

HYDRODYNAAMISEN MALLIN TULOSTEN TODENTAMINEN

Muonionjoen merkkiainekoe ja vesikemia

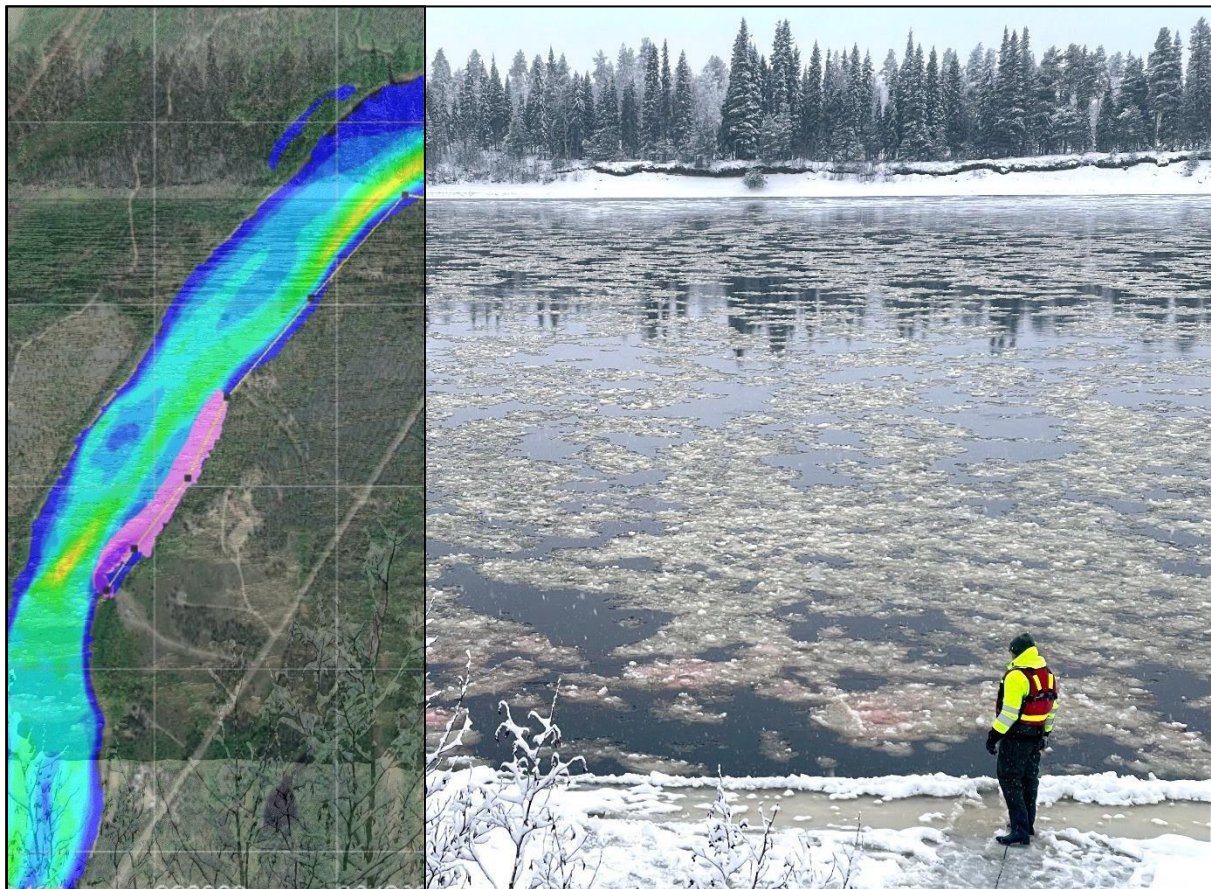
2022-02-22

UUMAJAN KÄRÄJÄOIKEUS
Tuomarit 2:5

VASTAANOTETTU: 2022-03-06
ASIANUMERO: M 2090-19
ASIAKIRJALIITE: 603

UMEÅ TINGSRÄTT
Domare 2:5

INKOM: 2022-06-08
MÅLNR: M 2090-19
AKTBIL: 683



wsp

Översättning
ref.nr: 73039881

Stockholm
2022-06-08

Semantix

HYDRODYNAAMISEN MALLIN TULOSTEN TODENTAMINEN

Muonionjoen merkkiainekoe ja vesikemia

ASIAKAS

Kaunis Iron AB

KONSULTTI

WSP Earth & Environment

PL 758

851 22 Sundsvall

Käynti: Stuvavägen 3

Puh: +46 10-722 50 00

WSP Sverige AB

liiketunnus: 556057-4880

wsp.com

YHTEYSHENKILÖT

TEHTÄVÄNIMIKE

Ympäristötuki päästöt ja
purkuvesistöt

TEHTÄVÄNUMERO

10325271

KIRJOITTAJA

Per Holmlund, Francisco
Vasconcelos, Nils Edblom ja
Michael Graslund

PÄIVÄMÄÄRÄ

2022-02-22

MUUTOSPÄIVÄMÄÄRÄ

2022-03-01

Tarkistanut

Cecilia Muntlin

Hyväksynyt

Emma Grönberg

Per Holmlund

Puhelin +46 10-721 08 23

Matkapuhelin +46 70-377 69 24

per.holmlund@wsp.com

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO JA TAVOITE	4
2	TAUSTA	4
3	MENETELMÄ JA TOTEUTUKSEN KUVAUS	6
3.1	MERKKIAINEKOE	6
3.2	MITATTUJEN JA LASKETTUJEN ARVOJEN VERTAILUMENETELMÄ	7
3.3	ANALYYSI VAIKUTUKSISTA MUONIONJOEN YMPÄRISTÖN TILAAN	7
4	TULOKSET	8
4.1	MERKKIAINEKOE VERRATTUNA LASKENTAMALLIIN	8
4.1.1	Olemassa olevan mallin todentaminen	9
4.1.2	Olemassa olevan mallin täydentävä kalibrointi	11
4.2	VESIKEMIA	15
4.2.1	Vesikemian analyysi vertailtavien muuttujien tunnistamiseksi	15
4.2.2	Mitattujen ja laskettujen tulosten vertailu	15
4.3	MUUTTUVIEN VIRTAAAMAOLOSUHTEIDEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET MUONIONJOESSA	16
5	POHDINTA	17
5.1	MERKKIAINEKOE	17
5.2	VESIKEMIAN ARVIOINTI	17
5.3	MALLI TYÖKALUNA	17
5.4	TUNNISTETUT EPÄVARMUUSTEKIJÄT	17
6	JOHTOPÄÄTÖKSET	18
7	VIITTEET	18
	OLEMME WSP	19

Liite 1. Pearsonin korrelaatiokerroin.

Liite 2. Lineaarinen regressioanalyysi.

Liite 3. Analyysi vaikutuksista Muonionjoen ympäristön tilaan.

1 JOHDANTO JA TAVOITE

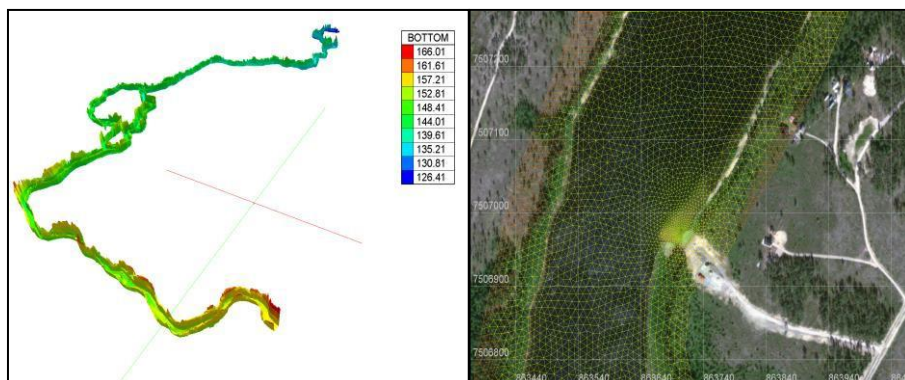
Kaunis Iron AB laskee luvanmukaisesti ylijuoksuveden Muonionjokeen. WSP Sverige AB on aiemmin laatinut hydrodynaamisen mallin niistä vesistön osista, joihin ylijuoksuvedet vaikuttavat (Holmlund ym. 2020a). Tämän toimeksiannon tarkoituksena on arvioida ja kuvata Muonionjoen hydrodynaamisen laskentamallin luotettavuutta. Tämä tehdään kahden erillisen tutkimuksen avulla:

1. Muonionjoen juoksutusveden leviämistä ja laimentumista kuvaava merkkiainekoe
2. Joen tarkkailuasemalla SS39 mitattujen ja laskettujen vesikemiallisten pitoisuuksien vertailu kun otetaan huomioon Kaunis Iron AB:n päästötasot

Edellä kuvatun tavoitteen lisäksi työhön kuuluu myös eri toimintaskenaarioiden ympäristön tilaan kohdistuvien vaikutusten ennustaminen joen laskentamallin avulla asiassa M 2090–19 esitetyn mukaisesti. Analyysi kattaa pohjavettä pilaavien aineiden ja prioriteettiaineiden päästöt vesienhoidon mukaisesti sekä ravinteiden päästöt.

2 TAUSTA

Aiemmin on luotu hydrodynaaminen laskentamalli Muonionjoen vesistön osista (WA22394456), joihin kaivostoiminnan ojitusvedet vaikuttavat (Holmlund ym. 2020a). Olemassa oleva jokimalli perustuu todellisiin syöttötietoihin (batymetria, pudotuskorkeus ja virtaukset) sekä toiminnan päästöihin. Mallin geometriaa ja Grid-verkkoa yhtiön päästöjen yhteydessä ja niiden ympärillä havainnollistetaan Kuvassa 1.



Kuva 1. Kuvassa näkyy maastomalli joen pohjasta ja lähiympäristöstä (vasemmalla) sekä Grid-verkko yhtiön päästöjen yhteydessä ja niiden ympärillä (oikealla).

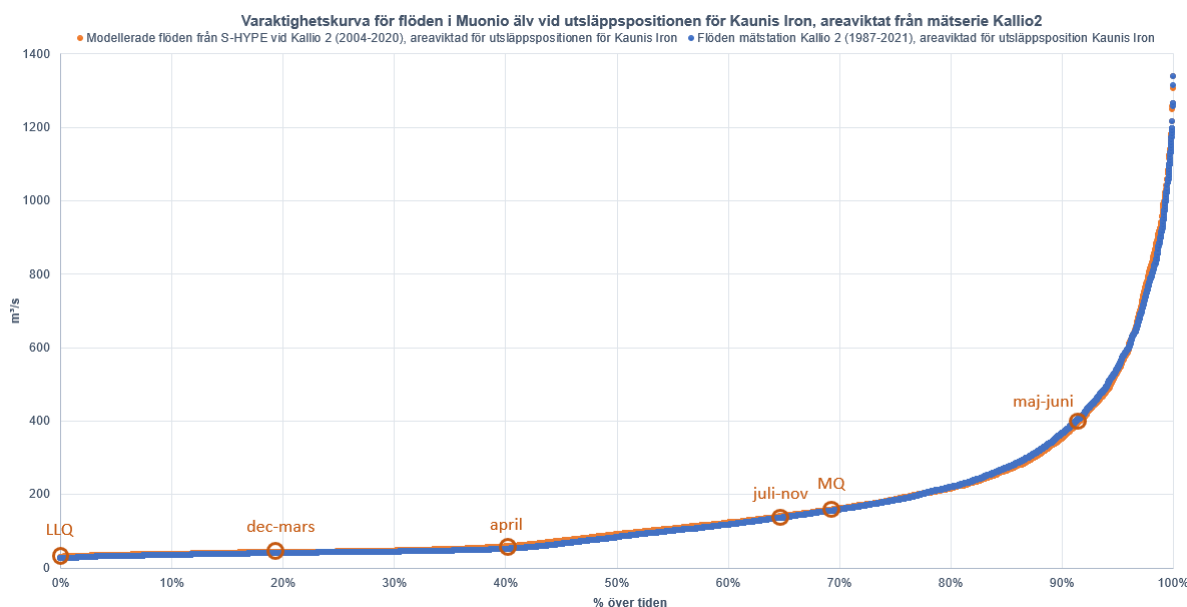
Mallin etuna on, että siinä voidaan ottaa huomioon sekä toiminnan että purkuvesistön vaihtelu. Vaihtelua kuvataan osin ajan mittaan muuttuvan virtauksen perusteella (sekä purkuvesistössä että toiminnassa) ja osin eri vesistön osien välillä, joihin toiminnan päästöt vaikuttavat eri tavoin. Näitä tietoja ei voida esittää massataselaskelmalla tai perinteisellä leviämislaskelmalla, jossa voidaan laskea ainoastaan yhden suuntainen leviäminen. Pelkästään yksittäisissä paikoissa ja harvoissa tapauksissa tehtävät mittaukset eivät myöskään voi toistaa kaikkia mallintamisen tuloksista saatavia tietoja. Sen sijaan mittaukset ovat tärkeitä mallin kalibroinnin ja todentamisen kannalta. Malli mahdollistaa ja kuvaa selkeästi vesistön edellytysten vuorovaikutusta toiminnan edellytysten kanssa. Tämä mahdollistaa sen, että voimme kvantifioida ja selkiyttää sitä, kuinka haettu toiminta suhteutuu niihin vaatimuksiin ja rajoituksiin, jotka liittyvät vesistöön kohdistuviin vaikutuksiin.

Tavoitteena on kuvata mallin luotettavuutta osana Muonionjoen vaikutusarviointien laadunvarmistusta toimintaedellytysten muuttuessa.

Muonionjoen vesistöalue (WA22394456) on noin 240 km pitkä ja alkaa Karesuvannon pohjoispuolelta ja päättyy Muonionjoen yhdistyessä Tornionjokeen Pajalan läheisyydessä. Hydraulinen malli kattaa vesistön osia yhtiön päästölähteen pohjoispuolelta Muonionjoen ja Tornionjoen yhtymäkohtaan asti. Tämä osuus on noin 50 km pitkä, mikä on noin 21 % vesistön kokonaispituudesta.

Alkuperäinen malli (Holmlund ym. 2020a) tunnisti neljä erilaista merkityksellistä vuodenaikaskenaariota (joulou-maaliskuu, huhtikuu, heinä-marraskuu ja touko-kesäkuu) jaksojen virtaamien vaihtelun perusteella. Niitä käytettiin jokeen lasketun ylijouksuveden leviämisen ja laimentumisen analysointiin. Tässä raportissa keskivirtaaman (MQ) ja pienimmän alivirtaaman (LLQ) skenaariot on sisällytetty analyttiseen malliin. Kuvassa 2 näkyy Muonionjoen virtaaman kestävyysanalyysi Kaunis Ironin päästölähteessä. Kuvasta käy ilmi, kuinka suuren osan vuodesta on tietty virtaama tai tätä pienempi virtaama. Esimerkiksi joulou-maaliskuu skenaarion virtaama ($40 \text{ m}^3/\text{s}$) tai sitä pienempi virtaama on noin 16 % vuodesta. Vuosien 1987–2021 kattavan mittausjakson perusteella pienin alivirtaama (LLQ) on Ruotsin ilmatieteen ja hydrologian laitoksen (SMHI) mukaan (pienin mitattu tai laskettu virtaama) $25,4 \text{ m}^3/\text{s}$.

On huomattava, että Muonionjoen havaitut ja mallinnetut virtaamat eivät aina ole täysin yhteneviä. Tämä johtuu osittain siitä, että SMHI-malli on epävarmimmillaan hydrologisissa ääri-ilmiöissä, ja toiseksi siitä, että pienen virtaaman olosuhteissa mittauksissa on epävarmuustekijöitä, kuten jääpadot. Asiasta on käyty kirjeenvaihtoa SMHI¹:n kanssa, ja LLQ:n määrittäminen Kallio2-mittausaseman pinta-alapainotettujen havaintojen perusteella on arvioitu luotettavimmaksi.



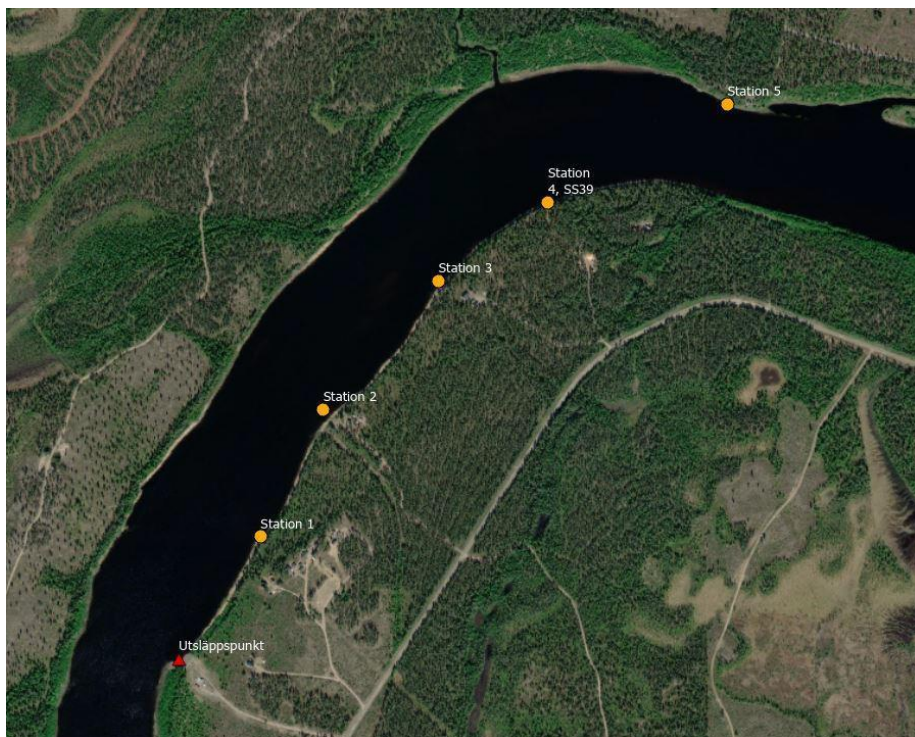
Kuva 2. Muonionjoen virtaaman kestävyyskäyrä Kaunis Ironin päästölähteessä. Virtaukset on pinta-alapainotettu Kallio2-mittausarjasta.

