

Rauman merialueelle purettavan jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden vesistövaikutuksien mallinnus

Kai Rasmus ja Joose Mykkänen

Rauman merialueelle purettavan jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden vesistövaikutuksien mallinnus

Raportin otsikko		Rauman merialueelle purettavan jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden vesistövaikutuksien mallinnus			
Versio	Laatija	Pvm	Kuvaus	Tarkistettu	Hyväksytty
01	Joose Mykkänen	19.11.2025	Raporttiluonnos kommentteille	KR	KR
02	Joose Mykkänen	28.11.2025	Kommenttien mukaan korjattu versio	KR	KR
03	Joose Mykkänen	12.12.2025	Valmis raportti	KR	KR

03	12.12.2025	Valmis raportti	JM	KR	KR
Versio	Pvm.	Kuvaus	Laatija	Tarkastaja	Hyväksyjä
 Luode			Dokumentti: Rauman merialueelle purettavan jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden vesistövaikutuksien mallinnus		
Asiakas: Sweco Finland Oy / Matti Heitto					
Luode Consulting Oy:n yhteyshenkilö: Joose Mykkänen			Tiedoston nimi: Rauma jäähdytys- ja jäteveden vesistövaikutuksien mallinnus Luode Oy 12122025.pdf		
Työn suorittaja: Luode Consulting Oy					

Sisällysluettelo

1	Johdanto.....	2
2	Menetelmät.....	2
2.1	Yleistä	2
2.2	Laskentahila ja syvyysmalli.....	3
2.3	Mallin pakotteet, reunaehdot ja lähtöarvot	3
2.4	Mallinnetut skenaariot.....	4
2.5	Mallin validointi	5
3	Tulokset.....	9
3.1	Tulosten esitysmenetelmät.....	9
3.2	Jäähdytysveden lämpökuormituksen vaikutus meriveden lämpötilaan.....	10
3.3	Jäähdytysveden lämpökuormituksen vaikutus jääpeitteeseen	23
3.4	Jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden mukana purettavan ainekuormituksen vaikutukset meriveden laatuun	26
4	Johtopäätökset	30

1 Johdanto

Selvityksessä toteutettiin yhteistyössä tilaajan asiantuntijoiden kanssa 3D-virtaus- ja vedenlaatumallinnus Selkämerelle Rauman edustan merialueelle. Mallin avulla arvioitiin mereen purettavan jäähdytysveden lämpökuormituksen sekä sen mukana mereen purettavan puhdistetun jäteveden ainekuormituksen vaikutuksia meriveden laatuun. Vaikutusta tarkasteltiin mallintamalla jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden aiheuttaman kuormituksen leviämistä kesäkaudella sekä jääpeitteisellä talvikaudella. Mallinnuksen tuloksista esitetään karttakuvat jäähdytysveden lämpö- ja ainekuormituksen vaikutuksesta meriveden lämpötilaan ja vedenlaatuun. Lisäksi talvikauden osalta esitetään mallinnettu vaikutus jääpeitteeseen. Karttakuvaajien lisäksi mallinnuksen tulokset esitetään taulukkoarvoina ja aikasarjoina vaikutusalueella sijaitsevien vedenlaadun tarkkailupisteiden kohdalla.

2 Menetelmät

2.1 Yleistä

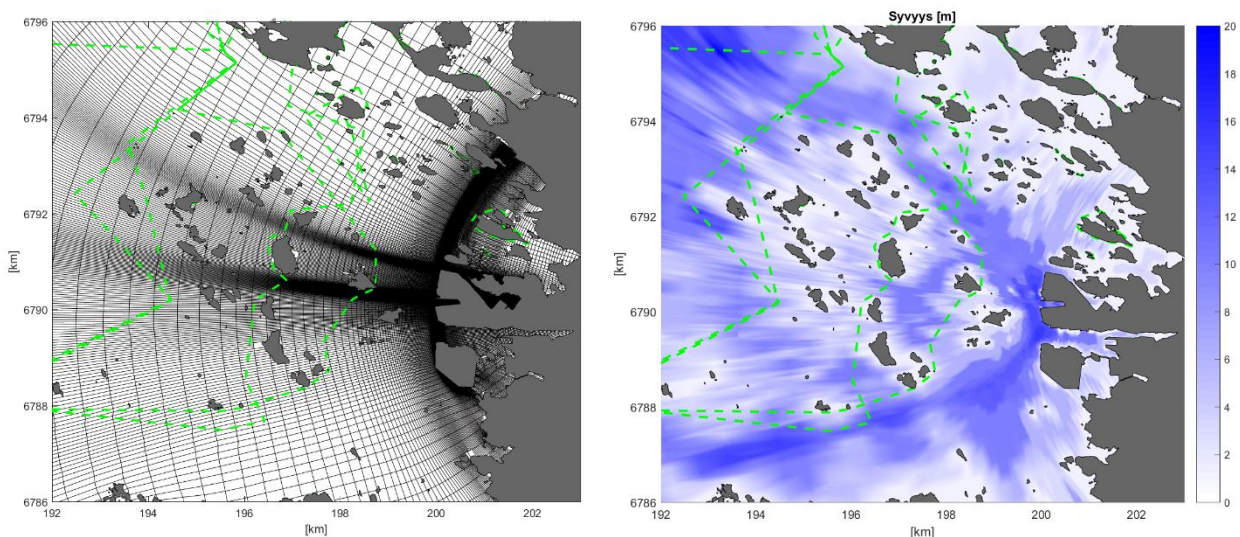
Vesistövaikutuksien mallinnus toteutettiin Delft3D-mallinnusohjelmistolla, joka on kehitetty veden fysikaalisten ominaisuuksien sekä vedenlaatuparametrien laskemiseen rannikko-, estuaari-, järvi- ja jokiympäristöissä. Ohjelmisto laskee mallille annettujen reunaehtojen ja fysikaalisten pakotteiden mukaan vesialueen virtausnopeudet, pinnankorkeuden, kerrostuneisuuden, lämpötilan, suolaisuuden sekä malliin asetettujen aineiden kulkeutumisen. Malliohjelmistoa on hyödynnetty lukuisissa järvi-, joki- sekä rannikkomerialueiden kohteissa ja mallituloksien on todettu toistavan hyvällä tarkkuudella validointimittauksissa esiintyvät virtausolosuhteet sekä vesialueen kerrostuneisuusrakenteen.

Tarkemmat yksityiskohdat käytetystä mallista löytyvät oheisen linkin kautta:

<https://www.deltares.nl/en/software/delft3d-4-suite/>

2.2 Laskentahila ja syvyysmalli

Mallinnuksessa käytettiin laskentahilaa, joka kattoi Rauman edustan merialueen rajautuen sataman edustalta noin 20 km säteellä avomeren suuntaan sekä rannikon suunnassa pohjoiseen ja etelään. Riittävän laajalla aluerajauksella varmistettiin, että Rauman satama-alueelle kohdistuvat merialueen virtausolosuhteet saadaan simuloitua luotettavasti vaihtuvissa virtausolosuhteissa. Varsinaisella mallinnuksen kohdealueella, Rauman sataman edustalle suunnitellulla vedenotto- ja purkualueella, mallin resoluutio oli tiheimmillään 5,5 m x 7,5 m harventuen kohdealueen ulkopuolella (Kuva 1). Syvyysmalli tehtiin Väyläviraston avoimen syvyysaineiston mukaan (Kuva 1). Myös rantaviiva-aineisto ladattiin Väyläviraston avoimista paikkatietoaineistoista. Syvyys suunnassa laskentahila on jaettu 10 kerrokseen, joiden paksuus on 10 % solun syvyydestä. Rauman edustan pääosin alle 20 m syvyisellä rannikkomerialueella vaihtelee kerroksen paksuus noin 0,1 metrin ja 2 metrin välillä. Tämä ns. sigma-kerrosmalli tuottaa yhtenäiset pinta- ja pohjakerrokset parantaen virtausmallin tarkkuutta.



Kuva 1. Mallinnuksessa käytetty laskentahila (oikea) sekä syvyysmalli (vasen) Rauman edustan merialueella.

2.3 Mallin pakotteet, reunaehdot ja lähtöarvot

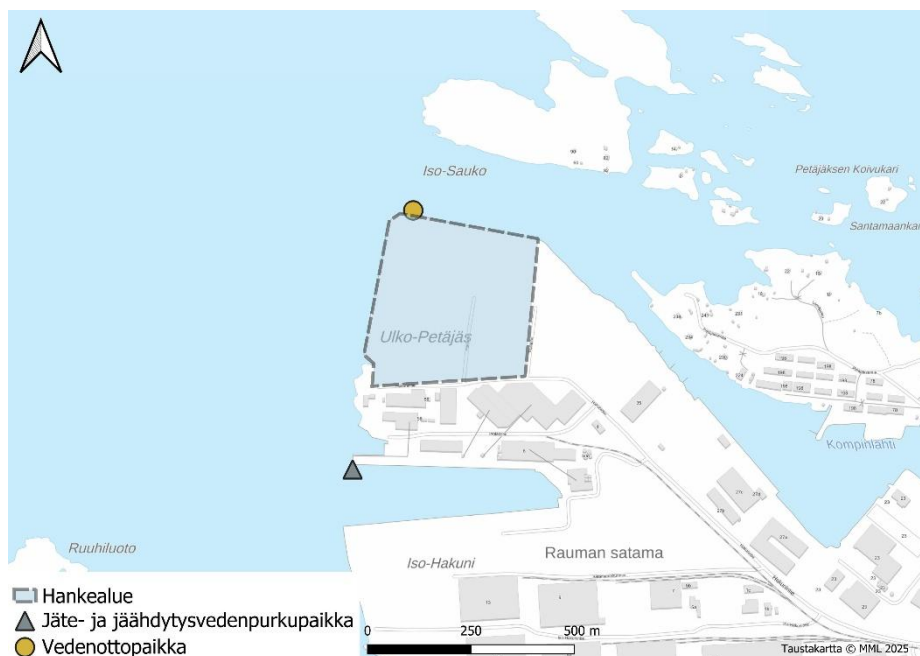
Rauman edustan rannikkomerialueen kattavassa mallissa oli yksi laskentahilan alueen Selkämereen liittyvää reuna, joka kaareutui rantaviivan rajaamana puolikaarena noin 20 km säteellä Rauman sataman ympärillä. Vedenvaihtoa laskentahilan sekä Selkämeren välillä pakotettiin meriveden pinnankorkeuden ja tuulen ajamien virtausten mukaan. Mallin reunan virtausolosuhteita ohjattiin vedenkorkeusaineistolla, joka perustui Rauman mareografin mittaushavaintoihin (Ilmatieteenlaitos). Vedenlaadun osalta meriveden lämpötilan ja suolapitoisuuden lähtötilanteen arvot sekä mallin Selkämereen liittyvän reunan aikasarjat muodostettiin ympäristöhallinnon avoimen Hertta-tietokannan vedenlaatuhavaintoihin perustuen. Sääparametrit asetettiin malliin perustuen Kylmäpihlajan mittausaseman (Ilmatieteenlaitos) havaintoihin edustaen hyvin Rauman ulkosaariston olosuhteita.

2.4 Mallinnetut skenaariot

VE0 Nykytila ilman jäähdytysvesikuormitusta, kesä-elokuu 2024 ja joulumaaliskuu 2023–2024

VE1a Jäähdytysveden otto 2 m syvyydestä Rauman sataman Ulko-Petäjäs alueen pohjoisreunasta ja purku satama-altaan länsireunaan 14 m syvyydelle (kuva 2). Jäähdytysveden virtaama, lämpötilan nousu sekä jäähdytysvesien mukana purettavien ainekuormitusten pitoisuudet esitetään taulukossa 1. Mallinnusjakso ja mallin muut asetukset vastaavat VE0 skenaariota, kesä-elokuu 2024 ja joulumaaliskuu 2023–2024

VE2a Jäähdytysveden otto ja purkaminen skenaariota VE1a pienemmällä virtaamalla käyttäen samoja otto- ja purkupisteitä (Kuva 2). Jäähdytysveden virtaama, lämpötilan nousu sekä jäähdytysvesien mukana purettavien ainekuormitusten pitoisuudet esitetään taulukossa 1. Mallinnusjakso (kesä-elokuu 2024 ja joulumaaliskuu 2023–2024) ja mallin muut asetukset vastaavat VE0 skenaariota,



Kuva 2. Suunnitellut jäähdytysveden otto- ja purkupisteet Rauman sataman alueella.

Mallinnettavaksi avovesikauden jaksoksi valittiin kesä-elokuu 2024. Mallinukseen valitulle jaksolle ajoittuu kesäkaudella vähäisen vedenvaihdon olosuhteet, jolloin rannikkomerialueen sisälahtia huuhtova meriveden pinnankorkeuden vaihtelu on vähäistä ja kesäkaudella pintavirtauksia ja edelleen rannikkomerialueen vedenvaihtoa voimistavat tuuliolosuhteet ovat maltilliset. Vähäisen vedenvaihdon tilanteissa mallinnuksen tulokset kuvaavat veden laadussa ja lämpötilassa tapahtuvia vaikutuksia suurimmillaan. Mallinnettavaksi talvikauden jaksoksi valittiin joulumaaliskuu 2023–2024, jolloin talvi alkoi aikaisin ja jääpeite kattoi koko läheisen rannikkomerialueen ulottuen Rauman edustalla Rihtniemen edustalle saakka. Selkämeren keskiosa pysyi sulana tai ajojääpeitteisenä koko talvikauden ajan.

Mereen purettavien jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden vaikutuksia tarkasteltiin mallinnuksessa purkuvesien sisältämien sisältävien vedenlaatumuuttujien (Taulukko 1) sekä jäähdytysveden lämpökuorman osalta. Myös jäähdytysvesien mukana purettavan jätevesi lisää

lämpökuormaa, mutta sen vaikutus purettavan veden lämpötilaan on häviävän pieni johtuen jäähdytysveden ja jäteveden virtaamien kokoluokkien eroista. Mallinnuksella selvitettiin, kuinka paljon jäähdytysvesikuormitus ja siihen sekoittuva jätevesikuormitus muuttavat vedenlaatumuuttujien pitoisuuksia läheisellä merialueella. Mereen johdettavassa pitoisuudessa ei siten huomioitu meriveden taustapitoisuuksia. Mallinnettavia vedenlaatuparametreja käsiteltiin mallinnuksessa passiivisinä merkkiaineina, jotka voivat laimentua ja kulkeutua virtausten mukana. Mallinnuksessa ei huomioida aineiden poistumista kierrosta mm. biologisessa kulutuksessa ja sedimentaatioprosessissa, eikä myöskään niiden mahdollista palautumista takaisin kiertoon. Mallinnuksen tulokset kuvaavat siten jäähdytysveden lämpökuormituksen sekä sen mukana mereen purettavan puhdistetun jäteveden suurinta mahdollista vaikutusta vastaanottavassa vesistössä mallinnukseen valituilla ajanjaksoilla.

Mallin tulokset kuvaavat mereen purettavan jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden kuormituksen aiheuttamaa muutosta läheisen merialueen vedenlaatuun purkuveden sisältämien vedenlaatumuuttujien osalta. Vertailemalla eri jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden kuormitusmäärillä mallinnettuja tuloksia nykytilan kuormitustason tuloksiin arvioitiin, kuinka paljon kuormituksen osuus pitoisuudesta muuttuu eri alueilla vastaanottavassa vesistössä. Mallinnuksella ei siten selvitetty vesistössä suoraan mitattavissa olevia vedenlaatuparametrien pitoisuuksia, joihin vaikuttaa jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden kuormituksen lisäksi luonnollinen taustapitoisuus ja alueen muut kuormituslähteet sekä aineiden prosessit merivedessä ja sedimentissä.

Taulukko 1. Jäähdytysveden kuormitustiedot mallinnetulla skenaarioilla VE1a ja VE2a.

Muuttuja	Yksikkö	VE1a	VE2a
Virtaama	m ³ /h	14060	7038
	m ³ /s	3,906	1,955
Kemiallinen hapenkulutus, COD	mg/l	4,257752	4,608127
Kiintoainepitoisuus	mg/l	0,258393	0,266269
Kokonaistyyppi, Kok-N	mg/l	0,037607	0,039341
Kokonaisfosfori, Kok-P	mg/l	0,003226	0,003400
Kromi, Cr	mg/l	0,000119	0,000128
Kupari, Cu	mg/l	0,000189	0,000197
Nikkeli, Ni	mg/l	0,000398	0,000407
Sinkki, Zn	mg/l	0,000732	0,000785
AOX	mg/l	0	0
Lämpötilan nousu			
Kesä	°C	10	10
Talvi	°C	10	10

2.5 Mallin validointi

Malli on aina yksinkertaistettu kuvaus todellisuudesta, jossa keskeiset tutkimusaiheen kannalta oleelliset prosessit ja ilmiöt pyritään toistamaan todellisuutta vastaavina. Mallia rakennettaessa tehdään rajauksia ja yksinkertaistuksia tutkimusalueen ja –aiheen kannalta ulkopuolisten prosessien poissulkemiseksi, jotta laskentatehot saadaan kohdennettua vastaamaan työn tavoitteisiin. Tämän työn keskeinen tavoite oli mereen purettavan jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden

kuormituksen vaikutusalueen laajuuden ja muutoksen suuruuden arviointi. Mallinnuksessa oli siten keskeistä virtausmallin ja erityisesti jäähdytysveden purkualueen virtausolosuhteiden luotettavuuden arvioiminen ja virtausmallin tuloksiin vaikuttavat rajoitteet.

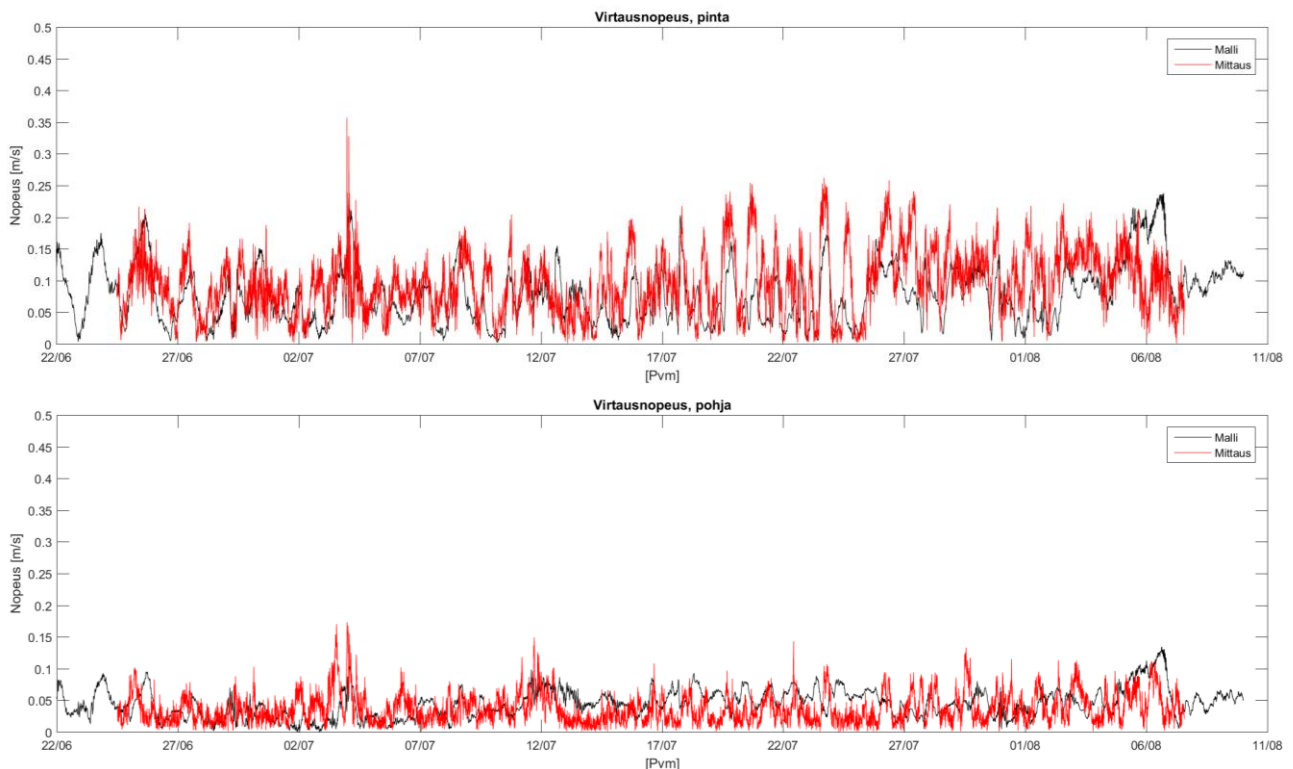
Jotta voitiin osoittaa purkualueen mallinnettujen virtausolosuhteiden ja edelleen mereen purettavan jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden meriveteen sekoittumisen vastaavaan todellisia olosuhteita, toteutettiin merialueella virtausolosuhteiden jatkuvatoiminen mittaus kesäkaudella 24.6.2025-7.8.2025. Meriveden virtausnopeus ja -suunta mitattiin jäähdytysveden purkupisteen edustalla sataman ja Ruuhiluodon välisessä salmessa (Kuva 6) kuvaten näin paikalla vallitsevat virtausolosuhteet ja sekoittumisolosuhteet vesien purkupisteen välittömässä läheisyydessä. Virtausolosuhteet mitattiin profiloivalla ADCP-laitteistolla, joka ohjelmoitiin mittaamaan veden virtausnopeus ja -suunta metrin kerrosjaolla pohjasta pintaan. Mittauksissa käytettiin kymmenen minuutin mittausväliä. Virtausolosuhteiden lisäksi validointipisteellä (Kuva 3) mitattiin vedenlaatua jatkuvatoimisella EXO-moniparametrian turilla. Mitattuja veden laadun muuttujia olivat veden lämpötila, suolapitoisuus ja sameus. Vedenlaatua mitattiin keskivesikerroksessa 5 m syvyydessä, satama-alueella liikkuvien alusten kulkusyvyyden alapuolella. Vedenlaatumittaus kattoi virtausolosuhteiden mittaukseen vastaavan jakson 24.6.2025-7.8.2025, ja mittausväli oli myös vastaava kymmenen minuuttia.

Mallin validointi tehtiin mallintamalla mittausjaksoa vastaava jakso ja vertaamalla mallinnettujen virtausolosuhteiden tuloksia sekä vedenlaadun tuloksia jatkuvatoimisesti kerättyihin mittausaika-arvoihin.

