

ERRATUM: 20.2.2019 julkaistussa loppuraportissa oli virheellisesti ilmoitettu mallinnuksessa käytetty tuulensuunta ja mallinnuksessa käytetyn säähavaintoaseman sijainti. Tieto on korjattu päivitetyssä raportissa sivuilla 1 ja 4. Sivulla kaksi oja johon hulevedet johdetaan, oli kirjoitettu väärin ja tämä on myös korjattu päivitettyyn raporttiin.

Korjaukset eivät vaikuta raportin tuloksiin ja johtopäätöksiin, sillä mallinnukset on laskettu oikealla tuulitiedolla.

sivu 1: korjattu mallinnusjaksolla käytetyn säähavaintopaikan sijainniksi Pirkkalan lentokentän säähavaintoasema Siilinkarin havaintoaseman sijaan.

sivu 2: korjattu Poussunoja Possiojaksi

sivu 4: korjattu mallinnusajanjakson vallitsevaksi tuuleksi eteläinen tuuli pohjoisen sijaan.

Tämä päivitetty loppuraportti korvaa päivämäärällä 20.2.2019 lähetetyn raportin. Muutokset aikaisempaan raporttiin on merkitty tekstissä lihavoidulla **fontilla**.

Helsinki **11.5.2021**



Vesikeskuksen johtaja Anna-Stiina Heiskanen

Jyväskylä **11.5.2021**



Tutkija Janne Juntunen

Dnro SYKE-2016-V-10

11.5.2021

Ramboll Oy  
Matti Holopainen  
Pakkahuoneenaukio 2  
PL 718 33101 Tampere

Viite Sopimukset 7.12.2018 ja 14.1.2019

Vaitinaron suunnitellun täytön vaikutukset virtauksiin täytön ja rannan välisessä kanavassa Näsijärven Näsiselällä – mallilaskennan tulokset

## 1. Johdanto

Ramboll Oy tilasi joulukuussa 2018 SYKeltä mallilaskelmiin perustuvan arvion Vaitinaron suunnitellun täytön vaikutuksista virtauksiin täytön ja rannan välisessä kanavassa Näsiselän Lielahdessa. Tietoa virtauksista tarvitaan rakentamiseen liittyvien pohjavesiriskien arvioimiseksi, sillä Näsijärven alkuperäiseltä rantaviivalta ja rannan savikerroksen läpi imeytyy vettä Epilänharju-Villilä A -pohjavesialueelle. Näsijärven rannassa on Hyhkyn vedenottamon pohjavesien imeytymisalue. Tämä työ on jatkoa vuonna 2016 SYKEN laatimalle tutkimusraportille Hiedanrannan täytön työnaikaisten kiintoainepäästöjen leviämisestä Näsijärven Näsiselällä. Työn edistyessä Ramboll tilasi 28.1.2019 lisälaskelmia, joissa kanavan leveyttä kasvatettiin alun perin suunnitellusta.

## 2. Työn toteutus

Hankkeessa sovellettiin kohdealueelle kolmiulotteista Belgiassa kehitettyä COHERENS-virtausmallia, jota myös käytettiin vuoden 2016 tutkimuksessa (Luyten 2013). Tässä työssä hilakokoa pienennettiin Hiedanrannan edustalla noin 12 m \* 12 m:iin, koska alun perin suunniteltu kanava on 25 m leveä. Jatkotilauksessa kanavan leveyttä kasvatettiin 36 ja 48 metriin. Lisäksi hilaverkosto käännettiin kanavan suuntaiseksi, jotta kanavaan ei malliteknisistä syistä muodostuisi hilojen kulmista katveisia paikkoja.

Mallinnuksessa simuloitiin ensimmäiseksi koko Näsijärvi Muroleen kanavasta asti karkean hilakoon mallilla (500 m \* 500 m). Tästä karkeimman hilakoon mallista saatiin hilakooltaan 25 m \* 25 m mallin tarvitsemat reunaehdot (pinnankorkeus ja keskiarvoistettu virtausnopeus) pienemmän hilakoon mallin pohjoisrajalle ja alkutila. Tästä mallista saatiin edelleen pienimmän mallin (12 m \* 12 m) tarvitsemat samat reunaehdot sen avoimilla rajoilla ja alkutila. Käytetyistä mallinnusalueista kuvassa 1 on esitetty keskikokoisen ja pienimmän hilakoon mallin (25 m \* 25 m ja 12 m \* 12 m) mallinnusalueet. Pienimmän hilakoon mallin (12 m \* 12 m) mallinnusalue ilman täyttöä (nykytilanne) ja suunnitellun täytön kanssa ovat vielä erikseen kuvassa 2.

Lähtöaineistona käytettiin avovesikauden laskelmille samoja vuoden 2015 säätiä, virtaamia, vedenkorkeutta, pohjan topografiaa ja veden lämpötilaa kuin jo aiemmin laaditussa Coherens-mallissa. Mallin tarvitsemat dynaamiset sääpakotteet saatiin **Pirkkalan lentokentän** sääasemalta Ilmatieteen laitoksen avoimen rajapinnan kautta ja virtaamat vuorokauden tarkkuudella SYKEN Hertta-järjestelmästä. Avovesikauden mallinnusajankohdaksi valikoitui ajanjakso 9.8.2015–30.8.2015 ja talviajalle kuvitteellinen 20 päivän ajanjakso. Elokuun 2015 laskentajaksoille osui kaksi työntä jaksoa. Näin voitiin tarkastella tuulen voimakkuuden vaikutusta sekoittumiseen. Avovesikauden simuloinneissa vedenkorkeuden alkuarvoksi asetettiin keskivedenkorkeus, 95.5 m N2000. Talven simuloitijaksolle vedenkorkeuden alkuarvoksi asetettiin 95.1 m N2000. Jään paksuudeksi 40 cm, jolloin vapaa vedenkorkeus oli 94,7 m N2000 ja Tammerkosken virtaamaksi koko laskentajakson ajaksi 64 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>. Pienimmän hilakoon mallinnusalue ei



Suomen ympäristökeskus SYKE | Finnish Environment Institute | Finlands miljöcentral

Latokartanonkaari II  
00790 HELSINKI  
FINLAND+358 2952 51000  
@ kirjaamo.syke@ymparisto.fiwww.syke.fi  
Y-tunnus 0996189-5

sisällä Tammerkoskea, joten sen vaikutus tulee keskikokoisen mallin välityksellä. Karkean ja keskimmäisen hilakoon malleissa käytettiin Liikenneviraston batymetria-aineistoa täydennettynä GTK:n luotaamalla Lielahden syvyysaineistolla. Aineistoon lisättiin siitä puuttuvat Näsijärven rannan Santalahden täyttöalue ja aallonmurtaja. Pienimmän hilakoon mallissa pohjan syvyysprofiilia parannettiin Rambollilta saaduilla rannanläheisillä syvyystiedoilla. Simulaatioissa, joissa täyttö on mukana, huomioitiin myös muut suunnitellut rantaviivan ja syvyysprofiiliin muutokset, kuten etelärannan vähäinen muotoilu ja siellä olevan laiturin poisto. Molemmissa tilanteissa hulevesien purkupaikan lähistöllä syvennettiin pohjaa paikallisesti, jotta hulevedet pääsisivät virtaamaan järveen.

Coherens-mallissa pinnankorkeus ja lämpötila ovat dynaamisesti muuttuvia suureita, joita ei voida asettaa vakioksi.

Laskelmissa huomioitiin:

- Rantaimetyminen siten, että yhteensä  $60 \text{ m}^3\text{d}^{-1}$  rantaimetyminen jakaantuu koko Paasikiventien suuntaiselle rantaviivalle.
- Vesi ei virtaa suunnitellun täytön läpi.
- Kesäajan laskelmissa alkutilanteen vedenkorkeudeksi asetettiin 95,5 N2000-asteikolla.
- Talviajan laskelmissa jääkansi asetettiin 40 cm paksuiseksi, vedenkorkeudeksi laskennan alkutilanteessa asetettiin 95,1 m (N2000) ja Tammerkosken virtaamaksi  $64 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ . Laskennassa jääkansi pysyi 40 cm paksuisena koko laskennan ajan. Talvisovelluksessa malliin ei vaikuta meteorologiset havaintoaineistot.
- Hulevedet kootaan yhteen ja johdetaan **Possiojan** kanssa samaan paikkaan Lielahden länsipäähän. Laskelmissa käytettiin kahta vaihtoehtoista paikkaa (ks. kuva 2).

