

Kaunis Iron AB:n ylivuotoveden leviäminen ja laimeneminen Muonionjoessa

UMEÅ TINGSRÄTT
Domare 2:5

INKOM: 2022-06-08
MÅLNR: M 2090-19
AKTBIL: 682

2020-02-14



wsp

Översättning
ref.nr: 73039881

Stockholm
2022-06-10

Semantix

KAUNIS IRON AB:N YLIVUOTOVEDEN LEVIÄMINEN JA LAIMENEMINEN MUONIONJOESSA

ASIAKAS

Kaunis Iron AB

KONSULTTI

WSP Environmental Ruotsi

Box 758
WSP Sverige AB
851 22 Sundsvall
Käyntios.: Sjögatan 13
Puh: +46 10 722 50 00

wsp.com

YHTEYSHENKIÖ

TOIMEKSIANNON NIMIKE
Vastaanottava vesistö, Kaunis
Iron

TOIMEKSIANNON NUMERO
10297266

KIRJOITTAJA
Per Holmlund, Karin Dyrestam,
Anna Åkesson, Michael
Graslund

PÄIVÄMÄÄRÄ
6.2.2020

Per Holmlund
Puhelin +46 10-721 08 23
Matkapuhelin +46 70-377 69 24
per.holmlund@wsp.com

Tarkistanut
Cecilia Muntlin

Hyväksynyt

Yhteenveto

Kaunis Iron AB laskee luvanmukaisesti ylivuotoveden Muonionjokeen. WSP Environmental on saanut toimeksiannon tutkimuksesta, joka selvittää tietämyksen tilaa yhtiön ylivuotovesipäästöjen sekoittumisesta ja leviämisestä jokeen. Hankkeen tavoitteena on myös luoda työkalu, jolla voidaan ottaa huomioon vaikutusten maantieteellinen laajuus arvioinnissa ja arvioitaessa kerättyjä vastaanottajätietoja.

Toimeksianto toteutetaan keräämällä ja analysoimalla tietoa Kaunis Iron AB:stä ja Muonionjoesta. Sen jälkeen luodaan joesta malli, joka perustuu todellisiin syöttötietoihin, kuten batymetriaan, putoamiskorkeuteen, virtaamiin, joen vedenkorkeuksiin ja nopeuksiin sekä tietoihin toiminnan ylivuodosta.

Malli kalibroidaan muun muassa olemassa olevilta vastaanottajan valvonta-asemilta kerättyjen mittaustietojen perusteella. Kalibroidun mallin perusteella toteutetaan sen jälkeen valikoima skenaarioita, jotka selvittävät tietämyksen tilaa yrityksen ylivuotoveden sekoittumisesta ja leviämisestä jokeen.

Yhteenvetona voidaan todeta, että valmistunut malli onnistuu hyvin kuvaamaan jokiveden kulkeutumista mitattuihin todellisiin olosuhteisiin verrattuna. Tulokset osoittavat, että ylivuotoveden päästövana pysyttelee joen itäpuolella jopa heti testipisteen SS39 alajuoksulla. Siellä joki kääntyy ja muuttaa suuntaa, mikä edistää ylivuotoveden leviämistä ja laimenemista joen koko leveydeltä. Joen virtaaman ja yrityksen ylivuotovirtaaman välisen suhteen perusteella tämän suhteen kattaman osuuden pituus vaihtelee noin 2–7 km: n välillä.

Testipiste SS39 sijaitsee päästövanan keskilinjassa ja käytettyjen skenaarioiden perusteella 0,06–1,73 % mittauspisteen vedestä arvioidaan olevan peräisin ylivuotoviemäristä. Testipisteessä SS55 ylivuotovesi on sekoittunut joen koko leveydeltä ja syvyyteen, ja siellä arvioidaan, että 0,006–0,64% mittauspisteen veden olevan peräisin ylivuotoviemäristä.

Tämä tutkimus on tärkeä osa Muonionjoen nykyisen vastaanottajavalvonnan muutostarpeiden selvittämistä ja osa Kaunis Irons AB:n työtä tiedonrakennustoiminnassa.

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
2	TARKOITUS	6
2.1	MENETELMÄN JA TOTEUTUKSEN VALINTA KÄYTTÖTARKOITUKSEN PERUSTEELLA	6
3	MENETELMÄ	7
3.1	TIEDONKERÄÄMINEN, MALLINTAMINEN JA EDELLYTYKSET	7
3.2	MITTAUS	7
3.3	BATYMETRIA JA MAASTOMALLI	9
3.4	VIRTAAMAN MALLINNUS	10
3.5	MALLIALUE (RAJAUS- JA RAJAEHDOT)	11
3.6	KALIBROINTI	11
3.7	VIRTAAMAT MUONIONJOESSA	14
3.8	YLIVUOTOVESI YHTIÖLTÄ MUONIONJOKEEN	17
3.8.1	Tulevat päästötiedot vuosilta 2020, 2027 ja 2030	18
3.9	MALLINNUSSKENAARIOT PROJEKTIN TARKOITUKSENPERUSTEELLA	20
3.10	MITTAUSPISTEET	20
4	TULOS	22
4.1	MALLINNETUT VEDENKORKEUDET, NOPEUDET JA VIRTAUKSEN SUUNTAMUONIONJOESSA	22
4.2	PÄÄSTÖVEDEN LEVIÄMINEN JA LAIMENEMINEN VALITUISSA SKENAARIOISSA 23	
4.2.1	Edustavuus suhteessa keskimääräisiin virtaamiin ajanjaksolla	30
5	KESKUSTELU JA PÄÄTELMÄT	30
5.1	MALLIMUONIONJOESTA	30
5.2	JOITAKIN TÄRKEITÄ PÄÄTELMIÄ MALLITULOSTEN PERUSTEELLA	31
5.3	TESTAUSPAIKKOJEN SIJAINTI MUONIONJOESSA	31
6	VIITTEET	31

1 Johdanto

Kaunis Iron (jäljempänä 'yhtiö') on tilannut WSP:ltä tutkimuksen, jossa selvitetään tietoa yhtiön päästämien ylivuotoveden sekoittumisesta ja leviämisestä Muonionjokeen. Yhtiön viestinnässä asianomaisten sääntelyviranomaisten kanssa on herännyt kysymyksiä Muonionjoen vedenlaadun seurannan testaustilojen ja yhtiön ylivuotovesipäästöjen välisestä yhteydestä.

2 Tarkoitus

Toimeksiannon päätavoitteena on :

1. Luoda perusta tiedon lisäämiselle siitä, miten yhtiön päästöt leviävät ja laimenevat vastaanottajavesistössä, Muonionjoessa (vesistö WA22394456).
2. Hankkeen tavoitteena on myös luoda työkalu, jolla voidaan tehdä selkoa vaikutusten maantieteellisestä laajuudesta arvioitaessa kerättyjä vastaanottajatietoja.

2.1 Menetelmän ja toteutuksen valintakäyttötarkoituksen perusteella

Luomalla joen malli, joka perustuu todellisiin syöttötietoihin (batymetria, putoamiskorkeus ja virtaamat), joka sisältää myös toiminnan päästöt, voidaan tehdä tarkka kartoitus jätevesien leviämisestä ja laimenemisestä. Mallin etuna on, että siinä voidaan ottaa huomioon sekä toiminnan että vastaanottajan vaihtelu. Vaihtelua kuvataan osin ajan mittaan muuttuvien virtaamien perusteella (sekä vastaanottajavesistössä 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 yksisuuntainen leviäminen. Pelkästään yksittäisissä paikoissa ja harvoin tehtävät mittaukset eivät myöskään voi esittää 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 tarkoittaa, että on mahdollista määrittää ja selvittää, miten yritys suhtautuu lainkohtaan, joka koskee vesistön hyödyntämistä vastaanottajana.

Tarkoituksen saavuttamiseksi tunnistettiin seuraavat pääasialliset työvaiheet:

1. Tietojen kerääminen ja edellytykset
 - Geometrinen tietojenkerääminen ja mittaus
 - Hydrologisten tietojen ja päästötietojen kerääminen yhtiöltä
2. Mallinnus
 - Mallin rakentaminen ja kalibrointi
3. Tulosten esittäminen
 - Muonionjoen ylivuotoveden sekoittuminen ja leviäminen, kunnes se on sekoittunut täysin (tasaisesti jakautunut pitoisuus joen koko leveydelle ja syvyydelle jatkuvassa virtaamassa)
 - Yhtiön ylivuotoveden osuus vastaanottavilla valvonta-aseilla SS39 ja SS55

Jotta tämä raportti voitaisiin koota luettavaan muotoon, yleisen menetelmäkuvauksen (3.1 luku) jälkeinen luku, mukaan lukien kappale 4 *Tulokset*, sisältää sekä menetelmäkuvauksen että tulokset (aluekartat, hydrologiset olosuhteet ja päästötiedot) yhdessä ainoassa luvussa. Pääotsakkeen *Tulokset* alla selostetaan hankkeen tarkoituksen 1 tulokset.

3 Menetelmä

3.1 Tiedonkerääminen, mallinnus ja edellytykset

Jotta voitaisiin ymmärtää vesistön hydrologiaa ja sen vuorovaikutusta yhtiön päästöjen kanssa ja hydraulisen mallin luomiseksi, on kerätty erilaisia tietoja. Alla olevissa sisennyksissä luetellaan käytettyjen tietojen ja lähteiden tyyppi:

Batymetria

- Laserkeilausaineisto Maanmittausvirastosta (korkeustiedot)
- LAS-tiedot Suomesta (korkeustiedot)
- Mitatut pohjatasot (hydrografia)

Hydrologia

- Virtaamat Ruotsin Ilmatieteenlaitoksen (SMHI) mittausasemalta Kallio2 (saatavissa oleva mittaussarja 1987-2020)
- Virtaamat Ruotsin Ilmatieteenlaitoksesta - mallinnetut virtaamatiedot Vattenwebbistä (S-HYPE)

Kaunis Iron AB:n päästötiedot

- Virtaamatiedot (2018-2019) päästöpaikasta (KI pumppausasema 062 (Pro6))

Vedenpinta (alarajaehdot)

- Alarajaehdot, Tornionjoen taso, Yleiset tulvakartoitukset (MSB, 2017)

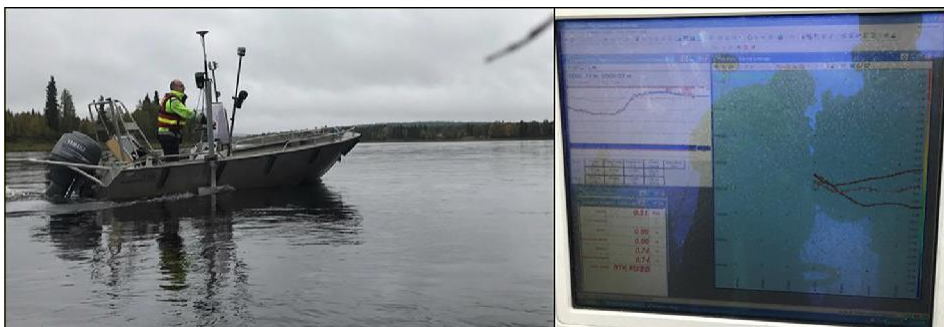
Mallinnus ja kalibrointi

- Nopeuksien ja vedenkorkeuksien mittaukset – WSP:n kenttätyön yhteydessä 10.–12.9.2019

3.2 MITTAUS

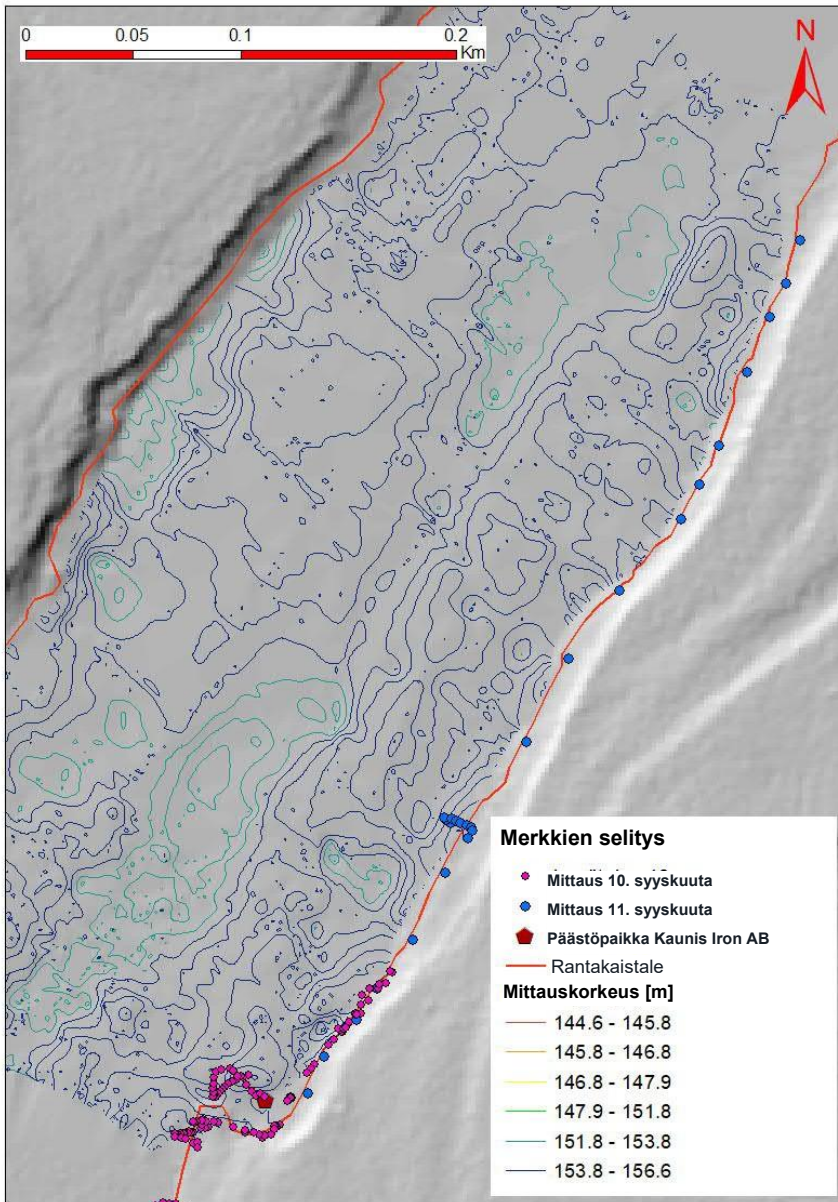
Muonionjoen pohjatasojen ja rantavyöhykkeen korkeusmittaukset tehtiin 10.–12.9.2019 (Kuva 1). Mittaukset tekivät veneestä ja maalta Per Holmlund ja Torbjörn Vestlund.