¹ SMHI. 2021. Sähköpostikeskustelu SMHI:n hydrologi Maud Goltsis Nilssonin kanssa. 2021-11-17.

3 MENETELMÄ JA TOTEUTUKSEN KUVAUS

3.1 MERKKIAINEKOE

Tutkimuksessa käytetty merkkiaine on rodamiini WT (water tracer). Rodamiini WT on fluoresoiva ksanteeniväriaine. Väriaineen fluoresoivat ominaisuudet mahdollistavat hyvin alhaisten pitoisuuksien havaitsemisen. Laaditun hydrodynaamisen mallin tulosten, väriaineen pitoisuuden ja ihmissilmälle näkyvän väriaineen pitoisuuden perusteella arvioitiin, että merkkiainekokeessa tulisi käyttää viisi litraa rodamiini WT:tä. Viisi litraa vastaa 1,16 kiloa puhdasta rodamiini WT:tä. Mittauslaitteisto koostui Aqua TROLL Rhodamine WT -antureilla varustetusta moniparametrisondista (In-Situ Aqua TROLL 600/500). Anturien havaitsemisraja on 0,5 µg/l ja mittausväli 0–500 µg/l. Mittauslaite kalibroitiin 100 µg/l rodamiini WT -liuoksella. Olemassa olevan hydrodynaamisen mallin tulosten perusteella mittausasemat sijoitettiin alavirtaan päästölähteestä (Kuva 3 ja Taulukko 1).



Kuva 3. Muonionjoen, päästölähteen ja mittausasemien kartta. Taulukko

1. Yhteenveto mittausasemilta.

Asema	Perustelu sijoittelulle	Analyysi
Päästöt	Päästöjen seuranta	Silmälle näkyvän (rodamiini WT:llä värjätyn) ylijuoksuveden ajanotto
1	Mittaa pitoisuuden 300 m alavirtaan päästölähteestä	Hetkellinen mittaus sondilla
2	Mittaa pitoisuuden 500 m alavirtaan päästölähteestä	Ajoitettu vesinäytteenotto
3	Mittaa pitoisuuden 800 m alavirtaan päästölähteestä	Ajoitettu vesinäytteenotto
4 (SS39)	Mittaa pitoisuuden asemalla SS39 (purkuvesistön näytteenottoasema)	Hetkellinen mittaus sondilla
5	Mittaa pitoisuuden joen vastarannalla alavirtaan SS39-asemasta	Ajoitettu vesinäytteenotto

Merkkiainekoe toteutettiin 2021-10-25. Rodamiini WT lisättiin klo 10:00 ilmanvaihtokeskuksessa noin 11 km ylävirtaan purkuaukosta, joka laskee Muonionjokeen. Kaunis Iron sääti selkeytysaltaalta purkuaukolle kulkevan putken virtaaman 1800 m³/h klo 10:24 alkaen.

Kenttähenkilöstöä sijoitettiin kaikille mittausasemille sekä päästölähteelle. Päästölähdettä tarkkailtiin, jotta hetki, jolloin värjättyä vettä alkoi virrata putkesta voitiin ajoittaa. Asemilla 1 ja 4 rodamiini WT - pitoisuus mitattiin hetkellisesti sondilla. Asemilla 2, 3 ja 5 kerättiin vesinäytteitä. Näytteenoton aika merkittiin ylös. Vesinäyte analysoitiin jälkeinpäin sondilla. Kello 17:00 merkkiainekoe keskeytettiin turvallisuussyistä, kun päivävaloa ei ollut tarpeeksi.

3.2 MITATTUJEN JA LASKETTUJEN ARVOJEN VERTAILUMENETELMÄ

Ensimmäisessä vaiheessa yksilöitiin asiaankuuluvat purkuvesistöskenaariot, jotka perustuivat virtaamaan purkuaukolla ja joessa ja jotka voitaisiin liittää malliin, jossa voitaisiin toteuttaa tarkempi vertailu.

Mitattujen arvojen ja laskettujen malliarvojen vertailu suoritettiin lähinnä purkuaukkoa sijainneella tarkastusasemalla (SS39). Asema sijaitsee noin 1 km alavirtaan purkuaukolta. Riippuen joen ja ylijuoksen virtaamasta pitoisuuksien lisäyksen päästölähteestä asemalle SS39 arvioidaan ajoittain olevan veden kemiallisen analyysin mittaustarkkuuden (havaitsemisraja) tuntumassa. Tämä vaikeuttaa olosuhteita, jotka liittyvät mahdollisuuteen kvantifioida muutoksia, jotka kytkeytyvät yhtiön veden purkuun. Olemassa olevien purkuvesistötietojen (vuosilta 2011–2020) perusteella tehtiin korrelaatioanalyysi sen selvittämiseksi, mitkä ajanjaksot ja vesikemialliset muuttujat ovat parhaiten käytettävissä mitattujen ja laskettujen tulosten vertailussa. Se toteutettiin Pearsonin korrelaatiokertoimella "r" yhtiön purkuvirtaaman (m³/s) ja seuranta-asemalla SS39 mitattujen pitoisuuksien (µg/l tai mg/l) välillä. Kaikki yhtiön purkuvesistön tarkastuksen yhteydessä testatut aineet sisältyivät analyysiin ja kaikki vuosien 2011–2020 tiedot otettiin mukaan.

Muuttujien yksilöinnin jälkeen tehtiin parametreille lineaarinen regressioanalyysi (purkuvesipitoisuudet kilogrammoina tai tonneina verrattuna mitattuihin pitoisuuksiin µg/l tai mg/l) kullekin vuodelle. Tarkoituksena oli yksilöidä ne vuodet, jotka olivat merkityksellisiä mallisimulaatioon verrattaessa. Yksi vuosi, jolla oli hyvät edellytykset (suurin tietokanta) valittiin. Regressioanalyysit tehtiin 5 prosentin merkitsevyystasolla. Näin ollen *p*-arvo alle 0,05 tarkoittaa, että selitysmuuttuja (päästöt) selittää tietyn prosenttiosuuden (*R*²) vastemuuttujan (mitatut pitoisuudet asemalla SS39) vaihtelusta.

Valittujen aineiden mitattuja pitoisuuksia verrattiin simuloituihin arvoihin mittausasemalla SS39. Yläjuoksulla sijaitsevaa seuranta-asemaa (SS38) käytettiin simuloituihin arvoihin lisättyjen taustapitoisuuksien määrittämiseen. Simulaation aikana arvot poimittiin seitsemästä eri kohdasta (laskentaverkon noodista) aseman SS39 ympärillä. Tämä tehtiin muun muassa seuranta-aseman koordinaattilaskennan mittaustarkkuudesta johtuvien paikkavaihteluiden löytämiseksi ja simulaatiotietojen vaihtelua koskevan luottamusvälin (merkitsevyystaso 5 %) määrittämiseksi.

Hydrodynaamisen mallin luotettavuuden arvioimiseksi tehtiin *t*-testi (one sample *t*-test), jossa verrattiin mitattuja ja simuloituja arvoja asemalla SS39 kunkin muuttujan osalta. Testi tehtiin merkitsevyystasolla 5 %. *P*-arvoa käytetään väärän hypoteesin todennäköisyyden arviointiin. Jos *p*-arvo on suurempi kuin 0,05, mallin tulokset vastaavat (luotettavasti) mitattuja pitoisuuksia asemalla SS39 niin, että tulokset ovat virheellisiä 5 %:n todennäköisyydellä. Ekologisen tiedon käsittelyssä 5 prosentin merkitsevyystaso on hyväksyttävä.

3.3 ANALYYSI VAIKUTUKSISTA MUONIONJOEN YMPÄRISTÖN TILAAN

Menetelmäkuvaus joen ympäristön tilan vesikemiallisten vaikutusten analysoimiseksi esitetään Liitteessä 3.

4 TULOKSET

4.1 MERKKIAINEKOE VERRATTUNA LASKENTAMALLIIN

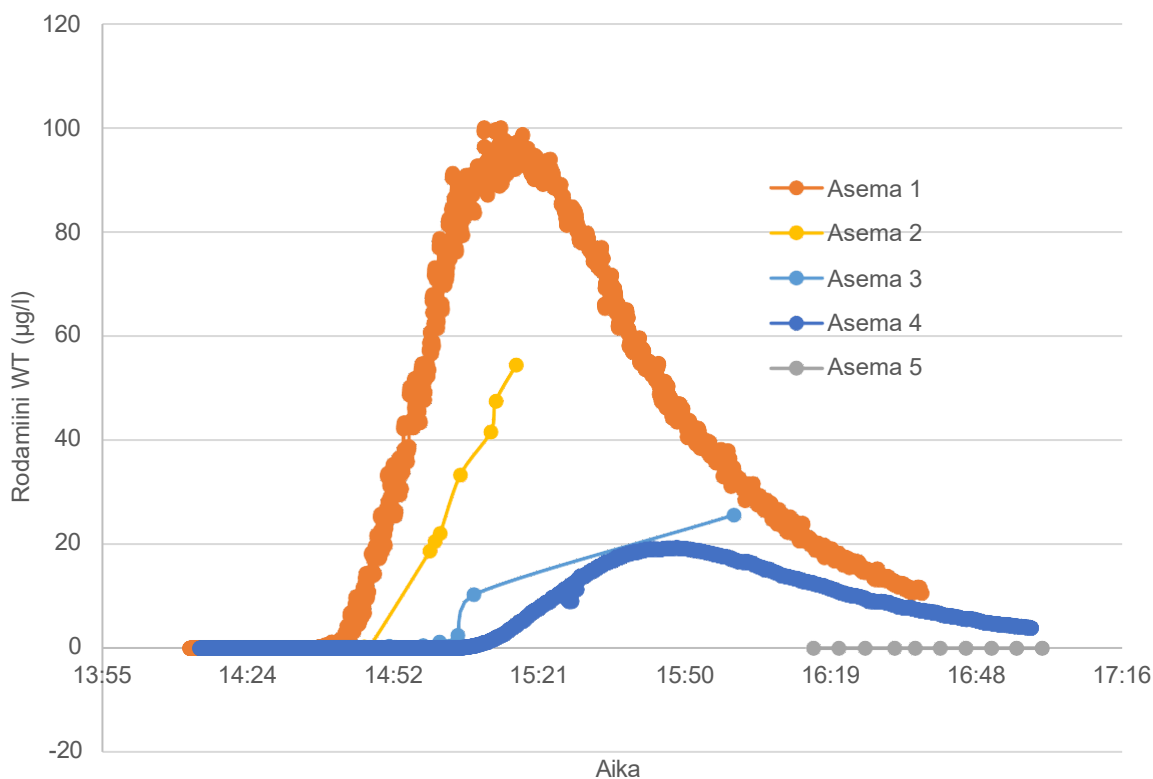
Merkkiaine rodamiini WT saavutti päästölähteen klo 14:07:00 ja päästöveden värin arvioitiin laimentuneen klo 14:19:12. Päästöveden voimakas värjäytyminen (ks. Kuva 4) tekee loppuajasta epävarman. Jäätymisen ja päästöalueen syvyysuhteen (Kuva 2) vuoksi värjätty vesi kiersi pitkään päästöalueella ennen kuin se sekoittui ja kulkeutui joen virtaaman mukana alajuoksun suuntaan.



Kuva 4. Päästölähde klo 14:17 (2021-10-25).

Sekä hetkellisten näytteiden että vesinäytteiden mittausten tulokset ovat nähtävissä Kuvassa 5. Päästöalueen vesikierron vuoksi amplitudi jäi pienemmäksi ja joen väripulssin aallonpituus pidemmäksi kuin olimme odottaneet. Tämän ilmiön seuraukset olivat muun muassa seuraavat:

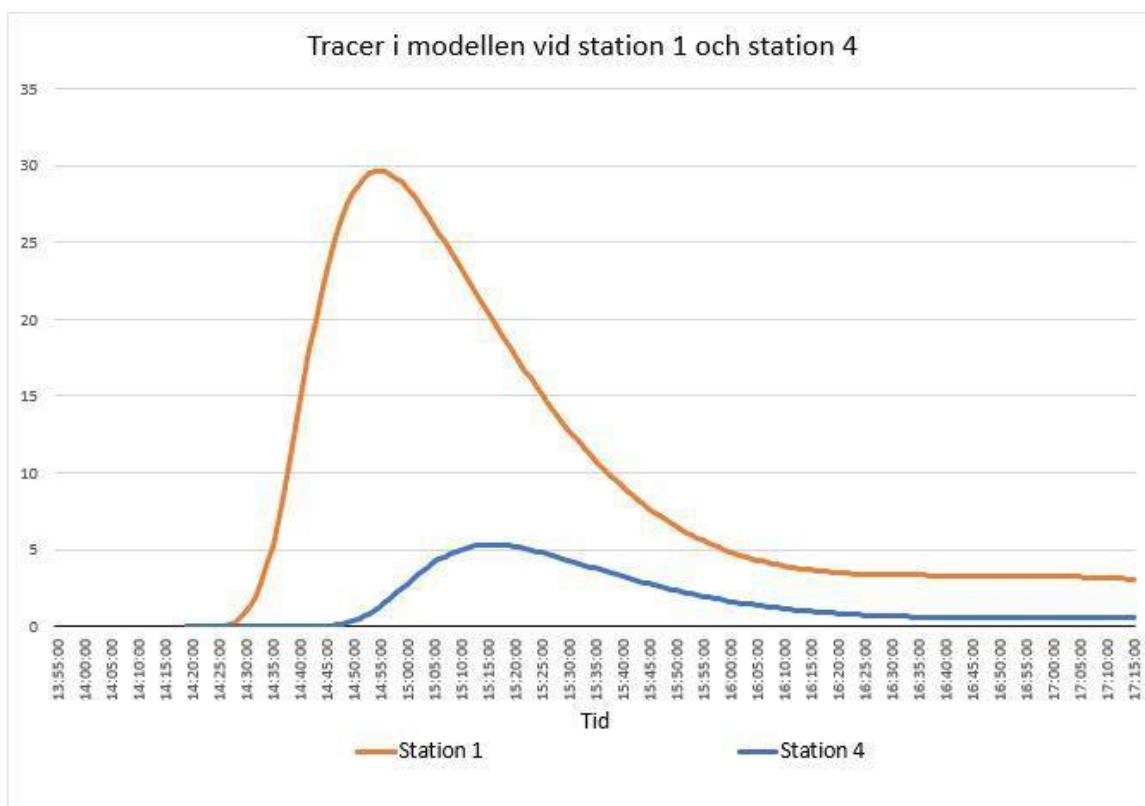
- Joen lähtöpitoisuus on epäselvä, koska pulssin ajankohta ei ollut tarkasti kvantifioitavissa.
- Vesinäytteiden oton aikaväli asemilla 2–3 jäi näin ollen liian lyhyeksi, eikä se kata koko rodamiini WT -pulssia.
- Menetelmää, jossa substraattia käytetään olemassa olevan hydrodynaamisen mallin kalibrointiin, jouduttiin näin ollen tarkistamaan alkuperäisestä suunnitelmasta. Sen sijaan, että kalibrointi perustuisi tiettyyn päästöpitouuteen joessa, kalibrointi suoritettiin kohtien 1 ja 4 "pitoisuuspiikkien" ja niiden välisen ajan perusteella.



Kuva 5. Rodamiini WT -pitoisuus eri mittausasemilla tietyllä aikavälillä.

4.1.1 Olemassa olevan mallin todentaminen

Olemassa olevan mallin todentamiseen käytettiin merkkiainekokeen tulokset huomioon ottaen pääasiassa mittausaseman 1 ja mittausaseman 4 käyrän muotoa, mittakäyrien enimmäisarvojen suhdetta sekä käyrien huippujen välistä aikaa. Rodamiini WT -päästöjen mallintamisen tulos esitetään Kuvassa 6. Käyrät osoittavat vastaavan amplitudin ja aallonpituuden kuin merkkiainekokeessa, vaikka suureita ei voidakaan verrata, kun lähtöpitoisuus on epäselvä (ks. selitys kohdassa 4.1). Mallin käyrät ovat hieman jyrkempiä ja alkavat aikaisemmin mitattuihin arvoihin verrattuna ja käyrien huiput ovat ajallisesti hieman lähempänä toisiaan. Ero voi johtua siitä, että jäätyminen hidastaa vettä rantaviivan läheisyydessä, jossa rodamiini WT pääasiassa kulkeutuu. Malli ei ota huomioon tätä vaikutusta. Sen sijaan käyrän muoto sekä käyrän enimmäisarvojen suhde osoittavat, että malli kuvaa päästön kulkeutumista joessa. Aseman 1 ja 4 käyrien enimmäisarvojen välinen kerroin on merkkiainekokeessa 5,18 ja mallissa 5,58. Tämä osoittaa, että mallin ja hivenainekokeiden välillä on vahva vastaavuus.



Kuva 6. Merkkiaineen arvo mallissa asemalla 1 ja asemalla 4.

