Sysmäjärven mallinnus

Vuonoksen purkuvesien kulkeutuminen Sysmäjärvessä, mallinnus jaksolle 05/2021–11/2023

9.10.2026, v0

Asiakas: Mondo Minerals

Projektinumero: 101028111-005

Sisällysluettelo

1 Johdanto 2

2 Lähtötiedot ja laskentamalli 2

2.1 Malliohjelmisto 2

2.2 Kohdealue 2

2.3 Mallisovelluksen rajaus 3

2.4 Mallihila 4

3 Kuormitukset 6

3.1 Vuonoksen kuormitus 6

3.2 Jokikuormitukset 7

4 Vuosien 2021–2023 mallinnus ja mittaukset 9

5 Skenaariolaskennat 14

5.1 Laskentaskenaariot ja skenaarioiden kuormitukset 14

5.2 Lasketut sulfaattipitoisuudet skenaariolle VE0 ja VE2b 14

5.3 Lasketut nikkelipitoisuudet skenaariolle VE0 ja VE2b 16

5.4 Sulfaatin pitoisuuskartat skenaariolle VE0 ja VE2b 18

5.5 Nikkelin pitoisuuskartat skenaariolle VE0 ja VE2b 20

5.6 Kokonaisravinteet ja metallipitoisuudet skenaariolle VE2b 23

5.6.1 Ntot ja Ptot pitoisuudet 24

5.6.2 Cd, Pb, Zn, Cu, As ja Fe pitoisuudet 25

5.7 Yhteisvaikutus FinnCobaltin kanssa 25

6 Laskennan epävarmuuksista 29

7 Yhteenveto 30

8 Lähdeluettelo 30

AFRY Finland Oy
Ympäristöselvitykset
Elektroniikkatie 13
90590 OULU

Copyright © AFRY Finland Oy

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

1 Johdanto

Sysmäjärvi, joka kuuluu Viinijärven ja edelleen Vuoksen vesistöalueeseen, sijaitsee Pohjois-Karjalassa Outokummun eteläpuolella. Mondo Mineralsin Vuonoksen tehdas sijaitsee järven pohjoispuolella. Tehdasalueelta puretaan vesiä Lahdenjokeen, joka laskee edelleen Sysmäjärveen. Kaivoksen purkuvesissä on haitta-aineita, mm. nikkeliä (Ni), typpeä ja sulfaattia. Vuonoksen purkuvesien lisäksi Sysmäjärveen kulkeutuu kaivosvaikutteisia vesiä Outokummun suljetuilta kaivosalueilta Ruutunjoen ja mahdollisesti myös Lahdenjoen kautta, sekä jätevesiä Outokummun jätevedenpuhdistamolta.

Vuonoksen tehtaan rikastushiekan läjitykseen on suunnitteilla muutoksia, purkuvesimäärät ja Sysmäjärveen laskettavien purkuvesien koostumus muuttuu.

Tässä työssä tarkastellaan Vuonoksen YVA:n purkureittivaihtoehtoa PVE1 eli Vuonoksen rikastamon purkuvesien ja vesien sisältämien haitta-aineiden leviämistä Sysmäjärvessä nykytilassa (VE0) ja rikastushiekka-altaan laajennuksen jälkeen (Vuonoksen YVA VE2b). Kuormituksena mallinnuksessa on käytetty YVA:n vaihtoehdon VE2b mukaista kuormitusta, koska siinä kuormitus on lähes kaikkien aineiden osalta suurempi kuin muissa vaihtoehdoissa. Muiden kuormitusten oletetaan pysyvän nykytasolla.

2 Lähtötiedot ja laskentamalli

2.1 Malliohjelmisto

Sysmäjärven mallisovellus toteutettiin DelftFM 3d-virtauslaskentamallia soveltaen. DelftFM on Alankomaissa kehitetty epäsäännölliseen mallihilaan perustuva 3d-hydrodynaaminen malli, jota on käytetty ja käytetään laajasti rannikoiden ja sisävesien mallinnuksiin ympäri maailmaa (Deltares 2025).

2.2 Kohdealue

Sysmäjärvi sijaitsee Pohjois-Karjalassa Outokummun eteläpuolella. Järven pinta-ala on noin 6,8 km^2 ja keskisyvyys noin alle metrin (Järvi- meriwiki 2025). Järvessä on paljon vesikasvillisuutta. Suurimmat järveen laskevat joet ovat Ruutunjoki, Kuusjoki, Lahdenjoki ja Kesselinpuro, jotka laskevat järven länsi- ja pohjoisrannoille. Järven laskujoki, Sysmänjoki, lähtee järven kaakkoisnurkasta. Järven laskennallinen viipymä on 40 d. Sysmäjärven nykytilasta on laadittu kattava selvitys vuonna 2024 (Ramboll 2024).

2.3 Mallisovelluksen rajaus

Lasketut muuttujat

Tässä tarkasteltavana kuormittajana on Vuonoksen purkuvedet. Vuonoksen osuus järven suola/sulfaattikuormasta on noin 25 %, suolapitoisia vesiä päätyy järveen Vuonoksen lisäksi myös Ruutunjoesta ja Lahdenjoesta muualta kuin Vuonoksen purkuvesistä. Järveen laskevien vesien tuoma suolapitoisuus on otettu huomioon laskennassa, sillä järven suolapitoisuus ja sen jakautuminen järvessä vaikuttavat Vuonoksen purkuvesien kulkeutumiseen. Vuonoksen purkuvesissä keskeiset haitalliset aineet ovat kokonaistyppi (NTOT), nikkeli (Ni) ja suolapitoisuus, jonka keskeinen komponentti on sulfaatti (SO_4). Lasketut muuttujat olivat tässä suolapitoisuus, Ni ja SO_4. Muut haitalliset aineet arvioitiin laimenemislaskennan avulla.

Mallinnusalueen rajaus

Mallinnettava alue kattaa koko Sysmäjärven.

Tulevat ja lähtevät virtaamat

Malliin mukaan otetut joet ja niiden keskivirtaamat on esitetty taulukossa 2-1. Virtaamat on poimittu SYKE:n Vemala-järjestelmästä (SYKE 2026).

Taulukko 2-1: Mallissa mukana olevat Sysmäjärveen tulevat ja siitä lähtevät virtaamat (keskiarvo 2010–2024).

Joki	tuleva/ lähtevä	Ala km^2	VA-koodi	Keski-virtaama m^3/s	Keskiali-virtaama m^3/s	keski-yli-virtaama m^3/s
Ruutunjoki	tuleva	26.26	04.353U0038	0.44	0.15	1.67
Kuusjoki	tuleva	45.83	04.353U0001	0.51	0.15	2.00
Lahdenjoki	tuleva	11.92	04.353U0021	0.11	0.02	0.74
Kesselinpuro	tuleva	19.35	04.353U0066	0.22	0.01	1.37
Sysmänjoki	lähtevä	127.9	04.353U0002	1.58	0.46	5.33

Em. jokien lisäksi järveen tulee vettä järven lähivaluma-alueilta. Lähivaluma-alueiden virtaamia ei tässä ole otettu huomioon, mikä vähentää jonkin verran järven vedenvaihduntaa.

Kuormittajat

Sysmäjärveä kuormittavat Vuonoksen tehdasalue, aikaisemmat suljetut kaivosalueet, Outokummun jätevedenpuhdistamo sekä hajakuormitukset. Järvessä voi olla myös sisästä kuormitusta.

Nykyisten ja suljettujen kaivosten kuormitusta Sysmäjärveen kulkeutuu Ruutunjokea ja Lahdenjokea pitkin. Outokummun puhdistamon veden lasketaan Lahdenjokeen.

Sulfaatin ja suolapitoisuuksien osalta suurimmat kuormat tulevat Ruutunjoesta (1500 tn/a, 55 %) ja Lahdenjoesta (1060 tn/a, 44 %) (Ramboll 2024, jakso 2020–2023). Lahdenjoen kuormituksista noin puolet tulee Vuonoksen purkuvesistä ja loput Outokummun puhdistamolta ja Lahdenjoen valuma-alueelta. Vuonoksen tehtaan sulfaattikuormitus oli 2020–2024 jaksolla noin 550 tn/a (Vuonos 2026), eli osuus koko järven sulfaattikuormituksista oli 2020–2023 jaksolla noin 20–25 %.

Nikkelikuormitusta järveen tulee Ruutunjoesta noin 500 kg/a ja Lahdenjoesta noin 300 kg/a (Ramboll 2024, jakso 2020–2023). Vuonoksen rikastamon purkuvesissä oli jaksolla 2020–2024 nikkeliä noin 125 kg/a, mistä voi arvioida, että Vuonoksen kuormitus on noin 16 % järven kokonaisnikkelikuormituksesta.

Ilmalaskeumaa ei tässä ole huomioitu, ja sen voi olettaa vähäiseksi nikkelin ja sulfaatin osalta. Typen ilmalaskeuma voi vaikuttaa järven typpipitoisuuksiin.

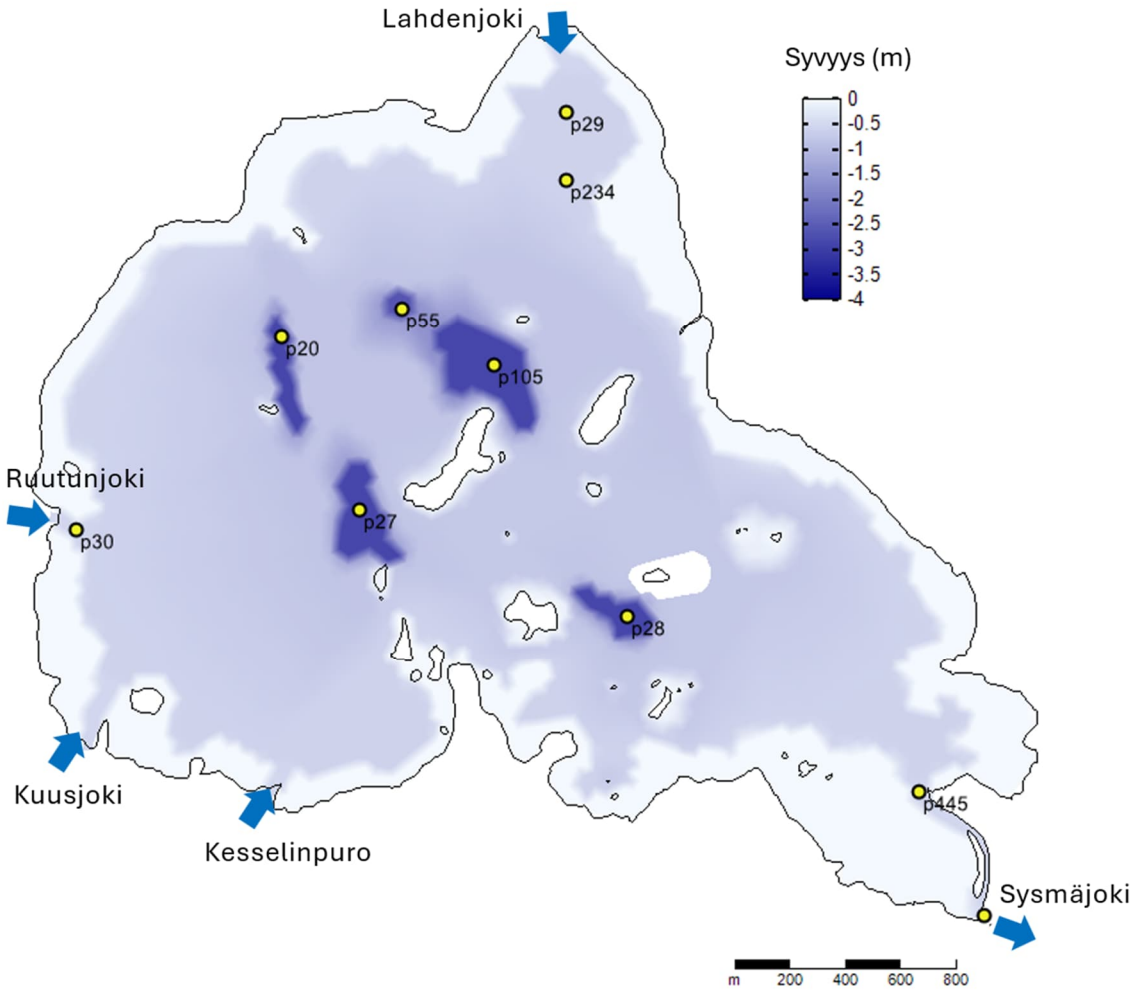
2.4 Mallihila

Virtaus- ja vedenlaatulaskentaa varten Sysmäjärvelle laadittiin mallihila, joka koostuu kolmion muotoisista hilasoluista. Hilan resoluutio, ts. kolmion sivujen mitta, oli koko järvellä noin 40 m. Suurimmat saaret on huomioitu hilassa, mutta hilasolua pienemmät saaret on huomioitu vain hilan syvyystiedoissa. Mallihilan alue on esitetty kuvassa 2-1.

