



Keliber Oy

**KESKI-POHJANMAAN
LITIUMPROVINSSIN LAAJENNUS,
VIRTAAMA- JA HAITTA-
AINEMALLINNUS**

24.11.2020

Keliber Oy

Kari Wiikinkoski

Envineer Oy

Matias Viitasalo

Heli Uimarihuhta

Toni Uusimäki

etunimi.sukunimi@envineer.fi

www.envineer.fi

Y-tunnus: 2850396-1

SISÄLLYSLUETTELO

1	Johdanto.....	8
2	Taustatiedot.....	8
2.1	Sääolosuhteet.....	9
2.1.1	Poikkeukselliset sääolosuhteet.....	11
2.1.2	Sademäärän kasvu.....	13
3	Ullavanjoen valuma-alue.....	14
3.1	Hydrologiset tiedot.....	14
3.2	Veden laatu.....	14
3.2.1	Ruohojärvenoja, Ryttilampinoja ja Vanha Toroja.....	14
3.2.2	Mato-oja.....	15
3.2.3	Ullavanjoki (Emmes-Storträsket).....	15
4	Köyhäjoen valuma-alue.....	16
4.1	Hydrologiset tiedot.....	16
4.1.1	Vissavesi.....	16
4.1.2	Vissavedenoja, Näätinkioja ja Köyhäjoki.....	17
4.2	Veden laatu.....	17
4.2.1	Vissaveden tekojärvi ja Vissavedenoja.....	17
4.2.2	Pieni Kalavesi, Iso Kalavesi, Kalavedenoja ja Hyötyvedenoja.....	18
4.2.3	Tastulanoja.....	18
4.2.4	Näätinkioja – Kärmeoja.....	19
4.2.5	Köyhäjoki ja Kuhalampi.....	19
5	Keski-Pohjanmaan litiumprovinssin laajennus – YVA-hanke.....	20
5.1	Vaihtoehto VE0.....	20
5.2	Vaihtoehto VE1.....	20
5.3	Vaihtoehto VE2.....	22
6	Mallinnus.....	24
6.1	Mallinnusohjelma.....	24
6.2	Mallinnustilanteet ja tarkastelupisteet.....	24
6.3	Päästötiedot.....	25
7	Tulokset.....	26

7.1	Kokonaistyyppi	27
7.1.1	VE0	27
7.1.2	VE1A	28
7.1.3	VE1B	29
7.1.4	VE2A	31
7.1.5	VE2B	32
7.1.6	Vaihtoehtojen vertailu	33
7.2	Kokonaisfosfori	36
7.2.1	VE0	36
7.2.2	VE1A	37
7.2.3	VE1B	38
7.2.4	VE2A	39
7.2.5	VE2B	40
7.2.6	Vaihtoehtojen vertailu	41
7.3	Arseeni	43
7.3.1	VE0	43
7.3.2	VE1A	44
7.3.3	VE1B	45
7.3.4	VE2A	47
7.3.5	VE2B	48
7.3.6	Vaihtoehtojen vertailu	49
7.4	Litium	52
7.4.1	VE0	52
7.4.2	VE1A	53
7.4.3	VE1B	54
7.4.4	VE2A	55
7.4.5	VE2B	56
7.4.6	Vaihtoehtojen vertailu	57
7.5	Kloridi	60
7.5.1	VE0	60
7.5.2	VE1A	61
7.5.3	VE1B	62
7.5.4	VE2A	64

7.5.5	VE2B	65
7.5.6	Vaihtoehtojen vertailu	66
7.6	Natrium.....	69
7.6.1	VE0	69
7.6.2	VE1A.....	70
7.6.3	VE1B	71
7.6.4	VE2A.....	73
7.6.5	VE2B	74
7.6.6	Vaihtoehtojen vertailu	75
7.7	Sulfaatti	78
7.7.1	VE0	78
7.7.2	VE1A.....	79
7.7.3	VE1B	80
7.7.4	VE2A.....	81
7.7.5	VE2B	82
7.7.6	Vaihtoehtojen vertailu	83
8	Epävarmuustekijät	85
9	Lähteet	86

1 JOHDANTO

Keliber Oy suunnittelee Keski-Pohjanmaan litiumprovinssin alueella olevien spodumeenipegmatiittiesiintymien hyödyntämistä. Kaivostoiminta on suunniteltu Syväjärven, Rapasaaren ja Outoveden kaivoksille ja rikastamotoiminta sijoitetaan Kaustisen Kalavedelle tai Päivänevalle. Kaivoksilta malmi kuljetetaan rikastamolle, missä malmista rikastetaan spodumeenirikastetta, joka kuljetetaan edelleen Kokkolaan Keliberin litiumkemia-ntehtaalle jatkojalostettavaksi.

Tässä mallinnusraportissa esitetään tulokset GoldSim-mallinnuksen osalta Keliber Oy:n Keski-Pohjanmaan Litiumprovinssin ympäristövaikutusten arviointi -hankkeen eri vaihtoehdoille huomioiden Keliberin suunnitteleminen kaivosten ja rikastamon merkittävimmät vesistö päästöt. Tähän selvitykseen on koottu taustatietoja valuma-alueista, sääolosuhteista, hydrologisista tiedoista, vedenlaadusta sekä rikastamo- ja kaivosalueiden vesienhallinnasta. Vuosien 1996-2019 säätietojen pohjalta on luotu GoldSim-mallinnusohjelmalla säämalli Kaustisen alueelle vuosille 2020-2036. Selvityksessä on esitetty arviot rikastamo- ja kaivosalueiden toiminnasta aiheutuista kuormituksista ja mahdollisista muista vesistöihin kohdistuvista vaikutuksista. GoldSim-ohjelman säämallin sekä kuormitusarvioiden pohjalta on edelleen laadittu GoldSim-ohjelmalla mallinnukset kuormitusten vaikutuksista alapuolisissa vesistöissä arvioidulle kaivosten sekä rikastamon toiminta-ajalle vuosille 2022-2036. Tarkasteltavina vesistöinä GoldSim-mallinnuksessa ovat sekä Ullavanjoen ja Köyhäjoen valuma-alueet.

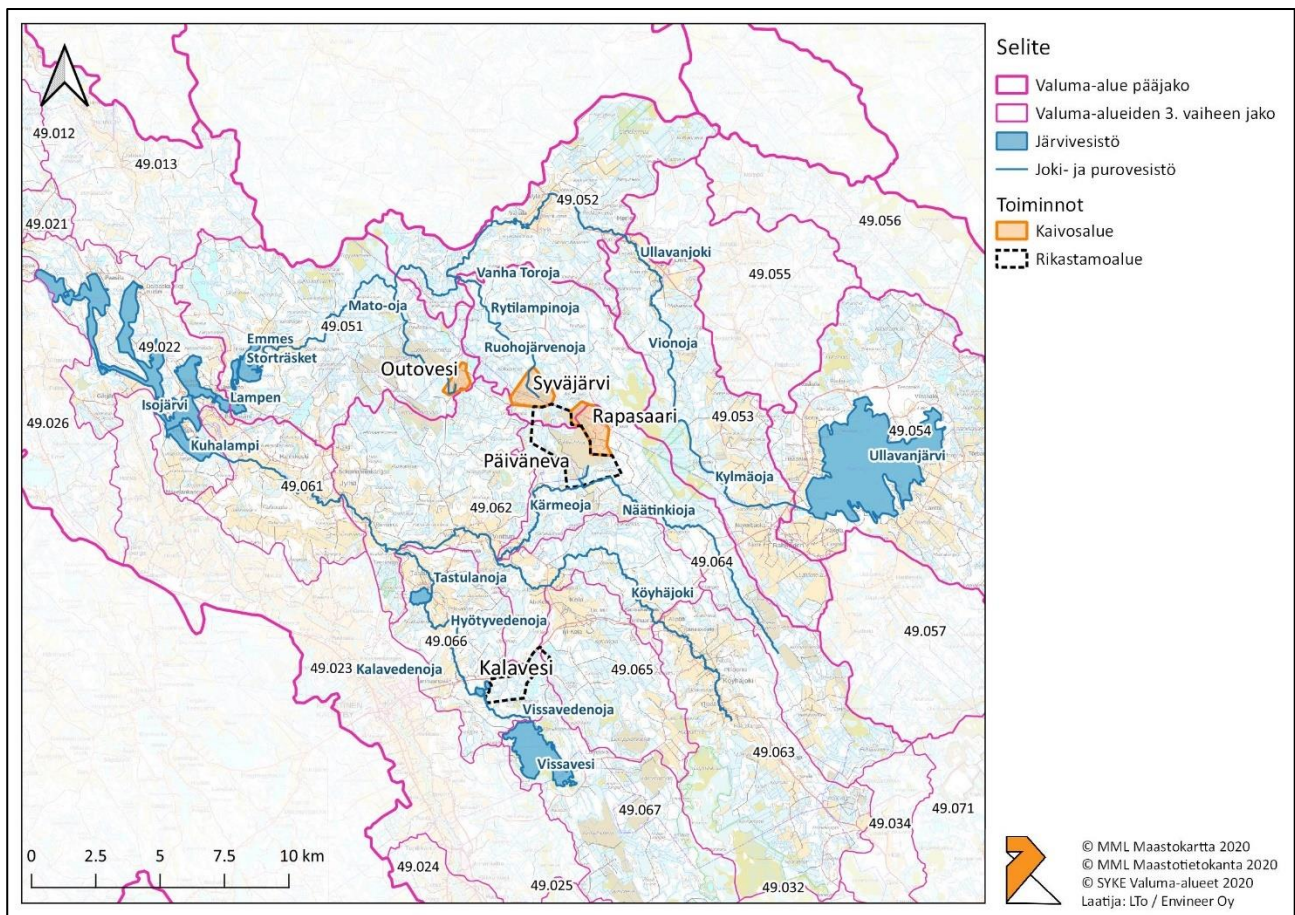
2 TAUSTATIEDOT

Syväjärven, Rapasaaren ja Outoveden kaivosalueet sekä Kalaveden ja Päivänevan rikastamoalueet sijoittuvat Perhonjoen päävesistöalueelle (49.0). Alueiden sijainnit, vesienjohtamisreitit sekä valuma-alueet on esitetty kuvassa (**Kuva 1**).

Kalaveden rikastamon purkuvesistö sijoittuu toisessa jakovaiheessa Köyhäjoen valuma-alueelle (49.06), kuten myös Vissaveden tekojärvi ja Köyhäjoki. Kolmannessa jakovaiheessa Vissaveden tekojärvi kuuluu Vissaveden tekojärven valuma-alueeseen (49.067) ja Pitkälampi, Kalavedenoja, Hyötyvedenoja sekä Tastulanoja Tastulanojan alueeseen (49.066). Alueen vedet kulkeutuvat Köyhäjoen kautta Perhonjokeen.

Syväjärven ja Outoveden kaivosalueet sijoittuvat Ullavanjoen valuma-alueelle (49.05). Kolmannen jakovaiheen mukaisesti Syväjärven kaivosalue sijoittuu Torojan valuma-alueelle (49.058). Syväjärven ja Outoveden vaikutusalueen suurimpia vesistöjä ovat Ullavanjoki sekä Perhonjoki.

Rapasaaren kaivosalue ja Päivänevan rikastamo sijoittuvat pääosin Köyhäjoen valuma-alueelle (49.06). Kolmannen jakovaiheen mukaisesti ne sijoittuvat pääosin Näätinkiojan valuma-alueelle (49.064). Vedet puretaan Näätinkiojaan, joka alajuoksultaan muuttuu Kärmeojaksi ja laskee edelleen Köyhäjokeen. Suurimmat vesistöt ovat Köyhäjoki ja Perhonjoki.



Kuva 1. Valuma-alueet ja kaivos- sekä rikastamoalueet.

2.1 Sääolosuhteet

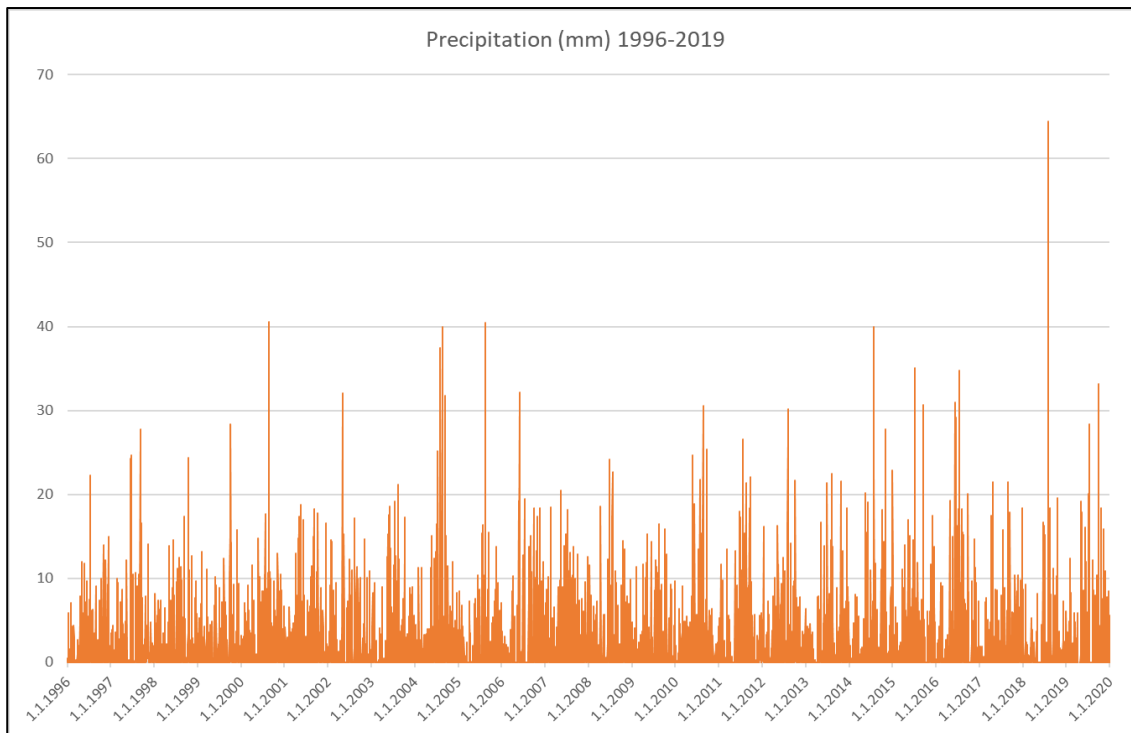
Kaivos- ja rikastamoalueiden sääolosuhteita on tarkasteltu lähimpien virallisten sääasematulosten perusteella. Lämpötilatietoina on käytetty Ilmatieteenlaitoksen Toholammin Laitilan havaintoaseman tietoja. Sade- ja lumitietojen osalta mallinnuksessa on käytetty Ilmatieteen laitoksen Kaustisen Tastulan havaintoaseman tietoja. Havaintojaksoina on käytetty vuosien 1996-2019 aineistoja. Tarvittavat säähavaintoparametrit ovat olleet käytettävissä vuodesta 1996 lähtien.

Taulukossa (**Taulukko 1**) on esitetty Kaustisen alueen vuosittainen sademäärä, joka perustuu Kaustisen Tastulan havaintoaseman mittausaineistoon. Keskimäärin vuosittainen sademäärä on ollut 599 mm. Maksimisademäärä on ollut 710 mm (2012) ja minimisademäärä 475 mm (2018).

Taulukko 1. Vuosittainen sademäärä Kaustisen Tastulan havaintoaseman mittausaineistosta vuosilta 1996-2019.

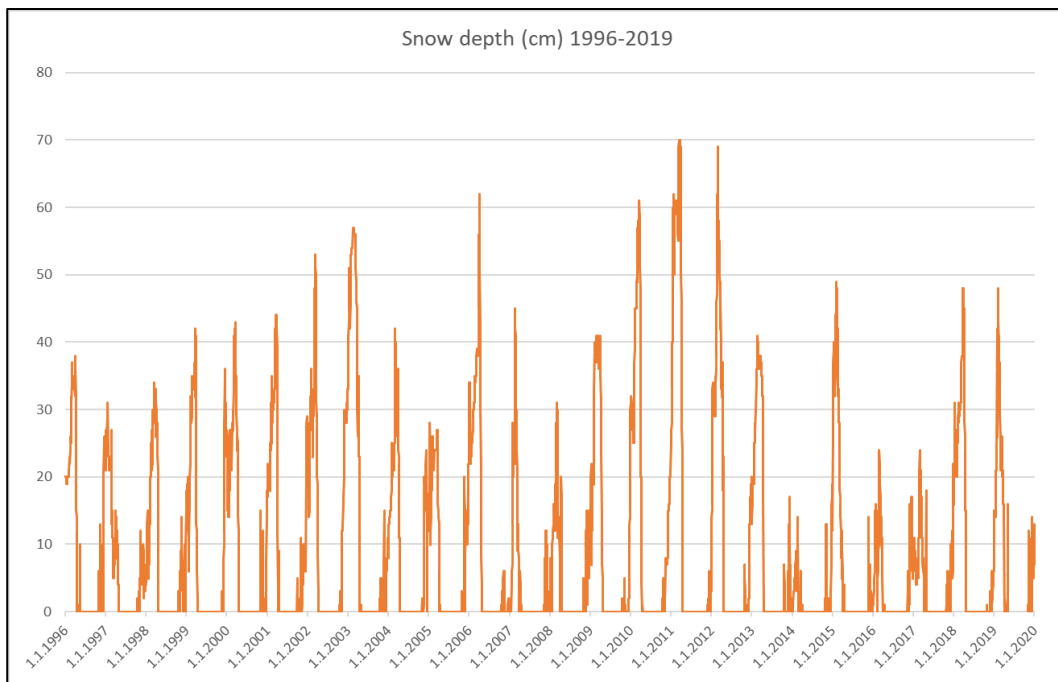
Vuosi	Sademäärä (mm/a)	Vuosi	Sademäärä (mm/a)
1996	508,0	2008	658,0
1997	538,9	2009	491,9
1998	597,4	2010	632,9
1999	516,8	2011	669,3
2000	694,0	2012	709,6
2001	594,2	2013	602,3
2002	478,9	2014	518,7
2003	582,9	2015	704,6
2004	691,0	2016	708,6
2005	532,8	2017	539,3
2006	575,6	2018	475,3
2007	623,8	2019	629,1
Keskiarvo 1996-2019	594,7 mm/a		

Kuvassa (**Kuva 2**) on esitetty vuorokausisadanta (mm) Kaustisen Tastulan havaintoasemalla. Maksimisadanta vuorokaudessa on ollut tarkastelujaksolla 40,6 mm. Vuosina 1996-2019 on ollut neljä vuorokautta, jolloin sadetta on ollut vähintään 40 mm.



Kuva 2. Vuorokausisadanta vuosina 1996-2019 Kaustisen Tastulan havaintoasemalla.

Kuvassa (**Kuva 3**) on esitetty lumen syvyys Kaustisen Tastulan havaintoasemalla vuosina 1996-2019. Jokaisena tarkasteluvuotena alueella on ollut lumipeite. Paksuimmillaan lumipeite on ollut 70 cm. Talvi 2013/2014 oli vähäluminen ja tuolloin mitattiin lumikerroksen maksimipaksuudeksi 17 cm. Myös talvet 2015/2016 ja 2016/2017 olivat vähälumisia. Lumikerroksen maksimipaksuudeksi mitattiin tuolloin 24 cm molempina talvina. Tyypillisesti lumen paksuus talvella on ollut noin 30-40 cm.



Kuva 3. Lumen syvyys vuosina 1996-2019 Kaustisen Tastulassa.

GoldSim-mallinnusohjelman avulla on luotu Kaustisen alueelle säämalli olemassa olevien säätietojen pohjalta. Ohjelman avulla on mallinnettu sääolosuhteita rikastamo- ja kaivostoiminnan toimintavuosille. Taulukossa (**Taulukko 2**) on esitetty yhteenveto mallinnetuista sademääristä Tastulan alueella vuosina 2020-2036. Mallinnuksessa ei ole huomioitu ilmastonmuutoksesta mahdollisesti aiheutuvaa sademäärien kasvua tms.

Taulukko 2. Mallinnettu vuosittainen sademäärä Kaustisen Tastulassa vuosina 2020-2036.

Vuosi	Sademäärä (mm/a)	Vuosi	Sademäärä (mm/a)
2020	586,9	2029	538,9
2021	656,5	2030	597,4
2022	766,8	2031	516,8
2023	600,3	2032	694,0
2024	522,7	2033	594,2
2025	704,6	2034	478,9
2026	708,4	2035	528,9
2027	539,5	2036	691,0
2028	449,6		
Keskiarvo (2020-2036)		601,7 mm/a	
Keskiarvo (1996-2017)		598,6 mm/a	

2.1.1 Poikkeukselliset sääolosuhteet

Poikkeukselliset sääolosuhteet voivat hetkellisesti aiheuttaa mm. paikallisia tulvatilanteita. Kaivos- ja rikastamoalueilla erityisesti vesitaseen arvioinnissa ja allasuunnittelussa tulee huomioida myös poikkeukselliset sääolosuhteet. Varautuminen poikkeuksellisiin sääolosuhteisiin mahdollistaa kestävä ja turvallisen toiminnan.

GoldSim-mallinnuksessa käytettyjen säätietojen (vuodet 1996-2019) pohjalta on tehty tarkastelu poikkeuksellisen suurista sademääristä. Tarkastelu on tehty maksimiviikkosadannasta ja maksimikuukausisadannasta. Taulukossa (**Taulukko 3**) on esitetty em. sadantamäärät ja niiden ajankohdat. Maksimisadantajaksojen osalta mahdolliset päällekkäiset ajanjaksot on huomioitu siten, että kuukausitarkastelussa maksimijaksojen välissä on vähintään seitsemän päivää ja viikkotarkastelussa kolme päivää.

Taulukko 3. Maksimiviikko- ja maksimikuukausisadannat vuosina 1996-2017.

Aikajakso	Sadanta (mm/30 d)	Keskisadanta (mm/d)
16.6.-15.7.2016	195,4	6,5
8.6.-7.7.2016	190,0	6,3
24.7.-22.8.2010	165,1	5,5
23.6.-22.7.2008	152,9	5,1
Aikajakso	Sadanta (mm/vko)	Keskisadanta (mm/d)
2.-8.8.2012	89,6	12,8
27.7.-2.8.2014	78,2	11,2
29.7.-4.8.2004	72,6	10,4
20.-26.8.2010	69,3	9,9
14.-20.10.1998	68,3	9,8
17.-23.9.2015	66,4	9,5
18.-24.6.2008	65,4	9,3
13.-19.6.2016	65,1	9,3

Kuukausimaksimien kaksi suurinta jaksoa menevät osittain ajallisesti päällekkäin. Huomioiden kyseisten jaksojen ääripäät 8.6.-15.7.2016 (38 päivää) saadaan maksimisadannaksi 238,6 mm, eli 6,3 mm/d kyseiselle jaksolle. Kaikki esitetyt maksimikuukaudet ajoittuvat kesäkuun puolenvälin ja elokuun lopun välille. Suurin Suomessa mitattu kuukausisademäärä (kalenterikuukautena) on 302 mm (Laukaa heinäkuu 1934). Taulukossa (**Taulukko 4**) on esitetty GoldSim-mallinnusohjelman sadantamallin sademääräarviot juoksevalle maksimikuukaudelle ja viikolle. Mallin tulosten pohjalta ei ole havaittavissa tarkastelujaksolle sademäärän kasvua tai maksimisateiden määrän lisäystä. Malli ei huomioi ilmastomuutosta ja siitä mahdollisesti aiheutuvia muutoksia sadannassa.

Taulukko 4. Maksimiviikko- ja maksimikuukausisadannan ennusteet vuosille 2020-2036.

Aikajakso	Sadanta (mm/30 d)	Keskisadanta (mm/d)
kesäkuu 2026	195,4	6,5
kesä-heinäkuu 2026	190,0	6,3
elokuu 2020	165,1	5,5
Aikajakso	Sadanta (mm/vko)	Keskisadanta (mm/d)
elokuu 2022	89,6	12,8
heinäkuu 2024	78,2	11,2
elokuu 2036	72,6	10,4
elokuu 2020	69,3	9,9
lokakuu 2030	68,3	9,8
syyskuu 2025	66,4	9,5

2.1.2 Sademäärän kasvu

Ilmastonmuutoksen seurauksena rankkasadejaksojen odotetaan lisääntyvän ja äärevöityvän. Runsassateisen tilanteen vesistövaikutusten arvioinnissa on käytetty **GoldSim -mallinnuksen 20 vuoden jaksolla toistuneita runsaita ja pitkäkestoisia (7–43 d) sadejaksoja, mikä on nähty mitoituksessa riittäväksi**. Tehty mallinnus ei suoraan huomioi ilmastonmuutoksen vaikutuksia. Edellä esitettyihin ilmastomalleihin pohjautuviin sadannan muutoksiin viitaten, ilmastonmuutoksen lisäämän sadannan vaikutusta vesistövaikutuksiin huomioitiin arviolla sadejaksojen voimistumisesta. Arvio tehtiin oletuksella, että edellä esitetyt **GoldSim -mallinnuksessa toistuneet 7–43 päivän sadejaksot voimistuvat 25 %**.

Edellä esitetyn arvion turvamarginaali voidaan arvioida hyväksi. Sateisuuden arvioidaan Suomessa olevan vuoteen 2050 mennessä mallista ja päästöskenaariosta riippuen noin 6–11 % suurempi kuin jaksolla 1981–2010 (Ruosteenoja, Jylhä & Kämäräinen, 2016). Keskimääräisessä päästöskenaariossa A1B rankkasateisuutta kuvaavien mallien tulosten perusteella, suurimman viiden vuorokauden sadejakson sadekertymän muutos Suomessa jaksolla 2081–2100 on noin 10–20 % suurempi kuin jaksolla 1971–2000 (Lehtonen, 2011). Suhteellinen sadekertymä pienenee sadejakson pidentyessä, joten yli viikon mittaisten sadekertymien muutos on edellä esitettyjen lähteiden mukaan pienempi. Taulukossa (**Taulukko 5**) on esitetty Ilmatieteenlaitoksen julkaisusta seitsemän maailmanlaajuisen ilmastomallin tulosten keskiarvo Suomen alueella siirryttäessä jaksolta 1971–2000 jaksolle 2081–2100. Sateiden todennäköisyyksien osalta on todettu, että 20 % sateen rankkuuden kasvu aiheuttaa nykyilmaston 5, 10 ja 25 vuoden tulvahuippujen toistumisen noin 3, 5 ja 10 vuoden välein (Aaltonen ym. 2008)

Taulukko 5. Koko vuoden kokonaissademäärä ja keskimäärin suurimman vuorokausisademäärän muutos eri vuodenaikoina (Lähde: Ilmatieteenlaitos, seitsemän maailmanlaajuisen ilmastomallin tulosten keskiarvo Suomen alueella siirryttäessä jaksolta 1971–2000 jaksolle 2081–2100)

	Talvi	Kevät	Kesä	Syksy	Koko vuosi
Sademäärä	+35 %	+13 %	+8 %	+22 %	+19 %
Suurin vuorokausisademäärä	+32 %	+18 %	+16 %	+24 %	+20 %

3 ULLAVANJOEN VALUMA-ALUE

3.1 Hydrologiset tiedot

Keski-Pohjanmaan litiumprovinssin YVA:n yhteydessä on arvioitu Syväjärven kaivosalueen alapuolisten vesistöjen keskivirtaamia Ruohojärvenojassa, Rytilampinojassa, Vanhassa Torojassa sekä Ullavanjoessa Torojan kohdalla ja sen alaosalla. Arvioidut keskivirtaamat on esitetty taulukossa (Taulukko 6). Ruohojärvenojasta on otettu näytteitä Envineer Oy:n toimesta vuoden 2018 aikana, jolloin on mitattu myös ojan virtaama. Mittaustulokset on esitetty taulukossa (Taulukko 7).

Taulukko 6. Syväjärven kaivosalueen alapuolisten vesistöjen arvioidut virtaamat (Ramboll, 2017a). g

	Keskivirtaama m ³ /s	Keskivirtaama m ³ /h	MNQ m ³ /s	MHQ m ³ /s
Ruohojärvenoja	0,045	162		
Rytilampinoja	0,12	432		
Vanha Toroja	0,25	900	0,02	2,2
Ullavanjoki (Torojan kohdalla)	2,95	10 620	0,8	19
Ullavanjoki (alaosa)	3,8	13 680		

Taulukko 7. Ruohojärvenojan mitatut virtaamat touko- ja heinäkuussa 2018.

	Mittaus	Virtaama m ³ /s	Virtaama m ³ /h
Ruohojärvenoja	28.5.2018	0,02	88,4
Ruohojärvenoja	18.7.2018	0,01	48,6

3.2 Veden laatu

Seuraavassa on kuvattu Ullavanjoen valuma-alueen veden laatua yleisellä tasolla Syväjärven ja Outoveden kaivosalueiden alapuoleisissa vesistöissä. Tarkemmat kuvaukset veden laadusta on esitetty YVA-selostuksessa ja sen liitteissä.

3.2.1 Ruohojärvenoja, Rytilampinoja ja Vanha Toroja

Syväjärven kaivosalue sijoittuu Torojan (49.058) valuma-alueelle. Alueen vedet purkautuvat kaivosalueen länsipuolella kulkevaan Ruohojärvenojaan, joka laskee edelleen Rytilampinojan ja Torojan kautta Ullavanjokeen. Rytilampinojasta otettiin ennakkotarkkailunäytteitä vuosina 2014–2015. Sähkönjohtavuudet olivat alhaisia ja happitilanne vaihteli pääosin tyydyttävän-välttävän tasolla. Vesi oli väriltään tummaa, rauta- ja humuspitoista sekä ravinnepitoisuuksien perusteella luokiteltava reheväksi. Minimiravinteena vedessä voi toimia joko typpi tai fosfori. Tutkitut metallipitoisuudet eivät olleet koholla alueen pintavesien yleiseen tasoon nähden. (Ramboll, 2017a)

Uuden ja Vanhan Torojan tarkkailupisteiden vesi oli vuosina 2014–2015 suhteellisen hapanta, tummaa, humuspitoista ja sähkönjohtavuudet alhaisia. Alkaliniteetti oli ajoittain huono eli vesi puskuroituu heikosti happamoitumista vastaan. Happitilanne vaihteli välillä tyydyttävä-välttävä. Ravinnepitoisuudet viittaavat rehevään vesistöön. Metallipitoisuuksissa ei ollut havaittavissa

korkeita pitoisuuksia. Kesäaikaisista pitoisuuksista lasketun minimiravintenesuhteen perusteella minimiravinteena toimii typpi. (Ramboll, 2017a)

Ruohojärvenojan näytepisteiden vuosien 2018–2019 kokonaistyyppi- ja kokonaisfosforipitoisuudet viittaavat lievästi rehevään vesistöön. (Envineer, 2020)

3.2.2 Mato-oja

Outoveden kaivoksen vedet johdetaan Mato-ojan kautta Ullavanjokeen. Länkkjärvi laskee metsäojien kautta Mato-ojaan, joka laskee edelleen Ullavanjokeen. Mato-ojan vedenlaadusta ei ole tietoa. Ojan valuma-alue on suovaltainen ja voimakkaasti metsäoitettu. Mato-oja kerää vesiä myös läheisiltä turvetuotantoalueilta. (Ramboll, 2017a)

3.2.3 Ullavanjoki (Emmes-Storträsket)

Ullavanjoki saa alkunsa Ullavanjärvestä lähtevänä Kylmäojana, virraten noin 40,7 kilometrin matkan ennen laskua Isojärveen. Ullavanjoen valuma-alue on noin 413 km² ja keskivirtaamaksi on arvioitu noin 3,8 m³/s. Jokivesi on luokiteltu pintavesityypiltään keskisuureksi turvemaiden joeksi. Ullavanjoen alaosalla (49.051) virtaamavaihtelut ovat selvästi suuremmat kuin Ullavanjärven alapuolella (49.054). Tämä johtuu Ullavanjärven alapuolisen valuma-alueen järvettömyydestä. (Ramboll, 2017a)

Ullavanjoen valuma-alueen alaosalta sijoittuu pinta-alaltaan noin 102 ha, matalaksi humusjärveksi luokiteltu Emmes-Storträsket, josta vedet kulkeutuvat edelleen lyhyen noin 700 metriä pitkän Keminackenin kautta Lampeniin ja Isojärveen. (Ramboll, 2017a)

Ullavanjoen vesimuodostuman ekologinen tila 3. suunnittelukauden luokittelussa on hyvä, kuten edelliselläkin kaudella. Luokitusta varten aineistoa on ollut käytössä piilevien, pohjaeläinten ja kalojen osalta kolmelta havaintopaikalta ja 2–3 vuodelta. Fysikaalis-kemiallisten muuttujien osalta luokitus on tyydyttävä. Sekä kokonaisfosforin että kokonaistypen osalta laskennallinen tilaluokka on tyydyttävä. Veden pH-minimin osalta luokitus on erinomainen. Hydro-morfologisten tekijöiden osalta hyvä. Rakennetun rantaviivan osuus laski hieman luokitusta erinomaisesta hyväksi. (Vahänen, 2020)

Ullavanjoen vedet kulkevat Emmes-Storträsket vesimuodostuman kautta, jonka ekologinen tila 3. suunnittelukaudella on tyydyttävä. Veden laatutietoa Emmes-Storträsketistä ei ollut saatavilla, joten sitä ei luokiteltu. Biologinen laskennallinen tilaluokka Emmes-Storträsketille on arvioitu pelkästään kalojen perusteella. Emmes-Storträsketin fysikaalis-kemiallisesta tilasta ei ole tietoa puuttuvan aineiston vuoksi. Hydrologis-morfologinen tila puolestaan on hyvä. Esteettömyyden osalta luokitus on erinomainen, morfologian osalta hyvä ja hydrologian osalta tyydyttävä. (Vahänen, 2020)

Joen vedenlaatuun vaikuttaa yläjuoksulla olevan Ullavanjärven tila. Keskijuoksulla joen oman lähivaluma-alueen kuormituksen merkitys kasvaa. Ihmistoiminnasta suurin kuormittaja on maatalous. Uittoa varten tehdyt muutokset jokiuomassa ovat olleet pienimuotoisia. (Ramboll, 2017a)

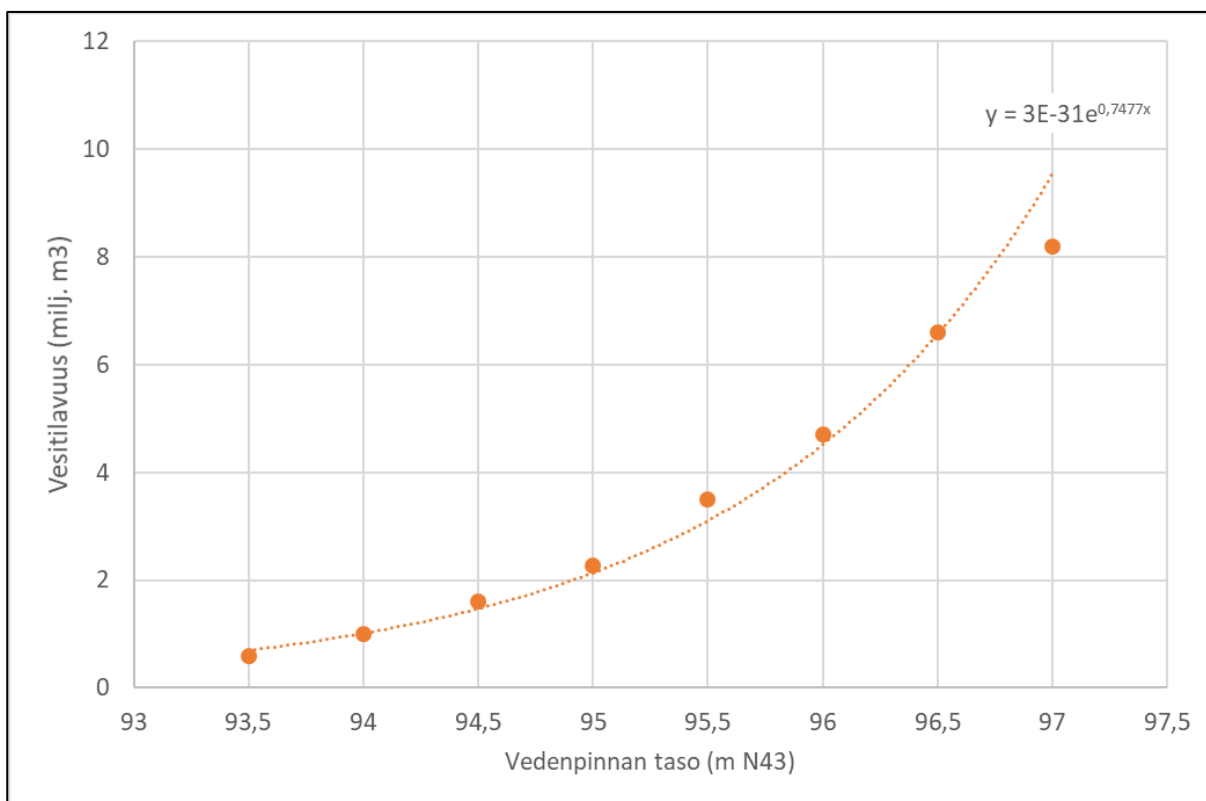
Ullavanjoen vesi on Suomen sisävesille tyypillisesti lievästi hapanta ja alueen suovaltaisten valuma-alueiden vesistöille tyypillisen humus- ja rautapitoista sekä sameaa ja väriltään tummaa. Veden puskurointikyky happamuutta vastaan on ollut keskimäärin hyvä tai tyydyttävä. Joen typpi-, fosfori- ja a-klorofyllipitoisuudet kuvaavat rehevää vesistöä. Joen alaosalta mitatut ravinteet ovat olleet keskimäärin hieman joen keski- ja yläosan pitoisuuksia pienempiä. Sähkönjohtavuudet ovat olleet kaikilla pisteillä sisävesille tyypillisellä tasolla. Ullavanjoen vuosien 2006–2015 ja 2019 keskimääräiset alumiinipitoisuudet ylittivät EU:n vedenlaadun ohjearvot. Rautaa ja alumiinia lukuun ottamatta metallipitoisuudet eivät ole olleet koholla. Ullavanjärven vesi on tummaa, hapanta ja ravinnepitoisuudet kuvaavat rehevää vesistöä. (Ramboll, 2017a)

4 KÖYHÄJOEN VALUMA-ALUE

4.1 Hydrologiset tiedot

4.1.1 Vissavesi

Vissaveden tekojärven valuma-alue on järven luusuassa olevalla säännöstelypadolla 38 km². Vissavesi laskee vetensä Kalaveden-, Hyötyveden- ja Tastulanojen kautta Köyhäjokeen. Köyhäjokeen laskiessa ojien yhteenlaskettu valuma-alue on 67 km². Köyhäjoki laskee Perhonjoen keskiosan järviryhmään (Kuhalampi). Vissaveden tekojärven pinta-ala on säännöstelyn ylärajalla 3,80 km² ja kokonaistilavuus 6,3 milj. m³. Säännöstelyrajojen väli on yhteensä 3,5 metriä ja säännöstelytilavuus on 6,0 milj. m³. Kuvassa (Kuva 4) on esitetty Vissaveden tekojärven vedenpinnan taso vesitilavuuden funktiona.



Kuva 4. Vissaveden tekojärven vedenpinnan taso vesitilavuuden (milj. m³) funktiona.

Taulukossa (**Taulukko 8**) on esitetty Vissaveden tekojärvestä juoksetetun veden määrät vuosina 2005-2016. Vuosien välillä on suuria eroja, kuten maksimi- ja minimiarvojen perusteella voi huomata.

Taulukko 8. Vissaveden vuosittain juoksetettava vesimäärä vuosina 2005-2016.

Vuosi	Vesimäärä (m ³ /a)	Vuosi	Vesimäärä (m ³ /a)
2005	7 402 000	2011	9 511 000
2006	8 493 000	2012	12 251 000
2007	9 450 000	2013	9 325 000
2008	11 731 000	2014	7 950 000
2009	6 605 000	2015	12 925 000
2010	9 737 000	2016	10 380 000
Keskiarvo (m³/a)		9 647 000	
Maksimi (m³/a)		12 925 000	
Minimi (m³/a)		6 605 000	

4.1.2 Vissavedenoja, Näätinkioja ja Köyhäjoki

Taulukossa (**Taulukko 9**) on esitetty Kalaveden rikastamoalueen sekä Rapasaaren kaivosalueen ja Päivänevan rikastamoalueen virtavesien keskiyli-, keski- ja keskialivirtaamat. Vissavedenojan tieto on peräisin juoksetustiedoista, koska Vissavedestä juoksetettava vesi virtaa Vissavedenojaa pitkin. Lisäksi taulukossa (**Taulukko 10**) on esitetty vuonna 2017 Köyhäjoessa tehtyjen virtaamamittausten tulokset.

Taulukko 9. Keskiyli-, keski- ja keskialivirtaamat Vissavedenojassa, Kalavedenojassa, Tastulanojassa ja Köyhäjoessa. (Ramboll 2017a; Ramboll, 2018)

	Keskivirtaama m ³ /s	Keskivirtaama m ³ /h	MNQ m ³ /s	MHQ m ³ /s
Vissavedenoja	0,3	1 080	0	1,1
Kalavedenoja	0,46	1 656	0,05	2,7
Tastulanoja	0,61	2 196	0,06	3,6
Kärmeoja	0,3	1 080	-	-
Köyhäjoki	2,4	8 640	0,24	27

Taulukko 10. Köyhäjoen mitatut virtaamat touko- ja heinäkuussa 2017 (Ramboll, 2017b).

	Mittaus	Virtaama m ³ /s	Virtaama m ³ /h
Köyhäjoki	23.5.2017	1,86	6 696
Köyhäjoki	27.7.2017	1,32	4 752

4.2 Veden laatu

4.2.1 Vissaveden tekojärvi ja Vissavedenoja

Vissaveden tekojärvi on pintavesityyppiltään matala runsashumuksinen järvi (MRh). Järven pinta-ala on 302 ha, valuma-alue 38,4 km² ja maksimisyvyys 4,5 m. Vissaveden tekojärven valuma-alue on varsin pieni, suovaltainen, eikä sillä sijaitse vakituisia asuntoja. Järven rannalla on kuitenkin vapaa-

ajan asuntoja. Tekojärvi on valmistunut vuonna 1967 tulvasuojelun ja voimatalouden tarpeisiin. Se on pääosin tehty kuivalle maalle. Tekojärven säännöstelyrajat ovat 93,00–96,50 m mpy (N43) ja sallittu talvialenema 3,5 m. (Ramboll, 2018)

Vuoden 2016 Perhonjoen ja Kälviänjoen vesistöalueiden vesienhoidon toimenpideohjelman mukaan Vissaveden vedenlaadusta ei ole ajantasaista tietoa, mutta vanhempien tietojen perusteella järven ravinnepitoisuudet (erityisesti fosfori) ovat olleet korkeita. Vissaveden tekojärven suurin ongelma liittyy järven käyttöön ja syntyhistoriaan. Järven pintaa lasketaan talvella runsaasti, mikä aiheuttaa hapen vähyyttä. Veden lasku lisää myös rantojen eroosiota. Syntyhistoriansa takia järvi on hyvin humuspitoinen ja tummavetinen (perustettu pääosin suolle), mikä lisää hapen kulutusta. Alustavan asiantuntija-arvion tai vesistöalueen muiden vesimuodostumien perusteella Vissaveden ekologinen tila on arvioitu tyydyttäväksi. (Ramboll, 2018)

Vissavedenoja on Vissaveden tekojärven purku-uoma, joka muuttuu Kalavesijärvien jälkeen Kalavedenojaksi. Vissavedenoja purkaa vetensä Isoon Kalavesijärveen. Vissavedenojan valuma-alue käsittää lähinnä Vissaveden tekojärven valuma-alueen. Virtaamia ojassa säätelee voimakkaasti Vissaveden säännöstely. Vissavedenojasta ei ole tiedossa näytteenottojaksoja tai pitempiaikaista vedenlaadun seuranta.

4.2.2 Pieni Kalavesi, Iso Kalavesi, Kalavedenoja ja Hyötyvedenoja

Pieni Kalavesi laskee vetensä lyhyttä ojaa pitkin Iso Kalaveteen, josta saa alkunsa Kalavedenoja. Kalavedenoja on pieni, noin 3,5 km pitkä oja, jonka keskivirtaama on noin 0,46 m³/s, keskialivirtaama noin 0,05 m³/s ja keskiylivirtaama noin 2,7 m³/s. Hyötyvesi-lammen pohjoispuolella Kalavedenoja haarautuu Hyötyvedenojaksi ja Lehmäojaksi. Suunnitellun Kalaveden rikastamon hankealueella sijaitsee Kaustisen vanha kaatopaikka, joten Pieni Kalaveteen laskevia vesiä on tarkkailtu kahdesta ojapisteestä 1980-luvulta lähtien. Kalaveden rikastamoalueen poistovedet on suunniteltu johdettavaksi putkea pitkin Kalavedenojaan Toholammintien pohjoispuolelle. Suunnitellun purkupisteen kohdalla Kalavedenojan valuma-alueen pinta-ala on noin 48,5 km². (Ramboll, 2018)

Pieni ja Iso Kalaveden sekä Kalavedenojan kokonaistyyppi- ja kokonaisfosforipitoisuudet viittaavat rehevään vesistöön. Näytteiden rautapitoisuudet olivat tyypillisiä pitoisuuksia suovaltaisten valuma-alueiden vesistöille. (Envineer, 2020) Hyötyvedenojaksi kutsutaan Kalavedenojan ja Tastulanojan välistä lyhyttä ojajaksoa. Ojasta ei ole otettu vesinäytteitä, mutta ojaveden laadun arvioidaan olevan samalla tasolla kuin Kalavedenojan vedenlaatu.

4.2.3 Tastulanoja

Tastulanoja on 13,1 km pitkä, pieni turvemaiden joki (Pt), jonka valuma-alue on 67,3 km². Tastulanojan keskivirtaama on Tastulantien kohdalla noin 0,61 m³/s, keskialivirtaama noin 0,06 m³/s ja keskiylivirtaama noin 3,6 m³/s. Tastulantien kohdalla ojan valuma-alueen pinta-ala on noin 64,6 km². Tastulanoja saa alkunsa Tastulanjärvestä, yhtyy Hyötyvedenojan kanssa ja laskee Köyhäjokeen Jylhän ja Vintturin kylien välissä. Tastulanoja virtaa pääosin peltoalueiden halki. Tastulanoja on otettu uutena vesimuodostumana mukaan Perhonjoen ja Kälviänjoen vesienhoidon toimenpideohjelmaan vuonna 2016. Hertta-tietokannan mukaan Tastulanojan ekologinen tila on asiantuntija-arvion perusteella tyydyttävä 3. suunnittelukauden luokittelun mukaan (SYKE 2020).

Arvioinnissa on huomioitu Vissavedestä lähtevän uoman vanhat vedenlaatutulokset sekä valuma-alueelta tuleva voimakas hajakuormitus. Tastulanojan kemiallinen tila on asiantuntija-arvion perusteella hyvää huonompi.

4.2.4 Näätinkioja – Kärmeoja

Näätinkioja on yli 30 km pitkä, pääosin soisessa maastossa kulkeva puro, jonka valuma-alueen ala on noin 51 km² ja järvisyys 0,4 %. Ojan keskivirtaama on mittauksissa ollut noin 0,2-0,5 m³/s. Valuma-alue on pääosin metsätalousskäytössä olevaa ojitettua suo- ja metsämaata. Lisäksi valuma-alueella on turvetuotantoa, sekä aivan ojan alaosalla peltoja. Valuma-alueen suovaltaisuus voidaan havaita veden korkeissa humus- ja rautapitoisuuksissa. Ojavesi oli ajoittain sameaa ja kiintoainepitoista. Veden pH vaihteli happamasta lähes neutraaliin olleen alueelle tyypillisesti lievästi hapanta. Happamoitumisen puskurikykyä kuvaava alkaliniteetti oli keskimäärin hyvä tai tyydyttävä. Ravinnepitoisuudet kuvaavat rehevää vesistöä ja sähkönjohtavuusarvot ovat tyypilliset sisävesille. Epäorgaanisten ravinteiden suhteilla arvioituna kasvua rajoittavana minimiravinteena toimii fosfori. Happitilanne oli keskimäärin havaintopisteillä hyvä-tyydyttävä. Alemman havaintopisteen (Näätinkioja 2) happitilanne oli keskimäärin hieman yläpuolista havaintopistettä heikompi sekä ravinnepitoisuudet korkeammat.

4.2.5 Köyhäjoki ja Kuhalampi

Köyhäjoki on luokiteltu pintavesityypiltään keskisuureksi turvemaiden joeksi. Sen valuma-alue on noin 293 km² ja keskivirtaamaksi on arvioitu noin 2,3 m³/s. Joen valuma-alueella on runsaasti maa- ja metsätaloutta sekä myös turvetuotantoa. Köyhäjoen pääuoman pituus on noin 18,4 km ja joki virtaa pitkiä matkoja läpi peltoviljelmien ja asutuksen ennen laskua Isojärveen. (Ramboll, 2017)

Köyhäjoen ekologinen tila on 3. suunnittelukaudella tyydyttävä. Tilaluokitus on noussut kahtena aiempina suunnittelukaudesta, jolloin luokitus oli välttävä. Biologisten muuttujien mukaan Köyhäjoen ekologinen tilan on hyvä ja fysikaalis-kemiallisten muuttujien mukaan välttävä ja hydrologis-morfologisten muuttujien mukaan tyydyttävä. Veden fysikaalis-kemiallisten muuttujien mukaan Köyhäjoen fysikaalis-kemiallinen luokitus on välttävä. Korkea kokonaisfosforipitoisuus laskee arviota, minkä perusteella Köyhäjoen tilaluokitus on huono. Kokonaistypen osalta luokitus on tyydyttävä. pH-minimin mukaan luokaksi tulee hyvä. Kohonnut väriluku on myös huomioitu arvioinnissa. (Vahänen, 2020)

Osa Köyhäjoen alajuoksua ympäröivistä pelloista sijaitsee alle 60 m mpy korkeustasolla, joten alueella saattaa esiintyä happamia sulfaattimaita, jotka alentavat alajuoksulla veden pH-arvoa. Vesi on väriltään tummaa ja rautapitoista sekä ravinteikasta. Jokiveden keskimääräiset typpi- ja fosforipitoisuudet kuvastavat rehevää tai erittäin rehevää tilaa. (Ramboll, 2017) Rautaa ja alumiinia lukuun ottamatta metallipitoisuudet eivät ole olleet koholla.

