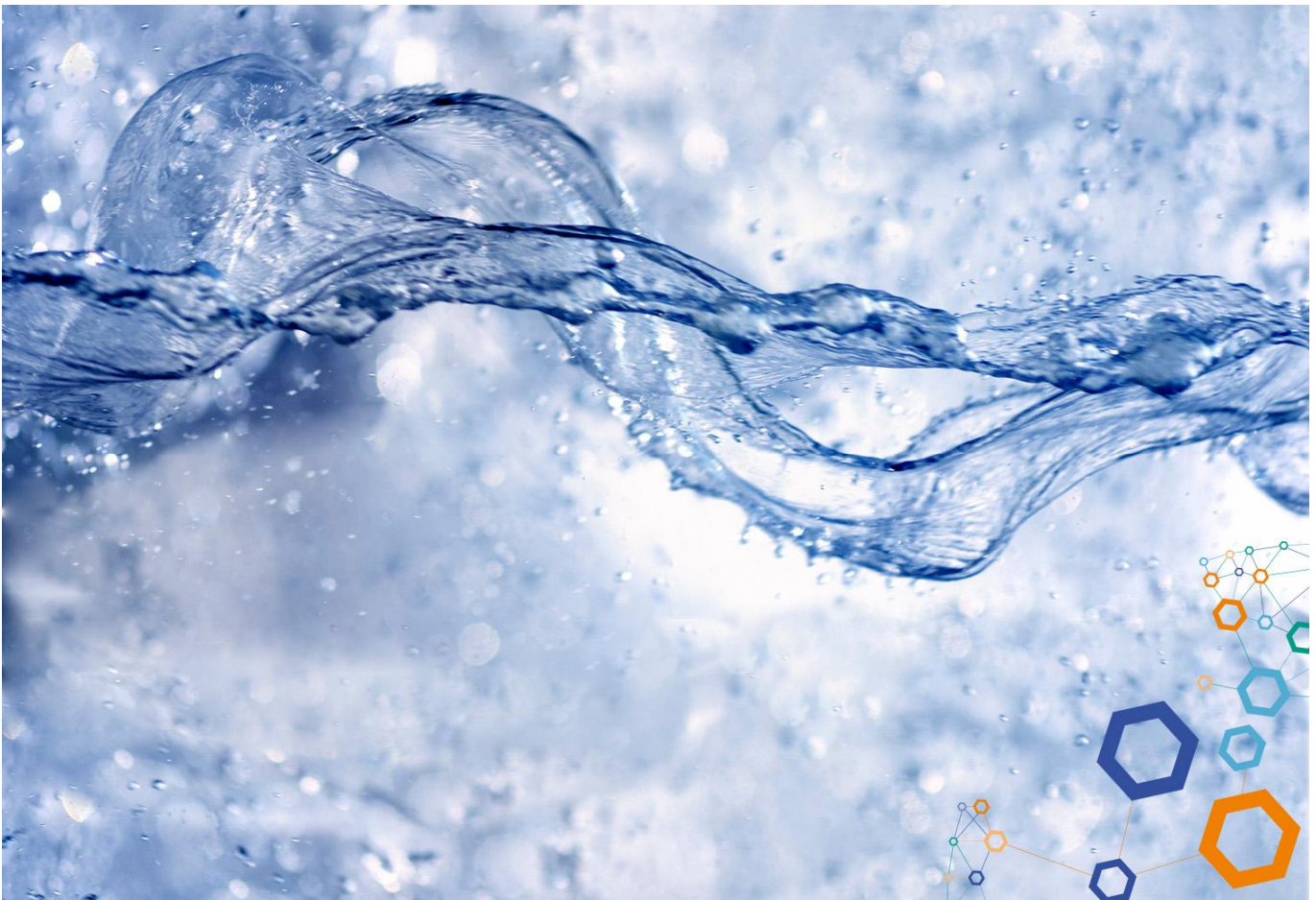


VESISTÖMALLINNUS

101003701-003
23.3.2017

**TERRAFAME OY**

Vesienhallinnan ympäristövaikutusten arviointiin (YVA) liittyvät vesistömallinnukset

COPYRIGHT © PÖYRY FINLAND OY

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

Sisältö

1	JOHDANTO.....	3
2	PURKUREITIT.....	4
2.1	OULUJOEN VESISTÖ.....	4
2.1.1	<i>Vedenlaatu</i>	5
2.2	VUOKSEN VESISTÖ.....	5
2.2.1	<i>Vedenlaatu</i>	5
3	MALLINNUS.....	7
3.1	MALLI.....	7
3.2	LÄHTÖTIEDOT.....	7
3.3	KALIBROINTI.....	10
3.4	LASKENTA JA SEN EPÄTARKKUUDET.....	10
4	NUASJÄRVEN PURKUPAIKKAVERTAILU.....	15
5	JÄTEVESIEN KULKEUTUMINEN JA LAIMENTUMINEN ERI KUORMITUSVAIHTOEHDOLLA.....	18
5.1	VAIHTOEHTO VEO.....	19
5.1.1	<i>Oulujoen vesistö</i>	19
5.1.2	<i>Vuoksen vesistö</i>	21
5.1.3	<i>Yhteenveto VEO</i>	21
5.2	VAIHTOEHTO VE1A.....	22
5.2.1	<i>Oulujoen vesistö</i>	22
5.2.2	<i>Vuoksen vesistö</i>	25
5.2.3	<i>Yhteenveto VE1a</i>	26
5.3	VAIHTOEHTO VE1B.....	27
5.3.1	<i>Oulujoen vesistö</i>	27
5.3.2	<i>Vuoksen vesistö</i>	30
5.3.3	<i>Yhteenveto VE1b</i>	31
5.4	VAIHTOEHTO VE2A JA VE2B.....	32
5.4.1	<i>Oulujoen vesistö</i>	32
5.4.2	<i>Vuoksen vesistö</i>	37
5.4.3	<i>Yhteenveto VE2a ja 2b</i>	37
6	VAIHTOEHTOJEN VERTAILU.....	38
7	JUOKSUTUKSEN JAKSOTUKSELLA SAATAVA HYÖTY (VE1A).....	45
7.1	OULUJOEN VESISTÖ.....	45
7.1.1	<i>Vuoksen vesistö</i>	46
8	MALLIN TARKENTAMINEN NUASJÄRVESSÄ NYKYISELLÄ PURKUALUEELLA.....	48
9	VIRHELÄHTEET.....	55
10	YHTEENVETO.....	56
11	VIITTEET.....	57

Liitteet

- Liite 1 Virtauskenttien havainnollistaminen, Nuasjärvi
- Liite 2 Nuasjärven purkupaikkavertailu
- Liite 3 Oulujoen vesistö, pintakerroksen jakaumakuvat
- Liite 4 Vuoksen vesistö, pintakerroksen jakaumakuvat
- Liite 5 Oulujoen vesistö, aikasarjakuvat
- Liite 6 Vuoksen vesistö, aikasarjakuvat
- Liite 7 Nuasjärvi lisäpisteiden aikasarjat VE1a
- Liite 8 Oulujoen vesistö, kuormituksen jaksotus, aikasarjakuvat

Liite 9 Vuoksen vesistö, kuormituksen jaksotus, aikasarjakuvat
Liite 10 3D-kuvat Nuasjärven tarkempi mallinnus

Pohjakartat Maanmittauslaitos, lupa nro MML/48/12

Pöyry Finland Oy

Lotta Lehtinen, MMM
Heimo Vepsä, FM
Lasse Rantala, MMM

Yhteystiedot
Elektroniikkatie 13
90590 OULU
puh. 010 3311
sähköposti etunimi.sukunimi@poyry.com
www.poyry.fi

1 JOHDANTO

Kaivosyhtiö Terrafame Oy:n vesienhallintaa koskeva ympäristövaikutusten arviointimenettely (YVA) on tullut vireille elokuussa 2016. YVAssa on erilaisia kaivostoiminnan jatkamiseen liittyviä vaihtoehtoja (VE0, VE1a, VE1b) ja vaihtoehto (VE2a ja VE2b), jossa kaivostoiminta ajetaan alas muutamassa vuodessa. Vaihtoehdot poikkeavat toisistaan vesistöön johdettavan jätevesikuormituksen osalta, jolloin vesistövaikutusten arviointi eri vaihtoehtoilla on keskeisessä asemassa. Käsiteltyjä jätevesiä johdetaan kaivosalueelta Oulujoen ja Vuoksen vesistöön vuodesta 2011 käytössä olleita vanhoja purkureittejä pitkin sekä vuoden 2015 lopulla valmistuneen purkuputken kautta Oulujoen vesistöön kuuluvaan Nuasjärveen.

Kaivosvedet sisältävät suoloja, ja ne ovat raskaampia kuin kohdevesistöjen vedet luonnostaan. Merkittävin kuormite kaivosvesissä on sulfaatti (SO₄), jolle on olemassa mm. lupaehdot ja sen mukaisesti on määritelty myös YVAssa arvioitavat vaihtoehdot. Jätevesien vaikutusten arvioimiseksi ja tulosten havainnollistamiseksi käytettiin mallinnustekniikkaa. Mallinnus on laskennallinen menetelmä, jonka avulla voidaan arvioida kaivoksen purkuvesien sisältämän sulfaatin leviämistä ja laimentumista vesistössä virtausten mukana. Tulokset ovat merkittävä apu arvioitaessa vaikutusten laajuutta ja voimakkuutta. Virtaus- ja vedenlaatumallinnus toteutettiin Environmental Fluid Dynamics Code (EFDC) Explorer ver.8 -mallinnusohjelmistolla. Mallinnus tehtiin kolmiulotteisena johtuen kohdevesistön syvyysuhteista ja raskaampien kaivosvesien kertymisestä vesistön pohjalle. Mallia on käytetty vuonna 2014 Talvivaaran kaivosvesien vaikutusten arviointiin.

Varsinaisten YVA-vaihtoehtojen lisäksi Terrafame Oy:lla oli velvoite selvittää vaihtoehtoisia purkupaikkoja Nuasjärvestä. Tämän johdosta mallinnuksen ensimmäisessä vaiheessa tehtiin vertailu nykyisen purkupaikan ja siitä länteen Rimpilänsalmessa ja Petäisenniskalla sijaitsevien purkupaikkojen välillä käyttäen suurinta kuormitusvaihtoehtoa. Toisessa vaiheessa eri YVA-vaihtoehtojen kuormituksen vaikutukset mallinnettiin valitulla Nuasjärven purkupaikalla. Lisäksi mallinnuksella selvitettiin, voidaanko jätevesien johtamista vuodenaikaisesti ajoittamalla saavuttaa ympäristöllistä hyötyä. Nykyisen Nuasjärven purkupaikan ympäristöön laadittiin tarkempi hilaverkko tarkoituksena tarkentaa mallia kuvaamaan paremmin syvänteisiin aiheutuvia vaikutuksia.

Tässä raportissa esitetään vesienhallinnan YVA-menettelyssä tehtyjen vesistö-mallinnusten tulokset.

2 PURKUREITIT

Terrafamen nykyinen kaivospiiri sijaitsee Oulujoen ja Vuoksen vesistöalueiden vedenjakaja-alueella. Kaivospiiri on osin Oulujoen vesistöalueeseen kuuluvan Jormasjärven valuma-alueella sekä osin Vuoksen vesistöalueeseen kuuluvan Nurmijoen valuma-alueella.

Kaivoksen prosessivesiä on johdettu jälkikäsitteily-yksiköiden kautta Oulujoen ja Vuoksen suunnan vesistöihin vuoden 2009 lopulta lähtien. Valtaosa ympäristöön purettavista vesistä koostuu kaivosalueelle kertyneistä sade- ja valumavesistä, jotka käsitellään ennen johtamista ympäristöön. Syksystä 2013 lähtien valtaosa puhdistetusta prosessivedestä on johdettu käänteisosmoosilaitokselle. Vuonna 2015 rakennettiin puhdistettujen vesien juoksuttamiseksi purkuputki kaivosalueen Latosuon altaalta Nuasjärveen. Purkuputki otettiin käyttöön marraskuussa 2015.

2.1 Oulujoen vesistö

Kaivosalueelta johdetaan vesiä ns. vanhaa purkureittiä pitkin Salmisen ja Kalliojärven sekä Kuusijoen kautta Kalliojokeen ja edelleen Kolmisopen, Tuhkajoen, Jormasjärven ja Jormasjoen kautta Nuasjärveen. Purkuvesistön hydro-morfologisia tietoja on esitetty taulukossa (Taulukko 2-1).

Vuoden 2015 loppupuolella Terrafame Oy aloitti käsiteltyjen jätevesien johtamisen purkuputken kautta Nuasjärveen. Purkuputki sijoittuu Nuasjärven itäosaan Juurikkalahden edustalle, noin kahden kilometrin etäisyydelle rannasta (Kuva 2-1). Purkupaikan kohdalla vesisyvyys on 7–8 m. Nuasjärven keskiosaan sijoittuu hevosenkengän muotoinen syvänealue, jossa vesisyvyys on yli 20 m. Alueen syvyysuhteet käyvät ilmi kuvista (Kuva 3-6 ja Kuva 3-7). Purkuputki sijoittuu noin 1,3–1,6 kilometrin etäisyydelle syvänealueista. Nuasjärvi on reilun kilometrin levyisen Rimpilänsalmen kautta yhteydessä Rehjaan eli Rehjanselkään. Rehja-Nuasjärven kokonaispinta-ala on noin 96 km² (Taulukko 2-1). Valuma-alueen pinta-ala on järven luusuassa 7475 km² ja järvisyys 11,7 %. Keskivirtaama Rehja-Nuasjärven luusuassa Ämmäkoskessa on noin 85 m³/s.

Nuasjärvi laskee Kajaaninjoen kautta Oulujärveen. Kajaaninjoessa sijaitsee kolme voimalaitosta, Koivukoski I ja II sekä Koivukoski III, joka on tunnelivoimalaitos. Kajaanin kaupungin läpi virtaavaan Kajaaninjokeen johdetaan vettä aina vähintään 25 m³/s. Loppuosa virtaamasta ohjataan Koivukoski III:n läpi kaupungin alittavan, noin kolme kilometriä pitkän tunnelin kautta. Koivukoski III toimii vuorokausisäännöstelyperiaatteella. Kolmas tarkasteltava purkupaikkavaihtoehto Petäisenniska sijoittuu Nuasjärven luusuaan Koivukoski III:n voimalaitoksen edustalle (Kuva 2-1).

Oulujärvi jakautuu kolmeen suureen altaaseen: Paltaselkään, Ärjänselkään ja Niskanselkään. Oulujärvessä yhtyy kaksi suurta reittiä, Kiehimäjoen kautta laskeva Hyrynsalmen reitti (8665 km², järvisyys 7,5 %) ja Kajaaninjoen kautta tuleva Sotkamon reitti (7535 km², järvisyys 11,7 %). Sotkamon reitin viimeisiä järviä, Sokajärveä ja Paltajärveä, voidaan pitää Oulujärven osa-alueina. Suurista virtaamista johtuen Oulujärven viipymä on verrattain lyhyt, 329 päivää. Läntisen Paltaselän vesimassa vaihtuu keskimäärin kerran kuukaudessa.

Oulujoen vesistö on säännöstelty, ja sitä käytetään paljon voimatalouden ehdoin, mikä heijastuu vesistön virtausoloihin sekä pitkällä että lyhyellä aikavälillä ja ne poikkeavat paljon luonnonvesien luontaisesta vaihtelusta.

2.1.1 Vedenlaatu

Talvivaaran jätevesien johtamisen aloittamisen jälkeen vastaanottavien vesien pienet virtaamat yhdessä purkuvesien korkeiden pitoisuuksien kanssa johtivat mm. erittäin korkeisiin sulfaattipitoisuuksiin ja saivat aikaiseksi lähijärvien pysyvän kerrostumisen. Salminen ja Kalliojärvi ovat olleet vuodesta 2010 lähtien luonnontilaisesta poiketen voimakkaasti kerrostuneita suolaisten vesien kertyessä alusveteen. Pysyvän kerrostumisen syntyminen on estänyt veden syvyysuuntaisen sekoittumisen, mistä johtuen alusvesi on hapetonta ja veden laatu heikko. Myös muissa lähivesistöissä (Kalliojoki, Kolmisoppi, Tuhkajoki) voidaan havaita kaivosvesien vaikutukset mm. luonnonvesiä selvästi korkeampina sulfaattipitoisuuksina, erityisesti järvien pohjanläheisissä vesikerroksissa. Kuormitus on havaittavissa myös Jormasjärvellä ja Jormasjoessa luontaista taustapitoisuutta korkeampina sulfaattipitoisuuksina ja ajoittaisena lievänä suolakerrostuneisuutena. Kolmisopessa keskimääräinen sulfaattipitoisuus alusvedessä on ollut vuosina 2014–2016 lähes 500 mg/l. Jormasjärvessä ja Jormasjoessa sulfaattipitoisuus on ollut alusvedessä keskimäärin 100–150 mg/l.

Nuasjärveen Juurikkalahden purkuputken länsipuolelle on johdettu Mondo Mineralsin Sotkamon kaivoksen puhdistetut jätevedet vuoteen 2010 saakka, jonka jälkeen jätevesikuormitusta ei ole ollut. Ennen purkuputken käyttöönottoa Nuasjärven syvänteen alusvedessä on mitattu kohonneita sulfaattipitoisuuksia, keskimäärin pitoisuus on ollut 25 mg/l ja korkeimmillaan noin 80 mg/l. Purkuputken käyttöönoton jälkeen Nuasjärven syvänteen sulfaattipitoisuus on ollut korkeimmillaan tasolla 80–200 mg/l. Etenkin alusveden kesäajan pitoisuuksissa on havaittavissa kasvua purkuputken käyttöönoton jälkeen. Rehjan-Oulujärven alueella sulfaattipitoisuudet ovat kasvaneet hieman Kajaaninjokeen asti, mutta ei juurikaan Oulujärvessä.

2.2 Vuoksen vesistö

Etelään Vuoksen suuntaan kaivosalueelta johdetaan vesiä Lumijokeen, joka laskee Kivijärveen ja edelleen Kivijoen kautta Laakajärveen. Laakajärvi on Vuoksen suunnalla ensimmäinen suurempi Nilsiän reittiin kuuluva järvi. Purkuvesistön hydro-morfologisia tietoja on esitetty taulukossa (Taulukko 2-1).

Kivijärvi on matala ja runsashumuksinen järvi. Laakajärvi on huomattavasti purkureitillä edeltäviä järviä suurempi vesistö. Suuresta koostaan huolimatta Laakajärvi on suurelta osin hyvin matala, etenkin pohjoisosassa jonne Kivijoki laskee. Laakajärveä on säännöstelty voimatalouden tarpeita varten vuodesta 1961 lähtien. Pääosa Laakajärven vesistä ohjataan Kiltuan voimalaitoksen kautta. Valuma-alueen pinta-ala on Laakajärven luusuassa 464 km² ja järvisuus 10,6 %. Laakajärven teoreettinen viipymä on noin 248 vrk.

2.2.1 Vedenlaatu

Myös Vuoksen suunnan purkuvesistöjen virtaamat ovat pieniä ja sulfaattipitoisuudet ovat olleet selvästi koholla Lumijoessa, Kivijärvessä ja Kivijoessa. Keskimääräiset sulfaattipitoisuudet ovat olleet Kivijärvessä päällysvedessä luokkaa 300 mg/l ja alusvedessä jopa 2000–5000 mg/l. Laakajärven keskiosassa päällysveden sulfaattipitoisuus on ollut pääosin alle 50 mg/l ja alusvedessä enimmillään noin 150–200 mg/l. Laakajärven pohjoisosassa, jonne Kivijoki laskee, on esiintynyt edellä mainittua korkeampia pitoisuuksia.

Kivijärvässä muodostunut suolakerrostuneisuus on vaikuttanut veden sekoittumiseen, mutta viime vuosina kerrostuneisuus on lieventynyt ja kesällä 2016 vedet olivat sekoittuneita. Laakajärvässä on havaittu talviaikana suolakerrostuneisuutta, mutta kesällä kerrostumista ei ole todettu.



Kuva 2-1. Kaivosalue ja purkuvesistöt sekä Nuasjärven purkupaikkavaihtoehdot.

Taulukko 2-1. Oulujoen ja Vuoksen suunnan purkuvesistöjen tietoja. Vesistöalueen pinta-ala ja järvisyystiedot laskettu vesistöalueen alarajalle.

Vesistöalue	Vesistö- alue	F km ²	L %	Purkupiste	Järvi	Vesiala ha	Tilavuus 10 ³ m ³	Suurin syvyys m	Keski- syvyys m
Oulujoen vesistö									
Tuhkajoen valuma-alue	59.885	126	3,2	Kalliojoki	Kalliojärvi	27			
				Tuhkajoki	Kolmisoppi	202	11 185	14,2	5,6
Jormasjärven valuma-alue	59.88	313	8,5	Jormasjoki	Jormasjärvi	2 063	119 237	28,0	5,8
Nuasjärven alue	59.81	7 478	11,7	Ämmäkoski	Rehja-Nuasjärvi	9 601	822 122	42,0	8,5
Paltaselän alue	59.33	17 367	10,1	Toukansalmi					
Oulujärven alue	59.3	19 839	12,8	Jylhämä	Oulujärvi	88 700		35,0	7,6
Vuoksen vesistö									
Kivijoen valuma-alue	04.645	54	3,9	Kivijoki	Kivijärvi	188	5 942	10,4	3,2
Laakajärven alue	04.644	464	10,6	Laakajoki	Laakajärvi	3 476	132 338	25,9	3,8
Kiltuanjärven alue	04.643	709	10,4	Jyrkkä	Kiltuanjärvi	1 011	83 040	36,5	8,2
Sälevän-Nurmijoen alue	04.642	1 132	9,8	Itäkoski	Haapajärvi	529	14 708	10,4	2,8
					Päsmäri	283	5 388	3,9	1,9
					Sälevä	1 678	64 995	21,6	3,9

3 MALLINNUS

3.1 Malli

Sulfaattipitoisten vesien kulkeutumisesta arvioitiin 3D-vesistömallin EFDC, (Environmental Fluid Dynamics Code) avulla. Mallin on kehittänyt Virginia Institute of Marine Science:ssa John Hamrick alun perin rannikkovesien mallinnustehtäviin. Yhdysvaltojen ympäristönsuojeluviranomainen EPA (Environmental Protection Agency) on jatkanut mallin kehitystyön tukemista ja malli on vesipäästöjen vaikutusten arviointiin suositeltujen mallien joukossa Yhdysvalloissa. Mallin jatkokehitystä on tehty Dynamic Solutions-International LLC - konsulttialan yrityksessä. Heidän toimestaan on laadittu lisäksi graafinen käyttöliittymä (EFDC Explorer, EE) mallin laadinnan ja tulosten käsittelyn ja havainnollistamisen tueksi (Craig 2011).

Kyseistä mallia on käytetty Talvivaaran jätevesien kulkeutumisesta arviointiin jo aikaisemmin, viimeksi vuonna 2014 purkupuutken rakentamisesta ja eri purkupaikkoja arvioitaessa (Pöyry Finland Oy 2014a, b). Mallin nyt käytössä olevaan versioon on lisätty jääpeitteen mallinnus, joten malli kuvaa talviaikaista käyttäytymistä aiempaa totuudenmukaisemmin. Merkittävimmät jääpeitteen vaikutukset ovat tuulen vaikutuksen estyminen veteen, vaikutus pintaveden lämpötilaan sekä ilman ja veden välisen lämpöenergian siirtymisen väheneminen.

Vesistön syvyysuhteista johtuen mallinnus toteutetaan kolmiulotteisena, jotta se kuvaisi myös päästövesien pystysuuntaista sekoittumista. Laskennan pystysuoran kuvauksen tarkentamiseksi laskentamallia kalibroitiin tarkkailuaineistoilla.

3.2 Lähtötiedot

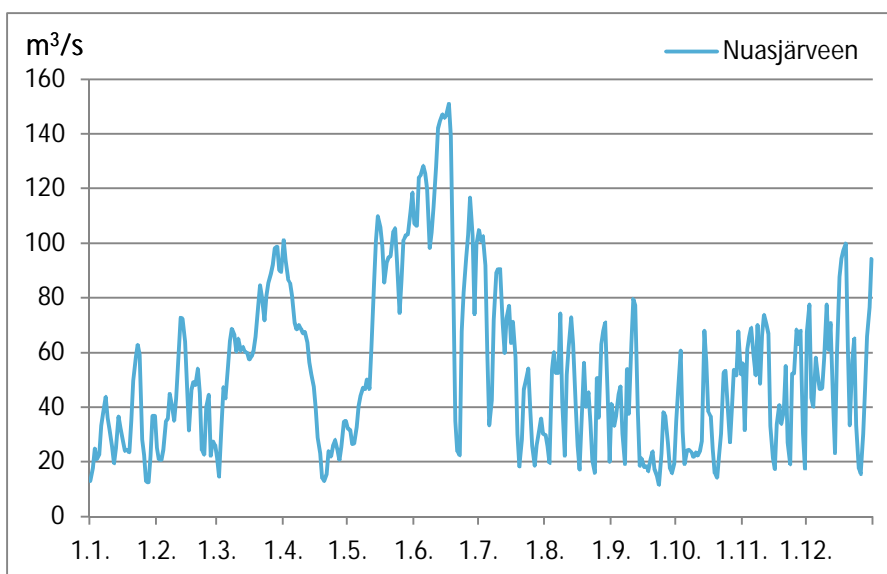
Mallinnukset tehtiin YVA-vaihtoehtojen mukaisissa kuormitustilanteissa (Taulukko 3-1). Vaihtoehdossa VE1 kuormitus pienenee kolmen vuoden jälkeen ja vaihtoehdossa VE2 ensimmäisen vuoden jälkeen. Vaihtoehto VE0 on nykyisen lupapäätöksen mukainen kuormitus. Lisäksi toteutettiin Nuasjärven vaihtoehtoisten purkupaikkojen, sekä juoksutuksen jaksotuksella saatavan ympäristöhyödyn mallinnukset vaihtoehdon VE1a mukaisella kuormituksella. Nuasjärven tarkemman kerrostuneisuuden arviointi mallinnuksen avulla tehtiin toteutuneilla kuormituksilla 1/2015–6/2016.

Taulukko 3-1. Sulfaattikuormitus eri vaihtoehtoissa eri vuosina sekä mallinnusjakson pituus.

Vaihtoehto	Vuosi	Kuormitus, tonnia/vuosi		Mallinnusjakso, vuosia
		Purkupuutki	Vanhat reitit	
VE0		15 000	1 300	4
VE1a	1–3	30 000	5 000	6
	4–	15 000	5 000	6
VE1b	1–3	15 000	15 000	6
	4–	15 000	5 000	6
VE2a	1	16 000	1 400	6
	2–7	15 000...9 000	1 400	6
VE2b	1	25 000	1 400	6
	2–7	15 000...9 000	1 400	6
Mallinnetut lisäpiirteet:				
Nuasjärven purkupaikkavertailu, VE1a:n mukainen kuormitus				6
Juoksutuksen jaksotus: talvella juoksutetaan 50% avovesikauden määrästä, VE1a:n mukainen kuormitus				2
Nuasjärven hilaverkon tarkennus nykyisen purkupaikan lähialueella, toteutunut kuormitus 1/2015-7/2016				1,5

Vaikutuksia laskettiin hydrologisilta oloiltaan ns. kuivana vuotena, jota edustaa vuosi 2003. Laskentajaksona oli 6 vuotta, ja kaikkina vuosina virtaamaolosuhteet olivat siis samat.

Oulujoen suunnalla jokivirtaamien syöttöpisteet olivat Tenetti ($F = 6\,675 \text{ km}^2$), Jormasjoki ($F = 312,53 \text{ km}^2$), Kontinjoki ($F = 88,06 \text{ km}^2$), Kiehimäjoki ($F = 8\,665 \text{ km}^2$), Varisjoki ($F = 415,08 \text{ km}^2$), Aittojoki ($F = 245,44 \text{ km}^2$) ja Koivukoski ($F = 7\,475 \text{ km}^2$). Muun lähivaluma-alueen virtaamia ei malliin erikseen syötetty, mikä aiheuttaa hieman yliarviota tuloksiin. Tenetin virtaaman keskiarvo oli em. kuivana vuotena $59,3 \text{ m}^3/\text{s}$ ja Jylhämän virtaama vastaavasti $134,1 \text{ m}^3/\text{s}$. Mallinnuksessa käytetty Nuasjärven tuleva virtaama on esitetty kuvassa (Kuva 3-1) ja jokivirtaamien syöttöpisteet käyvät ilmi kuvasta (Kuva 3-4).

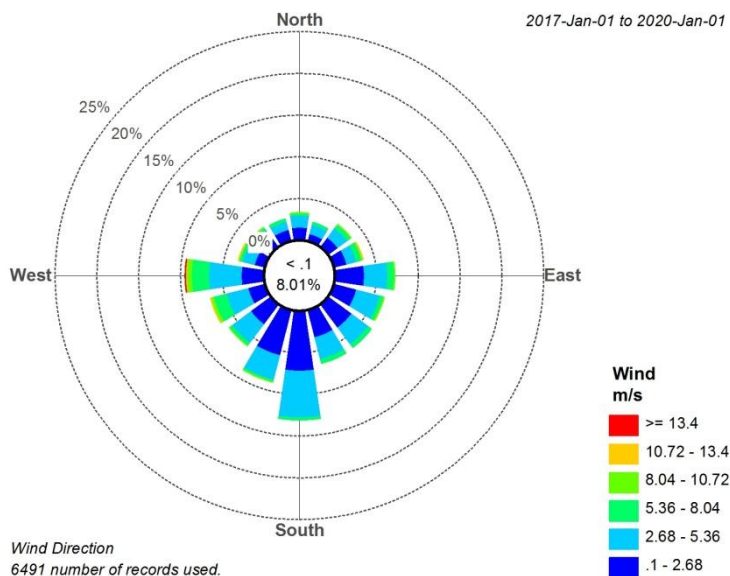


Kuva 3-1. Mallinnuksessa käytetty Nuasjärven tuleva virtaama.

Laskennassa on huomioitu Kajaaninjoen vuorokausisäännöstely, mikä voi vaikuttaa virtaamien lyhytaikaisvaihteluihin joen lähialueella. Hydrologisilta olosuhteiltaan kuivana vuotena Jylhämän juoksuksia pienennettiin vastaava määrä, jotta Oulujärven veden korkeus säilyisi oikealla tasolla.

Vuoksen suunnalla tulovirtaamina malliin käytettiin Ylä-Lumijärven, Lumijärven ja Kivijärven lähivaluma-alueiden virtaamia, jotka laskettiin vesistömallin tuloksista valuntaa ja valuma-alueiden pinta-aloja käyttäen, sekä Sopenjoen ja Suuri-Petäisen virtaamina kyseisten valuma-alueiden lähtövirtaamia (vesistömalli). Laakajärven lähtövirtaamana käytettiin säännöstelypadon toteutunutta juoksutusta. Vuoksen suunnan jokivirtaamien syöttöpisteet käyvät ilmi kuvasta (Kuva 3-5).

Suurin vaikutus paikallisiin virtausoloihin on tuulen aiheuttamalla pintakitkalla, joka saa aikaan tuulen suuntaisen pintavirtauksen, jota usein syvemmillä alueilla kompensoivat erisuuntaiset pohjavirtaukset (Liite 1). Tuulten osalta käytettiin aineistona Kajaanin lentokentän vuosien 2013–2015 tuulitietoja. Aineistossa suurimmat tuulen nopeudet ovat länsisuunnasta (Kuva 3-2). Vaikka etelänpuoleisten tuulien prosentuaalinen osuus on aineistossa suurin, ovat etelätuulet olleet keskimäärin heikoimpia eli < 2.8 m/s tuulennopeuksien osuus on suurin. Myös muut säätiedot kuten ilman lämpötilan ja järvihaidun tiedot olivat samalta ajanjaksolta.



Kuva 3-2. Mallinnuksessa käytetty tuuliaineisto (tuulen nopeus $> 0,1$ m/s) kolmen vuoden keskiarvona. Tyynen (0.1 m/s) osuus on 8.23 %.

Kerrostuneisuusoloihin vaikuttavat pääasiassa veden lämpötila- ja tiheyserot. Malli tarvitsee syöttötietona jätevesiseoksen suolaisuuden ja lämpötilan, joiden avulla se laskee tiheyden. Laskennassa suolaisuus laskettiin sulfaatti- ja natriumpitoisuuksien summana, mikä eroaa aiemmista mallinnoista, joissa tiheys määritettiin Tuhkajoesta mitattujen sulfaattipitoisuuksien ja sähkönjohtavuuksien välisen riippuvuuden kautta.

Nuasjärven purkuputken osalta laskennassa on huomioitu ejektoreista aiheutuva alkulaimennus, jossa purkuveteen sekoittuu $2/3$ järvivettä. Hilakoon 200×200 m rajoitusten vuoksi laimennusveden otto sijoitettiin mallissa noin 200 metrin päähän purkupaikasta. Laimennusvedenotto on järjestetty niin, ettei siihen pääse sekoittumaan jo syötettyjä sulfaattipitoisia vesiä.

Mallinnuksen alkutilan sulfaattipitoisuudet määritettiin kalibrointijakson alun eli alkuvuoden 2015 vesistötarkkailutietojen perusteella koko mallinnusalueelle.

3.3 Kalibrointi

Mallin kalibroinnissa hyödynnettiin toteutuneita vesi- ja kuormitusmääriä ja ympäristötarkkailussa Nuasjärvestä todettuja pitoisuuksia jaksolla 1.1.2015–30.6.2016. Kalibrointi tehtiin myös Jormasjärven ja Vuoksen suuntaan laskevien vesistöjen osalta. Oulujoen suunnassa vanhan reitin aiheuttama kuormitus kalibrointijaksolle arvioitiin Kolmisopen padolla mitattujen sulfaattihavaintojen ja virtaaman avulla. Jormasjoen virtaamana on kalibrointiajoissa käytetty vuosien 2015–2016 virtaamaa. Kalibroinnin tarkoituksena on varmistaa, että malli kuvaa luotettavasti päästövesien tarkkailussa havaittua vertikaalikäyttäytymistä.

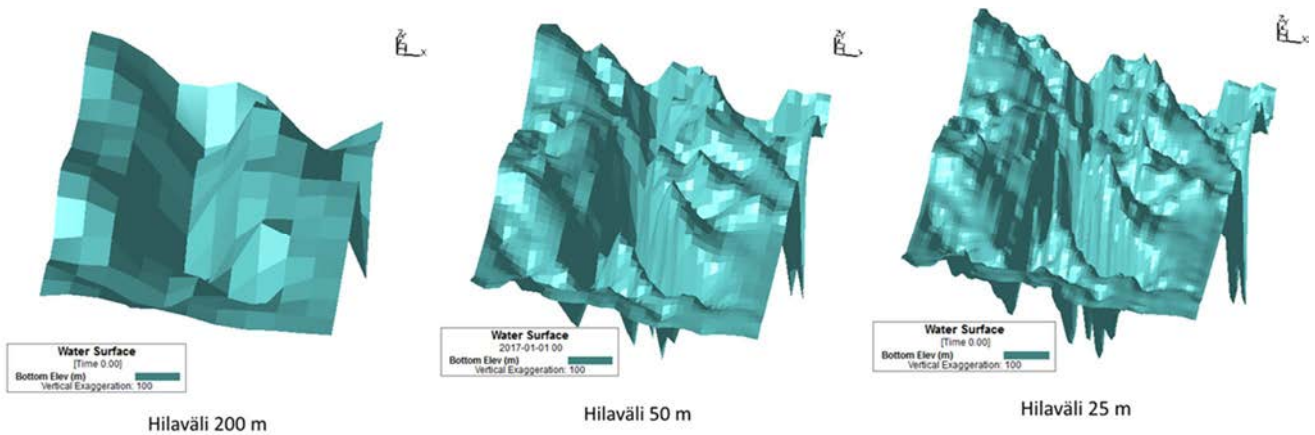
Epätarkkuutta kalibrointiin aiheutuu etenkin ajanjaksoille, joilla pitoisuushavaintojen määrä on vähäinen. Oulun suunnan kalibroinnissa epävarmuutta aiheuttaa myös Kolmisopen kuvauksen puutteellisuus. Käytettävissä olevalla aineistolla ei saatu riittävän tarkasti arvioitua Niskalan padon ohitse tapahtuvaa veden purkautumista Tuhkajokeen, joten Kolmisopesta poistuvaksi vesimääräksi asetettiin Kalliojoesta tuleva vesimäärä – toisin sanoen oletettiin, ettei Kolmisopen vedenkorkeudessa tapahdu muutoksia. Lisäksi malli sekoittaa Kolmisopen veden liian tehokkaasti, jolloin purkautuva sulfaattipitoisuus on luultavasti mallissa suurempi kuin todellisuudessa.

3.4 Laskenta ja sen epätarkkuudet

Laskentaa varten mallinnettava alue kaivosalueelta Oulujärven luusuaan jaettiin laskentaelementteihin, joiden keskimääräisen virtausnopeuden ja vedenkorkeuden malli laskee. Laskentaelementtien koko (hilakoko) oli Kalliojärvestä 50 x 50 m, Jormasjärvestä 100 x 100 m, Nuasjärvestä 200 x 200 m ja Oulujärvestä 600 x 600 m. Vuoksen suunnassa Kivijärven hilakoko oli 50x50 m ja Laakajärven 100 x 250 m. Kuvaus hilarakenteesta sekä mallinnuksessa käytetyistä tulostuspisteistä on esitetty kuvissa (Kuva 3-4 ja Kuva 3-5).

Syvyysuunnassa käytettiin ns. sigma-koordinaatistoa, jossa laskentakerrosten lukumäärä on sama kaikkialla – toisin sanoen matalilla alueilla kerrosten paksuus on pienempi kuin syvissä osissa aluetta. Laskentakerrosten lukumäärä syvyysuunnassa oli kaikissa pisteissä sama, 6 tasapaksua kerrosta. Mallinnusalueen syvyysuhteita on esitetty kuvassa (Kuva 3-6) ja Nuasjärvi tarkemmin 3D-esityksenä kuvassa (Kuva 3-7).

Käytetty hilako 200 x 200 m on liian suuri kuvaamaan pienialaisia ja jyrkkäpiirteisiä syvänteitä, joita on erityisesti Nuasjärven purkuputken lähiympäristössä. Hilan koko on 40 000 m² ja syvänteiden pinta-alat saattavat olla satojen tai muutamien tuhansien neliömetrien kokoisia, kun tarkastellaan esim. kaksi metriä maksimisyvyyden yläpuolella olevaa pohjanalaa. Näin ollen käytetty malli keskiarvoistaa pienet syvänteet rajaten ne osittain pois mallista eikä tuota oikeata tulosta pohjanläheisen veden laadusta. Mallia tarkennettiin Nuasjärven purkupaikan lähiympäristössä pienentämällä hilakoko 50 metriin ja lisäämällä kerroksia, mikä toi hieman mutta ei riittävää parannusta asiaan. Lisäksi laskenta-aika kasvaa tarkkuutta lisättäessä huomattavan pitkäksi, mikä vaikeuttaa mallinnusta. Mallin epätarkkuus syvänteiden osalta on tullut esille, kun tarkkailuaineistoa alueelta on saatu riittävästi. Hilakoon merkitys syvänteiden kuvaamisessa käy ilmi seuraavasta kuvasta (Kuva 3-3). Mallinnuksen tarkentamiseksi olisi vaadittu hilakoon pienentäminen ainakin 25 metriin, mihin ei tässä YVA-projektissa ollut mahdollisuuksia.

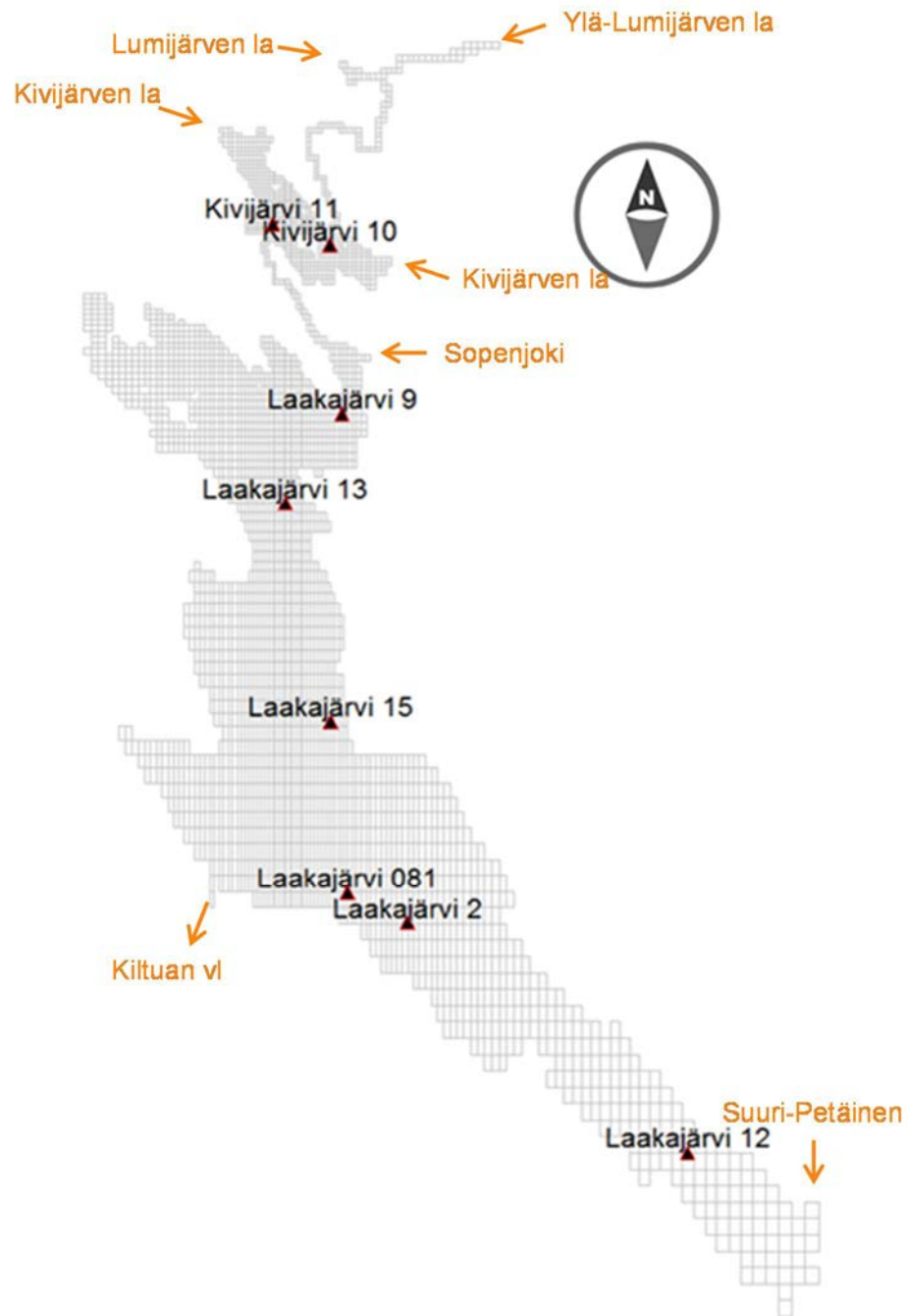


Kuva 3-3. Nuasjärven purkupaikan lähiympäristön syvänealue hilakoolla 200 m, 50 m ja 25 m.

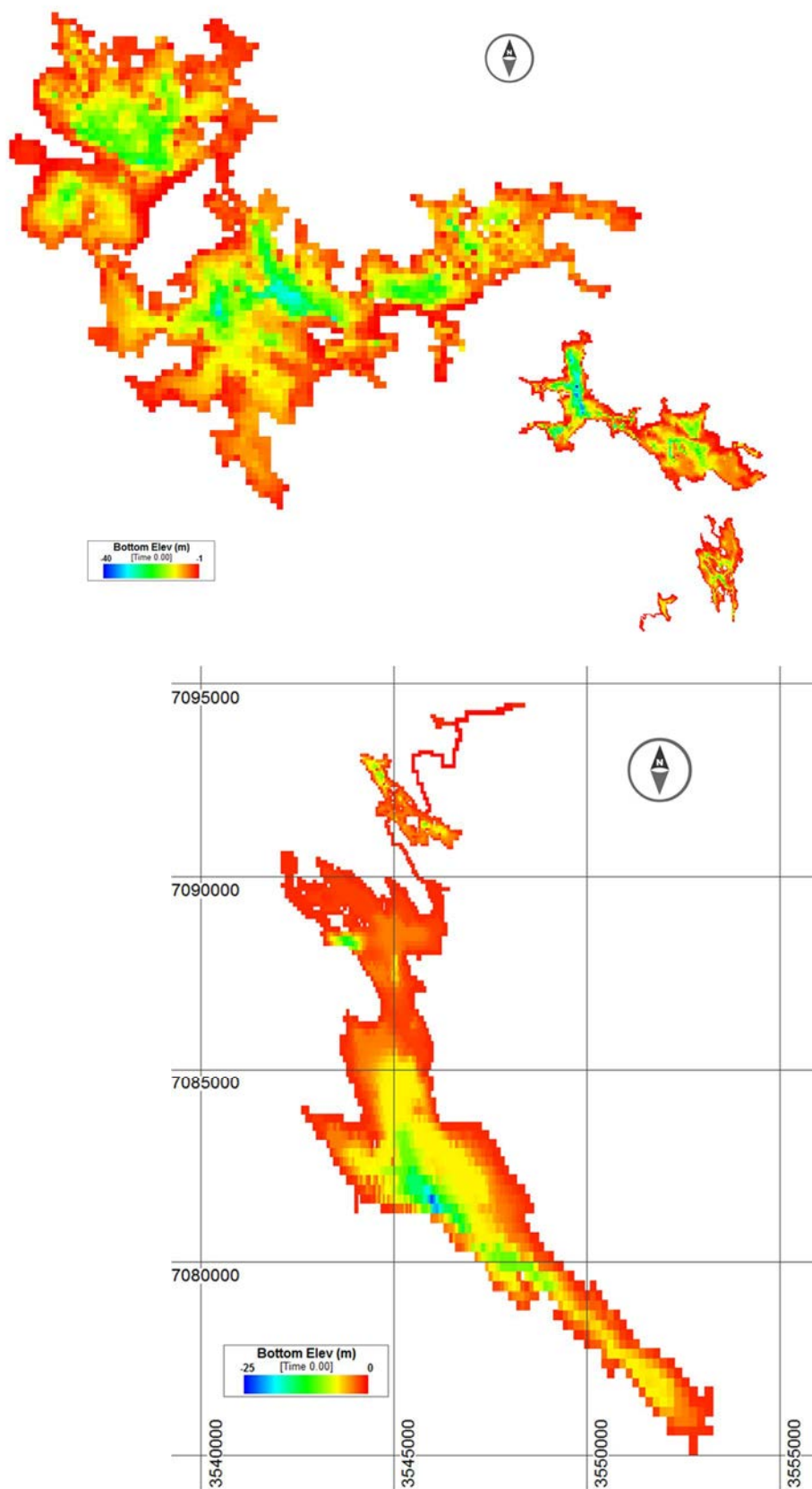
Mallinnustuloksia on raportissa esitetty pintakerroksesta (pinta) ja pohjakerroksesta (pohja). Pintakerros edustaa mallin laskemaa ylintä vesikerrosta. Pohjakerros edustaa mallin laskemaa alinta vesikerrosta. Koska kerroksia on aina 6 kpl, vaihtelee kerroksen korkeus vesisyvyydestä riippuen noin välillä 1–6 m. Edellä esitetyn hilakotarkastelun perusteella on Nuasjärven ja muidenkin pienialaisten syvänteiden osalta huomattava, että kerros 'pohja' ei ole sama kuin pohjanläheinen kerros eli alin yhden metrin vesikerros. Mallin laskema alin vesikerros edustaa karkean hilakoon johdosta paikasta riippuen selvästi pohjaa ylempänä olevaa kerrosta. Taulukoissa, kuvissa ja liitteissä käytetään kuitenkin yksinkertaisuuden vuoksi ilmaisuja pinta ja pohja sekä pintakerros ja pohjakerros.



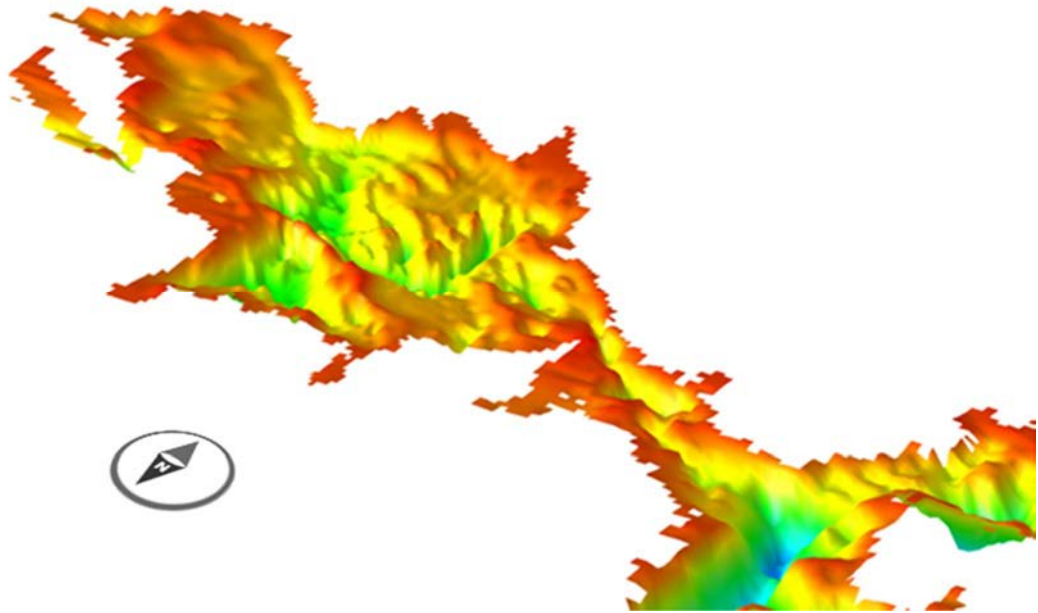
Kuva 3-4. Oulujoen vesistön purkureitin hilaajako ja tulostuspisteiden sijainti.



Kuva 3-5. Vuoksen vesistön purkureitin hilajako ja tulostuspisteiden sijainti.



Kuva 3-6. Mallinnusalueen syvyysuhteet Oulujoen (yläkuva) ja Vuoksen vesistössä (alakuva).

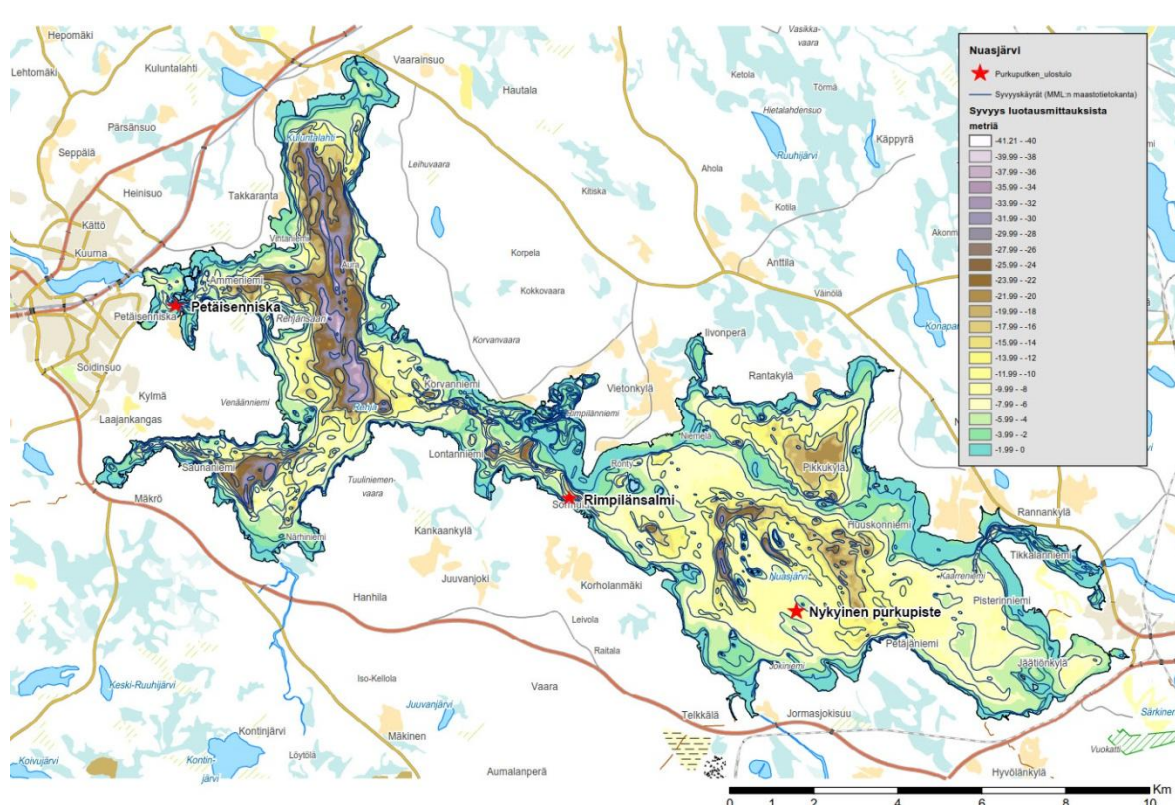


Kuva 3-7. Nuasjärven syvyys suhteet 3D-esityksenä luoteesta katsottuna.

4 NUASJÄRVEN PURKUPAIKKAVERTAILU

Terrafame Oy on johtanut kaivoksen käsiteltyjä jätevesiä purkuputkella Nuasjärven Juurikkalahden edustalle vuoden 2015 marraskuusta alkaen. Vaasan hallinto-oikeuden 28.4.2016 tekemästä päätöksestä johtuu, että Terrafame Oy:lla on velvoite selvittää myös vaihtoehtoisia purkupaikkoja Nuasjärnessä. Vesienhallinnan YVAan liittyvien vesistömallinnusten ensimmäisessä vaiheessa tehtiin vertailu nykyisen purkupaikan ja siitä länteen Rimpilänsalmessa ja Petäisenniskalla sijaitsevien purkupaikkojen välillä (Kuva 4-1). Vertailu tehtiin käyttäen Nuasjärveen purkuputken kautta johdettaville jätevesille suurimman kuormitusvaihtoehdon VE1a mukaista kuormitusta, jolloin sulfaattikuormitus on 30 000 tonnia vuodessa vuosina 1–3 ja sen jälkeen 15 000 tonnia vuodessa. Mallinnusjakso oli 6 vuotta. Mallinnuksesta laadittiin erillinen raportti (Liite 2), jonka keskeiset tulokset ja johtopäätökset on esitetty seuraavassa.

Vaihtoehtojen vertailun helpottamiseksi sulfaattipitoisuuden keskiarvot ja maksimit laskentajakson 3. ja 6. vuotena eri tarkastelupisteillä on koottu yhteenvetotaulukoihin (Taulukko 4-1, Taulukko 4-2). Jakaumakuvat ja aikasarjat on esitetty erillisraportissa.



Kuva 4-1. Vaihtoehtoisten purkupaikkojen sijainti Nuasjärässä: Nykyinen (Juurikkalahti), Rimpilänsalmi, Petäisenniska.

Mallinnuksen perusteella kaikissa kolmessa purkupaikkavaihtoehdossa esiintyy talven kerrostuneisuuskaudella noin 200–400 mg/l:ssa sulfaattipitoisuuksia alimmassa vesikerroksessa. Talvella virtaamien ollessa pieniä ja jääkannen estäessä tuulen sekoittavan vaikutuksen vesimassassa, sulfaattipitoista vettä kerrostuu voimakkaimmin purkualueille pohjanläheisiin vesikerroksiin.

Rimpilänsalmen vaihtoehdossa vaikutukset kohdistuvat pääosin salmen alueelle sekä Rehjanselälle. Siirrettäessä purkupaikkaa vesistöä alaspäin, pienenee toisaalta kuormitus merkittävästi yläpuolisessa Nuasjärven itäisessä osassa verrattuna nykyiseen tilanteeseen. Osa Rimpilänsalmeen johdetuista jätevesistä palautuu mallinnuksen perusteella kuitenkin Nuasjärven itäosaan, lähinnä sen lounaisen ja eteläpuoleisten rantojen edustalle. Virtaukset eivät järviolueella ole suoraviivaiset, vaikka virtauksen pääsuunta onkin idästä länteen. Koska valuma-alue ja vesimäärät kasvavat vain vähän nykyisen Juurikkalahden ja Rimpilänsalmen purkupaikkavaihtoehdon välillä, myöskään vaikutuksissa Rehjanselän sulfaattipitoisuuksiin ei ole kovin suurta eroa.

Petäisenniskan vaihtoehdossa voimakkaan vaikutuksen alue on pinta-alaltaan suhteellisen pieni, käsittäen mm. Mustalahden, jonka pienialaiseen syvänteeseen voi kertyä jätevesien sulfaattia. Kajaaninjoessa ja sen alapuolisessa Paltajärässä sulfaattipitoisuudet kohoavat tässä vaihtoehdossa selkeästi, mutta virtausten vaikutuksesta merkittävää kerrostumista ei Paltajärässä tapahdu. Myöskään Oulujärven Paltaselällä ei tapahdu kerrostumista merkittävässä määrin Petäisenniskan purkuvaihtoehdossa.

Laajemmin tarkasteltuna kaikissa kolmessa tarkastellussa purkupaikkavaihtoehdossa vaikutukset ovat lähellä toisiaan, esim. Oulujärven ja siitä lähtevän veden laadun kannalta. Oulujärvestä poistuvan veden sulfaattipitoisuus vaihtelee kaikissa

purkupaikka-vaihtoehdoissa 2–5 mg/l välillä. Tässä suhteessa purkupaikalla ei ole merkitystä.

Nuasjärven keskiosan syvänteissä alusvesi ei vaihtunut kevätkierron 2016 aikana, vaan kevätkierto jäi vaillinaiseksi. Hapettomia syvänteitä ei silti havaittu. Rehjanselän syvänteessä on havaittu vain lievää alusveden sähköjohtavuuden ja ainepitoisuuksien kohoamista, ja sen osalta kevätkierto toteutui. Syystäyskierto toteutui Nuasjärven kautta. Alueen syvänteiden ajoittain vaillinaisen kierto on osin luonnollinen ilmiö eikä suoraan kaivoksen purkuvesien aiheuttama. Nykyisellä purkupaikalla esiintyy kuitenkin korkeita sulfaattipitoisuuksia, ja siten purkupuoti voi osaltaan heikentää Nuasjärven itäosan syvänteiden kiertoa. Vastaavasti purkupaikan siirtäminen Rimpilänsalmeen voi aiheuttaa vaikutuksia Rehjanselän syvänteen veden vaihtumisessa.

Mallitarkastelun perusteella purkupaikan siirtämisellä voidaan parantaa Nuasjärven itäosan veden laatua ja vähentää riskiä vesimassan kerrostumiseen sen syvänteissä. Toisaalta tarkastelluilla vaihtoehdoilla purkupaikoilla Rimpilänsalmessa ja Petäisenniskassa samantasoiset kohonneet sulfaattipitoisuudet siirtyisivät vesistössä eri syvännealueille estäen epäedullisissa sääolosuhteissa täyskiertoa ko. alueilla. Purkupaikan siirtoa ei siten vesistön kokonaisuuden kannalta arvioida erityisen hyödylliseksi. Nuasjärvellä on runsaasti loma-asutusta sekä kalastus- ja muuta virkistyskäyttöä. Kajaaninjoen virkistyskäyttöarvo on erityisen merkittävä kaupungin keskustan alueella, millä on eniten merkitystä Petäisenniskan vaihtoehdossa. Koivukosken ja Ämmäkosken välissä on Linnanvirran erityiskalastuskohde, johon istutetaan kalastettavaksi taimenta ja harjusta. Lisäksi voimalaitoksen seisokkitilanteissa sulfaattipitoisuudet Nuasjärven luusuan alueella voivat nousta vielä esitettyä selvästi suuremmiksi.

Myös Juurikkalahteen ja sen läheisyyteen jo kohdistunut nykyinen ja aiempi kaivosten kuormitus puoltaa osaltaan purkupaikan pitämistä nykyisellään.

Taulukko 4-1. Yhteenveto sulfaattipitoisuuksien (mg/l) keskiarvoista ja maksimeista eri laskentapisteissä laskentajakson 3. vuotena (2019) Nuasjärven purkupuotken kuormitustasolla 30 000 t/v. Havaintopaikat on esitetty kuvassa (Kuva 3-4). Pinta = mallituksen ylin vesikerros, pohja = mallituksen alin vesikerros.

Havaintopaikka	nykyinen, Juurikkalahti				Rimpilänsalmi				Petäisenniska			
	pinta		pohja		pinta		pohja		pinta		pohja	
	keskiarvo	maksimi	keskiarvo	maksimi	keskiarvo	maksimi	keskiarvo	maksimi	keskiarvo	maksimi	keskiarvo	maksimi
Nykyinen purku	16	40	270	444	4	23	2	6	2	22	1	4
Nuasjärvi 22	19	36	21	41	6	23	8	24	4	23	5	24
Nuasjärvi 43	15	34	30	99	3	11	2	10	1	9	1	8
Nuasjärvi 35	15	34	20	36	3	9	2	9	1	10	1	2
Rimpilan purku	16	23	19	28	11	49	120	220	1	9	1	3
Nuasjärvi 44	17	23	19	28	11	49	104	200	1	8	1	3
Nuasjärvi 45	16	21	17	23	17	26	21	35	2	3	1	3
Rehjanselkä 135	15	21	16	21	16	22	17	27	2	5	2	13
Petäisenniskan purku	15	20	15	19	16	22	16	23	4	66	230	430
Kajaaninjoki 40	15	19	15	19	16	22	16	22	9	69	45	108
Paltaselkä 138	6	12	5	15	6	14	6	15	7	15	6	15
Ärjänselkä 27	4	6	4	5	5	7	4	6	5	9	5	6
Niskanselkä 140	3	4	3	4	4	4	4	4	4	5	4	5
Jylhämä 12800	3	4	3	4	4	4	4	4	4	5	4	4

Taulukko 4-2. Yhteenveto sulfaattipitoisuuksien (mg/l) keskiarvoista ja maksimeista eri laskentapisteissä laskentajakson 6. vuotena (2022) Nuasjärven purkupuutken kuormitustasolla 15 000 t/v. Havaintopaikat on esitetty kuvassa (Kuva 3-4). Pinta = mallinnuksen ylin vesikerros, pohja = mallinnuksen alin vesikerros.

Havaintopaikka	nykyinen, Juurikkalahti				Rimpilänsalmi				Petäisenniska			
	pinta		pohja		pinta		pohja		pinta		pohja	
	keskiarvo	maksimi	keskiarvo	maksimi	keskiarvo	maksimi	keskiarvo	maksimi	keskiarvo	maksimi	keskiarvo	maksimi
Nykyinen purku	9	35	160	292	2	12	1	4	1	11	1	2
Nuasjärvi 22	12	25	12	34	6	18	7	22	4	18	6	22
Nuasjärvi 43	9	18	20	50	2	10	1	6	1	10	1	5
Nuasjärvi 35	8	16	10	23	2	6	1	5	1	5	0	2
Rimpilan purku	9	13	10	15	6	25	67	135	1	5	1	3
Nuasjärvi 44	9	14	9	15	6	24	53	110	1	5	1	2
Nuasjärvi 45	8	12	8	14	9	13	11	20	1	3	1	2
Rehjanselkä 135	8	13	8	11	8	11	9	15	1	2	1	1
Petaisenniskan purku	8	11	8	11	8	11	8	12	3	43	121	250
Kajaaninjoki 40	8	10	8	10	8	11	8	11	5	41	21	54
Paltaselkä 138	3	7	3	7	3	7	3	7	4	8	3	7
Ärjänselkä 27	2	3	2	2	2	4	2	3	2	5	2	3
Niskanselkä 140	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
Jylhämä 12800	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

5 JÄTEVESIEN KULKEUTUMINEN JA LAIMENTUMINEN ERI KUORMITUSVAIHTOEHDUISSA

Seuraavassa on tarkasteltu sulfaattipitoisuuden muuttumista ja sen alueellista vaihtelua vuosikeskiarvojen ja maksimiarvojen jakaumina kaikissa vaihtoehdossa sekä Oulujoen että Vuoksen vesistön purkusuunnissa. Jakaumat on esitetty pääsääntöisesti kahden eri laskentavuoden tilanteissa eri kuormitustasoilla. Mallinnustulokset kuvaavat käytännössä sulfaatin kokonaispitoisuutta vesistössä, koska vesistön alkutila on määritelty nykyisten vesistötarkkailutulosten perusteella eikä sulfaattikuormitusta tule vesistöön muualta. Sulfaattipitoiset vedet painuvat luonnonvesiä raskaampina syvimpiin vesikerrokseen, joten voidaan olettaa maksimipitoisuuksien esiintyvän siellä. Siten raportissa on käsitelty nimenomaan alimman vesikerroksen pitoisuustasoja. Kuten kohdassa 3.4 on kuvattu, vaihtelee alimman vesikerroksen paksuus noin välillä 1–6 m vesialueen syvyydestä riippuen. Liitteissä 3–4 on esitetty jakaumat mallinnuksen mukaisessa ylimmässä, eli ns. pintakerroksessa. Lisäksi liitteissä 5–6 on esitetty pitoisuusvaihtelut koko laskentajaksoilta aikasarjoina.

Sulfaatti ei itsessään ole vesiympäristössä haitallinen aine, vaikka jotkin makeaan veteen sopeutuneet vesikasvit ja -eliöt voivat olla sille herkkiä. Sulfaatin haitallisuuteen vaikuttaa myös veden kovuus, eli haitallisuus on suurinta pehmeissä vesissä. Purkureiteillä vedet ovat pääosin pehmeitä, vaikka kaivosalueen pienissä lähivesistöissä (Salminen, Kalliojärvi ja Kivijärvi) vedet ovat kaivoksen purkuvesien kalkitsemisen seurauksena kovia tai kovahkoja. Sulfaattitasoa 100 mg/l voidaan pitää makean veden eliöstölle pääosin haitattoman tasona. Talousveden laatusuosituksissa sulfaattipitoisuuden raja-arvo on 250 mg/l.

Sisävesissä liuenneiden suolojen määrä on yleensä vähäinen maa- ja kallioperän laadusta johtuen. Myös tarkastelualueella luontainen sulfaattipitoisuus on pieni, noin 2–3 mg/l. Taulukossa (Taulukko 5-1) on esitetty sulfaattipitoisuuden eri tasoja, joita on käytetty mallinnustulosten tarkastelun tukena. Nuasjärven syvänteissä on mitattu kohonneita sulfaattipitoisuuksia (noin 50 mg/l) jo ennen Terrafamen purkupuutken

käyttöönottoa vuonna 2015 johtuen alueelle kohdistuneesta Mondo Mineralsin kaivoksen kuormituksesta.

Sulfaatin haitallisuus vesistössä johtuu pääosin välillisistä vaikutuksista eli vesien suolaantumisen ja kerrostuneisuuden häiriintymisestä sekä mahdollisesti myös hapettomissa oloissa sulfaatin pelkistymisestä mikrobiologisesti sulfidiksi ja sen seurannaisvaikutuksista.

Taulukko 5-1. Vesistössä esiintyvien sulfaattipitoisuuksien (mg/l) tasot.

Sulfaatti	mg/l
Luonnontaso	2–3
Kohonnut (10x luonnontaso)	20
Selvästi kohonnut (50x luonnontaso)	100
Korkea (100x luonnontaso)	200
Erittäin korkea (huonosti laimentunut jätevesi)	500
Jätevesi	2000-4000

5.1 Vaihtoehto VE0

Vaihtoehdossa VE0 sulfaattikuormitus on 15 000 tonnia vuodessa Nuasjärven purkupuutteen ja 1 300 tonnia vuodessa vanhoille purkureiteille. Vanhoilla purkureiteillä kuormitus jakautuu 60 %:sti Kolmisopen kautta Oulujoen suuntaan ja 40 %:sti Lumijoen kautta Vuoksen suuntaan. Tässä vaihtoehdossa on tehty neljän vuoden malliajo 2017–2020. Purkuveden SO₄-pitoisuus ensimmäisenä vuotena (2017) on 4000 mg/l ja myöhemmin vuosina (1.1.2018 lähtien) 2000 mg/l. Siten purkuvesimäärät kasvavat ensimmäisen vuoden jälkeen vuosikuormituksen pysyessä vakiona. Seuraavissa jakaumakuvissa on esitetty laskentajakson neljännen vuoden (2020) sulfaatin keskiarvo- ja maksimipitoisuudet purkuvesistöissä sekä Oulujoen (Kuva 5-1) että Vuoksen vesistön (Kuva 5-2) suunnassa.

Seuraavassa esitetyt jakaumakuvat kuvaavat 4. laskentavuoden (2022) vakiintunutta tilannetta vesistössä vaihtoehdon mukaisella kuormitustasolla. Koska sulfaattipitoiset vedet vajoavat raskaampina alusveteen ja pääsääntöisesti suurimmat sulfaattipitoisuudet mitataan alusvedessä, on tekstin yhteydessä kuvissa esitetty nimenomaan mallin mukaisen alimman vesikerroksen pitoisuusjakaumat. Ylimmän vesikerroksen vastaavat jakaumakuvat on esitetty liitteissä 3 ja 4.

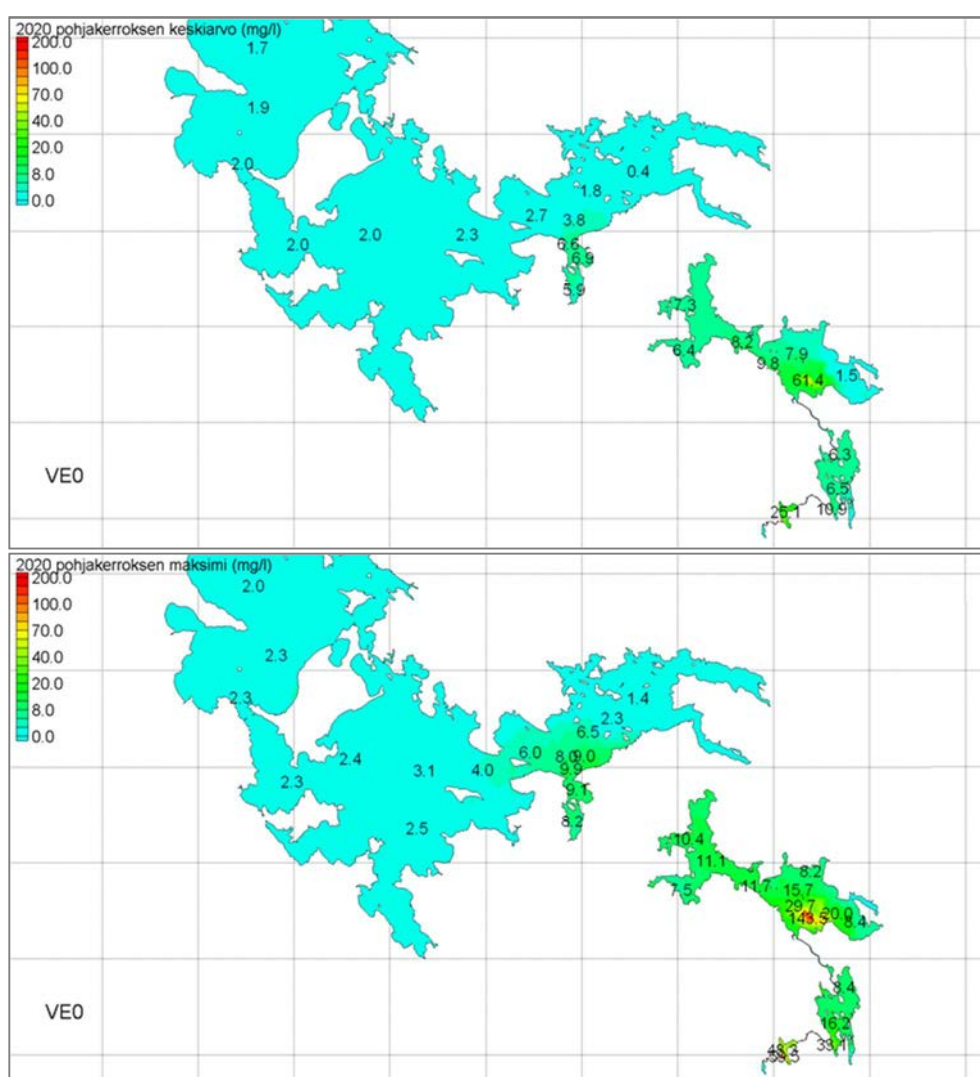
Vaihtoehdossa VE0 kuormitus pysyy vakiona, mutta koska pitoisuus on laskentajakson ensimmäisenä vuonna suurempi, ovat myös vaikutukset heikomman laimentumisen takia tuolloin selvästi suurimmat, mikä on nähtävissä liitteiden 5.1 ja 6.1 aikasarjakuvista. Ensimmäisenä vuonna vaikuttaa myös mallinnuksen alkutila ja kalibrointi toteutuneisiin vesistömittauksiin, sillä toteutunut kuormitus v. 2016 oli etenkin vanhoilla purkureiteillä suurempi kuin arvioitavassa vaihtoehdossa, mikä näkyi myös lähivesistöissä kohonneina pitoisuuksina.