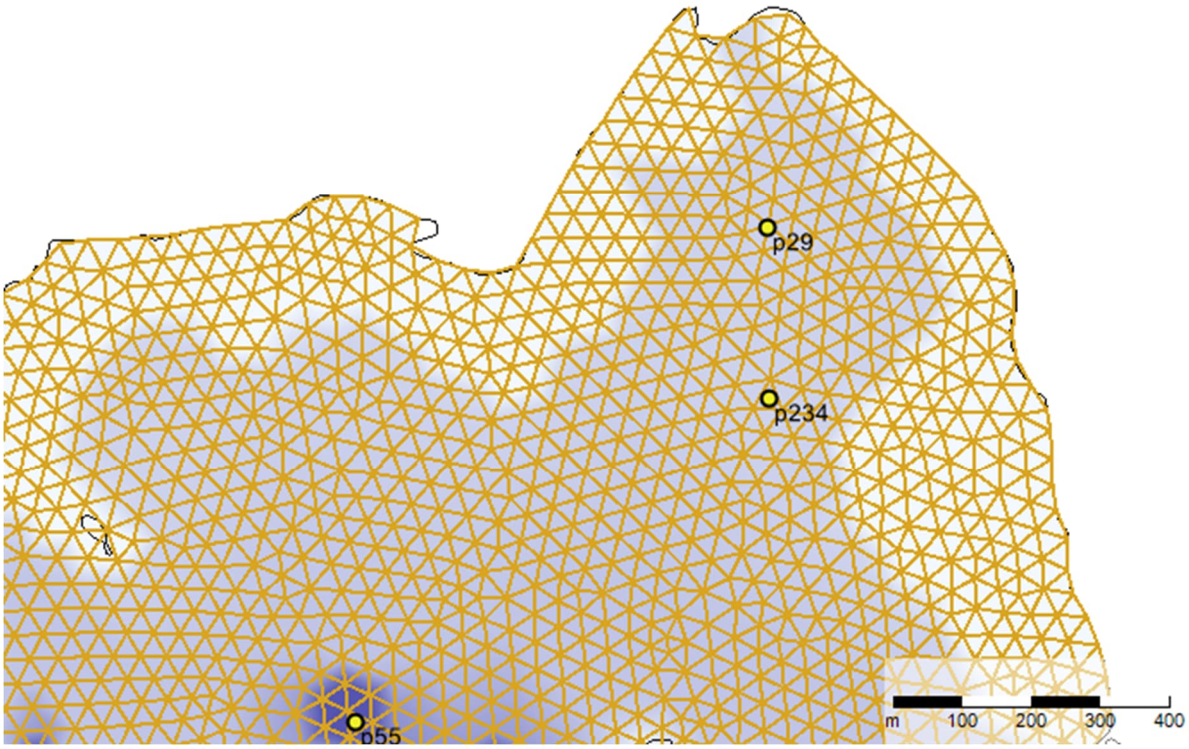
Syvyyssuunnassa käytettiin ns. z-hilaa, jossa hilatasot ovat joka kohdassa samalla syvyydellä. Tämän tyyppinen hila sopii hyvin tapauksiin, jossa vesi kerrostuu syvyyssuunnassa joko lämpötila- tai suolapitoisuuseroista johtuen. Syvyyssuunnassa hilasolujen paksuus oli 1 m. Koska Sysmäjärven hilan enimmäissyvyys oli 3,6 m, oli hilassa enimmillään neljä kerrosta.

Mallihilan kattama alue ja järven syvyystietojen perusteella interpoloidut hilasyvyydet on esitetty kuvassa 2-1, ja kuvassa 2-2 näkyy mallin hilaa järven pohjoisosasta.

Järvessä kasvaa ilmakuvien perustella runsaasti järviruokoa ja muuta vesikasvustoa etenkin järven kaakkoisosassa. Mallissa rannan suuntaiset virtaamat ovat tyypillisesti liian suuria, sillä laskennassa ei ole mukana virtausta hidastavaa vesikasvustoa. Tämä aiheuttaa ylimääräistä sekoittumista. Tätä vähennettiin mallissa asettamalla rannan läheisen alueen pohjakitka avoimia alueita suuremmaksi. Jokisuiden kohdalla mallihilan syvyys asetettiin yhteen metriin, jolla vältettiin jokisuun kuivumisen aiheuttamat laskennalliset ongelmat.



Kuva 2-1: Sysmäjärven mallialue, syvyydet, aikasarjapisteet sekä tulevat ja lähtevät joet.



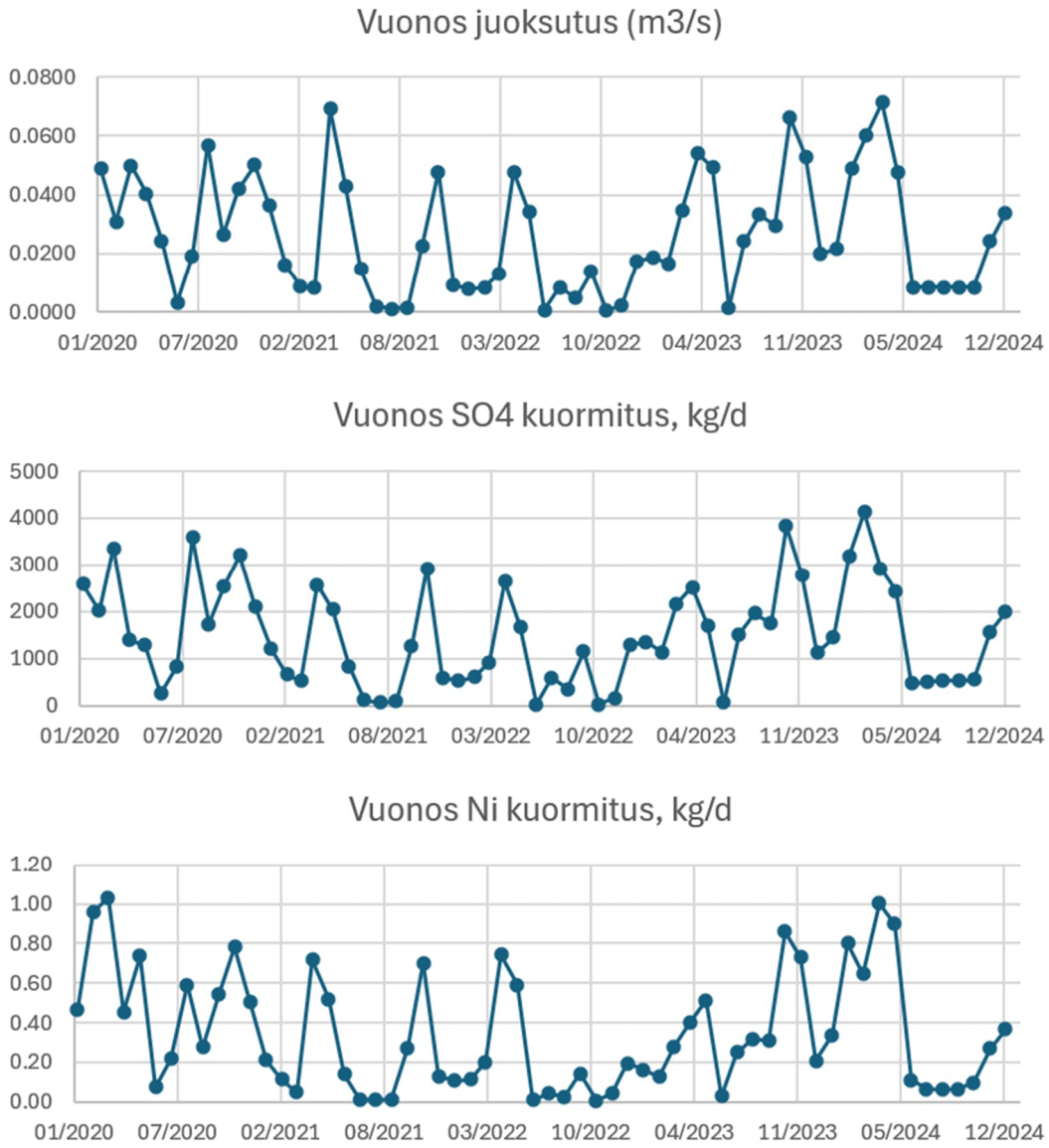
Kuva 2-2: Sysmäjärven mallihilaa järven pohjoisosasta.

3 Kuormitukset

3.1 Vuonoksen kuormitus

Vuonoksen kuormitukset olivat käytettävissä kuukausiresoluutiolla aikaväliltä 01/2020–12/2024. Kuormitusmuuttujina olivat vesimäärä, nikkeli-, arseeni- ja sulfaatti. Kuukausikuormat on esitetty kuvassa 3-1. Lahdenjoen sulfaatti- ja nikkelikuormituksesta todennäköisesti noin puolet tulee kuormitus- ja joen pitoisuusmittaustietojen perusteella jostakin muualta kuin Vuonoksen purkuvesistä (Ramboll 2024, FinnCobalt Oy 2025a).

Lahdenjoesta on mitattu sähkönjohtavuus. Johtavuus- ja sulfaattimittausten perusteella suuri osa joen suolapitoisuudesta on sulfaattia ja loput natriumia tai muita anioneja. Joen pH on vastaa luonnonvesille tyypillisiä hieman happamia arvoja (pH mittausten vaihteluväli 5,6–7,0).



Kuva 3-1: Vuonoksen purkuvesimäärät, sekä sulfaatti- ja Ni kuormitus.

3.2 Jokikuormitukset

Sysmäjärveen laskevista joista suurimmat kuormitukset tulevat Ruutunjoesta ja Lahdenjoesta, joita kuormittavat aikaisemmat kaivosalueet ja/tai nykyiset piste-kuormitukset.

Jokien kuormitukset määritettiin malliin asettamalla joelle virtaama ja pitoisuus. Jokien virtauksina käytettiin Vemala-järjestelmästä poimittuja virtaamia. Ruutun-joen vuoden 2021 virtaamaa korjattiin, sillä se poikkesi selvästi muiden vuosien virtaamista. Jokien pitoisuudet poimittiin mittaustiedoista, Ruutunjoelle käytettiin pisteen Ruutunjoki 163 tietoja, Lahdenjoelle pisteen Lahdenjoki 34 tietoja,

Kuusjoelle pisteen Kuusjoki 104 tietoja, ja Kesselinjoelle pisteen Kesselinpuro 35 tietoja. Ruutunjokeen yhtyy mittauspisteen jälkeen Losmanpuro, jonka virtaama ja pitoisuudet otettiin huomioon Ruutunjoen pitoisuuksia laskettaessa. Losmanpuron virtaaman suuruudeksi arviotiin 20 % Ruutunjoen virtaamasta (Vemalan arvioimien jokihaarojen keskivirtaamien perusteella).

Taulukko 3-1: Jokien keskipitoisuudet, vuodet 2021–2023.