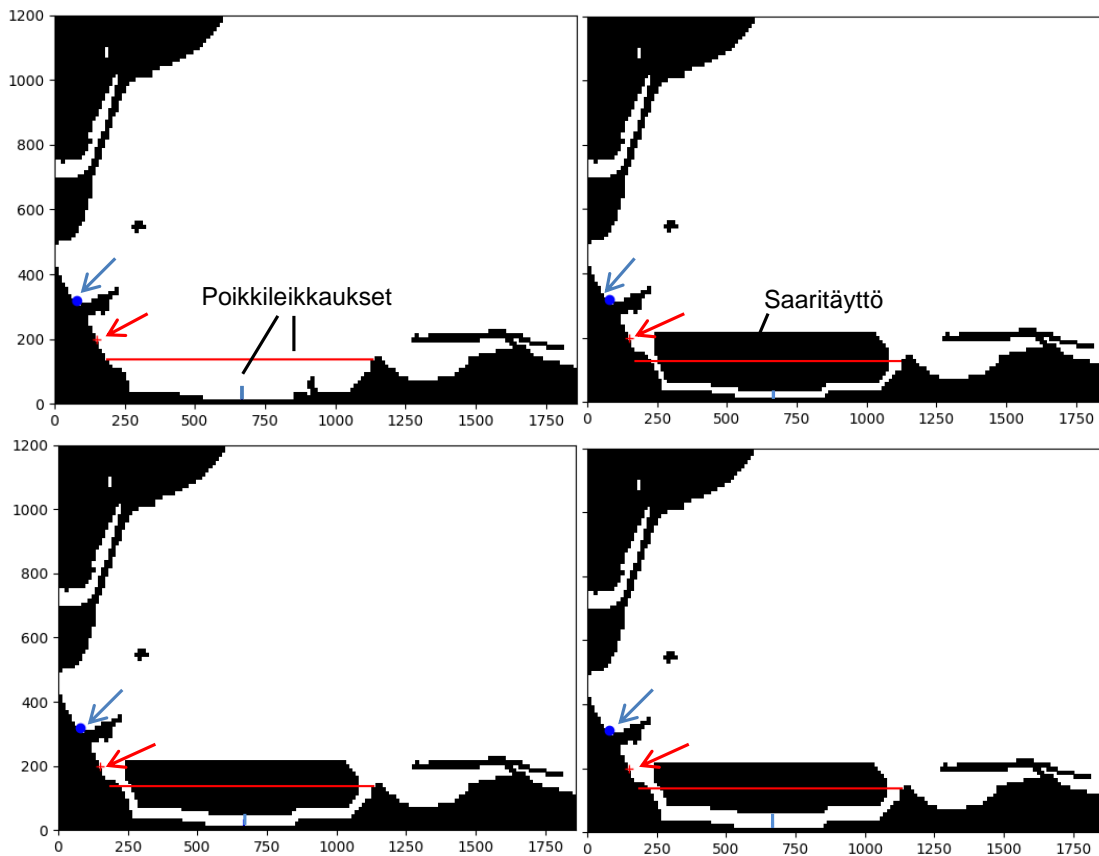
Laskentavaihtoehdot ovat:

- 1) Nykytilanne kesän 2015 vähätuulisella ajanjaksolla,  $2\text{-}3 \text{ m s}^{-1}$ , laskentajaksoon osui myös voimakkaan tuulen jaksoja, jolloin on voitu tarkastella tuulen kynnyksiarvoja kanavassa tapahtuvalle veden vaihdolle. Hulevesien purkuvaihtoehto 1.
- 2) Sama kuin edellä, mutta hulevesien purkuvaihtoehto 2.
- 3) Täyttö 24 m nykyisestä rannasta kesän 2015 vähätuulisella ajanjaksolla (sama kuin ve 1). Hulevesien purkuvaihtoehto 1.
- 4) Sama kuin edellä, mutta hulevesien purkuvaihtoehto 2.
- 5) Talvella nykytilanteessa, kun järvi on jäässä, vedenkorkeus 95,1 m (N 2000) ja jään paksuus 40 cm, Tammerkosken virtaama joulukuun 2017-maaliskuun 2018 mediaanivirtaama  $64 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ .
- 6) Täyttö 24 m nykyisestä rannasta talvitilanne (muuten sama kuin ve 5).
- 7) Täyttö 36 m nykyisestä rannasta kesätilanne (muuten sama kuin ve 1). Hulevesien purkuvaihtoehto 2.
- 8) Täyttö 48 m nykyisestä rannasta kesätilanne (muuten sama kuin ve 1). Hulevesien purkuvaihtoehto 2.
- 9) Täyttö 36 m nykyisestä rannasta talvitilanne (muuten sama kuin ve 5). Hulevesien purkuvaihtoehto 2.
- 10) Täyttö 48 m nykyisestä rannasta talvitilanne (muuten sama kuin ve 5). Hulevesien purkuvaihtoehto 2.

Mallilla laskettiin virtauskentät, kuvitteellisten merkkiaineiden kulkeutuminen ja veden ikä avovesikaudella ja talvikaudella. Merkkiaineiden kulkeutumista ja vedenikää laskettiin vain pienimmän hilaverkon mallilla. Merkkiaineen tiheys asetettiin samaksi kuin veden, jolloin sen avulla pystytään havainnollistamaan veden liikkeitä ja sekoittumista. Mallissa tarkasteltiin kahta erilaista kuvitteellisen merkkiaineen päästötilannetta. Ensimmäisessä tilanteessa malliin asetettiin vuorokausi simuloinnin aloitusajanhetkestä  $1000 \text{ yks l}^{-1}$  kuvitteellinen merkkiaineen päästö täytön ja rannan väliselle alueelle. Toisessa tilanteessa hulevesiojasta tuli veden mukana jatkuva kuvitteellisen merkkiaineen päästö pitoisuudella  $1000 \text{ yks l}^{-1}$ . Vedenikä muuttujassa veden iäksi asetettiin 0 mallinnusalueen reunoilla. Simulaatiot lasketettiin nykyisessä sekä täyttövaihtoehtojen mukaisessa tilanteessa avovesikaudella ja talvikaudella.



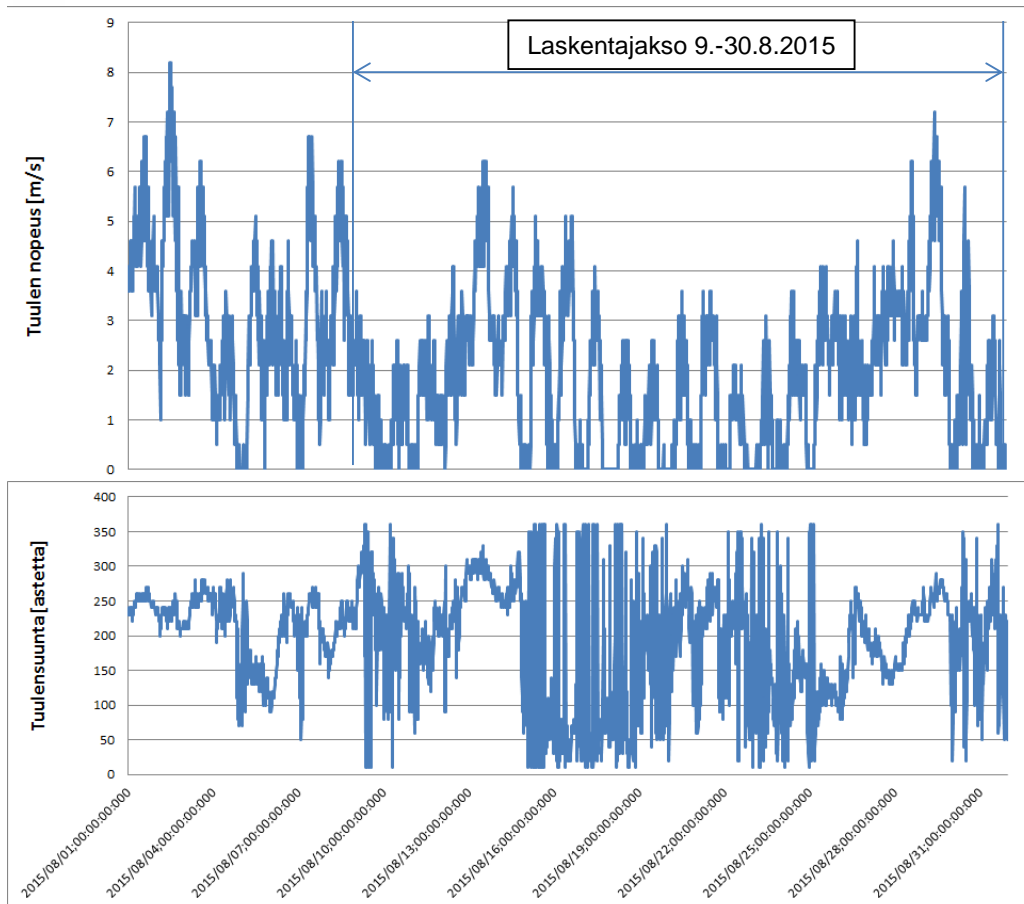
Kuva 1. Näsiselän 25 m \* 25 m hilakoon mallinnusalue (1) ja sen sisään sijoittuva 12 m \* 12 m hilakoon mallinnusalue (2).



Kuva 2. Pienimmän hilakoon mallinnusalueet nykytilanteessa (vasen yläkuva), 24 metriä rannasta sijaitsevalla saaritäytöllä (oikea yläkuva), 36 metriä rannasta sijaitsevalla saaritäytöllä (vasen alakuva) ja 48 metriä rannasta sijaitsevalla saaritäytöllä (oikea alakuva). Kaikkiin kuviin on merkitty poikkileikkaukset, joiden läpi on laskettu virtaamia. Punaisella viivalla on merkitty y-suuntaisten virtaamien ja sinisellä x-suuntaisten virtaamien laskennassa käytetty poikkileikkaus. Kuviin on merkitty myös hulevesien purkupaikkavaihtoehto 1 punaisella (eteläisempi) ja vaihtoehto 2 sinisellä (pohjoisempi) ympyrällä ja nuolella.