Kulju putken suulla on epävarmuustekijä ja jäätyminen vaikutusta lopputulokseen on vaikea kvantifioida. Liittymen leviämiseen joen leveydeltä aseman 5 tulokset varmistivat hypoteesin, ettei rodamiini WT:tä pääse lainkaan rantaan asti joen vastakkaisella puolella. Joen osittainen jäätyminen merkkiainekokeen aikana aiheutti sen, että lisänäytteenottoa epäpuhtausvanan leveydestä ei voitu suorittaa. Kokeilun aikaiset silmämääräiset havainnot ovat kuitenkin yhteneväisiä aiempien laskelmien ja joen valumaveden leviämistä koskevien havaintojen kanssa. Kuvassa 7 on kaksi kenttäkokeesta otettua valokuvaa, joihin on merkitty rodamiini WT:n silmämääräinen leviäminen joen leveydeltä. Joen leveydeltä leviämistä selventävää ja todentavaa täydentävää lisätietoa saatiin vertaamalla sitä heinäkuussa 2014 laadittuun ilmakuvaan (Bing Virtual Earth).

Lentokuva on otettu, kun leviäminen on alkanut uudelleen veden seisottua pitkään. Näissä tilanteissa putkistossa seisova vesi voi värjäytyä ruosteeseen väriseksi putkistosta peräisin olevien rautaoksidien vuoksi, jolloin epäpuhtausvana voi tulla näkyviin (Kuva 8). Lentokuvan ottamisajankohdasta huolimatta vertailu osoittaa lähes täydellisen yhdenmukaisuuden laskentamallin avulla lasketun leviämisen kanssa purkuaukon lähistöllä.



Kuva 7. Kaksi kenttäkokeesta otettua valokuvaa, joihin on merkitty rodamiini WT:n silmämääräinen leviäminen joen leveydeltä. Musta nuoli osoittaa rodamiini WT:n leviämisalueen.



Kuva 8. Kuussa on esitetty vertailu mallin päästöjen (samoilla olosuhteilla kuin merkkiainekokeessa (vasemmalla)) ja heinäkuun 2014 Bing Virtual Earth -lentokuvan välillä (<https://www.bing.com/maps>, keskellä). Heinäkuun 2014 edellytyksistä huolimatta ilmakuvan ja mallinnetun epäpuhtausvanan vastaavuus on selvä (oikealla).

4.1.2 Olemassa olevan mallin täydentävä kalibrointi

Mittausasemien rodamiini WT:n huippujen välisen ajan perusteella laskettiin keskimääräinen veden virtausnopeus asemien 1 ja 4 välisellä osuudella ja verrattiin sitä mallin tuloksiin. Analyysi osoitti, että mallin osaosuuksilla on eroja veden virtausnopeudessa. Mallin kalibrointi tehtiin säätämällä mallin Manningin kerrointa (arvo 0 ja 1 välillä). Kerroin kuvaa veden kitkaa pohjaa vasten (karkeus). Tarkistuksesta seurasi, että merkkiainekokeilun aikana mitatut veden virtausnopeudet (n. 0,5 m/s) heijastuivat myös malliin.

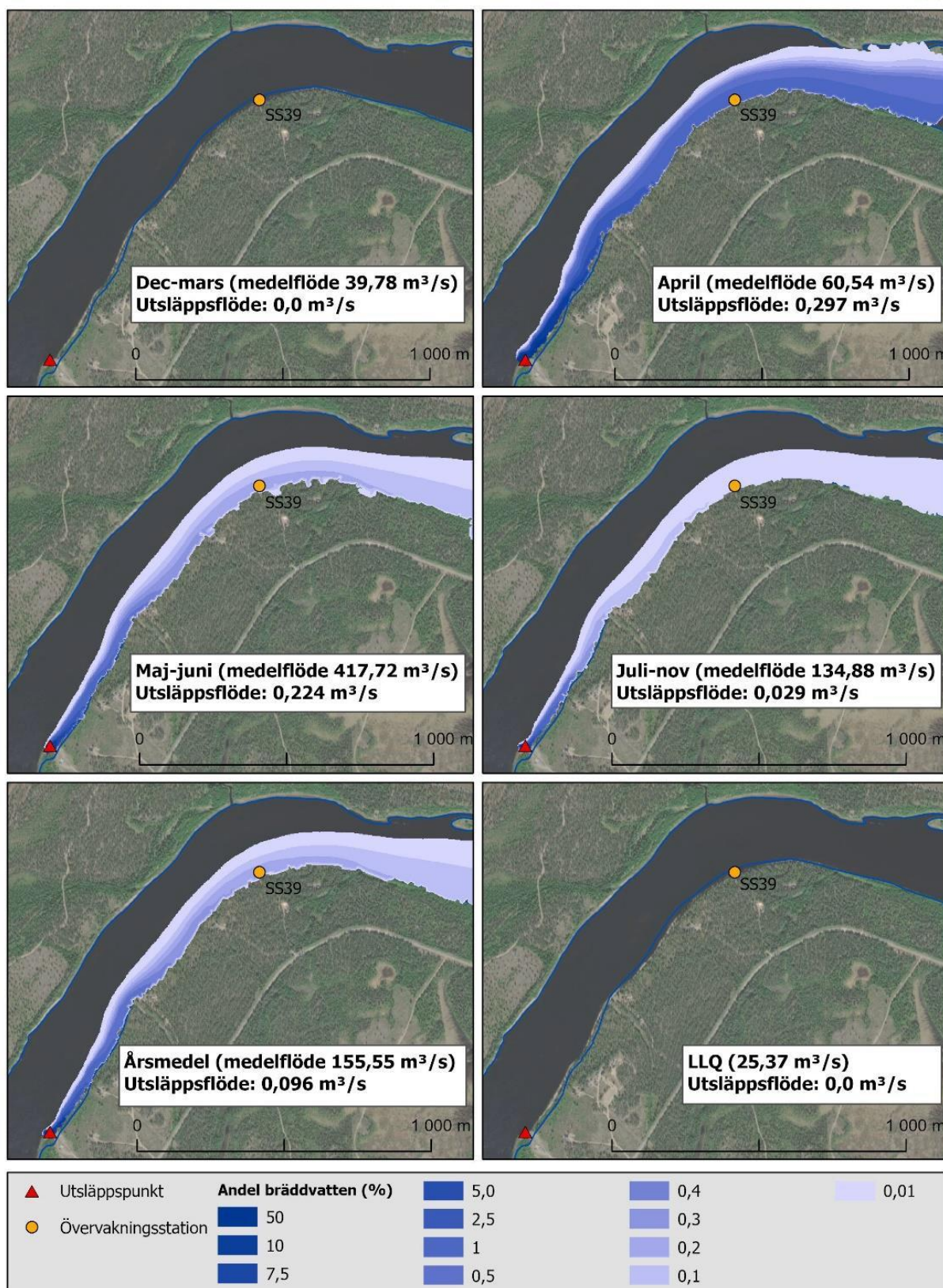
Taulukossa 2 esitetään päivitetty tulokset kustakin päästöjen sekoittumisen skenaariosta (vuosi 2021 ja 11. tuotantovuosi) joen seuranta-asemilla. Kaikkien vuoden 2021 ja 11. tuotantovuoden skenaarioiden tulokset esitetään myös kuvissa, joissa on nähtävissä laimennusasteen maantieteellinen levinneisyys päästöalueella (Kuva 9 ja Kuva 10).

Taulukko 2. Päästetyn ylijuoksuveden laimennusluku asemilla SS39, SS60 ja SS55/61 vuodelle 2021 ja 11. tuotantovuodelle. Taulukossa esitetään myös laimennusluvut Hannukaisesta virtaavalle ylijuoksuvedelle.

Skenaario	Laimentuminen SS39		Laimentuminen SS60	
	2021	11. tuotantovuosi	2021	11. tuotantovuosi
joulu-maaliskuu	-	138	-	405
huhtikuu	62	42	198	126
touko-kesäkuu	393	215	1428	799
heinä-marraskuu	1122	165	4057	605
MQ	393	170	1387	609
LLQ	-	116	-	289

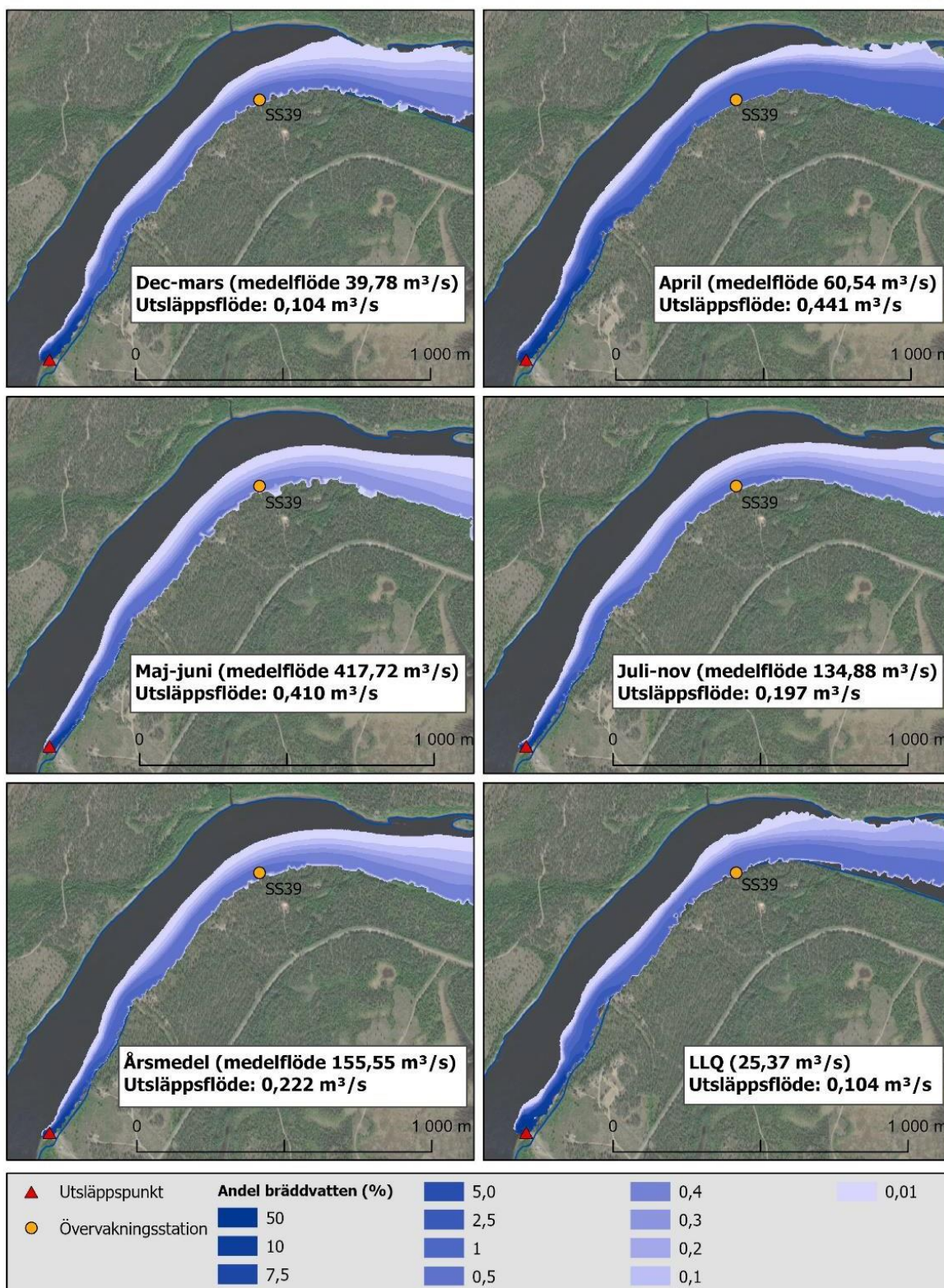
Skenaario	Laimennus SS55/61 Kaunis Iron		Laimennus SS55/61 Hannukainen	Laimennus SS55/61 Kaunis Iron ja Hannukainen	
	2021	11. tuotantovuosi	2021 ja 11. tuotantovuosi	2021	11. tuotantovuosi
joulu-maaliskuu	-	451	236	236	155
huhtikuu	240	161	366	145	112
touko-kesäkuu	2191	1197	822	598	487
heinä-marraskuu	5518	805	457	422	291
MQ	1899	825	560	433	334
LLQ	-	288	151	151	99

KAUNIS IRON AB:S UTSLÄPP TILL MUONIO ÄLV - PLYMENS UTBREDNING OCH RIKTNING I UTSLÄPPSOMRÅDET, UTTRYCKT SOM ANDEL BRÄDDVATTEN FÖR ÅR 2021.



Kuva 9. Kuuden skenaarion kartat, joista käy ilmi ylijouksuveden osuus Muonionjoessa sekä epäpuhtausvanan leviäminen ja suunta. Kuvissa näkyy vuosi 2021 jaksoilta: joulu-maaliskuu, huhtikuu, touko-kesäkuu ja heinä-marraskuu, vuotuinen keskivirtaama ja pienin alivirtaama (LLQ). Huomioikaa, että taustakartta on kesäkaudelta.

KAUNIS IRON AB:S UTSLÄPP TILL MUONIO ÄLV - PLYMENS UTBREDNING OCH RIKTNING I UTSLÄPPSOMRÅDET, UTTRYCKT SOM ANDEL BRÄDDVATTEN FÖR PRODUKTIONSÅR 11.



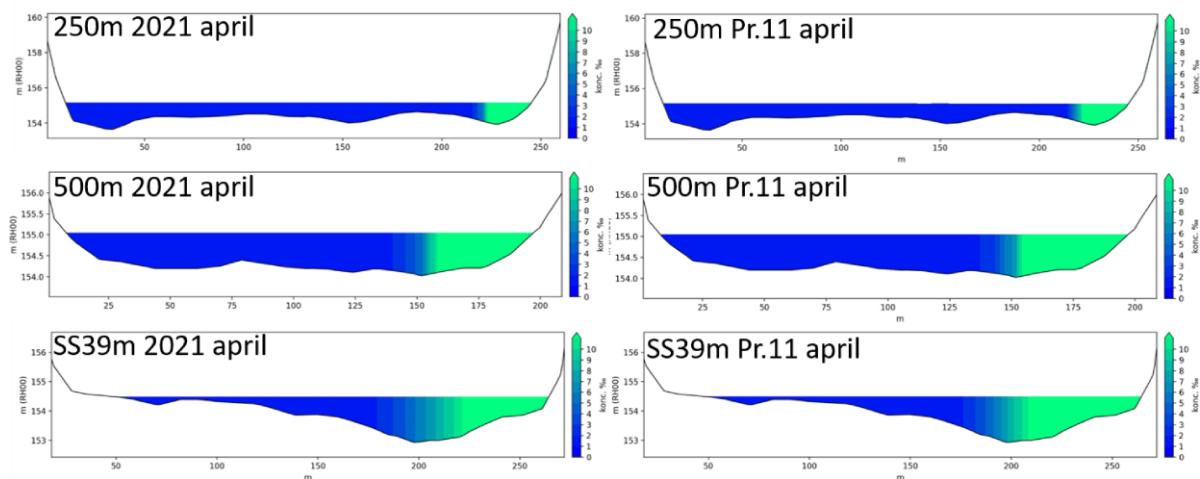
Kuva 10. Kuuden skenaarion kartat, joista käy ilmi ylijouksuveden osuus Muonionjoessa sekä epäpuhtausvanan leviäminen ja suunta. Kuvissa näkyy 11. toimintavuosi haetulle toiminnalle jaksoilta: joulukuusta, huhtikuusta, touko-kesäkuu ja heinä-marraskuu, vuotuinen keskivirtaama ja pienin alivirtaama (LLQ). Huomioikaa, että taustakartta on kesäkaudelta.

Edellä kuvatun maantieteellisen leviämisen lisäksi esitetään myös pitoisuuksien leviäminen ylijouksuvedestä useissa joen poikkileikkauksissa. Kuvassa 11 näytetään valittujen poikkileikkausten sijainti.



Kuva 11. Kartta mallin poikkileikkauksista: 250 m ja 500 m alavirtaan purkuaukosta sekä asemalla SS39.

Kuvassa 12 esitetään tulokset huhtikuun validoidun laskentamallin pohjalta, joka edustaa *pahinta skenaariota* päästöjen ja joen virtaaman suhteen perusteella. Huomatkaa, että x-akselin asteikko on ilmaistu promilleissa, jotta päästöjen visualisointia joen leveydeltä on mahdollista vertailla eri poikkileikkausten välillä.



Kuva 12. Mallin poikkileikkaukset: 250 m ja 500 m alavirtaan purkuaukosta ja asemalla SS39 sekä päästetyn ylijouksuveuden pitoisuus (vihreä väri) suhteessa joen veteen. Huomatkaa, että x-akselin asteikko on ilmaistu promilleissa, vihreällä alueella ylijouksuveuden osuus joen vedestä on 1 %.

4.2 VESIKEMIA

4.2.1 Vesikemian analyysi vertailtavien muuttujien tunnistamiseksi

Vuodelta 2016 löytyi suuri määrä purkuvesistömittauksia, ja useilla muuttujilla havaittiin jälleen positiivinen korrelaatio päästöpitoisuuden ja asemalla SS39 mitattujen pitoisuuksien kertymän välillä. Tämän vuoksi vuosi 2016 valittiin validoimaan malli. Vuoden aikana ei tapahtunut murrosta, mutta analyysi ei perustu ”normaaliin” toiminnan jatkumiseen, vaan siinä analysoidaan ainoastaan päästöpitoisuuksien ja mitattujen pitoisuuksien välistä suhdetta seuranta-asemalla SS39.