Joki	Keski-virtaama m^3/s	SO_4 keski-pitoisuus mg/l	Ni keski-pitoisuus ug/l
Ruutunjoki	0.44	216	77
Kuusjoki	0.51	10.0	9
Lahdenjoki	0.09	267	72
Kesselinpuro	0.22	7,8	3

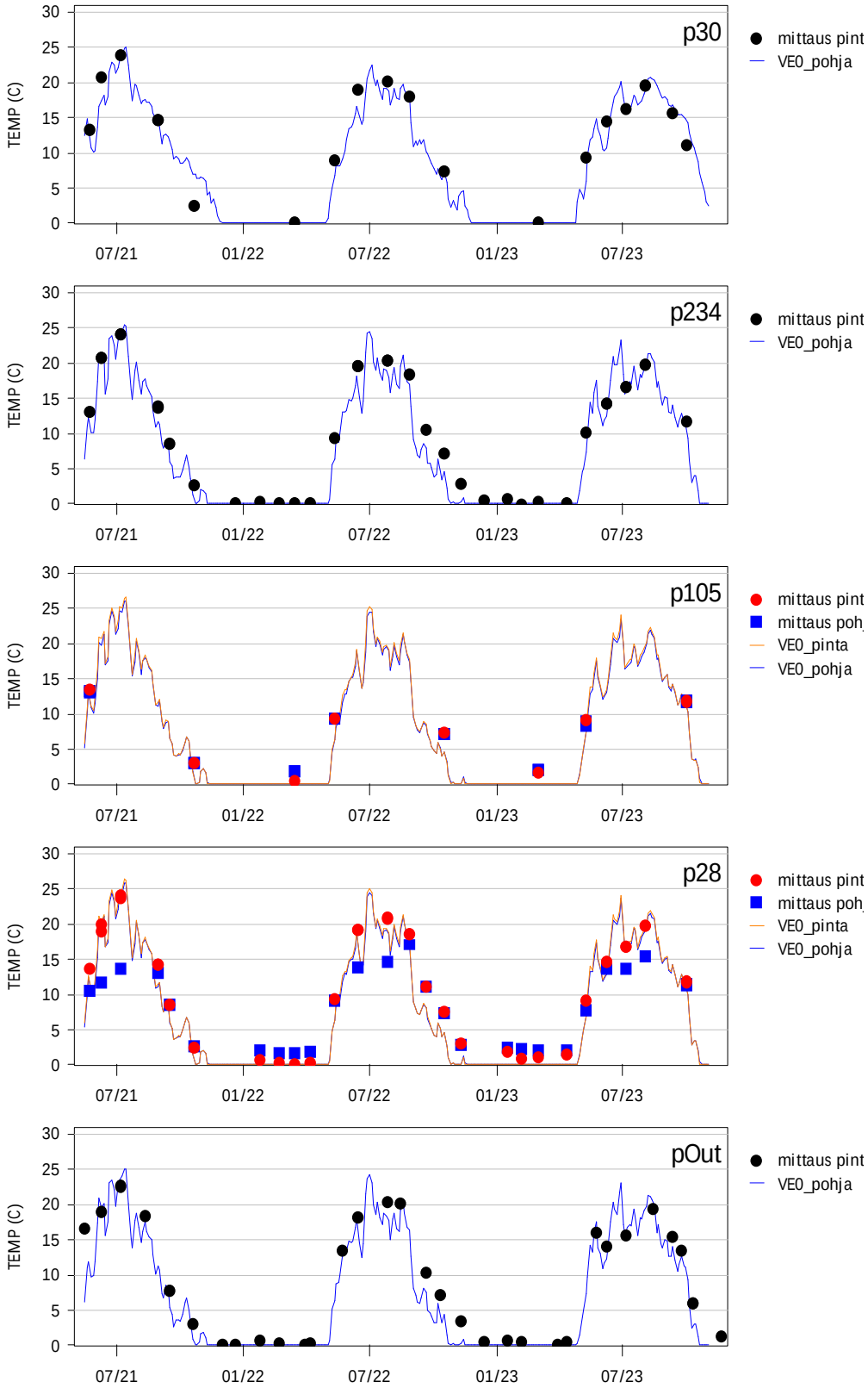
4 Vuosien 2021–2023 mallinnus ja mittaukset

Laskentamallin toiminnan testaamiseksi mallilla laskettiin nykytilanne jaksolle 05/2021–11/2023. Laskentajaksoon sisältyy kolme kesää ja kaksi talvea. Laskennassa käytettiin suolapitoisuutena arvoa 1,5x sulfaattipitoisuus. Sulfaatti ja nikkeli lasketti erikseen ns. tracer-muuttujina, jotka käyttäytyivät neutraalisti ja täysin liukoisina aineina, ts. ne eivät muuta veden tiheyttä tai poistu vedestä.

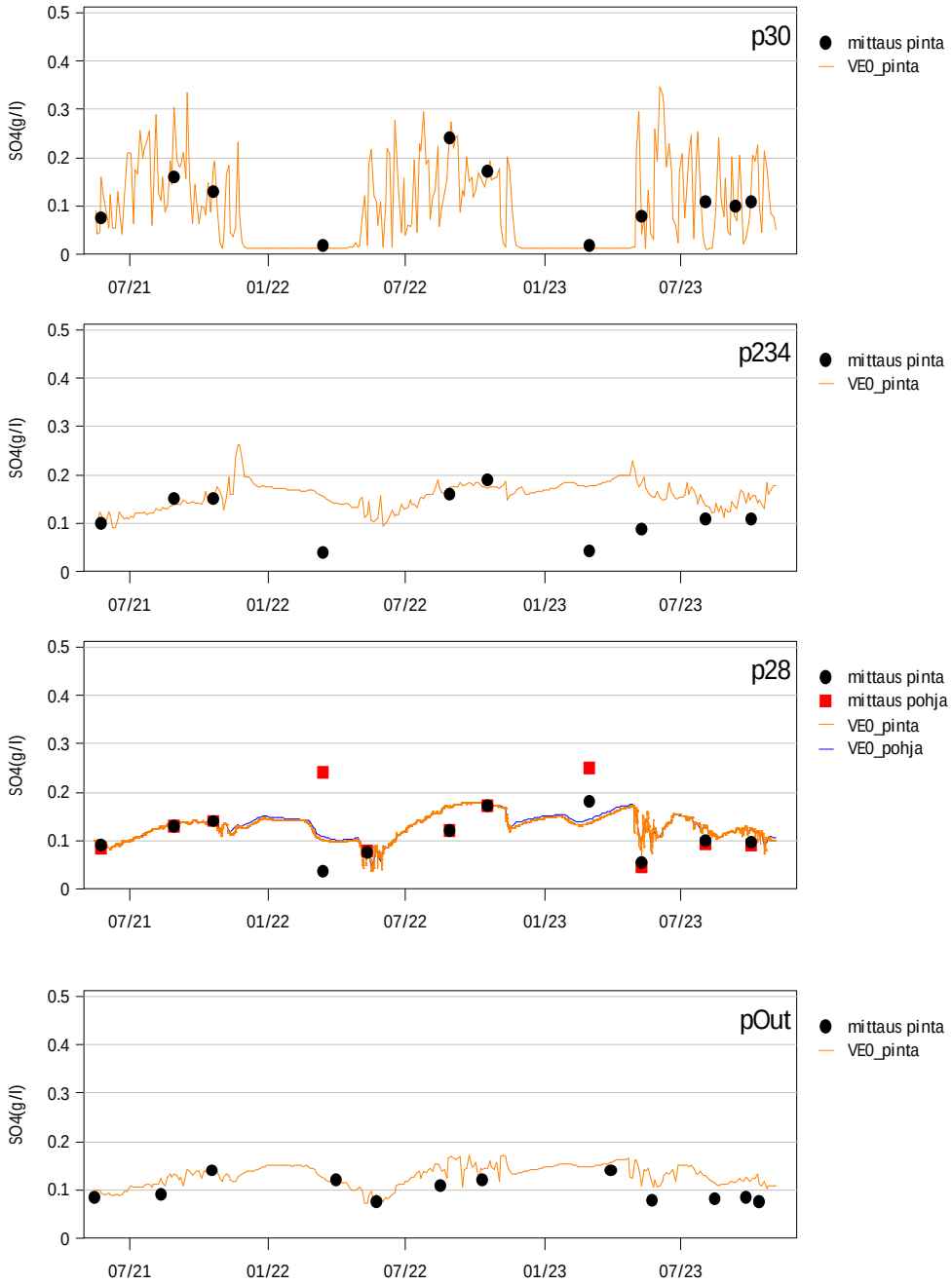
Tulojokien kuormitukset ja pitoisuudet arvioitiin mittausten perusteella. Mittauksia oli harvassa, joten jokien kuormitukset saattavat poiketa todellisista arvoista.

Mallin laskemia veden lämpötiloja sekä sulfaatti- ja nikkelipitoisuuksia verrattiin vesistöstä mitattuihin pitoisuuksiin (Hertta 2026). Vain muutamista seurantapisteistä oli laskentajaksolta useampia mittauksia. Nämä pisteet olivat p30 Ruutunjoen edustalla, p234 Lahdenjoen edustalla, p28 järven keskivaihella ja Sysmänjoki 50, joka sijaitsee järven luusuasta noin 1,7 km Sysmänjokea alavirtaan, mutta jota käytettiin tässä järven lähtevänä veden vertailupisteenä. Lisäksi lämpötilamittauksia oli tehty pisteen p105 syvänteestä, mutta tästä pisteestä ei ollut mitattu sulfaattia tai nikkeliä.

Mallin ja mittausten vertailu lämpötilan osalta on esitetty kuvassa 4-1. Laskettu pintakerroksen lämpötila seuraa mittauksia kohtuullisen hyvällä tarkkuudella kaikissa pisteissä. Pisteet 105 ja 28 ovat syvänteissä, ja pisteessä 28 näkyy mittauksissa kesällä selvää lämpötilakerrostumista, jota malli ei toista. Pisteestä 105 ei ollut mittauksia kesäajalta, joten sen kerrostumisesta ei ole tietoa. Mallissa kerrostumista ei näy tässäkään syvänteessä. Syvänteiden seurantapisteiden kohdalla syvyys on Hertta-tietokannan perusteella 6,1 m (p105) ja 5,4 m (p28). Mallissa syvänteet ovat matalampia, syvyys on 3,6 m (karttatiedoissa syvyys näissä pisteissä on 3,6 m), mikä selittänee osin lämpötilakerrostumisen puuttumista mallista. Pisteen 28 syvänne on satelliittikuvan perusteella vesikasvillisuuden ympäröimä, mikä hidastanee järven virtauksia ja siten vähentää syvyyssuuntaista sekoittumista syvänteessä.



Kuva 4-1: Laskettu ja mitattu lämpötila pisteissä p30, p234, p105, p28 ja pOut (lähtevän virtaaman piste).



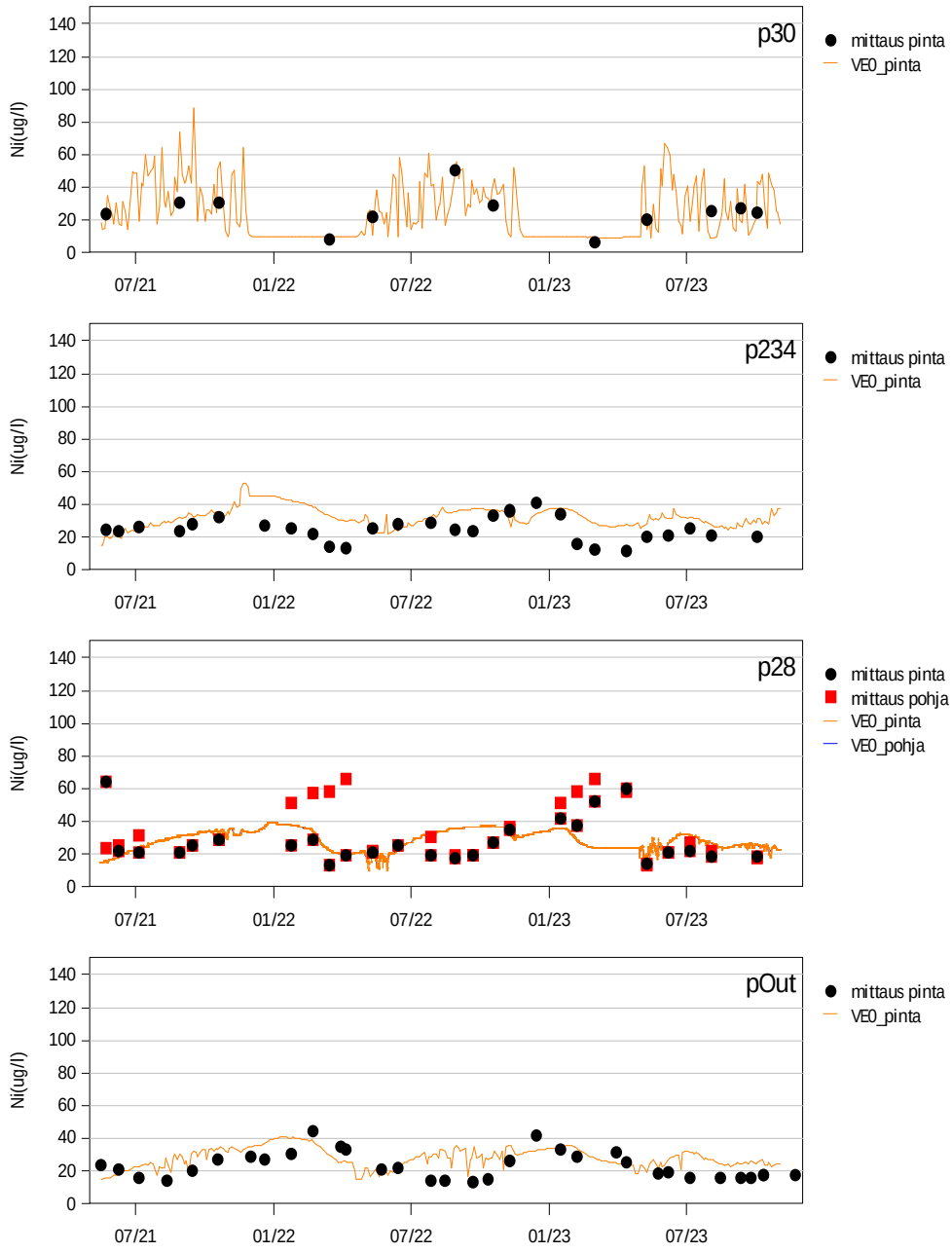
Kuva 4-2: Laskettu ja mitattu sulfaattipitoisuus pisteissä p30, p234, p28 ja pOut (lähtevän virtaaman piste).