Käytettyihin laitteisiin kuului Singlebeam kaikuluotain (Navi Sound NS600), jonka taajuus oli 200 kHz. Paikannuksessa käytettiin Leica 1230 GPS -asemaa ja Trimble R10 GNSS :ää. Syvyystietoja käsiteltiin PDS 2000 -ohjelmistolla kenttämittauksen jälkeen.



Kuva 1. Vasemmalla kuva hydrografisesta mittauksesta Muonionjoen hankealueen alaosassa. Oikealla on kuva kenttätietokoneesta joen arviointilinjojen mittauksesta, jossa tallennetaan sijainti ja syvyys.

On laadittu teräväpiirtoinen kaavio, josta käy ilmi itse päästöalueen yhteydessä oleva pinta-ala yrityksen purkupisteen yläpuolella olevasta nykyisestä osasta noin 1,3 km alavirtaan (kuva 2). Alavirtaan päästöalueelta mallin batymetria koostuu arviointilinjojen mittauksesta kuvassa 3 esitettyjen pisteiden poikki.



Kuva 2. Batymetria, jossa hydrografiseen mittaukseen perustuvat tasokäyrät sekä pistemittaukset rantavyöhykkeellä sekä vedenkorkeudessa että pohjalla.



Kuva 3. Pisteet näyttävät mitattujen arviointilinjojen sijainnin joen ylitse sen lisäksi, mitä näkyy teräväpiirtoisesta merkikortista, joka on laadittu yhtiön päästöpaikan yhteydessä. Punainen viiva esittää mallialueen laajuutta.

3.3 Batymetria ja maastomalli

Vesistön batymetria kuvaa vesistön fyysistä muotoa veden alla ja vastaa maalla topografiaa. Muoniojoen batymetria on luotu LAS-tietoihin yhdistettyjen mittausten perusteella (ks. Kuvat 2 ja 3). LAS-tiedot ovat korkeuksien pistepilvi, joka kuvaa vedenpinnan yläpuolella olevaa topografiaa. Batymetria ja topografia on yhdistetty maastomalliksi, joka muodostaa perustan vesistön geometrian kuvaukselle, jota havainnollistetaan Kuvassa 4.

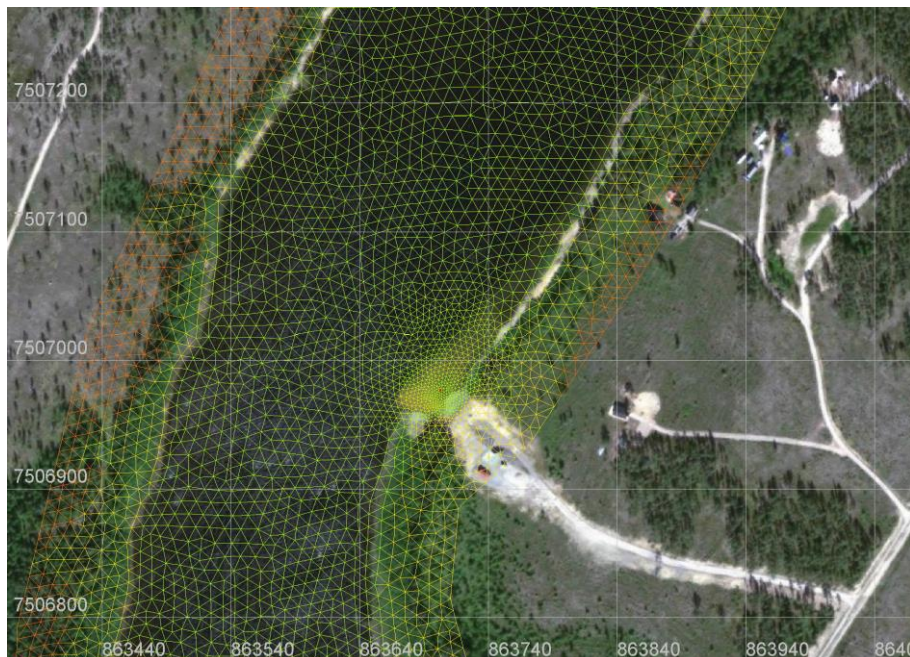


Kuva 4. Maastomalli joen pohjasta ja lähiympäristöstä. Värit kuvaavat korkeutta merenpinnasta RH 2000: ssa. Virtaaman suunta (ks. sininen virtaamanuoli) oikeasta alakulmasta (punakeltaiset sävyt) oikeaan yläkulmaan (sinivihreät sävyt).

3.4 Virtaaman mallinnus

Muonionjoen osuuden mallinnuksessa, joka sisältää yhtiön ylivuotovesipäästön, on käytetty TELEMAC MASCARET -ohjelmistoa. TELEMAC-ohjelmisto on niin sanottu avoimen lähdekoodin ohjelmisto pintaveden mallinnukseen kahdessa ja kolmessa ulottuvuudessa. TELEMAC-ohjelmiston on alun perin kehittänyt Laboratoire National d'Hydraulique et Environnement, Pariisi, Ranska, mutta se on nyt avoimen lähdekoodin järjestelmä, jota kehitetään jatkuvasti konsortiossa, joka koostuu muun muassa useista eri akateemisista toimijoista. Ohjelmistojärjestelmää on käytetty useissa sadoissa tieteellisissä tutkimuksissa (TELEMAC- MASCARET, 2019).

TeleMAC 2D laskee muun muassa virrat (nopeus), lämpötilan ja turbulenssin veden liikkeitä kahdessa ulottuvuudessa kuvaavien Saint Venantin yhtälöiden perusteella. Yhtälöt laskevat veden liikkeen gravitaatio-, kitka- ja painevoimien funktiona, johon vaikuttavat muun muassa joenuoman muoto (maastomalli) ja vallitsevat virtaamaolosuhteet. Mallin yhtälöitä käytetään kussakin laskennallisen, erikokoisista kolmionmuotoisista elementeistä koostuvan ruudukon solmussa. Laskennallisen ruudukon teräväpiirtoisuus on olennaisesti 10 m, eli kolmion sivut ovat 10 m. Tämä tarkoittaa, että 10 metrin välein veden liikkeitä itse mallialueella lasketaan mallissa käytettyjen virtaamaolosuhteiden perusteella sille ajalle, jota mallissa käytetään. Aivan purkupisteen viereen on luotu pienempiä 2 ja 5 metrin kolmioita (Kuva 5).



Kuva 5. Laskentaverkko yhtiön päästöpaikalla ja sen ympärillä.

Vesistön karheus (kitka) on kuvattu mallissa Manning-kaavan arvoilla (Manning-kaavan arvo, n , on arvo välillä 0 ja 1). Alhainen Manning-kaavan arvo kuvaa sileää pintaa, eli kitka on alhainen. Korkea Manning-kaavan arvo tarkoittaa, että pinta on heterogeeninen ja kitka lisääntynyt. Manning-kaavan arvoksi Muonionjoessa on asetettu $n = 0,028 \text{ s/m}^{1/3}$.

Jotta voidaan helposti ja nopeasti testata erilaisia raja-arvoja ja olosuhteita, kuten Tornionjoen vedenkorkeutta ja Manning-kaavan arvoja, on myös luotu yksinkertainen projektialueen 1D-malli, joka mahdollistaa nopeat malliajot täydentävillä summittaisilla tuloksilla.

3.5 Mallialue (rajaus ja raja-arvot)

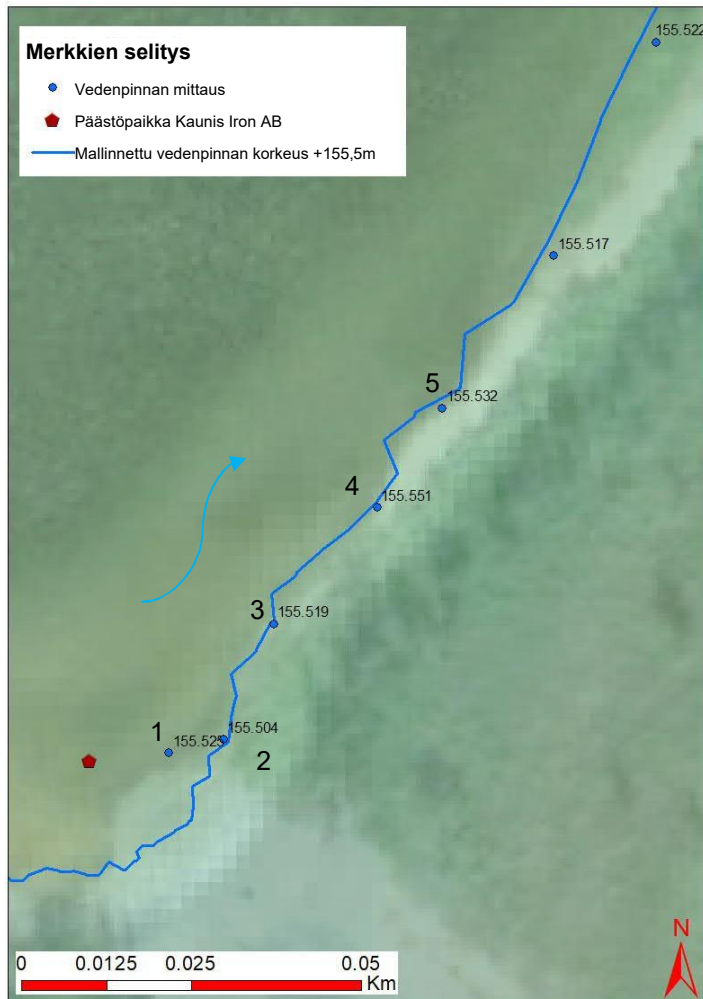
Yhtiön ylivuotoveden päästöt koskevat osaa Muonion vesimuodostumasta (WA22394456). Koko vesimuodostuma on noin 240 km pitkä ja alkaa välittömästi Kaaresuvannon pohjoispuolelta ja päättyy Pajalan lähellä Muonionjoen yhdistyessä Tornionjokeen. Hydraulinen malli kattaa vesimuodostuman osan yhtiön päästöpaikan pohjoispuolelta Muonionjoen ja Tornionjoen yhtymäkohdalle. Tämä osuus on noin 50 km pitkä ja vastaa noin 21 prosenttia vesistön kokonaispituudesta.

3.6 Kalibrointi

Hydraulinen malli on kalibroitu kenttämittauksen aikana 10.-12.9.2019 kerätyillä taso- ja nopeustiedoilla. Virtaamat on saatu SMHI:n virtaamatiedoista Vattenwebbistä (hydrologinen malli HYPE) samoilta päiviltä kuin kentällä tehdyt mittaukset. Näitä tietoja on käytetty mallin kalibrointiin tasojen ja nopeuksien suhteen. Mallin vedenkorkeutta on verrattu useissa paikoissa vesistön varrella. Painopiste on ollut päästöpaikkaa lähinnä olevalla alueella ja SS39-mittausasemalla. Tulos osoittaa, että malli ja todellisuus (kenttämittaukset) ovat oikein desimetrin tasolla, mutta poikkeavat muutamassa pisteessä enintään muutaman senttimetrin verran (ks. Taulukko 1 ja Kuva 6). Tässä yhteydessä yrityksen ja joen välisten olosuhteiden laskenta- ja simulointiolosuhteiden muodossa olevaa tulosta pidetään erittäin hyvänä. Muun hankealueen mittaus- ja mallitulosten kooste on esitetty Taulukossa 2, Kuvissa 7 ja 8.

Taulukko 1. Taulukossa on mitattuja ja mallinnettuja vedenkorkeustietoja muutamasta paikasta vesistön varrelta.