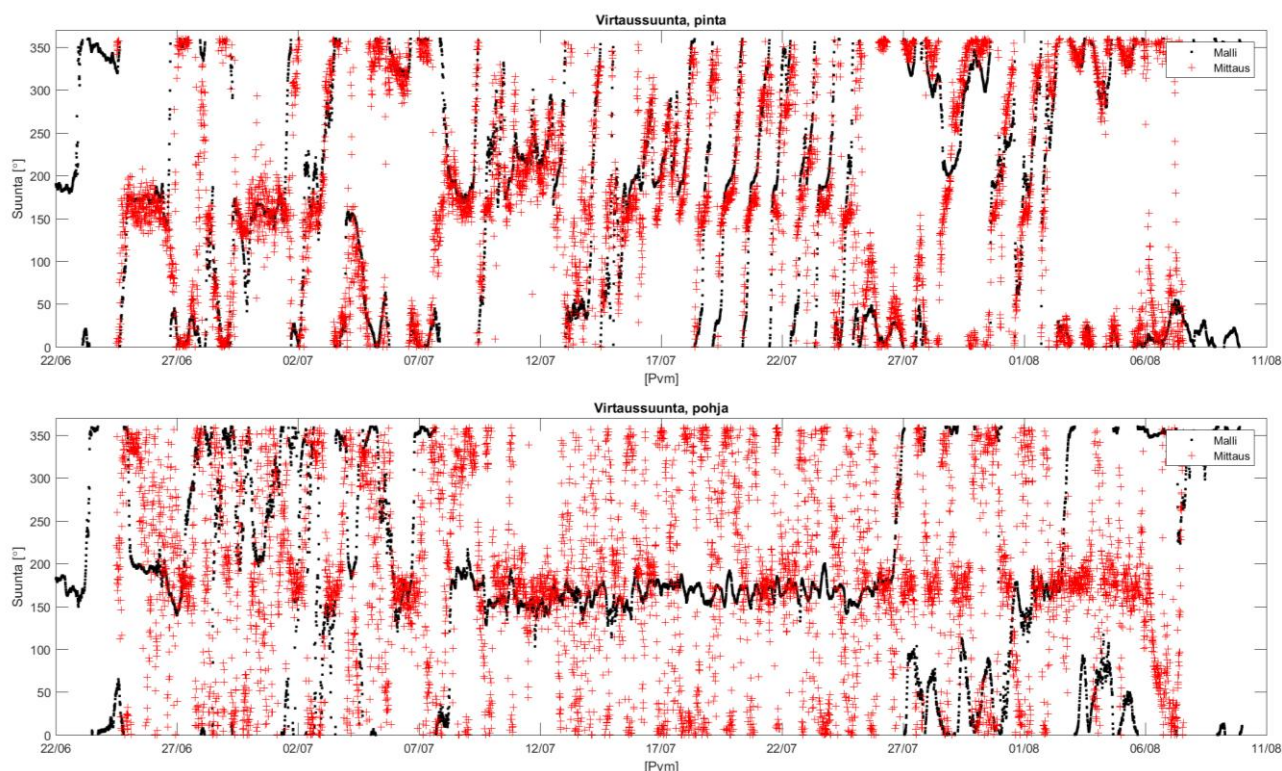
Virtausolosuhteiden mittauksien tulokset osoittavat sataman edustan virtausten suuntautuvan sataman ja Ruuhiluodon välisen salmen ohjaamana pääosin etelään ja pohjoiseen salmen suuntaisesti (Kuva 4). Pohjakerroksessa etelän suuntainen virtaus on hallitseva virtaussuunta, mutta virtaussuunnassa on paljon hajontaa ja virtauksessa esiintyy nopeita suunnanvaihteluita. Myös pintakerroksessa etelänsuuntainen virtaus dominoi, mutta virtaussuunnassa on pohjakerrosta enemmän hajontaa ja nopeita suunnanmuutoksia. Pintakerroksessa esiintyy myös pohjoisen suuntaista virtausta yleisesti. Virtausnopeudet vaihtelevat pintakerroksessa pääosin välillä 5–20 cm/s ja pohjakerroksessa heikompana pääosin välillä 2-10 cm/s (Kuva 3).

Mallinnetun ja mitatun virtauksen vertailu osoittaa, että malli toistaa virtausnopeuden ja -suunnan kohtuullisen hyvin sekä pinta- että pohjakerroksessa (Kuva 3, Kuva 4). Mallinnettu virtausnopeuden vaihtelu tapahtuu samassa suuruusluokassa mitattujen virtausnopeuksien kanssa (Kuva 3). Malli onnistuu myös toistamaan virtausnopeuden jatkuvan vaihtelun pääosin samassa rytmissä mitatun vaihtelun kanssa, mikä osoittaa mallin simuloivan luonnossa esiintyvät virtauspakotteet pääosin oikea-aikaisesti ja oikeassa suuruusluokassa. Äkillisiä virtausnopeuden mitattuja huippuja malli kuitenkin ajoittain aliarvioi ja jaksoilla, joilla veden virtaus on tasaista, malli ajoittain yliarvioi virtausnopeutta. Virtaussuunnan osalta malli seuraa mitattuja arvoja yleisesti oikein (Kuva 4). Mallinnettu virtaussuunta vastaa mittauksissa havaittua pohjakerroksen etelänsuuntaista hallitsevaa virtaussuuntaa. Pintakerroksessa mallinnettu virtaussuunta seuraa hyvin mittauksissa havaittua vaihtelua, pääosin samansuuntaisena ja ajallisesti samassa rytmissä. Malli ei kuitenkaan tavoita mittauksissa havaittua suurta virtaussuunnan hajontaa ja nopeita suunnanvaihteluita, jotka johtuvat alueen paikallisista tai lyhytkestoisista virtauspakotteista. Kokonaisuutena mallinnetut virtausolosuhteet vastaavat kuitenkin mittauksissa esiintyviä olosuhteita pääosin oikeassa suuruusluokassa, oikean suuntaisina sekä oikeassa rytmissä. Tämä osoittaa mallin kuvaavan sataman edustalla vaikuttavat virtausolosuhteet ja edelleen mereen purettavien jäähdytysvesien ja puhdistettujen jätevesien kulkeutumisen hyvällä tarkkuudella.

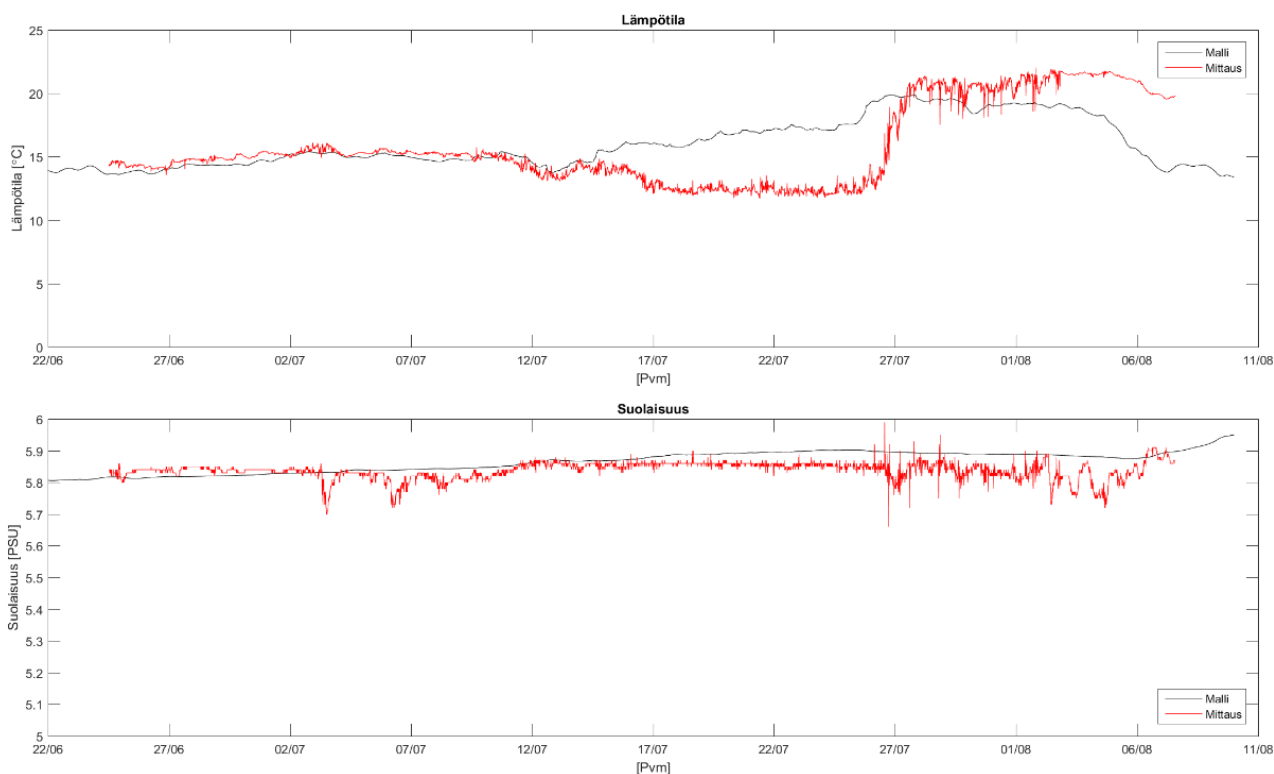
Vedenlaadun osalta malli kuvaa meriveden mitattua suolaisuutta hyvin ja myös lämpötilaa alkukesän jaksolla (Kuva 5). Heinäkuun puolivälin hellejakson aikana mallituloksissa nähdään pintakerroksen lämpenemisen ulottuvan tarkastelussa käytettyyn 5 metrin syvyyteen sijoittuvaan keskikerrokseen saakka. Mittaustuloksissa keskikerros pysyy kuitenkin alkukesän lämpötilan tasolla heinäkuun loppupuolelle saakka, jonka jälkeen vesikerrokset sekoittuvat ja keskikerros lämpenee pintakerroksen tasolle. Tässä vaiheessa mallinnettu lämpötila on lähellä mitattua veden lämpötilaa. Elokuun alkuun sijoittuvalla jaksolla mallinnettu lämpötila laskee mitattua nopeammin. Suolaisuuden osalta malli toistaa mittausten keskimääräisen tason ja pitkän aikavälin kehityksen hyvin. Mittausaineistossa näkyvät lyhytaikaiset vähäiset suolapitoisuuden vaihtelut eivät kuitenkaan näy mallissa, jonka tulokset pysyvät mitattua tasaisempina.



Kuva 3. Mallinnettu ja mitattu virtausnopeus pintakerroksessa (syvyys 1 m, yläkuva) sekä pohjakerroksessa (syvyys 10 m, alakuva) validointimittauspisteellä Rauman sataman ja Ruuhiluodon saaren välisessä salmessa (Kuva 6).



Kuva 4. Mallinnettu ja mitattu virtaussuunta pintakerroksessa (syvyys 1 m, yläkuva) sekä pohjakerroksessa (syvyys 10 m, alakuva) validointimittauspisteellä Rauman sataman ja Ruuhiluodon saaren välisessä salmessa (Kuva 6).



Kuva 5. Mallinnettu ja mitattu meriveden lämpötila (yläkuva) sekä suolapitoisuus (alakuva) validointimittauspisteessä keskikerroksessa 5 m syvyydessä validointimittauspisteellä Rauman sataman ja Ruuhiluodon saaren välisessä salmessa (kuva 6).

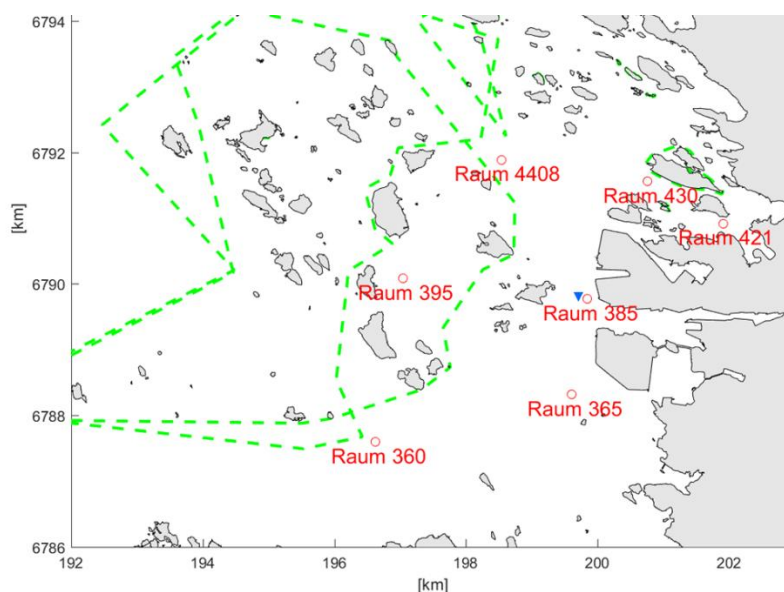
3 Tulokset

3.1 Tulosten esitysmenetelmät

Mallin tulokset kuvaavat jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden kuormituksen aiheuttamaa muutosta meriveden lämpötilaan, vedenlaatumuuttujien pitoisuuksiin purettavan veden sisältämien muuttujien osalta sekä jäänpaksuuteen. Vertaamalla jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden kuormituksella mallinnettuja tuloksia nykytilan tuloksiin arvioitiin, kuinka laajalla alueella kuormituksen vaikutuksia havaitaan vastaanottavassa vesistössä ja kuinka suuria purkuvesien aiheuttamat muutokset ovat.

Mallinnuksen tulokset esitetään karttakuvaajina havainnollistamaan vaikutuksen voimakkuutta ja vaikutusalueen laajuutta. Karttakuvaajat esitetään mallinnetusta meriveden lämpötilasta erikseen sekä pinta- että pohjakerroksessa. Karttakuvaajissa esitetään mallinnetun kesäkauden ja talvikauden aikainen keskimääräinen muutos sekä maksimimuutos meriveden lämpötilassa. Keskimääräinen muutos kuvaa pysyvää vaikutusaluetta, jossa kuormitusta havaitaan säännöllisesti. Maksimimuutos puolestaan kuvaa mallinnetun kauden aikaista vain hetkellisesti havaittavaa suurinta yksittäistä vaikutusta kuormituksen kulkeutuessa virtausten mukana eri suuntiin purkupisteestä vaikuttaen vedenlaatuun ja lämpötilaan vain lyhytaikaisesti. Merivesivaikutuksien lisäksi karttakuvaajilla esitetään myös jäähdytysveden lämpökuormituksen vaikutus talvikauden aikaisen jääpeitteen paksuuteen.

Karttakuvaajien lisäksi mallinnuksen tulokset esitetään taulukkoarvoina ja aikasarjakuvaajina purkualueella lähimpien vedenlaadun tarkkailupisteiden kohdilla (Kuva 6). Karttakuvaajien tavoin taulukkoarvot ja aikasarjakuvaajat kuvaavat kuinka paljon jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden kuormitus muuttaa meriveden lämpötilaa ja vedenlaatuparametrien pitoisuuksia. Taulukkoarvoissa esitetään keskimääräinen ja suurin yksittäinen (maksimi) lämpötilan ja vedenlaatuparametrien pitoisuuksien muutos pinta- ja pohjakerroksissa kesäkaudella ja talvikaudella.



Kuva 6. Rauman sataman edustalla sijaitsevat jäähdytysveden purkualueella lähimmät vedenlaadun tarkkailupisteet sekä lähialueelle sijoittuvien suojelualueiden rajaukset. Lisäksi kuvassa esitetään mallin validoinnissa käytetty vedenlaadun sekä virtausnopeuden -ja suunnan mittauspiste sinisellä kolmiolla sataman edustalla Raum 385 pisteen vieressä.

3.2 Jäähdytysveden lämpökuormituksen vaikutus meriveden lämpötilaan

Mallinnustulosten perusteella mereen purettavan jäähdytysveden lämpökuormituksen vaikutukset näkyvät purkupisteen lähialuetta lukuun ottamatta vähäisenä meriveden lämpötilan nousuna.

Jäähdytysveden ja pudistetun jäteveden kuormitustasolla VE1a havaitaan pääasiallisen kulkeutumis suunnan suuntautuvan kesäkaudella pohjoiseen. Pysyvää tason 0,1 °C:een meriveden keskimääräisen lämpötilan nousua havaitaan pinta- ja pohjakerroksissa noin 2,5 km etäisyydellä purkupisteestä pohjoiseen ja noin 1,5 km länteen (Kuva 7, Kuva 9-15). Voimakkaammat, tason 0,5 °C:een vaikutukset veden lämpötilaan rajautuvat aivan purkupisteen lähialueelle satama-altaan pohjakerrokseen ja suurimmillaankin purkupisteen kohdalla vaikutukset jäävät alle 1 °C (Kuva 7). Hetkelliseksi jääviä maksimivaikutuksia kuitenkin esiintyy myös tätä laajemmalla alueella. Tason 0,5 °C:een hetkelliset maksimivaikutukset ulottuvat noin 1 km säteelle purkupisteestä ja vähäiset tason 0,1–0,2 °C:een maksimivaikutukset levittäytyvät hetkellisinä laajalle alueelle läheisellä merialueella (Kuva 7).

Jäähdytysveden ja pudistetun jäteveden kuormitustasolla VE2a rajautuvat kesäkaudella havaittavat pysyvät vaikutukset pohjakerrokseen noin 1 km säteelle purkupisteestä, missä nähdään vähäistä tason 0,1 °C:een meriveden keskimääräisen lämpötilan nousua (Kuva 8 ja Kuvat 9-15). Pintakerroksessa vaikutukset jäävät heikommaksi ja tason 0,1 °C:een keskimääräistä lämpötilan nousua havaitaan vain satama-altaan alueella (Kuva 8). Hetkelliseksi jäävät maksimivaikutukset, 0,5 °C:een meriveden lämpötilan nousuna, ulottuvat noin 1 km etäisyydellä purkupisteestä. Vähäiset tason 0,1 °C:een hetkelliset maksimivaikutukset levittäytyvät laajalle merialueelle, suuntautuen pääasiassa purkupisteestä pohjoiseen ja luoteeseen.

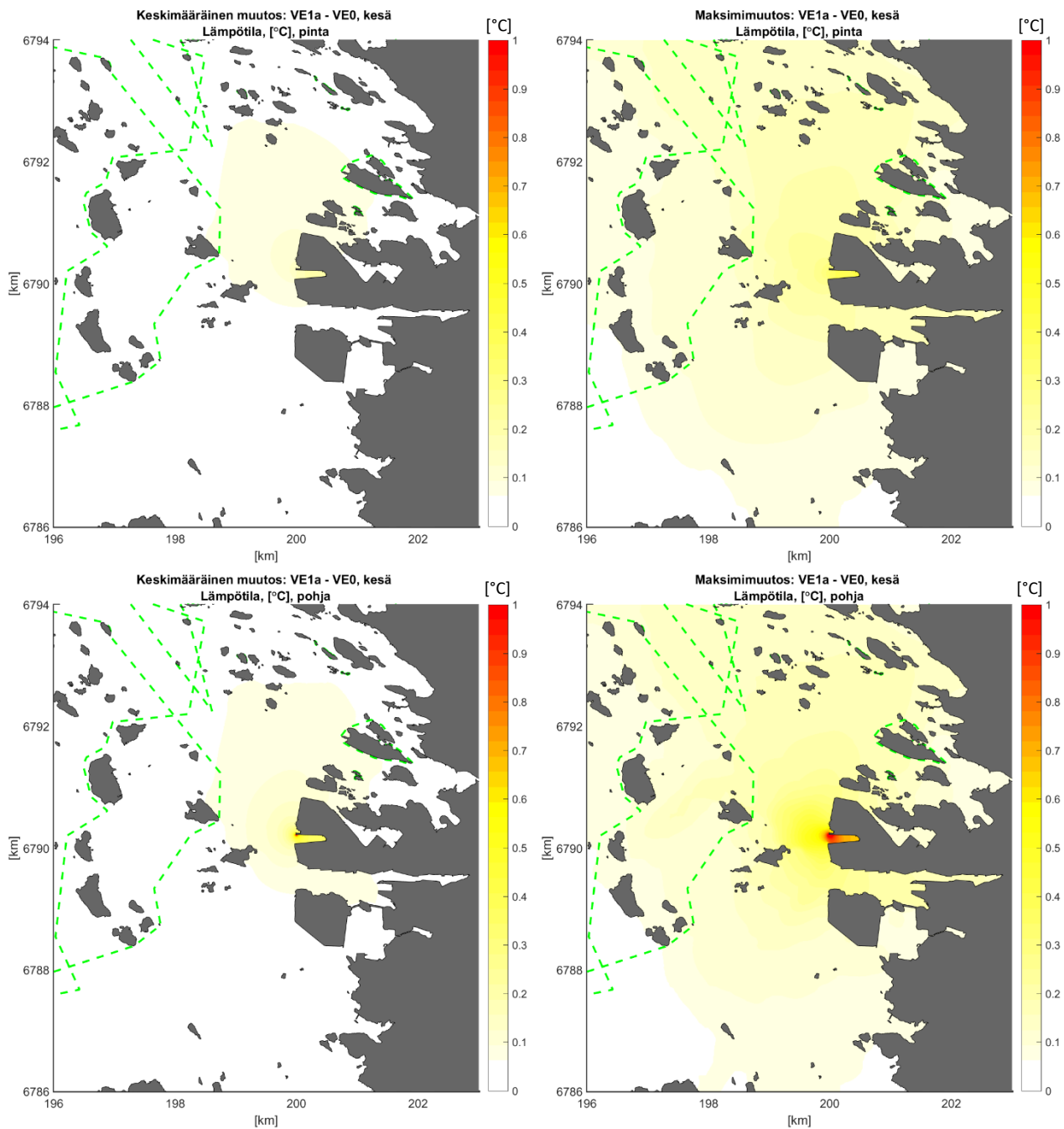
Talvikaudella jäähdytysveden lämpökuormituksen vaikutukset jäävät kesäkautta suppeammalle alueelle johtuen kesäkautta voimakkaammasta lämpövuosta vedestä ilmaan. Purkupisteen lähialueilla vaikutukset ovat kuitenkin kesäkautta suuremmat. Kuormitustasolla VE1a talvikaudella havaittava pysyvän vaikutuksen alue rajautuu pohjakerroksessa kilometrin etäisyydelle purkupisteestä, missä havaitaan tason 0,1 °C:een meriveden keskimääräisen lämpötilan nousua (Kuva 16 ja Kuvat 18-24). Purkupisteen kohdalla ja satama-altaan suulla keskimääräiset vaikutukset pohjakerroksessa ovat tasolla 1 °C. Vaikutus vähenee kuitenkin nopeasti satama-altaan ulkopuolella. Pintakerroksessa keskimääräiset vaikutukset jäävät vähäisiksi tason 0,1 °C:een lämpötilan nousuksi ulottuen noin 400 m säteelle purkupisteestä. Hetkellisenä vaikutuksena esiintyvät maksimivaikutukset näkyvät talvikaudella hieman kesäkautta voimakkaampina ja laajemmalla alueella (Kuva 16 ja Kuvat 18-24). Hetkelliseksi jäävät tason 1 °C:een maksimivaikutukset työntyvät pohjakerroksessa satama-altaan edustalle ja tason 0,5 °C:een vaikutukset ulottuvat noin 1 km etäisyydelle purkupisteestä. Pintakerroksessa ja myös pohjakerroksessa havaitaan hetkelliset maksimivaikutukset vähäisenä tason 0,1–0,2 °C:een lämpötilan nousuna levittäytyen laajalle rannikkomerialueelle.