Laskettuja ja mitattuja sulfaattipitoisuuksia on vertailtu kuvassa 4-2. Pisteessä p30 sulfaattipitoisuus vaihtelee mallissa mittauksia enemmän. Piste on Ruutunjoen suulla, eli kyseessä on alue, jossa Ruutunjoesta tuleva sulfaattipitoinen vesi sekoittuu järviveteen. Mittauksissa sekoittuminen on tasaista, mutta mallissa jokivesi ja järvivesi vaihtelevat enemmän. Keskimäärin pitoisuustasot vastaavat toisiaan. Pisteessä p234 avovesiaikana lasketut sulfaattipitoisuudet vastaavat

mittauksia, mutta talvella malli laskee sulfaattipitoisuuden liian suureksi. Kyseessä voi olla se, että Lahdenjoen virtaama ohjautuu mallissa jääpeitteisenä aikana mittauspisteen ohi, tai sitten Lahdenjoen vesi ja järvivesi kerrostuvat eri syvyyksille. Piste on matala, mutta jääpeitteisenä aikana matalakin vesi voi kerrostua. Pisteessä p28 pintakerrokselle lasketut pitoisuudet vastaavat kohtuullisen hyvin mitattuja pitoisuuksia. Talvella pisteessä on selvää suolakerrostumista, mitä ei mallissa näy. Järvestä lähtevän veden sulfaattipitoisuus toistuu mallissa kohtuullisen hyvin.

Laskettuja ja mitattuja nikkelipitoisuuksia on vertailtu kuvassa 4-3. Pisteessä p30 laskettu nikkelipitoisuus käyttäytyy vastaavasti kuin laskettu sulfaattipitoisuus. Nikkelipitoisuuden taso pisteessä p30 näyttää keskimäärin vastaavan kuitenkin mittauksia. Pisteessä p234 mallin laskema nikkelipitoisuus on talvella mittauksia suurempi, myös avovesiaikana malli arvioi pitoisuudet liian korkeiksi, mutta ero mittauksiin on pienempi kuin talvella. Kyseessä voi olla purkuveden kerrostuminen pohjalle. Pisteessä p28 näkyy nikkelipitoisuuksissa selvää kerrostumista, mitä malli ei toista, edelleen kesällä mallinnetut nikkelipitoisuudet ovat mittauksia suurempia. Lähtevän virtaaman pisteen pOut kohdalla mallin laskemat pitoisuudet ovat kesällä liian suuria, mutta talvijaksoilla samalla tasolla mittausten kanssa.

Nikkelin osalta malli laskee pitoisuudet jonkin verran liian suuriksi. Syynä on mahdollisesti liian suuret kuormitukset, todennäköisesti Ruutunjoesta. Nikkeliä voi myös sedimentoitua järven pohjaan: Järven pintasedimentin (1 cm pintakerros) nikkelipitoisuudeksi on mitattu vuonna 2020 kolmesta eri pisteestä arvoja välillä 70–150 mg/kg, mikä ylittää selvästi tyypillisen luonnontilaisen sedimentin nikkelipitoisuuden (Ramboll 2024). Todennäköisesti liukoista nikkeliä sitoutuu leviin tai muuhun ennen pitkää pohjaan sedimentoituvaan materiaaliin ja sitä kautta edelleen sedimenttiin, tai vaihtoehtoisesti kiintoaineeseen sitoutunut nikkeli sedimentoituu kiintoaineen mukana pohjaan. Näitä prosesseja ei mallissa ole otettu huomioon.



Kuva 4-3: Laskettu ja mitattu nikkelipitoisuus pisteissä p30, p234,p28 ja pOut (lähtevän virtaaman piste).

5 Skenaariolaskennat

5.1 Laskentaskenaariot ja skenaarioiden kuormitukset

Tässä arvioitiin kaksi laskentaskenaariota.

- VE0 nykytilanne (mittausten mukainen kuormitus)
- VE2b kaivoksen laajennus, laajin vaihe

Kuormitusten arvioimiseksi käytettävissä oli tehtaalta saadut juoksutustiedot, Hertta-järjestelmästä löytyvät seurantamittaukset, sekä tehtaalle lasketut vesi- ja kuormitustaseet. Vesi- ja kuormitustaseet pystyttiin lähtötietojen saatavuudesta johtuen arvioimaan vain vuositasolle. Tehtaan vesitaseen perusteella lasketut keskimääräiset vuosikuormitukset on esitetty taulukossa 5-1.

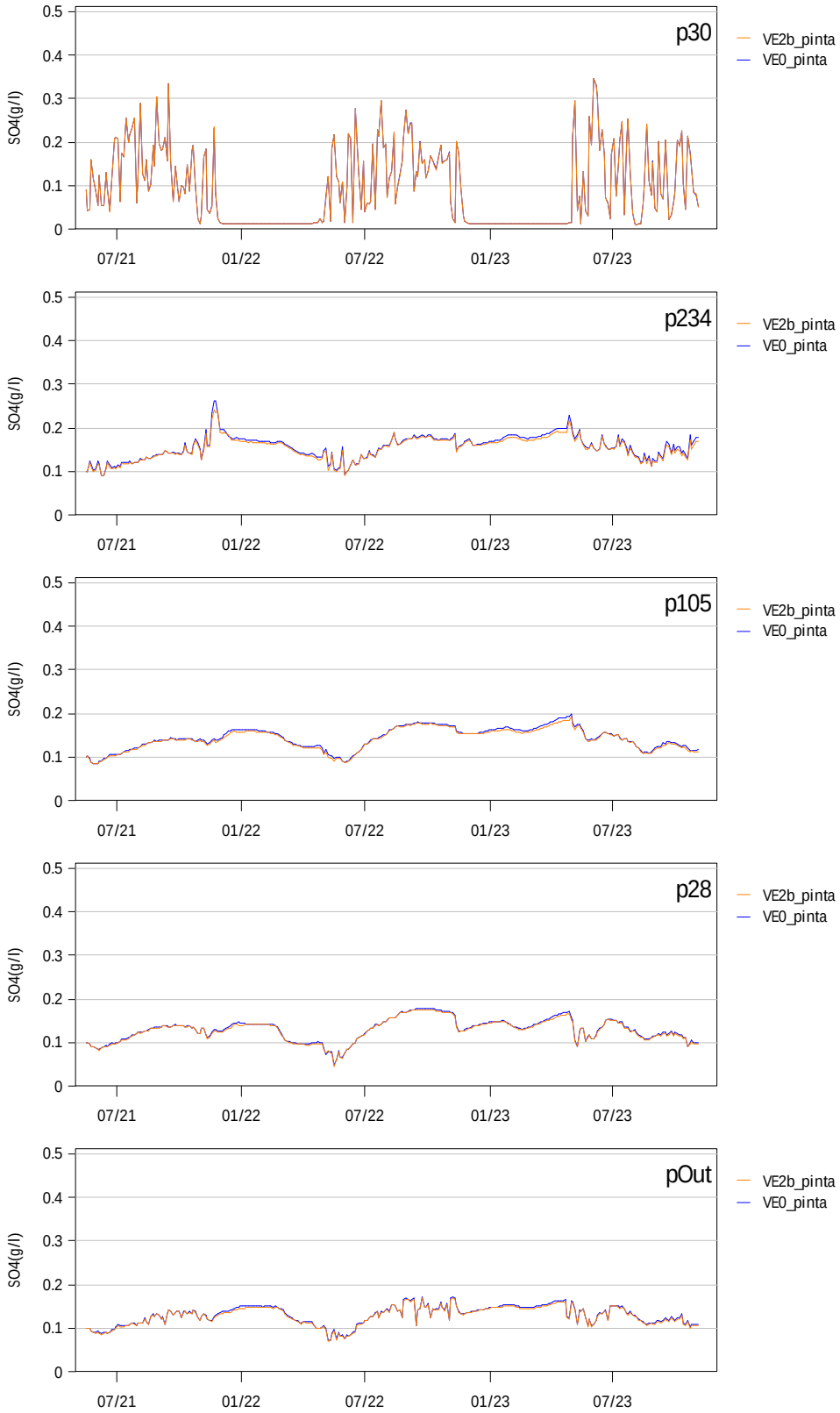
Skenaariossa VE2b vuosikuormat on skaalattu eri kuukausille siten, että juoksutuksen nykytilan kuormitukset on kerrottu tulevien vuosikuormien ja nykytilan vuosikuormien suhteella. Kuormitukset ja skaalauskertoimet on esitetty taulukossa 5-1.

Taulukko 5-1: Skenaarioiden kuormitukset.

		Purkuvesi	As	Ni	SO4	Ntot
		m^3/a	kg/a	kg/a	kg/a	kg/a
VE0 (Nykytila)		**770 121**	**46.2**	**100.1**	**521 372**	**871.0**
VE1		697 350	41.8	90.7	449 791	
VE2a		807 051	57.9	96.8	482 013	
VE2b		**722 336**	**54.5**	**205.9**	**418 308**	**772.5**
VE3		567 710	41.4	57	346 588	
VE2b/Nykytila		0.94	1.18	2.06	0.80	0.89

5.2 Lasketut sulfaattipitoisuudet skenaariolle VE0 ja VE2b

Skenaariolla VE2b sulfaattikuormitus Vuonoksen kaivokselta vähenee jonkin verran nykytilaan verrattuna. Järven kokonaissulfaattikuormasta Vuonoksen osuus oli alle neljäsosa. Kuvassa 5-1 on esitetty skenaarioiden VE0 ja VE2b sulfaattipitoisuuden aikasarjat valituista pisteistä. Taulukossa 5-2 on esitetty aikasarjoista lasketut skenaarioiden keskipitoisuudet koko laskentajakson ajalta. Pinta- ja pohjakerroksia ei tässä ole eroteltu, sillä mallissa näiden pitoisuuksissa ei ollut eroja.



Kuva 5-1: Sulfaattipitoisuudet skenaarioille VE0 ja VE2b.

Taulukko 5-2: Sulfaattipitoisuuden keskiarvot laskentajaksolta.

Sulfaattipitoisuus, g/l			
Piste	VE2b	VE0	dSO4
p30	0.091	0.092	0.000
p234	0.153	0.156	-0.004
p105	0.140	0.143	-0.003
p28	0.128	0.130	-0.002
pOut	0.128	0.130	-0.002

Eri skenaarioille lasketuissa sulfaattipitoisuuksissa ei ollut paljoakaan eroja. Suurin pitoisuusmuutos on pisteessä P234, joka sijaitsee lähinnä Lahdenjoen suuta. Sulfaattipitoisuuden keskiarvo väheni tässä pisteessä 4 mg/l.