5.1.1 Oulujoen vesistö

Oulujoen suunnassa vanhalla purkureitillä sulfaattikuormituksen ollessa noin 780 tonnia vuodessa, on sulfaattipitoisuus laskentajakson neljäntenä vuotena (2020) Kolmisopen alimmassa vesikerroksessa keskimäärin tasolla 25 mg/l (Kuva 5-1). Pitoisuus laimenee Tuhkajokisuulla keskimäärin tasolle 20 mg/l ja edelleen Jormasjärven eteläosassa

(Jormasjärvi 5) tasolle 10 mg/l ja pohjoisosassa (Jormasjärvi 8) tasolle 6 mg/l. Maksimissaan alimman vesikerroksen pitoisuus voi mallilaskelmien mukaan nousta ajoittain Kolmisopessa tasolle 50–70 mg/l ja Jormasjärvessä tasolle 10–30 mg/l.

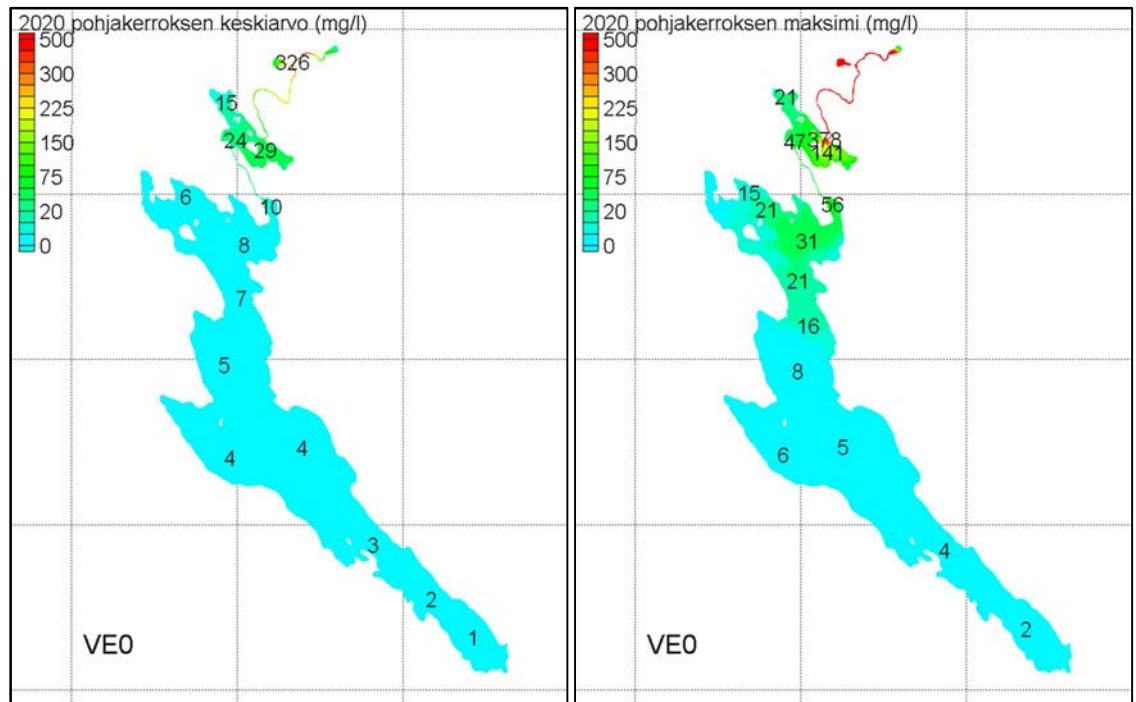
Vanhan purkureitin sekä Nuasjärven purkuputken sulfaattikuormituksen, 15 000 tonnia vuodessa, vaikutuksesta sulfaattipitoisuus on purkupaikan lähialueella alimmassa vesikerroksessa keskimäärin noin 100–150 mg/l ja maksimissaan noin 200–300 mg/l (Kuva 5-1, Taulukko 6-1). Pitoisuudet laimenevat Nuasjärven vesimassassa suhteellisen nopeasti ja purkupaikan eteläpuolella (Nuasjärvi 43) keskimääräinen pitoisuus on 20 mg/l ja maksimiarvo 50 mg/l. Jormaslahdessa ja Nuasjärven keskiosassa (Nuasjärvi 35) keskimääräinen pitoisuus on luokkaa 10 mg/l ja maksimiarvot 20–30 mg/l. Rehjanselällä, Kajaaninjoessa ja Paltajärvessä pitoisuudet ovat tasolla 7–12 mg/l. Oulujärvessä pitoisuudet ovat pääosin luokkaa 2–3 mg/l, mutta etenkin Paltaselän eteläosissa voi ajoittain esiintyä hieman korkeampia pitoisuuksia, 6–7 mg/l.



Kuva 5-1. Sulfaattipitoisuuden (mg/l) vuosikeskiarvot ja maksimiarvot pohjakerroksessa 4. laskentavuotena (2020). Nuasjärven purkuputken kuormitus 15 000 t/v ja Kolmisopen kautta 780 t/v. Taustaruudutus 10x10 km. Pohjakerros = mallinnuksen alin vesikerros.

5.1.2 Vuoksen vesistö

Vuoksen suunnassa sulfaattikuormituksen ollessa noin 520 tonnia vuodessa, on veden sulfaattipitoisuus laskentajakson neljantenä vuotena (2020) Lumijoessa keskimäärin noin 300 mg/l (Kuva 5-2), ja ajoittaiset maksimi-arvot voivat olla luokkaa 500 mg/l. Kivijärven keski- ja eteläosassa pitoisuus on keskimäärin noin 20–30 mg/l ja maksimi 50–150 mg/l. Kivijärvessä suurimmat vaikutukset ilmenevät Lumijoen suulla ja pienimmät järven pohjoisosassa. Laakajärvessä pitoisuus laimenee pohjoisosan (Laakajärvi 9 ja 13) keskimääräisestä tasosta 5–10 mg/l eteläosassa tasolle ≤ 5 mg/l. Maksimissaan Laakajärven alimman vesikerroksen pitoisuus voi mallilaskelmien mukaan olla pohjoisosassa tasolla 20–30 mg/l.



Kuva 5-2. Sulfaattipitoisuuden (mg/l) vuosikeskiarvot ja maksimi-arvot pohjakerroksessa 4. laskentavuotena (2020). Kuormitus Lumijoen kautta 520 t/v. Taustaruudutus 5x5 km. Pohjakerros = mallinnuksen alin vesikerros.

5.1.3 Yhteenveto VE0

Vaihtoehdossa VE0 vanhoilla purkureiteillä Terrafame Oy:n sulfaattikuormituksen (1 300 t/a) vaikutuksesta sulfaattipitoisuus on korkeimmillaan lähialueen järvien alimmissa vesikerroksissa talven kerrostuneisuuskaudella. Korkeimmat sulfaattipitoisuudet rajoittuvat Oulujoen suunnassa lähinnä Kolmisoppeen, Tuhkajokeen ja Jormasjärvessä Tuhkajokisuun edustalle, jossa ajoittaiset maksimipitoisuudet ovat tasoa 30–50 mg/l. Vuoksen suunnassa maksimipitoisuudet ovat mallitulosten mukaan Kivijärven etelä- ja keskiosassa 50–150 mg/l. Huomattava on, että Kivijärven pohjois- ja eteläosan syvänteet ovat varsin pysyvästi kerrostuneita, ja syvänteissä todetut pitoisuudet ovat olleet huomattavasti mallin antamia pitoisuuksia suurempia. Pitoisuudet laimenevat nopeasti kauempana purkupaikasta ollen Oulujoen suunnassa Jormasjärvessä ja Vuoksen suunnassa Laakajärvessä tasolla 10–30 mg/l. Ensimmäisen vuoden tilanteessa purkuveden korkeammasta sulfaattipitoisuudesta sekä alkutilan korkeista pitoisuuksista johtuen mallinnetut pitoisuudet ovat huomattavasti edellä kuvattua suurempia. Tällöin mallinnetut maksimipitoisuudet ovat Oulujoen suunnassa Jormasjärvessä luokkaa 100–200 mg/l ja Laakajärven pohjoisosassa 300–600 mg/l.

Nuasjärveen aiheutuu Terrafame Oy:n sulfaattikuormituksesta purkuputken kautta (15 000 t/a) talven kerrostuneisuuskaudella maksimissaan noin 300 mg/l sulfaattipitoisuuksia purkualueelle mallin mukaiseen alimpaan vesikerrokseen.. Nuasjärven keski- ja eteläosassa pitoisuudet ovat vastaavasti luokkaa 10–50 mg/l. Nuasjärven keskiosan syvänealueella sulfaattipitoisuudet nousevat tarkkailutulosten perusteella todennäköisesti mallinnettua suuremmiksi johtuen siitä, että malli ei pysty kuvaamaan kunnolla pienialaisia syvänteitä. Nuasjärven suurissa vesimassoissa purkuveden korkeampi pitoisuus ensimmäisenä vuonna ei mallilaskelmien perusteella juurikaan vaikuta tilanteeseen. Lisäksi alkutilan pitoisuudet olivat Nuasjärvestä alhaisia. Nuasjärveen tulee kaivoksen kuormitusta myös vanhaa purkureittiä Jormasjoen kautta.

5.2 Vaihtoehto VE1a

Vaihtoehdossa VE1a sulfaattikuormitus on kuuden vuoden malliajossa ensimmäisinä vuosina (2017–2019) 30 000 tonnia vuodessa Nuasjärven purkuputkeen ja myöhemmin (2020–2022) 15 000 tonnia vuodessa. Vanhoille purkureiteille kohdistuva kuormitus on jatkuvasti 5 000 tonnia vuodessa. Vanhoilla purkureiteillä kuormitus jakautuu 60 %:sti Kolmisopen kautta Oulujoen suuntaan ja 40 %:sti Lumijoen kautta Vuoksen suuntaan. Purkuveden SO₄-pitoisuus kolmena ensimmäisenä vuotena on (2017–2019) 4000 mg/l ja myöhemmin vuosina (2010–2022) 2000 mg/l.

Koska vaihtoehdossa VE1a Nuasjärven purkuputken kuormitus muuttuu laskentajakson kolmannen vuoden jälkeen, on seuraavassa esitetyt jakaumakuvat esitetty 3. laskentavuoden (2019) sekä kuudennen vuoden (2022) tilanteissa, joissa vesistön tilanteen voidaan arvioida vakiintuneen ko. kuormitustasolla.

Koska sulfaattipitoiset vedet vajoavat raskaampina alusveteen ja pääsääntöisesti suurimmat sulfaattipitoisuudet mitataan alusvedessä, on tekstin yhteydessä kuvissa esitetty nimenomaan mallin mukaisen alimman vesikerroksen pitoisuusjakaumat. Pintakerroksen jakaumakuvat on esitetty liitteissä 3 ja 4.

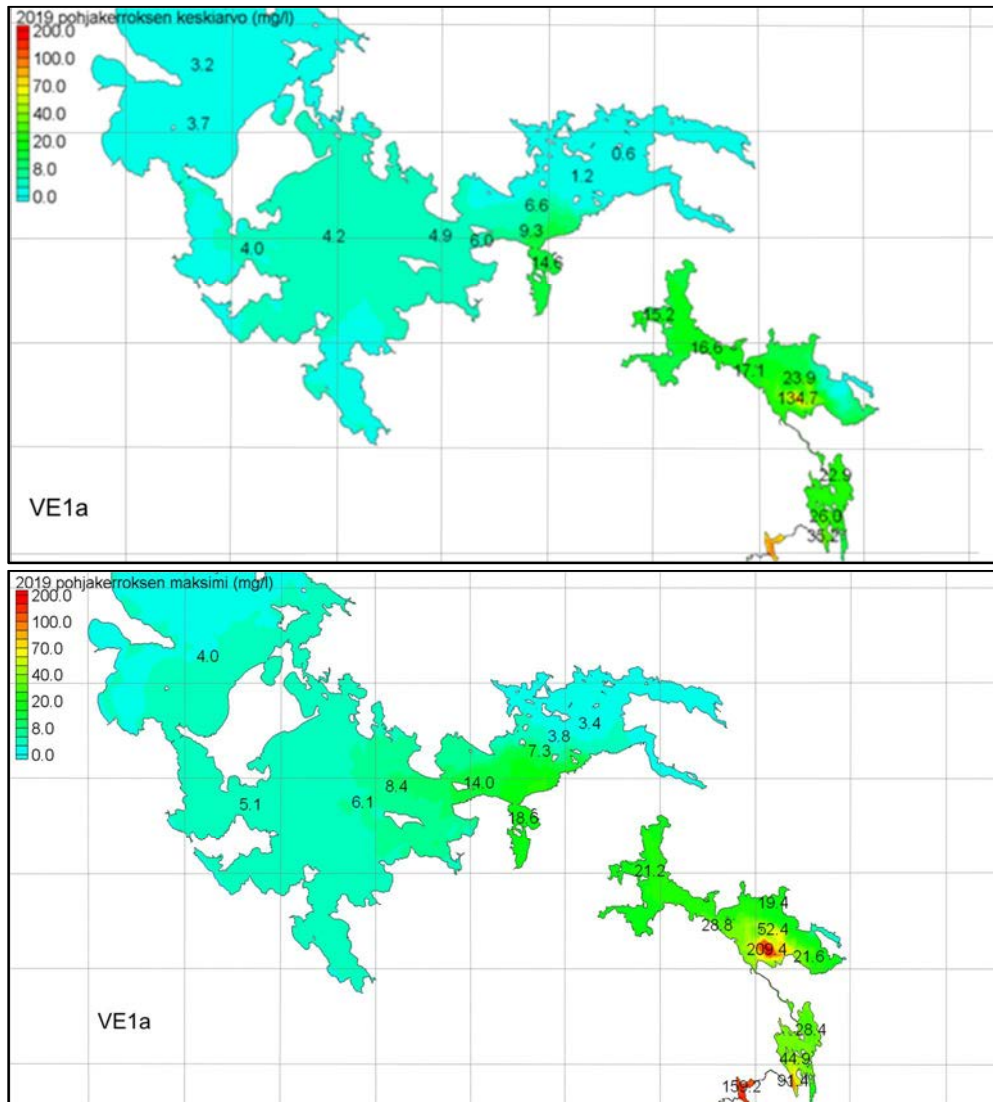
Koko laskentajakson mallinnettu pitoisuusvaihtelu eri tarkastelupisteillä on esitetty liitteiden 5.2 ja 6.2 aikasarjakuvista.

5.2.1 Oulujoen vesistö

Oulujoen suunnassa vanhalla purkureitillä sulfaattikuormituksen ollessa noin 3 000 t vuodessa, on veden sulfaattipitoisuus laskentajakson kolmantena vuotena (2019) Kolmisopen alimmassa vesikerroksessa keskimäärin noin 70–100 mg/l (Kuva 5-3). Pitoisuus laimenee Jormasjärven eteläosan keskimääräisestä tasosta 35 mg/l järven pohjoisosassa tasolle 20 mg/l. Maksimissaan alimman vesikerroksen pitoisuus voi mallilaskelmien mukaan nousta ajoittain Kolmisopessa tasolle 200 mg/l ja Jormasjärven eteläosassa tasolle 100 mg/l ja pohjoisosassa tasolle 30 mg/l.

Vanhan purkureitin sekä Nuasjärven purkuputken kautta johdetun sulfaattikuormituksen, 30 000 tonnia vuodessa, vaikutuksesta sulfaattipitoisuus on laskentajakson kolmantena vuotena (2019) Nuasjärven purkupaikan lähialueella alimmassa vesikerroksessa keskimäärin noin 200 mg/l. Maksimipitoisuus on purkupaikalla alimmassa vesikerroksessa tasoa 400 mg/l. Suurimmat pitoisuudet ajoittuvat talviaikaan alku- ja loppuvuoteen, jolloin virtaamat ovat pienimmillään ja tuulen vaikutus puuttuu jääpeitteestä johtuen (liite 5.2). Pitoisuudet laimenevat Nuasjärven vesimassassa suhteellisen nopeasti ja purkupaikan eteläpuolella (Nuasjärvi 43) keskimääräinen pitoisuus on 30 mg/l ja maksimiarvo 100 mg/l. Jormaslahdessa ja Nuasjärven keskiosassa (Nuasjärvi 35) keskimääräinen pitoisuus on luokkaa 20 mg/l ja

maksimiarvot 40 mg/l. Nuasjärven länsiosassa Rehjanselällä pitoisuudet edelleen pienenevät ja tasoittuvat vaihteluvälin ollessa 15–20 mg/l. Pinnan ja pohjan välisissä pitoisuuksissa ei ole Rehjanselällä enää juuri eroja (Kuva 5-3 ja liite 5.2). Paltajärvessä pitoisuudet ovat vielä samaa luokkaa kuin Rehjanselällä. Oulujärven suureen vesimassaan laimentuessaan sulfaattipitoisuudet pienenevät ollen Paltaselällä noin 5–6 mg/l, Ärjänselällä noin 4 mg/l ja Niskanselällä noin 3 mg/l. Paltaselän eteläosissa voi kuitenkin ajoittain esiintyä hieman suurempia pitoisuuksia, maksimissaan noin 9 mg/l.

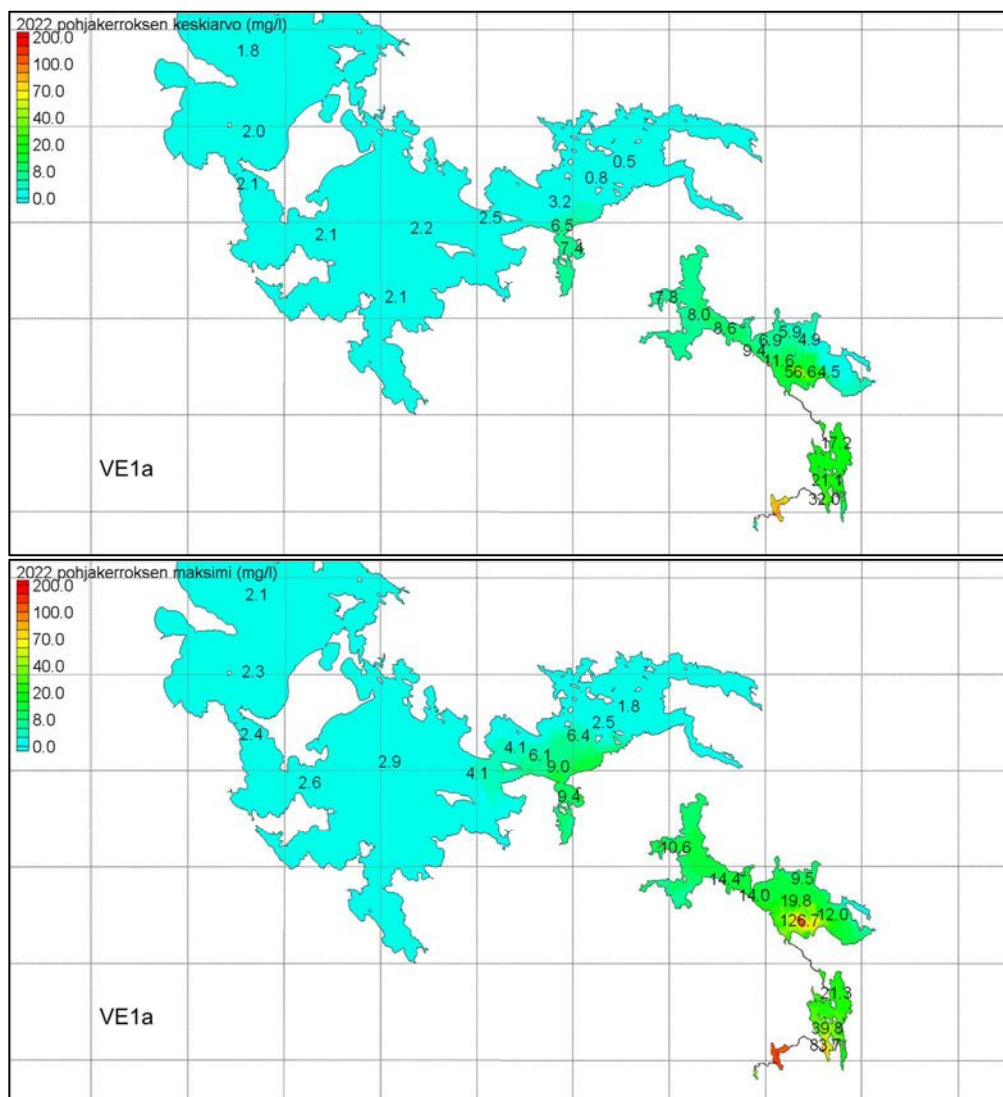


Kuva 5-3. Sulfaattipitoisuuden (mg/l) vuosikeskiarvot ja maksimiarvot pohjakerroksessa 3. laskentavuotena (2019). Nuasjärven purkupuutken kuormitus 30 000 t/v ja Kolmisopen kautta 3 000 t/v. Taustaruudutus 10x10 km. Pohjakerros = mallinnuksen alin vesikerros.

Nuasjärven purkupuutken sulfaattikuormituksen ollessa puolet pienempi, 15 000 tonnia vuodessa, laskentajakson kuudentena vuotena (2022) alimman vesikerroksen sulfaattipitoisuus on purkualueen läheisyydessä keskimäärin tasolla 50–150 mg/l ja maksimissaan tasolla 150–300 mg/l. Hieman kauempana noin kilometrin etäisyydellä purkupuutkesta mallinnettu keskimääräinen pitoisuus on enää 10–20 mg/l ja maksimit 20–50 mg/l. Rehjanselällä ja Kajaaninjoessa keskiarvot ovat tasoa 8 mg/l, Paltaselällä 3–4 mg/l, Ärjänselällä sekä Niskanselällä noin 2 mg/l. Pitoisuudet vesistössä ovat pienemmästä kuormituksesta johtuen pääosin alempia edelliseen laskentavaihtoehtoon

verrattuna, mutta purkupaikan lähellä alimmassa vesikerroksessa maksimipitoisuuksien ero on suhteellisen pieni johtuen sulfaattipitoisten vesien kertymisestä syvempiin vesikerroksiin. Voimakkaimman vaikutuksen alueen laajuus Nuasjärvessä kuitenkin pienenee kuormituksen pienentyessä.

Vanhoilla purkureiteillä kuormitus pysyy vuoden 2022 tilanteessa samana kuin 2019 ja siten pitoisuusvaikutukset ovat Kolmisopen ja Jormasjärven alueella lähes samaa luokkaa molemmissa tilanteissa (Kuva 5-4).



Kuva 5-4. Sulfaattipitoisuuden (mg/l) vuosikeskiarvot ja maksimiarvot pohjakerroksessa 6. laskentavuotena (2022). Nuasjärven purkupaikan kuormitus 15 000 t/v ja Kolmisopen kautta 3 000 t/v. Taustaruudutus 10x10 km. Pohjakerros = mallinnuksen alin vesikerros.

Nuasjärven syvännepisteellä Nuasjärvi 35 havaitut sulfaattipitoisuudet ovat olleet mallin antamia pitoisuuksia suurempia. Kainuun ELY-keskuksen kommenttien (17.2.2017) perusteella tehtiin mallinnuksesta jälkikäteen aikasarjoja lisäpisteistä Nuasjärvi23, Nuasjärvi 34, Nuasjärvi37, Nuasjärvi 46, Nuasjärvi NjL2, Nuasjärvi NjL3, Nuasjärvi NjL7. Aikasarjat tehtiin vain tässä vaihtoehdossa VE1a, jossa kuormitus Nuasjärveen on suurinta. Lisäpisteiden sijainti ja aikasarjat on esitetty liitteessä 7.

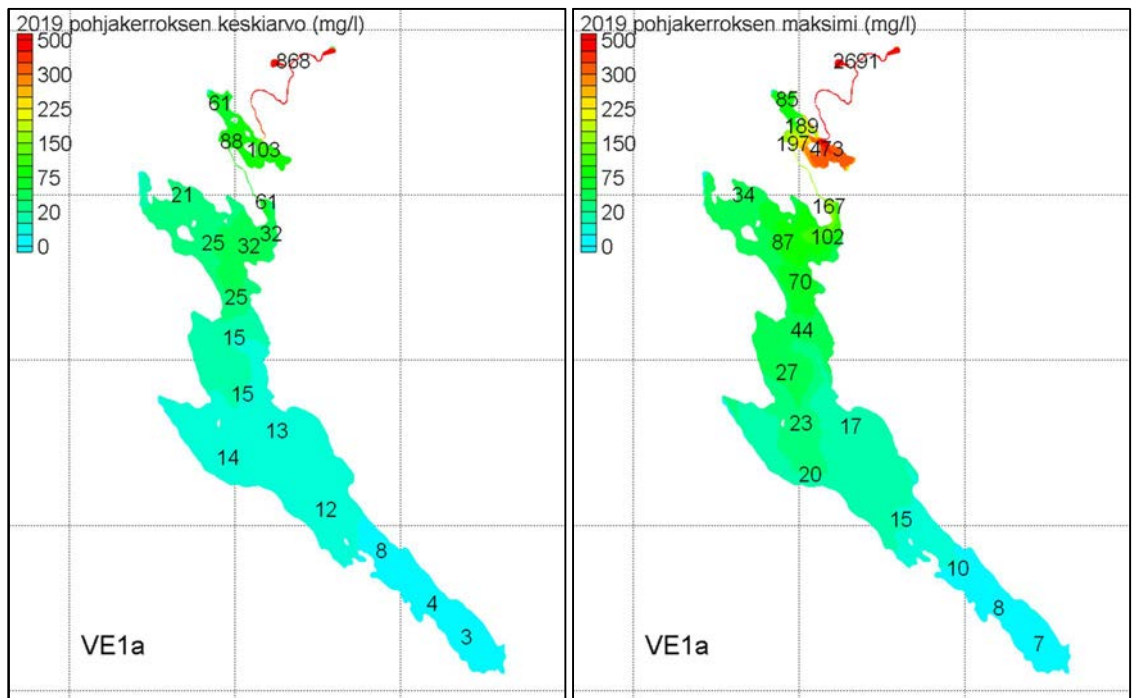
Maksimipitoisuudet ovat Nuasjärven purkupaikan ympäristössä sijaitsevilla tarkastelupisteillä Nuasjärvi 23, 34, 46, 47 (= NjL2), 48 (= NjL3) ja NjL7 mallinnustulosten perusteella luokkaa 40–90 mg/l jääden noin puoleen tarkkailussa

havaituista maksimeista. Nuasjärven länsiosassa (Nuasjärvi 37) pinnan ja pohjan väliset pitoisuuserot tasoittuvat ja maksimipitoisuudet ovat tasoa 25–30 mg/l, mikä on sama suuruusluokka kuin tarkkailutuloksissa.

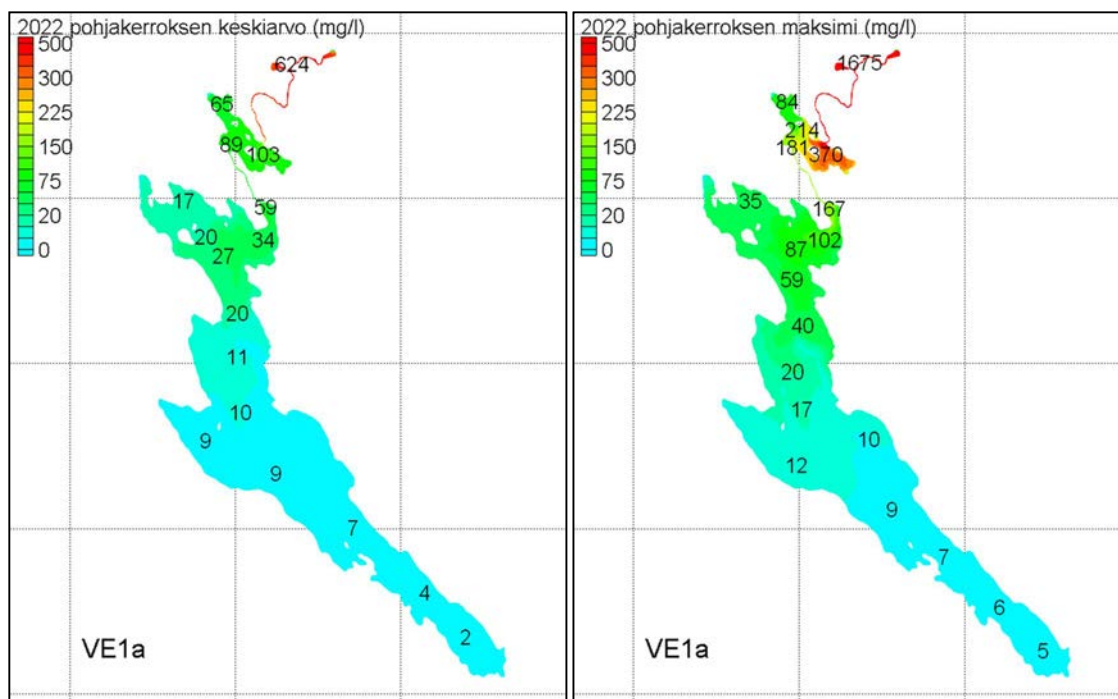
5.2.2 Vuoksen vesistö

Vuoksen suunnassa sulfaattikuormituksen ollessa noin 2000 tonnia vuodessa, on veden sulfaattipitoisuus laskentajakson kolmantena vuotena (2019) Lumijoessa keskimäärin noin 900 mg/l ja hetkelliset maksimiarvot voivat olla 2000–3000 mg/l. Kivijärvessä keskimääräinen pitoisuus vaihtelee pohjoisosan tasosta 50 mg/l keski- ja eteläosan 100 mg/l:ssa. Kivijärvessä ajoittaiset maksimipitoisuudet vaihtelevat vastaavasti välillä 100–500 mg/l. Laakajärvessä pitoisuus laimenee pohjoisosan keskimääräisestä tasosta 20–50 mg/l eteläosassa tasolle ≤ 5 mg/l. Maksimissaan Laakajärven alimman vesikerroksen pitoisuus voi mallilaskelmien mukaan olla pohjoisosassa 50–100 mg/l, keskiosassa 15–20 mg/l ja eteläosassa ≤ 10 mg/l.

Laskentajakson kuudentena vuotena (2022) kuormitustason pysyessä samana vanhoilla purkureiteillä, tulevat pitoisuudet olemaan Vuoksen suunnan vesistöissä samaa luokkaa kuin vuoden 2019 tilanteessa. Lumijoessa ja Kalliojärven eteläosassa pitoisuustasot hieman laskevat kuormitustilanteen vakiintuessa (Kuva 5-6).



Kuva 5-5. Sulfaattipitoisuuden (mg/l) vuosikeskiarvot ja maksimiarvot pohjakerroksessa 3. laskentavuotena (2019). Kuormitus Lumijoen kautta 2 000 t/v. Taustaruudutus 5x5 km. Pohjakerros = mallinnuksen alin vesikerros.



Kuva 5-6. Sulfaattipitoisuuden (mg/l) vuosikeskiarvot ja maksimiarvot pohjakerroksessa 6. laskentavuotena (2022). Kuormitus Lumijoen kautta 2 000 t/v. Taustaruudutus 5x5 km. Pohjakerros = mallinnuksen alin vesikerros.

5.2.3 Yhteenveto VE1a

Vaihtoehdossa VE1a vanhoilla purkureiteillä Terrafame Oy:n sulfaattikuormituksen (5 000 t/a) vaikutukset ovat mallilaskelmien mukaan korkeimmillaan lähialueen järvien alimmissa vesikerroksissa talven kerrostuneisuuskaudella. Korkeimmat sulfaattipitoisuudet rajoittuvat Oulujoen suunnassa lähinnä Kolmisoppeen, Tuhkajokeen ja Jormasjärven eteläosaan, jossa ajoittaiset maksimipitoisuudet ovat tasoa 100–200 mg/l. Vuoksen suunnassa maksimipitoisuudet ovat mallitulosten mukaan Kivijärven etelä- ja keskiosassa 200–400 mg/l ja Laakajärnessä Kivijoen edustalla noin 100 mg/l. Kuten edellä vaihtoehdossa VE0 on esitetty, ovat Kivijärven pohjois- ja eteläosan syvänteet pysyvästi kerrostuneita, ja syvänteissä todetut pitoisuudet huomattavasti mallin antamia pitoisuuksia suurempia. Kauempana purkupaikasta Oulujoen suunnassa Jormasjärven pohjoisosassa ja Vuoksen suunnassa Laakajärven eteläosassa pitoisuudet ovat maksimissaan 10–30 mg/l. Kuormitustason pysyessä vakiona laskevat pitoisuudet vanhoilla purkureiteillä hieman laskentajakson lopussa tilanteen vakiintuessa vesistössä.

Nuasjärveen aiheutuu Terrafame Oy:n sulfaattikuormituksesta purkupuutken kautta (30 000 t/a) talven kerrostuneisuuskaudella maksimissaan noin 400 mg/l sulfaattipitoisuuksia purkualueelle mallin mukaiseen alimpaan vesikerrokseen. Nuasjärven keski- ja eteläosissa pitoisuudet ovat vastaavasti tasolla 30–100 mg/l. Nuasjärven keskiosan syväntealueella sulfaattipitoisuudet nousevat tarkkailutulosten perusteella todennäköisesti mallinnettua suuremmiksi johtuen siitä, että malli ei pysty kuvaamaan kunnolla pienialaisia syvänteitä. Purkupuutken kuormituksen pienentyessä (15 000 t/a) kolmen vuoden jälkeen, ovat sulfaattipitoisuudet purkualueella edelleen lähes yhtä korkeita. Muualla Nuasjärnessä pitoisuustaso hieman laskee ollen maksimissaan alimmassa vesikerroksessa 20–50 mg/l. Nuasjärveen tulee kuormitusta myös vanhaa purkureittiä Jormasjoen kautta.

5.3 Vaihtoehto VE1b

Vaihtoehdossa VE1b kuuden vuoden malliajossa sulfaattikuormitus on 15 000 tonnia vuodessa Nuasjärven purkutupkeen sekä 15 000 tonnia vuodessa vanhoille purkureiteille ensimmäisinä vuosina (2017–2019) ja 5 000 tonnia vuodessa myöhemminä vuosina (2020–2022). Vanhoilla purkureiteillä kuormitus jakautuu 60 %:sti Kolmisopen kautta Oulujoen suuntaan ja 40 %:sti Lumijoen kautta Vuoksen suuntaan. Purkuveden SO₄-pitoisuus on kolmena ensimmäisenä vuotena (2017–2019) 4000 mg/l ja myöhemminä vuosina (2010–2022) 2000 mg/l.

Koska vaihtoehdossa VE1b vanhojen purkureittien kuormitus muuttuu laskentajakson kolmannen vuoden jälkeen, on seuraavassa esitetyt jakaumakuvat esitetty 3. laskentavuoden (2019) sekä kuudennen vuoden (2022) tilanteissa, joissa vesistön tilanteen voidaan arvioida vakiintuneen ko. kuormitustasolla.

Koska sulfaattipitoiset vedet vajoavat raskaampina alusveteen ja pääsääntöisesti suurimmat sulfaattipitoisuudet mitataan alusvedessä, on tekstin yhteydessä kuvissa esitetty nimenomaan mallin mukaisen alimman vesikerroksen pitoisuusjakaumat. Pintakerroksen jakaumakuvat on esitetty liitteissä 3 ja 4.

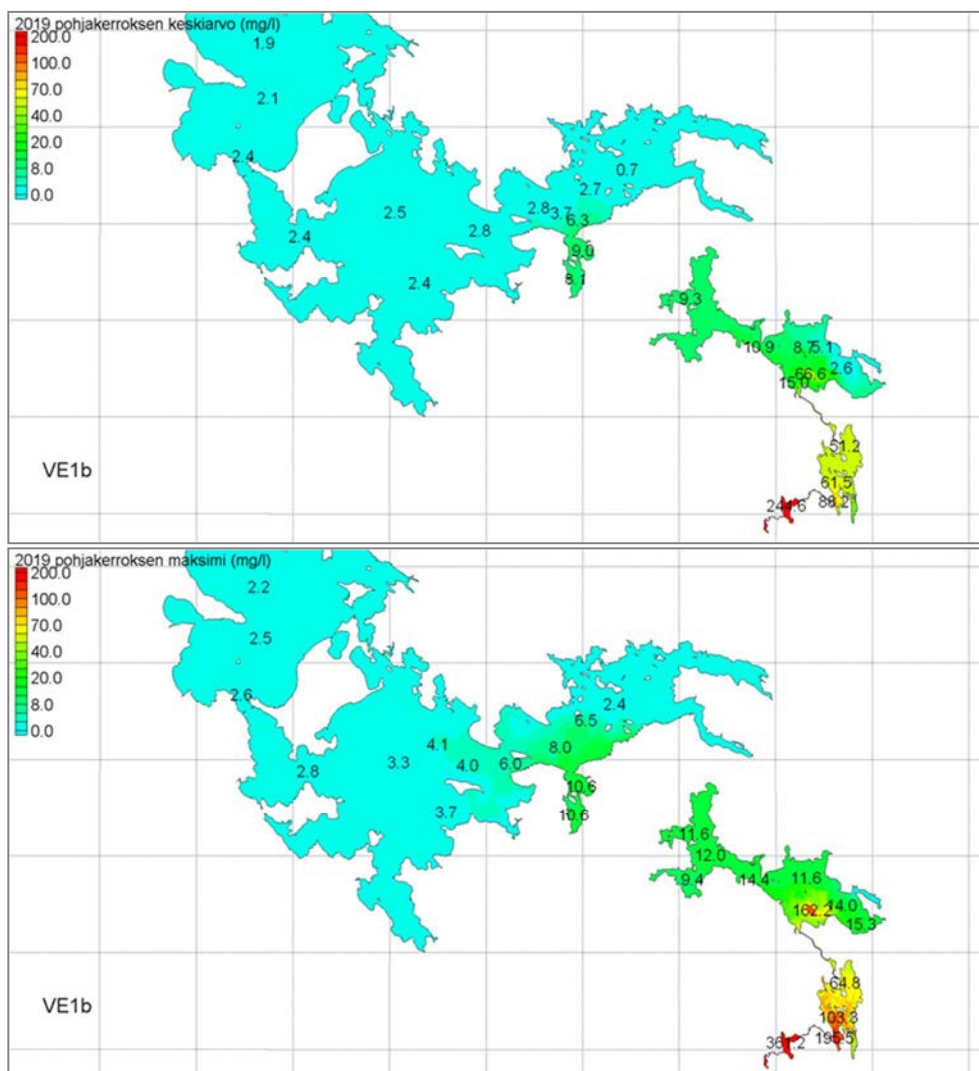
Koko laskentajakson mallinnettu pitoisuusvaihtelu eri tarkastelupisteillä on esitetty liitteiden 5.3 ja 6.3 aikasarjakuvissa.

5.3.1 Oulujoen vesistö

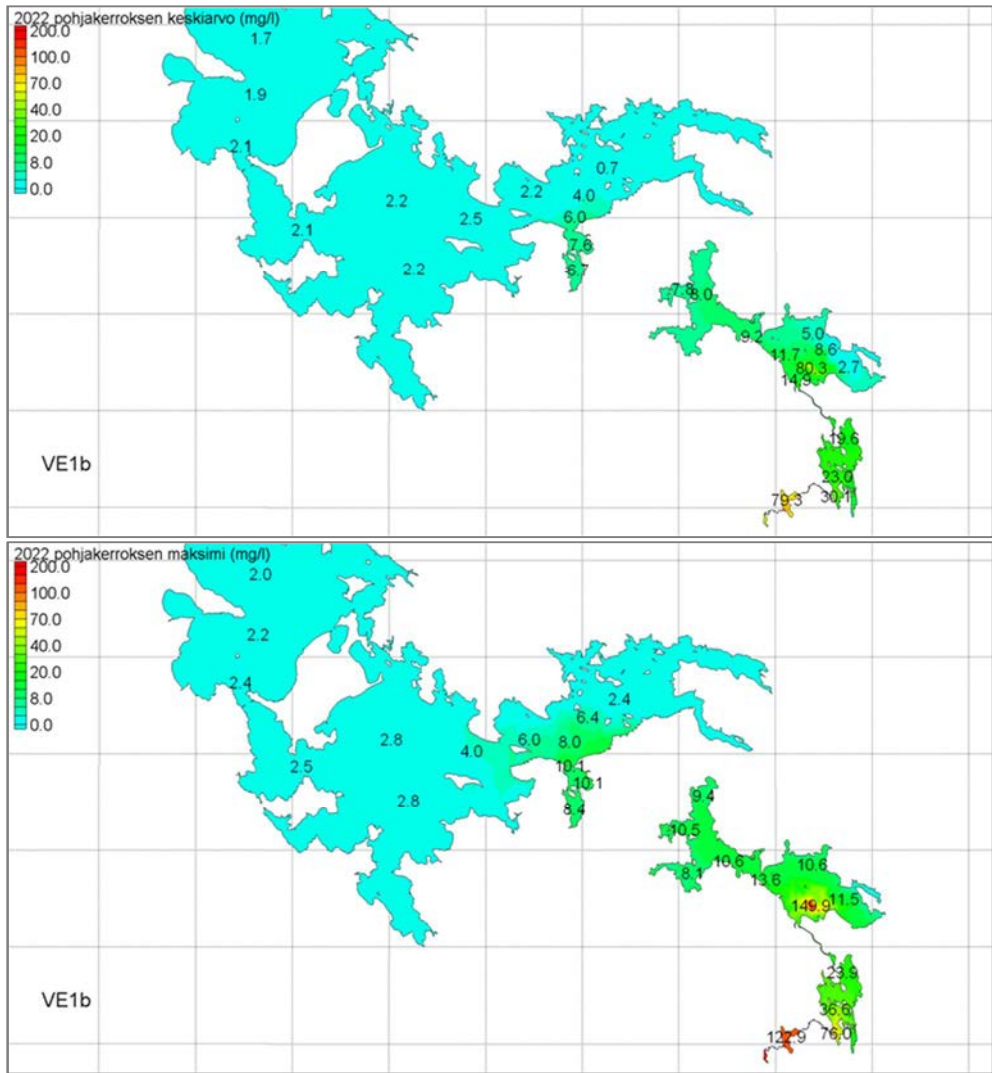
Oulujoen suunnassa vanhalla purkureitillä sulfaattikuormituksen ollessa noin 9 000 tonnia vuodessa, on sulfaattipitoisuus laskentajakson kolmantena vuotena (2019) Kolmisopen alimmassa vesikerroksessa keskimäärin noin 250–300 mg/l ja maksimissaan noin 400 mg/l (Kuva 5-7). Jormasjärven pitoisuus laimenee eteläosan keskimääräisestä tasosta 100 mg/l järven pohjoisosassa tasolle 50 mg/l. Maksimissaan pitoisuus voi mallilaskelmien mukaan nousta Jormasjärven eteläosassa tasolle 200 mg/l ja pohjoisosassa tasolle 60 mg/l.

Vanhan purkureitin sekä Nuasjärven purkutupken kautta johdetun sulfaattikuormituksen, 15 000 tonnia vuodessa, vaikutuksesta sulfaattipitoisuus on laskentajakson kolmantena vuotena (2019) Nuasjärven purkupaikan lähialueella alimmassa vesikerroksessa keskimäärin 50–150 mg/l. Maksimipitoisuus purkupaikalla on tasoa 150–300 mg/l. Pitoisuudet laimenevat Nuasjärven vesimassassa suhteellisen nopeasti ja purkupaikan eteläpuolella (Nuasjärvi 43) ja Jormaslahdessa (Nuasjärvi 22) keskimääräinen pitoisuus on noin 20 mg/l ja maksimiarvo luokkaa 50 mg/l. Nuasjärven keskiosassa (Nuasjärvi 35) keskimääräinen pitoisuus on luokkaa 10 mg/l ja maksimiarvo noin 30 mg/l. Rehjanselällä ja Kajaaninjoessa pitoisuuden vaihteluväli on noin 9–14 mg/l. Paltajärven pitoisuus on lähes samaa tasoa kuin Rehjanselällä. Oulujärven suureen vesimassaan laimentuessaan sulfaatin pitoisuudet pienenevät ollen Paltaselällä noin 3–6 mg/l ja Ärjänselällä sekä Niskanselällä noin 2–3 mg/l.

Sulfaattikuormituksen ollessa vanhalla purkureitillä pienempi, 3000 tonnia vuodessa, laskentajakson kuudentena vuotena (2022) Kolmisopen alimman vesikerroksen sulfaattipitoisuus on keskimäärin noin 80–100 mg/l ja maksimissaan noin 120–150 mg/l (Kuva 5-4). Jormasjärven eteläosassa pitoisuudet pienenevät alle puoleen verrattuna vuoden 2019 tilanteeseen. Jormasjärven eteläosassa keskimääräinen pitoisuus on noin 30 mg/l ja pohjoisosassa tasolle noin 20 mg/l. Maksimissaan alimman vesikerroksen pitoisuus voi mallilaskelmien mukaan olla Jormasjärven eteläosassa tasolla 80 mg/l. Nuasjärven vuoden 2022 tilanne ei merkittävästi eroa vuodesta 2019, koska purkutupken kuormitus pysyy vakiona.



Kuva 5-7. Sulfaattipitoisuuden (mg/l) vuosikeskiarvot ja maksimiarvot 3. laskentavuotena (2019) pohjakerroksessa. Kuormitus Nuasjärven purkupuutteen 15 000 t/v ja Kolmisopen kautta 9 000 t/v. Taustaruudutus 10x10 km. Pohjakerros = mallinnuksen alin vesikerros.

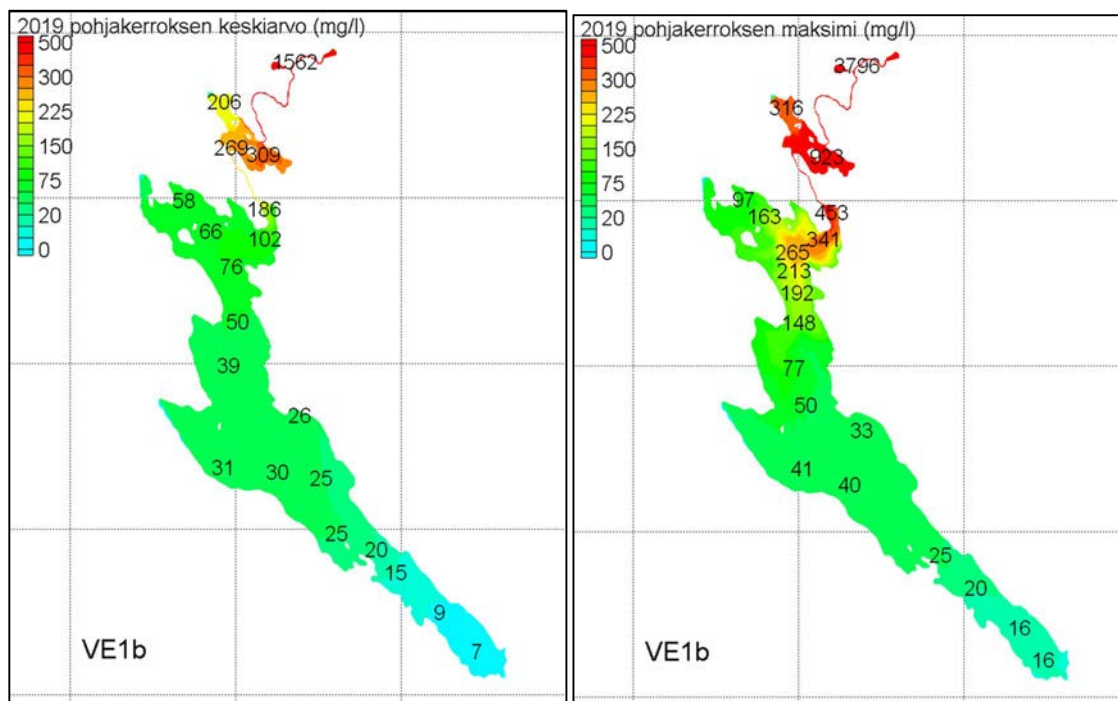


Kuva 5-8. Sulfaattipitoisuuden (mg/l) vuosikeskiarvot ja maksimiarvot pohjakerroksessa 6. laskentavuotena (2022). Kuormitus Nuasjärven purkupuutkeen 15 000 t/v ja Kolmisopen kautta 3 000 t/v. Taustaruudutus 10x10 km. Pohjakerros = mallinnuksen alin vesikerros.

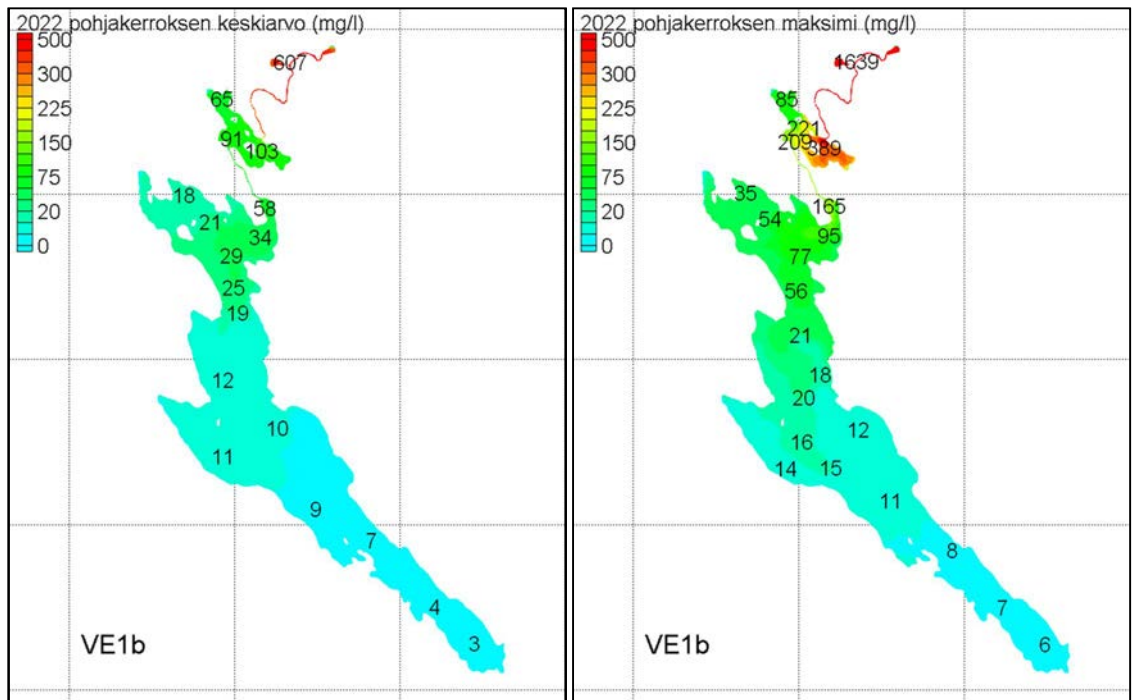
5.3.2 Vuoksen vesistö

Vuoksen suunnassa vanhalla purkureitillä sulfaattikuormituksen ollessa noin 6000 t vuodessa, on veden sulfaattipitoisuus laskentajakson kolmantena vuotena (2019) Lumijoessa keskimäärin 1500–2000 mg/l ja hetkelliset maksimiarvot voivat olla luokkaa 4000 mg/l (Kuva 5-9). Kivijärnessä keskimääräinen pitoisuus vaihtelee pohjoisosan tasosta 200 mg/l keski- ja eteläosan noin 300:aan mg/l. Kivijärnessä Lumijokisuun edustalla ajoittainen maksimipitoisuus voi olla lähes 1000 mg/l. Laakajärnessä pitoisuus laimenee pohjoisosan keskimääräisestä tasosta 60–100 mg/l eteläosassa tasolle ≤ 10 mg/l. Maksimissaan Laakajärven alimman vesikerroksen pitoisuus voi mallilaskelmien mukaan olla pohjoisosassa 100–350 mg/l, keskiosassa 30–50 mg/l ja eteläosassa 15–20 mg/l.

Kuormituksen laskiessa kolmasosaan, 2000 tonnia vuodessa, edellä esitetystä laskentajakson kuudentena vuotena (2022), pienenevät pitoisuusvaikutukset Vuoksen suunnalla merkittävästi. Kivijärnessä keskimääräinen pitoisuus putoaa tasolle 60–100 mg/l ja Laakajärven pohjoisosassa tasolle 20–60 mg/l (Kuva 5-10). Vastaavasti hetkelliset maksimipitoisuudet ovat luokkaa 100–400 mg/l ja 50–100 mg/l.



Kuva 5-9. Sulfaattipitoisuuden (mg/l) vuosikeskiarvot ja maksimiarvot pohjakerroksessa 3. laskentavuotena (2019). Kuormitus Lumijoen kautta 6 000 t/v. Taustaruudutus 5x5 km. Pohjakerros = mallinnuksen alin vesikerros.



Kuva 5-10. Sulfaattipitoisuuden (mg/l) vuosikeskiarvot ja maksimi-arvot pohjakerroksessa 6. laskentavuotena (2022). Kuormitus Lumijoen kautta 2 000 t/v. Taustaruudutus 5x5 km. Pohjakerros = mallinnuksen alin vesikerros.

5.3.3 Yhteenveto VE1b

Vaihtoehdossa VE1b vanhoilla purkureiteillä Terrafame Oy:n sulfaattikuormituksen (15 000 t/a) vaikutukset ovat mallilaskelmien mukaan korkeimmillaan lähialueen järvien alimmassa vesikerroksessa talven kerrostuneisuuskaudella. Korkeimmat sulfaattipitoisuudet rajoittuvat Oulujoen suunnassa lähinnä Kolmisoppeen, Tuhkajokeen ja Jormasjärven eteläosaan, jossa ajoittaiset maksimipitoisuudet ovat tasoa 200–300 mg/l. Vuoksen suunnassa maksimipitoisuudet ovat mallinnustulosten mukaan Kivijärvessä 300–900 mg/l ja Laakajärven pohjoisosassa noin 100–350 mg/l. Kuten edellä on esitetty, ovat Kivijärven pohjois- ja eteläosan syvänteet pysyvästi kerrostuneita, ja syvänteissä todetut pitoisuudet huomattavasti mallin antamia pitoisuuksia suurempia. Kauempana purkupaikasta pitoisuudet ovat maksimissaan Jormasjärven pohjoisosassa noin 60 mg/l ja Laakajärven eteläosassa noin 20 mg/l. Kuormitustason laskiessa kolmen vuoden jälkeen laskevat pitoisuudet vanhoilla purkureiteillä tilanteen vakiintuessa vesistöissä.

Nuasjärveen aiheutuu Terrafame Oy:n sulfaattikuormituksesta purkuputken kautta (15 000 t/a) talven kerrostuneisuuskaudella maksimissaan noin 300 mg/l sulfaattipitoisuuksia purkualueelle, mallin mukaiseen alimpaan vesikerrokseen. Nuasjärven keski- ja eteläosissa pitoisuudet ovat mallinnustulosten mukaan vastaavasti tasolla 20–50 mg/l. Nuasjärven keskiosan syvännealueella sulfaattipitoisuudet nousevat tarkkailutulosten perusteella todennäköisesti mallinnettua suuremmiksi johtuen siitä, että malli ei pysty kuvaamaan kunnolla pienialaisia syvänteitä. Kuormitustason pysyessä vakiona laskevat pitoisuudet Nuasjärvessä hieman laskentajakson lopussa tilanteen vakiintuessa. Nuasjärveen tulee kuormitusta myös vanhaa reittiä Jormasjoen kautta.

5.4 Vaihtoehto VE2a ja VE2b

Kaivoksen sulkemista koskevassa vaihtoehdossa VE2 kaivokselle varastoitu sekä sadantana tuleva vesimäärä (n. 8–10 Mm³) puretaan 8 vuoden aikana purkuputkella Nuasjärveen. Sulfaattikuormitus on ensimmäisenä vuonna (2017) 16 000 tonnia vuodessa (2a) tai 25 000 tonnia vuodessa (2b) riippuen varastoidaanko kaivosvesiä avolouhokseen. Ensimmäisen vuoden jälkeen kuormitus pienenee asteittain 15 000...9 000 tonniin vuodessa. Vanhoille purkureiteille kohdistuva kuormitus on vakio, 1 400 tonnia vuodessa. Vanhoilla purkureiteillä kuormitus jakautuu 60 %:sti Kolmisopen kautta Oulujoen suuntaan ja 40 %:sti Lumijoen kautta Vuoksen suuntaan. Purkuveden SO₄-pitoisuus on ensimmäisenä vuotena (2017) 4000 mg/l ja myöhempiä vuosina (2010–2022) 2000 mg/l.

Koska vaihtoehdossa VE2 Nuasjärven purkuputken kuormitus on suurimmillaan ensimmäisenä vuotena ja lisäksi ensimmäisen vuoden kuormitus poikkeaa vaihtoehdoissa VE2a ja VE2b, on seuraavassa esitetty jakaumakuvat 1. laskentavuoden (2017) tilanteessa. Lisäksi on esitetty kuudennen vuoden (2022) jakaumakuvat, jossa kuormitus on noin 12 000 tonnia.

Koska sulfaattipitoiset vedet vajoavat raskaampina alusveteen ja pääsääntöisesti suurimmat sulfaattipitoisuudet mitataan alusvedessä, on tekstin yhteydessä kuvissa esitetty nimenomaan mallin mukaisen alimman vesikerroksen pitoisuusjakaumat. Pintakerroksen jakaumakuvat on esitetty liitteissä 3 ja 4.

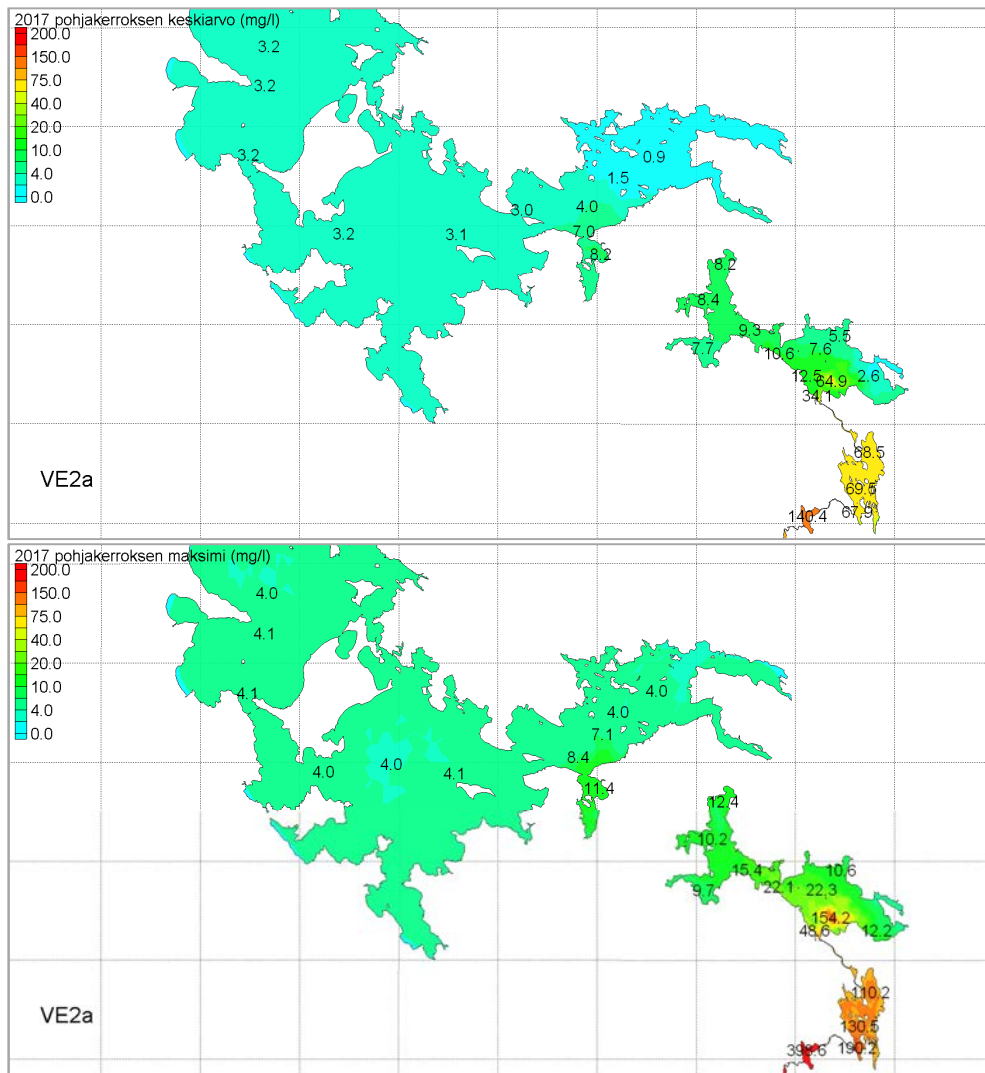
Vaikka Vaihtoehdossa VE2 vanhojen purkureittien kuormitus pysyy vakiona, on purkuveden pitoisuus suurin laskentajakson alussa, mikä on nähtävissä liitteiden 5.4, 5.5 ja 6.4 aikasarjakuvista. Ensimmäisenä vuonna vaikuttaa myös mallinnuksen alkutila, jossa vesistön pitoisuustaso oli etenkin vanhoilla purkureiteillä koholla.

5.4.1 Oulujoen vesistö

Oulujoen suunnassa vanhalla purkureitillä sulfaattikuormituksen ollessa noin 840 tonnia vuodessa, on veden sulfaattipitoisuus laskentajakson kuudentena vuotena (2022) Kolmisopen alimmassa vesikerroksessa keskimäärin noin 20 mg/l ja maksimissaan noin 40–50 mg/l (Kuva 5-11 ja Kuva 5-13). Jormasjärven alimmassa vesikerroksessa keskimääräinen pitoisuus on luokkaa 5–10 mg/l. Jormasjärven eteläosassa hetkittäinen maksimipitoisuus on vielä noin 30 mg/l.

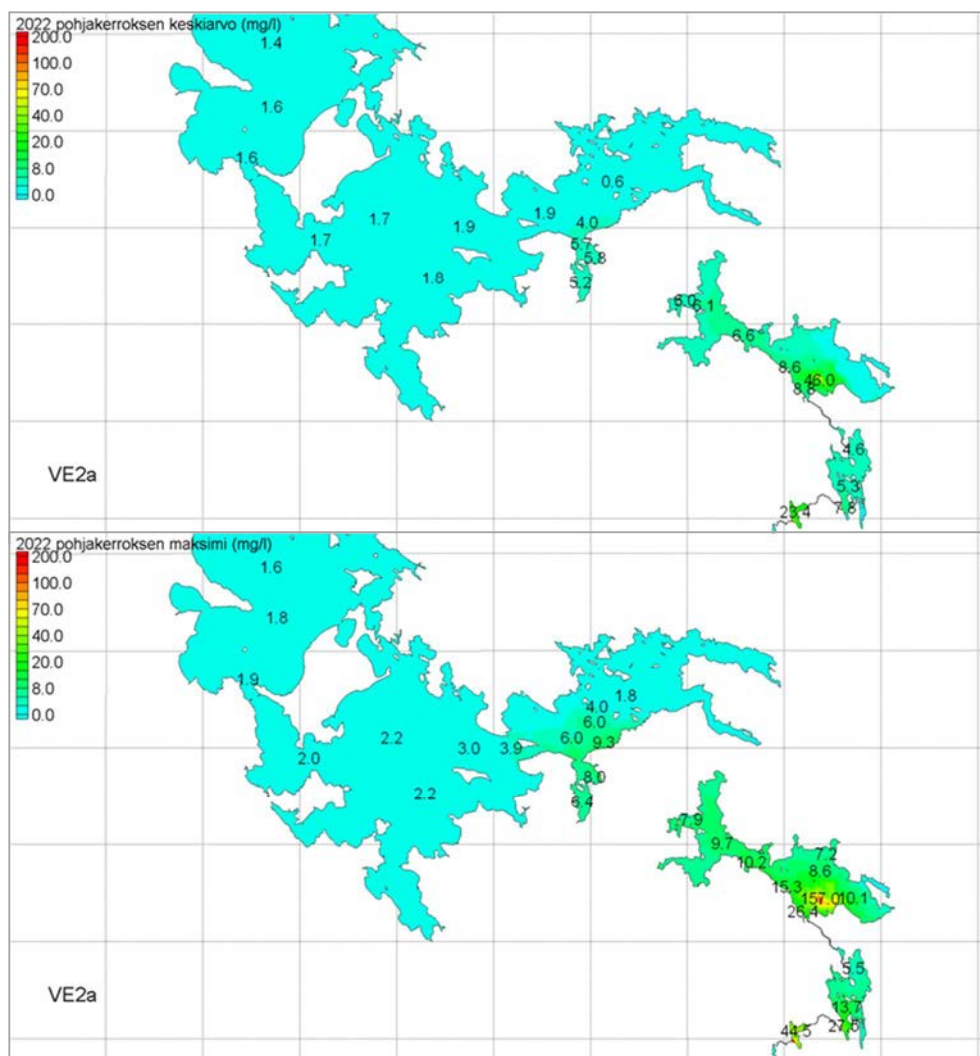
Vaihtoehdossa VE2a vanhan purkureitin sekä Nuasjärven purkuputken kautta johdetun sulfaattikuormituksen, noin 16 000 tonnia vuodessa, vaikutuksesta nousee sulfaattipitoisuus laskentajakson ensimmäisenä vuotena (2017) Nuasjärven purkupaikan lähialueella alimmassa vesikerroksessa keskimäärin tasolle 55 mg/l. Maksimipitoisuus purkupaikalla on tasoa 150–300 mg/l. Nuasjärven keskiosissa pitoisuudet ovat alimmassa vesikerroksessa keskimäärin hieman alle 10 mg/l ja maksimissaan noin 20–30 mg/l. Nuasjärven länsiosassa Rehjanselällä sekä Kajaanin alapuolisessa Paltajärvessä pitoisuuden vaihteluväli on noin 6–12 mg/l. Oulujärvessä sulfaatin pitoisuus on Paltaselällä noin 4–8 mg/l, ja Ärjänselällä sekä Niskanselällä 3–4 mg/l.

Laskentajakson kuudentena vuotena (2022, Kuva 5-12)) Nuasjärven purkuputken kautta johdetun sulfaattikuormituksen ollessa jonkin verran pienempi, 11 800 tonnia vuodessa, ovat myös pitoisuudet vesistössä jonkin verran pienempiä kuin ensimmäisenä vuonna. Purkupaikan lähellä alimmassa vesikerroksessa maksimipitoisuuksien ero on suhteellisen pieni johtuen sulfaattipitoisten vesien kertymisestä syvempiin vesikerrokseen. Voimakkaimman vaikutuksen alueen laajuus kuitenkin pienenee kuormituksen pienentyessä.

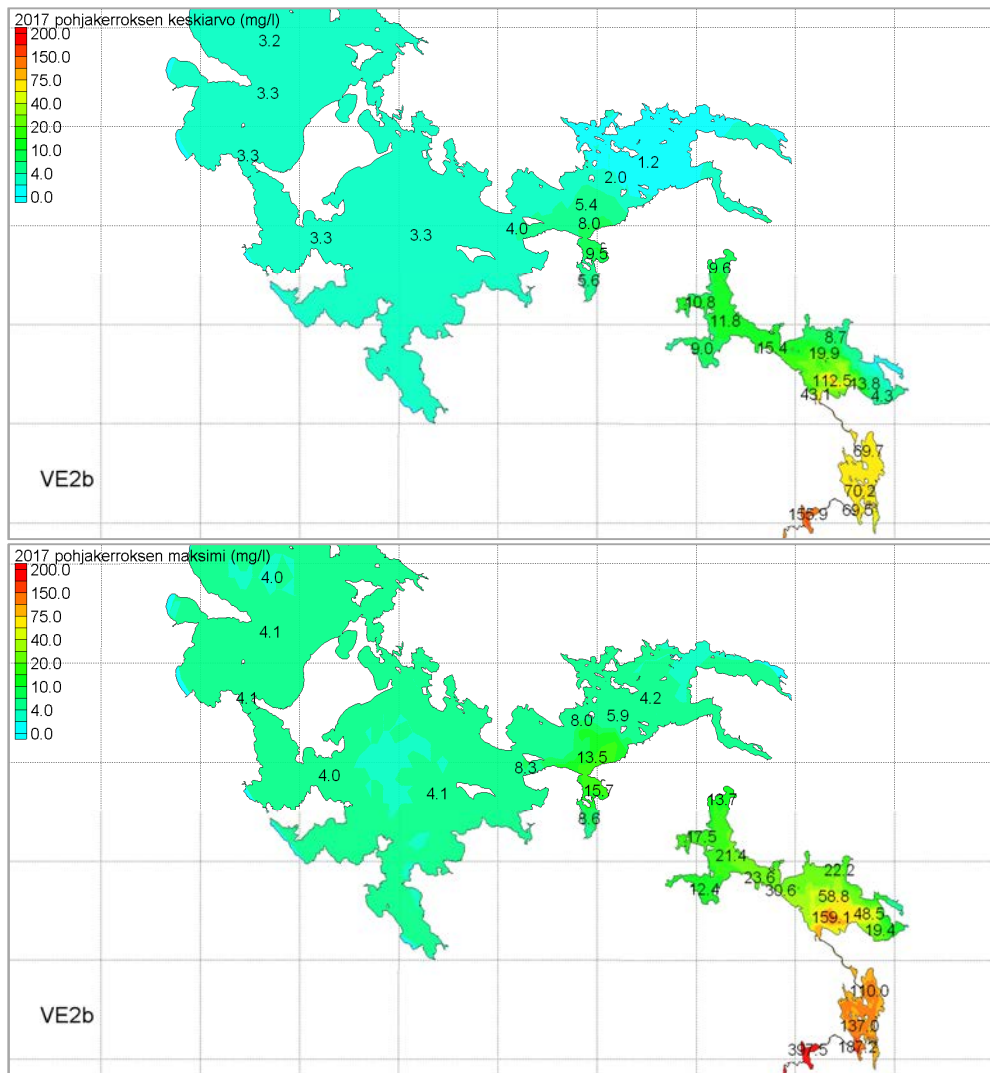


Kuva 5-11. Sulfaattipitoisuuden (mg/l) vuosikeskiarvot ja maksimiarvot pohjakerroksessa 1. laskentavuotena (2017). Kuormitus Nuasjärven purkupuutken 16 000 t/v ja Kolmisopen kautta noin 840 t/v. Taustaruudutus 10x10 km. Pohjakerros = mallinnuksen alin vesikerros.

