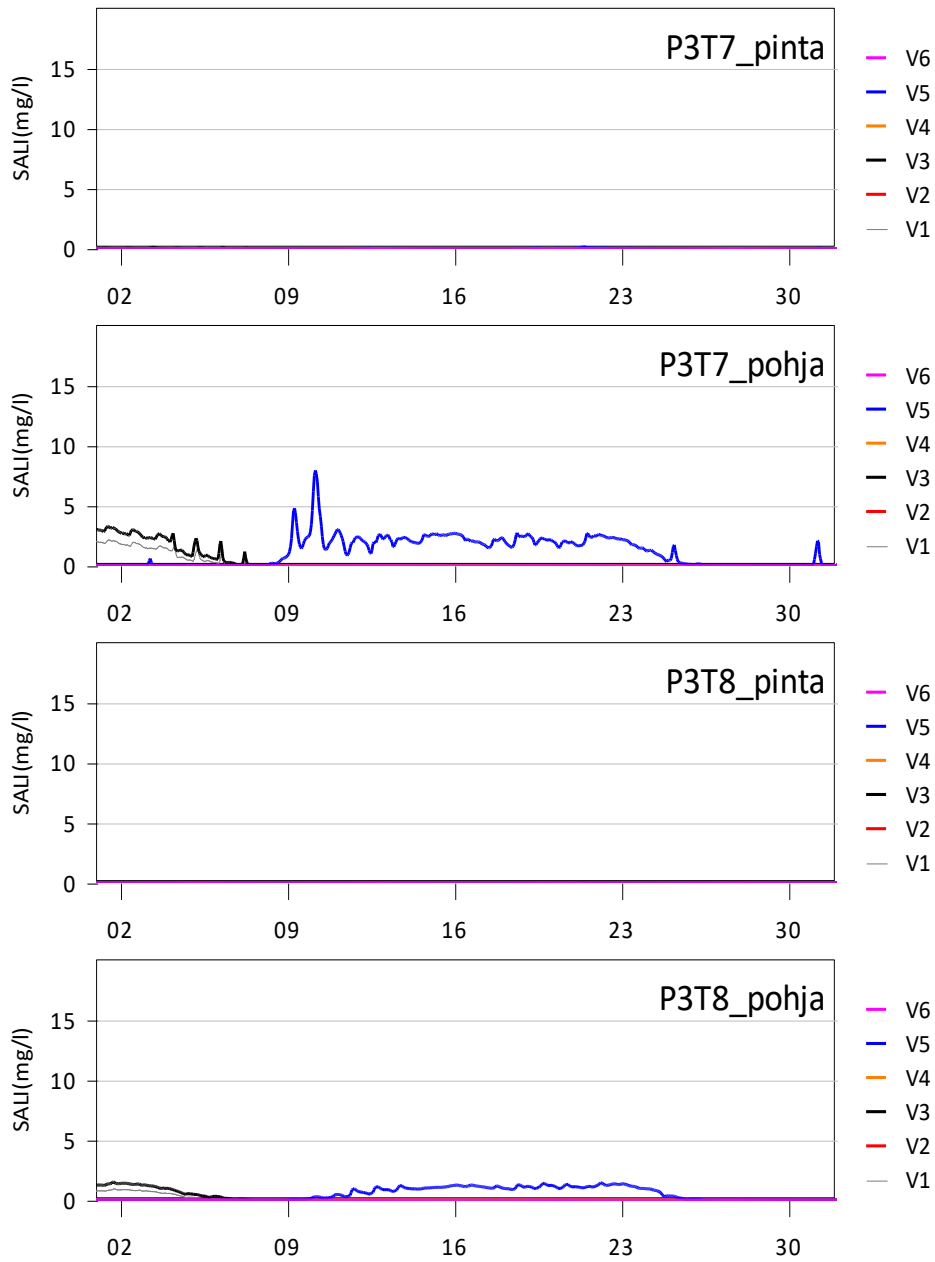
| Piste | V1 | V2 | V3 | V4 | V5 | V6 | yks. |
|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|
| P3T1 | 0.56 | 0.62 | 0.80 | 0.89 | 0.68 | 0.74 | mg/l |
| P3TK_otto | 0.54 | 0.65 | 0.78 | 0.94 | 0.46 | 0.75 | mg/l |
| P3T2_pinta | 0.48 | 0.64 | 0.68 | 0.90 | 0.24 | 0.72 | mg/l |
| P3T2_pohja | 0.73 | 0.61 | 1.05 | 0.88 | 1.53 | 0.74 | mg/l |
| P3T31_pinta | 0.42 | 0.54 | 0.59 | 0.76 | 0.16 | 0.63 | mg/l |
| P3T31_pohja | 0.78 | 0.51 | 1.13 | 0.73 | 2.24 | 0.65 | mg/l |
| P3T32_pinta | 0.50 | 0.65 | 0.73 | 0.89 | 0.23 | 0.71 | mg/l |
| P3T32_pohja | 1.22 | 0.83 | 1.78 | 1.26 | 3.11 | 1.01 | mg/l |
| P3T41_pinta | 0.37 | 0.37 | 0.52 | 0.49 | 0.11 | 0.39 | mg/l |
| P3T41_pohja | 0.82 | 0.48 | 1.17 | 0.68 | 3.05 | 0.64 | mg/l |
| P3T42_pinta | 0.48 | 0.43 | 0.70 | 0.54 | 0.14 | 0.39 | mg/l |
| P3T42_pohja | 1.20 | 0.91 | 1.76 | 1.39 | 3.95 | 1.18 | mg/l |
| P3T5_pinta | 0.29 | 0.03 | 0.36 | 0.03 | 0.04 | 0.04 | mg/l |
| P3T5_pohja | 3.68 | 5.86 | 6.21 | 9.34 | 10.09 | 7.04 | mg/l |
| P3T6_pinta | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | mg/l |
| P3T6_pohja | 0.94 | 0.00 | 1.43 | 0.00 | 3.89 | 0.00 | mg/l |
| P3T7_pinta | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | mg/l |
| P3T7_pohja | 0.24 | 0.00 | 0.36 | 0.00 | 1.16 | 0.00 | mg/l |
| P3T8_pinta | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | mg/l |
| P3T8_pohja | 0.11 | 0.00 | 0.16 | 0.00 | 0.47 | 0.00 | mg/l |



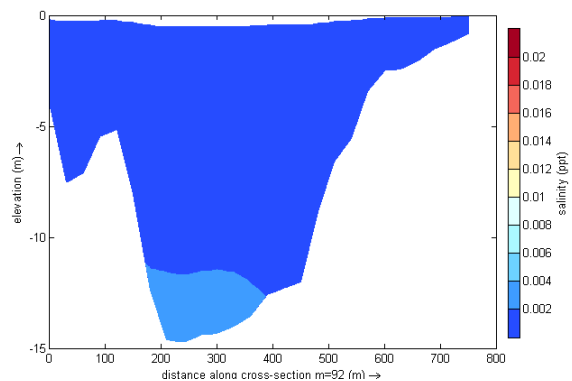
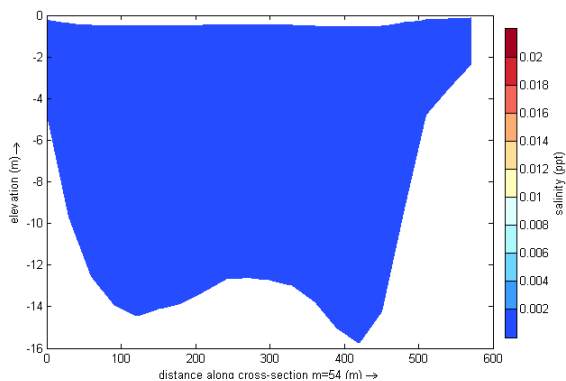
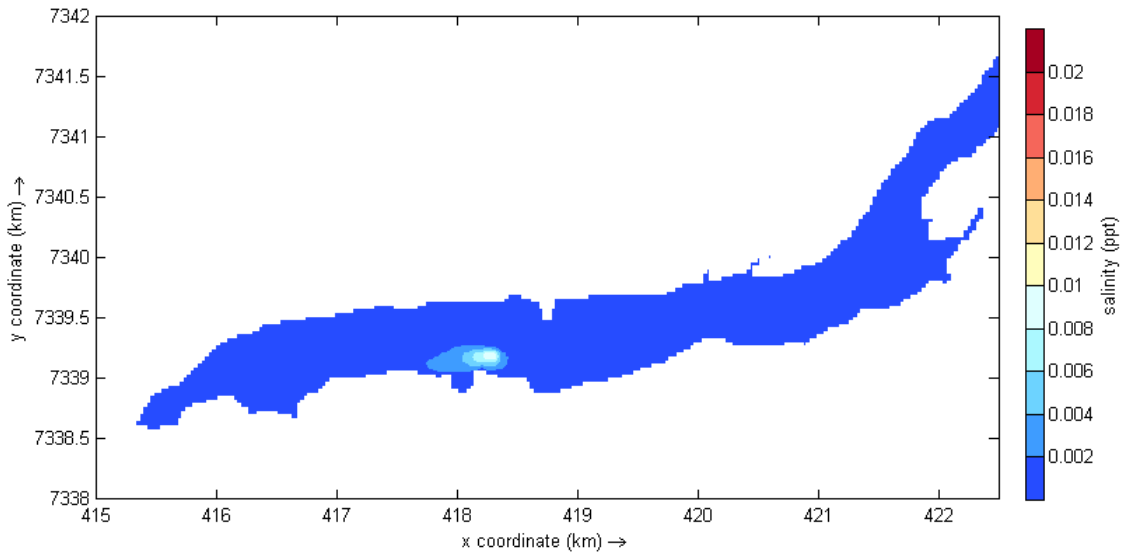
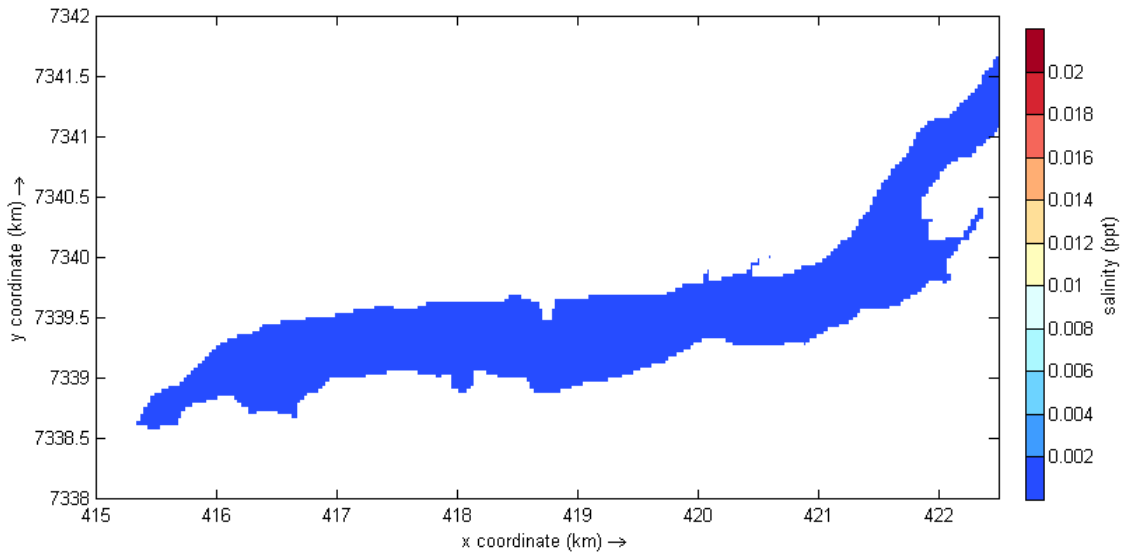
Kuva 22. Pistettä P3 lähimpien pisteiden aikasarjatiedot, pisteet T1, TK_otto, T41 pinta ja pohja ja T42 pinta. Vaaka-akselilla kuukauden päivän numero.