Tämän lineaarisen regressioanalyysin tulokset vuodelta 2016 esitetään Taulukossa 3 yhdessä Pearsonin korrelaatiokerroimen ”r”, R^2 -arvon ja p -arvon kanssa. Seuraavat muuttujat osoittivat suurempaa ($\geq 0,2$) korrelaatiokerrointa: kokonaistyyppi, kokonaisfosfori, fosfaatti, mangaani ja COD. Kaikkien aineiden korrelaatiokerroimet esitellään Liitteessä 1.

Kokonaistyyppi, kokonaisfosfori ja mangaani osoittivat suurempaa korrelaatiota (R^2) päästöpitoisuuksien kanssa kuin fosfaatti ja COD. Korrelaatio oli kuitenkin merkittävä kaikkien aineiden kohdalla. Mitä suurempi korrelaatio on, sitä enemmän näiden muuttujien vaihtelu selittyy ylijouksuveden päästöpitoisuuksilla. Lineaarisen regressioanalyysin kuvat esitetään Liitteessä 2.

Taulukko 3. Lineaarisen regressioanalyysin tulokset päästövirtaaman ja valittujen muuttujien välillä mallituloksiin vertaamista varten. Korrelaatiokerroin, R^2 -arvo ja p -arvo esitetään joka muuttujalle. Merkitsevyystaso kokeelle oli $\alpha 0,05$. Kun p -arvo on pienempi kuin α , on korrelaatio merkittävä. Korrelaatiokerroin laskettiin vuosien 2011–2020 tiedoista ja R^2 -arvo ja p -arvo laskettiin vuoden 2016 tiedoista.

Muuttujat	Korrelaatiokerroin (Pearsonin ”r”)	R^2	p -arvo
Typpi, yhteensä (µg/l)	0,29	0,38	< 0,05
Fosfori, yhteensä (µg/l)	0,27	0,69	< 0,05
Fosfaatti (µg/l)	0,32	0,13	< 0,05
Mangaani (µg/l)	0,25	0,63	< 0,05
COD (µg/l)	0,35	0,19	< 0,05

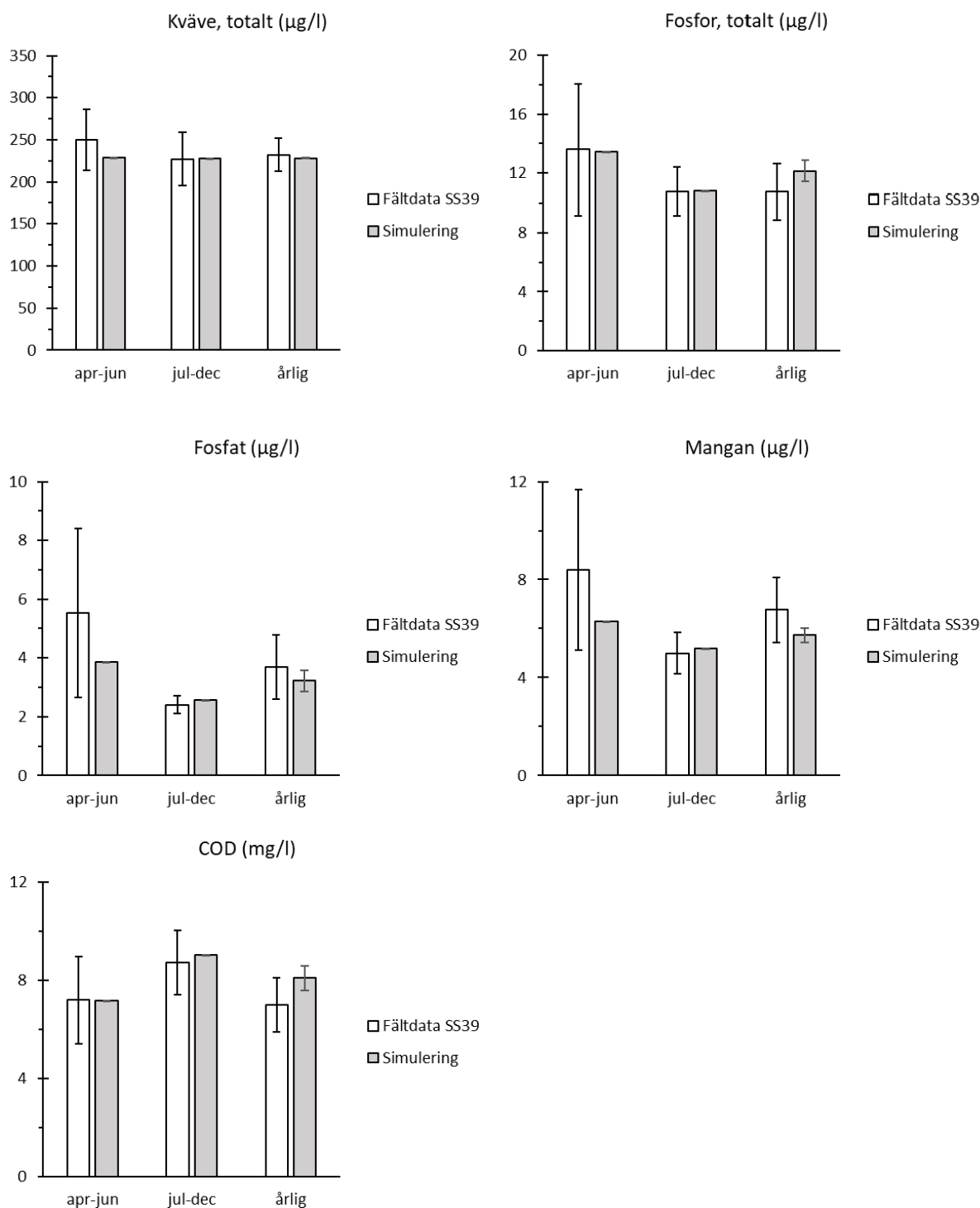
4.2.2 Mitattujen ja laskettujen tulosten vertailu

Mallin luotettavuuden arvioinnissa käytettiin kahta virtaamaskenaariota, jotka perustuivat purkuaukon ja joen virtaamiin (Taulukko 4). Skenaariot ovat huhtikuusta kesäkuuhun ja heinäkuusta joulukuuhun 2016. Jakso tammikuusta maaliskuuhun ei ole mukana, sillä näiden kuukausien aikana yhtiön purkuvirtaama oli nolla.

Taulukko 4. Purkuvirtaama ja joen virtaama kahdessa mallin luotettavuuden arviointiin käytetyssä skenaariossa.

Skenaariot	Purkuvirtaama (m ³ /s)	Joen virtaama (m ³ /s)
maalis-kesäkuu	0,52	375,82
heinä-joulukuu	0,45	278,65

Seuraavissa kohdissa esitetyt tulokset osoittavat kokonaistypen ja kokonaisfosforin, fosfaatin, mangaanin ja COD:n seuranta-asemalla SS39 mitattujen ja mallinnettujen pitoisuuksien vastaavuuden pintavedessä olevien skenaarioiden osalta (0,5 m syvyydessä). Kuvassa 5 esitetään mitattujen ja laskettujen mallipitoisuuksien keskiarvo. 95 prosentin luottamusvälin ylempi ja alempi luottamustaso esitetään näille kahdelle datasarjalle. Tulokset osoittavat mitattujen ja mallinnettujen pitoisuuksien välisen vastaavuuden kaikkien aineiden osalta.



Kuva 13. Näytteenottoasemalla SS39 mitattujen arvojen (kentätiedot) ja mallintamisarvojen (simulaatio) vertailu. Kuvioissa esitetään kolme purkuvirtaamaan perustuvaa skenaariota (huhti-kesäkuu, heinä-joulukuu ja vuosittainen). Kenttäpylväissä on 5 prosentin luottamusväli.

4.3 MUUTTUVIEN VIRTAAMAOLOSUHTEIDEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET MUONIONJOESSA

Kalibroituja ja validoituja hydrodynaamisia malleja on käytetty tulevan 11. tuotantovuoden käyttöolosuhteiden ympäristövaikutusten ennustamiseen Muonionjoessa (asiassa M 2090–19 esitetyn mukaisesti).

Laskelmiin sisältyvät aineet, jotka kuuluvat laatutekijöihin pohjavettä pilaavat aineet (särskilda förorenande ämnen (SFÄ)), vesihallinnon mukaiset prioriteettiaineet sekä ravinteet. Liitteessä 3 esitetään vesikemian ja leviämisalueiden yhdistelmät, joilla on vaikutusta eri käyttöolosuhteisiin.

5 POHDINTA

5.1 MERKKIAINEKOE

Jonain päivänä ennen merkkiainekokeilua osat joesta jäättyi, mikä vaikeutti olosuhteita, jotka rajoittivat mallin kalibroinnin laajuutta.

Merkkiainekokeilu on kuitenkin itsenäinen tietokanta, joka osoittaa laskentamallin luotettavuuden ylijuoksuveden joessa leviämisen ja laimentumisen kuvaamisessa. Mallin validoinnin tulokset ovat vesikemiallisten muuttujien perusteella mallin tarkoituksen kannalta keskeisin analyysi. Kun otetaan huomioon, että mallilla on luotettavia tuloksia vesikemiasta (asemalla SS39), uusien merkkiainekokeiden hyödyllisyys olisi arvioitava, jos muita erityisiä tarpeita ilmenee. Tämän selvityksen tulosten perusteella ei nähdä lisätarvetta merkkiainekokeille.

5.2 VESIKEMIAN ARVIOINTI

Kaikki vertailut osoittivat, että simuloitujen ja mitattujen tietojen välillä vallitsee vahva vastaavuus. Yksinkertaistetusti 95 prosentin luottamusväli tarkoittaa, että on olemassa alle 5 prosentin riski tehdä väärä päätelmä, eli on 95 prosentin mahdollisuus, että lasketut tiedot ja mitatut arvot pitävät paikkansa. Sellaisten vesikemiallisten muuttujien osalta, joita ei ole sisällytetty analyysiin, päästöpitaisuuden ja asemalla SS39 mitattujen pitoisuuksien välinen korrelaatio puuttuu. Syynä tähän on todennäköisesti se, että ylijuoksuvedestä peräisin olevien aineiden/yhdisteiden määrä on seuranta-asemalla SS39 lisääntynyt niin vähän, että analyysimenetelmä ei kata mahdollisia eroja.

5.3 MALLI TYÖKALUNA

Aiempien alueella tehtyjen mallinnusten (Holmlund ym. 2020a) ja vastaavien toimeksiantojen (Holmlund ym. 2020b; Muntlin ym. 2021) tulokset osoittavat, että laskettujen ja mitattujen mittaustulosten välillä on vahva vastaavuus. Tilastollisesti tarkasteltuna saatavilla olevan purkuvesistötietojen määrä tietyissä olosuhteissa on usein rajoittava tekijä mallin ja todellisuuden vertailussa. Tässä tapauksessa voidaan todeta, että tiedonsaanti on kuitenkin ollut suhteellisen hyvää, mikä on varmistanut laadukkaan vertailun.

Malli ei ole tarkka todellisuuden kuvaus, mutta tarkka tapa kuvata päästöjen suhdetta vesistön veden laatuun. Mallin etuna yhdistettynä näytteenottoon on se, että tuloksissa voidaan ottaa huomioon vaihtelu ajan mittaan muuttuvan virtaaman ja päästömäärien vuoksi sekä vesistön eri osien välillä, joihin päästöt vaikuttavat eri tavoin. Kaikki vertailut osoittivat, että seuranta-asemalla SS39 simuloitujen ja mitattujen tietojen välillä vallitsee vahva vastaavuus.

5.4 TUNNISTETUT EPÄVARMUUSTEKIJÄT

Valittujen skenaarioiden mittauservojen kooste osoittaa, että mallin ja todellisuuden välillä on hyvä vastaavuus. Koska sekä mallissa että joesta saaduissa mittauservoissa on jonkin verran analyysimenetelmästä johtuvaa epävarmuutta, yksittäisille mittauservoille yksittäisestä paikasta ei pitäisi antaa liikaa painoarvoa.

Yksittäisten paikkojen tulosten analysoinnille on edellytyksiä, mutta se voi aiheuttaa joitakin mukautuksia esimerkiksi seuraavilta osin:

- Malliskenaariot edustavat niitä ajanjaksoja, joissa virtaamassa on suurimmat erot, jotta ne vastaisivat tavanomaisia olosuhteita hydrologisen vuoden aikana.

- Suurimmalla osalla aineista asemalla SS39 mitatun pitoisuuden lisäyksen arvioidaan olevan lähellä alhaisimman määrittystarkkuuden tasoa. Tämä vaikeuttaa olosuhteita, jotka liittyvät mahdollisuuteen kvantifioida muutoksia, jotka kytkeytyvät yhtiön veden purkuun.
- Veden purku (päästöpitoisuudet ja virtaama) voi vaihdella, mikä ei aina näy mallissa käytetyissä päästötiedoissa.
- Muonionjoen virtaamatiedot perustuu mitattuihin arvoihin (mittausasema Kallio 2), jotka eivät sijaitse lähellä päästöaluetta. Virtaamaan on tehty korjauksia tulevan valuma-alueen perusteella, mutta joen tarkka virtaama on epävarmuustekijä, joka vaikuttaa erityisesti erojen kvantifiointiin, jotka ovat muutamia µg/l joen alajuoksulla.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

- Tulokset osoittavat, että ylijuoksuveden epäpuhtausvana pysyy joen itäpuolella vielä testipisteen SS39 alajuoksulla. Siellä joki kääntyy ja muuttaa suuntaa, minkä vuoksi ylijuoksuveden leviää ja laimentuu laajemmin joen koko leveydelle.
- Ylijuoksuveden laskettu leviäminen ja laimeneminen mallissa vastaa mitattuja pitoisuuksia asemalla SS39.
- Tämä selvitys vahvistaa aiemmin kuvatun ylijuoksuveden leviämisen ja laimenemisen etenemisen joessa. Hypoteesit, joiden mukaan joen virtaamalla on suuri paikallinen vaikutus sekoitustekijään ja tarkastusasema SS39 sijaitsee epäpuhtausvanassa alavirtaan purkuaukolta, on nyt todennettu.

7 VIITTEET

Holmlund, P., Graslund, M., Åkesson, A. ja Dyrestam, K. 2020a. Spridning och spädning av bräddvatten från Kaunis Iron AB i Muonio älv. WSP Sverige AB. Toimeksiantonumero 10297266.

Holmlund, P., Muntlin, C., Johannesson, L., Edblom, N., Hedenäs, H. ja Dyrestam, K. 2020b. Förstudie läkemedelsrening Sundsvall. Osaraportti 1 Läkemedelsprovtagnings och utvärdering i ytvattenrecipient. WSP Sverige AB. Toimeksiantonumero 10291495.

Muntlin, C., Åkesson, A., Graslund, M. ja Vasconcelos, F. 2021. Kvalitetssäkring av hydrodynamisk modell. Ångermanälvens mynningsområde. WSP Sverige AB. Toimeksiantonumero 10312321.

OLEMME WSP

WSP on eräs maailman johtavista yhteisöjen kehittämiseen keskittyvistä neuvonantajista ja konsulttiyhtiöistä. Noin 48 700 työntekijällä yli 40 maassa yhdistämme analyysin ja teknologian asiantuntijoita, jotta voimme varmistaa maailman tulevaisuuden.