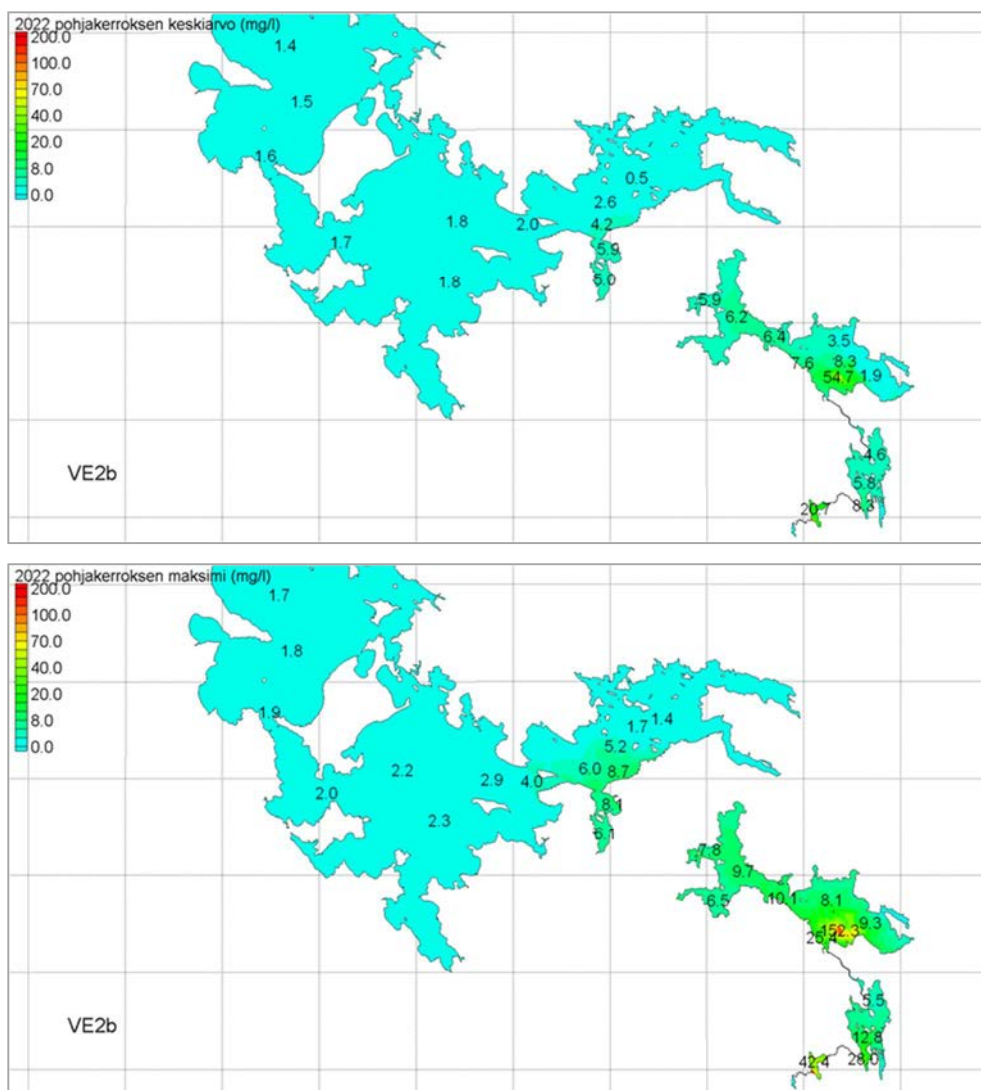
Vaihtoehdossa VE2b Nuasjärven purkupuutken kautta johdetun sulfaattikuormituksen, noin 25 000 tonnia vuodessa, vaikutuksesta on sulfaattipitoisuus laskentajakson ensimmäisenä vuotena (2017) Nuasjärven purkupaikalla alimmassa vesikerroksessa keskimäärin noin 100 mg/l (Kuva 5-13). Maksimipitoisuus purkupaikalla on alimmassa vesikerroksessa tasoa 150–400 mg/l. Nuasjärven keskiosissa vastaavasti pitoisuudet ovat keskimäärin 20–40 mg/l ja maksimissaan 50–60 mg/l. Nuasjärven länsiosassa Rehjanselällä sekä Kajaanin alapuolisessa Paltajärvessä pitoisuuden vaihteluväli on noin 10–20 mg/l. Oulujärvessä sulfaatin pitoisuus on Paltaselällä noin 5–8 mg/l, ja Ärjänselällä sekä Niskanselällä 3–4 mg/l. Vaihtoehdossa VE2b kuudennen vuoden 2022 kuormitus on sama kuin vaihtoehdossa VE2a (Kuva 5-14) eli vain laskentajakson ensimmäisen vuoden (2017) toisistaan poikkeavat kuormitustasot aiheuttavat vähäisiä eroja pitoisuuksiin vaihtoehtojen 2a ja 2b välillä.



Kuva 5-12. Sulfaattipitoisuuden (mg/l) vuosikeskiarvot ja maksimiarvot pohjakerroksessa 6. laskentavuotena (2022). Kuormitus Nuasjärven purkupuutkeen 11 800 t/v ja Kolmisopen kautta noin 840 t/v. Taustaruudutus 10x10 km². Pohjakerros = mallinnuksen alin vesikerros.



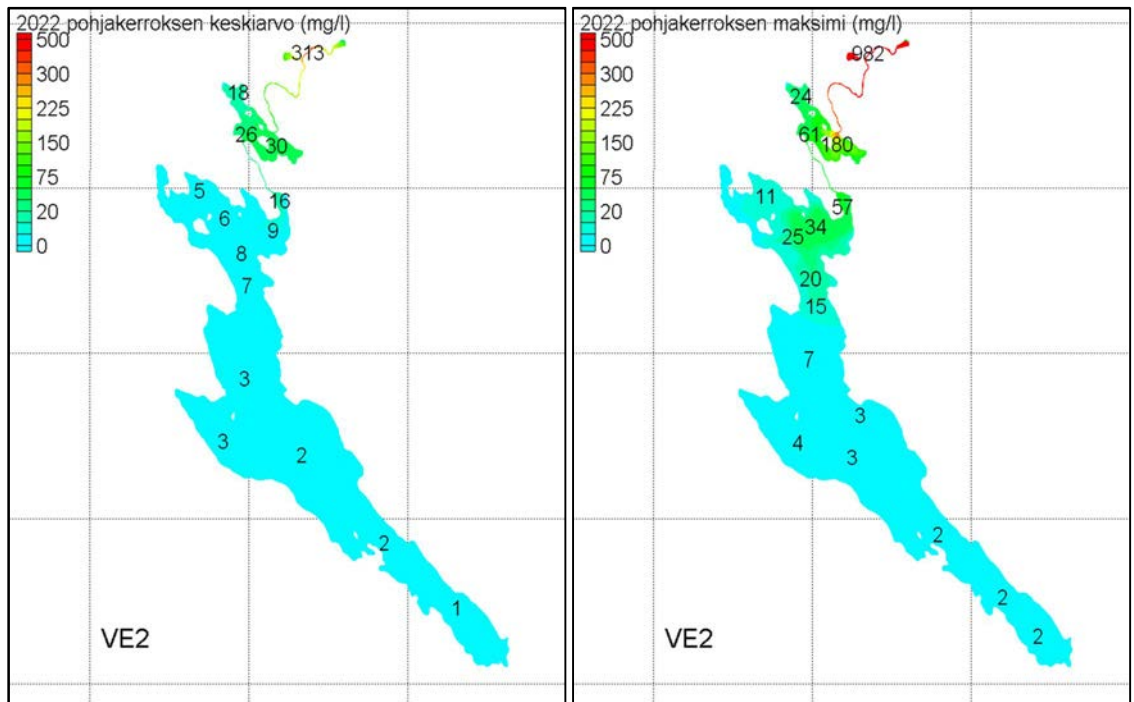
Kuva 5-13. Sulfaattipitoisuuden (mg/l) vuosikeskiarvot ja maksimiarvot pohjakerroksessa 1. laskentavuotena (2017). Kuormitus Nuasjärven purkuputkeen 25 000 t/v ja Kolmisopen kautta noin 840 t/v. Taustaruudutus 10x10 km. Pohjakerros = mallinnuksen alin vesikerros.



Kuva 5-14. Sulfaattipitoisuuden (mg/l) vuosikeskiarvot ja maksimiarvot pohjakerroksessa 6. laskentavuotena (2022). Kuormitus Nuasjärven purkutupkeen 11 800 t/v ja Kolmisopen kautta noin 840 t/v. Taustaruudutus 10x10 km. Pohjakerros = mallinnuksen alin vesikerros.

5.4.2 Vuoksen vesistö

Vuoksen suunnassa vanhalla purkureitillä sulfaattikuormituksen ollessa noin 560 tonnia vuodessa, on veden sulfaattipitoisuus laskentajakson kuudentena vuotena (2022) Lumijoessa keskimäärin noin 300 mg/l ja hetkelliset maksimiarvot ovat lähes 1000 mg/l (Kuva 5-15). Kivijärvessä keskimääräinen pitoisuus on 20–30 mg/l ja maksimit vaihtelevat Lumijokisuun edustan tasosta 200 mg/l keskiosan noin 60:een mg/l ja pohjoisosan 25:een mg/l. Laakajärvessä pitoisuus on keskimäärin < 10 mg/l pohjoisosassakin ja eteläosassa enää 1 mg/l. Maksimissaan Laakajärven alimman vesikerroksen pitoisuus voi mallilaskelmien mukaan olla pohjoisosassa luokkaa 20–30 mg/l, etelä- ja keskiosassa < 5 mg/l.



Kuva 5-15. Sulfaattipitoisuuden (mg/l) vuosikeskiarvot ja maksimiarvot pohjakerroksessa 6. laskentavuotena (2022). Kuormitus Lumijoen kautta noin 560 t/v. Taustaruudutus 5x5 km. Pohjakerros = mallinnuksen alin vesikerros.

5.4.3 Yhteenveto VE2a ja 2b

Vaihtoehdossa VE2a ja 2b Terrafame Oy:n sulfaattikuormituksen (1 400 t/a) vaikutuksesta pitoisuudet ovat korkeimmillaan vanhoilla purkureiteillä lähialueen järvien alimmassa vesikerroksessa talven kerrostunesuuskaudella. Korkeimmat sulfaattipitoisuudet rajoittuvat Oulujoen suunnassa lähinnä Kolmisoppeen, Tuhkajokeen ja Jormasjärvessä Tuhkajokisuun edustalle, jossa ajoittaiset maksimipitoisuudet ovat tasoa 50–100 mg/l. Vuoksen suunnassa maksimipitoisuus on mallinnustulosten mukaan Kivijärven etelä- ja keskiosassa luokkaa 100–200 mg/l. Kuten edellä on esitetty, ovat Kivijärven pohjois- ja eteläosan syvänteet pysyvästi kerrostuneita, ja syvänteissä todetut pitoisuudet huomattavasti mallin antamia pitoisuuksia suurempia. Kauempana purkupaikasta pitoisuudet ovat Oulujoen suunnassa Jormasjärvessä ja Vuoksen suunnassa Laakajärvessä tasolla 10–30 mg/l. Ensimmäisen vuoden tilanteessa purkuveden korkeammalla sulfaattipitoisuudella mallinnetut pitoisuusvaikutukset ovat huomattavasti edellä kuvattua suurempia johtuen heikoista laimentumisolosuhteista. Tällöin mallinnetut maksimipitoisuudet ovat Oulujoen suunnassa Jormasjärvessä luokkaa 100–200 mg/l ja Laakajärven pohjoisosassa 300–600 mg/l.

Kuten muissakin aiemmin esitetyissä vaihtoehdoissa myös kaivoksen sulkemisvaihtoehdossa VE2 aiheutuu Nuasjärveen Terrafame Oy:n sulfaattikuormituksesta purkuputken kautta (VE2a 16 000 – ja VE2b 25 000 t/a) ensimmäisenä vuonna talven kerrostuneisuuskaudella maksimissaan noin 300–400 mg/l sulfaattipitoisuuksia purkualueelle, mallin mukaiseen alimpaan vesikerrokseen. Sulfaattikuormitus Nuasjärveen pienenee ensimmäisen vuoden jälkeen ja laskentajakson kuudentena vuotena (2022, noin 12 000 t/a) ovat sulfaatin pitoisuudet purkuputken lähialueella vielä korkeahkoja, noin 200 mg/l. Kaiken kaikkiaan vaikutukset ovat kuudentena vuotena Nuasjärvestä vaihtoehdossa VE2 (2022) samaa luokkaa tai vähän pienempiä kuin vaihtoehdossa VE1b. Nuasjärveen tulee kuormitusta myös vanhaa reittiä Jormasjoen kautta.

6 VAIHTOEHTOJEN VERTAILU

Eri vaihtoehtojen eroja on tarkastelu sulfaattipitoisuuksien keskiarvoina Oulujoen vesistön osalta taulukoissa (Taulukko 6-1, Taulukko 6-2 ja Taulukko 6-3) ja Vuoksen vesistön osalta taulukoissa (Taulukko 6-4, Taulukko 6-5 ja Taulukko 6-6). Lisäksi on tarkasteltu keskimääräisen sulfaattipitoisuuden ajallista vaihtelua mallinnuksen mukaisessa alimmassa vesikerroksessa Oulujoen vesistössä kuvissa (Kuva 6-1 ja Kuva 6-3) sekä Vuoksen vesistössä kuvassa (Kuva 6-2).

Vanhoille purkureiteille Oulujoen ja Vuoksen vesistöissä sulfaattikuormitus on laskentajakson ensimmäisinä vuosina vaihtoehdoissa VE0 ja VE2 tasolla 1300–1400 t/a, vaihtoehdossa VE1a tasolla 5000 t/a ja vaihtoehdossa VE1b kolmena ensimmäisenä vuotena 15 000 t/a. Vaikutukset vesistön pitoisuustasoon ja laajuuteen kasvavat luonnollisesti kuormituksen kasvaessa ollen vanhalla purkureitillä suurimmat vaihtoehdossa VE1b. Tällöin Oulujoen vesistössä Kolmisopen lisäksi Jormasjärven eteläosassa ja Vuoksen vesistössä Kivijärven lisäksi Laakajärven pohjoisosassa vesien kerrostuneisuuden purkautuminen keväisin ja syksyisin voi vaikeutua.

Pienimmillään vaihtoehdoissa VE0 ja VE2 sulfaattipitoisuudet ovat vanhoilla purkureiteillä Jormasjärveen ja Laakajärveen tullessa keskimäärin luokkaa 10 mg/l. Käytännössä vaihtoehtojen VE0 ja VE2 mukainen sulfaattikuormitus (1 300–1400 t) on vanhoilla purkureiteillä pienempi kuin vuonna 2016 toteutunut kuormitus (3 900 t) ja mallinnetut pitoisuudet osin pienempiä kuin vesistössä mitatut. Vaihtoehdossa VE1a vaikutukset ovat vanhoilla purkureiteillä jonkin verran suurempia kuin vaihtoehdoissa VE0 tai VE2. Suurimmillaan vaihtoehdossa VE1b sulfaatin keskimääräinen pitoisuus on Jormasjärven ja Laakajärven alimmassa vesikerroksessa noin 100 mg/l.

Vaihtoehdossa VE1b vaikutukset lieventyvät tarkastelujakson kuudentena vuotena samalle tasolle kuin vaihtoehdossa VE1a sulfaattikuormituksen pienentyessä ja purkuvesien pitoisuuden laskiessa. Vanhoilla purkureiteillä kaikissa vaihtoehdoissa ensimmäisinä vuosina pitoisuuksia nostavasti vaikuttavat alkutilan korkeat pitoisuudet sekä varastoitujen väkevempien sulfaattipitoisten (4000 mg/l) jätevesien purkaminen. Mitä kauemmaksi purkupaikasta vesistössä edetään, sitä enemmän vedet laimenevat eikä purkuvesien väkevyydellä ole enää yhtä suurta vaikutusta.

Nuasjärven purkuputken sulfaattikuormitus vaihtelee laskentajakson ensimmäisinä vuosina tasosta 15 000–16 000 t/a (VE0, VE1b, VE2a) tasolle 25 000–30 000 t/a (VE1a, VE2b). Kaikilla kuormitustasoilla esiintyy talven kerrostuneisuuskaudella purkupaikan läheisyydessä noin 200–400 mg/l sulfaattipitoisuuksia alimmissa vesikerroksissa, mikä voi vaikeuttaa epäedullisissa sääolosuhteissa veden täyskiertoa alueella. Kolmen ensimmäisen vuoden jälkeen purkuputken kuormitus on eri vaihtoehdoissa samalla tasolla 12 000–15 000 t/a, ja pitoisuudet ovat Nuasjärvestä samaa luokkaa. Nuasjärven

suuremmissa vesimassoissa purkuveden korkeammalla sulfaattipitoisuudella ensimmäisinä vuosina ei ole mallinnustulosten mukaan yhtä suurta merkitystä kuin vanhoilla purkureiteillä. Lisäksi Nuasjärvessä alkutilan pitoisuudet ovat alhaisemmat.

Rehjanselällä eri kuormitusvaihtoehdoilla on enää hyvin vähäinen vaikutus siten, että pitoisuudet ovat hieman muita vaihtoehtoja suuremmat vaihtoehdon VE1a ensimmäisinä vuosina. Oulujärvessä ja siitä lähtevässä vedessä ei ole merkittävää eroa vaihtoehtojen välillä vaan sulfaattipitoisuudet ovat kaikissa vaihtoehdoissa 1–4 mg/l välillä.

Taulukko 6-1. Yhteenveto sulfaattipitoisuuden (mg/l) kuukausitason keskiarvoista ja maksimeista vaihtoehdoissa VE0, VE2a ja VE2b laskentajakson 1. vuotena (2017) eri laskentapisteissä Oulujoen vesistössä. Havaintopaikkojen sijainti on esitetty kuvassa (Kuva 3-4). Pinta = mallinnuksen ylin vesikerros, pohja = mallinnuksen alin vesikerros.

Havaintopaikka	VE0				VE2a				VE2b			
	pinta		pohja		pinta		pohja		pinta		pohja	
	keskiarvo	maksimi	keskiarvo	maksimi	keskiarvo	maksimi	keskiarvo	maksimi	keskiarvo	maksimi	keskiarvo	maksimi
Jormasjärvi 5	59	103	70	185	59	103	70	190	59	106	80	194
Jormasjärvi syv p3	63	96	69	141	63	97	69	141	61	92	77	141
Jormasjärvi 8	64	92	70	110	64	92	70	110	62	91	72	110
Nuasjärvi purkuputki	10	53	165	315	10	53	170	319	11	33	241	418
Nuasjärvi 22	16	74	12	34	16	74	12	42	12	34	24	65
Nuasjärvi 43	10	53	20	46	8	16	20	48	9	21	34	73
Nuasjärvi 35	8	27	12	20	9	27	12	21	10	25	21	39
Nuasjärvi 44	10	27	10	22	10	28	10	23	13	23	17	30
Nuasjärvi 45	9	15	9	12	9	16	9	13	12	21	13	22
Rehjanselkä 135	8	14	8	10	9	15	9	10	11	21	11	20
Kajaaninjoki 40	8	12	8	12	8	13	8	12	10	16	10	16
Paltaselkä 138	3	9	3	7	3	9	3	7	5	11	5	10
Ärjänselkä 27	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4
Niskanselkä 140	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4
Jylhämä 12800	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4

Taulukko 6-2. Yhteenveto sulfaattipitoisuuden (mg/l) kuukausitason keskiarvoista ja maksimeista vaihtoehdoissa VE0, VE1a ja VE1b laskentajakson 3.–4. vuotena (2019–2020) eri laskentapisteissä Oulujoen vesistössä. Havaintopaikkojen sijainti on esitetty kuvassa (Kuva 3-4). Pinta = mallinnuksen ylin vesikerros, pohja = mallinnuksen alin vesikerros.

Havaintopaikka	VE0 (2020)				VE1a (2019)				VE1b (2019)			
	pinta		pohja		pinta		pohja		pinta		pohja	
	keskiarvo	maksimi	keskiarvo	maksimi	keskiarvo	maksimi	keskiarvo	maksimi	keskiarvo	maksimi	keskiarvo	maksimi
Jormasjärvi 5	8	25	10	32	28	51	36	94	61	101	95	200
Jormasjärvi syv p3	6	15	7	15	23	40	26	48	53	70	62	109
Jormasjärvi 8	6	9	6	8	23	30	23	29	50	57	52	65
Nuasjärvi purkuputki	8	28	166	285	16	40	270	444	11	33	168	281
Nuasjärvi 22	8	15	9	16	19	36	21	41	13	47	17	47
Nuasjärvi 43	8	22	20	47	15	34	30	99	11	31	21	48
Nuasjärvi 35	6	17	10	27	15	34	20	36	9	19	12	27
Nuasjärvi 44	8	11	9	13	17	23	19	28	10	14	11	14
Nuasjärvi 45	8	11	8	11	16	21	17	23	10	14	10	13
Rehjanselkä 135	7	12	7	10	15	21	16	21	9	14	9	12
Kajaaninjoki 40	7	11	7	9	15	19	15	19	9	13	9	11
Paltaselkä 138	3	6	3	7	6	12	5	15	3	7	3	8
Ärjänselkä 27	2	3	2	3	4	6	4	5	3	4	2	3
Niskanselkä 140	2	2	2	2	3	4	3	4	2	3	2	2
Jylhämä 12800	2	2	2	2	3	4	3	4	2	2	2	2

Taulukko 6-3. Yhteenveto sulfaattipitoisuuden (mg/l) kuukausitason keskiarvoista ja maksimeista vaihtoehdoissa VE1a, VE1b ja VE2 laskentajakson 6. vuotena (2022) eri laskentapisteissä Oulujoen vesistössä. Havaintopaikkojen sijainti on esitetty kuvassa (Kuva 3-4). Pinta = mallinnuksen ylin vesikerros, pohja = mallinnuksen alin vesikerros.

Havaintopaikka	VE1a				VE1b				VE2a-b			
	pinta		pohja		pinta		pohja		pinta		pohja	
	keskiarvo	maksimi	keskiarvo	maksimi	keskiarvo	maksimi	keskiarvo	maksimi	keskiarvo	maksimi	keskiarvo	maksimi
Jormasjärvi 5	24	44	32	87	26	48	33	78	7	21-28	6-8	17-28
Jormasjärvi syv p3	19	33	22	42	21	37	23	43	5	13-15	5-6	13-17
Jormasjärvi 8	17	24	17	21	19	25	20	23	4-5	7-8	4-5	4-6
Nuasjärvi purkuputki	9	35	160	292	9	35	161	292	7	22-28	136-149	236-237
Nuasjärvi 22	12	25	12	34	11	25	14	32	6-7	10-11	7-8	15-27
Nuasjärvi 43	9	18	20	50	9	19	19	48	7	14-15	18	44-50
Nuasjärvi 35	8	16	10	23	8	17	10	25	6	11-13	7	16-21
Nuasjärvi 44	9	14	9	15	9	14	9	15	6-7	10-11	7	11-12
Nuasjärvi 45	8	12	8	14	8	11	9	14	6-7	9	6-7	10-11
Rehjanselkä 135	8	13	8	11	8	13	8	11	6	9-10	6	9
Kajaaninjoki 40	8	10	8	10	8	10	8	10	6	8-9	6	8
Paltaselkä 138	3	7	3	7	3	7	3	7	2-3	6-7	2	4-5
Ärjänselkä 27	2	3	2	2	2	3	2	2	1	2	2	2
Niskanselkä 140	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2
Jylhämä 12800	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1	2

Taulukko 6-4. Yhteenveto sulfaattipitoisuuden (mg/l) kuukausitason keskiarvoista ja maksimeista vaihtoehdoissa VE0 ja VE2 laskentajakson 1. vuotena (2017) eri laskentapisteissä vuoksen vesistössä. Havaintopaikkojen sijainti on esitetty kuvassa (Kuva 3-5). Pinta = mallinnuksen ylin vesikerros, pohja = mallinnuksen alin vesikerros.

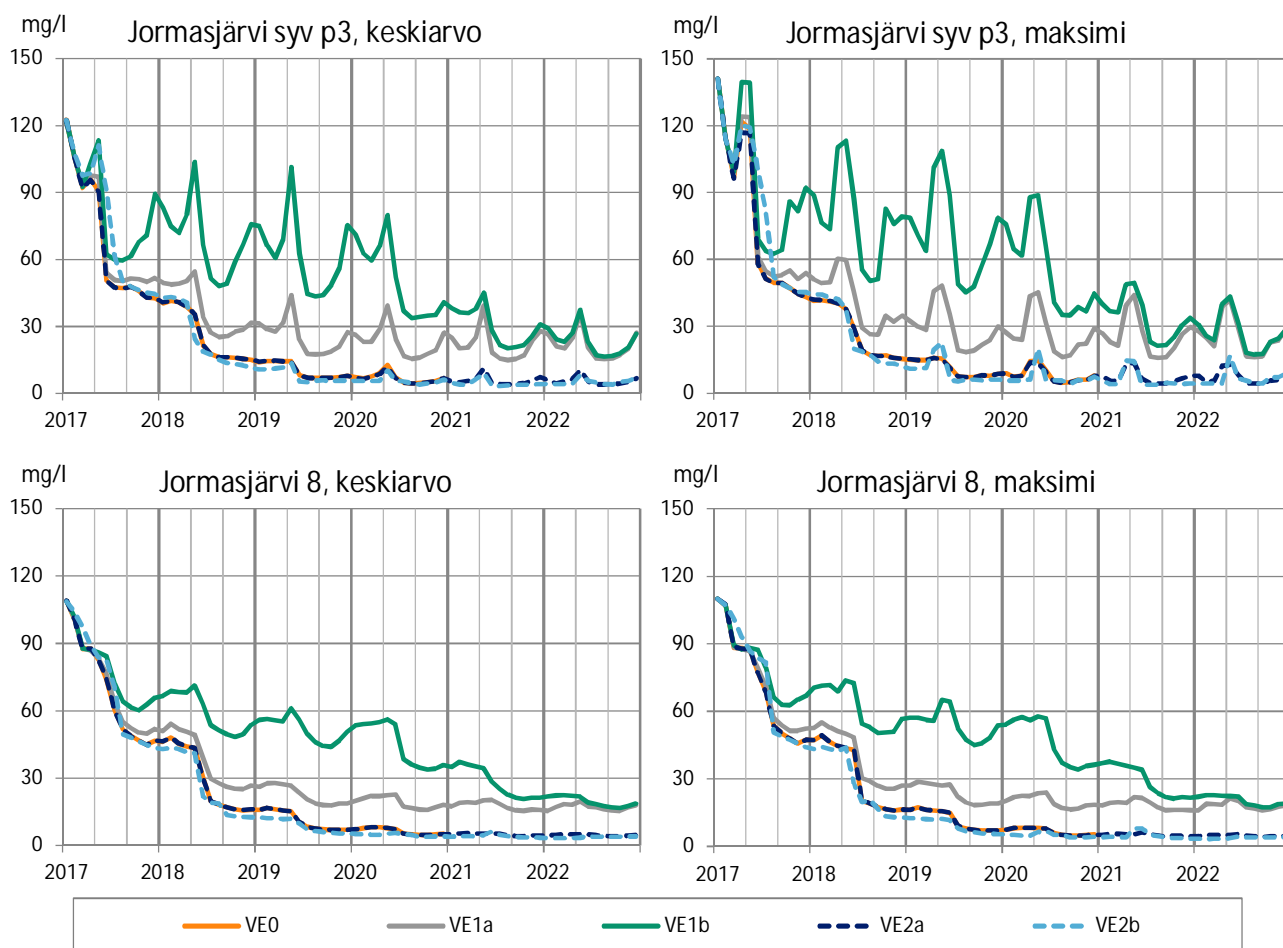
Havaintopaikka	VE0				VE2a-b			
	pinta		pohja		pinta		pohja	
	keskiarvo	maksimi	keskiarvo	maksimi	keskiarvo	maksimi	keskiarvo	maksimi
Kivijärvi 10	413	1249	430	3633	412	1249	428	3633
Kivijärvi 11	382	1043	417	1354	381	1041	416	1354
Laakajärvi 9	68	384	138	649	69	382	140	651
Laakajärvi 13	89	177	104	284	89	179	105	284
Laakajärvi 15	35	73	36	84	35	75	36	84
Laakajärvi 081	38	49	40	87	38	51	40	87
Laakajärvi 2	35	47	38	66	35	49	39	66
Laakajärvi 12	14	23	15	46	14	23	15	46

Taulukko 6-5. Yhteenveto sulfaattipitoisuuden (mg/l) kuukausitason keskiarvoista ja maksimeista vaihtoehdoissa VE1a, VE1b ja VE2 laskentajakson 3.–4. vuotena (2019–2020) eri laskentapisteissä Vuoksen vesistössä. Havaintopaikkojen sijainti on esitetty kuvassa (Kuva 3-5). Pinta = mallinnuksen ylin vesikerros, pohja = mallinnuksen alin vesikerros.

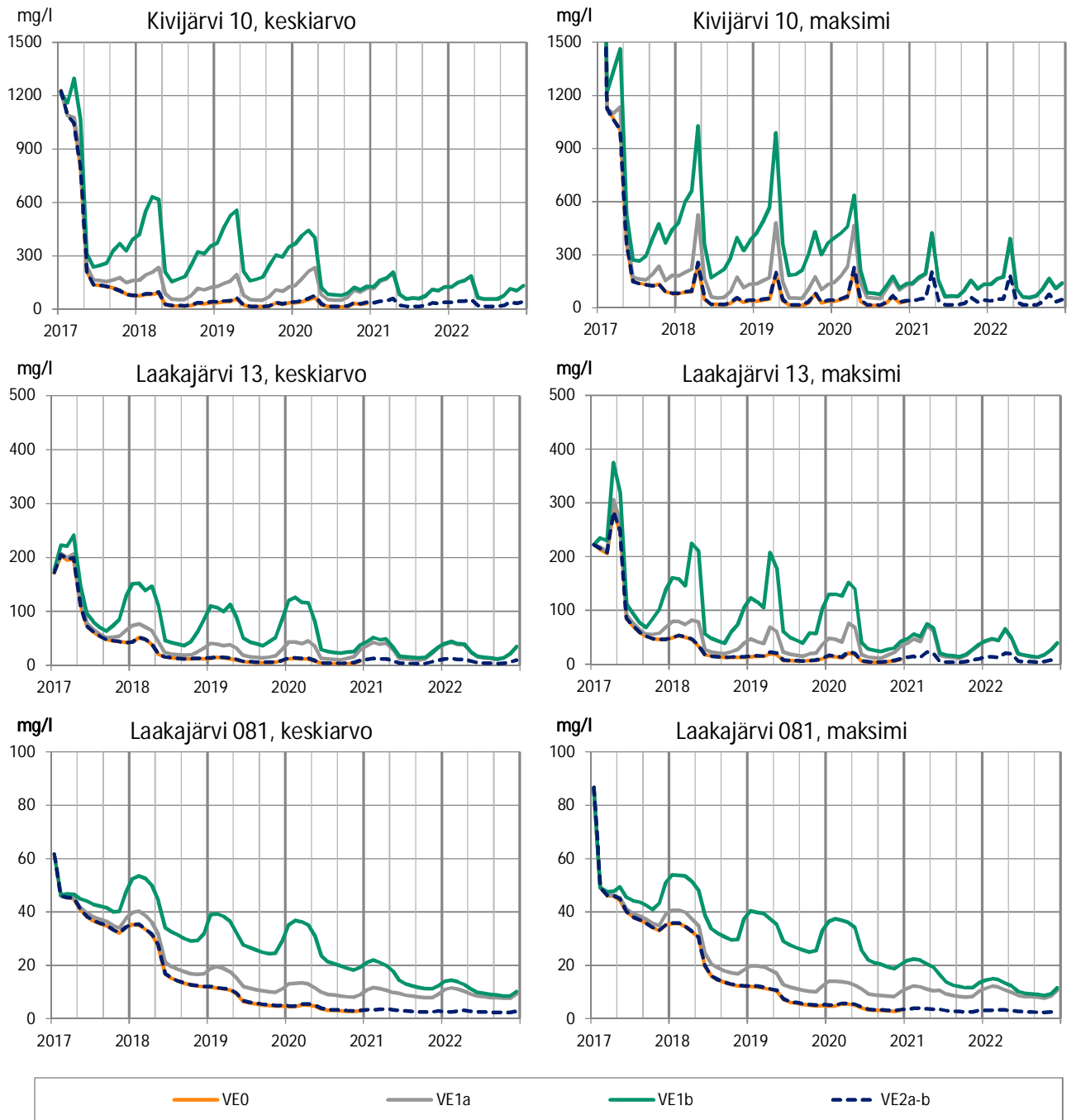
Havaintopaikka	VE0 (2020)				VE1a (2019)				VE1b (2019)			
	pinta		pohja		pinta		pohja		pinta		pohja	
	keskiarvo	maksimi	keskiarvo	maksimi	keskiarvo	maksimi	keskiarvo	maksimi	keskiarvo	maksimi	keskiarvo	maksimi
Kivijärvi 10	25	106	30	209	97	306	105	480	298	743	319	988
Kivijärvi 11	21	37	23	39	80	118	89	233	246	375	279	628
Laakajärvi 9	6	33	8	33	21	98	35	99	55	265	110	302
Laakajärvi 13	7	16	7	21	25	48	26	69	67	125	73	208
Laakajärvi 15	4	9	4	5	14	26	13	18	29	53	29	39
Laakajärvi 081	4	5	4	5	13	19	14	20	30	39	31	40
Laakajärvi 2	4	5	4	5	13	18	13	18	28	36	29	38
Laakajärvi 12	2	3	1	2	4	7	4	7	8	17	9	17

Taulukko 6-6. Yhteenveto sulfaattipitoisuuden (mg/l) kuukausitason keskiarvoista ja maksimeista vaihtoehdoissa VE1a, VE1b ja VE2 laskentajakson 6. vuotena (2022) eri laskentapisteissä Vuoksen vesistössä. Havaintopaikkojen sijainti on esitetty kuvassa (Kuva 3-5). Pinta = mallinnuksen ylin vesikerros, pohja = mallinnuksen alin vesikerros.

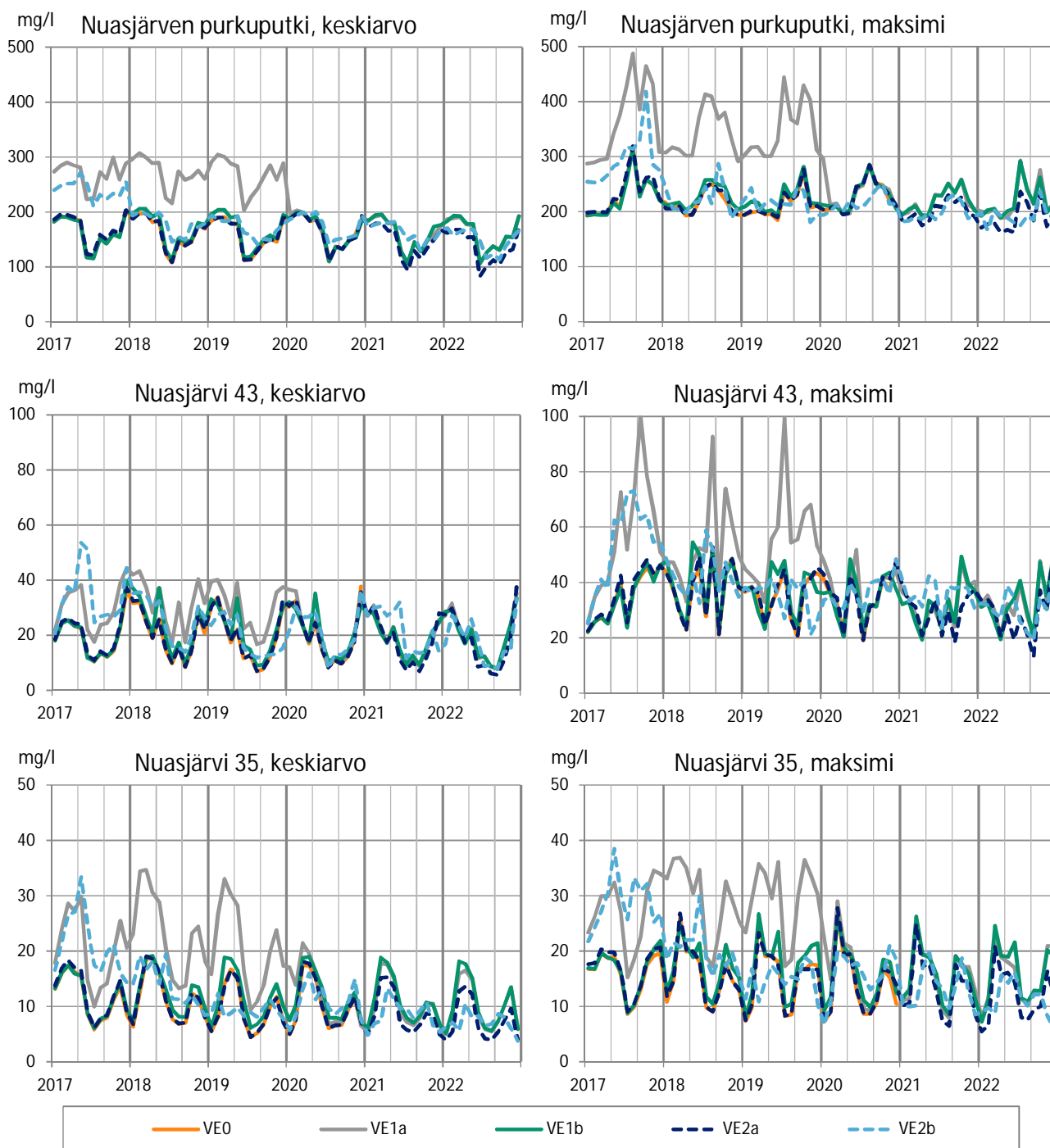
Havaintopaikka	VE1a				VE1b				VE2a-b			
	pinta		pohja		pinta		pohja		pinta		pohja	
	keskiarvo	maksimi	keskiarvo	maksimi	keskiarvo	maksimi	keskiarvo	maksimi	keskiarvo	maksimi	keskiarvo	maksimi
Kivijärvi 10	96	241	106	391	96	241	106	390	29	102	32	182
Kivijärvi 11	80	120	91	217	80	119	91	217	24	46	26	41
Laakajärvi 9	20	97	38	97	21	97	38	97	7	33	9	33
Laakajärvi 13	22	40	26	65	23	41	26	66	7	14	8	21
Laakajärvi 15	9	21	9	13	11	22	10	14	3	7	3	4
Laakajärvi 081	8	10	9	12	10	13	11	15	3	3	3	3
Laakajärvi 2	8	9	8	9	9	12	9	12	2	3	2	3
Laakajärvi 12	3	5	3	5	4	6	4	6	1	2	1	2



Kuva 6-1. Sulfaattipitoisuuden (mg/l) keskimääräinen vaihtelu Jormasjärvessä pohjakerroksessa eri vaihtoehdoissa. Pohjakerros = mallinnuksen alin vesikerros.



Kuva 6-2. Sulfaattipitoisuuden (mg/l) keskimääräinen vaihtelu Kivijärvässä ja Laakajärvässä pohjakerroksessa eri vaihtoehdoissa. Pohjakerros = mallinnuksen alin vesikerros.



Kuva 6-3. Sulfaattipitoisuuden (mg/l) keskimääräinen vaihtelu Nuasjärvessä pohjakerroksessa eri vaihtoehdoissa. Pohjakerros = mallinnuksen alin vesikerros.

7 JUOKSUTUKSEN JAKSOTUKSELLE SAATAVA HYÖTY (VE1A)

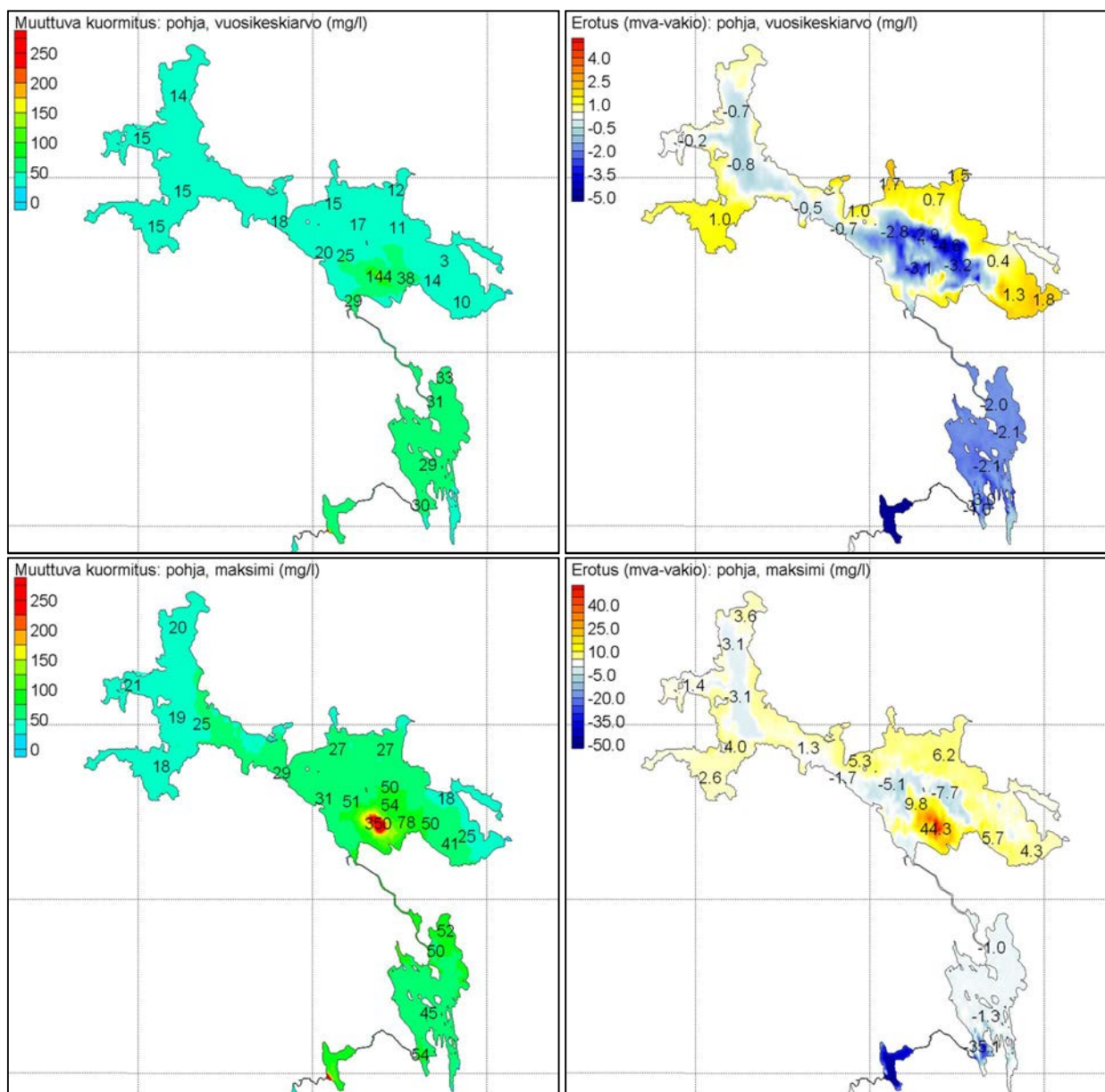
Tässä tarkastelussa on laskettu kaivoksen purkuvesimäärän vuodenajoittaisella jaksotuksella mahdollisesti saatavaa ympäristöllistä hyötyä. Mallinnus on tehty siten, että talviaikana (joulukuusta-huhtikuuhun) johdetaan 50 % avovesikauden kuukausikuormitusmäärästä. Tällöin siis kuormitus painottuu avovesikaudelle parempiin virtaama- ja sekoittumisolosuhteisiin. Mallinnus on tehty vaihtoehdon VE1a mukaisella kuormitustasolla kahden vuoden jaksolla. Tulosten tarkastelu tapahtuu vertaamalla vakiokuormitustilannetta vuodenajoittain muuttuvaan tilanteeseen mallinnuksen jälkimmäisen vuoden tulosten osalta. Seuraavissa kuvissa on esitetty pitoisuusmuutokset muuttuvalla kuormituksella sekä muuttuvan kuormituksen ja vakiokuormituksen erotus. Jos erotus on negatiivinen, jaksotuksesta on hyötyä.

7.1 Oulujoen vesistö

Vaihtoehdon VE1a mukaisesti sulfaattikuormitus on 30 000 tonnia vuodessa Nuasjärven purkupuutken kautta ja 3000 tonnia vuodessa vanhan purkureitin eli Kolmisopen kautta. Nuasjärven purkupuutken kautta tuleva kuormitus jääpeiteaikana (joulukuusta-huhtikuuhun) noin 1 600 tonnia kuukaudessa ja sulavesiaikana (touko-marraskuu) noin 3 200 tonnia kuukaudessa. Vertailutilanteessa vastaavalla vuosikuormituksella vakiokuormitus on purkupuutken kautta 2 500 tonnia kuukaudessa. Vanhalla reitillä Kolmisopen kautta vuosikuormitus 3 000 t/a eli vakiotilanteessa 250 t/kk ja muuttuvassa tilanteessa talvella noin 160 t/kk ja kesällä noin 320 t/kk.

Kuormituksen jaksotuksella edellä esitetyllä tavalla voidaan saavuttaa keskimäärin noin 2–5 mg/l pienempiä pitoisuuksia sekä vanhalla purkureitillä Kolmisopessa ja Jormasjärvässä että Nuasjärvässä purkupaikan lähialueella (Kuva 7-1). Mallinnustulosten mukaan vanhalla purkureitillä myös maksimipitoisuudet pienenevät, mutta Nuasjärvässä purkupuutken lähellä maksimipitoisuus kasvaa johtuen kesäajan suuremmasta kuormituksesta. Kuormitus myös leviää voimakkaammin Nuasjärvässä aiheuttaen kauempana purkupuutkesta hieman korkeampia pitoisuuksia kuin vakiosuuruinen kuormitus.

Suurimmillaan saavutettava ympäristöhyöty eli sulfaatin pitoisuuksien pienentyminen on pääosin talviaikana, mikä käy ilmi liitteen 8 aikasarjakuvista. Vanhalla purkureitillä pitoisuuden pienentyminen on voimakkainta erityisesti loppupalvella huhtikuussa jolloin vesimäärät alkavat kasvaa. Nuasjärvässä jaksotuksella saavutettava pitoisuuden lasku ajoittuu tasaisemmin koko talviajalle.



Kuva 7-1. Sulfaattipitoisuuden (mg/l) vuosikeskiarvot ja maksimit pohjakerroksessa 2. laskentavuotena (2018), kuormitus (Nuasjärven purkupuutki 30 000 t/v ja Kolmisopen kautta 3000 t/v) jaksotettuna vuodenajan mukaan. Oikean puoleisissa jakaumakuvissa on esitetty keskimääräinen pitoisuusero jaksotetun ja tasaisen kuormituksen jakaumien välillä. Pohjakerros = mallinnuksen alin vesikerros

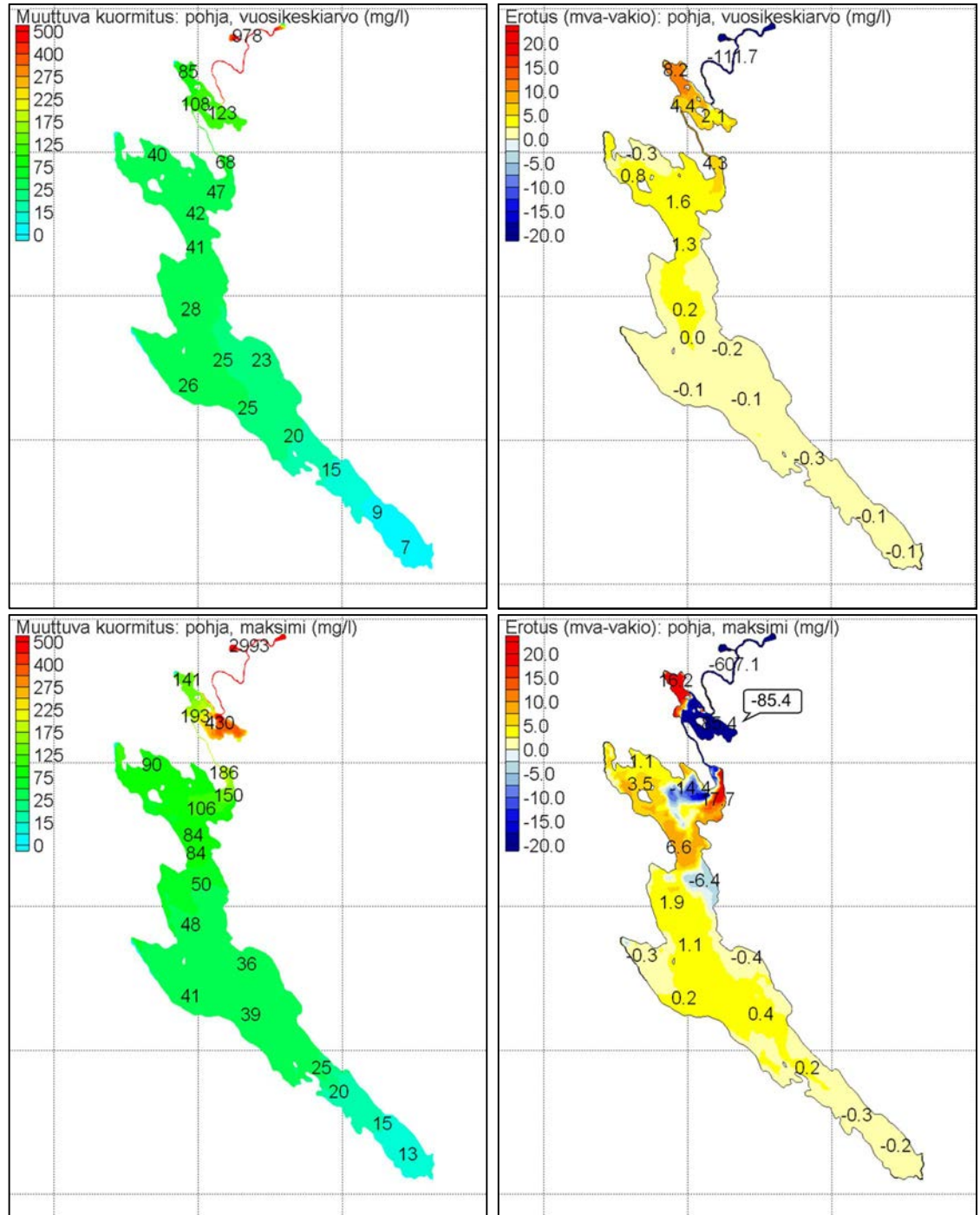
7.1.1 Vuoksen vesistö

Laskenta on tehty vaihtoehdon VE1a mukaisella vuosikuormitustasolla, jossa sulfaattikuormitus on 2000 tonnia vuodessa vanhan purkureitin eli Lumijoen kautta. Vakiotilanteessa kuormitus on siten 170 tonnia kuukaudessa ja muuttuvassa tilanteessa talvella noin 105 tonnia kuukaudessa ja kesällä noin 210 tonnia kuukaudessa.

Kuormituksen jaksotuksella edellä esitetyllä tavalla voidaan saavuttaa Lumijoessa keskimäärin yli 100 mg/l pitoisuusvähennys, mutta alapuolisissa Kivijärvessä ja Laakajärven pohjoisosassa pitoisuudet kasvavat hieman verrattuna vakiokuormitukseen (Kuva 7-2) johtuen pidemmästä viipymästä. Maksimipitoisuuksia kuormituksen jaksotus pienentäisi selvästi Lumijoessa sekä myös Kivijärven eteläosassa. Sen sijaan Kivijärven pohjoisosan vedenvaihto näyttäisi heikentyvän ja pitoisuudet kasvavan

ilmeisesti juoksutusten jaksottamisen aiheuttamien virtausmuutosten seurauksena. Laakajärven pohjois- ja keskiosassa pitoisuudet myös pääosin kasvaisivat jaksotuksen seurauksena, mutta paikoitellen, esimerkiksi Kivijoen suulla maksimipitoisuus pienentyisi jonkin verran.

Suurimmillaan saavutettava ympäristöhyöty eli sulfaatin pitoisuuksien pienentyminen on talviaikana, mikä käy ilmi liitteen 9 aikasarjakuvista. Myös Vuoksen suunnassa vanhalla purkureitillä pitoisuuden pienentyminen on voimakkainta loppupalvella huhtikuussa jolloin vesimäärät alkavat kasvaa.



Kuva 7-2. Sulfaattipitoisuuden (mg/l) vuosikeskiarvot ja maksimit pohjakerroksessa 2. laskentavuotena (2018), kuormitus (Lumijoen kautta 2000 t/v) jaksotettuna vuodenajan mukaan. Oikean puoleisissa jakaumakuivissa on esitetty keskimääräinen pitoisuusero jaksotetun ja tasaisen kuormituksen jakaumien välillä. Pohjakerros = mallinnuksen alin vesikerros

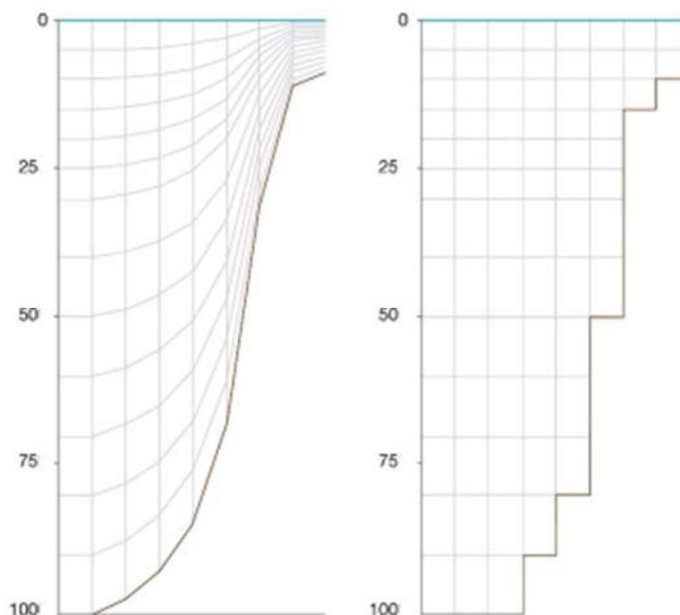
8 MALLIN TARKENTAMINEN NUASJÄRVESSÄ NYKYISELLÄ PURKUALUEELLA

Kaivosjätevesi kertyy järvivettä raskaampana syvänteiden pohjalle ja saattaa estää järven normaalin kierron, millä on omat haitalliset vaikutuksensa. Mallinnuksessa on käytetty GTK:n toimittamaa uutta topografiaa, mutta mallin hilakoko on 200 m x 200 m, joka keskiarvoistaa syvyysuhteita liian paljon. Tällöin pienipiirteiset syvänteet tulevat liian karkeasti lasketuiksi. Päästövesien sekoittumisen kuvauksen oikeellisuutta Nuasjärven purkupuutken lähialueella pyrittiin parantamaan aiempaan laskentahilaan tehdyillä tarkennuksilla. Mallia tarkennettiin sekä vaaka- että syvyysuunnassa.

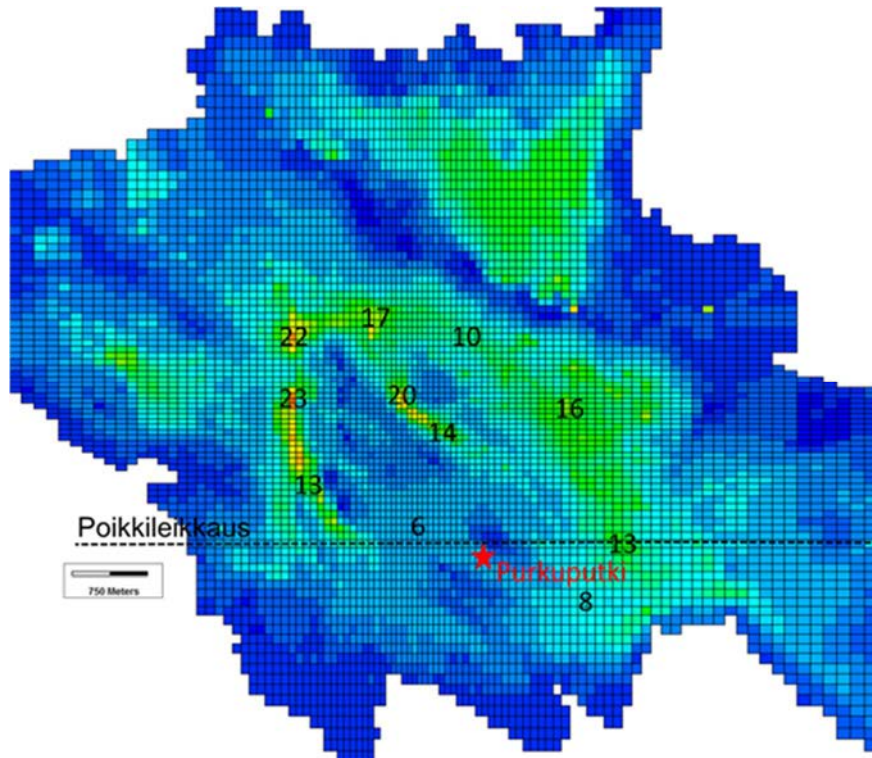
Tarkempi hilaverkosto laadittiin muuttuvahilaisena siten, että erotustarkkuus tarkastelualueella vaihteli purkualueen 50 metristä Rehjanselän 200 metriin. Aiemmassa mallinnuksessa Nuasjärvelle on käytetty vakiokokoisia, tarkkuudeltaan 200 m x 200 m, laskentahilaa, jolloin pohjan syvyysuhteet keskiarvoistuvat enemmän.

Syvyysuunnassa käytettiin 25 kerrosta. Syvyysuunnassa kerrokset ovat halutun paksuisia, jolloin matalilla alueilla kerroksia on vähemmän kuin syvillä (nk. SGZ-koordinaatisto). Aiemmassa mallinnuksessa kerroksia oli käytössä 6 kussakin laskentapisteesä (nk. sigma-koordinaatisto). Sigma-kuvauksessa kerrosmäärä on vakio, jolloin matalilla alueilla kerrospaksuudet ovat pienempiä kuin syvillä alueilla (Kuva 8-1). Käytettävällä kerrosmäärällä (25) on kerroksia purkualueen lähistöllä 6, eli sama kuin aiemmissa laskennoissa, ja purkupaikan länsi- ja koillispuoleisissa syvänteissä 13–23 kappaletta (Kuva 8-2, Kuva 8-3).

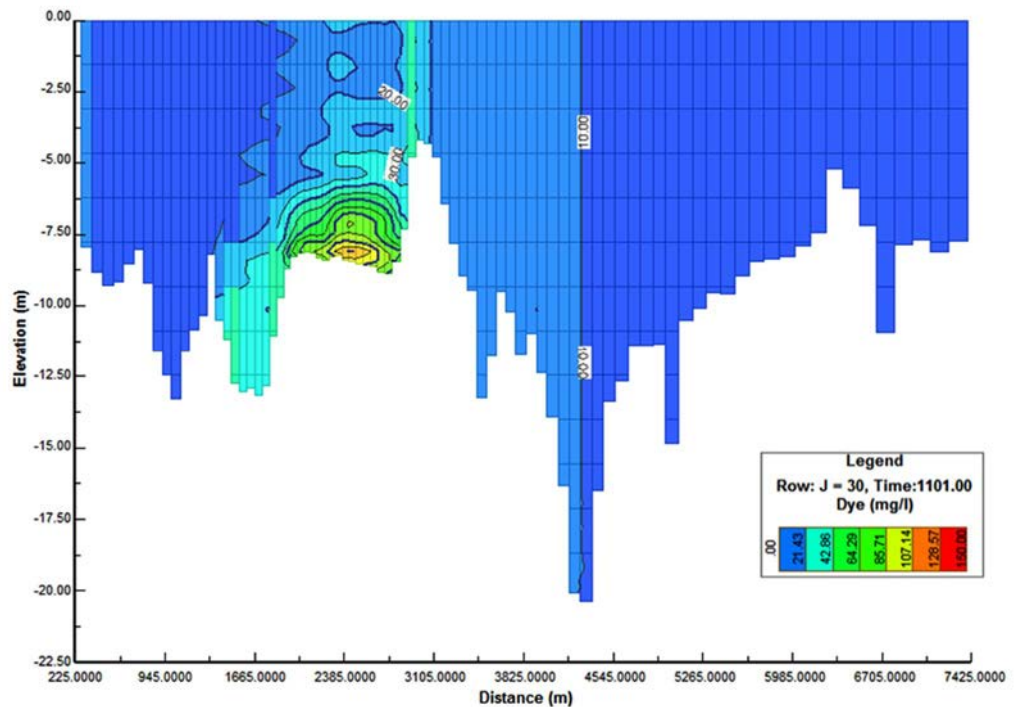
Tarkennus kasvatti mallin suoritusajoja, joten tarkastelujaksoksi valittiin edellisessä kalibroinnissa käytetty noin 1,5 vuoden jakso 1/2015–6/2016. Myös virtaama- ja tuulitietoina käytettiin vuosien 2015–2016 tietoja. Mallinnus tehtiin suurimmalla eli vaihtoehdon VE1a mukaisella kuormituksella.



Kuva 8-1. Syvyysuuntainen jako sigma- (vas., aiempi laskenta) ja SGZ-vaihtoehdoilla (uusi laskenta).



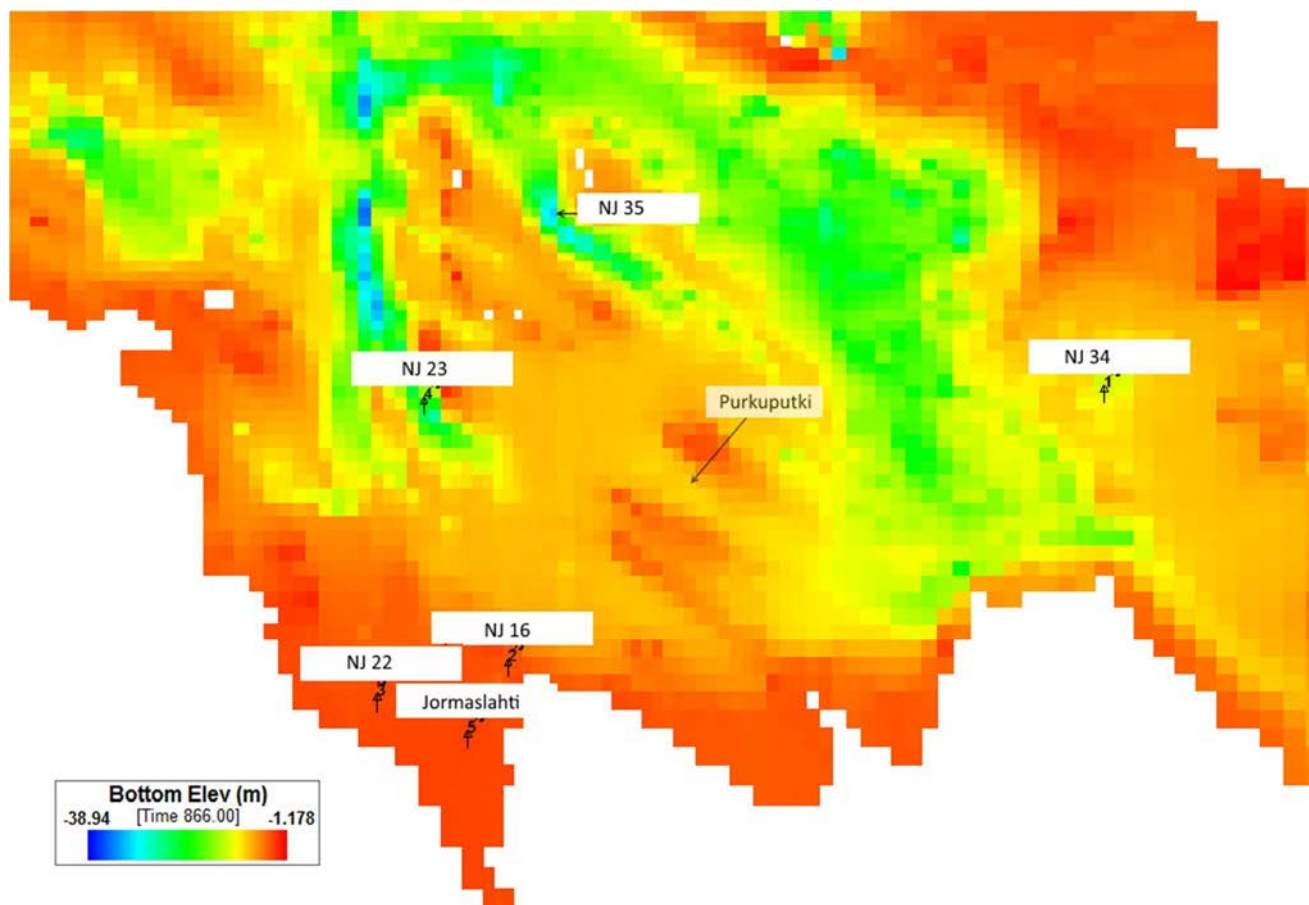
Kuva 8-2. Laskentakerrosten lukumäärä uudessa laskennassa eräissä pisteissä.



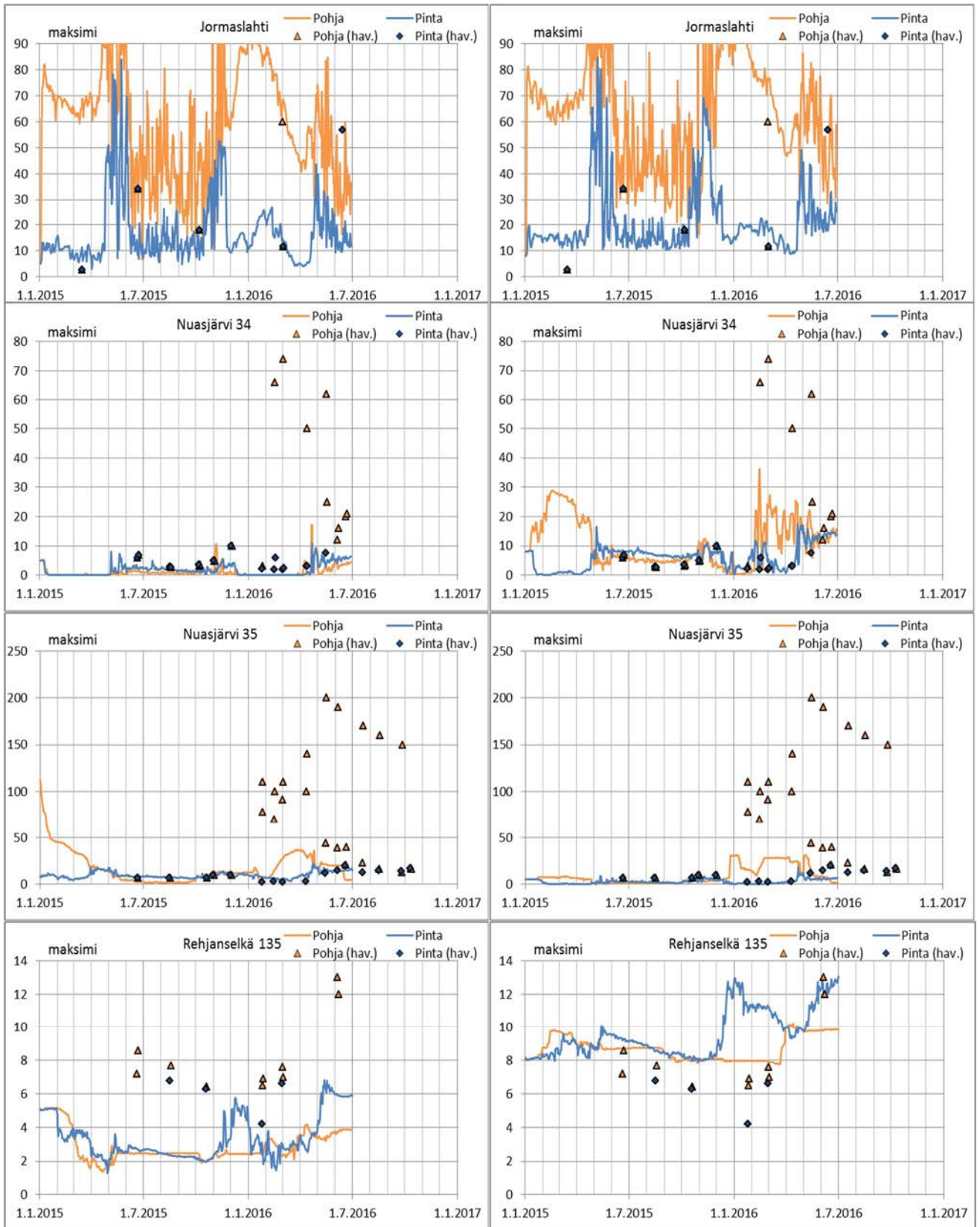
Kuva 8-3. Länsi-itä-suuntainen poikkileikkaus 100 metriä purkuputkesta pohjoiseen. Etelätuuli 5 m/s.

Nuasjärven tarkemman laskentahilan mallinuksissa laskettiin mallin kalibrointijaksoa 1.1.2015–31.6.2016. Nuasjärven tulovirtaamina (Tenetti ja Jormasjoki) käytettiin havaittuja virtaamia ja sulfaattipitoisuuksia. Mallissa käytetty Jormasjoen pitoisuus muuttuu lineaarisesti havaintokertojen välissä. Myös lähtövirtaamana toimi toteutunut

juokutus. Koska Jormasjoen kautta kohdistuva kuormitus perustuu havaintoihin, ei ole yllättävää, että mallinnetut pitoisuudet läheisimmillä pisteillä Jormaslahdella tulevat varsin hyvin mallinnetuiksi, esimerkiksi tarkastelupiste ”Jormaslahti” (Kuva 8-4, Kuva 8-5). Kauemmissa syvänteillä malli ei pysty täysin kuvaamaan syvänteiden alusveden korkeita sulfaattipitoisuuksia keväällä 2016, esimerkiksi tarkastelupisteet Nuasjärvi 34 ja 35 (Kuva 8-4, Kuva 8-5). Kauempana lännessä, esimerkiksi Rehjanselällä mallinnettujen ja mitattujen pitoisuuksien ero on pieni.

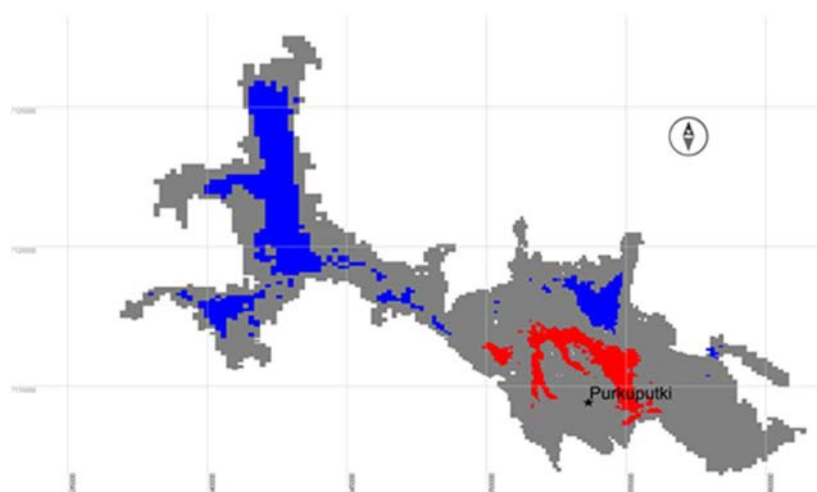


Kuva 8-4. Nuasjärven tarkennetun mallinusalueen syvyysuhteet ja tarkastelupisteet.



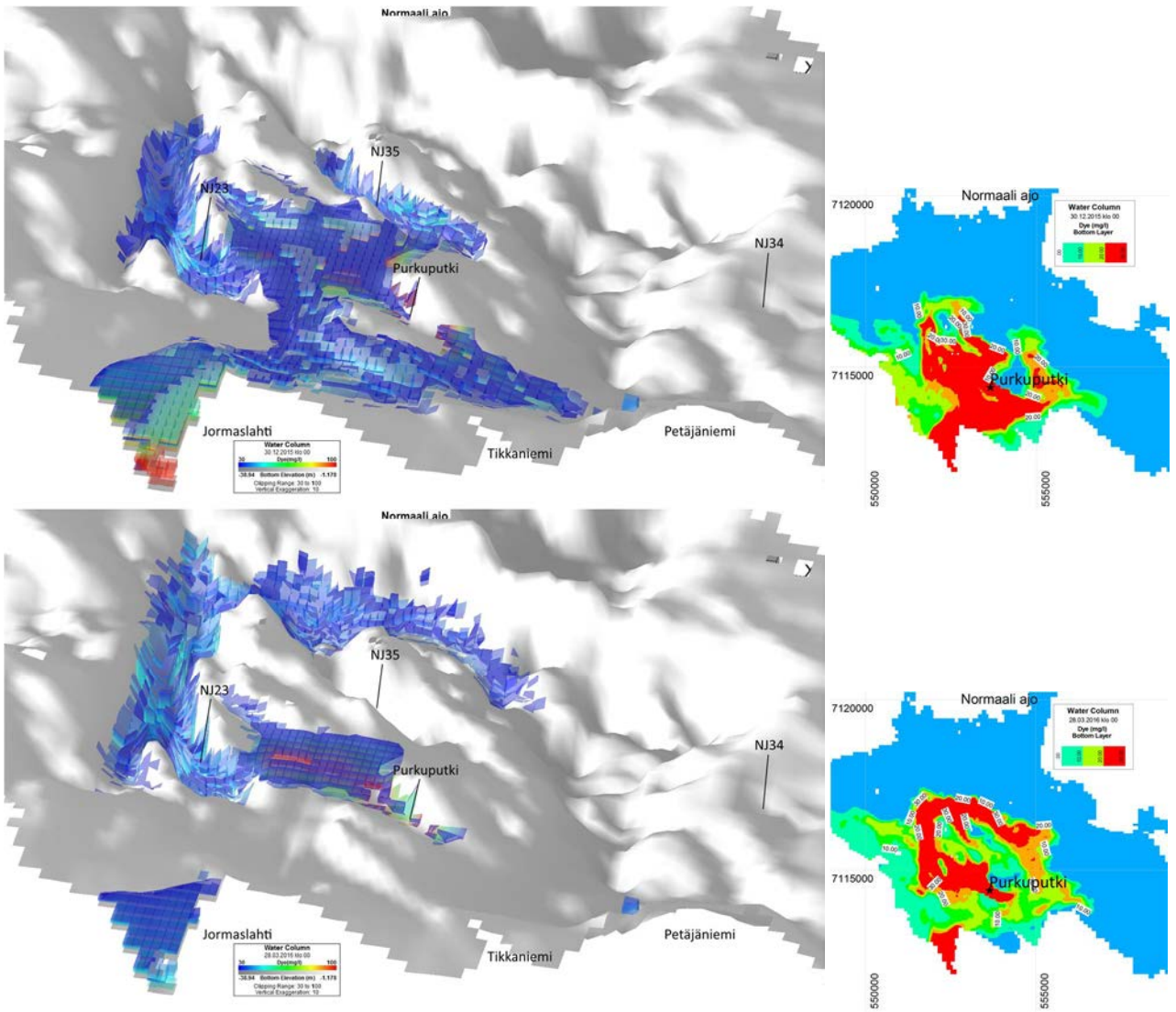
Kuva 8-5. Sulfaattipitoisuuden (mg/l) vaihtelu pinnassa ja pohjassa Nuasjärven tarkennetun hilan malliajossa (vasemmanpuoleiset kuvat) vs. tilanne, jossa Tenetin virtaama on pudotettu kolmasosaan (oikeanpuoleiset kuvat). Tarkastelupisteiden sijainti on esitetty kuvissa (Kuva 8-4 ja Kuva 3-4).