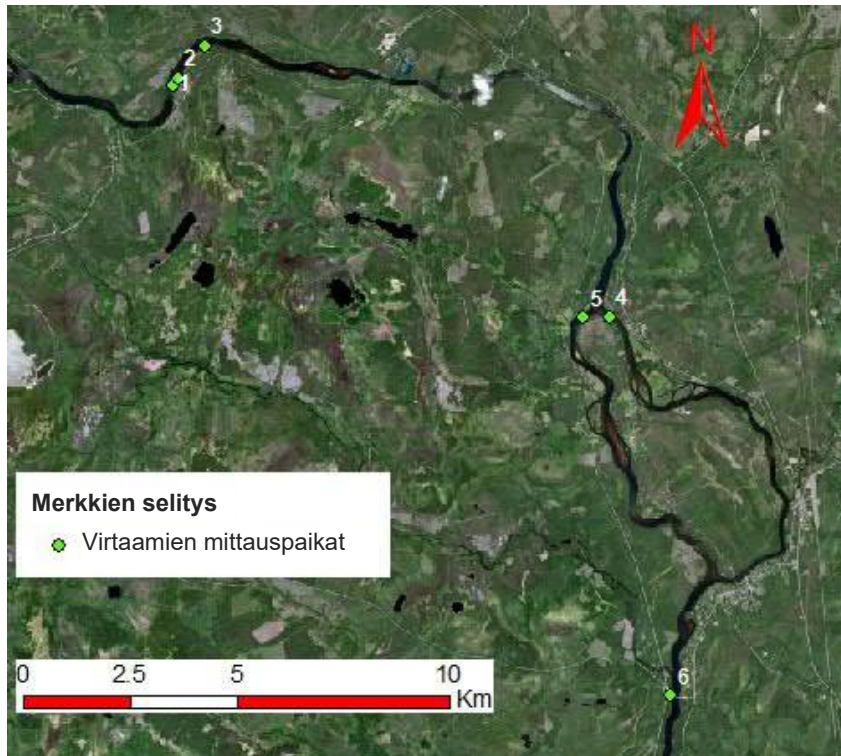
Mittauspiste	Mitattu vedenkorkeus [m]	Mallinnettu vedenkorkeus [m]
1	155,525	155,53
2	155,504	155,53
3	155,519	155,53
4	155,551	155,53
5	155,532	155,53
SS39	154,921	154,85



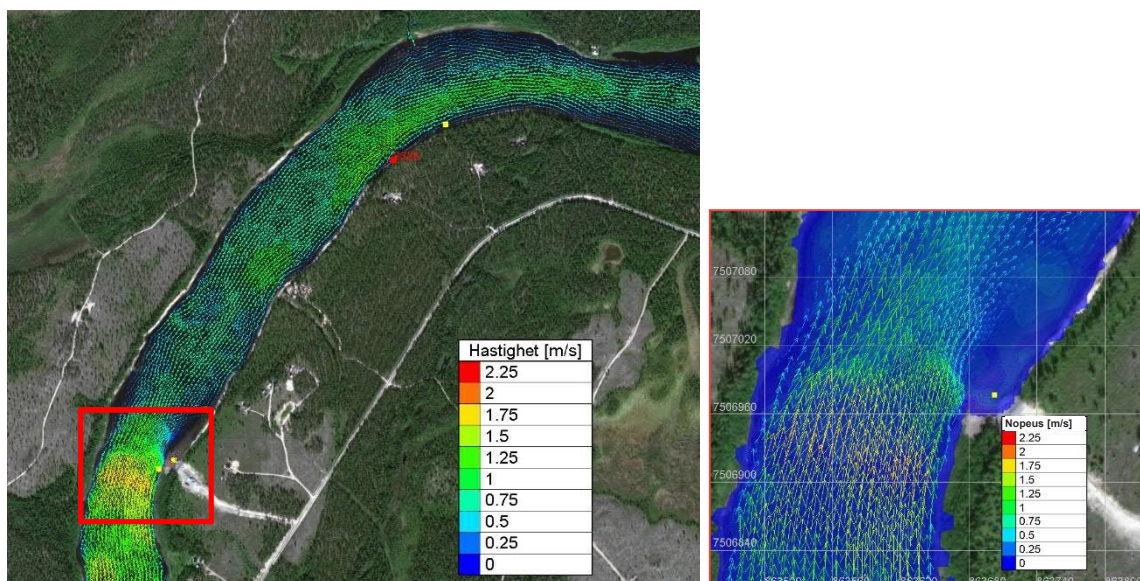
Kuva 6. Sininen viiva esittää vesistön mallinnettua tasoa (+155,55 m). Siniset pisteet esittävät mitattuja vedenkorkeuksia (11.9.2019) vesistön reunalla päästöpaikalla. Nuoli näyttää virran suunnan.

Taulukko 2. Mitatut ja mallinnetut vedennopeudet (v) mallialueella.

Paikka	Mitattu vedennopeus [m/s]	Mallinnettu vedennopeus [m/s]
1	0,66	0,54
2	1,25	1,28
3	0,49	0,49
4	0,75	0,80
5	0,88	0,84
6	0,31	0,33



Kuva 7. Paikat 1-6, joissa mallinnettua nopeutta on verrattu mitattuihin nopeuksiin.

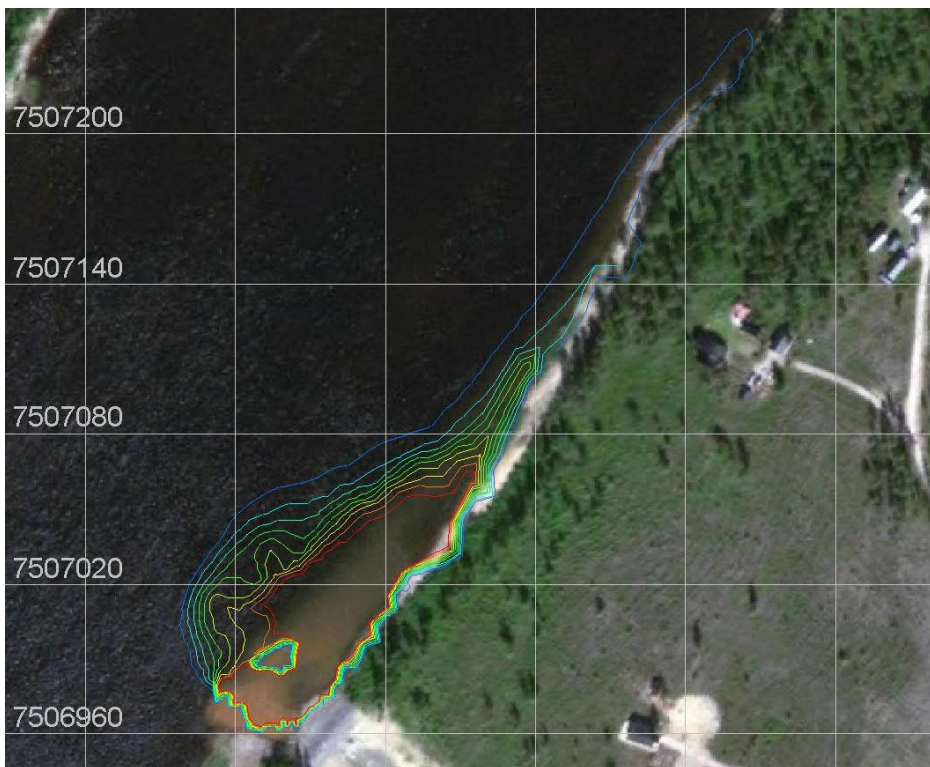


Kuva 8. Mallinnettu vedennopeus ajankohtana, joka kuvaa suhdetta kentällä 10.-12.9.2019. Vasemmassa kuvassa näkyy hieman pidempi osuus, joka sisältää päästöpaikan ja mittauspisteen SS39. Oikea kuva vastaa punaisella ruudussa merkittyä aluetta.

Kuvion 9 ilmakuvissa näkyy kaksi eri tilannetta, joissa yrityksen päästöt ovat näkyvissä tai näkymättömissä. Vasen kuva on otettu 12.7.2019, jolloin yhtiöstä ei tullut ulosvirtaamaa käytettävissä olevan mittaussarjan mukaisesti. Kuvassa ei myöskään näy savua päästöpaikalla. Oikeassa kuvassa on ruskea vana yrityksen päästöpiestestä, joka pysyttelee Muonionjoen itärannalla (Ruotsin puolella) ja liikkuu alavirtaan. Kaikissa malliajoissa, joissa erilaisia virtauksia yhtiöstä ja Muonionjoesta on testattu, päästövana käyttäytyy samalla tavoin kuin kuvassa. Kuvassa 10 esitetään yksi skenaario yhdessä ilmakuvan kanssa, jossa vana näkyy.



Kuva 9. Ilmakuvat yrityksen päästön sijainnista Muonionjoessa (merkitty vihreällä pisteellä). Vasemmassa kuvassa (12.7.2019) ei tapahdu päästöä, kun taas itärannikon päästövana näkyy oikeassa kuvassa (päivämäärä tuntematon). Huomaa, että joki virtaa etelästä pohjoiseen.



Kuva 10. Päästövana (ylivuotovesi) mallinnetusta skenaariosta huhtikuussa 2018 ilmakuvassa, jossa ylivuotovesi purkautuu Muonionjokeen.

3.7 Virtaamat Muonionjoessa

Muonionjoki on Ruotsin pohjoisin joki ja osa Ruotsin ja Suomen välistä rajaa. Pajalan alajuoksulla Muonionjoki virtaa Tornionjokeen, joka lopuksi virtaa Pohjanlahdelle. Suuri osa valuma-alueesta sijaitsee itäisessä naapurimaassa. Yhtiön päästöpuolella valuma-alue on noin 12 000 km² ja mallin alajuoksun rajalla (Tornionjoen yhtymäkohta) valuma-alue on noussut noin 14 500 neliökilometriin.

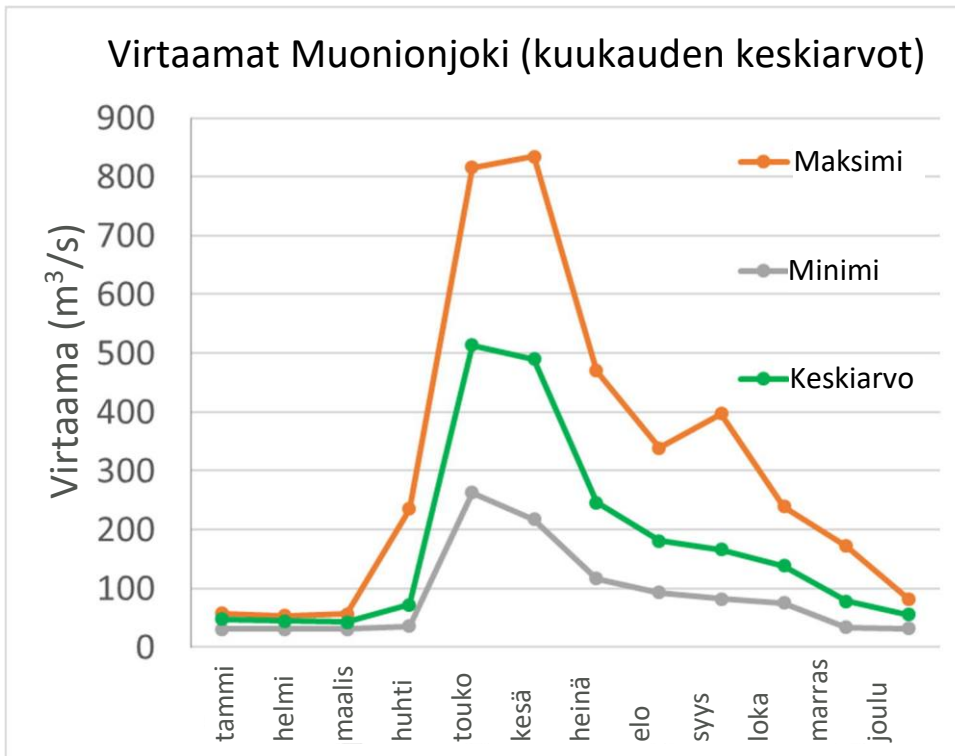
SMHI:n kansallisten hydrologisten mittausasemien verkostoon kuuluu mittausasema Muonionjoella (Kallio2), joka on Tornionjoen yhtymäkohdan yläjuoksulla. Kyseiselle asemalle on ollut virtaamasarja vuodesta 1987 lähtien. Viiteajanjakson virtaamatilastot esitetään Taulukossa 3 tyypillisten virtaamien osalta:

- HQ₅₀, korkea virtaama, paluu aika 50 vuotta
- MHQ, keskipitkä virtaama - sarjan kaikkien vuosien korkeiden virtaamien keskiarvo
- MQ, keskimääräinen virtaama
- MLQ, keskitason alhainen virtaama - vuoden alhaisen virtaaman keskiarvo sarjan kaikkina vuosina

Taulukko 3. Muonionjoen virtaamatilastot SMHI:n mittausasemalta Kallio2.

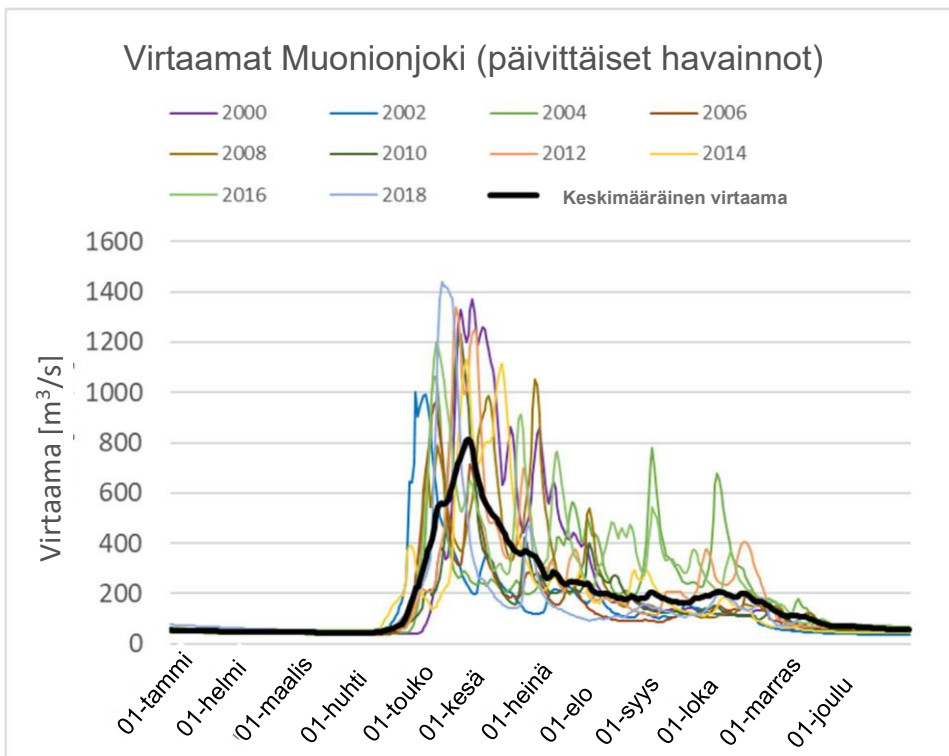
Virtaamatilastot (1981–2010)	virtaama mittausasemalla Kallio2 [m ³ /s]
HQ ₅₀	1720
MHQ	1060
MQ	174
MLQ	36,0

SMHI:n mitattuja virtaamatietoja voidaan tarkastella erittäin luotettavasti, mikä ei aina päde SMHI:n mallinnettuihin virtaamiin. Siksi Kallio2-mittausaseman havaintoja käytetään mieluiten tämän työn puitteissa yhdessä SMHI:n mallinnettujen virtaamien kanssa. Mittausaseman yläjuoksulla sijaitsevilla osuuksilla Kallio2-mittausaseman havaitut virtaamat on painotettu pinta-alan mukaan, eli virtaamien on oletettu olevan suoraan suhteessa yläjuoksun alueeseen. Tämä on likiarvo, joka vastaa erittäin hyvin keskimääräisissä olosuhteissa, mutta voi aiheuttaa joitain virhelähteitä äärimmäisissä virtaamaolosuhteissa. Yllä olevassa taulukossa ja mallinusskenaarioissa esitetyt virtaamat ovat mitattuja virtaamia, jotka sijaitsevat mallinnusalueen eteläosassa. Vesistön virtaamat vaihtelevat suuresti vuoden aikana ja ovat erittäin kausisidonnaisia. Kuukausiarvot (keskiarvo, vähimmäis- ja enimmäisarvot) ajalta 1981–2010 esitetään Kuvassa 11. Tärkeä päätelmä kuvasta on, että vuosivaihtelu (eri vuosien välinen ero) näyttää olevan merkittävä. Tämä tarkoittaa sitä, että esimerkiksi yksittäisen vuoden havaintojen päätelmiä ei välttämättä voida pitää edustavina ajanjakson ollessa pidempi. Joulukuun ja maaliskuun välisenä aikana virtaamat ovat yleensä vähäisiä, ja kevättulvan aikana, yleensä touko-kesäkuussa (mutta joskus jo huhtikuussa), virtaamat ovat yleensä suuria. Heinäkuun ja marraskuun välisenä aikana virtaamat ovat yleensä keskimääräisen virtaaman (MQ) kokoisia.