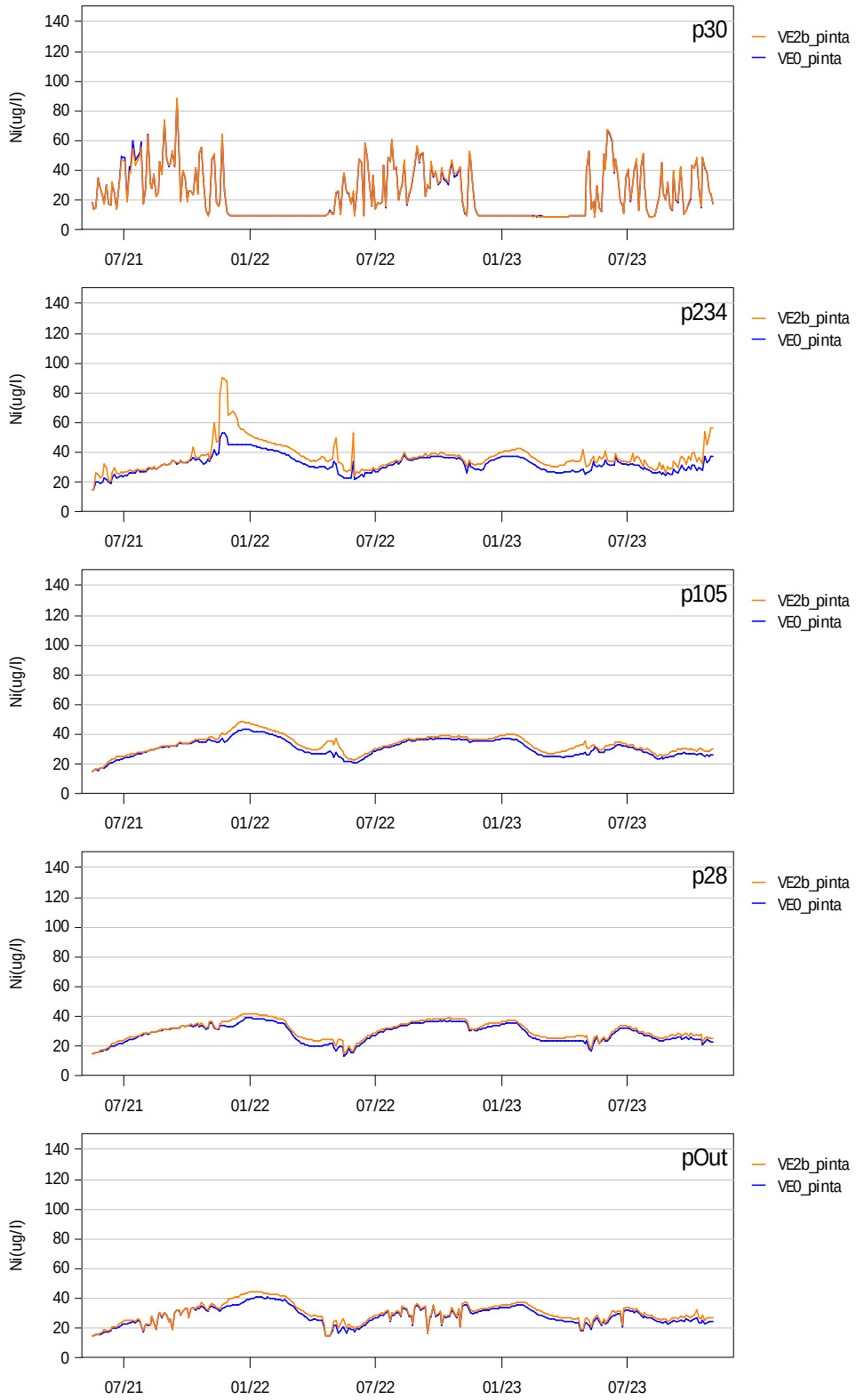
5.3 Lasketut nikkelipitoisuudet skenaariolle VE0 ja VE2b

Skenaariolla VE2b nikkelipitoisuus Vuonoksen tehtaalta nousee noin 2,1 kertaiseksi nykytilaan verrattuna. Järven nikkelikuormasta Vuonoksen osuus on noin kuudennes (Ramboll 2024). Kuvassa 5-2 on esitetty skenaarioiden VE0 ja VE2b nikkelipitoisuuden aikasarjat valituista pisteistä. Taulukossa 5-3 on esitetty aikasarjoista lasketut skenaarioiden keskipitoisuudet koko laskentajakson ajalta.

Kuten sulfaatille, myös nikkelipitoisuuksien suurin muutos näkyy lähellä Lahdenjoen suuta. Nikkelin keskipitoisuus nousee pisteessä p234 mallin laskelmien mukaan 4,7 µg/l, muissa pisteissä pitoisuusnousu jää alle 3 µg/l. Järvestä poistuvassa vedessä pitoisuusnousu on 2 µg/l tasolla. Mallissa ei ole huomioitu mahdollista nikkelin sedimentoimista, joten todennäköisesti kyseessä on yliarvio.

Taulukko 5-3: Nikkelipitoisuuden keskiarvot laskentajaksolta.

Nikkeli, ug/l			
Piste	VE2b	VE0	dNi
p30	24.3	24.2	0.1
p234	36.7	32.0	4.7
p105	33.1	30.7	2.4
p28	30.3	28.4	1.8
pOut	29.8	28.0	1.8



Kuva 5-2: Nikkelipitoisuudet skenaarioille VE0 ja VE2b.

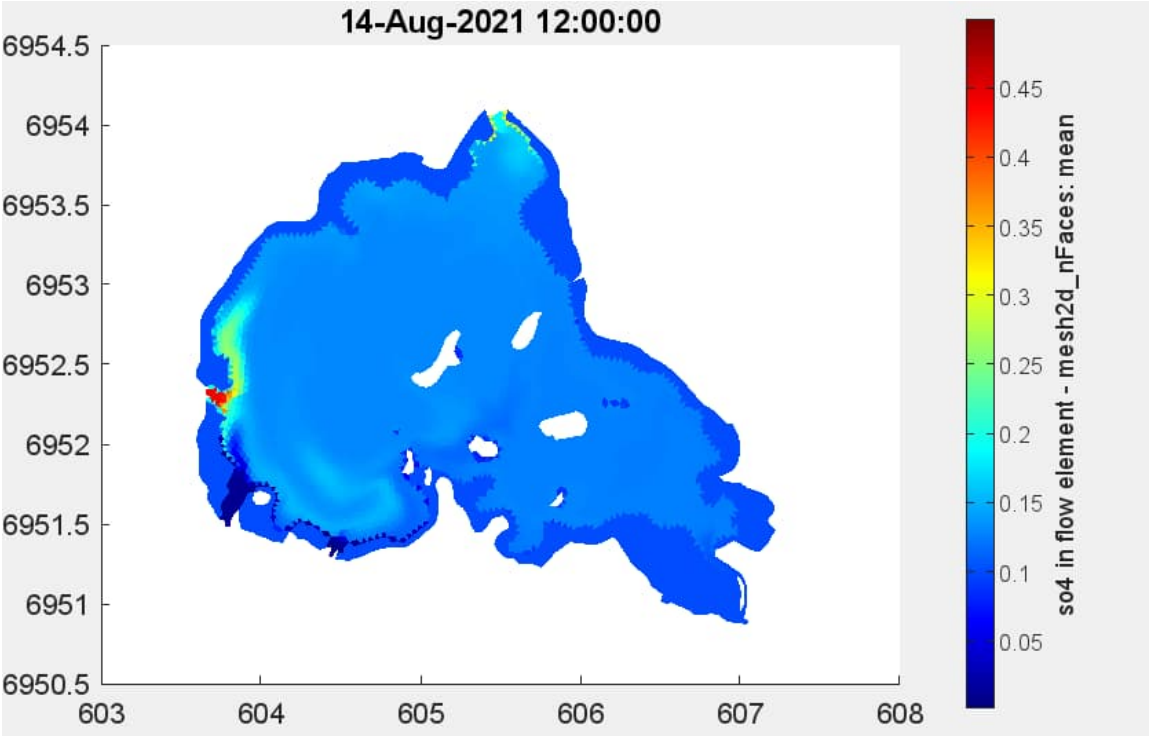
5.4 Sulfaatin pitoisuuskartat skenaariolle VE0 ja VE2b

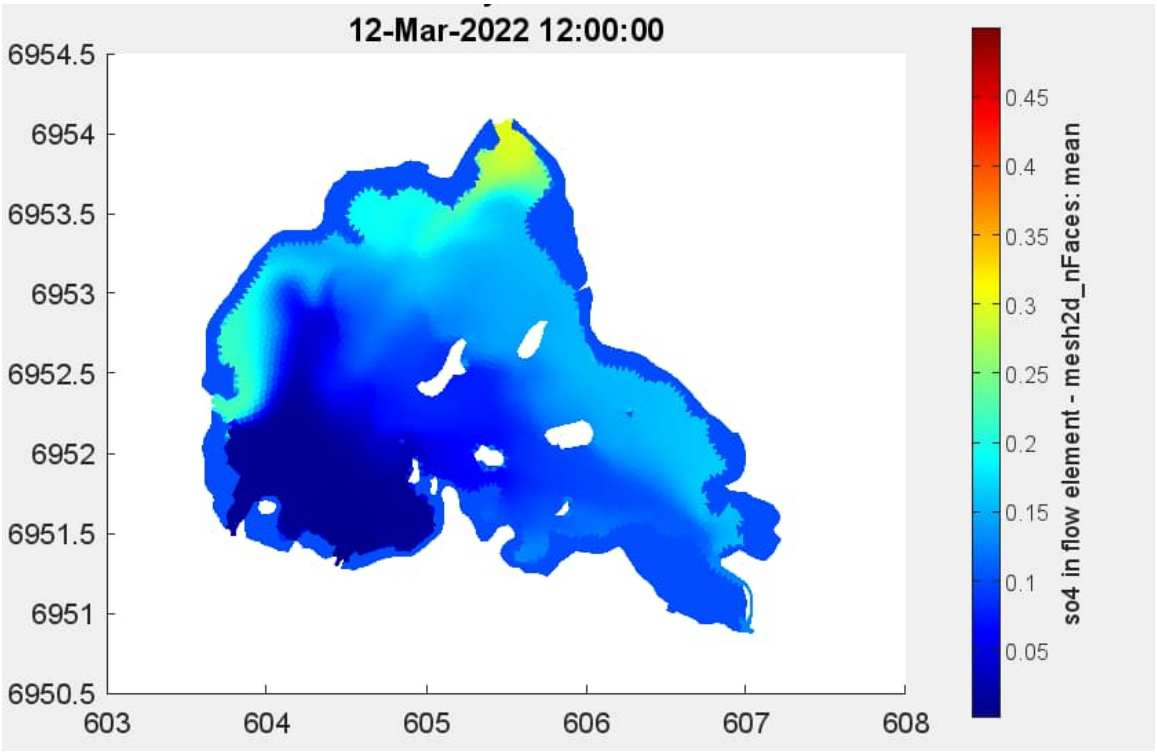
Kuvissa 5-3 ja 5-4 on esitetty sulfaatin pitoisuudet pintakerroksesta skenaariolle VE0 ja VE2b tyypillisessä kesä- ja talvitilanteessa.

Kesällä jokien tuomat kuormitukset sekoittuvat hyvin koko järven tilavuuteen. Mallista puuttuu upos- ja kelluslehtisten vesikasvillisuuden virtauksia hidastava vaikutus järven kaakkoisosasta, joten kyseisellä alueella todellinen pitoisuuksien jakautuminen järven eri osiin voi poiketa mallin laskemasta jakaumasta.

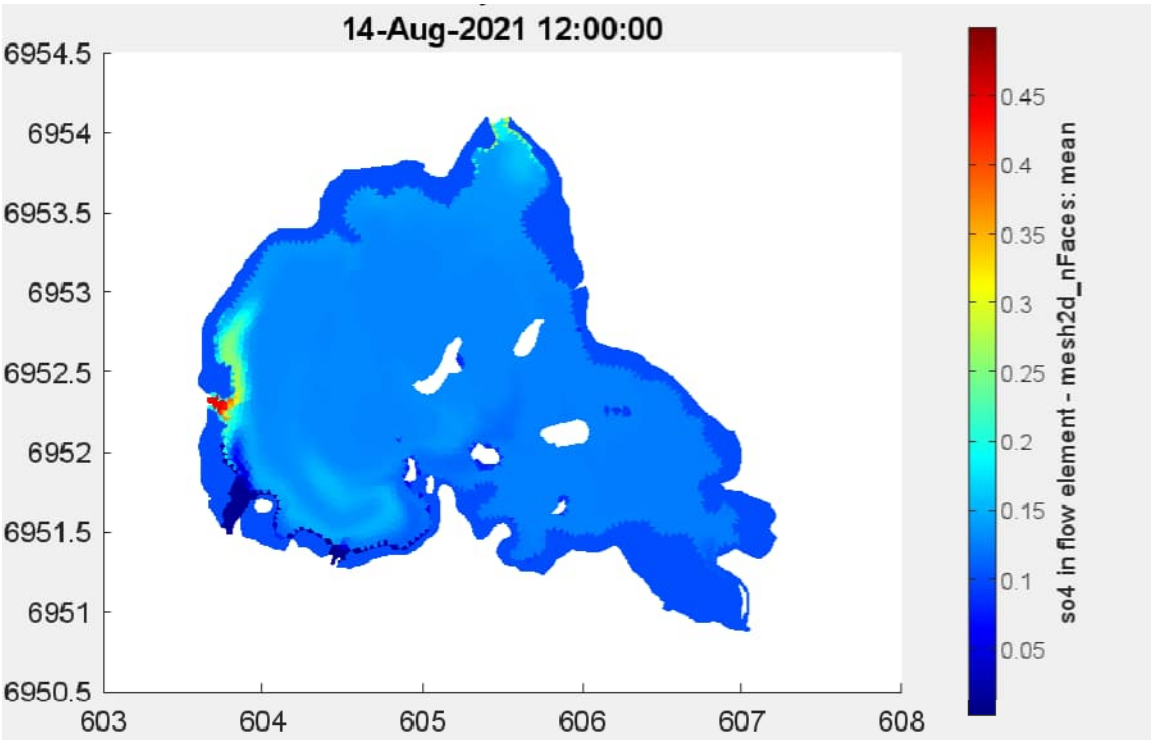
Talvella jääpeite estää tuulen vaikutuksen, jolloin järven sekoittuminen heikentyy ja aineiden kulkeutuminen järvessä määräytyy jokivirtaamien perusteella. Mallissa Ruutunjoen, Kuusjoen ja Kesselinpuron vedet ohjautuvat rantaa pitkin pohjoiseen sekoittuen matkalla vähitellen yhteen. Lahdenjoen virtaama kulkeutuu jokisuulta etelään ja lounaaseen ja sekoittuu sitten muiden jokien vesiin järven pohjoisosassa. Lopputuloksena järveen syntyy kaakko-luode suuntainen raja, jonka koillispuolella on kaikkien jokien vesiä sekoittuneena ja lounaispuolella enemmän Kuusjoen ja Kesselinpuron vesiä, joissa on vähemmän sulfaattia.