Jäähdytysveden ja pudistetun jäteveden kuormitustasolla VE2a rajautuvat talvikauden aikaiset keskimääräiset vähäiset tason 0,1 °C:een vaikutuksen pohjakerrokseen ja noin 500 m säteelle purkupisteestä (Kuva 17 ja Kuvat 18-24). Satama-altaan alueella vaikutukset ovat tasolla 0,5 °C. Pintakerroksessa keskimääräiset vaikutukset jäävät heikoiksi myös purkupisteen edustalla. Suurimmillaan hetkelliset maksimivaikutukset näkyvät satama-altaaseen rajautuvana tason 1 °C:een lämpötilan nousuna ja satama-altaan ulkopuolella tason 0,5 °C:een vaikutukset rajautuvat noin 500 m säteelle purkupisteestä. Pintakerroksessa ja myös pohjakerroksessa havaitaan hetkelliset

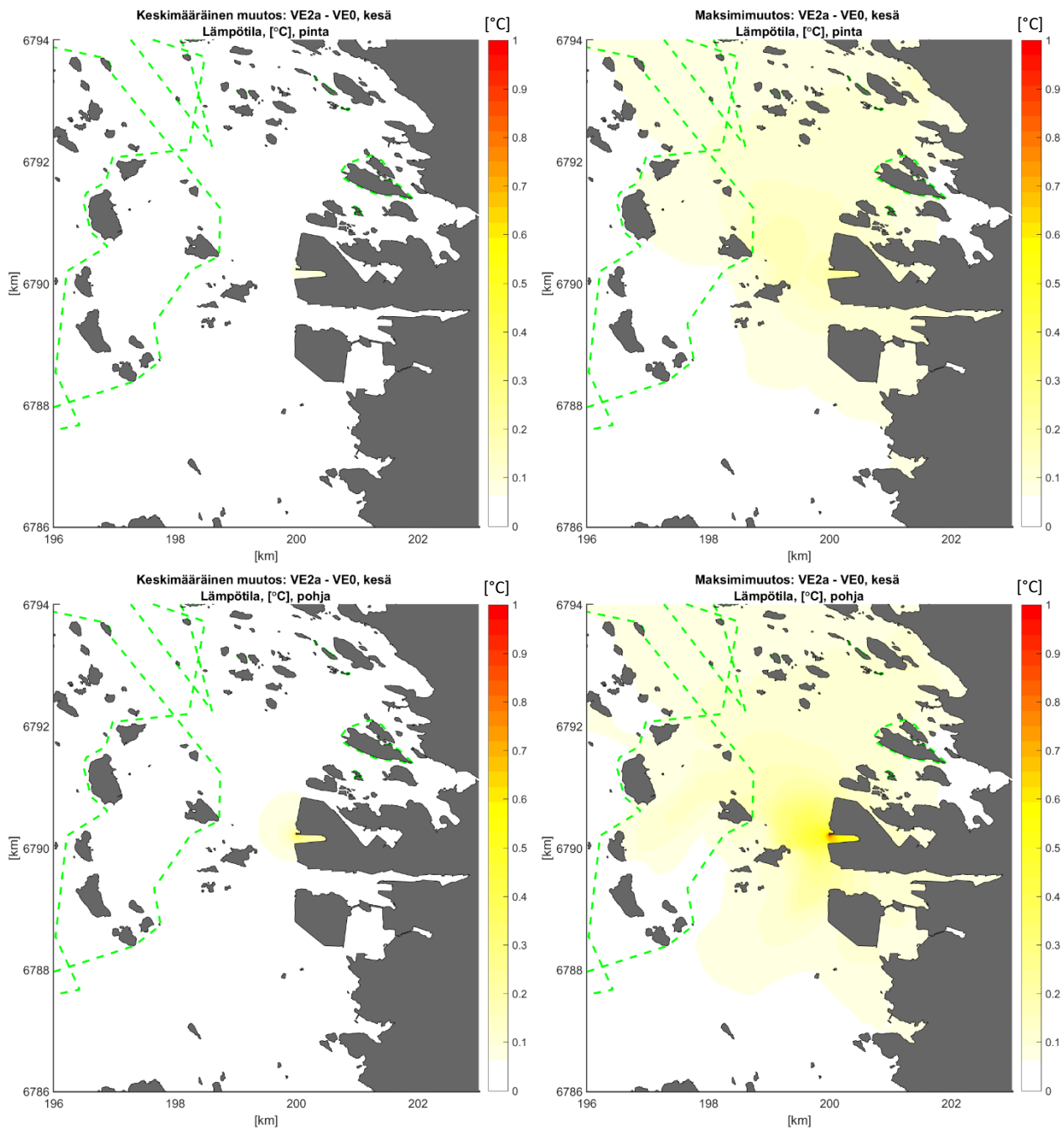
maksimivaikutukset vähäisenä tason 0,1 °C:een lämpötilan nousuna levittäytyen laajalle rannikkomerialueelle.

Vaikutusten vähäisyys selittyy ensisijaisesti purkupisteen ominaisuuksilla. Jäähdytysveden ja pudistetun jäteveden purku tapahtuu avoimen satama-altaan suulla sijaitsevan salmen reunaan, jonka virtausolosuhteet mahdollistavat tehokkaan vedenvaihdon ja lämpökuorman sekoittumisen ympäröivään meriveteen. Lisäksi jäähdytysvesi puretaan vähintään 10 °C ympäröivää vettä lämpimämpänä 14 metrin syvyyteen pohjanläheiseen vesikerrokseen. Jäähdytysvesi on siten tiheydeltään pohjanläheistä merivettä kevyempää, mikä käynnistää purkupisteen kohdalla pohjasta pintaan nousevan virtauksen edistään kuormituksen tehokasta sekoittumista ylempiin vesikerroksiin.

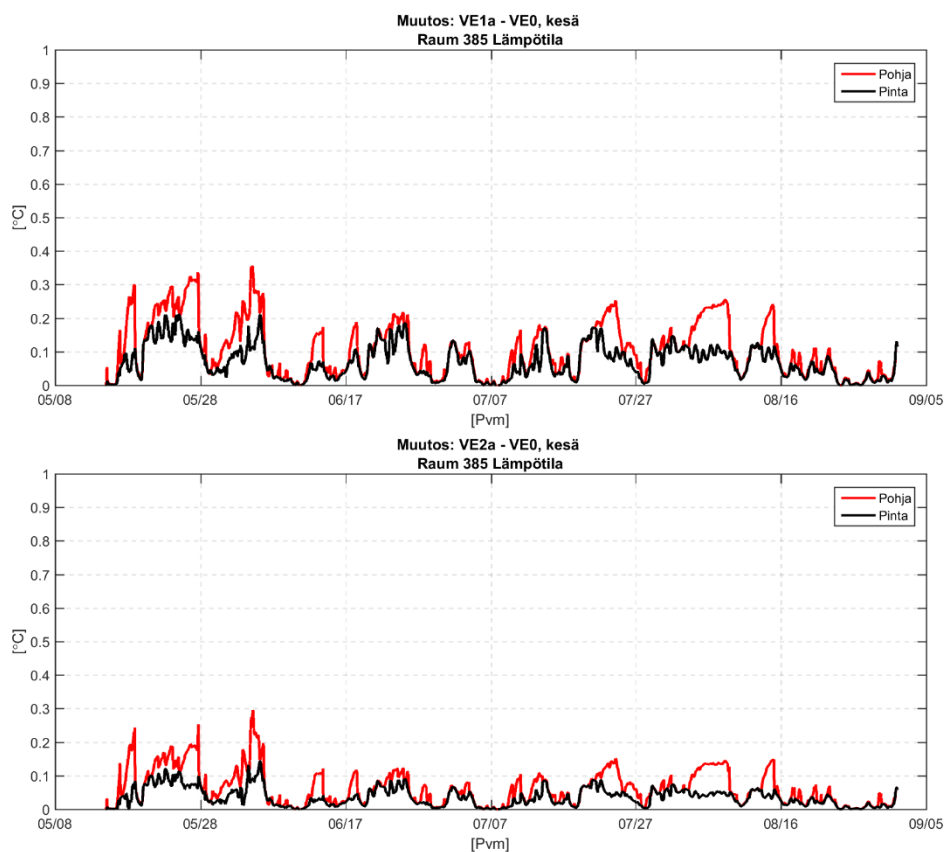
On kuitenkin huomioitava, että mallinnus ei kuvaa tarkasti aivan purkupisteen välittömän edustan olosuhteita johtuen mallin resoluutiosta suhteessa jäähdytysveden ja pudistetun jäteveden kuormituksen määrään. Heikkojen virtausolosuhteiden tilanteissa purkupisteen kohdalle voi todellisuudessa kohdistua mallinnettua voimakkaampia paikalliseksi jääviä vaikutuksia. Purkupisteen välittömän edustan ulkopuolella laajemmalla merialueella malli kuvaa jäähdytysvesikuormituksen leviämisen vaikutukset realistisesti mallin toistaessa purkualueen virtausolosuhteet ja edelleen kuormituksen sekoittumisen ja kulkeutumisen validointimittausten tuloksia vastaavasti.



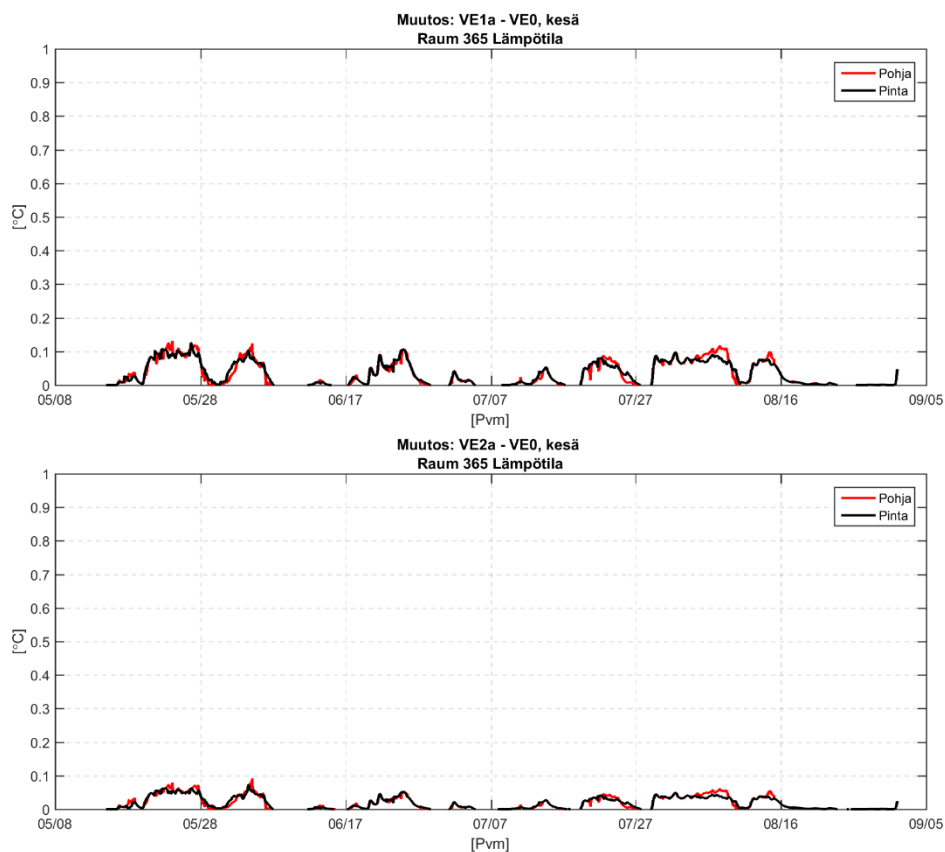
Kuva 7. Mallinnetun kesäkauden aikana 1.6-1.9.2024 havaittava keskimääräinen lämpötilan muutos (kuvat vasemmalla) sekä hetkellisesti havaittava suurin lämpötilan muutos (kuvat oikealla) pintakerroksessa (kuvat ylhäällä) ja pohjakerroksessa (kuvat alhaalla) Rauman edustan merialueella kuormitustasolla VE1a.



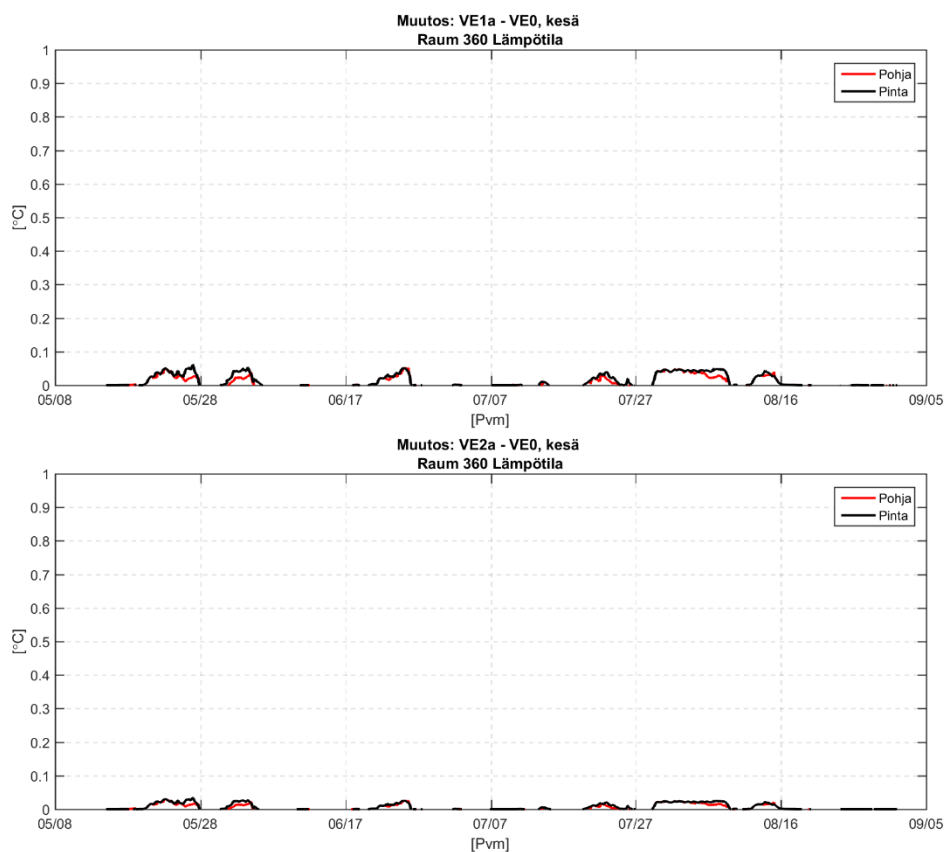
Kuva 8. Mallinnetun kesäkauden aikana 1.6-1.9.2024 havaittava keskimääräinen lämpötilan muutos (kuvat vasemmalla) sekä hetkellisesti havaittava suurin lämpötilan muutos (kuvat oikealla) pintakerroksessa (kuvat ylhäällä) ja pohjakerroksessa (kuvat alhaalla) Rauman edustan merialueella kuormitustasolla VE2a.



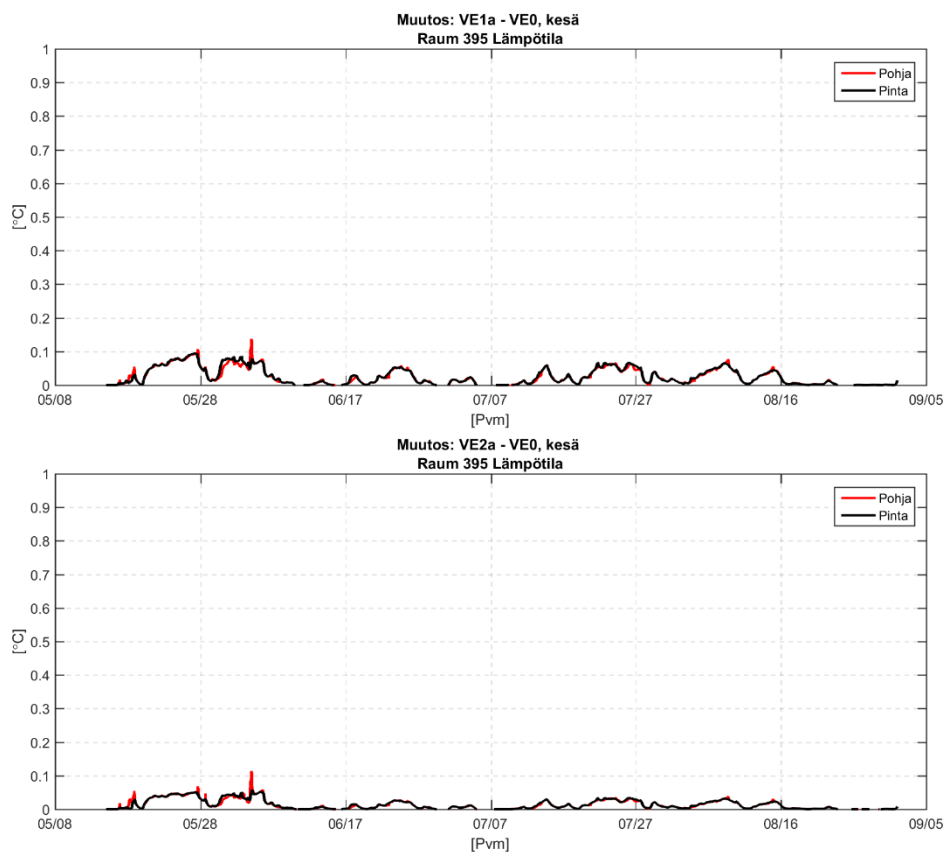
Kuva 9. Kuormitustasolla VE1a (yläkuva) ja VE2a (alakuva) mallinnettu kesäkauden aikainen meriveden lämpötilan muutos nykytilaan verrattuna vedenlaadun tarkkailupisteen Raum_385 kohdalla.



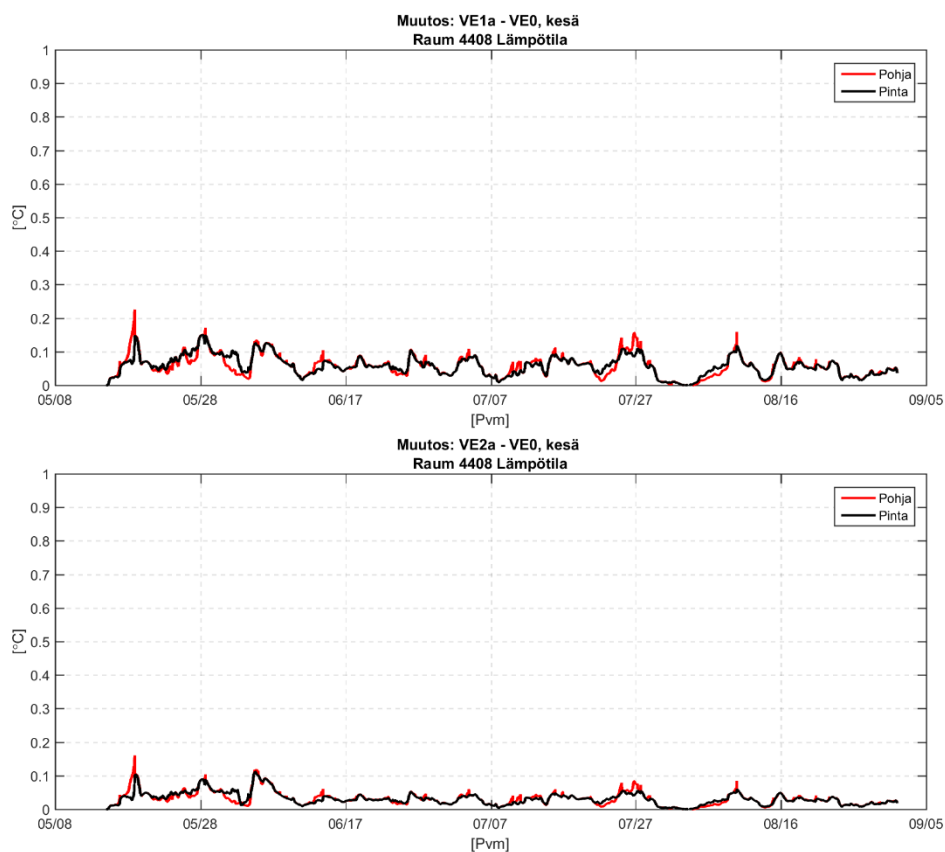
Kuva 10. Kuormitustasolla VE1a (yläkuva) ja VE2a (alakuva) mallinnettu kesäkauden aikainen meriveden lämpötilan muutos nykytilaan verrattuna vedenlaadun tarkkailupisteen Raum_365 kohdalla.



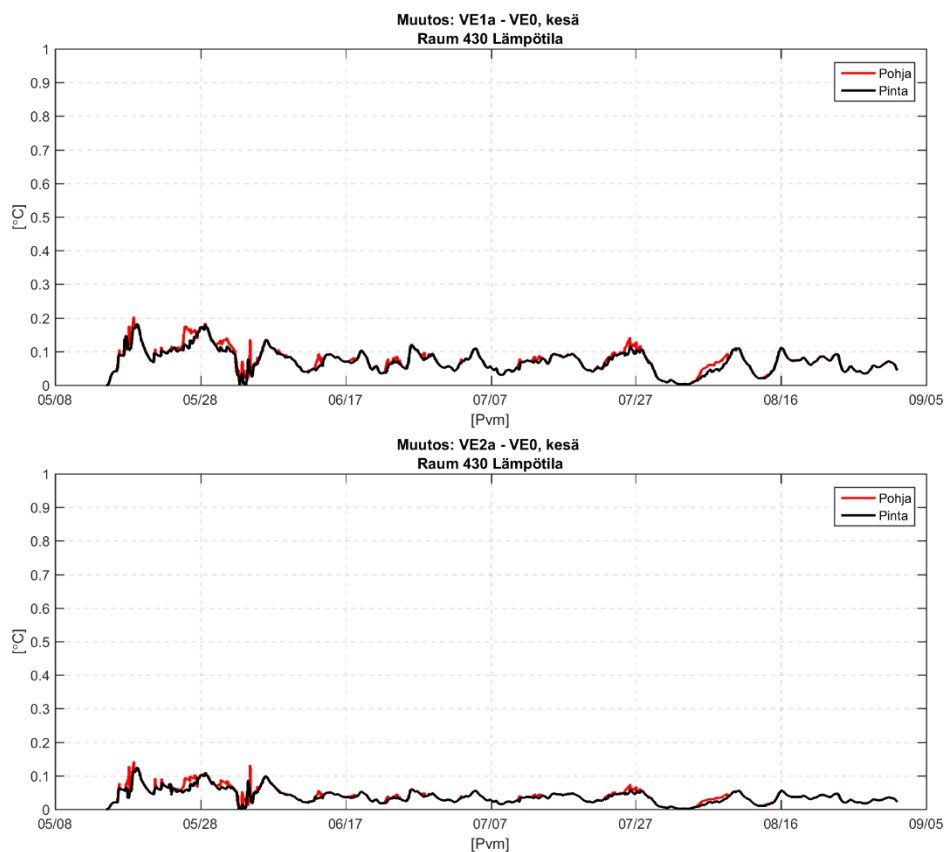
Kuva 11. Kuormitustasolla VE1a (yläkuva) ja VE2a (alakuva) mallinnettu kesäkauden aikainen meriveden lämpötilan muutos nykytilaan verrattuna vedenlaadun tarkkailupisteen Raum_360 kohdalla.