Kuva 11. Smhi:n Muonionjoen Kallio2-mittausasemalta saadut edustavat kuukausittaiset virtaamat (minimi-, keski ja maksimi-) vuosina 1981–2010 havaittujen päivittäisten virtaamien perusteella.

Virtaaman vaihtelu vuoden aikana ja vuosien näkyy Kuviossa 12, jossa SMHI:n Kallio2-mittausaseman havainnot esitetään kymmeneltä vuodelta (joka toinen vuosi 2000–2018). Huomaa ero alhaisten talvirentaamien ja kevättulvaan liittyvien korkeiden virtaamien välillä. Huomaa myös, että kevättulvan alku ja suuruus vaihtelevat vuosien välillä.

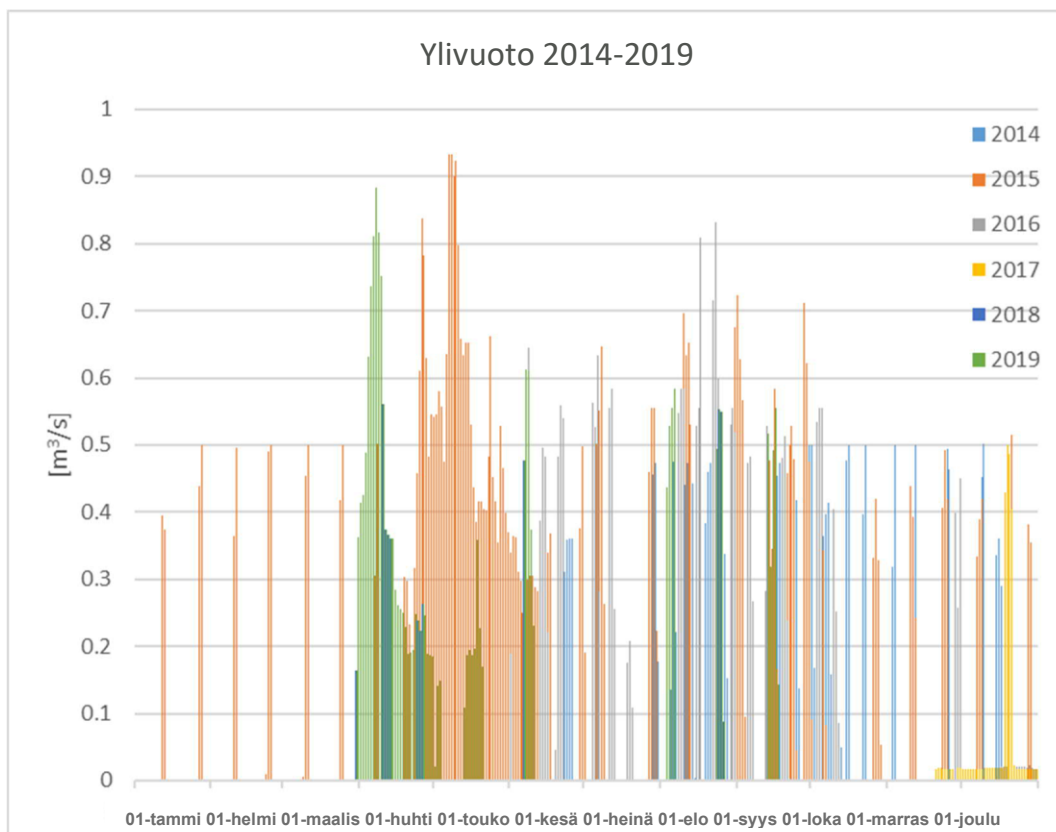


Kuva 12. Kallio2-mittausaseman havaittu virtaama (päivittäiset arvot) kymmenen eri vuoden ajalta 2000–2010 sekä saman ajanjakson keskiarvo (mustalla). Kaaviosta käy selvästi ilmi, että vuosien välinen ero esimerkiksi kevättulvan alun ja suuruuden osalta voi olla huomattava.

SMHI (2015) on selvittänyt alueen odotettuja ilmastonmuutoksia, ja selvitys esitetään julkaisussa *Framtidsklimat i Norrbottens län. (epävirall. Tulevaisuuden ilmasto Norrbottenin läänissä)* Muonionjoen hydrologisia trendejä ei ole raportoitu näin yksityiskohtaisesti, mutta ne vaikuttavat vastaavan Tornionjoen tuloksia. Tornionjoen vuotuisen tulovirtaaman odotetaan kasvavan 20–30 prosenttia kuluvan vuosisadan aikana (SMHI, 2015). Suurin tulovirtaaman kasvu tapahtuu talvella ja osoittaa sitten suuruusluokaltaan 50-100 prosentin kasvua (päästöskenaariosta riippuen) Tornionjoelle vuoteen 2100. Kevätvirtaamien huippua odotetaan aikaisemmin tänä vuonna, mutta nykyistä pienempänä. Myös kevät- ja syysvirtaamien odotetaan kasvavan, kun taas kesän tulovirtaamien odotetaan hieman vähenevän. Suurten virtaamien (joiden palautusajat ovat vastaavasti 10 ja 100 vuotta) odotetaan kuitenkin vähenevän noin 10–20% vuosisadan aikana.

3.8 Ylivuotovesi yhtiöstä Muonionjokeen

Yrityksen päivittäisiä ylivuotovirtauksia Muonionjokeen vuosina 2014–2019 on analysoitu. Yhtiön päästöt vaihtelevat vuoden aikana ja näyttävät yleensä seuraavan hydrologista vuotta Muonionjokeen virtaavien paikallisten tulovirtaamien osalta. Päästöt ovat kuitenkin useina päivinä vuodessa olemattomia tai hyvin vähäisiä (ks. Kuva 13), jota säätelee selkeyttämisaikaa vedenpinta. Kuviosta 13 käy myös selvästi ilmi, että virtaama matalalta tasolta nousee joskus jyrkästi lyhyen ajan, mikä voi johtua tilapäisesti lisääntyneestä paikallisesta valumasta, esimerkiksi lisääntyneestä paikallisesta tulovirtaamasta, joka johtuu esimerkiksi sademäärästä ja/tai lumen sulamisesta. Kunkin vuoden keskiarvot vaihtelevat välillä 0,06 m³/s (2017 ja 2019) ja 0,16 m³/s (2015). Suurin kirjattu ylivuoto on 0,93 m³/s.

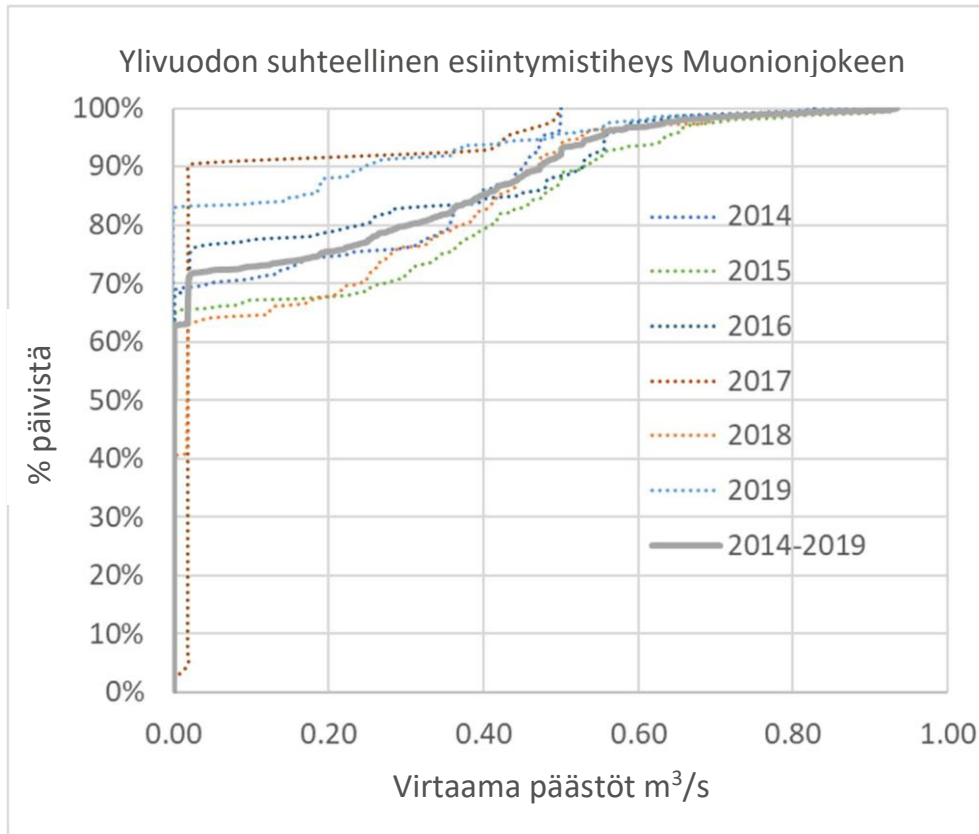


Kuva 13. Virtaamasarja yhtiön ylivuodolle (päästöt) vuosina 2014–2019.

Jotta saataisiin parempi käsitys siitä, kuinka yleisiä tietynsuuruiset ylivuotovirrat ovat, on laadittu suhteellinen taajuuskaavio yrityksen käytettävissä olevien ylivuotovirtojen sarjan (2014–2019) perusteella (Kuva 14). Täällä kunkin päivän virtaamat on lajiteltu matalasta korkeaan, ja sitten on määritetty kunkin virtaaman suhteellinen taajuus (kuinka yleistä on, että virtaama on tietyn kokoinen tai pienempi).

Saatavilla olevat tietosarjat osoittavat, että Muonionjokeen on ylivuotoa yhteensä 63% päivistä. On kuitenkin syytä mainita, että ylivuotojen tietosarja ei ole täydellinen, kirjattujen päivien lukumäärä, jolloin mittauksia on tehty, vaihtelee 42:sta vuonna 2017 365:een vuonna 2015.

Kaaviota lukemalla selviää esimerkiksi, että koko ajanjaksona ylivuoto on $\leq 0,29 \text{ m}^3/\text{s}$ 80% päivästä ja $\leq 0,6 \text{ m}^3/\text{s}$ 97% ajasta. Vuosivaihtelu on kuitenkin suuri, ks. katkoviivoja.



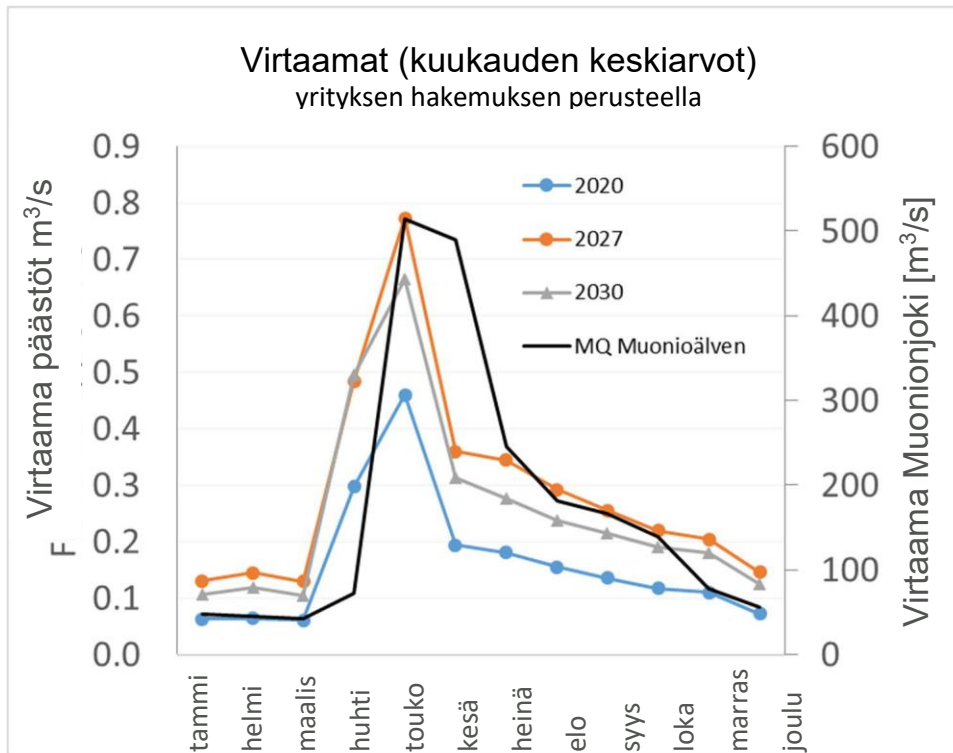
Kuva 14. Ylivuotojen suhteellinen taajuuskaavio (2014–2019), joka osoittaa, kuinka yleisiä tietyn suuruusluokan virtaamat ovat.