Kuva 23. Pistettä P3 lähimpien pisteiden aikasarjatiedot, T42 pohja, T5 pinta ja pohja, T6 pinta ja pohja. Vaaka-akselilla kuukauden päivän numero.



Kuva 24. Pistettä P3 lähimpien pisteiden aikasarjatiedot, T7 pinta ja pohja ja T8 pinta ja pohja. Vaaka-akselilla kuukauden päivän numero.



Kuva 25. Skenaario V1, piste P3, suolapitoisuuden 1 kk keskiarvo, 50 % syvyydeltä (ylin kuva) ja pohjakerroksesta (keskimmäinen kuva), sekä suolapitoisuuden keskiarvon syvyysprofiili pisteen T42 tasolta (alin kuvapari, vasen) ja pisteen T5 tasolta (alin kuvapari, oikea). Profiilikuvissa etelänpuoleinen ranta on vasemmalla.

5.5 Piste P4

Pisteestä P4 alajuoksulle päin olevat aikasarjapisteet ovat T7, T6, T5 ja T1. Lähin yläjuoksun piste on T8 ja sitä kauempana löytyy vielä piste T9. Suolapitoisuuden nousun aikasarjat näistä pisteistä on esitetty kuvissa 26–28 ja vastaavat keskipitoisuudet taulukossa 14.

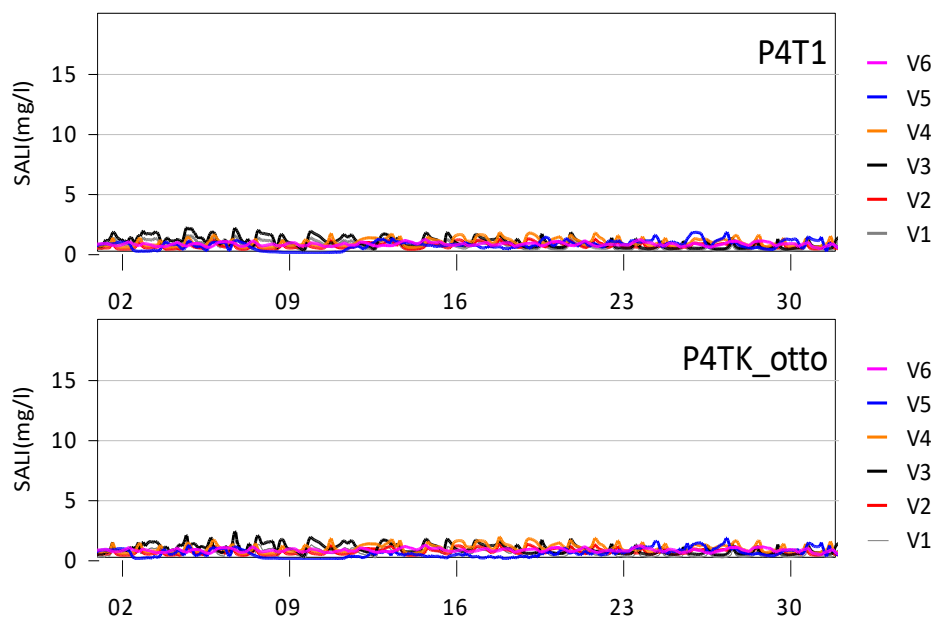
Pisteen P4 kuormitus näkyy selvimmin lähimmässä alavirran pisteessä T7, jossa suolapitoisuuden nousu on enimmillään yli 80 mg/l, kesipitoisuuden jäädessä kuitenkin alle 30 mg/l tason (V5). Pitoisuusnousut ovat kesätilanteilla selvästi talvitilanteita suurempia. Virtaama syvänteen pohjalla on muita alueita pienempi ja myös ajoittaa päävirtaamasuuntaa vastaan, jolloin purkuvesi ei sekoitu aivan yhtä tehokkaasti jokivirtaamaan kuin matalammalla ja alavirtaan sijaitsevilla purkupisteillä. Purkupaikan yläpuolisessa pisteessä T8 pitoisuusnousua näkyy pidempiaikaisesti lähinnä kuivan kesän virtaamaskenaariolla V5, eli pääosin kuormitus kulkeutuu myös tältä purkupaikalta alajuoksun suuntaan.

Ossauskoskella voimalaitoksen otossa (P4T1) ja kalankasvatustiloksen vedenotossa pitoisuusnousu (P4TK_otto) on 2 µg/l tasolla tai sen alle. Suurimmat pitoisuusnousut ovat skenaarioilla V3 ja V5, eli kesätilanteilla.

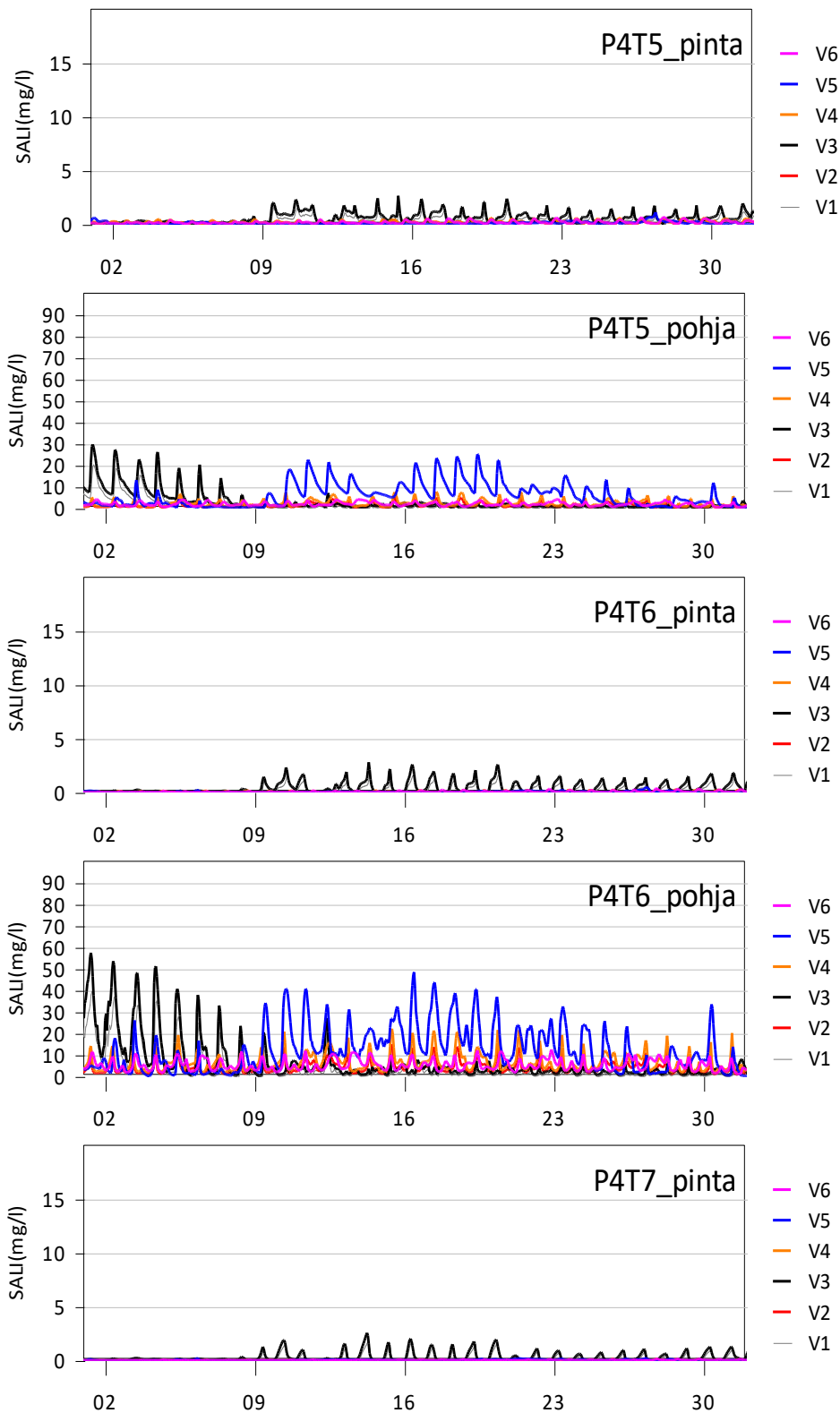
Suolapitoisuuden 1 kk keskiarvoja V1 skenaariosta on esitetty kartalla kuvassa 29. Karttakuvan perusteella kesätilanteessa kuormitusta kertyy jossakin määrin Kähkösensuvannon syvänteen pohjakerrokseen. Pisteen T7 aikasarjakuvan perusteella kertymistä tapahtuu vain kesätilanteilla (V1, V3, V5).