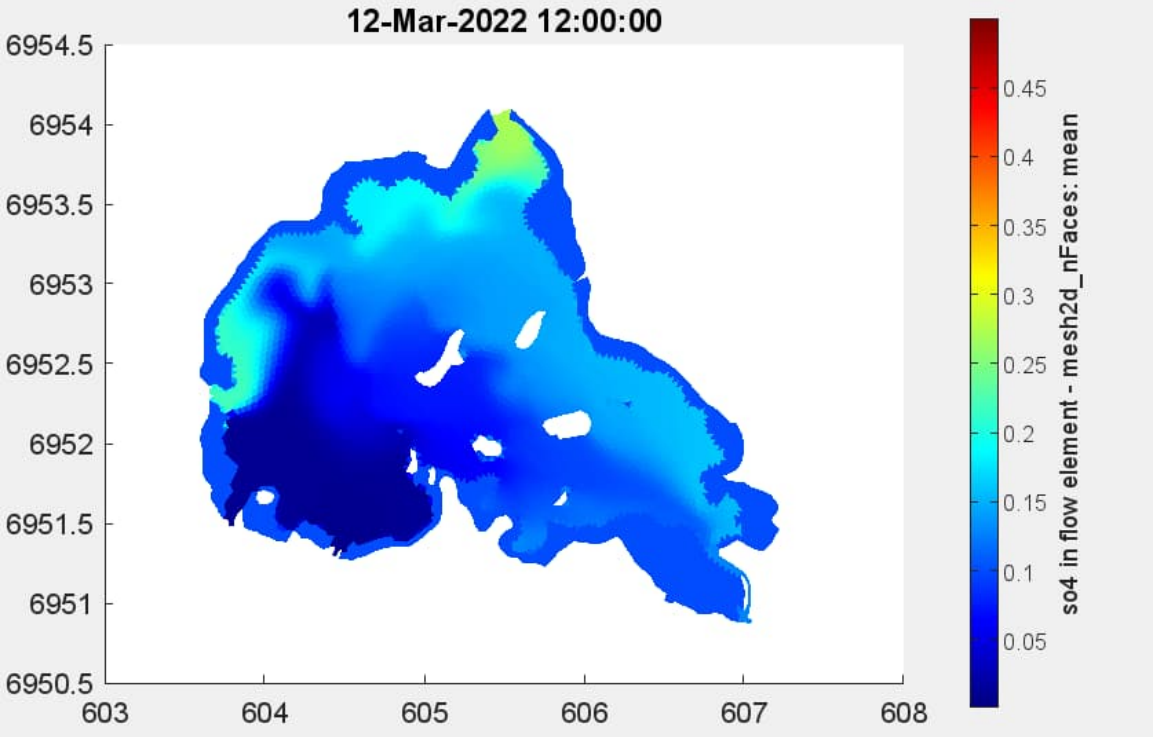
Skenaarioiden VE0 ja VE2b erot jäävät sulfaatin osalta pieniksi. Selkein muutos on Lahdenjoen suualueella, missä sulfaattipitoisuus laskee jonkin verran nykytilaan verrattuna. Järven virtauskuvio ei muutu nykytilaan verrattuna.





Kuva 5-3: Lasketut sulfaattipitoisuudet (g/l) kesällä (ylhäällä) ja talvella (alempi kuva) pintakerroksessa skenaarioilla VE0.





Kuva 5-4: Lasketut sulfaattipitoisuudet (g/l) kesällä (ylhäällä) ja talvella (alempi kuva) pintakerroksessa skenaarioilla VE2b.

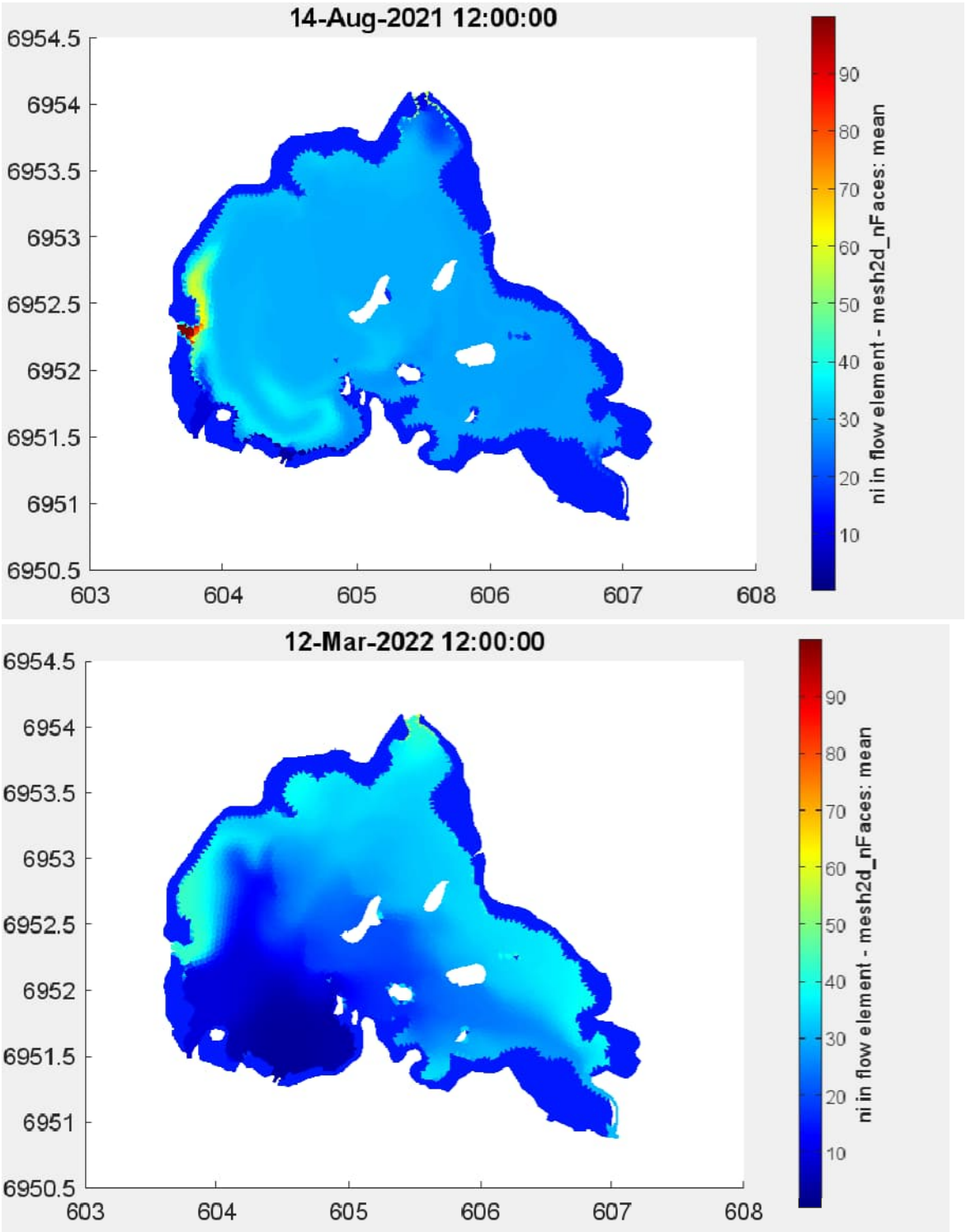
5.5 Nikkelin pitoisuuskartat skenaarioille VE0 ja VE2b

Kuvissa 5-5 ja 5-6 on esitetty nikkelin pitoisuudet pintakerroksesta skenaariolle VE0 ja VE2b tyypillisessä kesä- ja talvitilanteessa.

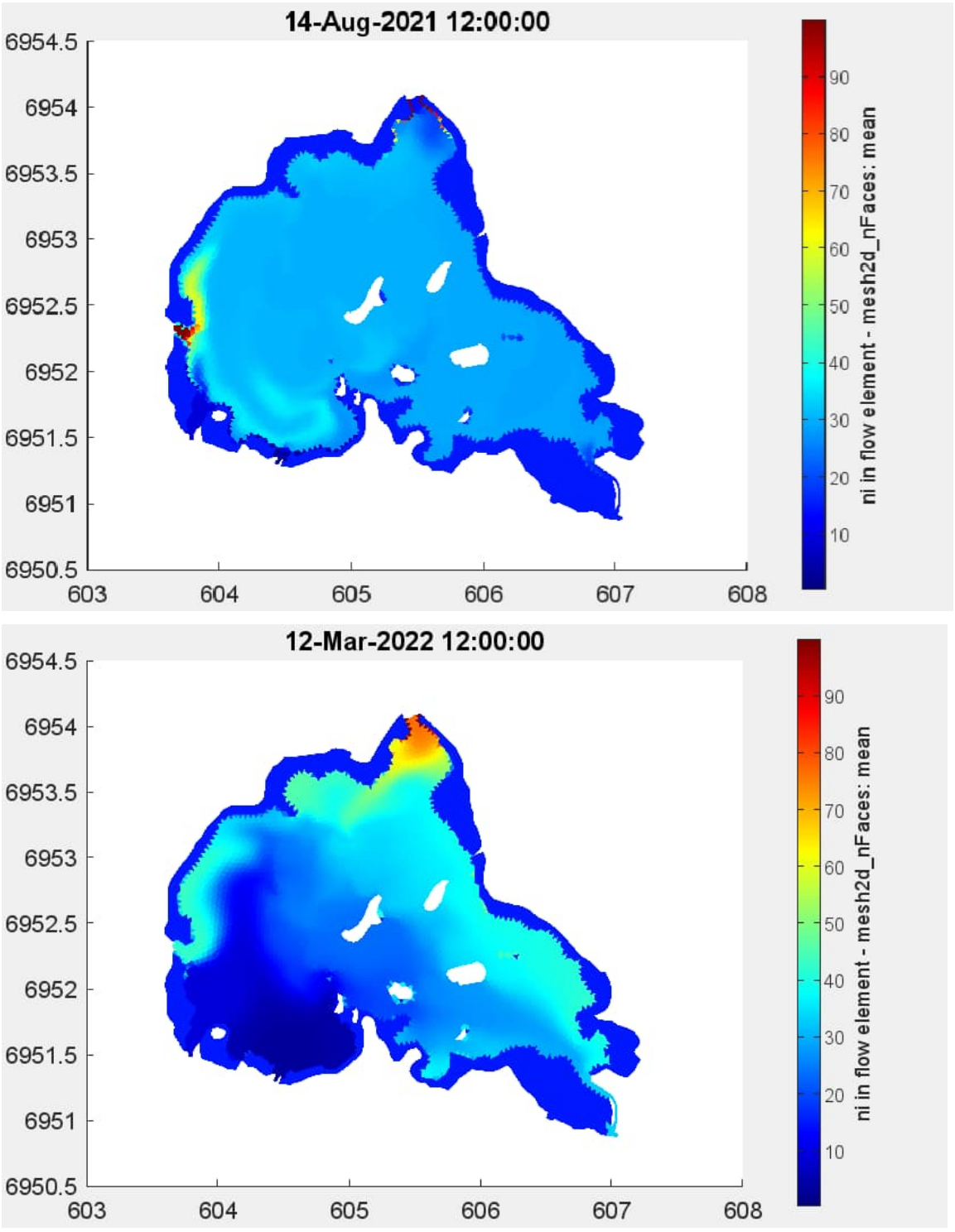
Kuten sulfaatilla, myös nikkelin osalta jokien tuomat kuormitukset sekoittuvat kesällä kohtuullisen tehokkaasti koko järven tilavuuteen.