Sen selvittämiseksi, mikä vaikutus Tenetistä purkautuvalla vesimäärällä on jätevesien leviämiseen purkupaikalta itään, mallinnettiin lisäksi tilanne, jossa jokivirtaama pienennettiin kolmasosaan. Virtaaman pienentämisen lisäksi asetettiin järven alkutilan sulfaattipitoisuudeksi 120 mg/l järven keskiosan syvänteillä (syvyys >13 m). Alkutilanne on esitetty kuvassa (Kuva 8-6). Kuten odotettavaa, tapahtuu leviämistä purkupaikalta kohti etelää ja siitä syvännettä seuraten pohjoiseen tehokkaammin kuin normaalissa virtaamatilanteessa. Virtaaman pienentämisen seurauksena kohonneen pitoisuuden alue on esitetty punaisella kuvassa (Kuva 8-7) Vielä tässäkin tapauksessa ei pitoisuus Nuasjärvi 34 pisteessä kohoakaan kuitenkaan havaittuun 50–75 mg/l; korkein pohjakerroksen mallinnettu pitoisuus on noin 35 mg/l ja keskimäärin luokkaa 20 mg/l (Kuva 8-5). Mallin muiden parametri- ja laskentaoptioiden asetuksilla todettiin olevan syvänteiden pitoisuuksien kuvaamisessa hyvin vähäinen merkitys.

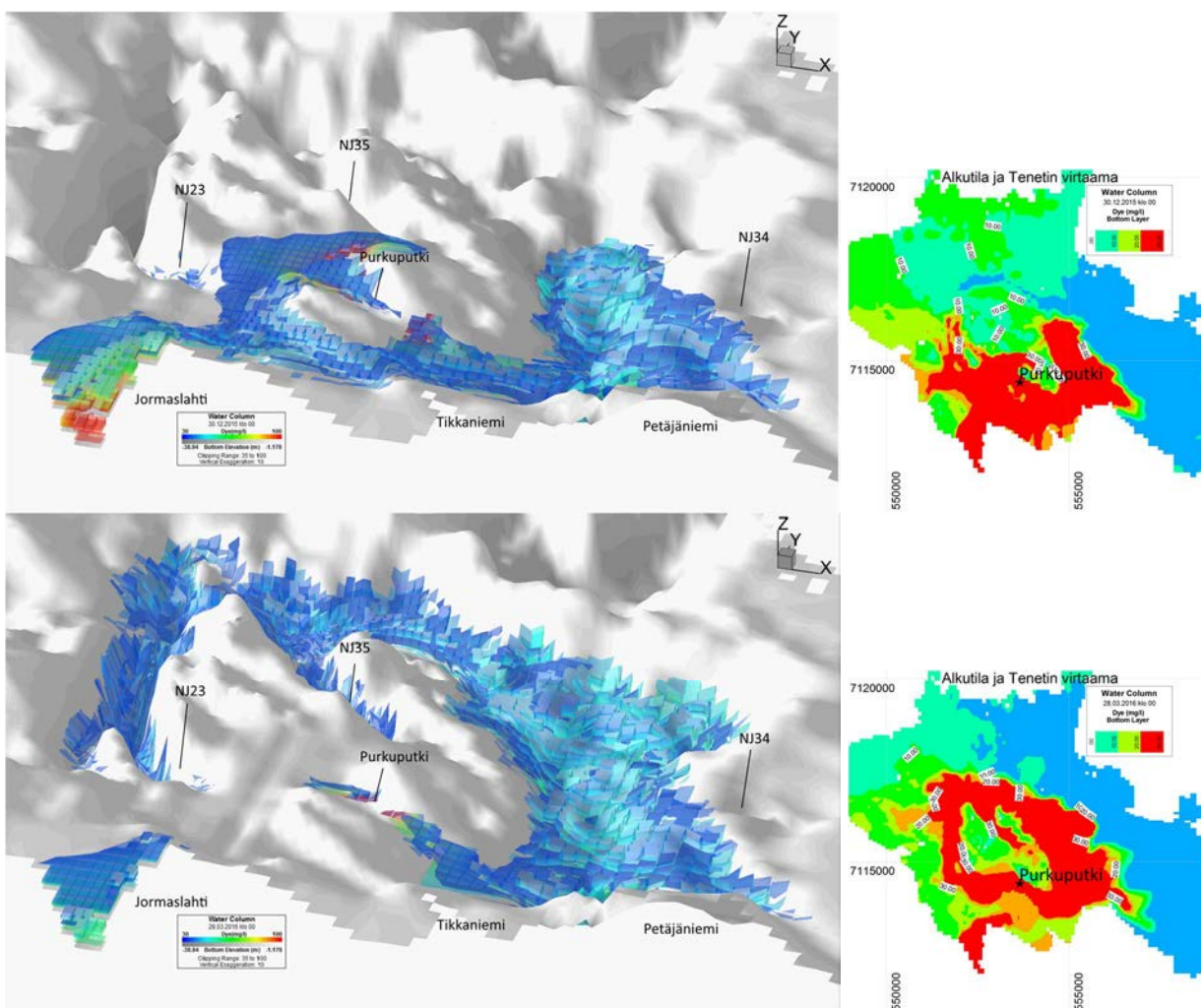


Kuva 8-6. Alkutilan kohotetun sulfaattipitoisuuden alue (punaisella). Pitoisuus syvyyksillä 13 m – pohja on 120 mg/l.

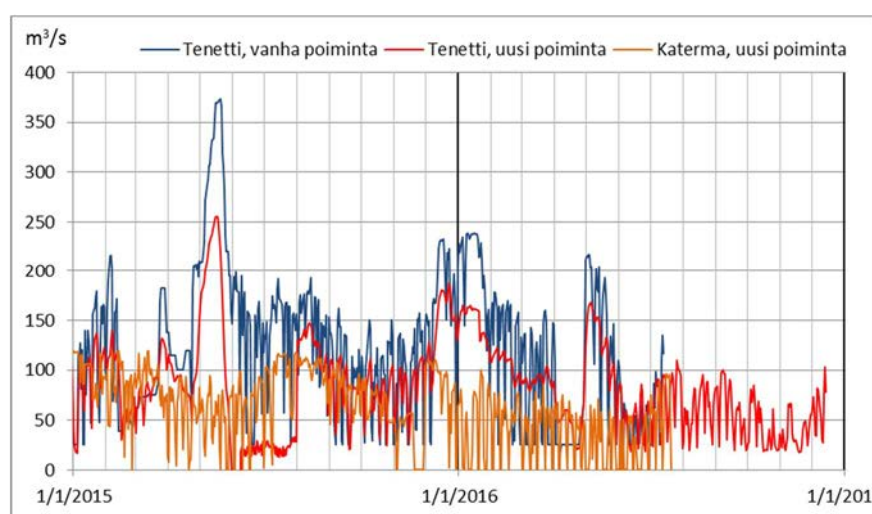
Kuvissa Kuva 8-7 ja Kuva 8-8 on vasemmalla esitetty 3D esityksenä sulfaattipitoisuuden 30–100 mg/l sijainti 30.12.2015 ja 28.3.2016. 3D-kuvat on esitetty suuremmassa koossa liitteessä 10. Kuvista ja tehdystä animaatiosta voidaan todeta, että leviäminen etenkin pienennetyn jokivirtaaman tilanteessa tapahtuu oikean suuntaisesti, eli pääleviämisuunnat ovat purkupuhtelta kohti pisteen Nuasjärvi 23 syvännettä, purkupaikan itäpuoleisen matalikon pohjoispuolelta pisteen Nuasjärvi 35 syvännettä, sekä purkupaikalta koilliseen ja edelleen rannanmyötäisesti sekä länteen että itään. Itäinen haara kulkee syvännettä myötäillen kohti pohjoista, jossa se myöhemmin yhtyy Nuasjärven keskiosan pääsyvänteessä Nuasjärvi 35 pisteen kautta tulevaan virtaamaan. Myös normaalin jokivirtaaman tilanteessa samat piirteet leviämisuunnissa esiintyvät, joskin harvemmin ja lyhytkestoisempina. Tällöin leviäminen on voimakkaammin suuntautunut kohti pistettä Nuasjärvi 23 (esim. Kuva 8-7).



Kuva 8-7. Sulfaattipitoisuus (mg/l) 30.12.2015 ja 28.3.2016 normaalilla Tenetin tulovirtaamalla ja 5 mg/l alkutilan sulfaatilla koko järnessä. 3D-kuvissa esitetään vain pitoisuudet välillä 30 – 100 mg/l. Oikeanpuoleisissa pohjakerroksen jakaumakuviissa pitoisuusskaala on 0 – 30 mg/l. Pisteiden esitetty sijainti on likimääräinen.



Kuva 8-8. Sulfaattipitoisuus 30.12.2015 ja 28.3.2016 pienennetyllä Tenetin tulovirtaamalla ja korotetulla alkutilan sulfaatilla syvänteissä. 3D-kuvissa esitetään vain pitoisuudet välillä 30 – 100 mg/l. Oikeanpuoleisissa pohjakerroksen jakaumakuvissa pitoisuusskaala on 0 – 30 mg/l. Pisteiden esitetty sijainti on likimääräinen.



Kuva 8-9. Mallinnuksessa käytetty virtaama (m^3/s) Tenetissä sinisellä. Punaisella pienempi virtaama, poiminta tehty myöhemmin. Lisäksi oranssilla on esitetty juoksuotukset ylempänä Katerman kohdalla.

Kuvassa (Kuva 8-9) on esitetty mallinnuksissa käytetty virtaama Tenetissä 2015–2016, jonka aineiston poiminta vesistömallista on tehty kesällä 2016. Uudessa, loppuvuonna 2016 poimitussa virtaama-aineistossa tuloksissa ei ole niin suurta sahausta, mutta yleisesti ottaen virtaaman taso on samaa luokkaa kuin kesän poiminnassa. Kuvassa (Kuva 8-9) on esitetty myös virtaama kauempana ylävirrassa sijaitsevan Katerman kohdalla. Virtaaman voimakas sahaaminen etenkin alkuvuonna 2016 voi aiheuttaa mallin virtausnopeuksissa vastaavaa sahaamista, joka johtaa suurempaan sekoittumiseen, mikä voi osaltaan selittää mallin todellisuutta alhaisempia pitoisuuksia. Koska hilakoon pienentäminen lisää laskenta-aikaa huomattavasti, ei useampia virtaamatilanteita pystytty tässä yhteydessä mallintamaan.

9 VIRHELÄHTEET

Vesistömalli on yksinkertaistettu matemaattinen kuvaus vesien liikkeistä ja aineiden kulkeutumisesta. Lähtökohtana on malliin syötetty vesistön morfometria, jokivirtaamat, tunnetut luonnonvakiot ja yleiset virtausyhtälöt. Malli laskee annettujen lähtötietojen perusteella syntyvät virtauskentät ja suunnat, aineiden laimentumisen ja poistuman. Vesiluonnossa tapahtumat ovat monimutkaisempia, ja siellä tapahtuu prosesseja, joita mallissa ei voida ottaa huomioon.

Mallin laskentaelementtien eli hilan koko aiheuttaa pohjan syvyysuhteiden keskiarvoistumista, minkä vuoksi pinta-alaltaan pienet ja jyrkkäpiirteiset syvänealueet rajautuvat osittain pois eikä malli anna oikeaa tulosta niiden pohjanläheisen veden laadusta. Mallin laskema alin vesikerros edustaakin paikasta riippuen selvästi pohjaa ylempänä olevaa vesikerrosta. Mallia tarkennettiin Nuasjärven purkupaikan lähiympäristössä pienentämällä hilakokoa 200:sta 50 metriin ja lisäämällä kerroksia, mikä toi hieman mutta ei riittävää parannusta asiaan.

Mallinnus on tehty kaivosvesissä esiintyvän sulfaatin vakiokuormituksella. Todellisessa tilanteessa tapahtuu mm. sadannasta johtuvia pitoisuuksien ja vesimäärien vaihteluita. Arvion toteutumisen lähtöedellytyksenä luonnollisesti on, että toteutuvat lähtöpitoisuudet ja vesimäärät ovat laskennassa käytetyillä tasoilla.

Vaikka tarkalleen laskennassa käytetyn vesivuoden (2003) kaltaisia virtaamatilanteita ei vesistössä ilmenisi, antaa valittu aineisto hyvän kuvan selvitysalueen virtausoloista ja niiden vaihtelusta. Mallinnus on tehty kuivan vuoden virtaamilla, jolloin vaikutukset tulevat hieman yliarvioitua. Sääolojen vaihtelun malli kattaa verrattain hyvin, koska aineistona on käytetty kolmen vuoden (2013–2015) ajanjaksoa.

Mallinnukseen sisältyy arvio sulfaatin poistumasta eli pitoisuuden pienenemisestä ajan kuluessa. Poistuma riippuu pitoisuudesta ja viipymästä. Sulfaatin puoliintumisaika on kuitenkin pitkä, noin 600 vrk. Mallin laskenta perustuu sulfaatin kulkeutumiseen ja laimenemiseen, ja sitä poistuu vain sedimentaation myötä, esimerkiksi järvisyvänteissä sulfaatti voi olosuhteiden salliessa saostua metallisulfideina. Kerrostumisen purkautuessa alusveteen kerrostunut sulfaatti leviää koko vesimassaan.

Kerrostuneisuuden voimakkuuden laskentaan ja keston arviointiin liittyy edelleen epävarmuutta, koska siihen vaikuttaa vesimassan tiheyserojen lisäksi voimakkaasti mm. virtaama- ja sääolosuhteet.

Mallinnuksen alkutilan määrittäminen alkuvuoteen 2015 aiheuttaa etenkin mallinnusjakson alkuun jonkin verran yliarviota vanhoille purkureiteille, joissa vesistön pitoisuustaso oli pääsääntöisesti koholla. Nuasjärven aiheutuu vastaavasti aliarvioita, koska Nuasjärven pitoisuudet olivat alhaisia vuoden 2015 alussa ennen purkupuutken käyttöönottoa.

Epävarmuustekijöistä huolimatta laskenta kuvaa sulfaatin keskimääräistä kulkeutumista ja leviämistä vesistössä eri kuormitustilanteissa, ja se kuvaa purkupaikkavaihtoehtojen vaikutusta samankaltaisissa hydrologisissa oloissa ja antaa hyvän pohjan tulosten perusteella arvioida muutoksia vesistössä Mallitulosten tulkinnassa on tärkeitä, että yksittäisiin laskentatuloksiin ei panna liikaa painoarvoa, vaan mallinnuksen tarkoitus on kokonaisuutena auttaa asiantuntijaa johtopäätösten teossa.

10 YHTEENVETO

Raportissa on esitetty Kaivosyhtiö Terrafame Oy:n vesienhallintaa koskevaan YVA-menettelyyn liittyvän vesistömallinnuksen tulokset. Kaivoksen käsiteltyjä jätevesiä johdetaan kaivosalueelta Oulujoen ja Vuoksen vesistöön vuodesta 2011 alkaen käytössä olleita vanhoja purkureittejä pitkin sekä vuoden 2015 lopulla valmistuneen purkuputken kautta Oulujoen vesistöön kuuluvaan Nuasjärveen. Kaivosvedet sisältävät sulfaattia ja muita suoloja, ja ne ovat raskaampia kuin kohdevesistöjen vedet luonnostaan. Käsiteltyjen jätevesien vaikutuksia vesistön sulfaattipitoisuuteen laskettiin YVA:ssa esitetyillä kuormitusvaihtoehdoilla. Virtaus- ja vedenlaatu-mallinnus toteutettiin Environmental Fluid Dynamics Code (EFDC) Explorer ver.8 -mallinnusohjelmistolla kolmiulotteisena johtuen kohdevesistön syvyysuhteista ja raskaampien kaivosvesien kertymisestä vesistön pohjalle. Mallinnusalueen alaraja Oulujoen suunnassa oli Oulujärvi ja Vuoksen suunnassa Laakajärvi. YVA-vaihtoehtojen lisäksi mallinnuksella selvitettiin vaihtoehtoisia purkupaikkoja Nuasjärvestä ja kuormituksen jaksotuksella mahdollisesti saatavaa ympäristöllistä hyötyä. Nuasjärven nykyisen purkupaikan lähialueella mallin tarkkuutta pyrittiin parantamaan hilakokoa pienentämällä.

Nuasjärvestä tarkasteltiin nykyisen purkupaikan lisäksi kahta vaihtoehtoista purkupaikkaa, jotka sijaitsivat Rimpilänsalmessa ja Petäisenniskalla. Mallinnuksen perusteella kaikissa purkupisteissä esiintyy talven kerrostuneisuuskaudella noin 200–400 mg/l:ssa sulfaattipitoisuuksia mallin mukaisessa alimmassa vesikerroksessa. Talvella virtaamien ollessa pieniä ja jääkannen estäessä tuulen sekoittavan vaikutuksen vesimassassa, sulfaattipitoista vettä kerrostuu voimakkaimmin purkualueille pohjanläheisiin vesikerroksiin. Vaikutusten painopiste siirtyy länteen purkupaikkaa siirrettäessä, mutta Oulujärven ja siitä lähtevän vedenlaadun kannalta purkupaikalla ei ollut merkitystä. Petäisenniskan purkupaikka todettiin hankalaksi kaupungin läpi virtaavan Kajaaninjoen kannalta. Purkupaikan siirtoa ei kokonaisuuden kannalta todettu hyödylliseksi.

YVAssa on erilaisia kaivostoiminnan jatkamiseen liittyviä vaihtoehtoja (VE0, VE1a ja VE1b) ja vaihtoehto (VE2a/b), jossa kaivostoiminta ajetaan alas muutamassa vuodessa. Vaihtoehdot poikkeavat toisistaan vesistöön johdettavan sulfaatti-kuormituksen osalta. Vaihtoehto VE0 vastaa nykyisen lupaehdon mukaista kuormitusta ja VE1 selvästi suurempaa kuormitusta. Vaihtoehdossa VE1 kuormitus pienenee kolmen vuoden jälkeen, ja VE1b-vaihtoehdossa kuormitus painottuu vanhoille purkureiteille kolmena ensimmäisenä vuotena. Vaihtoehdossa 2b kuormitus on suurempaa kuin vaihtoehdossa 2A ensimmäisenä vuotena.

Vanhoilla purkureiteillä jätevesien laimentuminen on huomattavasti huonompaa kuin johdettaessa jätevedet Nuasjärveen purkuputkella. Kaikissa vaihtoehdoissa syntyy korkeita sulfaattipitoisuuksia vanhojen purkureittien latvavesiin eli Oulujoen suunnassa Tuhkajokeen ja Jormasjärvestä Tuhkajoen edustalle saakka sekä Vuoksen suunnassa Laakajärvestä Kivijoen edustalle saakka. Pienimmillään vaihtoehdoissa VE0 ja VE2 sulfaattipitoisuudet ovat vanhoilla reiteillä Jormasjärveen ja Laakajärveen tullessa keskimäärin luokkaa 10 mg/l. Suurimmillaan vaihtoehdossa VE1b keskimääräinen sulfaattipitoisuus on Jormasjärven ja Laakajärven mallin mukaisessa alimmassa

vesikerroksessa noin 100 mg/l. Nuasjärvessä VE0-vaihtoehdon mukainen kuormitus aiheuttaa maksimissaan noin 300 mg/l sulfaattipitoisuuksia purkupaikan lähialueella. Muissa vaihtoehdoissa Nuasjärven mallinnetut pitoisuustasot ovat samaa suuruusluokkaa ja VE1a alkuvuosina jonkin verran suurempia. Nuasjärven keskiosan syvänealueella sulfaattipitoisuudet nousevat tarkkailutulosten perusteella todennäköisesti mallinnettua suuremmiksi johtuen siitä, että malli ei pysty kuvaamaan kunnolla pienialaisia syvänteitä. Kajaaninjoessa sulfaattipitoisuus nousee maksimissaan tasolle 20 mg/l ja Oulujärven Paltaselällä 15 mg/l vaihtoehdosta riippuen. Oulujärvestä lähtevän veden pitoisuus jää pariin mg/l. Vuoksen suunnassa Laakajärven eteläosassa sulfaattipitoisuus on muutamia ja maksimissaan muutamia kymmeniä mg/l vaihtoehdosta riippuen.

Vaihtoehtojen vertailu on tässä raportissa tehty mallinnuksen antamien sulfaattipitoisuuksien perusteella. Varsinainen YVA-vaihtoehtojen vertailu tapahtuu YVA-selostuksen yhteydessä.

Jäteveden juoksutuksen jaksottamisella siten, että talvella juoksutetaan 50 % avovesikauden määrästä, voidaan luonnollisesti keventää talvelle ajoittuvia vaikutuksia, mutta vuoden keskiarvoja tarkasteltaessa saavutetaan vain vähäistä hyötyä.

Mallinnuksen tarkennus Nuasjärven purkupaikan lähialueella hilakokoa pienentämällä 200 metristä 50 metriin osoittautui vaativaksi tehtäväksi, eikä sillä tässä vaiheessa saatu aikaan tavoiteltua tulosta eli pienialaisten syvänteiden tarkempaa kuvausta kerrostumisen suhteen. Useista kalibrintokierroksista huolimatta mallin antamat tulokset poikkesivat selvästi todetuista tuloksista. Mallinnustulokset kuvasivat melko hyvin kerrostuneisuutta ja sulfaattipitoisuuksia purkupaikan lähialueella, mutta kauemmissa syvänealueilla mallinnetut pitoisuudet jäivät alkuvuonna 2016 mitattuja selvästi alhaisemmaksi. Mallin testiajoissa havaittiin Tenetin suunnasta tulevalle virtaamalla olevan suurin vaikutus sulfaattipitoisten vesien leviämiseen ja sekoittumiseen.

11 VIITTEET

Craig, Paul M. 2011. User's Manual for EFDC_Explorer: A Pre/Post Processor for the Environmental Fluid Dynamics Code. Dynamic Solutions-International, LLC, Knoxville, TN, USA, August 2011.

Pöyry Finland Oy 2014a. Talvivaara Sotkamo Oy. Selvitys mahdollisista uusista purkupaikoista.

Pöyry Finland Oy 2014b. Talvivaara Sotkamo Oy. Uuden purkureitin ympäristölupahakemus.

Pöyry Finland Oy 2016. Terrafame Oy. Selvitys purkuvesien sekoittumisesta., kerrostumisesta ja leviämisestä Nuasjärvessä ja Jormasjärvessä.



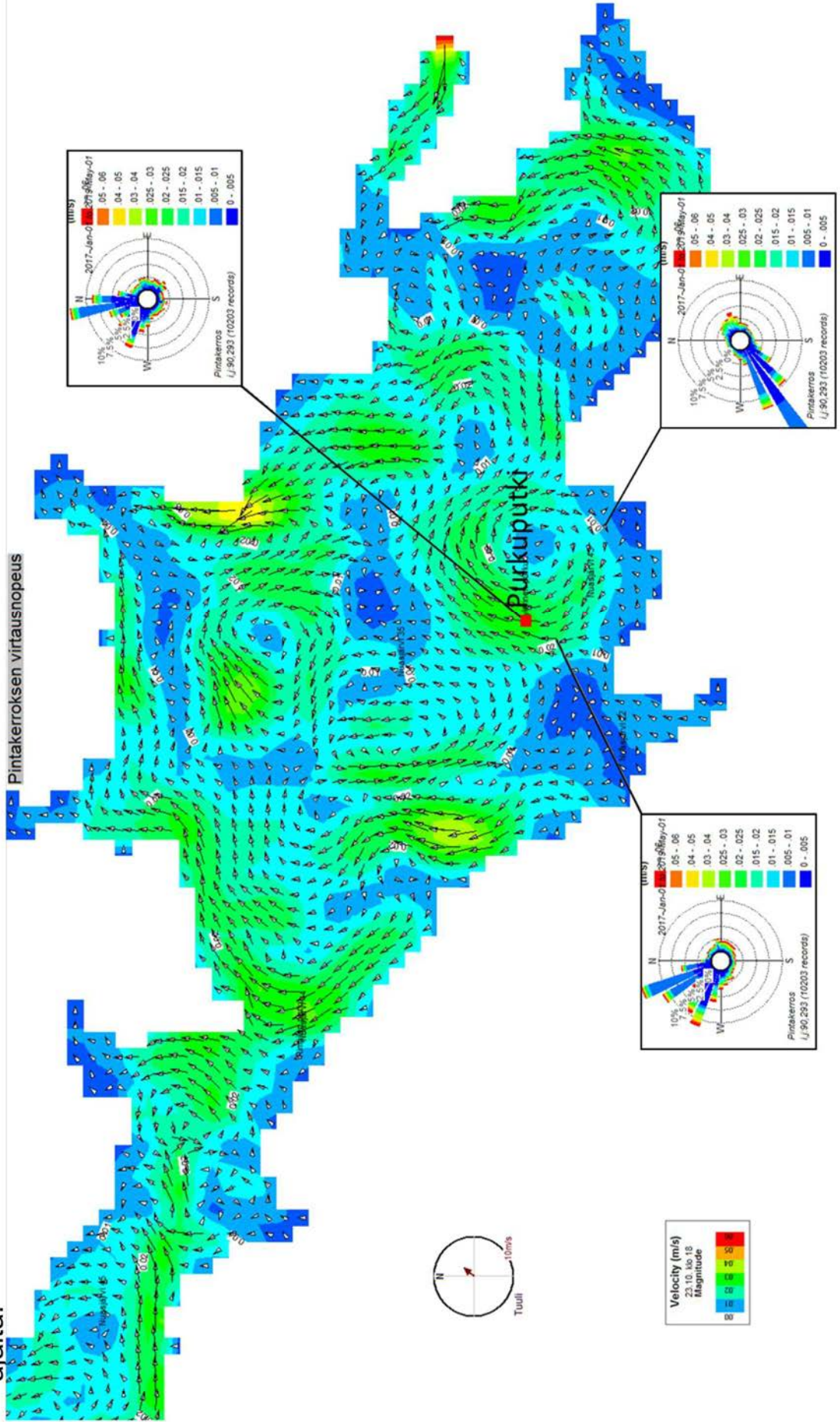
VIRTAUSKENTTIEN HAVAINNOLLISTAMINEN
Nuasjärvi

27. Lokakuuta 2016



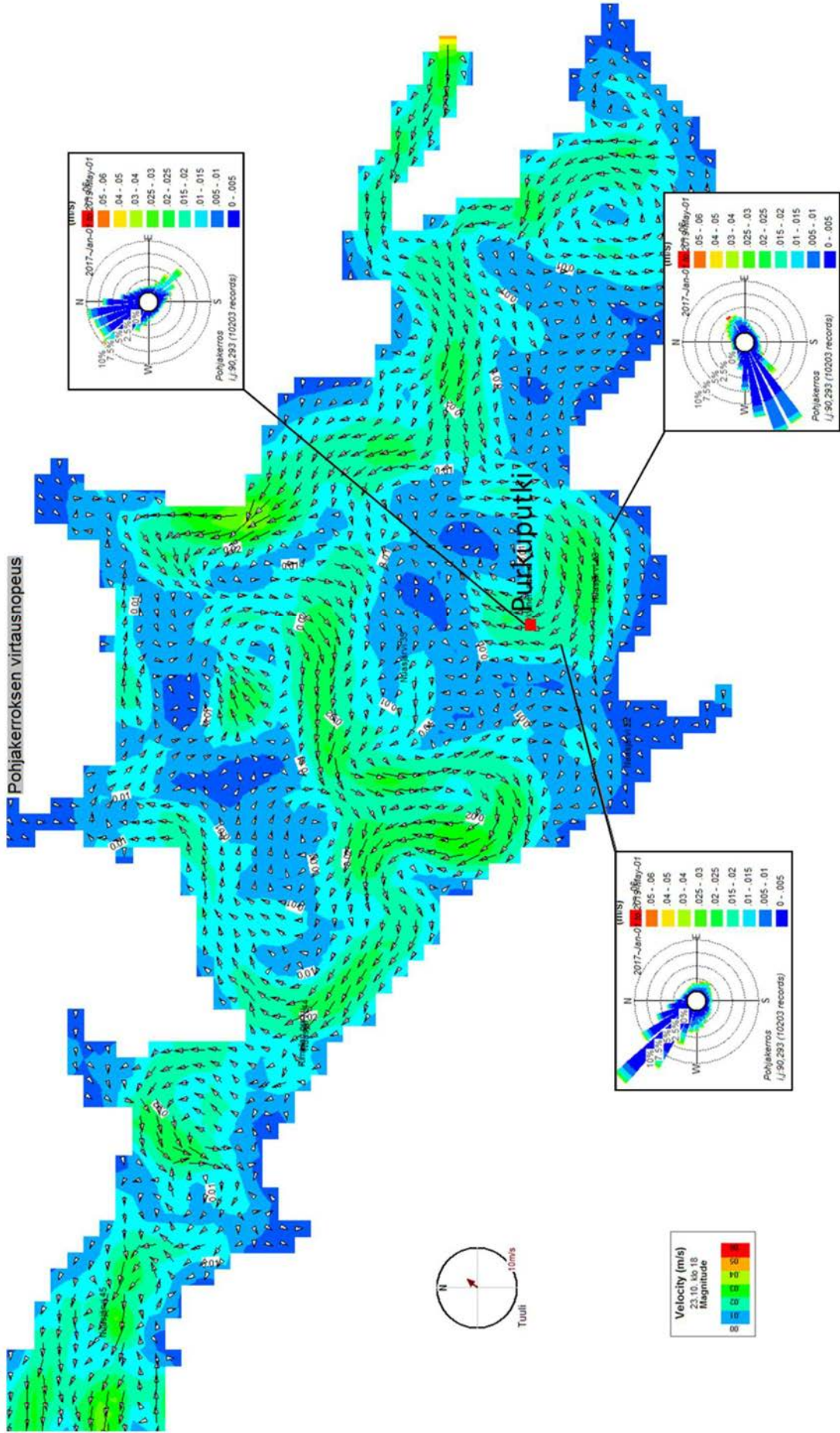
Virtaus pintakerroksessa 23.10. ensimmäisenä mallinnusvuotena. Tuuli n. 2 m/s lounaasta.

Pienemmät kuvat esittävät mallinnetun pintavirtauksen menosuunnan jakaumaa 2 vuoden laskennan ajalta.



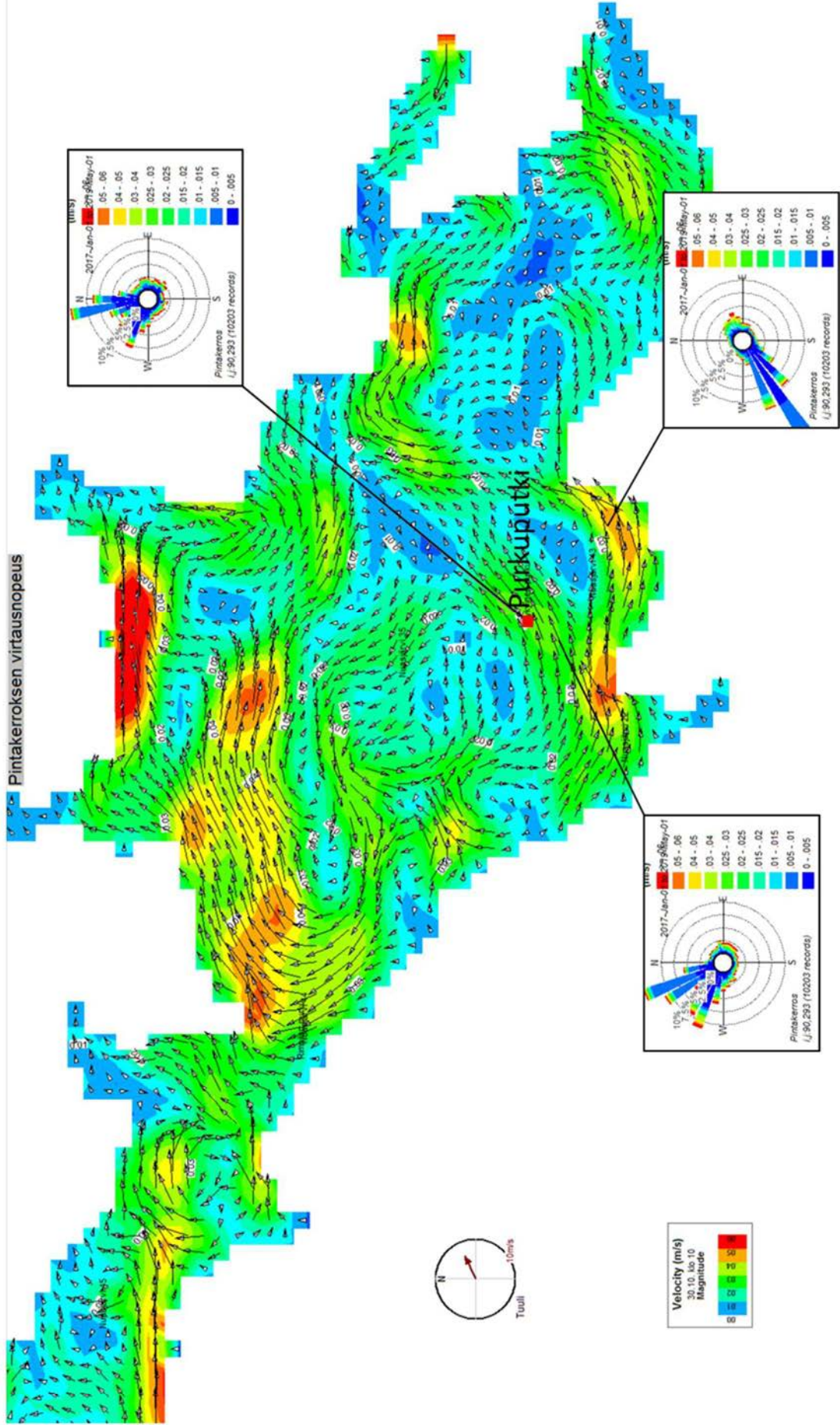
Virtaus pohjakerroksessa 23.10. ensimmäisenä mallinnusvuotena. Tuuli n. 2 m/s lounaasta.

Pienemmät kuvat esittävät mallinnetun pohjavirtauksen menosuunnan jakaamaa 2 vuoden laskennan ajalta.



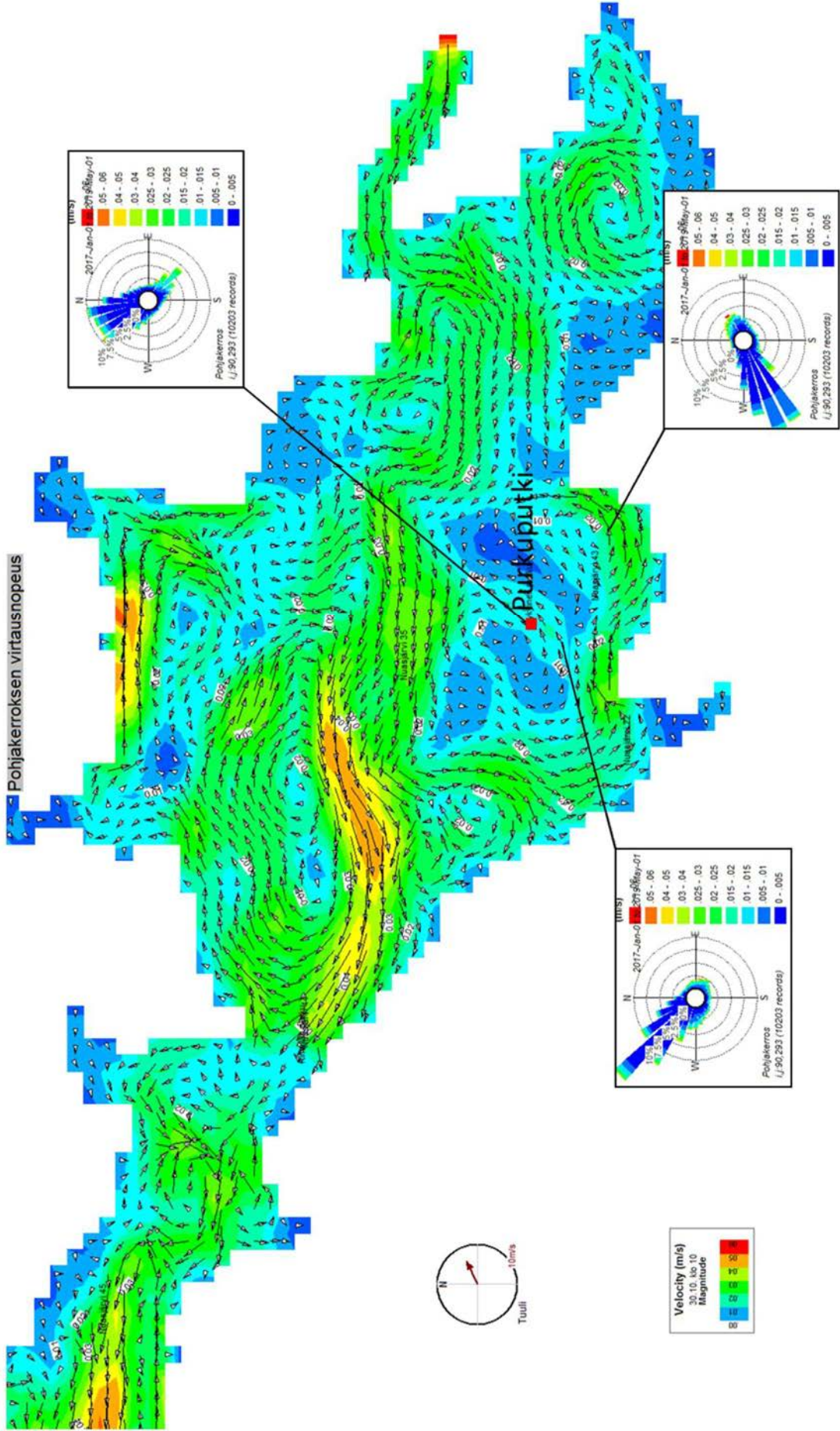
Virtaus pintakerroksessa 30.10. ensimmäisenä mallinnusvuotena. Tuuli n. 6 m/s länsi-lounaasta.

Pienemmät kuvat esittävät mallinnetun pintavirtauksen menosuunnan jakaamaa 2 vuoden laskennan ajalta.



Virtaus pohjakerroksessa 30.10. ensimmäisenä mallinnusvuotena. Tuuli n. 6 m/s länsi-lounaasta.

Pienemmät kuvat esittävät mallinnetun pohjavirtauksen menosuunnan jakaamaa 2 vuoden laskennan ajalta.



101003701
16.3.2017



TERRAFAME OY
Nuasjärven purkupaikkavertailu

COPYRIGHT © PÖYRY FINLAND OY

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

Sisältö

1	JOHDANTO.....	3
2	PURKUPAIKKAVAIHTOEHDOT	3
3	MALLINNUKSEN.....	4
3.1	MALLI.....	4
3.2	LÄHTÖTIEDOT	5
3.3	KALIBROINTI	6
3.4	LASKENTA	7
4	JÄTEVESIEN KULKEUTUMINEN JA LAIMENTUMINEN	10
4.1	NYKYINEN PURKUPAIKKA, NUASJÄRVI JUURIKALAHTI	10
4.2	NUASJÄRVI, RIMPILÄNSALMI.....	12
4.3	NUASJÄRVI, PETÄISENNISKA	13
5	VIRHELÄHTEET	24
6	PURKUPAIKKOJEN VERTAILU JA JOHTOPÄÄTÖKSET	25
7	VIITTEET	26

Pohjakartat Maanmittauslaitos, lupa nro MML/48/12

Pöyry Finland Oy

Lotta Lehtinen, MMM
Heimo Vepsä, FM
Lasse Rantala, MMM

Yhteystiedot
Elektroniikkatie 13
90590 OULU
puh. 010 3311
sähköposti etunimi.sukunimi@poyry.com
www.poyry.fi

1 JOHDANTO

Terrafame Oy valmistautuu tyhjentämään kaivosalueelle varastoidut ylimääräiset vedet (7,3 Mm³ heinäkuussa 2016) nopeammassa aikataulussa kuin mitä VHO:n 28.4.2016 antama päätös mahdollistaa. VHO linjasi päätöksessään, että määrättyä suurempi sulfaatin päästökiintiö edellyttää myös YVA-menettelyä. Siten Terrafame Oy on käynnistänyt vesienhallinnan YVA-menettelyn, jossa tarkastellaan purkuvesien vaikutuksia sulfaatin eri päästötasoilla ja Nuasjärvessä vertaillaan kolmea eri purkupaikkavaihtoehtoa. Nykyisen Juurikkalahden edustalla sijaitsevan purkupaikan lisäksi tarkasteltavat purkupaikat ovat Rimpilänsalmi ja Petäisenniska. Lisäksi tarkastellaan eri kuormitusskenaarioiden mukaisesti vaikutuksia vanhoilla purkureiteillä Oulujoen ja Vuoksen vesistöissä. Ensimmäisessä vaiheessa tehdään vaikutusarviointi yhdellä kuormitusvaihtoehdolla VE1a kolmelle Nuasjärven purkupaikalle. Tämän jälkeen tarkastelua jatketaan muilla kuormitusvaihtoehdoilla yhdelle purkupaikalle.

Jätevesien vaikutusten arvioimiseksi ja tulosten havainnollistamiseksi käytetään mallinnustekniikkaa. Mallinnus on laskennallinen menetelmä, jonka avulla voidaan laskea kaivoksen purkuvesien sisältämän sulfaatin leviämistä ja laimentumista vesistöissä virtausten mukana. Tulokset ovat merkittävä apu arvioitaessa vaikutusten laajuutta ja voimakkuutta.

Tässä selvityksessä on esitetty Nuasjärven eri purkupaikkavaihtoehtojen mallinnustuloksia. Tarkemmat jatkomallinnukset kohdennetaan ympäristö- ja sosiaalisilta vaikutuksiltaan edullisimmiksi arvioituun purkupaikkavaihtoehtoon. Putkilinjaa voidaan jatkaa Nuasjärvessä, mikäli YVA-menettelyn aikana tutkittavat vaihtoehtoiset purkupaikat osoittautuvat paremmiksi kuin nykyinen purkupaikka.

Mallinnukset eri purkupaikkavaihtoehdoille on tehty vaihtoehdolle VE1a, jossa kuormitus on suurin: kolme ensimmäistä vuotta sulfaattikiintiö 30 000 t/v purkuputkelle ja noin 5 000 t/v vanhoille reiteille. Neljännestä vuodesta alkaen 15 000 t/v purkuputkelle ja noin 5 000 t/v vanhoille reiteille.

2 PURKUPAIKKAVAIHTOEHDOT

Nuasjärvi (Rehja-Nuasjärvi) kuuluu Sotkamon reittivesistöön. Terrafame Oy:n vuonna 2015 rakennettu purkuputki sijoittuu Nuasjärven itäosaan Juurikkalahden edustalle (Kuva 2-1), noin kahden kilometrin etäisyydelle rannasta. Purkupaikan vesisyvyys on 7–8 m. Nuasjärven keskiosaan sijoittuu hevosenkengän muotoinen syvänealue, jossa vesisyvyys on yli 20 m. Alueen syvyysuhteet käyvät ilmi kuvista (Kuva 3-4 ja Kuva 3-5). Nykyinen purkuputki sijoittuu noin 1,3–1,6 kilometrin etäisyydelle syvänealueista. Juurikkalahden purkuputken länsipuolelle on johdettu myös Mondo Mineralsin Sotkamon kaivoksen puhdistetut jätevedet vuoteen 2010 saakka.

Nuasjärvi on reilun kilometrin levyisen Rimpilänsalmen kautta yhteydessä Rehjaan eli Rehjanselkään. Toinen arvioitava purkupaikkavaihtoehto sijoittuu Rimpilänsalmen kohdalle (Kuva 2-1). Rimpilänsalmessa ja Rehjanselällä on myös melko pienialaisia, yli 20 m syviä syvänealueita. Alueen syvyysuhteet käyvät ilmi kuvista (Kuva 3-4 ja Kuva 3-5).

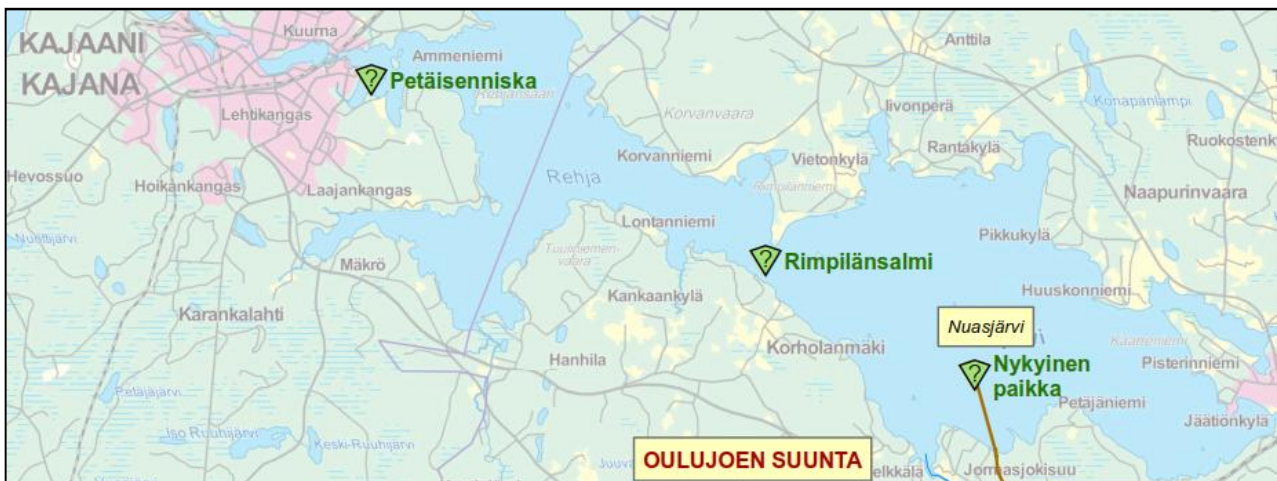
Yhdessä Rehja-Nuasjärven kokonaispinta-ala on 96,4 km². Valuma-alueen pinta-ala on järven luusuassa 7475 km² ja järvisyys 11,7 %. Vesialueen keskisyvyys on 8,5 m ja suurin syvyys 42 m.

Nuasjärvi laskee Kajaaninjoen kautta Oulujärveen. Kajaaninjoessa sijaitsevat kolme voimalaitosta, Koivukoski I-II ja Koivukoski III. Viimeksi mainittu on ns. tunnelivoimalaitos. Kajaanin kaupungin läpi virtaavaan Kajaaninjokeen johdetaan vettä

aina vähintään 25 m³/s. Loppuosa virtaamasta ohjataan Koivukoski III:n läpi kaupungin alittavan noin kolme kilometriä pitkän tunnelin kautta. Kolmas tarkasteltava purkupaikkavaihtoehto Petäisenniska sijoittuu Nuasjärven luusuaan Koivukoski III:n voimalaitoksen edustalle (Kuva 2-1).

Oulujärvi jakautuu kolmeen suureen altaaseen: Paltaselkään, Ärjänselkään ja Niskanselkään. Oulujärvessä yhtyy kaksi suurta reittiä, Kiehimäjoen kautta laskeva Hyrynsalmen reitti (8665 km², järvisyys 7,5 %) ja Kajaaninjoen kautta tuleva Sotkamon reitti (7535 km², järvisyys 11,7 %). Sotkamon reitin viimeisiä järviä, Sokajärveä ja Paltajärveä, voidaan pitää Oulujärven osa-alueina. Oulujärven pinta-ala on keskimäärin 887 km² ja keskisyvyys 7,6 m. Oulujärven syvin kohta on noin 35 m. Suurista virtaamista johtuen Oulujärven viipymä on verrattain lyhyt, 329 päivää. Läntisen Paltaselän vesimassa vaihtuu keskimäärin kerran kuukaudessa.

Oulujoen vesistö on säännöstelty, ja sitä käytetään paljon voimatalouden ehdoin, mikä heijastuu vesistön virtausoloihin sekä pitkällä että lyhyellä aikavälillä ja ne poikkeavat paljon luonnonvesien luontaisesta vaihtelusta.



Kuva 2-1. Tarkasteltavat Nuasjärven purkupaikkavaihtoehdot.

Aiemmassa purkupaikkaselvityksessä (Pöyry Finland Oy 2014) on tarkasteltu viittä eri purkupaikkaa Oulujoen vesistössä: Katerma, Tenetti, Nuasjärven Tikkalahti, Oulujärven Toukansalmi ja Oulujärven Alassalmi, joista Tenettiin, Tikkalahteen ja Toukansalmeen laadittiin myös mallinnukset. Purkupuutkilinjan suunnittelutyön edetessä purkupaikkaa siirrettiin Tikkalahdesta Juurikkalahden edustalle.

3 MALLINNUS

3.1 Malli

Sulfaattipitoisten vesien kulkeutumisesta arvioitiin 3D-vesistömallin EFDC, (Environmental Fluid Dynamics Code) avulla. Mallin on kehittänyt Virginia Institute of Marine Science:ssa John Hamrick alun perin rannikkovesien mallinnustehtäviin. Yhdysvaltojen ympäristönsuojeluviranomainen EPA (Environmental Protection Agency) on jatkanut mallin kehitystyön tukemista ja malli on nykyään vesistöjen kuormitussietokyvyn arviointiin tarkoitettujen suositeltujen mallien joukossa Yhdysvalloissa. Mallin jatkokehitystä on tehty Dynamic Solutions-International LLC -konsulttialan yrityksessä. Heidän toimestaan on laadittu lisäksi graafinen käyttöliittymä

(EFDC Explorer, EE) mallin laadinnan ja tulosten käsittelyn ja havainnollistamisen tueksi (Craig 2011).

Kyseistä mallia on käytetty Talvivaaran jätevesien kulkeutumisen arviointiin aiemminkin (Pöyry Finland Oy 2014a,b). Mallin nyt käytössä olevaan versioon on lisätty jääpeitteen mallinnus, joten malli kuvaa talviaikaista käyttäytymistä aiempaa totuudenmukaisemmin. Merkittävimmät jääpeitteen vaikutukset ovat tuulen liikemäärän siirtymisen estyminen veteen, vaikutus pintaveden lämpötilaan sekä ilman ja veden välisen lämpöenergian siirtymisen väheneminen.

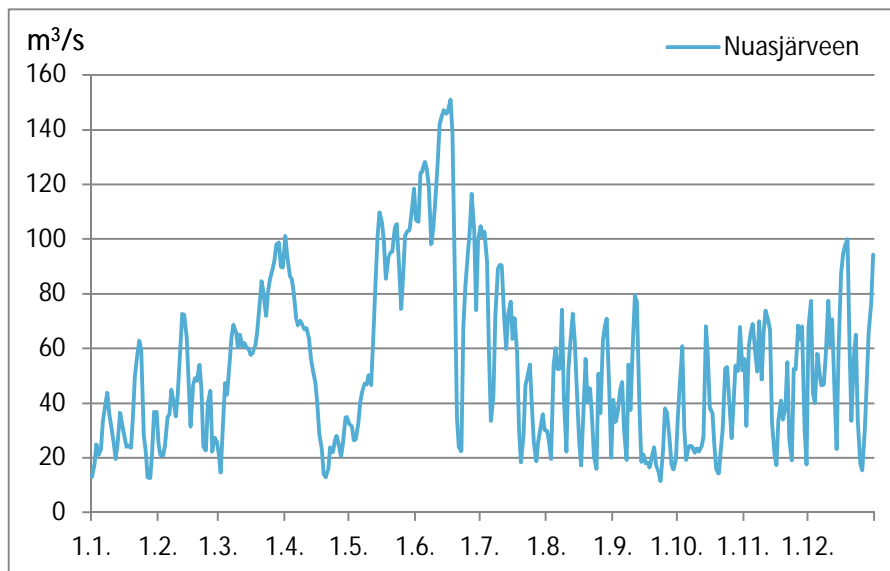
Mallinnus toteutetaan kolmiulotteisena, jotta se kuvaisi myös päästövesien pystysuuntaista sekoittumista. Laskennan pystysuoran kuvauksen tarkentamiseksi, laskentamallia kalibroitiin Nuasjärven tarkkailuaineistolla.

3.2 Lähtötiedot

Mallinnuksessa Nuasjärven purkuputkella johdettava sulfaattikuormitus oli kolmen ensimmäisen vuoden (2016–2019) 30 000 t/v ja neljännessä vuodesta alkaen (2020–2022) 15 000 t/v. Vanhaa reittiä Jormasjoen kautta johdettava kuormitus oli laskentajaksolla vakio, 3 000 t/v.

Vaikutuksia laskettiin hydrologisilta oloiltaan ns. kuivana vuotena, jota edustaa vuosi 2003. Laskentajaksona oli 6 vuotta, ja kaikkina vuosina virtaamaolosuhteet olivat siis samat.

Jokivirtaamien syöttöpisteet olivat Tenetti ($F = 6\,675 \text{ km}^2$), Jormasjoki ($F = 312,53 \text{ km}^2$), Kontinjoki ($F = 88,06 \text{ km}^2$), Kiehimäjoki ($F = 8\,665 \text{ km}^2$), Varisjoki ($F = 415,08 \text{ km}^2$), Aittojoki ($F = 245,44 \text{ km}^2$) ja Koivukoski ($F = 7\,475 \text{ km}^2$). Tenetin virtaaman keskiarvo oli em. kuivana vuotena $59,3 \text{ m}^3/\text{s}$. Vastaavasti Jylhämän virtaama oli $134,1 \text{ m}^3/\text{s}$. Muun lähialueen virtaamia ei malliin erikseen syötetty, mikä aiheuttaa hieman yliarviota tuloksiin. Mallinnuksessa käytetty Nuasjärven tuleva virtaama on esitetty kuvassa (Kuva 3-1).

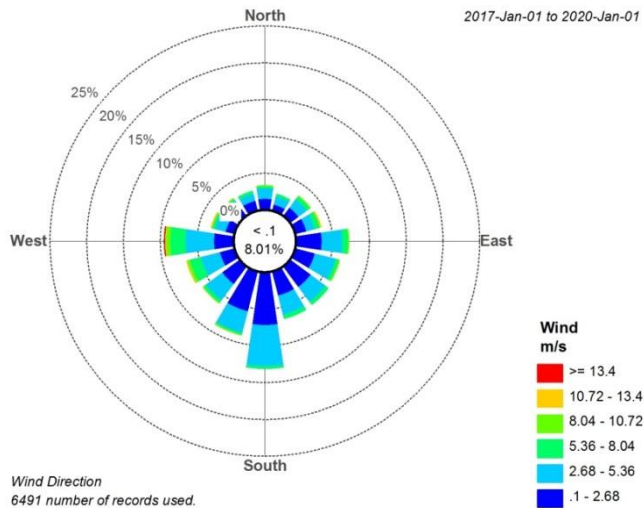


Kuva 3-1. Mallinnuksessa käytety Nuasjärven tuleva virtaama.

Laskennassa on huomioitu Kajaaninjoen vuorokausisäännöstely, mikä voi vaikuttaa joen lähialueen virtaaman lyhytaikaisvaihteluihin. Hydrologisilta olosuhteiltaan kuivana

vuotena Jylhämän juoksutuksia pienennettiin vastaava määrä, jotta Oulujärven veden korkeus säilyisi oikealla tasolla.

Suurin vaikutus paikallisiin virtausoloihin on tuulen aiheuttamalla pintakitkalla, joka saa aikaan tuulen suuntaisen pintavirtauksen, jota usein syvemmillä alueilla kompensoivat erisuuntaiset pohjavirtaukset (Liite 1). Tuulten osalta käytettiin aineistona Kajaanin lentokentän vuosien 2013–2015 tuulitietoja. Aineistossa suurimmat tuulen nopeudet ovat länsisuunnasta (Kuva 3-2). Vaikka etelänpuoleisten tuulien prosentuaalinen osuus on aineistossa suurin, ovat etelätuulet olleet keskimäärin heikoimpia eli < 2.8 m/s tuulennopeuksien osuus on suurin. Myös muut säätiedot kuten ilman lämpötilan ja järvihaihduksen tiedot olivat samalta ajanjaksolta.



Kuva 3-2. Mallinnuksessa käytetty tuuliaineisto (tuulen nopeus $> 0,1$ m/s) kolmen vuoden keskiarvona. Tyynen ($0,1$ m/s) osuus on 8.23 %.

Kerrostuneisuusoloihin vaikuttavat pääasiassa veden lämpötila- ja tiheyserot. Malli tarvitsee syöttötietona jätevesiseoksen suolaisuuden ja lämpötilan, joiden avulla se laskee tiheyden. Laskennassa suolaisuus laskettiin sulfaatti- ja natriumpitoisuuksien summana, mikä eroaa aiemmista mallinnoista, joissa tiheys määritettiin Tuhkajoesta mitattujen sulfaattipitoisuuksien ja sähkönjohtavuuksien välisen riippuvuuden kautta.

Nuasjärven purkupaikkojen laskennassa on huomioitu ejektoreista aiheutuva alkulaimennus, jossa purkuveteen sekoittuu $2/3$ järvivettä. Hilakoon 200×200 m rajoitusten vuoksi laimennusveden otto jouduttiin mallissa sijoittamaan noin 200 metrin päähän purkupaikasta, vaikka todellisuudessa sijainti on lähempänä.

3.3 Kalibrointi

Mallin kalibroinnissa hyödynnettiin toteutuneita vesi- ja kuormitusmääriä ja ympäristötarkkailussa Nuasjärvestä todettuja pitoisuuksia jaksolla 1.1.2015–30.6.2016. Kalibrointi tehtiin myös Jormasjärven ja Vuoksen suuntaan laskevien vesistöjen osalta. Oulujoen suunnassa vanhan reitin aiheuttama kuormitus kalibrointijaksolle arvioitiin Kolmisopen padolla mitattujen sulfaattihavaintojen ja virtaaman avulla. Jormasjoen virtaamana on kalibrointiajoissa käytetty vuosien 2015–2016 virtaamaa. Kalibroinnin tarkoituksena on varmistaa, että malli kuvaa luotettavasti päästövesien tarkkailussa havaittua vertikaalikäyttäytymistä.

Epätarkkuutta kalibrointiin aiheutuu etenkin ajanjaksoille, joilla pitoisuushavaintojen määrä on vähäinen. Oulun suunnan kalibroinnissa epävarmuutta aiheuttaa myös

Kolmisopen kuvauksen puutteellisuus. Käytettävissä olevalla aineistolla ei saatu riittävän tarkasti arvioitua Niskalan padon ohitse tapahtuvaa veden purkautumista Tuhkajokeen, joten Kolmisopesta poistuvaksi vesimääräksi asetettiin Kalliojoesta tuleva vesimäärä – toisin sanoen oletettiin, ettei Kolmisopen vedenkorkeudessa tapahdu muutoksia. Lisäksi malli sekoittaa Kolmisopen veden liian tehokkaasti, jolloin purkautuva sulfaattipitoisuus on luultavasti mallissa suurempi kuin todellisuudessa.

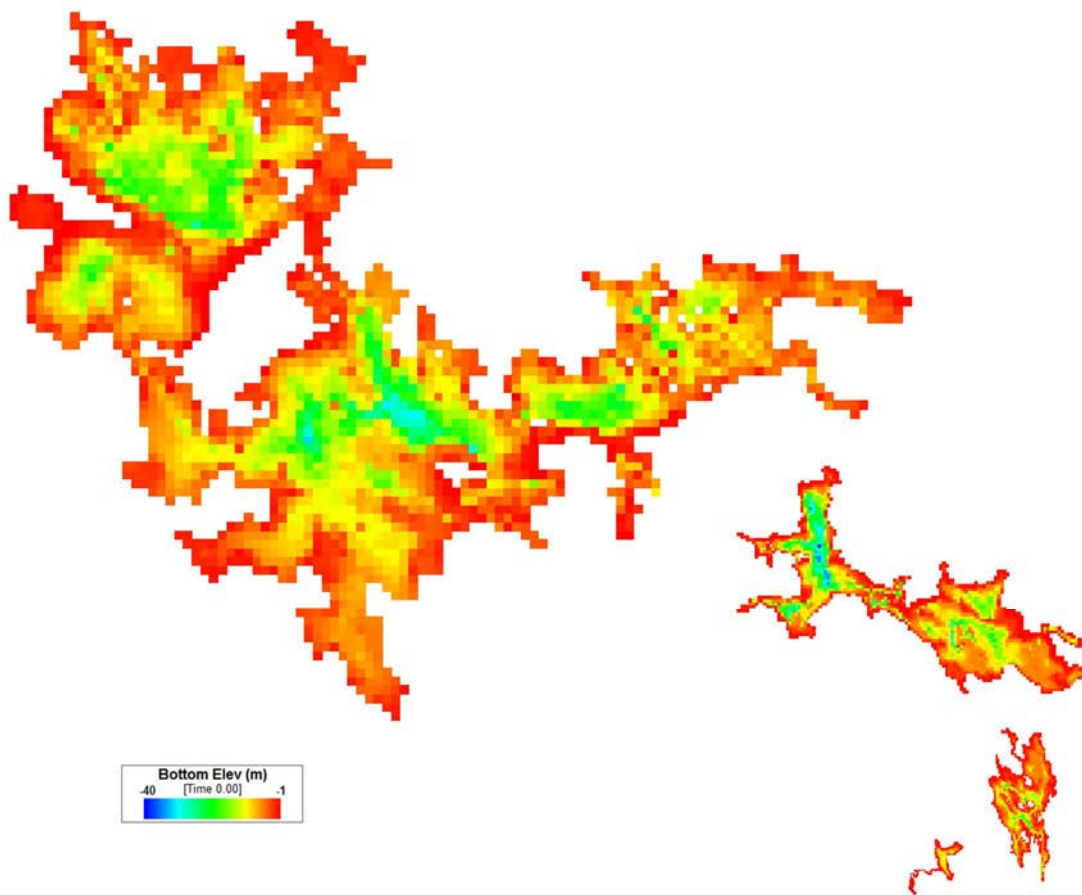
3.4 Laskenta

Laskentaa varten mallinnettava alue kaivosalueelta Oulujärven luusuaan jaettiin laskentaelementteihin, joiden keskimääräisen virtausnopeuden ja vedenkorkeuden malli laskee. Laskentaelementtien koko oli kaivosalueella 50 x 50 m, Jormasjärvässä 100 x 100 m, Nuasjärvässä 200 x 200 m ja Oulujärvässä 600 x 600 m. Kuvaus Nuasjärven hilarakenteesta sekä mallinnuksessa käytetyistä tulostuspisteistä on esitetty kuvassa (Kuva 3-3).

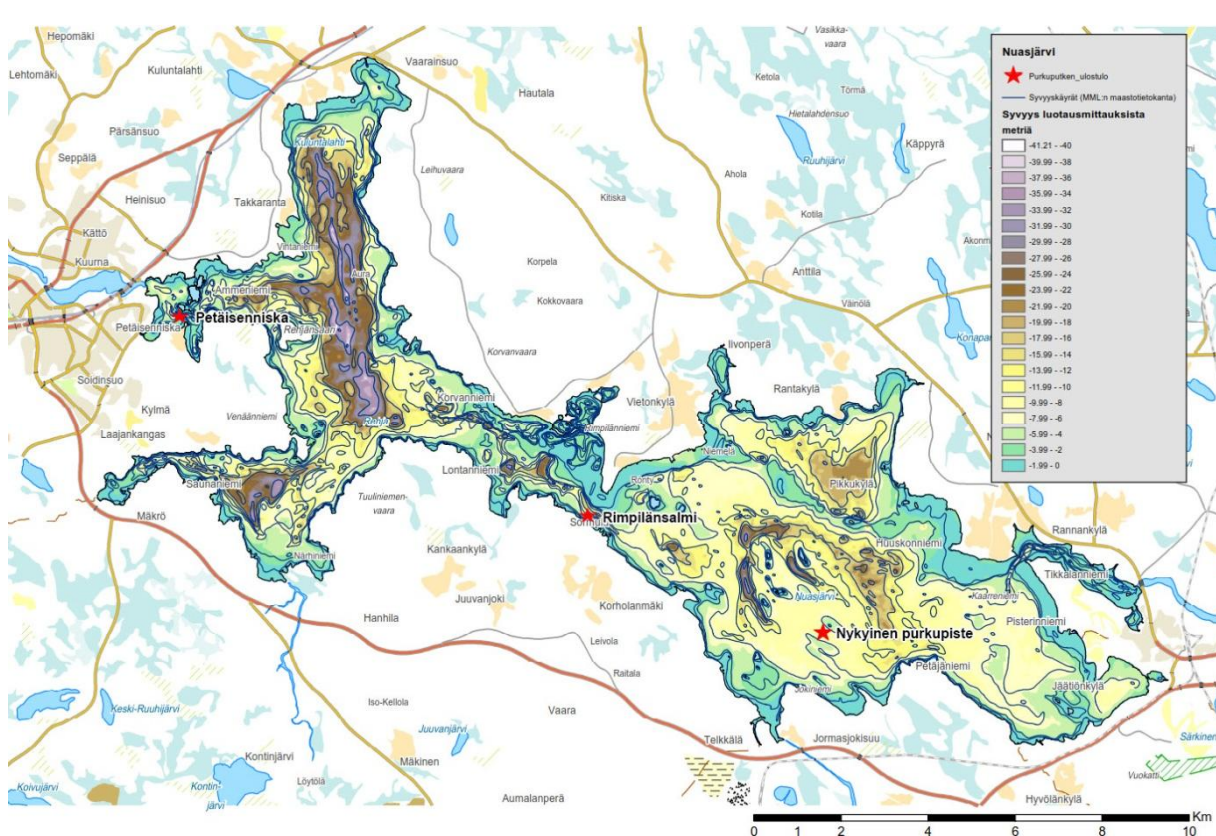


Kuva 3-3. Nuasjärven hilajako ja tulostuspisteiden sijainti.

Syvyysuunnassa käytettiin ns. sigma-koordinaatistoa, jossa laskentakerrosten lukumäärä on sama kaikkialla – toisin sanoen matalilla alueilla kerrosten paksuus on pienempi kuin syvissä osissa aluetta. Laskentakerrosten lukumäärä syvyysuunnassa oli kaikissa pisteissä sama, 6 tasapaksua kerrosta. Mallinnusalueen syvyysuhteita on esitetty kuvissa (Kuva 3-4 ja Kuva 3-5).



Kuva 3-4. Mallinnusalueen syvyyssuhteet.



Kuva 3-5. Nuasjärven syvyyskartta ja vaihtoehtoisten purkupaikkojen sijainti: Nykyinen (Juurikkalahti), Rimpilänsalmi ja Petäisenniska.

Käytetty hilako 200 x 200 m on liian suuri kuvaamaan pienialaisia ja jyrkkäpiirteisiä syvänteitä. Hilan koko on 40 000 m² ja syvänteiden pinta-alat saattavat olla satojen tai muutamien tuhansien neliömetrien kokoisia, kun tarkastellaan esim. kaksi metriä maksimisyvyyden yläpuolella olevaa pohjanalaa. Näin ollen käytetty malli keskiarvoistaa pienet syvänteet rajaten ne osittain pois mallista eikä tuota oikeata tulosta pohjanläheisen veden laadusta. Mallin epätarkkuus syvänteiden osalta on tullut esille, kun tarkkailuaineistoa alueelta on saatu riittävästi. Mallinnuksen tarkentamiseksi olisi vaadittu hilakoon pienentäminen ainakin 25 metriin, mikä ei tässä YVA-projektissa ollut mahdollista mm. laskenta-ajan huomattavan pidentymisen vuoksi.

Mallinnustuloksia on raportissa esitetty pintakerroksesta (pinta) ja pohjakerroksesta (pohja). Pintakerros edustaa mallin laskemaa ylintä vesikerrosta. Pohjakerros edustaa mallin laskemaa alinta vesikerrosta. Koska kerroksia on aina 6 kpl, vaihtelee kerroksen korkeus vesisyvyydestä riippuen noin välillä 1–6 m. Edellä esitetyn hilakokotarkastelun perusteella on Nuasjärven ja muidenkin pienialaisten syvänteiden osalta huomattava, että kerros 'pohja' ei ole sama kuin pohjanläheinen kerros eli alin yhden metrin vesikerros. Mallin laskema alin vesikerros edustaa karkean hilakoon johdosta paikasta riippuen selvästi pohjaa ylempänä olevaa kerrosta. Taulukoissa, kuvissa ja liitteissä käytetään kuitenkin yksinkertaisuuden vuoksi ilmaisuja pinta ja pohja sekä pintakerros ja pohjakerros.

4 JÄTEVESIEN KULKEUTUMINEN JA LAIMENTUMINEN

Kuvissa (Kuva 4-4 – Kuva 4-7) on esitetty sulfaattipitoisuuden alueellista vaihtelua pinta- ja pohjakerroksessa vuosikeskiarvoina sekä maksimiarvoina kolmannen laskentavuoden (2019) tilanteessa, jossa Nuasjärven purkupuutken sulfaattikuormitus on 30 000 tn/v. Kuvissa (Kuva 4-8 – Kuva 4-11) on esitetty vastaavat jakaumat kuudennen laskentavuoden (2022) tilanteessa, jolloin purkupuutken kautta Nuasjärveen tuleva kuormitus olisi 15 000 tn. Jakaumakuvissa on esitetty rinnakkain eri purkupaikkavaihtoehdot ja käytetty samaa skaalausta, jotta vaikutusalueita voidaan vertailla.