Taulukko 14. Piste P4, skenaariot V1-V6, keskimääräinen suolapitoisuuden nousu eri aikasarjapisteissä.

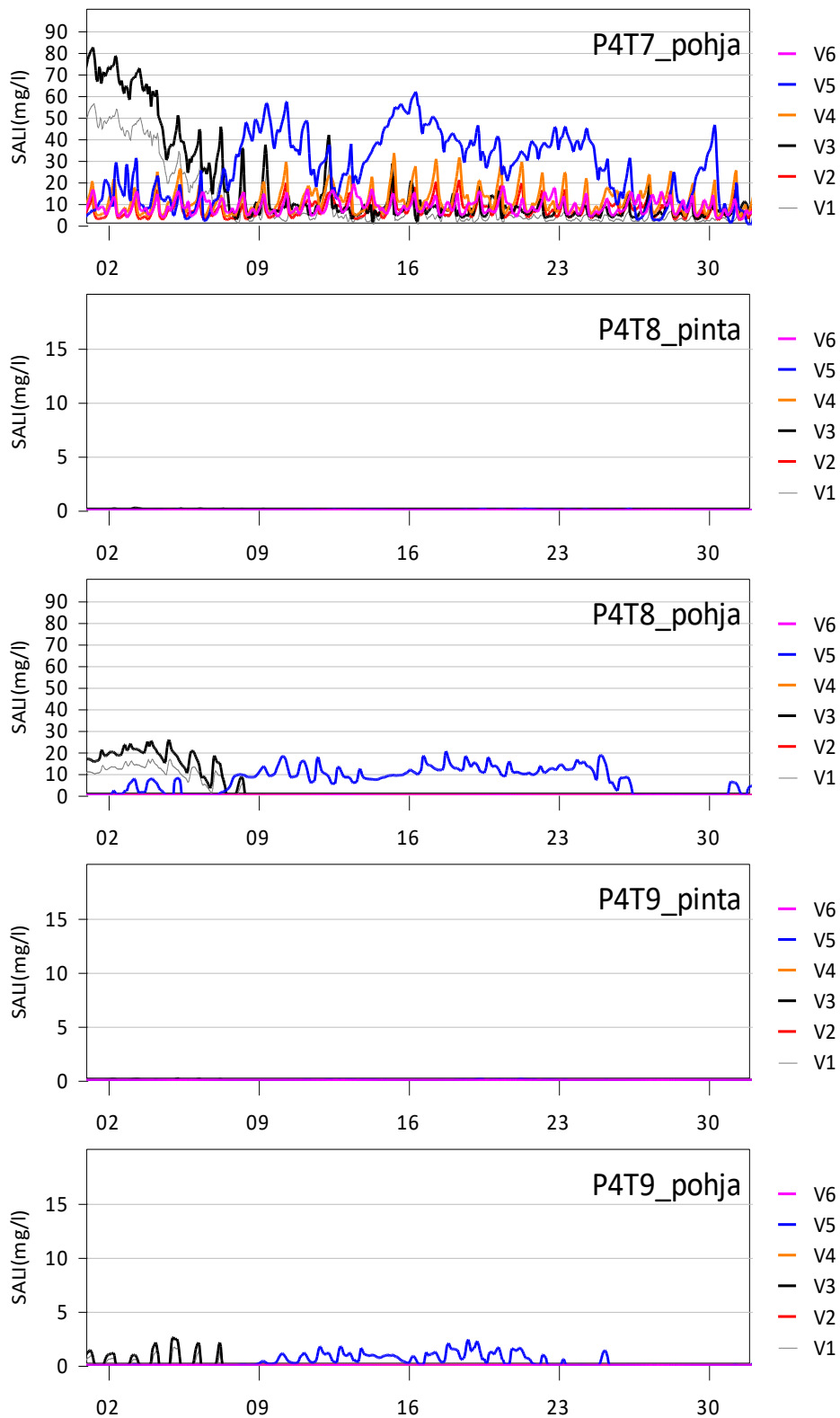
| Piste | V1 | V2 | V3 | V4 | V5 | V6 | yks. |
|-------------|-------|------|-------|-------|-------|------|------|
| P4T1 | 0.66 | 0.65 | 0.94 | 0.93 | 0.70 | 0.77 | mg/l |
| P4TK_otto | 0.63 | 0.66 | 0.90 | 0.95 | 0.53 | 0.78 | mg/l |
| P4T2_pinta | 0.54 | 0.66 | 0.78 | 0.95 | 0.33 | 0.78 | mg/l |
| P4T2_pohja | 0.87 | 0.64 | 1.25 | 0.92 | 1.39 | 0.77 | mg/l |
| P4T31_pinta | 0.48 | 0.61 | 0.68 | 0.86 | 0.25 | 0.73 | mg/l |
| P4T31_pohja | 0.98 | 0.57 | 1.41 | 0.81 | 2.06 | 0.71 | mg/l |
| P4T32_pinta | 0.55 | 0.71 | 0.80 | 1.02 | 0.32 | 0.81 | mg/l |
| P4T32_pohja | 1.48 | 0.72 | 2.14 | 1.07 | 2.84 | 0.87 | mg/l |
| P4T41_pinta | 0.41 | 0.49 | 0.58 | 0.68 | 0.18 | 0.58 | mg/l |
| P4T41_pohja | 1.05 | 0.52 | 1.51 | 0.73 | 2.60 | 0.67 | mg/l |
| P4T42_pinta | 0.50 | 0.63 | 0.72 | 0.86 | 0.22 | 0.66 | mg/l |
| P4T42_pohja | 1.54 | 0.72 | 2.22 | 1.08 | 3.42 | 0.89 | mg/l |
| P4T5_pinta | 0.43 | 0.17 | 0.61 | 0.20 | 0.10 | 0.18 | mg/l |
| P4T5_pohja | 2.11 | 1.46 | 3.11 | 2.28 | 6.08 | 1.94 | mg/l |
| P4T6_pinta | 0.32 | 0.04 | 0.44 | 0.04 | 0.04 | 0.05 | mg/l |
| P4T6_pohja | 4.36 | 4.13 | 6.63 | 6.46 | 12.22 | 5.26 | mg/l |
| P4T7_pinta | 0.23 | 0.01 | 0.29 | 0.01 | 0.03 | 0.01 | mg/l |
| P4T7_pohja | 10.95 | 7.51 | 17.16 | 11.56 | 26.89 | 8.67 | mg/l |
| P4T8_pinta | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | mg/l |
| P4T8_pohja | 2.48 | 0.00 | 3.70 | 0.00 | 7.15 | 0.00 | mg/l |
| P4T9_pinta | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | mg/l |
| P4T9_pohja | 0.08 | 0.00 | 0.11 | 0.00 | 0.37 | 0.00 | mg/l |



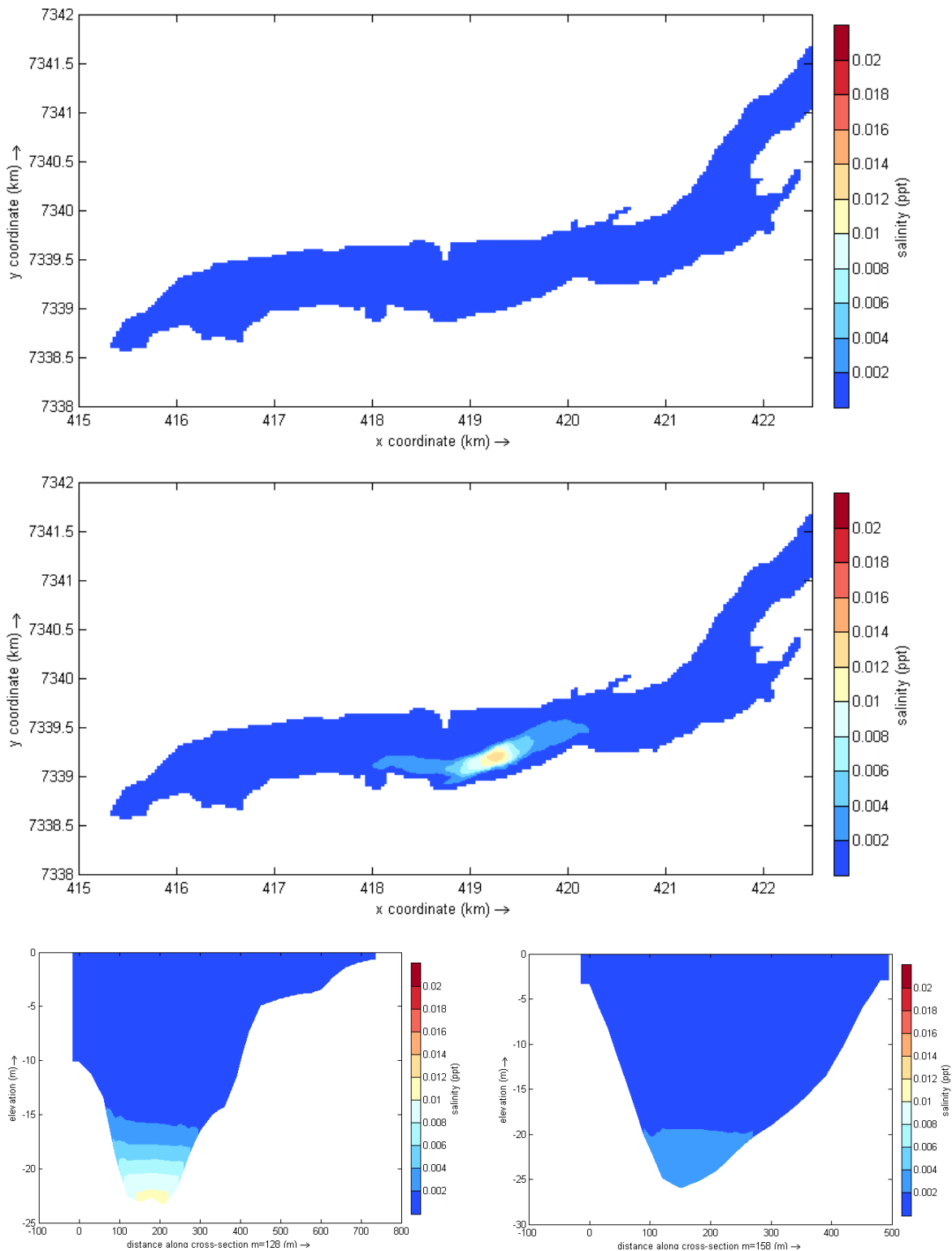
Kuva 26. Pistettä P4 lähimpien pisteiden aikasarjatiedot, T1 ja TK_otto.