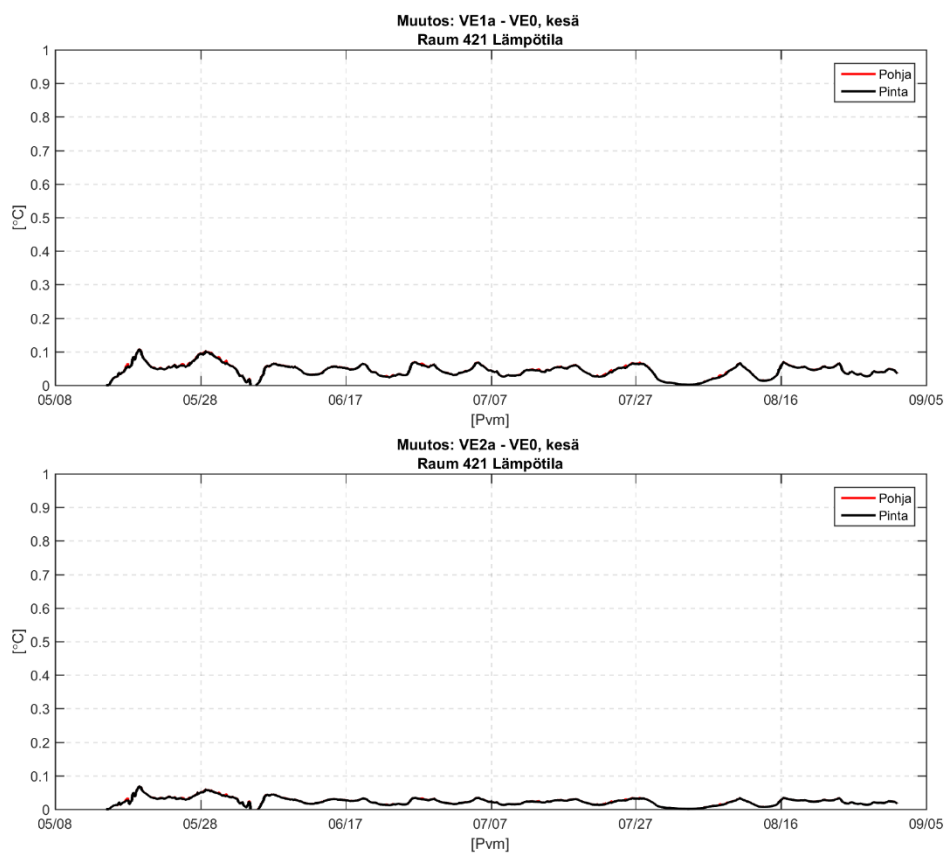
Kuva 12. Kuormitustasolla VE1a (yläkuva) ja VE2a (alakuva) mallinnettu kesäkauden aikainen meriveden lämpötilan muutos nykytilaan verrattuna vedenlaadun tarkkailupisteen Raum_395 kohdalla.



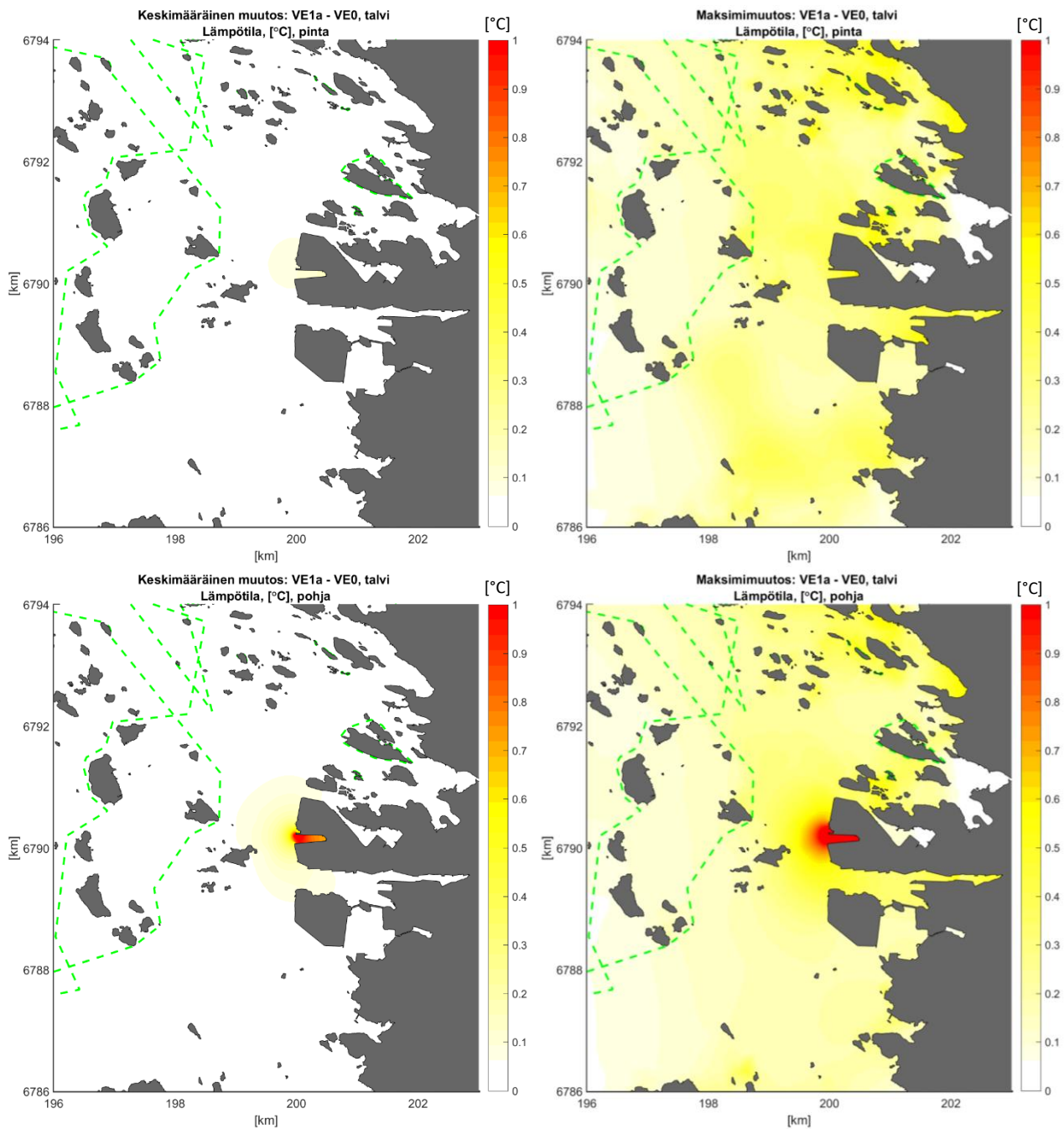
Kuva 13. Kuormitustasolla VE1a (yläkuva) ja VE2a (alakuva) mallinnettu kesäkauden aikainen meriveden lämpötilan muutos nykytilaan verrattuna vedenlaadun tarkkailupisteen Raum_4408 kohdalla.



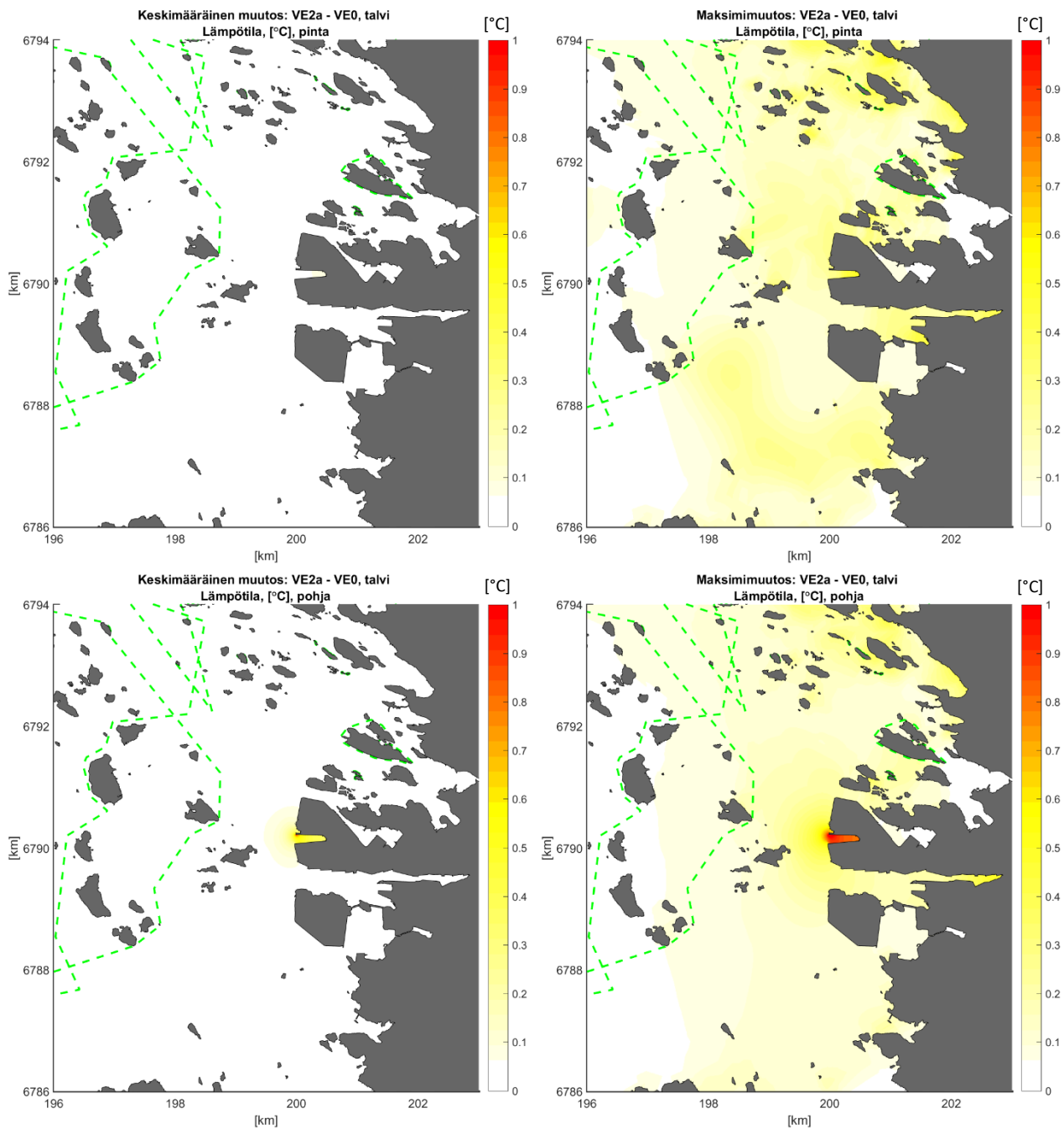
Kuva 14. Kuormitustasolla VE1a (yläkuva) ja VE2a (alakuva) mallinnettu kesäkauden aikainen meriveden lämpötilan muutos nykytilaan verrattuna vedenlaadun tarkkailupisteen Raum_430 kohdalla.



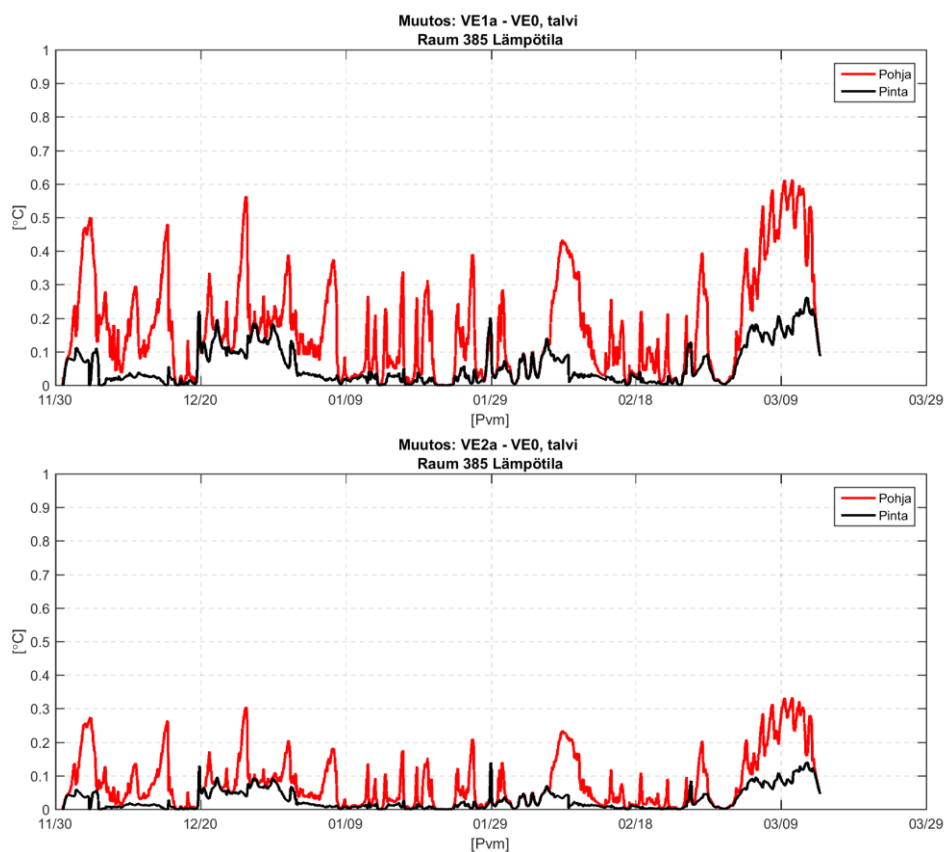
Kuva 15. Kuormitustasolla VE1a (yläkuva) ja VE2a (alakuva) mallinnettu kesäkauden aikainen meriveden lämpötilan muutos nykytilaan verrattuna vedenlaadun tarkkailupisteen Raum_421 kohdalla.



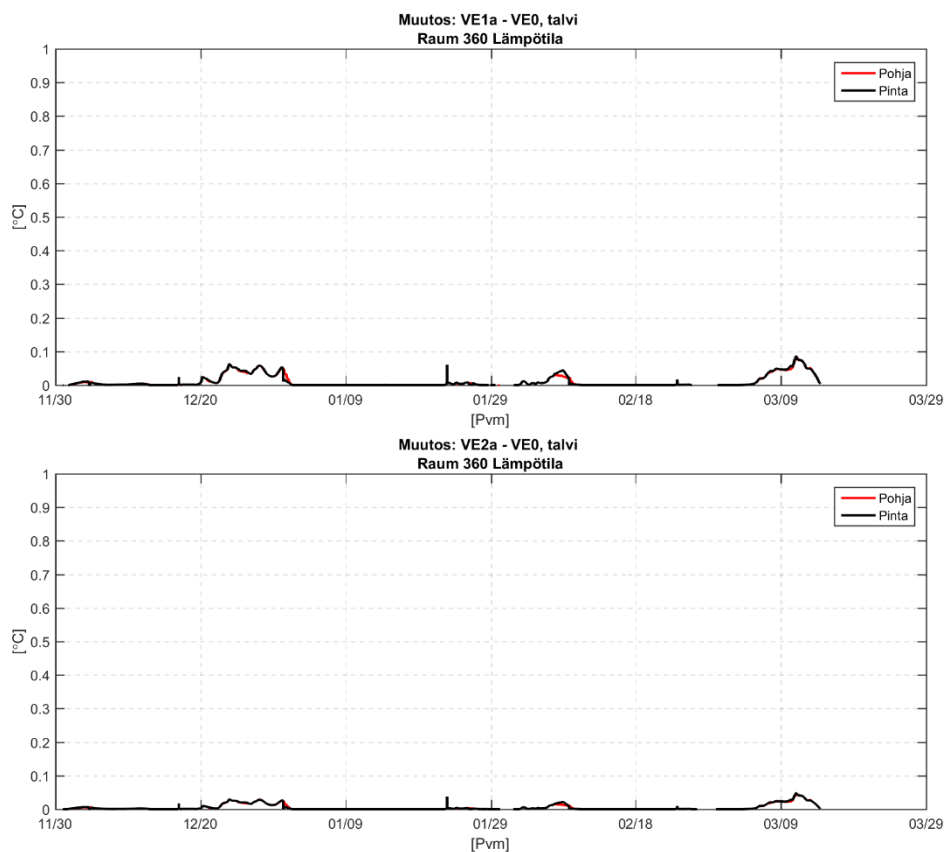
Kuva 16. Mallinnetun talvikauden aikana 15.12.2023-15.3.2024 havaittava keskimääräinen lämpötilan muutos (kuvat vasemmalla) sekä hetkellisesti havaittava suurin lämpötilan muutos (kuvat oikealla) pintakerroksessa (kuvat ylhäällä) ja pohjakerroksessa (kuvat alhaalla) Rauman edustan merialueella kuormitustasolla VE1a.



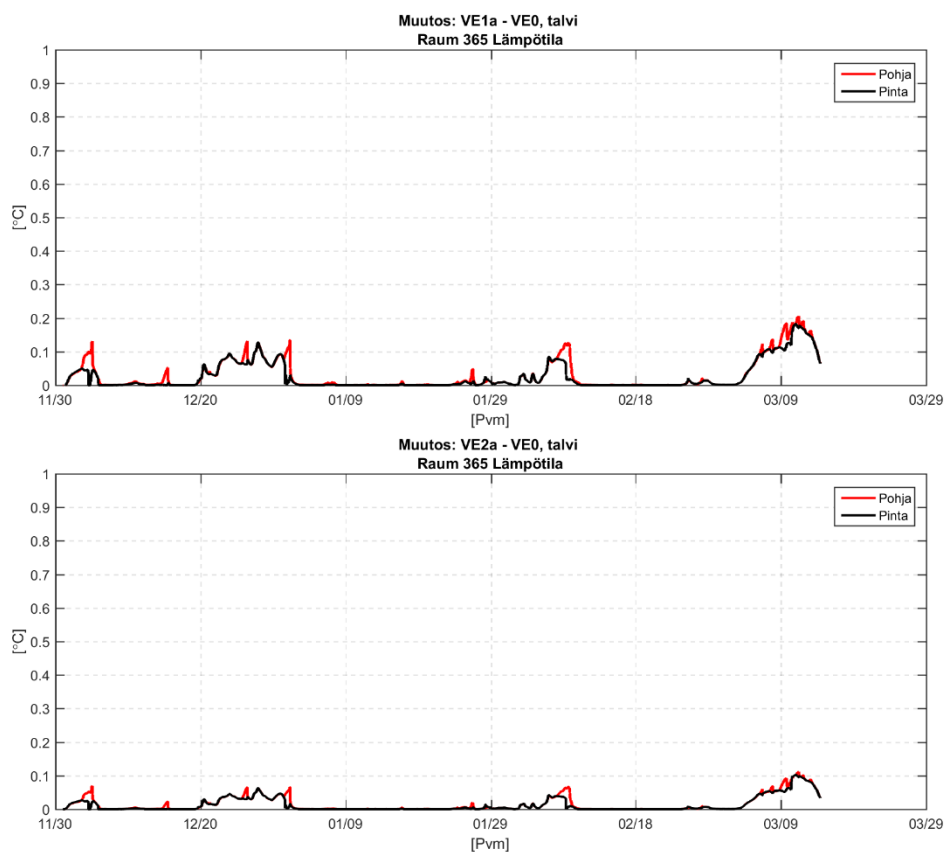
Kuva 17. Mallinnetun talvikauden aikana 15.12.2023-15.3.2024 havaittava keskimääräinen lämpötilan muutos (kuvat vasemmalla) sekä hetkellisesti havaittava suurin lämpötilan muutos (kuvat oikealla) pintakerroksessa (kuvat ylhäällä) ja pohjakerroksessa (kuvat alhaalla) Rauman edustan merialueella kuormitustasolla VE2a.



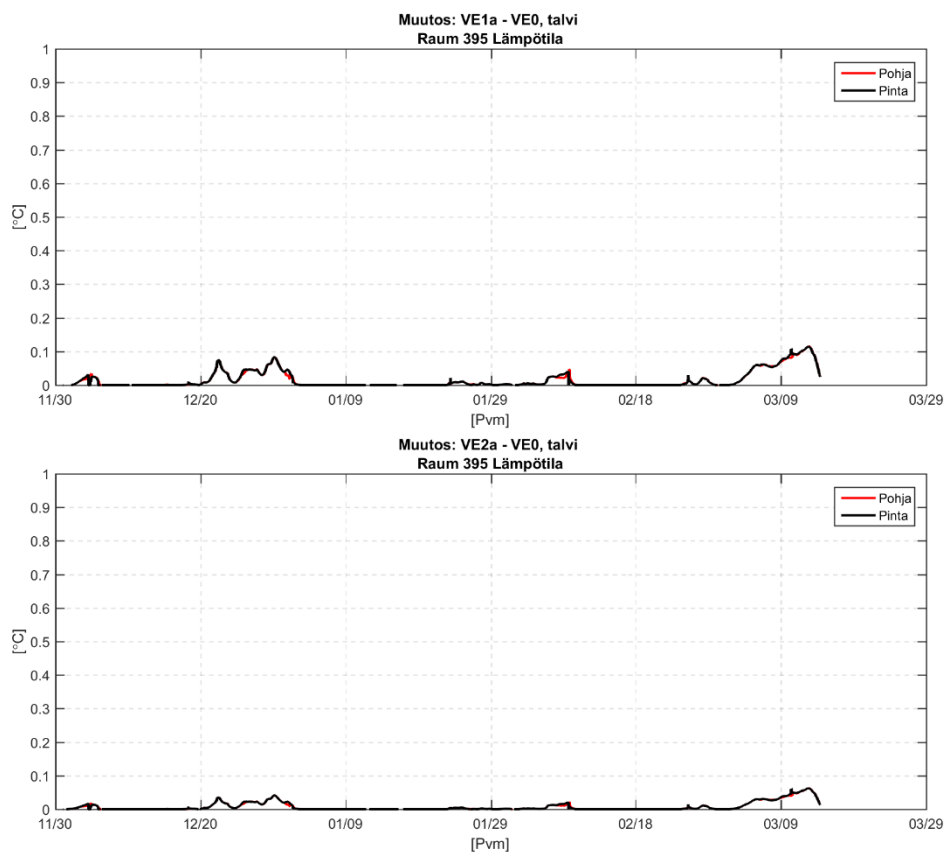
Kuva 18. Kuormitustasolla VE1a (yläkuva) ja VE2a (alakuva) mallinnettu talvikauden aikainen meriveden lämpötilan muutos nykytilaan verrattuna vedenlaadun tarkkailupisteen Raum_385 kohdalla.