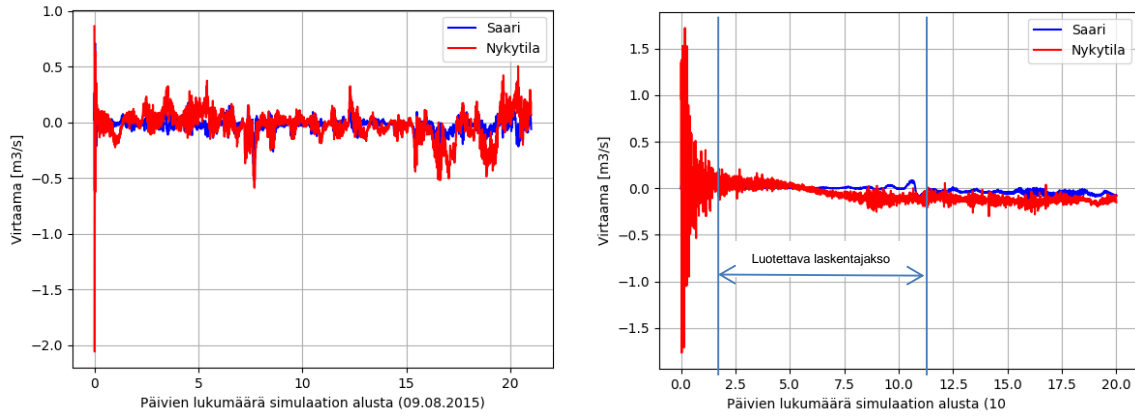
### 3. Tulokset

Tuulen nopeus vaihteli laskentajaksolla 9.-30.8.2015 välillä 0-7,2 ms<sup>-1</sup> (kuva 3). Vallitsevin tuulen suunta oli **etelän** puolella. Vähätuulisia jaksoja, jolloin tuulen voimakkuus oli pääosin alle 3 ms<sup>-1</sup>, osui laskennan alkuun 4 päivän ajalle ja puoliväliin 8 päivän ajalle.

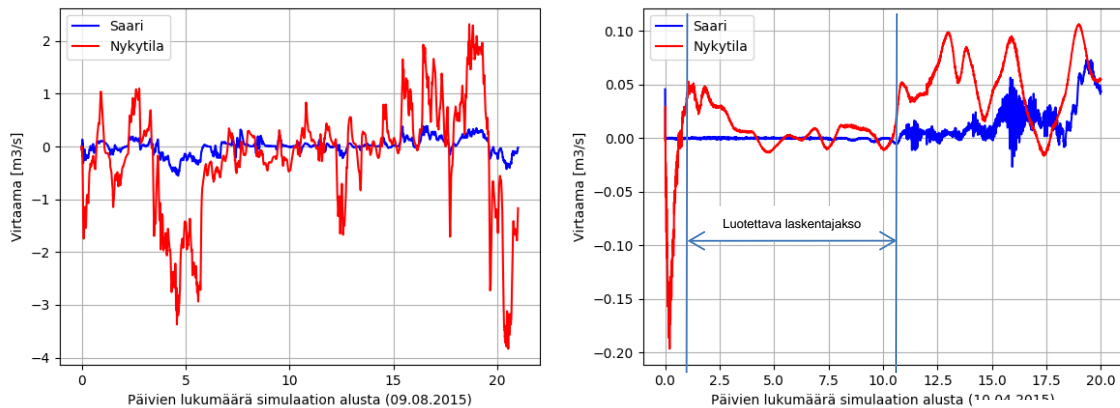


Kuva 3. Tuulen nopeus (yläkuva) ja suunta (alakuva) elokuussa 2015.

Suuren hilakoon mallia käytetään lähtötilanteena keskikokoisen hilakoon mallille ja keskikokoisen hilakoon mallia pienen hilakoon mallille. Pienen hilakoon mallissa alkutilanteen tausta-arvot vaikuttavat tuloksiin heiluntana (kuva 4). Siksi kuvitteellinen merkkiaine syötettiin pienen hilakoon malliin vasta vuorokausi laskennan käynnistämisen jälkeen. Avovesikauden simuloinneissa pinnankorkeus pysyi alle 1 cm vaihteluvälillä. Talvikauden simuloinneissa pinnankorkeus ei pysynyt asetetussa arvossaan yhtä hyvin. Talvitilanteessa pinnankorkeus vaihtelee ajan aikana, erityisesti sen loppupuolella, vaikuttaen tuloksiin virtausta lisäämällä (kuva 5). Aluksi pinnankorkeus laski noin 10 cm, jonka jälkeen se nousi koko jäljellä olevan laskennan ajan. Pinnankorkeuden heilahtelu aiheutui todennäköisimmin kahdesta asiasta; asetetuista vakiovirtaamista Tammerkosken ja Muroleen kanavissa (500 m\* 500 m mallissa) ja karkeimman mallin ja keskikokoisen mallin kytkemisen aiheuttamasta epätarkkuudesta virtaamaan erikokoisten hilaruutujen rajalla. Niinpä vain 9 päivän ajanjakso laskennan alkupuolella on realistinen ja kuvaa jääkannen alla tapahtuvia prosesseja.



Kuva 4. Virtaama kuvitteellisen itärannalta länsipuolella olevan niemekkeen puoliväliin ulottuvan pystysuoran poikkileikkauksen läpi (ks. poikkileikkauksen sijainti kuvasta 2), kesätilanne vasemmalla ja talvitilanne oikealla.



Kuva 5. Virtaama täyten ja rannan välisen kuvitteellisen pystysuoran poikkileikkauksen läpi (ks. sijainti kuvasta 2), kesätilanne vasemmalla ja talvitilanne oikealla. Talvitilanteeseen on merkitty luotettavaksi katsottu laskentajakso.

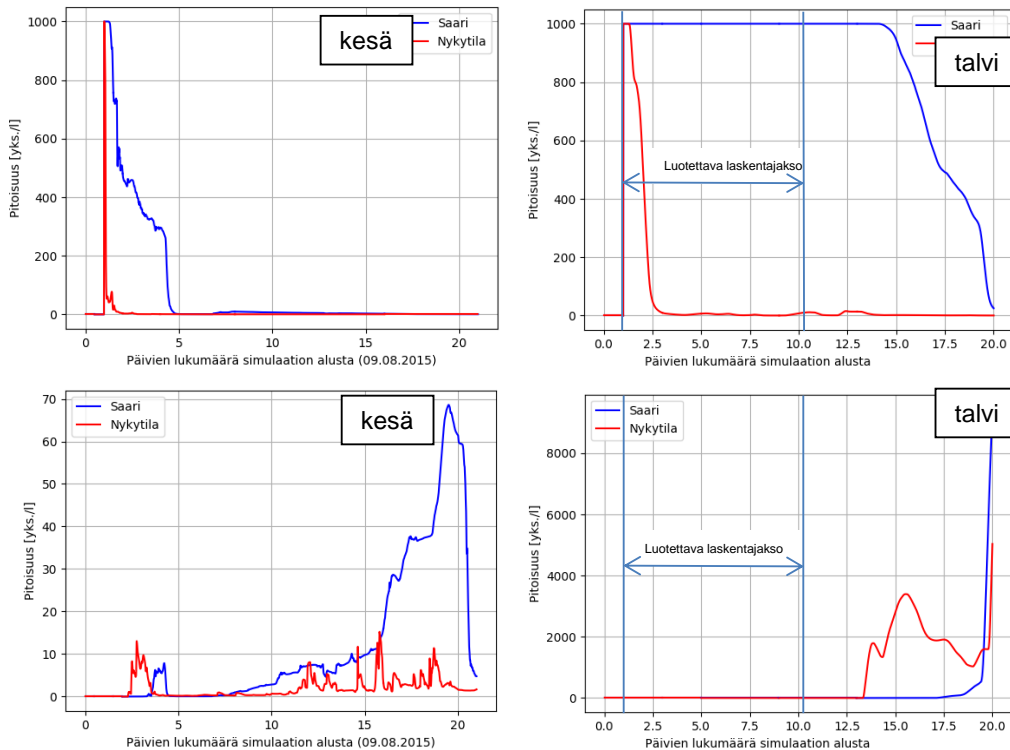
## Saaritäyten vertailu nykytilaan

Työn ensimmäisessä vaiheessa laskettiin suunnitellun saaritäyten vaikutusta virtauksiin, kun saaren ja rannan väliin jäävä kanava on keskimäärin 24 m leveä. Saaritäyttö vähentää avovesikaudella rantaa kohti suuntautuvia ja rannan suuntaisia virtauksia erityisesti voimakkailta tuulilla (kuvat 4 ja 5). Talvella virtaukset ovat vähäisiä kummassakin vaihtoehdossa, vaikkakin nykytilassa hieman suurempia kuin täyttövaihtoehdossa.