Kuva 27. Pistettä P4 lähimpien pisteiden aikasarjatiedot, T5 pinta ja pohja, T6 pinta ja pohja ja T7 pinta. Vaaka-akselilla kuukauden päivän numero.



Kuva 28. Pistettä P4 lähimpien pisteiden aikasarjatiedot, T7 pohja, T8 pinta ja pohja ja T9 pinta ja pohja. Vaaka-akselilla kuukauden päivän numero.



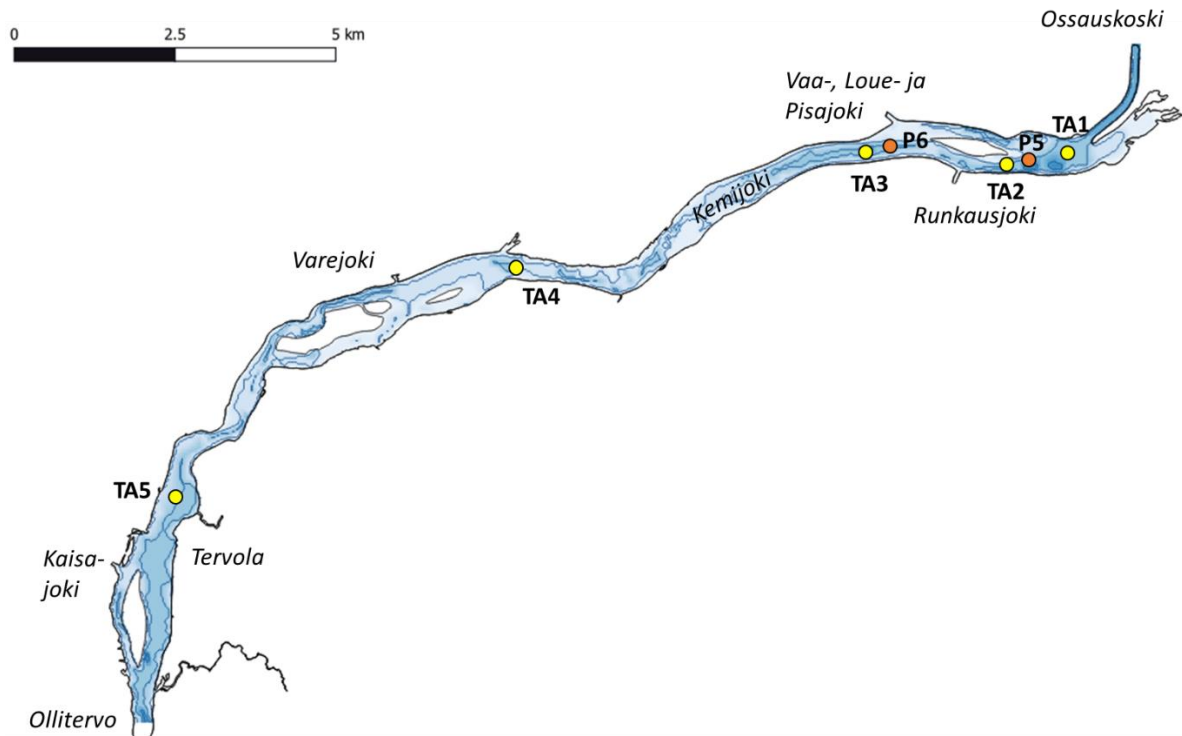
Kuva 29. Skenaario V1, piste P4, suolapitoisuuden 1 kk keskiarvo, 50 % syvyydeltä (ylin kuva) ja pohjakerroksesta (keskimmäinen kuva), sekä suolapitoisuuden keskiarvon syvyysprofiili pisteen T7 kohdalta (alin kuvapari, vasen) ja pisteen T8 kohdalta (alin kuvapari, oikea). Profiilikuvissa etelän-puoleinen ranta on vasemmalla.



6 SKENAARIOTULOKSET, OSSAUSKOSKEN ALAPUOLISET PISTEET

Mallissa eri aineiden pitoisuudet on laskettu siten, että suolapitoisuus on laskettu mallin avulla, ja muiden aineiden pitoisuudet on saatu kertomalla suolapitoisuutta kyseisen aineen ja suolakuormituksen suhteella.

Tuloksia on tarkastelu aikasarjapisteissä TA1 – TA5, joiden sijainti on esitetty kuvassa 30.



Kuva 30. Ossauskosken alapuolinen jokiosuus, kuormitus- (P5-P6) ja tulostuspisteiden (TA1-TA5) sijainnit.

6.1 Piste P5

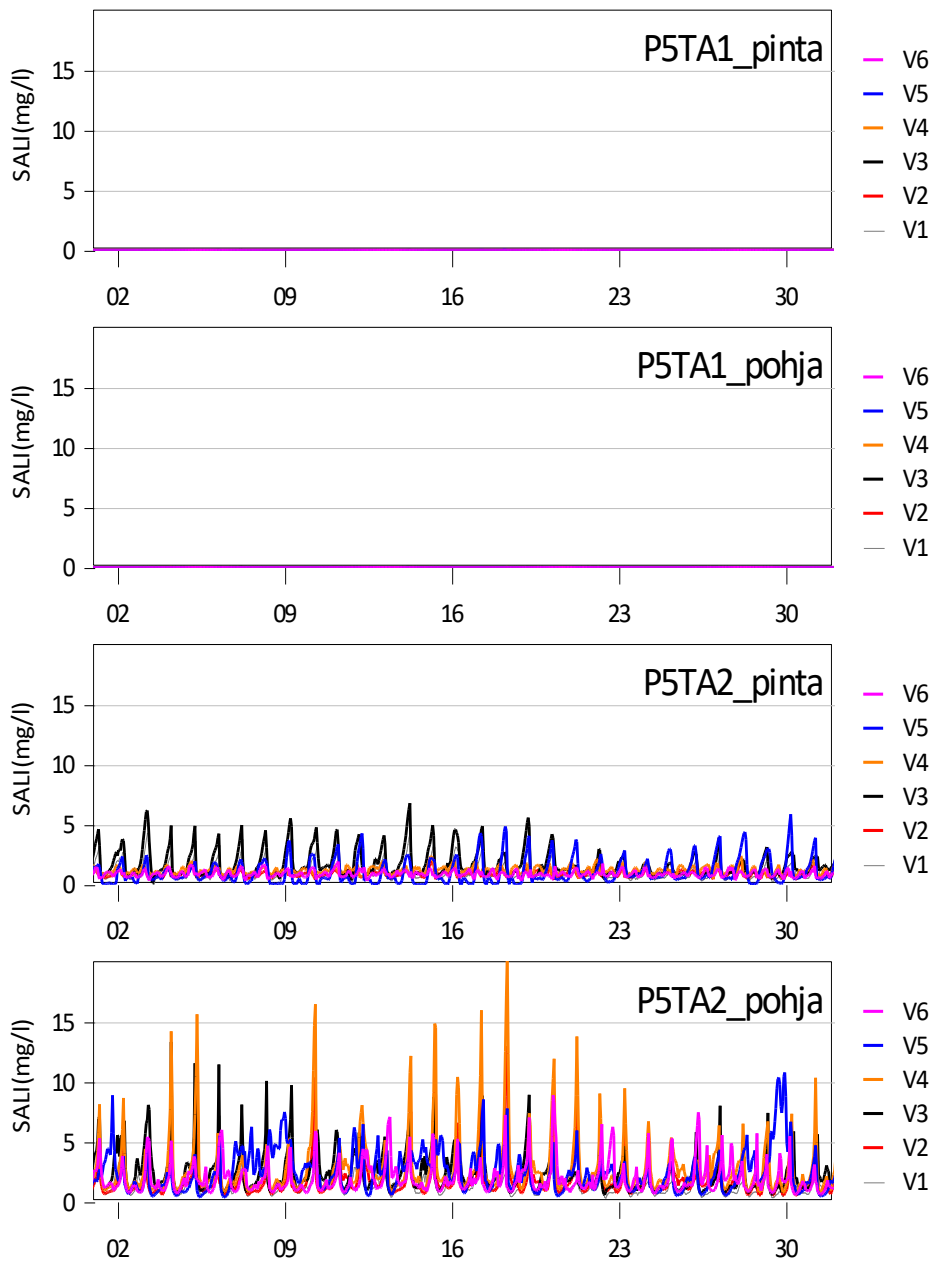
Piste P5 sijoitettiin voimalaitoksen alakanavan edustalla olevalle selkääalueelle päävirtauksen kohdalle, noin 3 km voimalaitokselta alavirtaan. Pisteestä P5 alajuoksulle päin olevista aikasarjapisteistä TA2 – TA5 piste TA2 sijaitsee 300 m päässä purkupaikalta alavirtaan, ja muut pisteet kauempana alavirran puolella. Yläjuoksun suunnalla on piste TA1 noin 700 m purkupaikalta yläjuoksun suuntaan. Suolapitoisuuden nousun aikasarjat pisteistä TA1, TA2, TA3 ja TA5 on esitetty kuvissa 31–32 ja vastaavat keskipitoisuudet taulukossa 15 ja suurimmat pitoisuudet taulukossa 16. Pisteiden TA4 pitoisuudet eivät juuri poikkea pisteen TA3 pitoisuuksia, joten kyseisen pisteen tietoja ei ole kuvissa esitetty.