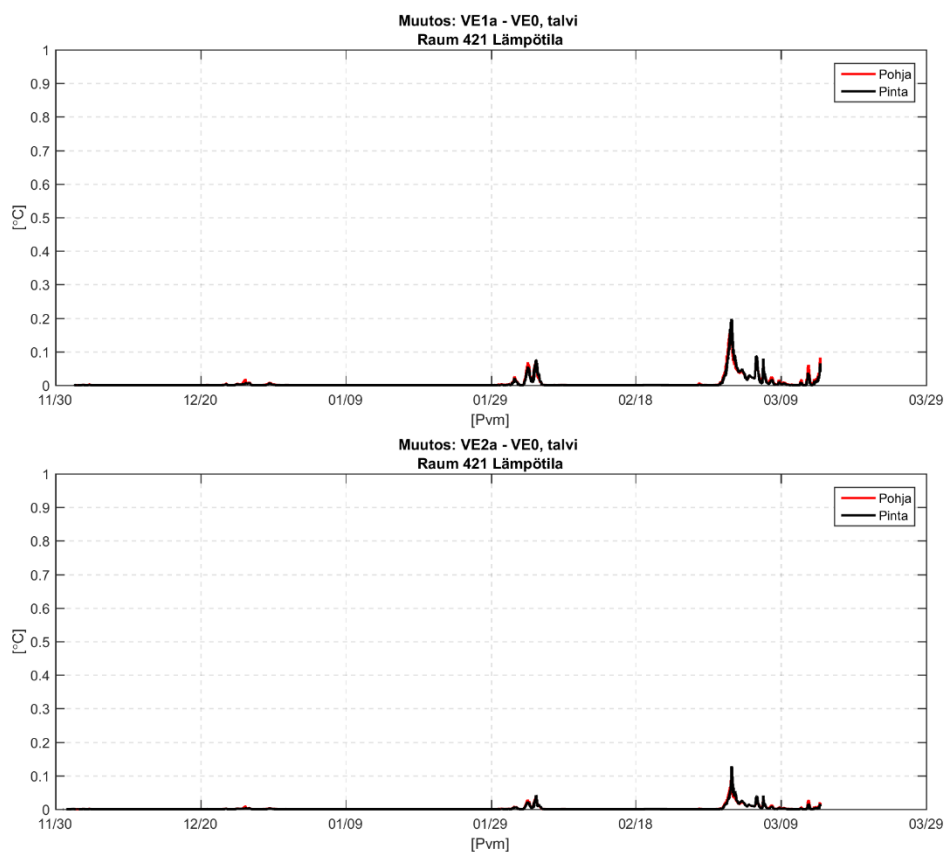
Kuva 19. Kuormitustasolla VE1a (yläkuva) ja VE2a (alakuva) mallinnettu talvikauden aikainen meriveden lämpötilan muutos nykytilaan verrattuna vedenlaadun tarkkailupisteen Raum_360 kohdalla.



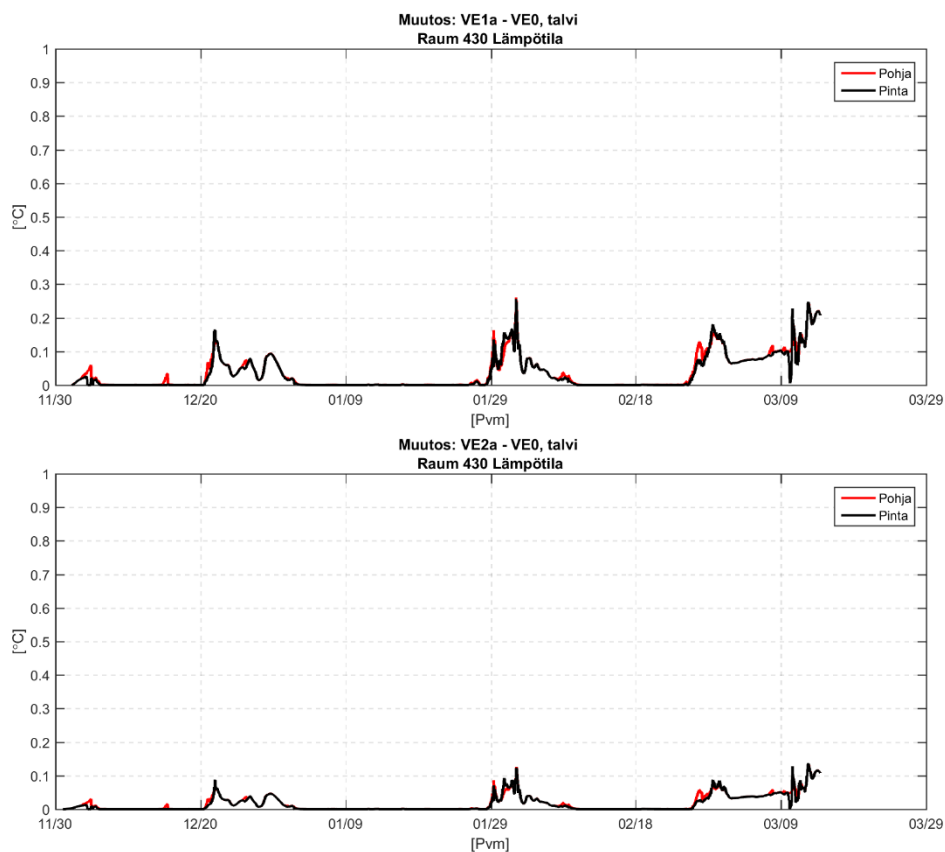
Kuva 20. Kuormitustasolla VE1a (yläkuva) ja VE2a (alakuva) mallinnettu talvikauden aikainen meriveden lämpötilan muutos nykytilaan verrattuna vedenlaadun tarkkailupisteen Raum_365 kohdalla.



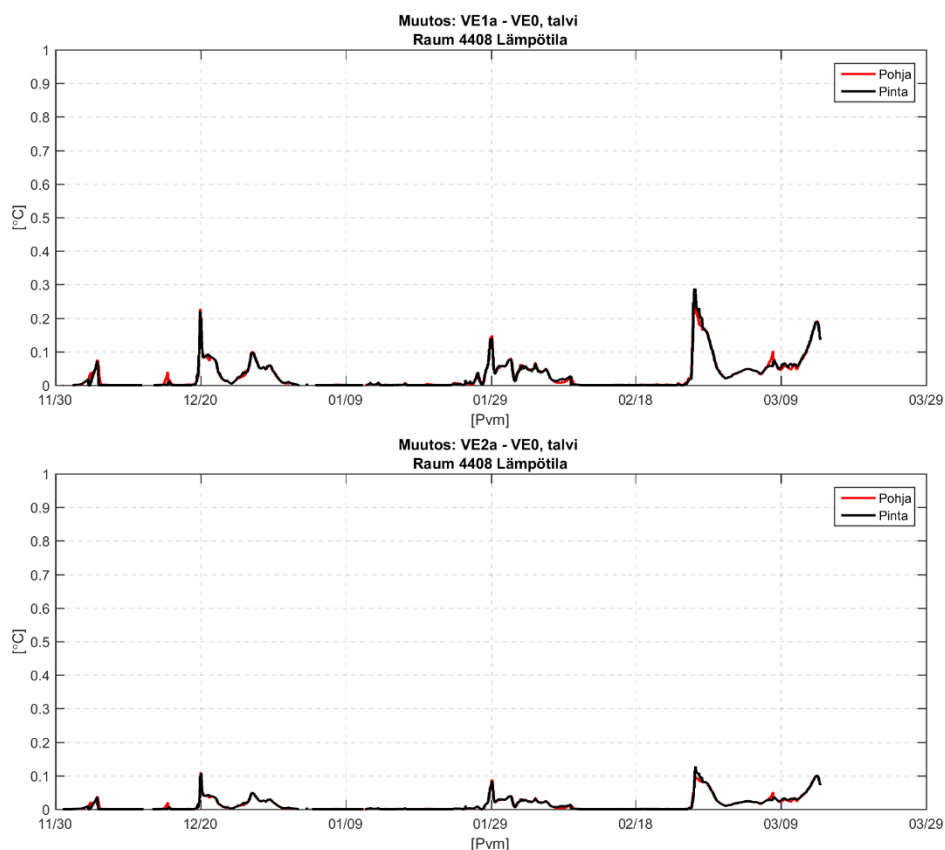
Kuva 21. Kuormitustasolla VE1a (yläkuva) ja VE2a (alakuva) mallinnettu talvikauden aikainen meriveden lämpötilan muutos nykytilaan verrattuna vedenlaadun tarkkailupisteen Raum_395 kohdalla.



Kuva 22. Kuormitustasolla VE1a (yläkuva) ja VE2a (alakuva) mallinnettu talvikauden aikainen meriveden lämpötilan muutos nykytilaan verrattuna vedenlaadun tarkkailupisteen Raum_421 kohdalla.



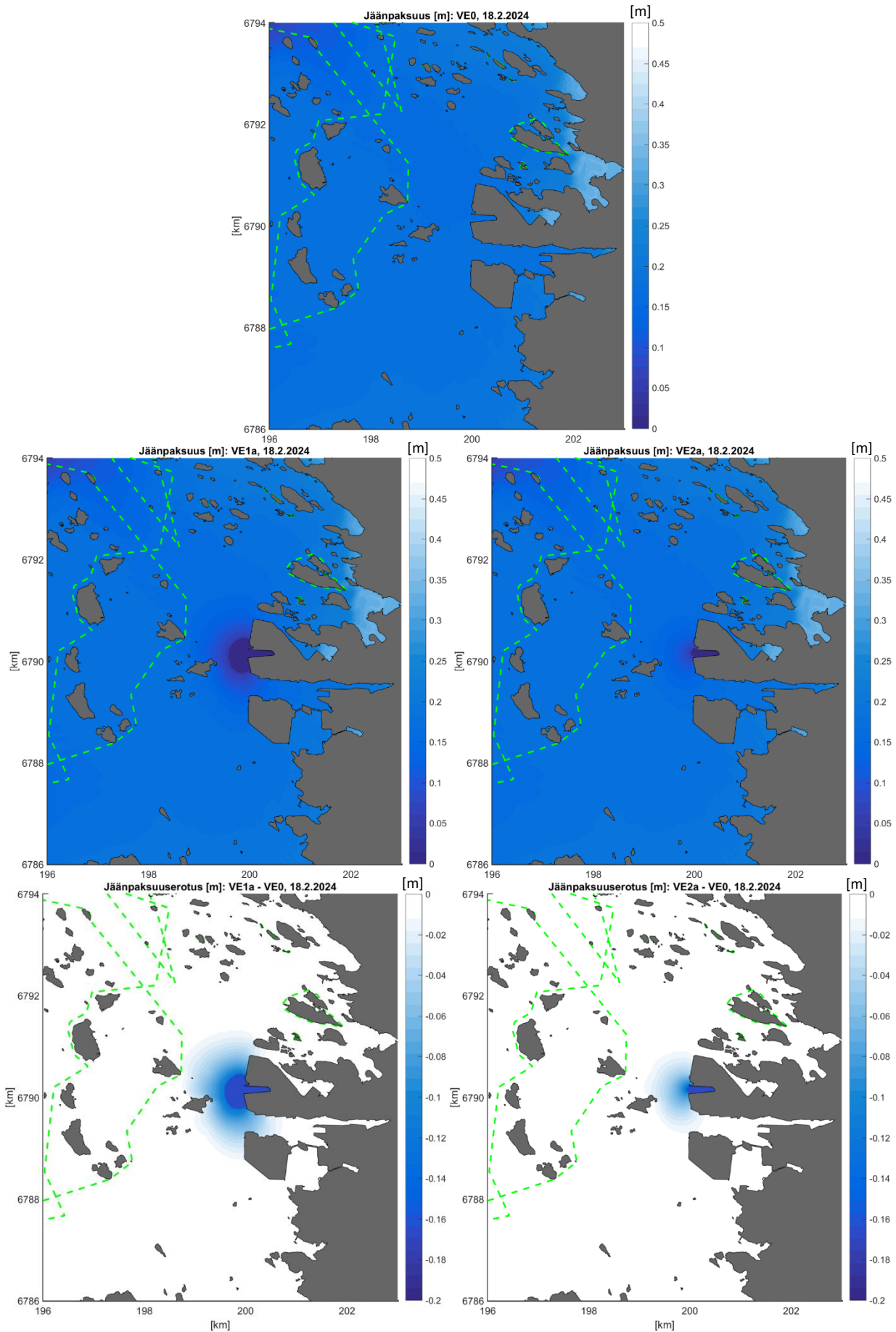
Kuva 23. Kuormitustasolla VE1a (yläkuva) ja VE2a (alakuva) mallinnettu talvikauden aikainen meriveden lämpötilan muutos nykytilaan verrattuna vedenlaadun tarkkailupisteen Raum_430 kohdalla.



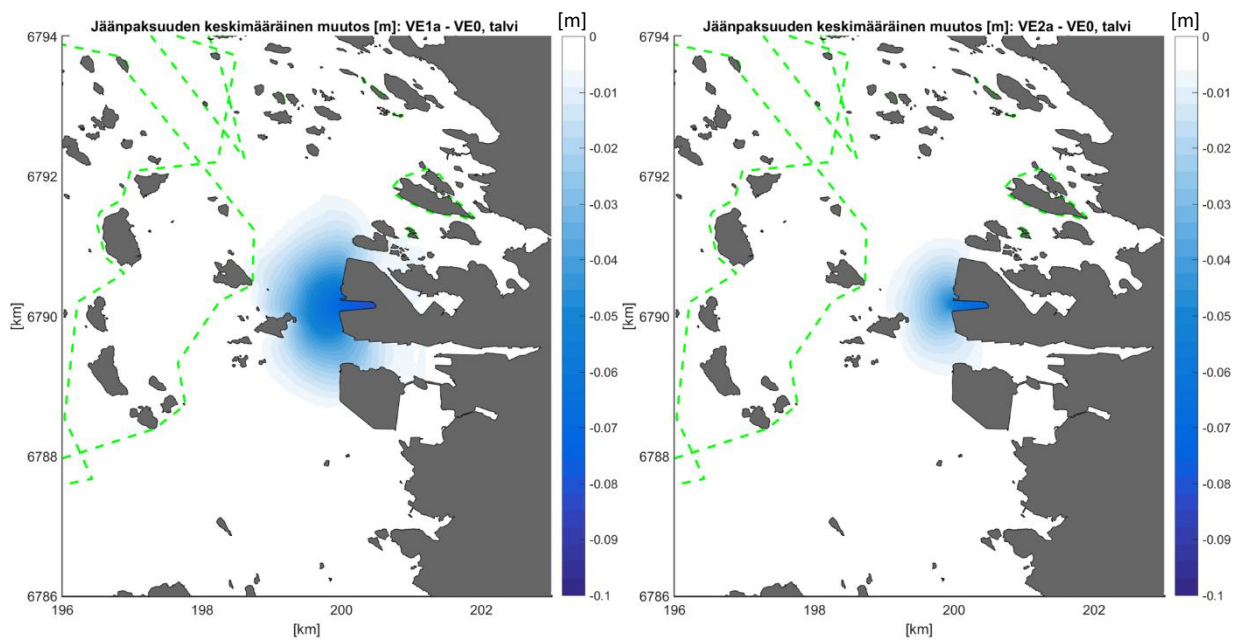
Kuva 24. Kuormitustasolla VE1a (yläkuva) ja VE2a (alakuva) mallinnettu talvikauden aikainen meriveden lämpötilan muutos nykytilaan verrattuna vedenlaadun tarkkailupisteen Raum_4408 kohdalla.

3.3 Jäähdytysveden lämpökuormituksen vaikutus jääpeitteeseen

Jäähdytysveden lämpökuormituksen vaikutukset merialueen jääpeitteen paksuuteen (Kuva 25 ja Kuva 26) näkyvät hieman laajemmalla alueella kuin missä havaittiin pysyviä tason 0,5 °C:n vaikutuksia meriveden lämpötilassa (Kuva 16 ja Kuva 17). Jäähdytysveden kuormitustasolla VE1a havaitaan jääpeitteen ohenevan noin 1,5 km etäisyydellä purkupisteestä (Kuva 25 ja Kuva 26). Kokonaan sulan veden alue rajautuu satama-altaaseen ja sen edustalle, vastaten lämpötilan hetkellisen maksimivaikutuksen voimakkainta aluetta (kuva 16). Jäähdytysveden kuormitustasolla VE2a havaitaan jääpeitteen ohentuvan noin kilometrin etäisyydellä purkupisteestä ja kokonaan sula alue rajautuu satama-altaan alueelle (kuva 25 ja Kuva 26), kuten myös lämpötilan hetkellisesti havaittavat voimakkaimmat maksimivaikutukset (kuva 17).



Kuva 25. Jääpeitteen paksuus nykytilassa VE0 sekä kuormitustasoilla VE1a ja VE2a talvikauden maksimitilanteessa 18.2.2024 (yläkuvat). Vastaavalla hetkellä kuormitustasoilla VE1a ja VE2a havaittava jäänpaksuuden muutos nykytilan tasoon verrattuna (alakuvat).



Kuva 26. Keskimääräinen jääpeitteen paksuudessa havaittava muutos nykytilan tasoon verrattuna kuormitustasoilla VE1a (vasen) ja VE2a (oikea) talvikauden aikana (tammi-maaliskuu).

3.4 Jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden mukana purettavan ainekuormituksen vaikutukset meriveden laatuun

Jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden mukana mereen purettavan COD-, ravinne-, kiintoaine- ja metallikuormituksen mallinnettuja vaikutuksia arvioitiin merialueen tarkkailupisteiden kohdilla (kuva 6) havaittavien pitoisuuksien muutoksien perusteella. Mallin tulokset kuvaavat mereen purettavan jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden osuutta tarkkailupisteiden kohdalla havaittavista vedenlaatuparametrien pitoisuuksista. Tulokset eivät siten kuvaa vesistössä suoraan mitattavissa olevia vedenlaatuparametrien pitoisuuksia, joihin vaikuttaa jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden päästön osuuden lisäksi luonnollinen taustapitoisuus ja alueen muut kuormituslähteet sekä aineiden prosessit merivedessä ja sedimentissä.

Mereen purettavasta jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden kuormituksesta valtaosa koostuu jäähdytysvesivirtaamasta, joka ei lisää mereen päätyvää kuormitusta vaan kierrättää meressä jo olevia ainemääriä lähellä pintakerrosta sijaitsevasta ottopisteestä pohjakerroksen purkupisteeseen. Jäähdytysvesivirtaamaan sekoitettava puhdistettu jätevesi kuitenkin lisää mereen päätyvää kuormitusta. Jätevesivirtaama sekoittuu ennen mereen purkua selvästi suurempaan jäähdytysvesivirtaamaan. Kuormitustasoilla VE1a ja VE2a jäähdytysvesivirtaama on noin 60 kertainen jätevesivirtaamaan verrattuna. Jätevesikuormitus laimentuu siten tehokkaasti ja pitoisuudet mereen purettavassa jäähdytysvesi-jätevesiseoksessa ovat matalia (taulukko 1). Tämän johdosta, sekä purkupisteen sijaitessa tehokkaan vedenvaihdon salmivirtauspaikassa, jäävät jäähdytysvesikuormituksen vaikutukset meriveden laatuun heikoiksi (taulukot 2 ja 3).

Kemiallinen hapenkulutus, COD

Mereen purettava jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden kuormitus ei aiheuta mitattavissa olevaa COD-arvojen lisäystä merialueella. Huomioiden mitattavissa olevan COD-arvon määrittystarkkuuden 0,1 mg/l, jäävät jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden kuormituksen keskimääräiset vaikutuksen merialueen tarkkailupisteillä alle määritysrajan kaikkialla lukuun ottamatta purkupistettä lähintä tarkkailupistettä Raum_385. Sielläkin havaitaan vain juuri mittaustarkkuuden 0,1 mg/l verran kohonneita keskimääräisiä pitoisuuksia kuormitustasolla VE1a ja matalammalla kuormitustasolla VE2a tämäkin heikko vaikutus rajautuu vain pohjakerrokseen. Hetkellisesti havaittavat maksimivaikutukset purkupistettä lähimmällä tarkkailupisteellä Raum_385 ovat suurimmillaan 0,3 mg/l kuormitustasolla VE1a ja 0,2 mg/l kuormitustasolla VE2a. Muualla hetkellisesti havaittavat maksimivaikutukset jäävät tasolle 0,1 mg/l kuormitustasolla VE1a ja kuormitustasolla VE2a heikkoa hetkellistä maksimivaikutusta havaitaan vain pääasiallisen pohjoisen suuntautuvan kulkeutumis suunnan tarkkailupisteessä Raum_430. (taulukot 2 ja 3)

Kokonaistyyppi, Kok-N

Mallinnuksen perusteella jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden kuormituksen mukana kulkeutuvalla kokonaistypellä ei ole mitattavissa olevaa vaikutusta meriveden typpipitoisuuksiin tarkkailupisteiden kohdalla. Mallinnettu typpipitoisuuden lisäys jää merivedessä kaikkialla reilusti alle mitattavissa olevan määrittystarkkuuden 10 µg/l. Heikoiksi jäävät vaikutukset näkyvät lähinnä pohjakerroksessa, jossa vaikutukset ovat korkeimmat Raum_385 tarkkailupisteellä, joskin sielläkin vain heikot. Hetkellisenä esiintyvät maksimivaikutukset ovat kuormitustasolla VE1a kesäkaudella 1 µg/l ja talvikaudella 2 µg/l. Kuormitustasolla VE2a vastaavat maksimivaikutukset ovat kesä- ja talvikausilla tasolla 1 µg/l. (taulukot 2 ja 3)

Kokonaisfosfori, Kok-P

Mallinnuksen perusteella jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden mukana kulkeutuva kokonaisfosfori ei aiheuta merialueella mitattavissa olevia vaikutuksia kummallakaan mallinnetulla kuormitustasolla. Kokonaisfosforin lisäys jää kaikkien tarkkailupisteiden kohdalla selvästi alle mitattavissa olevan määritystarkkuuden 2 µg/l. Vaikutukset näkyvät hyvin heikkoina vain pohjakerroksessa. Suurimmillaankin hetkellisenä esiintyvät maksimivaikutukset jäävät kertaluokkaa mittaustarkkuutta matalammiksi tasolle 0,2 µg/l purkupistettä lähimmällä tarkkailupisteen Raum_385 kohdalla. (taulukot 2 ja 3)

Kiintoainepitoisuus

Mallinnuksen perusteella jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden mukana mereen purettavalla kiintoainekuormituksella ei ole vaikutusta meriveden kiintoainepitoisuuksiin. Mallinnetut vaikutukset meriveden kiintoainepitoisuuteen jäävät kaikissa tarkkailupisteissä ja syvyyksissä tasolle 0,0 mg/l niin suuremmalla kuormitustasolla VE1a kuin myös pienemmällä kuormitustasolla VE2a. (taulukot 2 ja 3)

Kromi (Cr) ja kupari (Cu)

Jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden kuormituksen kromi- ja kuparipitoisuus ennen mereen purkamista on molempien metallien osalta noin kertaluokkaa suurempi kuin määritystarkkuus 0,01 µg/l (taulukko 1). Mallinnettu jäähdytysvesikuormituksen mukana merialueelle leviävän kromi- ja kuparikuormituksen vaikutus jää kuitenkin kaikilla merialueen tarkkailupisteillä alle mitattavissa olevan määritystarkkuuden 0,01 µg/l kuormituksen sekoittuessa tehokkaasti ympäröivään meriveteen. Suurimmillaan heikoksi jäävä pitoisuuden lisäys on purkupistettä lähimmällä tarkkailupisteellä Raum_385 pohjakerroksessa 0,007 µg/l kuormitustasolla VE1a ja 0,004 µg/l kuormitustasolla VE2a. (taulukot 2 ja 3)

Nikkeli (Ni)

Nikkelipitoisuus on mereen purettavassa kuormituksessa (taulukko 1) selvästi mittaustarkkuutta 0,01 µg/l korkeampi, mutta merialueen tarkkailupisteillä keskimääräiset vaikutukset jäävät mittaustarkkuutta matalammiksi. Suurimmillaan hetkellinen maksimivaikutus on kuitenkin mitattavissa purkupistettä lähimmän tarkkailupisteen Raum_385 pohjakerroksessa. Kuormitustasolla VE1a maksimivaikutus on kesäkaudella 0,012 µg/l ja talvikaudella 0,025 µg/l. Kuormitustasolla VE2a maksimivaikutus on kesäkaudella 0,007 µg/l ja talvikaudella 0,014 µg/l. Myös kuormituksen pääasiallisen pohjoiseen työntyvän leviämissuunnan alueella tarkkailupisteen Raum_430 kohdalla hetkelliset maksimivaikutukset ovat mittaustarkkuuden 0,01 µg/l tasolla. (taulukot 2 ja 3)

Sinkki (Zn)

Jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden mukana mereen purettava sinkkipitoisuus on mallinnetuista metalleista korkein ja selvästi mittaustarkkuutta 0,01 µg/l korkeampi (taulukko 1). Jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden sinkkikuormituksen vaikutukset näkyvätkin merialueen tarkkailupisteillä sekä pinta- että pohjakerroksessa. Vaikutus on luonnollisesti suurin purkualueella (Raum_385), mutta määritystarkkuuden ylityksiä esiintyy myös kauempana pääasiallisen pohjoiseen työntyvän leviämissuunnan alueella (Raum_4408, Raum_430 ja Raum_421). Suurimmillaan sinkkipitoisuuden mallinnettu lisäys purkualueen edustan tarkkailupisteen Raum_385 pisteen pohjakerroksessa on talvikaudella 0,045 µg/l kuormitustasolla VE1a ja noin puolet pienempi 0,026 µg/l kuormitustasolla VE2a (taulukot 2 ja 3). Kesäkaudella havaittavat vaikutukset ovat yleisesti hieman matalampia kuin talvikaudella havaittavat vaikutukset. (taulukot 2 ja 3)

Taulukko 2. Kesäkaudella mallinnettu jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden kuormituksen aiheuttama keskimääräinen ja maksimimuutos vedenlaadussa pinta- ja pohjakerroksissa vedenlaadun tarkkailupisteiden kohdilla (kuva 6).