Kuhalampi on Perhonjoen keskiosan järviryhmään kuuluvan Isojärven eteläisin lahti. Köyhäjoki laskee rakennettua kanavaa myöten lahteen. Kuhalampi on nykytilassa matala, rehevä ja runsas humuksinen järvi, jonka kalasto koostu pääasiassa rehevöitymiselle sietokykyisistä lajeista (mm. särjistä ja kuhista). (Ramboll, 2018) Kuhalammen otettujen näytteiden kokonaisfosforipitoisuudet viittaavat erittäin rehevään vesistöön. Kuhalammen rautapitoisuudet ovat olleet tyypillisiä

pitoisuuksia suovaltaisten valuma-alueiden vesistöille. Sähkönjohtavuusarvot ovat olleet normaalin sisäveden sähkönjohtokyvyn tasolla. (Envineer, 2020)

5 KESKI-POHJANMAAN LITIUMPROVINSSIN LAAJENNUS – YVA-HANKE

5.1 Vaihtoehto VE0

Vaihtoehdossa VE0 Syväjärven, Rapasaaren tai Outoveden kaivosalueita, Kalaveden tai Päivänevan rikastamo ei rakenneta.

5.2 Vaihtoehto VE1

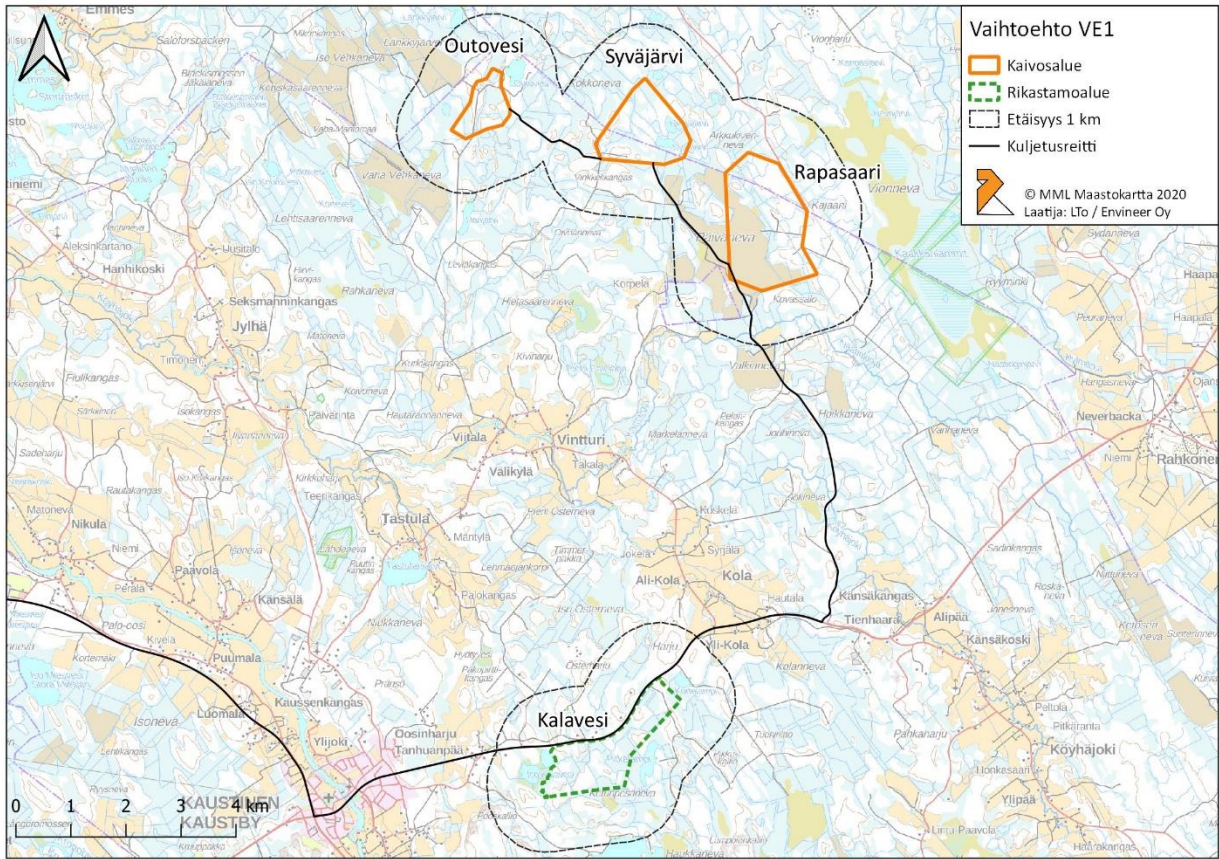
Vaihtoehdossa VE1 hankealueen muodostavat Keski-Pohjanmaan litiumprovinssin **Rapasaaren, Syväjärven ja Outoveden kaivosalueet sekä Kalaveden rikastamoalue**. Louhittavan malmin määrä on yhteensä 650 000 t/a ja kaikkiaan kaivostoiminnan elinkaaren aikana 10 Mt (miljoonaa tonnia). Kaivostoiminnan elinkaari perustuu LOM-selvitykseen (LOM = Life Of Mine), missä kaivostoiminnan elinkaaren pituudeksi on arvioitu noin 16 vuotta. Louhosalueilla malmi esimurskataan, minkä jälkeen malmi kuljetetaan rikastamoalueelle. Rikastamotoiminnot, sisältäen myös malmin murskauksen ja lajittelun, sijoittuvat kokonaisuudessaan Kaustisen Kalaveden alueelle. Kuvassa (**Kuva 5**) on esitetty hankealue eli toimintojen sijoittuminen kaivos- ja rikastamoalueille. Kuvassa (**Kuva 6**) on esitetty rikastamo- ja allasalueiden sijoittuminen Kalavedelle.

Rikastamalla tuotettavan spodumeenirikasteen määrä on n. 165 000 t/a. Rikaste kuljetetaan edelleen Kokkolan kemiantehtaalle, missä tuotettava litiumhydroksidin määrä on 12 500 t/a. Rikastamoprosessissa muodostuu rikasteen lisäksi kaivannaisjätteiksi luokiteltava prefloot-jaetta n. 4 300 t/a, rikastushiekkaa ja liejua n. 400 000 t/a ja magneettista jaetta n. 700 t/a. Muodostuvat kaivannaisjätteet sijoitetaan rikastamoalueelle rakennettaville kaivannaisjätteen jätealueille.

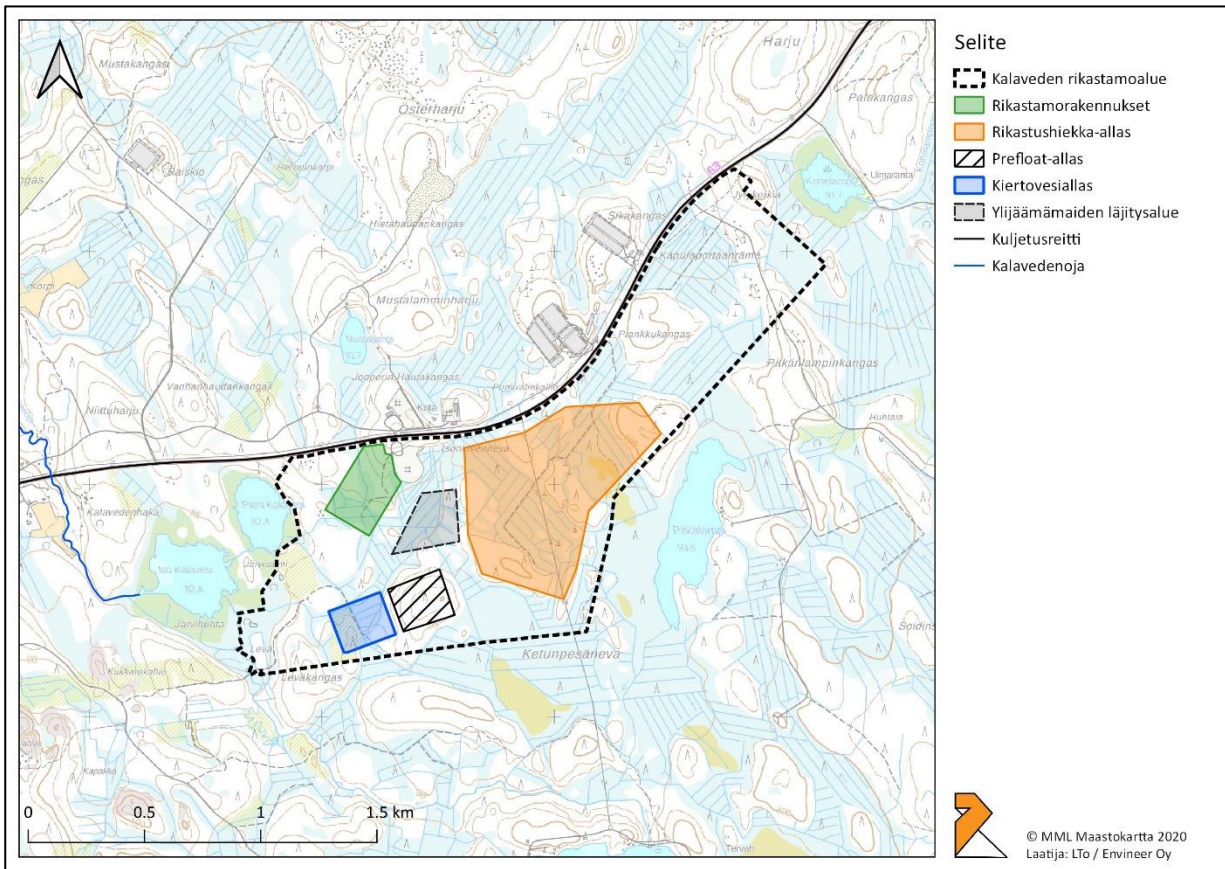
Vesien johtamisen osalta vaihtoehdossa VE1 tarkastellaan kahta eri alavaihtoehtoa A ja B. Molemmissa alavaihtoehdoissa Kalaveden rikastamon vedet johdetaan Kalavedenojaan ja edelleen Köyhäjokeen, Rapasaaren kaivosvedet johdetaan alueelle rakennettavan jätevedenpuhdistamon kautta Köyhäjokeen joko Näätinkiojan kautta tai suoraan Köyhäjokeen Jokinevan kohdalla ja Outoveden kaivoksen vedet johdetaan Ullavanjokeen. Alavaihtoehdot eroavat toisistaan Syväjärven kaivosvesien käsittelyn ja johtamisen osalta seuraavasti:

Vaihtoehto VE1A: Syväjärven kaivosvedet johdetaan Päivänevan/Rapasaaren alueelle rakennettavan jätevedenpuhdistamon kautta Köyhäjokeen. Vedet johdetaan Köyhäjokeen joko Näätinkiojan kautta tai suoraan Köyhäjokeen Jokinevan kohdalla.

Vaihtoehto VE1B: Syväjärven kaivosvedet johdetaan Ullavanjokeen kaivosalueelle rakennettavan pintavalutuskentän kautta.



Kuva 5. Vaihtoehdon VE1 mukaiset rikastamo- ja kaivosalueet (hankealue).



Kuva 6. Rikastamo- ja allasalueiden sijoittuminen Kalavedelle.

5.3 Vaihtoehto VE2

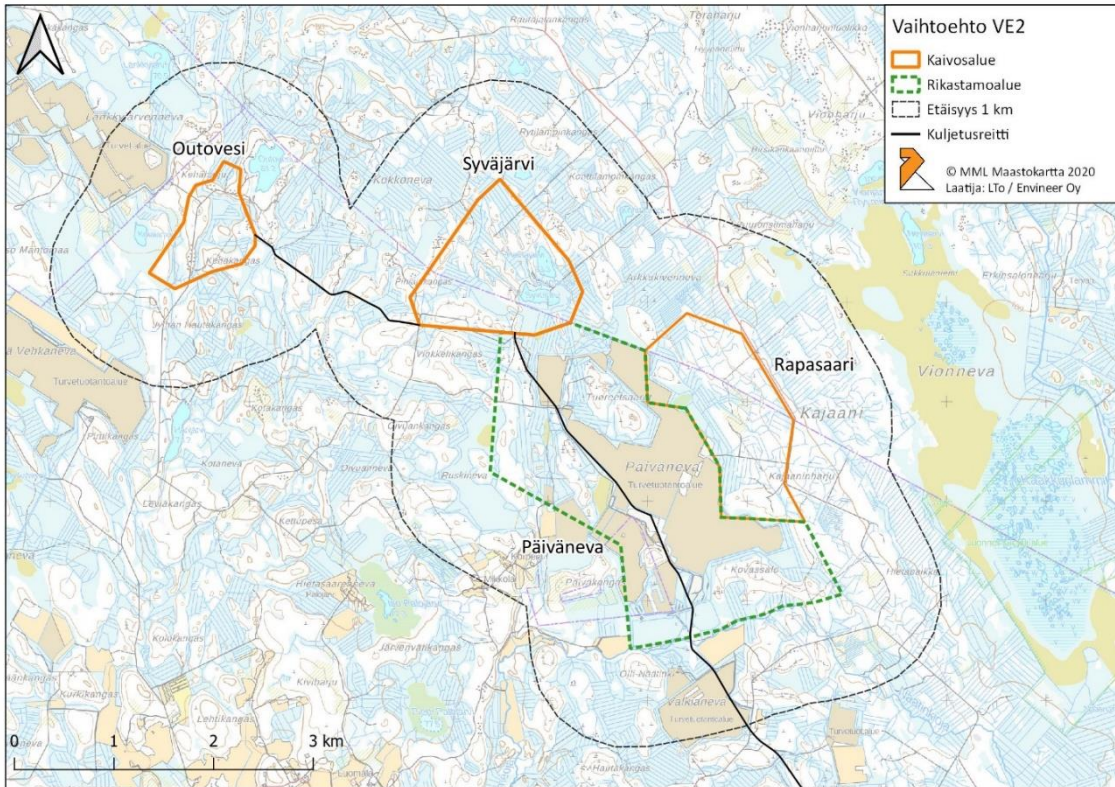
Vaihtoehdossa VE1 hankealueen muodostavat Keski-Pohjanmaan litiumprovinssin **Rapasaaren, Syväjärven ja Outoveden kaivosalueet sekä Päivänevan rikastamoalue**. Louhittavan malmin määrä on yhteensä 850 000 t/a ja kaikkiaan 10 Mt kaivostoiminnan elinkaaren aikana. Kaivostoiminnan elinkaari perustuu LOM-selvitykseen, missä kaivostoiminnan elinkaaren pituudeksi on arvioitu noin 13 vuotta. Rikastamotoiminnot sisältäen malmin murskauksen ja lajittelun sijoittuvat kokonaisuudessaan Päivänevan alueelle, Rapasaaren kaivosalueen välittömään läheisyyteen. Kuvassa (**Kuva 7**) on esitetty hankealue eli toimintojen sijoittuminen louhos- ja rikastamoalueille. Kuvassa (**Kuva 8**) esitetty rikastamo- ja allasalueiden sijoittuminen Päivänevan alueelle.

Rikastamalla tuotettavan spodumeenirikasteen määrä on n. 200 000 t/a. Rikaste kuljetetaan edelleen Kokkolan kemiantehtaalle, missä tuotettava litiumhydroksidin määrä on 15 000 t/a. Rikastamoprosessissa muodostuu rikasteen lisäksi kaivannaisjätteiksi luokiteltava prefloat-jaetta n. 6 500 t/a, rikastushiekkaa ja liejua n. 600 000 t/a ja magneettista jaetta n. 1 100 t/a. Muodostuvat kaivannaisjätteet sijoitetaan rikastamoalueelle rakennettaville kaivannaisjätteen jätealueille.

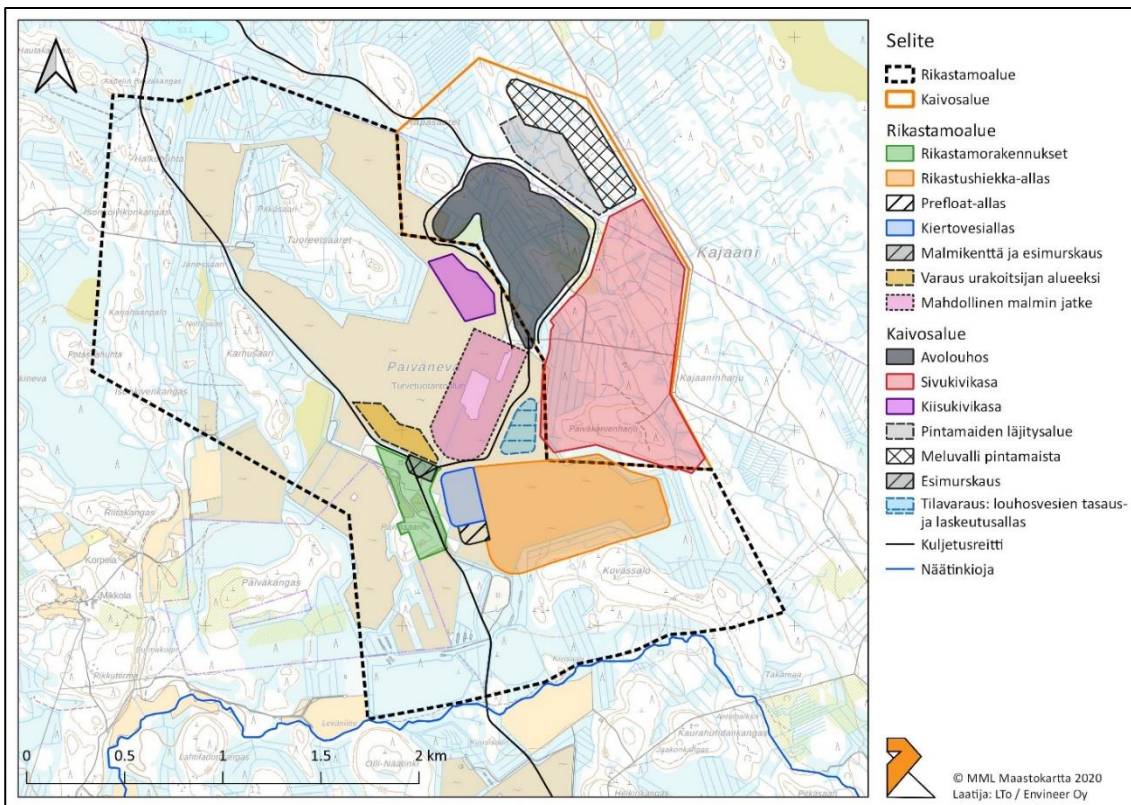
Vesien johtamisen osalta vaihtoehdossa VE2 tarkastellaan kahta eri alavaihtoehtoa A ja B. Molemmissa alavaihtoehdoissa Päivänevan rikastamolla tarvittava vesi otetaan joko Näätkiojasta tai Köyhäjoesta Jokinevan kohdalla. Jos vedet otetaan Näätkiojasta, käsitellyt vedet johdetaan Näätkiojaan ja edelleen Köyhäjokeen. Jos vedet otetaan Köyhäjoesta Jokinevan kohdalla, johdetaan käsitellyt vedet vastaavasti Jokinevan kohdalle. Edelleen molemmissa alavaihtoehdoissa A ja B Rapasaaren kaivosvedet johdetaan alueelle rakennettavan jätevedenpuhdistamon kautta joko Näätkiojaan tai Köyhäjokeen Jokinevan kohdalla vastaavasti kuin rikastamon vedet. Outoveden kaivoksen vedet johdetaan Ullavanjokeen molemmissa alavaihtoehdoissa. Alavaihtoehdot eroavat toisistaan Syväjärven kaivosvesien käsittelyn ja johtamisen osalta vastaavasti kuin vaihtoehdossa VE1:

Vaihtoehto VE2A: Syväjärven kaivosvedet johdetaan Rapasaaren alueelle rakennettavan jätevedenpuhdistamon kautta Köyhäjokeen. Vedet johdetaan Köyhäjokeen joko Näätkiojan kautta tai suoraan Köyhäjokeen Jokinevan kohdalla.

Vaihtoehto VE2B: Syväjärven kaivosvedet johdetaan Ullavanjokeen kaivosalueelle rakennettavan pintavalutus kentän kautta.



Kuva 7. Vaihtoehdon VE2 mukaiset rikastamo- ja louhosalueet (hankealue).



Kuva 8. Rikastamo- ja allasalueiden sijoittuminen Päivänevan alueelle.

6 MALLINNUS

6.1 Mallinnusohjelma

Keliberin kaivos- ja rikastamotoiminnoista vesistöön kohdistuvan kuormituksen yhteisvaikutusten mallintamiseen on käytetty GoldSim-ohjelmistoa. GoldSim on GoldSim Technology Group LLC:n kehittämä monimuuttujajärjestelmien dynaamiseen mallintamiseen tarkoitettu ohjelmisto, jolla voidaan joustavasti ja visuaalisesti mallintaa matemaattisilla yhtälöillä kuvattavia vuorovaikutuksia. GoldSim-mallilla voidaan vertailla vaihtoehtoja ja eri tekijöiden painoarvoja, simuloida tulevia muutoksia ja testata esimerkiksi vesistön herkkyyttä vastaanottaa kuormitusta. GoldSim on tehokas päätöksenteon apuväline, kun on vastattava kysymykseen: Mitä jos...?

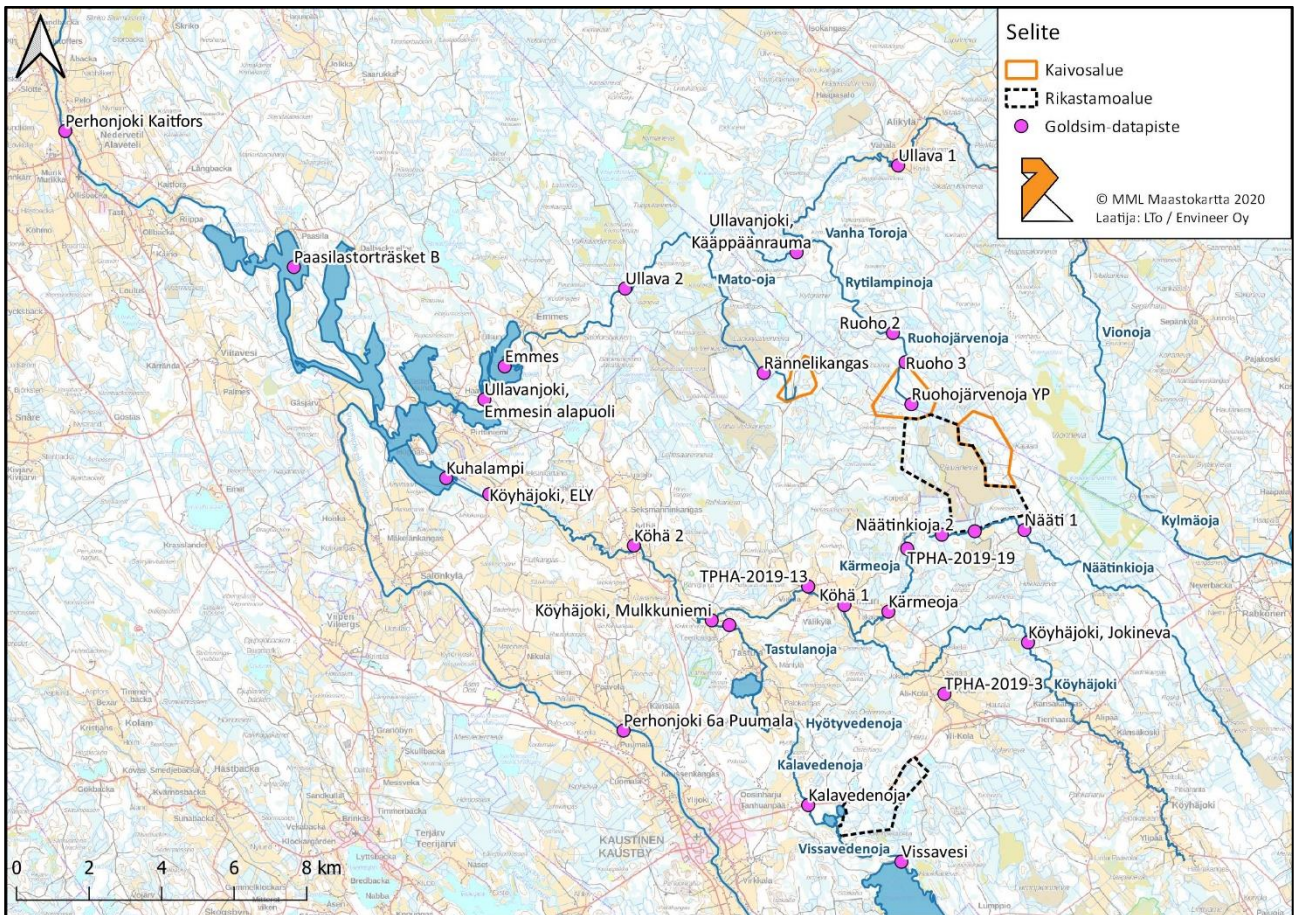
Tässä työssä hyödynnettiin GoldSim-ohjelmiston sisältämää Monte Carlo –simulaatiota vesistöön mallinnettujen pitoisuuksien vaihteluvälin ja todennäköisyyksien kuvaamiseen. Keliberin toiminnoista aiheutuvaa kuormitusta kuvaavilla lähtöarvoilla ajettiin Monte Carlo –simulaatiota hyödyntäen läpi GoldSim -malli yhden vuoden jaksona 22 kertaa. Jokainen mallinnettu vuosi kuvasi yhtä vuosina 1997-2019 toteutunutta sade- ja lämpötilavuotta. Muut lähtöoletukset pysyivät jokaisen mallinnusvuoden kohdalla muuttumattomina.

Tuloskuvaajissa on esitetty mallinnettujen tulosten keskiarvopitoisuuksia. Mallinnettu tulos kertoo sääolosuhteiden vaihtelun aiheuttamaa muutosta Keliberin toiminnoista aiheutuvaan kuormitukseen ja kuormituksen johdosta vesistössä esiintyviin pitoisuuksiin. Mallinnuksessa hyödynnetään vesistön luontaisten taustapitoisuuksien vaihtelua (=nykytila).

Mallinnukseen valittiin vesistöjen tilan kannalta (ekologinen tilaluokittelu) merkittävimmät alkuaineet ja yhdisteet. Mallinnetut parametrit ovat kokonaistyyppi, kokonaisfosfori, arseeni, litium, kloridi, natrium ja sulfaatti. Vaikutusten arviointi perustuu hankealueiden alapuolisten vesistöjen mallinnuspisteisiin eri vaihtoehtoilla ja em. parametreilla. Mallinnustulosten tarkastelupisteet olivat Tastulanoja, Köyhäjoki Vintturi, Köyhäjoki Kuhalampi, Ullavanjoki Emmes-Storträsket ja Perhonjoki Kaitfors.

6.2 Mallinnustilanteet ja tarkastelupisteet

Mallinnustilanteet kuvaavat kaivostoimintaa Rapasaaren, Syväjärven ja Outoveden kaivosalueilla sekä rikastamotoimintaa joko Kalavedellä tai Päivänevalla. Seuraavissa kohdissa on esitetty mallinnustulokset eri parametrien (keskiarvo)pitoisuuden muutoksista nykytilaan nähden em. pisteissä. Tarkastelu on tehty vuodelle 2028 jolloin sekä Rapasaaren että Syväjärven kaivostoiminta on käynnissä. Samoin rikastamo toimii joko Kalavedellä tai Päivänevalla. Ullavanjoen osalta tarkasteluun on lisätty myös vuoden 2036 tilanne, jolloin Outoveden kaivos on toiminnassa ja Syväjärven kaivos on suljettu, mutta se kuormittaa vielä mm. sivukivialueen osalta Ullavanjokea. Seuraavassa kuvassa (**Kuva 9**) on esitetty malliin vietyjen pisteiden vedenlaatu ja virtaamatiedot, joihin malli pohjautuu.



Kuva 9. GoldSim-mallin pisteet ja kaivos- sekä rikastamoalueet.

Tarkastelupisteinä on käytetty seuraavia pisteitä

- Näätingioja (toinen vaihtoehtoisista purkupisteistä) ja Kärmeoja
- Köyhäjoki Jokineva (toinen vaihtoehtoisista purkupisteistä)
- Tastulanoja (Kalavedenoja)
- Köyhäjoki Vintturi
- Köyhäjoki Kuhalampi
- Ullavanjoki (Emmes-Storträsket)
- Perhonjoki (Kaitfors)

6.3 Päästötiedot

Purkuvesien määrät perustuvat Keliberin vesitaseeseen. Taulukoissa (**Taulukko 12**, **Taulukko 13**) on esitetty kaivosten ja rikastamon purettavien vesien haitta-ainepitoisuudet (mg/l). Lisäksi taulukossa (**Taulukko 14**) on esitetty kaivoksilta ja rikastamolta mallinnettu purettava vesimäärä vesistöön keskiarvolukuna. Taulukossa esitetyt kaivosalueiden vesimäärät kuvaavat muodostuvien likaantuneiden vesien määriä (kaivosvesi, sivukivialueen vedet), jotka on huomioitu mallinnuksessa. Esimerkiksi Syväjärven kaivosalueella muodostuvien vesien määrä on kokonaisuudessaan arviolta 57 m³/h, josta kaivoksen kuivanapitovesien ja sivukivialueen vesien määrä on noin 44 m³/h.

Rikastamon päästötiedot perustuvat Keliber Oy:n Päiväneva vesi- ja materiaalitaseeseen (Keliber, 2020). Kaivosten päästötietojen lähteet on esitetty taulukossa (**Taulukko 11**).

Taulukko 11. Kaivosten päästötietojen lähteet.

	Syväjärvi	Outovesi	Rapasaari
Arseeni	Ympäristölupahakemus	Syväjärven ympäristölupahakemus	Kaivosvesi (GTK 2020a), Sivukiven liukoisuusanalyysi
Natrium	Ympäristölupahakemus	Syväjärven ympäristölupahakemus	Kaivosvesi (GTK 2020a), Sivukiven liukoisuusanalyysi
Kloridi	Ympäristölupahakemus	Syväjärven ympäristölupahakemus	Kaivosvesi (GTK 2020a), Sivukiven liukoisuusanalyysi
Sulfaatti	Ympäristölupahakemus	Syväjärven ympäristölupahakemus	Kaivosvesi (GTK 2020a), Sivukiven liukoisuusanalyysi
Litium	Ympäristölupahakemus	Syväjärven ympäristölupahakemus	Kaivosvesi (GTK 2020), Sivukiven liukoisuusanalyysi
Kokonaistyyppi	Ympäristölupahakemus ja puhdistamon teho 70 %	Syväjärven ympäristölupahakemus	Päivänevan vesi- ja materiaalitase (Keliber, 2020), puhdistamon teho 70 %

Taulukko 12. Kaivoksilta purettavien vesien pitoisuudet (mg/l), jolla mallinnus on tehty.

	Syväjärvi, VEXA		Syväjärvi, VEXB		Rapasaari		Outovesi*	
	Sivukivialue	Kaivosalue	Sivukivialue	Kaivosalue	Sivukivialue	Kaivosalue	Sivukivialue	Kaivosalue
As	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15	0,07	0,1	0,1
Na		68		68		150		68
Cl ⁻	0,15	270	0,15	270	0,2	500	0,15	270
SO ₄	10	10	10	10	10	1	10	10
Li		0,23		0,23		0,5		0,23
kok.N	30	30	9	9	8,1	8,1	30	30

* Outoveden kaivokselta purettavien vesien laatu arvioitiin vastaavaksi kuin Syväjärven kaivoksella.

Taulukko 13. Rikastamon (Päiväneva/Kalavesi) purettavan jäteveden pitoisuudet (mg/l), joilla mallinnus on tehty.

	Pitoisuus (mg/l)
As	0,1*
Na	379
kok. P	0,5
SO ₄	370

* Tämä pitoisuus on arvioitu rikastamon jätevedenpuhdistamon puhdistusprosessin jälkeen purkuvedelle.

Taulukko 14. Purettavien vesien määriä kaivoksilta ja rikastamolta. Keskiarvo mallinnetusta vuosittaisesta vesimäärästä.

	Lähtevä vesi (m ³ /h)
Syväjärven kaivos	44
Rapasaaren kaivos	36
Outoveden kaivos*	44
Päivänevan rikastamo	40
Kalaveden rikastamo	40

* Outoveden kaivokselta purettavien vesien määrä arvioitiin vastaavaksi kuin Syväjärven kaivoksella.

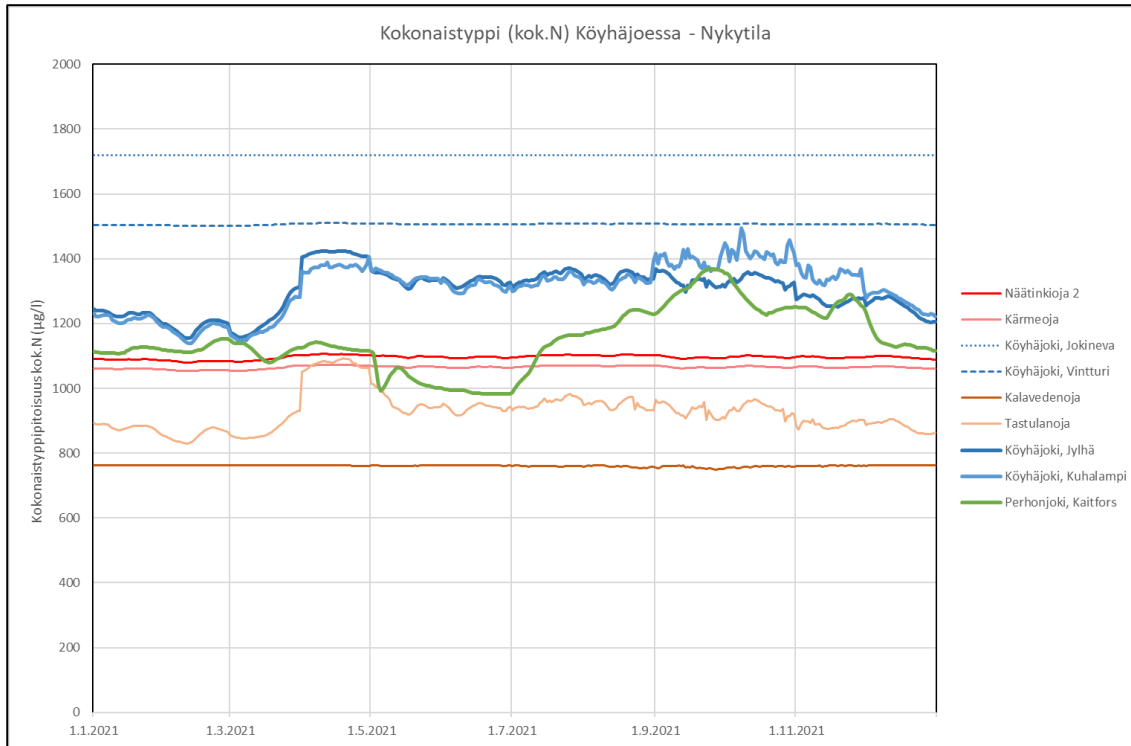
7 TULOKSET

Tulokset on esitetty seuraavissa kohdissa haitta-aineittain ja vaihtoehdoittain. Nykytila kuvaa pisteessä kuukausittain mitattujen todellisten vedenlaatutietojen pohjalta laskettuja pitoisuuksia. Mallinnettu tulos huomioi päästön suuruuden ja virtaamat pisteittäin. Lisäksi on esitetty

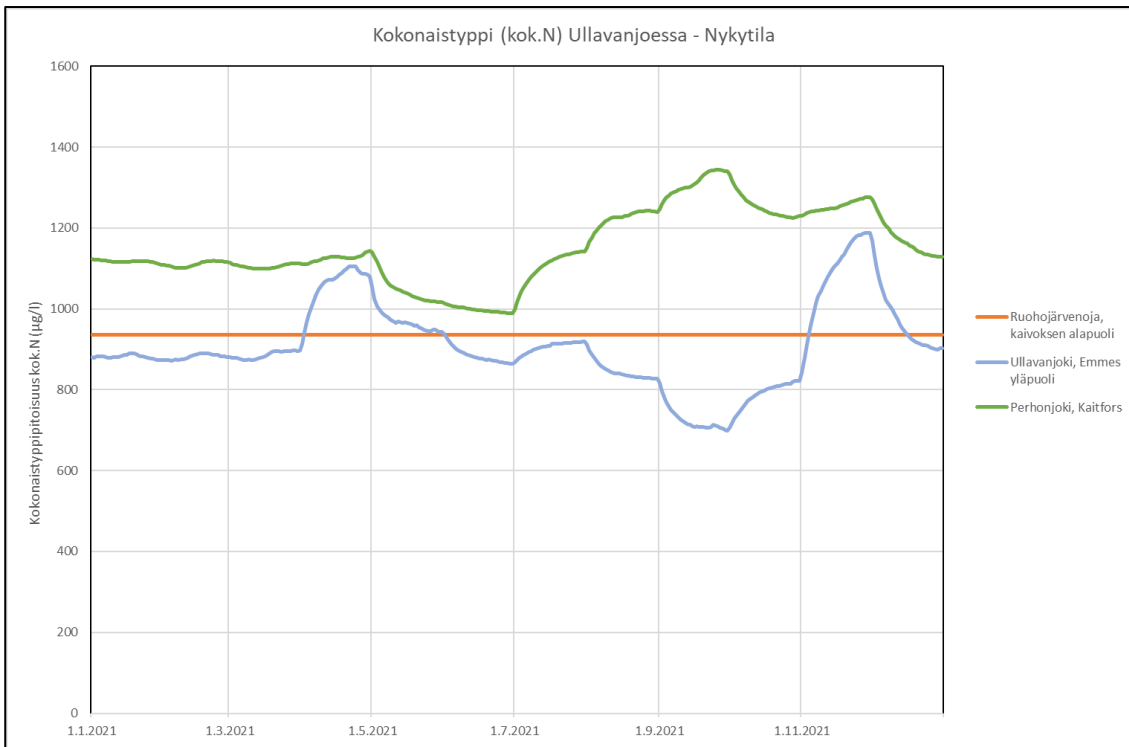
vaihtoehtojen vertailu -kohdassa tärkeimmillä vesistöasteilla eri vaihtoehtojen erovaisuutta pitoisuuslisäyksessä, jotka on myös taulukoitu yhteenvetotaulukossa.

7.1 Kokonaistyyppi

7.1.1 VEO

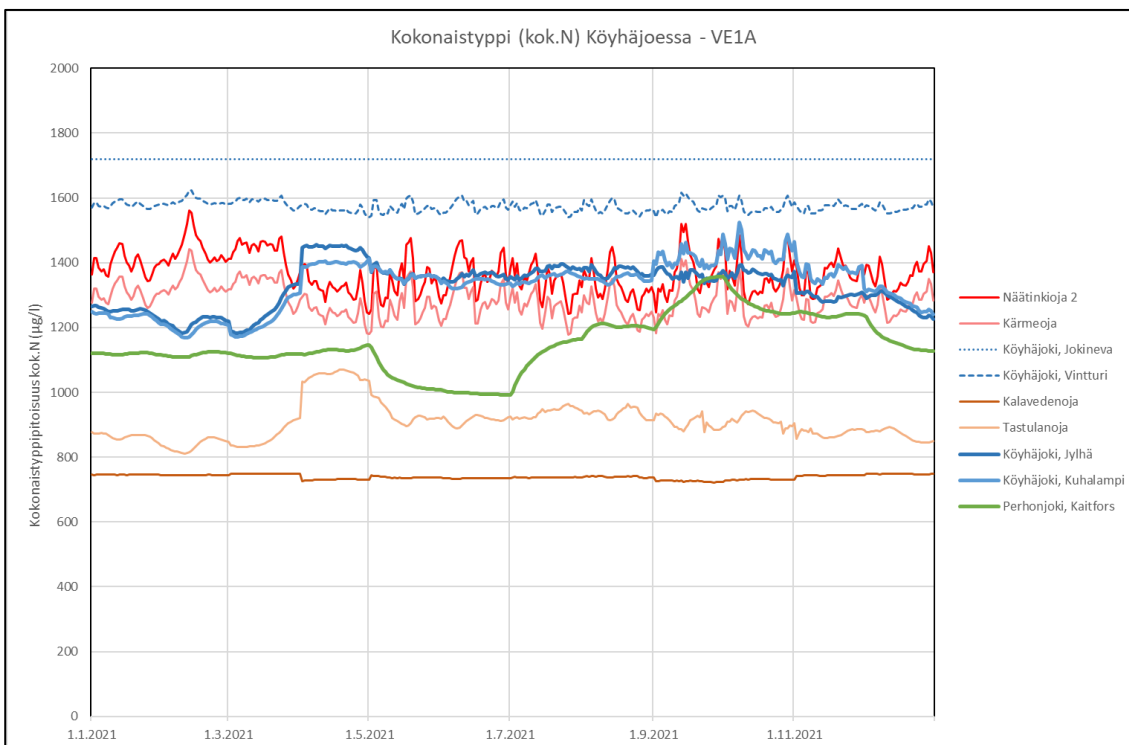


Kuva 10. Kokonaistyyppipitoisuudet (µg/l) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä

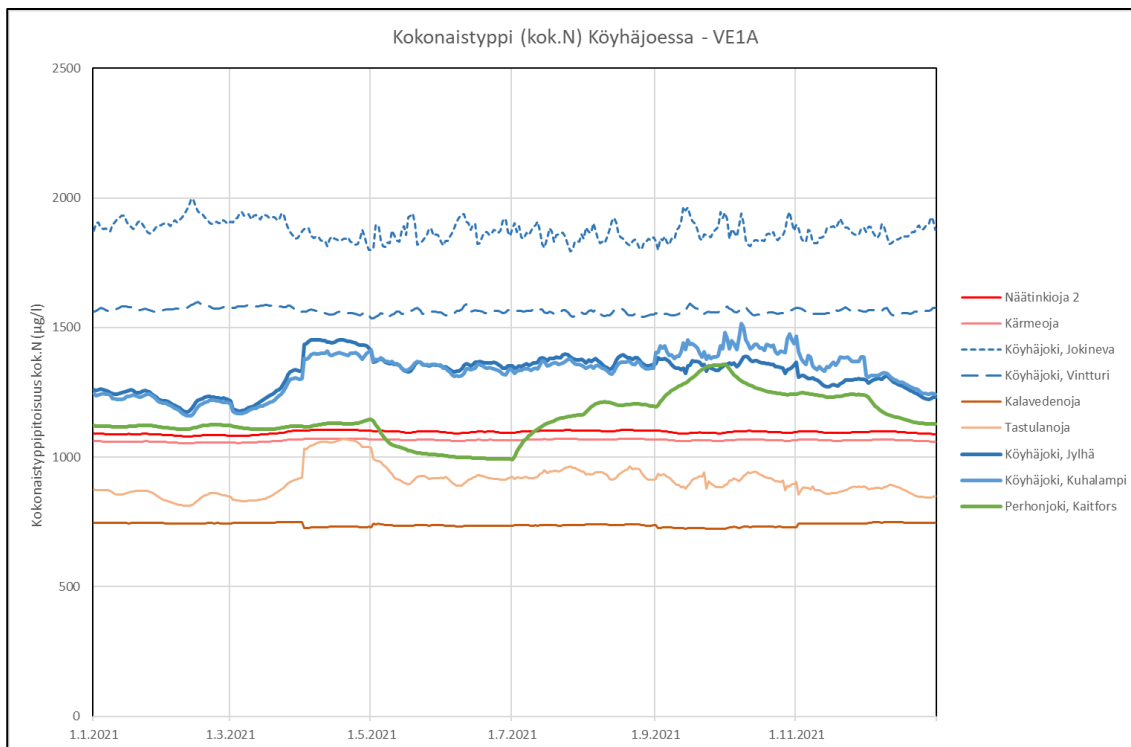


Kuva 11. Kokonaistyyppipitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) Ullavanjoen valuma-alueen virtavesissä

7.1.2 VE1A

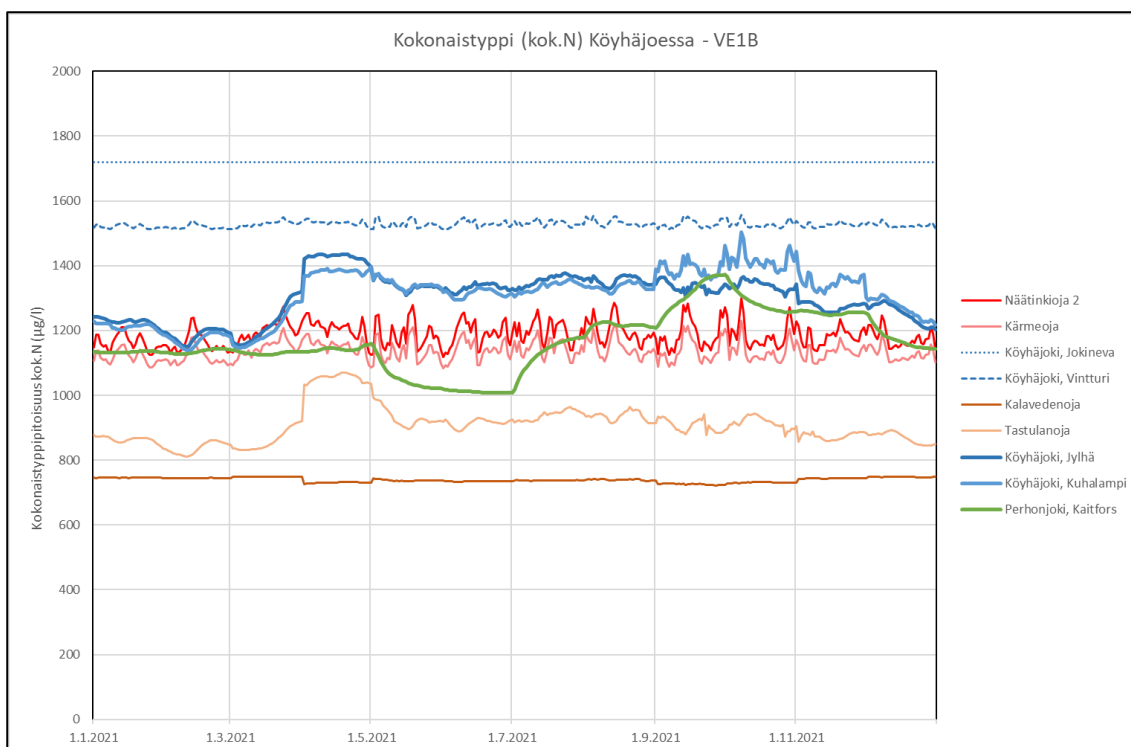


Kuva 12. Kokonaistyyppipitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdossa VE1A. Jätevesien purkupisteinä Kalavedenoja ja Nääntinkioja.

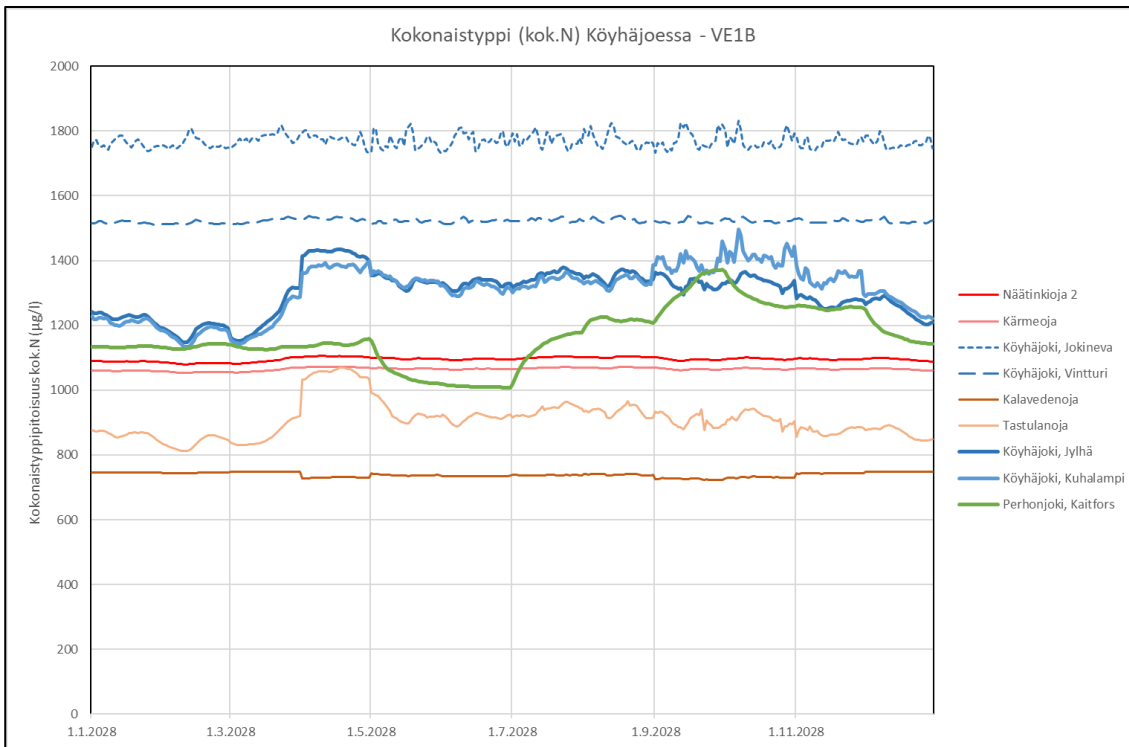


Kuva 13. Kokonaistyyppipitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdossa VE1A. Jätevesien purkupisteinä Kalavedenoja ja Köyhäjoen Jokineva.