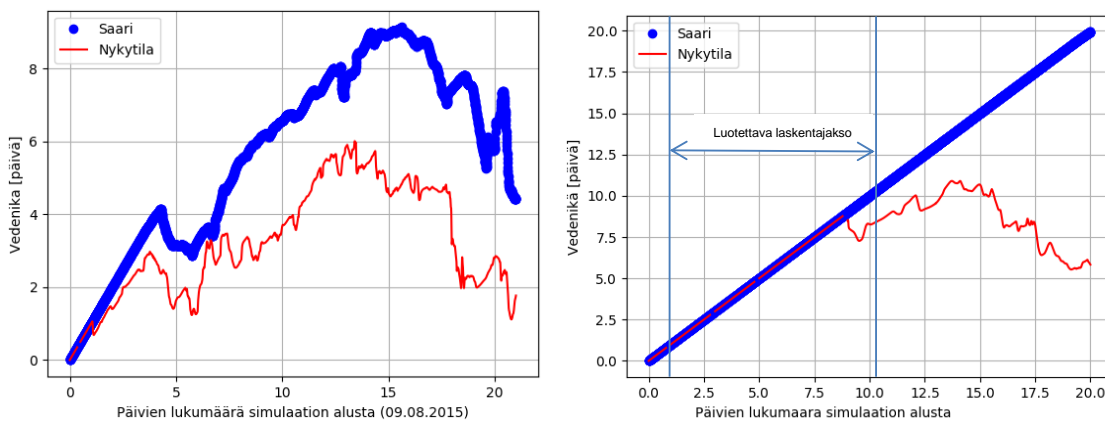
Kuvitteellinen merkkiaine laimeni avovesikaudella vuorokauden kuluessa nykytilanteessa (kuva 6). Saarivaihtoehdossa laimeneminen on nykytilannetta hitaampaa. Kanavaan virtaa vettä yli  $3 \text{ m s}^{-1}$  pohjoisen puoleisilla tuulilla, mikä näkyy harppauksittaisena pitoisuuden muutoksena. Merkkiaineen laimeneminen on talvella vähäistä nykytilanteessa eikä saarivaihtoehdossa sitä tapahdu ennen kuin vedenpinnan korkeus nousee malliteknisistä syistä laskentajakson loppupuolella.

Veden ikä kuvaa vesimolekyylin kulkeutumiseen kuluva aika pienimmän hilakoon laskentaruudun pohjois- ja itäreunalta tarkasteltavaan paikkaan. Tässä paikaksi valittiin suunnitellun kanavan keskiosa, jota on käytetty myös kuvien 4 ja 5 poikkileikkauksen sijaintipaikkana. Avovesikaudella veden ikä kasvaa sovelluksen aloittamisesta maksimiinsa 13–14 päivän kuluttua sekä nykytilassa että saarivaihtoehdossa (kuva 7). Tuulen nopeus ja suunta vaikuttavat veden ikään. Veden ikä on pienin pohjoisen suunnalta puhaltavilla kovilla tuulilla. Veden ikä kasvaa heikkojen tuulien vallitessa pitkään. Saarivaihtoehdossa vesi kulkeutuu tarkastelualueelle noin 5 päivää kauemmin. Talvella vesi ei juuri vaihdu saarivaihtoehdossa, kun taas nykytilanteessa se vaihtuu kymmenen päivän kuluessa.





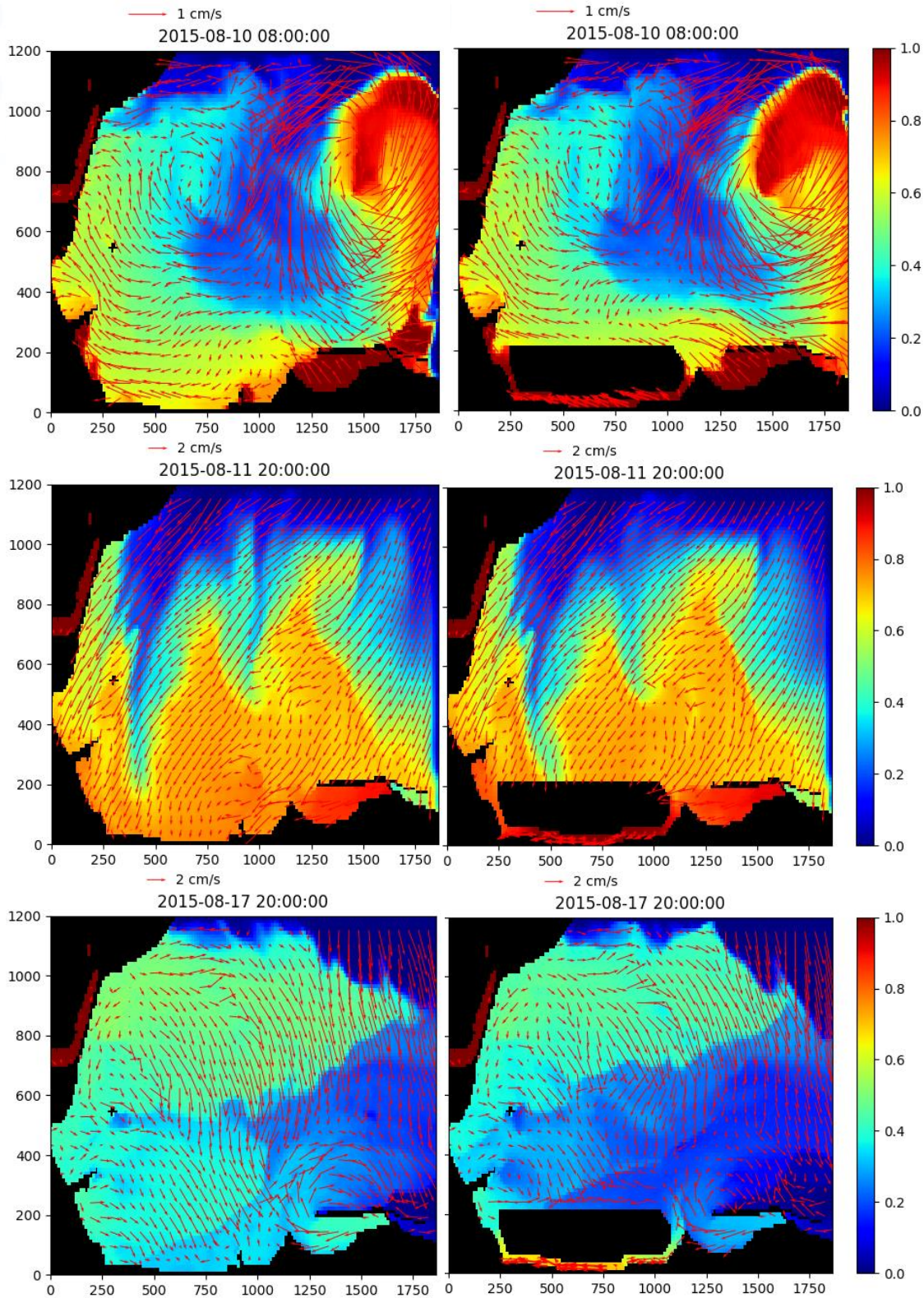
Kuva 6. Täytön ja rannan väliin asetetun kuvitteellisen merkkiaineen laimeneminen eri vaihtoehdoissa kesätilanteessa (vasemmalla) ja talvitilanteessa (oikealla). Ylhäällä on täytön ja rannan väliin asetettu merkkiaineen hetkellinen päästö ajon toisena päivänä. Alemmissä kuvissa on hulevesien purkupaikalle tulevan merkkiaineen jatkuva päästö. Talvitilanteisiin on merkitty luotettavaksi arvioitu laskentajakso.



Kuva 7. Veden ikä täytön ja rannan väliin asetetussa kuvitteellisessa poikkileikkauksessa (vrt. kuvat 5 ja 6), kesätilanne vasemmalla ja talvitilanne oikealla. Talvitilanteeseen on merkitty luotettavaksi katsottu laskentajakso.