3.8.1 Tulevat päästötiedot vuosilta 2020, 2027 ja 2030

Yhtiön hakemat normaalivirtaamat (kuukausittaiset keskimääräiset virtaamat) vuosina 2020, 2027 ja 2030 on esitetty Taulukossa 4 ja Kuvassa 15. Havainnollistaakseen sitä, miten yrityksen ylivuotovirtaamat suhtautuvat Muonionjoen vuosittaiseen dynamiikkaan (Kallio2-mittausasemalla), joen kuukausittainen keskiarvo sisältyy myös samaan kaavioon, josta näkyy, että päästöhuipun odotetaan korreloivan joen kevätvirtaaman huipun kanssa.

Taulukko 4. Kuukausittaiset keskimääräiset virtaamat, Kaunis Iron AB:n odotetut päästöt.

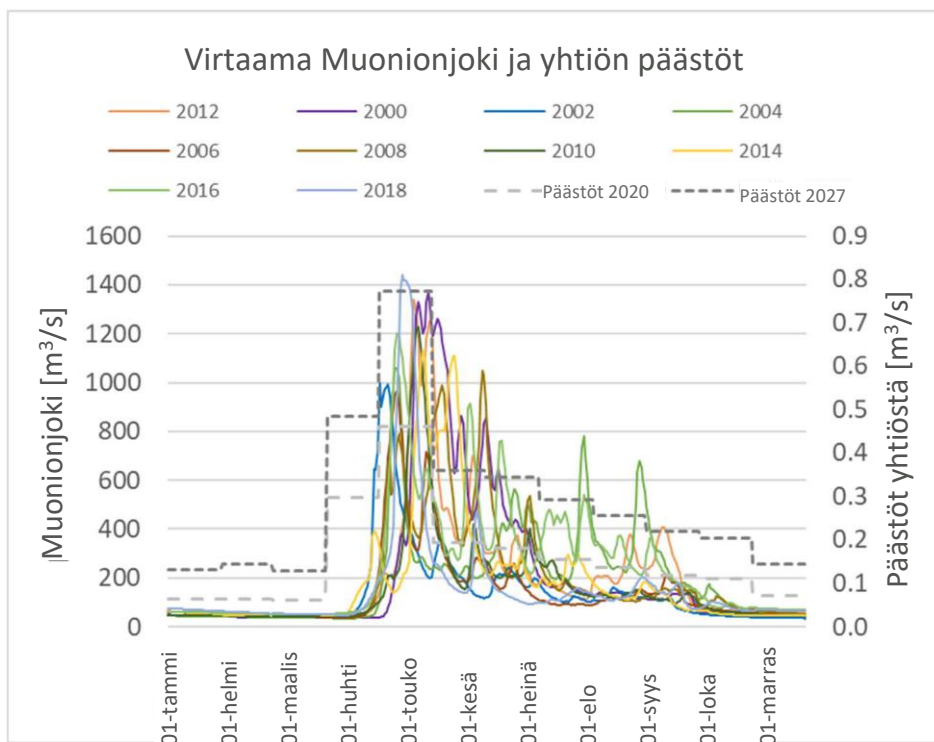
Normaali-virtaama [m^3/s]	Tammi-kuu	Helmi-kuu	Maalis-kuu	Huhti-kuu	Touko-kuu	Kesä-kuu	Heinä-kuu	Elo-kuu	Syys-kuu	Loka-kuu	Marras-kuu	Joulu-kuu
2020	0,06	0,06	0,06	0,30	0,46	0,19	0,18	0,16	0,14	0,12	0,11	0,07
2027	0,13	0,15	0,13	0,48	0,77	0,36	0,34	0,29	0,26	0,22	0,20	0,15
2030	0,11	0,12	0,10	0,50	0,66	0,31	0,28	0,24	0,22	0,19	0,18	0,12



Kuva 15. Ylivuotojen kuukausittaiset keskiarvot lupahakemuksen mukaan. Vuosidynamiikan vertaukseen esitetään kuukausittaiset keskiarvot virtaamista Muonionjokeen mittausasemalla Kallio2 (musta käyrä, joka on myös esitetty Kuvassa 11).

Kuten jo aiemmin on mainittu, tieto yhtiön ylivuodoista korreloi valuma-alueen tulovirtaaman kanssa, joka sinänsä osoittaa suurta vaihtelua, esimerkiksi kevättulvan alun ja suuruuden suhteen (ks. myös Kuvaa 12). Jos kevättulva alkaa aikaisin, varhaista kasvua voidaan todennäköisesti odottaa myös yhtiön ylivuodon suhteen ja päinvastoin. Tulevaa ylivuotoa koskevien Kuvan 15 tietojen mukaan päästöjen nähdään kasvavan huhtikuussa, kun taas joen virtaaman suuri keskimääräinen kasvu ajoittuu vasta toukokuulle. On epäselvää, käykö näin todellisuudessa, koska olemassa olevat tiedot osoittavat, että rinnakkainen vaihtelu tulovirtaaman (sademäärän ja/tai lumen sulamisen vuoksi) ja yrityksen ylivuodon välillä on huomattava. Kuvassa 16 esitetään päivittäiset virtaamahavainnot (sama kuin Kuvassa 12)

yhdessä lupahakemuksessa esitettyjen virtaamien kanssa. Tässäkin näyttää siltä, että yhtiö odottaa lisääntyneitä ylivuotoja tänä vuonna keskimääräistä kevättulvaa aikaisemmin.



Kuva 16. Muonionjoen (SMHI:n Kallio2-mittausasemalla) havaitut virtaamat kymmenen vuoden ajan 2000-luvulla sekä kuukausittaiset päästökeskiarvot, vuoden 2020 lupahakemuksen mukaan (pienimmät anotut päästöt) ja 2027 (suurimmat anotut päästöt).

3.9 Mallinnusskenaariot projektintarkoituksen perusteella

Sekä yhtiön päästöt että virtaamat Muonionjokeen vaihtelevat suuresti vuoden eri kuukausien välillä. Sen vuoksi kausien erityisten virtaamien perusteella on tehty neljä erilaista vuodenaikaskenaariota. Mallinnukseen sisältyvän yrityksen syöttötiedot vastaavat mitattuja ylivuotoja vuosina 2018, 2019 ja haettua ylivuotoa 2027 (suurin ylivuoto) (taulukko 5). Yhdessä tehtyjen virtaamaskenaarioiden olosuhteet vastaavat kausivaihtelua, jota saatavilla olevat tiedot heijastavat sekä Muonionjoessa että yhtiön päästöissä.

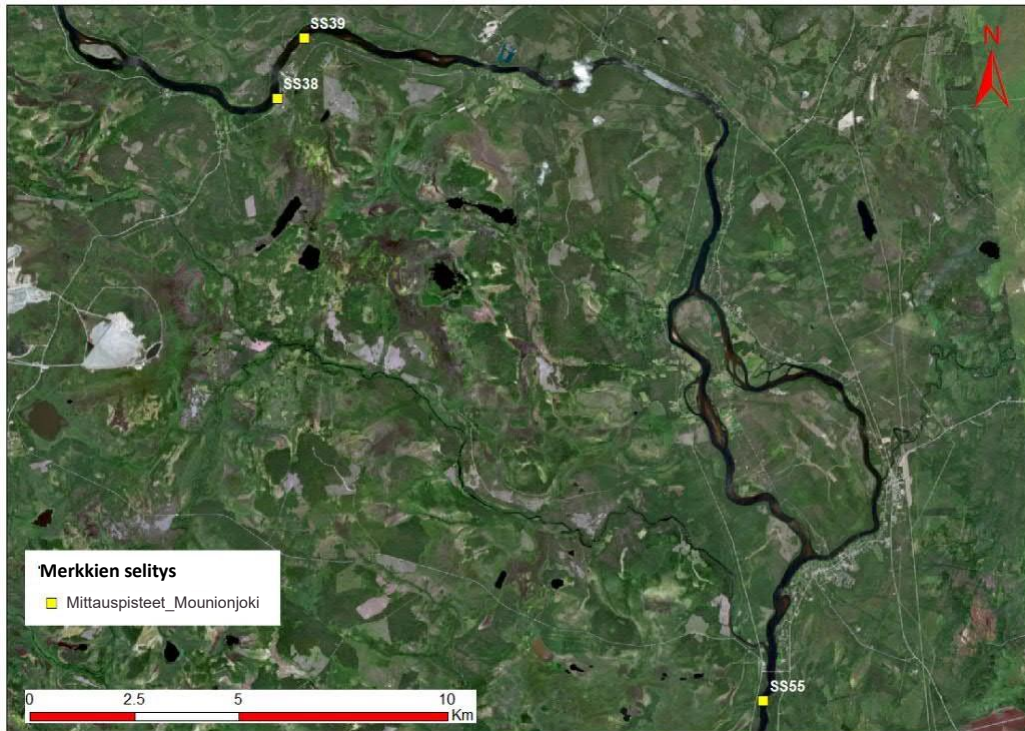
Taulukko 5. Muonionjoen virtaamat (SMHI:n Kallio2-mittausaseman keskimääräiset virtaamat ajanjaksolta 1981–2010) ja mallinnettavien skenaarioiden ylivuotovesi.

Ajanjakso	Muonionjoki SMHI:n Kallio2-mittausasemalla (keskimääräinen virtaama) [m³/s]	Yhtiön ylivuoto 2018 [m³/s]	Yhtiön ylivuoto 2019 [m³/s]	Yhtiön ylivuoto 2027 [m³/s]
Joulu-maaliskuu	47	0,07	0,0	0,14
Huhtikuu	73	0,34	0,26	0,48
Touko-kesäkuu	502	0,07	0,14	0,57
Heinä-marraskuu	162	0,07	0,05 (heinä-syyskuu)	0,26

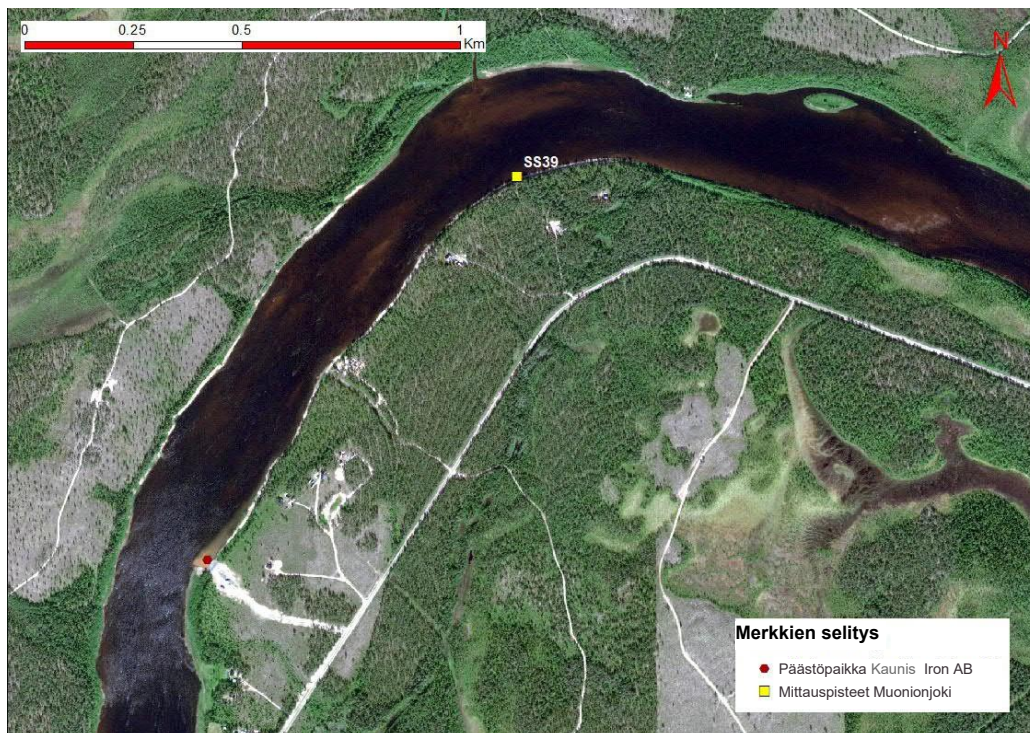
3.10 Mittauspisteet

Muonionjoella yritys suorittaa vastaanottajavalvontaa muun muassa mittaamalla fysikaalisia ja kemiallisia vesiparametreja. Yhtiön päästöpaikasta tiedot kerätään yhteen paikkaan yläjuoksulla (SS38) ja kahteen paikkaan alajuoksulla.

Testipiste SS39 sijaitsee noin 1,1 km yrityksen päästöpaikasta alavirtaan ja näyte otetaan joen eteläpuolella sijaitsevalla rantavyöhykkeellä. Testipiste SS55 sijaitsee noin 28 km yrityksen päästöpaikasta alavirtaan (Kuva 17).



Kuva 17. Muonionjoen reittiosuuden maantieteellisesti korjattu ilmakuva, johon on merkitty fyysikaalisten ja kemiallisten vesinäytteiden ottopaikat yrityksen vastaanottajavalvonnassa (keltaiset merkit).