Kehitämme yhdessä asiakkaidemme kanssa innovatiivisia ratkaisuja kohti inhimillistä, turvallista ja toimivaa huomista. Näin otamme vastuun tulevaisuudesta.

wsp.com

WSP Sverige AB
PL 758
851 22 Sundsvall
Käynti: Stuvärvägen 3

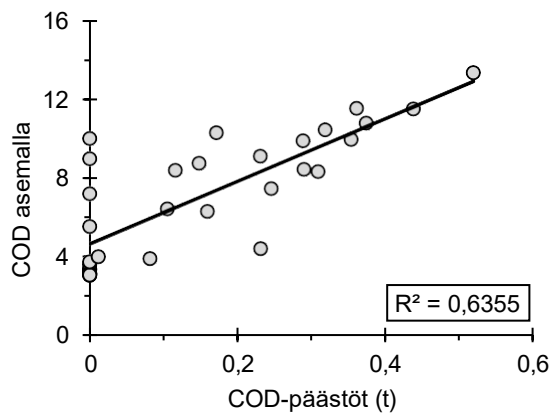
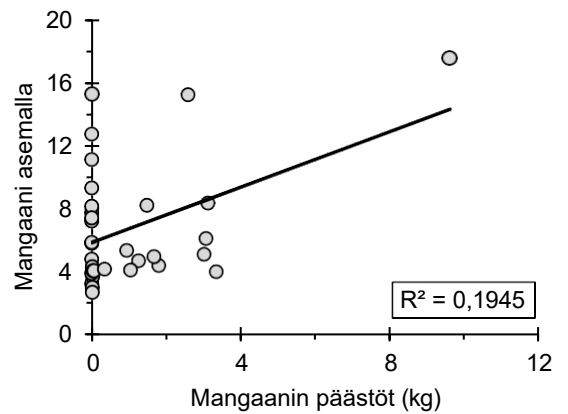
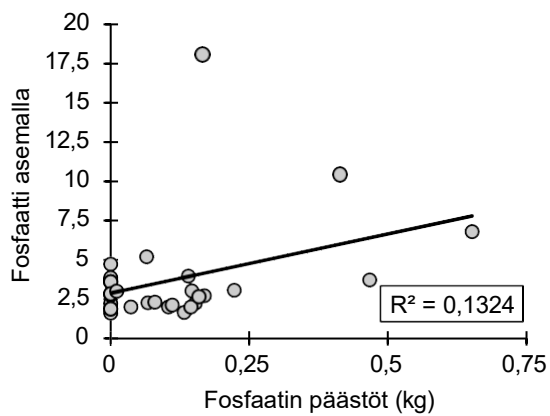
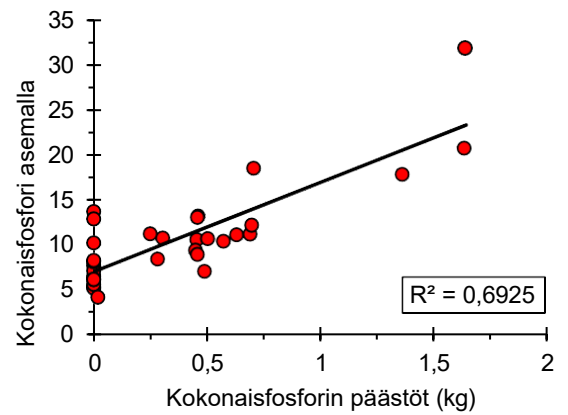
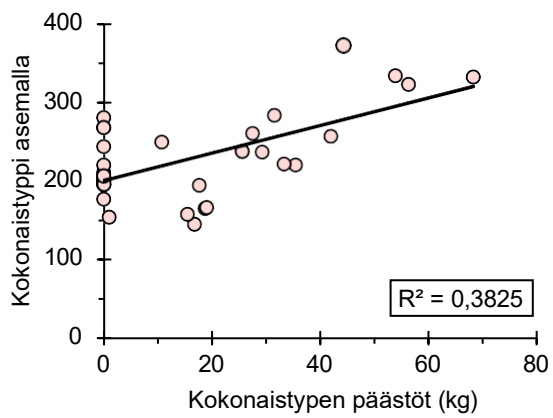
Puhelin +46 10-722
50 00
Työpuhelin: 556057-
4880
wsp.com



Liite 1. Pearsonin korrelaatiokerroin

Taulukko 1. Pearsonin korrelaatiokertoimen "r" tulokset, jota käytetään yleisten kuvioden etsimiseen datasta. Päästövirtaamaa (m³/s) käytettiin ennustavana muuttujana ja muita muuttujia vasteena. Biologisessa datassa arvoa 0,2 (20 %) suurempaa korrelaatiota pidetään merkittävänä. Muuttujat, joissa "r" on suurempi kuin 0,2 on merkitty punaisella. Numeron edessä oleva merkki määrittää korrelaation suunnan. Purkuvirtaama verrattuna purkuvirtaamaan tuottaa odotetusti "r" = 1.

Muuttuja	Yksikö	Pearsonin "r" korrelaatiokerroin
Purkuvirtaama	m ³ /s	1
Kloridi	mg/l	0,02
Kromi Cr	µg/l	0,1
Koboltti Co	µg/l	0,09
COD	mg/l	0,35
Kupari Cu	µg/l	-0,09
DOC	mg/l	-0,23
Rauta Fe	µg/l	-0,01
Lyijy Pb	µg/l	0,12
Magnesium Mg	mg/l	0,15
Mangaani Mn	µg/l	0,25
Elohopea Hg	µg/l	0,28
Molybdeeni Mo	µg/l	0,16
Nikkeli Ni	µg/l	0,18
DIN	µg/l	0,11
Kokonaistyyppi TN	µg/l	0,29
Hapen kyllästys	%	-0,16
Happipitoisuus DO	mg/l	-0,07
Fosfaatti PO ₄	µg/l	0,32
Fosfori P	µg/l	0,27
Kalium K	mg/l	0,08
Pii Si	mg/l	-0,004
Natrium Na	mg/l	-0,03
Strontium Sr	µg/l	-0,03
Sulfaatti SO ₄	mg/l	0,13
Rikki S	mg/l	0,14
Uraani U	µg/l	0,11
Vanadiini V	µg/l	0,13
Sinkki Zn	µg/l	-0,09



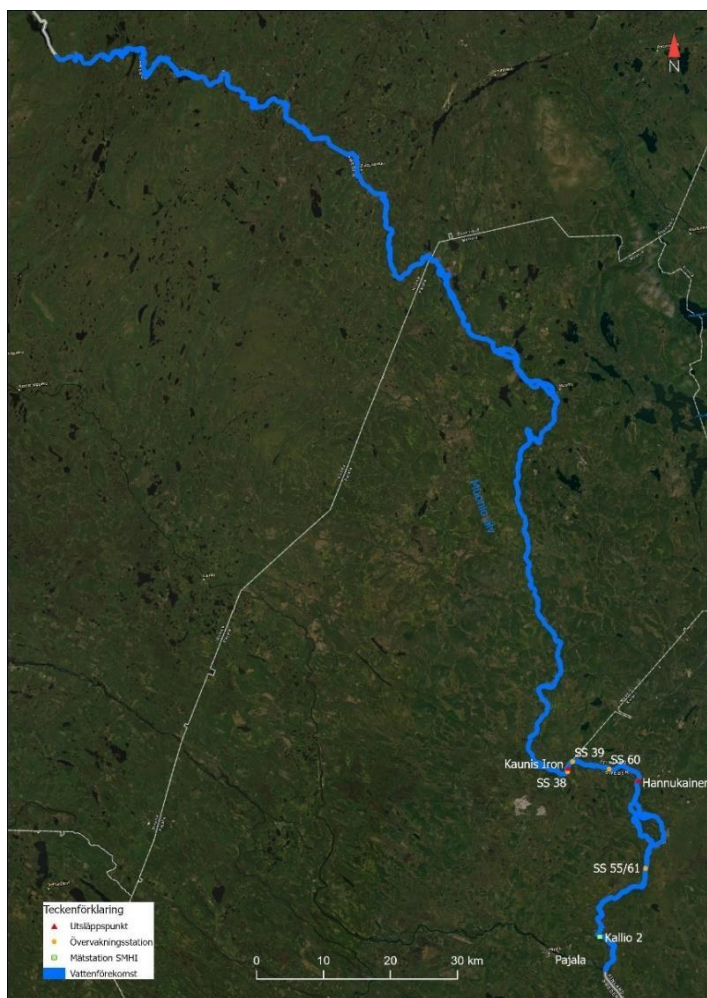
Analyysi vaikutuksista Muonionjoen ympäristön tilaan

Kaunis Iron AB:n toiminnan purkauma vuodelle 2021 ja 11. tuotantovuodelle asiassa M 2090–19 esitetyn mukaisesti

Menetelmä ja perusta

Ympäristötiedon arviointi perustuu Ruotsin meri- ja vesihuoltoviraston (Havs- och vattenmyndigheten HVMFS) asetukseen pintavesien luokittelusta ja ympäristölaatunormeista (HVMFS 2019:25). Selvitys on rajattu kattamaan yhtiön päästöjen sisältämät laatutekijät ja muuttujat pintaveden fysikaalis-kemiallisille mittaussuureille. Kaikista arvioituista laatutekijöistä ja muuttujista on koottu ja arvioitu saatavilla olevaa tietoa purkuvesistöstä asetuksen HVMFS 2019:25 mukaisesti.

Perustuen yhtiön nykyisiin päästöihin (vuodelta 2021) ja odotettavissa oleviin tuleviin päästöihin 11. tuotantovuonna, mitattuihin taustapitoisuuksiin purkuvesistössä (seuranta-asema SS38, ks. Kuvasta 1 maantieteellinen sijainti) ja arviointiperusteeseen voidaan hydrodynaamisella laskentamallilla laskea, kuinka suuri osuus (leviämisalue) purkuvesistöstä kuuluu tiettyyn tilaluokkaan. Yhtiön nykyiset päästöt sekä tulevat päästöt 11. tuotantovuonna on esitetty Liitteessä 3.1.



Kuva 1. Muonionjoen yleiskartta, Kaunis Iron AB:n päästölähde ja seuranta-asemat SS38, SS39, SS60 ja SS55/SS61.

Päästöjen virtaama verrattuna joen virtaamaan on suhteellisen pieni. Veden nopeus päästöalueella on suhteellisen suuri (vaihtelu noin 0,5 m/s). Koska joki on suhteellisen matala ja päästöt johtavat koskeen, voidaan olettaa, että sekoittuminen tapahtuu yhtenäisesti syvyysuunnassa (Z). Leviämisalueen kartoitus tehdään käyttämällä erityisiä laimennuslukuja, jotka edustavat Blue Kenue™ -ohjelmiston eri tilaluokkien välisiä raja-arvoja.

Laskelmissa ei ole otettu huomioon prosesseja, jotka voivat vaikuttaa esimerkiksi purkuvesistön ravinnepitoisuuksiin, kuten sedimentoituminen, denitrifikaatio tai makrolevien ravinteiden otto. Kyseisellä Muonionjoen osuudella tämä katsotaan asianmukaiseksi lähestymistavaksi, sillä tulokset ovat osoittaneet, että malliin arvioitu ylijuuksuveden leviäminen ja laimentuminen vastaa mitattuja pitoisuuksia asemalla SS39.

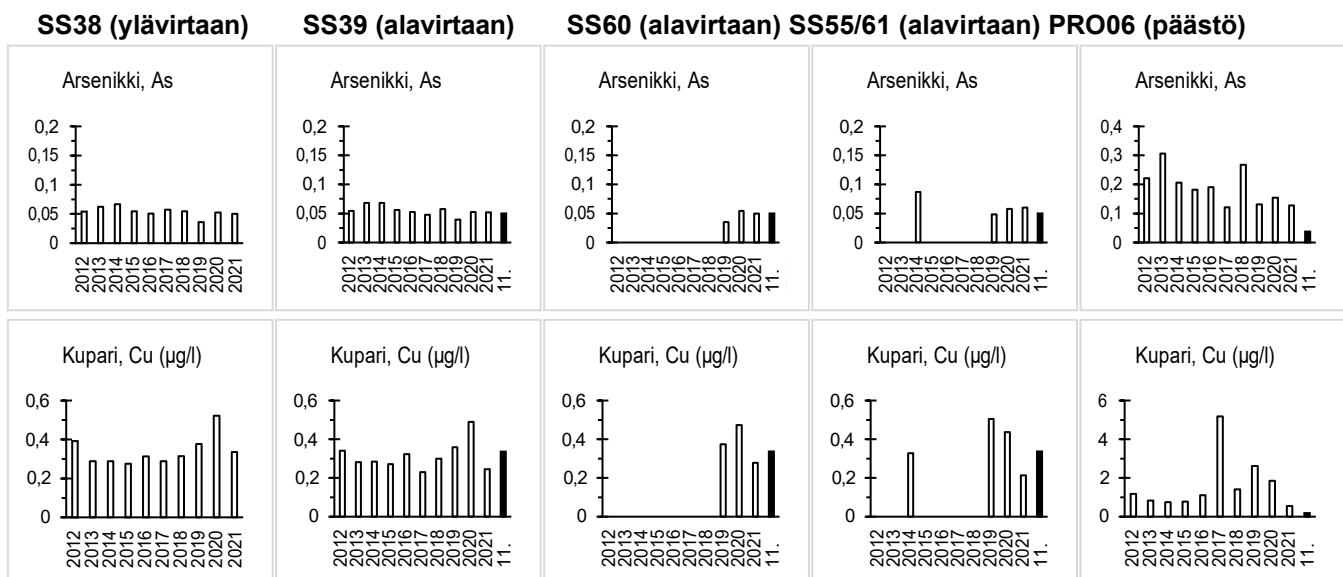
Useissa tutkituissa skenaarioissa todetaan, että vaikutuksia ei ole, eli toiminnan (sekä nykyisen että haetun) aiheuttama ylivuoto ei vaikuta arviointiperusteen ylittymiseen millään joen alueella. Tämä tulos syntyy kahdesta syystä:

1. Käytetyllä laskentamallilla on 3 metrin resoluutio kunkin päästöalueella sijaitsevan laskentanoodin välillä. Tämä tarkoittaa sitä, että kun vaikutuksen leviämisalueen on ilmoitettu olevan 0 m², laatuvaatimukset saavutetaan lähempänä kuin 3 metrin etäisyydellä purkuaukosta.
2. Vesistön laatuvaatimukset täyttyvät jo lähtevässä ylijuuksuvedessä.