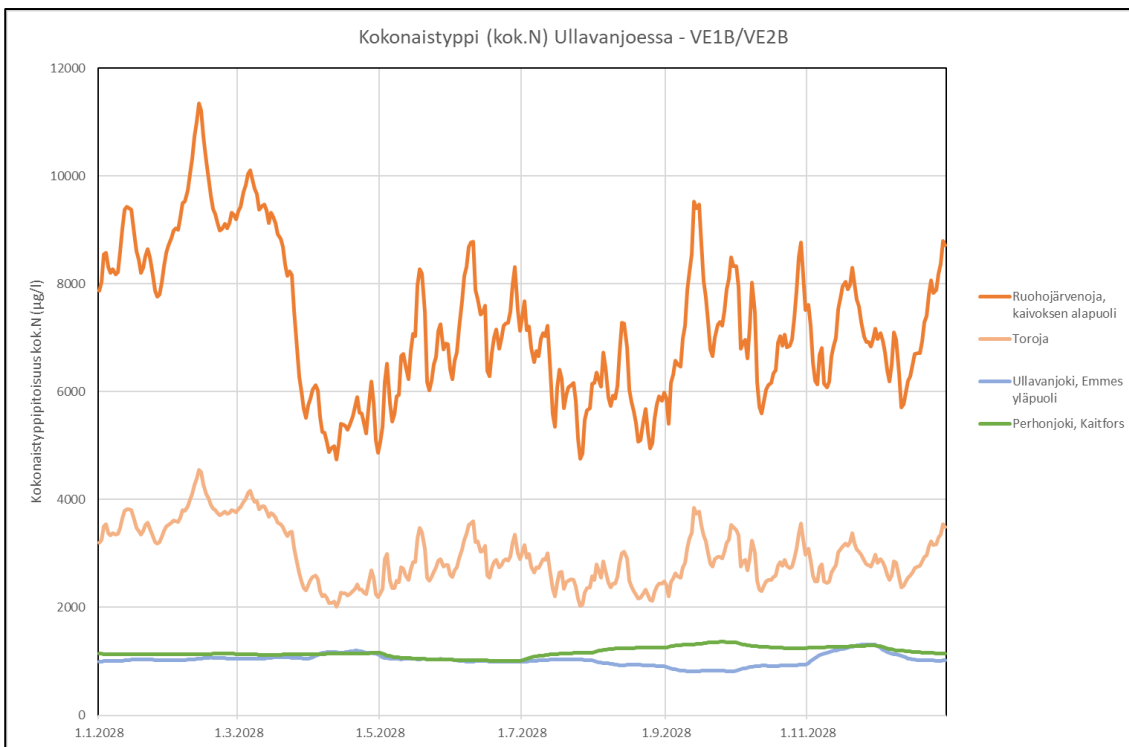
7.1.3 VE1B



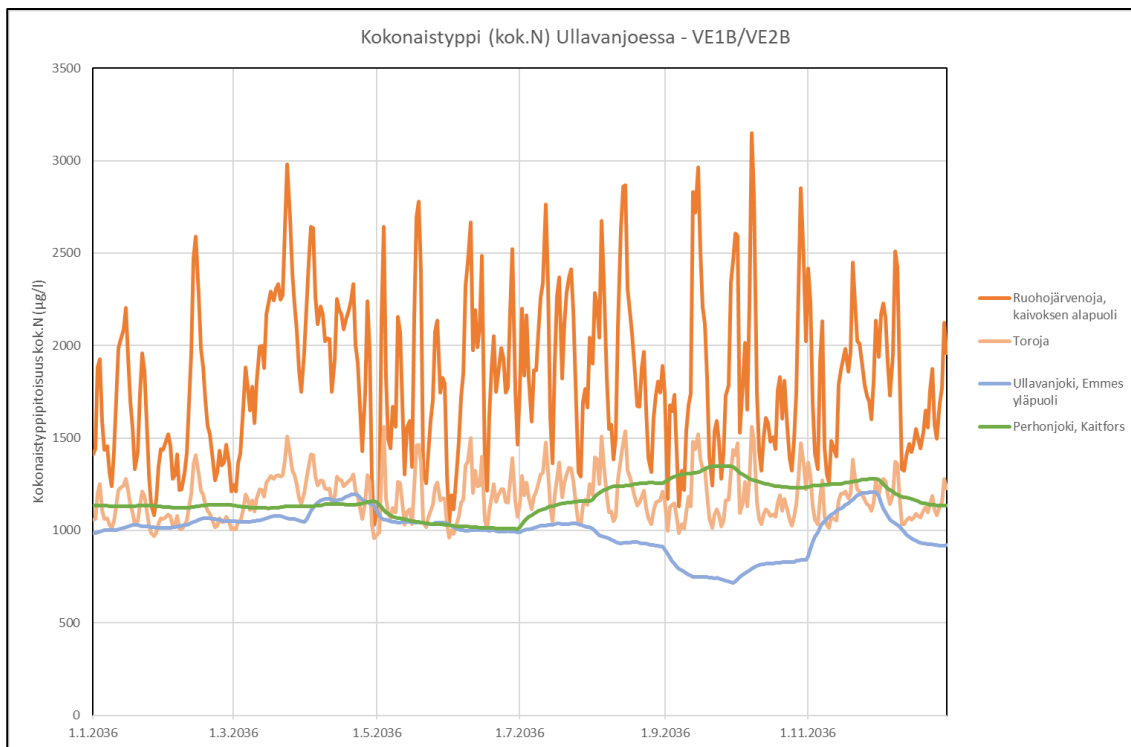
Kuva 14. Kokonaistyyppipitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdossa VE1B. Jätevesien purkupisteinä Kalavedenoja ja Nääntinkioja.



Kuva 15. Kokonaistyyppipitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdossa VE1B. Jätevesien purkupisteinä Kalavedenoja ja Köyhäjoen Jokineva.

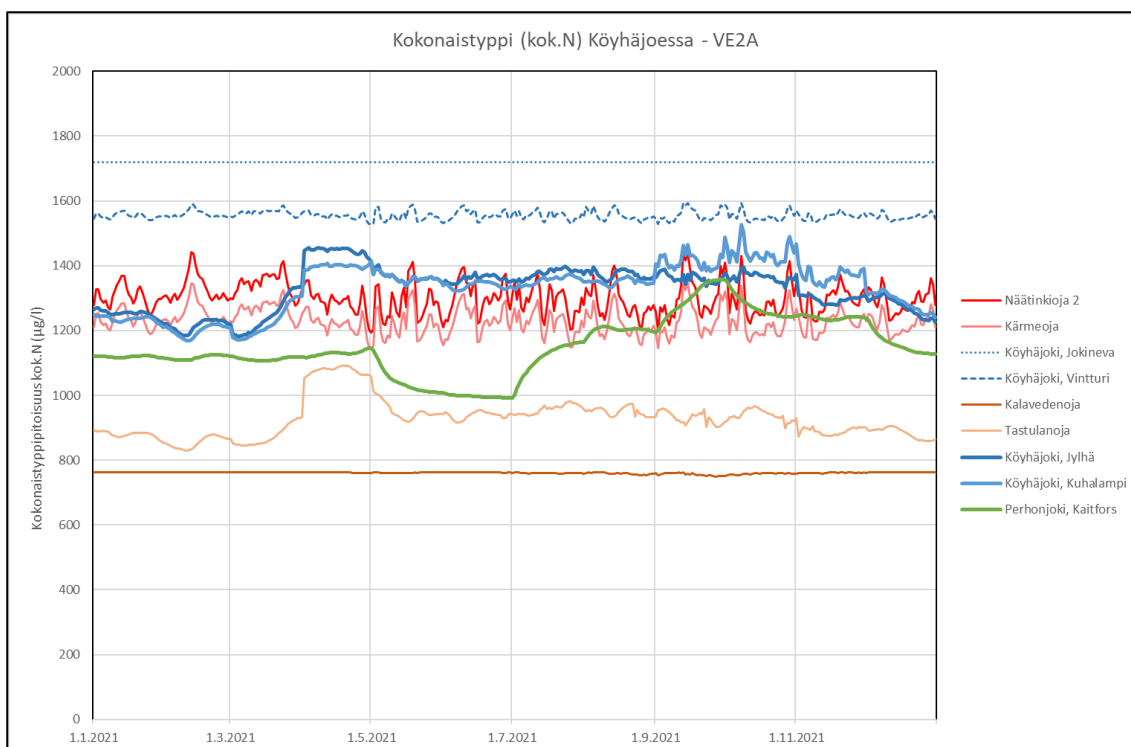


Kuva 16. Kokonaistyyppipitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) Ullavanjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdoissa VE1B/VE2B. Syväjärven kaivoksen jätevesien purkupisteenä Ruohojärvenoja.

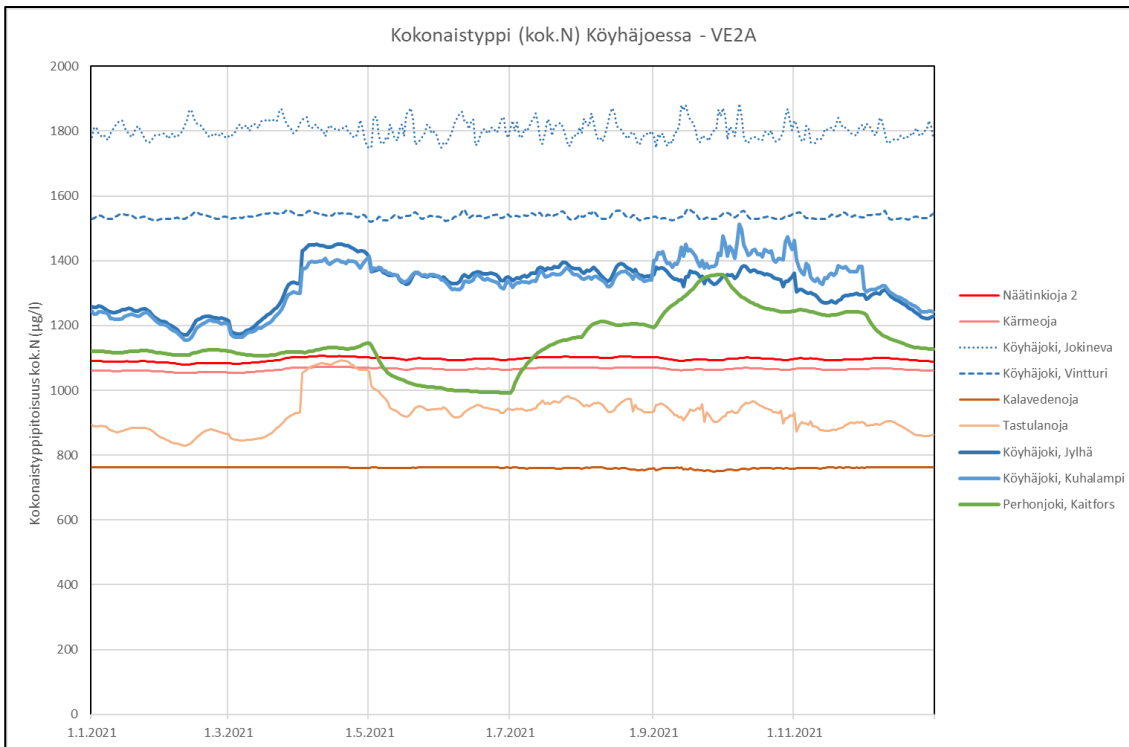


Kuva 17. Kokonaistyyppipitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) Ullavanjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdoissa VE1B/VE2B. Outoveden kaivoksen jätevesien purkupisteenä Mato-oja, jälkihoitovaiheessa olevan Syväjärven kaivoksen vedet johdetaan Ruohojärvenojaan.

7.1.4 VE2A

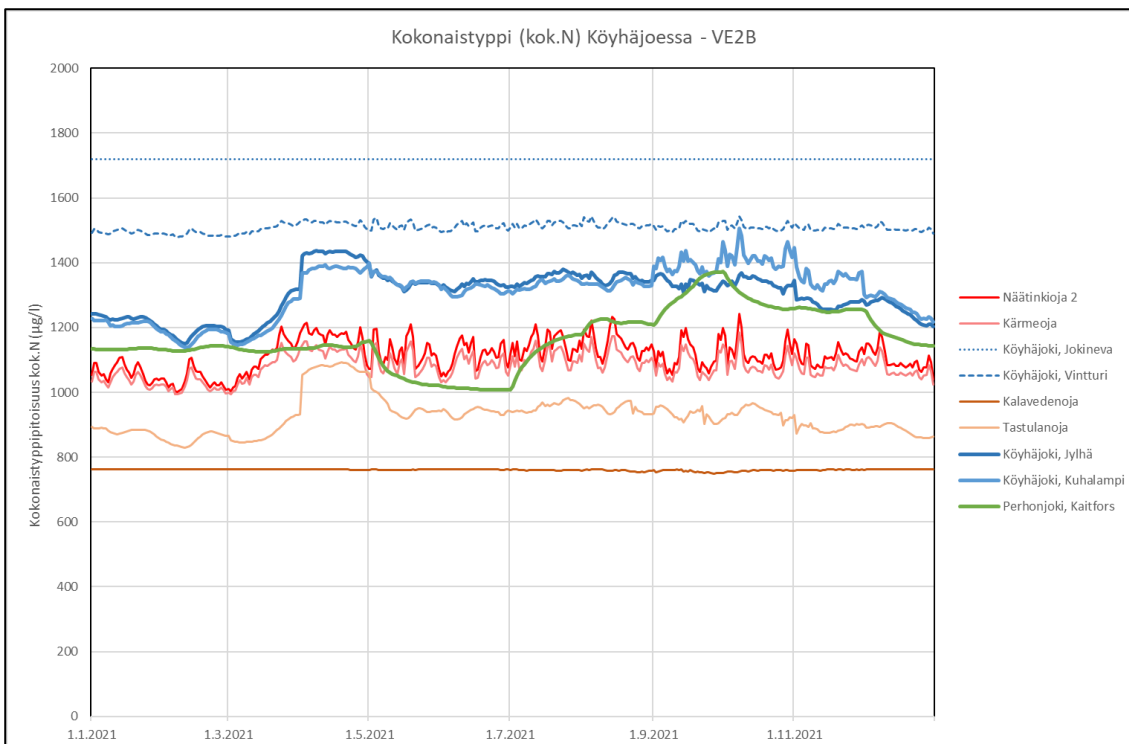


Kuva 18. Kokonaistyyppipitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdossa VE2A. Jätevesien purkupisteenä Nääntinkioja.

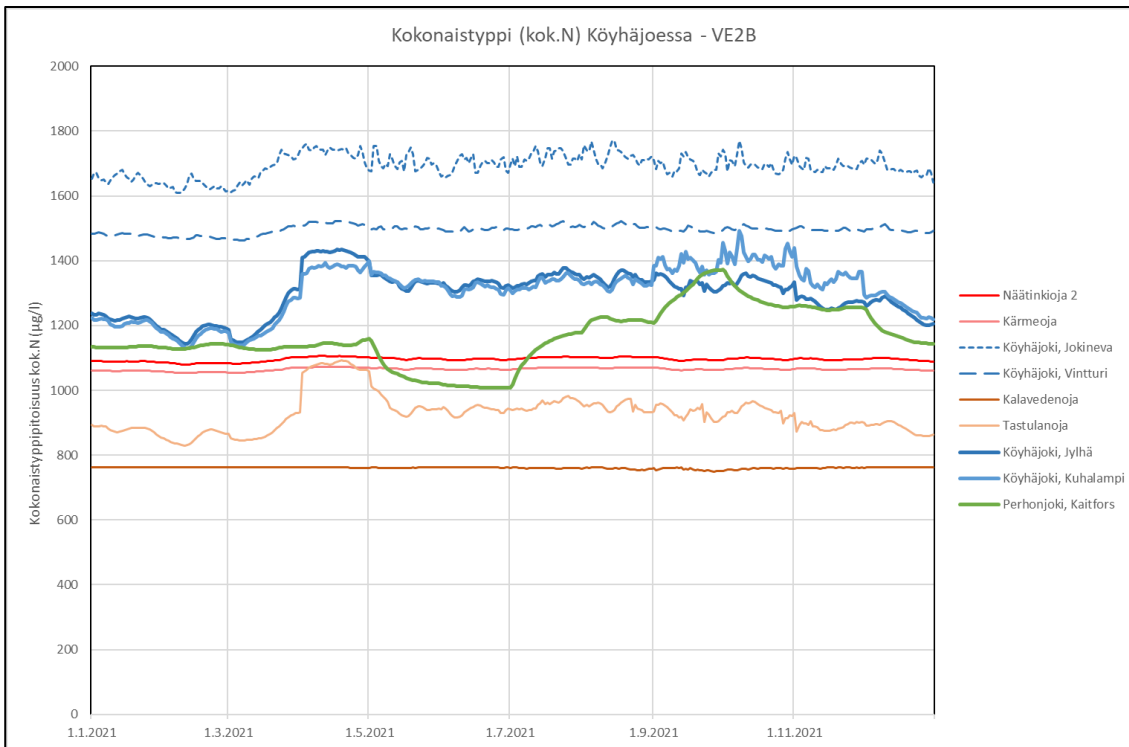


Kuva 19. Kokonaistyyppipitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdossa VE2A. Jätevesien purkupisteenä Köyhäjoen Jokineva.

7.1.5 VE2B

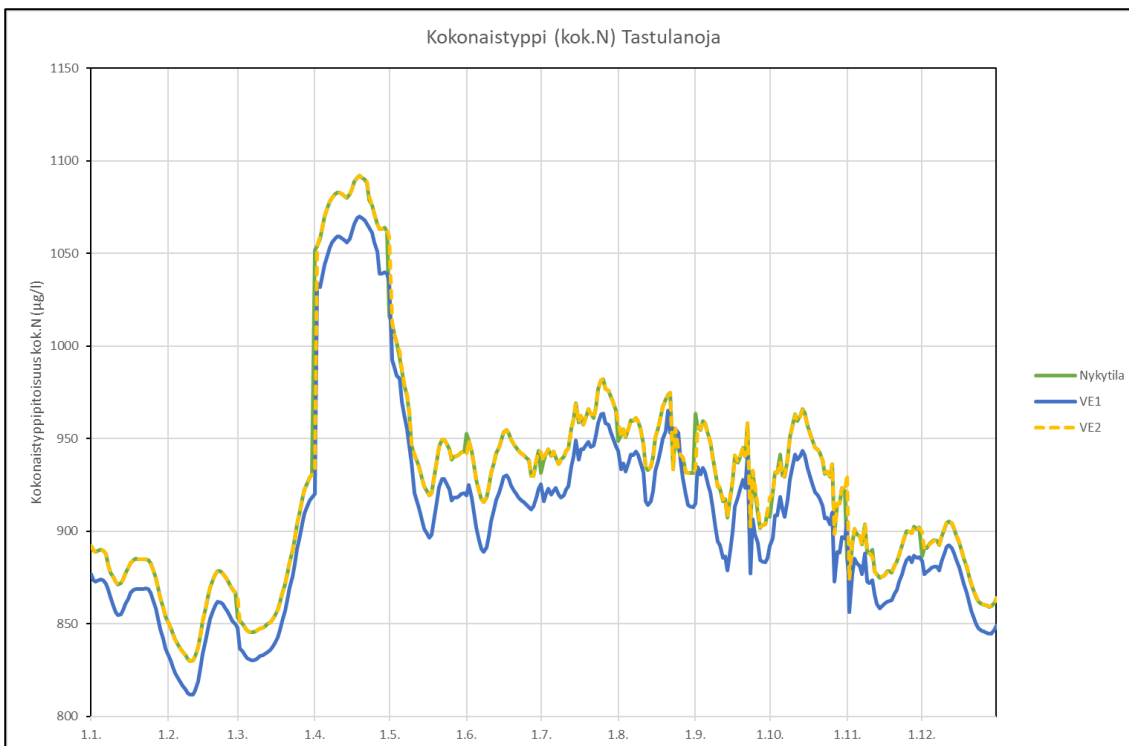


Kuva 20. Kokonaistyyppipitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdossa VE2B. Jätevesien purkupisteenä Näätinkioja.

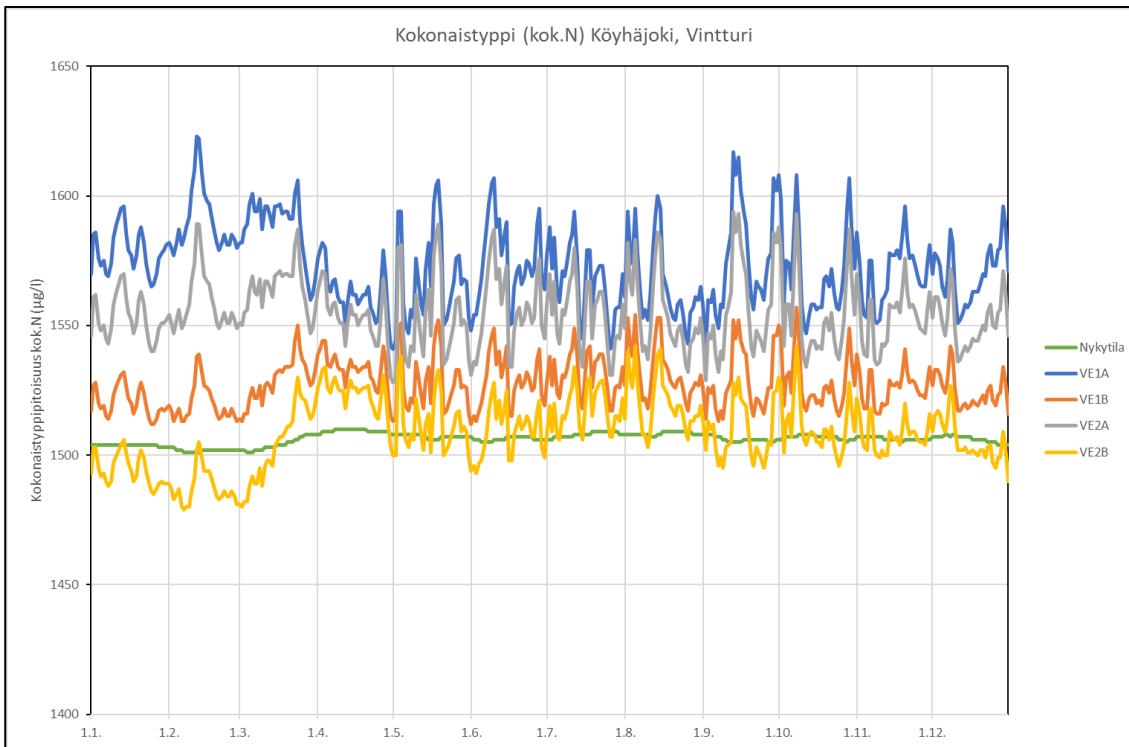


Kuva 21. Kokonaistyyppipitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdossa VE2B. Jätevesien purkupisteenä Köyhäjoen Jokineva.

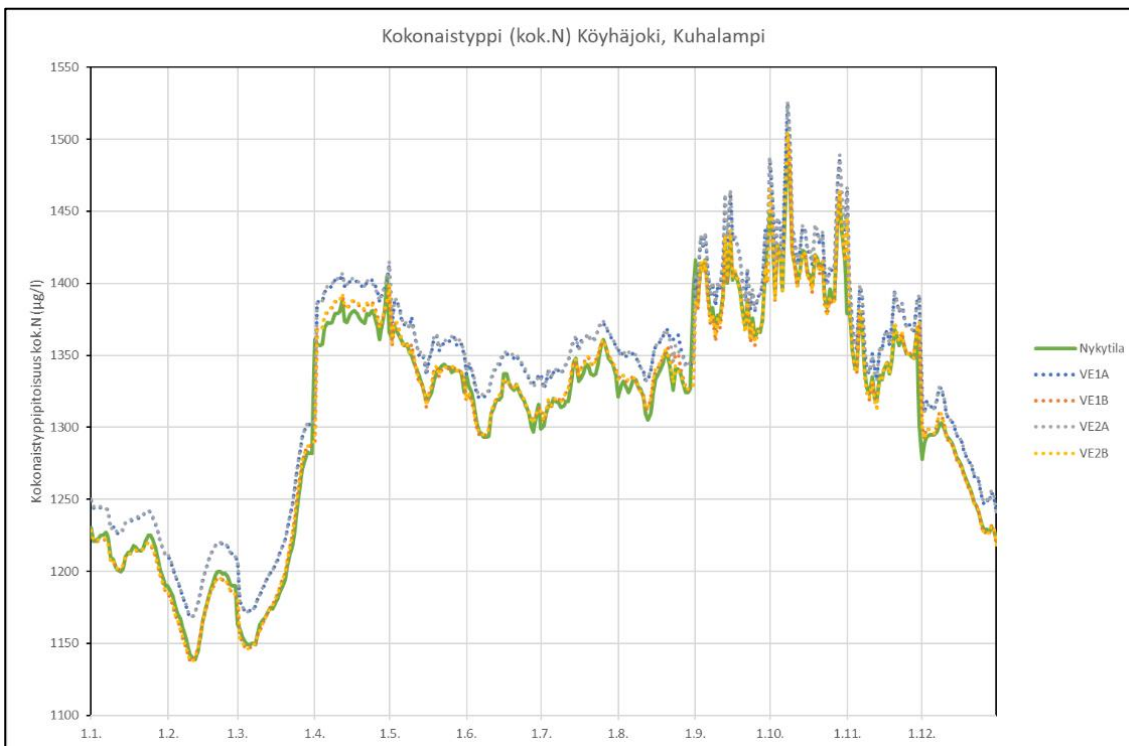
7.1.6 Vaihtoehtojen vertailu



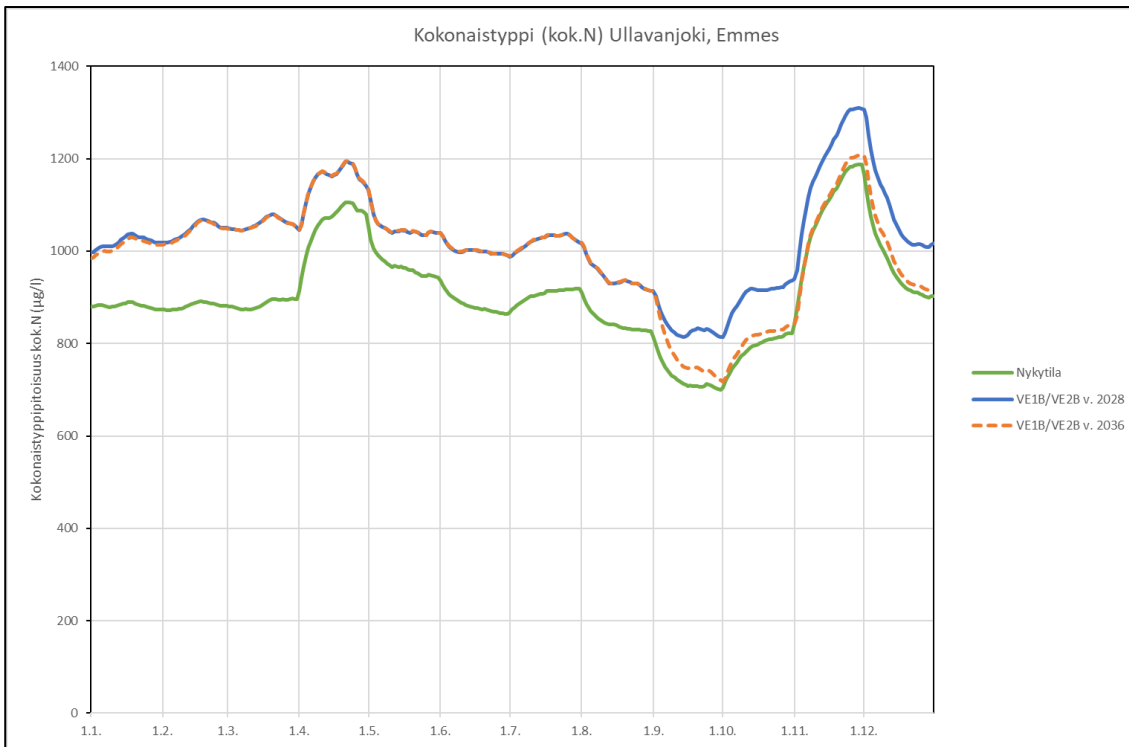
Kuva 22. Kokonaistyyppipitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) Tastulanojassa eri vaihtoehdoilla.



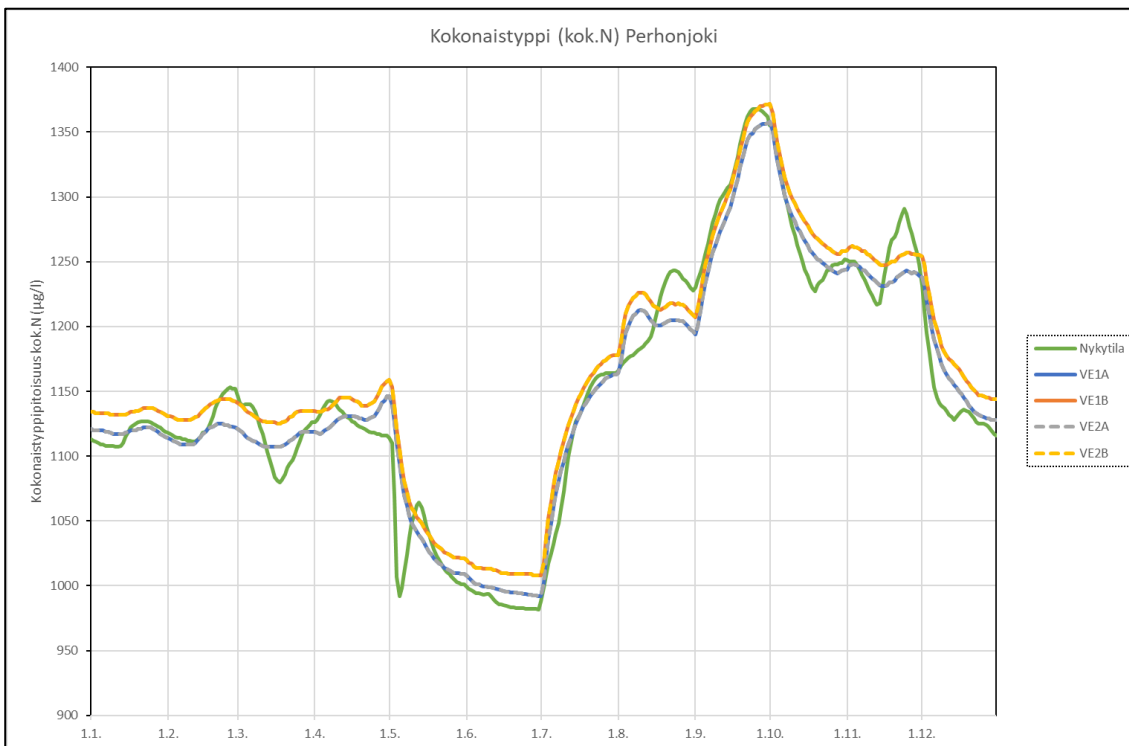
Kuva 23. Kokonaistyyppipitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) Köyhäjoen Vintturissa eri vaihtoehdoilla.



Kuva 24. Kokonaistyyppipitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) Köyhäjoen Kuhalammessa eri vaihtoehdoilla.



Kuva 25. Kokonaistyyppipitoisuudet (µg/l) Ullavanjoen Emmesissä eri vaihtoehdoilla.



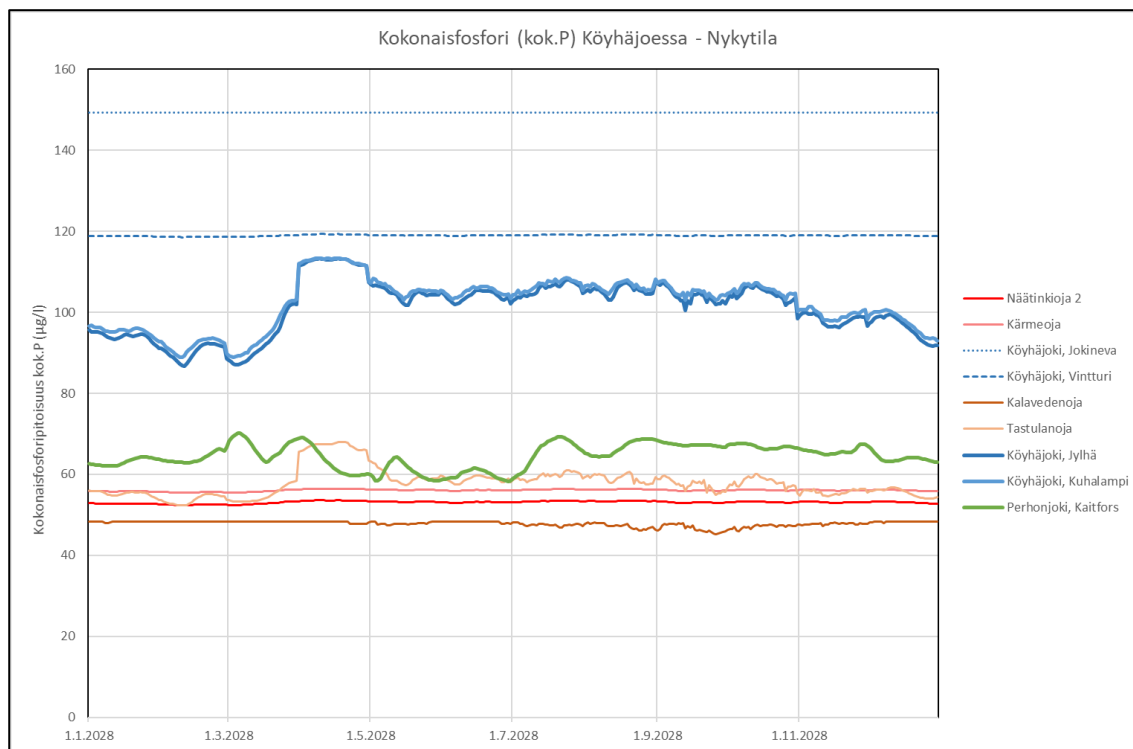
Kuva 26. Kokonaistyyppipitoisuudet (µg/l) Perhonjoessa eri vaihtoehdoilla.

Taulukko 15. Yhteenveto: keskiarvot kokonaistypen pitoisuuksista ja niiden lisäyksistä Köyhäjoessa, Ullavanjoessa ja Perhonjoessa eri vaihtoehdoissa VE1 ja VE2 mallinnetun vuoden 2028 tilanteessa. Rasterilla merkityt solut ovat purkupisteitä typen osalta.

	Nykytila	VE1A		VE1B		VE2A		VE2B	
	Pit.	Pit.	Lisäys	Pit.	Lisäys	Pit.	Lisäys	Pit.	Lisäys
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Näätinkioja	1096	1369	273	1186	91	1302	206	1113	18
Kärmeoja	1065	1283	218	1136	72	1230	166	1080	15
Köyhäjoki, Jokineva	1720	1874	154	1769	49	1802	82	1693	-27
Köyhäjoki, Vintturi	1506	1573	67	1528	21	1555	49	1509	2
Kalavedenoja	761	739	-22	739	-22	761	0	761	0
Tastulanoja	927	908	-19	908	-19	927	0	927	0
Köyhäjoki, Jylhä	1300	1327	27	1304	3	1328	27	1304	4
Köyhäjoki, Kuhalampi	1310	1331	21	1310	1	1331	22	1311	1
Ruohojärvenoja, kaivoksen alapuoli	935	935	0	7243	6308	935	0	7243	6308
Toroja	935	935	0	2960	2025	935	0	2960	2025
Ullavanjoki, Emmes yläpuoli	906	906	0	1026	120	906	0	1026	120
Perhonjoki, Kaitfors	1149	1150	1	1165	16	1150	1	1165	16

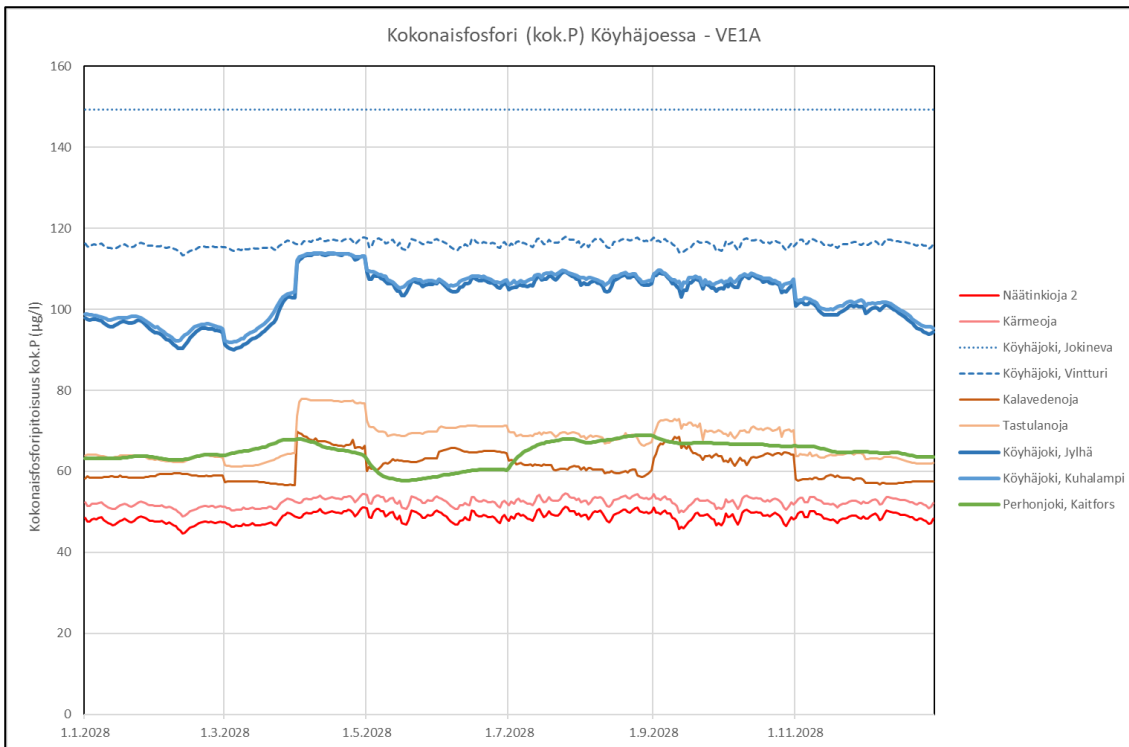
7.2 Kokonaisfosfori

7.2.1 VE0

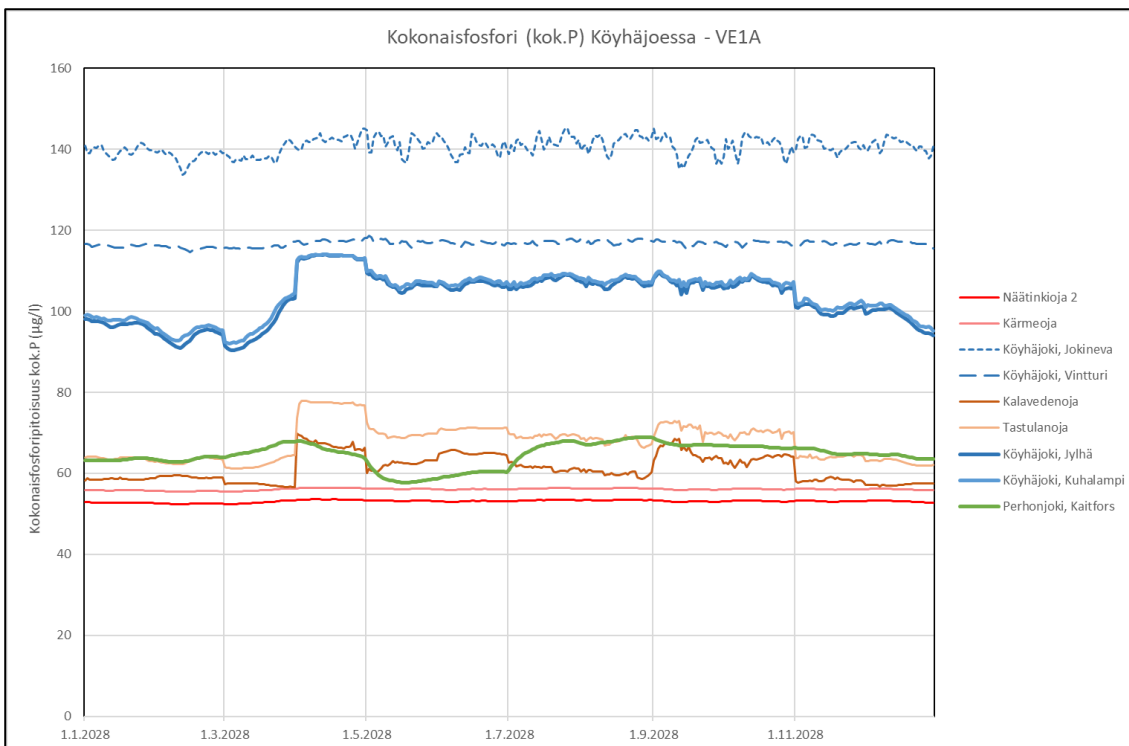


Kuva 27. Kokonaisfosforipitoisuudet (µg/l) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä.

7.2.2 VE1A

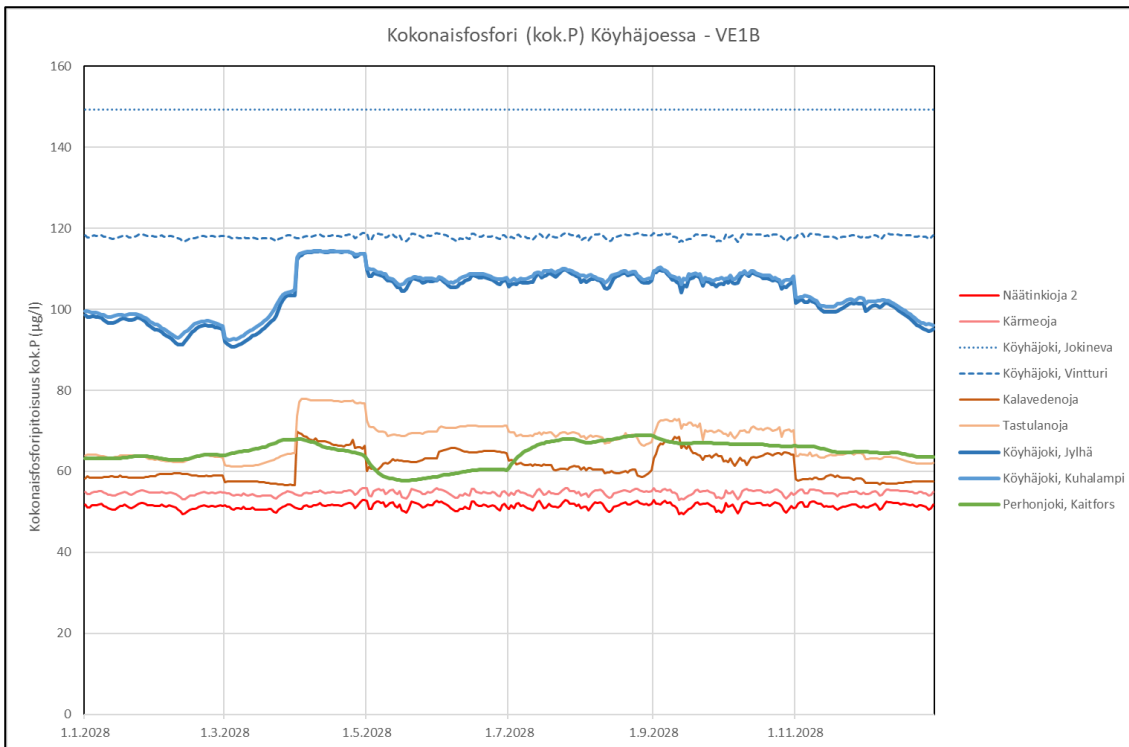


Kuva 28. Kokonaisfosforipitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdossa VE1A. Jätevesien purkupisteinä Kalavedenoja ja Näätinkioja.

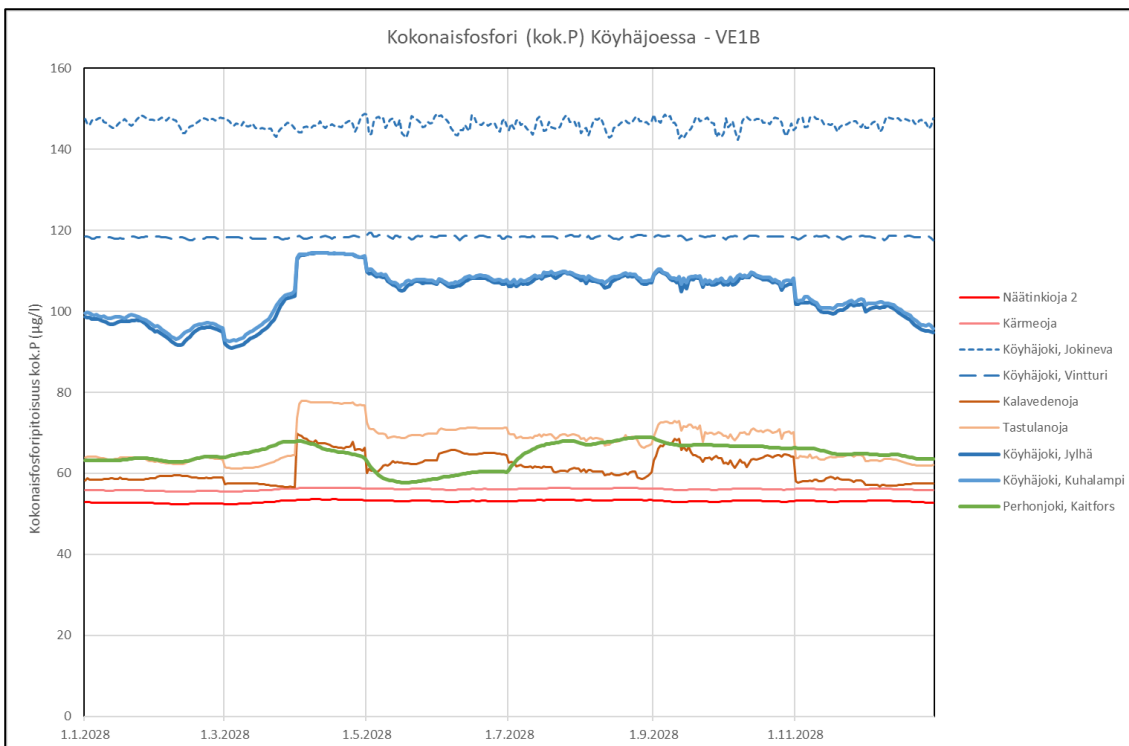


Kuva 29. Kokonaisfosforipitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdossa VE1A. Jätevesien purkupisteinä Kalavedenoja ja Köyhäjoen Jokineva.

7.2.3 VE1B

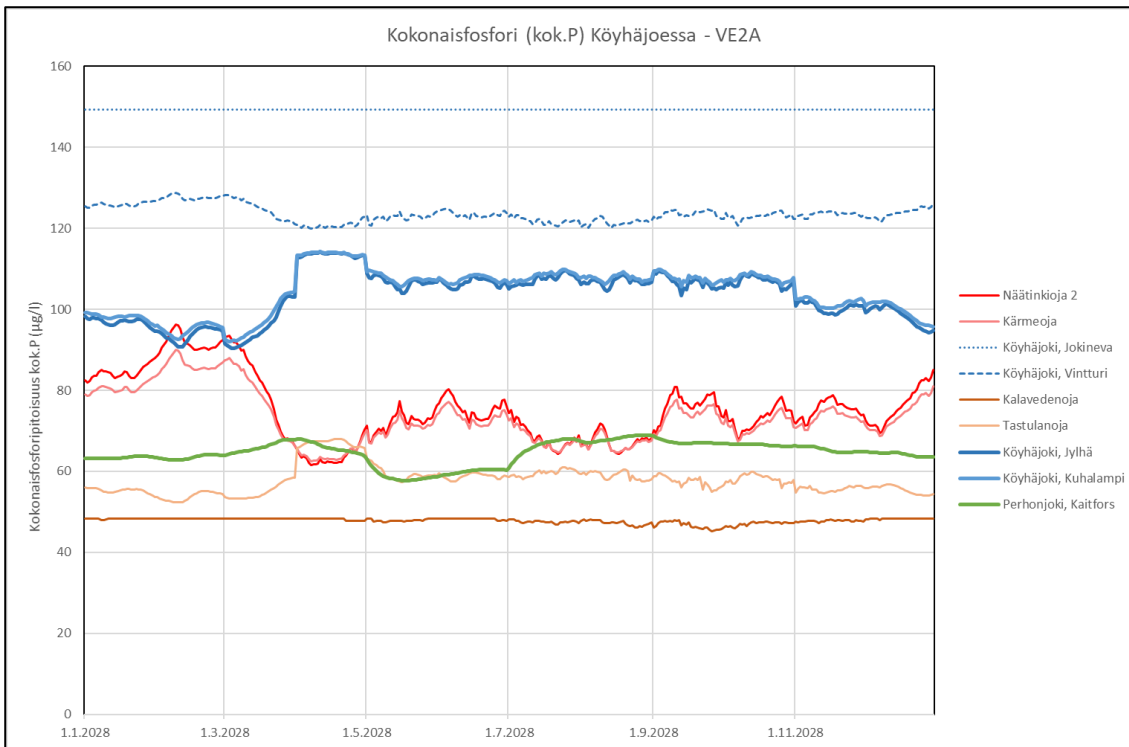


Kuva 30. Kokonaisfosforipitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdossa VE1B. Jätevesien purkupisteinä Kalavedenoja ja Näätinkioja.