Taulukko 15. Piste P5, skenaariot V1-V6, keskimääräinen pitoisuusnousu eri aikasarjapisteissä.

| Piste | V1 | V2 | V3 | V4 | V5 | V6 | yks. |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|
| P5TA1_pinta | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | mg/l |
| P5TA1_pohja | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | mg/l |
| P5TA2_pinta | 1.24 | 0.91 | 1.71 | 1.19 | 1.05 | 0.90 | mg/l |
| P5TA2_pohja | 1.62 | 1.83 | 2.41 | 2.78 | 2.50 | 1.93 | mg/l |
| P5TA3_pinta | 0.59 | 0.59 | 0.85 | 0.85 | 0.74 | 0.68 | mg/l |
| P5TA3_pohja | 0.62 | 0.64 | 0.89 | 0.91 | 0.80 | 0.72 | mg/l |
| P5TA4_pinta | 0.53 | 0.61 | 0.76 | 0.87 | 0.70 | 0.73 | mg/l |
| P5TA4_pohja | 0.53 | 0.61 | 0.76 | 0.87 | 0.70 | 0.73 | mg/l |
| P5TA5_pinta | 0.54 | 0.62 | 0.78 | 0.90 | 0.75 | 0.78 | mg/l |
| P5TA5_pohja | 0.54 | 0.63 | 0.78 | 0.90 | 0.74 | 0.78 | mg/l |

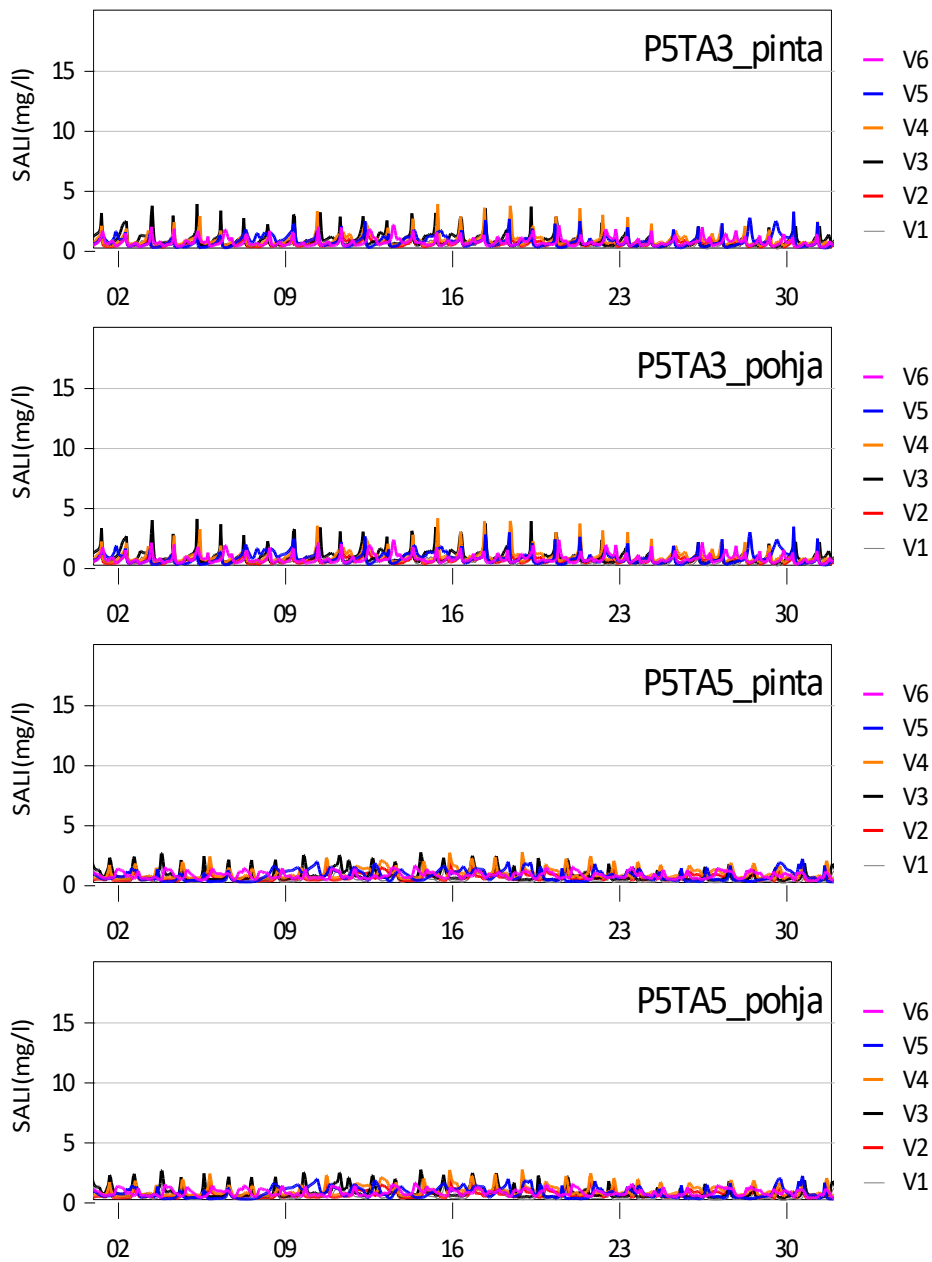
Taulukko 16. Piste P5, skenaariot V1-V6, suurin pitoisuusnousu eri aikasarjapisteissä.

| Piste | V1 | V2 | V3 | V4 | V5 | V6 | yks. |
|-------------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| P5TA1_pinta | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.04 | 0.00 | mg/l |
| P5TA1_pohja | 0.02 | 0.01 | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.00 | mg/l |
| P5TA2_pinta | 4.78 | 2.00 | 6.79 | 2.40 | 5.87 | 1.93 | mg/l |
| P5TA2_pohja | 8.23 | 12.96 | 13.32 | 20.52 | 10.78 | 8.90 | mg/l |
| P5TA3_pinta | 2.66 | 2.75 | 3.86 | 3.86 | 3.22 | 2.13 | mg/l |
| P5TA3_pohja | 2.81 | 2.93 | 4.05 | 4.11 | 3.40 | 2.30 | mg/l |
| P5TA4_pinta | 2.36 | 2.45 | 3.39 | 3.49 | 2.58 | 2.02 | mg/l |
| P5TA4_pohja | 2.36 | 2.45 | 3.39 | 3.50 | 2.59 | 2.03 | mg/l |
| P5TA5_pinta | 1.87 | 1.91 | 2.69 | 2.72 | 2.15 | 1.59 | mg/l |
| P5TA5_pohja | 1.86 | 1.90 | 2.68 | 2.70 | 2.16 | 1.59 | mg/l |



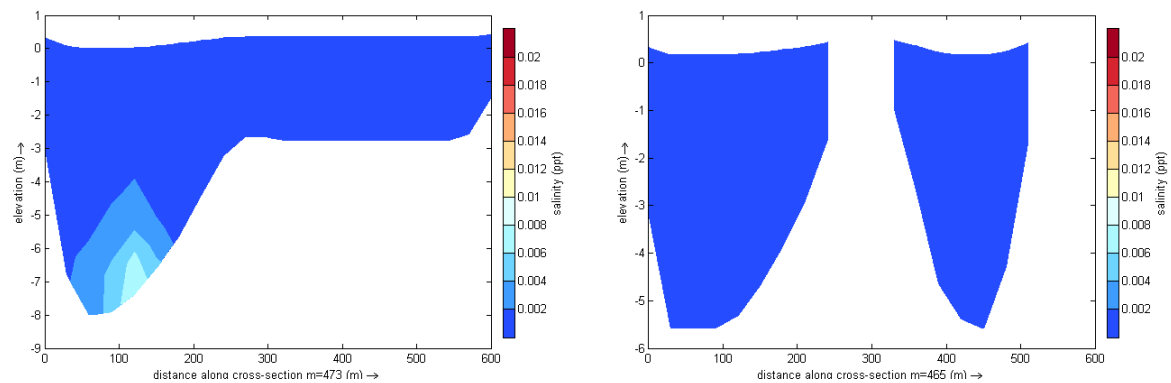
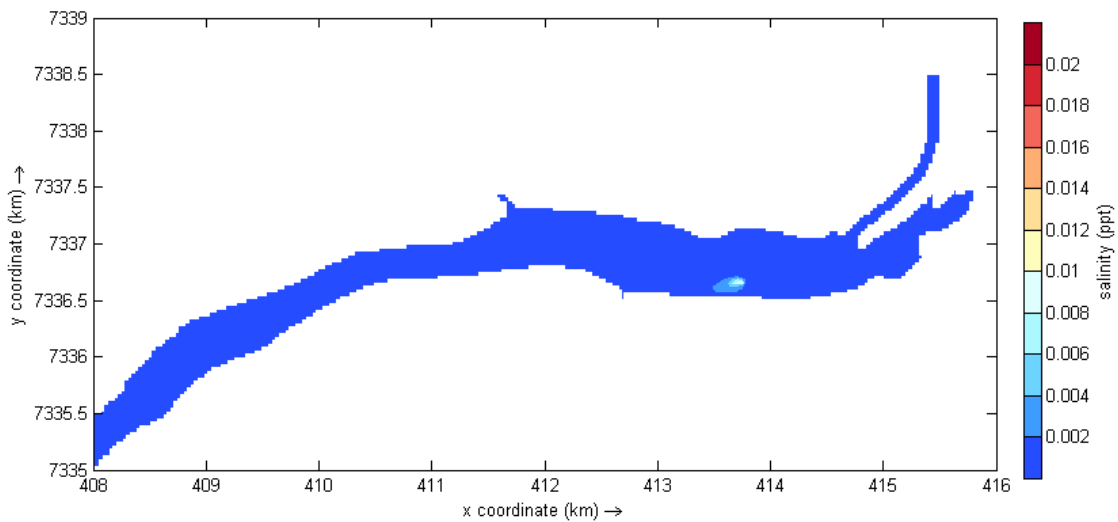
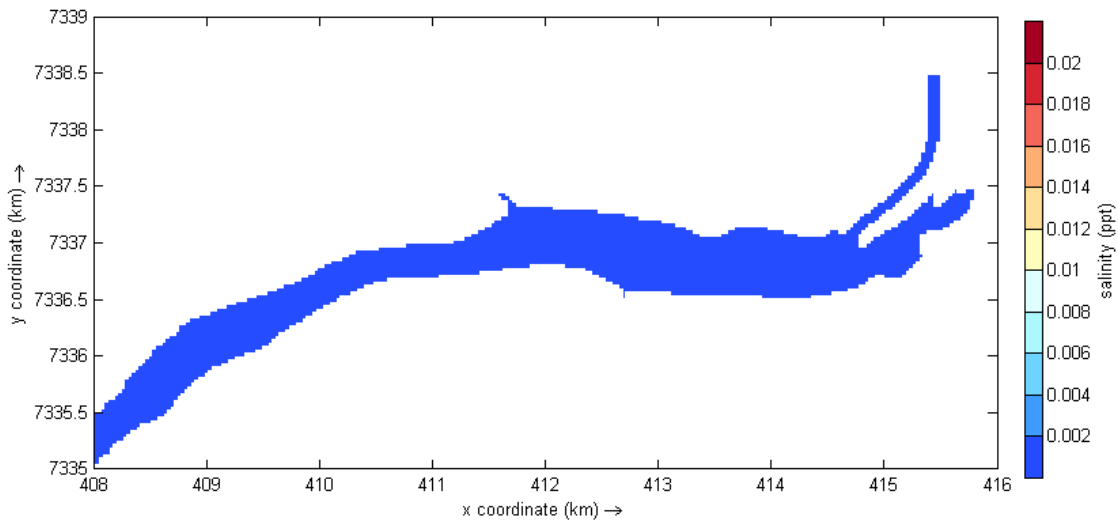
Kuva 31. Pistettä P5 lähimpien pisteiden TA1 ja TA2 suolapitoisuuden nousun aikasarjat, pinta- ja pohjakerros. Vaaka-akselilla kuukauden päivän numero.