Talvella nikkelipitoisuuksissa näkyy vastaava käyttäytyminen kuin sulfaattipitoisuuksissakin, ts. järvi jakautuu kahteen osaan, joista lounaspuoleisen osan pitoisuuksiin vaikuttavat pääosin Kuusjoen ja Kesselinpuron vedet, ja koillispuoleiseen osaan puolestaan enemmän Ruutunjoen ja Lahdenjoen pitoisuudet.

Skenaarioiden VE0 ja VE2b ero näkyy pääasiassa Lahdenjoen suulla, missä skenaariolla VE2b nikkelipitoisuus nousee esitetyssä talvitilanteessa selvästi nykytilaan verrattuna.



Kuva 5-5: Lasketut nikkelipitoisuudet (µg/l) kesällä (ylhäällä) ja talvella (alempi kuva) pintakerroksessa skenaarioilla VE0.



Kuva 5-6: Lasketut nikkelipitoisuudet (µg/l) kesällä (ylhäällä) ja talvella (alempi kuva) pintakerroksessa skenaarioilla VE2b.

5.6 Kokonaisravinteet ja metallipitoisuudet skenaariolle VE2b

Vuonoksen YVA-vaihtoehdon 2b kuormituksen aiheuttamia pitoisuusmuutoksia Sysmäjärvessä verrattuna nykytilaan tarkasteltiin ravinteiden, arseenin ja keskeisten metallien osalta yksinkertaisemmalla sekoittumispitoisuuslaskennalla.

Sekoittumispitoisuuden laskenta perustuu järven vuosittaiseen keskimääräiseen poistovirtaukseen (järven vuosittaiseen vesitilavuuteen) ja nykytilan ja VE2b:n väliseen kuormituseroon kiloina. Järven analysoituun nykytilan pitoisuuteen lisätään kuormituseron aiheuttama pitoisuuden muutos. Sysmäjärven nykytila on tarkemmin kuvattu YVA-selostuksen luvussa 10. Laskennassa käytetyt lähtötiedot on listattu alla ja koottu tarkemmin lähteineen taulukoihin (Taulukko 5-4, Taulukko 5-5 ja Taulukko 5-6):

- Sysmäjärven vesipinta-ala ja valuma-alue
- Alueen keskimääräinen vuosittainen sadanta, valunta ja järvihaihdunta
- Vuonoksen tehdasalueelta juoksutettavan veden määrä
- Vuonoksen tehdasalueelta juoksutettavan veden mukana tuleva kuormitus massana eri vaihtoehdoissa.
- Sysmäjärven nykytilan pitoisuudet

Taulukko 5-4. Sekoittumispitoisuuden laskennassa käytetyt lähtötiedot.

Lähtötieto	Arvo	Yksikkö	Lähde
Sysmäjärven pinta-ala	6,641	km^2	SYKE 2026a
Sysmäjärven valuma-alue ilman järveä	120,498	km^2	SCALGO Live 2026
Sadanta, Viuruniemen aseman ka. vuosisadanta 1990–2024	644	mm	Suomen Ilmatieteen laitos 2025
Valunta, SYKE WSFS vesistömallijärjestelmällä Viinijärven valuma-alueelle mallinnettu valunta 1990–2024	326	mm	(Suomen ympäristökeskus) SYKE 2026a
Järvihaihdunta, SYKE WSFS vesistömallijärjestelmällä Sysmäjoen valuma-alueelle mallinnettu järvihaihdunta 1990–2024	464	mm	SYKE 2026a
Vuonoksen tehtaalta juoksutettava vesimäärä, VE0 (nykytila)	770 121	m^3/vuosi	Vesi- ja kuormatase, AFRY Finland Oy 2026
Vuonoksen tehtaalta juoksutettava vesimäärä, VE2b	722 336	m^3/vuosi	Vesi- ja kuormatase, AFRY Finland Oy 2026

Taulukko 5-5. Vuonoksen tehtaan laskennallinen vuosikuormitus ei aineille Lahdenjokeen juoksutettavan veden mukana (AFRY Finland Oy 2026).

	As	Cd	Cu	Fe	Hg	P	Pb	Zn	N
yksikkö	kg/a	kg/a	kg/a	kg/a	kg/a	kg/a	kg/a	kg/a	kg/a
VE0	85,5	0,01	0,9	231,0	2,2	11,6	0,04	14,6	847,1
VE2b	54,5	0,04	0,8	599,8	0,0	10,3	0,04	13,7	751,6

Taulukko 5-6. Sysmäjärven keskiarvoinen nykytila 2021–2025 kolmella tarkkailupisteellä (SYKE 2026b).

	Syvyys	As	Cd	Cu	Fe	Hg	P	Pb	Zn	N
keskiarvo 2021-2025		kok	kok	kok	kok	kok	kok	kok	kok	kok
	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Sysmäjärvi 234	0,5	1,01	0,010	2,3	2427	0,0025	24,7	0,13	73,9	921
Sysmäjärvi 28, pinta	1	0,70	0,010	2,8	2140	0,0025	22,0	0,2	94,1	817
Sysmäjärvi 28, pohja	4,7	0,75	0,011	2,4	2576	0,0025	22,0	0,1	107,1	1219
Sysmäjärvi 30	0,5	0,5	0,020	2,5	4077	0,0025	23,4	0,1	103,2	671

5.6.1 Ntot ja Ptot pitoisuudet

Laskennalliset sekoittumispitoisuudet Sysmäjärven tarkkailupisteille 28, 30 ja 234 YVA-vaihtoehdolle 2b on esitetty kokonaisravinteille seuraavassa taulukossa (Taulukko 5-7).

Taulukko 5-7. Kokonaisravinteiden laskennalliset sekoittumispitoisuudet Sysmäjärven tarkkailupisteille 28, 30 ja 234 YVA-vaihtoehdolla VE2b.

	P	N
	kok	kok
	µg/l	µg/l
Sysmäjärvi 234	25	919
Sysmäjärvi 28, pinta	22	815
Sysmäjärvi 28, pohja	22	1 217
Sysmäjärvi 30	23	669

5.6.2 Cd, Pb, Zn, Cu, As ja Fe pitoisuudet

Laskennalliset sekoittumispitoisuudet Sysmäjärven tarkkailupisteille 28, 30 ja 234 YVA-vaihtoehdolle 2b on esitetty arseenille ja metalleille seuraavassa taulukossa (Taulukko 5-8).

Taulukko 5-8. Arseenin ja metallien laskennalliset sekoittumispitoisuudet Sysmäjärven tarkkailupisteille 28, 30 ja 234 YVA-vaihtoehdolla VE2b.

	As	Cd	Cu	Fe	Hg	Pb	Zn
	kok	kok	kok	kok	kok	kok	kok
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Sysmäjärvi 234	0,3	0,01	2,3	2436	0,003*	0,13	73,8
Sysmäjärvi 28, pinta	< 0,3*	0,01	2,8	2149	0,003*	0,16	94,1
Sysmäjärvi 28, pohja	< 0,3*	0,01	2,4	2585	0,003*	0,14	107,1
Sysmäjärvi 30	< 0,3*	0,02	2,5	4086	0,003*	0,11	103,2

**Laskennallisesti negatiiviset pitoisuudet on esitetty elohopealle nykytilan pitoisuutena ja arseenille pienimmän laskennallisen tuloksen mukaan.*

5.7 Yhteisvaikutus FinnCobaltin kanssa

Finncobalt Oy on hakenut ympäristölupaa Hautalammen kaivokselle, jonka purkuvedet ja toiminta vaikuttavat Ruutunjokeen. Vuonoksen ja Hautalammen yhteisvaikutuksia arvioitiin tässä laskemalla yhteisvaikutusskenaario VE2BFC, jossa käytettiin Vuonokselle skenaarion VE2b kuormituksia, ja tämän lisäksi Ruutunjoen tulopitoisuuksia muutettiin vastaamaan tilannetta, jossa Hautalammen kaivos kuormittaa Ruutunjokea tyypillisen sadantavuoden kuormituksen mukaisesti (FinnCobalt 2025).

Hautalammen ympäristölupahakemuksen mukaan kaivos aiheuttaa Ruutunjoen kuormituksen nousua siten, että nikkelin vuosikuormitus nousee 7 kg/a, ja sulfaatin vuosikuormitus nousee 180 tn/a (FinnCobalt 2025: taulukko 146). Koska vuosikuormitusta tarkempaa ajallista kuormitusjakaumaa ei ollut käytettävissä, Finncobaltin kuormitus lisättiin malliin muuttamalla Ruutunjoen tulopitoisuuksia siten, että kuormitukseen nousun aiheuttama pitoisuusnousu jaettiin tasan koko vuoden ajalle. Ruutunjoen keskivirtaamaa 0,377 m^3/s käyttämällä FinnCobaltin aiheuttamaksi Ruutunjoen nikkelipitoisuuden nousuiksi saatiin 0,59 µg/l ja sulfaattipitoisuuden nousuksi 0,015 g/l nykytilaan verrattuna.

Taulukoihin 5-9 ja 5-10 on laskettu FinnCobaltin kaivoksen kuormituksen Ruutunjokeen aiheuttaman pitoisuusnousun aikaansaamat muutokset järven seurantapisteissä sulfaatille ja nikkelille. Kuvissa 5-7 ja 5-8 on skenaariolle VE2b ja V2BFC lasketut pitoisuusnousut verrattuna nykytilan pitoisuuksiin eri seurantapisteille.

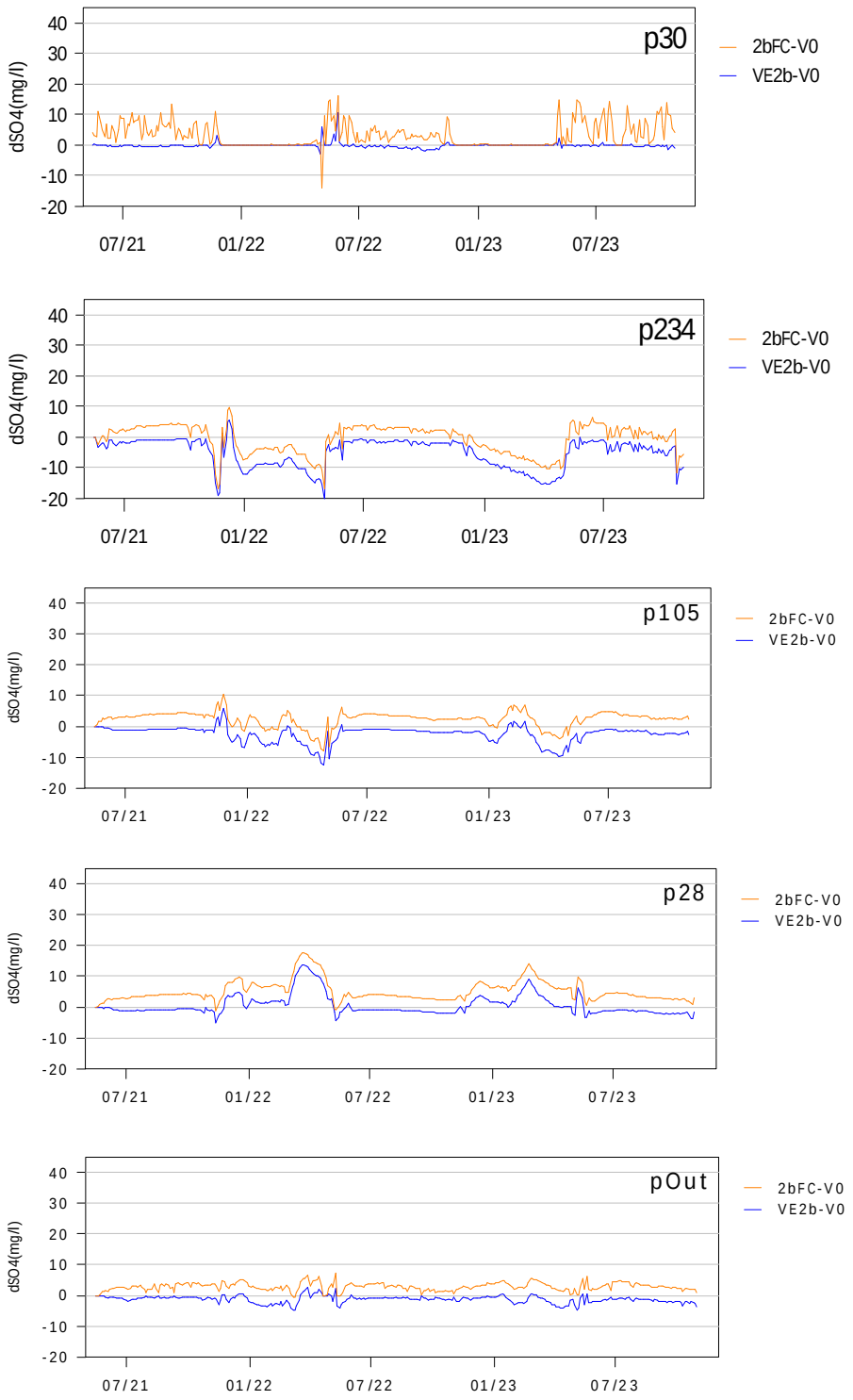
FinnCobaltin päästön aiheuttamat pitoisuusnousut järvessä ovat Ruutunjoen suun lähialueella ajoittain samaa luokkaa kuin Ruutunjoessa, mutta muuten Ruutunjoen pitoisuusnousuja pienempiä. Keskimääräinen pitoisuusnousu verrattuna tilanteeseen ilman FinnCobaltin kuormituksia on nikkelillä noin 0,1–0,2 µg/l ja sulfaatilla noin 3–4 mg/l.