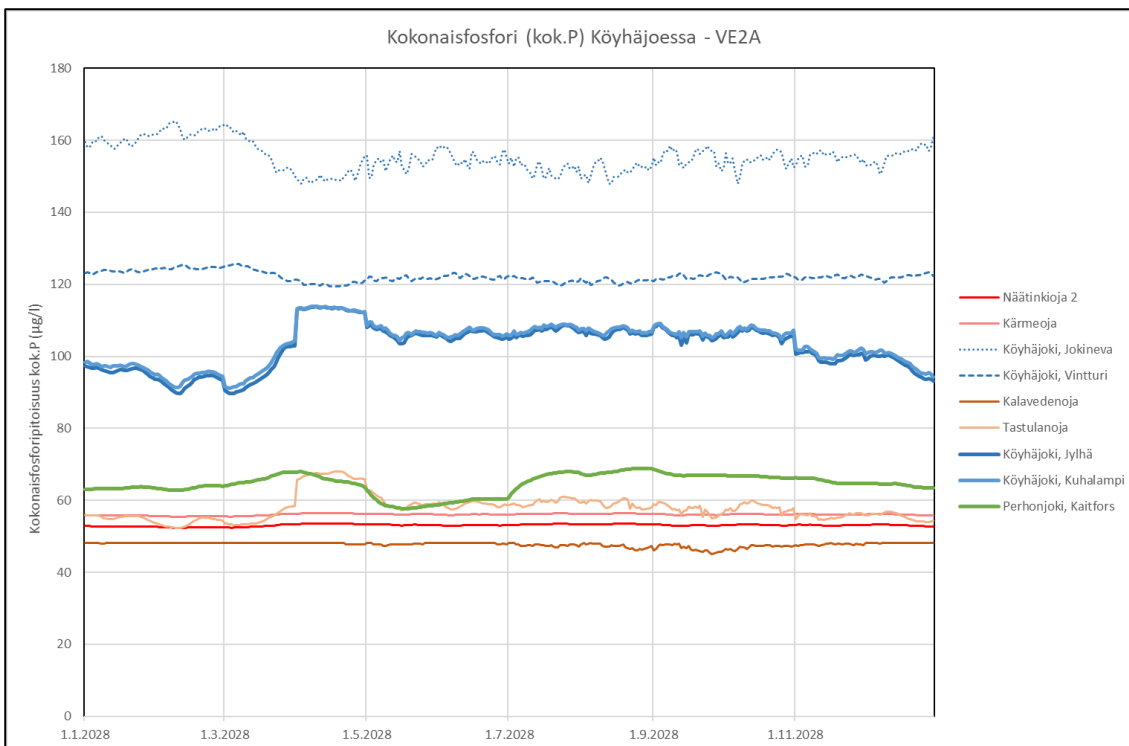


Kuva 31. Kokonaisfosforipitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdossa VE1B. Jätevesien purkupisteinä Kalavedenoja ja Köyhäjoen Jokineva.

7.2.4 VE2A

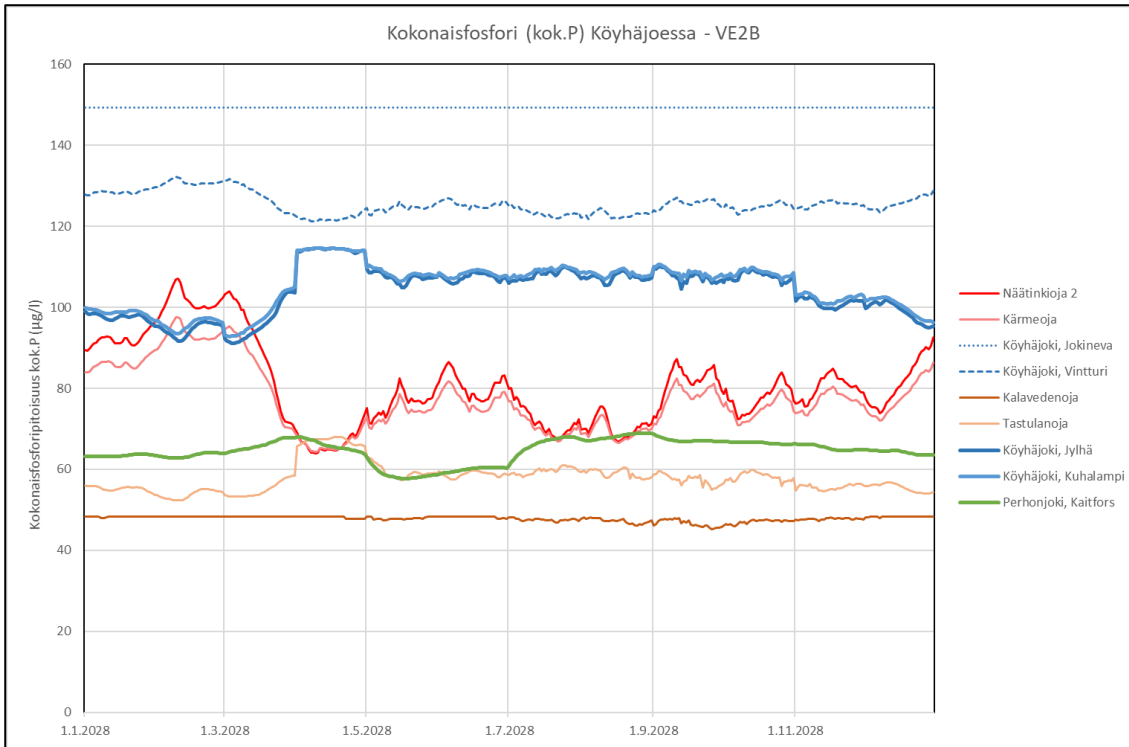


Kuva 32. Kokonaisfosforipitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdossa VE2A. Jätevesien purkupisteenä Näätingioja.

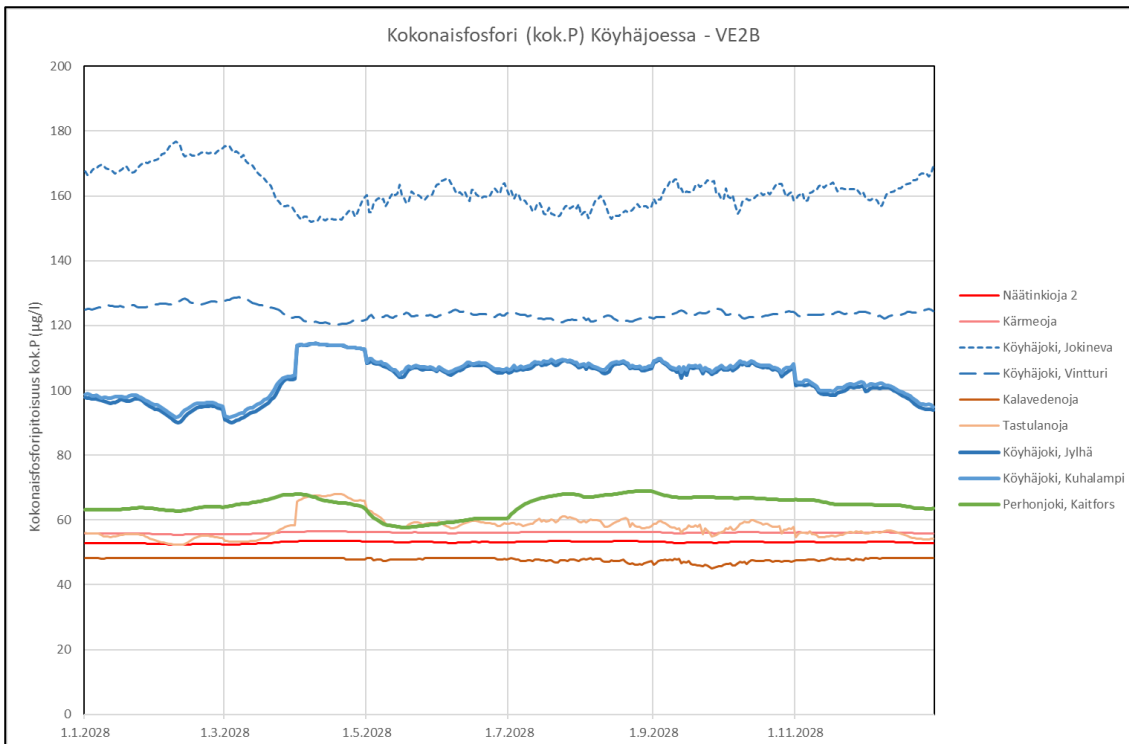


Kuva 33. Kokonaisfosforipitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdossa VE2A. Jätevesien purkupisteenä Köyhäjoen Jokineva.

7.2.5 VE2B

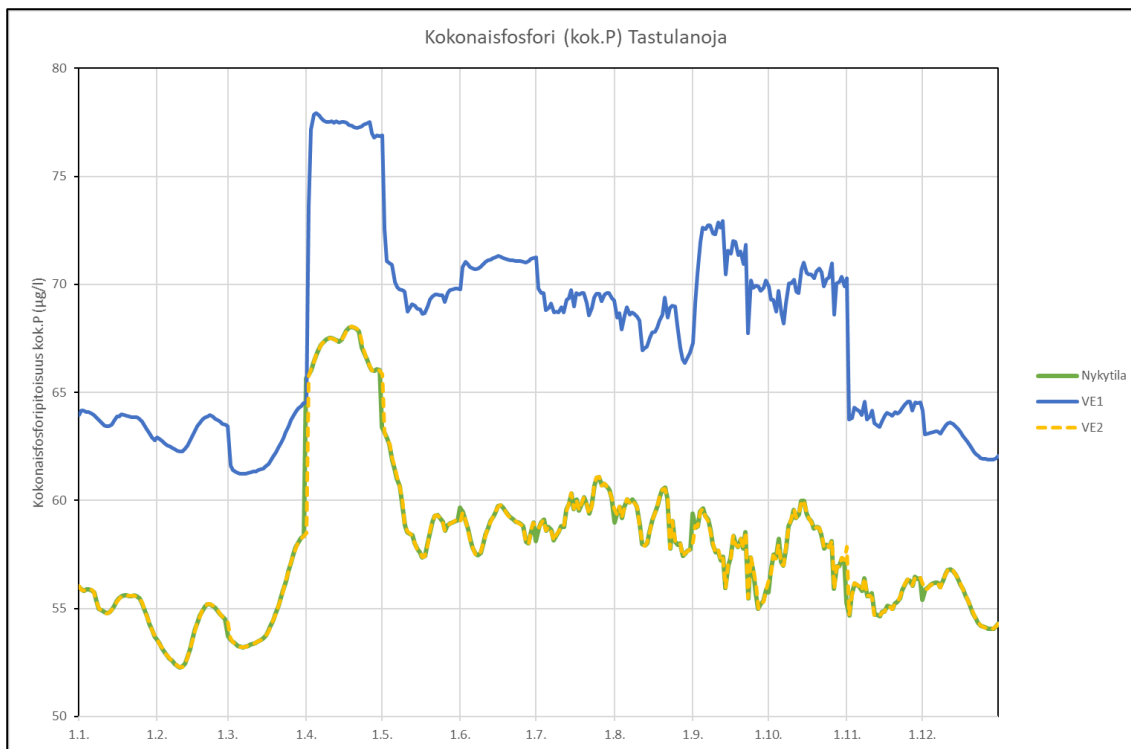


Kuva 34. Kokonaisfosforipitoisuudet (µg/l) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdossa VE2B. Jätevesien purkupisteenä Näätinkioja.

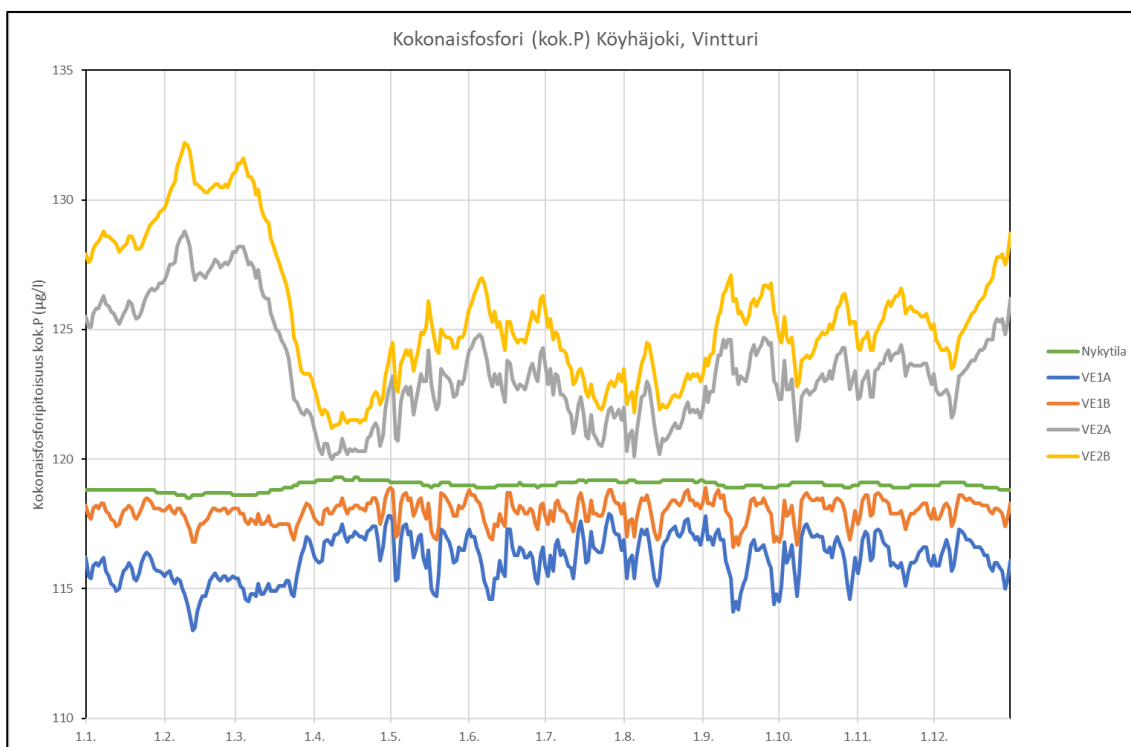


Kuva 35. Kokonaisfosforipitoisuudet (µg/l) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdossa VE2B. Jätevesien purkupisteenä Köyhäjoen Jokineva.

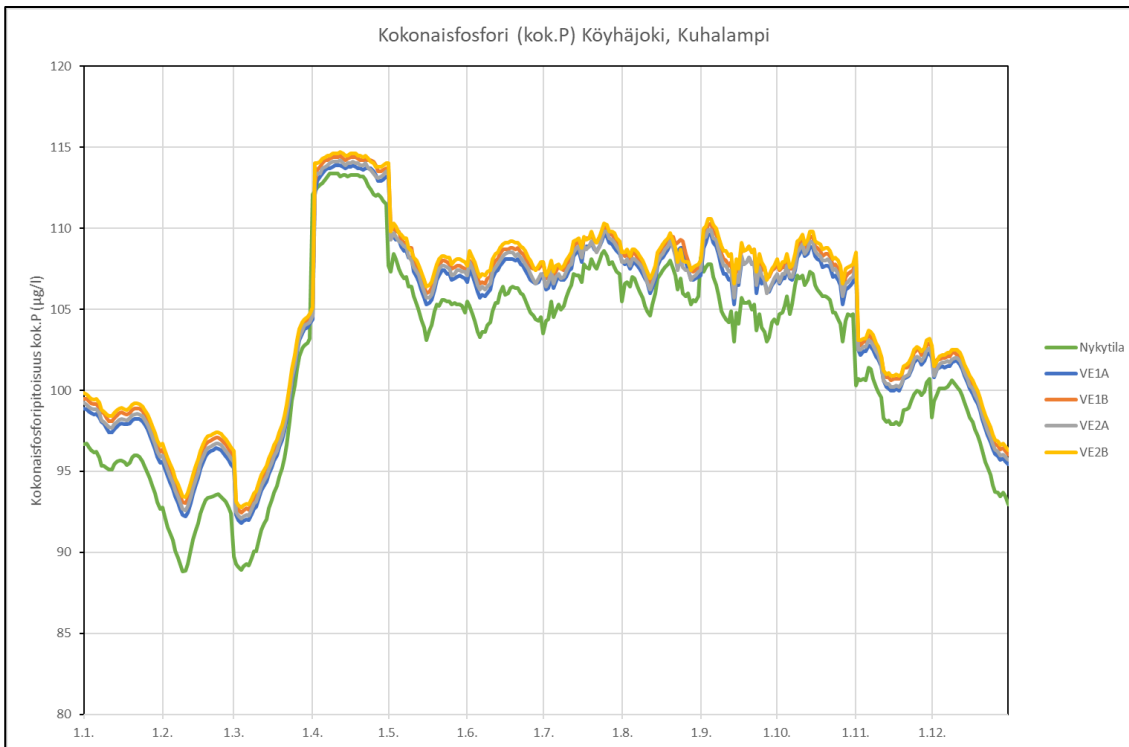
7.2.6 Vaihtoehtojen vertailu



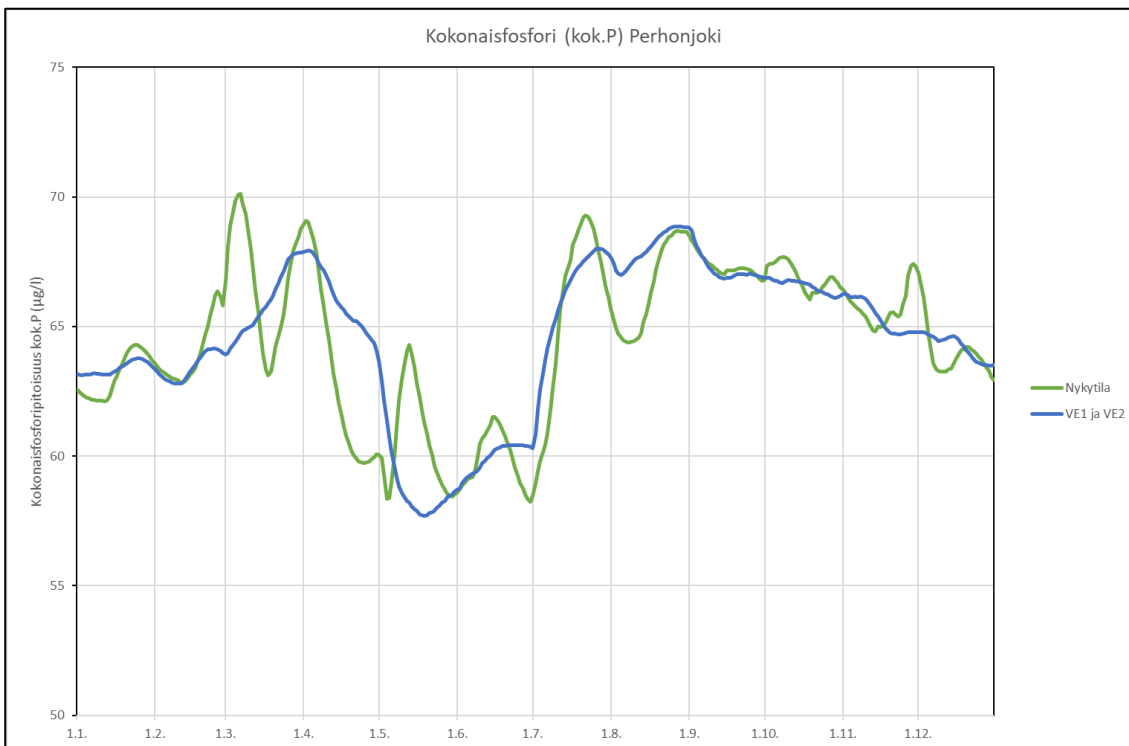
Kuva 36. Kokonaisfosforipitoisuudet (µg/l) Tastulanojassa eri vaihtoehtoilla.



Kuva 37. Kokonaisfosforipitoisuudet (µg/l) Köyhäjoen Vintturissa eri vaihtoehtoilla.



Kuva 38. Kokonaisfosforipitoisuudet (µg/l) Köyhäjoen Kuhlammessa eri vaihtoehdoilla.



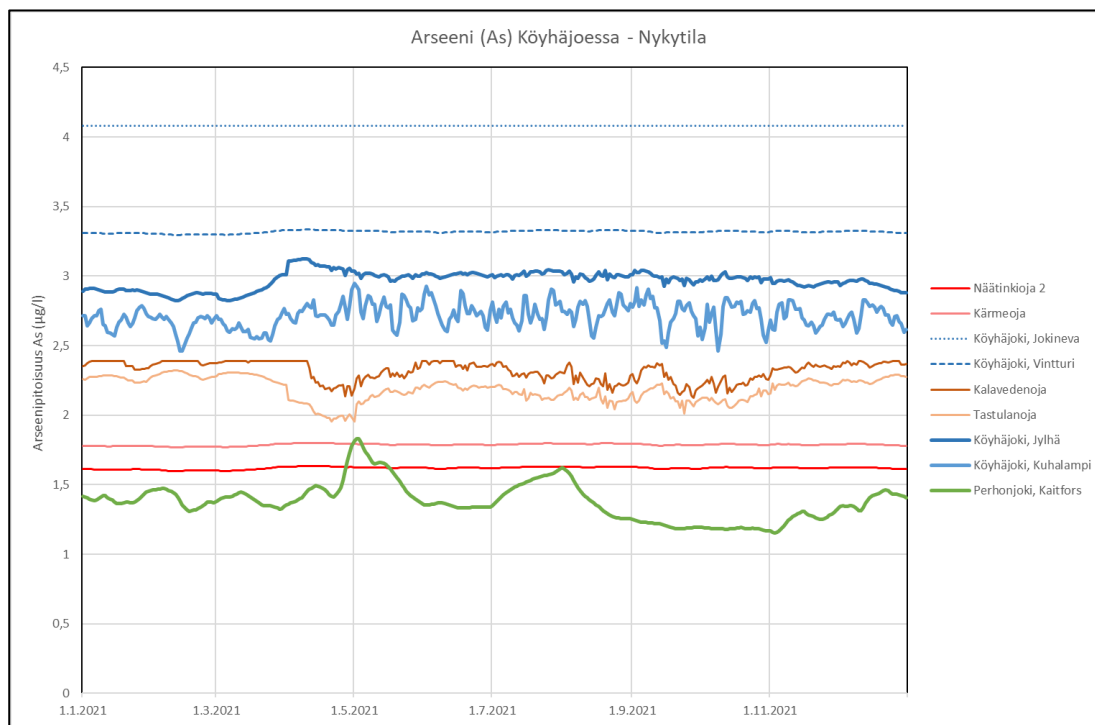
Kuva 39. Kokonaisfosforipitoisuudet (µg/l) Perhonjoessa eri vaihtoehdoilla.

Taulukko 16. Yhteenveto: keskiarvot kokonaisfosforin pitoisuuksista ja niiden lisäyksistä Köyhäjoessa ja Perhonjoessa eri vaihtoehdoissa VE1 ja VE2 mallinnetun vuoden 2028 tilanteessa. Rasterilla merkityt solut ovat purkupisteitä fosforin osalta.

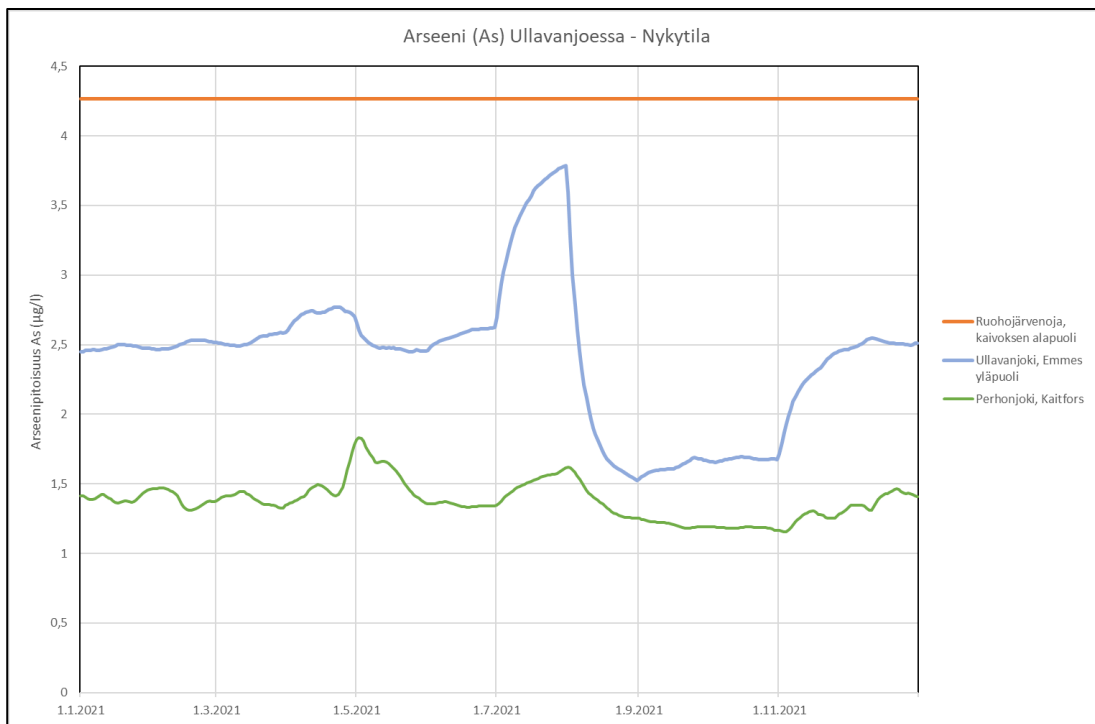
	Nykytila	VE1A		VE1B		VE2A		VE2B	
	Pit.	Pit.	Lisäys	Pit.	Lisäys	Pit.	Lisäys	Pit.	Lisäys
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Näätinkioja	53	49	-4	51	-2	75	22	81	28
Kärmeoja	56	52	-4	55	-1	73	17	77	21
Köyhäjoki, Jokineva	149	141	-9	146	-3	155	6	162	12
Köyhäjoki, Vintturi	119	116	-3	118	-1	124	5	126	7
Kalavedenoja	48	61	13	61	13	48	0	48	0
Tastulanoja	58	68	10	68	10	58	0	58	0
Köyhäjoki, Jylhä	101	103	2	104	3	103	2	104	3
Köyhäjoki, Kuhalampi	102	104	2	105	3	104	2	105	3
Perhonjoki, Kaitfors	64	65	0	65	0	65	0	65	0

7.3 Arseni

7.3.1 VE0

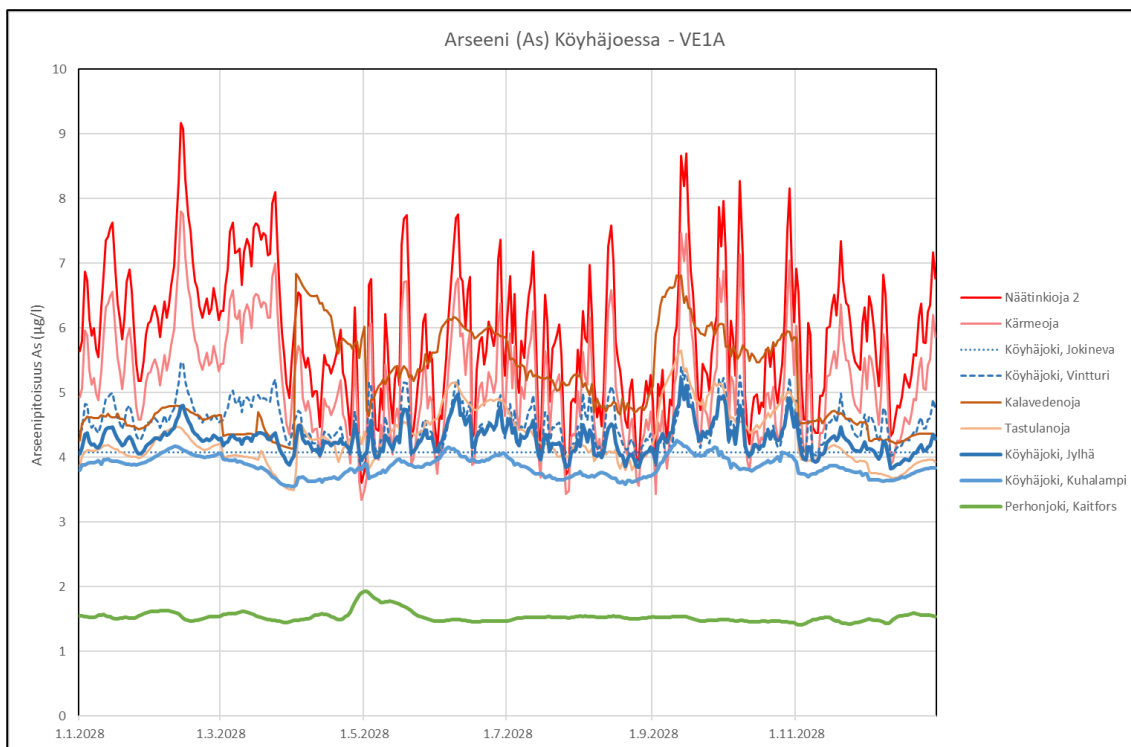


Kuva 40. Arseenipitoisuudet (µg/l) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä

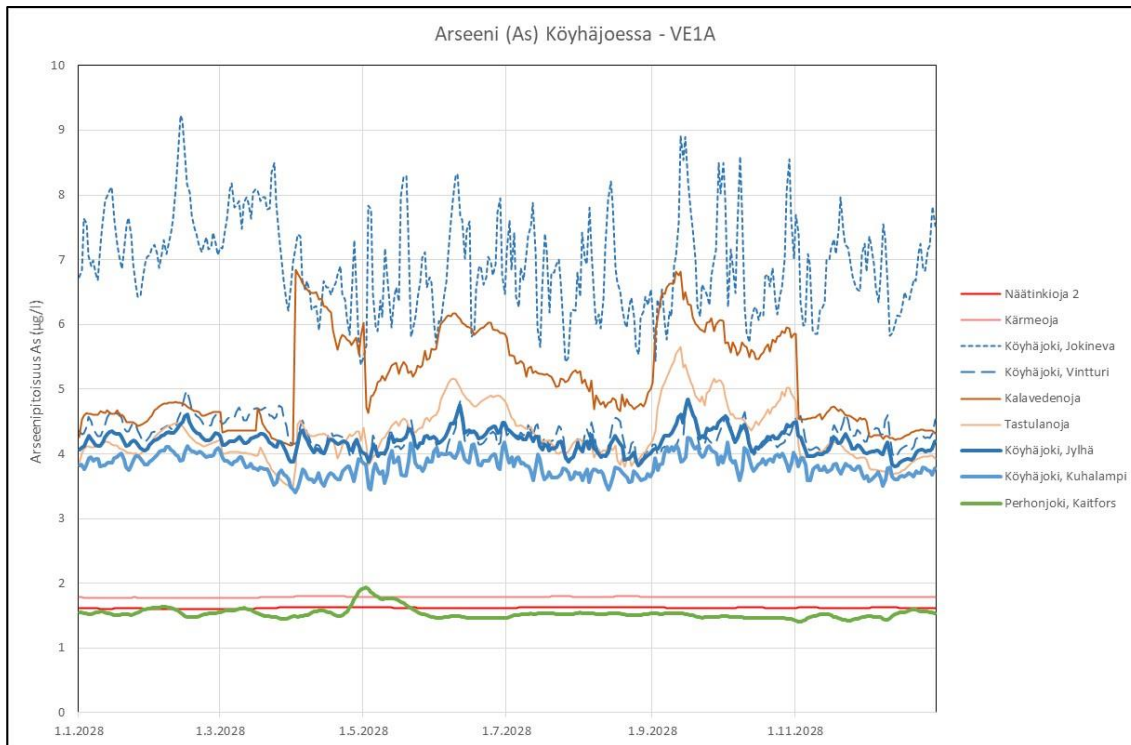


Kuva 41. Arseenipitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) Ullavanjoen valuma-alueen virtavesissä.

7.3.2 VE1A

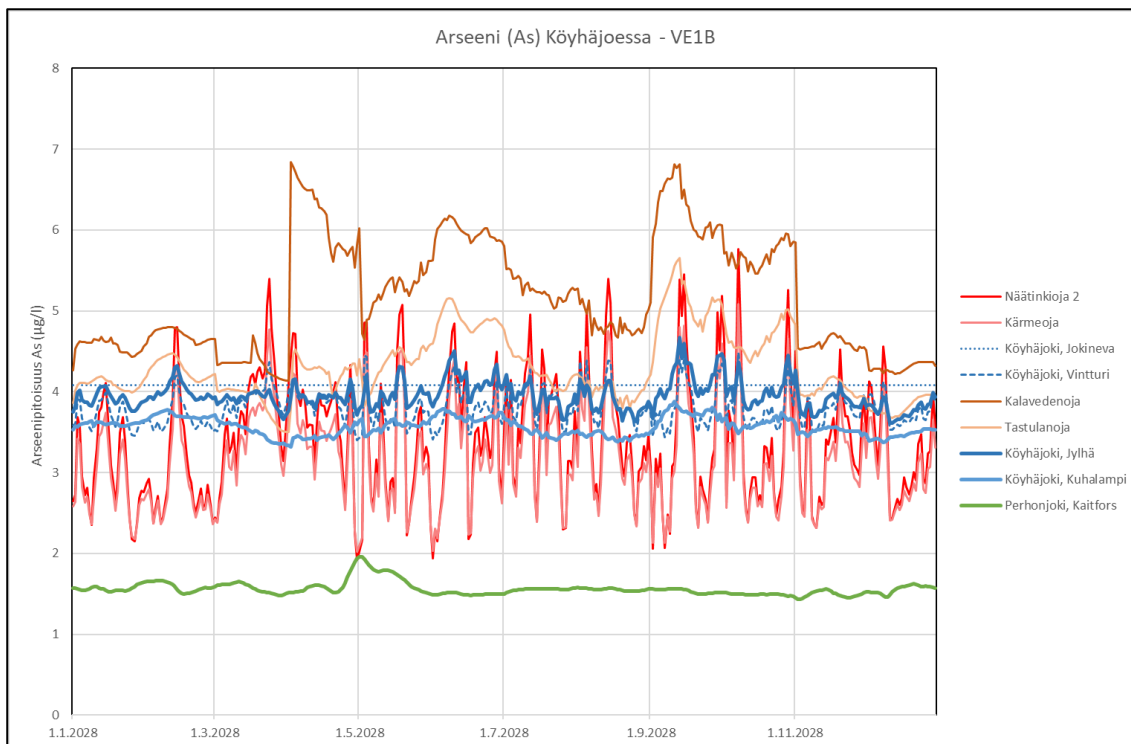


Kuva 42. Arseenipitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdossa VE1A. Jätevesien purkupisteinä Kalavedenoja ja Näätingioja.

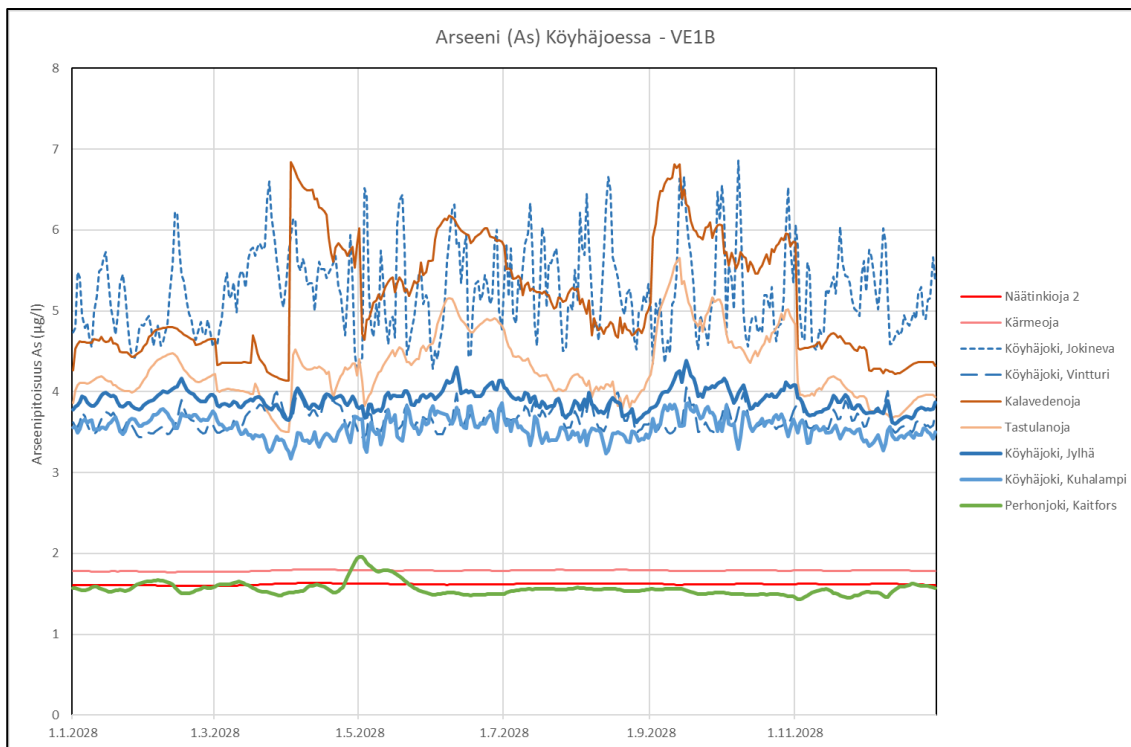


Kuva 43. Arseenipitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdossa VE1A. Jätevesien purkupisteinä Kalavedenoja ja Köyhäjoen Jokineva.

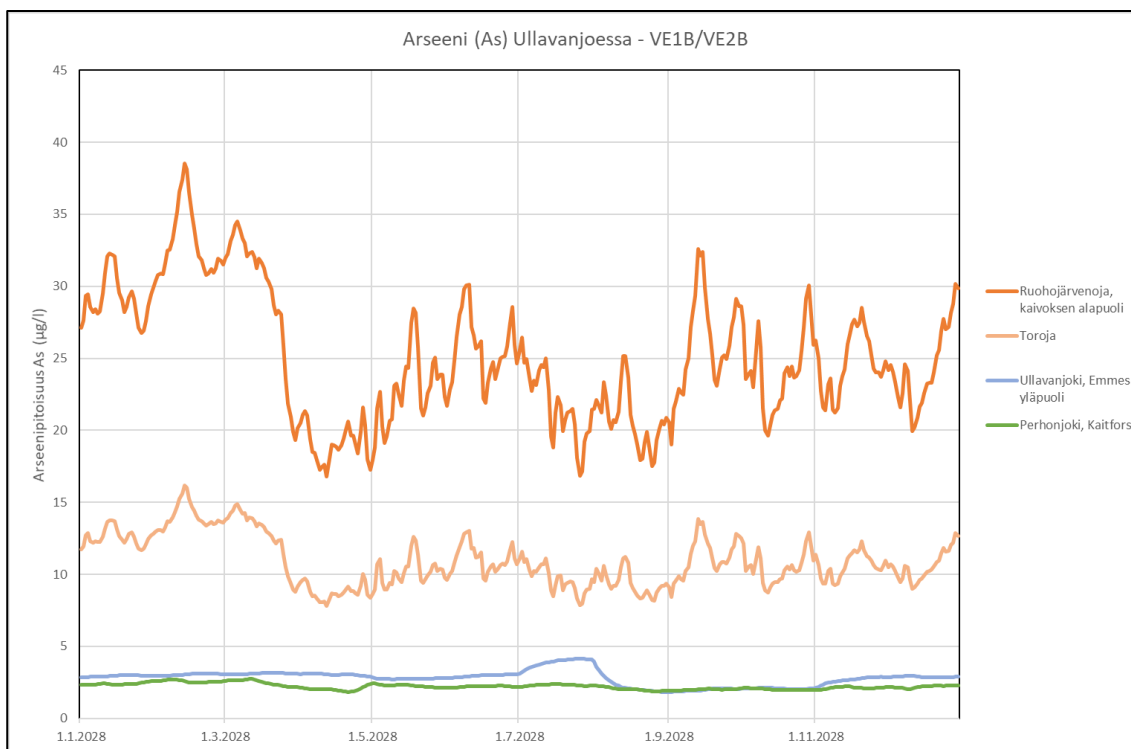
7.3.3 VE1B



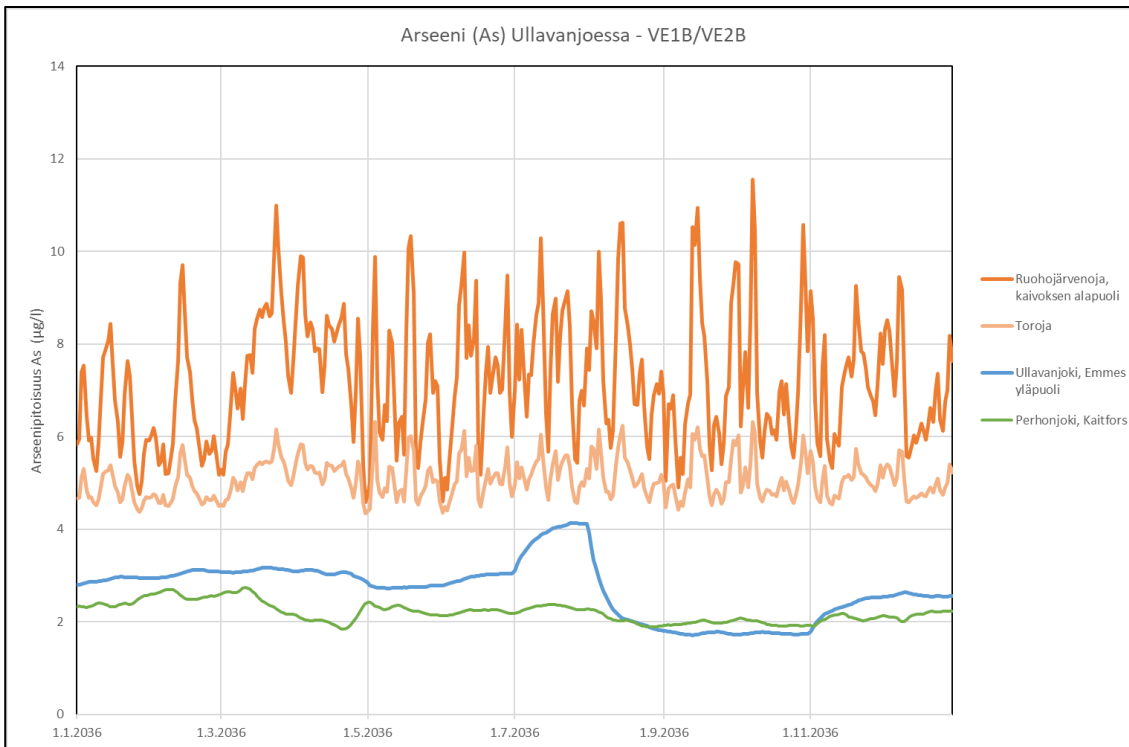
Kuva 44. Arseenipitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdossa VE1B. Jätevesien purkupisteinä Kalavedenoja ja Näätinkioja.



Kuva 45. Arseenipitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdossa VE1B. Jätevesien purkupisteinä Kalavedenoja ja Köyhäjoen Jokineva.

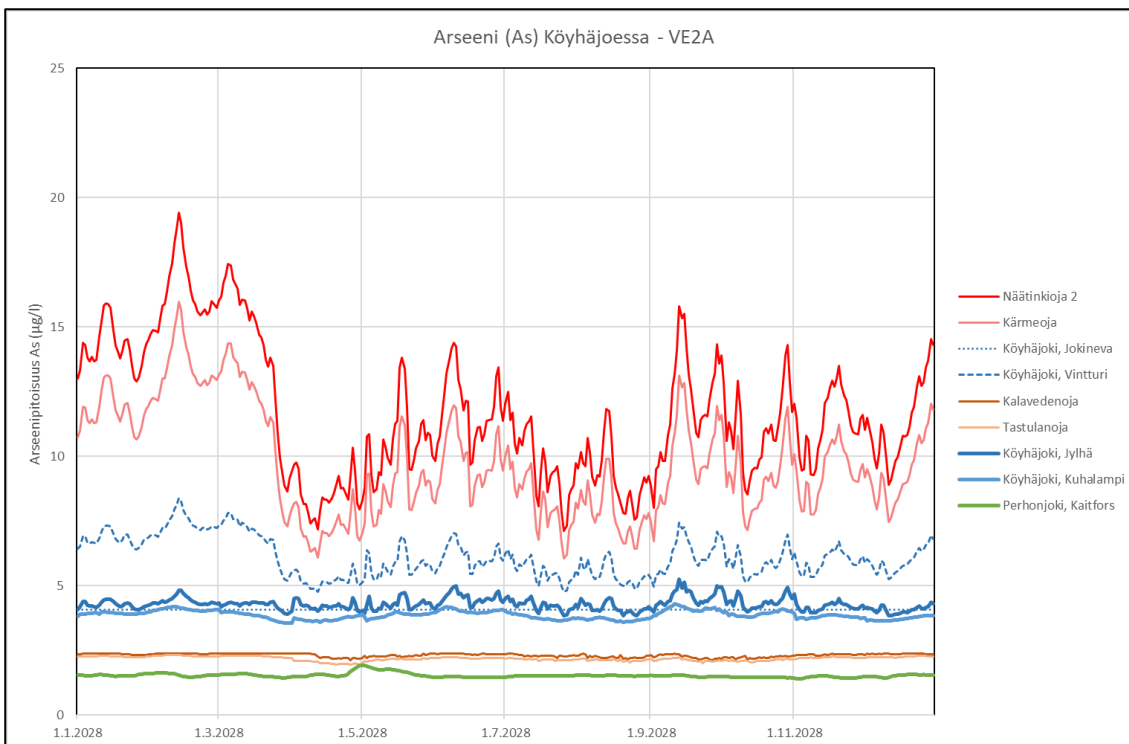


Kuva 46. Arseenipitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) Ullavanjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdoissa VE1B/VE2B. Jätevesien purkupisteenä Ruohojärvenoja.

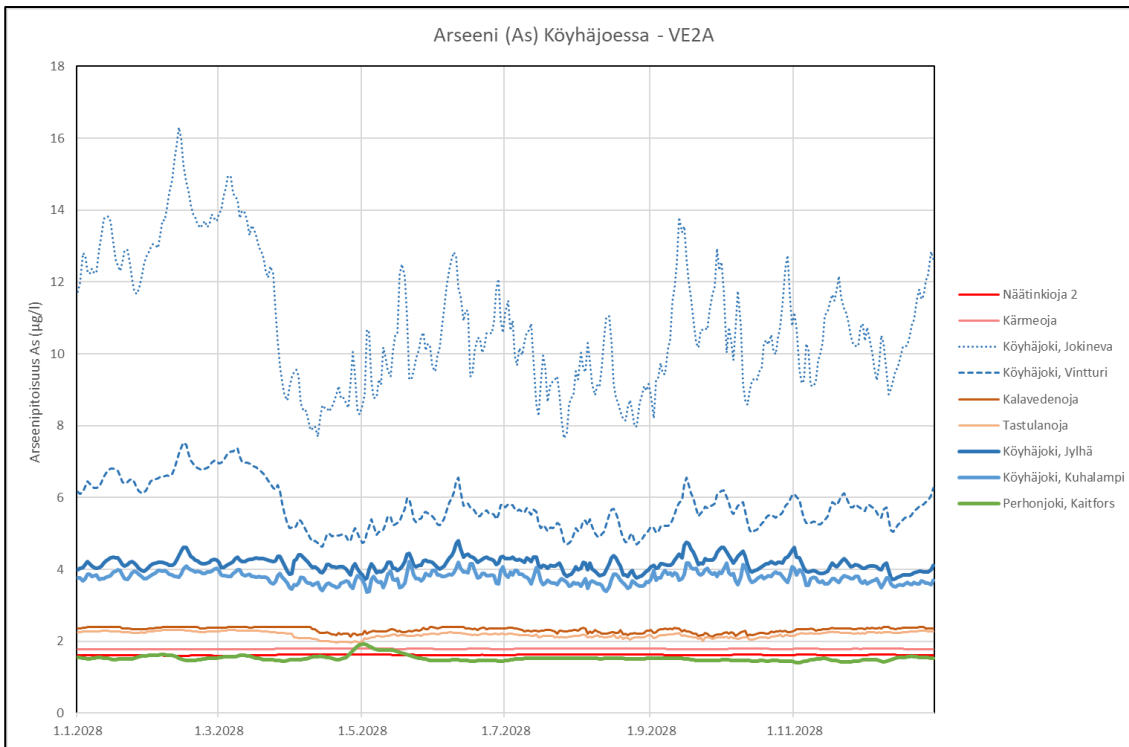


Kuva 47. Arseenipitoisuudet (µg/l) Ullavanjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdoissa VE1B/VE2B. Outoveden kaivoksen jätevesien purkupisteenä Mato-oja, jälkihoitovaiheessa olevan Syväjärven kaivoksen vedet johdetaan Ruohojärvenojaan.