Pisteen P5 kuormitus näkyy selvimmin lähimmässä alavirran pisteessä TA2. pisteeseen TA1 ylävirran puolelle suolapitoisuutta ei laskennan mukaan kulkeudu. Keskimääräinen suolapitoisuus jää kaikilla skenaarioilla ja pisteillä alle 3 mg/l, suolapitoisuuden suurin nousu, noin 20 mg/l, löytyy pisteestä TA2 skenaariolla V4. Tervolan pisteessä (TA5) keskipitoisuuden nousu jää alle 1 mg/l ja maksimit alle 3 mg/l.



Kuva 32. Pisteestä P5 alajuoksulle olevien pisteiden TA3 ja TA5 suolapitoisuuden nousun aikasarjat. Vaaka-akselilla kuukauden päivän numero.

Suolapitoisuuden 1 kk keskiarvoja skenaariosta V1 on esitetty kartalla kuvassa 33. Karttakuvan perusteella kuormitusta ei kerry merkittävässä määrin jokiuomaan voimalaitoksen juoksutuksen ollessa pieni.



Kuva 33. Skenaario V1, piste P5, suolapitoisuuden 1 kk keskiarvo, 50 % syvyydeltä (ylin kuva) ja pohjakerroksesta (keskimmäinen kuva), sekä suolapitoisuuden keskiarvon syvyysprofiili 60 m purkupisteen alapuolelta (alin kuvapari, vasen) ja pisteen TA2 kohdalta (alin kuvapari). Profiilikuvissa etelänpuoleinen ranta on vasemmalla.

6.2 Piste P6

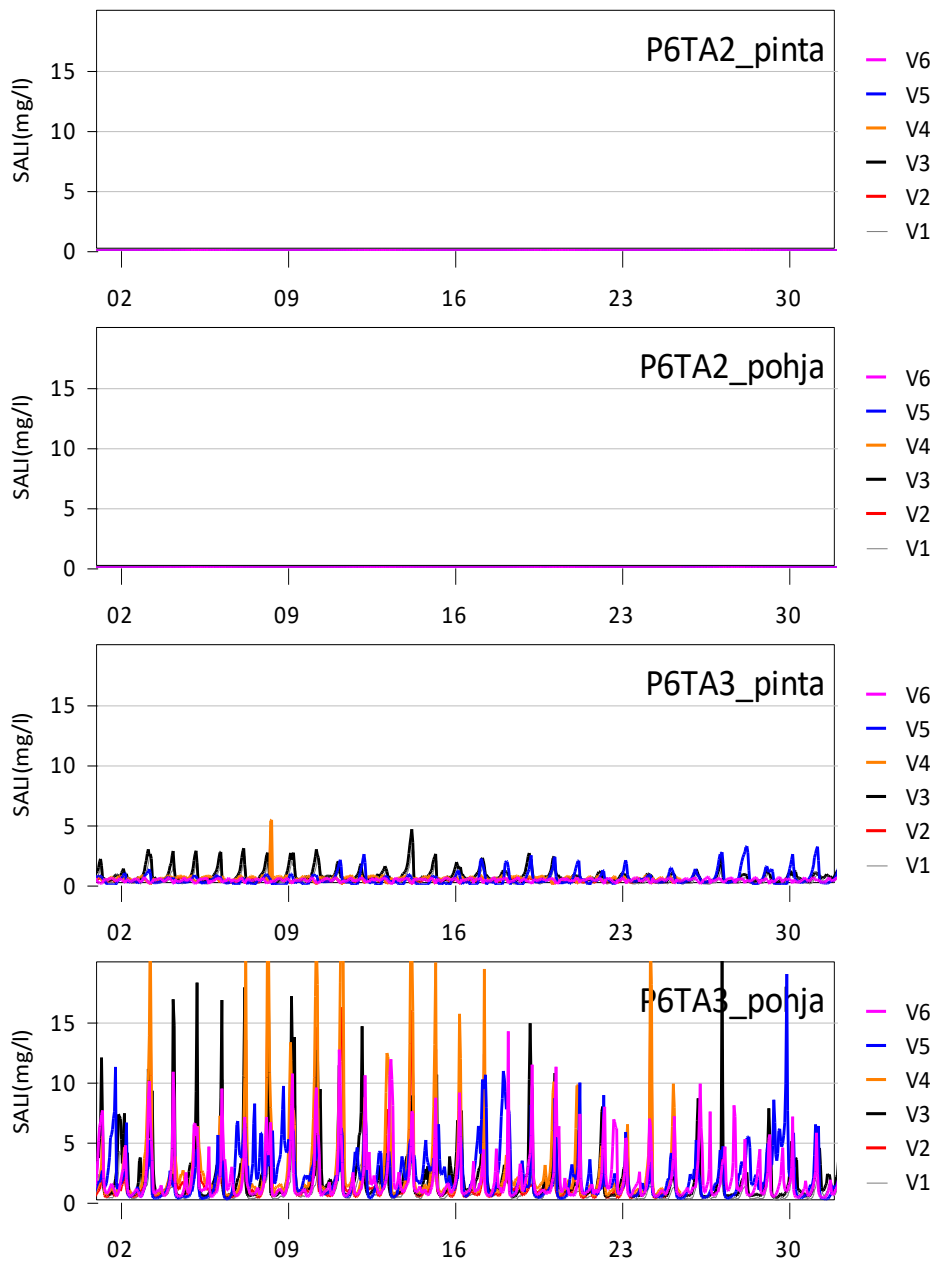
Pisteestä P6 sijoitettiin jokiuoman pohjalle Oinaansaaren länsipuolelle, noin 4,8 km Ossauskosken voimalaitokselta alajuoksulle päin jokiuomaa pitkin. Pisteiden alapuolella ovat aikasarjapisteet TA3 – TA5, joista lähin (TA3) on noin 300 m purkupaikan alapuolella. Lähin yläpuolinen piste on TA2 1,5 km purkupaikasta yläjuoksulle päin. Pisteille TA2 - TA5 lasketut suolapitoisuuden aikasarjat on esitetty kuvissa 34–35 ja vastaavat keskipitoisuudet taulukossa 17 ja suurimmat pitoisuudet taulukossa 18.

Taulukko 17. Piste P6, skenaariot V1-V6, keskimääräinen pitoisuusnousu eri aikasarjapisteissä.

| Piste | V1 | V2 | V3 | V4 | V5 | V6 | yks. |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|
| P6TA2_pinta | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | mg/l |
| P6TA2_pohja | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | mg/l |
| P6TA3_pinta | 0.86 | 0.70 | 1.21 | 0.96 | 0.94 | 0.78 | mg/l |
| P6TA3_pohja | 1.09 | 1.22 | 1.59 | 1.82 | 1.47 | 1.37 | mg/l |
| P6TA4_pinta | 0.56 | 0.61 | 0.81 | 0.88 | 0.73 | 0.73 | mg/l |
| P6TA4_pohja | 0.56 | 0.61 | 0.80 | 0.88 | 0.73 | 0.73 | mg/l |
| P6TA5_pinta | 0.53 | 0.62 | 0.76 | 0.88 | 0.74 | 0.73 | mg/l |
| P6TA5_pohja | 0.53 | 0.62 | 0.76 | 0.88 | 0.74 | 0.73 | mg/l |