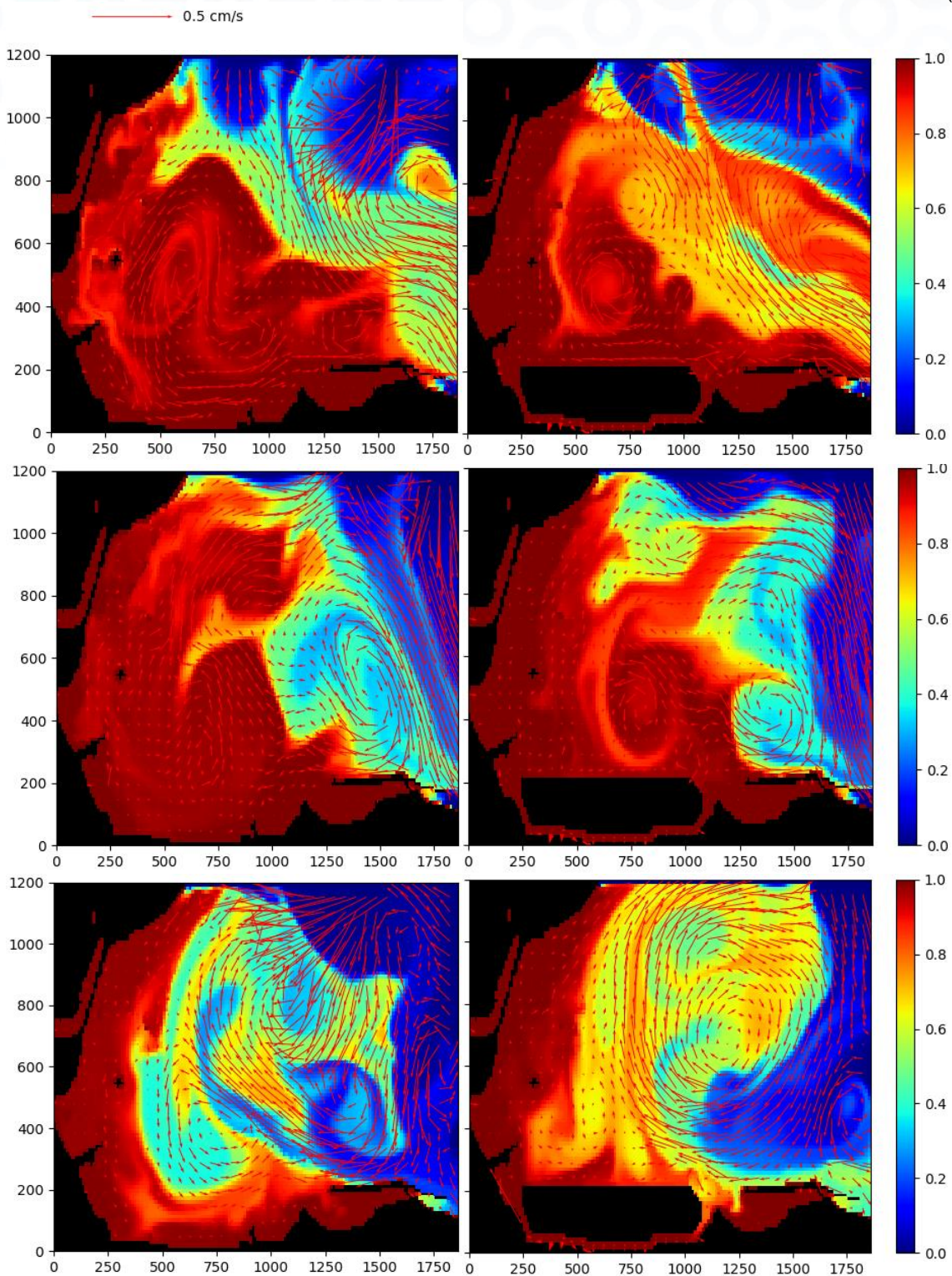
Veden ikä kertoo veden kulkeutumiseen kuluneesta ajasta laskenta-alueen pohjois- ja itäreunoilta laskenta-alueen muihin osiin. Kuvissa 8–9 aika on esitetty suhteellisenä muutoksena eikä kasva arvoa 1 suuremmaksi. Kesällä pintavirtaukset suuntautuvat pohjoisesta/koillisesta Hiedanrantaan (kuva 8). Ensimmäisinä päivinä laskennan aloittamisesta tuuli on heikkoa eikä vesi vaihdu saaritäytön ja rannan välisessä kanavassa. Vaikka myös 10 päivää laskennan aloittamisesta tuuli on heikkoa, vesi on vaihtunut edeltävän päivän  $3,1\text{--}5,1\text{ ms}^{-1}$  puhaltaneen tuulen ansiosta.

Lielahdessa vesi sekoittuu talvella hitaasti (kuva 9). Saaritäyttö muuttaa virtausten suuntaa Lielahden eteläosassa. Virtaus osuu täytön koilliskulmaan ja kääntyy siitä luoteeseen. Kanavan läpi ei sanottavasti virtaa vettä.



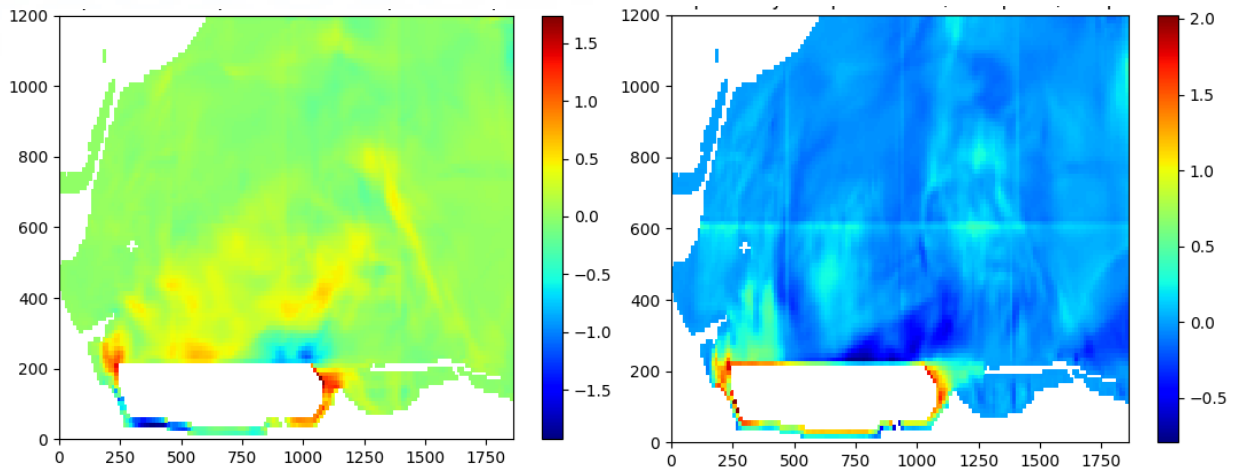
Kuva 8. Veden suhteellinen ikä pintakerroksessa kesäkauden simuloinneissa 1 d (ylhäällä), 2 d (keskellä) ja 8 d (alhaalla) ajon käynnistämisestä. Vasemmalla nykytilanne ja oikealla saarivaihtohto. Oikealla puolella oleva asteikko kuvaa veden suhteellista ikää.





Kuva 9. Veden suhteellinen ikä pintakerroksessa talvikauden simuloinneissa 2 d (ylhällä), 4 d (keskellä) ja 10 d (alhaalla) kuluttua ajon käynnistämisestä. Vasemmalla nykytilanne ja oikealla saarivaihtoehto. Oikealla puolella oleva asteikko kuvaa veden suhteellista ikää.

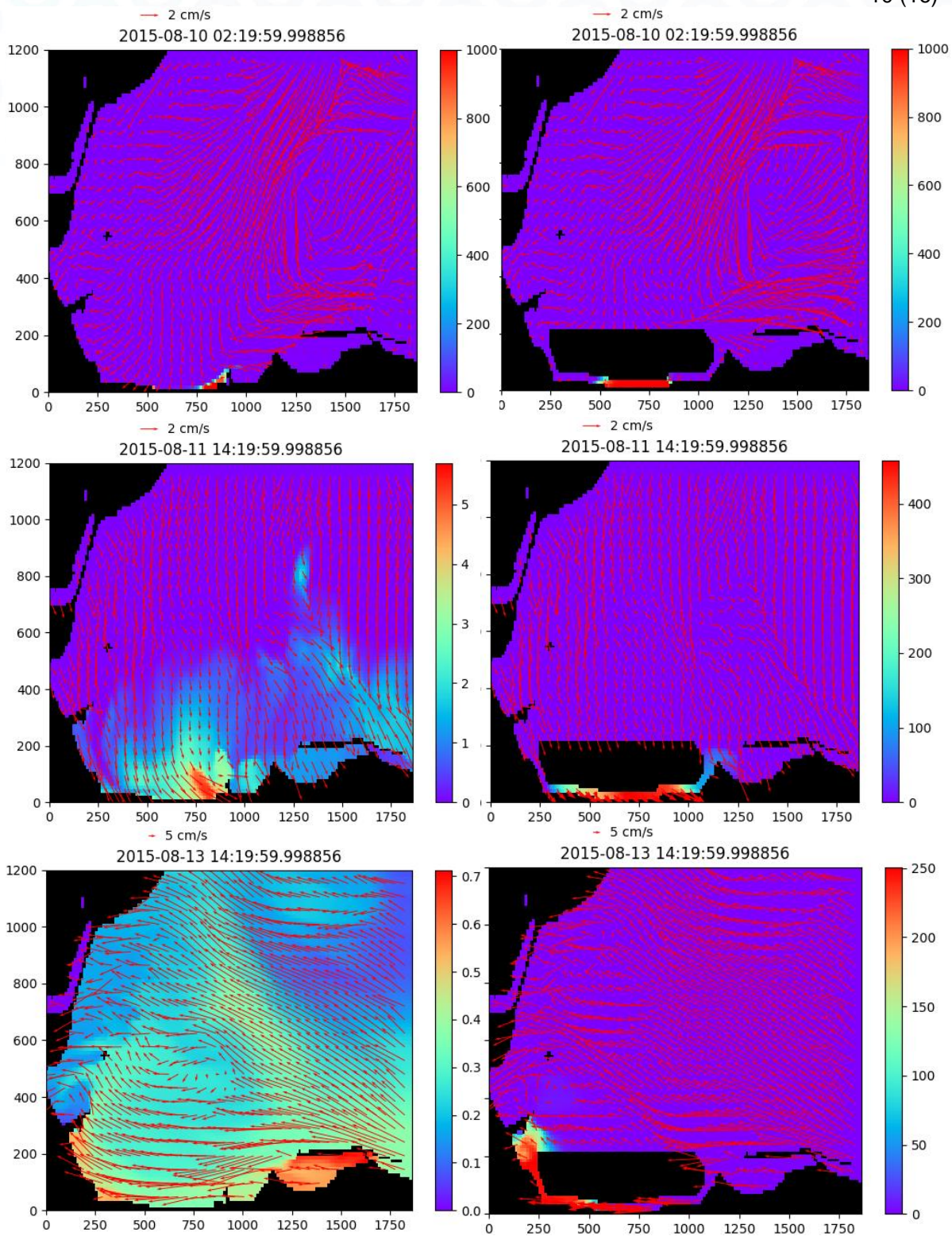
Suurimmat eroavaisuudet avovesikaudella virtausnopeuksien x- ja y-suuntaisissa komponenteissa ovat suunnitellun saaren läheisyydessä (kuva 10). Eroja on tarkasteltu vertaamalla saman aikavälin laskentatuloksia toisiinsa. Erot ovat samansuuntaiset myös verrattaessa eri virtaussuuntien välisiä eroja pintavedessä. Jotta nykytilan ja saarivaihtoehdon mallinnustulokset olisivat vertailukelpoisia, tulisi virtausnopeuksien x- ja y- komponenttien erot olla mahdollisimman lähellä nollaa mallinnusalueen reunoilla (pohjois-itä). Tulos täyttää edellä mainitun ehdon.