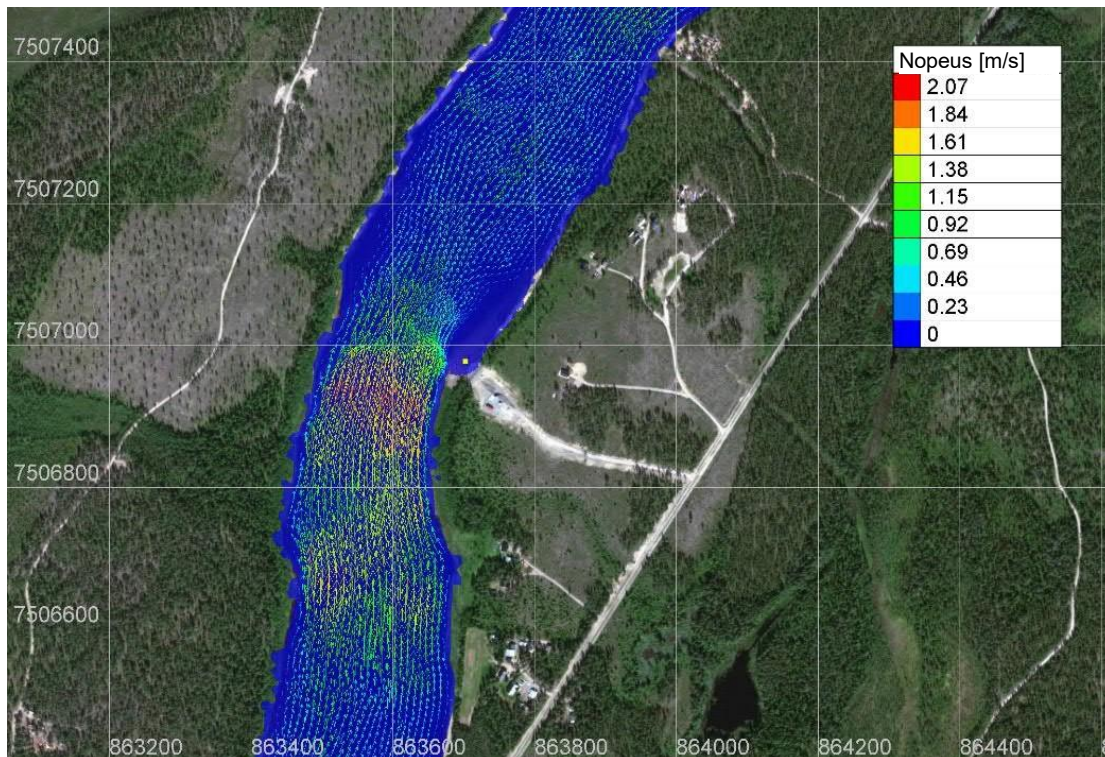
Kuva 18. Maantieteellisesti korjattu kuva ylivuotoveden päästöalueesta yhtiöstä Muonionjokeen. Fyysisen ja kemiallisen veden näytteenoton sijainnin merkit yrityksen vastaanottajavalvonnassa (keltainen merkki) ja yrityksen ylivuotoveden päästöpaikka (tummanpunainen merkki).

4 Tulos

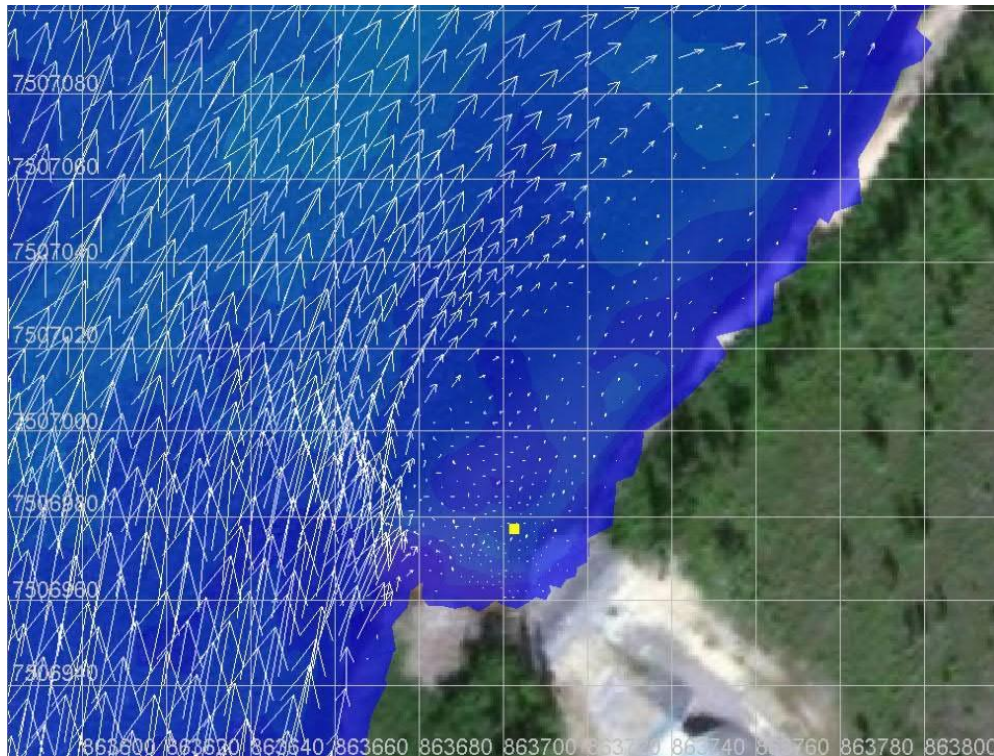
4.1 Mallinnetut vedenkorkeudet, nopeudet ja virtaaman suunta Muonionjoessa

Muonionjoen virtaama vaihtelee vuoden aikana, mikä tarkoittaa, että myös korkeudet (vedenkorkeus) ja nopeudet vaihtelevat. Virtaama mittausajankohtana (10.–12.9.2019) oli hieman alle 200 m³/s joessa yhtiön päästöpaikalla (SMHI, 2019). Tämä antaa vedenkorkeudeksi noin +155,5 m päästöpaikan ulkopuolella ja nopeudet, jotka vaihtelevat lähes nollassa hieman yli 2 m/s (kuva 19). Vedennopeuden vaihtelu johtuu siitä, että tilan vaihtelu on suurta koko joen poikkipinta-alalla.

Suoraan ylävirrassa ulosvirtauksen kohdalla on koskiosuus, mikä näkyy myös korkeissa nopeuksissa. Yhtiön päästöpaikka on hieman suojassa maan lähellä, mikä tarkoittaa, että päästöjen nopeudet ovat hyvin alhaisia ja että paikallisesti vesi liikkuu pyörteinä. Ulkopuolella vesi kulkee nopeammin. (Kuvat 19 ja 20).



Kuva 19. Veden nopeus Muonionjoella yhtiön päästöpaikan läheisyydessä. Nuolien väri edustaa eri nopeuksia.



Kuva 20. Nopeusnuolet, jotka osoittavat suuria ja alhaisia nopeuksia koosta riippuen. Päästöpaikassa nopeus on suhteellisen alhainen, koska sitä suojaaa pieni maakieli /niemi joessa.

4.2 Päästöveden leviäminen ja laimeneminen valituissa skenaarioissa

Muonionjoen virtaaman tavoin ulos pumpatun ylivuotoveden virtaamat vaihtelevat eri vuodenaikoina. Kuukausi- ja vuosikeskiarvojen perusteella (Taulukko 5) Muonionjoen veden määrä on moninkertainen (150–7 000 kertaa) vuodenajasta riippumatta. Ylivuotoveden osuus on yleensä pienimmillään (keskimäärin 0,1 %) touko-kesäkuussa, jolloin joen virtaama on yleensä suuri kevättulvan vuoksi ja osuus on yleensä suurin huhtikuun aikana (enintään 0,7 % vuosina 2027 ja 2030), koska päästöjen odotetaan sitten kasvavan nopeammin kuin joen virtaaman (Kuva 15 ja Taulukko 6). On kuitenkin huomattava, että Taulukon 5 virtaamat edustavat pitkän aikavälin keskiarvoja ja että vaihtelu vuosien sisällä ja välillä (esimerkiksi kevättulvan alkamisajankohdan osalta) voi olla huomattavaa, kuten esimerkiksi Kaaviosta 12 näkyy.

Malli osoittaa, että ylivuotoveden vana leviää joen suuntaan vesistön itärannalla. Vain silloin, kun joki kääntyy itä-kaakko-suunnassa heti mittauspisteen SS39 jälkeen noin 1,3 km alavirtaan, alkaa selkeämpi sekoittuminen kautta joen leveyden. Sama malli näkyy kaikissa skenaarioissa, vaikka leviämisen/sekoittumisen laajuus vaihtelee skenaarioiden välillä.

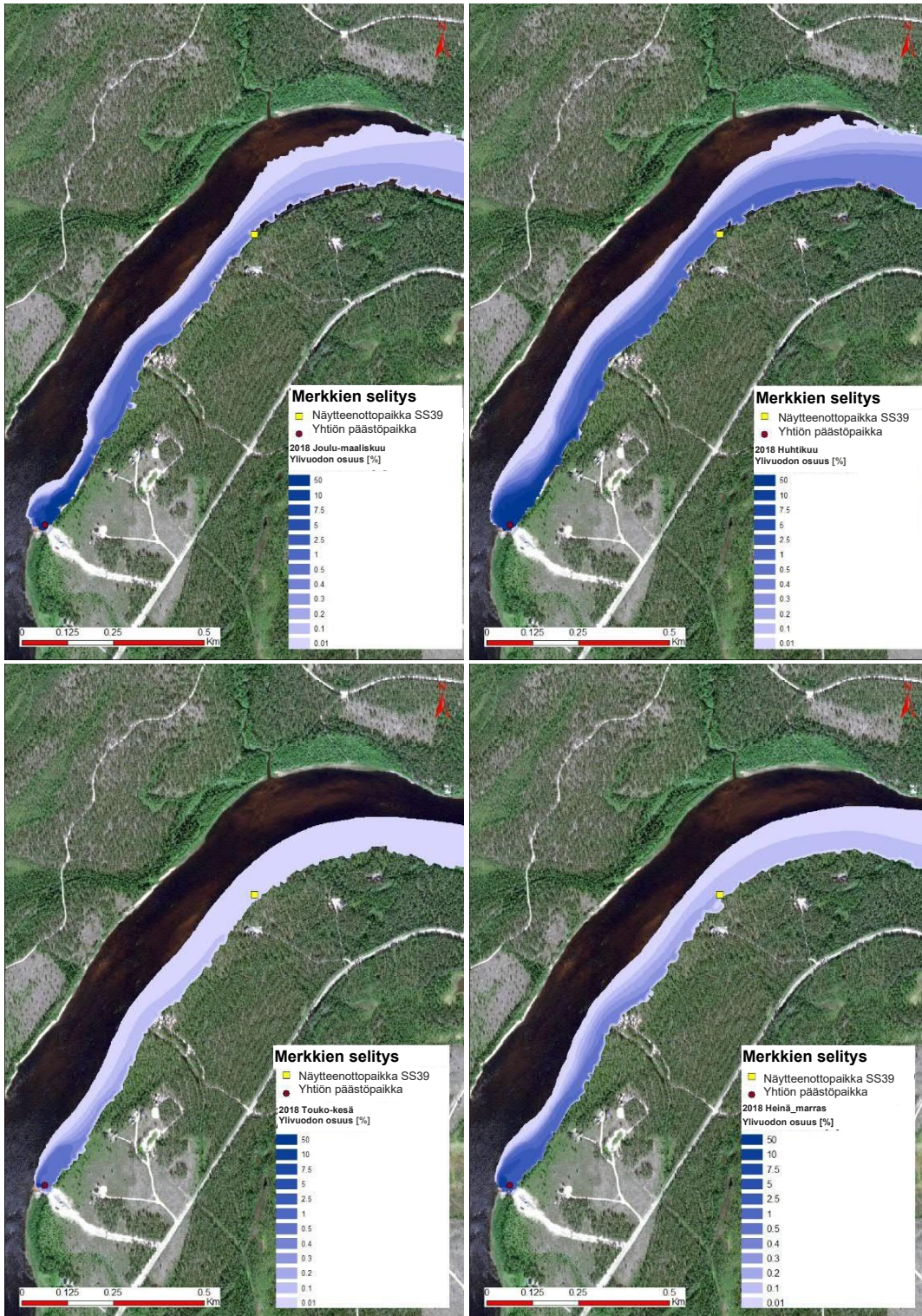
Tämä vaihtelee myös sen mukaan, kuinka suuri joen osuus on tarpeen, jotta ylivuotovesi sekoittuisi täysin joen veteen. Taulukossa 6 esitetään kunkin skenaarion tulokset arvioidusta pituudesta, kunnes päästö on täysin sekoittunut, sekä laimenemisnopeudet ja ylivuotoveden prosenttiosuus pisteissä SS39 ja SS55. Kaikkien skenaarioiden tulokset esitetään myös kuvioissa, joissa laimenemisgradientti jakautuu maantieteellisesti päästöalueella juuri näytteenottoapaikan SS39 alajuoksulla (Kuva 21-26).

Huhtikuun mallinnetut leviämiskenaariot osoittavat suurimman osan ylivuotovedestä mittauspisteissä SS39 ja SS55. Samoin joki osoittaa ylivuotoveden alhaisinta laimenemista, koska ylivuoto on suhteellisen suurta verrattuna joen virtaamaan. Muonionjoen virtaama huhtikuussa on noin 50–280 kertaa suurempi kuin ylivuotovirtaama.