7.3.4 VE2A

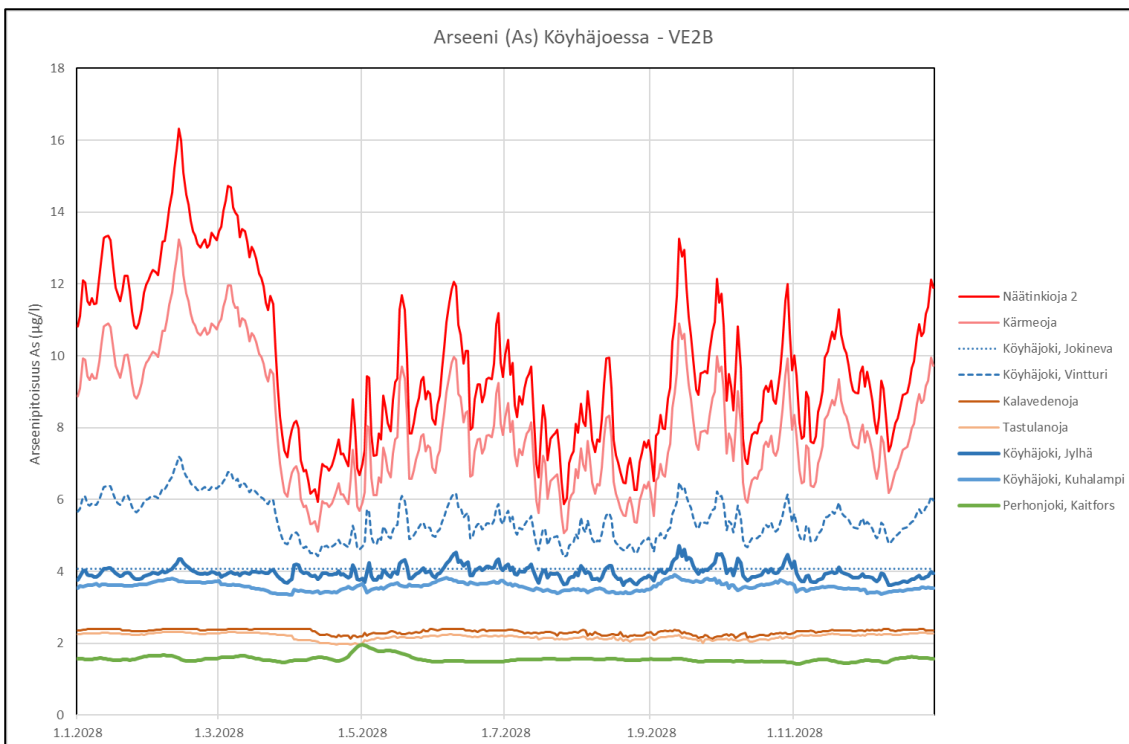


Kuva 48. Arseenipitoisuudet (µg/l) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdossa VE2A. Jätevesien purkupisteenä Näätinkioja.

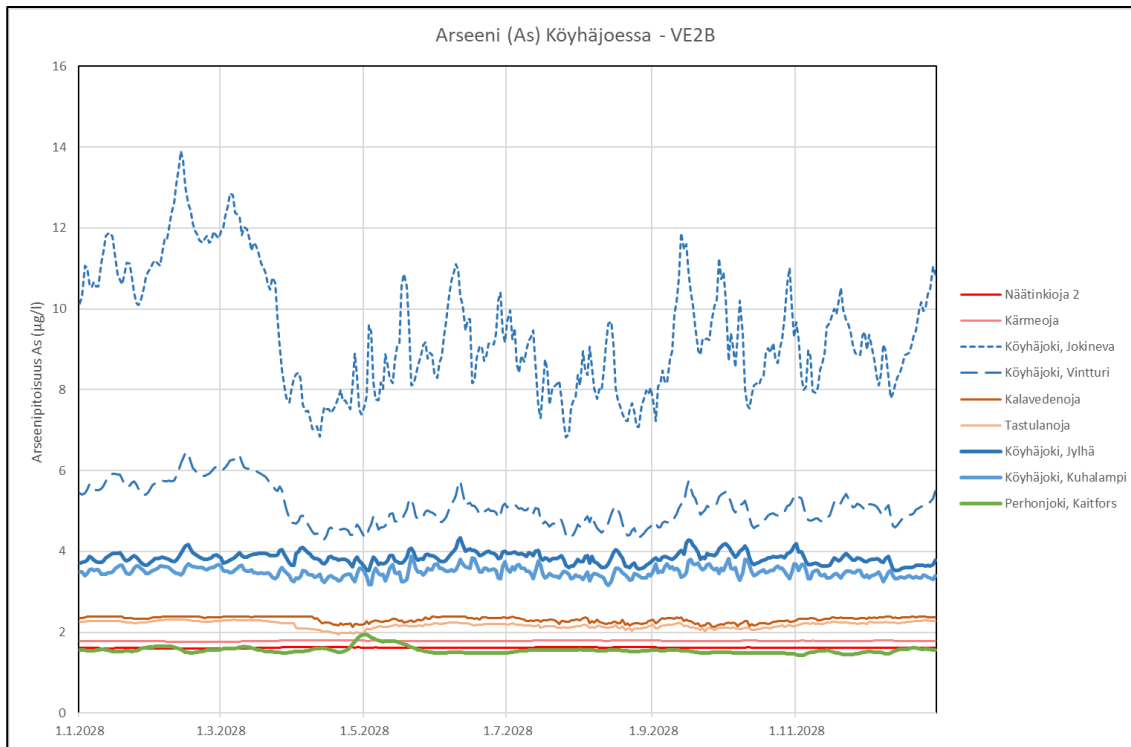


Kuva 49. Arseenipitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdossa VE2A. Jätevesien purkupisteenä Köyhäjoen Jokineva.

7.3.5 VE2B

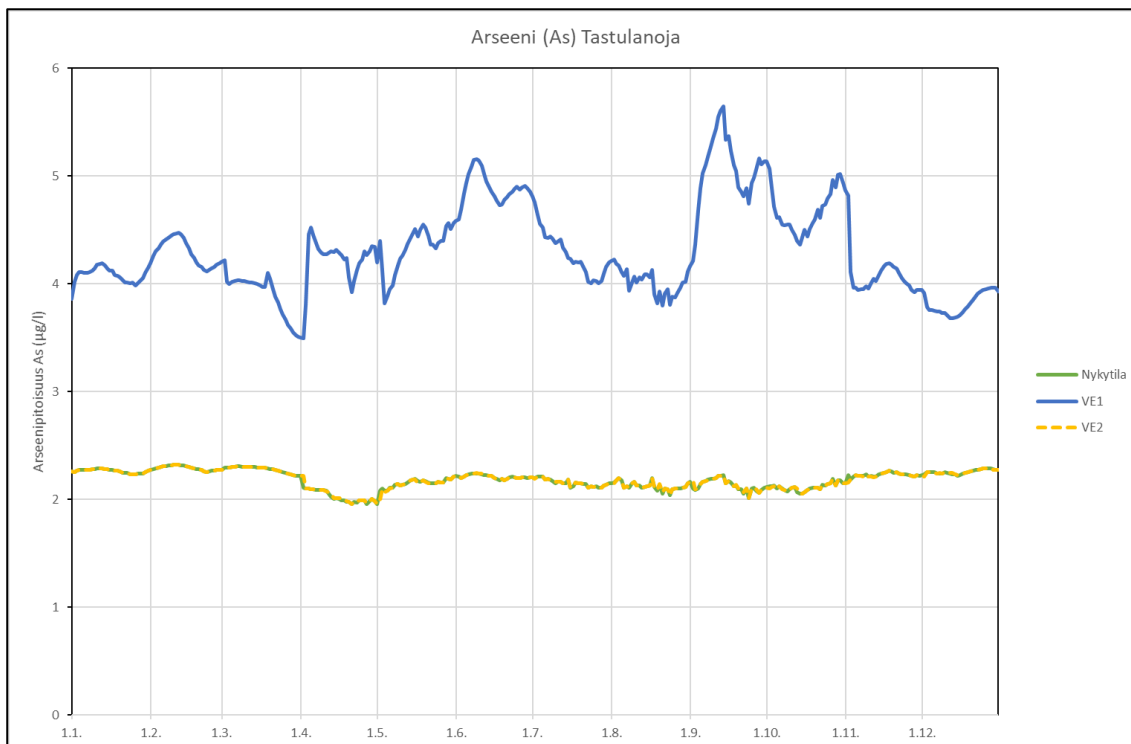


Kuva 50. Arseenipitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdossa VE2B. Jätevesien purkupisteenä Näätingioja.

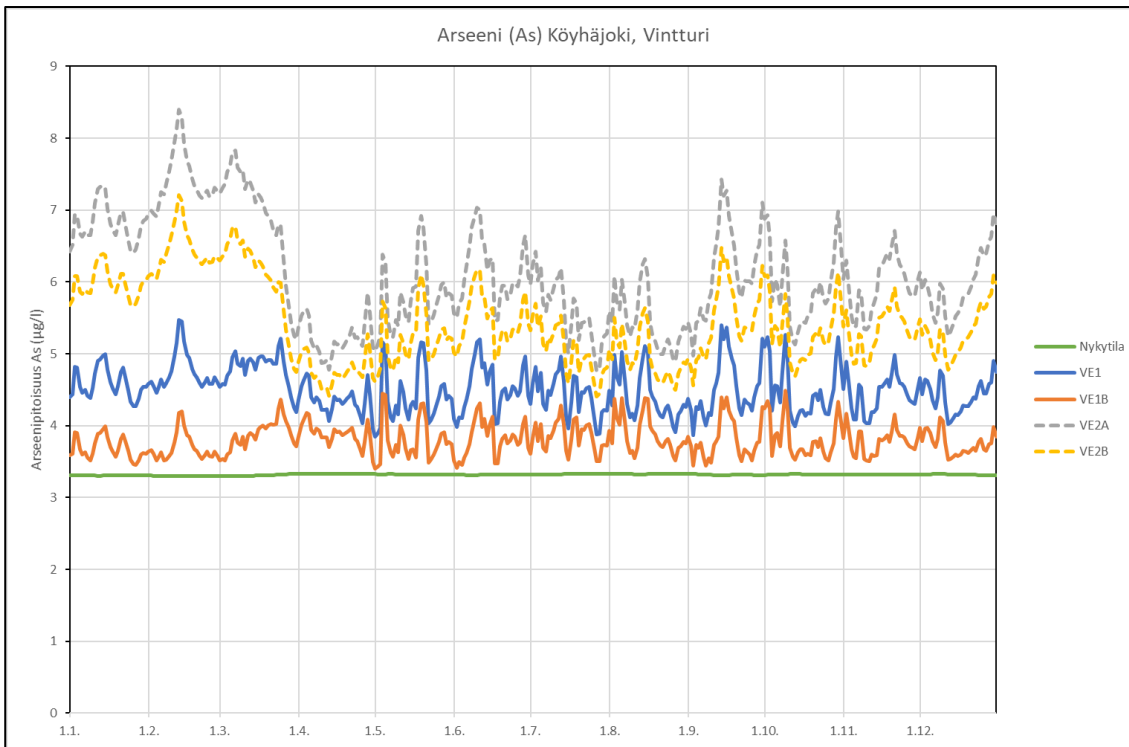


Kuva 51. Arseenipitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdossa VE2B. Jätevesien purkupisteenä Köyhäjoen Jokineva.

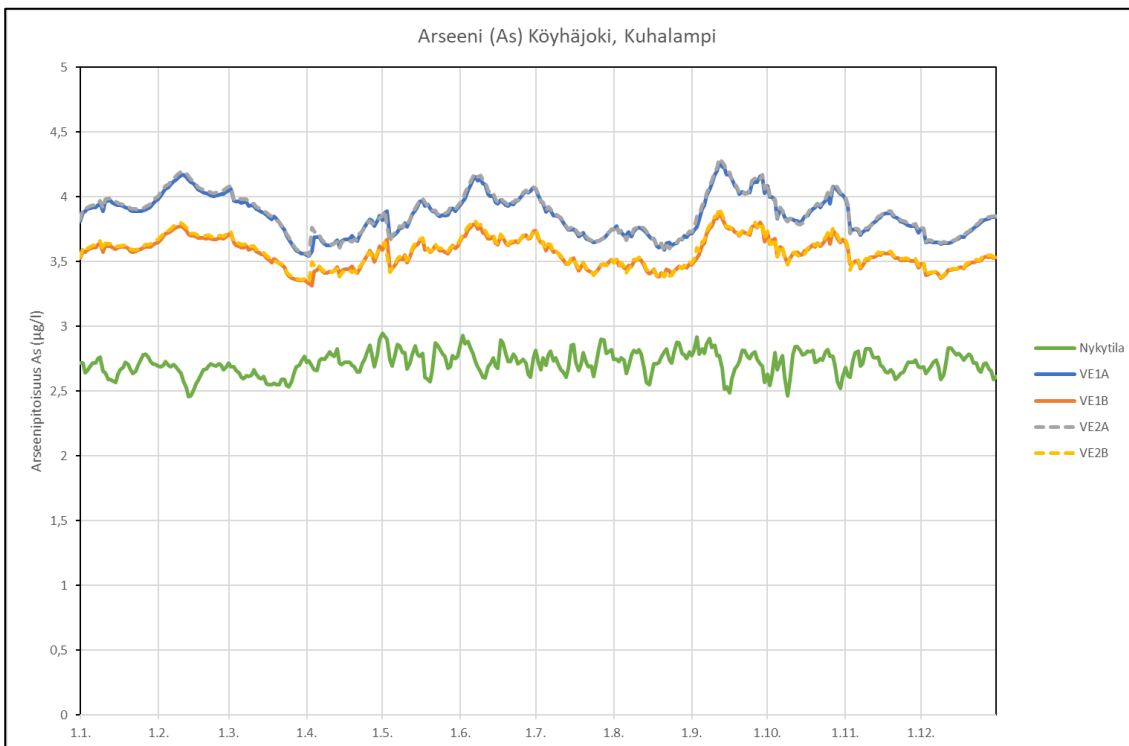
7.3.6 Vaihtoehtojen vertailu



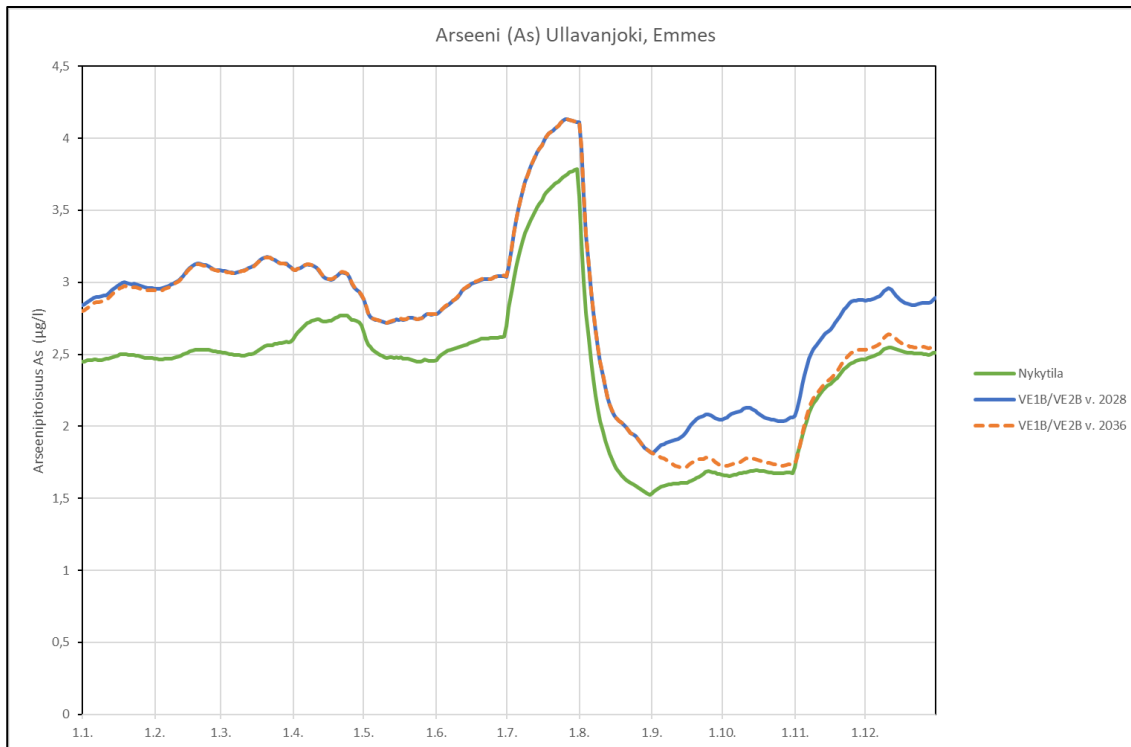
Kuva 52. Arseenipitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) Tastulanojassa eri vaihtoehdoilla.



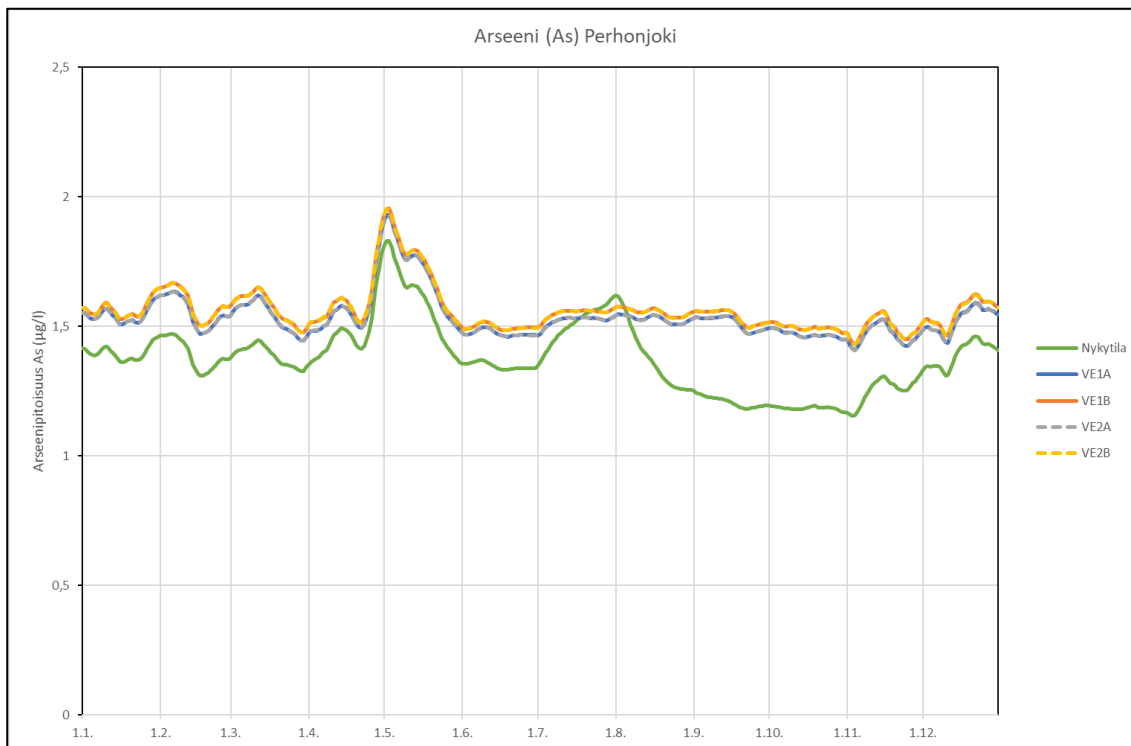
Kuva 53. Arseenipitoisuudet (µg/l) Köyhäjoen Vintturissa eri vaihtoehdoilla.



Kuva 54. Arseenipitoisuudet (µg/l) Köyhäjoen Kuhalammessa eri vaihtoehdoilla.



Kuva 55. Arseenipitoisuudet (µg/l) Ullavanjoen Emmesissä vaihtoehdoilla VE1B ja VE2B vuosina 2028 ja 2036.



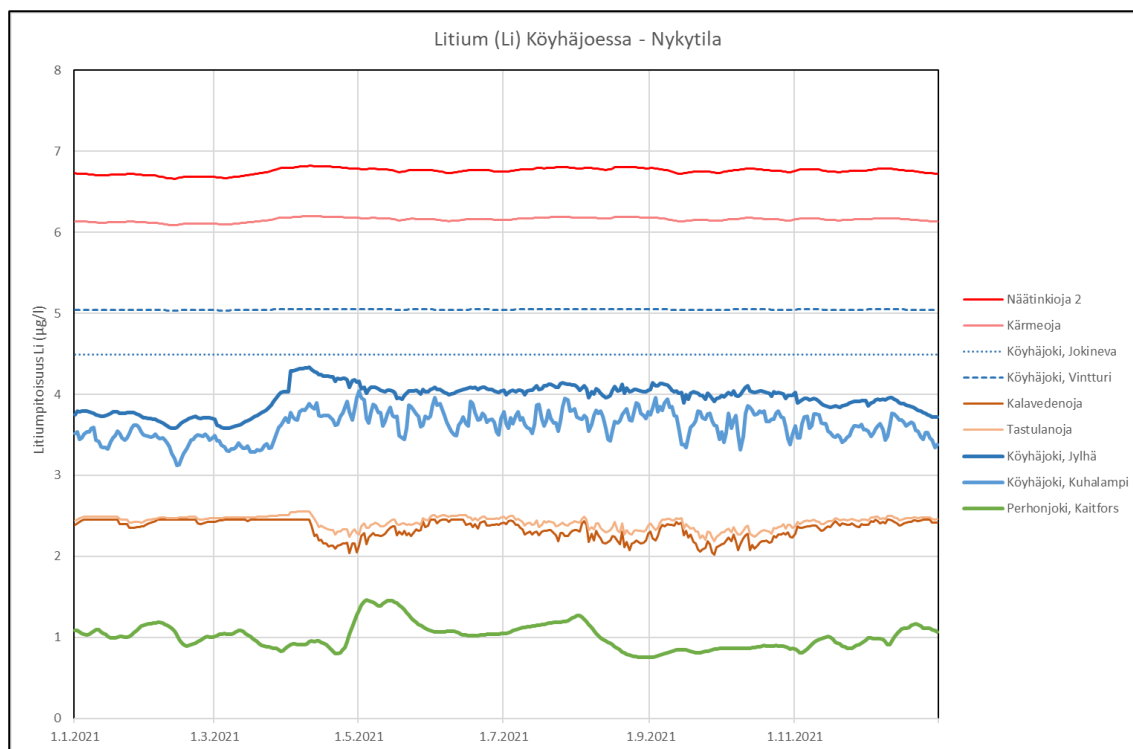
Kuva 56. Arseenipitoisuudet (µg/l) Perhonjoessa eri vaihtoehdoilla.

Taulukko 17. Yhteenveto: keskiarvot arseenipitoisuuksista ja niiden lisäyksistä Köyhäjoessa, Ullavanjoessa ja Perhonjoessa eri vaihtoehdoissa VE1 ja VE2 mallinnetun vuoden 2028 tilanteessa. Rasterilla merkityt solut ovat purkupisteitä arseenin osalta.

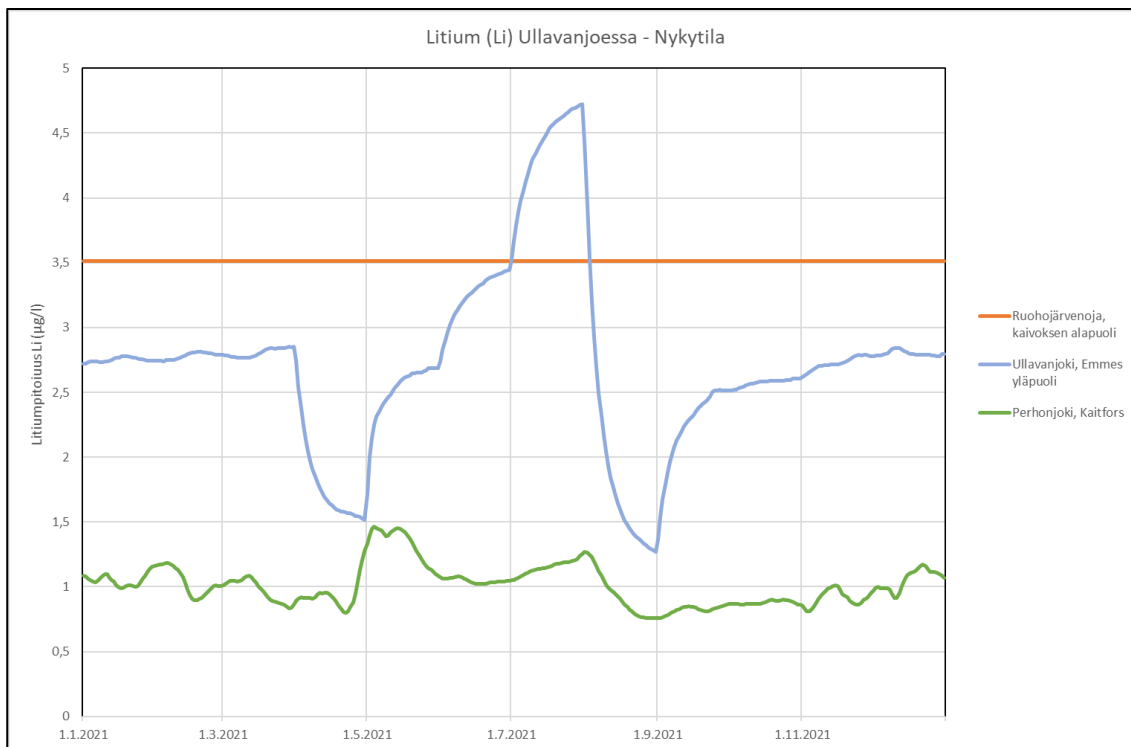
	Nykytila	VE1A		VE1B		VE2A		VE2B	
	Pit.	Pit.	Lisäys	Pit.	Lisäys	Pit.	Lisäys	Pit.	Lisäys
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Näätinkioja	1,6	5,9	4,3	3,4	1,8	11,7	10,1	9,7	8,1
Kärmeoja	1,8	5,2	3,4	3,2	1,4	9,7	7,9	8,1	6,3
Köyhäjoki, Jokineva	4,1	6,9	2,9	5,2	1,2	10,9	6,8	9,4	5,3
Köyhäjoki, Vintturi	3,3	4,5	1,2	3,8	0,5	6,1	2,8	5,4	2,1
Kalavedenoja	2,3	5,2	2,8	5,2	2,8	2,3	0,0	2,3	0,0
Tastulanoja	2,2	4,3	2,1	4,3	2,1	2,2	0,0	2,2	0,0
Köyhäjoki, Jylhä	3,0	4,3	1,3	4,0	1,0	4,3	1,3	4,0	1,0
Köyhäjoki, Kuhalampi	2,7	3,9	1,1	3,6	0,9	3,9	1,2	3,6	0,9
Ruohojärvenoja	4,3	4,3	0	25,0	20,8	4,3	0,0	25,0	20,8
Toroja	4,3	4,3	0	10,9	6,7	4,3	0,0	10,9	6,7
Ullavanjoki, Emmes yläpuoli	2,4	2,4	0	2,8	0,4	2,4	0,0	2,8	0,4
Perhonjoki, Kaitfors	1,4	1,5	0,2	1,6	0,2	1,5	0,2	1,6	0,2

7.4 Litium

7.4.1 VE0

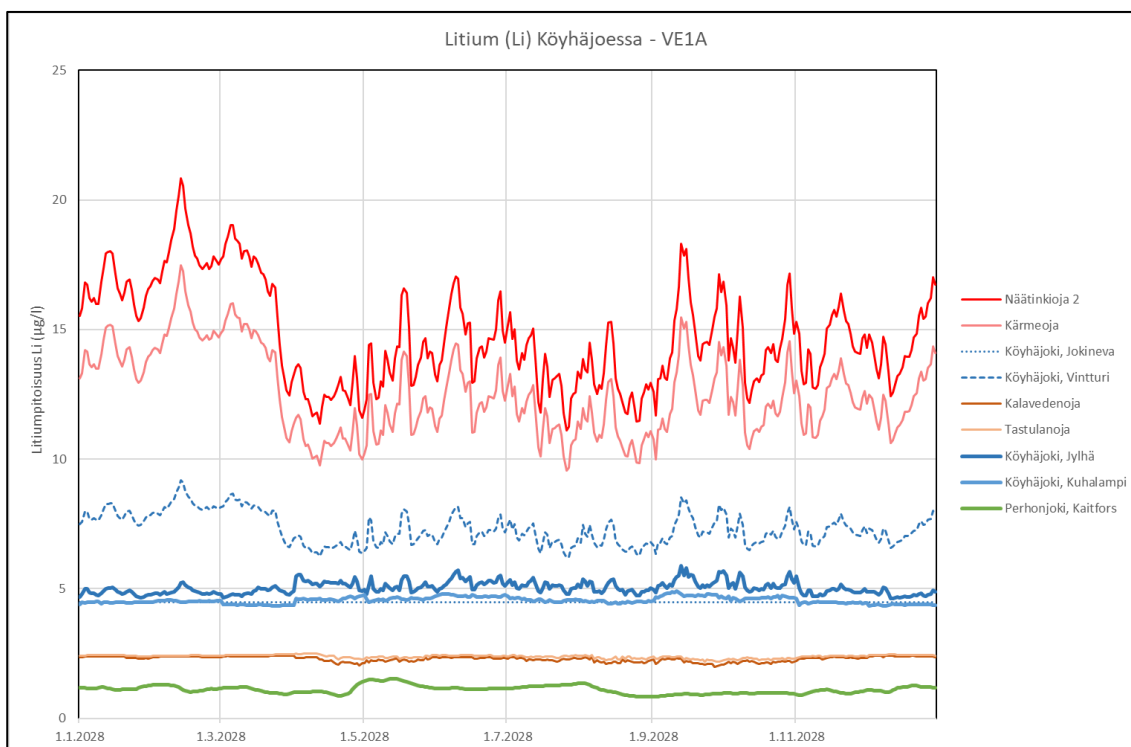


Kuva 57. Litiumpitoisuudet (µg/l) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä.

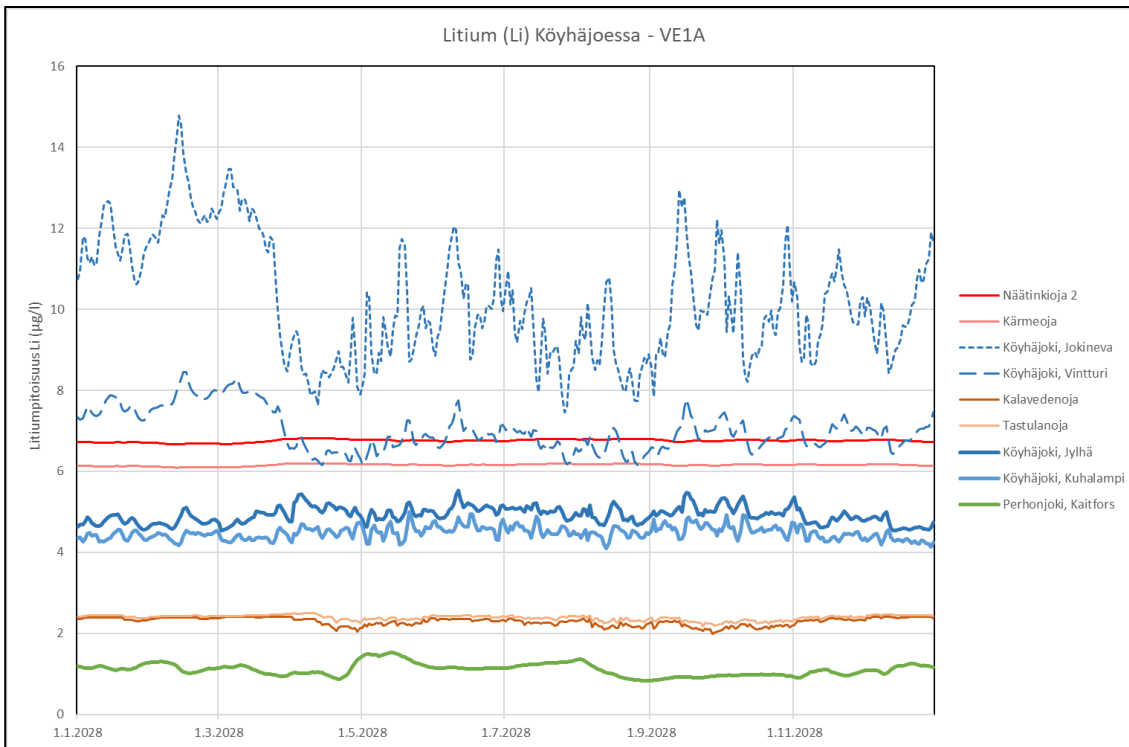


Kuva 58. Litiumpitoisuudet (µg/l) Ullavanjoen valuma-alueen virtavesissä.

7.4.2 VE1A

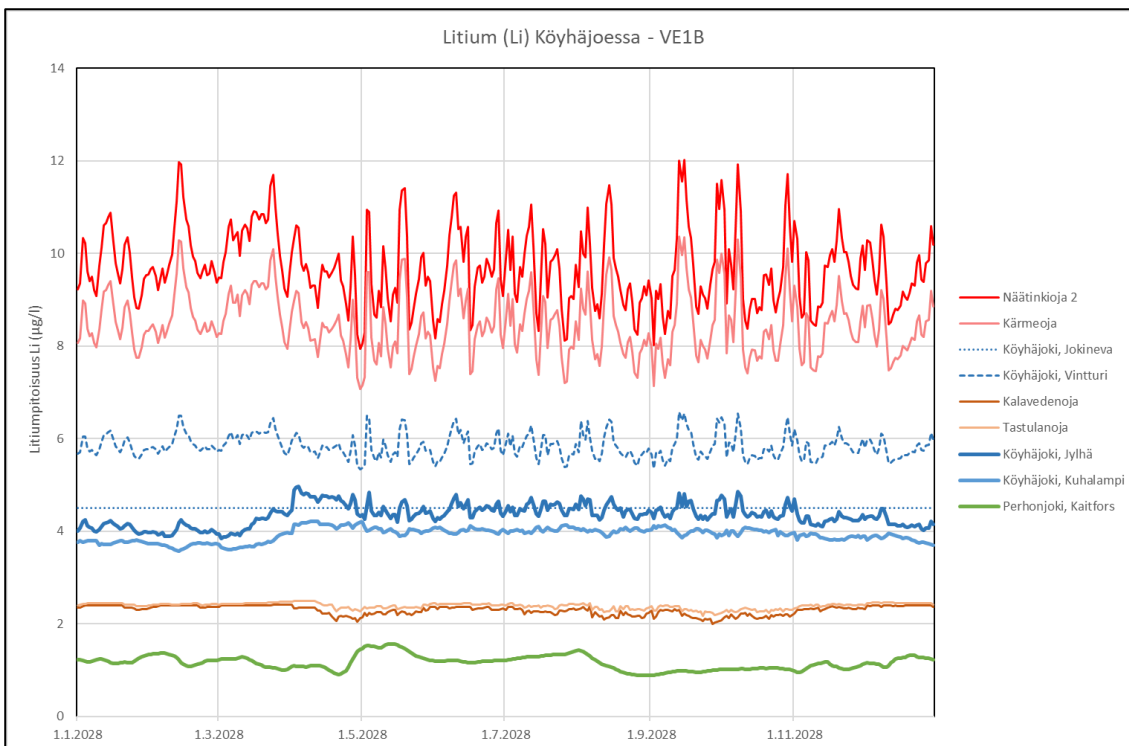


Kuva 59. Litiumpitoisuudet (µg/l) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdossa VE1A. Jätevesien purkupisteinä Kalavedenoja ja Näätinkioja.

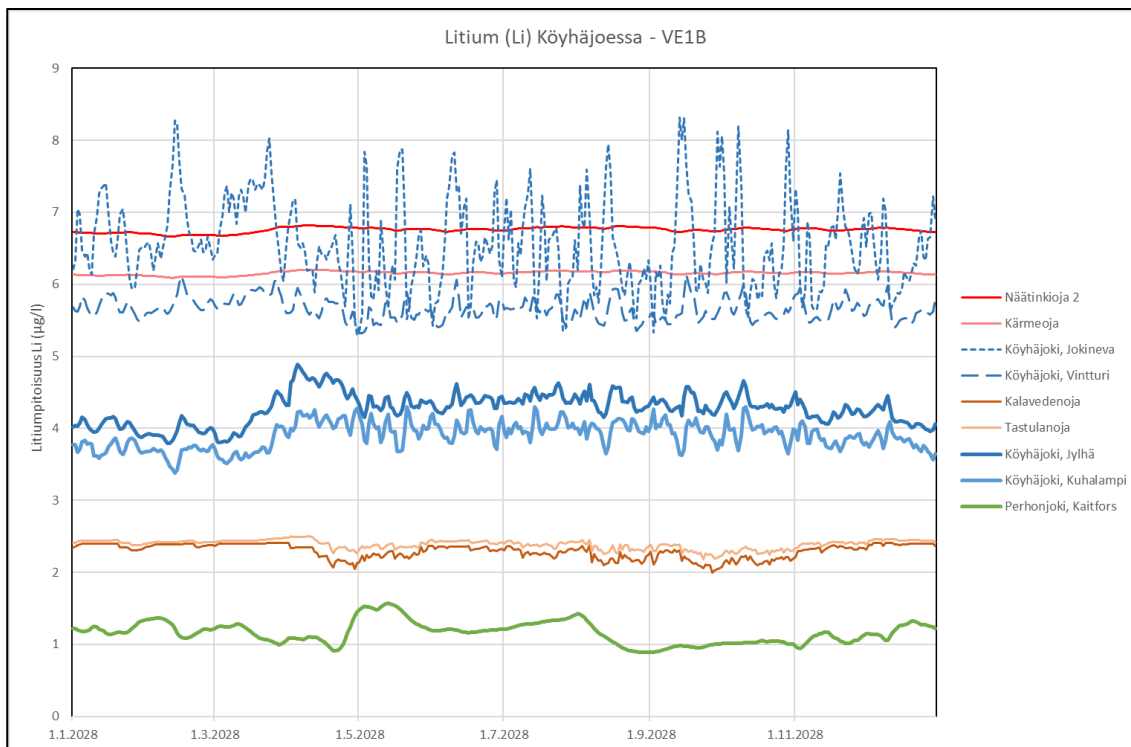


Kuva 60. Litiumpitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdossa VE1A. Jätevesien purkupisteinä Kalavedenoja ja Köyhäjoen Jokineva.

7.4.3 VE1B

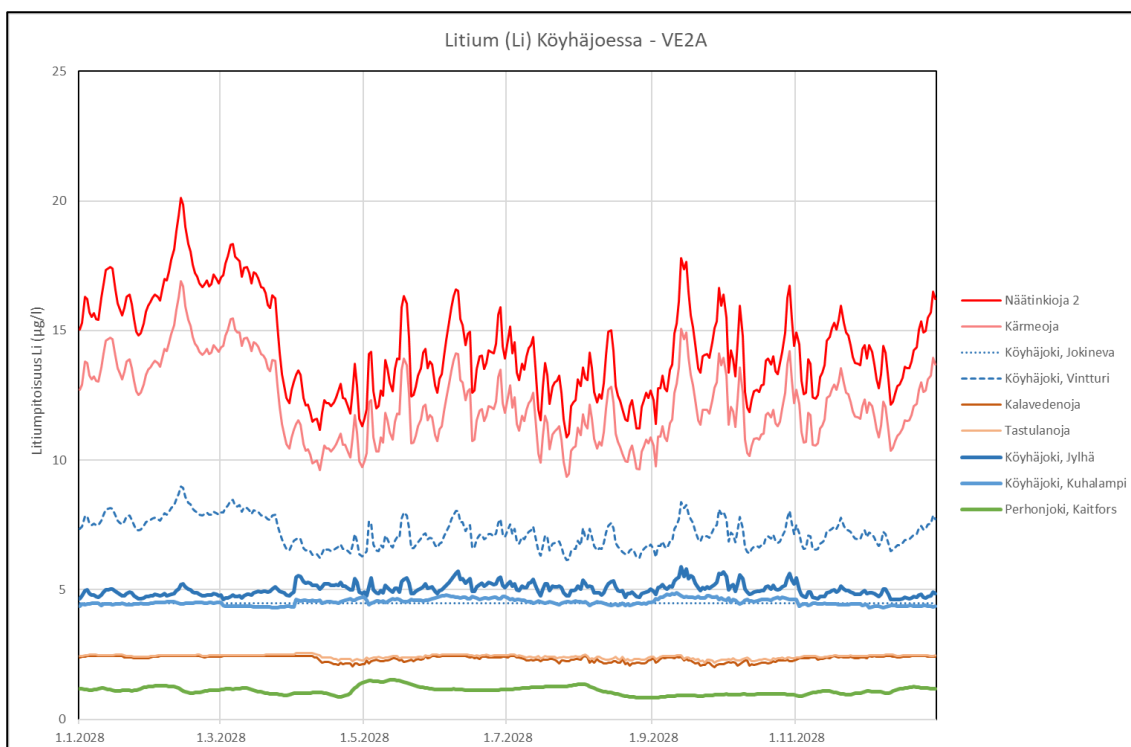


Kuva 61. Litiumpitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdossa VE1B. Jätevesien purkupisteinä Kalavedenoja ja Näätingioja.

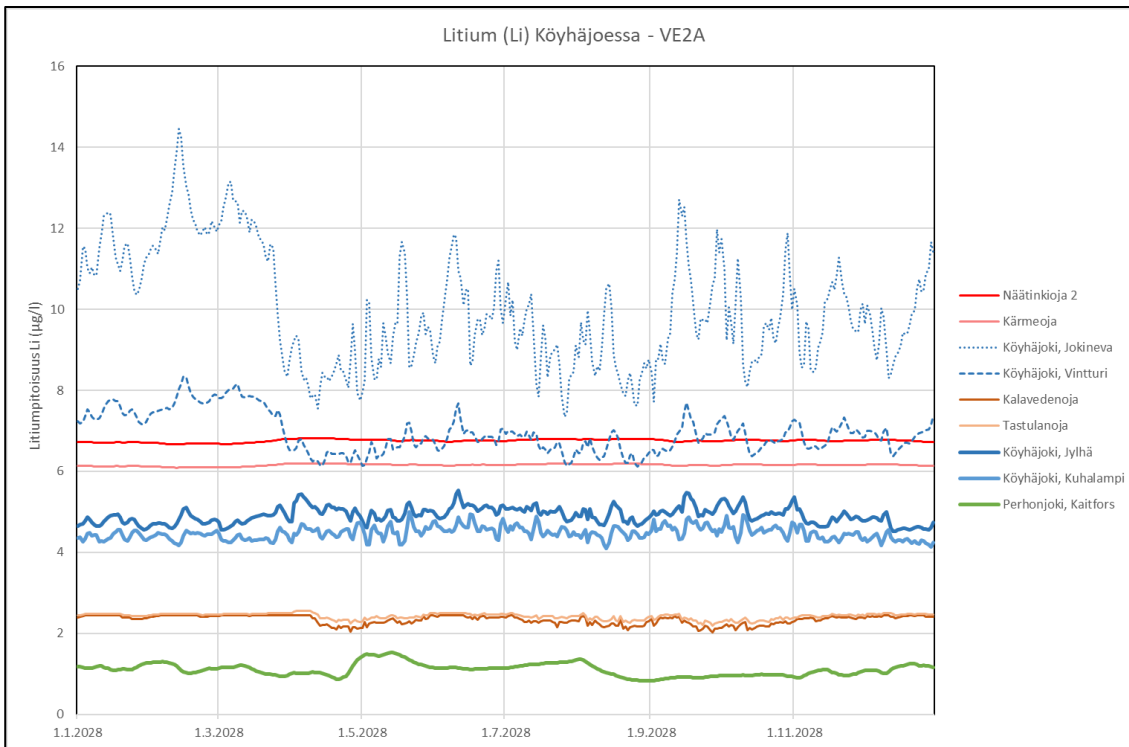


Kuva 62. Litiumpitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdossa VE1B. Jätevesien purkupisteinä Kalavedenoja ja Köyhäjoen Jokineva.

7.4.4 VE2A

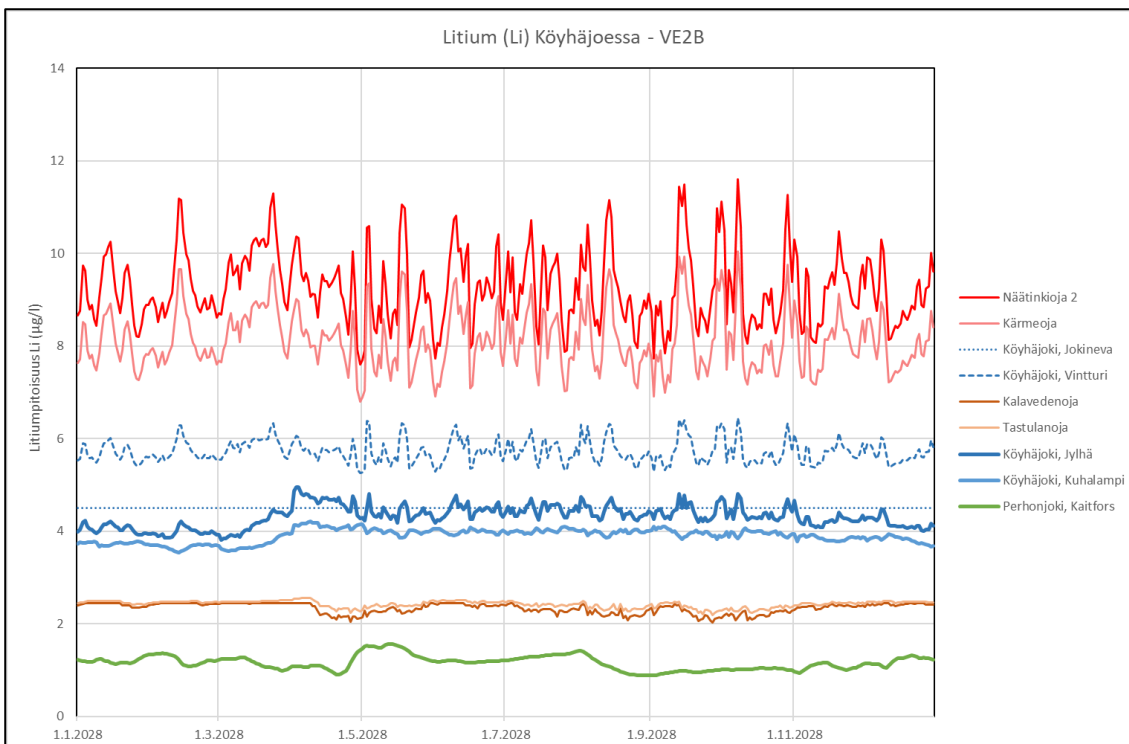


Kuva 63. Litiumpitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdossa VE2A. Jätevesien purkupisteinä Näätingioja.

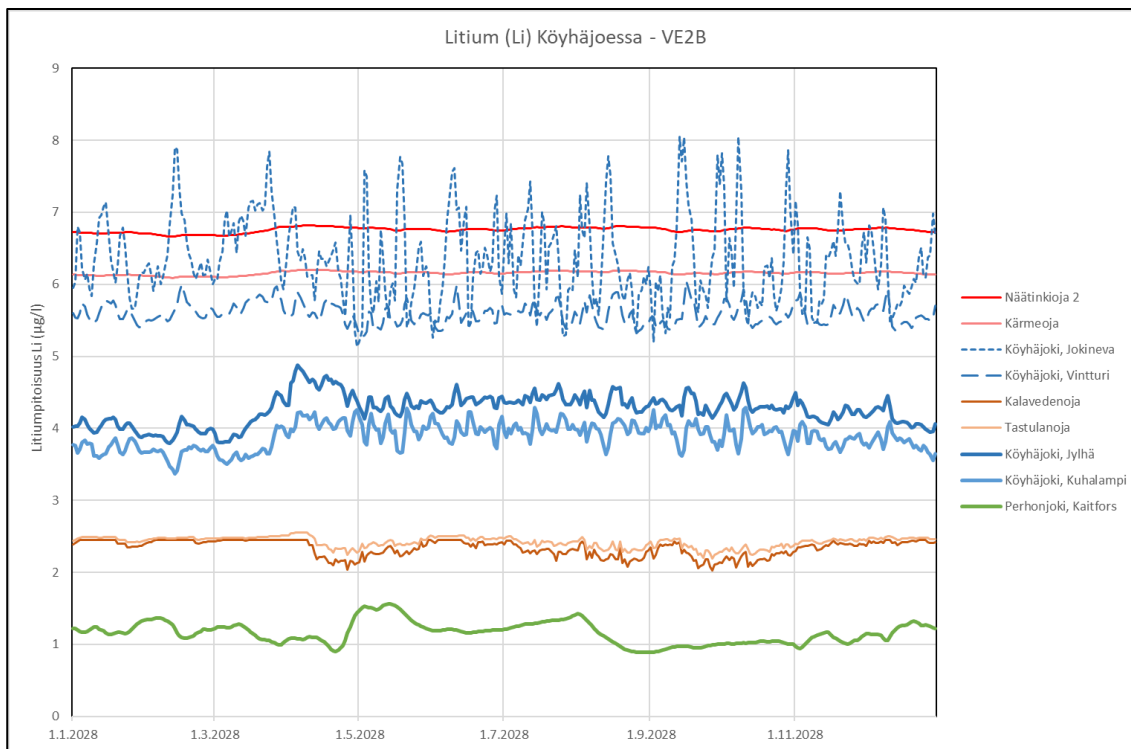


Kuva 64. Litiumpitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdossa VE2A. Jätevesien purkupisteenä Köyhäjoen Jokineva.