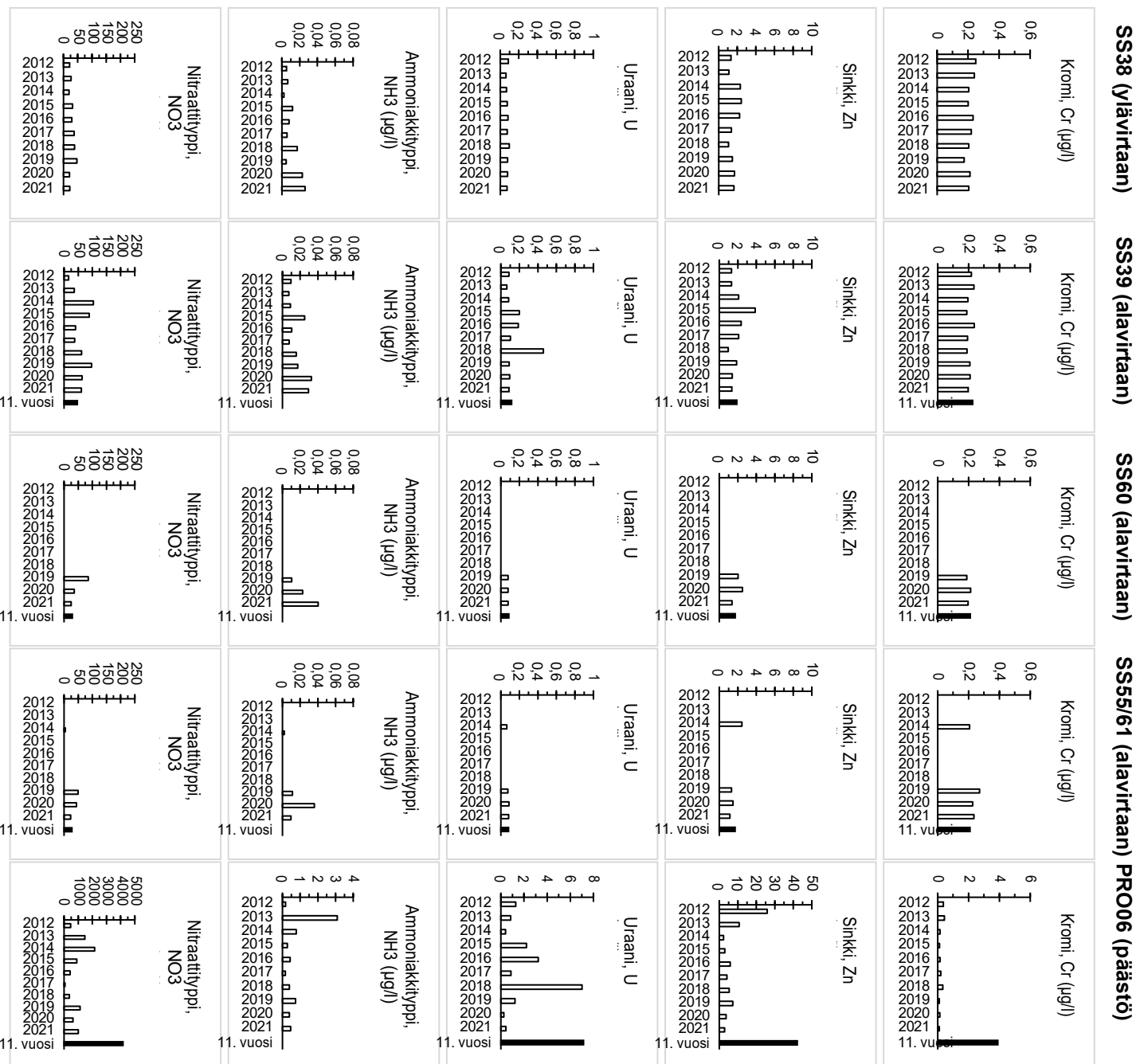
Tulokset

Vesikemia vuodelle 2011–2021

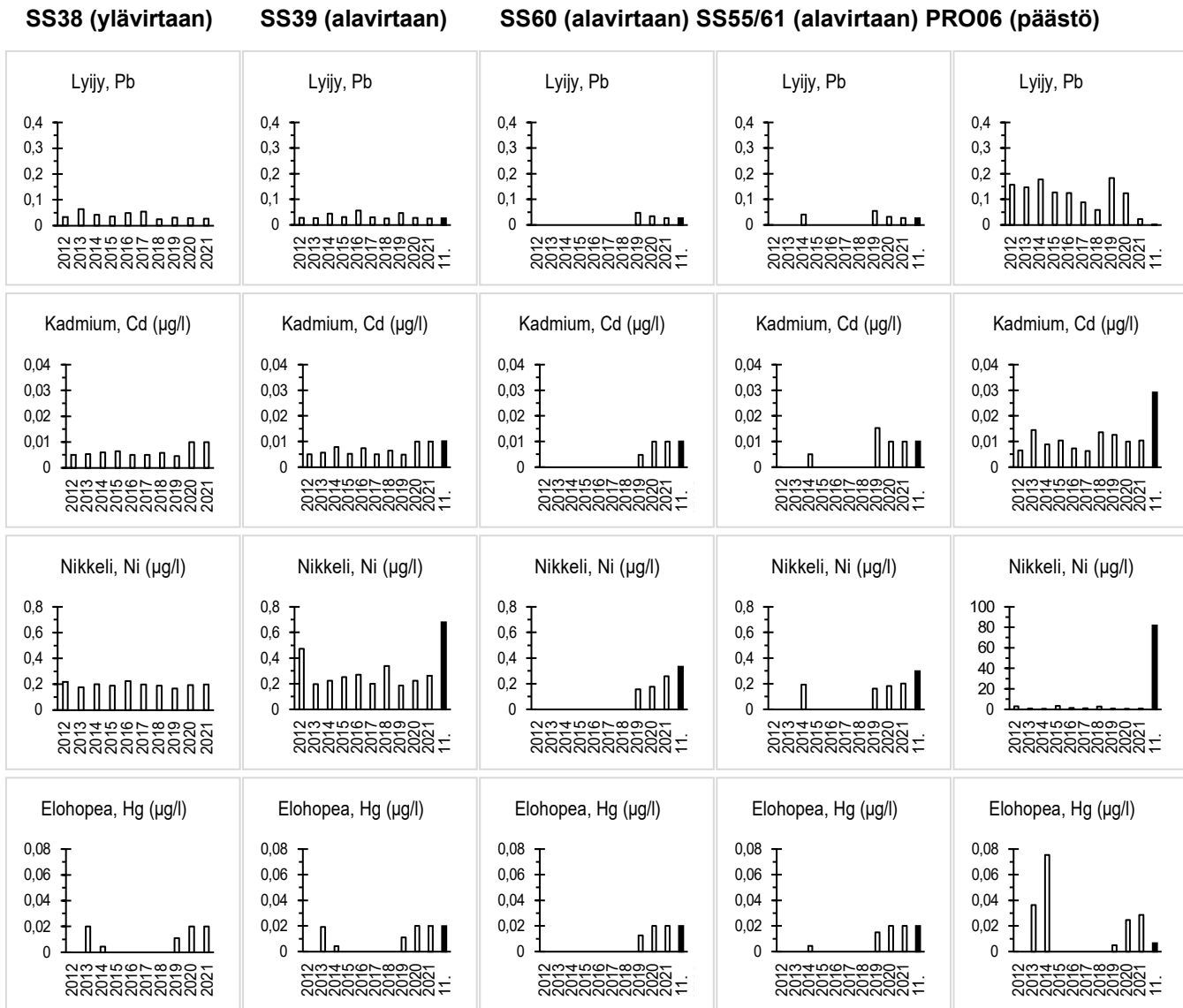
Kuvasta 2 Kuvaan 4 esitetään mitatut purkuvesistö- ja päästöpitoisuudet vuosilta 2011–2021 (vuoden keskipitoisuudet) sekä lasketut pitoisuudet 11. tuotantovuodelle (haetussa Sahavaaran ja Palotievan kaivosten toiminnassa) määrätyille muuttujille pohjavettä pilaavien aineiden ja prioriteettiaineiden osalta. Kuvissa esitetään tiedot seuranta-aseteilta SS38 (ylävirtaan), SS39 (alavirtaan), SS60 (alavirtaan) ja PRO6 (päästö). Kuvassa 5 esitetään laatuokijä ravinteiden (fosfori) tilaluokitus.



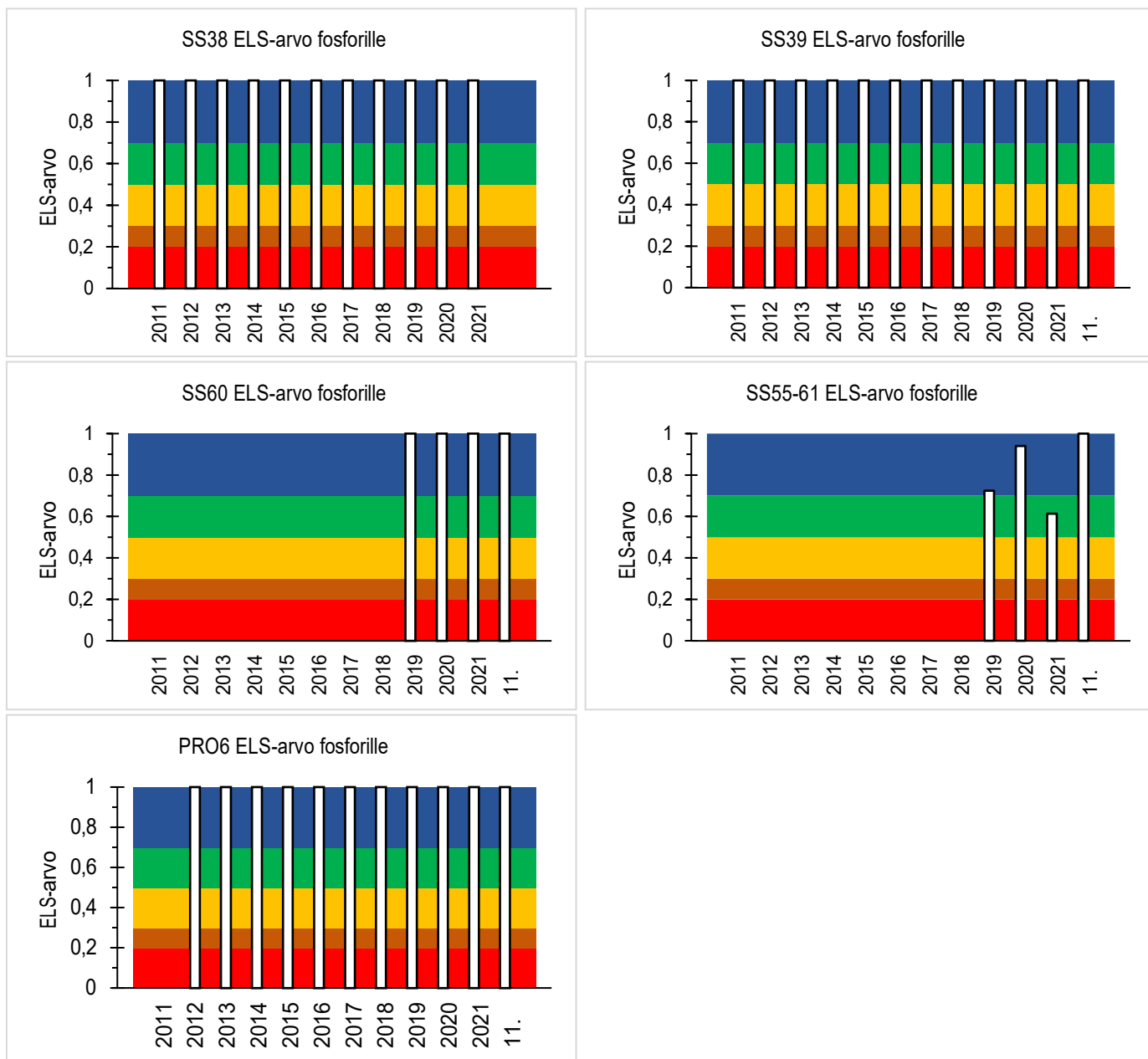
Kuva 2. Arsenikin ja kuparin vesikemiatiedot vuosilta 2011–2021 seuranta-aseteilä SS38 (ylävirtaan), SS39 (alavirtaan), SS60 (alavirtaan) SS55/61 (alavirtaan) ja PRO6 (päästö) (vasemmalta oikealle). Kuvissa esitetään vuosittainen keskiarvo.



Kuva 3. Kromin, sinkin, uraanin, ammoniakkityypen and nitraattityypen vesikemialiedot vuosilta 2011–2021 seuranta-asemilla SS38 (ylävirtaan), SS39 (alavirtaan), SS60 (alavirtaan) SS55/61 (alavirtaan) ja PRO06 (päästö) (vasemmalla oikealle). Kuvissa esitetään vuosittainen keskiarvo.



Kuva 4. Lyijyn, kadmiumin, nikkelin ja elohopean vesikemiatiedot vuosilta 2011–2021 seuranta-asetilla SS38 (ylävirtaan), SS39 (alavirtaan), SS60 (alavirtaan) SS55/61 (alavirtaan) ja PRO06 (päästö) (vasemmalta oikealle). Kuvissa esitetään vuosittainen keskiarvo.



Kuva 5. Laatutekijä ravinteiden tilaluokitus vuosilta 2011–2021 seuranta-asemilla SS38 (ylävirtaan), SS39 (alavirtaan), SS60 (alavirtaan) ja PRO6 (päästö) (vasemmalta oikealle). Värit vastaavat tilaluokitusta (korkea, hyvä, tyydyttävä, epätydyttävä, huono).

Vuoden 2021 ja 11. tuotantovuoden leviämisaalue

Taulukosta 1 Taulukkoon 3 esitetään pitoisuudet ylijouksivedessä (PRO06) vuonna 2021 mitatuista pitoisuuksista ja 11. tuotantovuodelle arvioituista pitoisuuksista. Päästömuuttujat on ryhmitelty taulukoihin pohjavettä pilaavien aineiden, prioriteettiaineiden ja ravinteiden luokkien perusteella. Pohjavettä pilaavien aineiden ja prioriteettiaineiden osalta annetaan liuenneet pitoisuudet. Koska päästöt vaihtelevat vuoden aikana, esitetään tulokset joulumaaliskuulta, huhtikuulta, touko-kesäkuulta ja heinä-marraskuulta sekä vuoden keskivirtaama. Taulukoiden väriasteikko osoittaa tilan, kun vedessä olevat pitoisuudet arvioidaan asian HVMFS 2019:25 ratkaisuperusteen perusteella. Useimpien aineiden kohdalla näkyy ylijouksiveden "hyvä tila", mikä tarkoittaa, että näiden aineiden pitoisuudet ylijouksivedessä alittavat arviointiperusteet ja hyvän ekologisen tai kemiallisen tilan raja-arvot purkuaukossa. Tulokset osoittavat, että on muutamia aineita, joiden pitoisuudet ohitusvedessä eivät alita arviointiperustetta/hyvän tilan raja-arvoja.

Taulukko 1. Pitoisuudet (liuenneet) ylijouksuvedessä (PRO06) vuodelta 2021 ja 11. tuotantovuodelle. Väriasteikko osoittaa arvion pintaveden hyvän ekologisen tilan arviointiperusteen pohjalta pohjavettä pilaavien aineiden osalta vuodelta 2021 ja 11. tuotantovuodelle. Vihreät solut osoittavat, että pitoisuus ylijouksuvedessä alittaa hyvän ekologisen tilan arviointiperusteen ja oranssit solut osoittavat arviointiperusteen ylittävän. Arvio on suoritettu asian HVMFS 2019:25 mukaisesti, jossa joitakin tukimuuttujia on käytetty seuranta-asemalta SS38. 11. tuotantovuodelle ei ole ennustettua ammoniakkityypipitoisuutta. *Tarkoittaa biologisen hyötyosuuden pitoisuutta.

Aineet	Skenaario	Tila	
Pohjavettä pilaavat aineet (µg/l)		2021	11. tuotantovuosi
Arsenikki <i>Vuotuinen keskiarvo: 0,5</i> <i>Suurin sallittu pitoisuus: 7,9</i>	joulu-maaliskuu	-	0,05
	huhtikuu	0,14	0,02
	touko-kesäkuu	0,11	0,02
	heinä-marraskuu	0,11	0,03
	vuotuinen	0,12	0,04
Kupari <i>Vuotuinen keskiarvo: 0,5*</i>	joulu-maaliskuu	-	0,2
	huhtikuu	1,2	0,17
	touko-kesäkuu	0,4	0,17
	heinä-marraskuu	0,4	0,17
	vuotuinen	0,6	0,18
Kromi <i>Vuotuinen keskiarvo: 3,4</i>	joulu-maaliskuu	-	4,17
	huhtikuu	0,1	4,05
	touko-kesäkuu	0,1	3,52
	heinä-marraskuu	0,1	3,80
	vuotuinen	0,1	3,90
Sinkki <i>Vuotuinen keskiarvo: 5,5*</i>	joulu-maaliskuu	-	47,15
	huhtikuu	5	34,47
	touko-kesäkuu	3	32,75
	heinä-marraskuu	2	43,40
	vuotuinen	3	42,13
Uraani <i>Vuotuinen keskiarvo: 0,17</i> <i>Suurin sallittu pitoisuus: 8,6</i>	joulu-maaliskuu	-	7,44
	huhtikuu	0,6	7,24
	touko-kesäkuu	0,6	6,21
	heinä-marraskuu	0,3	7,26
	vuotuinen	0,5	7,14
Ammoniakkityppi <i>Vuotuinen keskiarvo: 1</i> <i>Suurin sallittu pitoisuus: 6,8</i>	joulu-maaliskuu	-	-
	huhtikuu	0,8	-
	touko-kesäkuu	0,5	-
	heinä-marraskuu	0,2	-
	vuotuinen	0,5	-

Taulukko 2. Pitoisuudet (liuenneet) ylijouksuvedessä (PRO06) vuodelta 2021 ja 11. tuotantovuodelle. Väriasteikko osoittaa arvion pintaveden hyvän kemiallisen tilan raja-arvon pohjalta prioriteettiaineiden osalta. Vihreät solut osoittavat, että pitoisuus ylijouksuvedessä alittaa hyvän kemiallisen tilan raja-arvon ja punaiset solut osoittavat raja-arvon ylittävän. Arvio on suoritettu asian HVMFS 2019:25 mukaisesti, jossa joitakin tukimuuttujia on käytetty seuranta-asemalta SS38. *Tarkoittaa biologisen hyötösuuden pitoisuutta.

Aineet	Skenaario	Tila	
		2021	11. tuotantovuosi
Prioriteettiaineet (µg/l)			
Lyijy	joulu-maaliskuu	-	0,002
<i>Vuotuinen keskiarvo: 1,2*</i>	huhtikuu	0,02	0,002
<i>Suurin sallittu pitoisuus: 14*</i>	touko-kesäkuu	0,03	0,002
	heinä-marraskuu	0,02	0,002
	vuotuinen	0,02	0,002
Kadmium	joulu-maaliskuu	-	0,04
<i>Vuotuinen keskiarvo: 0,08</i>	huhtikuu	0,01	0,02
<i>Suurin sallittu pitoisuus: 0,45</i>	touko-kesäkuu	0,01	0,02
	heinä-marraskuu	0,01	0,03
	vuotuinen	0,01	0,03
Nikkeli	joulu-maaliskuu	-	98,26
<i>Vuotuinen keskiarvo: 4*</i>	huhtikuu	1,2	61,13
<i>Suurin sallittu pitoisuus: 34*</i>	touko-kesäkuu	0,7	58,96
	heinä-marraskuu	0,5	82,08
	vuotuinen	0,8	81,87
Elohopea	joulu-maaliskuu	-	0,008
<i>Suurin sallittu pitoisuus: 0,07</i>	huhtikuu	0,02	0,005
	touko-kesäkuu	0,02	0,005
	heinä-marraskuu	0,02	0,006
	vuotuinen	0,02	0,007

Taulukko 3. Pitoisuudet ylijouksuvedessä (PRO06) vuodelta 2021 ja 11. tuotantovuodelle. Taulukon väriasteikko osoittaa arvion ravinteiden hyvän ekologisen tilan laatuvaatimuksen arviointiperusteen perusteella. Siniset solut osoittavat korkeaa tilaa. Arvio on suoritettu asian HVMFS 2019:25 mukaisesti, jossa joitakin tukimuuttujia on käytetty seuranta-asemalta SS38.

Aineet	Skenaario	Tila	
		2021	11. tuotantovuosi
Kokonaisfosfori (µg/l)	joulu-maaliskuu	-	30,2
	huhtikuu	10	17,7
	touko-kesäkuu	11	20,9
	heinä-marraskuu	8	23,8
	vuotuinen	10	24,9

Tulokset Taulukosta 1 Taulukkoon 3 osoittavat, että useiden aineiden pitoisuudet ylijuoksuvedessä alittavat hyvän ekologisen/kemiallisen tilan arviointiperusteen/raja-arvot, mutta joidenkin aineiden pitoisuudet ovat suurempia kuin arviointiperuste/raja-arvot. Kuvasta 6 Kuvaan 10 näytetään näiden aineiden arviointiperusteen ylittäneet tai alittaneet alueet Muonionjoessa (kohtalainen/ei saavuta hyvää tilaa tai hyvä tila). Laskelmissa on käytetty sekä ylävirtapitoisuutta asemalta SS38 että pitoisuuksia ylijuoksuvedestä (PRO06). Kuparin, sinkin, lyijyn ja nikkelin kohdalla arviointiperuste tarkoittaa biologisen hyötyosuuden pitoisuutta. Aineiden biologisen hyötyosuuden pitoisuus on laskettu Bio-met-ohjelmiston (versio 5.0) avulla ja tukimuuttujilla DOC, pH ja kalsium.

Tulos ilmaistaan m² sekä prosentuaalisella osuudella vesistön pinta-alasta, joka kuuluu tiettyyn tilaluokkaan. Tulokset näytetään kuudesta eri virtaamaskenaariosta (joulu-maaliskuu, huhtikuu, touko-kesäkuu ja heinä-marraskuu, vuotuinen keskivirtaama ja pienin alivirtaama (LLQ)) ja vuodelta 2021 ja 11. tuotantovuodelle, jotta voidaan kuvata hydrologisen vuoden vaihtelua sekä muuttuvia käyttöolosuhteita.