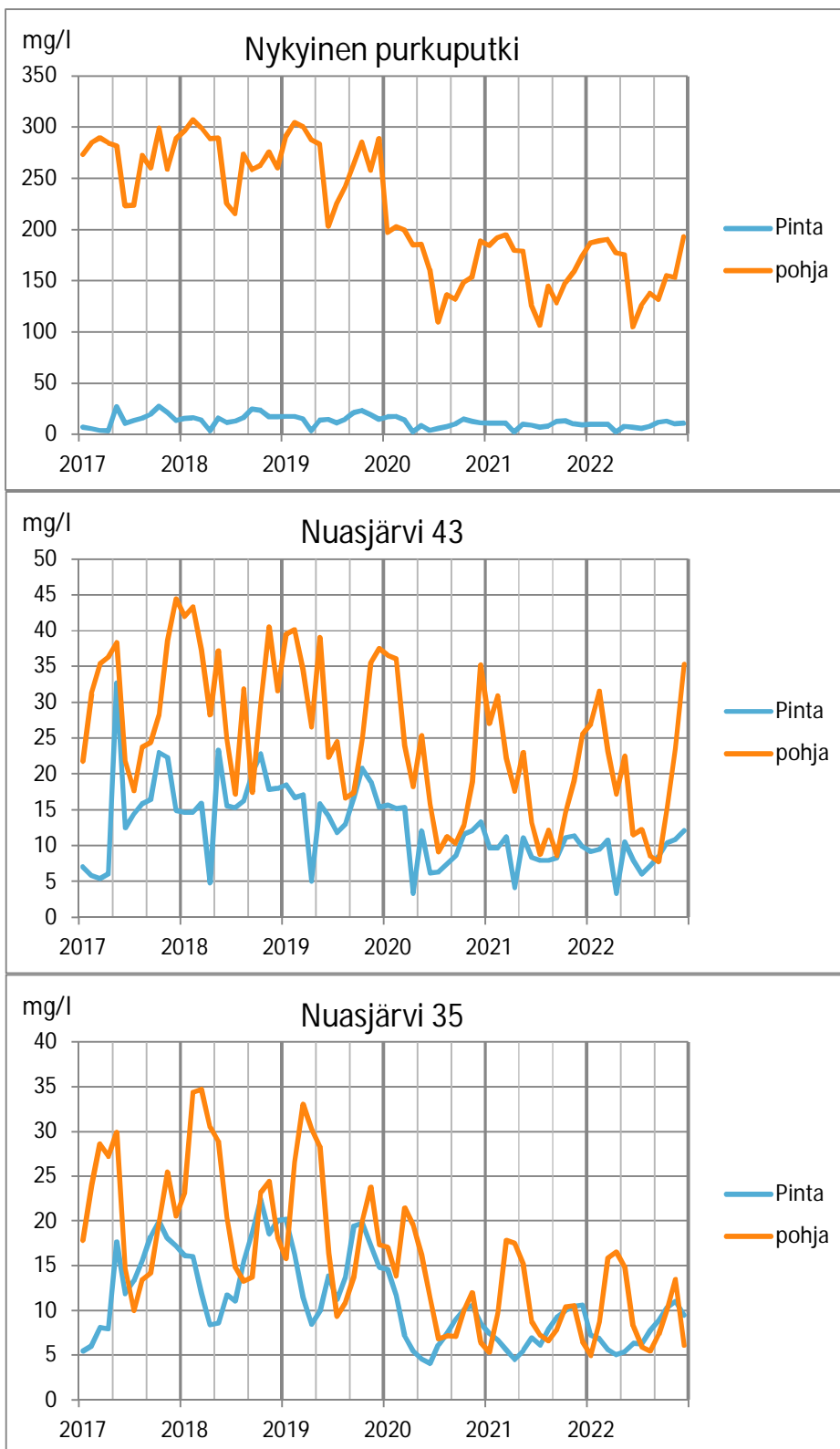
Vaihtoehtojen vertailun helpottamiseksi sulfaattipitoisuuden keskiarvot ja maksimit laskentajakson 3. ja 6. vuotena eri tarkastelupisteillä on koottu myös yhteenvetotaulukoihin (Taulukko 4-1 ja Taulukko 4-2).

Sulfaatti ei itsessään ole vesiympäristössä haitallinen aine, vaikkakin jotkin makeaan veteen sopeutuneet vesikasvit ja -eliöt voivat olla sille herkkiä. Sisävesissä liuenneiden suolojen määrä on yleensä vähäinen maa- ja kallioperän laadusta johtuen. Myös Nuasjärven alueen luontainen sulfaattipitoisuus on pieni, noin 3–5 mg/l. Sulfaatin haitallisuus vesistössä johtuu pääosin välillisistä vaikutuksista eli vesien suolaantumisen ja kerrostuneisuuden häiriintymisestä sekä mahdollisesti myös hapettomissa oloissa sulfaatin pelkistymisestä mikrobiologisesti sulfidiksi.

4.1 Nykyinen purkupaikka, Nuasjärvi Juurikkalahti

Sulfaattikuormituksen ollessa 30 000 tn vuodessa, kasvaa sulfaattipitoisuus laskentajakson kolmantena vuotena (2019) purkualueella pintakerroksessa vuositasolla keskimäärin tasolle noin 16–17 mg/l (Taulukko 4-1, Kuva 4-4). Alimmassa vesikerroksessa pitoisuus on selvästi suurempi, keskimäärin purkualueella luokkaa 100–200 mg/l (Taulukko 4-1, Kuva 4-6). Maksimipitoisuus purkupaikalla on pintakerroksessa noin 40–50 mg/l (Taulukko 4-1, Kuva 4-5) ja alimmassa vesikerroksessa tasoa 200–400 mg/l (Taulukko 4-1, Kuva 4-7). Korkeimmat pitoisuudet ajoittuvat talviaikaan alku- ja loppuvuoteen (Kuva 4-1), jolloin virtaamat ovat pienimmillään (Kuva 3-1) ja tuulen vaikutus puuttuu. Vesistössä alaspäin edettäessä pitoisuudet ja niiden vaihtelut pienenevät. Nuasjärven tulostuspisteillä Nuasjärvi43 ja Nuasjärvi35 keskimääräiset pitoisuudet ovat pinnassa noin 15 mg/l ja alimmassa vesikerroksessa noin 20–30 mg/l. Talven alivirtaama-aikaan ajoittuvat pohjan maksimit ovat em. pisteillä luokkaa 30–100 mg/l. Rehjanselällä pitoisuus on edelleen keskimäärin noin 15 mg/l ja maksimi noin 20 mg/l, pinnan ja pohjan välillä ei ole Rehjanselällä enää juurikaan eroa. Paltajärven jälkeen pitoisuudet laimenevat Oulujärven suureen vesimassaan ja pitoisuudet ovat pieniä: keskimäärin Paltaselällä noin 5–6 mg/l, Ärjänselällä noin 4 mg/l ja Niskanselällä noin 3 mg/l.

Sulfaattikuormituksen ollessa selvästi pienempi, 15 000 tn vuodessa, pintakerroksen sulfaattipitoisuus kasvaa laskentajakson kuudentena vuotena purkualueen läheisyydessä keskimäärin tasolle noin 10 mg/l (Taulukko 4-2, Kuva 4-8). Alimmassa vesikerroksessa sulfaatin pitoisuus on suurempi, luokkaa 50–150 mg/l (Taulukko 4-2, Kuva 4-10). Pintakerroksessa maksimipitoisuus on luokkaa 20–40 mg/l (Taulukko 4-2, Kuva 4-9) ja pohjakerroksessa 130–290 mg/l (Taulukko 4-2, Kuva 4-11). Rehjanselällä ja Kajaaninjoessa keskiarvot ovat tasoa 8 mg/l, Paltaselällä 3–4 mg/l, Ärjänselällä sekä Niskanselällä noin 2 mg/l. Pitoisuudet vesistössä ovat pienemmästä kuormituksesta johtuen pääosin alempia edelliseen laskentavaihtoehtoon verrattuna, mutta pisteellä Nuasjärvi43 alimman vesikerroksen maksimipitoisuuksissa ero on suhteellisen pieni johtuen todennäköisesti jätevesien kertymisestä syvimpiin vesikerroksiin.

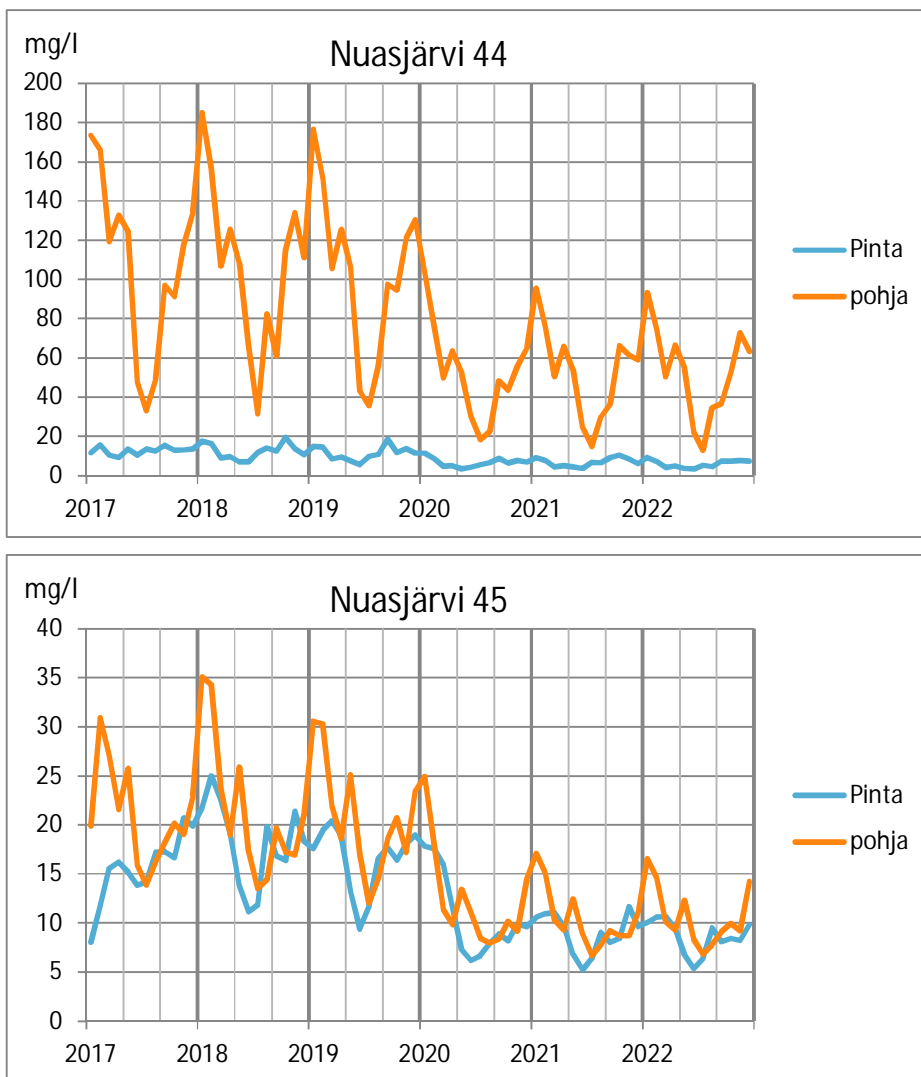


Kuva 4-1. Sulfaattipitoisuuden ajallinen vaihtelu kuukausikeskiarvona pinta- ja pohjakerroksessa nykyisen purkupaikan läheisillä havaintopaikoilla Nuasjärvi43 ja Nuasjärvi35. Havaintopaikkojen sijainti on esitetty kuvassa (Kuva 3-3). Pinta = mallinnuksen ylin vesikerros, pohja = mallinnuksen alin vesikerros.

4.2 Nuasjärvi, Rimpilänsalmi

Rimpilänsalmen purkupaikalla sulfaattikuormituksen ollessa 30 000 tn vuodessa laskentajakson kolmantena vuotena (2019) sulfaattipitoisuus kasvaa purkualueella pintakerroksessa vuositasolla keskimäärin tasolle noin 10–20 mg/l, alimmassa vesikerroksessa pitoisuudet ovat jälleen selvästi suurempia, keskimäärin luokkaa 100–120 mg/l. Pintakerroksessa maksimipitoisuudet ovat noin 50 mg/l ja alimmassa vesikerroksessa tasoa 200 mg/l. Rehjanselällä keskiarvot ovat pinnassa noin 16–17 mg/l ja pohjassa lähes samaa tasoa 17–20 mg/l. Maksimi-arvot ovat Rehjanselällä luokkaa 20–40 mg/l. Maksimit sijoittuvat tarkastelupisteillä Nuasjärvi44 ja Nuasjärvi45 hyvin selvästi alkutalven alivirtaama-aikaan (Kuva 4-2). Oulujärven Paltaselällä keskimääräinen pitoisuus on luokkaa 6 mg/l ja kauempana Ärjänselällä sekä Niskanselällä noin 4 mg/l. Oulujärven osalta sulfaatin pitoisuudet eivät käytännössä eroa nykyisen purkupaikan mallinnustuloksista.

Sulfaattikuormituksen ollessa selvästi pienempi, 15 000 tn vuodessa, laskentajakson kuudentena vuotena pintaveden sulfaattipitoisuus kasvaa välittömästi purkualueella Rimpilänsalmessa keskimäärin tasolle noin 6–9 mg/l. Alimmassa vesikerroksessa sulfaatin pitoisuudet ovat luokkaa 60–70 mg/l. Ajoittain esiintyvä maksimipitoisuus on pintakerroksessa noin 25 mg/l ja alimmassa vesikerroksessa noin 130 mg/l. Rehjanselällä keskiarvo on pinnassa tasoa 8 mg/l ja pohjassa lähes sama, noin 10 mg/l. Myös Rehjanselän maksimipitoisuudet ovat lähes samaa tasoa, noin 15 mg/l. Oulujärvessä pitoisuudet ovat Paltaselällä luokkaa 3–4 mg/l, Ärjänselällä sekä Niskanselällä noin 2–3 mg/l.



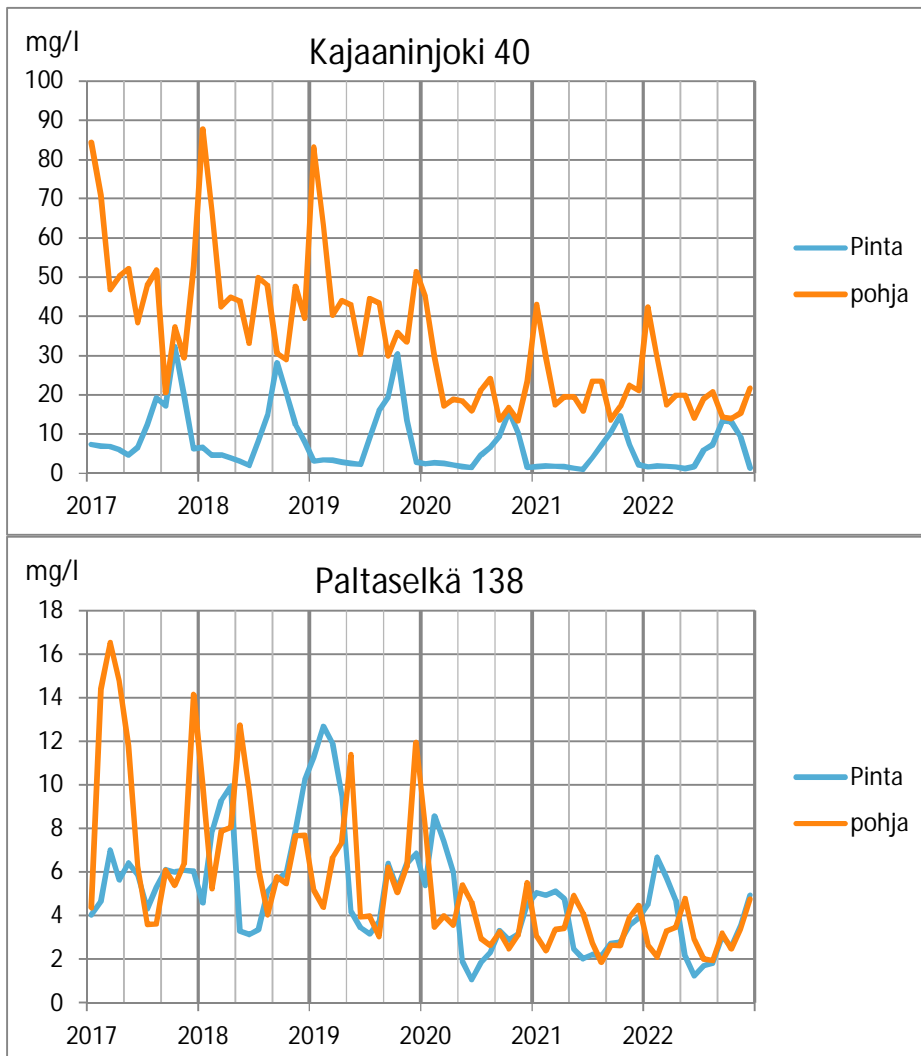
Kuva 4-2. Sulfaattipitoisuuden ajallinen vaihtelu kuukausikeskiarvona pinta- ja pohjakerroksessa Rimpilänsalmen läheisellä havaintopaikoilla Nuasjärvi44 ja Nuasjärvi45. Havaintopaikkojen sijainti on esitetty kuvassa (Kuva 3-3). Pinta = mallinnuksen ylin vesikerros, pohja = mallinnuksen alin vesikerros.

4.3 Nuasjärvi, Petäisenniska

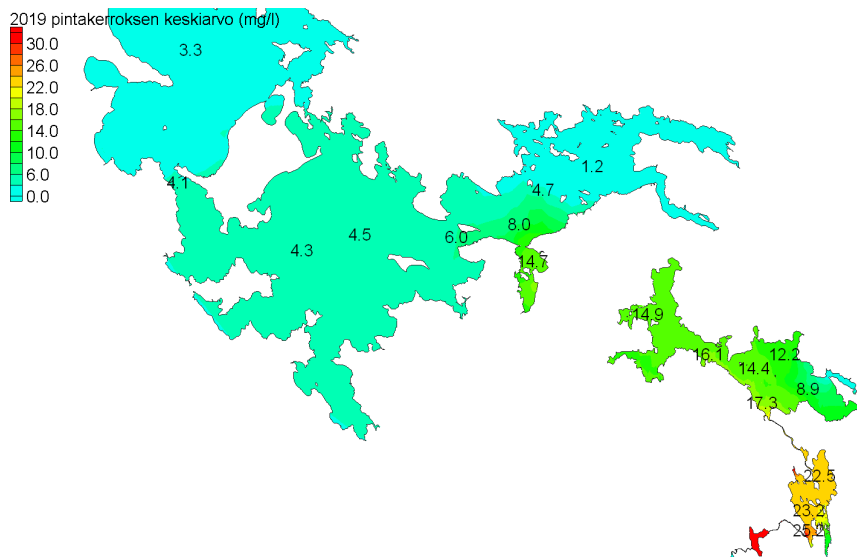
Petäisenniskan purkupaikalla sulfaattikuormituksen ollessa 30 000 tn vuodessa laskentajakson kolmantena vuotena (2019) sulfaattipitoisuus kasvaa purkualueella Nuasjärven luusuassa ja Kajaaninjoessa vuositasolla keskimäärin tasolle noin 5–10 mg/l. Mallilaskelmien mukaan Petäisenniskan purkupaikalla korkeimmat keskimääräiset pintapitoisuudet esiintyvät hieman kauempana purkupaikasta ilmeisesti johtuen virtaamista ja säännöstelystä. Alimmassa vesikerroksessa pitoisuudet ovat jälleen selvästi suurempia, keskimäärin noin 200 mg/l. Maksimipitoisuus on purkualueella pinnassa noin 70 mg/l ja alimmassa vesikerroksessa noin 400 mg/l. Hyvin lähellä purkupaikkaa sijaitsevalla tulostuspisteellä Kajaaninjoki40 pohjan maksimit ajoittuvat selkeästi alkutalven alivirtaama-aikaan (Kuva 4-3). Kajaanin länsipuolella Paltajärvessä keskimääräinen pitoisuus on pinnassa ja pohjassa jokseenkin tasainen, noin 15–20 mg/l. Maksimipitoisuus on mallilaskelman mukaan Paltajärvessä alimmassa vesikerroksessa jonkin verran suurempi (noin 50 mg/l) kuin ylimmässä pintakerroksessa (noin 30 mg/l). Oulujärvessä keskiarvot ovat Paltaselällä luokkaa 5–10 mg/l ja kauempana Ärjänselällä ja sekä Niskanselällä noin 4–5 mg/l. Oulujärven keskimääräiset pitoisuudet eivät juuri eroa nykyisen purkupaikan tai Rimpilänsalmen tuloksista.

Paltaselän ajoittaiset maksimipitoisuudet ovat kuitenkin muita vaihtoehtoja suuremmat, noin 15–20 mg/l. Oulujärnessä esimerkiksi Paltaselällä maksimipitoisuudet ajoittuvat muuhun vesistöön nähden eri tavalla johtuen säännöstelystä.

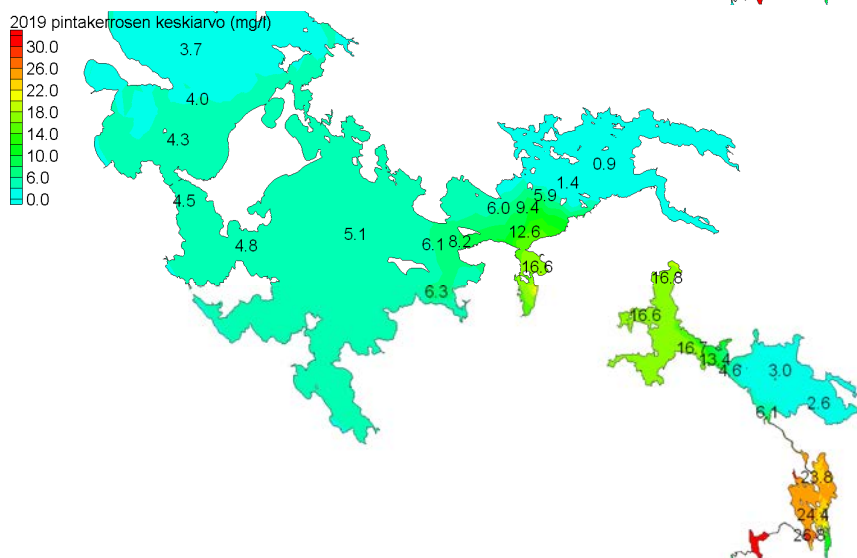
Sulfaattikuormituksen ollessa selvästi pienempi, 15 000 tn vuodessa, laskentajakson kuudentena vuotena pintakerroksen sulfaattipitoisuus kasvaa välittömästi purkualueella Nuasjärven luusuassa ja Kajaaninjoessa tasolle noin 6–8 mg/l. Paltajärnessä pitoisuus on samaa tasoa, sillä malli ei huomioi erikseen Kajaaninjokea vaan siirtää virtauksen voimalaitokselta suoraan Paltajärveen. Alimmassa vesikerroksessa sulfaatin pitoisuus on purkualueella keskimäärin noin 100–120 mg/l. Pintakerroksessa maksimipitoisuudet ovat purkualueella luokkaa 40–50 mg/l ja alimmassa vesikerroksessa talven alivirtaamien aikana enimmillään tasoa 230–250 mg/l. Oulujärven Paltaselällä sulfaatin pitoisuudet ovat luokkaa 2–5 mg/l, Ärjänselällä ja Niskanselällä 2–3 mg/l.



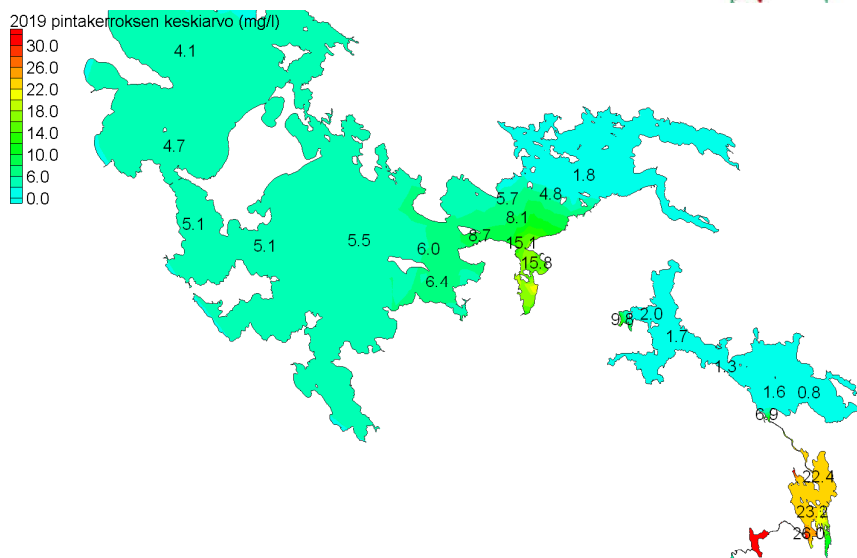
Kuva 4-3. Sulfaattipitoisuuden ajallinen vaihtelu kuukausikeskiarvona pinta- ja pohjakerroksessa Petäisenniskan purkupaikan läheisillä havaintopaikoilla Kajaaninjoki40 ja Paltaselkä 128. Havaintopaikkojen sijainti on esitetty kuvassa (Kuva 3-3). Pinta = mallinnuksen ylin vesikerros, pohja = mallinnuksen alin vesikerros.



nykyinen

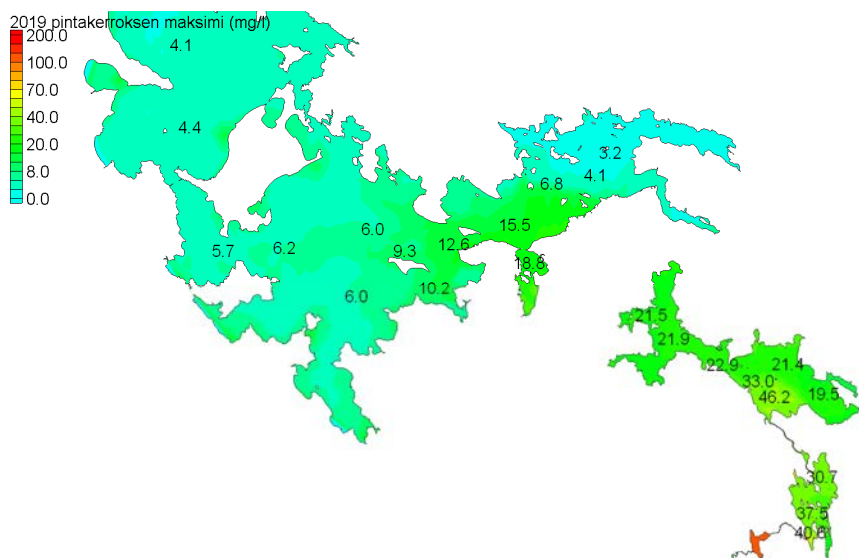


Rimpilänsalmi

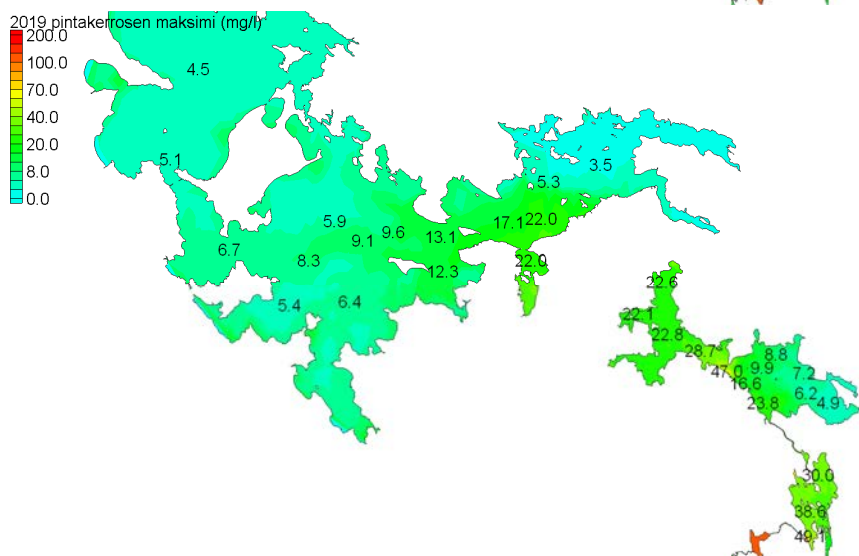


Petäisenniska

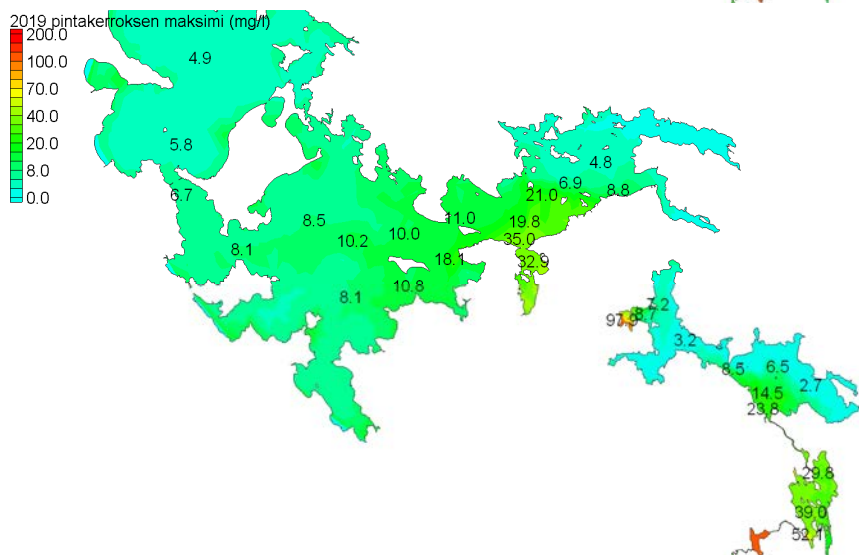
Kuva 4-4. Sulfaattipitoisuuden vuosikeskiarvot pintakerroksessa 3. vuotena (2019) kuivana vesivuotena Nuasjärven purkupuolen kuormituksen ollessa 30 000 tn/v (VE1a) eri purkupaikkavaihtoehdoissa: nykyinen, Rimpilänsalmi ja Petäisenniska. Pintakerros = mallinnuksen ylin vesikerros.



nykyinen

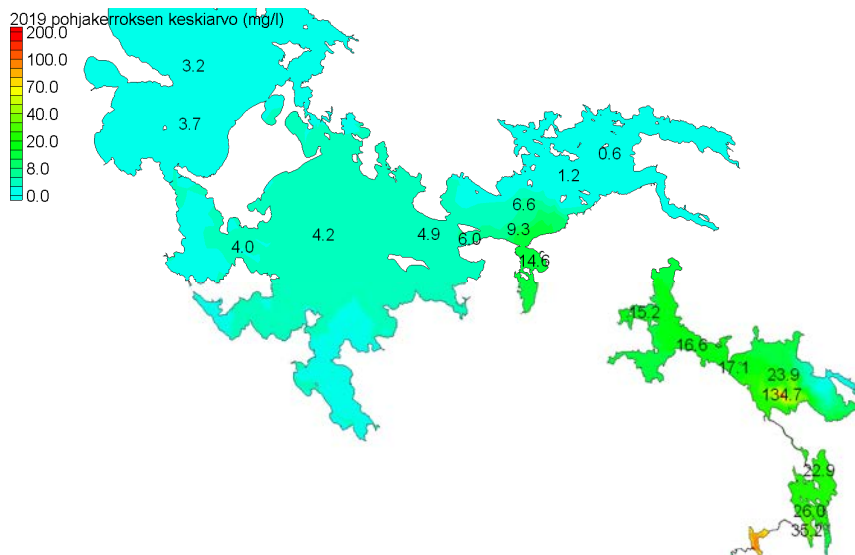


Rimpilänsalmi

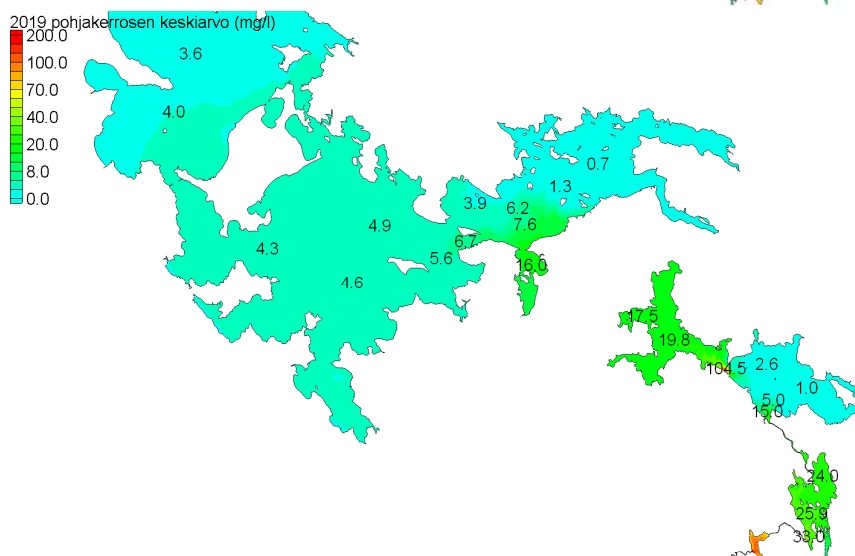


Petäisenniska

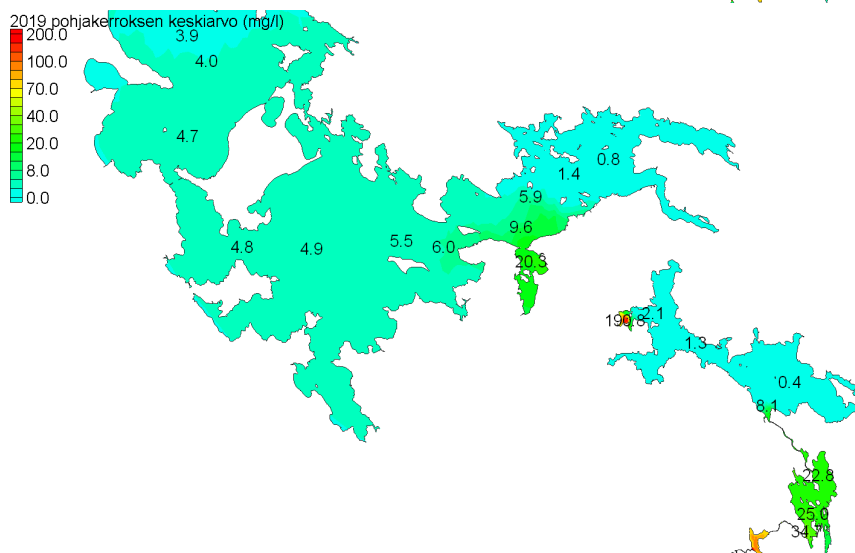
Kuva 4-5. Sulfaattipitoisuuden vuosimaksimit pintakerroksessa 3. vuotena (2019) kuivana vesivuotena Nuasjärven purkupuutken kuormituksen ollessa 30 000 tn/v (VE1a) eri purkupaikkavaihtoehtoissa: nykyinen, Rimpilänsalmi ja Petäisenniska. Pintakerros = mallinnuksen ylin vesikerros.



nykyinen

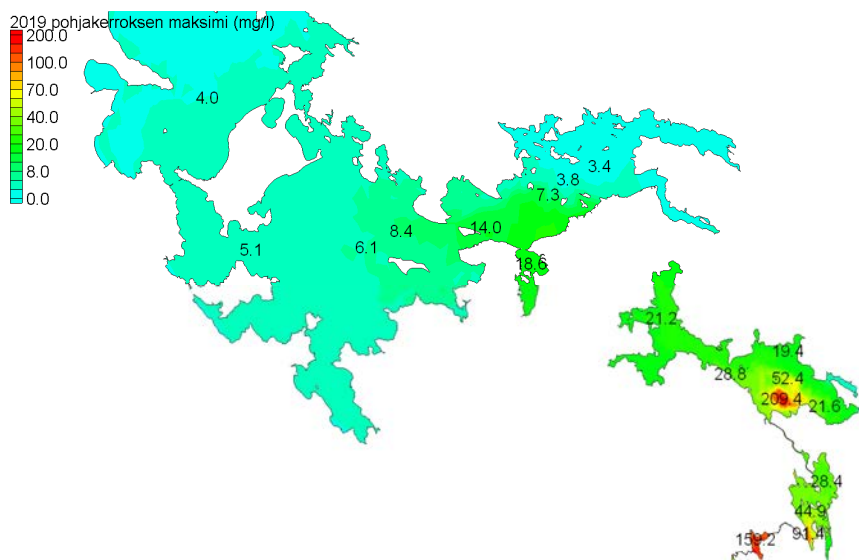


Rimpilänsalmi

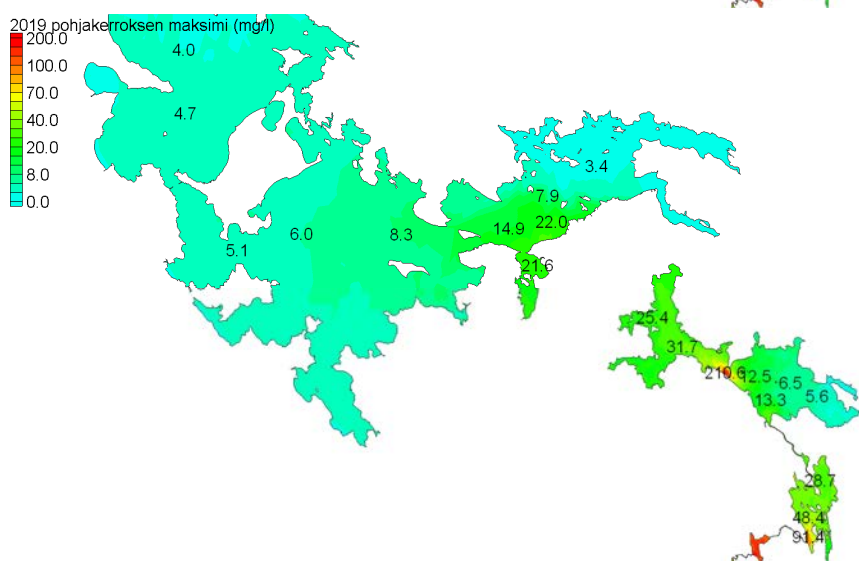


Petäisenniska

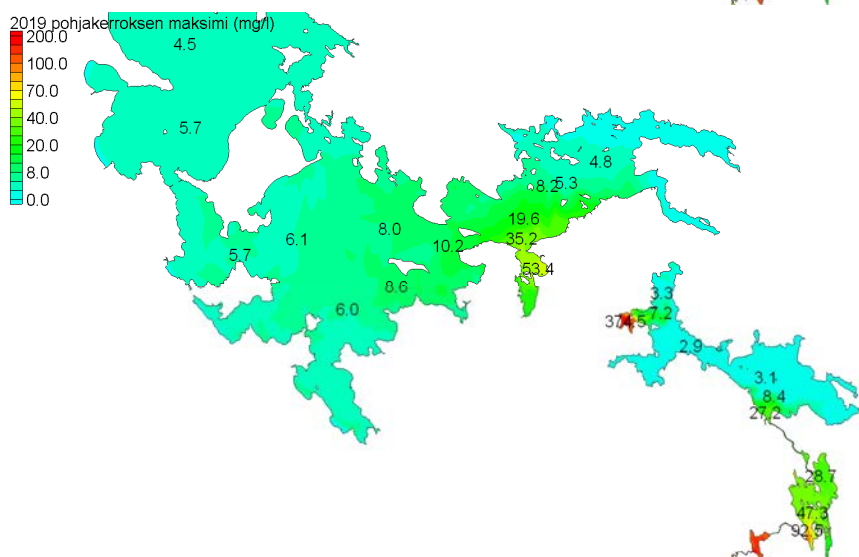
Kuva 4-6. Sulfaattipitoisuuden keskiarvot pohjakerroksessa 3. vuotena (2019) kuivana vesivuotena Nuasjärven purkupuutken kuormituksen ollessa 30 000 tn/v (VE1a) eri purkupaikkavaihtoehdoissa. Pohjakerros = mallinnuksen alin vesikerros.



nykyinen

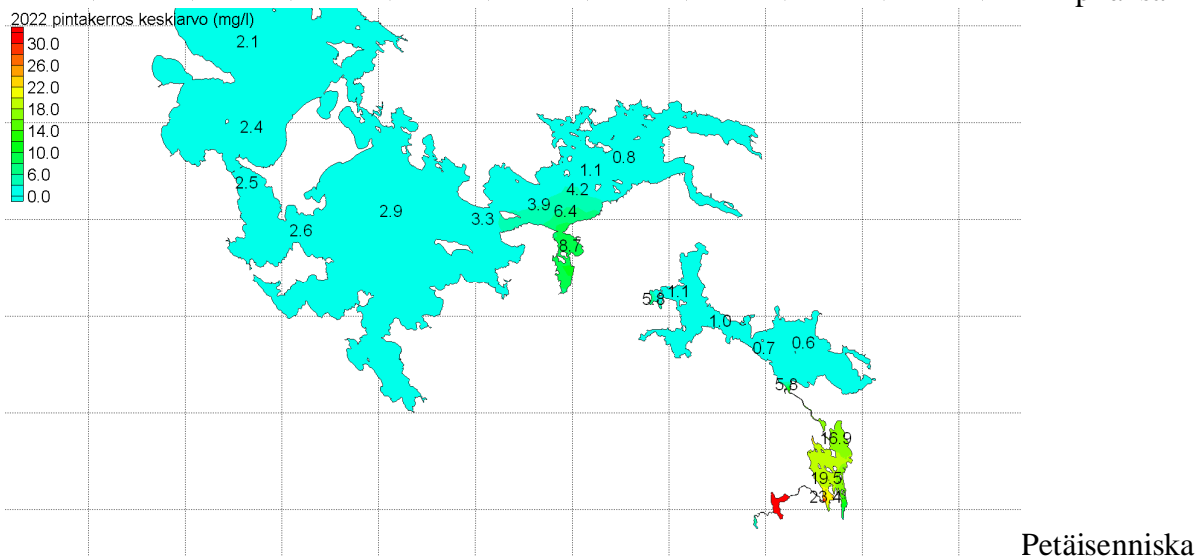
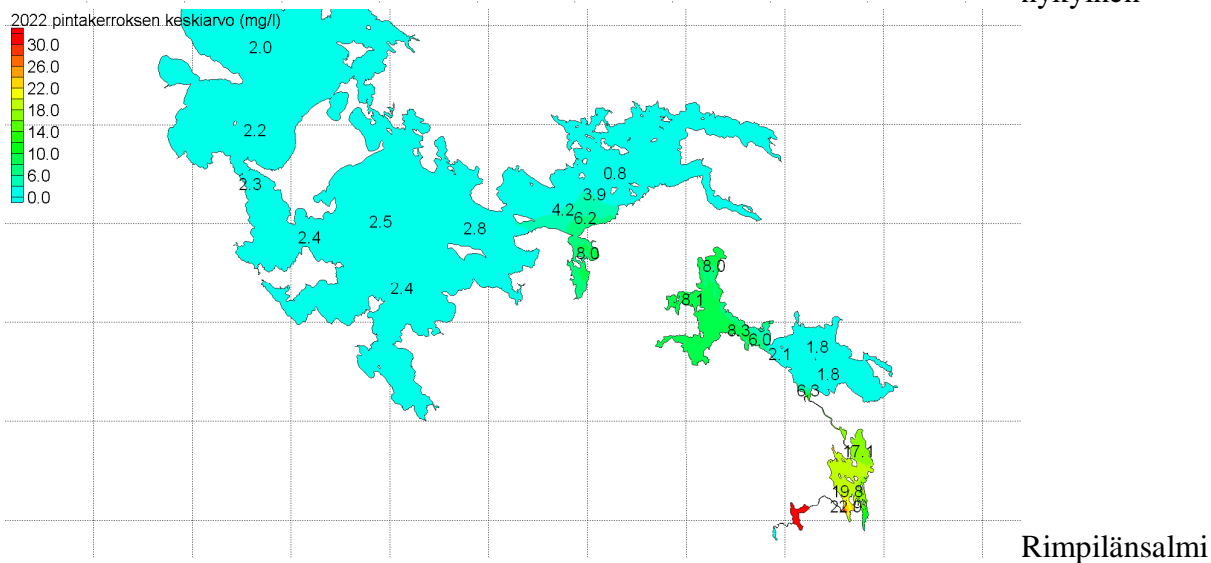
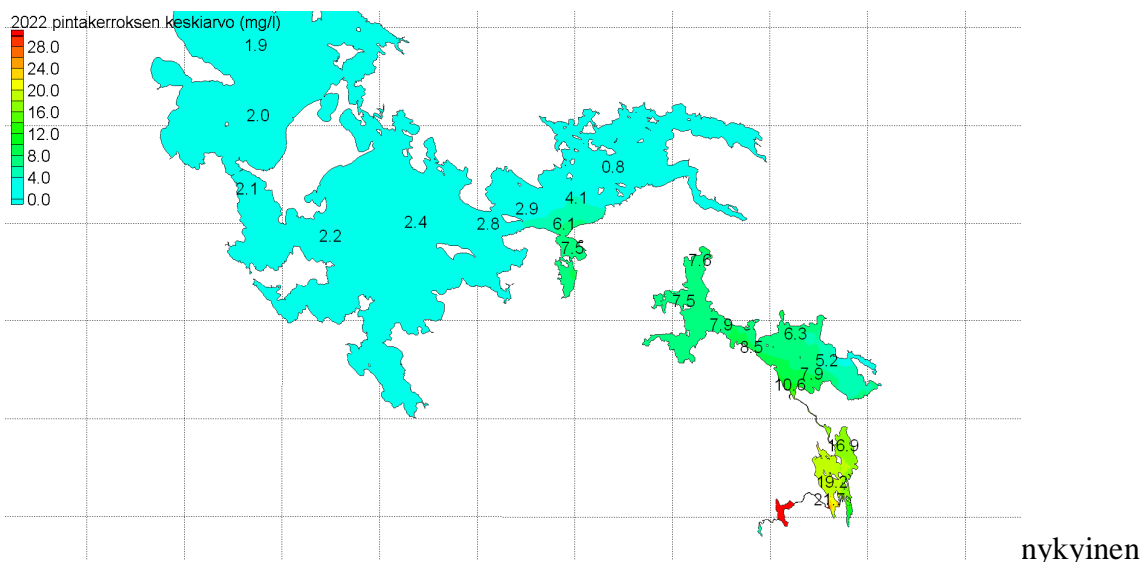


Rimpilänsalmi

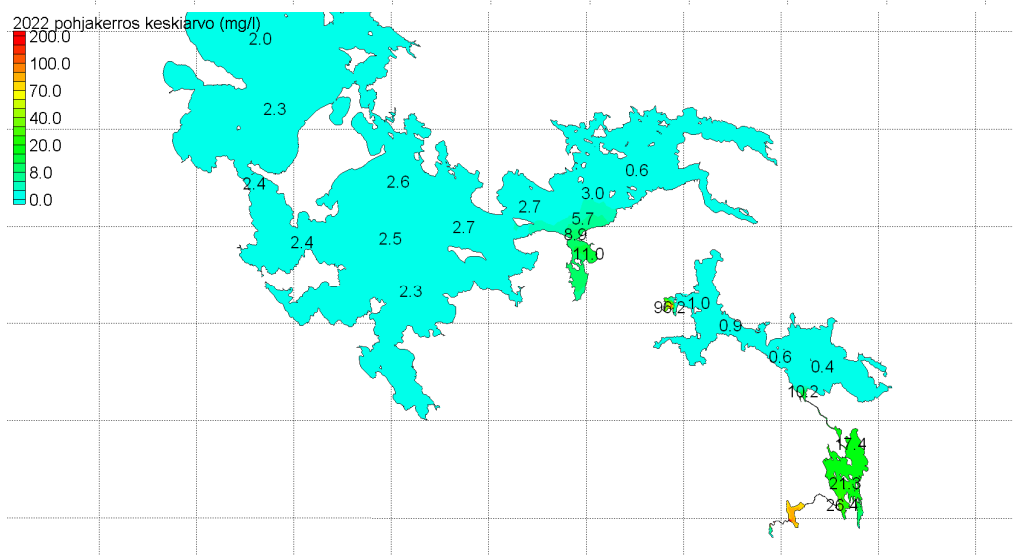
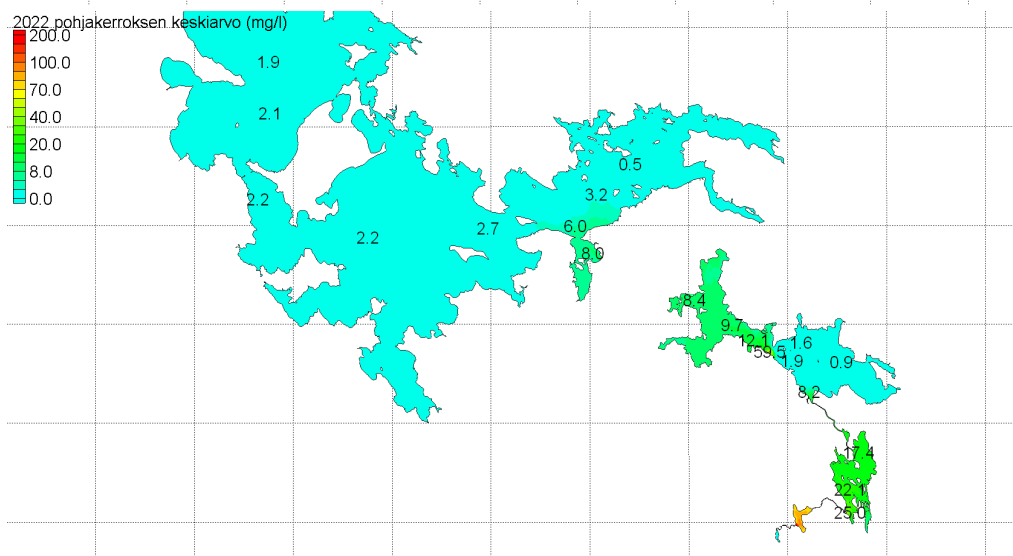
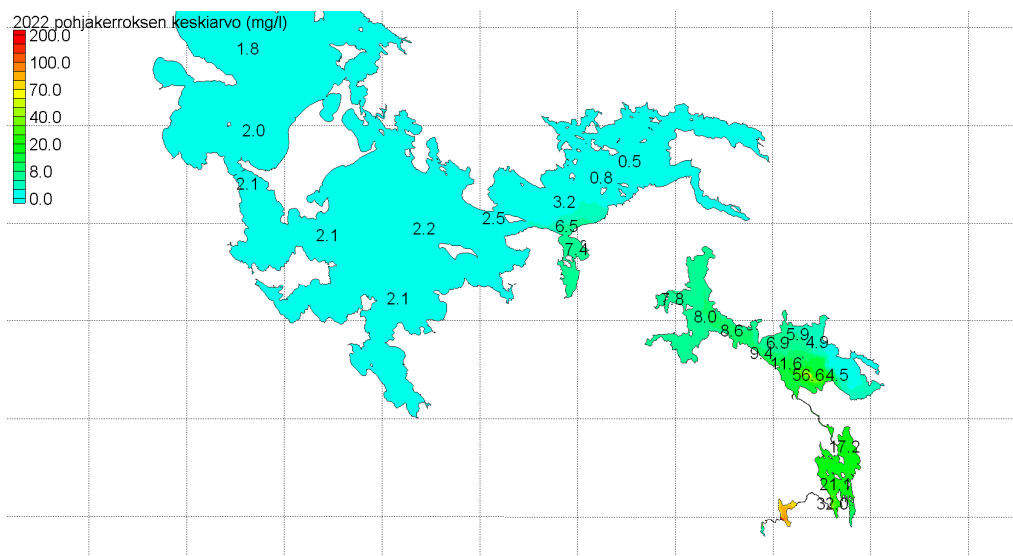


Petäisenniska

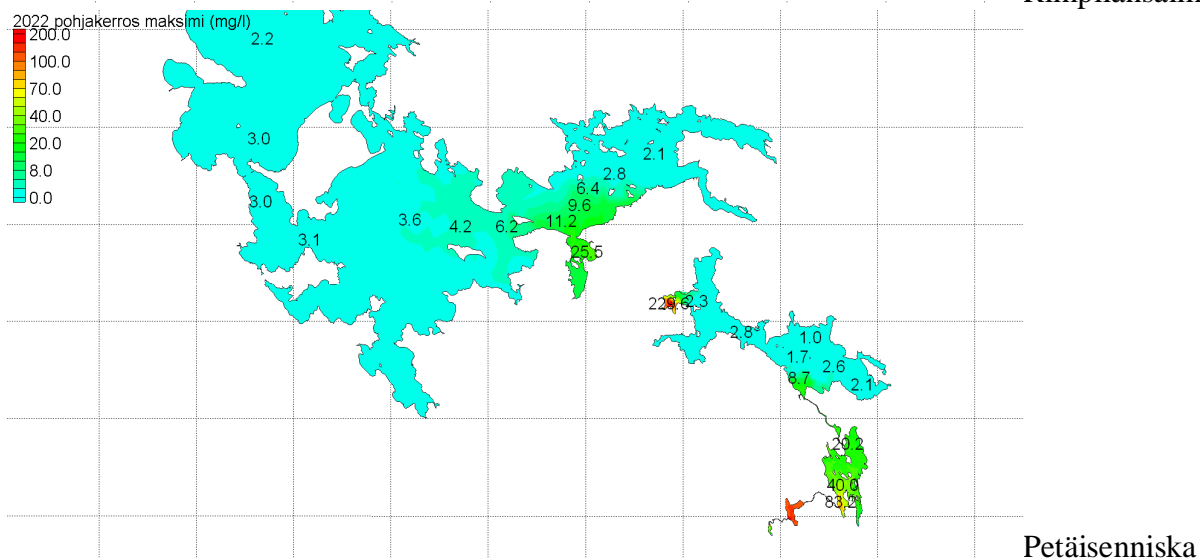
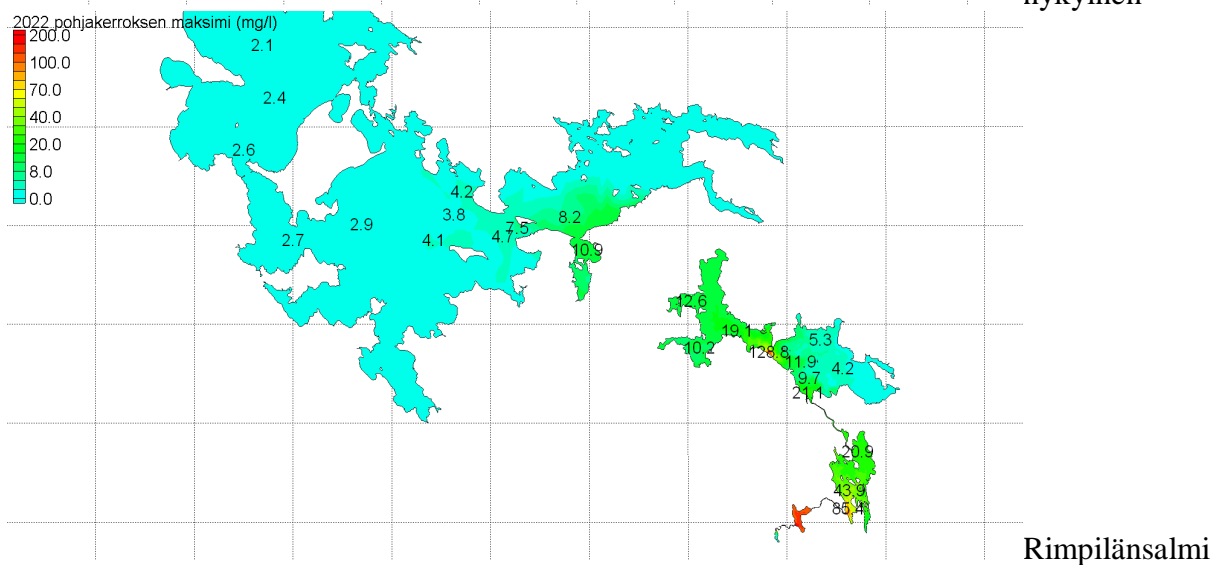
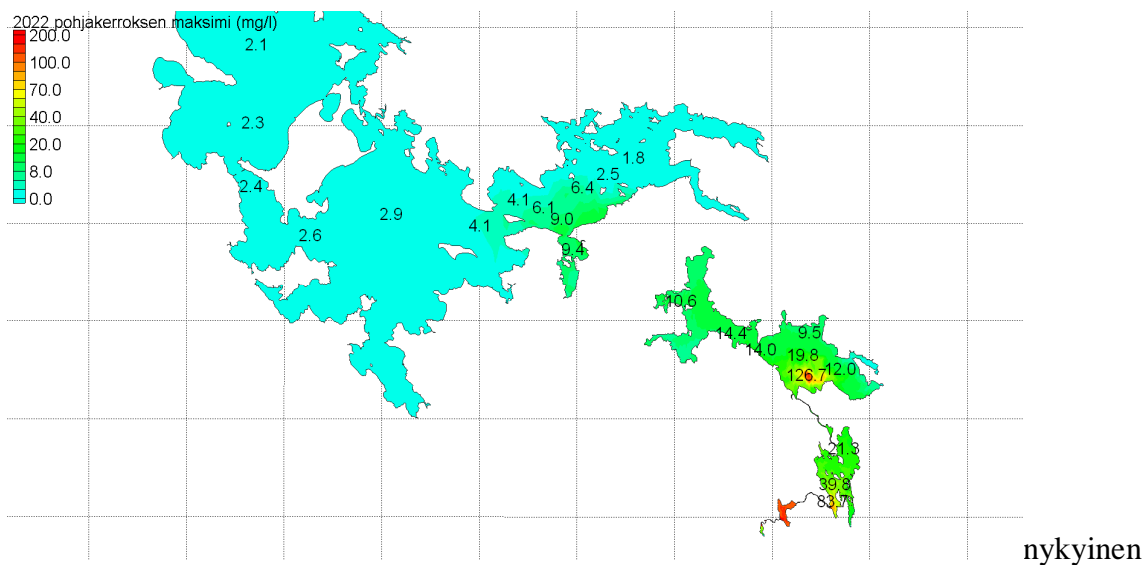
Kuva 4-7. Sulfaattipitoisuuden maksimiarvot pohjakerroksessa 3. vuotena (2019) kuivana vesivuotena Nuasjärven purkupuutken kuormituksen ollessa 30 000 tn/v (VE1a) eri purkupaikkavaihtoehtoissa. Pohjakerros = mallinnuksen alin vesikerros.



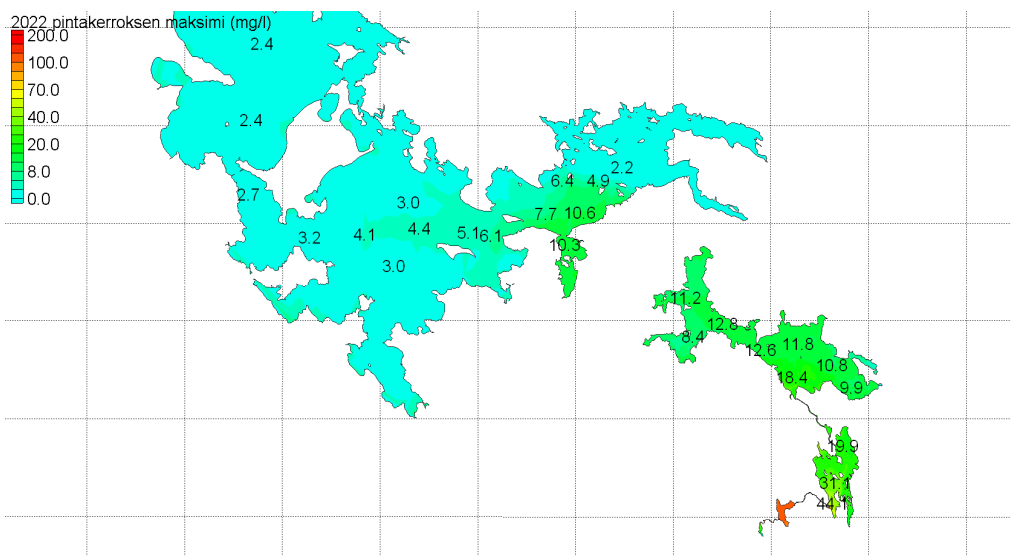
Kuva 4-8. Sulfaattipitoisuuden keskiarvot pintakerroksessa 6. vuotena (2022) kuivana vesivuotena Nuasjärven purkupuutken kuormituksen ollessa 15 000 tn/v (VE1a) eri purkupaikkavaihtoehtoissa. Taustaruudutus 10x10 km. Pintakerros = mallinnuksen ylin vesikerros.



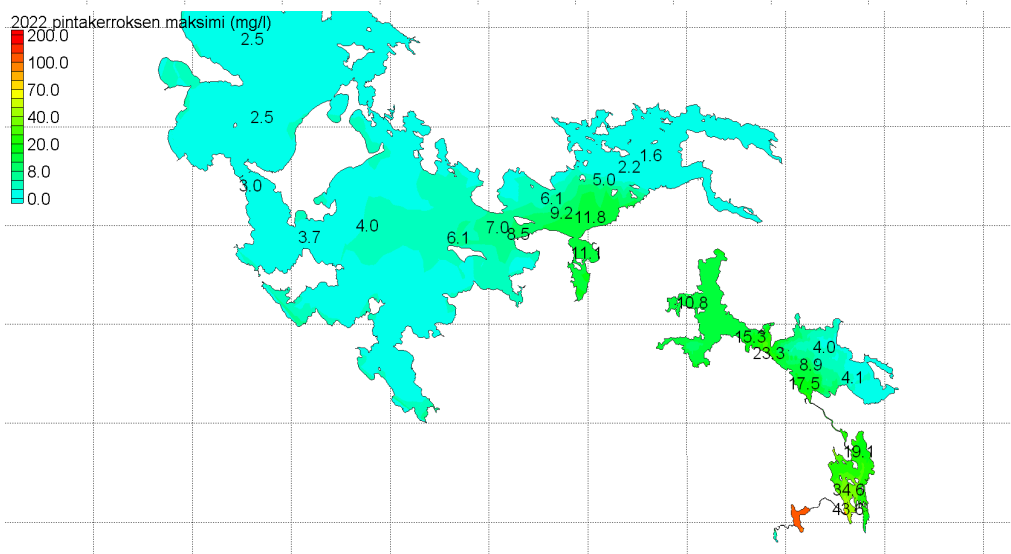
Kuva 4-9. Sulfaattipitoisuuden maksimiarvot pintakerroksessa 6. vuotena (2022) kuivana vesivuotena Nuasjärven purkuputken kuormituksen ollessa 15 000 tn/v (VE1a) eri purkupaikkavaihtoehdoissa. Taustaruudutus 10x10 km. Pintakerros = mallinnuksen ylin vesikerros.



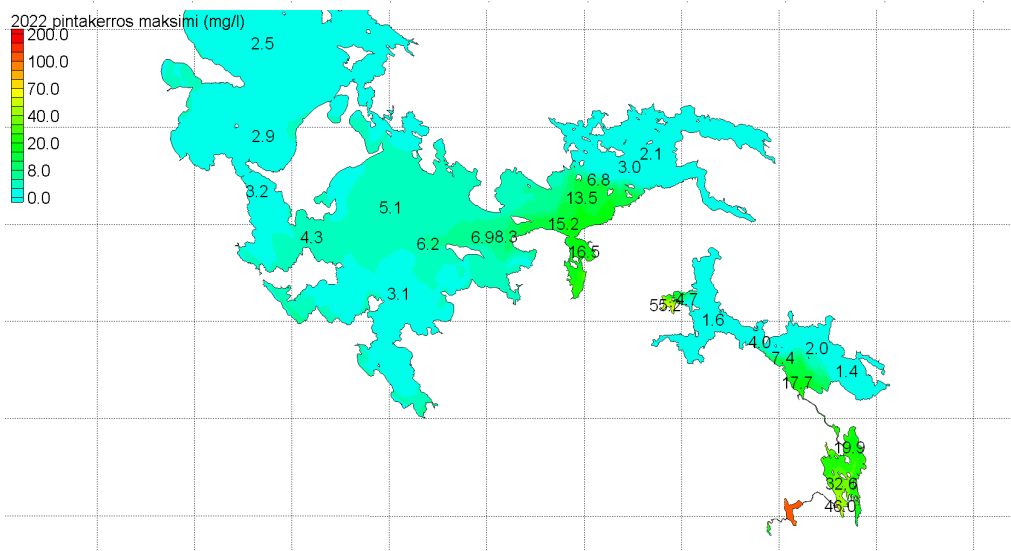
Kuva 4-10. Sulfaattipitoisuuden keskiarvot pohjakerroksessa 6. vuotena (2022) kuivana vesivuotena Nuasjärven purkupuutken kuormituksen ollessa 15 000 tn/v (VE1a) eri purkupaikkavaihtoehdoissa. Taustaruudutus 10x10 km. Pohjakerros = mallinnuksen alin vesikerros.



nykyinen



Rimpilänsalmi



Petäisenniska

Kuva 4-11. Sulfaattipitoisuuden maksimiarvot pohjakerroksessa 6. vuotena (2022) kuivana vesivuotena Nuasjärven purkupuutien kuormituksen pohjakerros ollessa 15 000 tn/v (VE1a) eri purkupaikkavaihtoehtoissa. Taustaruudutus 10x10 km. Pohjakerros = mallinnuksen alin vesikerros.

Taulukko 4-1. Yhteenveto sulfaattipitoisuuden (mg/l) kuukausitason keskiarvoista ja maksimeista eri laskentapisteissä laskentajakson 3. vuotena (2019) Nuasjärven purkupuutken kuormitustasolla 30 000 tn/v. Havaintopaikat on esitetty kuvassa (Kuva 3-3). Pinta = mallinnuksen ylin vesikerros, pohja = mallinnuksen alin vesikerros.

Havaintopaikka	nykyinen, Juurikkalahti				Rimpilänsalmi				Petäisenniska			
	pinta		pohja		pinta		pohja		pinta		pohja	
	keskiarvo	maksimi	keskiarvo	maksimi	keskiarvo	maksimi	keskiarvo	maksimi	keskiarvo	maksimi	keskiarvo	maksimi
Nykyinen purku	16	40	270	444	4	23	2	6	2	22	1	4
Nuasjärvi 22	19	36	21	41	6	23	8	24	4	23	5	24
Nuasjärvi 43	15	34	30	99	3	11	2	10	1	9	1	8
Nuasjärvi 35	15	34	20	36	3	9	2	9	1	10	1	2
Rimpilan purku	16	23	19	28	11	49	120	220	1	9	1	3
Nuasjärvi 44	17	23	19	28	11	49	104	200	1	8	1	3
Nuasjärvi 45	16	21	17	23	17	26	21	35	2	3	1	3
Rehjanselkä 135	15	21	16	21	16	22	17	27	2	5	2	13
Petaisenniskan purku	15	20	15	19	16	22	16	23	4	66	230	430
Kajaaninjoki 40	15	19	15	19	16	22	16	22	9	69	45	108
Paltaselkä 138	6	12	5	15	6	14	6	15	7	15	6	15
Ärjänselkä 27	4	6	4	5	5	7	4	6	5	9	5	6
Niskanselkä 140	3	4	3	4	4	4	4	4	4	5	4	5
Jylhämä 12800	3	4	3	4	4	4	4	4	4	5	4	4

Taulukko 4-2. Yhteenveto sulfaattipitoisuuden (mg/l) kuukausitason keskiarvoista ja maksimeista eri laskentapisteissä laskentajakson 6. vuotena (2022) Nuasjärven purkupuutken kuormitustasolla 15 000 tn/v. Havaintopaikat on esitetty kuvassa (Kuva 3-3). Pinta = mallinnuksen ylin vesikerros, pohja = mallinnuksen alin vesikerros.

Havaintopaikka	nykyinen, Juurikkalahti				Rimpilänsalmi				Petäisenniska			
	pinta		pohja		pinta		pohja		pinta		pohja	
	keskiarvo	maksimi	keskiarvo	maksimi	keskiarvo	maksimi	keskiarvo	maksimi	keskiarvo	maksimi	keskiarvo	maksimi
Nykyinen purku	9	35	160	292	2	12	1	4	1	11	1	2
Nuasjärvi 22	12	25	12	34	6	18	7	22	4	18	6	22
Nuasjärvi 43	9	18	20	50	2	10	1	6	1	10	1	5
Nuasjärvi 35	8	16	10	23	2	6	1	5	1	5	0	2
Rimpilan purku	9	13	10	15	6	25	67	135	1	5	1	3
Nuasjärvi 44	9	14	9	15	6	24	53	110	1	5	1	2
Nuasjärvi 45	8	12	8	14	9	13	11	20	1	3	1	2
Rehjanselkä 135	8	13	8	11	8	11	9	15	1	2	1	1
Petaisenniskan purku	8	11	8	11	8	11	8	12	3	43	121	250
Kajaaninjoki 40	8	10	8	10	8	11	8	11	5	41	21	54
Paltaselkä 138	3	7	3	7	3	7	3	7	4	8	3	7
Ärjänselkä 27	2	3	2	2	2	4	2	3	2	5	2	3
Niskanselkä 140	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
Jylhämä 12800	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

5 VIRHELÄHTEET

Vesistömalli on yksinkertaistettu matemaattinen kuvaus vesien liikkeistä ja aineiden kulkeutumisesta. Lähtökohtana on malliin syötetty vesistön morfometria, jokivirtaamat, tunnetut luonnonvakiot ja yleiset virtausyhtälöt. Malli laskee annettujen lähtötietojen perusteella syntyvät virtauskentät ja suunnat, aineiden laimentumisen ja poistuman. Vesiluonnossa tapahtumat ovat monimutkaisempia, ja siellä tapahtuu prosesseja, joita mallissa ei voida ottaa huomioon.

Mallin laskentaelementtien eli hilan koko aiheuttaa pohjan syvyysuhteiden keskiarvoistumista, minkä vuoksi pinta-alaltaan pienet ja jyrkkäpiirteiset syvännealueet rajautuvat osittain pois eikä malli anna oikeaa tulosta niiden pohjanläheisen veden laadusta. Mallin laskema alin vesikerros edustaakin paikasta riippuen selvästi pohjaa ylempänä olevaa vesikerrosta.

Mallinnus on tehty kaivosvesissä esiintyvän sulfaatin vakiokuormituksella. Todellisessa tilanteessa tapahtuu mm. sadannasta johtuvia pitoisuuksien ja vesimäärien vaihteluita. Arvion toteutumisen lähtöedellytyksenä luonnollisesti on, että toteutuvat lähtöpitoisuudet ja vesimäärät ovat laskennassa käytetyillä tasoilla.

Vaikka tarkalleen laskennassa käytetyn vesivuoden (2003) kaltaisia virtaamatilanteita ei vesistössä ilmenisi, antaa valittu aineisto hyvän kuvan selvitysalueen virtausoloista ja niiden vaihtelusta. Mallinnus on tehty kuivan vuoden virtaamilla, jolloin vaikutukset tulevat hieman yliarvioitua. Sääolojen vaihtelun malli kattaa verrattain hyvin, koska aineistona on käytetty kolmen vuoden (2013–2015) ajanjaksoa.

Mallinnukseen sisältyy arvio sulfaatin poistumasta eli pitoisuuden pienenemisestä ajan kuluessa. Poistuma riippuu pitoisuudesta ja viipymästä. Sulfaatin puoliintumisaika on kuitenkin pitkä, noin 600 vrk.

Mallin laskenta perustuu sulfaatin kulkeutumiseen ja laimenemiseen, ja sitä poistuu vain sedimentaation myötä. Järvisyvänteissä sulfaatti voi olosuhteiden salliessa saostua metallisulfideina. Alusveteen kerrostuneet ainemäärät pyörähtävät koko vesimassaan kerrostumisen purkautuessa nostaen vesimassan pitoisuuksia. Havaintojen perusteella voidaan kohtuullisen luotettavasti arvioida, että pysyvää kerrostumista purkualueilla ei tapahdu, sillä tiheyserot vesistössä eivät kasva riittävän suuriksi. Sen sijaan kevättalvista ja keskikesän kerrostumista tulee tapahtumaan, jolloin sulfaattipitoisuudet nousevat hetkellisesti alimmassa vesikerroksessa satoihin milligrammoihin litrassa.

Epävarmuustekijöistä huolimatta laskenta kuvaa sulfaatin keskimääräistä kulkeutumista ja leviämistä vesistössä eri kuormitustilanteissa, ja se kuvaa purkupaikkavaihtoehtojen vaikutusta samankaltaisissa hydrologisissa oloissa ja antaa hyvän pohjan tulosten perusteella arvioida muutoksia vesistössä. Mallitulosten tulkinnassa on tärkeitä, että yksittäisiin laskentatuloksiin ei panna liikaa painoarvoa, vaan mallinnuksen tarkoitus on kokonaisuutena auttaa asiantuntijaa johtopäätösten teossa.

6 PURKUPAIKKOJEN VERTAILU JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Vesistömallilaskelmien perusteella kaikissa kolmessa purkupaikkavaihtoehdossa esiintyy Terrafame Oy:n päästövesien vaikutuksesta talven kerrostuneisuuskaudella noin 200–400 mg/l sulfaattipitoisuuksia mallin mukaisessa alimmassa vesikerroksessa. Talvella virtaamien ollessa pieniä ja jääkannen estäessä tuulen sekoittavan vaikutuksen vesimassassa, sulfaattipitoista vettä kerrostuu voimakkaimmin purkualueille pohjanläheisiin vesikerroksiin.

Rimpilänsalmen vaihtoehdossa vaikutukset kohdistuvat pääosin salmen alueelle sekä Rehjanselkään. Siirrettäessä purkupaikkaa vesistössä alaspäin, pienenee toisaalta kuormitus merkittävästi yläpuolisessa Nuasjärven itäisessä osassa verrattuna nykyiseen tilanteeseen. Osa Rimpilänsalmeen johdetuista jätevesistä palautuu mallinnuksen perusteella kuitenkin Nuasjärven itäosaan, lähinnä sen lounaisen ja eteläpuoleisten rantojen edustalle. Virtaukset eivät järviolueella ole suoraviivaiset, vaikka virtauksen pääsuunta onkin idästä länteen. Koska valuma-alue ja vesimäärät kasvavat vain vähän nykyisen Juurikkalahden ja Rimpilänsalmen purkupaikkavaihtoehdon välillä, myöskään vaikutuksissa Rehjanselän sulfaattipitoisuuksiin ei ole kovin suurta eroa.