7.4.5 VE2B

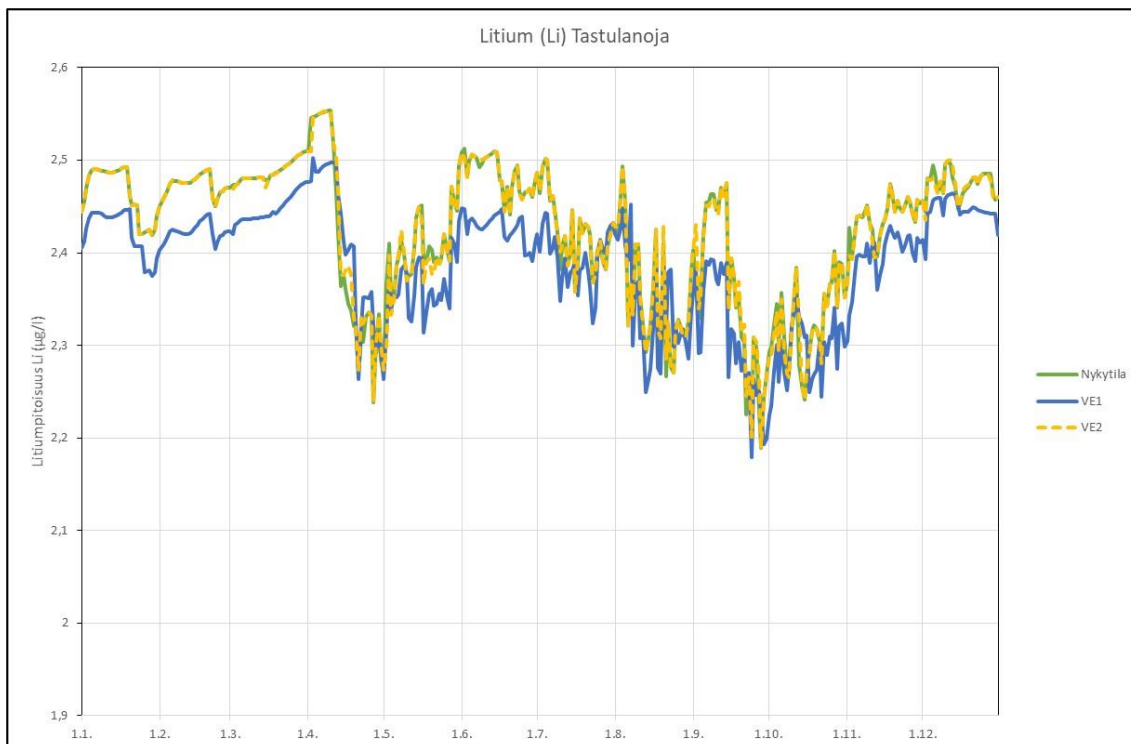


Kuva 65. Litiumpitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdossa VE2B. Jätevesien purkupisteenä Näätingioja

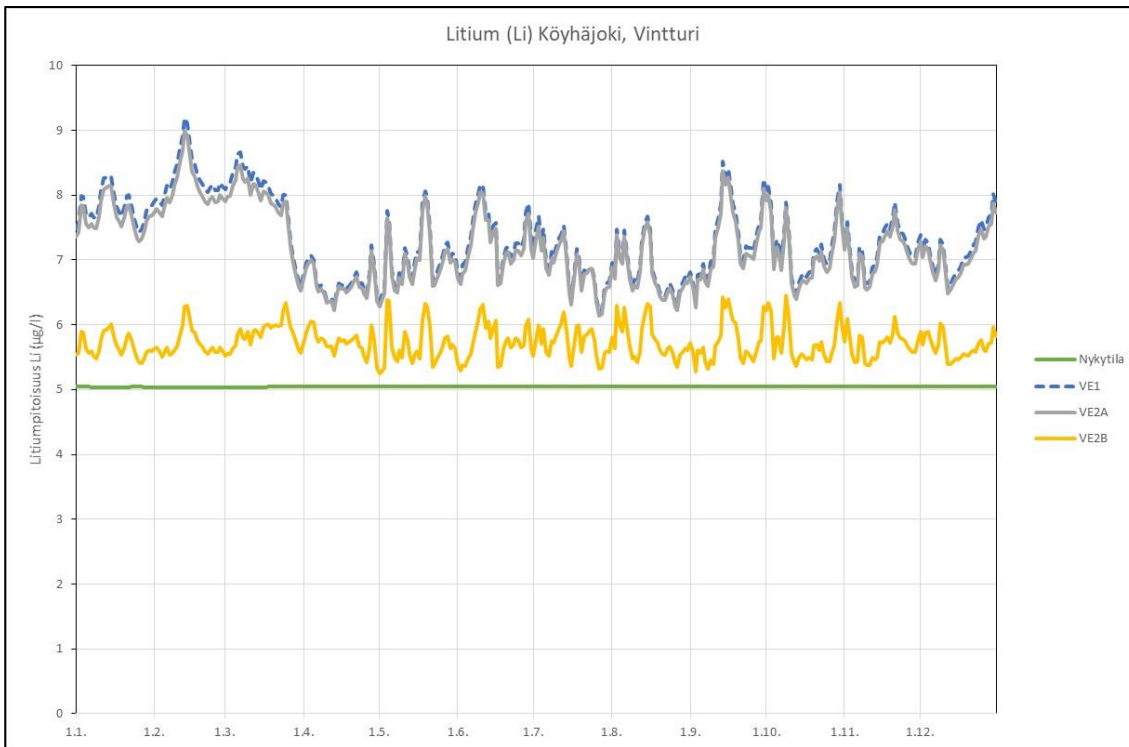


Kuva 66. Litiumpitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdossa VE2B. Jätevesien purkupisteenä Köyhäjoen Jokineva.

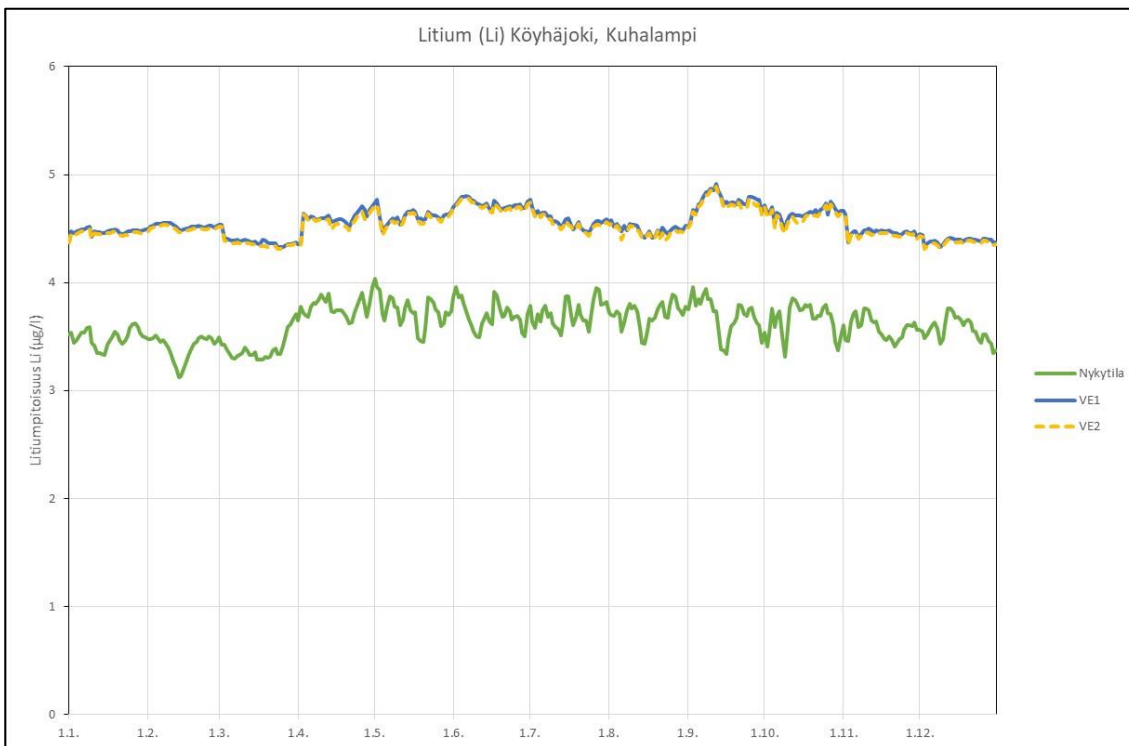
7.4.6 Vaihtoehtojen vertailu



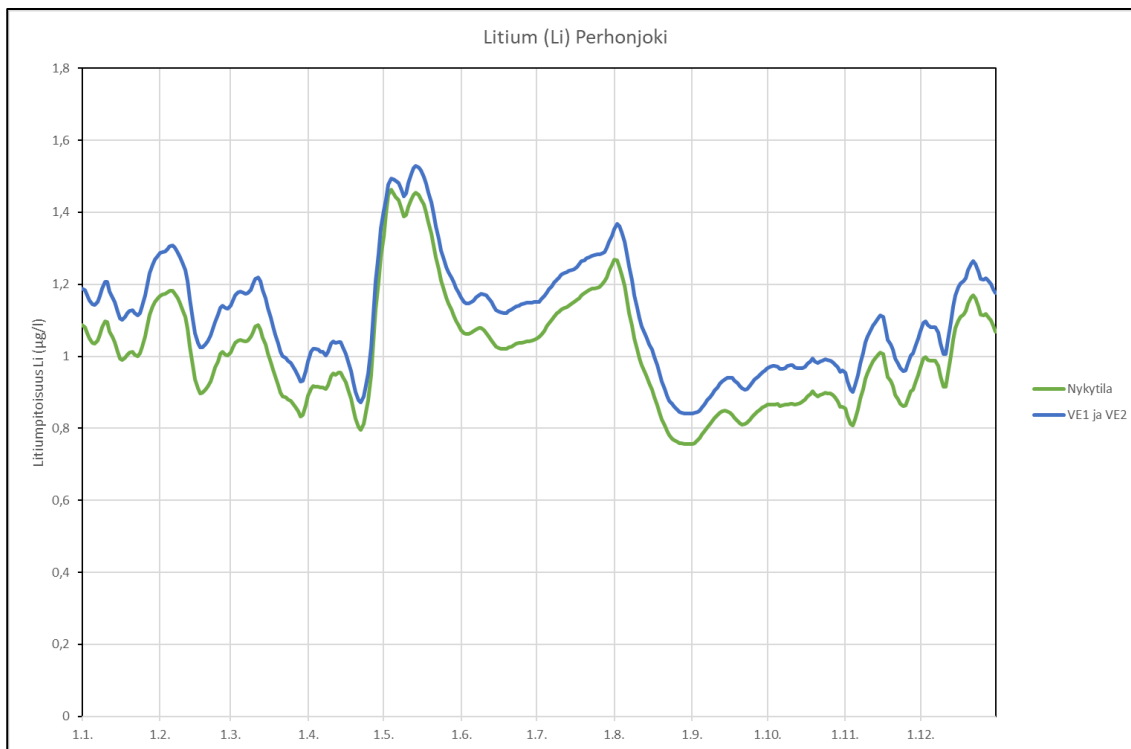
Kuva 67. Litiumpitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) Tastulanojassa eri vaihtoehdoilla.



Kuva 68. Litiumpitoisuudet (µg/l) Köyhäjoen Vintturissa eri vaihtoehdoilla.



Kuva 69. Litiumpitoisuudet (µg/l) Köyhäjoen Kuhalammessa eri vaihtoehdoilla.



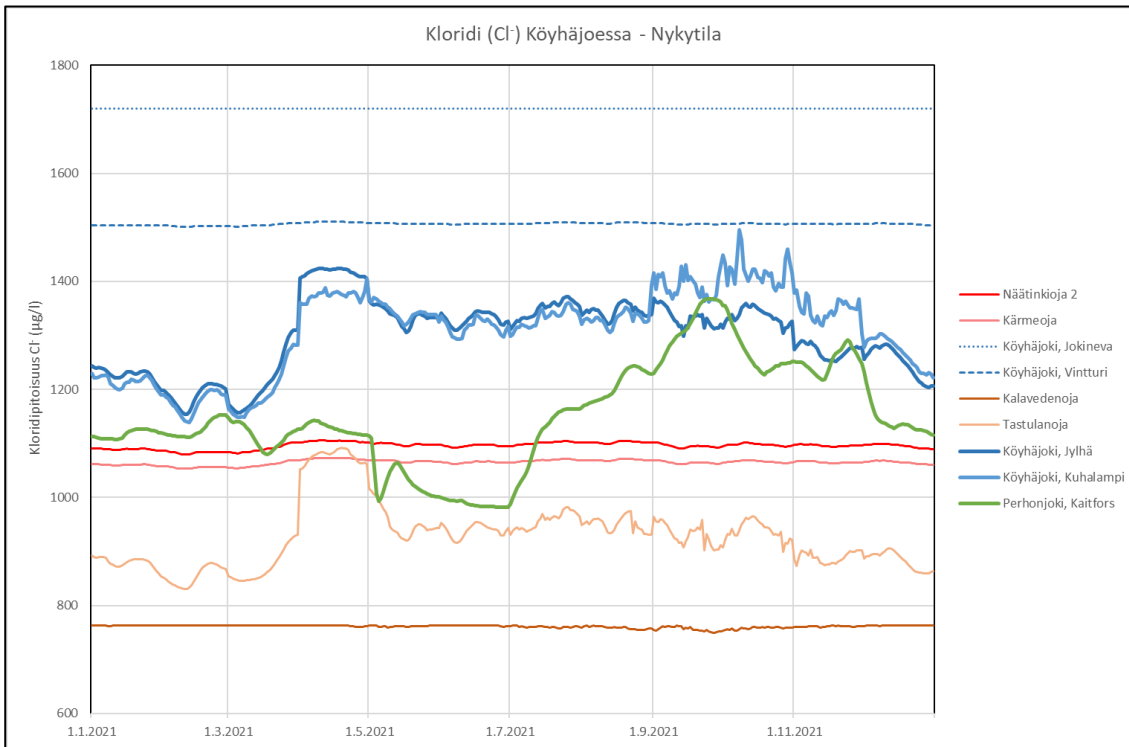
Kuva 70. Litiumpitoisuudet (µg/l) Perhonjoessa eri vaihtoehdoilla.

Taulukko 18. Yhteenveto: keskiarvot litiumin pitoisuuksista ja niiden lisäyksistä Köyhäjoessa, Ullavanjoessa ja Perhonjoessa eri vaihtoehdoissa VE1 ja VE2 mallinnetun vuoden 2028 tilanteessa. Rasterilla merkityt solut ovat purkupisteitä litiumin osalta.

	Nykytila	VE1A		VE1B		VE2A		VE2B	
	Pit.	Pit.	Lisäys	Pit.	Lisäys	Pit.	Lisäys	Pit.	Lisäys
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Näätinkioja	6,8	14,8	8,0	9,7	2,9	14,4	7,6	9,3	2,5
Kärmeoja	6,2	12,5	6,4	8,5	2,3	12,2	6,0	8,1	2,0
Köyhäjoki, Jokineva	4,5	10,2	5,7	6,6	2,1	10,0	5,5	6,4	1,9
Köyhäjoki, Vintturi	5,0	7,3	2,3	5,8	0,8	7,2	2,2	5,7	0,7
Kalavedenoja	2,3	2,3	0,0	2,3	0,0	2,3	0,0	2,3	0,0
Tastulanoja	2,4	2,4	0,0	2,4	0,0	2,4	0,0	2,4	0,0
Köyhäjoki, Jylhä	4,0	5,0	1,1	4,3	0,4	5,0	1,1	4,3	0,4
Köyhäjoki, Kuhalampi	3,6	4,6	0,9	3,9	0,3	4,5	0,9	3,9	0,3
Ruohojärvenoja, kaivoksen alapuoli	3,5	3,5	0,0	47,4	43,9	3,5	0,0	47,4	43,9
Toroja	3,5	3,5	0,0	17,6	14,1	3,5	0,0	17,6	14,1
Ullavanjoki, Emmes yläpuoli	2,7	2,7	0,0	3,5	0,8	2,7	0,0	3,5	0,8
Perhonjoki, Kaitfors	1,0	1,1	0,1	1,2	0,2	1,1	0,1	1,2	0,1

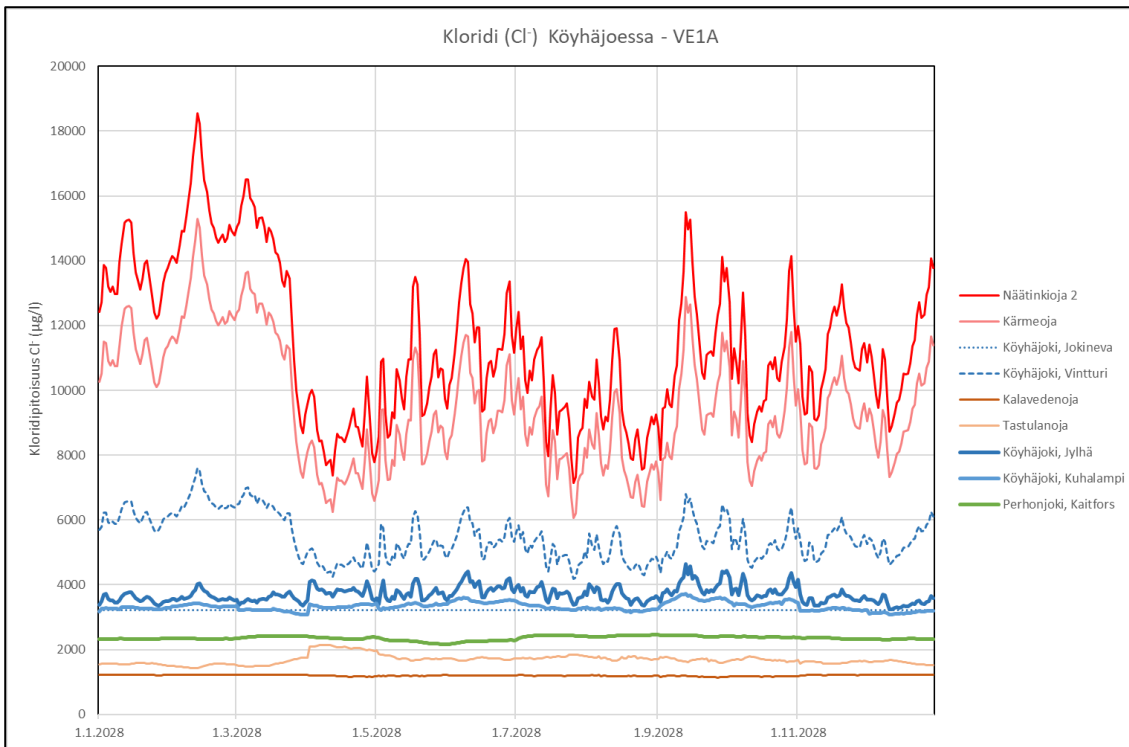
7.5 Kloridi

7.5.1 VEO

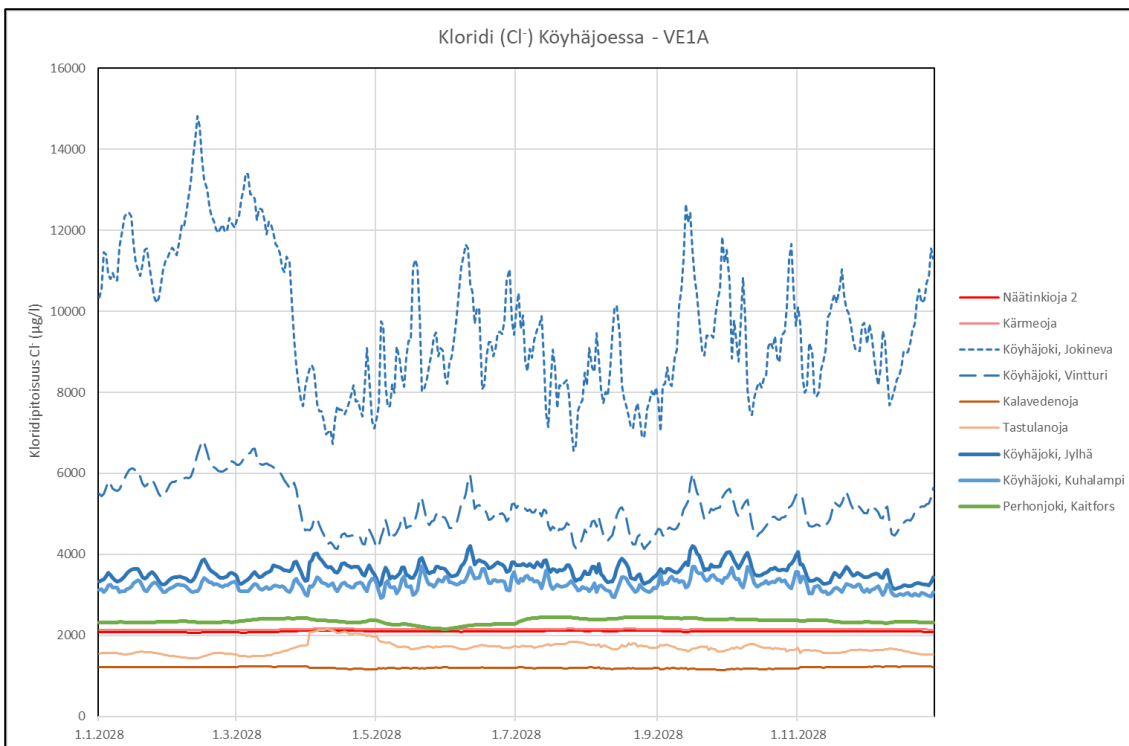


Kuva 71. Kloridipitoisuudet (µg/l) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä.

7.5.2 VE1A

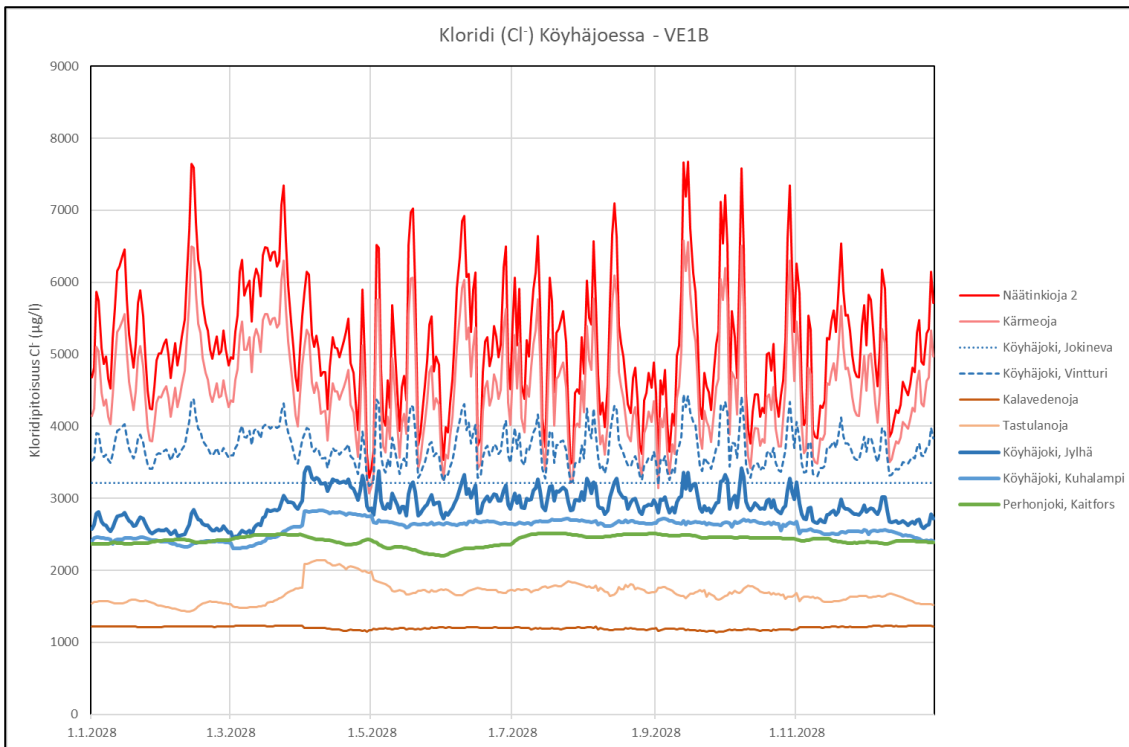


Kuva 72. Kloridipitoisuudet (µg/l) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdossa VE1A. Jätevesien purkupisteinä Kalavedenoja ja Näätingioja.

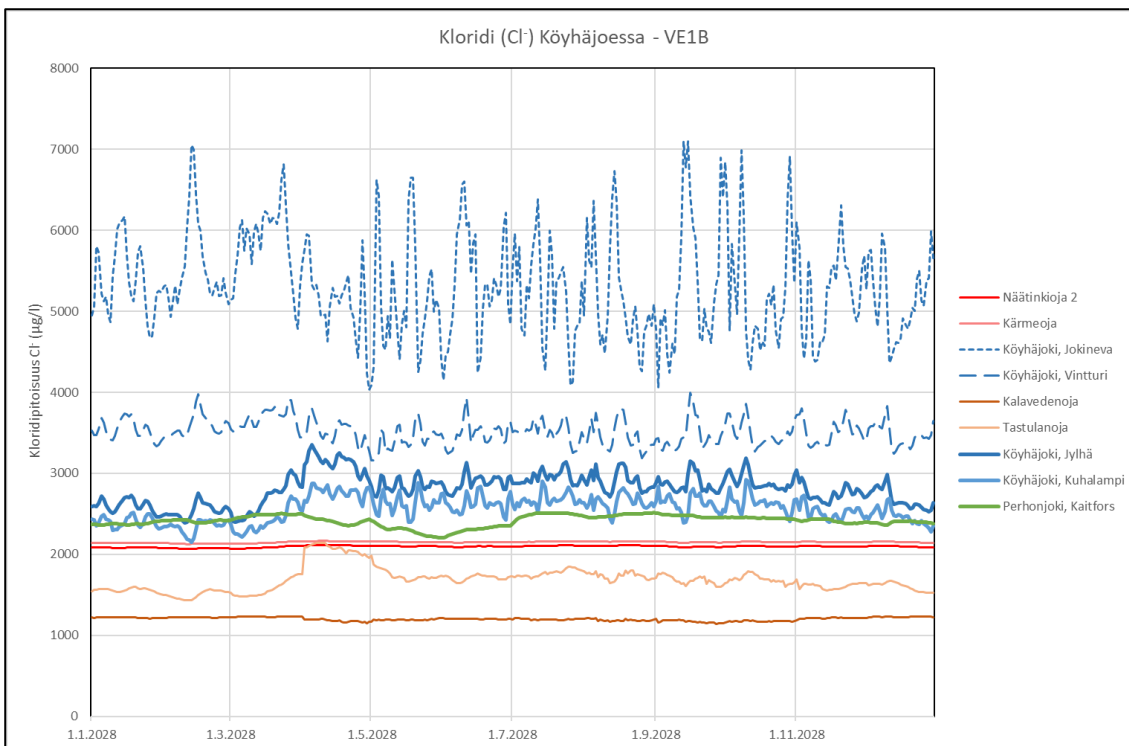


Kuva 73. Kloridipitoisuudet (µg/l) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdossa VE1A. Jätevesien purkupisteinä Kalavedenoja ja Köyhäjoen Jokineva.

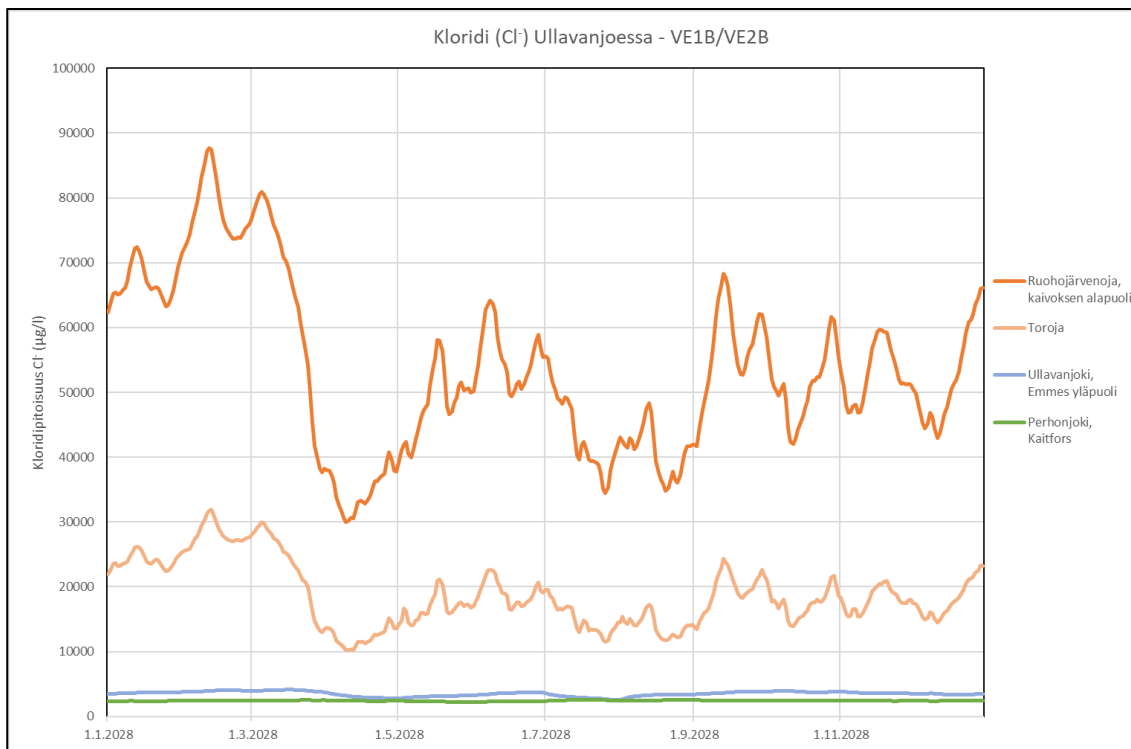
7.5.3 VE1B



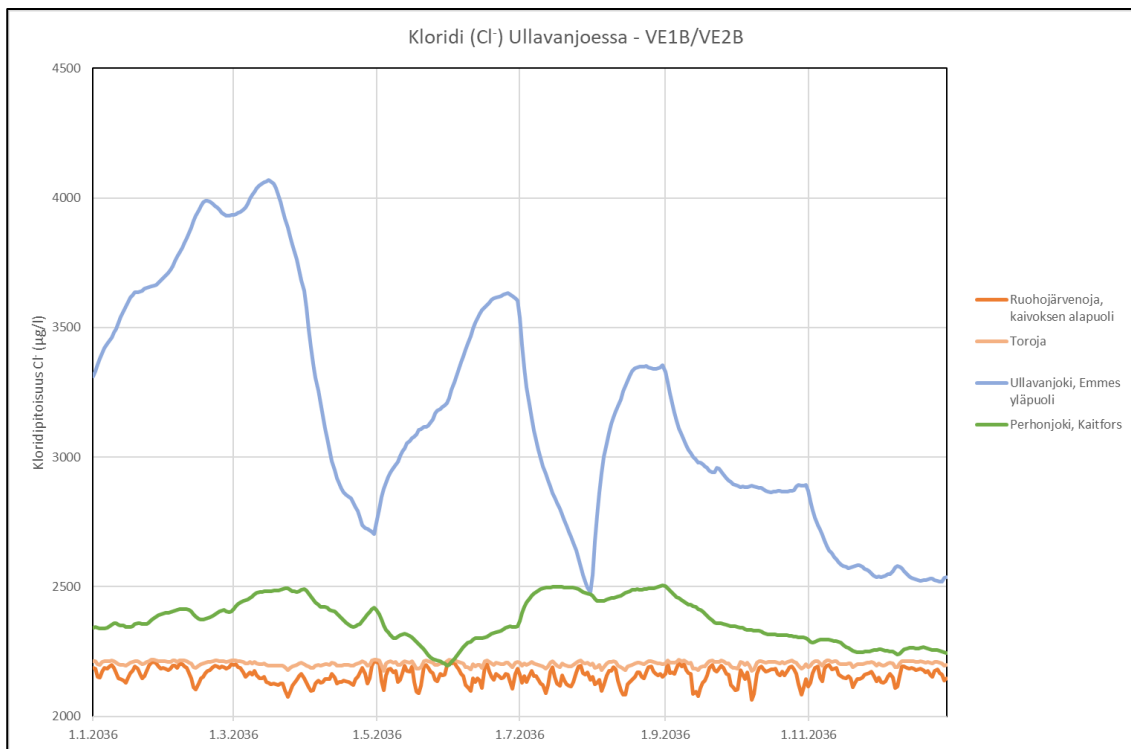
Kuva 74. Kloridipitoisuudet (µg/l) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdossa VE1B. Jätevesien purkupisteinä Kalavedenoja ja Näätinkioja.



Kuva 75. Kloridipitoisuudet (µg/l) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdossa VE1B. Jätevesien purkupisteinä Kalavedenoja ja Köyhäjoen Jokinäva.

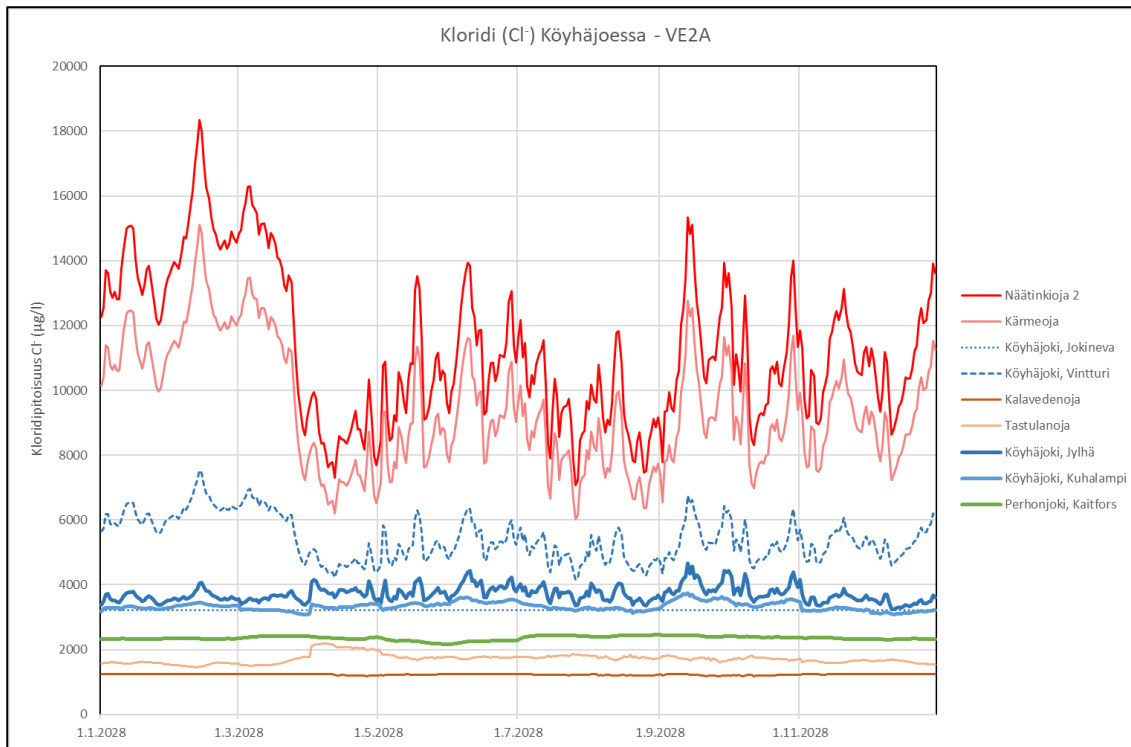


Kuva 76. Kloridipitoisuudet (µg/l) Ullavanjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdoissa VE1B/VE2B. Jätevesien purkupisteenä Ruohojärvenoja.

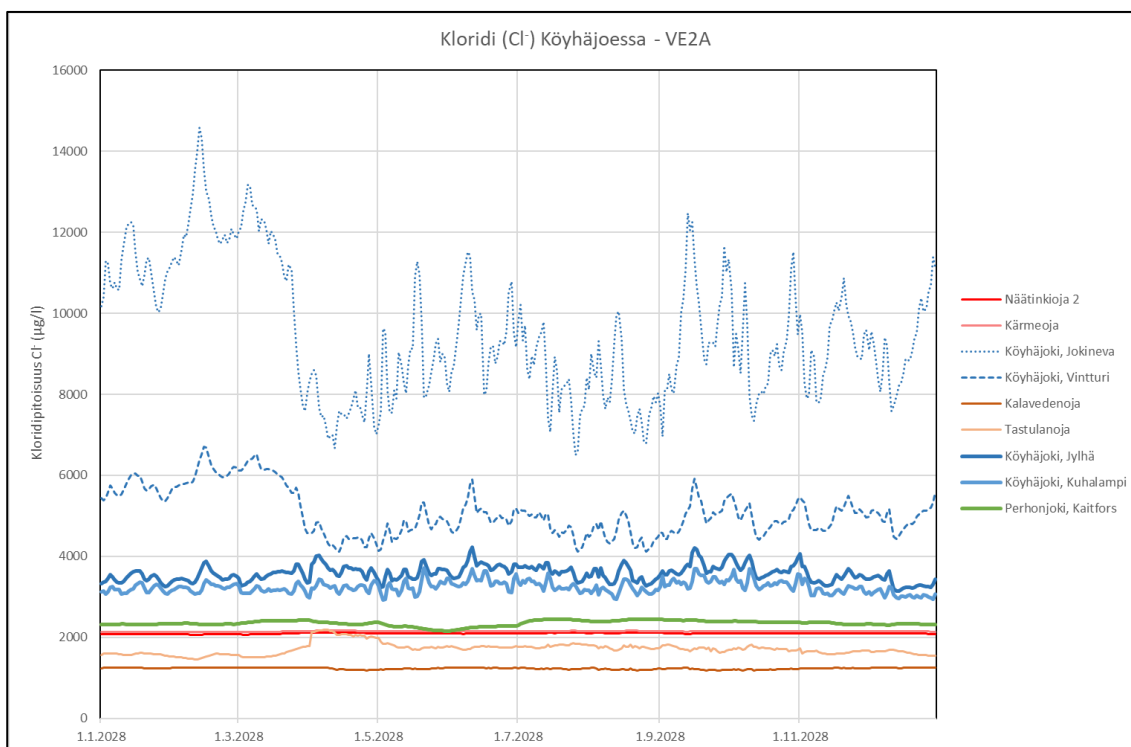


Kuva 77. Kloridipitoisuudet (µg/l) Ullavanjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdoissa VE1B/VE2B. Outoveden kaivoksen jätevesien purkupisteenä Mato-oja, jälkihoitovaiheessa olevan Syväjärven kaivoksen vedet johdetaan Ruohojärvenojaan.

7.5.4 VE2A

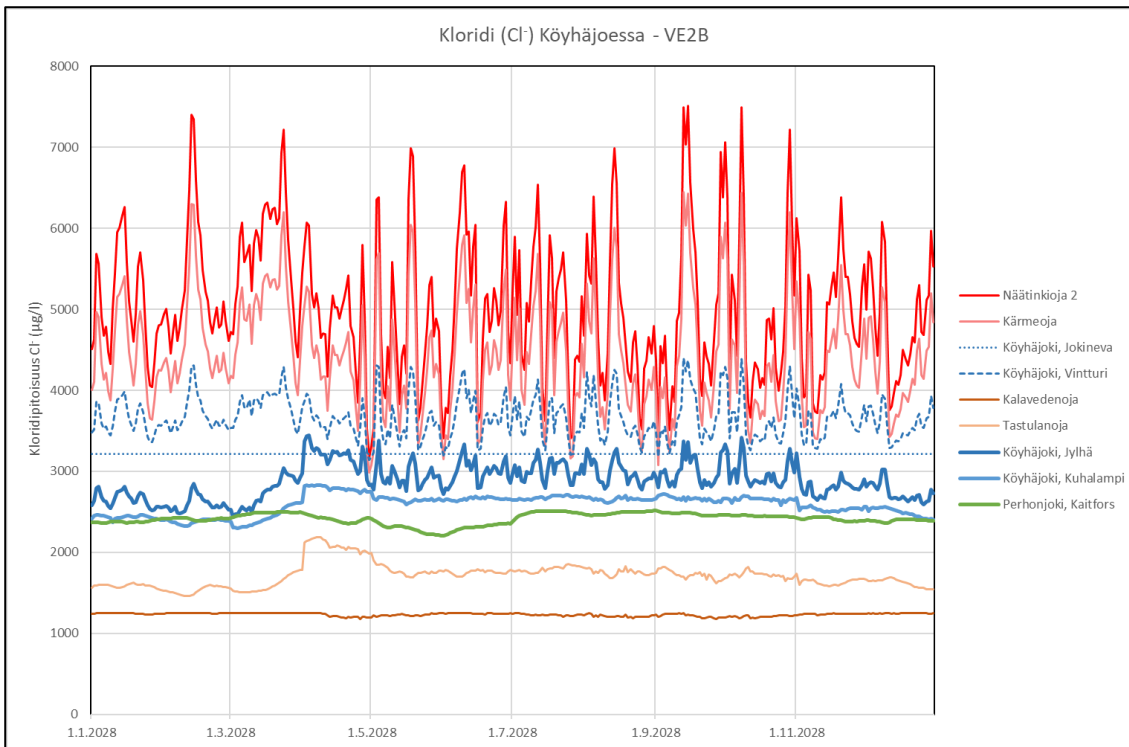


Kuva 78. Kloridipitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdossa VE2A. Jätevesien purkupisteenä Näätinkioja.

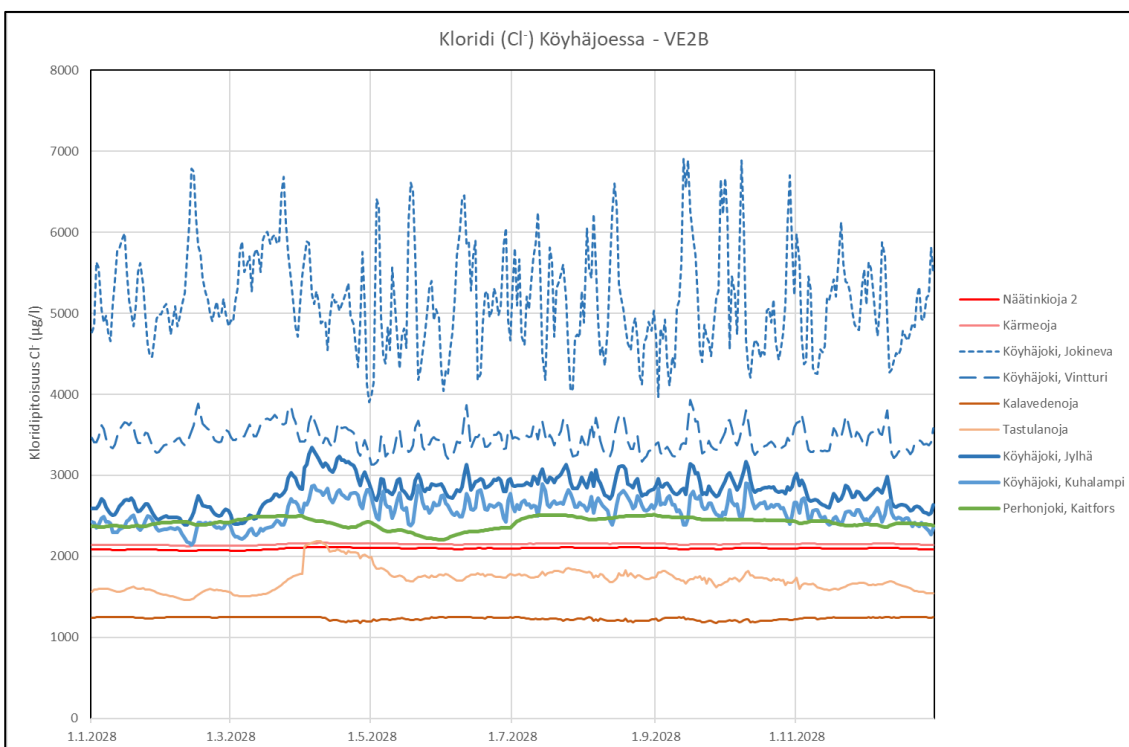


Kuva 79. Kloridipitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdossa VE2A. Jätevesien purkupisteenä Köyhäjoen Jokineva.

7.5.5 VE2B

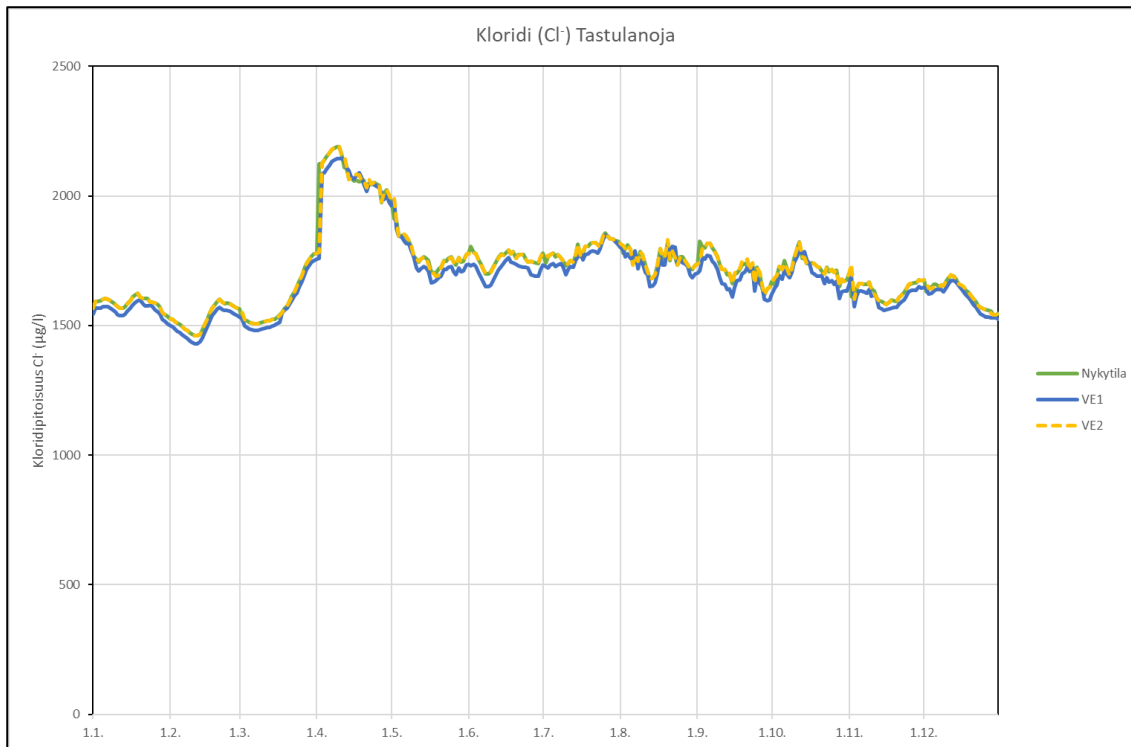


Kuva 80. Kloridipitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdossa VE2B. Jätevesien purkupisteenä Näätinkioja.

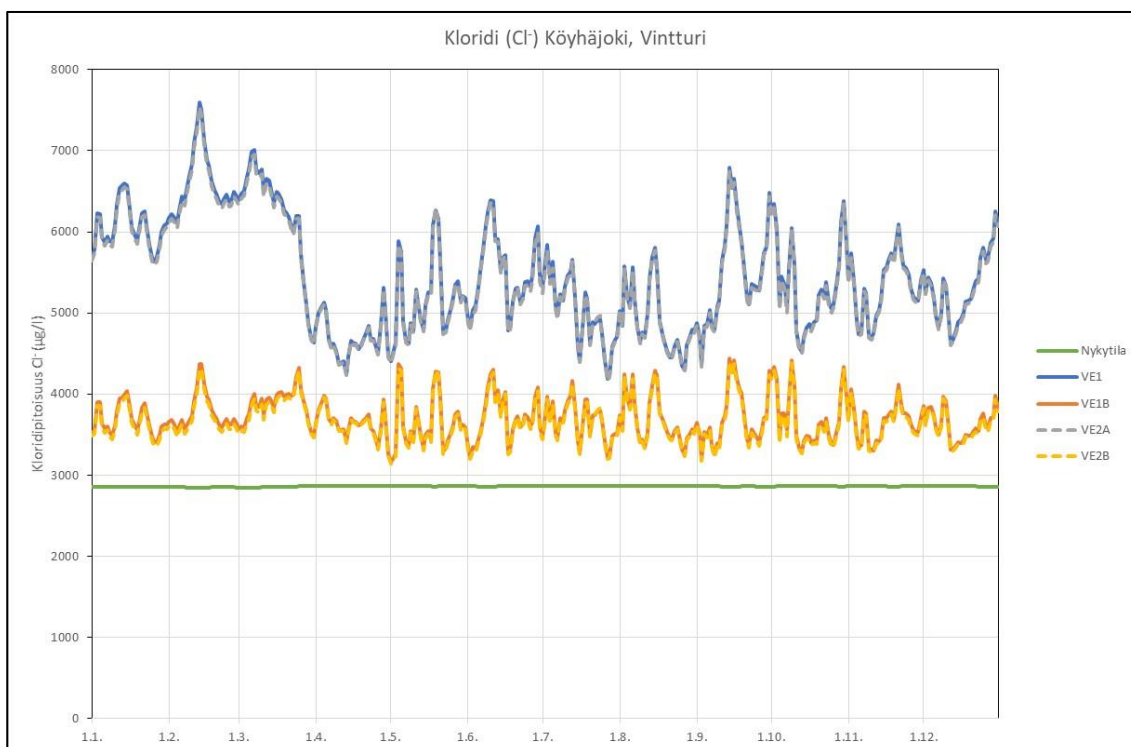


Kuva 81. Kloridipitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdossa VE2B. Jätevesien purkupisteenä Köyhäjoen Jokineva.