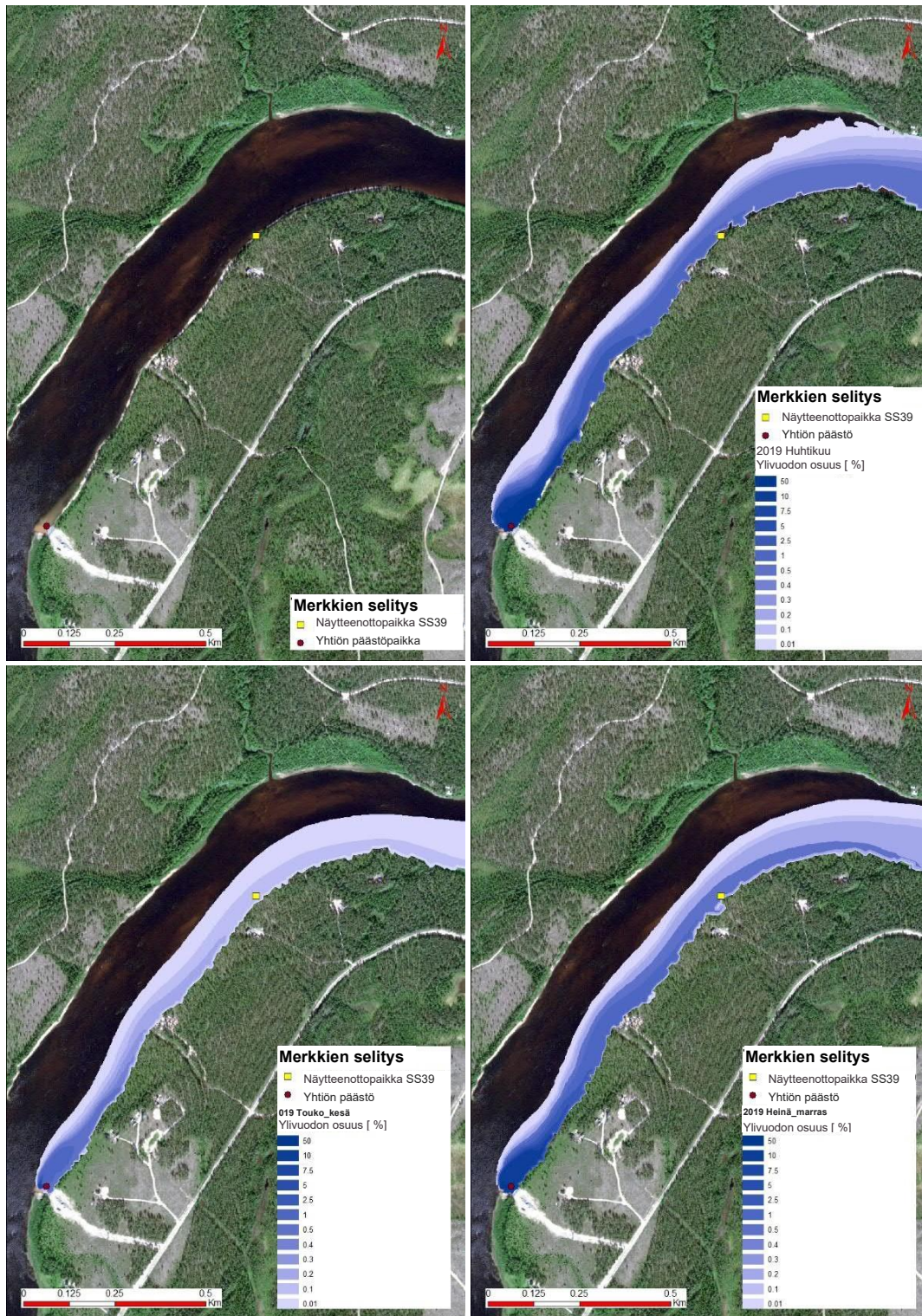
Eri skenaarioissa ylivuodon ja jokiveden välinen laimeneminen näytteenottpisteessä SS39 vaihtelee välillä 53–1563, mikä tarkoittaa, että 1,73–0,06 % mittauspisteen vedestä on peräisin ylivuotoviemäristä (Taulukko 6). Näytteenottpisteessä SS55 laimenemiskerroin vaihtelee välillä 156–16 667 kertaa, mikä tarkoittaa, että 0,64–0,006% mittauspisteen vedestä on peräisin ylivuotoviemäristä.

Taulukko 6. Mallitulokset ylivuotoveden osuudesta sekä mittauspisteiden SS39 ja SS55 laimenemislukuista sekä etäisyydestä päästöpaikkaan, joka tarvitaan, jotta ylivuotovirtoja voidaan pitää täysin Muonionjokeen sekoittuneina. *Ylijäämävesivirtaama jokeen tänä aikana on ollut 0 m³/s.

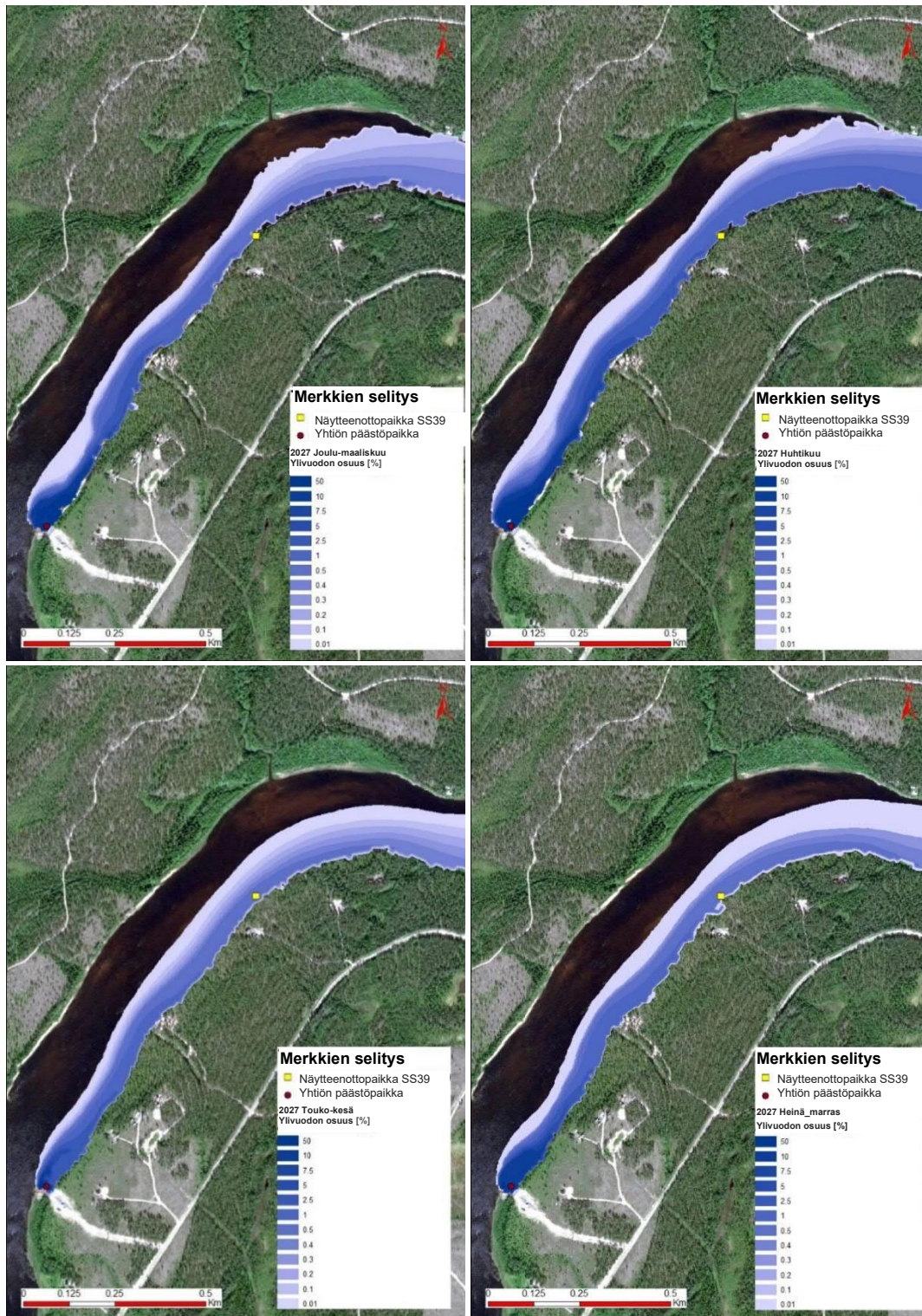
Skenaariot		SS39 [%]	Laimenemisluku	SS55 [%]	Laimenemisluku	Täysi sekoittuminen
2018	Joulu- maaliskuu	0.32	313	0,006	16 667	2.7 km
	Huhtikuu	1.23	82	0,39	256	3,0 km
	Touko- kesäkuu	0.06	1563	0,01	10 000	6,0 km
	Heinä- marraskuu	0.16	642	0,04	2 500	2.7 km
2019	Joulu- maaliskuu*	-	-	-	-	-
	Huhtikuu	0.94	106	0,30	333	1.7 km
	Touko- kesäkuu	0.13	762	0,03	3 333	2.3 km
	Heinä- marraskuu	0.11	901	0,03	3 333	7.5 km
2027	Joulu- maaliskuu	0.63	159	0,17	588	2,5km
	Huhtikuu	1.73	58	0,64	156	2,1 km
	Touko- kesäkuu	0.54	186	0,10	1 000	6,0 km
	Heinä- marraskuu	0.58	173	0,17	588	7.4 km



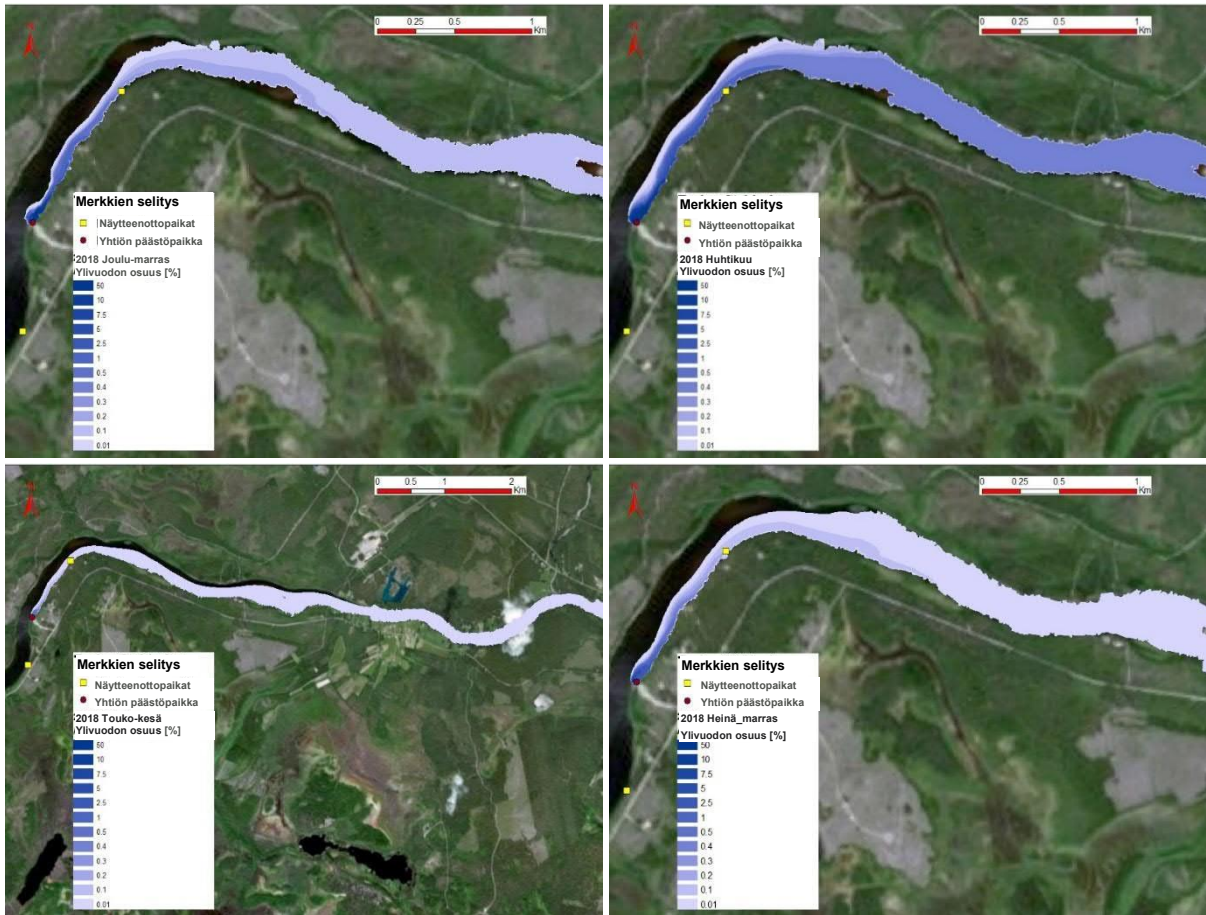
Kuva 21. Kuuden skenaarion kartat, joista näkyy ylijouksuveden osuus Muoniojossa sekä vanan leviäminen ja suunta. Kuvissa näkyvät kaudet: Joului-maaliskuu, huhti-, touko-kesäkuu ja heinä-marraskuu, 2018. Huom! Taustakartta on kesäkaudelta



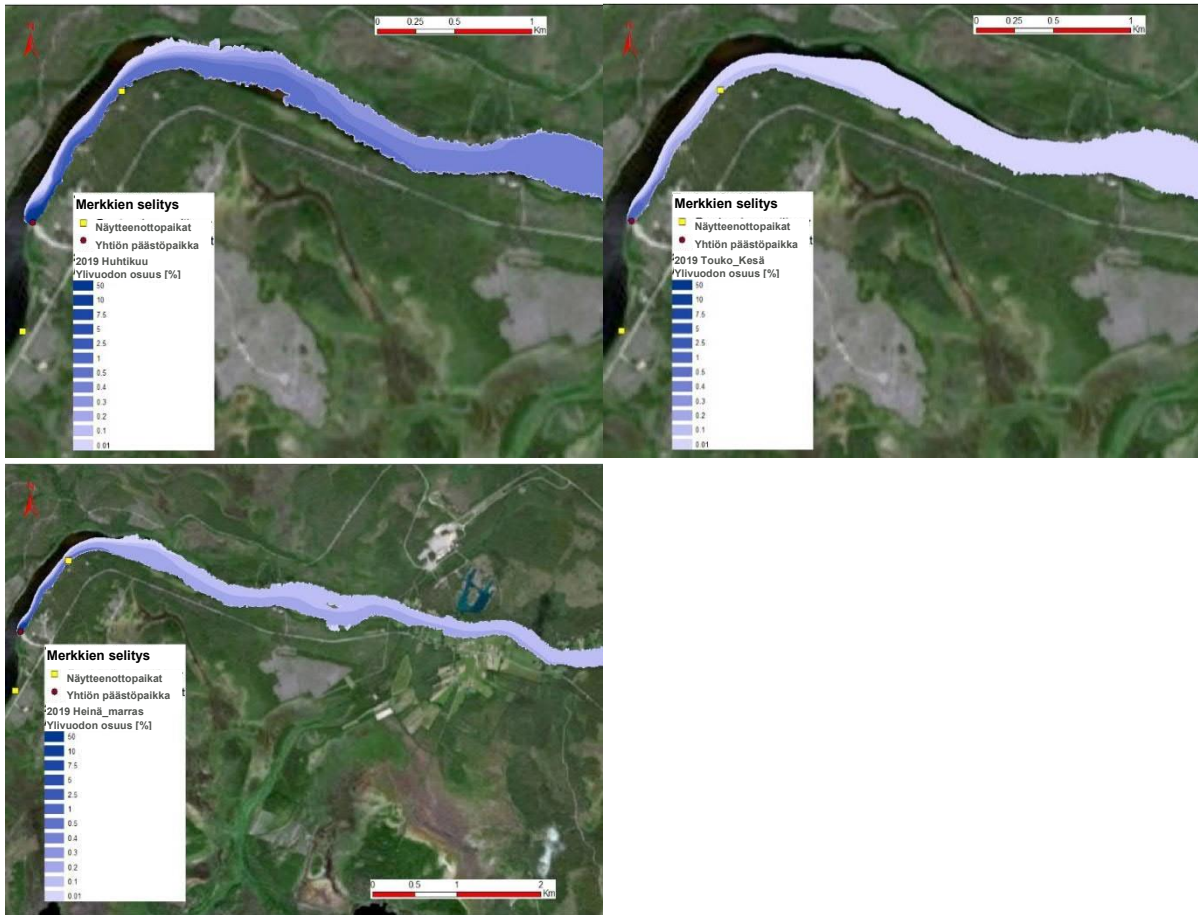
Kuva 22. Kuuden skenaarion kartat, joista näkyy ylivuotoveden osuus Muonionjoessa sekä vanan leviäminen ja suunta. Kuvissa näkyvät kaudet: Joulou-maaliskuu, huhti-, touko-kesäkuu ja heinä-marraskuu, 2019. Joulou-maaliskuuun aikana ei ollut ylivuotovettä. Huom! Taustakartta on kesäkaudelta.