	VE1a pinta		VE1a pohja		VE2a pinta		VE2a pohja	
Raum_385	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi
Lämpötila	0,07	0,21	0,11	0,35	0,04	0,14	0,06	0,30 °C
COD	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1 mg/l
kiintoaine	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 mg/l
Kok-N	0,4	1,0	0,5	1,2	0,2	0,5	0,3	0,7 µg/l
Kok-P	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1 µg/l
Cr	0,001	0,003	0,001	0,004	0,001	0,002	0,001	0,002 µg/l
Cu	0,002	0,005	0,002	0,006	0,001	0,003	0,001	0,003 µg/l
Ni	0,004	0,011	0,005	0,012	0,002	0,005	0,003	0,007 µg/l
Zn	0,008	0,020	0,009	0,023	0,004	0,010	0,005	0,013 µg/l
Raum_365	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi
Lämpötila	0,03	0,12	0,03	0,13	0,02	0,07	0,02	0,09 °C
COD	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0 mg/l
kiintoaine	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 mg/l
Kok-N	0,2	0,6	0,2	0,7	0,1	0,3	0,1	0,4 µg/l
Kok-P	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0 µg/l
Cr	0,001	0,002	0,001	0,002	0,000	0,001	0,000	0,001 µg/l
Cu	0,001	0,003	0,001	0,003	0,001	0,002	0,001	0,002 µg/l
Ni	0,002	0,007	0,002	0,007	0,001	0,003	0,001	0,004 µg/l
Zn	0,004	0,013	0,004	0,013	0,002	0,007	0,002	0,007 µg/l
Raum_360	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi
Lämpötila	0,01	0,06	0,01	0,05	0,01	0,03	0,00	0,03 °C
COD	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 mg/l
kiintoaine	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 mg/l
Kok-N	0,1	0,5	0,1	0,4	0,1	0,2	0,1	0,2 µg/l
Kok-P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 µg/l
Cr	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001 µg/l
Cu	0,001	0,002	0,000	0,002	0,000	0,001	0,000	0,001 µg/l
Ni	0,001	0,005	0,001	0,005	0,001	0,002	0,001	0,002 µg/l
Zn	0,002	0,009	0,002	0,008	0,001	0,005	0,001	0,005 µg/l
Raum_395	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi
Lämpötila	0,02	0,09	0,02	0,14	0,01	0,06	0,01	0,11 °C
COD	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 mg/l
kiintoaine	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 mg/l
Kok-N	0,1	0,5	0,1	0,4	0,1	0,2	0,1	0,2 µg/l
Kok-P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 µg/l
Cr	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001 µg/l
Cu	0,001	0,002	0,001	0,002	0,000	0,001	0,000	0,001 µg/l
Ni	0,001	0,005	0,001	0,005	0,001	0,002	0,001	0,002 µg/l
Zn	0,003	0,009	0,003	0,009	0,001	0,005	0,001	0,005 µg/l
Raum_4408	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi
Lämpötila	0,06	0,15	0,06	0,23	0,03	0,11	0,03	0,16 °C
COD	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1 mg/l
kiintoaine	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 mg/l
Kok-N	0,3	0,7	0,3	0,8	0,2	0,4	0,2	0,4 µg/l
Kok-P	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0 µg/l
Cr	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001 µg/l
Cu	0,002	0,004	0,002	0,004	0,001	0,002	0,001	0,002 µg/l
Ni	0,003	0,008	0,003	0,008	0,002	0,004	0,002	0,004 µg/l
Zn	0,006	0,014	0,006	0,016	0,003	0,008	0,003	0,009 µg/l
Raum_430	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi
Lämpötila	0,07	0,18	0,07	0,20	0,04	0,12	0,04	0,14 °C
COD	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0 mg/l
kiintoaine	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 mg/l
Kok-N	0,4	0,8	0,4	0,8	0,2	0,4	0,2	0,4 µg/l
Kok-P	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0 µg/l
Cr	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001 µg/l
Cu	0,002	0,004	0,002	0,004	0,001	0,002	0,001	0,002 µg/l
Ni	0,005	0,009	0,005	0,009	0,002	0,004	0,002	0,004 µg/l
Zn	0,008	0,016	0,008	0,016	0,004	0,008	0,004	0,008 µg/l
Raum_421	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi
Lämpötila	0,04	0,11	0,04	0,11	0,02	0,07	0,02	0,07 °C
COD	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0 mg/l
kiintoaine	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 mg/l
Kok-N	0,4	0,7	0,4	0,7	0,2	0,4	0,2	0,4 µg/l
Kok-P	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0 µg/l
Cr	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001 µg/l
Cu	0,002	0,004	0,002	0,004	0,001	0,002	0,001	0,002 µg/l
Ni	0,005	0,008	0,005	0,008	0,002	0,004	0,002	0,004 µg/l
Zn	0,009	0,014	0,009	0,014	0,005	0,008	0,005	0,008 µg/l

Taulukko 3. Talvikaudella mallinnettu jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden kuormituksen aiheuttama keskimääräinen ja maksimimuutos vedenlaadussa pinta- ja pohjakerroksissa vedenlaadun tarkkailupisteiden kohdilla (kuva 6).

	VE1a pinta		VE1a pohja		VE2a pinta		VE2a pohja	
Raum_385	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi
Lämpötila	0,06	0,26	0,17	0,61	0,03	0,14	0,08	0,33 °C
COD	0,1	0,1	0,1	0,3	0,0	0,1	0,1	0,2 mg/l
kiintoaine	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 mg/l
Kok-N	0,5	1,0	0,9	2,3	0,3	0,5	0,4	1,3 µg/l
Kok-P	0,0	0,1	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1 µg/l
Cr	0,002	0,003	0,003	0,007	0,001	0,002	0,001	0,004 µg/l
Cu	0,002	0,005	0,004	0,012	0,001	0,003	0,002	0,007 µg/l
Ni	0,005	0,010	0,009	0,025	0,003	0,005	0,004	0,014 µg/l
Zn	0,009	0,019	0,017	0,045	0,005	0,010	0,009	0,026 µg/l
Raum_365	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi
Lämpötila	0,02	0,18	0,03	0,21	0,01	0,10	0,01	0,11 °C
COD	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0 mg/l
kiintoaine	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 mg/l
Kok-N	0,3	0,7	0,3	0,7	0,2	0,3	0,2	0,4 µg/l
Kok-P	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0 µg/l
Cr	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001 µg/l
Cu	0,002	0,003	0,002	0,004	0,001	0,002	0,001	0,002 µg/l
Ni	0,003	0,007	0,003	0,008	0,002	0,004	0,002	0,004 µg/l
Zn	0,006	0,013	0,006	0,014	0,003	0,007	0,003	0,008 µg/l
Raum_360	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi
Lämpötila	0,01	0,09	0,01	0,08	0,00	0,05	0,00	0,04 °C
COD	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0 mg/l
kiintoaine	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 mg/l
Kok-N	0,2	0,5	0,2	0,5	0,1	0,2	0,1	0,2 µg/l
Kok-P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 µg/l
Cr	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001 µg/l
Cu	0,001	0,002	0,001	0,002	0,000	0,001	0,000	0,001 µg/l
Ni	0,002	0,005	0,002	0,005	0,001	0,002	0,001	0,002 µg/l
Zn	0,003	0,009	0,003	0,009	0,002	0,005	0,002	0,005 µg/l
Raum_395	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi
Lämpötila	0,01	0,12	0,01	0,11	0,01	0,06	0,01	0,06 °C
COD	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0 mg/l
kiintoaine	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 mg/l
Kok-N	0,2	0,5	0,2	0,5	0,1	0,3	0,1	0,3 µg/l
Kok-P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 µg/l
Cr	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001 µg/l
Cu	0,001	0,002	0,001	0,002	0,000	0,001	0,000	0,001 µg/l
Ni	0,002	0,005	0,002	0,005	0,001	0,003	0,001	0,003 µg/l
Zn	0,004	0,009	0,004	0,009	0,002	0,005	0,002	0,005 µg/l
Raum_4408	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi
Lämpötila	0,03	0,29	0,03	0,24	0,01	0,13	0,01	0,11 °C
COD	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0 mg/l
kiintoaine	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 mg/l
Kok-N	0,3	0,8	0,3	0,8	0,1	0,4	0,1	0,4 µg/l
Kok-P	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0 µg/l
Cr	0,001	0,002	0,001	0,002	0,000	0,001	0,000	0,001 µg/l
Cu	0,001	0,004	0,001	0,004	0,001	0,002	0,001	0,002 µg/l
Ni	0,003	0,008	0,003	0,008	0,001	0,004	0,001	0,004 µg/l
Zn	0,005	0,015	0,005	0,015	0,003	0,008	0,003	0,008 µg/l
Raum_430	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi
Lämpötila	0,03	0,26	0,03	0,26	0,02	0,14	0,02	0,13 °C
COD	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1 mg/l
kiintoaine	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 mg/l
Kok-N	0,4	0,9	0,4	0,9	0,2	0,5	0,2	0,5 µg/l
Kok-P	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0 µg/l
Cr	0,001	0,003	0,001	0,003	0,001	0,001	0,001	0,001 µg/l
Cu	0,002	0,005	0,002	0,005	0,001	0,002	0,001	0,002 µg/l
Ni	0,004	0,010	0,004	0,010	0,002	0,005	0,002	0,005 µg/l
Zn	0,007	0,018	0,007	0,018	0,004	0,009	0,004	0,009 µg/l
Raum_421	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi
Lämpötila	0,00	0,20	0,00	0,17	0,00	0,13	0,00	0,10 °C
COD	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0 mg/l
kiintoaine	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 mg/l
Kok-N	0,4	0,7	0,4	0,7	0,2	0,4	0,2	0,4 µg/l
Kok-P	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0 µg/l
Cr	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001 µg/l
Cu	0,002	0,004	0,002	0,004	0,001	0,002	0,001	0,002 µg/l
Ni	0,004	0,008	0,004	0,008	0,002	0,004	0,002	0,004 µg/l
Zn	0,007	0,014	0,007	0,014	0,004	0,008	0,004	0,008 µg/l

4 Johtopäätökset

Jäähdytysveden lämpökuorman vaikutukset Rauman edustan meriveden lämpötilaan jäävät kokonaisuutena vähäisiksi purkupisteen välitöntä ympäristöä lukuun ottamatta. Pysyvien, voimakkuudeltaan 0,1 °C:n vähäisten vaikutusten alue rajautuu 2,5 km etäisyydelle purkupisteestä kuormitustasolla VE1a pääasiallisen leviämissuunnan ollessa pohjoinen. Kuormitustasolla VE2a vähäiset pysyvät vaikutukset rajautuvat 1 km etäisyydelle purkupisteestä. Hetkellisenä esiintyvät maksimivaikutukset ovat kuitenkin suurempia, mutta nekin jäävät pääosin alle 1 °C:n ja rajautuvat purkualueen edustalle alle 1 km etäisyydelle purkupisteestä. Talvikaudella jäähdytysveden lämpökuormituksen vaikutukset jäävät kesäkautta suppeammalle alueelle johtuen kesäkautta voimakkaammasta lämpövuosta vedestä ilmaa. Purkupisteen lähialueilla vaikutukset ovat kuitenkin talvikaudella kesäkautta voimakkaammat.

Jäähdytysveden lämpökuormituksen vaikutukset merialueen jääpeitteen paksuuteen näkyvät jääpeitteen ohentumisena noin 1,5 km etäisyydellä purkupisteestä kuormitustasolla VE1a ja noin kilometrin etäisyydellä purkupisteestä kuormitustasolla VE2a. Kokonaan sulan veden alue rajautuu molemmilla kuormituksilla satama-altaaseen ja kuormitustasolla VE1a myös satama-altaan edustalle. Satama-allas on tosin nykytilassakin pääosin jäätön sataman alusliikenteen johdosta. Altaaseen purettavalla lämpökuormituksella on positiivinen vaikutus sataman jäänmurtoa ajatellen.

Lämpökuorman vaikutuksien tavoin myös jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden mukana mereen purettavan ainekuormituksen (COD, kiintoaine, Kok-N, Kok-P, Cr, Cu, Ni ja Zn) mallinnetut vaikutukset jäävät vähäisiksi. Ravinteiden ja kiintoaineen osalta mallinnetut vaikutukset jäävät kaikkien vedenlaadun tarkkailupisteiden kohdilla mittaustarkkuuden ulkopuolelle. Myös kromin ja kuparin osalta vaikutukset jäävät mittaustarkkuuden ulkopuolelle. Jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden kuormituksen mukana mereen purettavista aineista vain sinkillä, nikkelillä ja kemiallisella hapenkulutuksella havaittiin olevan mitattavissa olevia vähäisiä vaikutuksia myös purkualueen edustan ulkopuolella pääasiallisen pohjoiseen työntyvän leviämissuunnan tarkkailupisteissä.

Rauman merialueelle purettavan jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden vesistövaikutuksien mallinnus

–

Lisäskenaariot

Kai Rasmus ja Joose Mykkänen

Rauman merialueelle purettavan jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden vesistövaikutuksien mallinnus – Lisäskenaariot

Raportin otsikko		Rauman merialueelle purettavan jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden vesistövaikutuksien mallinnus- Lisäskenaariot			
Versio	Laatija	Pvm	Kuvaus	Tarkistettu	Hyväksytty
01	Joose Mykkänen	12.12.2025	Raporttiluonnos kommentteille	KR	KR
02	Joose Mykkänen	16.12.2025	Valmis raportti	KR	KR

02	16.12.2025	Valmis raportti	JM	KR	KR
Versio	Pvm.	Kuvaus	Laatija	Tarkastaja	Hyväksyjä
			Dokumentti: Rauman merialueelle purettavan jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden vesistövaikutuksien mallinnus – Lisäskenaariot		
Asiakas: Sweco Finland Oy / Matti Heitto					
Luode Consulting Oy:n yhteyshenkilö: Joose Mykkänen			Tiedoston nimi: Lisäskenaariot – Rauma jäähdytys- ja jäteveden vesistövaikutuksien mallinnus Luode Oy 16122025.pdf		
Työn suorittaja: Luode Consulting Oy					

Sisällysluettelo

1	Johdanto.....	2
2	Mallinnetut lisäskenaariot.....	2
3	Tulokset.....	4
3.1	Tulosten esitysmenetelmät.....	4
3.2	Jäähdytysveden lämpökuormituksen vaikutus meriveden lämpötilaan.....	5
3.3	Jäähdytysveden lämpökuormituksen vaikutus jääpeitteeseen.....	19
3.4	Jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden mukana purettavan ainekuormituksen vaikutukset meriveden laatuun.....	22
4	Johtopäätökset.....	27
5	Lähdeluettelo.....	28

1 Johdanto

Rauman sataman edustalle purettavan jäähdytysveden sekä puhdistetun jäteveden vesistövaikutuksia selvitettiin aikaisemmin vuonna 2025 toteutetulla mallinnuksella. Mallin avulla arvioitiin mereen purettavan jäähdytysveden lämpökuormituksen sekä sen mukana mereen purettavan puhdistetun jäteveden ainekuormituksen vaikutuksia meriveden laatuun. Tässä raportissa esitetään tulokset lisäskenaarioiden mallinnuksesta, joissa purettavan jäähdytysveden määrä oli noin puolet pienempi kuin aikaisemmassa mallinnuksessa. Pienemmästä jäähdytysvesivirtaamasta johtuen mereen purettavan kuormituksen lämpötilan nousu oli aikaisemman mallinnuksen tasoa ΔT 10 °C korkeampi ΔT 20 °C. Vastaavasti pienempi jäähdytysvesivirtaama näkyi aikaisempaa mallinnusta korkeampina puhdistetun jäteveden ainekuormituksen pitoisuuksina, kun jäähdytysvesien kanssa mereen purettava puhdistettu jätevesikuormitus pysyi aikaisemman mallinnuksen tasolla. Lisäskenaarioiden mallinnus toteutettiin mereen purettavaa kuormitusta lukuun ottamatta täysin identtisenä aikaisemman mallinnuksen kanssa.

Tarkempi kuvaus mallinnusmenetelmästä, mallisovelluksen validoinnista sekä aikaisemman mallinnuksen tuloksista löytyy raportista Rauman merialueelle purettavan jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden vesistövaikutuksien mallinnus /1.

2 Mallinnetut lisäskenaariot

VE0 Nykytila ilman jäähdytysvesikuormitusta, kesä-elokuu 2024 ja joulumaaliskuu 2023–2024

VE1b Jäähdytysveden otto 2 m syvyydestä Rauman sataman Ulko-Petäjäs alueen pohjoisreunasta ja purku satama-altaan länsireunaan 14 m syvyydelle (kuva 1). Jäähdytysveden virtaama, lämpötilan nousu sekä jäähdytysvesien mukana purettavien ainekuormitusten pitoisuudet esitetään taulukossa 1. Mallinnusjakso ja mallin muut asetukset vastaavat VE0 skenaariota, kesä-elokuu 2024 ja joulumaaliskuu 2023–2024.

VE2b Jäähdytysveden otto ja purkaminen skenaariota VE1b pienemmällä virtaamalla käyttäen samoja otto- ja purkupisteitä (Kuva 1). Jäähdytysveden virtaama, lämpötilan nousu sekä jäähdytysvesien mukana purettavien ainekuormitusten pitoisuudet esitetään taulukossa 1. Mallinnusjakso (kesä-elokuu 2024 ja joului-maaliskuu 2023–2024) ja mallin muut asetukset vastaavat VE0 skenaariota.



Kuva 1. Suunnitellut jäähdytysveden otto- ja purkupisteet Rauman sataman alueella.

Taulukko 1. Jäähdytysveden kuormitustiedot mallinnetulla skenaarioilla VE1b ja VE2b.

Muuttuja	Yksikkö	VE1b	VE2b
Virtaama	m ³ /h	7142	3574
	m ³ /s	1,984	0,993
Kemiallinen hapenkulutus, COD	mg/l	8,381966	9,074426
Kiintoainepitoisuus	mg/l	0,508681	0,524342
Kokonaistyyppi, Kok-N	mg/l	0,074035	0,077471
Kokonaisfosfori, Kok-P	mg/l	0,006351	0,006695
Kromi, Cr	mg/l	0,000235	0,000252
Kupari, Cu	mg/l	0,000372	0,000389
Nikkeli, Ni	mg/l	0,000784	0,000801
Sinkki, Zn	mg/l	0,001442	0,001546
AOX	mg/l	0	0
Lämpötilan nousu			
Kesä	°C	20	20
Talvi	°C	20	20

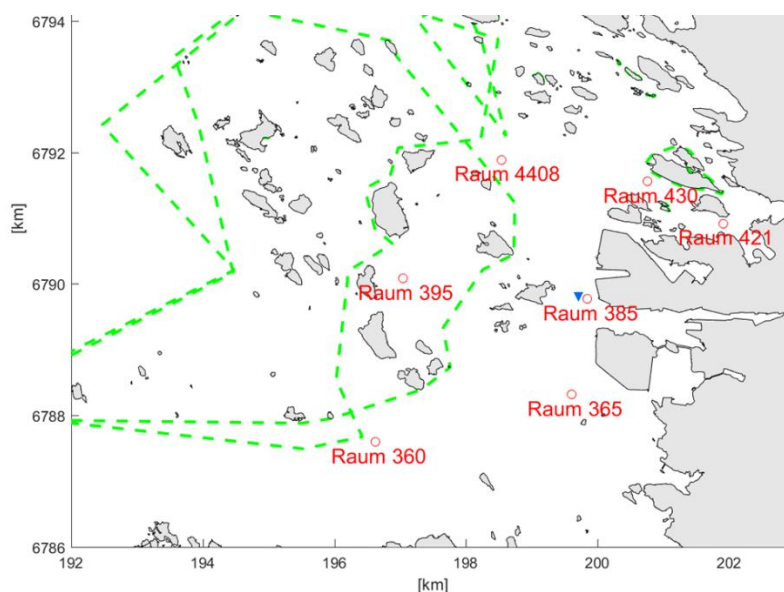
3 Tulokset

3.1 Tulosten esitysmenetelmät

Mallin tulokset kuvaavat jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden kuormituksen aiheuttamaa muutosta meriveden lämpötilaan, vedenlaatumuuttujien pitoisuuksiin purettavan veden sisältämien muuttujien osalta sekä jäänpaksuuteen. Vertaamalla jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden kuormituksella mallinnettuja tuloksia nykytilan tuloksiin arvioitiin, kuinka laajalla alueella kuormituksen vaikutuksia havaitaan vastaanottavassa vesistössä ja kuinka suuria purkuvesien aiheuttamat muutokset ovat.