Petäisenniskan vaihtoehdossa voimakkaan vaikutuksen alue on pinta-alaltaan suhteellisen pieni, käsittäen mm. Mustalahden, jonka pienialaiseen syvänteeseen voi kertyä jätevesien sulfaattia. Kajaaninjoessa ja sen alapuolisessa Paltajärvessä sulfaattipitoisuuden kasvu on tässä vaihtoehdossa selkeää, mutta virtausten vaikutuksesta merkittävää kerrostumista ei Paltajärvessä tapahdu. Myöskään Oulujärven Paltaselällä ei tapahdu kerrostumista merkittävässä määrin Petäisenniskan purkuvaihtoehdossa.

Laajemmin tarkasteltuna kaikissa kolmessa tarkastellussa purkupaikkavaihtoehdossa vaikutukset ovat lähellä toisiaan, esim. Oulujärven ja siitä lähtevän veden laadun kannalta. Oulujärvestä poistuvan veden sulfaattipitoisuus vaihtelee kaikissa purkupaikka-vaihtoehdoissa 2–5 mg/l välillä. Tässä suhteessa purkupaikalla ei ole merkitystä.

Nuasjärven keskiosan syvänteissä alusvesi ei vaihtunut kevätkierron 2016 aikana, vaan kevätkierto jäi vaillinaiseksi. Hapettomia syvänteitä ei silti havaittu. Rehjanselän syvänteessä on havaittu vain lievää alusveden sähkönjohtavuuden ja ainepitoisuuksien kohoamista, ja sen osalta kevätkierto toteutui. Syystäyskierto toteutui Nuasjärvessä kauttaaltaan. Alueen syvänteiden ajoittain vaillinaisen kierto on osin luonnollinen ilmiö eikä suoraan kaivoksen purkuvesien aiheuttama. Nykyisellä purkupaikalla esiintyy kuitenkin korkeita sulfaattipitoisuuksia, ja siten purkupuutki voi osaltaan heikentää Nuasjärven keskiosan syvänteiden kiertoa. Vastaavasti purkupaikan siirtäminen Rimpilänsalmeen voi aiheuttaa vaikutuksia Rehjanselän syvänteen veden vaihtumisessa.

Mallitarkastelun perusteella purkupaikan siirtämisellä voidaan parantaa Nuasjärven itäosan veden laatua ja vähentää riskiä vesimassan kerrostumiseen sen syvänteissä. Toisaalta tarkastelluilla vaihtoehdoisilla purkupaikoilla Rimpilänsalmessa ja Petäisenniskassa samantasoiset sulfaattipitoisuudet siirtyisivät vesistössä eri syvännealueille estäen epäedullisissa sääolosuhteissa täyskiertoa ko. alueilla. Purkupaikan siirtoa ei siten vesistön kokonaisuuden kannalta arvioida erityisen hyödylliseksi. Nuasjärvellä on runsaasti loma-asutusta sekä kalastus- ja muuta virkistyskäyttöä. Kajaaninjoen virkistyskäyttöarvo on erityisen merkittävä kaupungin keskustan alueella, millä on eniten merkitystä Petäisenniskan vaihtoehdossa. Koivukosken ja Ämmäkosken välissä on Linnanvirran erityiskalastuskohde, johon istutetaan kalastettavaksi taimenta ja harjusta. Lisäksi voimalaitoksen seisokkitilanteissa sulfaattipitoisuudet Nuasjärven luusuan alueella voivat nousta vielä esitettyä selvästi suuremmiksi.

7

VIITTEET

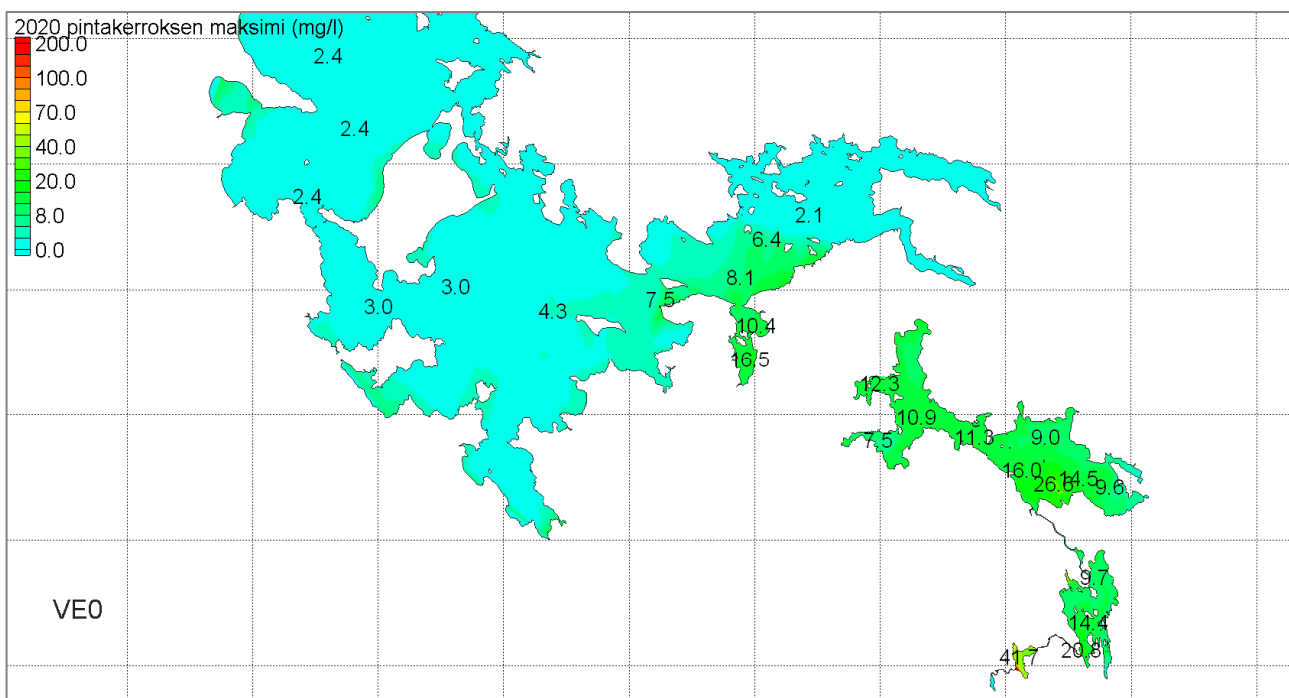
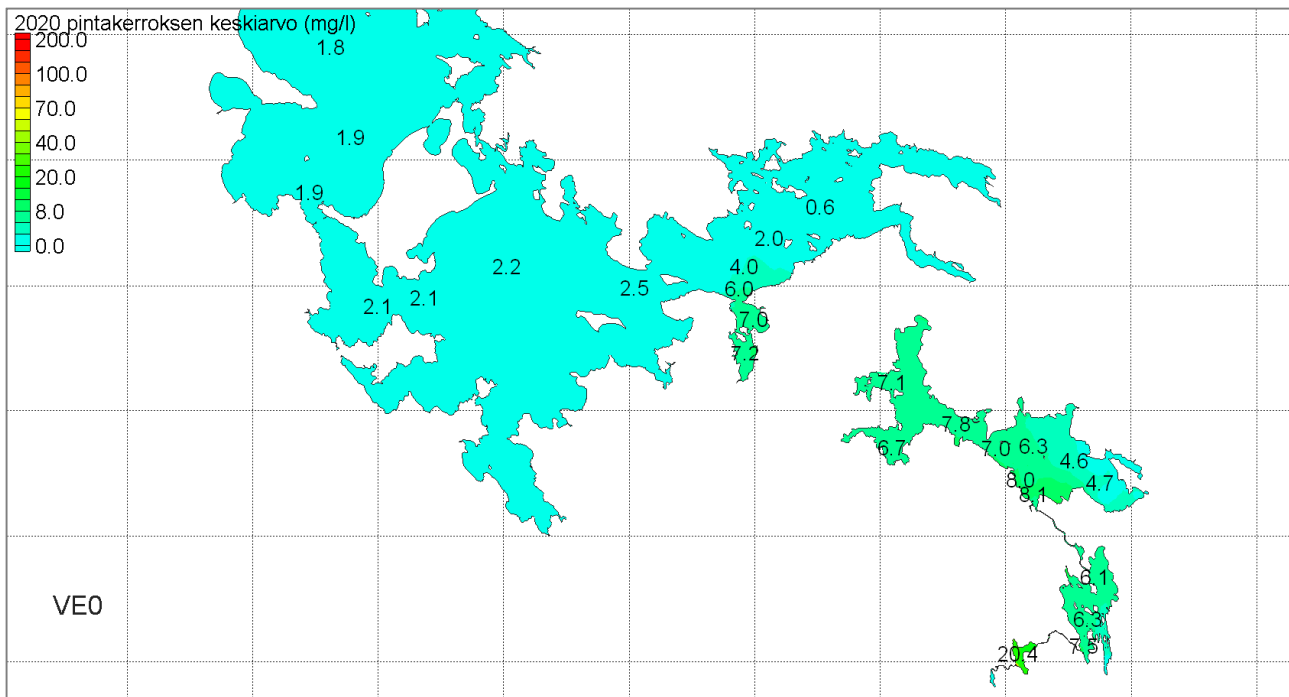
Craig, Paul M. 2011. User's Manual for EFDC_Explorer: A Pre/Post Processor for the Environmental Fluid Dynamics Code. Dynamic Solutions-International, LLC, Knoxville, TN, USA, August 2011.

Pöyry Finland Oy 2014a. Talvivaara Sotkamo Oy. Selvitys mahdollisista uusista purkupaikoista.

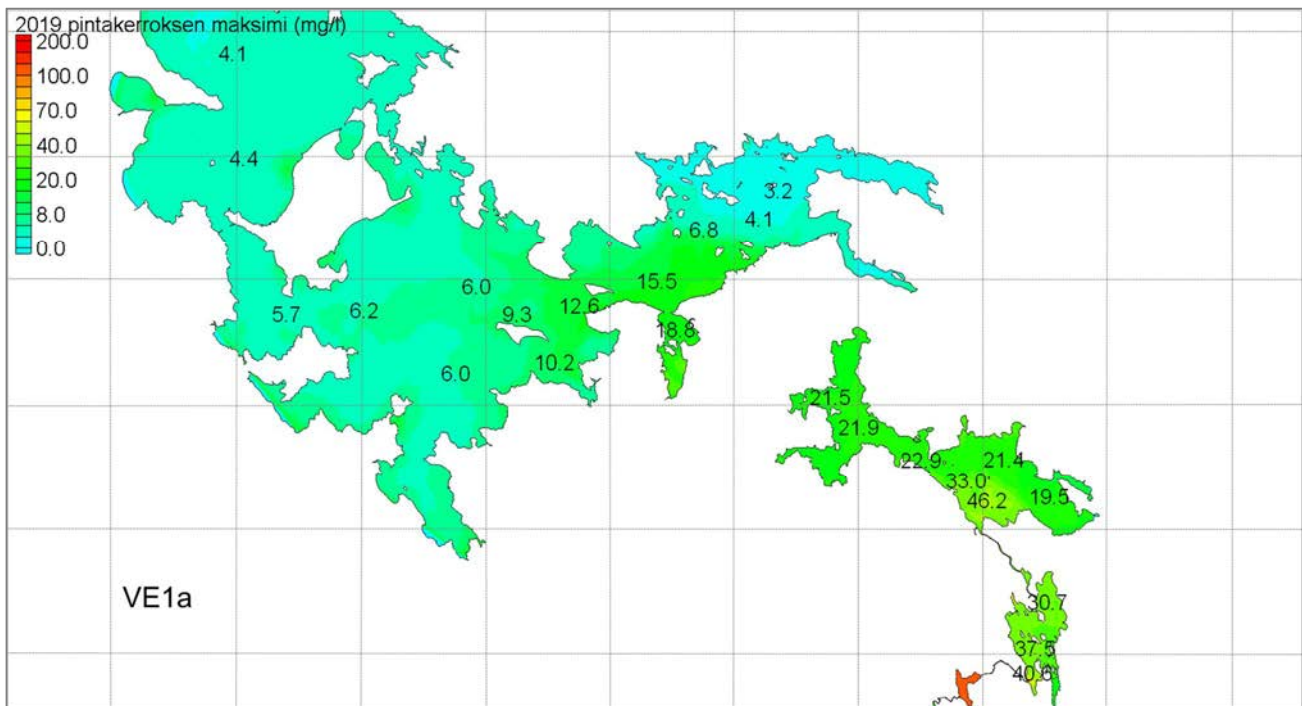
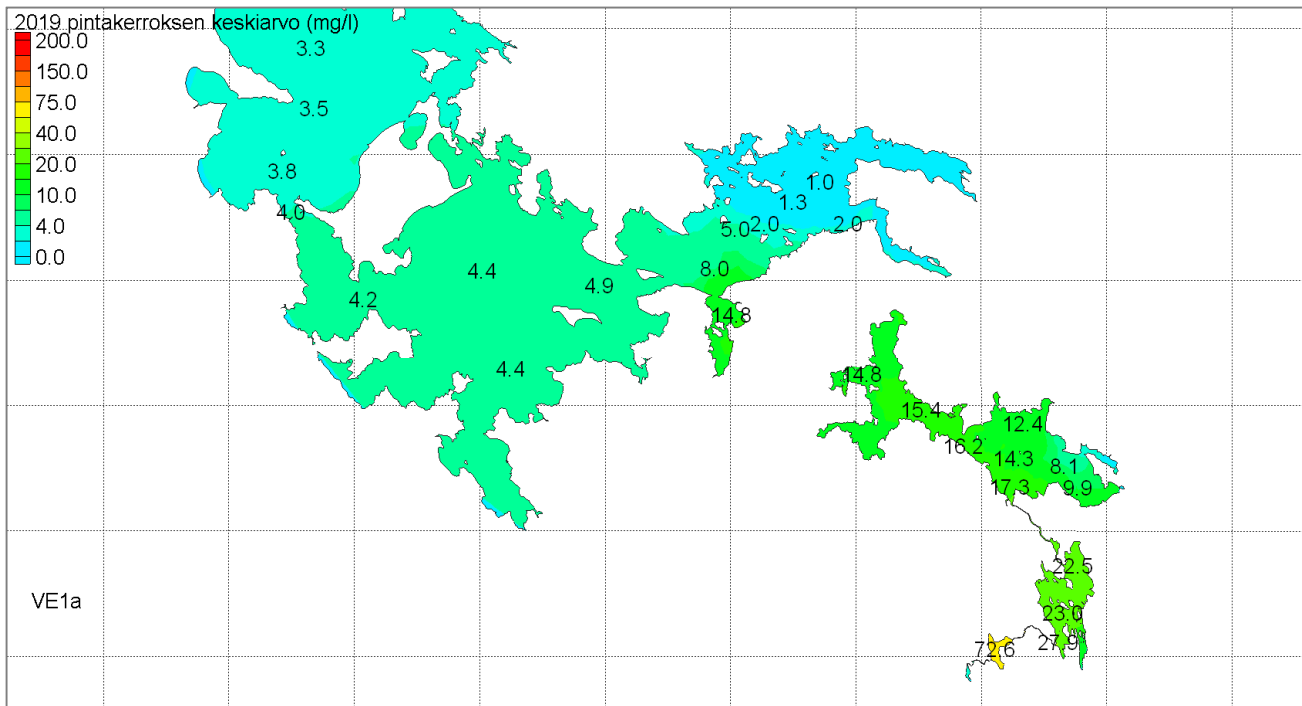
Pöyry Finland Oy 2014b. Talvivaara Sotkamo Oy. Uuden purkureitin ympäristölupahakemus.

Pöyry Finland Oy 2016. Terrafame Oy. Selvitys purkuvesien sekoittumisesta, kerrostumisesta ja leviämisestä Nuasjärvässä ja Jormasjärvässä.

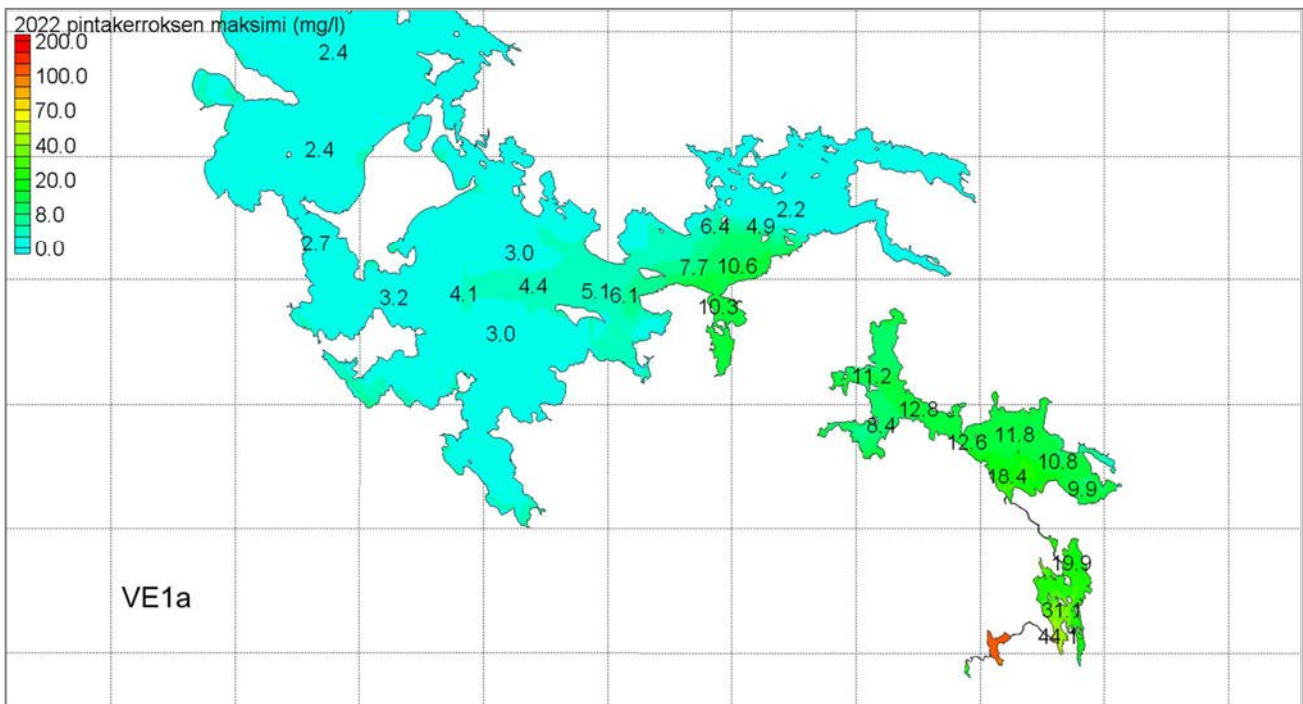
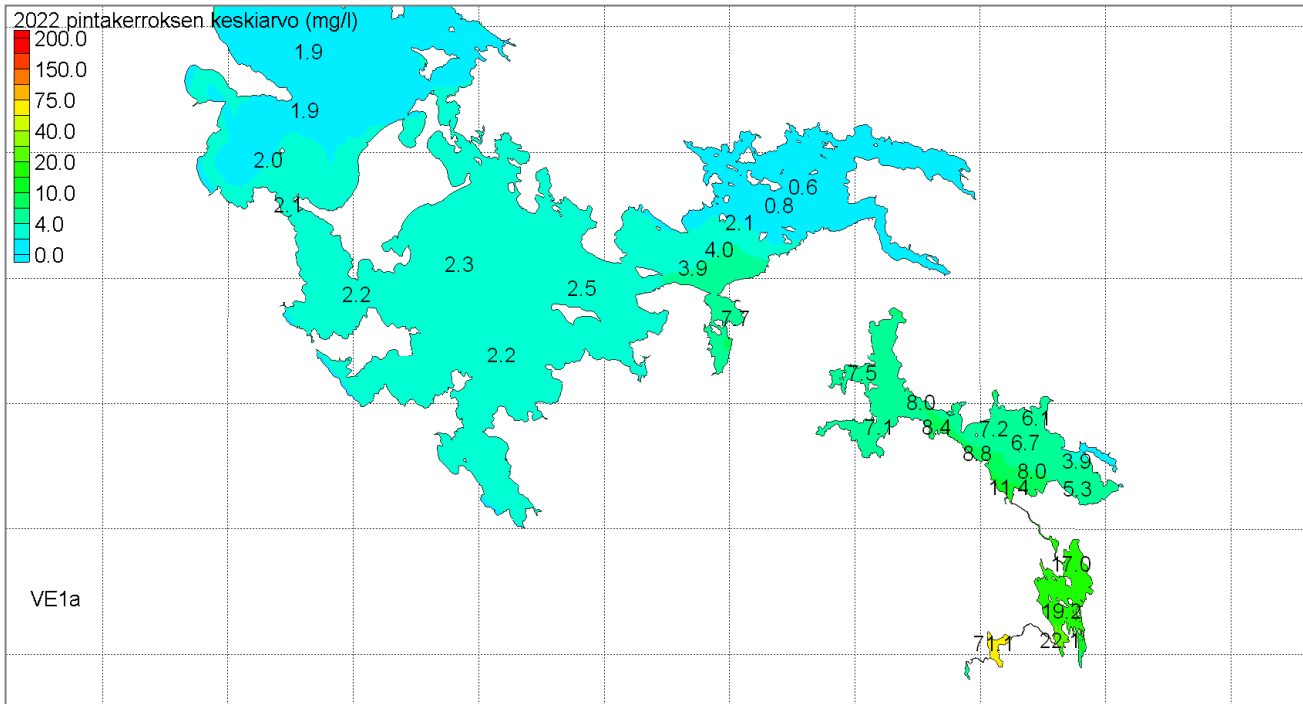
VE0 (4. laskentavuosi)



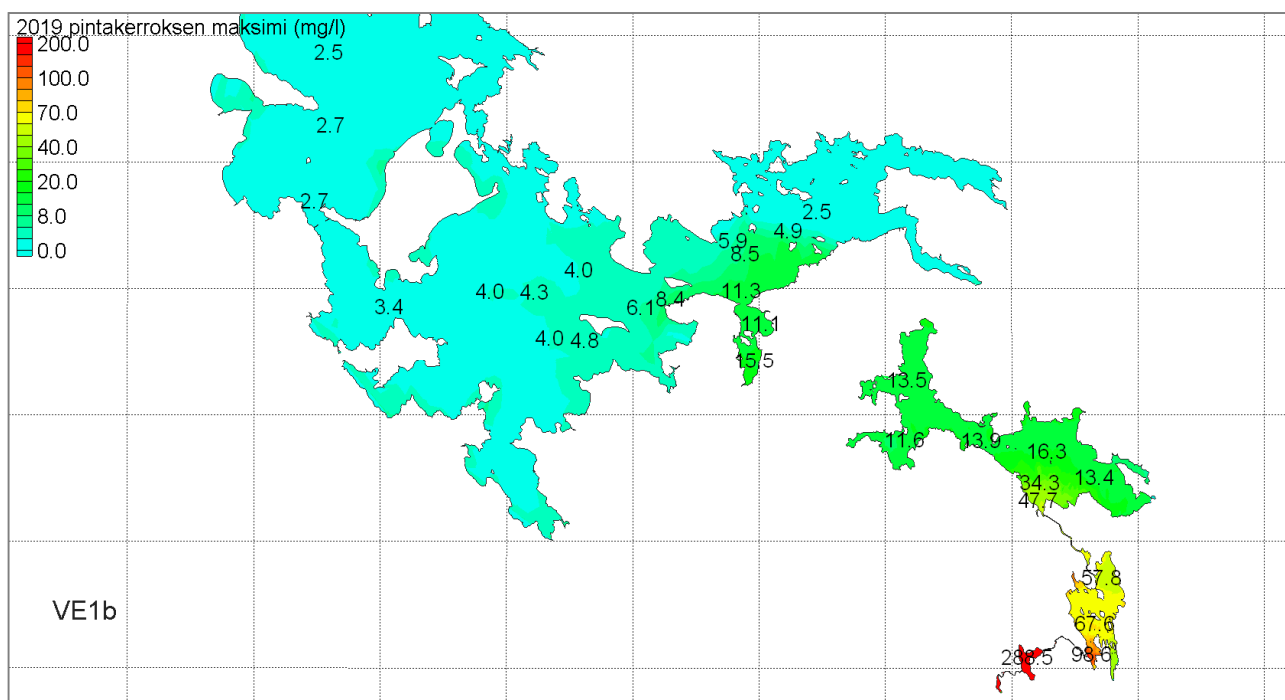
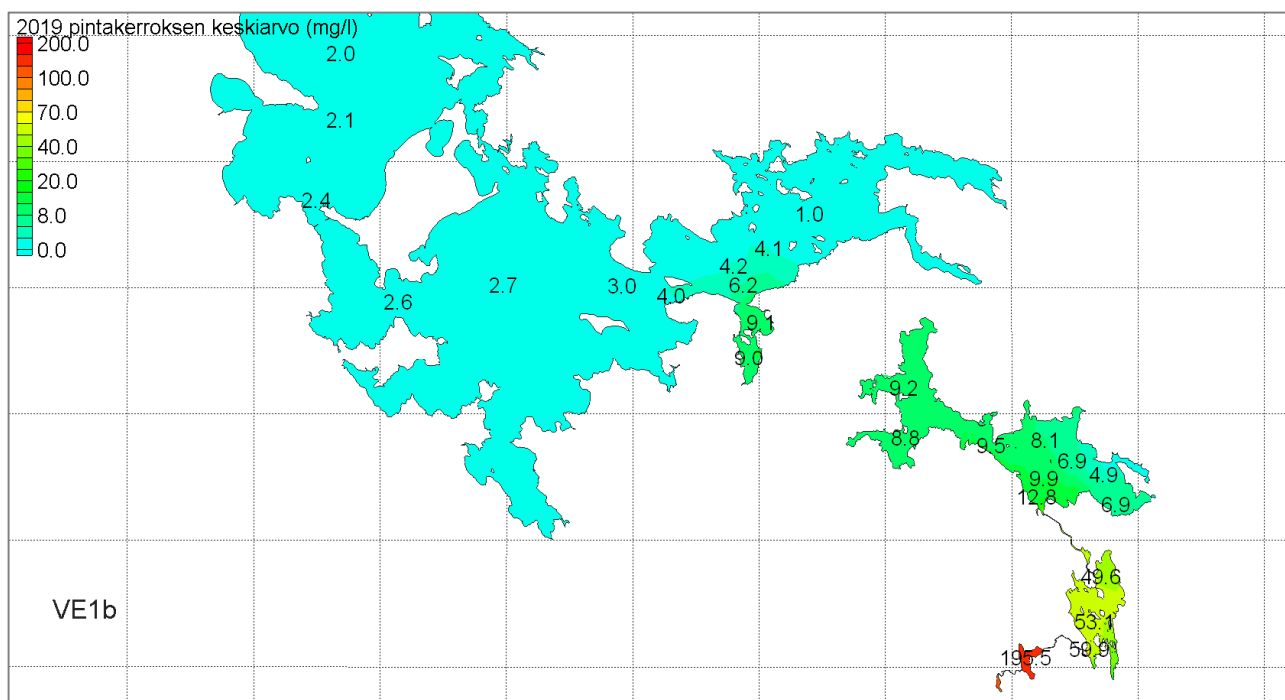
VE1a (3. laskentavuosi)



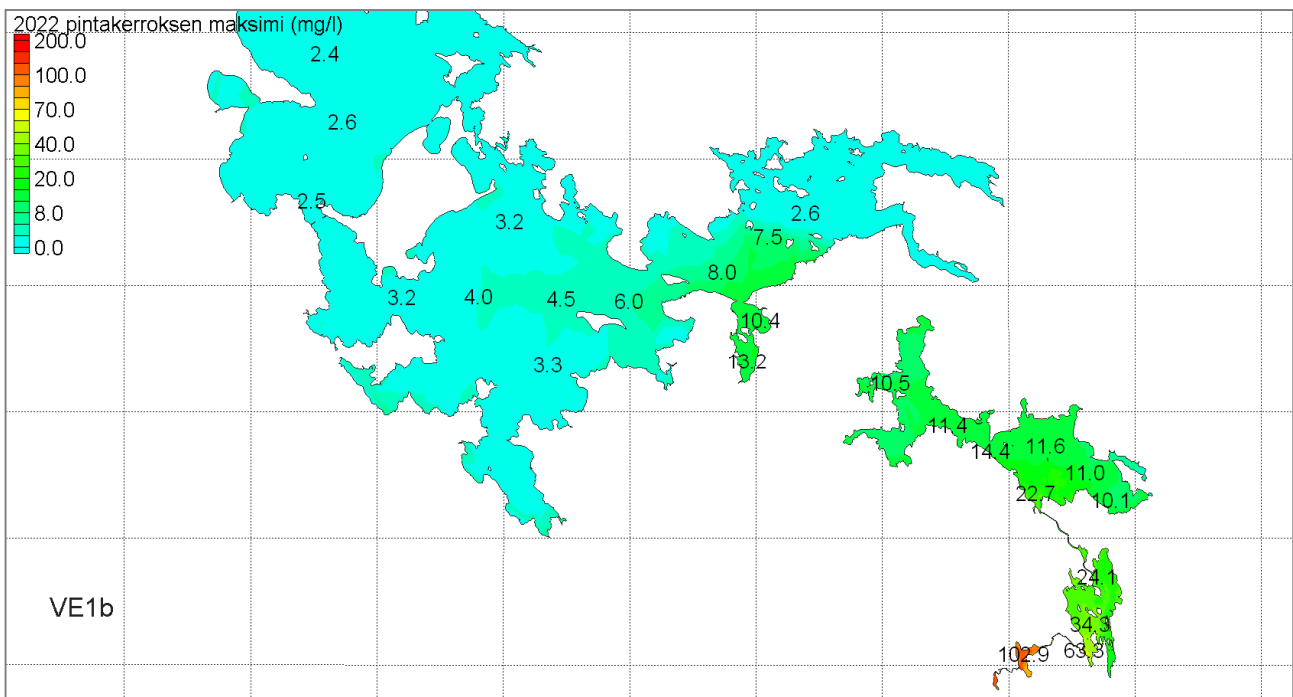
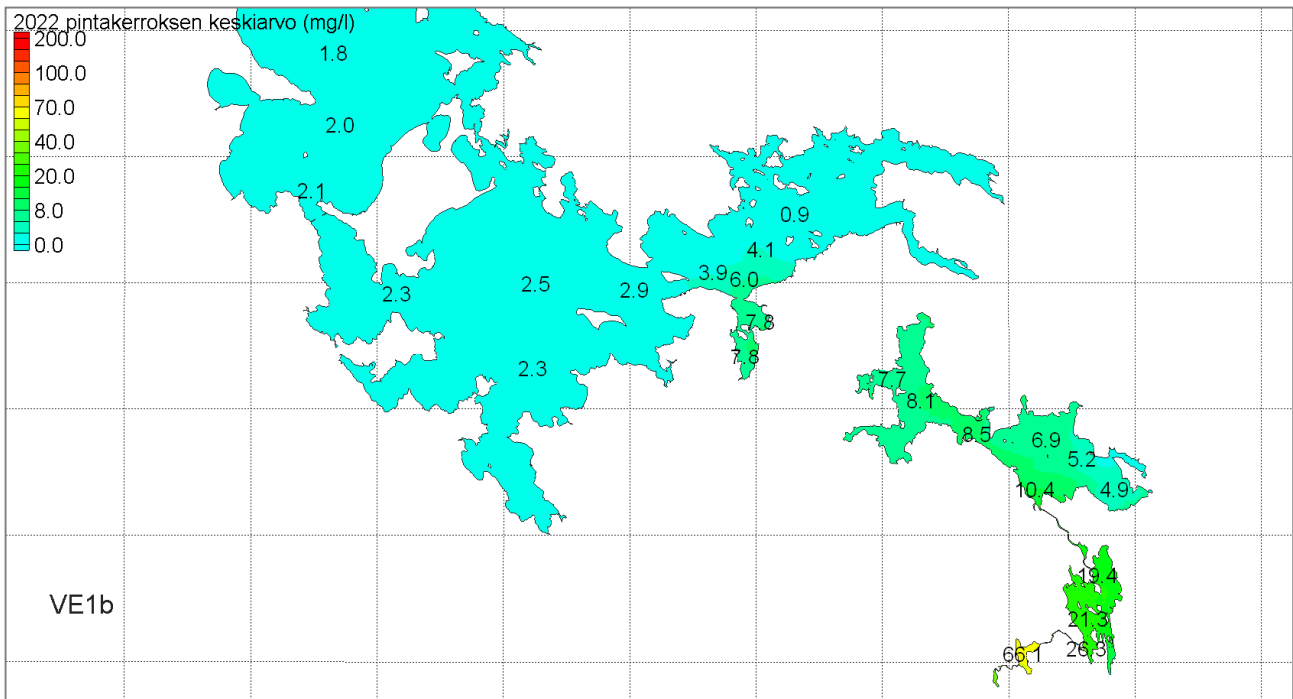
VE1a (6. laskentavuosi)



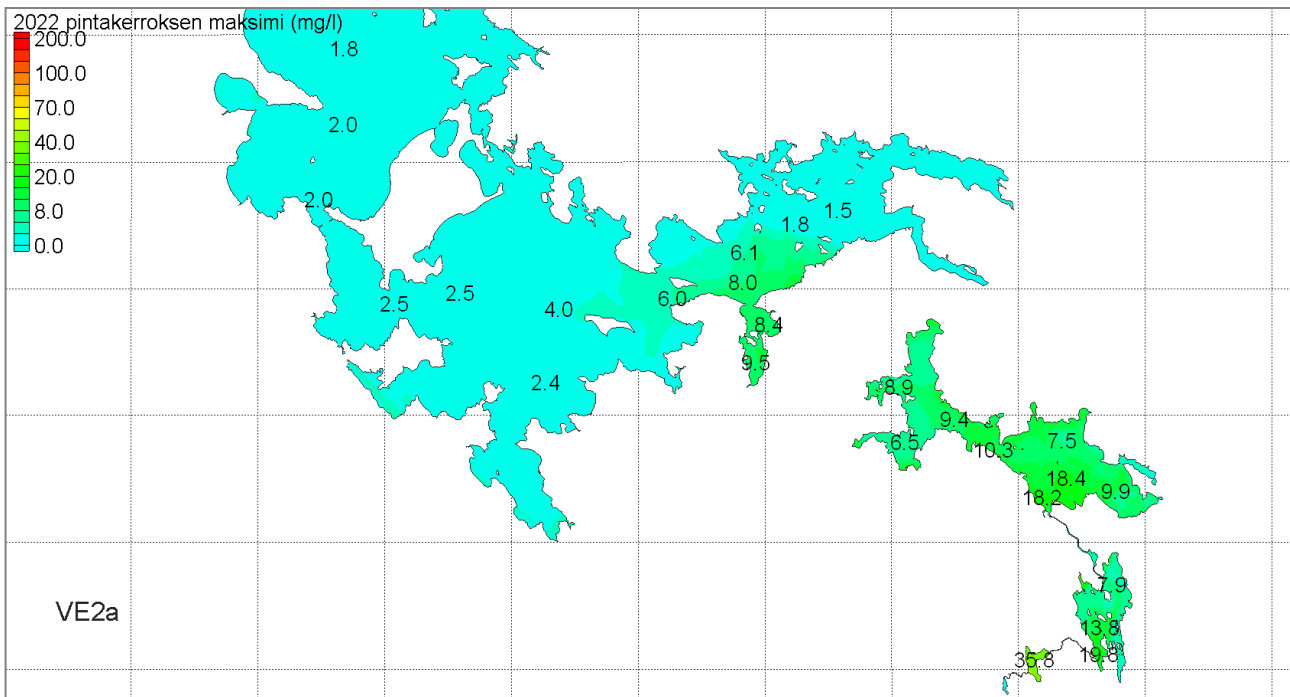
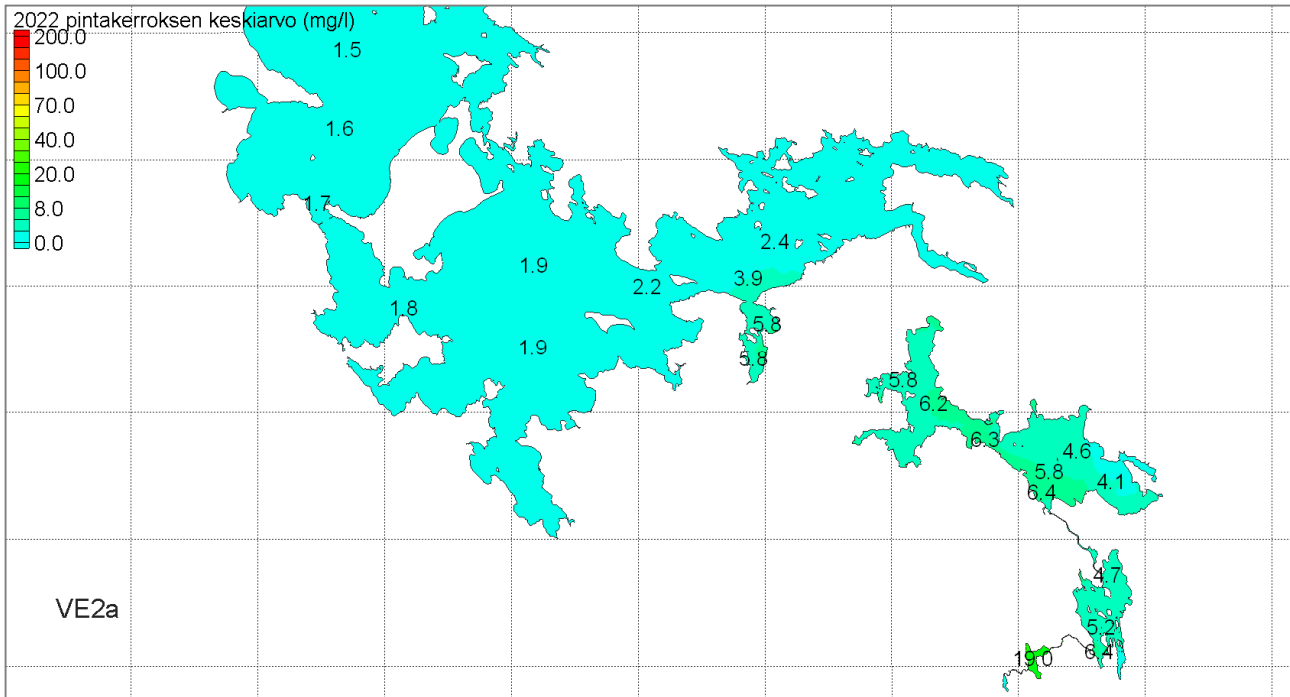
VE1b (3. laskentavuosi)



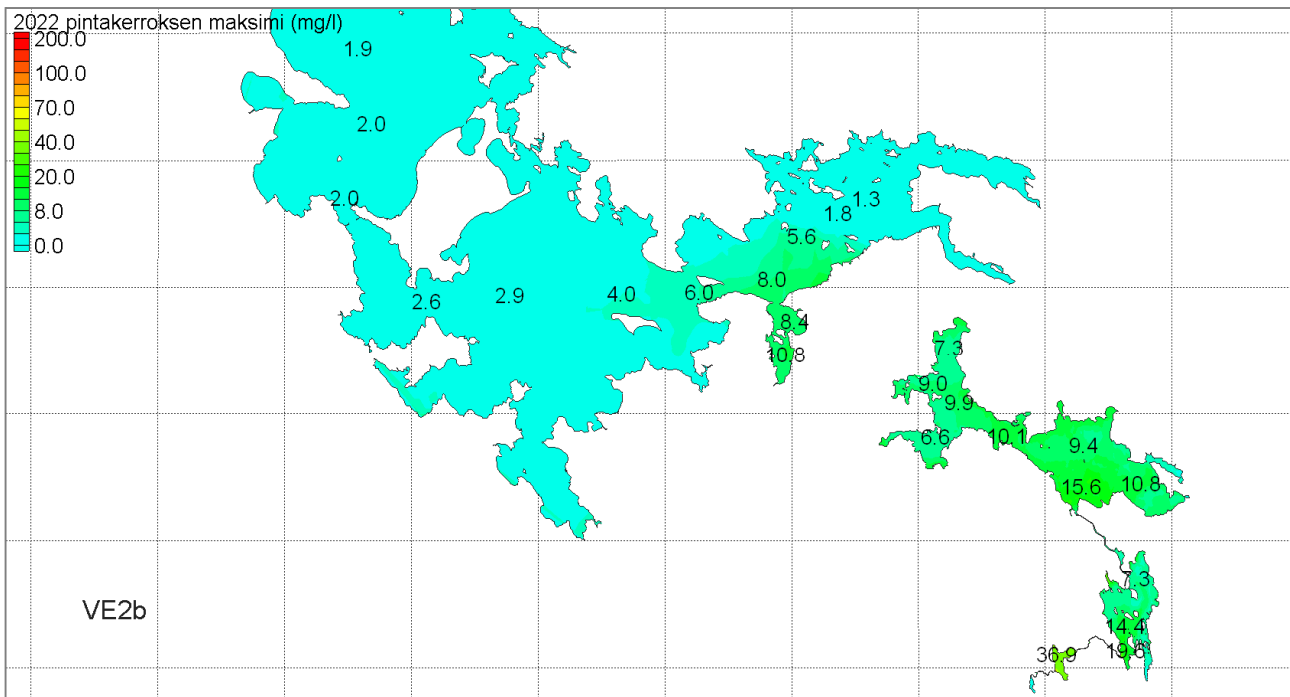
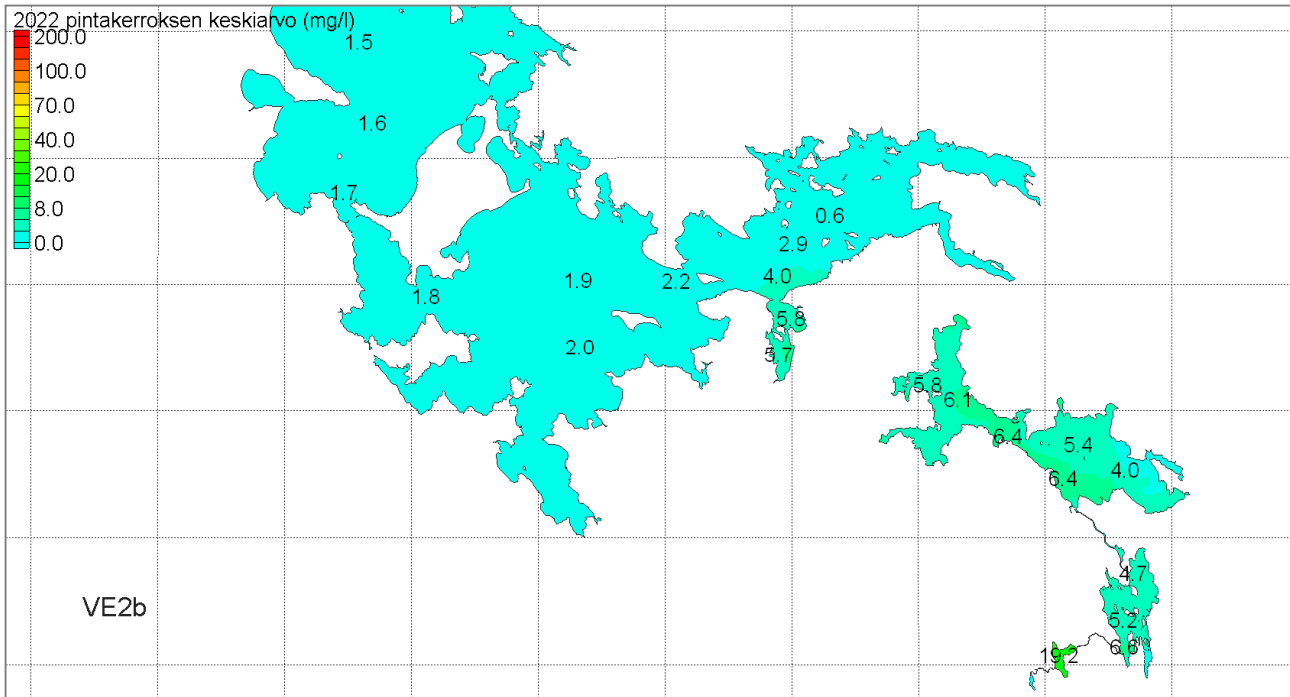
VE1b (6. laskentavuosi)



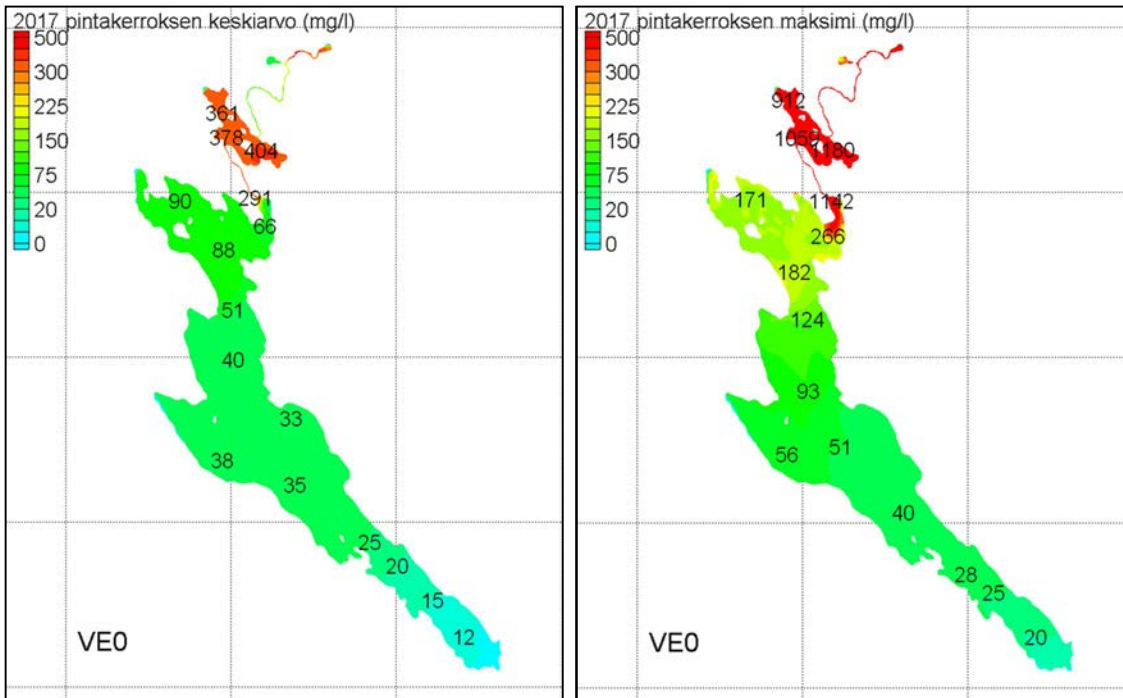
VE2a (6. laskentavuosi)



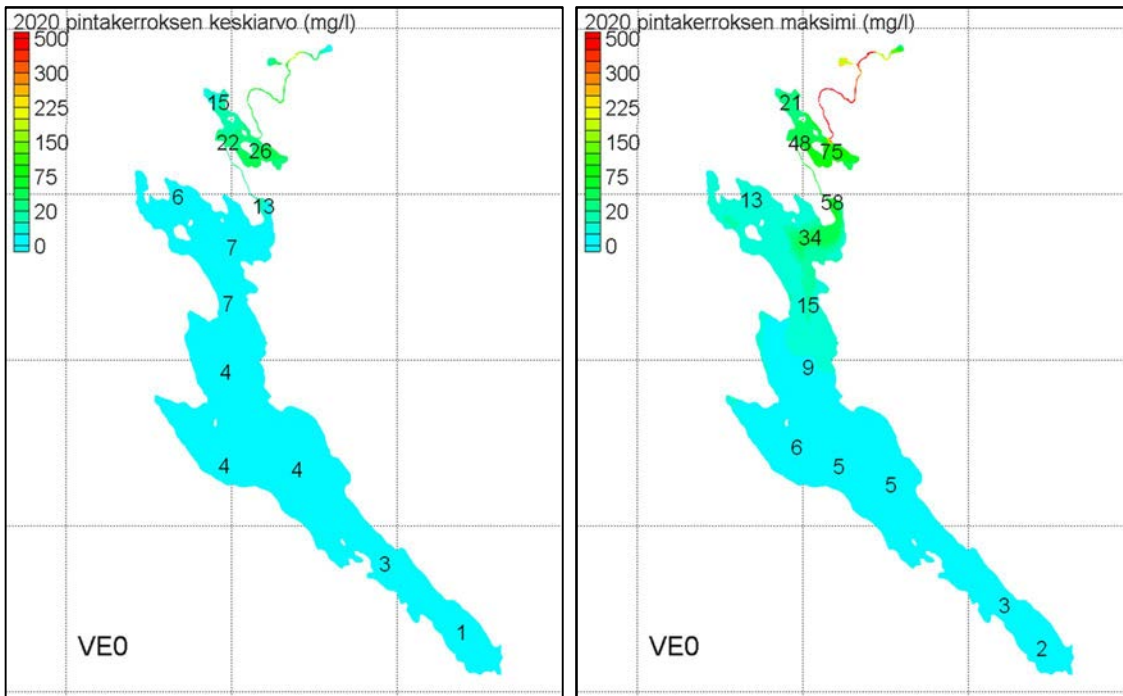
VE2b (6. laskentavuosi)



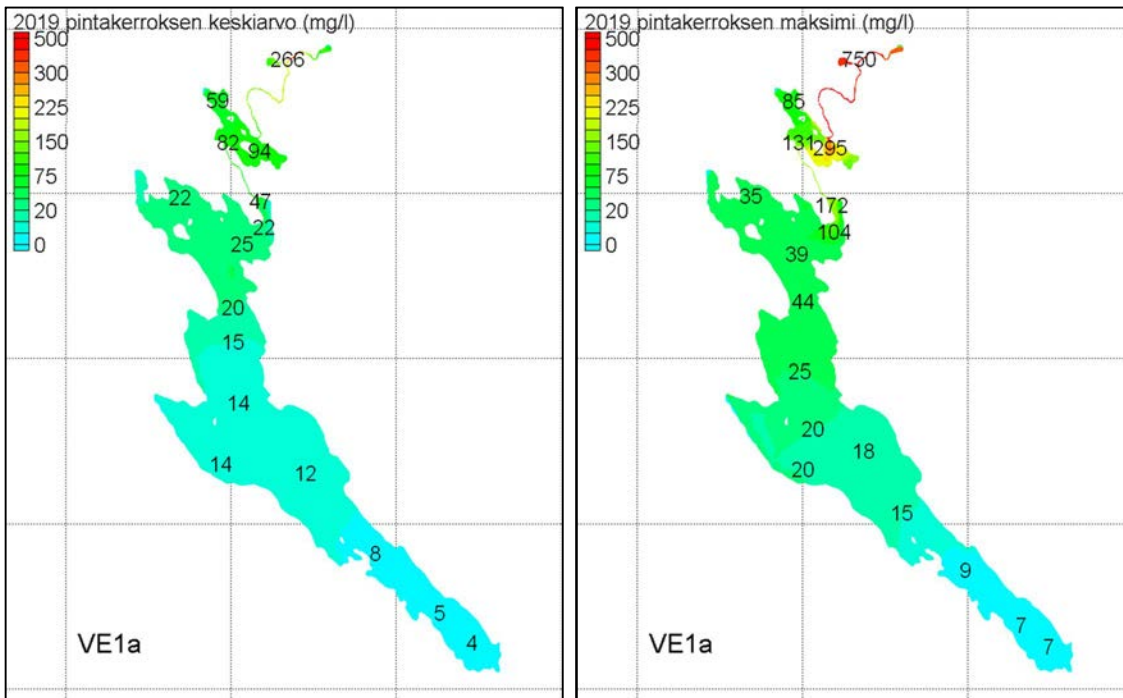
VEO (1. laskentavuosi)



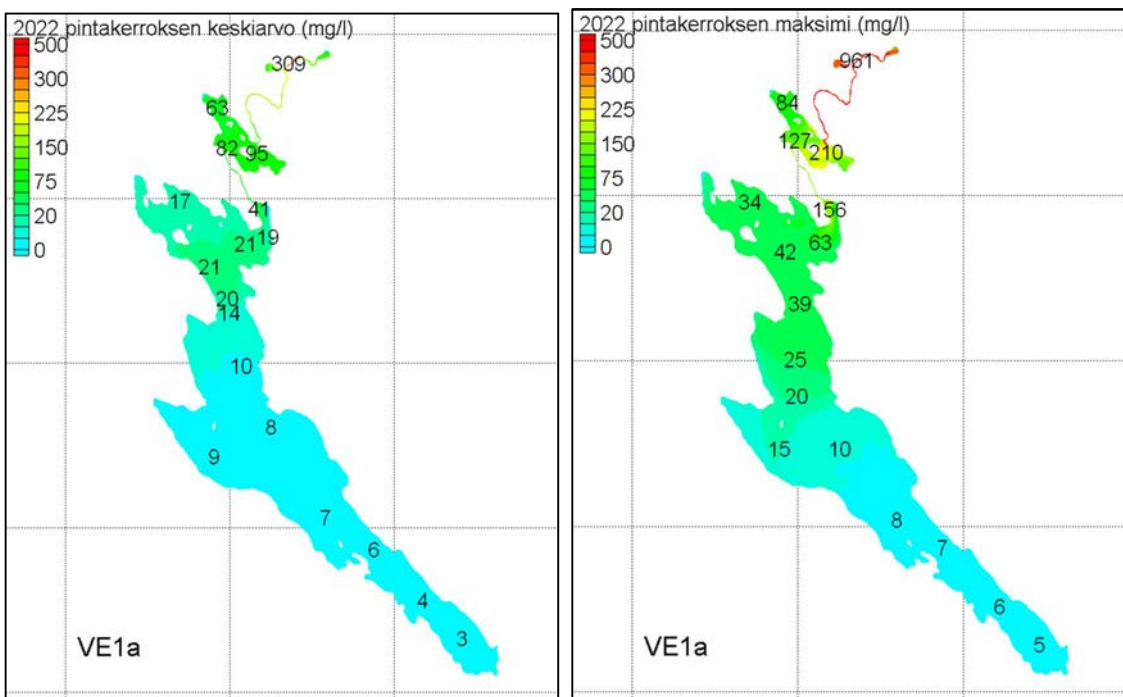
VEO (4. laskentavuosi)



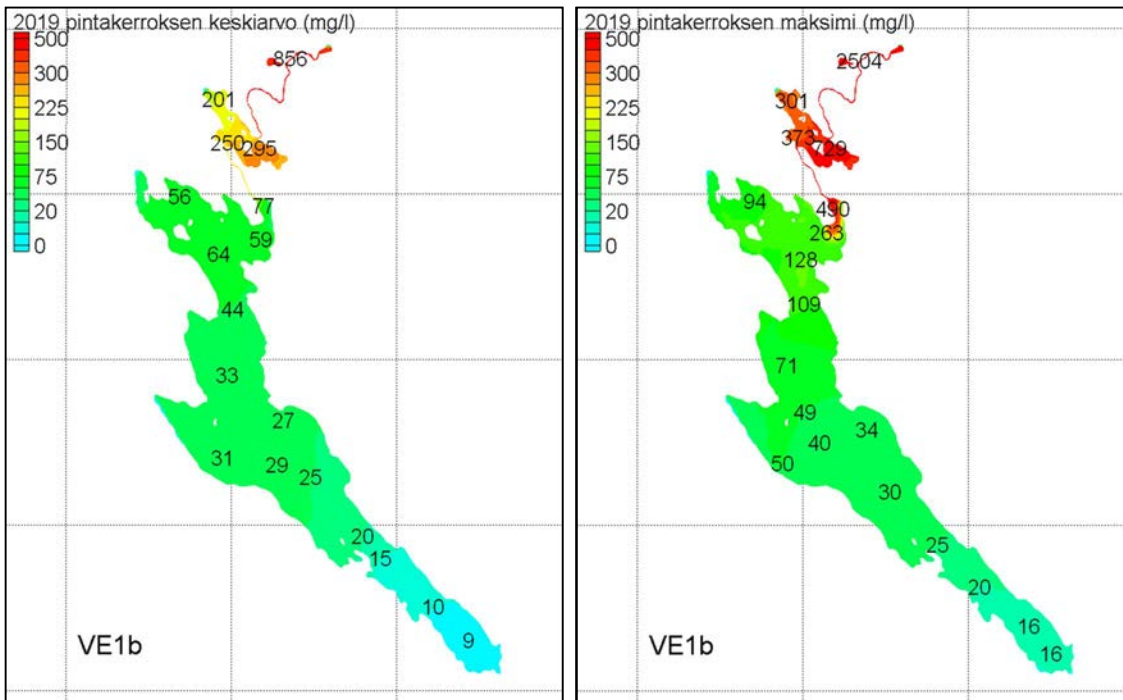
VE1a (3. laskentavuosi)



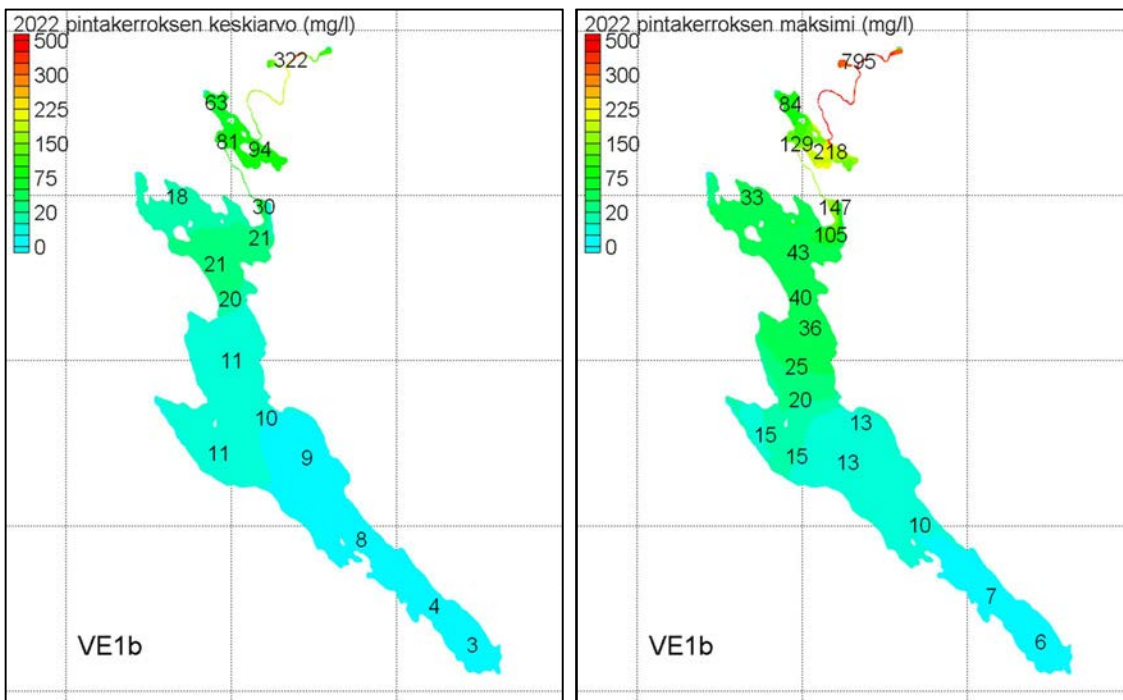
VE1a (6. laskentavuosi)



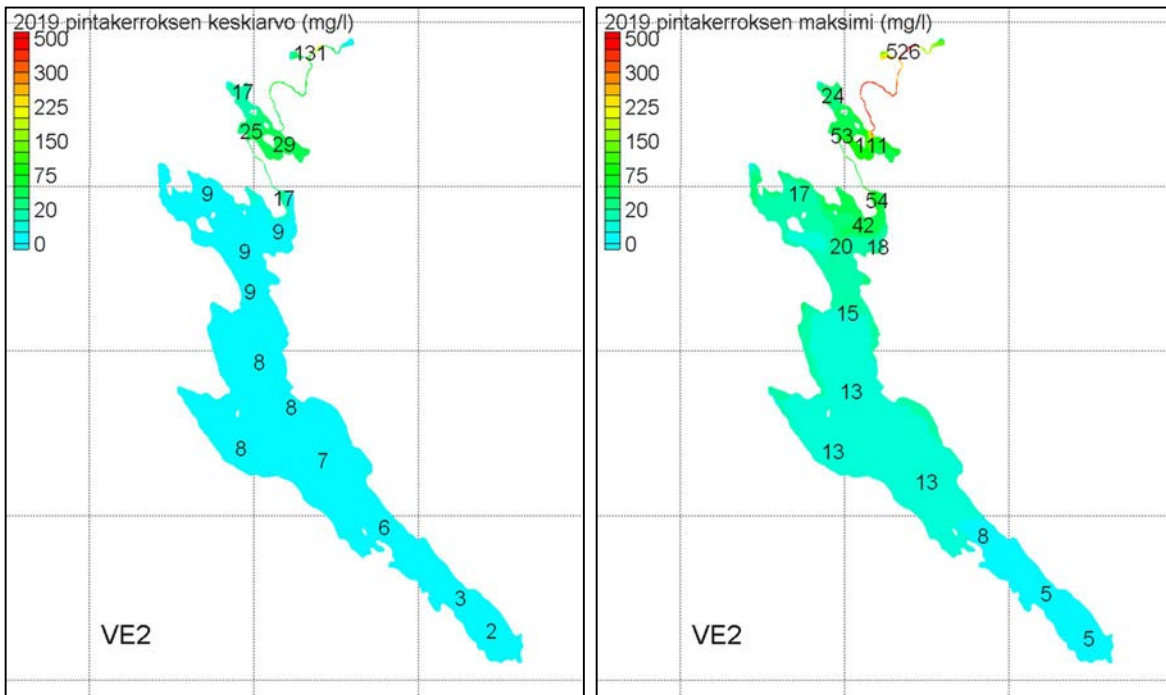
VE1b (3. laskentavuosi)



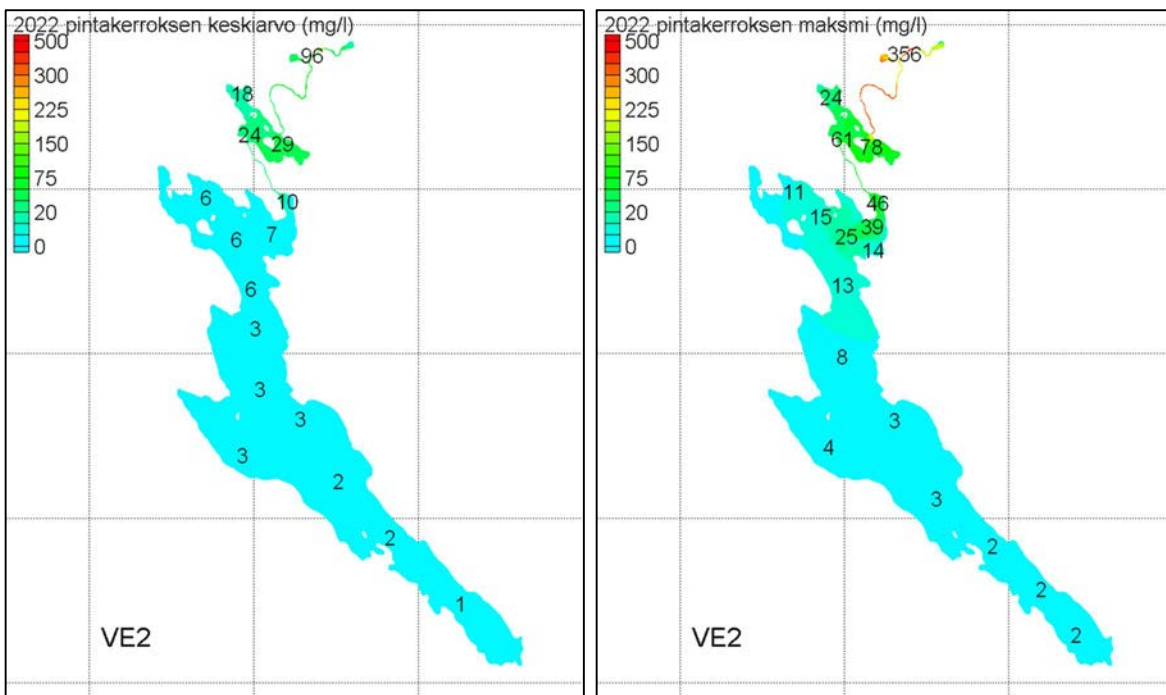
VE1b (6. laskentavuosi)

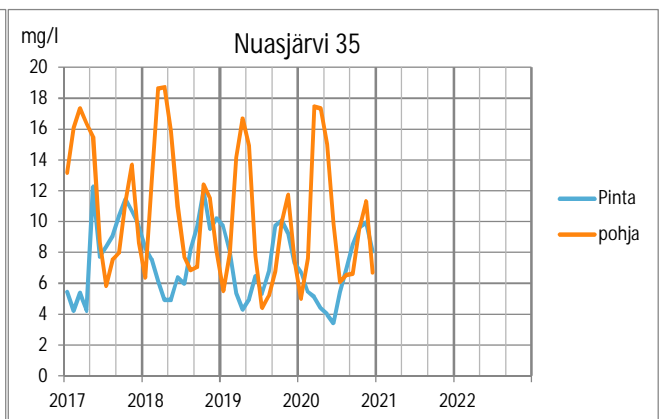
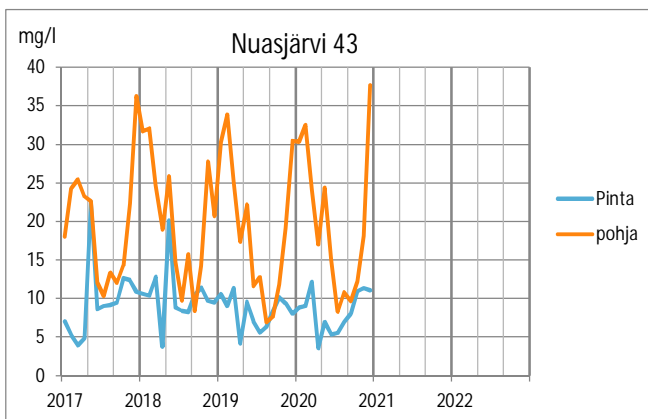
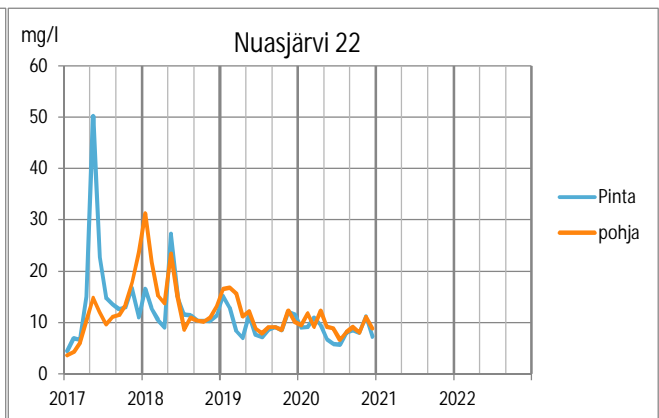
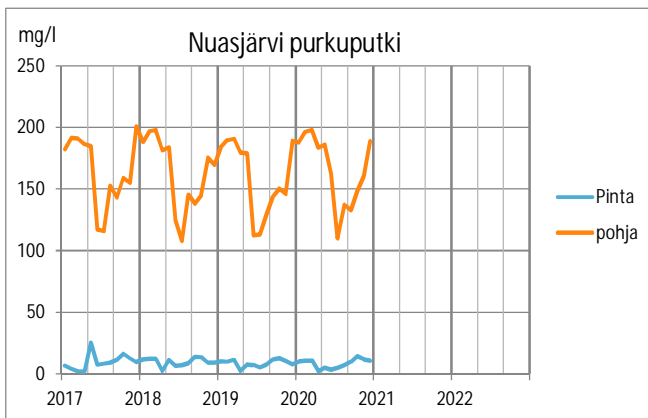
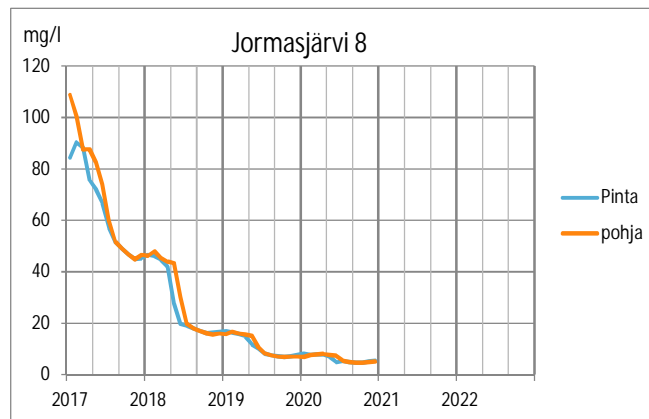
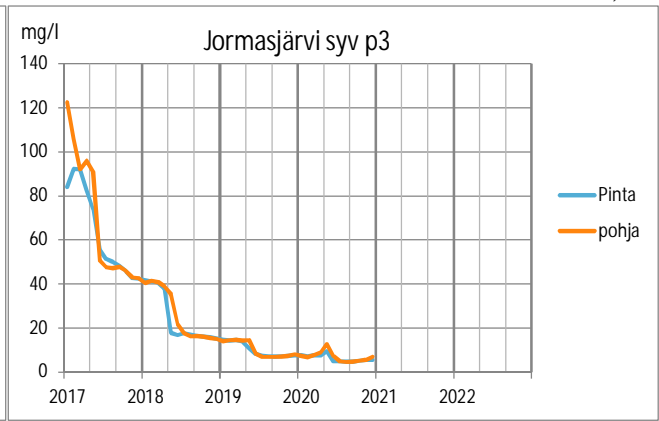
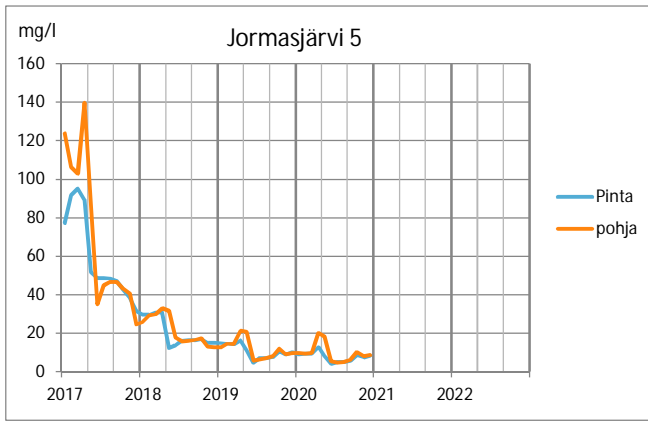