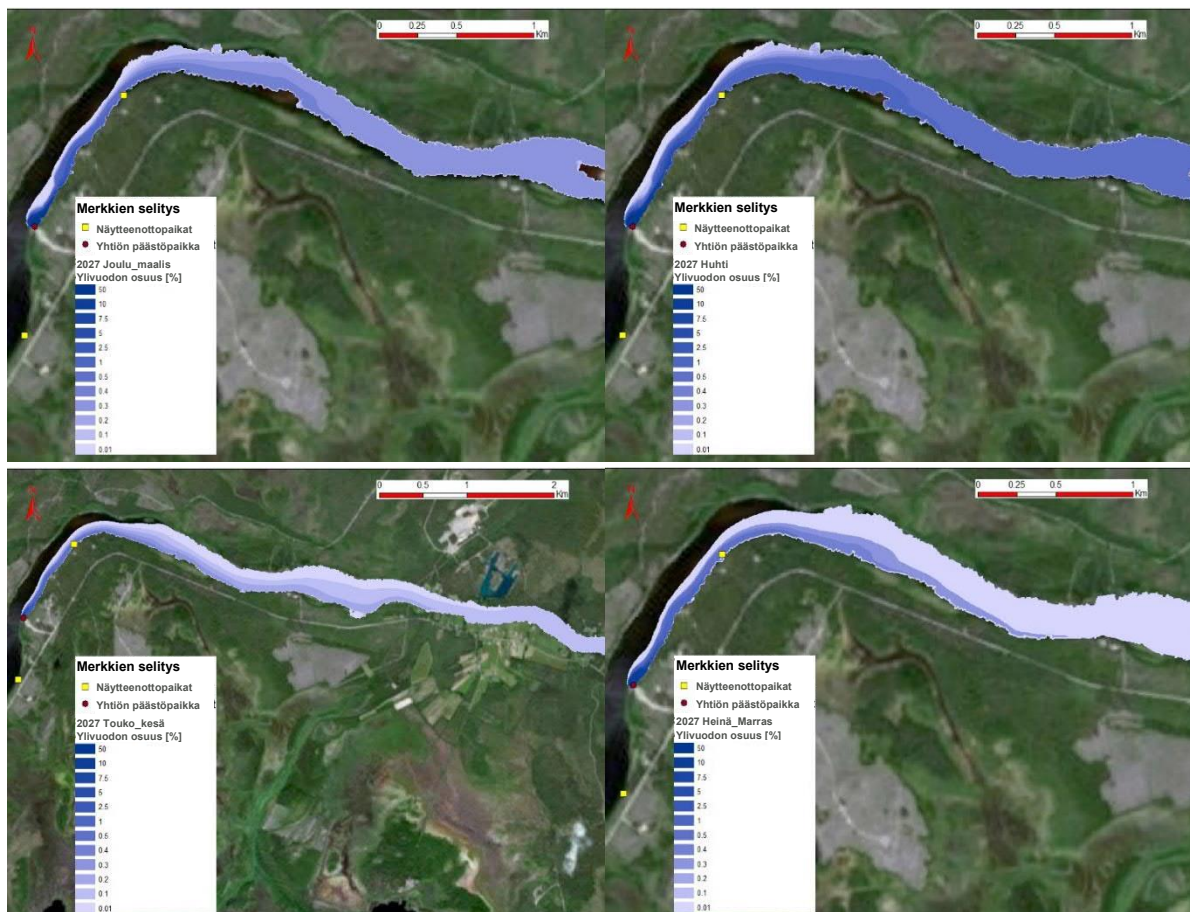
Kuva 23. Kuuden skenaarion kartat, joista näkyy ylikuivutoveden osuus Muoniojoessa sekä vanan leviäminen ja suunta. Kuvissa näkyvät kaudet: Joului-maaliskuu, huhti-, touko-kesäkuu ja heinä-marraskuu, vuosi 2027. Huom! Taustakartta on kesäkaudelta.



Kuva 24. Neljä kuvaa osoittavat ylivuodon vanan ja sen, miten se leviää ulosvirtauskohdasta siihen, kunnes se on täysin sekoittunut joen veteen kunkin skenaarion osalta vuonna 2018. Kuvissa näkyvät kaudet: Joulu-maaliskuu, huhti-, touko-kesäkuu ja heinä-marraskuu. Huom! Taustakartta on kesäkaudelta.



Kuva 25. Kolme kuvaa osoittavat ylivuodon vanan ja miten se leviää ulosvirtauksesta siihen, kunnes se on täysin sekoittunut joen veteen kunkin skenaarion osalta vuonna 2019. Kuvissa näkyvät kaudet: Huhtikuu, touko-kesäkuu ja kesä-marraskuu. Joulu-maaliskuuhun mennessä ei ollut ylivuotoa, joten kuvaa ei ole. Huom! Taustakartta on kesäkaudelta.



Kuva 26. Neljä kuvaa osoittavat ylivuodon vanan ja miten se leviää ulosvirtaamasta siihen, kunnes se on täysin sekoittunut joen veteen kunkin skenaarion osalta vuonna 2027. Kuvissa näkyvät kaudet: Joulu-maaliskuu, huhti-, touko-kesäkuu ja heinä-marraskuu. Huom! Taustakartta on kesäkaudelta.

4.2.1 Edustavuus suhteessa keskimääräisiin virtaamiin ajanjaksolta

Neljä erilaista vuodenaikaskenaariota sekä joelle että yritykselle on laadittu lähtökohtana ajanjaksojen eri virtaamat. Heinä-marraskuussa joen virtaama on suuruudeltaan pitkän aikavälin keskimääräinen virtaama MQ. Mallinnettu virtaama on 162 m³/s, kun taas joen MQ (Taulukko 3) on 174 m³/s. Vuoden 2027 skenaariossa ylivuoto on 0,26 m³/s, mikä vastaa kohtuullisesti mitattujen päästöjen keskiarvoa vuonna 2018 (0,15 m³/s), mikä tarkoittaa, että näitä olosuhteita (skenaario 2027, heinä-marraskuu) saatavilla olevien tietojen ja keskiarvon perusteella voidaan pitää suhteellisen keskimääräisinä.

5 Keskustelu ja päätelmät

5.1 Malli Muonionjoesta

Malli onnistuu hyvin kuvatessaan mittausjakson olosuhteita virtaaman suunnan, vedenkorkeuden ja veden nopeuksien osalta. Suoritetussa kalibroinnissa mallin tuloksia on verrattu todellisiin mittausarvoihin. Tämän jälkeen asiaankuuluvat parametrit on hienosäädetty siten, että malli on optimoitu mitattujen tulosten saavuttamiseksi. Hankkeen puitteissa ei ole tehty mallin validointia eli sellaisten erityisolosuhteiden lisämittausta, joita vastaan kalibroitu mallia testataan. Malli ei ole tarkka kuva todellisuudesta, mutta se on hyödyllinen työkalu todellisuuden kuvaamiseen vaativasti ja yksityiskohtaisesti, mikä ei olisi voinut olla mahdollista ilman mallia. Mallin avulla saadaan tietoa siitä, mitä tapahtuu eri virtaamaolosuhteissa ja mitä mitataan yrityksen vastaanottajahallinnassa olevissa näytepisteissä.

Tämä koskee sekä mittaustilaisuuksia että paikkojen välillä.

5.2 Joitakin tärkeitä päätelmiämallituloksista

Joen ylivuotoveden päästövana pysyy joen itäpuolella jopa testipisteen SS39 alajuoksulla, jossa joki muuttaa suuntaa, mikä edistää ylivuotoveden leviämistä ja laimenemista kautta joen koko leveyden. Tämän suhteen kattama jokiosuus vaihtelee 2–7 kilometrin välillä päästöpaikasta joen virtaaman ja yrityksen ylivuotovirran välisen suhteen perusteella. Yhtiön ylivuoto vaikuttaa 21 prosenttiin Muonionjoen vesistön osuudesta. Tästä 21%: n osuudesta vähintään 86% sisältyy laimenemissuhteeseen, mikä tarkoittaa, että ylivuotovesi on sekoittunut joen koko virtaamaan.

Tulokset osoittavat, että huhtikuussa on edellytyksiä sille, että yhtiön suuremmat ylivuotovirrat osuvat yhteen Muonionjoen pienempien virtaamien kanssa. Muihin mallinnettuihin skenaarioihin verrattuna tämä merkitsee pienintä laimenemissuhdetta yhtiön ylivuodon ja joen virtauksen välillä.

Testipiste SS39 sijaitsee päästövanan keskilinjassa, ja 0,06–1,73 % mittauspisteen vedestä arvioidaan olevan peräisin ylivuotoviemäristä. Testipisteessä SS55 ylivuotovesi on sekoittunut joen koko leveydeltä ja syvyydeltä, ja siellä arvioidaan 0,006–0,64% mittauspisteen vedestä olevan peräisin ylivuotoviemäristä.

5.3 Testauspisteiden sijainti Muonionjoessa

Puhuttaessa tarpeesta vaihtaa tai muuttaa yhtiön näytteenottoa paikkojen sijaintia olemassa olevassa vastaanottajan valvontaohjelmassa, olisi lähdettävä mahdollisuudesta näin saavuttaa vastaanottajavalvonnan tarkoitus. Muutosten tulee perustua tiedontarpeeseen, jossa seurantatehtävä, joka koskee yhtiön käyttöehtoja Muonionjokeen vastaanottajana, on selvä. Vastaanottajan valvontaohjelmassa tietoja arvioidaan muun muassa asetuksella HVMFS 2019:25 ja lähtien käsitteestä niiden luontotyyppien ja lajien "suotuisa suojelutaso", joihin Tornion- ja Kalixjoen vesistöjen valitseminen Natura 2000 -alueeksi perustui. Tämä tutkimus on tärkeä osa Muonionjoen nykyisen vastaanottajavalvonnan muutostarpeiden selvittämistä ja osa Kaunis Irons AB:n työtä tiedon kehittämiseksi.

6 Viitteet

Havs- och vattenmyndigheten (Ruotsin meri- ja vesivirasto). 2019. Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter om klassificering och miljö kvalitetsnormer avseende ytvatten. Sääntö 2019:25.

Ruotsin siviili-valmiusvirasto. Tulvakartoitus Tornionjoen alajuoksulla. Reitti Muonionjoen yhtymäkohdasta joen suulle Haaparannan-Tornion kohdalla Pohjanlahdella. Raportti nro: 64, 2017-07-03.

SMHI. 2015. Framtidsklimat i Norrbottens län- enligt RCP -scenarier (tulevaisuuden ilmasto Norrbottenin läänissä - RCP-skenaarioiden mukaan), Klimatologi nro 32.

SMHI. 2020. Vesiverkko, mallinnetut ja havaitut (Kallio2-mittausasemalla) virtaukset Muonionjoella, ladattu 11.12.2019 ja 21.1.2020.

TELEMAC-MASCARET. 2019. Open TELEMAC-MASCARET. <http://www.opentelemac.org/> [2019-02-02].

VI ÄR WSP

WSP on yksi maailman johtavista suunnittelu- ja teknologian konsultointiyrityksistä. Toimimme paikallisilla markkinoillamme globaalin asiantuntemuksen tuella. Teknisinä asiantuntijoina ja strategisina neuvonantajina käytettävissämme on insinöörejä, teknikoita, luonnontieteilijöitä, suunnittelijoita, tutkijoita ja ympäristöasiantuntijoita sekä projektisuunnittelijoita, rakentajia ja projektijohtajia . Tarjoamme kestäviä ratkaisuja seuraavilla aloilla: Kiinteistö & Teollisuus, Liikenne & Infrastrukturi sekä Ympäristö & Energia. Meillä on yli 39 000 työntekijää 500 toimistossa 40 maassa, ja edistämme kestävästä yhteiskuntakehityksestä. Ruotsissa meillä on noin 4 000 työntekijää. wsp.com

WSP Sverige AB
Box 758
851 22 Sundsvall
Käyntios.: Sjögatan13

Puh: +46 10 722 50 00
Yrityksen rek.nro: 556057-4880
Hallituksen kotipaikka: Tukholma
wsp.com