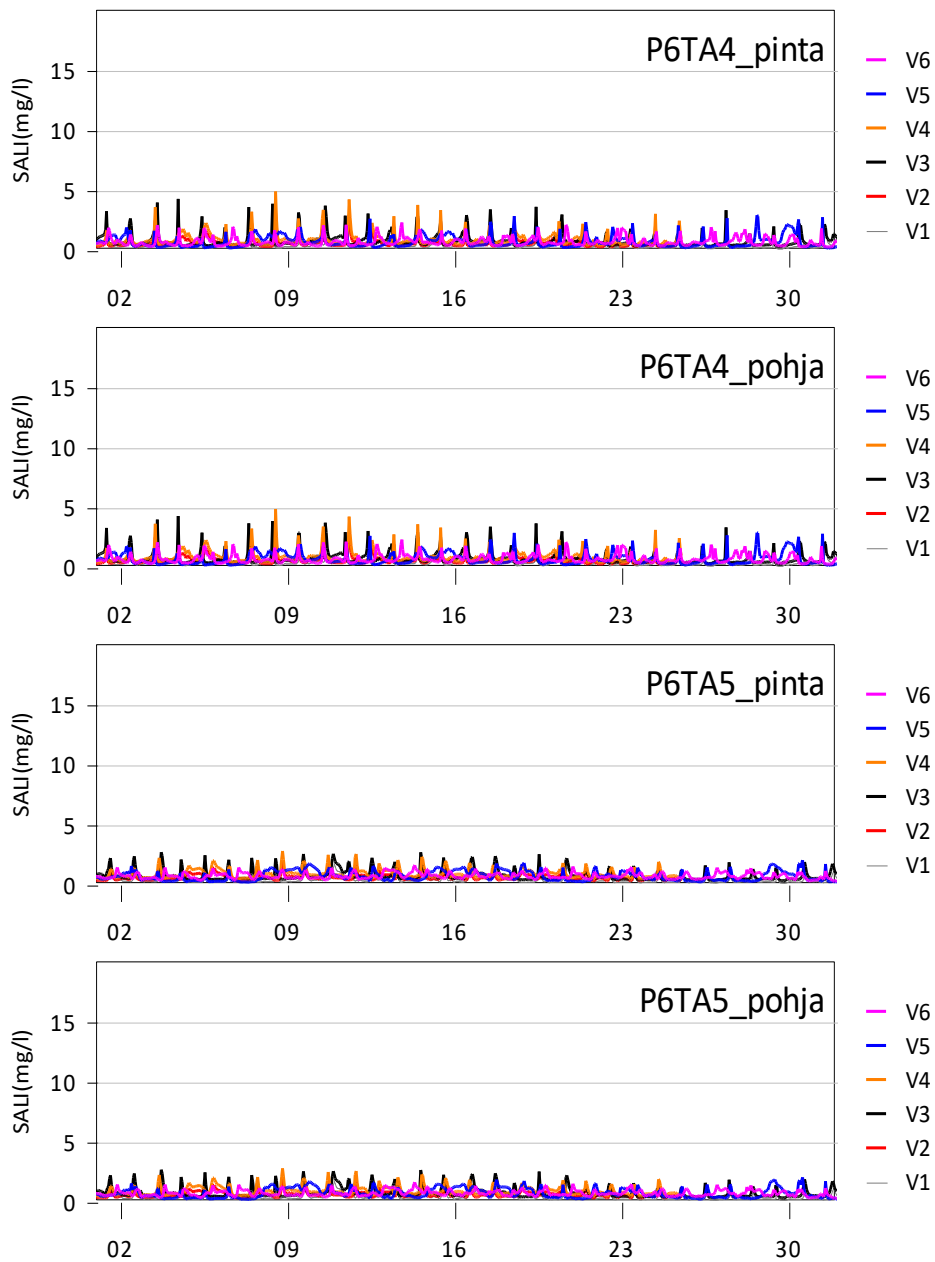
Taulukko 18. Piste P6, skenaariot V1-V6, suurin pitoisuusnousu eri aikasarjapisteissä.

| Piste | V1 | V2 | V3 | V4 | V5 | V6 | yks. |
|-------------|------|-------|-------|-------|------|-------|------|
| P6TA2_pinta | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | mg/l |
| P6TA2_pohja | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | mg/l |
| P6TA3_pinta | 3.92 | 1.84 | 5.40 | 2.21 | 3.93 | 1.77 | mg/l |
| P6TA3_pohja | 8.25 | 13.68 | 13.69 | 22.13 | 9.77 | 11.30 | mg/l |
| P6TA4_pinta | 2.95 | 2.93 | 4.22 | 4.23 | 3.01 | 2.47 | mg/l |
| P6TA4_pohja | 2.94 | 2.94 | 4.21 | 4.24 | 3.00 | 2.44 | mg/l |
| P6TA5_pinta | 2.04 | 1.98 | 2.93 | 2.83 | 2.08 | 1.82 | mg/l |
| P6TA5_pohja | 2.04 | 1.97 | 2.92 | 2.84 | 2.08 | 1.80 | mg/l |



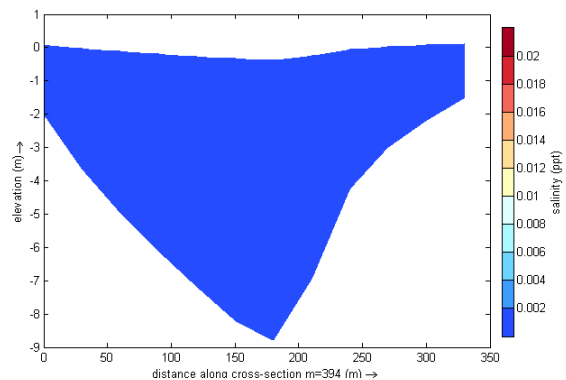
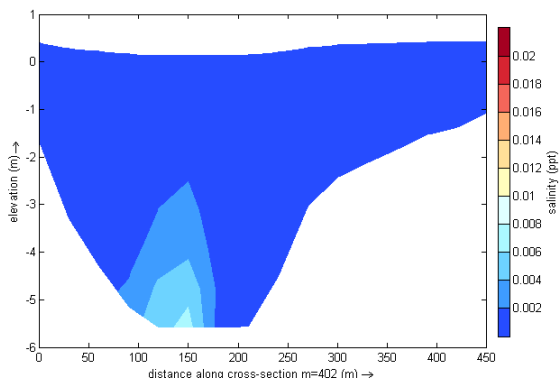
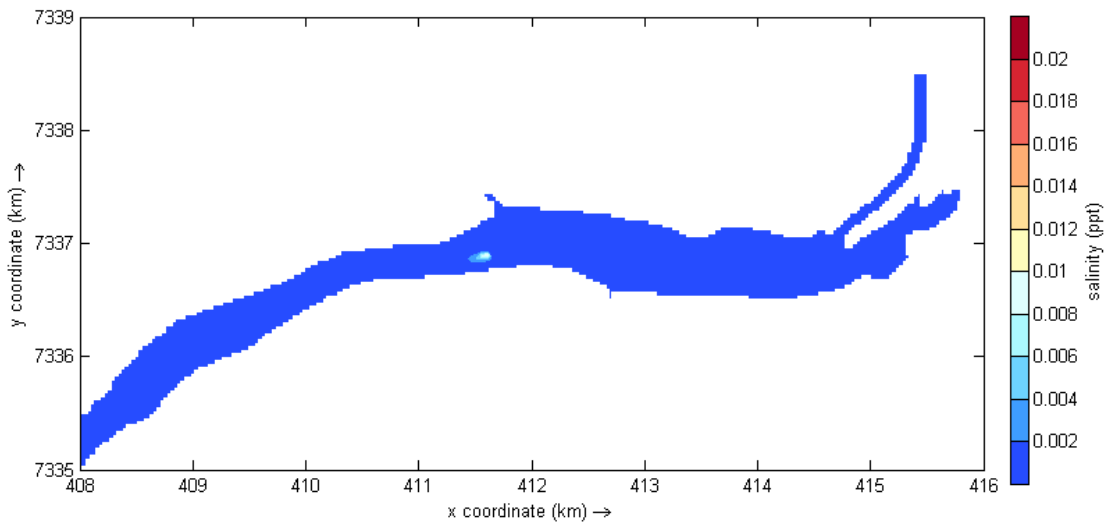
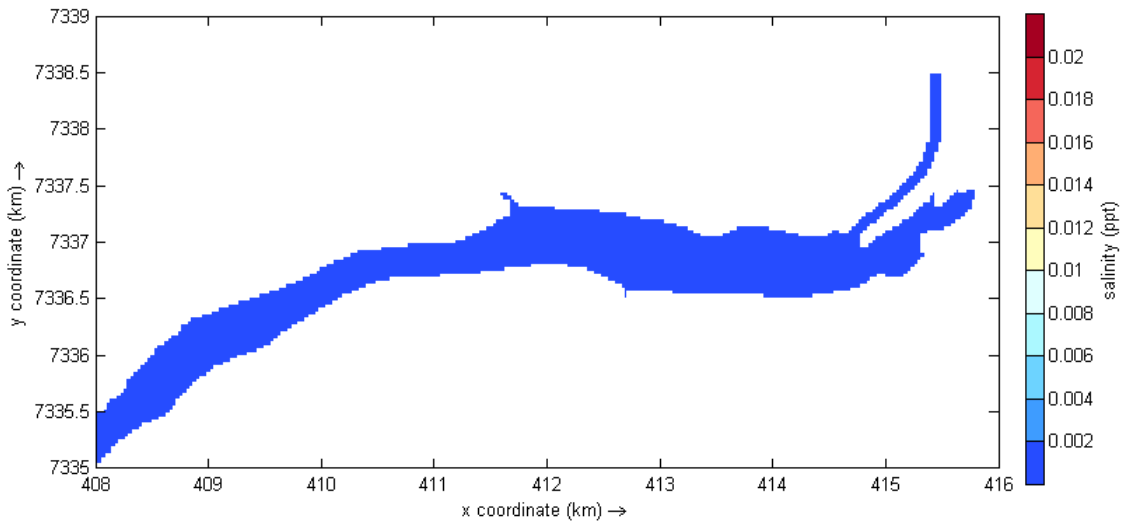
Kuva 34. Pistettä P6 lähimpien pisteiden aikasarjatiedot, TA2 ja TA3.

Pisteen P6 kuormitus näkyy selvimmin lähimmässä alavirran pisteessä TA3. Suolapitoisuuden nousu jää pinnalla noin 5 mg/l tasolle tai sen alle ja pohjalla alle 25 mg/l kaikilla skenaariolla. Tervolan tasalla keskimääräinen pitoisuusnousu jää alle 1 mg/l.



Kuva 35. Pisteestä P6 alajuoksulle olevien pisteiden TA4 ja TA5 suolapitoisuuden nousu eri skenaariolla. Vaaka-akselilla kuukauden päivän numero.

Suolapitoisuuden 1 kk keskiarvoja V1 skenaariosta on esitetty kartalla kuvassa 36. Karttakuvan perusteella pitoisuusnousu keskittyy purkupisteen välittömälle lähialueelle.