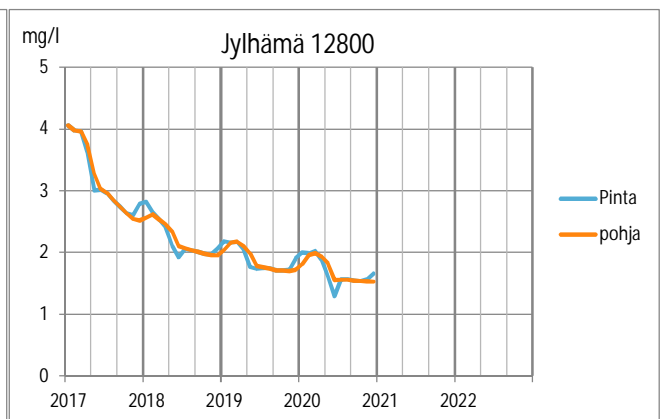
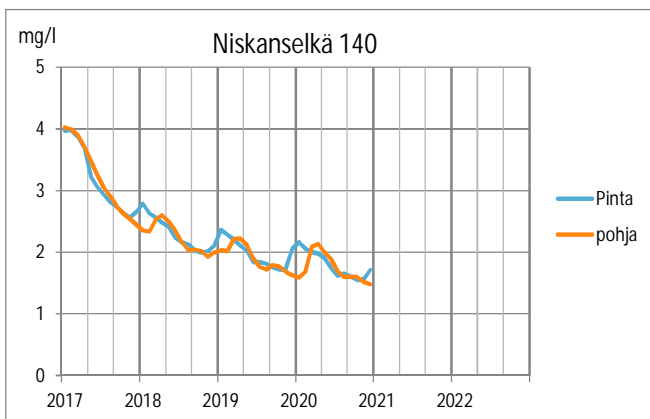
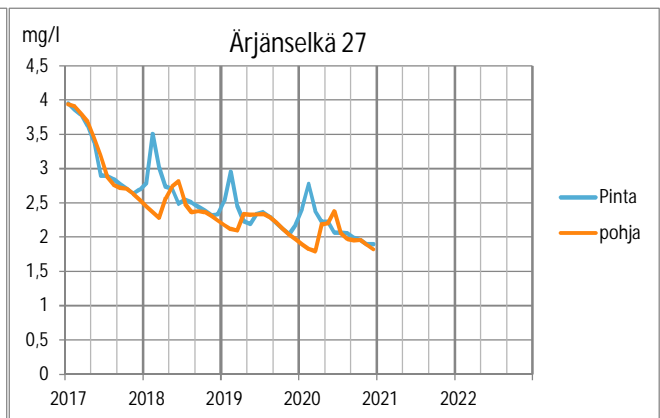
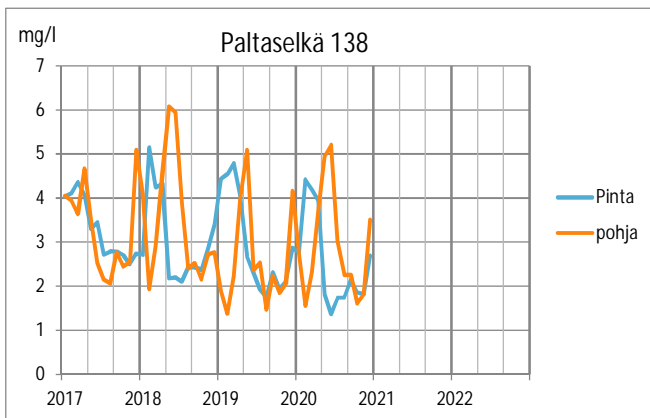
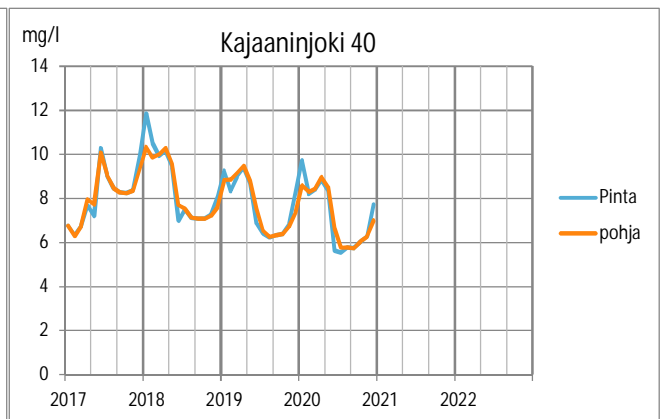
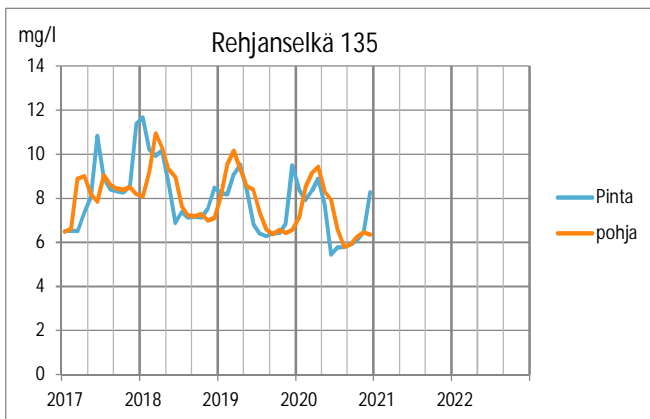
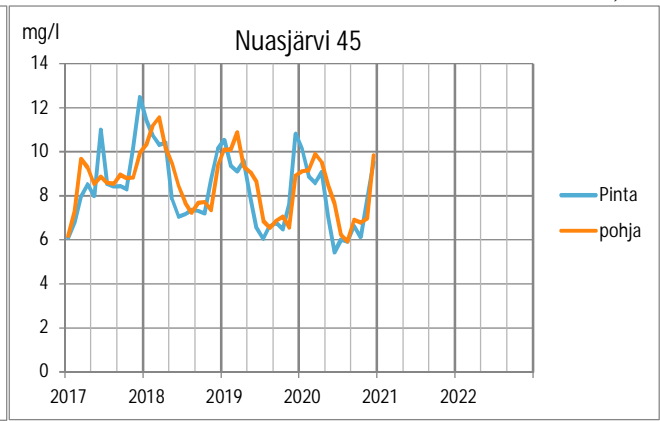
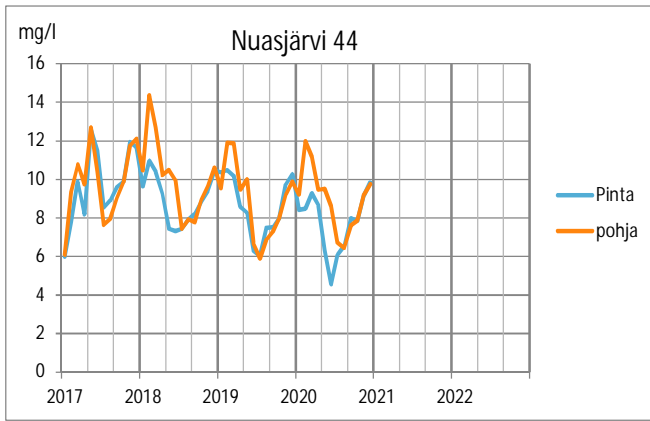
VE2 (3. laskentavuosi)

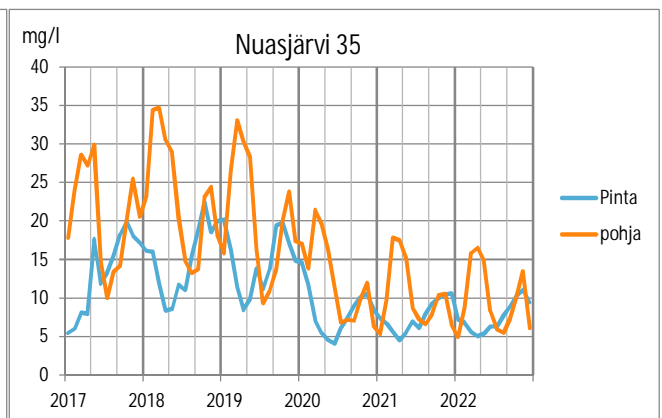
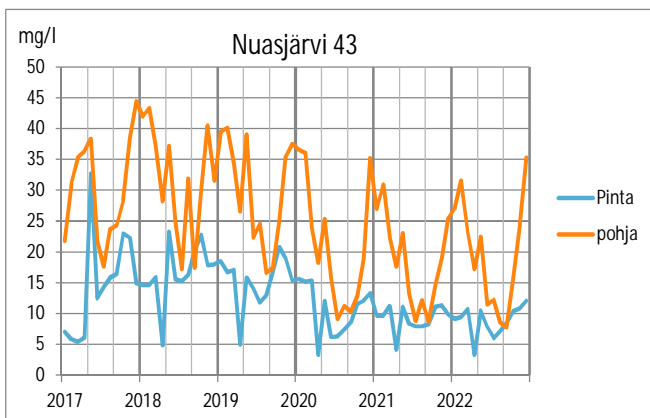
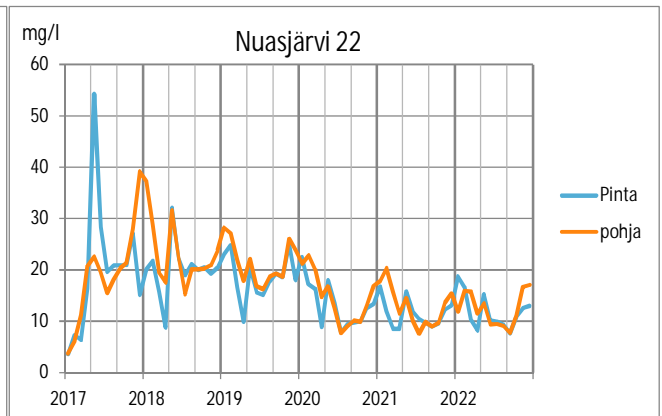
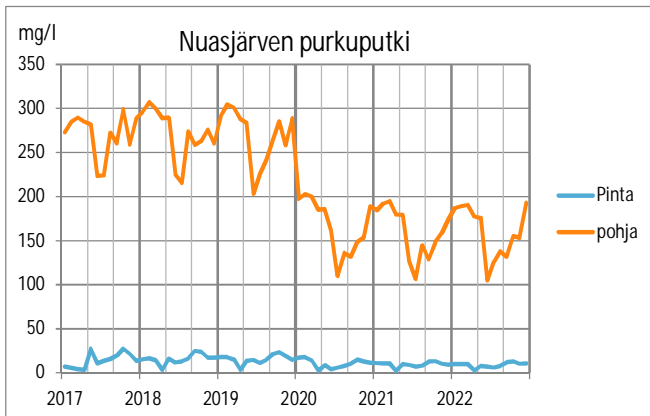
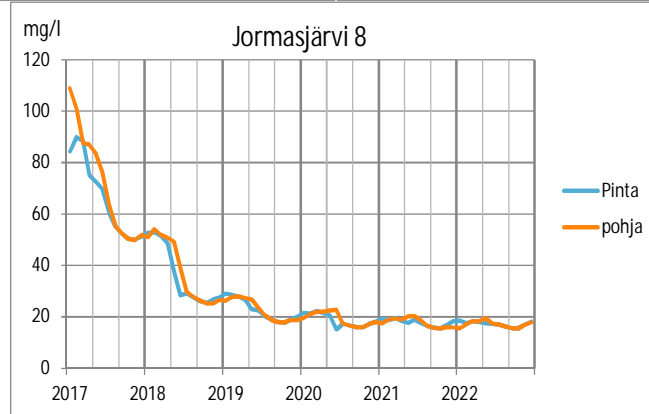
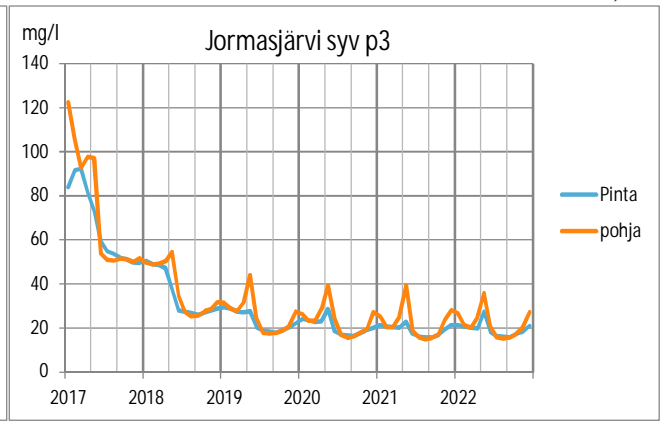
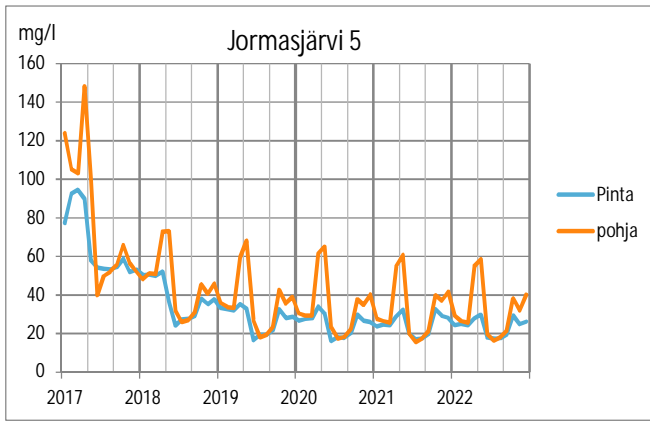


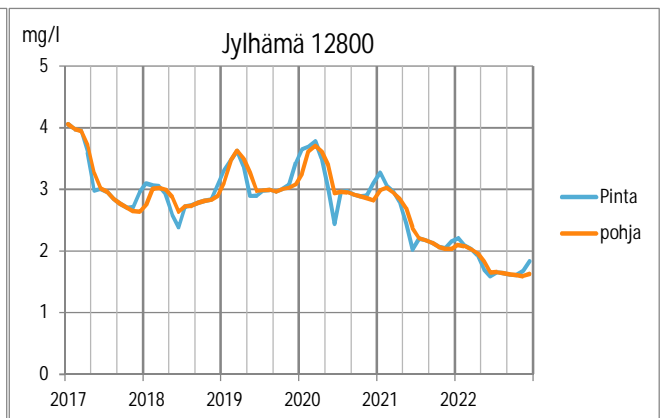
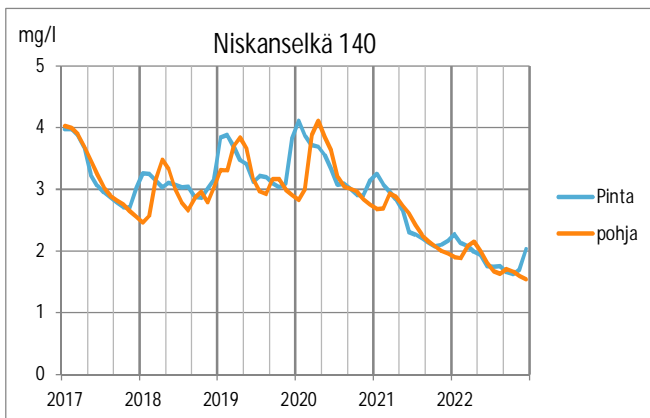
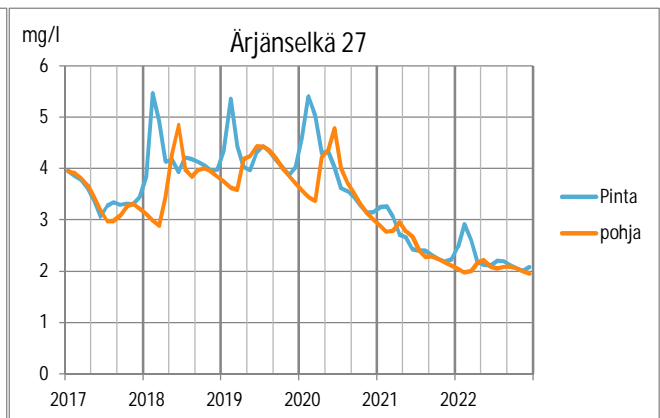
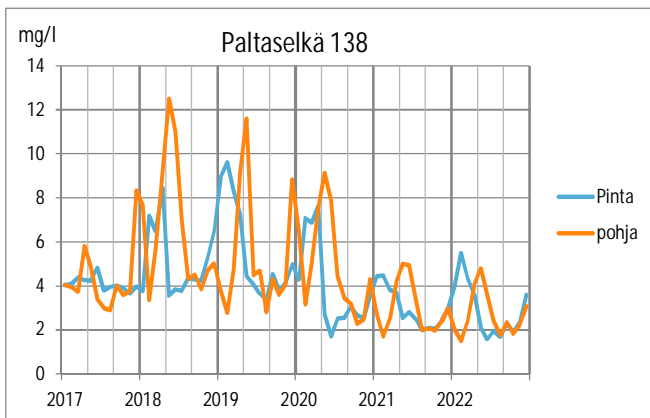
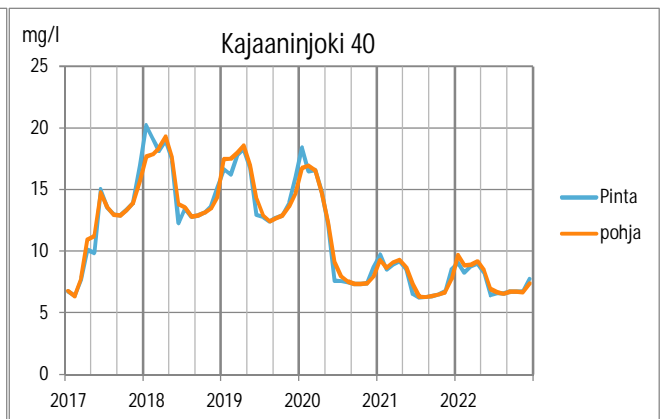
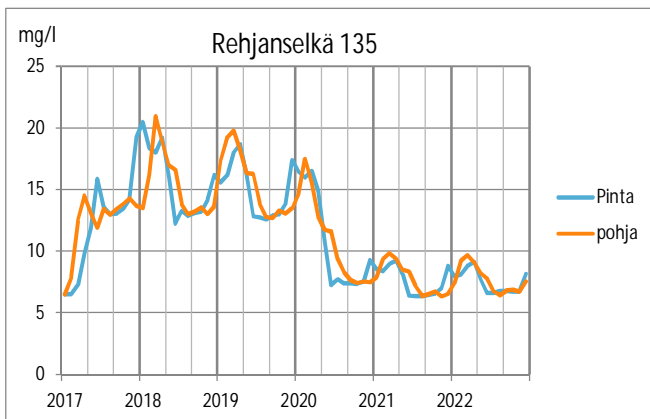
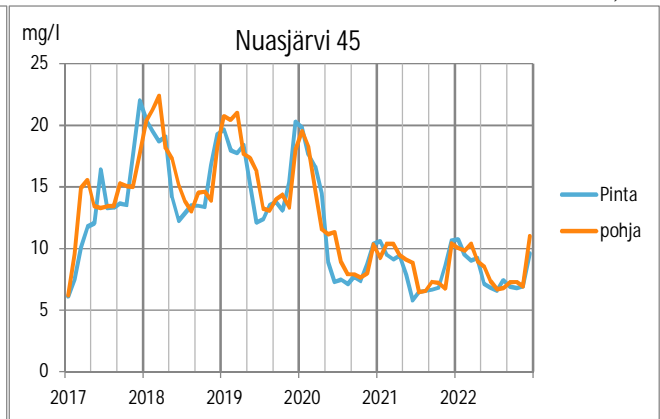
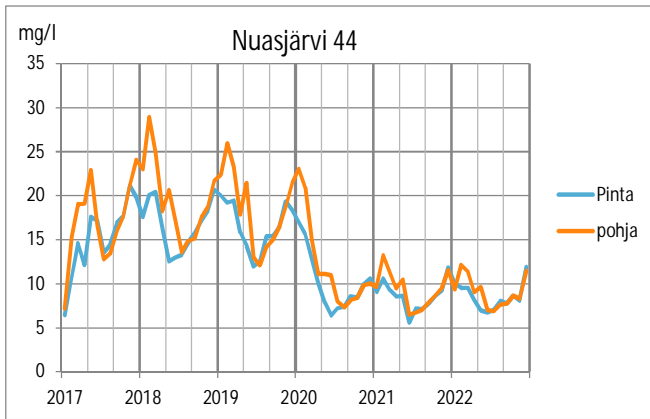
VE2 (6. laskentavuosi)

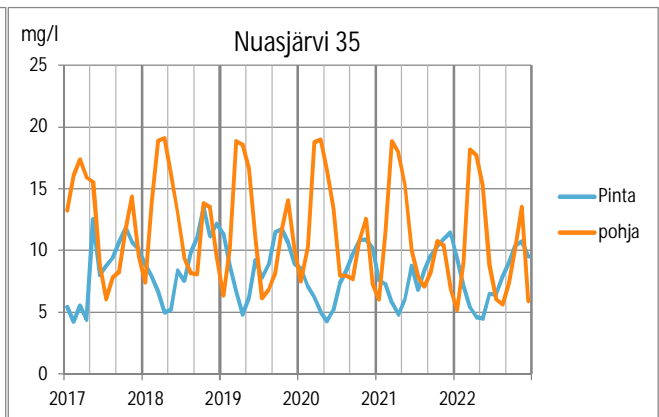
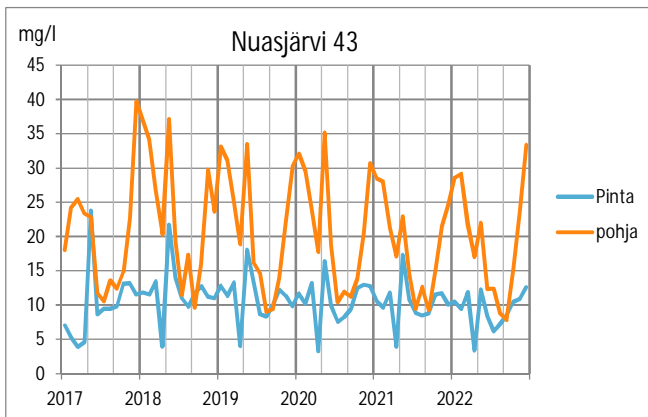
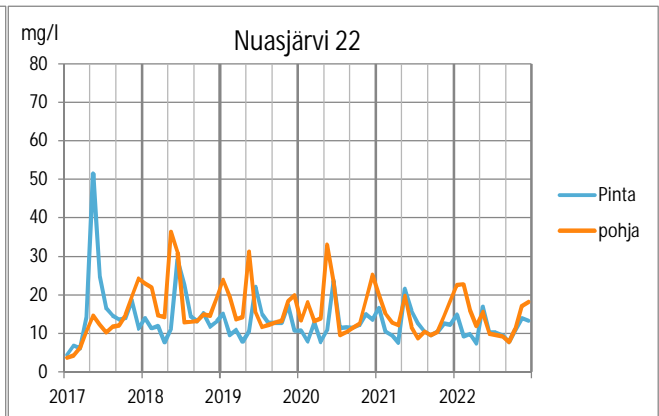
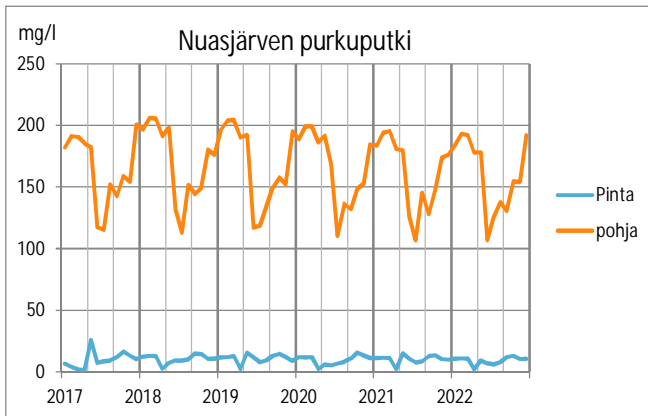
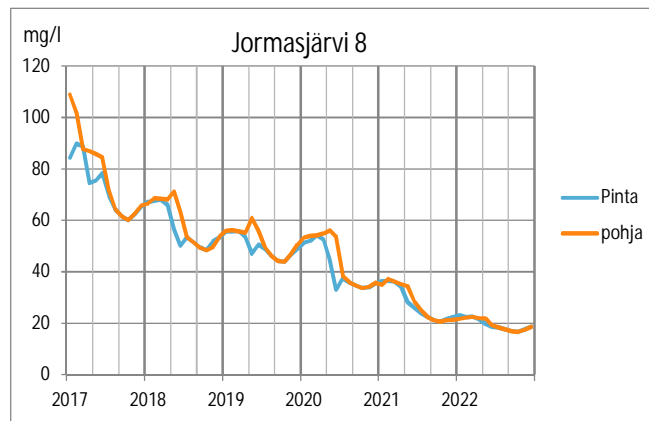
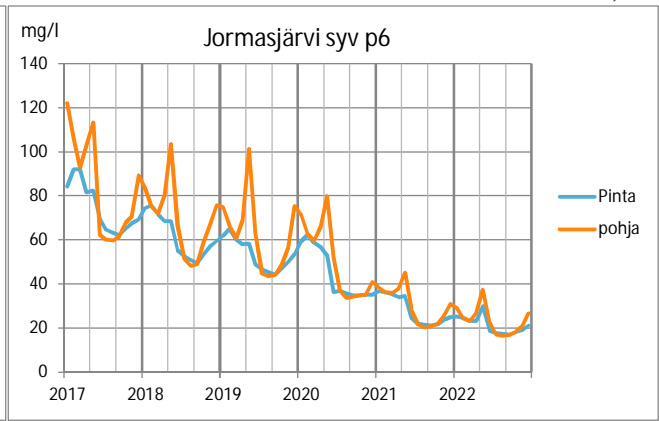
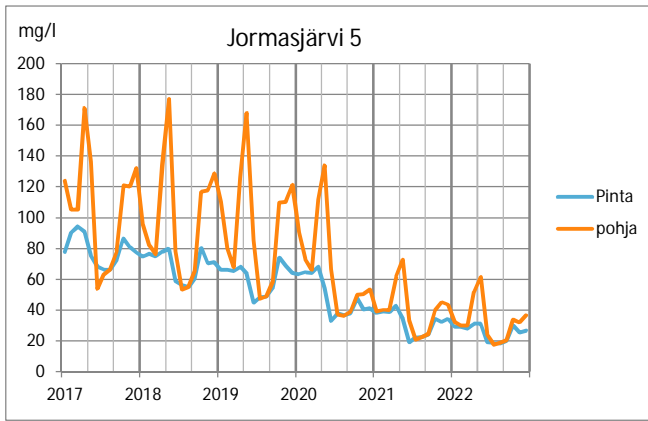


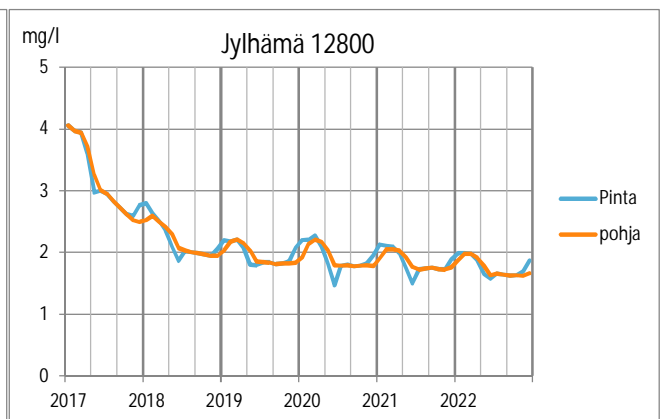
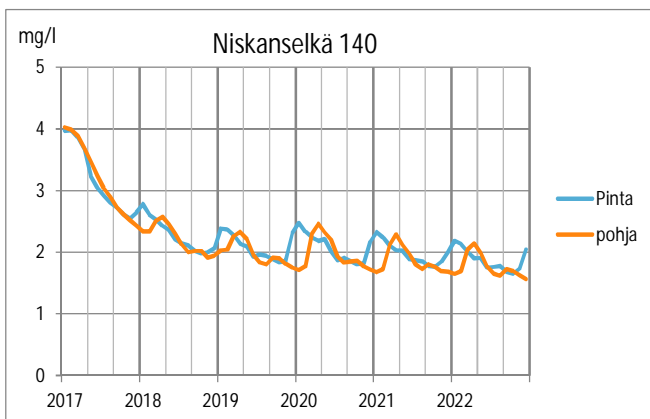
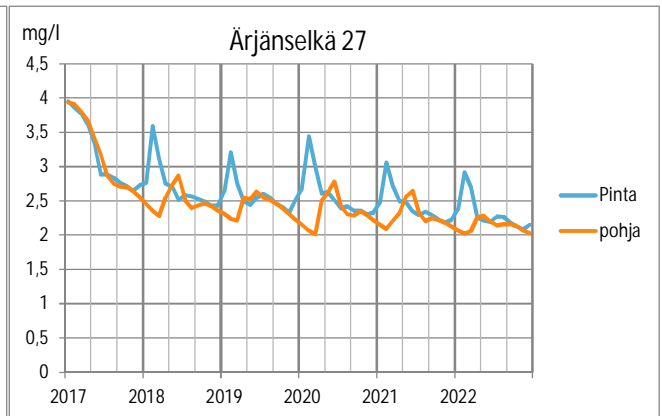
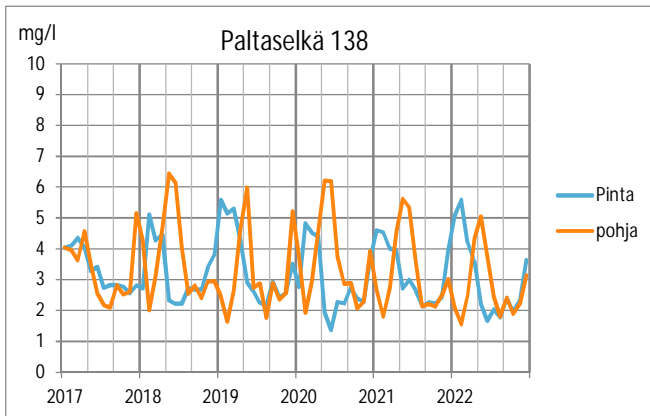
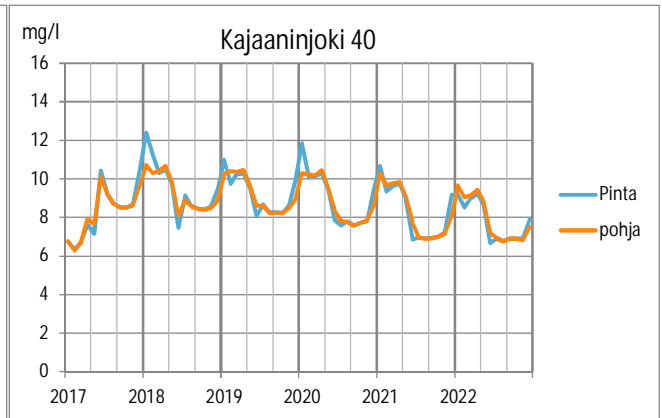
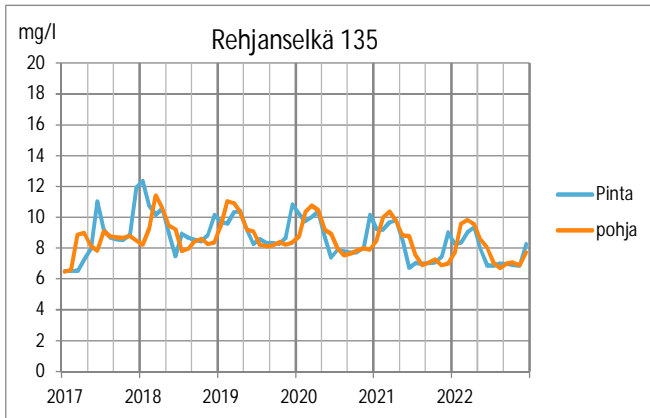
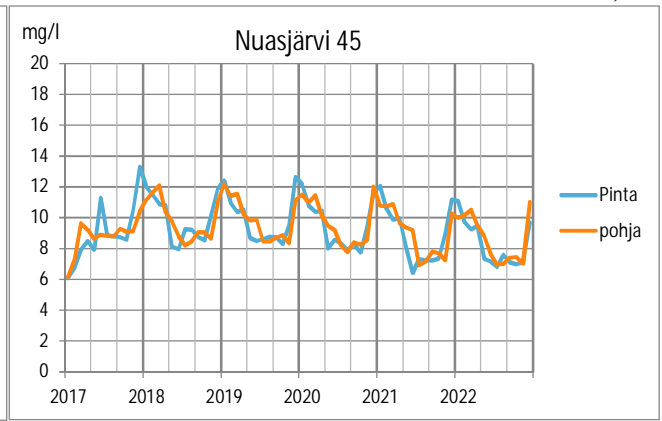
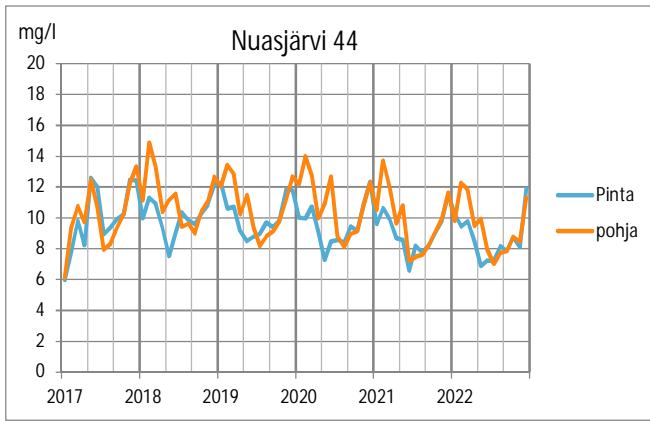


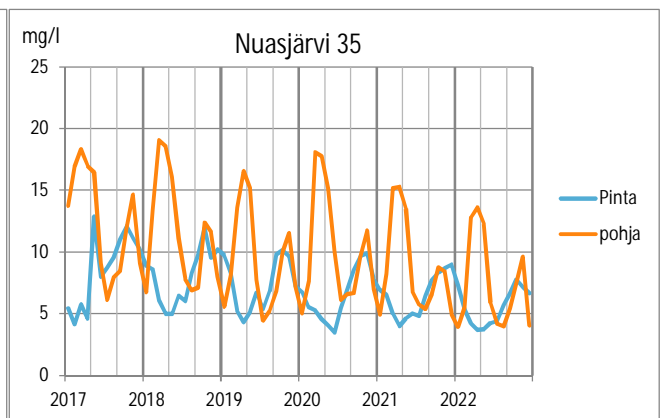
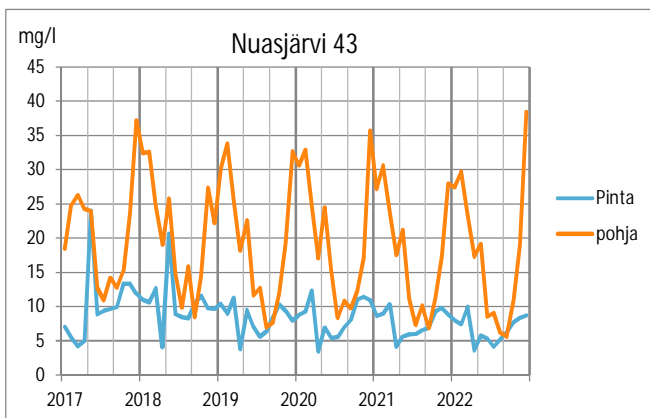
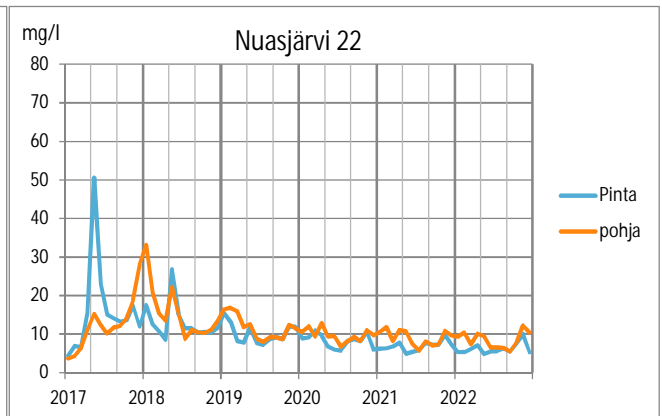
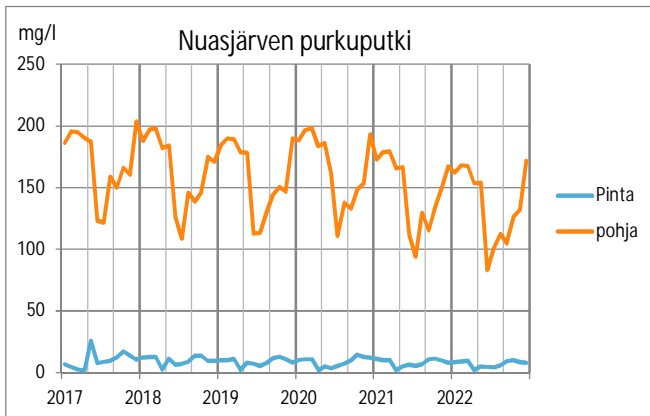
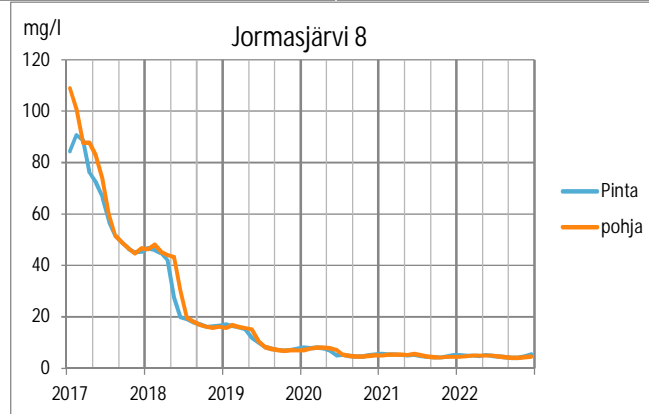
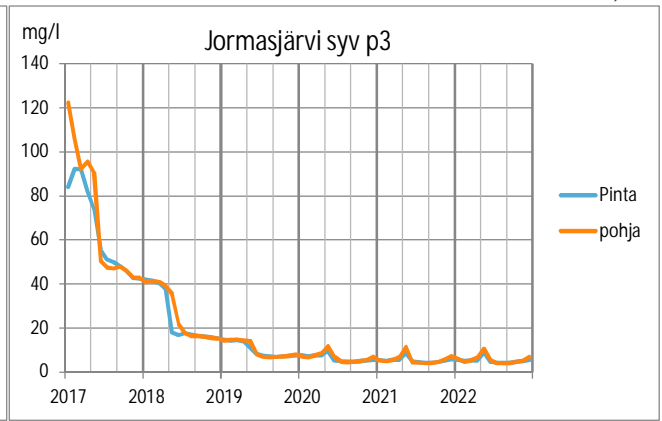
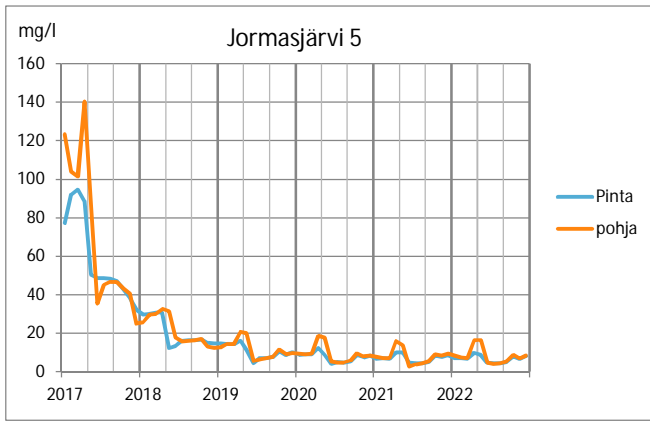


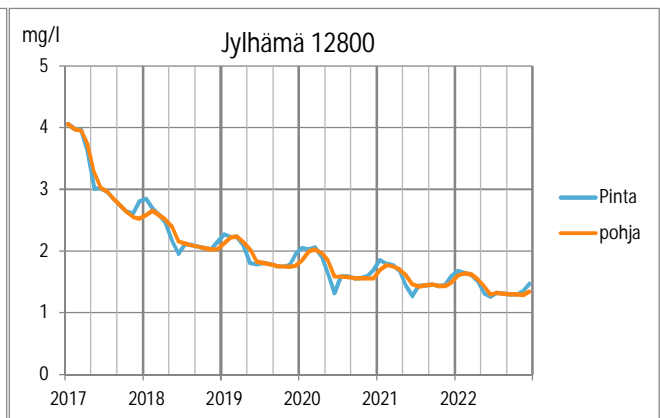
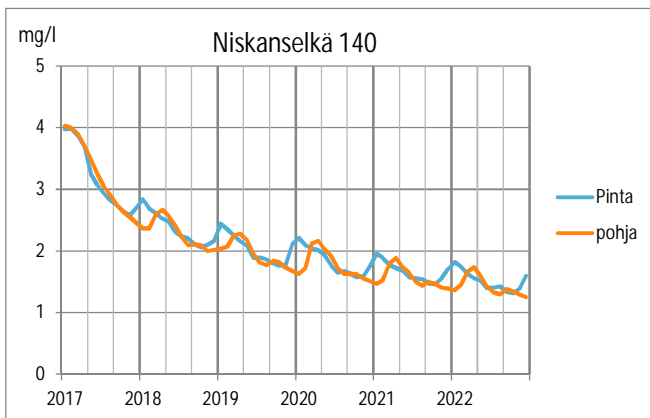
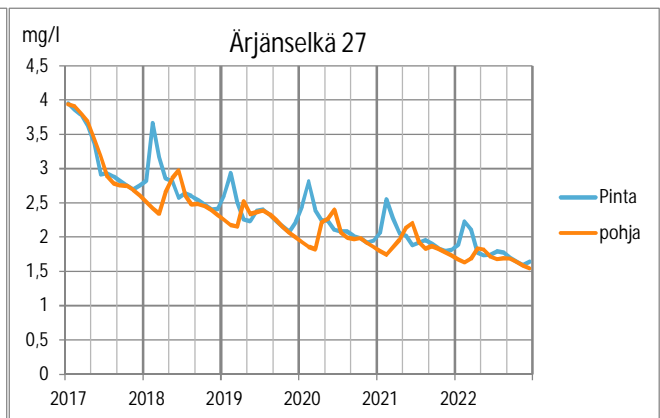
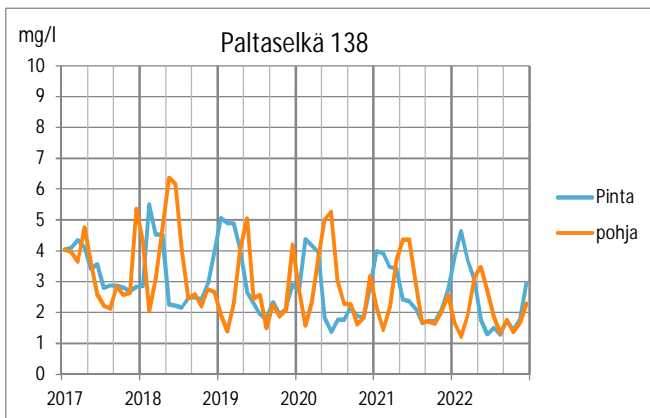
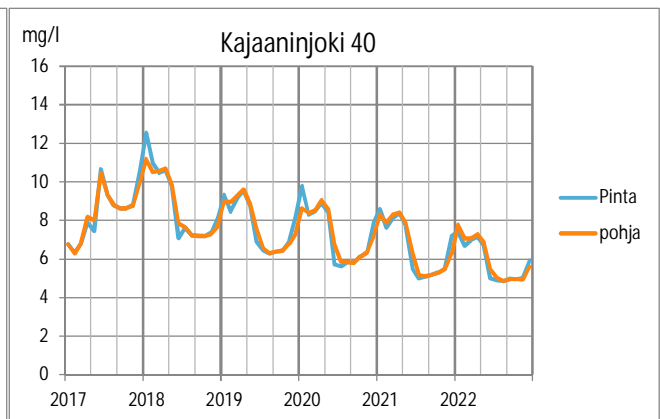
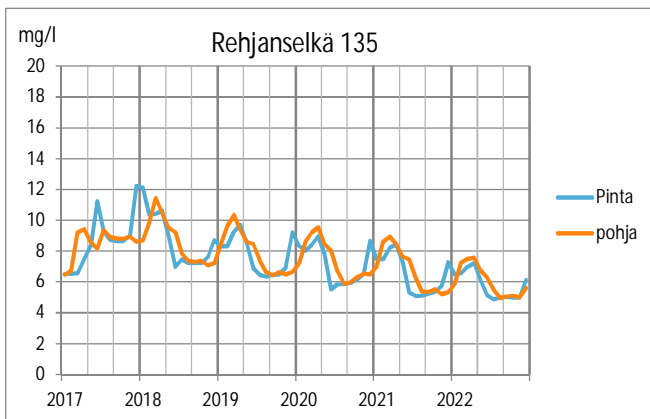
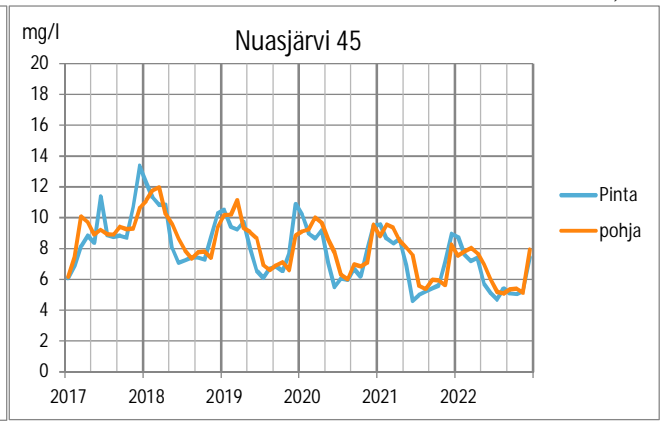
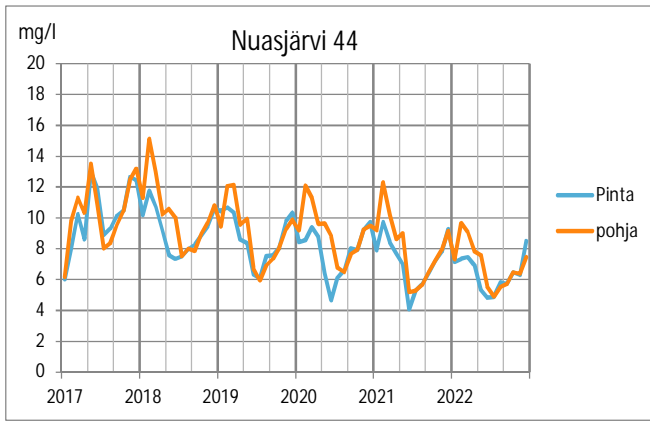


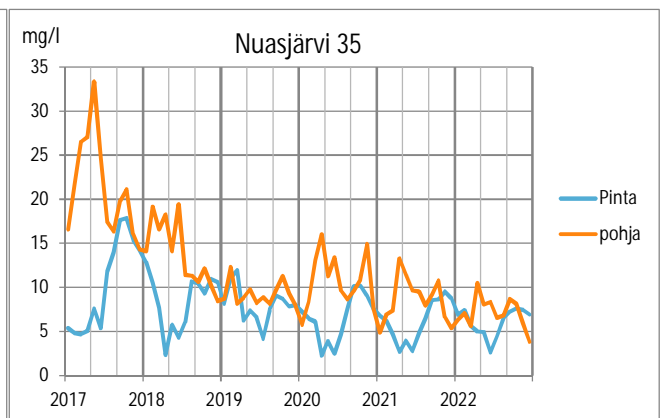
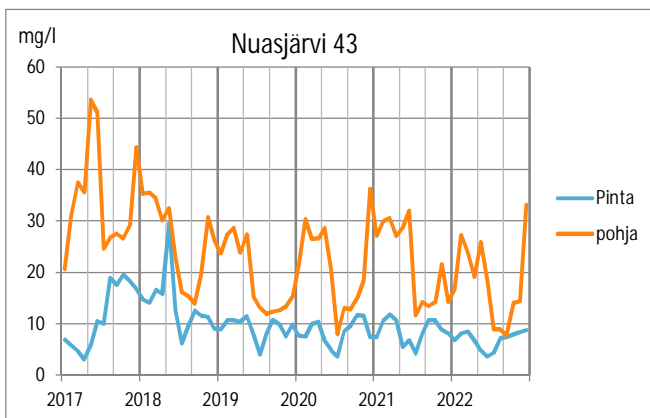
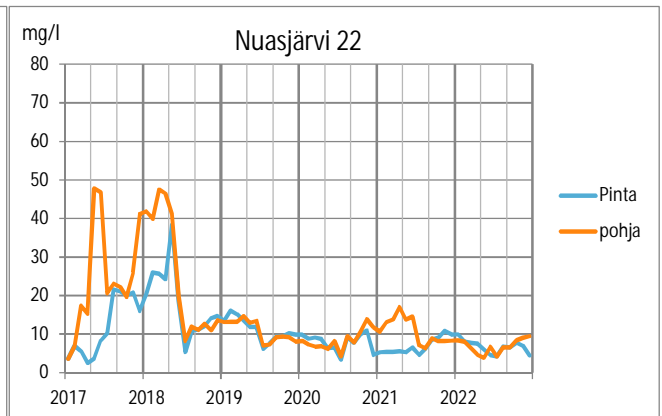
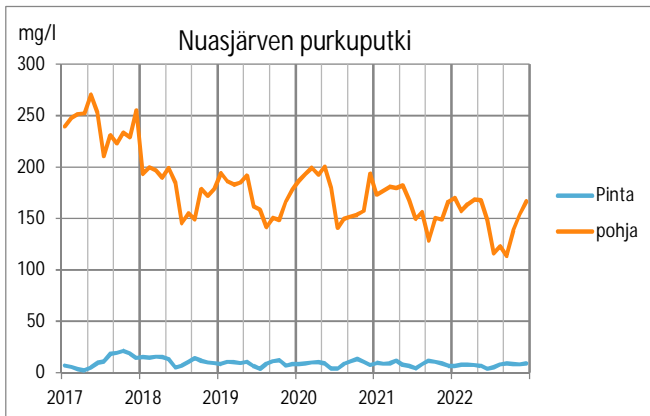
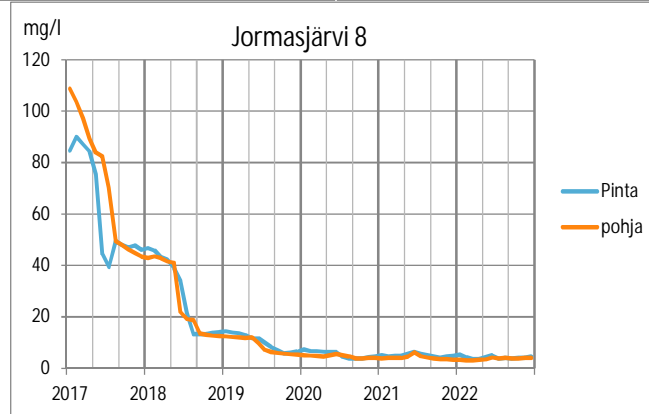
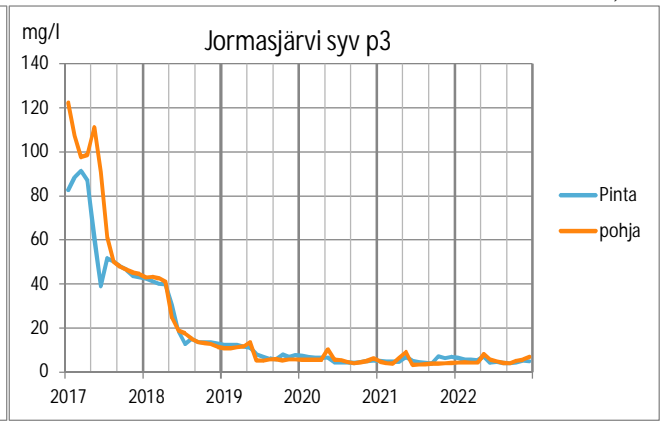
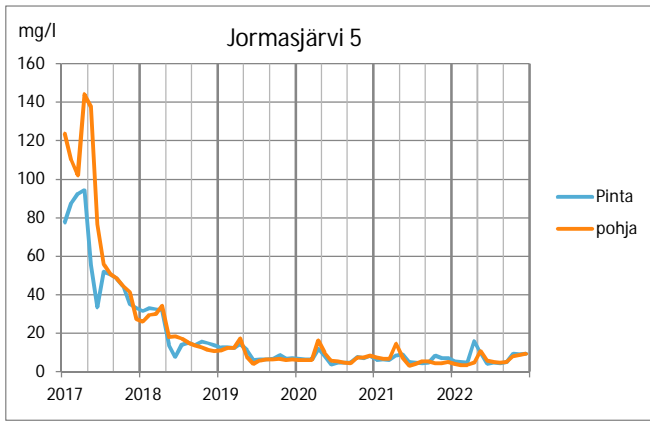


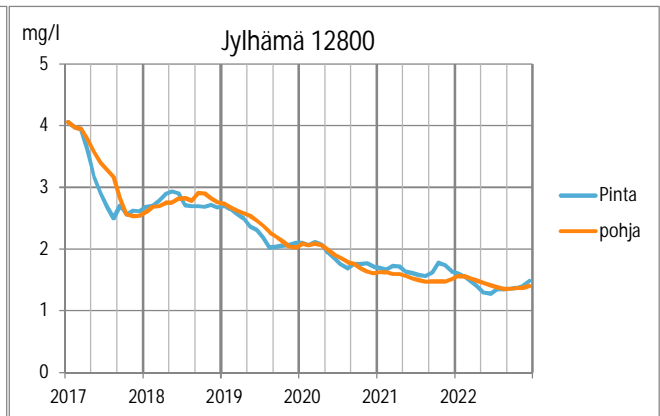
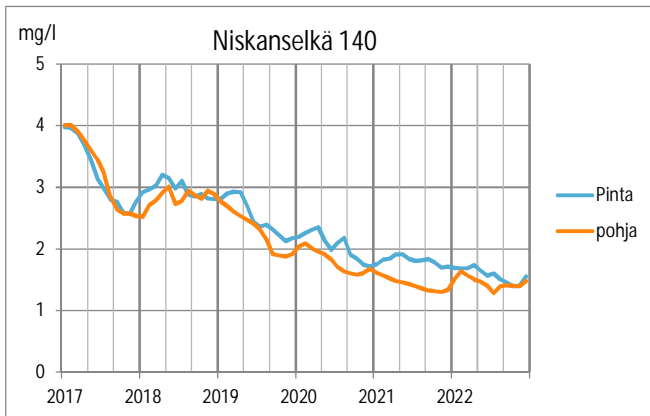
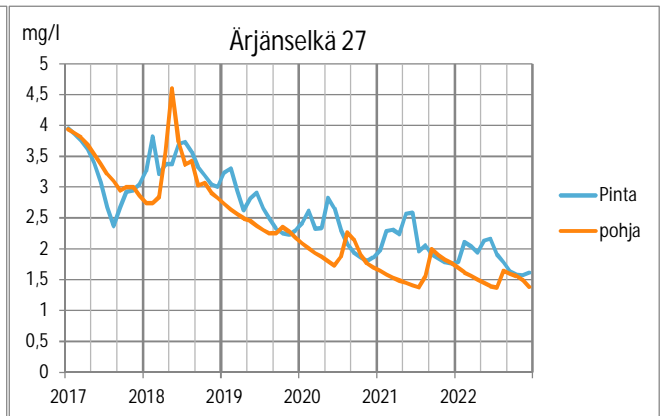
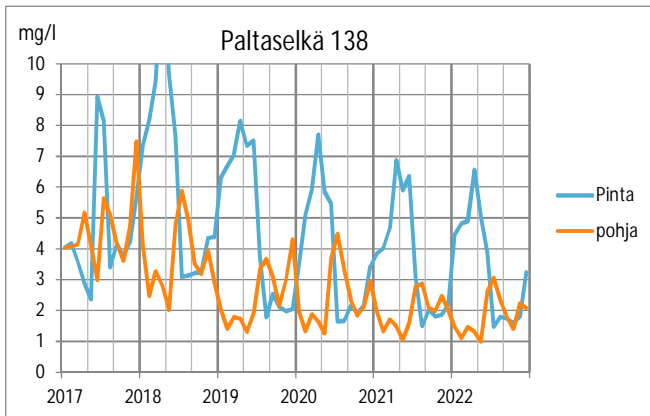
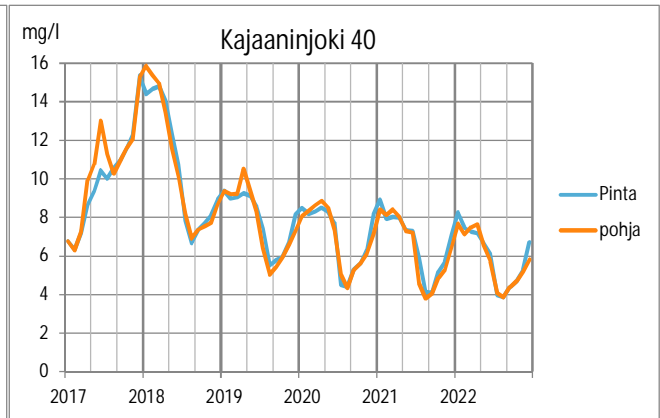
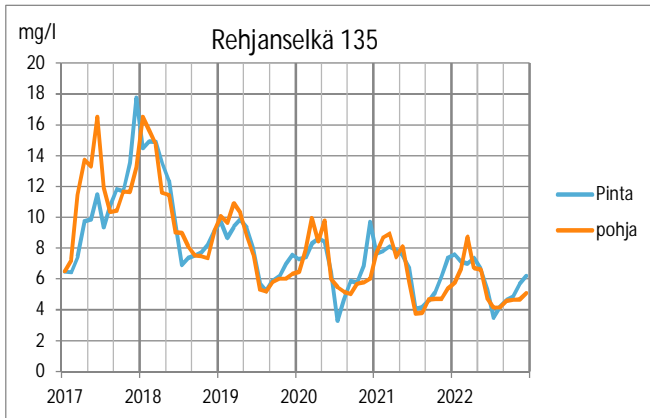
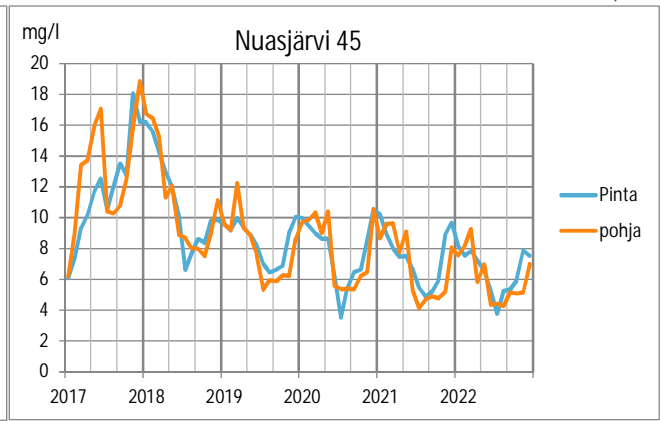
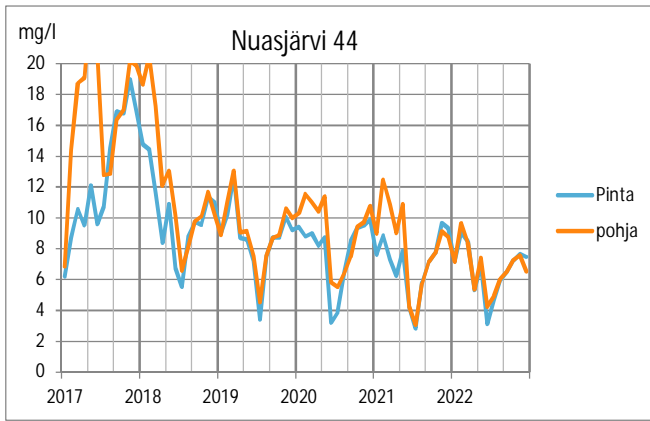


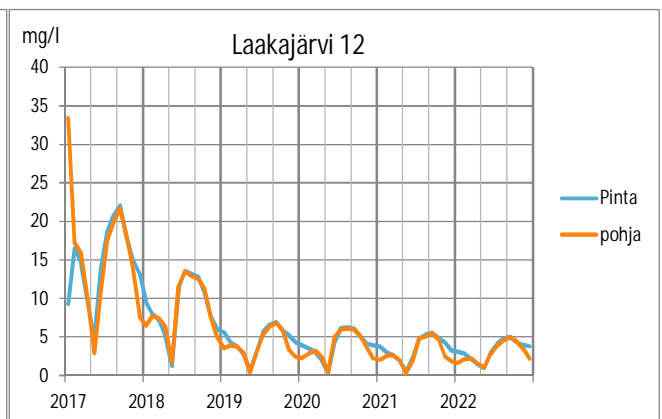
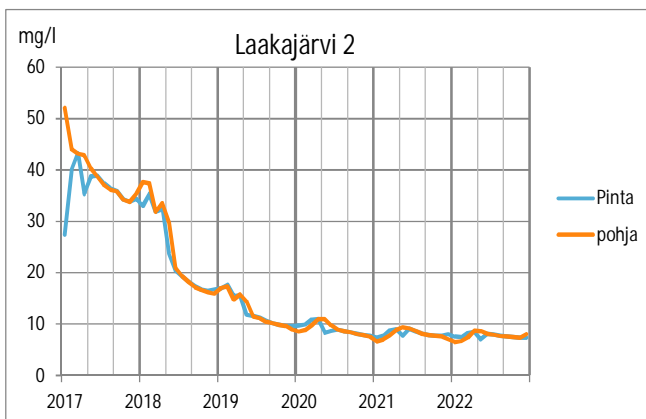
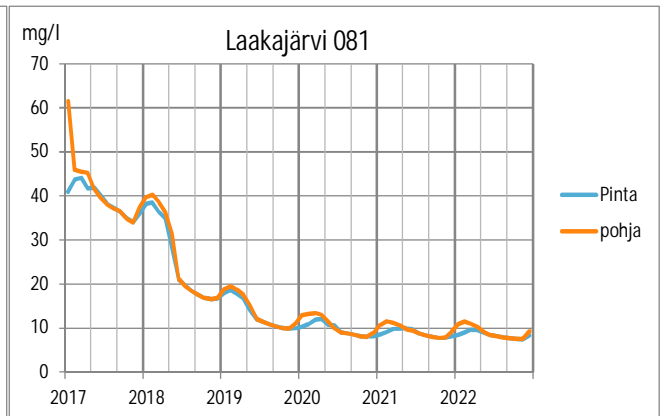
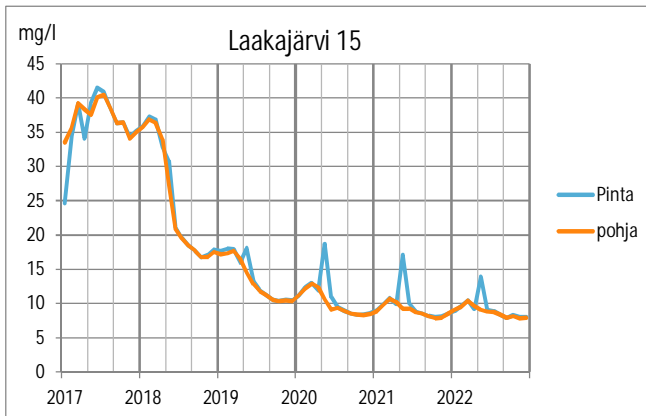
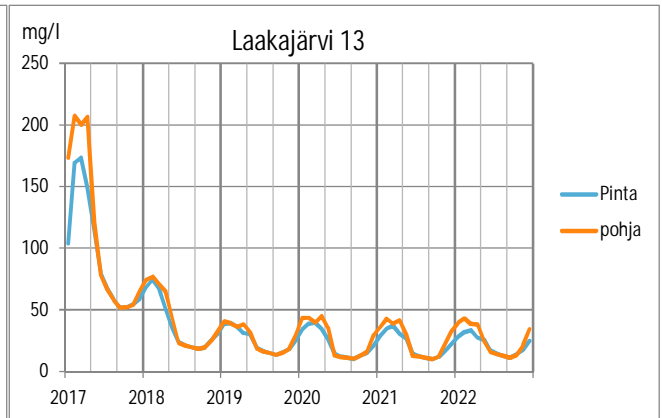
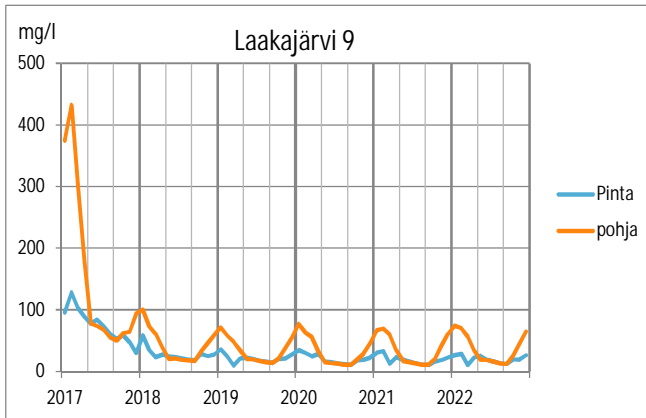
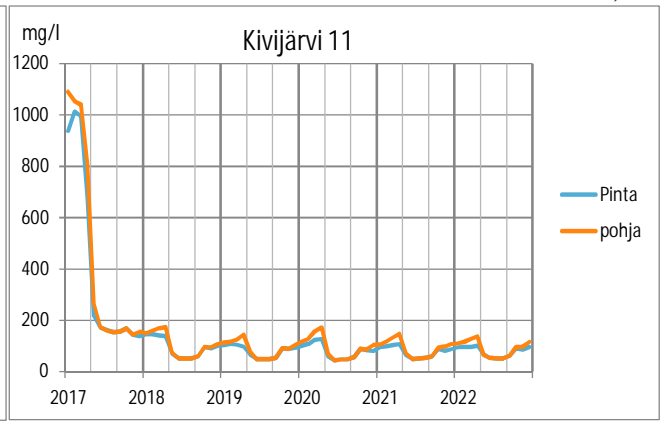
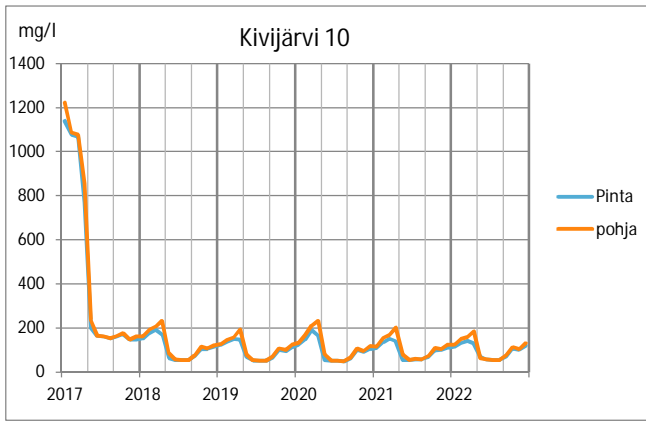


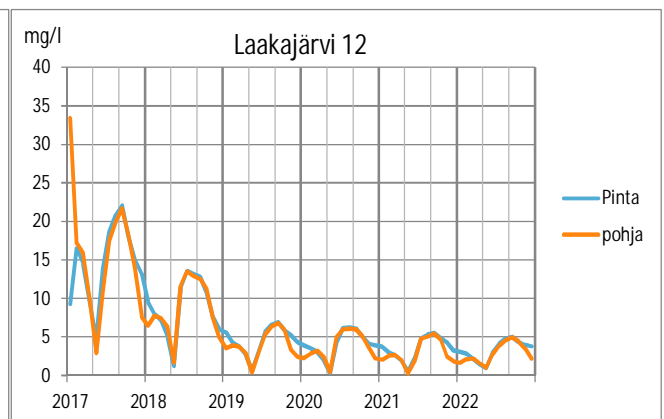
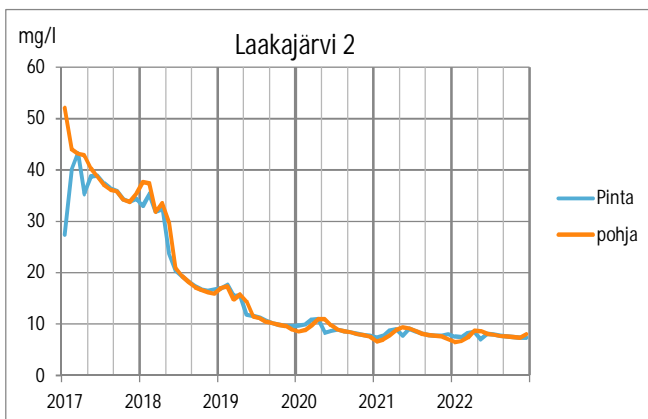
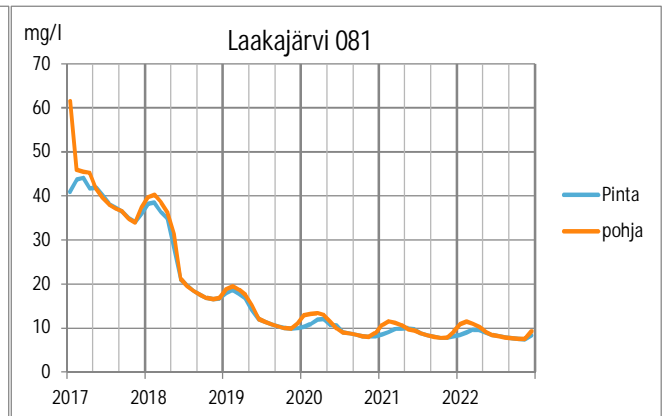
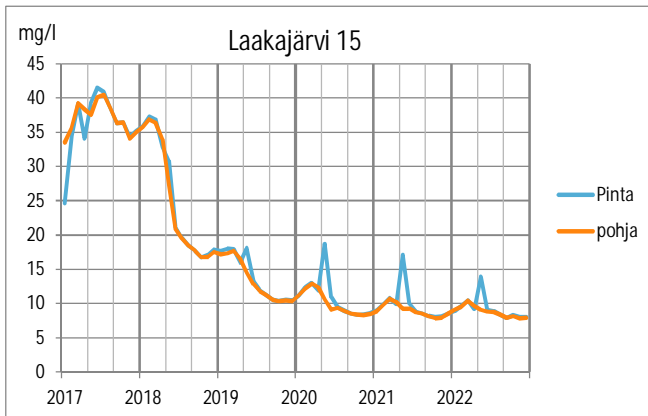
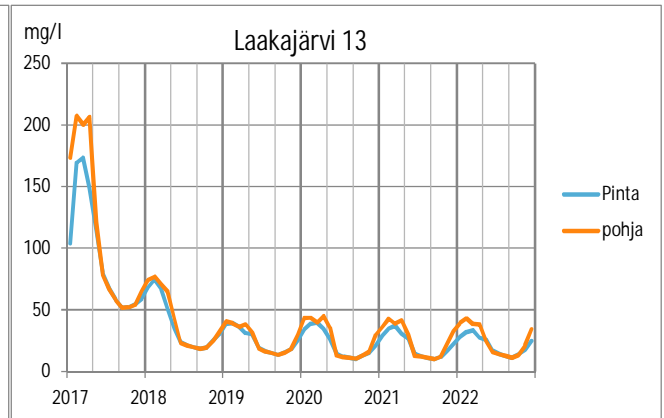
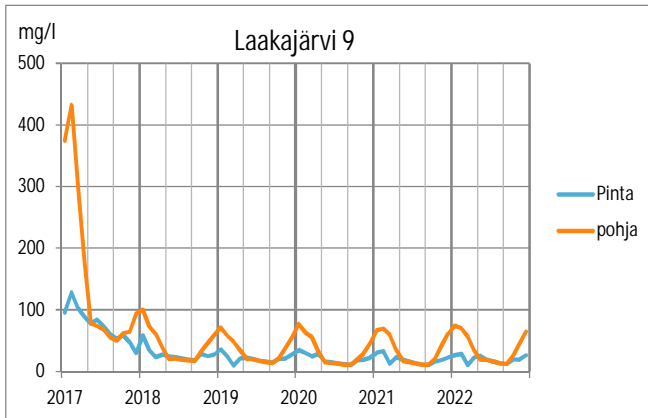
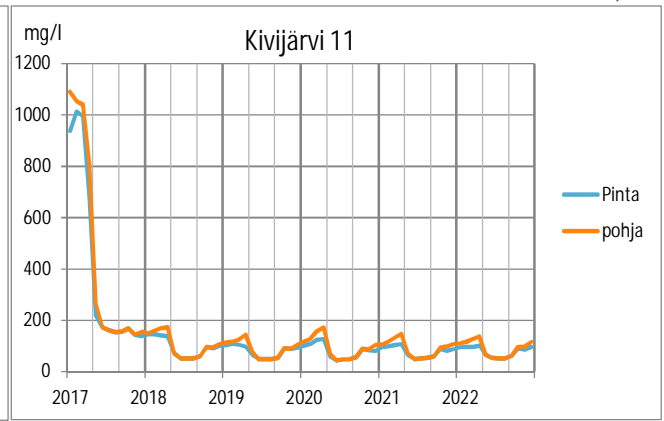
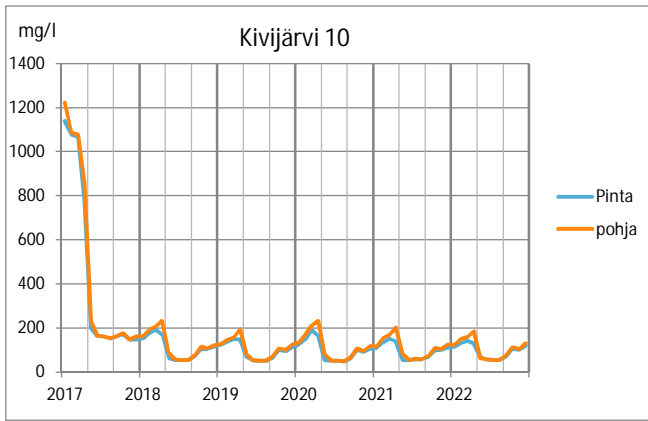