Taulukko 5-9: Sulfaattipitoisuuden keskiarvot ja muutokset laskentajaksolta.

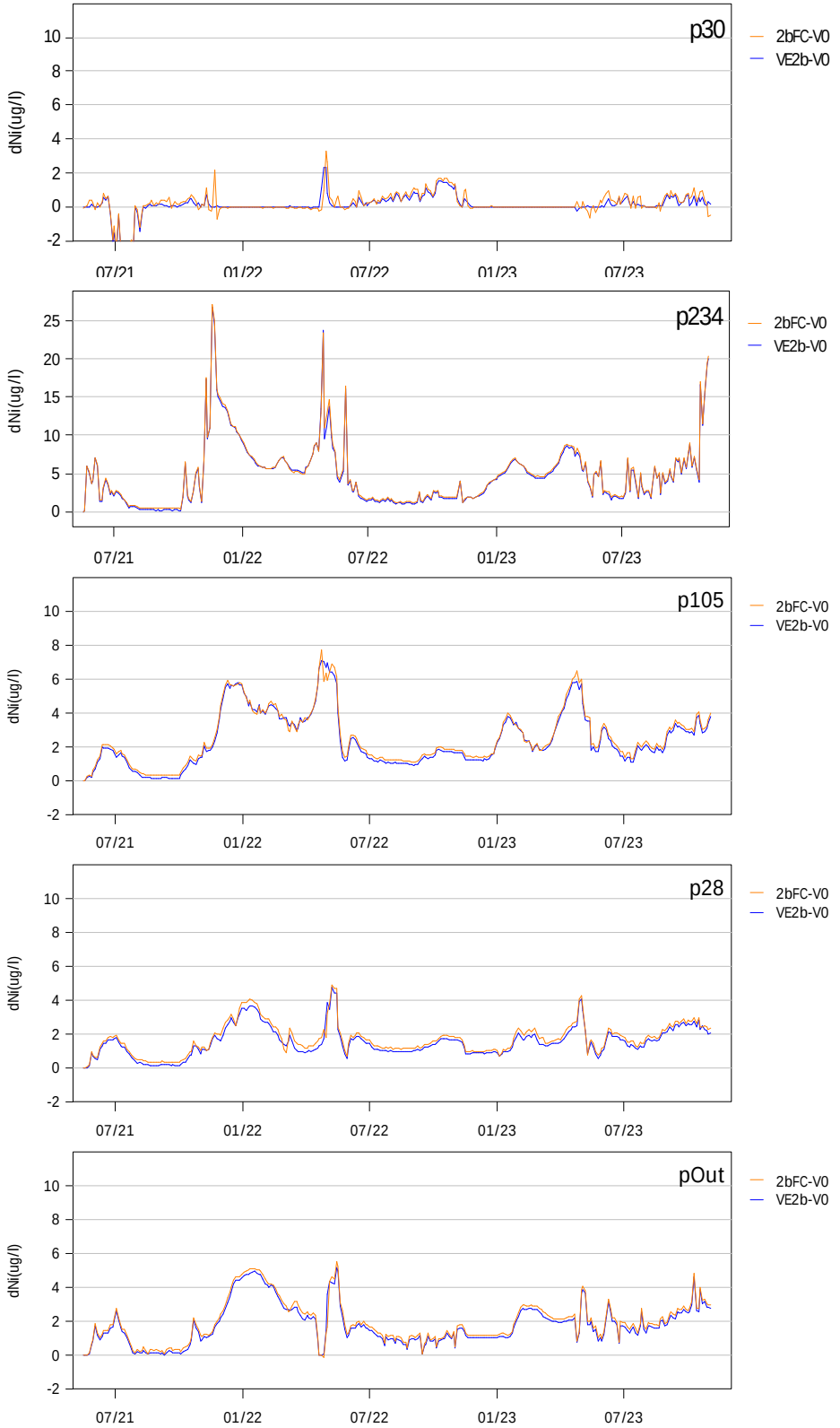
Sulfaatti, g/l				muutos	
Piste	VE2b	VE2BFC	VE0	VE2b–VE0	VE2BFC–VE0
p30	0.092	0.095	0.092	0.000	0.003
p234	0.154	0.158	0.159	-0.005	-0.001
p105	0.141	0.146	0.143	-0.002	0.002
p28	0.128	0.133	0.128	0.001	0.005
pOut	0.128	0.133	0.130	-0.001	0.003

Taulukko 5-10: Nikkelipitoisuuden keskiarvot ja muutokset laskentajaksolta.

Nikkeli, ug/l				muutos	
Piste	VE2b	VE2BFC	VE0	VE2b–VE0	VE2BFC–VE0
p30	24.7	24.8	24.6	0.1	0.2
p234	36.7	36.9	32.0	4.8	4.9
p105	33.1	33.3	30.7	2.4	2.6
p28	30.0	30.1	28.4	1.6	1.7
pOut	29.8	30.0	28.0	1.8	2.0



Kuva 5-7: Lasketut sulfaattipitoisuuden muutokset nykytilaan verrattuna (mg/l) koko laskentajaksolle skenaarioilla VE2b ja VE2BFC.



Kuva 5-8: Lasketut nikkelipitoisuuden muutokset nykytilaan verrattuna (µg/l) koko laskentajaksolle skenaarioilla VE2b ja VE2BFC.

6 Laskennan epävarmuuksista

Tässä raportissa on arvioitu Sysmäjärven ainepitoisuuksien muutoksia, kun Vuonoksen tehtaan kuormitus Lahdenjokeen muuttuu. Järven tilaan vaikuttavat keskeisesti muualta kuin Vuonoksesta tulevat kuormitukset, sillä esim. sulfaatin, nikkelin ja typen osalta Vuonoksen kuormitus on alle neljännes järven kokonaiskuormituksesta.

Mallilaskennan toimintaa arvioitiin laskemalla mallilla Sysmäjärven virtaamat, lämpötilat ja sulfaatti- ja nikkelipitoisuudet jaksolle 05/2021–11/2023. Mallitulosten ja mittausten vertailussa havaittiin, että mallilaskenta toisti hyvin järven lämpötilat ja kohtuullisen hyvin järvestä lähtevät pitoisuudet. Malli ei kuitenkaan toistanut järven syvänteiden kerrostumista ja pitoisuuksien nousua seurantapisteen p28 syvänteessä lopputalvella. Sulfaatin osalta pitoisuustasot vastasivat mittauksia, nikkelin osalta malli laski kesäpitoisuudet liian suuriksi ja pohjan pitoisuudet talvella liian pieniksi. Pisteessä p234, joka on lähinnä Lahdenjoen suuta, talvipitoisuudet jäivät liian suuriksi. Tämä voi johtua siitä, että Lahdenjoen vedet eivät osu talvella mittauspisteeseen, vaan kulkeutuvat jotakin kautta pisteen ohi. Kesällä nikkeli voi myös sitoutua kiintoaineeseen tai leviin, ja sedimentoitua osin pohjaan, mitä ei mallissa ole huomioitu.

Mittausvertailun perusteella mallitulokset soveltuvat kuitenkin arvioimaan sitä, miten eri jokikuormitukset vaikuttavat järven eri alueilla, sekä mikä on kuormitusmuutosten vaikutus järven pitoisuuksiin. Koska malli ei toistanut mittauksia mitenkään erityisen hyvin, on todennäköistä, että mallin epävarmuus on sitä suurempi, mitä suurempi muutos kuormituksissa tapahtuu. Tässä arvioidut muutokset ovat alle 20 % järven kokonaiskuormituksista, joten muutosten vaikutus järven pitoisuuksiin on kohtalaisen varmalla pohjalla.

Yhteisvaikutusten arvioinnissa on käytetty FinnCobaltin ympäristölupahakemuksen tietoja. Tiedot oli annettu vuositasolla, joten ne jaettiin järven tulojokeen tasan koko vuoden ajalle. Tyypillisesti kuormitus vaihtelee vuodenaikojen mukaan, joten yhteisvaikutusarviointi kuvaa tässä vuositason keskiarvoa, ei hetkellisiä enimmäisarvoja.

Järven sedimentin käyttäytymistä mallissa ei ole huomioitu. Syvänteiden poikkeuksellisen korkeat talvipitoisuudet voivat liittyä hapen loppumiseen ja sedimentin geokemiallisiin prosesseihin (Ramboll 2024).

7 Yhteenveto

Tässä on arvioitu Vuonoksen rikastamon purkuvesien ja vesien sisältämien haitta-aineiden leviämistä Sysmäjärvessä nykytilassa (VE0) ja laajennuksen jälkeen (VE2b). Muiden kuormitusten oletettiin pysyvän nykytasolla. Lisäksi laskettiin yhteisvaikutusskenaario, jossa arvioitiin suunnitellun FinnCobaltin ja Vuonoksen tehtaan yhteisvaikutuksia. Mallinnettavia muuttujia olivat sulfaatti ja nikkeli.

Vuonoksen tehtaan mahdollisista YVA-vaihtoehdoista tässä käytettiin vaihtoehtoa 2b, jossa sekä purkuvesimäärä että sulfaattikuormitus laskevat nykyisestä (6 % ja 16 %), mutta nikkelikuormitus nousee (2,06 kertaiseksi).

Arvioidulla tulevalla kuormituksella järvestä lähtevän veden sulfaattipitoisuus laski noin 2 mg/l ja nikkelipitoisuus nousi noin 2 µg/l. FinnCobaltin kuormitus vaikutti järven pitoisuuksiin vain vähän, yhteisvaikutusskenaariolla järvestä lähtevän veden pitoisuuden nousu Vuonoksen muutosskenaarioon verrattuna oli sulfaatin osalta noin 4 mg/l ja nikkelin osalta noin 0,2 µg/l.

8 Lähdeluettelo

AFRY Kuormataseet 2025. Mondo Minearalsin Horsmanahon ja Karnukan kaivoksille lasketut ainetaseet, Horsmanajo versio 6.11.2025, Karnukka versio 7.11.2025.

AFRY Finland Oy 2026. Vesi- ja kuormataseraportti, Vuonoksen tehdasalue.

Deltares 2025. https://www.deltares.nl/en/software-and-data/products/delft3d-flexible-mesh-suite

FinnCobalt Oy 2025. Hautalammen kaivos ympäristölupahakemus, 30.6.2025.

Hertta 2026, Syke Hertta - tietokanta, https://www.syke.fi/fi/ymparistotieto/kartta-ja-tietopalvelut/avoimet-ymparistotietojarjestelmat, tiedot haettu 05/2026

Järvi- meriwiki 2025. https://www.jarviwiki.fi/wiki/Sysmäjärvi

Ramboll 2024. Sysmäjärvi, Outokumpu, Nykytilan selvitys, 8.5.2024, tilaajat Elementis, Finncobalt, Outokumpu, GTK ja ELY.

SCALGO Live 2026. Valuma-alueiden mallinnus. saatavissa: https://scalgo.com/

Suomen ilmatieteen laitos 2025. Säähavaintojen lataus, saatavissa: https://www.ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus Tiedot haettu 05/2025.

Syke 2026a. Vemala järjestelmä, tiedot poimittu 02-03/2026.

SYKE 2026b. Suomen ympäristökeskus, avoimet paikkatietoaineistot, Järvi10. Saatavissa https://www.syke.fi/fi/ymparistotieto/ladattavat-paikkatietoaineistot#ranta10

SYKE 2026c. Suomen ympäristökeskus, Avoimet ympäristötietojärjestelmät, Hertta. https://www.syke.fi/fi/ymparistotieto/kartta-ja-tietopalvelut/avoimet-ymparistotietojarjestelmat

Vuonos 2026. Vuonoksen rikastamon purkuvesien tiedot vuosilta 2020–2024.