Useimmille aineille ja/tai vuosille ei ole kuvaa, sillä lähtevän ylijuoksuveden pitoisuudet ovat ylijuoksuveden arviointiperusteen alapuolella. Tämä koskee seuraavia aineita ja/tai vuosia:

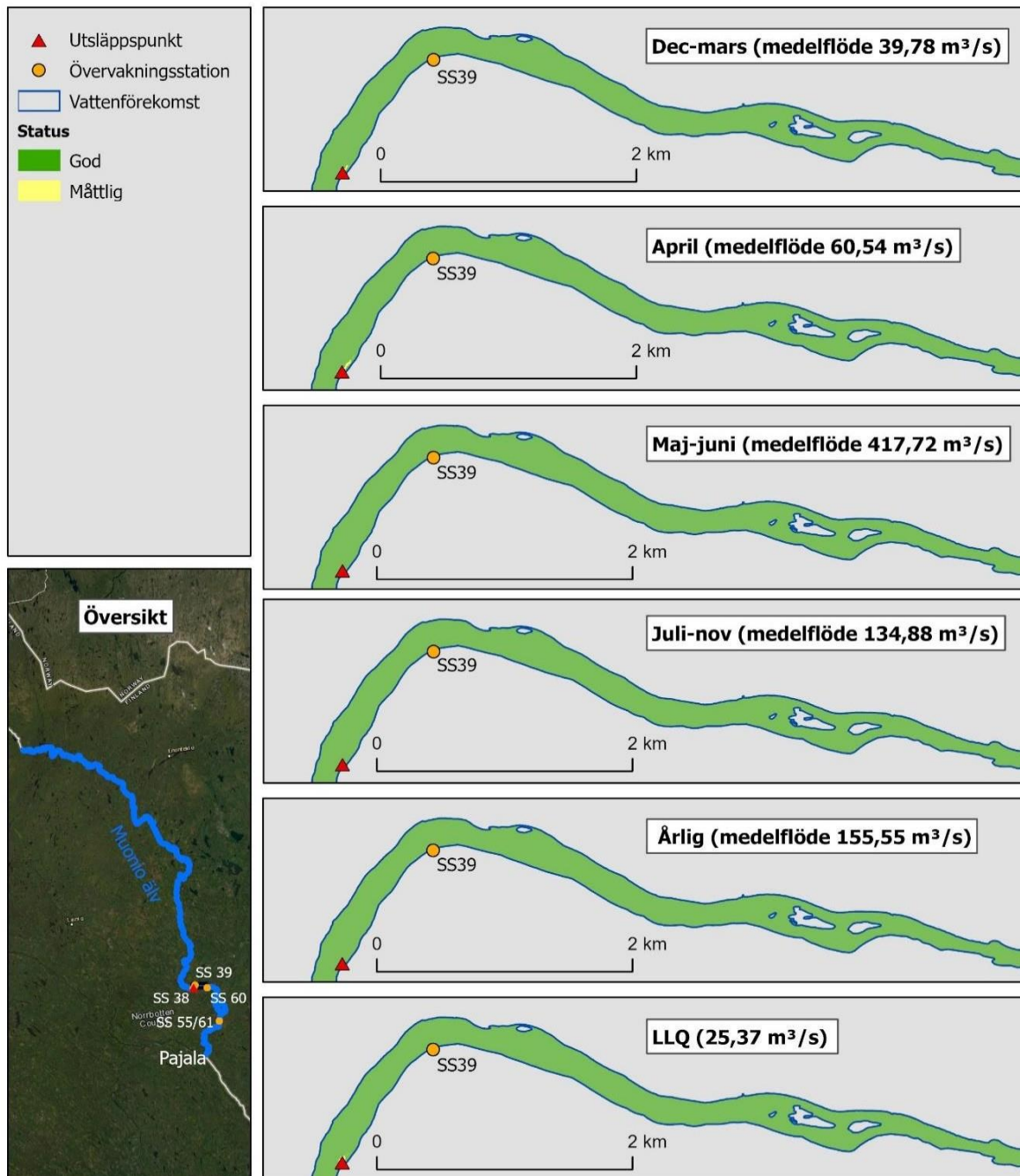
- Arsenikki vuonna 2021 ja 11. tuotantovuonna
- Kupari vuonna 2021 ja 11. tuotantovuonna
- Kromi vuonna 2021
- Sinkki vuonna 2021
- Ammoniakkityppi vuonna 2021
- Lyijy vuonna 2021 ja 11. tuotantovuonna
- Kadmium vuonna 2021 ja 11. tuotantovuonna
- Nikkeli vuonna 2021
- Elohopea vuonna 2021 ja 11. tuotantovuonna
- Fosfori vuonna 2021 ja 11. tuotantovuonna

KAUNIS IRON AB:S UTSLÄPP TILL MUONIO ÄLV - REDOVISNING AV OMRÅDEN ÖVER RESPEKTIVE UNDER BEDÖMNINGSGRUND (HVMFS 2019:25) I BERÖRD VATTENFÖREKOMST (WA22394456)

Krom i ytvatten inom kvalitetsfaktorn särskilda förorenande ämnen (ekologisk miljöstatus). Resultatet uttrycks som procentuell andel av vattenförekomstens area.



Status	Scenario Krom					
	Dec-mars Pr11	April Pr11	Maj-juni Pr11	Juli-nov Pr11	Årlig Pr11	LLQ Pr11
God	53 063 235 m ² 100.00%	53 062 394 m ² 100.00%	53 065 029 m ² 100.00%	53 064 756 m ² 100.00%	53 064 604 m ² 100.00%	53 063 028 m ² 100.00%
Måttlig	1 794 m ² 0.00%	2 636 m ² 0.00%	0 m ² 0.00%	273 m ² 0.00%	425 m ² 0.00%	2 002 m ² 0.00%



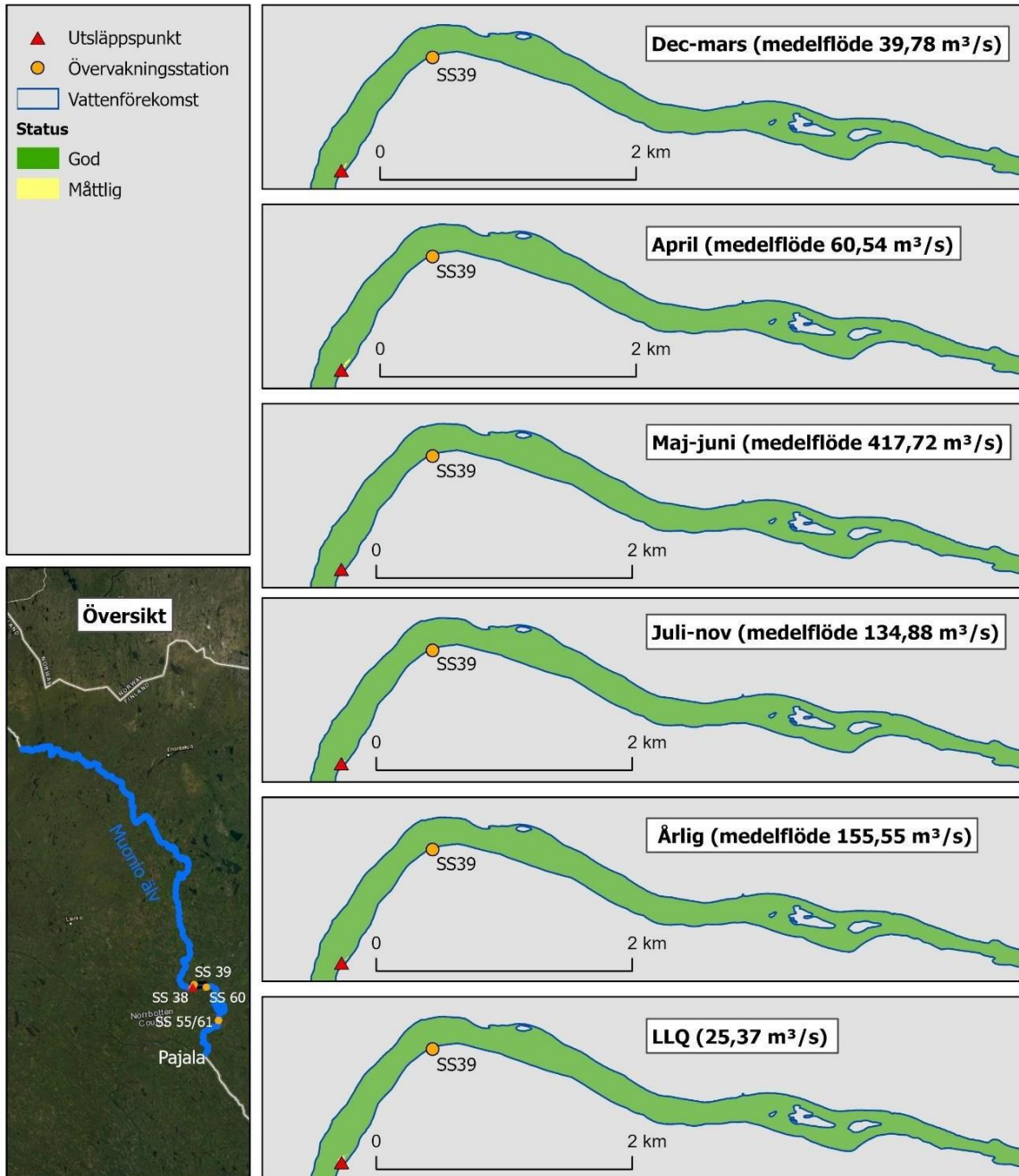
Kuva 6. Selvitys kromin arviointiperusteen ylittävistä ja alittavista alueista 11. tuotantovuodelle (Pr11).

KAUNIS IRON AB:S UTSLÄPP TILL MUONIO ÄLV - REDOVISNING AV OMRÅDEN ÖVER RESPEKTIVE UNDER BEDÖMNINGSGRUND (HVMFS 2019:25) I BERÖRD VATTENFÖREKOMST (WA22394456)

Zink i ytvatten inom kvalitetsfaktorn särskilda förorenande ämnen (ekologisk miljöstatus). Resultatet uttrycks som procentuell andel av vattenförekomstens area.



Status	Scenario Zink					
	Dec-mars Pr11	April Pr11	Maj-juni Pr11	Juli-nov Pr11	Årlig Pr11	LLQ Pr11
God	53 063 235 m ²	53 062 394 m ²	53 064 864 m ²	53 064 186 m ²	53 064 042 m ²	53 063 028 m ²
	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
Måttlig	1 794 m ²	2 636 m ²	165 m ²	843 m ²	987 m ²	2 002 m ²
	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%



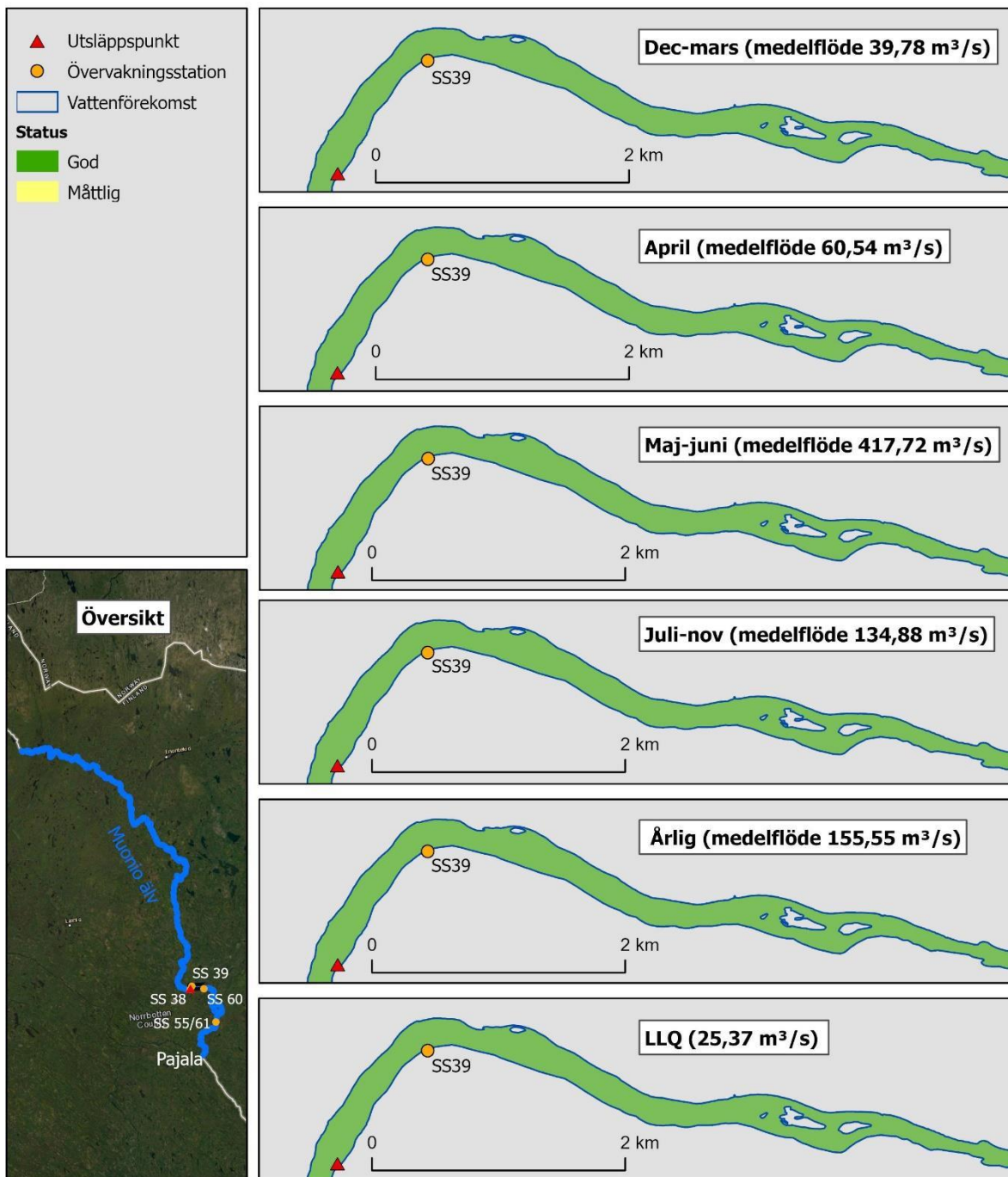
Kuva 7. Selvitys sinkin arviointiperusteen ylittävistä ja alittavista alueista 11. tuotantovuodelle (Pr11).

KAUNIS IRON AB:S UTSLÄPP TILL MUONIO ÄLV - REDOVISNING AV OMRÅDEN ÖVER RESPEKTIVE UNDER BEDÖMNINGSGRUND (HVMFS 2019:25) I BERÖRD VATTENFÖREKOMST (WA22394456)

Uran i ytvatten inom kvalitetsfaktorn särskilda förorenande ämnen (ekologisk miljöstatus). Resultatet uttrycks som procentuell andel av vattenförekomstens area.



Status	Dec-mars 2021	April 2021	Scenario Uran Maj-juni 2021	Juli-nov 2021	Årlig 2021	LLQ 2021
God	53 065 029 m ²	53 065 029 m ²	53 065 029 m ²	53 065 029 m ²	53 064 858 m ²	53 065 029 m ²
	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
Måttlig	0 m ²	0 m ²	0 m ²	0 m ²	171 m ²	0 m ²
	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%



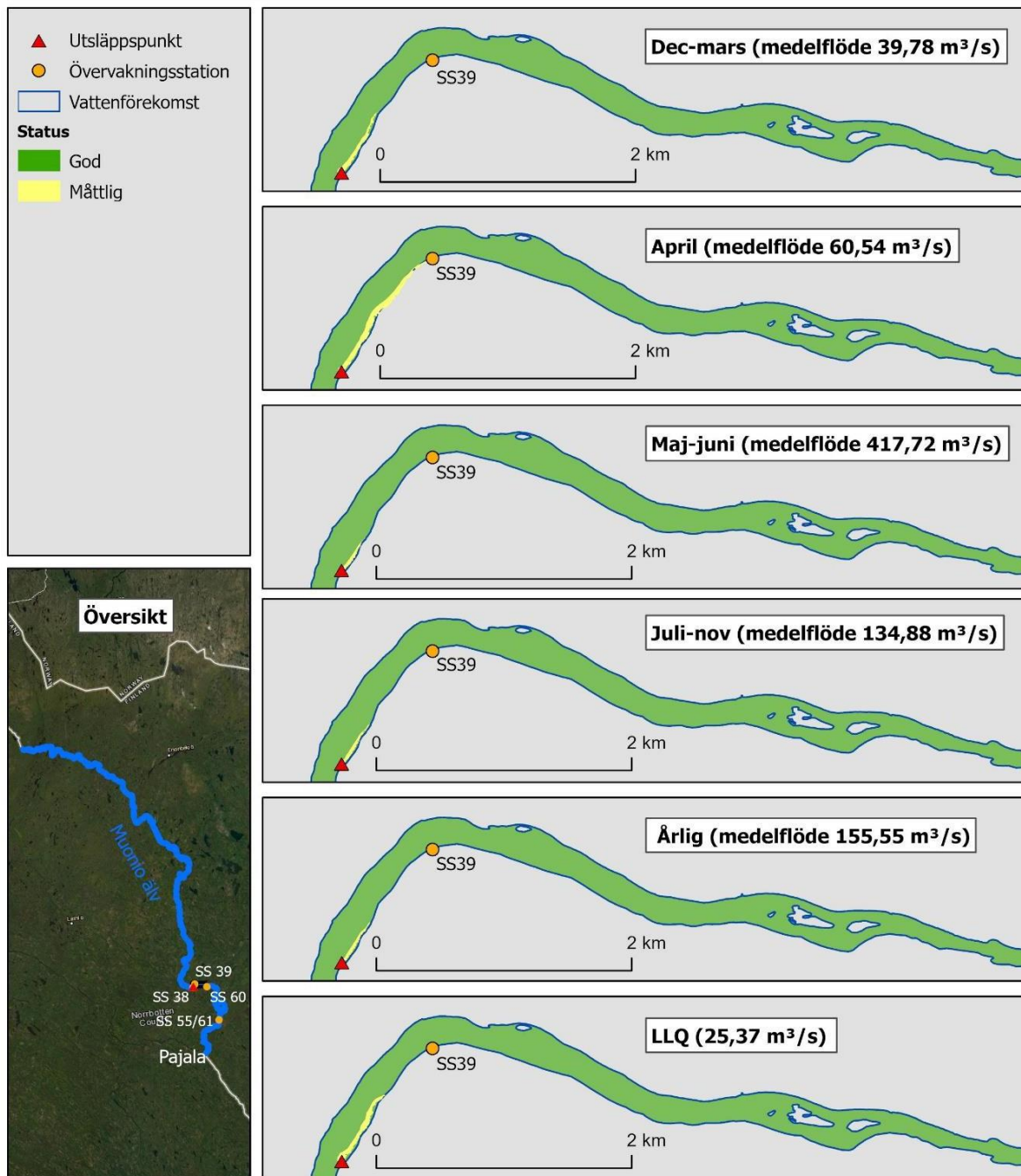
Kuva 8. Selvitys uraanin arviointiperusteen ylittävistä ja alittavista alueista vuodelta 2021.