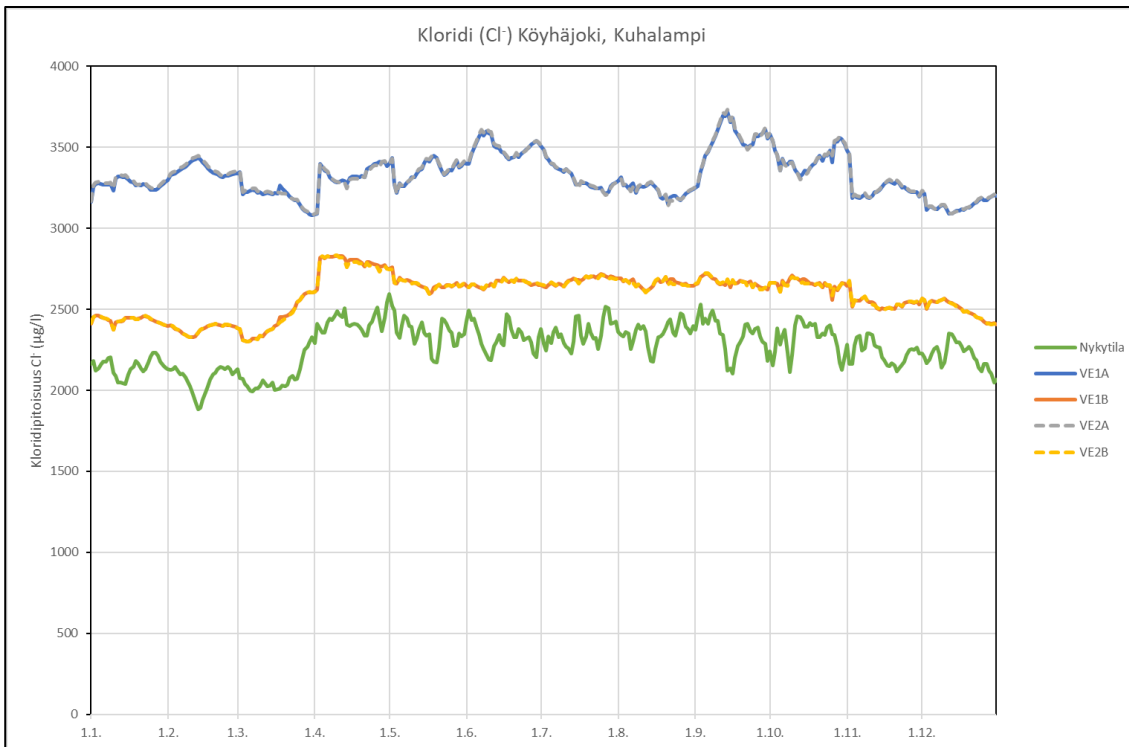
7.5.6 Vaihtoehtojen vertailu



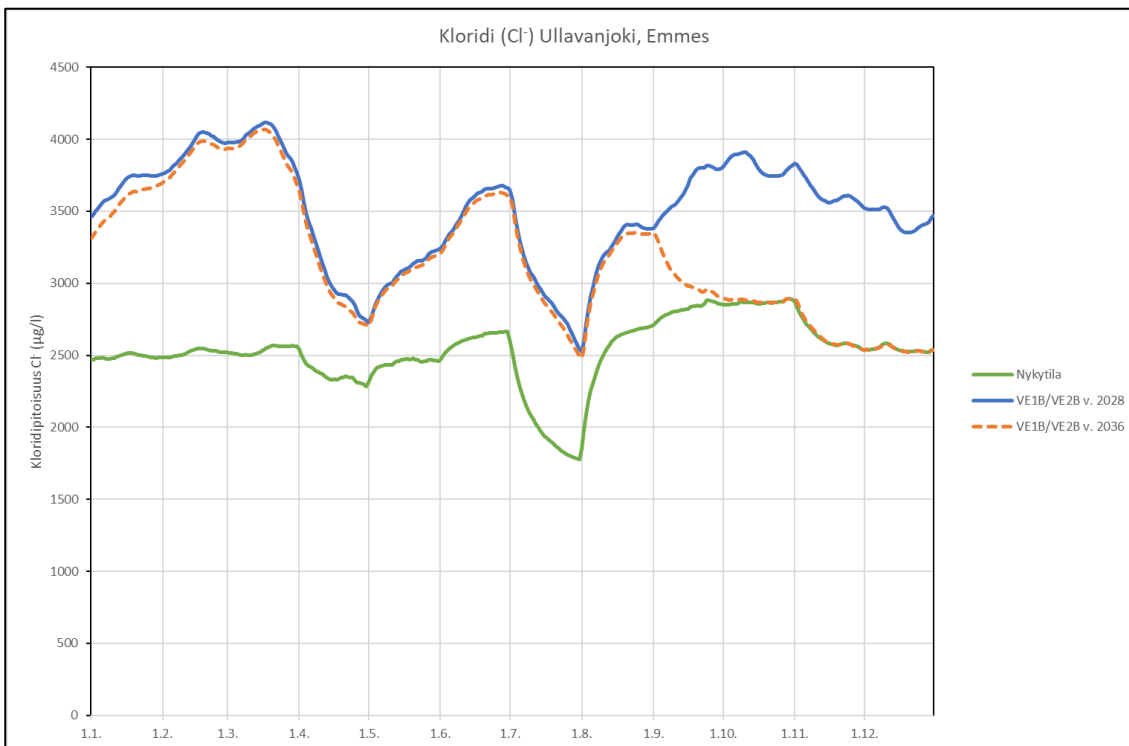
Kuva 82. Kloridipitoisuudet (µg/l) Tastulanojassa eri vaihtoehtoilla.



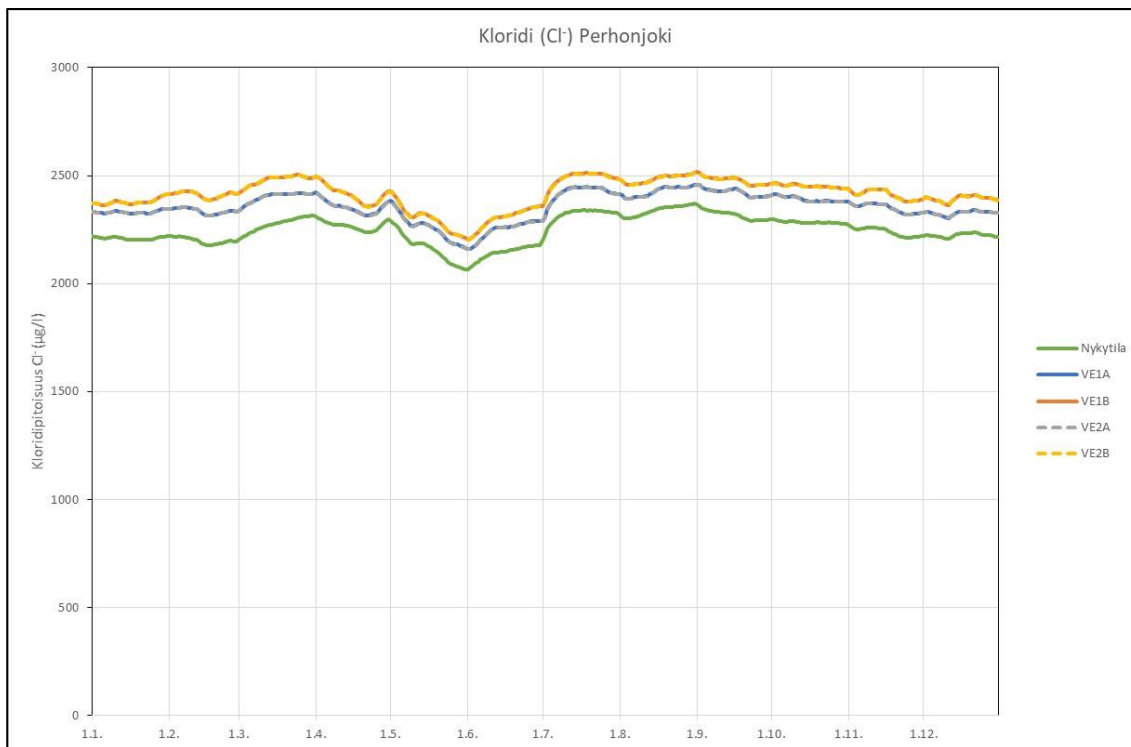
Kuva 83. Kloridipitoisuudet (µg/l) Köyhäjoen Vintturissa eri vaihtoehtoilla.



Kuva 84. Kloridipitoisuudet (µg/l) Köyhäjoen Kuhlammessa eri vaihtoehdoilla.



Kuva 85. Kloridipitoisuudet (µg/l) Ullavanjoen Emmesissä vaihtoehdoilla VE1B ja VE2B vuosina 2028 ja 2036.



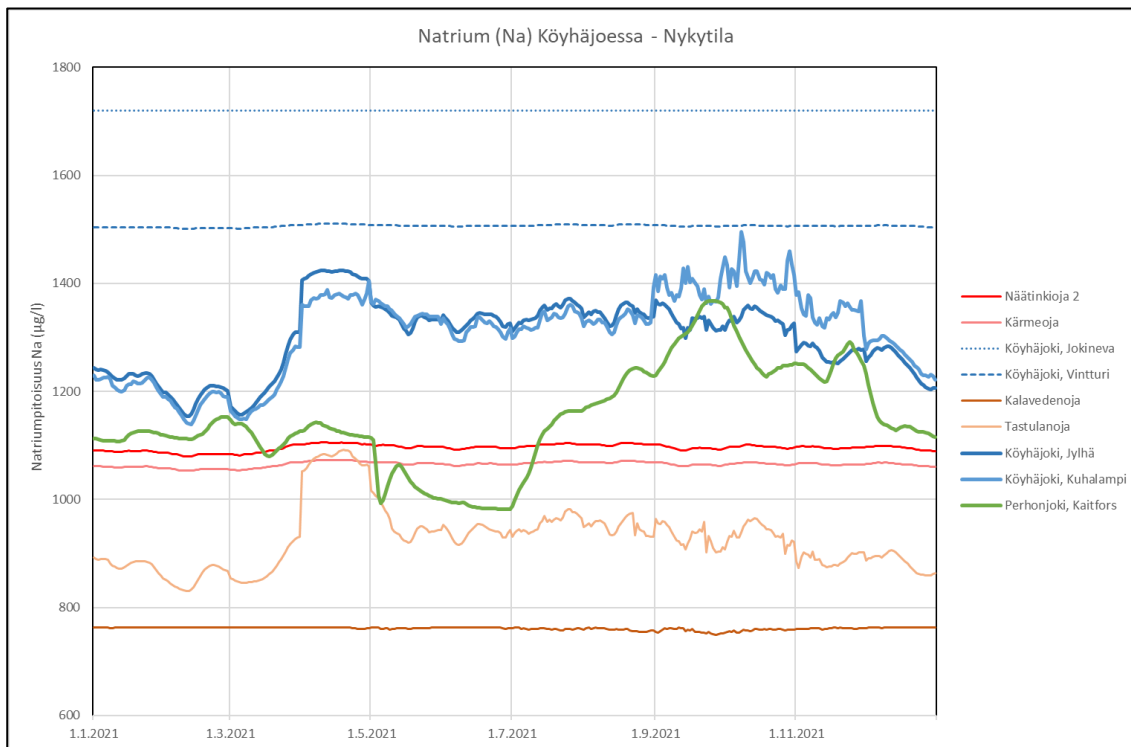
Kuva 86. Kloridipitoisuudet (µg/l) Perhonjoessa eri vaihtoehdoilla.

Taulukko 19. Yhteenveto: keskiarvot kloridipitoisuuksista ja niiden lisäyksistä Köyhäjoessa, Ullavanjoessa ja Perhonjoessa eri vaihtoehdoissa VE1 ja VE2 mallinnetun vuoden 2028 tilanteessa. Rasterilla merkityt solut ovat purkupisteitä kloridin osalta.

	Nykytila	VE1A		VE1B		VE2A		VE2B	
	Pit.	Pit.	Lisäys	Pit.	Lisäys	Pit.	Lisäys	Pit.	Lisäys
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Näätinkioja	2,1	11,4	9,3	5,2	3,1	11,3	9,2	5,0	2,9
Kärmeoja	2,2	9,5	7,4	4,6	2,4	9,4	7,3	4,4	2,3
Köyhäjoki, Jokineva	3,2	9,7	6,4	5,3	2,1	9,5	6,3	5,2	1,9
Köyhäjoki, Vintturi	2,9	5,5	2,6	3,7	0,8	5,4	2,6	3,7	0,8
Kalavedenoja	1,2	1,2	0,0	1,2	0,0	1,2	0,0	1,2	0,0
Tastulanoja	1,7	1,7	0,0	1,7	0,0	1,7	0,0	1,7	0,0
Köyhäjoki, Jylhä	2,5	3,7	1,2	2,9	0,4	3,7	1,2	2,9	0,4
Köyhäjoki, Kuhalampi	2,3	3,3	1,1	2,6	0,3	3,3	1,1	2,6	0,3
Ruohojärvenoja	2,2	2,2	0,0	53,7	51,5	2,2	0,0	53,7	51,5
Toroja	2,2	2,2	0,0	18,7	16,5	2,2	0,0	18,7	16,5
Ullavanjoki, Emmes yläpuoli	2,5	2,5	0,0	3,5	1,0	2,5	0,0	3,5	1,0
Perhonjoki, Kaitfors	2,2	2,4	0,1	2,4	0,2	2,4	0,1	2,4	0,2

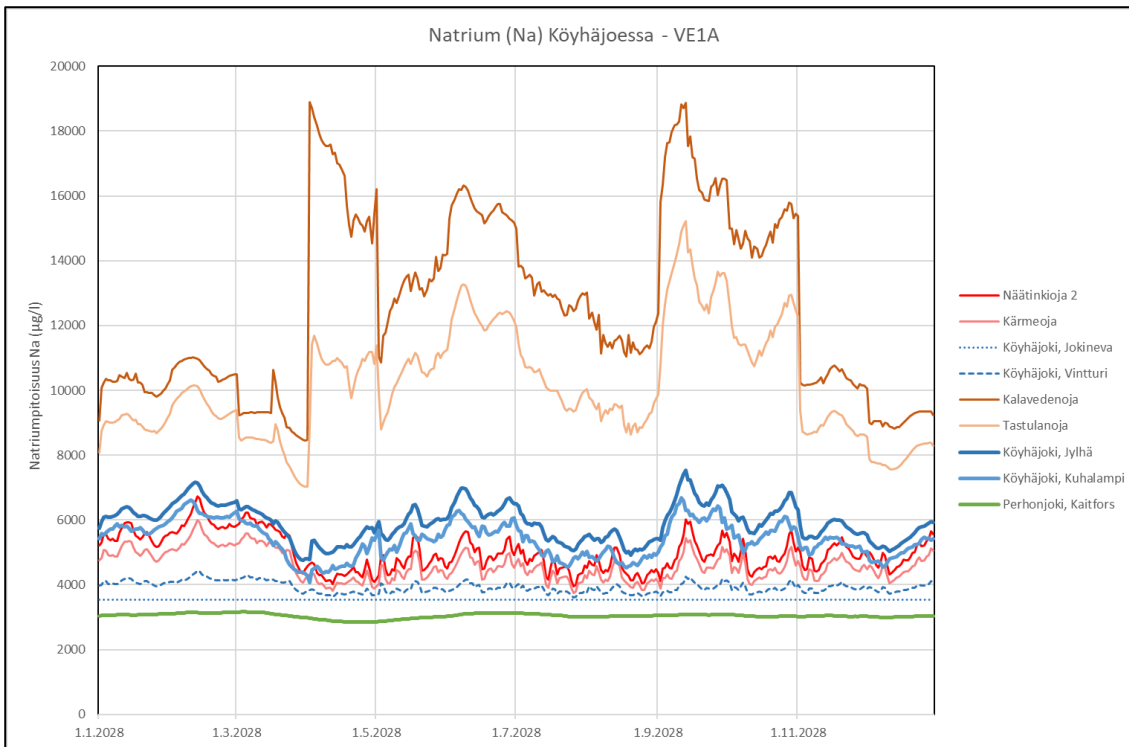
7.6 Natrium

7.6.1 VE0

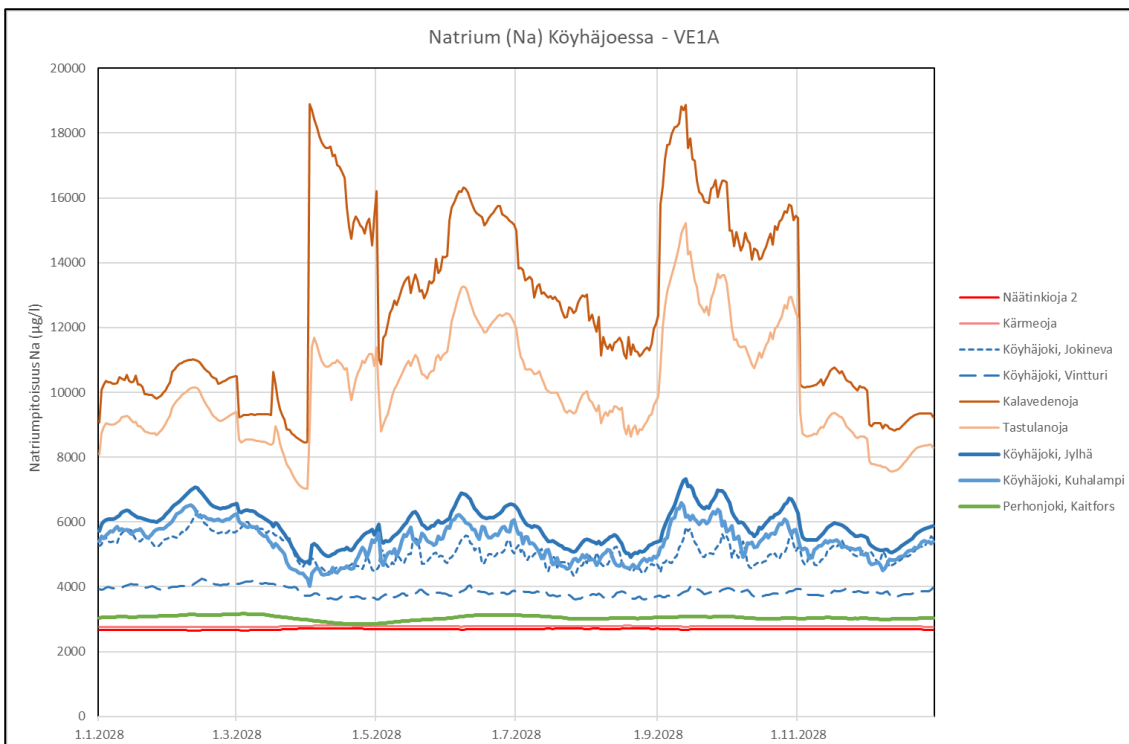


Kuva 87. Natriumpitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä.

7.6.2 VE1A

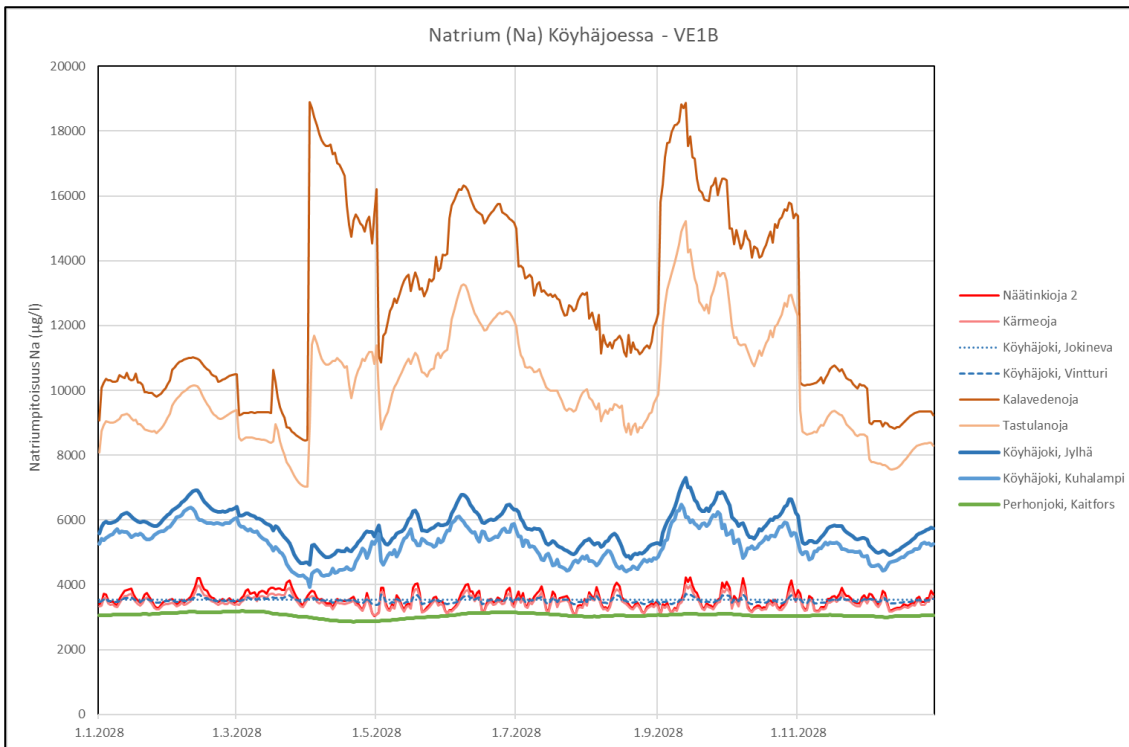


Kuva 88. Natriumpitoisuudet (µg/l) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdossa VE1A. Jätevesien purkupisteinä Kalavedenoja ja Näätinkioja.

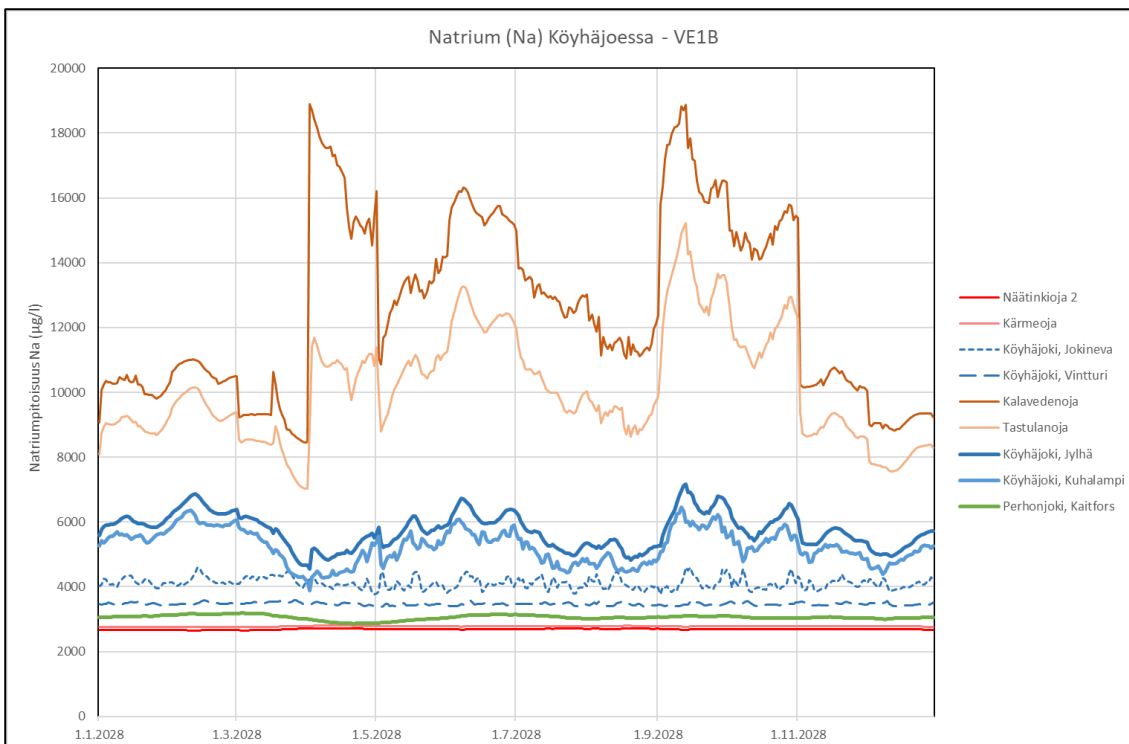


Kuva 89. Natriumpitoisuudet (µg/l) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdossa VE1A. Jätevesien purkupisteinä Kalavedenoja ja Köyhäjoen Jokineva.

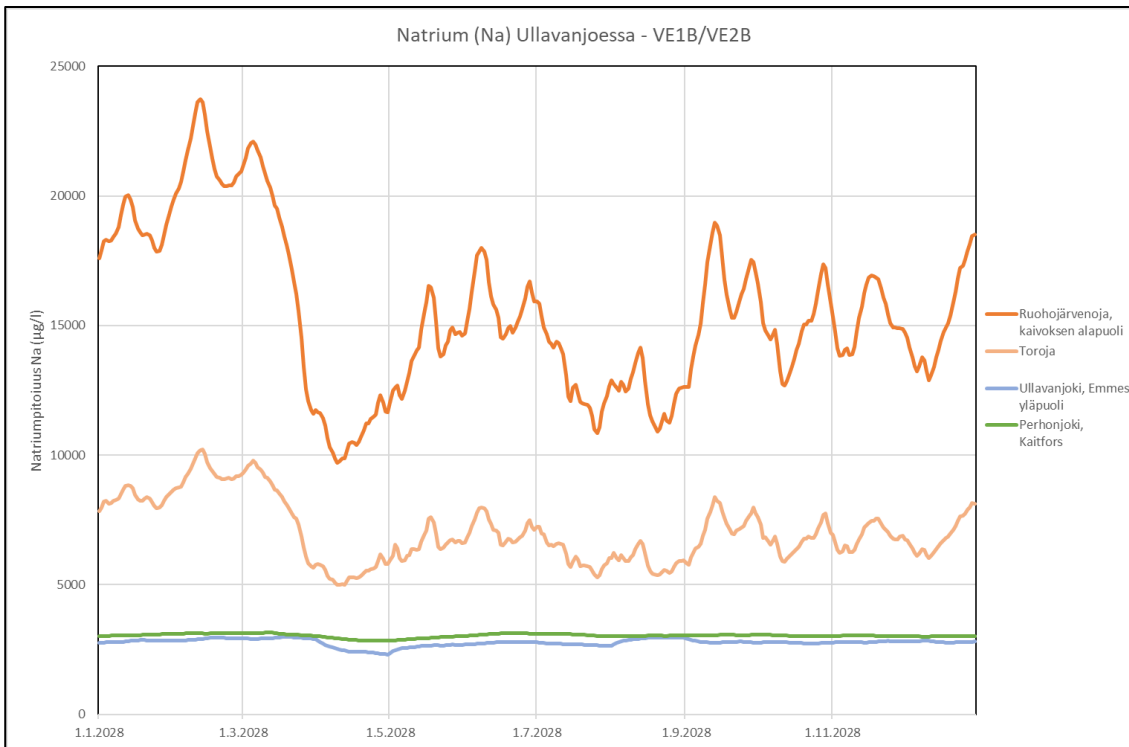
7.6.3 VE1B



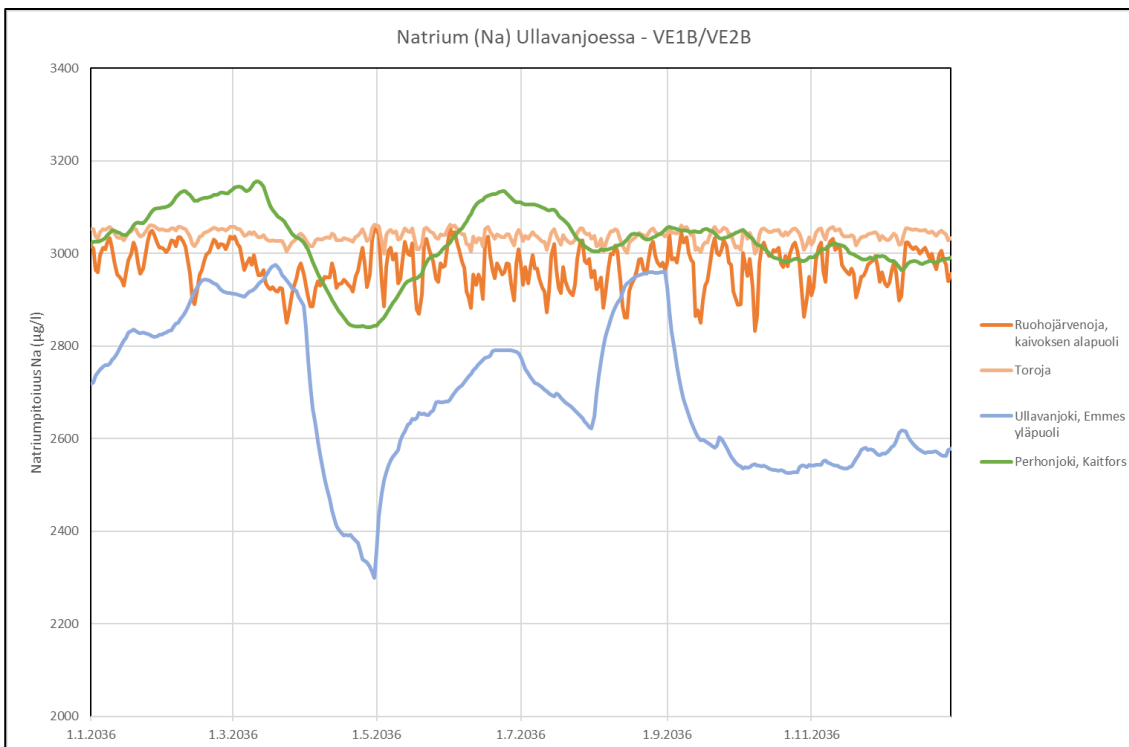
Kuva 90. Natriumpitoisuudet (µg/l) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdossa VE1B. Jätevesien purkupisteinä Kalavedenoja ja Näätinkioja.



Kuva 91. Natriumpitoisuudet (µg/l) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdossa VE1B. Jätevesien purkupisteinä Kalavedenoja ja Köyhäjoen Jokineva.

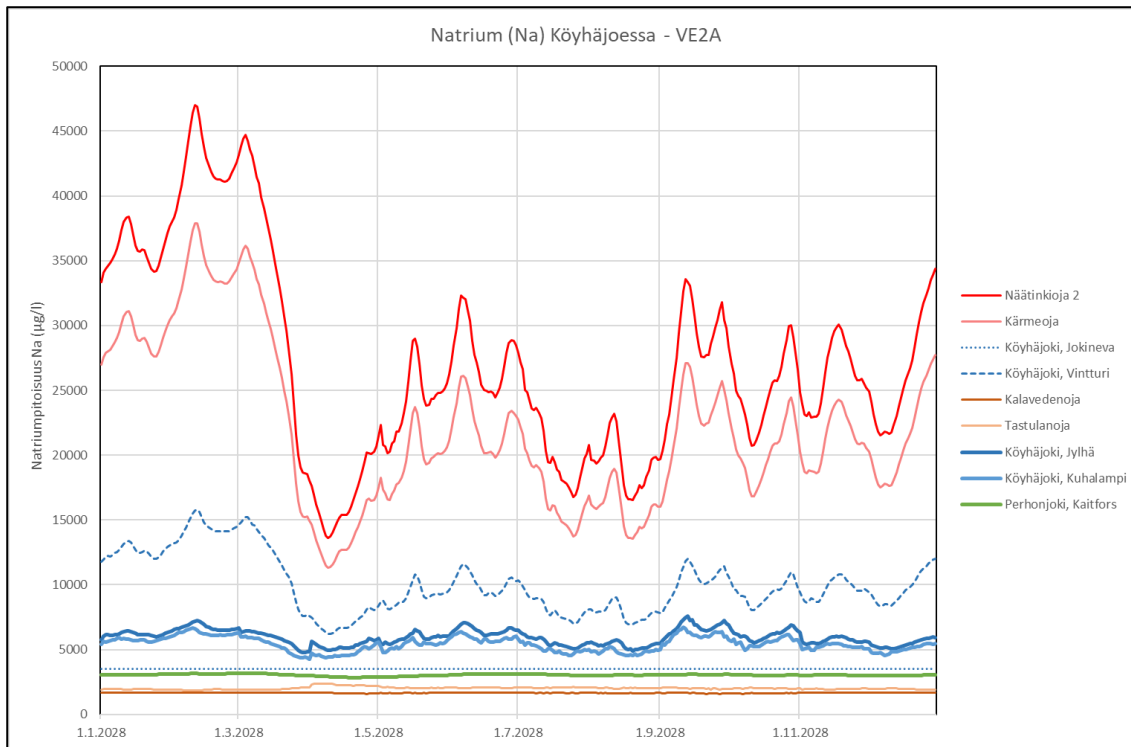


Kuva 92. Natriumpitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) Ullavanjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdoissa VE1B/VE2B. Jätevesien purkupisteenä Ruohojärvenoja.

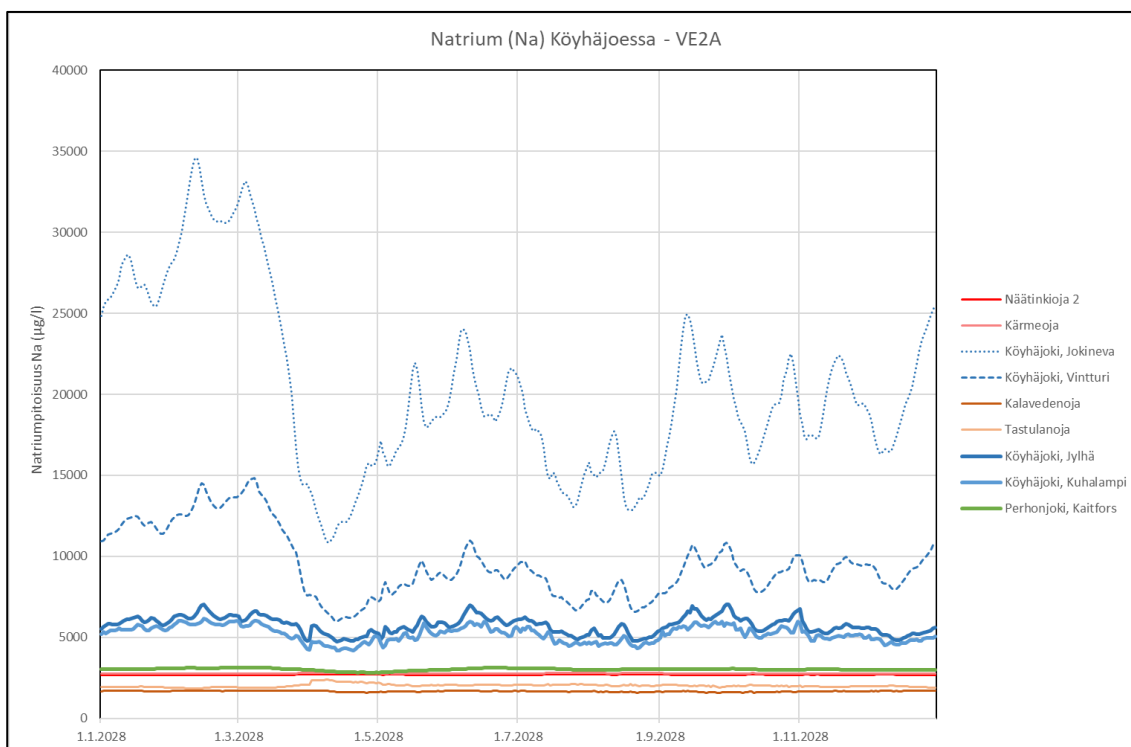


Kuva 93. Natriumpitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) Ullavanjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdoissa VE1B/VE2B. Outoveden kaivoksen jätevesien purkupisteenä Mato-oja, jälkihoitovaiheessa olevan Syväjärven kaivoksen vedet johdetaan Ruohojärvenojaan.

7.6.4 VE2A

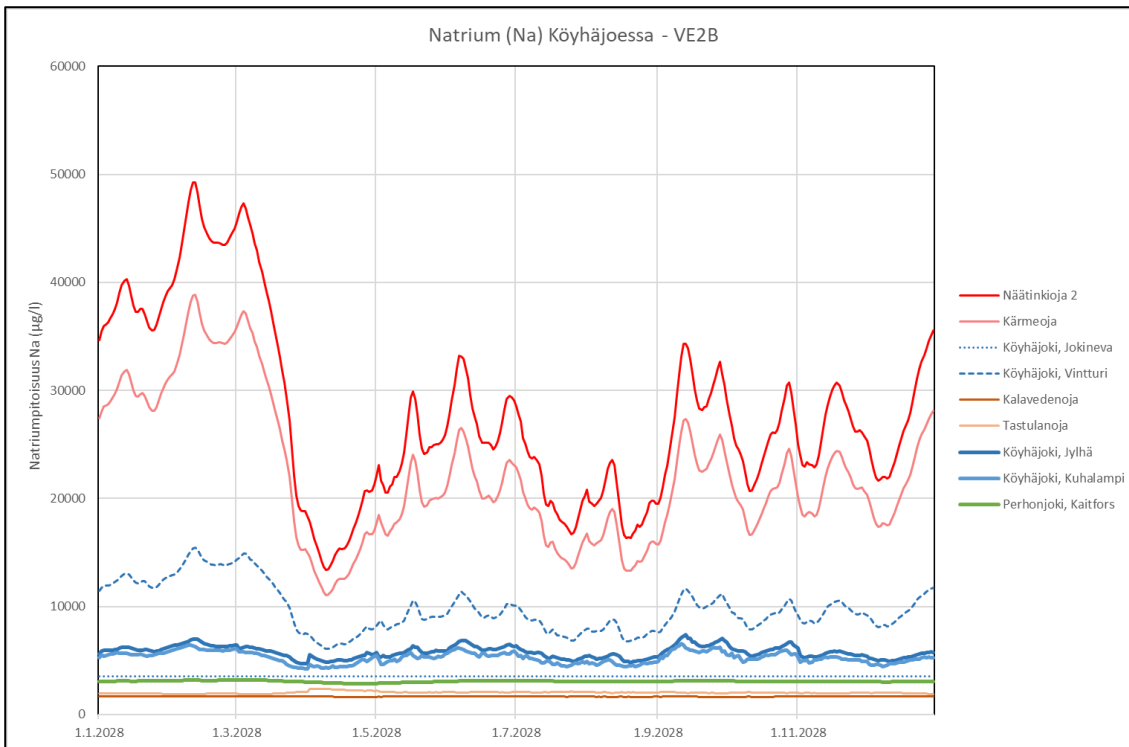


Kuva 94. Natriumpitoisuudet (µg/l) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdossa VE2A. Jätevesien purkupisteenä Näätingioja.

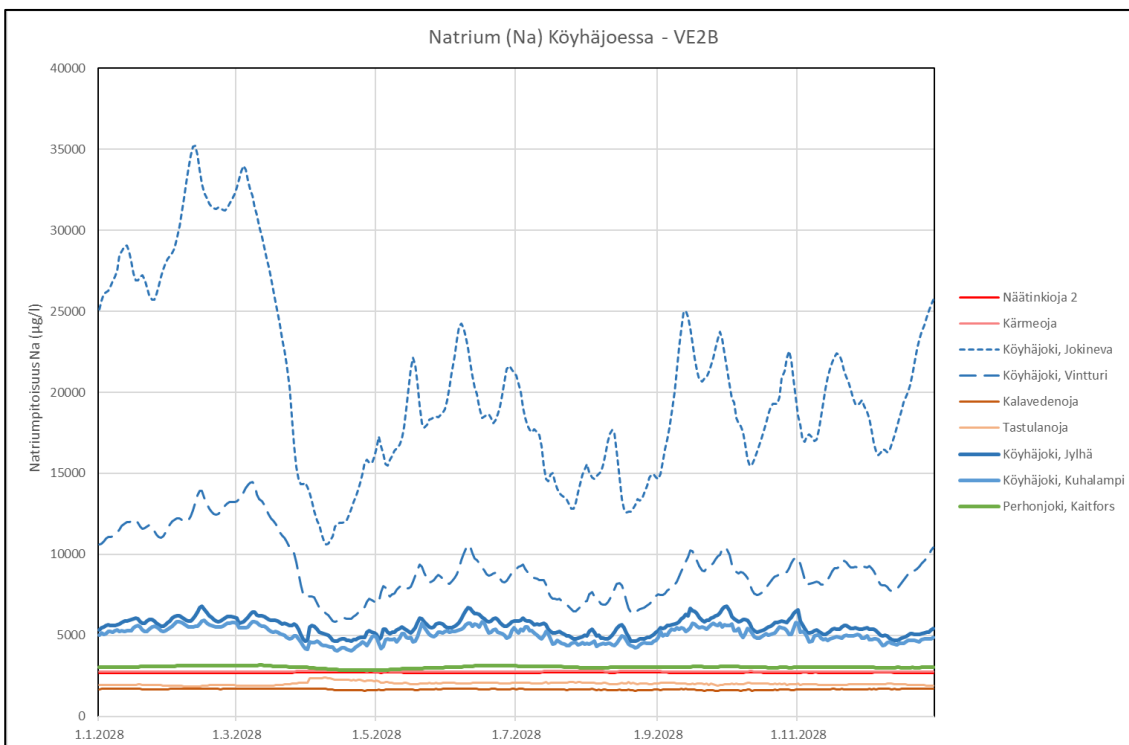


Kuva 95. Natriumpitoisuudet (µg/l) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdossa VE2A. Jätevesien purkupisteenä Köyhäjoen Jokineva.

7.6.5 VE2B

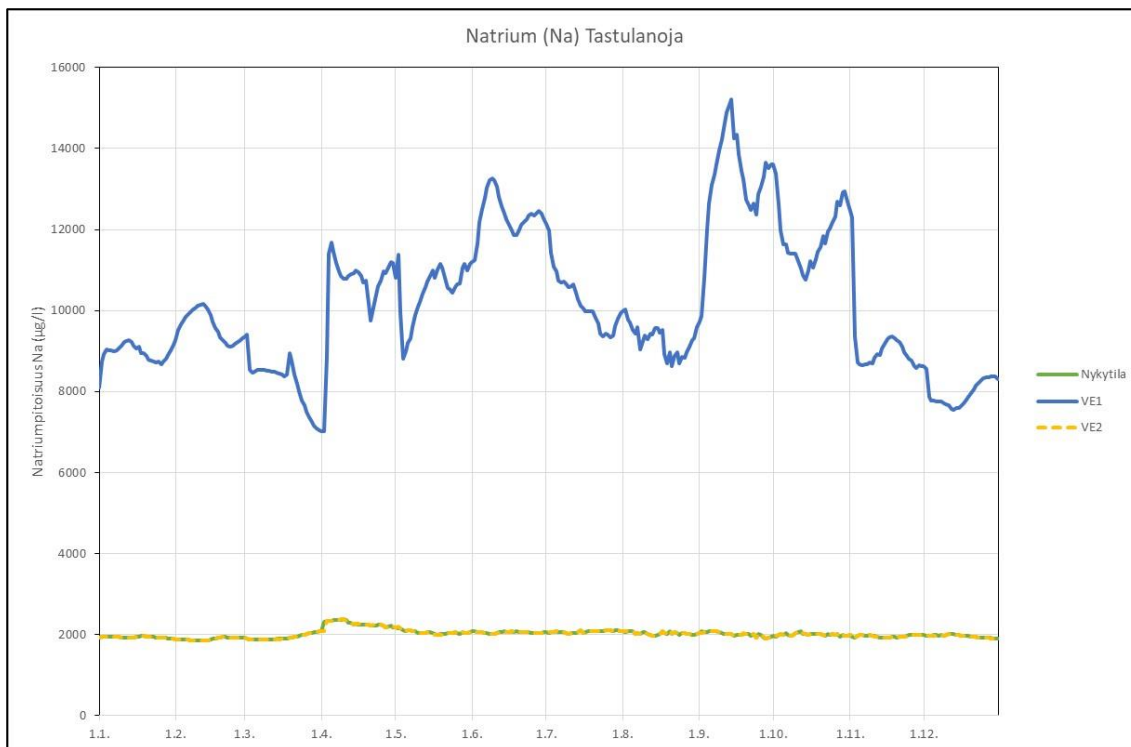


Kuva 96. Natriumpitoisuudet (µg/l) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdossa VE2B. Jätevesien purkupisteenä Näätinkioja.

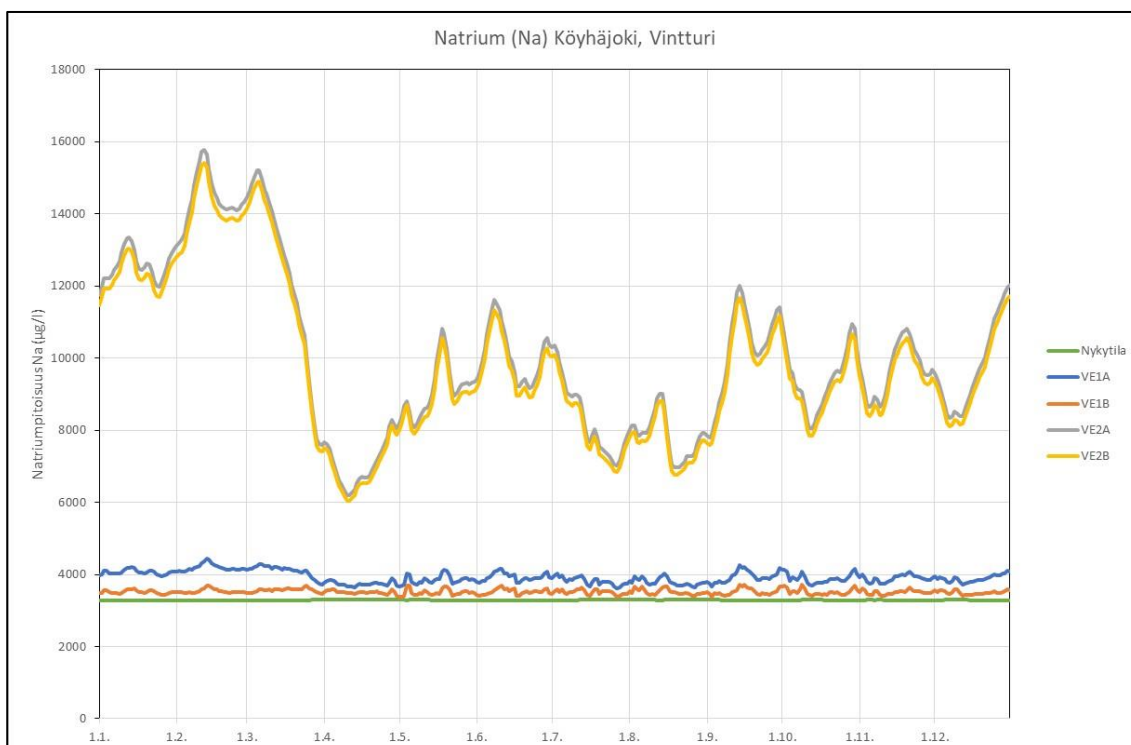


Kuva 97. Natriumpitoisuudet (µg/l) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdossa VE2B. Jätevesien purkupisteenä Köyhäjoen Jokineva.

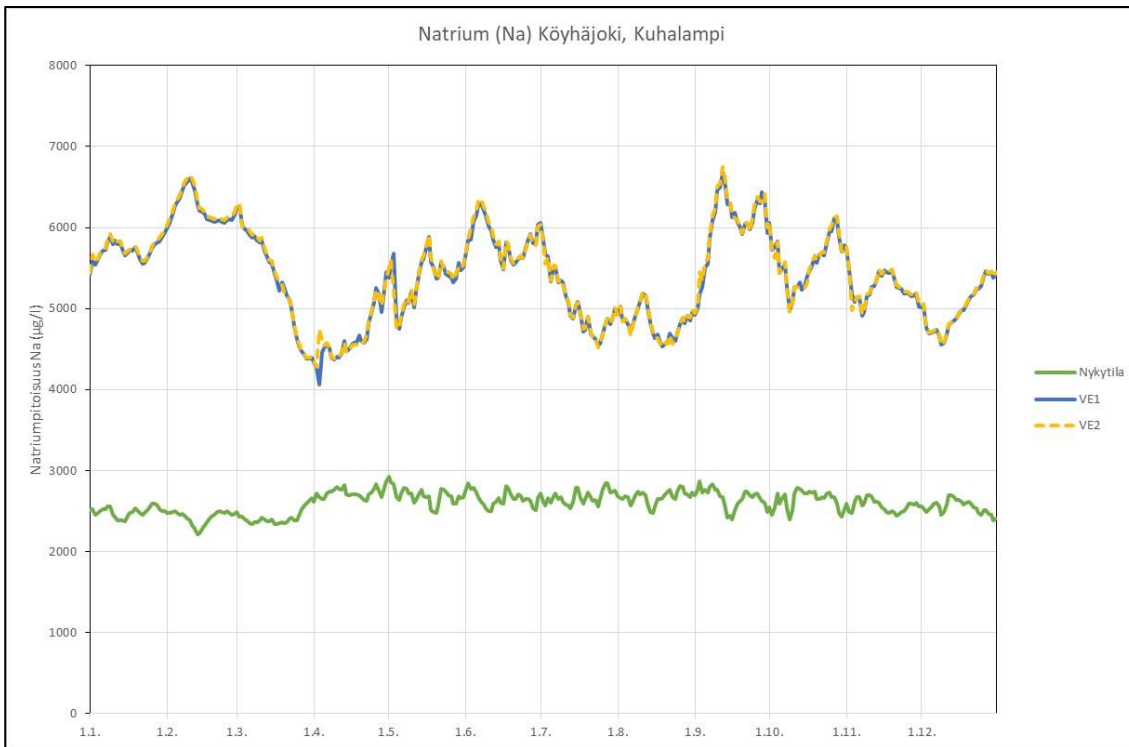
7.6.6 Vaihtoehtojen vertailu



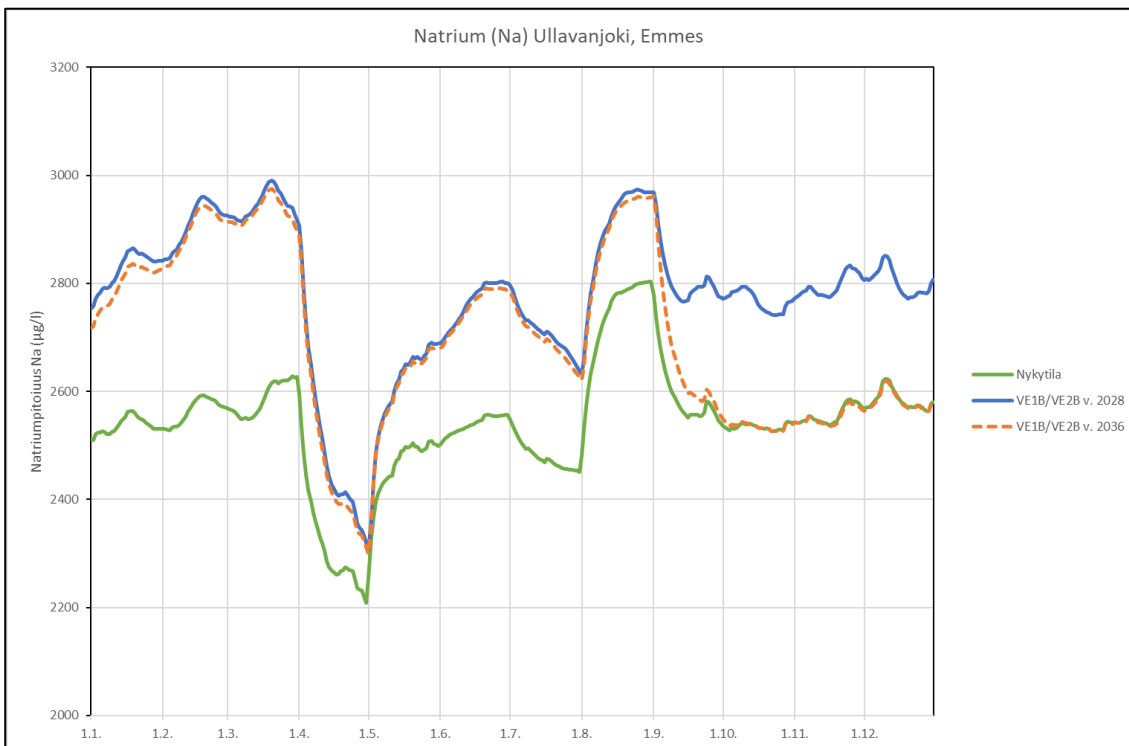
Kuva 98. Natriumpitoisuudet (µg/l) Tastulanojassa eri vaihtoehtoilla.