Mallinnuksen tulokset esitetään karttakuvaajina havainnollistamaan vaikutuksen voimakkuutta ja vaikutusalueen laajuutta. Karttakuvaajat esitetään mallinnetusta meriveden lämpötilasta erikseen sekä pinta- että pohjakerroksessa. Karttakuvaajissa esitetään mallinnetun kesäkauden ja talvikauden aikainen keskimääräinen muutos sekä maksimimuutos meriveden lämpötilassa. Keskimääräinen muutos kuvaa pysyvää vaikutusaluetta, jossa kuormitusta havaitaan säännöllisesti. Maksimimuutos puolestaan kuvaa mallinnetun kauden aikaista vain hetkellisesti havaittavaa suurinta yksittäistä vaikutusta kuormituksen kulkeutuessa virtausten mukana eri suuntiin purkupisteestä vaikuttaen vedenlaatuun ja lämpötilaan vain lyhytaikaisesti. Merivesivaikutuksien lisäksi karttakuvaajilla esitetään myös jäähdytysveden lämpökuormituksen vaikutus talvikauden aikaisen jääpeitteen paksuuteen.

Karttakuvaajien lisäksi mallinnuksen tulokset esitetään taulukkoarvoina ja aikasarjakuvaajina purkualueella lähimpien vedenlaadun tarkkailupisteiden kohdilla (Kuva 2). Karttakuvaajien tavoin taulukkoarvot ja aikasarjakuvaajat kuvaavat kuinka paljon jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden kuormitus muuttaa meriveden lämpötilaa ja vedenlaatuparametrien pitoisuuksia. Taulukkoarvoissa esitetään keskimääräinen ja suurin yksittäinen (maksimi) lämpötilan ja vedenlaatuparametrien pitoisuuksien muutos pinta- ja pohjakerroksissa kesäkaudella ja talvikaudella.



Kuva 2. Rauman sataman edustalla sijaitsevat jäähdytysveden purkualueella lähimmät vedenlaadun tarkkailupisteet sekä lähialueelle sijoittuvien suojelualueiden rajaukset. Lisäksi kuvassa esitetään mallin validoinnissa käytetty vedenlaadun sekä virtausnopeuden -ja suunnan mittauspiste sinisellä kolmiolla sataman edustalla Raum 385 pisteen vieressä.

3.2 Jäähdytysveden lämpökuormituksen vaikutus meriveden lämpötilaan

Lisäskenaariona mallinnetuissa vaihtoehdoissa VE1b ja VE2b mereen purettavan lämpökuormituksen määrä vastasi aikaisemmin mallinnettujen skenaarioiden VE1a ja VE2a kuormitusmääriä. Vaihtoehdoissa VE1b ja VE2b jäähdytysvesivirtaama oli kuitenkin puolet pienempi ja vastaavasti jäähdytysveden lämpötilan nousu kaksinkertainen verrattuna aikaisemmin mallinnettuihin skenaarioihin VE1a ja VE2a. Lisäskenaarioiden mallinnuksella vastataan siten kysymykseen, saadaanko jäähdytysvesivirtaaman määrää ja lämpötilannousua muuttamalla vähennettyä mahdollisia haitallisia vaikutuksia merialueella mereen purettavan lämpökuormituksen pysyessä vakiona.

Lisäskenaarioiden VE1b ja VE2b mallinnuksen tulosten perusteella mereen purettavan jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden lämpökuormituksen vaikutukset meriveden lämpötilaan ovat käytännössä identtiset aikaisemman mallinnuksen tuloksien kanssa /1. Saman lämpökuormituksen purkaminen mereen pienemmällä virtaamalla ja suuremmalla lämpötilan nousulla ei muuta vaikutuksen voimakkuutta ja vaikutusalueen laajuutta merialueella. Mereen purettavan jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden lämpökuormituksen vaikutukset näkyvät myös lisäskenaarioiden VE1b ja VE2b tuloksissa purkupisteen lähialuetta lukuun ottamatta vähäisenä meriveden lämpötilan nousuna. Alla on tarkempi kuvaus lämpötilavaikutuksista vastaten aikaisemmin raportoituja tuloksia skenaarioista VE1a ja VE2a /1.

Jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden kuormitustasolla VE1b havaitaan pääasiallisen kulkeutumis suunnan suuntautuvan kesäkaudella pohjoiseen. Pysyvää tason 0,1 °C:een meriveden keskimääräisen lämpötilan nousua havaitaan pinta- ja pohjakerroksissa noin 2,5 km etäisyydellä purkupisteestä pohjoiseen ja noin 1,5 km länteen (Kuva 3, Kuva 5-11). Voimakkaammat, tason 0,5 °C:een vaikutukset veden lämpötilaan rajautuvat aivan purkupisteen lähialueelle satama-altaan pohjakerrokseen ja suurimmillaankin purkupisteen kohdalla vaikutukset jäävät alle 1 °C (Kuva 3). Hetkelliseksi jääviä maksimivaikutuksia kuitenkin esiintyy myös tätä laajemmalla alueella. Tason 0,5 °C:een hetkelliset maksimivaikutukset ulottuvat noin 1 km säteelle purkupisteestä ja vähäiset tason 0,1–0,2 °C:een maksimivaikutukset levittyvät hetkellisinä laajalle alueelle läheisellä merialueella (Kuva 3).

Jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden kuormitustasolla VE2b rajautuvat kesäkaudella havaittavat pysyvät vaikutukset pohjakerrokseen noin 1 km säteelle purkupisteestä, missä nähdään vähäistä tason 0,1 °C:een meriveden keskimääräisen lämpötilan nousua (Kuva 4 ja Kuvat 5-11). Pintakerroksessa vaikutukset jäävät heikommaksi ja tason 0,1 °C:een keskimääräistä lämpötilan nousua havaitaan vain satama-altaan alueella (Kuva 4). Hetkelliseksi jäävät maksimivaikutukset, 0,5 °C:een meriveden lämpötilan nousuna, ulottuvat noin 1 km etäisyydellä purkupisteestä. Vähäiset tason 0,1 °C:een hetkelliset maksimivaikutukset levittyvät laajalle merialueelle, suuntautuen pääasiassa purkupisteestä pohjoiseen ja luoteeseen.

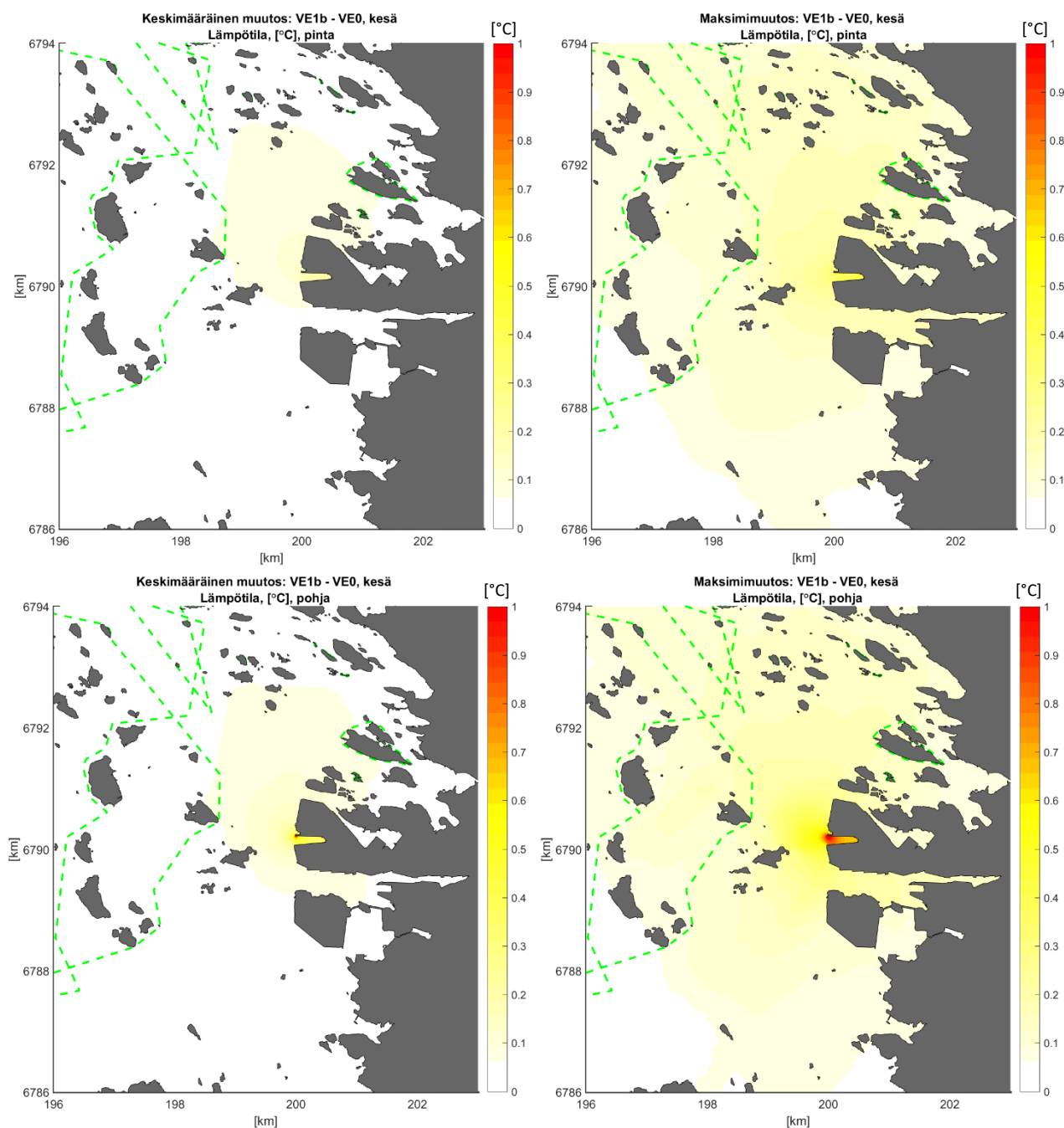
Talvikaudella jäähdytysveden lämpökuormituksen vaikutukset jäävät kesäkautta suppeammalle alueelle johtuen kesäkautta voimakkaammasta lämpövuosta vedestä ilmaan. Purkupisteen lähialueilla vaikutukset ovat kuitenkin kesäkautta suuremmat. Kuormitustasolla VE1b talvikaudella havaittava pysyvän vaikutuksen alue rajautuu pohjakerroksessa kilometrin etäisyydelle purkupisteestä, missä havaitaan tason 0,1 °C:een meriveden keskimääräisen lämpötilan nousua (Kuva 12 ja Kuvat 14-20). Purkupisteen kohdalla ja satama-altaan suulla keskimääräiset vaikutukset pohjakerroksessa ovat tasolla 1 °C. Vaikutus vähenee kuitenkin nopeasti satama-altaan

ulkopuolella. Pintakerroksessa keskimääräiset vaikutukset jäävät vähäisiksi tason 0,1 °C:een lämpötilan nousuksi ulottuen noin 400 m säteelle purkupisteestä. Hetkellisenä vaikutuksena esiintyvät maksimivaikutukset näkyvät talvikaudella hieman kesäkautta voimakkaampina ja laajemmalla alueella (Kuva 12 ja Kuvat 14-20). Hetkelliseksi jäävät tason 1 °C:een maksimivaikutukset työntyvät pohjakerroksessa satama-altaan edustalle ja tason 0,5 °C:een vaikutukset ulottuvat noin 1 km etäisyydelle purkupisteestä. Pintakerroksessa ja myös pohjakerroksessa havaitaan hetkelliset maksimivaikutukset vähäisenä tason 0,1–0,2 °C:een lämpötilan nousuna levittäytyen laajalle rannikkomerialueelle.

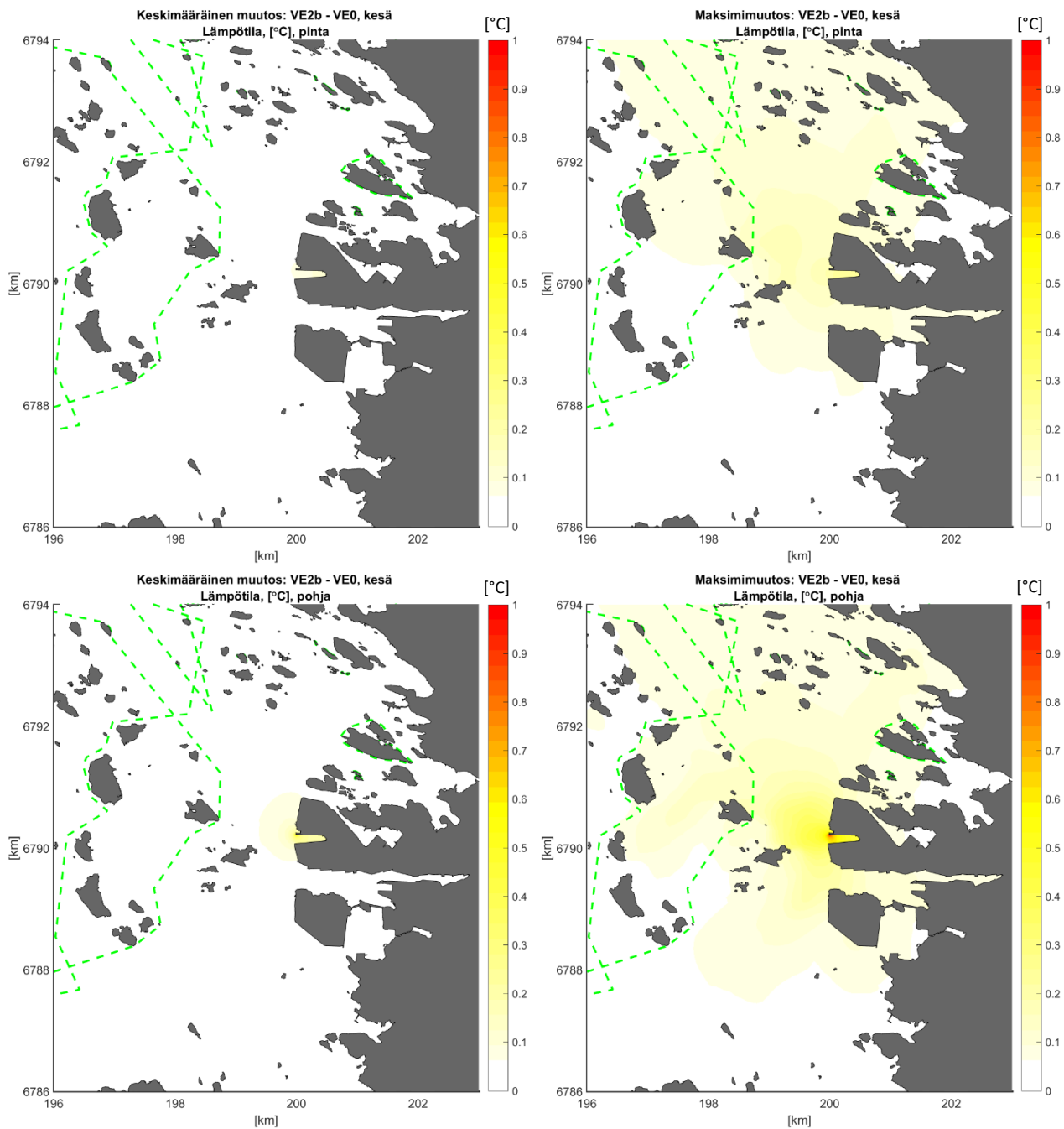
Jäähdytysveden ja pudistetun jäteveden kuormitustasolla VE2b rajautuvat talvikauden aikaiset keskimääräiset vähäiset tason 0,1 °C:een vaikutuksen pohjakerrokseen ja noin 500 m säteelle purkupisteestä (Kuva 13 ja Kuvat 14-20). Satama-altaan alueella vaikutukset ovat tasolla 0,5 °C. Pintakerroksessa keskimääräiset vaikutukset jäävät heikoiksi myös purkupisteen edustalla. Suurimmillaan hetkelliset maksimivaikutukset näkyvät satama-altaaseen rajautuvana tason 1 °C:een lämpötilan nousuna ja satama-altaan ulkopuolella tason 0,5 °C:een vaikutukset rajautuvat noin 500 m säteelle purkupisteestä. Pintakerroksessa ja myös pohjakerroksessa havaitaan hetkelliset maksimivaikutukset vähäisenä tason 0,1 °C:een lämpötilan nousuna levittäytyen laajalle rannikkomerialueelle.

Vaikutusten vähäisyys selittyy ensisijaisesti purkupisteen ominaisuuksilla. Jäähdytysveden ja pudistetun jäteveden purku tapahtuu avoimen satama-altaan suulla sijaitsevan salmen reunaan, jonka virtausolosuhteet mahdollistavat tehokkaan vedenvaihdon ja lämpökuorman sekoittumisen ympäröivään meriveteen. Lisäksi jäähdytysvesi puretaan vähintään 20 °C ympäröivää vettä lämpimämpänä 14 metrin syvyyteen pohjanläheiseen vesikerrokseen. Jäähdytysvesi on siten tiheydeltään pohjanläheistä merivettä kevyempää, mikä käynnistää purkupisteen kohdalla pohjasta pintaan nousevan virtauksen edistäen kuormituksen tehokasta sekoittumista ylempiin vesikerroksiin.

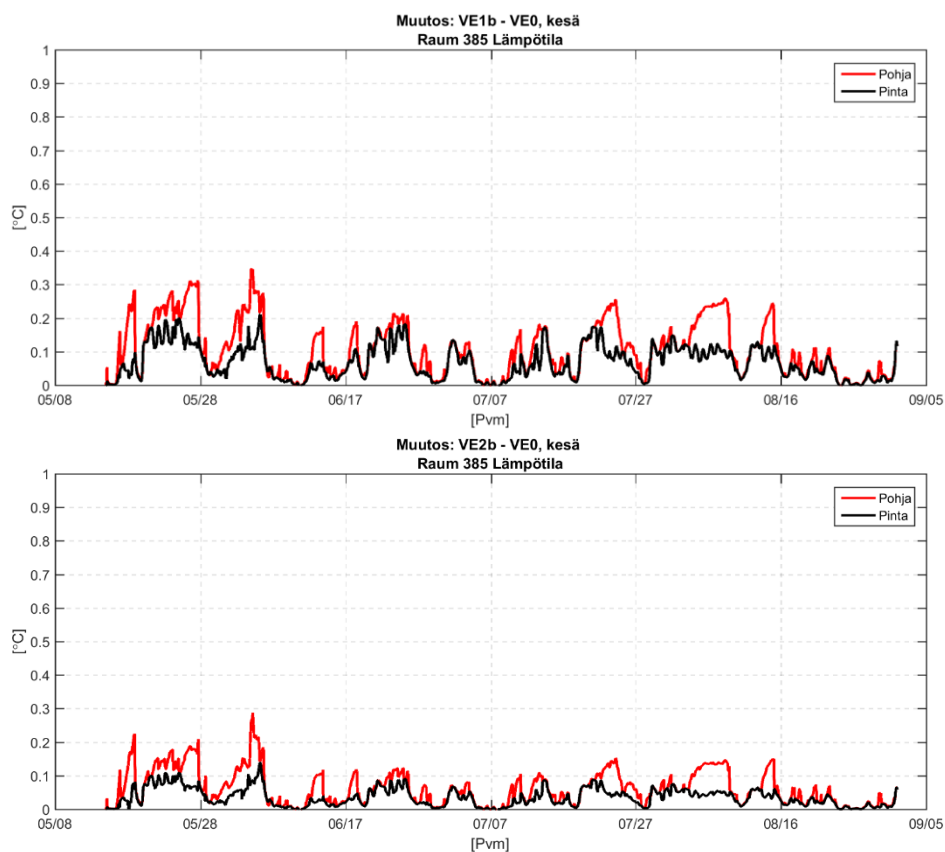
On kuitenkin huomioitava, että mallinnus ei kuvaa tarkasti aivan purkupisteen välittömän edustan olosuhteita johtuen mallin resoluutiosta suhteessa jäähdytysveden ja pudistetun jäteveden kuormituksen määrään. Heikkojen virtausolosuhteiden tilanteissa purkupisteen kohdalle voi todellisuudessa kohdistua mallinnettua voimakkaampia paikalliseksi jääviä vaikutuksia. Purkupisteen välittömän edustan ulkopuolella laajemmalla merialueella malli kuvaa jäähdytysvesikuormituksen leviämisen vaikutukset realistisesti mallin toistaessa purkualueen virtausolosuhteet ja edelleen kuormituksen sekoittumisen ja kulkeutumisen validointimittausten tuloksia vastaavasti.



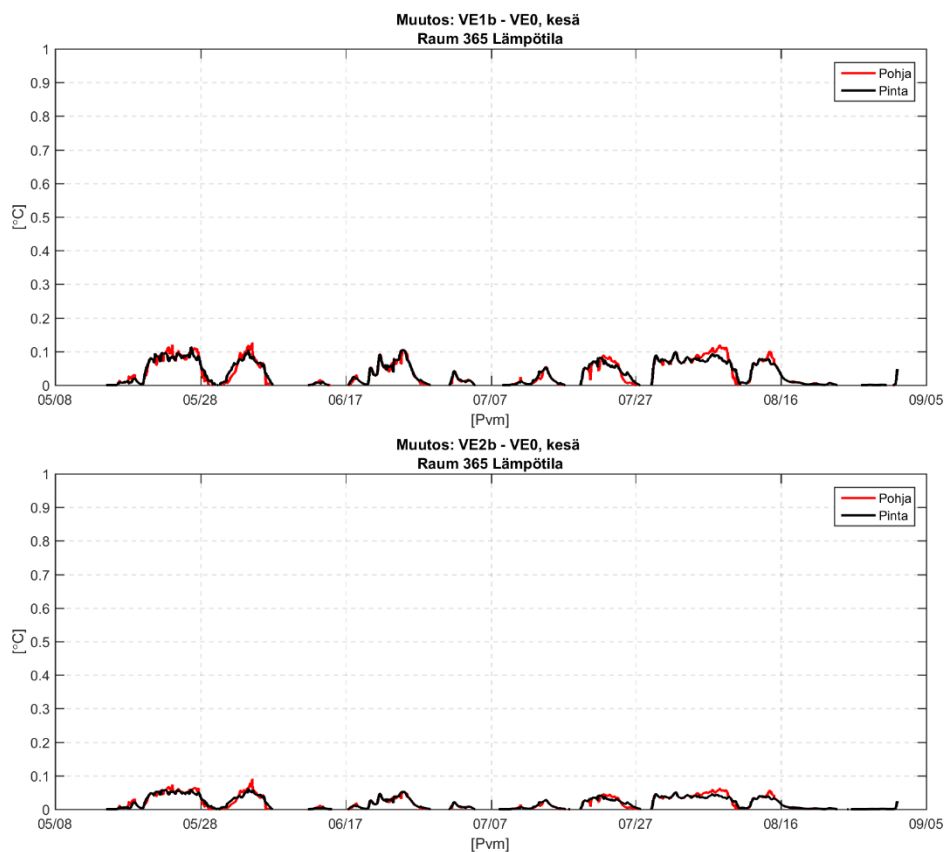
Kuva 3. Mallinnetun kesäkauden aikana 1.6-1.9.2024 havaittava keskimääräinen lämpötilan muutos (kuvat vasemmalla) sekä hetkellisesti havaittava suurin lämpötilan muutos (kuvat oikealla) pintakerroksessa (kuvat ylhäällä) ja pohjakerroksessa (kuvat alhaalla) Rauman edustan merialueella kuormitustasolla VE1b.