KAUNIS IRON AB:S UTSLÄPP TILL MUONIO ÄLV - REDOVISNING AV OMRÅDEN ÖVER RESPEKTIVE UNDER BEDÖMNINGSGRUND (HVMFS 2019:25) I BERÖRD VATTENFÖREKOMST (WA22394456)

Uran i ytvatten inom kvalitetsfaktorn särskilda förorenande ämnen (ekologisk miljöstatus). Resultatet uttrycks som procentuell andel av vattenförekomstens area.



Status	Scenario Uran					
	Dec-mars Pr11	April Pr11	Maj-juni Pr11	Juli-nov Pr11	Årlig Pr11	LLQ Pr11
God	53 050 117 m ² 99.97%	53 024 768 m ² 99.92%	53 058 230 m ² 99.99%	53 056 916 m ² 99.98%	53 056 580 m ² 99.98%	53 042 844 m ² 99.96%
Måttlig	14 912 m ² 0.03%	40 262 m ² 0.08%	6 800 m ² 0.01%	8 114 m ² 0.02%	8 449 m ² 0.02%	22 185 m ² 0.04%



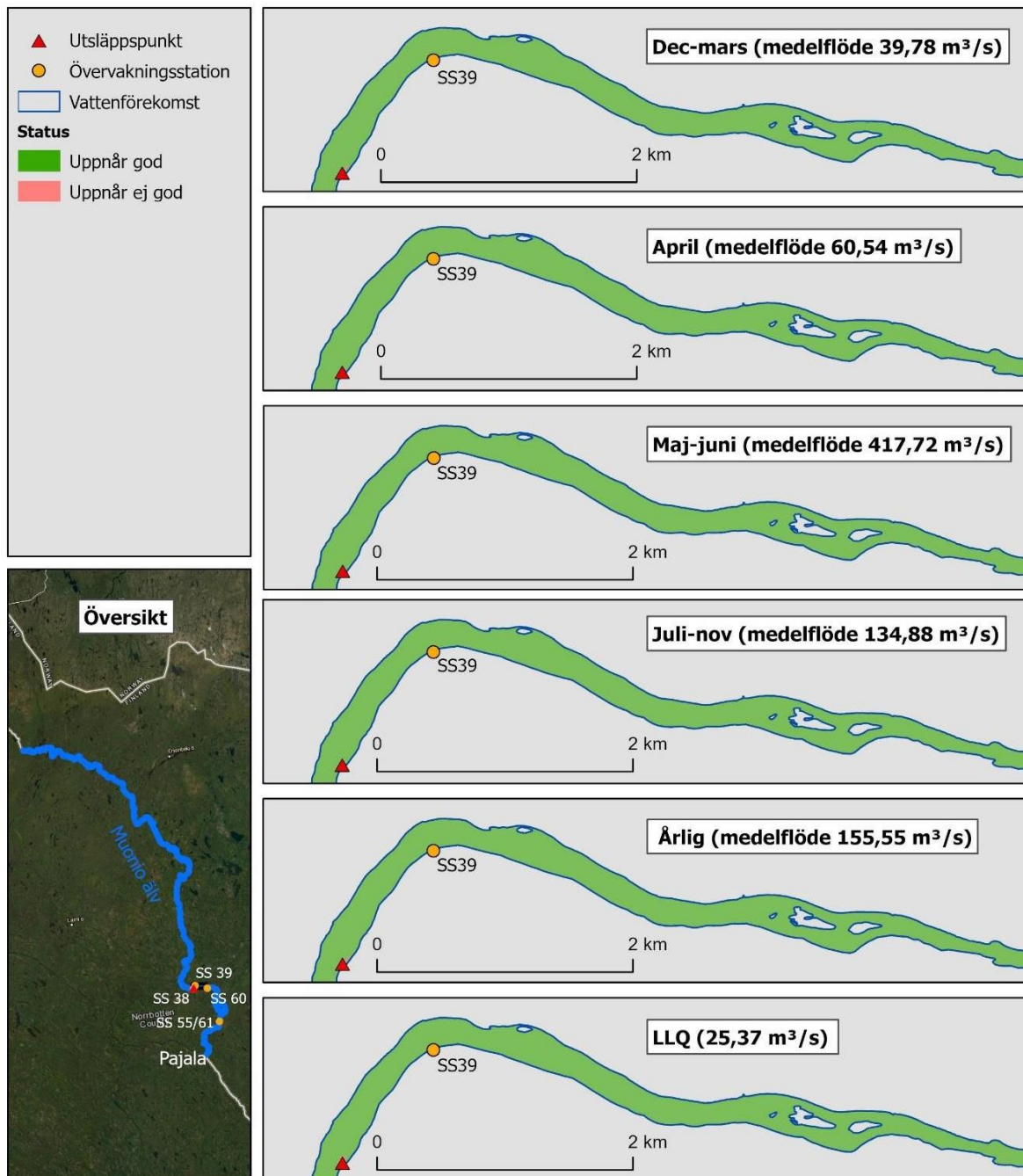
Kuva 9. Selvitys uraanin arviointiperusteen ylittävistä ja alittavista alueista 11. tuotantovuodelle (Pr11).

KAUNIS IRON AB:S UTSLÄPP TILL MUONIO ÄLV - REDOVISNING AV OMRÅDEN ÖVER RESPEKTIVE UNDER BEDÖMNINGSGRUND (HVMFS 2019:25) I BERÖRD VATTENFÖREKOMST (WA22394456)

Nickel i ytvatten inom prioriterade ämnen (kemisk miljöstatus). Resultatet uttrycks som procentuell andel av vattenförekomstens area.



Status	Scenario Nickel					
	Dec-mars Pr11	April Pr11	Maj-juni Pr11	Juli-nov Pr11	Årlig Pr11	LLQ Pr11
Uppnår god	53 063 235 m ² 100.00%	53 065 029 m ² 100.00%	53 065 029 m ² 100.00%	53 065 029 m ² 100.00%	53 063 258 m ² 100.00%	53 063 028 m ² 100.00%
Uppnår ej god	1 794 m ² 0.00%	0 m ² 0.00%	0 m ² 0.00%	0 m ² 0.00%	1 772 m ² 0.00%	2 002 m ² 0.00%



Kuva 10. Selvitys nikkelin arviointiperusteen ylittävistä ja alittavista alueista 11. tuotantovuodelle (Pr11).

Kumulatiivinen vesikemia

Yhtiön päästöt yhdistyvät myöhemmin Muonionjoen alajuoksulla Hannukaisen kaivostoiminnan päästöjen kanssa (Kuva 1). Jotta voidaan selvittää vesikemian muutoksia haetulle toiminnalle, jossa päästöt yhdistyvät, toteutetaan kumulatiivinen laskentaesimerkki. Laskentaesimerkki perustuu:

- sille, että Kaunis Ironin 11. tuotantovuosi ja Hannukaisen 19. tuotantovuosi ovat samaan aikaan (päästettyjen aineiden vuotuiset keskipitoisuudet)
- Kaunis Ironin ja Hannukaisen vuotuisiin keskiarvoihin 11. ja 19. tuotantovuodelle
- Muonionjoen keskivirtaamaan (MQ):
 - ✓ 155,55 m³/s Kaunisin päästöasemalla
 - ✓ 157,36 m³/s seuranta-asemalla SS60
 - ✓ 182,86 m³/s seuranta-asemalla SS55/61
- purkuvesistöpitoisuudet seuranta-asemalta SS38 (ylävirtaan kummastakin toiminnasta) vuodelta 2021

Taulukossa 4 esitetään päästömuuttujien lasketut pitoisuudet Muonionjoessa alavirtaan Hannukaisen päästölähteestä seuranta-asemalla SS55/SS61 vuodelta 2021 ja 11. tuotantovuodelle. Taulukossa esitetään myös prosentuaalinen osuus kunkin aineen ja kaivostoiminnan (sekä 11. että 19. tuotantovuodelle) arvioidusta massansiirrosta. Prosentuaalinen osuus selvittää lasketun kumulatiivisen vesikemian osuutta seuranta-asemalla SS55/61.

Huomatkaa, että joen virtaama toiminnasta alavirtaan seuranta-asemalla SS55/61 on alajuoksun sivujokien vuoksi suurempi kuin seuranta-asemalla SS60 ja Kaunisin päästöasemalla. Tämän vuoksi tiettyjen muuttujien osalta lasketut purkuvesistöpitoisuudet pienenevät myös sen jälkeen, kun kummankin toiminnan ylijouksuusi on sekoittunut jokeen.

Taulukko 4. Vuoden 2021 purkuvesistöpitoisuudet seuranta-asemalla SS55/61 ja lasketut kumulatiiviset pitoisuudet 11./19. tuotantovuodelle asemilla SS60 ja SS55/61.

Muuttuja (µg/l)	Laskettu purkuvesistöpitoisuus asemalla SS60 11. tuotantovuosi	Mitattu purkuvesistöpitoisuus asemalla SS55/SS61 vuonna 2021	Laskettu purkuvesistöpitoisuus asemalla SS55/61 (Kaunisin 11. + Hannukaisen 19. tuotantovuosi)	Kaunis Ironin osuus lasketusta aineensiirrosta MQ:ssa (%)	Hannukaisen osuus lasketusta aineensiirrosta MQ:ssa (%)
Ag	-	-	-	-	-
Al	30,51	31,38	26,58	0,01 %	2,36 %
Alk (CaCO ₃)	21 759,36	20 500,00	-	-	-
As	0,05	0,06	0,04	0,10 %	5,02 %
Au	-	-	-	-	-
B	-	-	-	-	-
Ba	6,91	8,95	-	-	-
Be	-	-	-	-	-
Ca	3 933,23	4 325,00	3 818,40	4,08 %	12,38 %
Cd	<0,01	<0,01	0,01	0,39 %	5,73 %
Cl	768,32	845	742,60	13,65 %	11,99 %
Co	0,04	0,07	-	-	-
Cr	0,21	0,24	0,26	1,83 %	30,65 %
Cu	0,34	0,21	0,32	0,07 %	10,40 %
F	-	-	-	-	-
Fe	343,83	937,75	293,50	0,00 %	0,35 %
Fe(2)	-	-	-	-	-
Fe(3)	-	-	-	-	-
Hg	<0,02	<0,02	0,02	0,04 %	6,65 %
K	756,49	667,50	828,50	8,71 %	22,33 %
Li	-	-	-	-	-
Mg	1 104,24	1 297,50	983,33	3,76 %	4,48 %
Mn	4,59	15,63	4,50	0,00 %	13,12 %
Mo	0,27	0,20	0,24	10,84 %	5,47 %
Nitraattityppi	29,53	23,10	-	-	-
Nitriittityppi	0,00	2,85	-	-	-
Ammonium-typpi	-	<10,00	-	-	-
Na	1 620,73	1 575,00	1 483,46	3,53 %	7,06 %
Ni	0,32	0,20	0,28	34,97 %	5,42 %
P	8,79	16,10	7,96	0,38 %	6,17 %
Pb	0,03	0,03	0,02	0,01 %	8,49 %
Rb	-	-	-	-	-
Sulfaatti	5 116,01	2 600,00	6 125,14	33,51 %	28,95 %
Sb	-	-	-	-	-
Se	-	-	-	-	-
Si	3 441,67	3 875,00	-	-	-
Sn	-	-	-	-	-
Sr	18,95	19,25	-	-	-
Ti	-	-	-	-	-
Tl	-	-	-	-	-
U	0,08	0,08	0,08	10,35 %	15,09 %
V	0,16	-	-	-	-
W	-	-	-	-	-
Zn	1,71	1,14	1,50	3,41 %	2,79 %

Aineet (mg/l)	joulu- maaliskuu	huhtikuu	2021 touko- kesäkuu	heinä- marraskuu	vuotuinen	
Ag	-	-	-	-	-	
Al	-	0,005	0,006	0,005	0,005	
Emäksisyys (mg CaCO ₃ -l)	-	153,22	112,18	146,90	136,07	
As	-	0,00014	0,0001	0,00011	0,00012	
Au	-	-	-	-	-	
B	-	-	-	-	-	
Ba	-	0,06	0,05	0,06	0,05	
Be	-	-	-	-	-	
Ca	-	38,20	27,44	26,00	29,70	
Cd	-	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	
Cl	-	124,44	89,09	124,00	111,33	
Co	-	0,0007	0,0002	0,0002	0,0003	
Cr	-	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	
Cu	-	0,0012	0,0004	0,0004	0,0006	
F	-	-	-	-	-	
Fe	-	0,37	0,35	0,33	0,35	
Fe(2)	-	-	-	-	-	
Fe(3)	-	-	-	-	-	
Hg	-	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002	
K	-	30,60	26,22	49,83	34,40	
Li	-	-	-	-	-	
Mg	-	34,20	26,22	31,00	29,65	
Mn	-	0,22	0,05	0,04	0,09	
Mo	-	0,006	0,007	0,009	0,007	
Ammoniumtyppi NH ₄	-	0,70	0,18	0,09	0,30	
Ammoniakkityppi NH ₃	-	0,0008	0,0005	0,0002	0,0005	
Nitraattityppi NO ₃	-	1,25	1,01	0,95	1,06	
Nitriittityppi NO ₂	-	0,08	0,05	0,05	0,06	
Na	-	43,80	34,22	56,33	43,25	
Ni	-	0,0012	0,0007	0,0005	0,0008	
P	-	0,010	0,011	0,008	0,010	
Pb	-	0,00002	0,00003	0,00002	0,00002	
pH	-	7,1	7,5	7,9	7,4	
Rb	-	-	-	-	-	
Sulfaatti	-	96,00	86,00	116,67	93,91	
Sb	-	-	-	-	-	
Se	-	-	-	-	-	
Si	-	4,52	2,30	2,70	2,98	
Sn	-	-	-	-	-	
Sr	-	0,13	0,10	0,12	0,11	
Ti	-	-	-	-	-	
Tl	-	-	-	-	-	
U	-	0,0006	0,0006	0,0003	0,0005	
V	-	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	
W	-	-	-	-	-	
Zn	-	0,005	0,003	0,002	0,003	

(-ei päästövirtaamaa)

11. tuotantovuosi					
Aineet (mg/l)	joulu-maaliskuu	huhtikuu	touko-kesäkuu	heinä-marraskuu	vuotuinen
Ag	-	-	-	-	-
Al	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002
Emäksisyys (mg CaCO ₃ -l)	8,39	8,943	6,331	4,712	6,562
As	0,00005	0,00002	0,00002	0,00003	0,00004
Au	-	-	-	-	-
B	-	-	-	-	-
Ba	0,013	0,018	0,017	0,016	0,015
Be	-	-	-	-	-
Ca	160,09	93,68	88,56	125,89	128,38
Cd	0,00004	0,00002	0,00002	0,00003	0,00003
Cl	108,40	55,98	58,62	79,01	83,49
Co	0,005	0,004	0,004	0,004	0,004
Cr	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
Cu	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
F	0,303	0,200	0,185	0,250	0,253
Fe	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
Fe(2)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Fe(3)	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
Hg	0,00001	0,00001	0,00000	0,00001	0,00001
K	78,51	37,74	38,76	56,77	59,43
Li	-	-	-	-	-
Mg	34,95	26,29	24,10	30,14	30,42
Mn	0,000003	0,000002	0,000002	0,000002	0,000002
Mo	0,024	0,020	0,018	0,021	0,021
Ammoniumtyppi NH ₄	-	-	-	-	-
Ammoniakkityppi NH ₃	-	-	-	-	-
Nitraattityppi NO ₃	5,31	2,90	2,87	4,02	4,16
Nitriittityppi NO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	59,48	24,25	27,09	40,26	43,14
Ni	0,098	0,061	0,059	0,082	0,082
P	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02
Pb	0,000002	0,000002	0,000002	0,000002	0,000002
pH	7,3	7,3	7,1	7,0	7,1
Rb	-	-	-	-	-
Sulfaatti	2416,23	839,54	1012,80	1551,20	1690,50
Sb	0,019	0,013	0,012	0,016	0,016
Se	-	-	-	-	-
Si	-	-	-	-	-
Sn	-	-	-	-	-
Sr	0,17	0,09	0,09	0,13	0,13
Ti	-	-	-	-	-
Tl	-	-	-	-	-
U	0,007	0,007	0,006	0,007	0,007
V	-	-	-	-	-
W	-	-	-	-	-
Zn	0,047	0,034	0,033	0,043	0,042

(-ei päästövirtaamaa)