Kuva 10. Virtausnopeuskomponenttien keskimääräinen ero (virtausnopeus saarivaihtoehdossa - virtausnopeus nykytilassa) pinnassa avovesikauden simulointijaksolla 13.8.–17.8.2015. Väriasteikon yksikkönä on  $\text{cm s}^{-1}$ . Vasemmalla x-suuntainen ja oikealla y-suuntainen komponentti. Huomaa asteikkoerot.

Kuvitteellisen merkkiaineen kulkeutumista voidaan tarkastella myös merkkiaineen pitoisuusmuutoksina. Merkkiaineen kulkeutuessa purkualueelta ulapalle sen pitoisuus pienenee purkualueella ja kasvaa ulapalla. Merkkiaine leviää nykytilanteessa kesällä nopeasti ulapalle (kuva 11). Kahden vuorokauden kuluttua saarivaihtoehdolla leviämistä ei ole vielä tapahtunut. Aiemmin selostetun mukaisesti vesi sekoittuu vasta yli  $3 \text{ ms}^{-1}$  tuulella, mitä laskentajakson alkupuolella ei esiintynyt. Talvella merkkiaineen leviäminen nykytilanteessa on hidasta eikä saarivaihtoehdolla sitä tapahdu (kuva 12).





Kuva 11. Pintavirtaukset ja merkkiaineen laimeneminen kesällä. Yläkuvassa 2 tuntia päästön alkamisesta, keskellä 1 vuorokauden ja alakuvassa 3 vuorokauden kuluttua nykytila- ja saarivaihtoehdossa. Vasemmalla on nykytilanne ja oikealla saarivaihtoehdo. Kuvien oikealla puolella oleva asteikko kuvaa merkkiaineen pitoisuutta yks  $l^{-1}$ . Huomaa asteikkoerot.

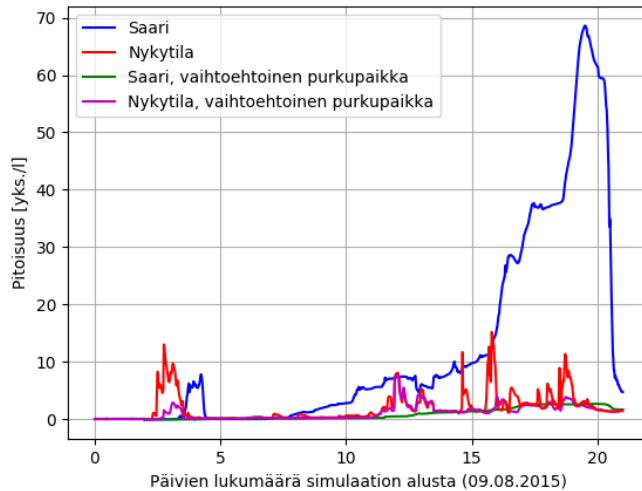






## Hulevesien purkuvaihtoehtojen tarkastelu

Kuvitteellisen merkkiaineen leviäminen antaa suuntaa myös hulevesien leviämiselle. Kuvitteellisen merkkiaineen havaittiin leviävän avovesikaudella kanavaan silloin, kun merkkiaine johdetaan hulevesien suunnitellulle purkupaikalle Möljänniemen eteläpuolelle (vaihtoehto 1, Ks. poikkileikkauksien sijainti kuvasta 2), mistä pääteltiin hulevesien voivan niin ikään levitä kyseisestä paikasta kanava-alueelle. Tämän vuoksi mallinnuksessa tarkasteltiin myös vaihtoehtoa, jossa kuvitteellinen merkkiaine johdetaan Möljänniemen pohjoispuolelle (vaihtoehto 2). Vaihtoehtoisessa pohjoisessa purkupaikassa 2 merkkiaine sekoittuu nopeasti ulappa-alueen veden kanssa (kuva 13). Kanavaan hulevesien purkupaikasta 2 kulkeutuu vähäisessä määrin merkkiainetta saari-vaihtoehdossa.



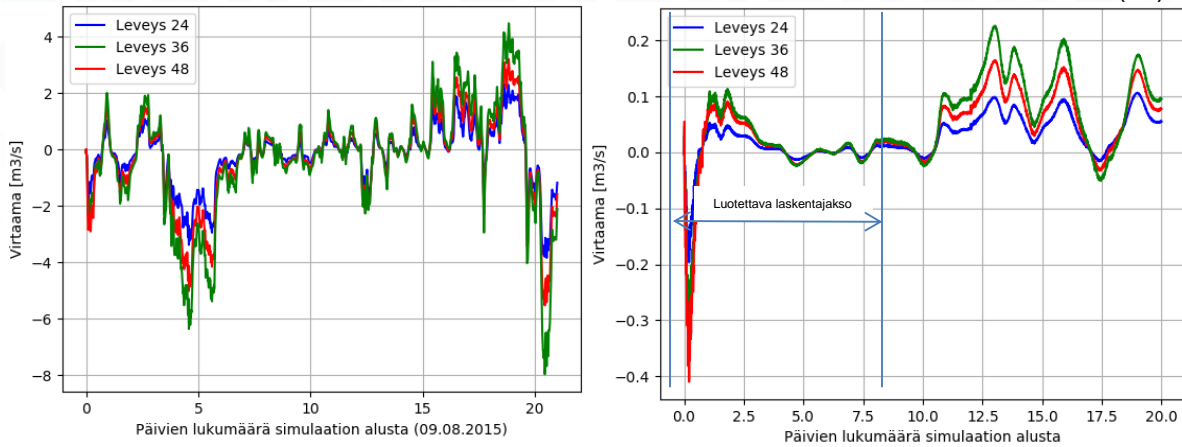
Kuva 13. Hulevesien vaihtoehtoisten purkupaikkojen vertailu kesätilanteessa. Vaihtoehtoinen purkupaikka on pohjoinen vaihtoehto 2 kuvassa 2.

## Kanavan leveyden vaikutus

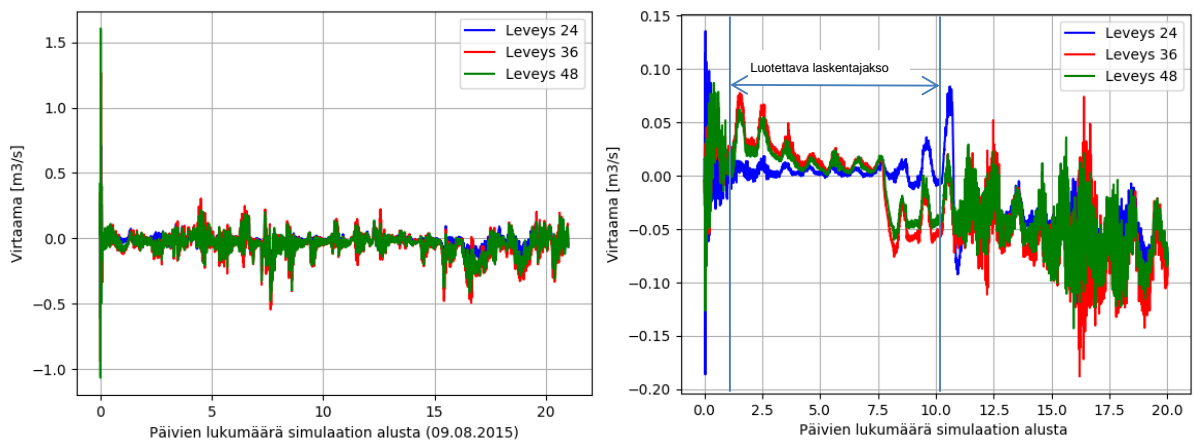
Lisälaskennoissa tarkasteltiin veden virtausta alun perin suunniteltua kanavaa leveämmissä kanavissa. Virtausta tarkasteltiin 24, 36 ja 48 metrin levyisillä kanavavaihtoehdoilla. Kanavan y-suuntaisessa poikkileikkauksessa (x-suuntaiset virtaukset, ks. kuva 2) virtaukset kasvavat myös nykytilanteessa, kun verrataan virtauksia rannan lähellä eri kanavan leveyksiä vastaavissa poikkileikkauksissa (kuva 14).