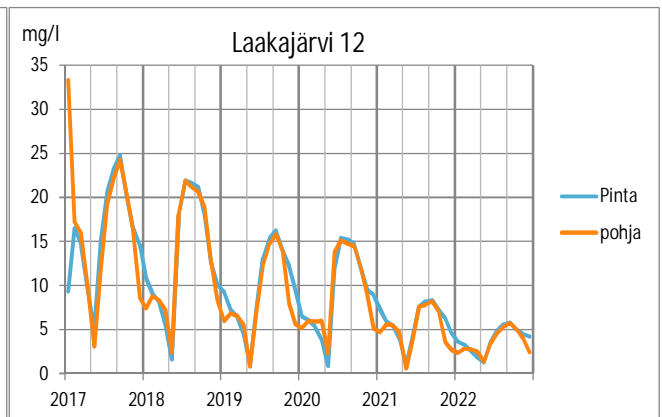
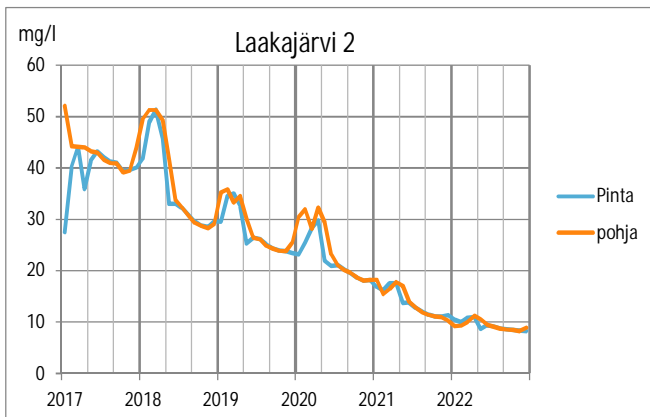
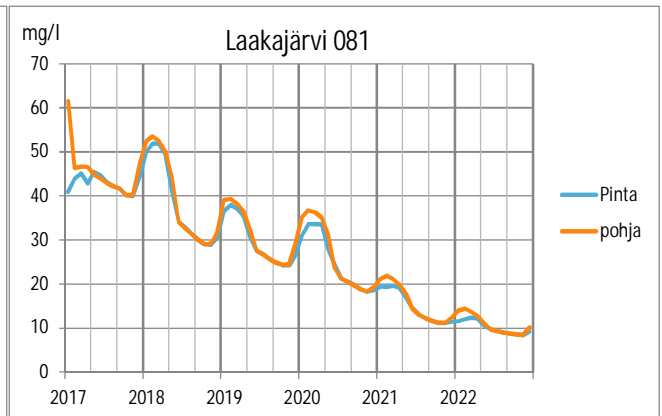
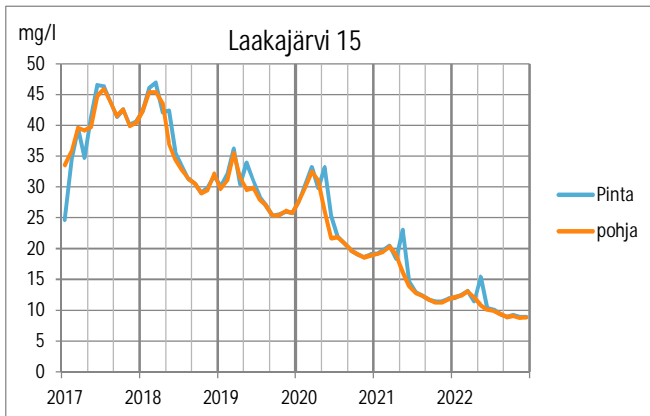
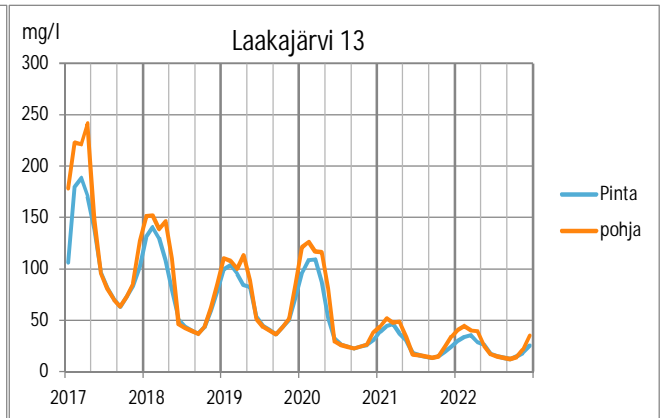
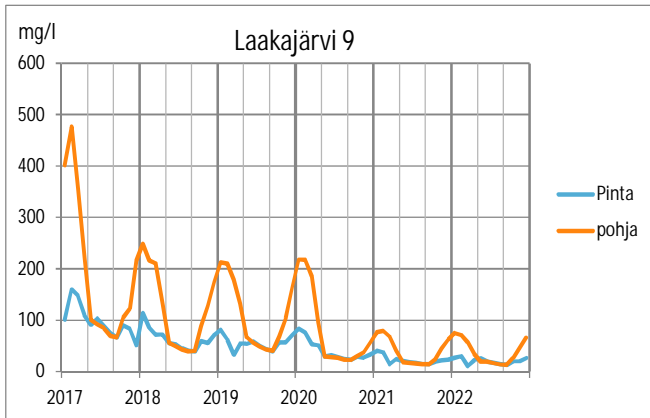
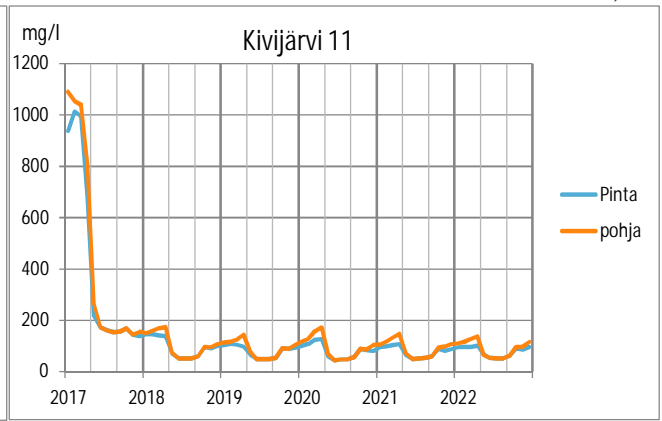
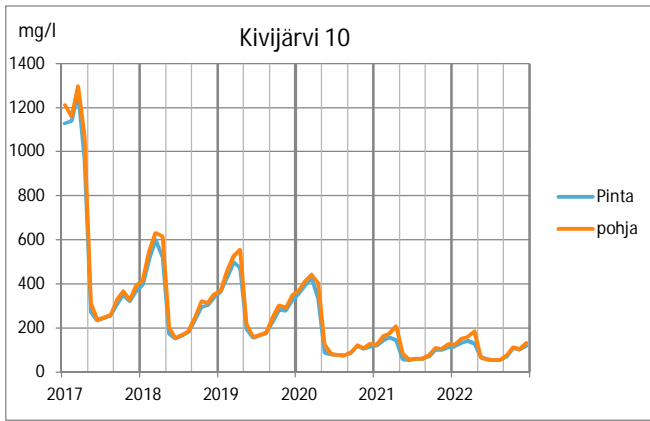


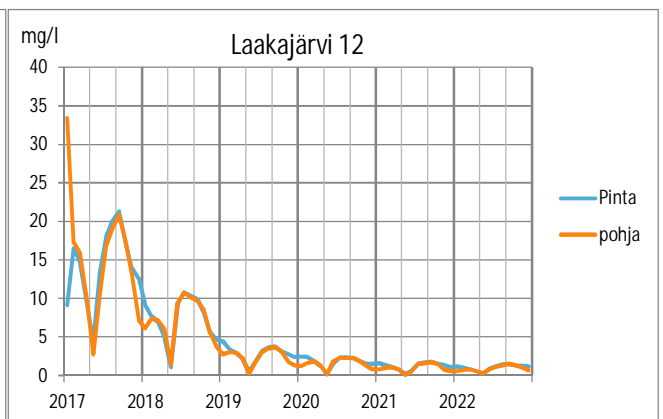
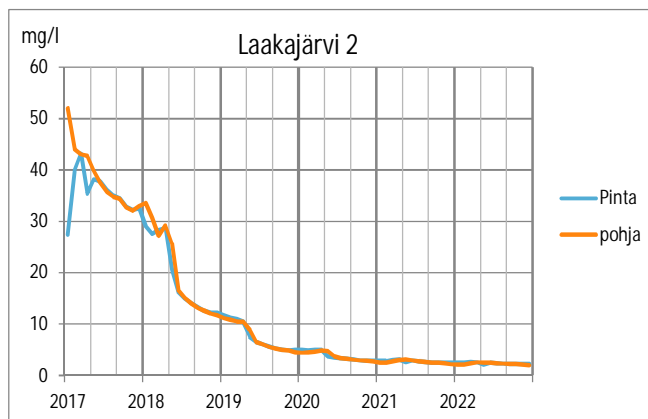
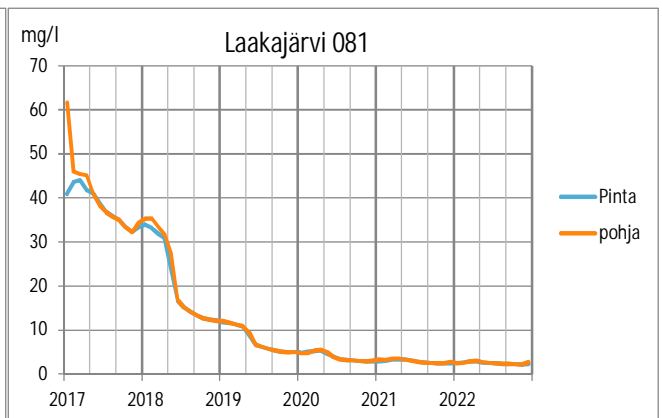
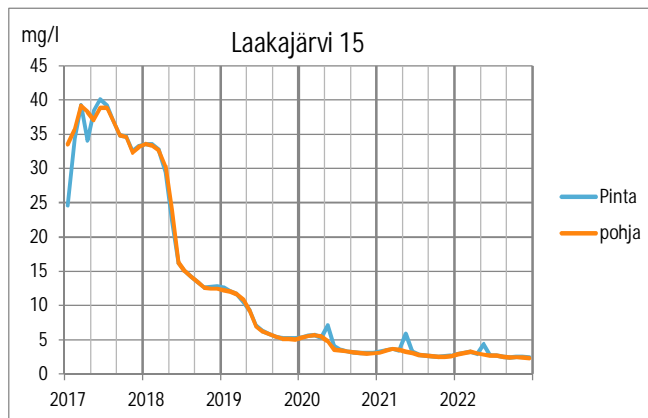
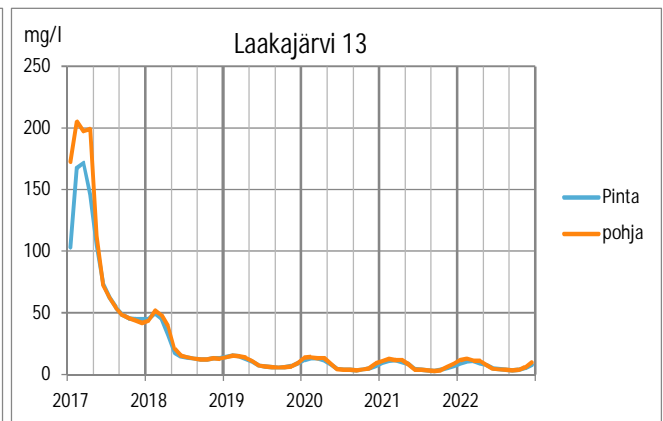
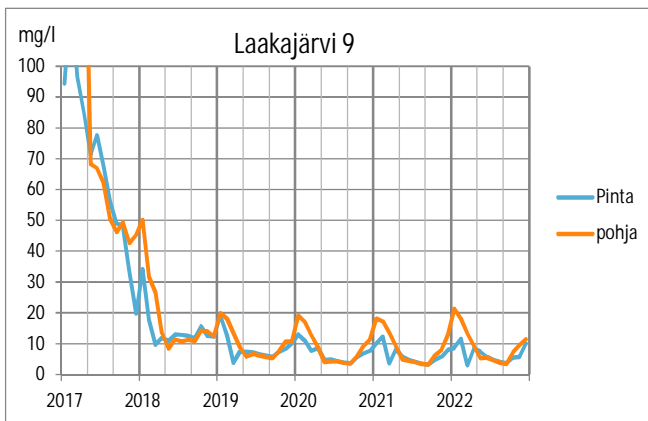
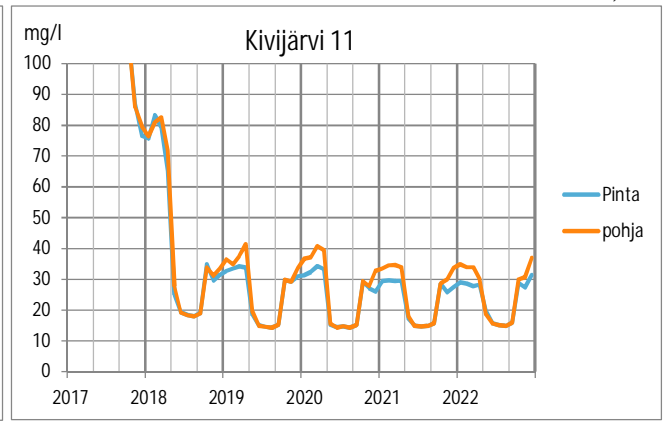
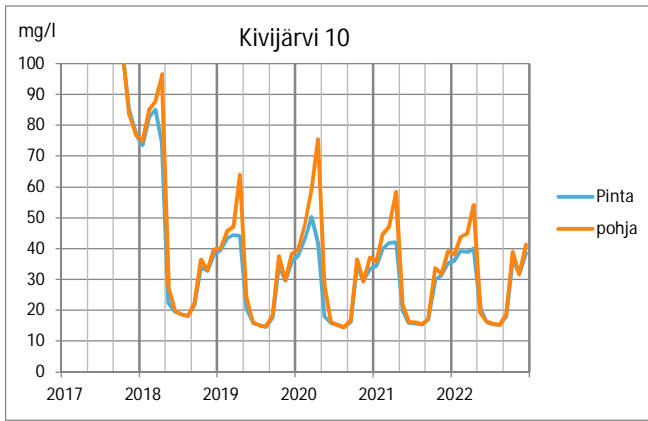


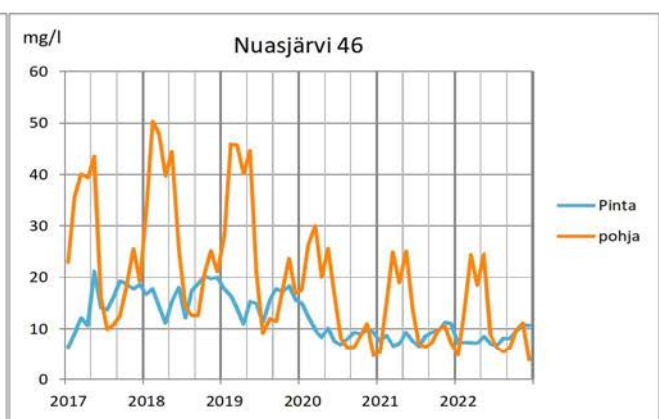
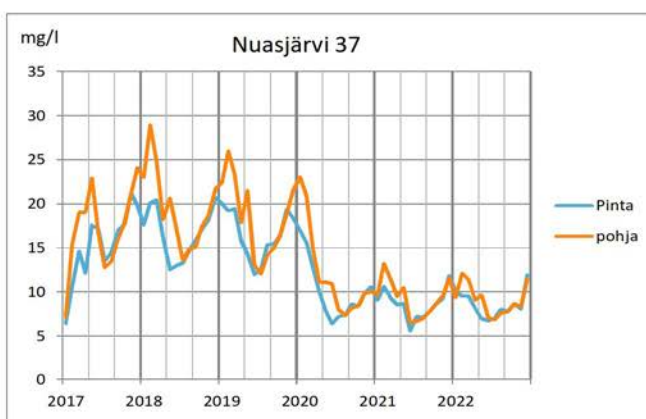
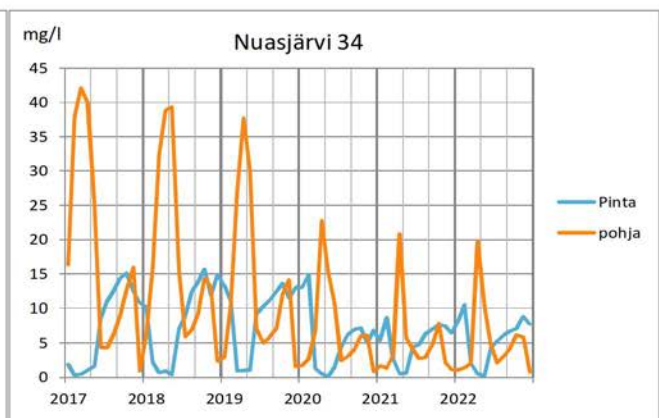
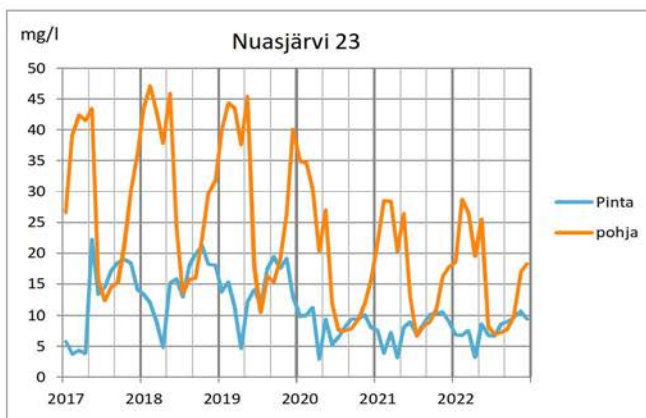
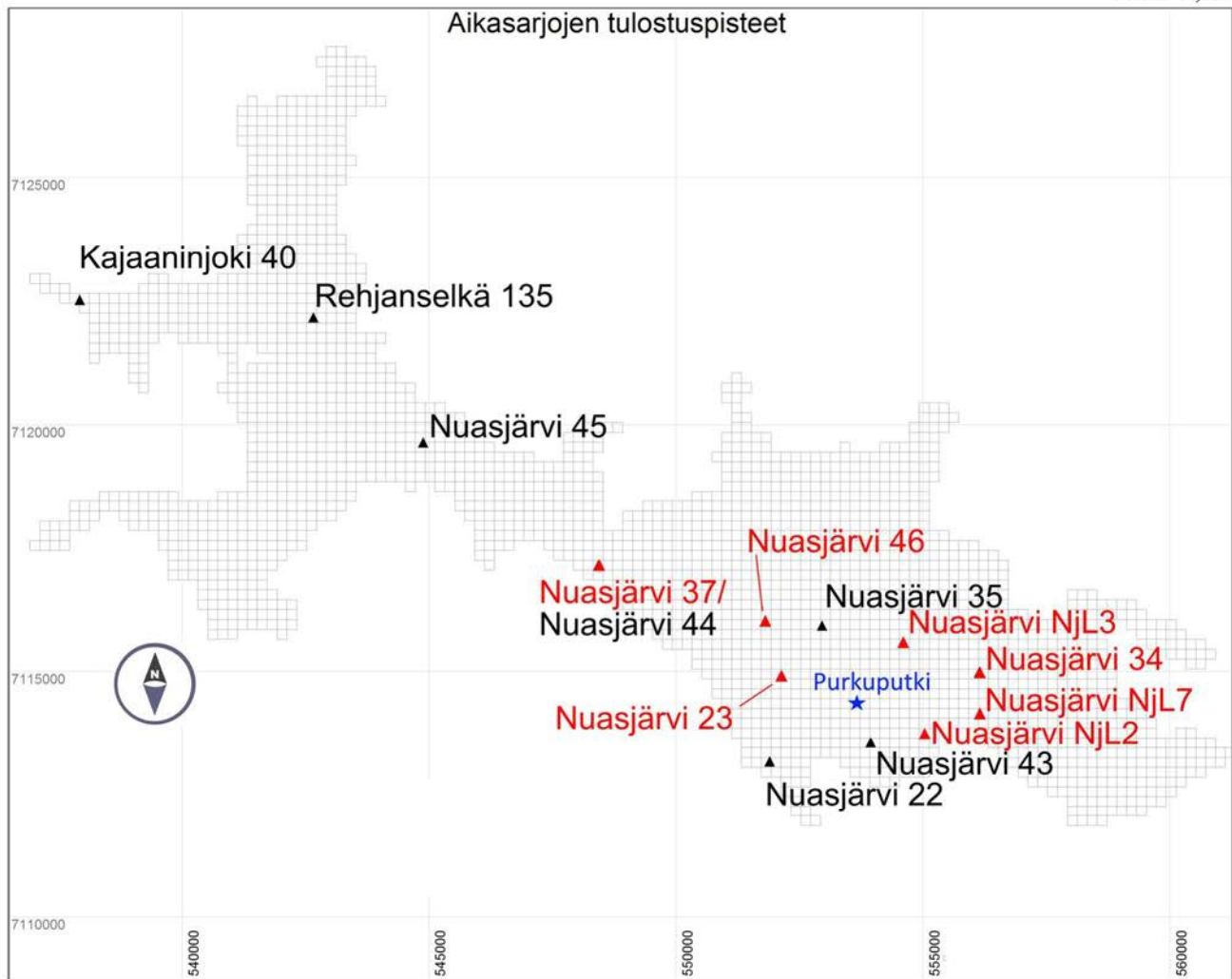


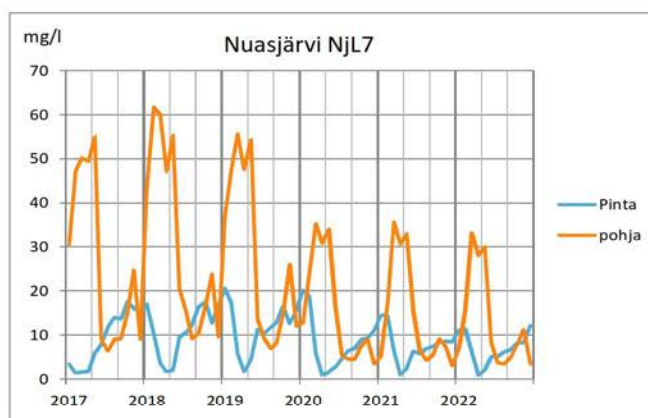
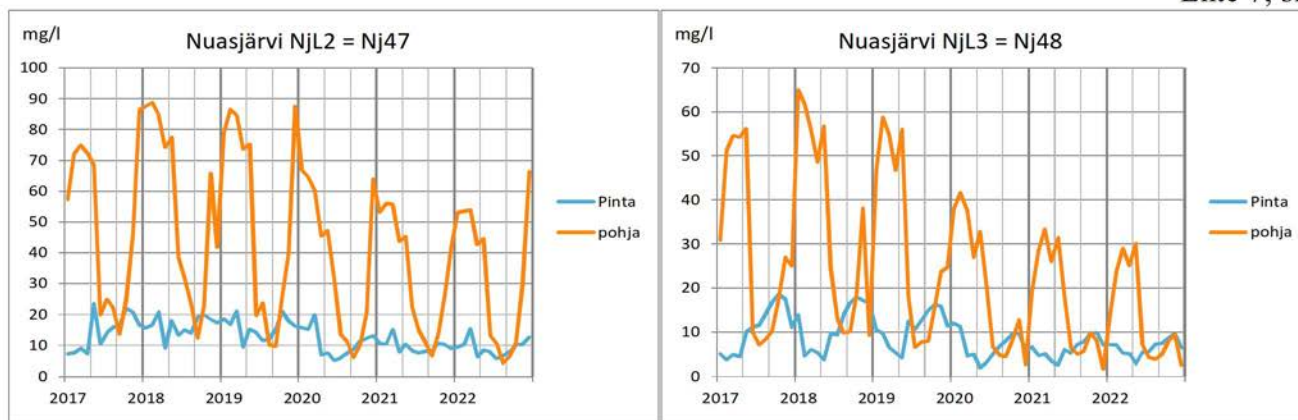


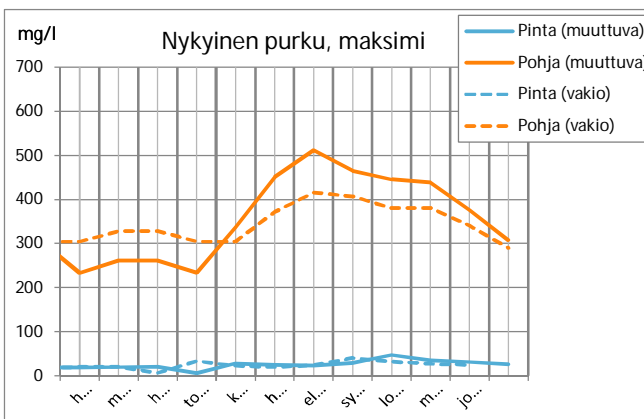
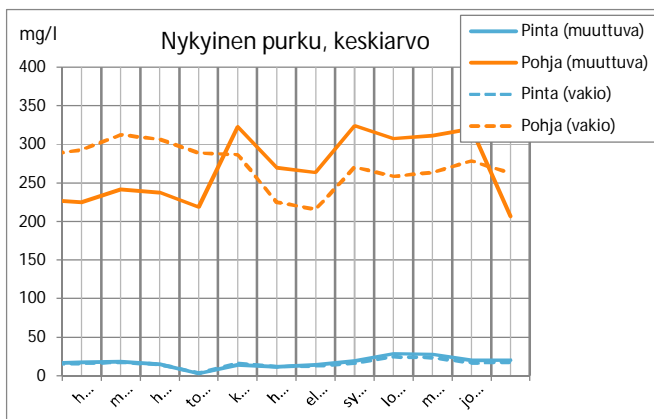
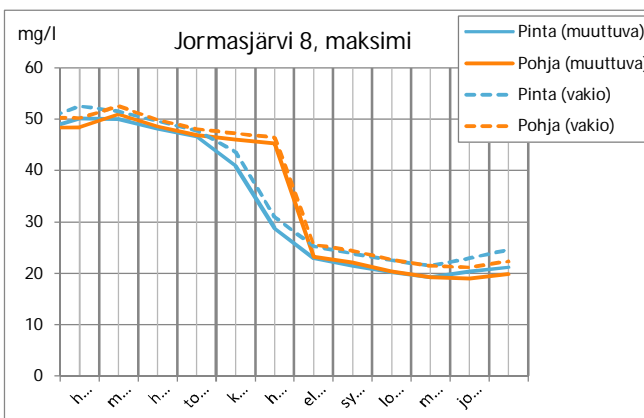
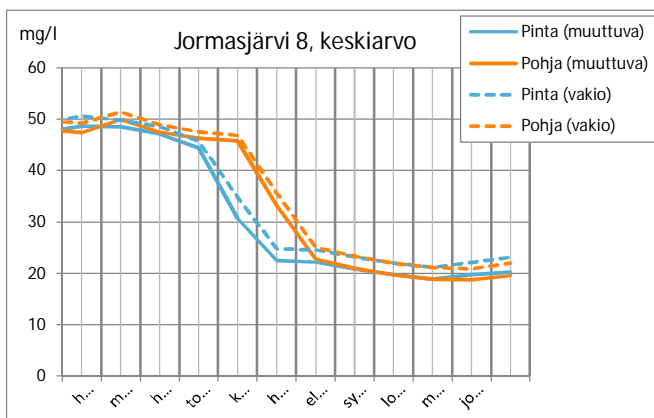
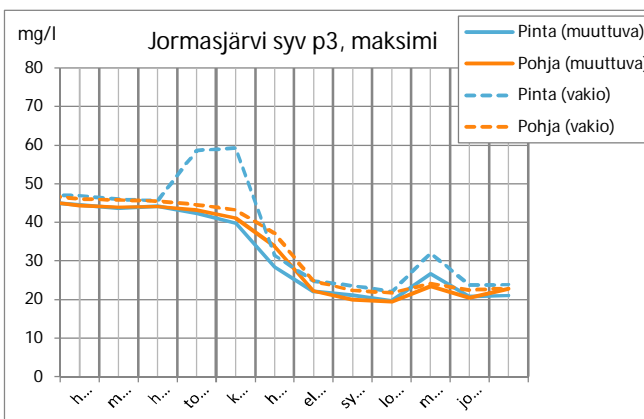
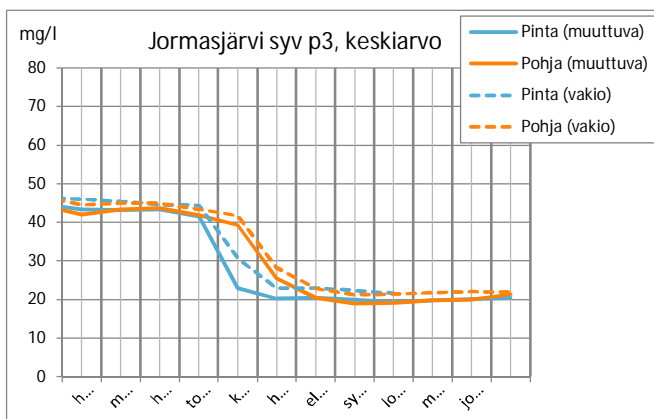
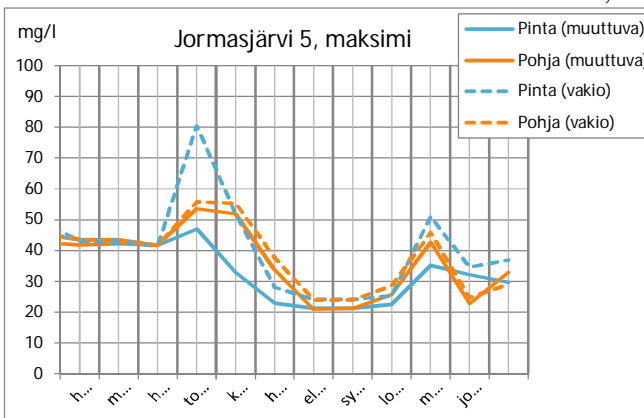
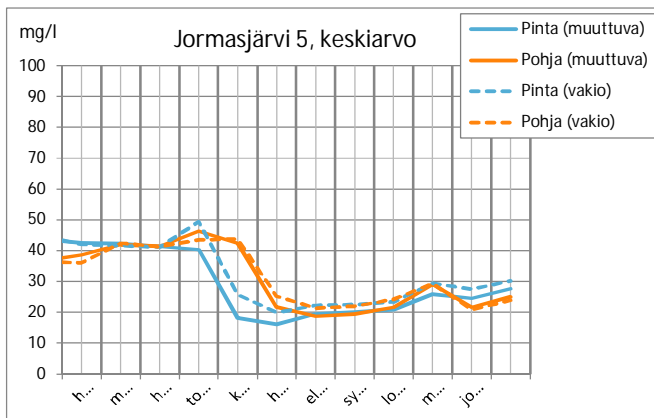


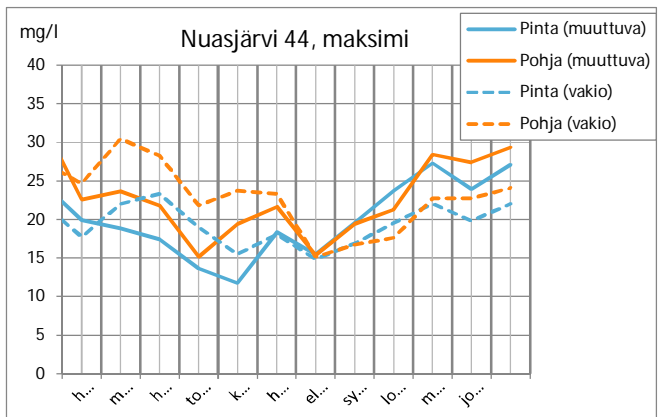
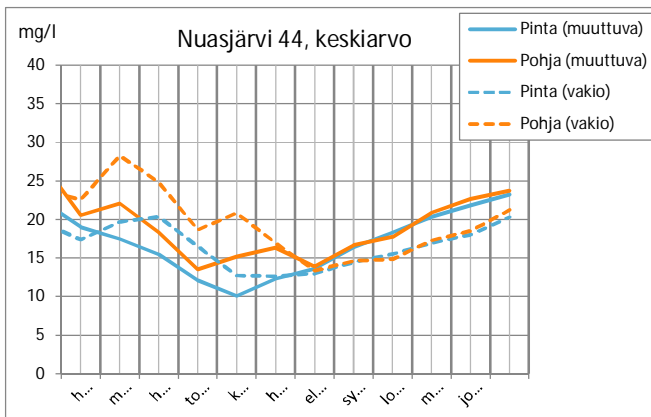
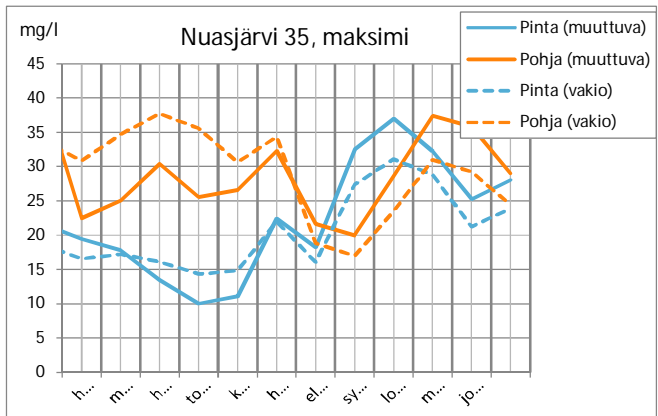
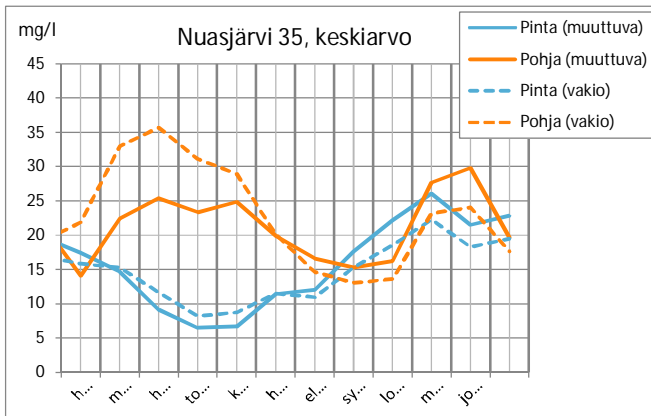
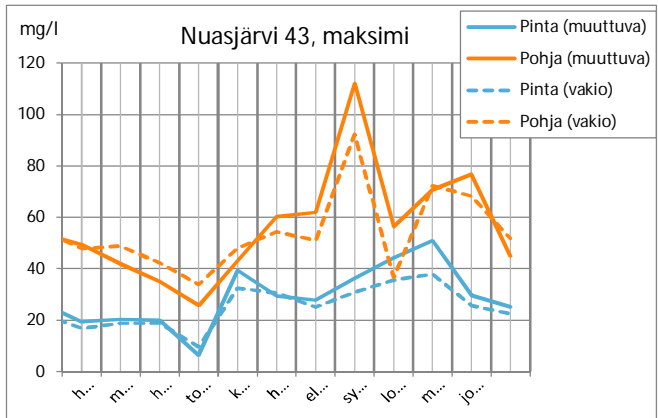
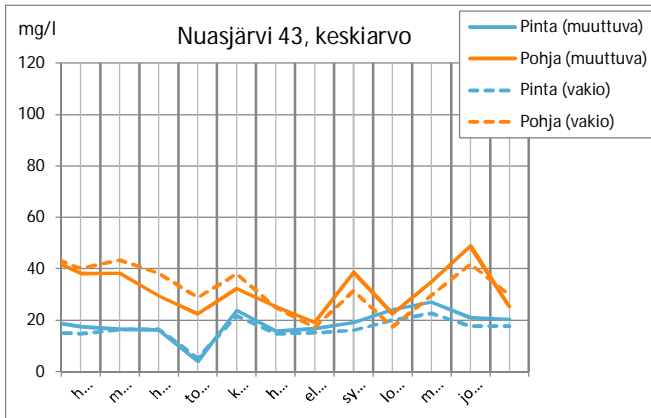
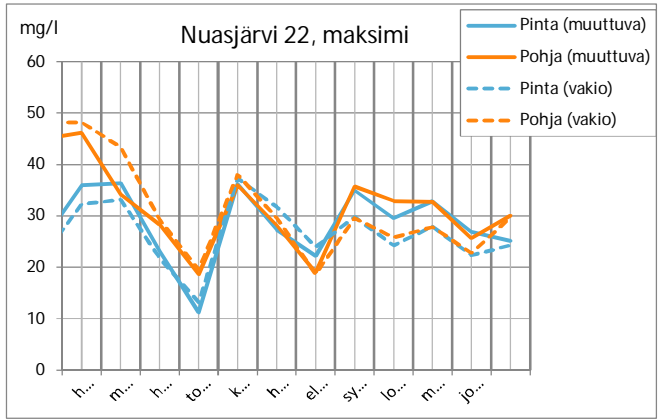
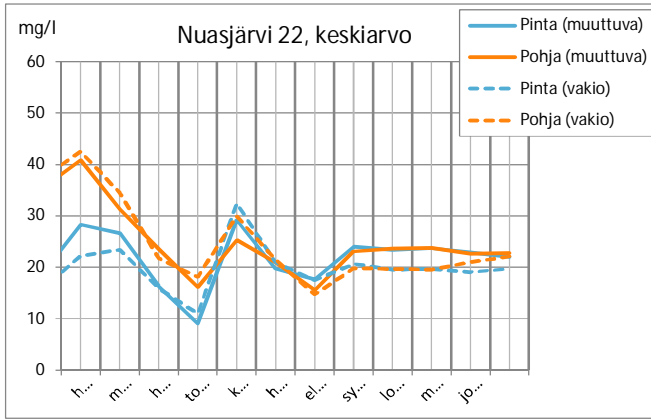


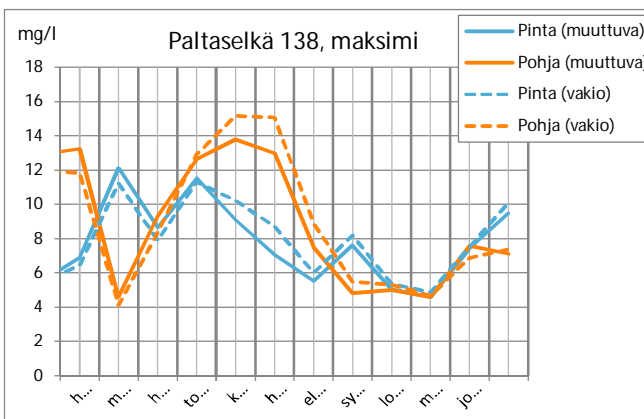
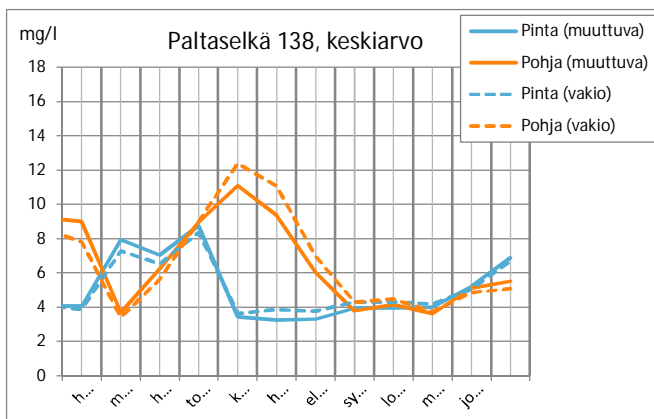
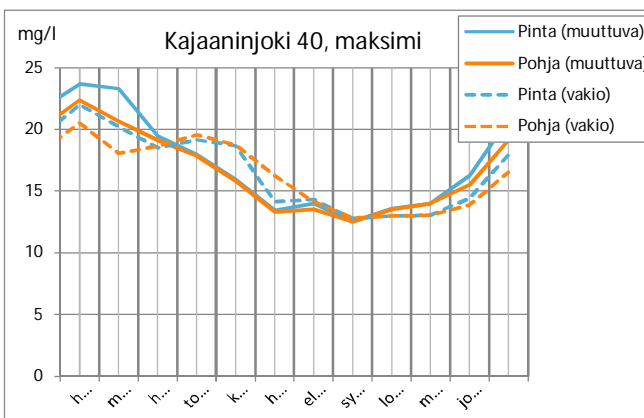
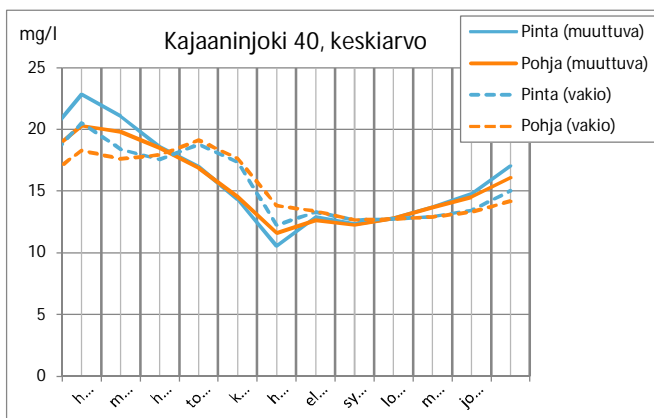
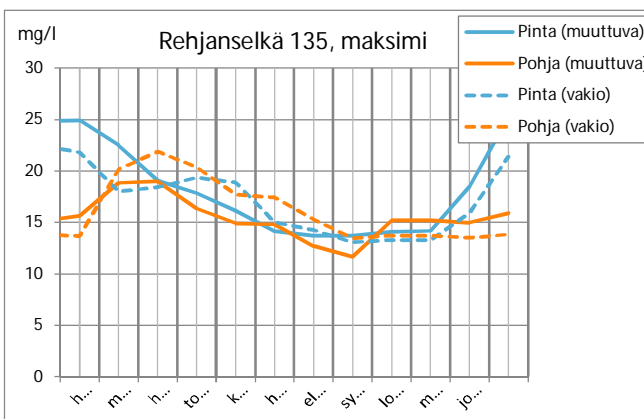
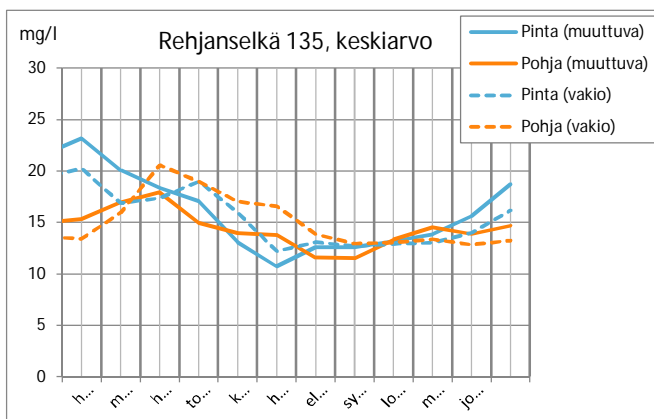
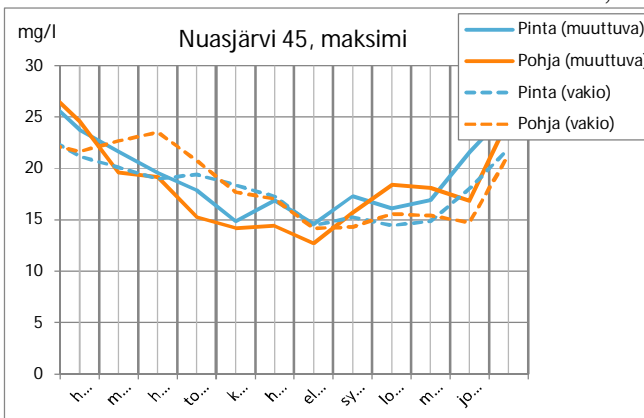
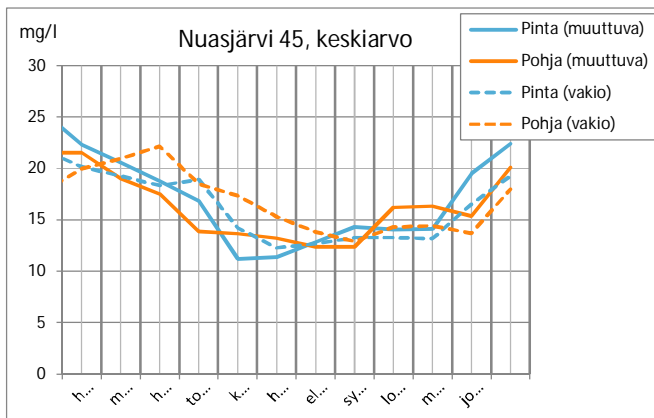


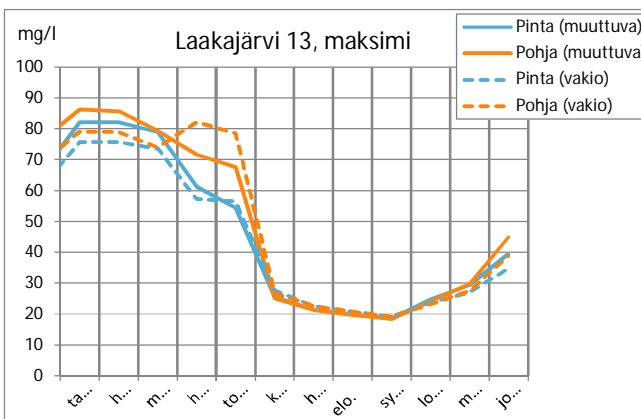
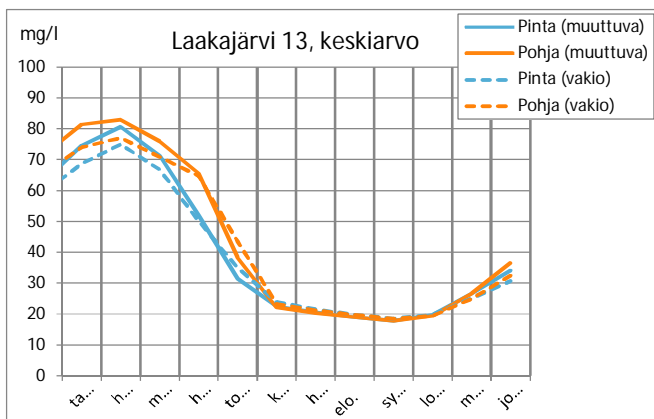
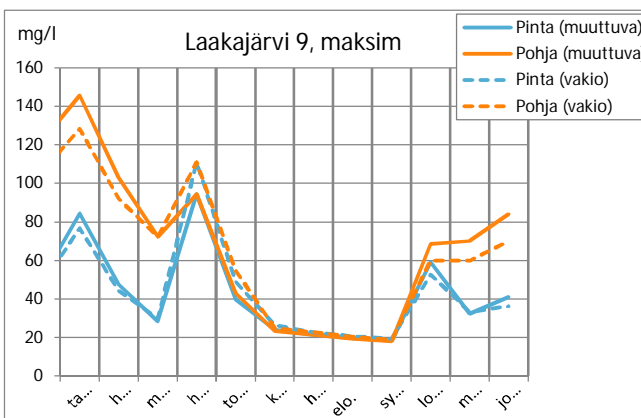
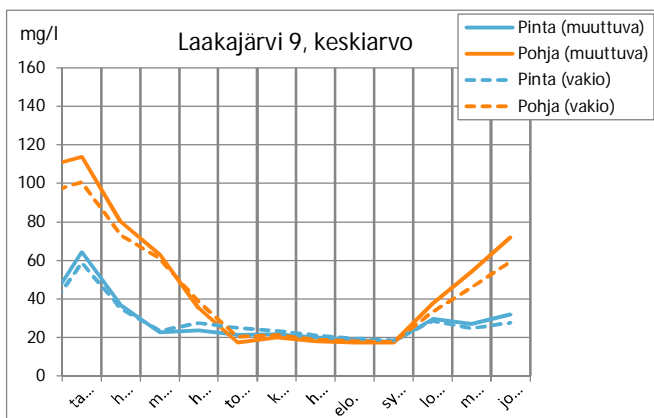
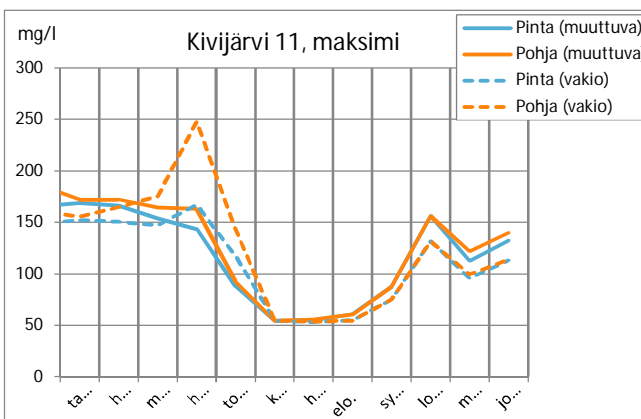
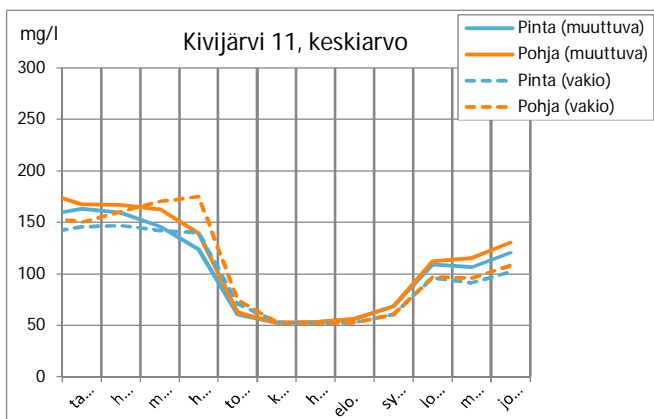
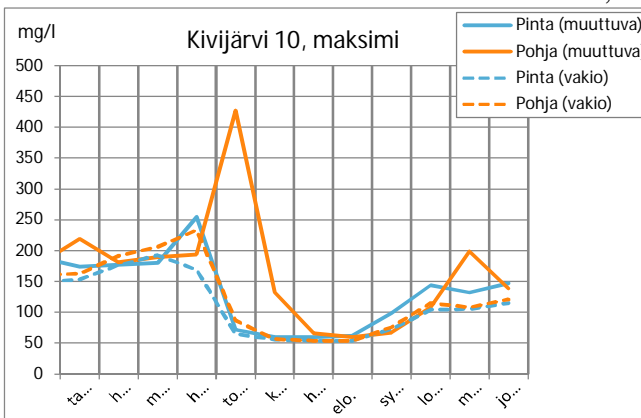
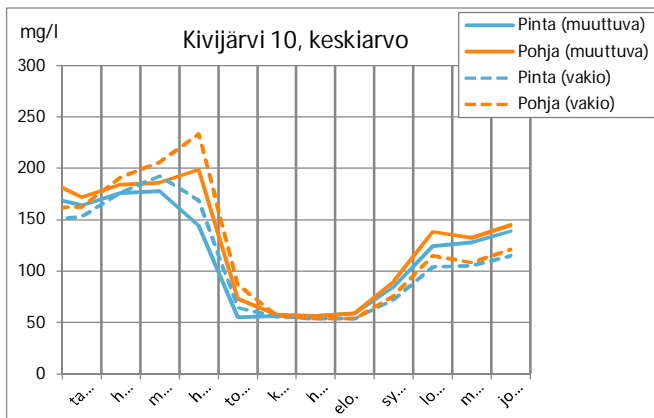


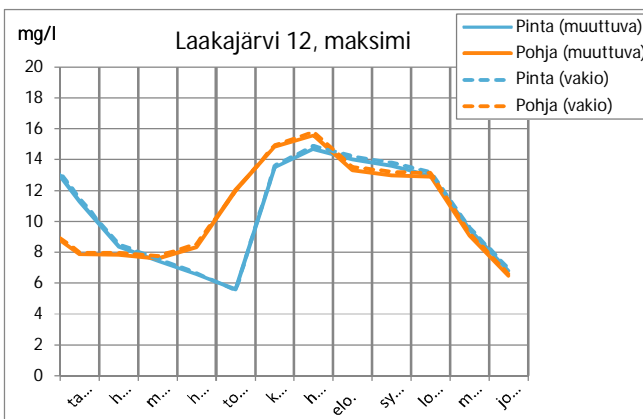
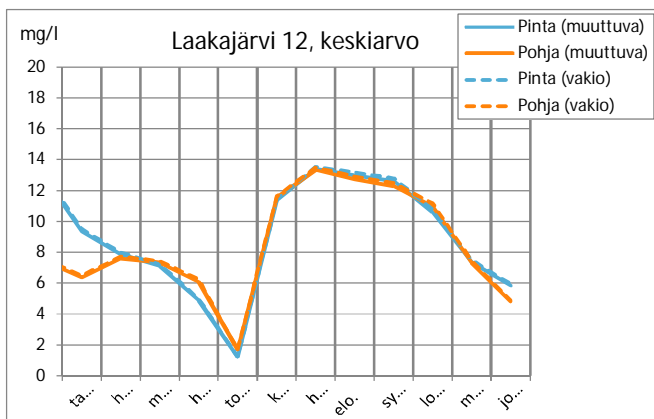
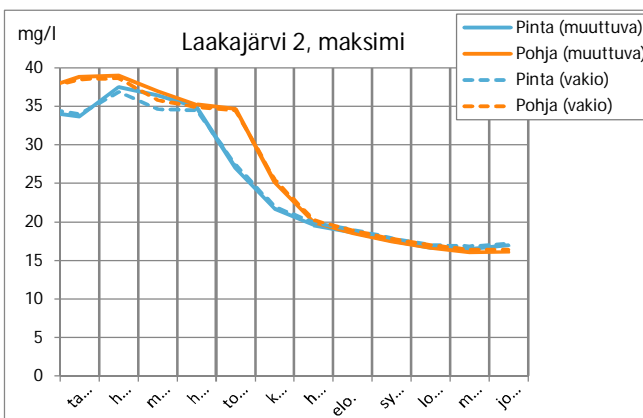
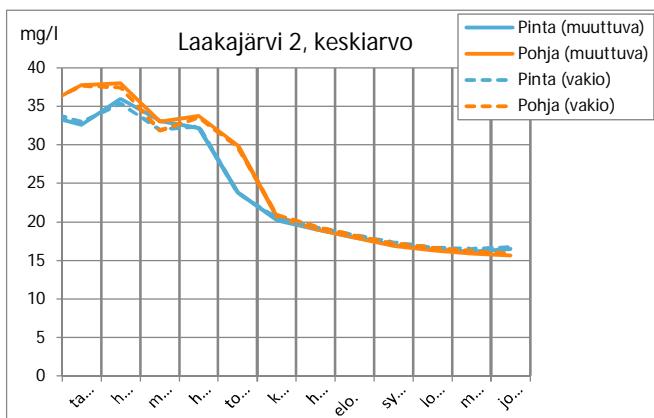
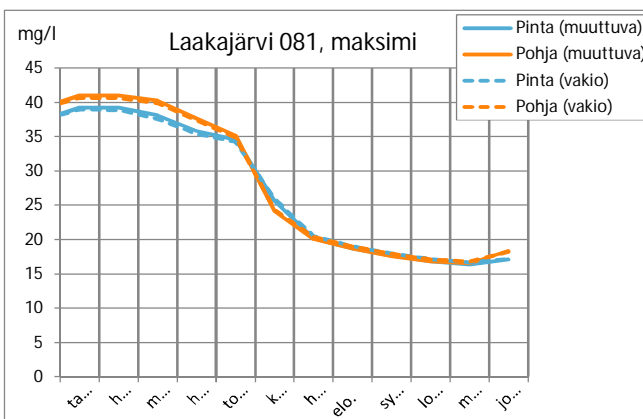
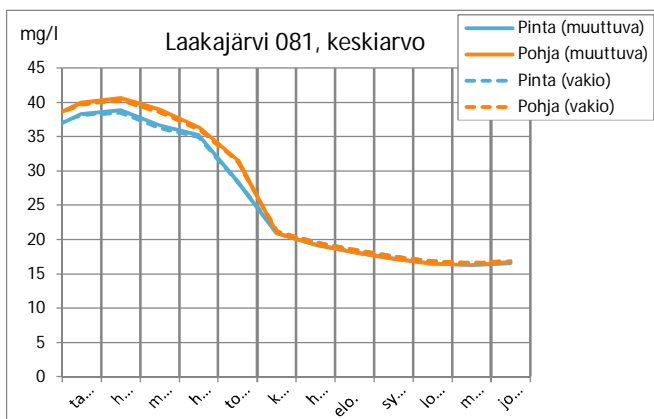
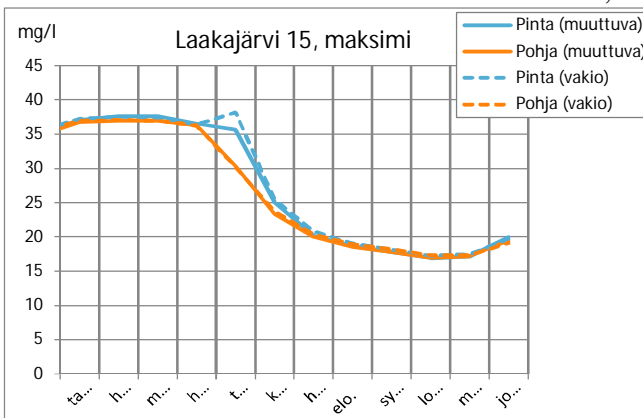
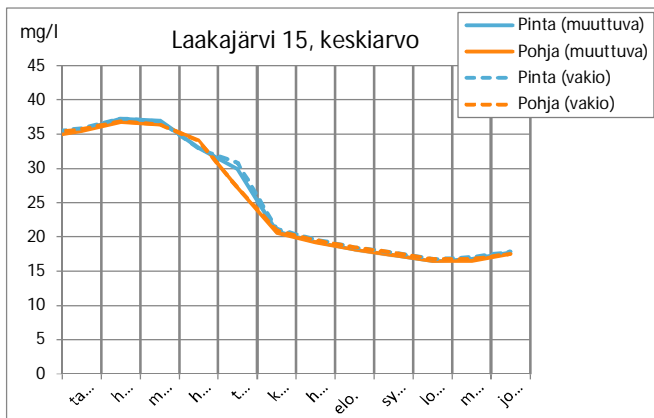


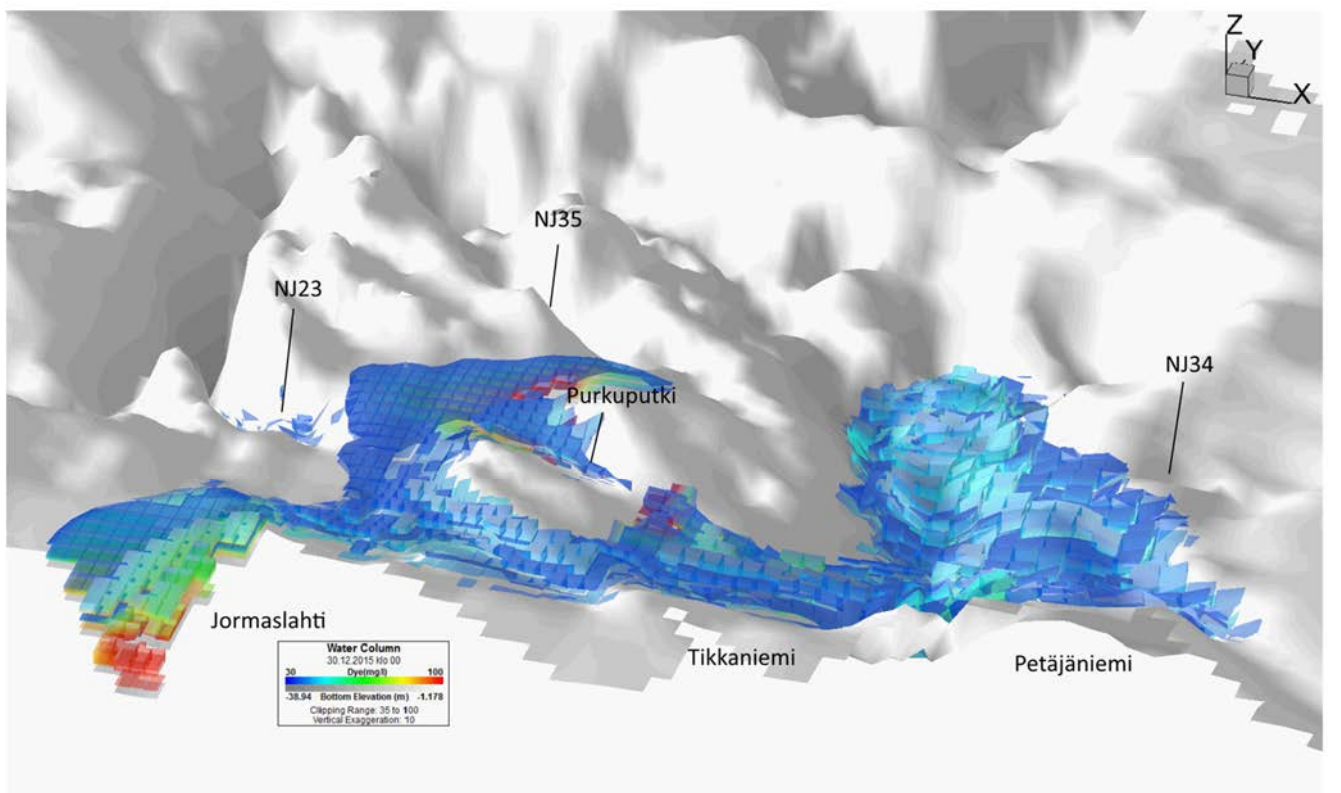
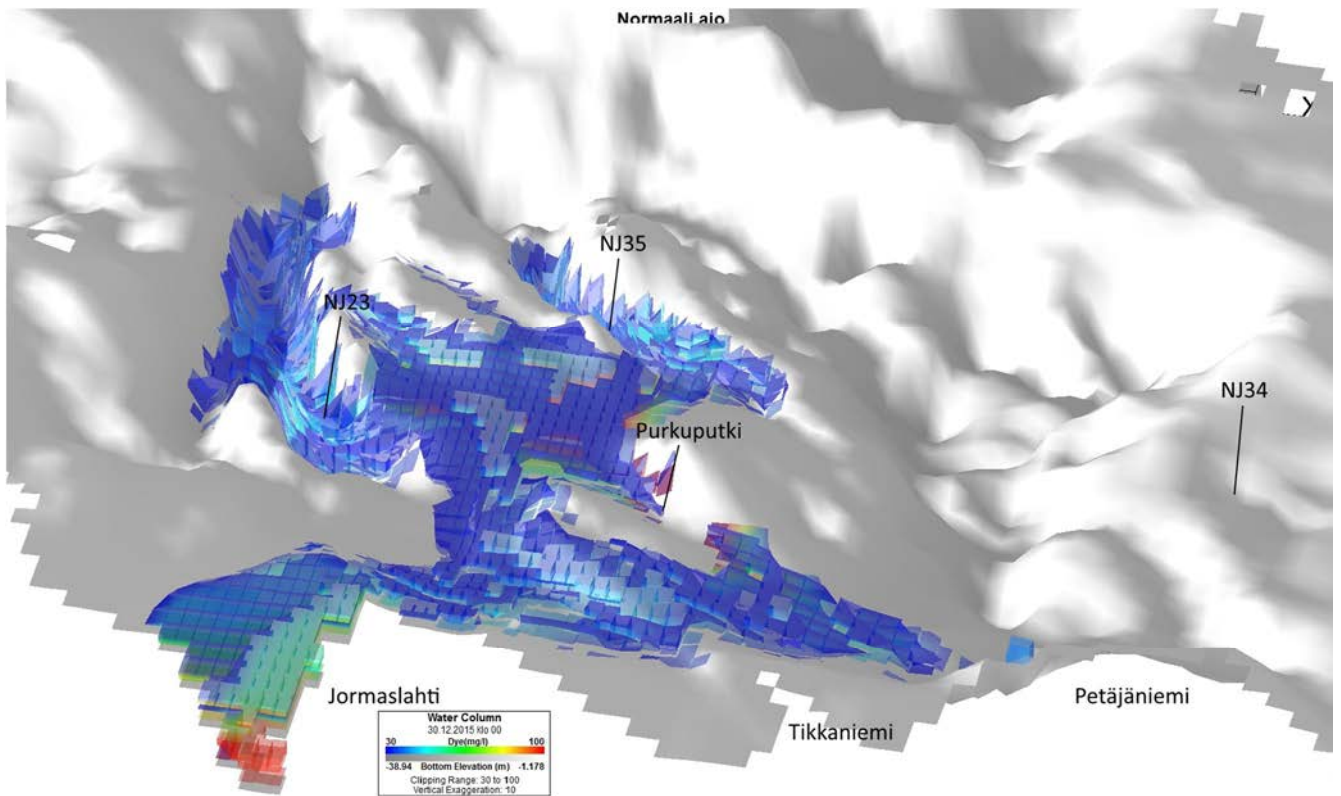




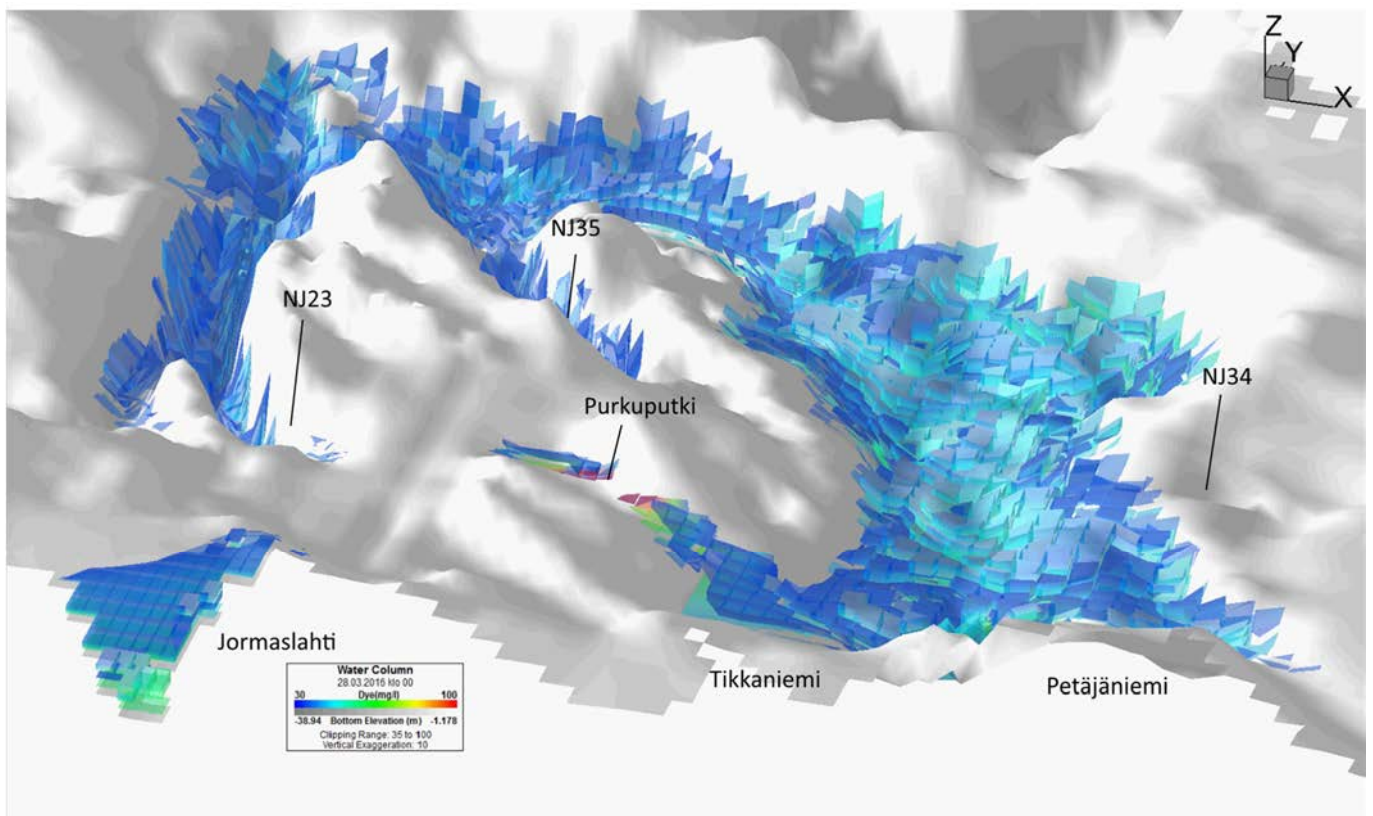
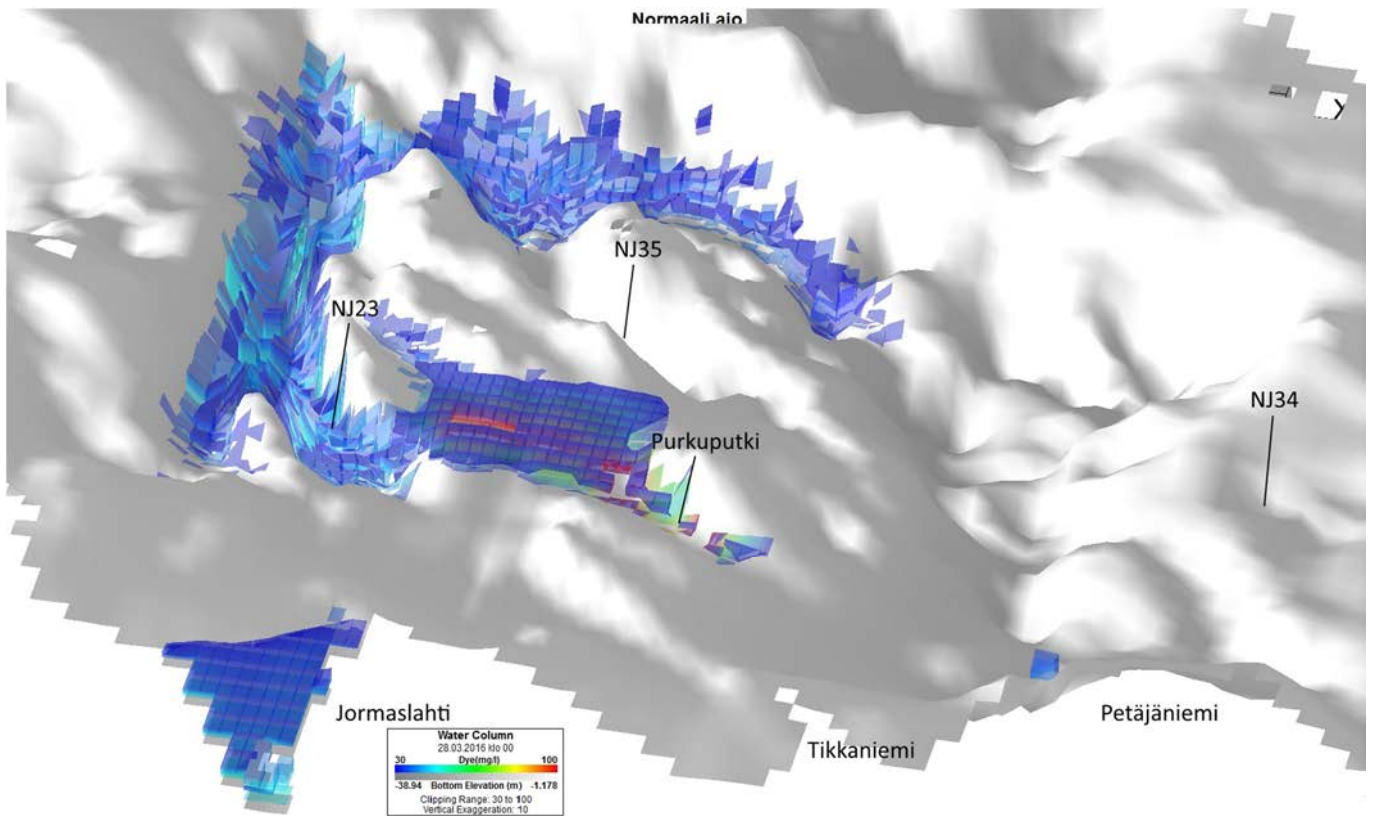








Sulfaattipitoisuus 30.12.2015 normaalilla (ylempi) ja pienennetyllä Tenetin tulovirtaamalla sekä korotetulla alkutilan sulfaatilla (alempi) syvänteissä. 3D-kuvissa esitetään vain pitoisuudet välillä 30 – 100 mg/l.



Sulfaattipitoisuus 28.3.2016 normaalilla (ylempi) ja pienennetyllä Tenetin tulovirtaamalla sekä korotetulla alkutilan sulfaatilla (alempi) syvänteissä. 3D-kuvissa esitetään vain pitoisuudet välillä 30 – 100 mg/l.