Kuva 36. Skenaario V1, piste P6, suolapitoisuuden 1 kk keskiarvo, 50 % syvyydeltä (ylin kuva) ja pohjakerroksesta (keskimmäinen kuva), sekä suolapitoisuuden keskiarvon syvyysprofiili 100 m purkupisteen alapuolelta (alin kuvapari, vasen) ja pisteen TA3 kohdalta (alin kuvapari, oikea). Profiilikuvissa eteläpuoleinen ranta on vasemmalla.

7 LASKENNAN EPÄVARMUUKSISTA

Mallilaskennan tarkoituksena on vähentää kuormituksen leviämiseen liittyviä epävarmuuksia käyttämällä kuormituksen leviämisen ja sekoittumisen arviointiin virtausdynaamisia laskentamenetelmiä.

Laskettaessa voimalaitosten patoaltaiden virtauksia ja aineiden sekoittumista veteen, on läpivirtaaman määrä tyypillisesti keskeinen kuormituksen laimentumiseen vaikuttavat tekijä. Toinen keskeinen tekijä on kuormituksen määrä. Purkupaikan lähellä pitoisuuksiin vaikuttaa puolestaan merkittävästi se, miten purkuvesi tuodaan jokeen, esim. diffuusorin kautta pohjalle vai rantapurkuna.

Tässä mallinnuksessa käytettiin tunnin tarkkuudella mitattuja virtaamatietoja, tosin sanoen virtaamatietojen tarkkuus on hyvä. Käytettävät virtaamat valittiin 10 vuoden jaksolta, jakso olisi voinut olla pidempikin. Toisaalta esimerkiksi yli 20 vuoden takainen säätilanne ei enää välttämättä edusta hyvin nykypäivän ilmastoa.

Kuormituksena lähtökohtana on tässä käytetty kaivokselle vesitasemallin avulla laskettu kuukausikuormituksia, jotka on arvioitu parhaisiin käytettävissä olleisiin tietoihin perustuen (AFRY Finland, 2022). Laskennassa käytetty vuosikeskiarvoon perustuva kuormitus oli suurempi kuin yksittäisille laskentakauduille arvioitu kuukausikuormitus (pois lukien 13. vuoden keskimääräinen kuormitus, joka oli suunnilleen sama kuin vuosikuormitus), eli kuormitusarvot ovat todennäköisesti yläkanttiin.

Laskettuja virtaamia verrattiin mitattuihin virtaamiin suurehkoilla yli 800 m³/s läpivirtaamilla. Tulokset vastasivat mittauksia kohtuullisen hyvin. Käytetty Delft3d-laskentamalli on validoitu kattavasti erilaisille olosuhteille (Gerritsen et.al, 2008), eikä mallin tarkempaan validointiin tässä nähty tarvetta.

Lähtötietojen lisäksi keskeiset mallilaskennan epävarmuuden lähteet liittyvät virtaaman ja kuormituksen luontaiseen vaihteluun. Kemijoen vähäisen virtaaman vaikutusta testattiin arvioimalla pitoisuusnousua Kemijoessa keskimääräiselle ja kuivalle virtaamavuodelle sekä 13. toimintavuoden kuormitukselle. Kuivan vuoden tapauksessa myös kaivoksen kuormitus vähenee, eikä pitoisuusnousu poikennut merkittävästi keskimääräisen virtaamavuoden pitoisuusnoususta.

Mallin parametrisoinnin osalta tässä laskennassa tuloksiin voivat vaikuttaa pohjakitka ja sekoittumiseen liittyvät parametrit. Pohjakitkana käytettiin oletusarvoa, joka on mahdollisesti liian suuri. Suuri pohjakitka hidastaa pohjan läheistä virtausnopeutta, jolloin sekoittuminen vähenisi ja kuormitus kulkeutuisi enemmän pohjaa pitkin kuin todellisuudessa. Tällöin sekoittuminen jää liian pieneksi ja pohjan pitoisuudet nousisivat liian suuriksi kuormituksen lähialueella. Poistuvan veden pitoisuuksiin pohjakitkalla ei juuri ole vaikutusta, paitsi aivan padon vieressä olevan pisteen osalta.

Sekoittumiseen liittyvät parametrit on pyritty tässä valitsemaan siten, että ne eivät ole ainakaan liian suuria. Tehokkaampi sekoittuminen parantaa kuormituksen laimenemista, liian pieni sekoittuminen puolestaan nostaa pitoisuuksia pääasiassa kuormituspisteen lähialueella.

8 YHTEENVETO

Raportissa tarkasteltiin suunnitellun kaivoksen purkuputken tuoman kuormituksen kulkeutumista ja sekoittumista Ossauskosken altaassa ja altaan alapuolisessa jokiuomassa virtausmallin avulla. Purkuputkelle tarkasteltiin kuutta vaihtoehtoista sijoituspaikkaa, joista neljä sijaitti Ossauskosken voimalaitoksen yläpuolella ja kaksi sen alapuolella.

Purkuvesien sekoittumiseen **Ossauskosken altaassa** vaikutti keskeisesti Kemijoen virtaama. Altaan vuorokausi- ja viikkosäännöstelyllä on vaikutusta sekoittumiseen, mutta vaikutus näkyy tuloksissa pääasiassa vuorokauden sisäisenä pitoisuusvaihteluna.

Laskentojen mukaan Ossauskosken yläpuolisilla pisteillä pisteiden sijainnilla ei juuri ollut vaikutusta altaasta lähtevän veden pitoisuuksiin, vaan kuormitus sekoittui kaikilla arvioiduilla pisteillä hyvin Kemijoen vesiin. Kuormittavien aineiden pitoisuusnousut jäivät altaasta lähtevässä vedessä yleisesti vähäisiksi ja purkuveden ja jokiveden sekoittumissuhde oli altaasta lähtevässä vedessä keskimäärin parempi kuin 1:1000. Ossauskosken voimalaitosta lähinnä oleva purkupiste P1 aiheutti jossakin määrin suurempaa pitoisuusvaihtelua lähtevään veteen muihin purkuvaihtoehtoihin verrattuna, sillä padon virtaaman ollessa pieni purkuputken kuormitus sekoittuu pienempään vesimäärään kuin tapauksissa, joissa virtaama on suurempi. Kauempana padosta olevilla pisteillä altaassa oleva vesimassa tasoittaa pitoisuusvaihtelua.

Patoaltaassa tässä arvioituihin purkupisteisiin tuotu kuormitus aiheutti purkupaikoilla P1-P3 pitoisuuksien nousua pääasiassa purkupisteiden lähialueella. Vähävirtaamaisilla kesätilanteilla Kähkösensuvannon syvänteen pohjan veden vaihtuminen jäi mallilaskennoissa pieneksi, jolloin syvänteen pohjalle sijoitetun purkupisteen P4 tapauksessa kuormitus sekoittui muihin pisteisiin verrattuna huonommin ja pitoisuusnousu syvänteen pohjakerroksessa oli muihin purkupaikkoihin verrattuna suurempi ja laaja-alaisempi. Myös tällä purkupaikalla vedet kuitenkin sekoittuvat suuremmilla virtaamilla hyvin.

Ossauskosken alapuolisilla pisteillä kuormitus sekoittui myös hyvin Kemijoen virtaamaan. Padon virtaaman ollessa pieni, virtaama riitti kuljettamaan purkuvedet purkupaikalta alavirtaan, eikä suuria pitoisuuksia päässyt lasketuissa tilanteissa kertymään, vaikka vesimassan koko padon alapuolella olikin selvästi yläpuolista patoallasta pienempi.

Altaan alapuolisilla pisteillä P5-P6 purkuvesi sekoittuu hyvin Kemijoen virtaamaan, ja pitoisuusnousut keskiarvon ja suurimpien pitoisuuksien osalta vastaavat viimeistään Tervolan tasalla Ossauskosken altaassa sijaitsevien pisteiden P2-P4 kuormituksen aikaansaamia vastaavia pitoisuusnousuja Ossauskosken padolla.

9 LÄHDELUETTELO

AFRY Finland 2022. Suhangon kaivoshankkeen purkupuutki Ympäristövaikutusten arviointiselostus, Liite 3: Tuotantovaiheen aluevesitase ja kuormataseraportti. Asiakas: Suhanko Arctic Platinum Oy

Autti J., Huttula E., Mehtälä J., 2011. Kemijoen jokialueen kalatalousvelvoitteiden tarkkailutulokset 2005–2009. Tutkimusraportti 15 – Rovaniemi 2011, Kemijoki Oy.

Boehrer B., Herzprung P., Schultze M., Millero F.J. 2010. Calculating density of water in geochemical lake stratification models, Limnol. Oceanogr. Methods, 8, 567–574., RHOMV-laskuri [<https://www.ufz.de/index.php?en=39156>]

Deltares 2021. Delft3d-FLOW User Manual, version 3.15, 9.December 2021, [https://content.oss.deltares.nl/delft3d/manuals/Delft3D-FLOW_User_Manual.pdf]

FMI 2021. Ilmatieteen laitos, avoimet tietoaineistot, tiedot haettu 12/2021

Gerritsen H., de Goede E.D., Platzek F.W, van Kester J.A., Genseberger M., Uittenbogaard R.E. 2008. Validation Document Delft3D-FLOW, [https://www.researchgate.net/publication/301363924_Validation_Document_Delft3D-FLOW_a_software_system_for_3D_flow_simulations]

Kemijoki Oy 2021. Ossauskosken virtaaman tuntimittaukset 2010–2021, Kemijoki Oy:n lähettämiä tietoja.

Mitta Oy 2021. Ossauskosken syvyys- ja virtaamamittaukset 9-10.6.2021, toimitettu sähköpostin liitetiedostoina.

MML 2021. Maamittauslaitoksen avoimet tietoaineistot, maastotietokanta, haettu 03/2021.

Pohjois-Suomen ympäristölupavirasto 2007. Lupapäätös Nro 45/07/1, annettu 2.5.2017. Ossauskosken voimalaitoksen rakennusvirtaaman nostaminen, Tervola

SYKE Hertta 2022. SYKE Hertta-tietokanta, tiedot haettu 1/2022

SYKE Vemala 2021. SYKE Vemala järjestelmä, tiedot haettu 12/2021