Saarivaihtoehdoissa avovesikaudella virtaamat kanavassa voimistuvat myös odotetusti kovilla tuulilla. Heikkotuulisilla jaksoilla virtaamat ovat kaikissa tapauksissa vähäisiä (kuvat 15 ja 16). Virtaaman kasvu kanavassa näkyy avovesikaudella vedenvaihtoa kuvaavissa muuttujissa, selkeimmin vedenikä-muuttujassa (kuva 17). Kanavan leventäminen "nuorentaa" vettä 1-2 vuorokaudella. Kanavan leventäminen edistää suunnitellun täyden ja rannan väliseen kanavaan vuorokausi simulaation käynnistämisen jälkeen asetetun kuvitteellisen merkkiaineen laimenemisestä (kuva 18). Osa pitoisuuden pienenemisestä aiheutuu kanavan vesitilavuuden kasvusta, jolloin alkulaimenemista tapahtuu. Lisääntyvä virtaama helpottaa kesätilanteessa kuvitteellisen merkkiaineen pääsyä kanavaan (kuva 19). Kuvitteellisen merkkiaineen pitoisuus kohoaa kuitenkin melko vähän.

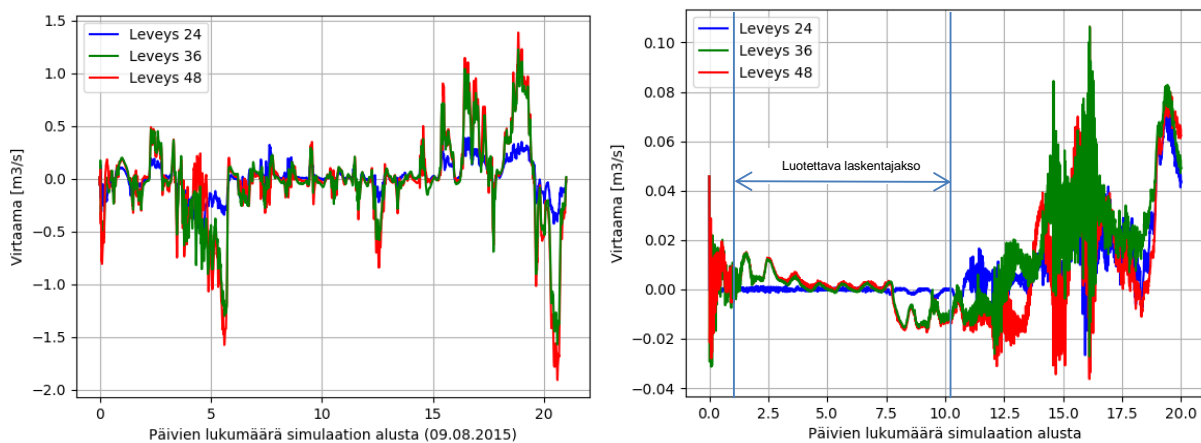
Talvitilanteessa kanavan leventäminen 24 metristä 36 metriin parantaa kanavan virtaamaa (kuvat 15–20). Kuvissa 15 ja 16 on havaittavissa virtaamien kasvu, kun kanavaa levennetään. Ero 36 metrin ja 48 metrin levyisten kanavavaihtoehtojen välillä on vähäinen. Veden ikätarkastelussa ei muutosta eri vaihtoehtojen välillä ole havaittavissa (kuva 17). Kanavan leveydellä on vaikutusta kuvitteellisen merkkiaineen laimenemiseen, mikä osittain selittyy kanavan vesitilavuuden kasvulla, kuten kesätilanteessakin (kuva 18). Talvitilanteessa kanavaan ei pääse merkkiainetta (kuva 19, nopea nousu 18 päivän kohdalla osuu ajanjaksolle, jolloin tulokset ovat epäluotettavia). Pintavirtauksia tarkastelemalla voidaan havaita veden sekoittuvan paremmin 36 m:n levyisessä kuin 24 m levyisessä kanavassa (kuva 20, vrt. kuva 12).



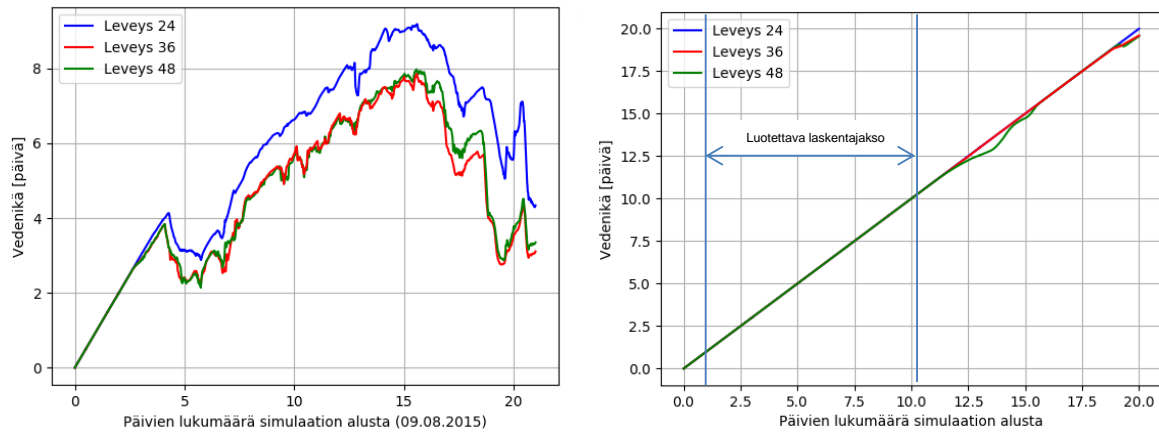
Kuva 14. Virtaama y-suuntaisen poikkileikkauksen läpi kesätilanteessa (vasemmalla) ja talvitilanteessa (oikealla) ilman saaritäyttöä. Poikkileikkausten sijainti on esitetty kuvassa 2, kyseessä sininen poikkileikkaus. Talvitilanteeseen on merkitty luotettavaksi katsottu laskentajakso.



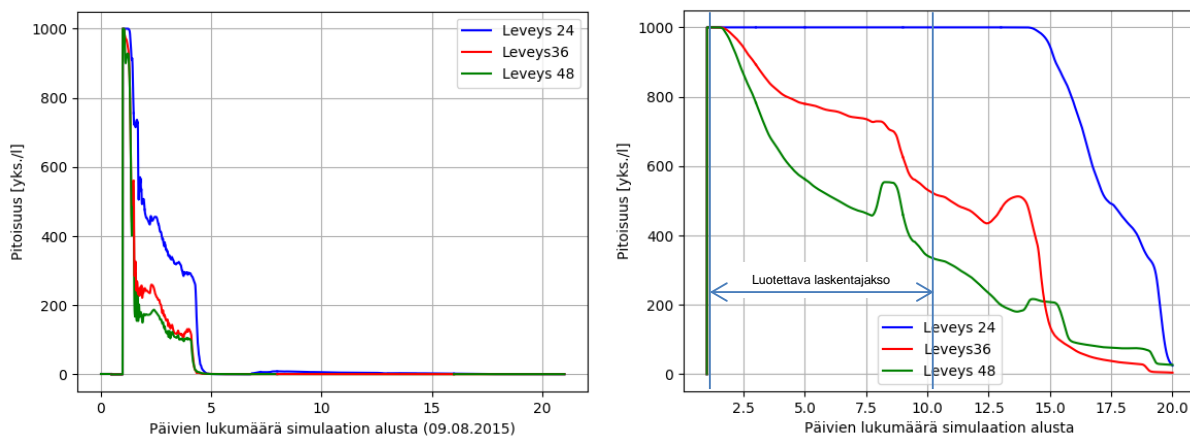
Kuva 15. Virtaama x-suuntaisen poikkileikkauksen läpi kesä- (vasemmalla) ja talvitilanteessa (oikealla) eri saarivaihtoehdoilla. Poikkileikkausten sijainti on esitetty kuvassa 2, kyseessä punainen poikkileikkaus. Talvitilanteeseen on merkitty luotettavaksi katsottu laskentajakso.