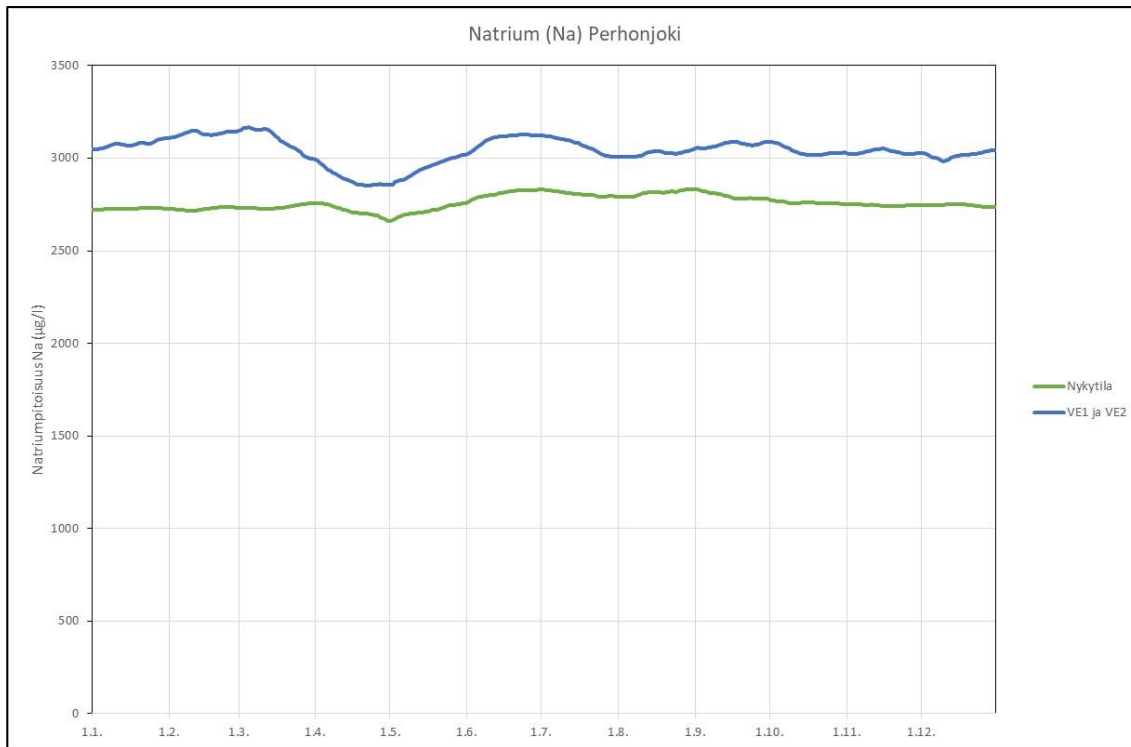
Kuva 99. Natriumpitoisuudet (µg/l) Köyhäjoen Vintturissa eri vaihtoehtoilla



Kuva 100. Natriumpitoisuudet (µg/l) Köyhäjoen Kuhalammessa eri vaihtoehdoilla.



Kuva 101. Natriumpitoisuudet (µg/l) Ullavanjoen Emmesissä vaihtoehdoilla VE1B ja VE2B vuosina 2028 ja 2036.



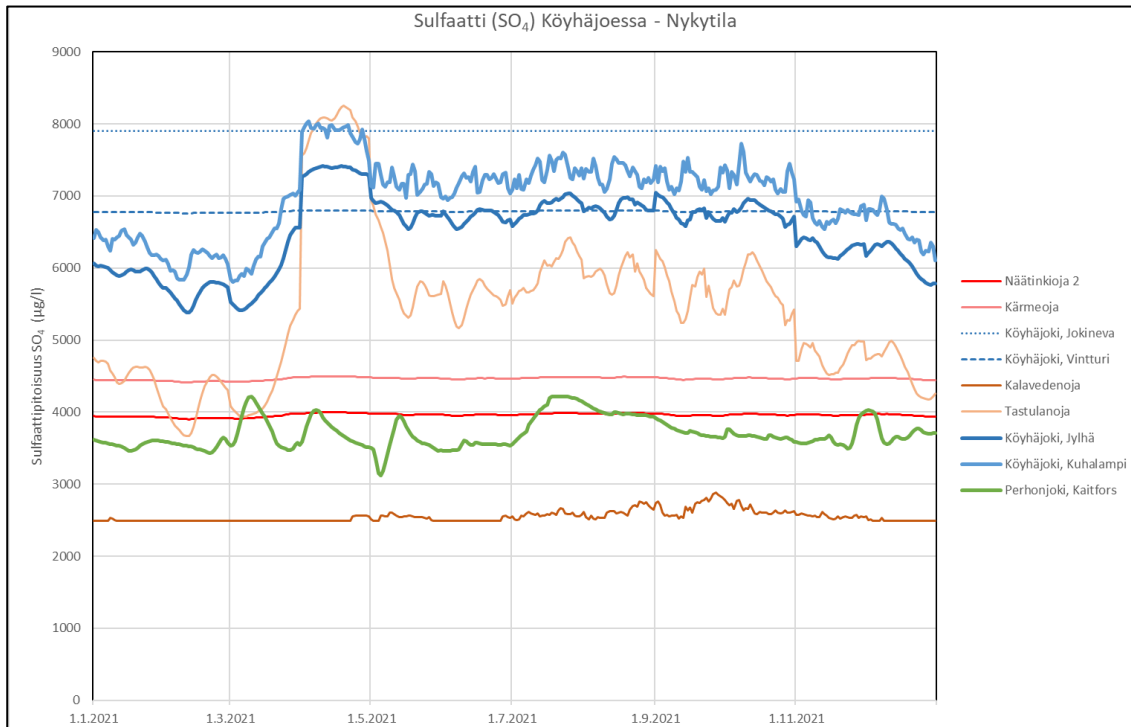
Kuva 102. Natriumpitoisuudet (µg/l) Perhonjoessa eri vaihtoehdoilla.

Taulukko 20. Yhteenveto: keskiarvot natriumpitoisuuksista ja niiden lisäyksistä Köyhäjoessa, Ullavanjoessa ja Perhonjoessa eri vaihtoehdoissa VE1 ja VE2 mallinnetun vuoden 2028 tilanteessa. Rasterilla merkityt solut ovat jäteveden purkupisteitä natriumin osalta.

	Nykytila	VE1A		VE1B		VE2A		VE2B	
	Pit.	Pit.	Lisäys	Pit.	Lisäys	Pit.	Lisäys	Pit.	Lisäys
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Näätinkioja	2,7	5,0	2,3	3,5	0,9	27,2	24,5	27,8	25,1
Kärmeoja	2,8	4,6	1,8	3,4	0,7	22,0	19,3	22,2	19,4
Köyhäjoki, Jokineva	3,5	5,1	1,6	4,1	0,6	20,4	16,9	20,5	16,9
Köyhäjoki, Vintturi	3,3	3,9	0,6	3,5	0,2	10,0	6,7	9,8	6,5
Kalavedenoja	1,7	12,6	10,9	12,6	10,9	1,7	0,0	1,7	0,0
Tastulanoja	2,0	10,1	8,1	10,1	8,1	2,0	0,0	2,0	0,0
Köyhäjoki, Jylhä	2,8	5,9	3,1	5,8	2,9	5,9	3,1	5,8	2,9
Köyhäjoki, Kuhalampi	2,6	5,4	2,8	5,3	2,7	5,4	2,8	5,3	2,7
Ruohojärvenoja, kaivoksen alapuoli	3,1	3,1	0,0	15,5	12,4	3,1	0,0	15,5	12,4
Toroja	3,1	3,1	0,0	7,1	4,0	3,1	0,0	7,1	4,0
Ullavanjoki, Emmes yläpuoli	2,5	2,5	0,0	2,8	0,2	2,5	0,0	2,8	0,2
Perhonjoki, Kaitfors	2,8	3,0	0,3	3,1	0,3	3,0	0,3	3,1	0,3

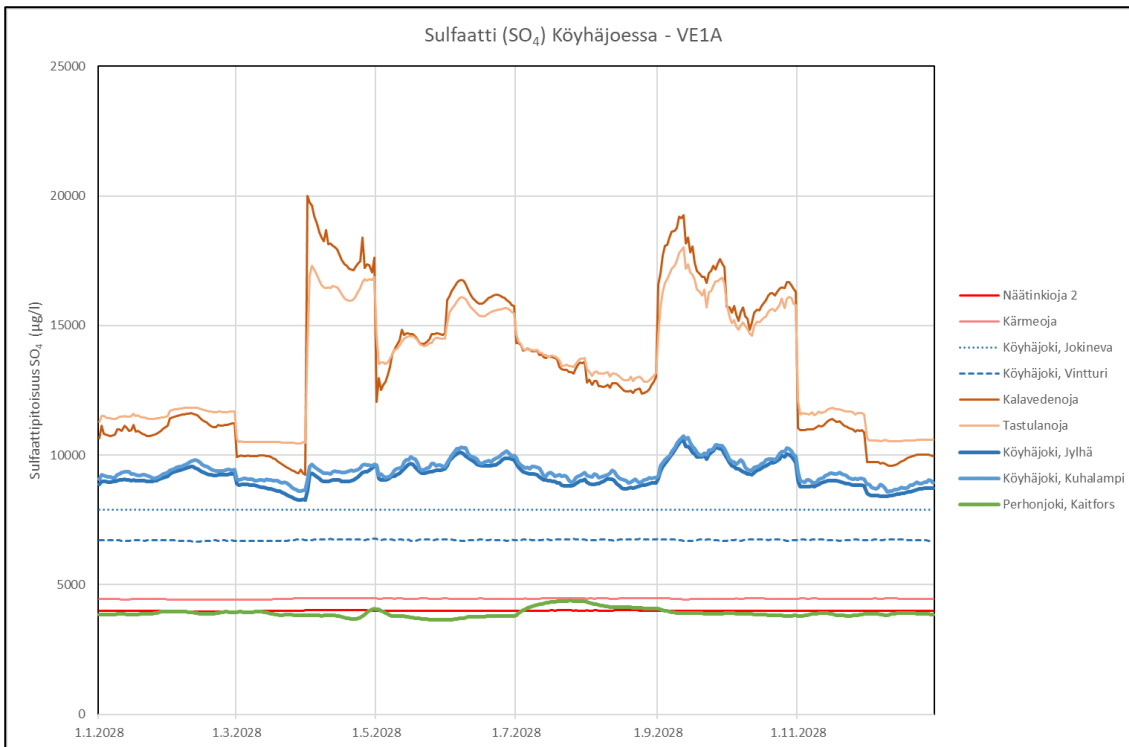
7.7 Sulfaatti

7.7.1 VEO

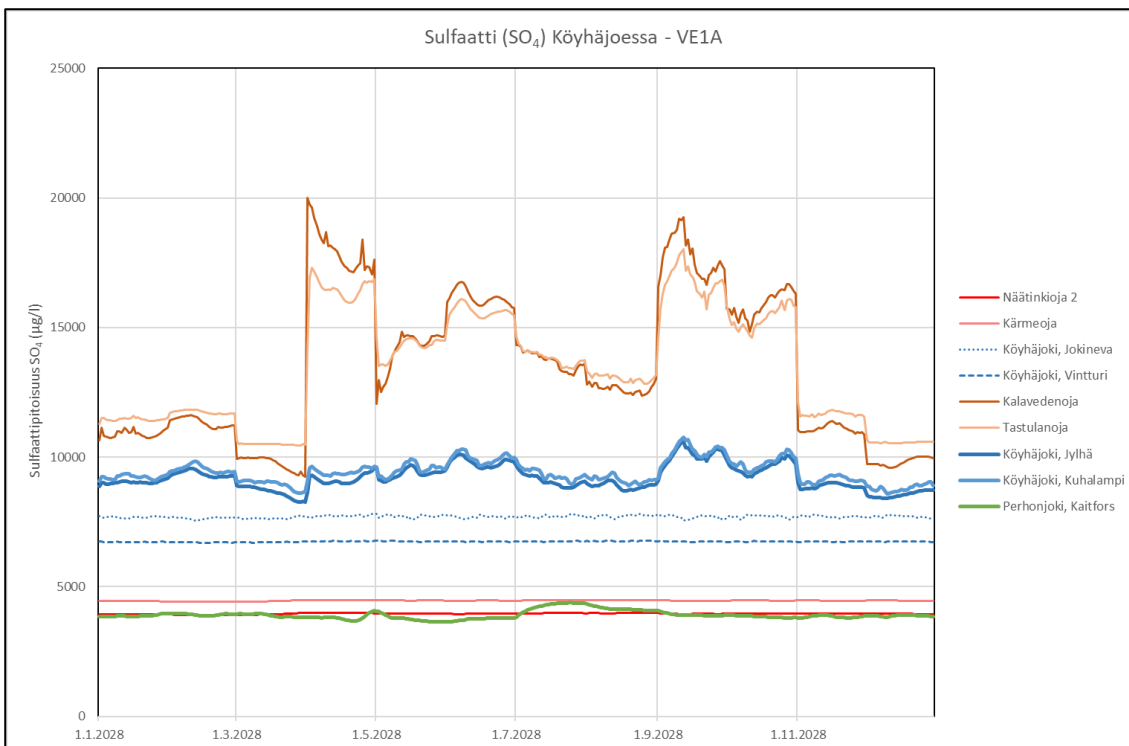


Kuva 103. Sulfaattipitoisuudet (µg/l) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä.

7.7.2 VE1A

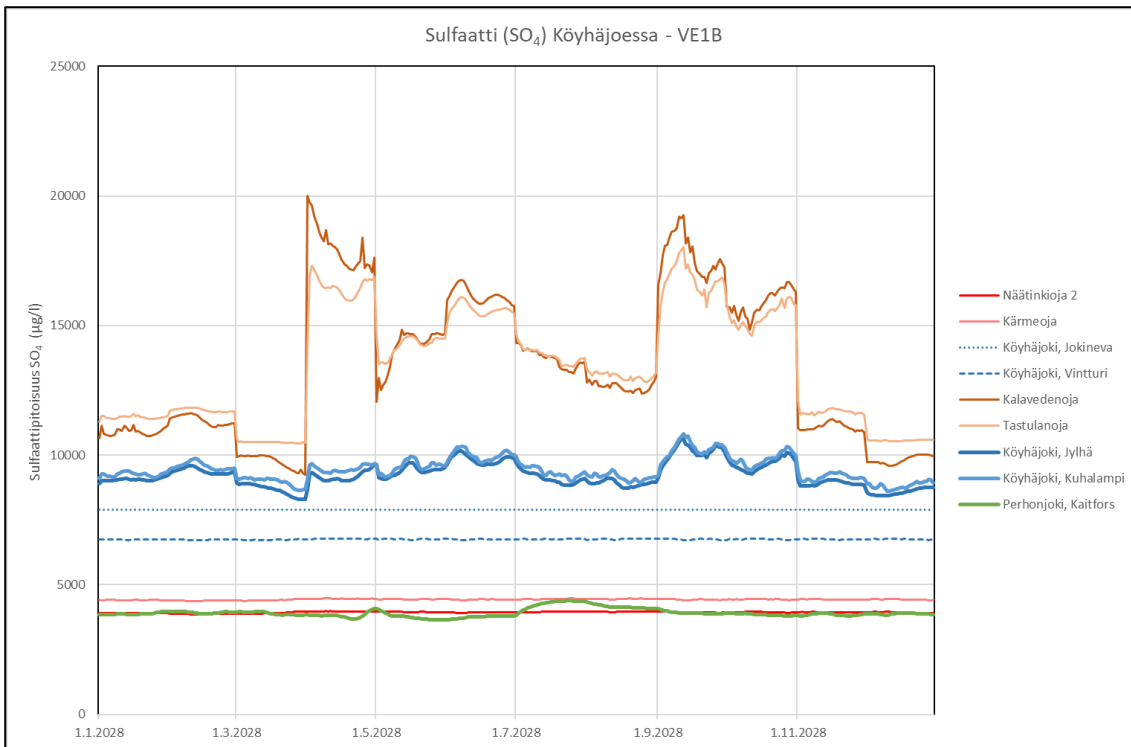


Kuva 104. Sulfaattipitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) Kõyhäjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdossa VE1A. Jätevesien purkupisteinä Kalavedenoja ja Näätingioja.

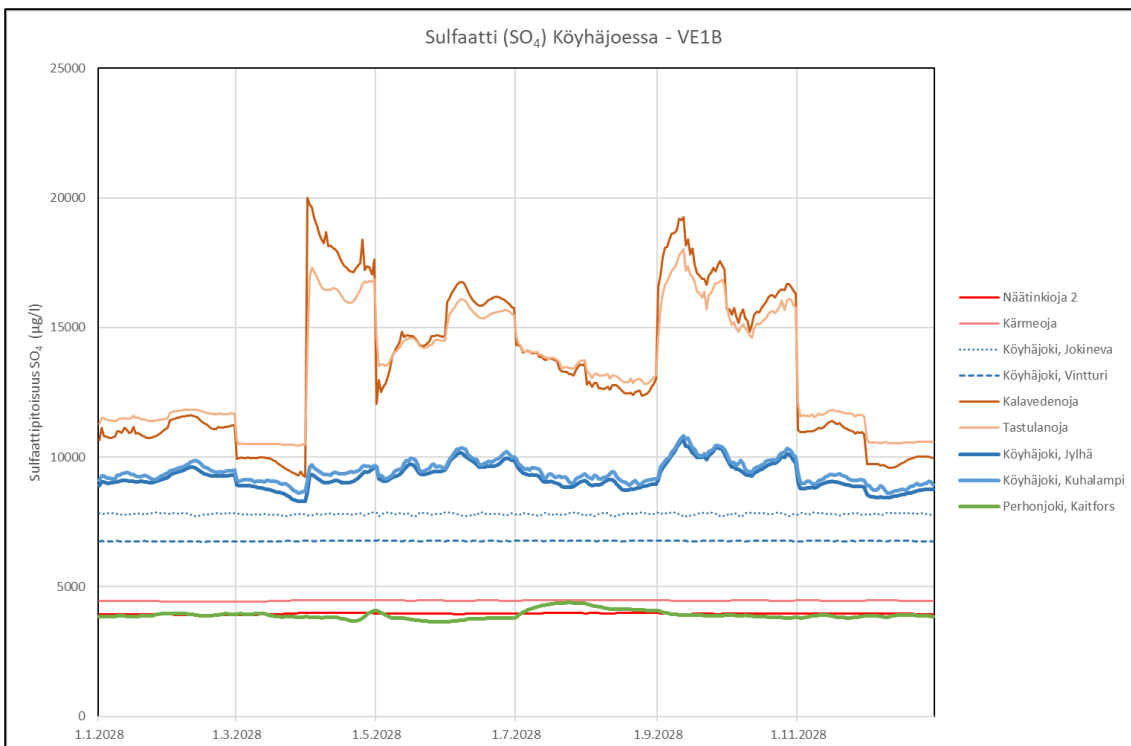


Kuva 105. Sulfaattipitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) Kõyhäjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdossa VE1A. Jätevesien purkupisteinä Kalavedenoja ja Kõyhäjoen Jokineva.

7.7.3 VE1B

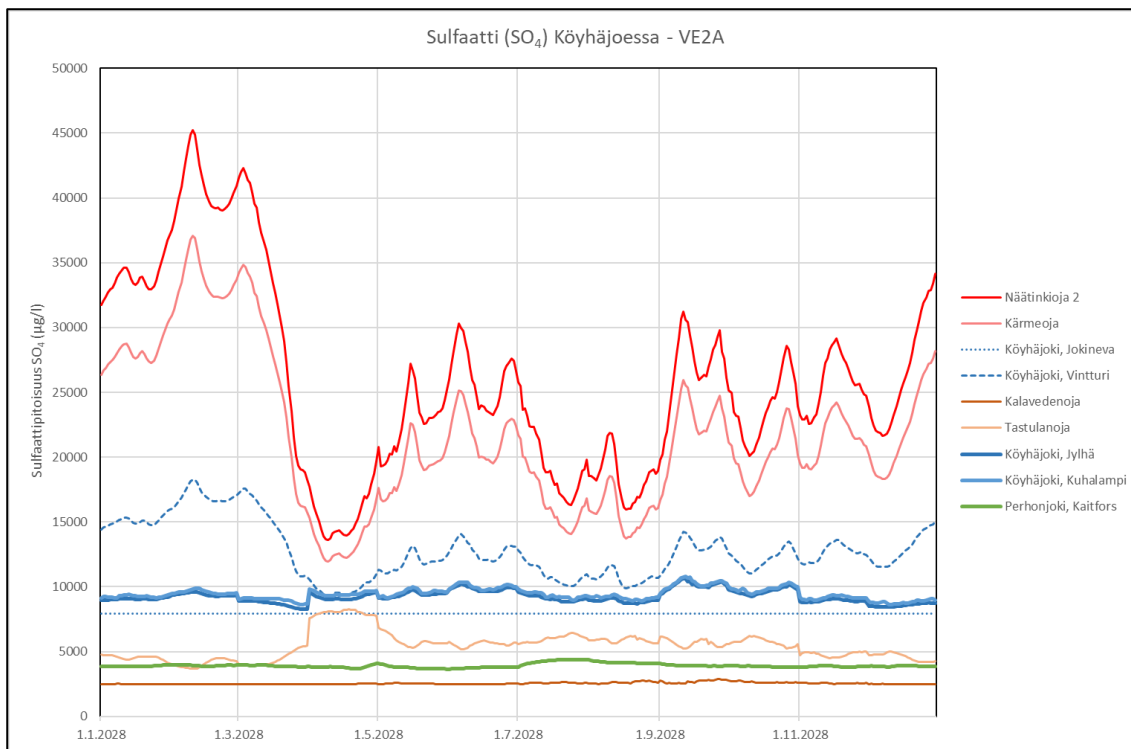


Kuva 106. Sulfaattipitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdossa VE1B. Jätevesien purkupisteinä Kalavedenoja ja Näätinkioja.

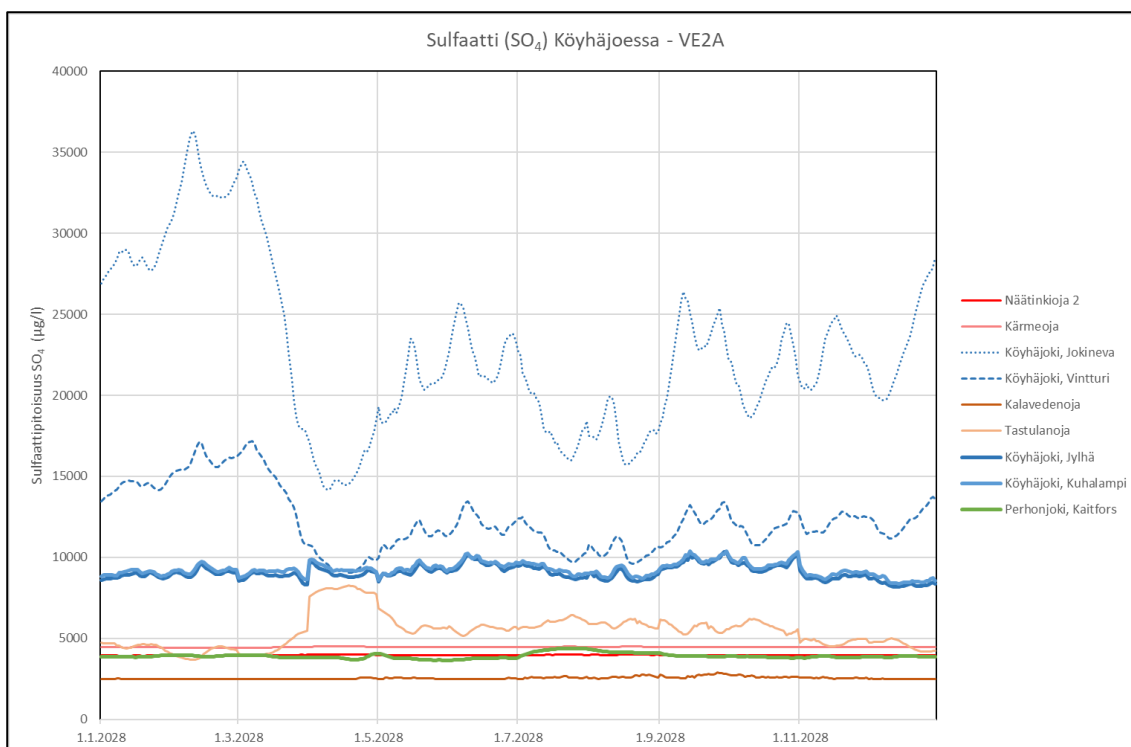


Kuva 107. Sulfaattipitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdossa VE1B. Jätevesien purkupisteinä Kalavedenoja ja Köyhäjoen Jokineva.

7.7.4 VE2A

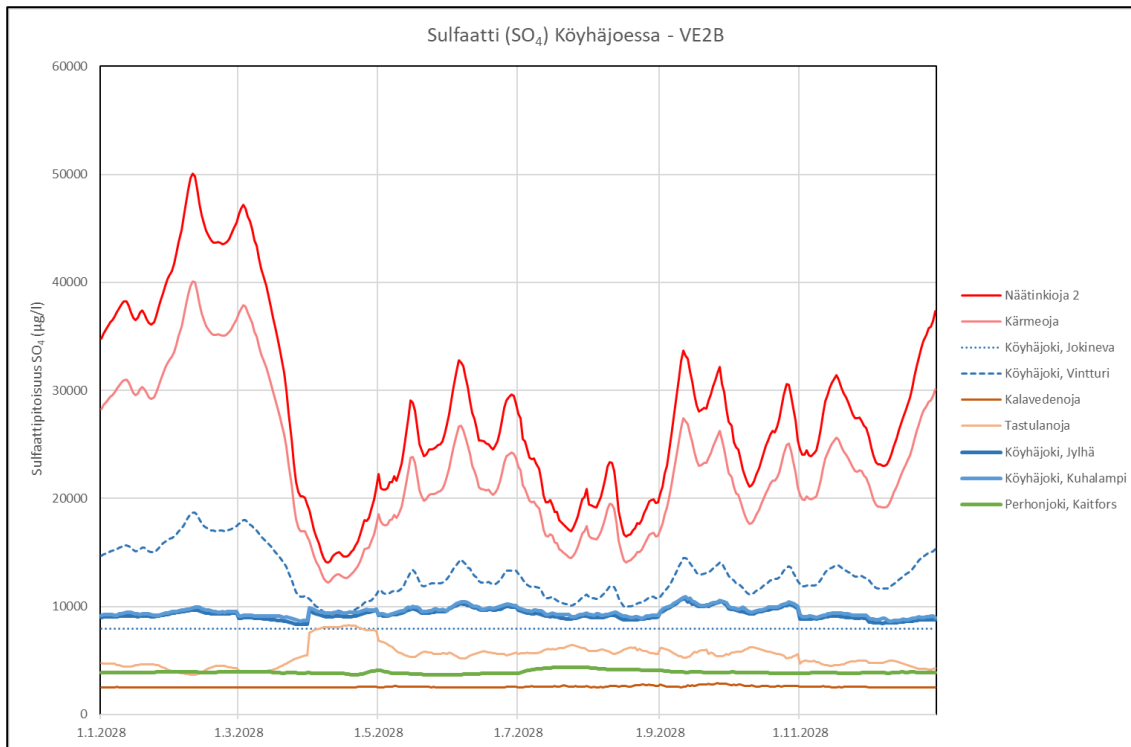


Kuva 108. Sulfaattipitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) Kyyhajarven valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdossa VE2A. Jätevesien purkupisteenä Näätingioja.

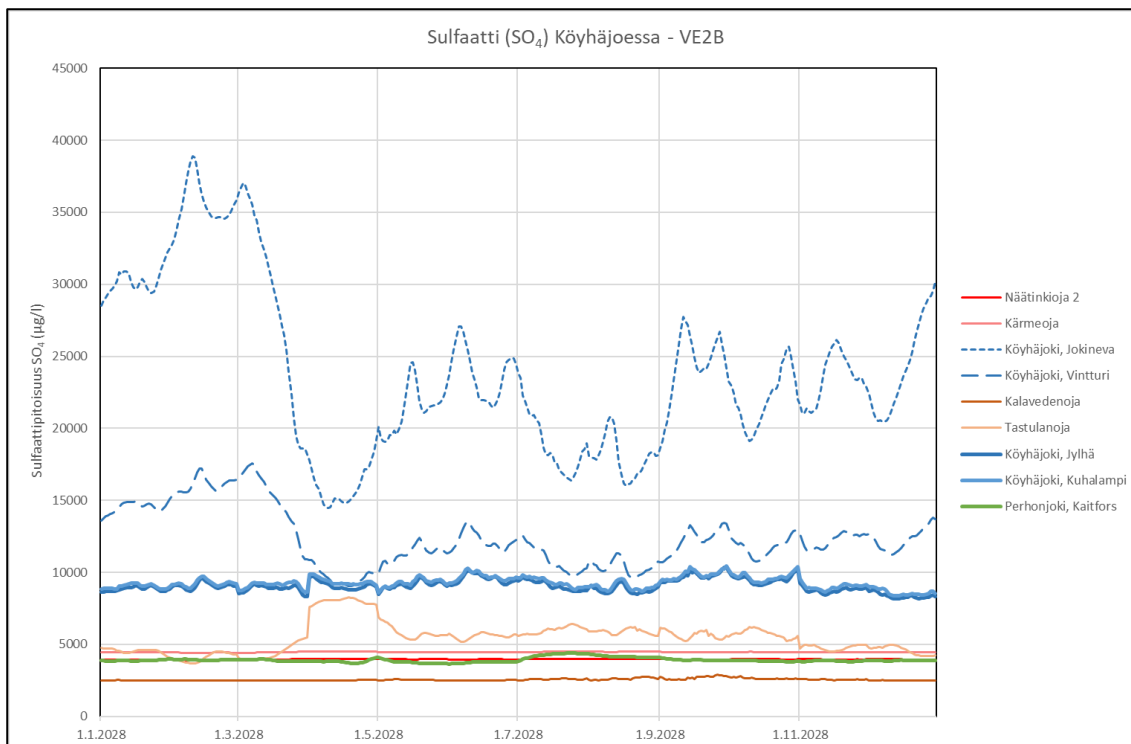


Kuva 109. Sulfaattipitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) Kyyhajarven valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdossa VE2A. Jätevesien purkupisteenä Kyyhajarven Jokineva.

7.7.5 VE2B

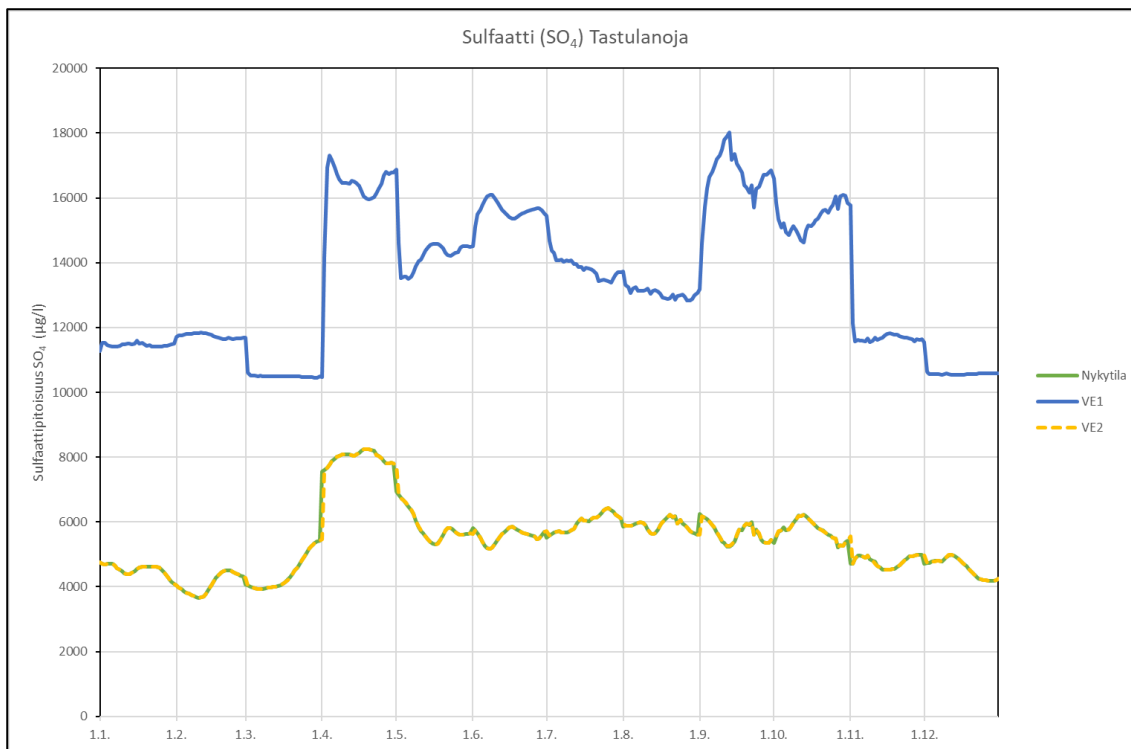


Kuva 110. Sulfaattipitoisuudet (µg/l) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdossa VE2B. Jätevesien purkupisteenä Näätingioja.

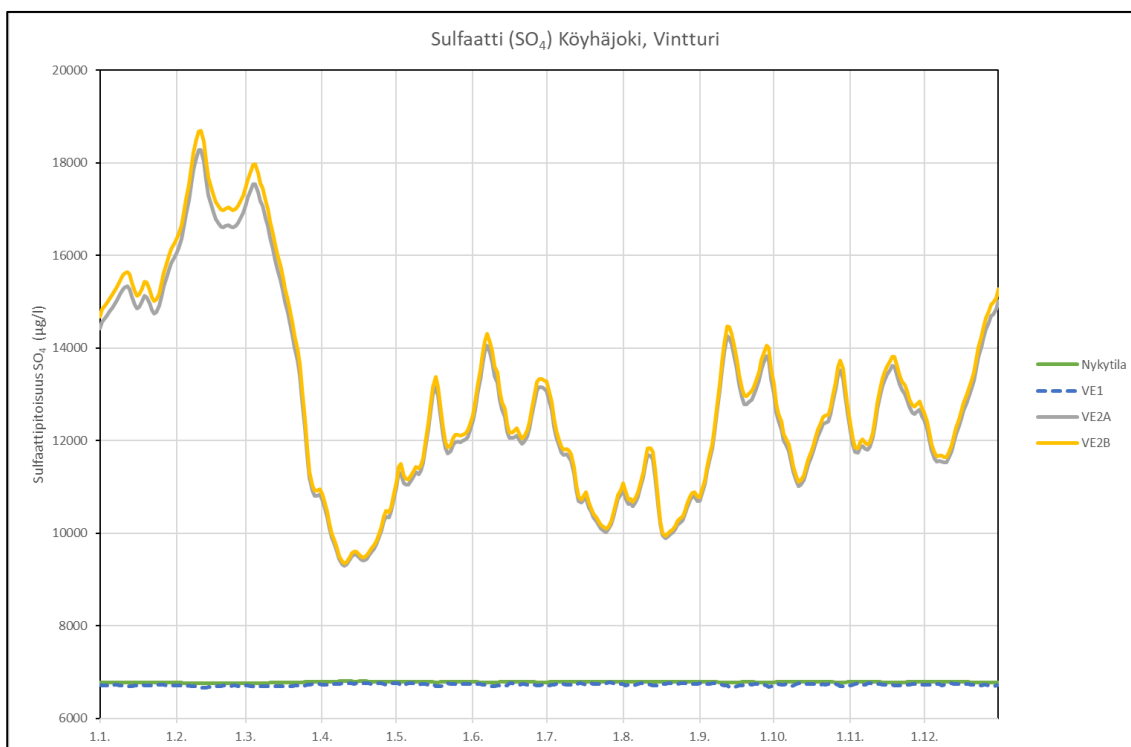


Kuva 111. Sulfaattipitoisuudet (µg/l) Köyhäjoen valuma-alueen virtavesissä vaihtoehdossa VE2B. Jätevesien purkupisteenä Köyhäjoen Jokineva.

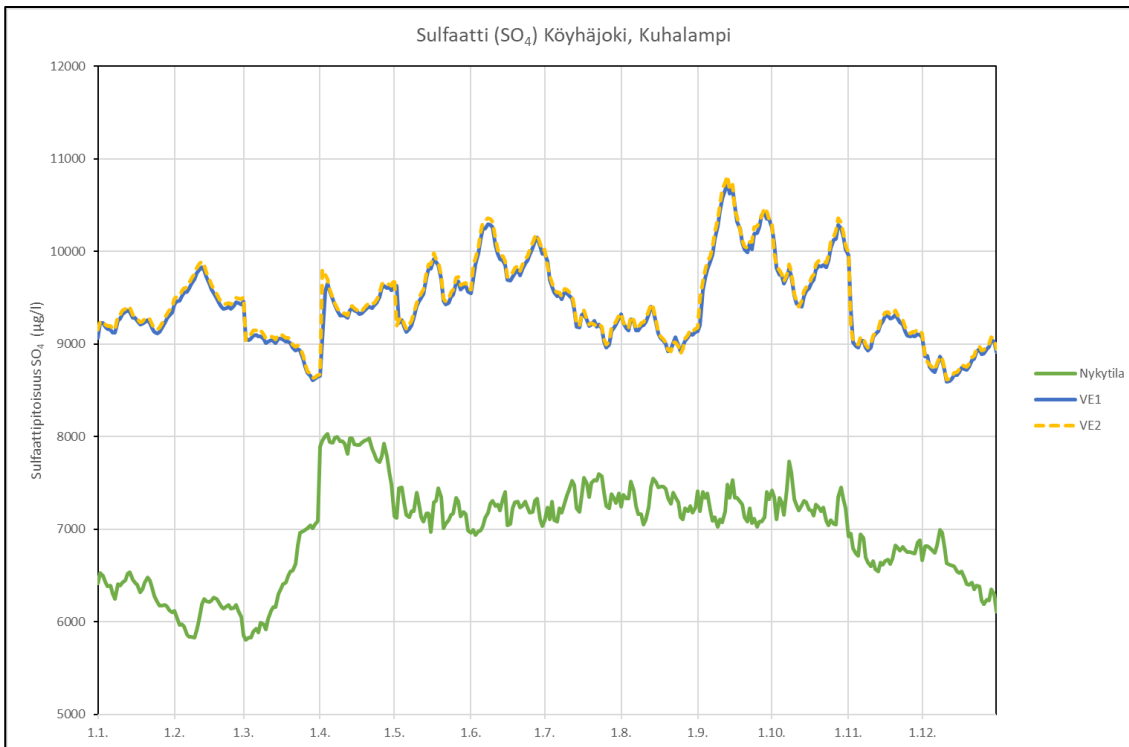
7.7.6 Vaihtoehtojen vertailu



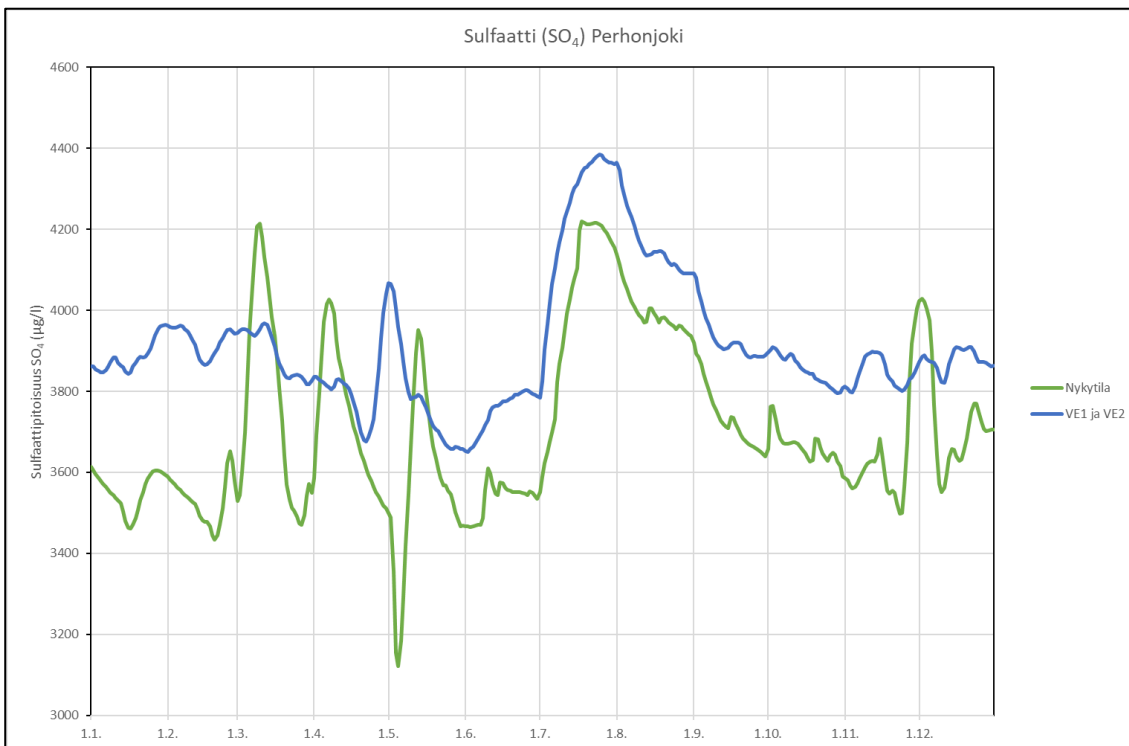
Kuva 112. Sulfaattipitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) Tastulanojassa eri vaihtoehtoilla.



Kuva 113. Sulfaattipitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) Köyhäjoen Vintturissa eri vaihtoehtoilla.



Kuva 114. Sulfaattipitoisuudet (µg/l) Köyhäjoen Kuhalammessa eri vaihtoehdoilla.



Kuva 115. Sulfaattipitoisuudet (µg/l) Perhonjoessa eri vaihtoehdoilla.

Taulukko 21. Yhteenveto: keskiarvot sulfaattipitoisuuksista ja niiden lisäyksistä Köyhäjossa ja Perhonjossa eri vaihtoehdoissa VE1 ja VE2 mallinnetun vuoden 2028 tilanteessa. Rasterilla merkityt solut ovat purkupisteitä sulfaatin osalta.

	Nykytila	VE1A		VE1B		VE2A		VE2B	
	Pit.	Pit.	Lisäys	Pit.	Lisäys	Pit.	Lisäys	Pit.	Lisäys
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Näätinkioja	4,0	4,0	0,0	3,9	0,0	25,9	22,0	28,0	24,0
Kärmeoja	4,5	4,5	0,0	4,4	0,0	21,7	17,3	23,0	18,5
Köyhäjoki, Jokineva	7,9	7,7	-0,2	7,8	-0,1	22,8	14,9	23,9	16,0
Köyhäjoki, Vintturi	6,8	6,7	-0,1	6,8	0,0	12,8	6,0	13,0	6,2
Kalavedenoja	2,6	13,4	10,9	13,4	10,9	2,6	0,0	2,6	0,0
Tastulanoja	5,4	13,4	8,0	13,4	8,0	5,4	0,0	5,4	0,0
Köyhäjoki, Jylhä	6,5	9,2	2,7	9,2	2,7	9,2	2,7	9,3	2,8
Köyhäjoki, Kuhalampi	7,0	9,4	2,5	9,5	2,5	9,5	2,5	9,5	2,5
Perhonjoki, Kaitfors	3,7	3,9	0,2	3,9	0,2	3,9	0,2	3,9	0,2

8 EPÄVARMUUSTEKIJÄT

Toiminnasta aiheutuvien kuormitusten laskentaan ja edelleen niiden vaikutusten arviointiin liittyy aina epävarmuuksia. Myös lähtötietoihin, kuten mitattuihin pitoisuuksiin ja virtaamiin, liittyy epävarmuutta. Mitatut tiedot ovat lähinnä satunnaisia ja niitä on useiden tarkasteltujen parametrien osalta ollut käytettävissä varsin vähän.

Kuormitusarviot perustuvat laskennallisiin tarkasteluihin. Louhosalueiden tyyppikuormitus on arvioitu louhosoptimoinnin louhintamäärien ja käytettävien räjähdysaineiden määrien perusteella. Mikäli louhintamäärät tai käytettävän räjähdysaineen määrät poikkeavat arvioidusta, vaikuttaa se edelleen tyyppikuormitukseen. Syväjärven ja Outoveden kalliopohjavesien kuormitusarviot perustuvat GTK:n Syväjärven louhosalueella tekemiin tutkimuksiin sekä louhokseen purkautuvan kalliopohjaveden laskennalliseen määrään. GTK:n raportin (GTK, 2018) mukaisesti analyttisillä menetelmillä tehdyissä kalliopohjaveden virtaaman laskelmissa täytyy aina tehdä suuri määrä oletuksia, jotka ovat vastoin luonnollisia olosuhteita. Lisäksi tarvitaan arvoja, jotka ovat tuntemattomia ja joita ei ole mahdollista mitata ennen louhoksen valmistumista. Rapasaaren kaivoksen kalliopohjavesien määrät on arvioitu GTK:n vuonna 2020 tekemän selvityksen pohjalta (GTK, 2020a; GTK, 2020b). Rikastamon kuormitusarviointi perustuu laskennalliseen tarkasteluun, johon on sisällytetty tietyt otannat esim. malmin kemiallisesta koostumuksesta. Lisäksi tarvitaan arvoja, jotka ovat tuntemattomia ja joita ei ole mahdollista mitata ennen rikastamotoiminnan käynnistymistä. Epävarmuudet on arvioitu suuriksi.

GoldSim-mallinnuksessa säämalli on muodostettu vuosien 1996-2019 havaintojen perusteella. Näiden perusteella on mallinnettu virtaamat tarkastelluissa vesistöissä. Sadanta ja sitä kautta virtaamat vesistöissä vaihtelevat vuosittain ja vuodenajoittain, jolloin myös tarkasteltavien alkuaineiden pitoisuuksiin aiheutuu vaihtelua. Kuivina aikoina virtaamat vesistöissä ovat pieniä, jolloin vastaavasti kaivostoiminnasta aiheutuvat pitoisuuslisäykset ovat suhteessa suurempia kuin runsasvetisinä aikoina.

9 LÄHTEET

Aaltonen, J. ym. 2008. Rankkasateet ja taajamatulvat (RATU). Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristö 31/2008. 120 s.

Envineer Oy, 2020. Keliber Oy:n pinta- ja pohjavesinäytteenotto vuonna 2019-2020.

GTK, 2018. Kalliopohjavesitase ja vedenlaadun arviointi Keliber Oy:n Syväjärven louhoksella – päivitys 2018 sekä kuormituksen arviointi. Antti Pasanen, Kaisa Turunen, Tatu Lahtinen. Geologian tutkimuskeskus, Tuotantoympäristöt ja kierrätys. GTK/616/03.02/2018. 5.10.2018.

GTK, 2020a. Bedrock groundwater balance, depression cone and preliminary water quality for Keliber Oy Rapasaari mine.

GTK, 2020b. Kalliopohjavesitase, alenemakartio ja alustava vedenlaatu Keliber Oy:n Rapasaaren kaivokselle, 29.10.2020

Ilmatieteenlaitos. Toholammin Laitilan ja Kaustisen Tastulan havaintoasemien säätiedot 1996-2020.

Keliber, 2020. Päiväneva vesi- ja materiaalitase. Excel-laskentakaavio, Ville Vähäkangas.

Lehtonen, I., 2011. Äärisademäärien muutokset Euroopassa maailmanlaajuisten ilmastomallien perusteella. Pro gradu -tutkielma. Helsingin yliopisto, fysiikan laitos. 86 s. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201109052340>

Ramboll Finland Oy, 2017a. Keski-Pohjanmaan litiumprovinssin ympäristövaikutusten arviointiselostus. Keliber Oy.

Ramboll Finland Oy, 2017b. Keliber Oy, pinta- ja pohjavesien näytteenotto, 2.10.2017.

Ramboll Finland Oy, 2018. Kalaveden tuotantolaitoksen ympäristövaikutusten arviointiselostus. Keliber Oy.

Ruosteenoja, K., Jylhä, K & Kämäräinen, M., 2016. Climate projections for Finland under the RCP forcing scenarios. *Geophysica*, Volume 51, Issue 1: 17–50. http://www.geophysica.fi/pdf/geophysica_2016_51_1-2_017_ruosteenoja.pdf

Vahnen Environment Oy, 2020. Keliber Oy, louhostoiminnan ja rikastamon vaikutus pintavesien ekologiseen tilaan ja veden laatuun.



envineer.fi