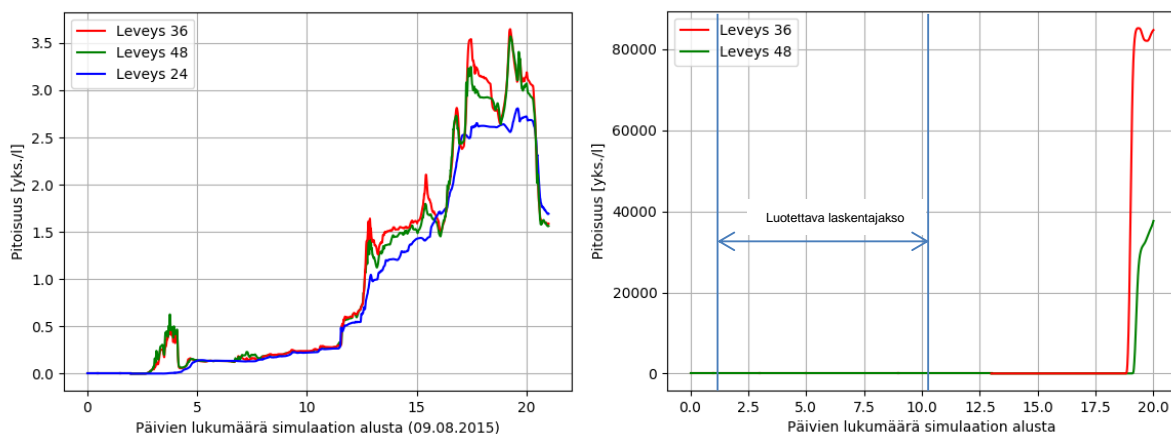
Kuva 16. Virtaamat y-suuntaisen poikkileikkauksen läpi kesä- (vasemmalla) ja talvitilanteessa (oikealla) eri saarivaihtoehdoilla. Poikkileikkausten sijainti on esitetty kuvassa 2, kyseessä on sininen poikkileikkaus. Talvitilanteeseen on merkitty luotettavaksi katsottu laskentajakso.



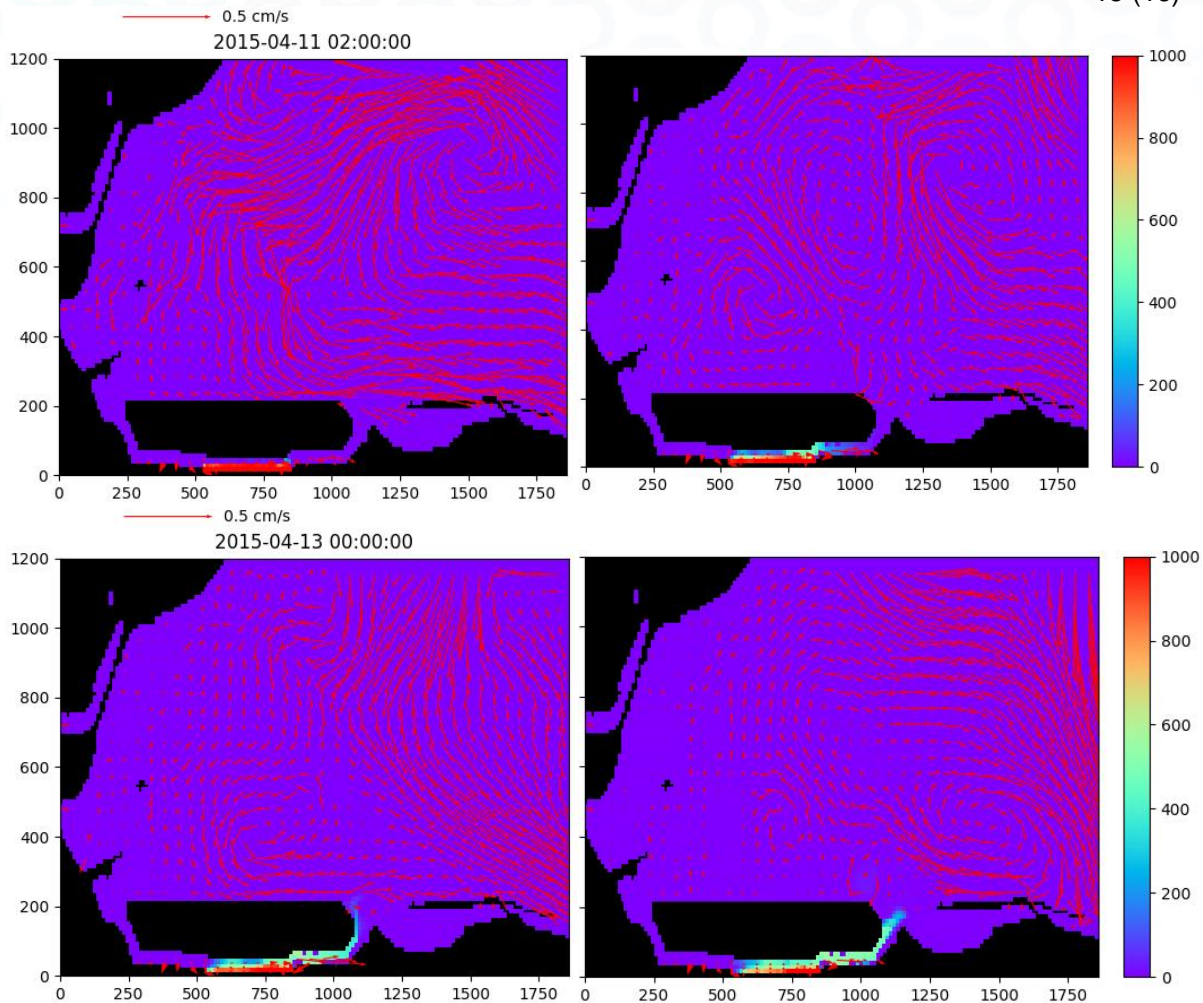
Kuva 17. Vedenikä kesä- (vasemmalla) ja talvitilanteessa (oikealla) eri saarivaihtoehtoilla. Talvitilanteeseen on merkitty luotettavaksi katsottu laskentajakso.



Kuva 18. Täytön ja rannan väliin asetetun kuvitteellisen merkkiaineen kesä- (vasemmalla) ja talvitilanteessa (oikealla). Talvitilanteeseen on merkitty luotettavaksi katsottu laskentajakso.



Kuva 19. Kuvitteellisen merkkiaineen pitoisuus täytön ja rannan välisessä kanavassa kesä- (vasemmalla) ja talvitilanteessa (oikealla) kanavassa, hulevesien purkuvaihtoehto 2. Talvitilanteeseen on merkitty luotettavaksi katsottu laskentajakso.



Kuva 20. Pintavirtaukset ja merkkiaineen laimeneminen talvella 2 tunnin (ylhäällä vasemmalla), 20 tunnin (ylhäällä oikealla), 2 vuorokauden (alhaalla vasemmalla) ja 4 vuorokauden (alhaalla oikealla) kuluttua päästön alkamisesta saarivaihtoehdossa (kanavan leveys 36 m). Oikealla puolella oleva asteikko kuvaa merkkiaineen pitoisuutta yks  $l^{-1}$ .

#### 4. Huomiota laskentatuloksista

Kesäaikana veden vaihtuminen nykytilanteessa on nopeaa. Saarivaihtoehdossa vähintään  $3 \text{ ms}^{-1}$ :n tuuli saa veden vaihtumaan saaren ja rannan välisessä kanavassa. Veden vaihtumista edistää kovat pohjoisen suunnalta puhaltavat tuulet. Kun kanavaa levennetään, veden vaihtuminen tehostuu.

Talviaikana Lielahdessa on hitaita virtauksia, jotka laimentavat nykytilassa kuvitteellisen merkkiaineen kymmenen päivän kuluessa. Saarivaihtoehdossa, kun kanavan leveys on 24 m, vesi ei vaihdu saaren ja rannan välisessä kanavassa. Tätä leveämmillä kanavavaihtoehdoilla veden vaihtuvuus paranee, mikä nähdään erityisesti merkkiaineen laimenemisena ja kulkeutumisena kanavasta pois.

Hulevesipäästön laimenemista ja kulkeutumista kuvattiin kuvitteellisen merkkiainepäästön avulla. Kesällä merkkiaine kulkeutuu Möljänniemen eteläpuolelta (vaihtoehto 1) osittain kanavaan, koska virtaussuunta heilahtelee alueella sekä kanavan suuntaan että sieltä pois. Merkkiaine ei talvella tältä purkupaikalta näyttäisi kulkeutuvan kanavaan. Vaihtoehoton Möljänniemen pohjoispuolelle sijoittuva purkupaikka (vaihtoehto 2) vähentää huomattavasti merkkiaineen kulkeutumista kanavaan, koska siellä sen laimeneminen on tehokasta ja kulkeutuminen kanavaan vähäistä.



Nykytilanteessa pitoisuuden laimenemisprosessissa on oleellisena tekijänä myös rantaa kohti suuntautuvat virtaukset, jotka puuttuvat saaritäyttövaihtoehdossa.

Tuloksista toimitetaan animaatiot eri tiedostoina Ramboll Oy:lle.

Helsinki 11.5.2021



Vesikeskuksen johtaja Anna-Stiina Heiskanen

Jyväskylä 11.5.2021



Tutkija Janne Juntunen

### **Kirjallisuus**

Luyten, P. (Editor) 2013. COHERENS—A Coupled Hydrodynamical-Ecological Model for Regional and Shelf Seas: User Documentation. Version 2.5.1. RBINS-MUMM Report, Royal Belgian Institute of Natural Sciences. <http://odnature.naturalsciences.be/coherens/>



Suomen ympäristökeskus SYKE | Finnish Environment Institute | Finlands miljöcentral

Latokartanonkaari II  
00790 HELSINKI  
FINLAND

+358 2952 51000  
@ kirjaamo.syke@ymparisto.fi

www.syke.fi  
Y-tunnus 0996189-5