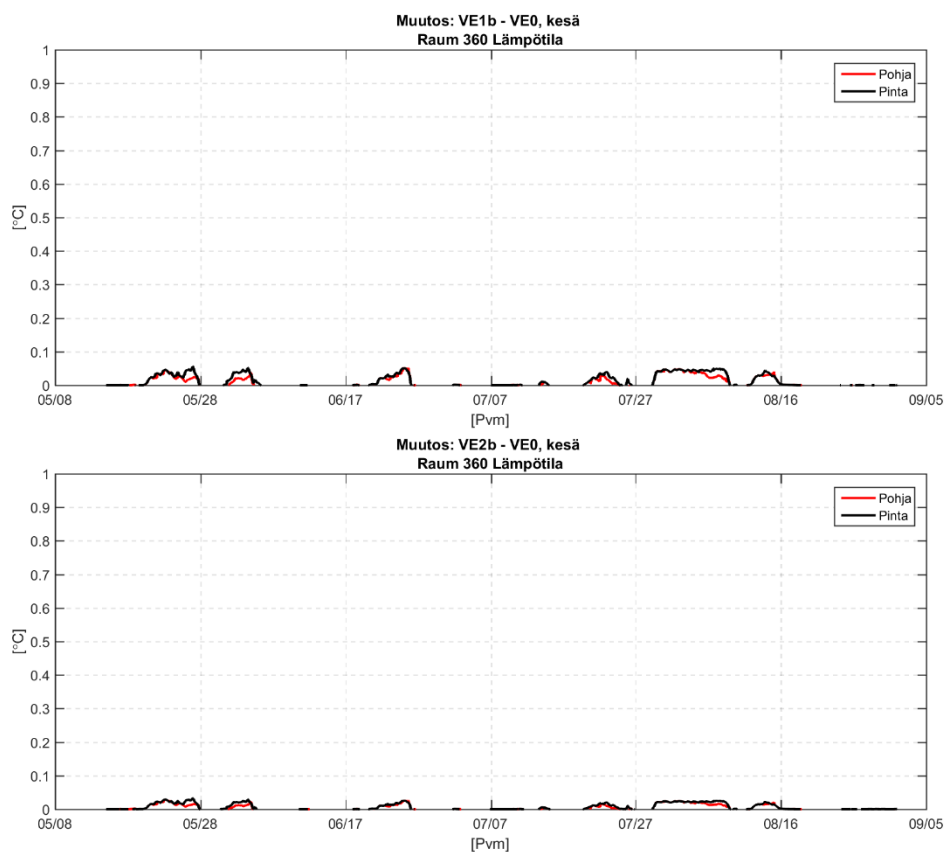
Kuva 4. Mallinnetun kesäkauden aikana 1.6-1.9.2024 havaittava keskimääräinen lämpötilan muutos (kuvat vasemmalla) sekä hetkellisesti havaittava suurin lämpötilan muutos (kuvat oikealla) pintakerroksessa (kuvat ylhäällä) ja pohjakerroksessa (kuvat alhaalla) Rauman edustan merialueella kuormitustasolla VE2b.



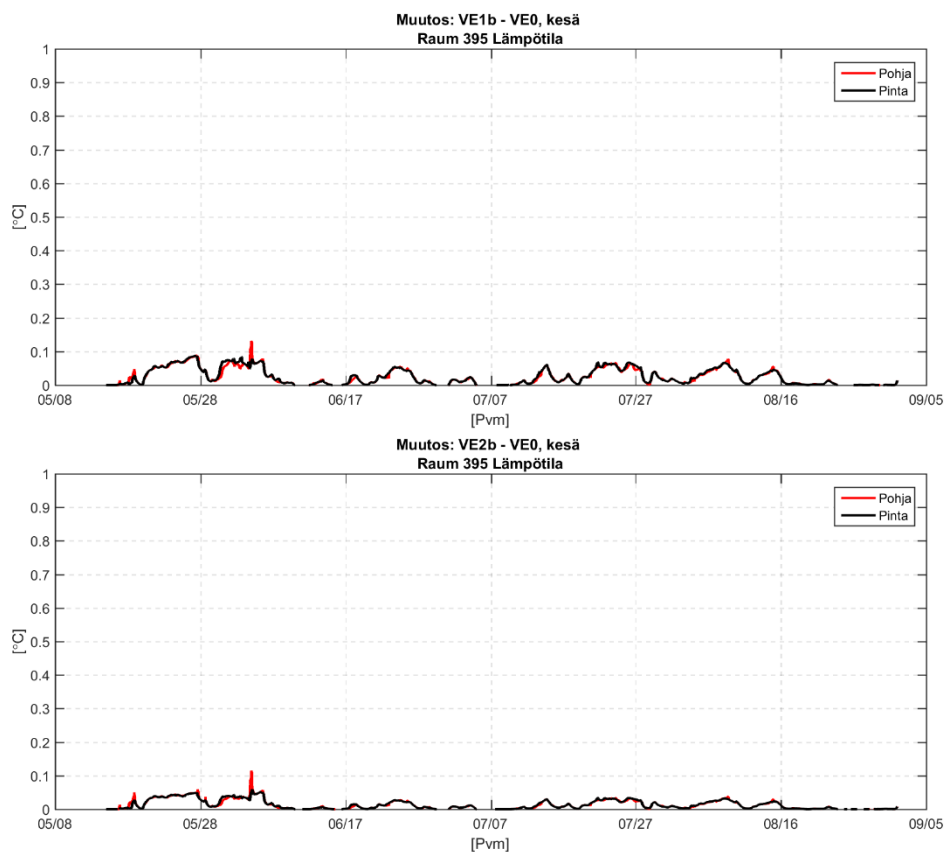
Kuva 5. Kuormitustasolla VE1b (yläkuva) ja VE2b (alakuva) mallinnettu kesäkauden aikainen meriveden lämpötilan muutos nykytilaan verrattuna vedenlaadun tarkkailupisteen Raum_385 kohdalla.



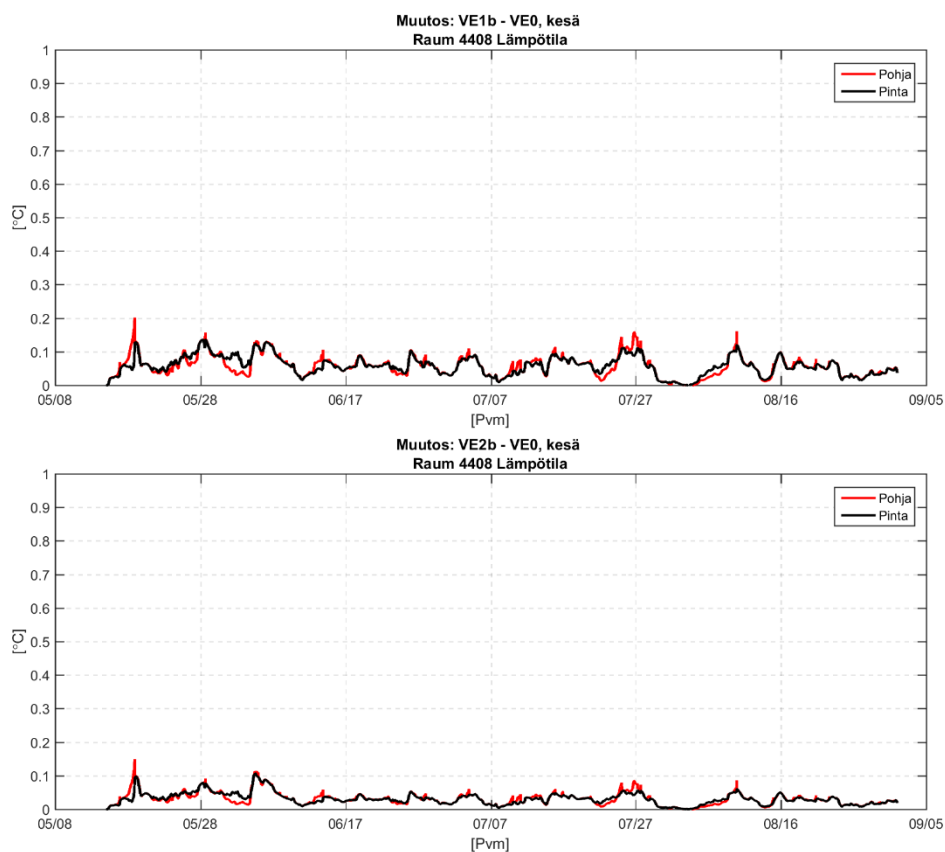
Kuva 6. Kuormitustasolla VE1b (yläkuva) ja VE2b (alakuva) mallinnettu kesäkauden aikainen meriveden lämpötilan muutos nykytilaan verrattuna vedenlaadun tarkkailupisteen Raum_365 kohdalla.



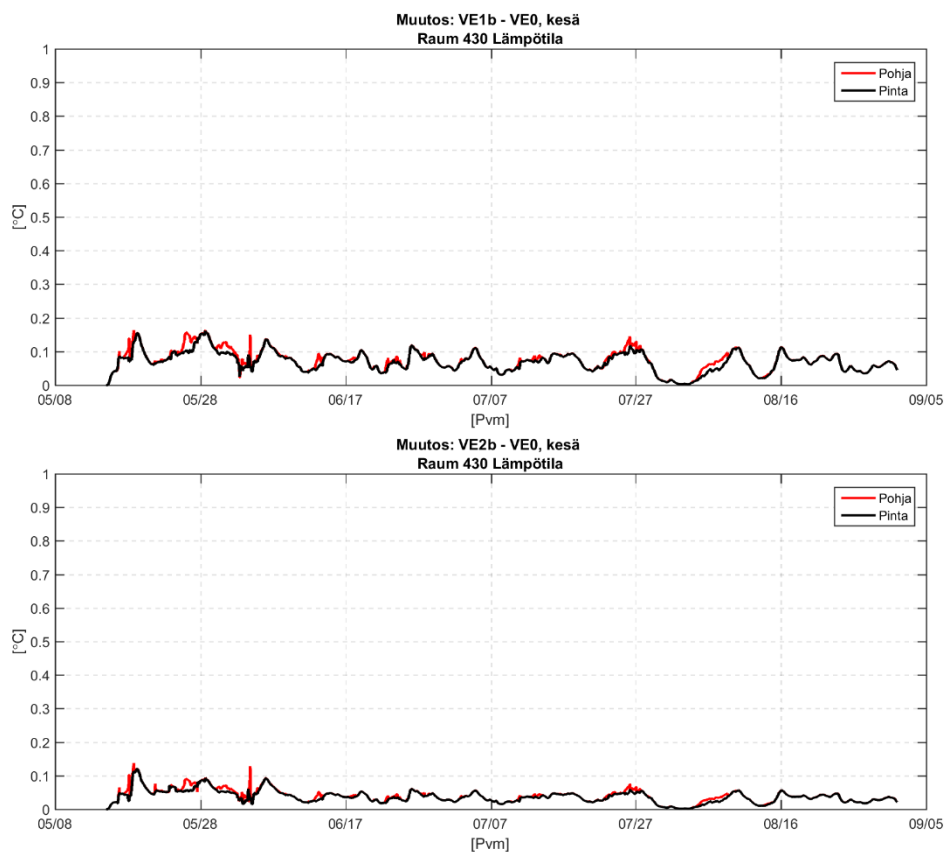
Kuva 7. Kuormitustasolla VE1b (yläkuva) ja VE2b (alakuva) mallinnettu kesäkauden aikainen meriveden lämpötilan muutos nykytilaan verrattuna vedenlaadun tarkkailupisteen Raum_360 kohdalla.



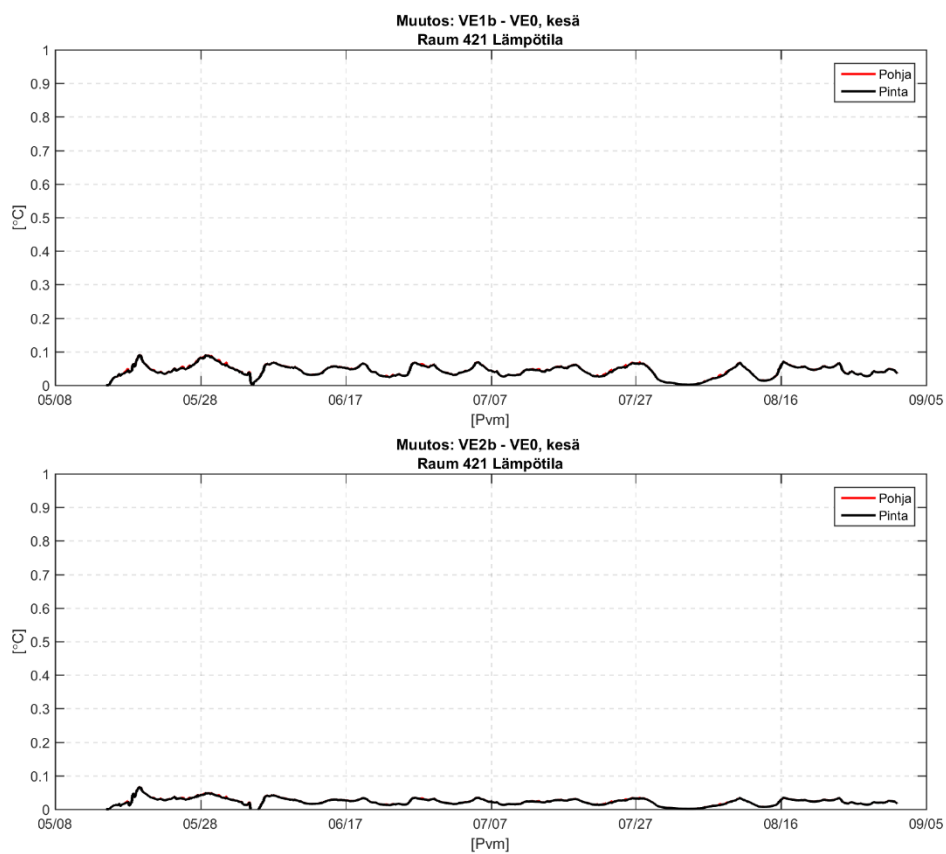
Kuva 8. Kuormitustasolla VE1b (yläkuva) ja VE2b (alakuva) mallinnettu kesäkauden aikainen meriveden lämpötilan muutos nykytilaan verrattuna vedenlaadun tarkkailupisteen Raum_395 kohdalla.



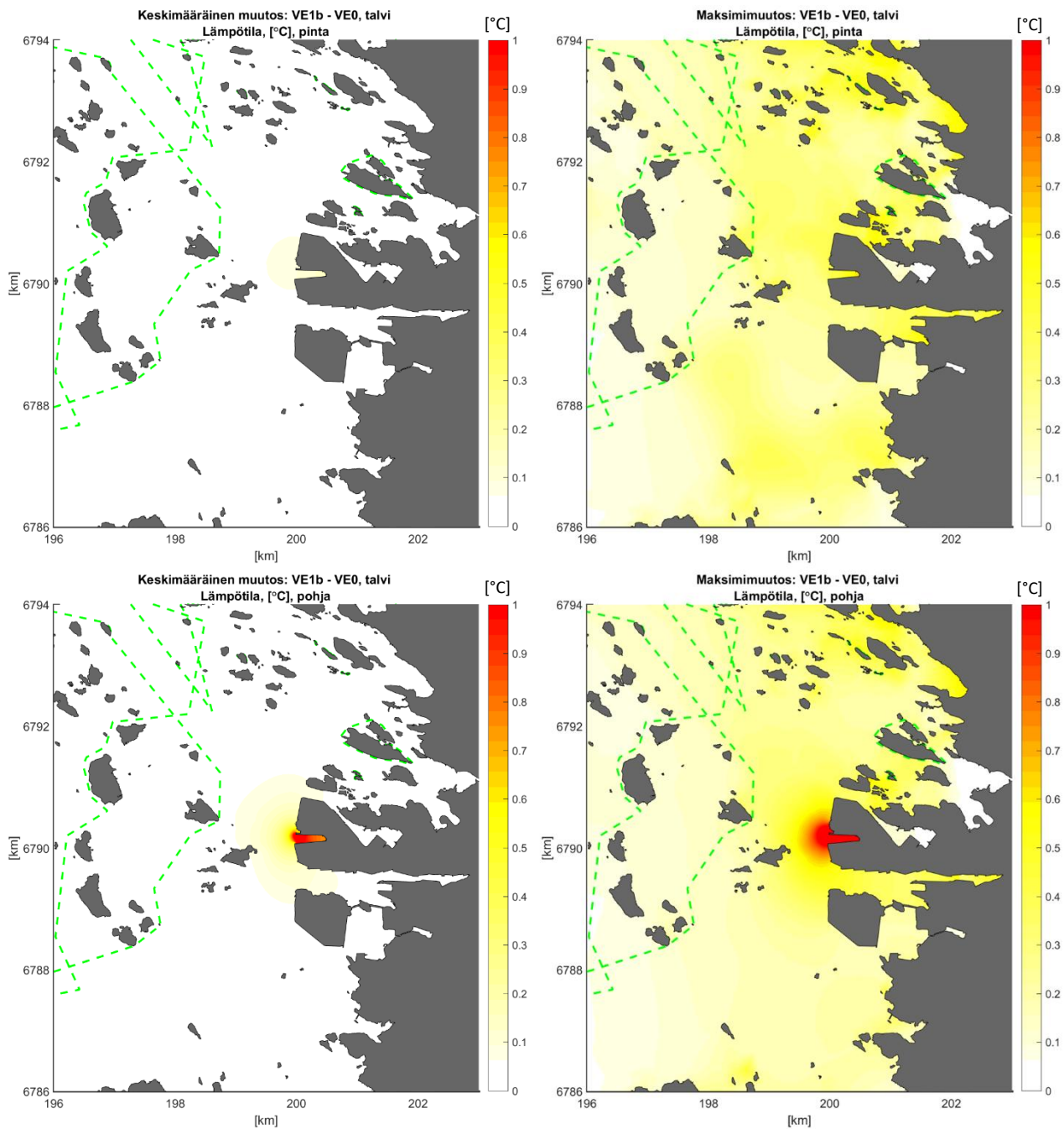
Kuva 9. Kuormitustasolla VE1b (yläkuva) ja VE2b (alakuva) mallinnettu kesäkauden aikainen meriveden lämpötilan muutos nykytilaan verrattuna vedenlaadun tarkkailupisteen Raum_4408 kohdalla.



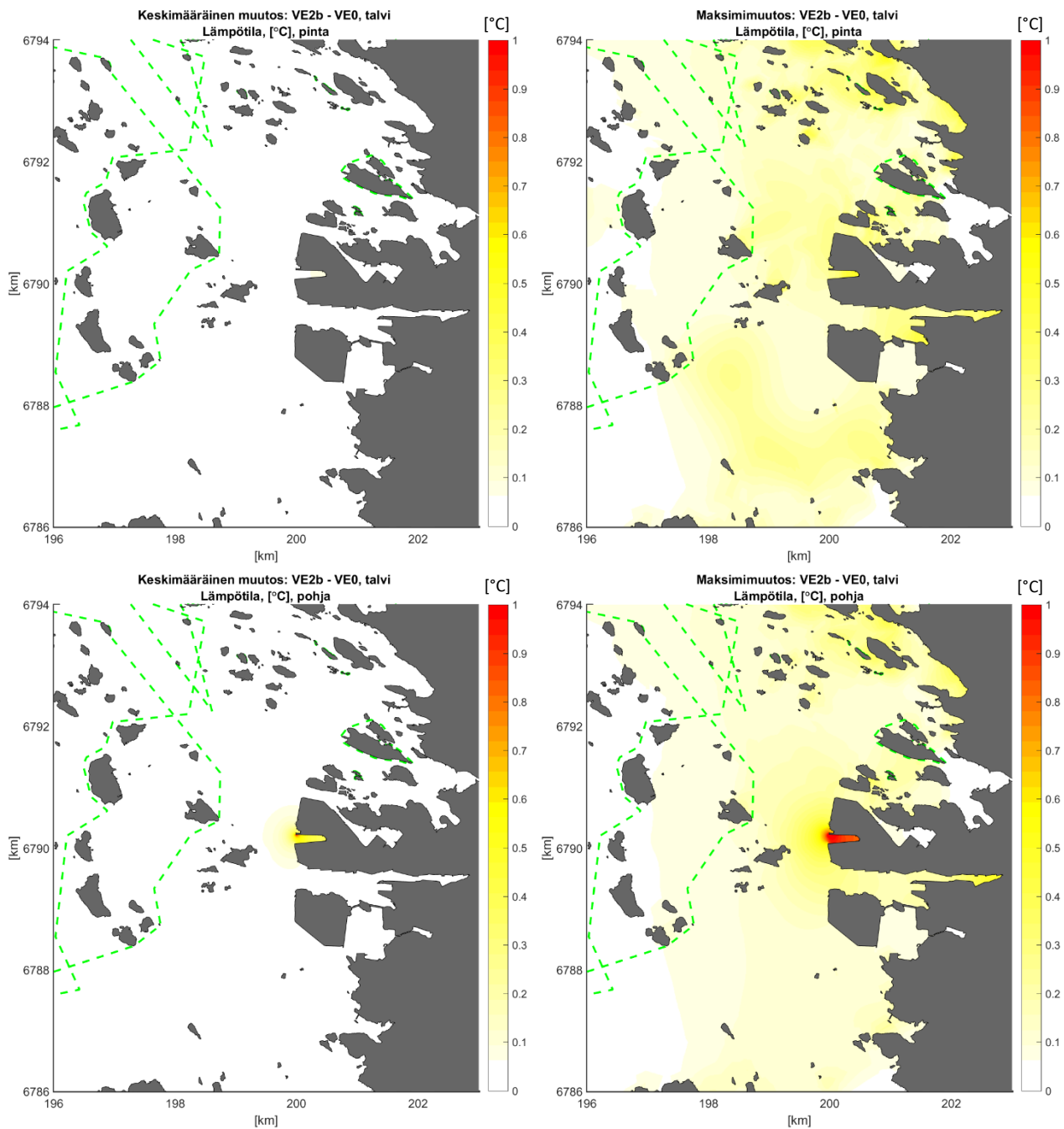
Kuva 10. Kuormitustasolla VE1b (yläkuva) ja VE2b (alakuva) mallinnettu kesäkauden aikainen meriveden lämpötilan muutos nykytilaan verrattuna vedenlaadun tarkkailupisteen Raum_430 kohdalla.



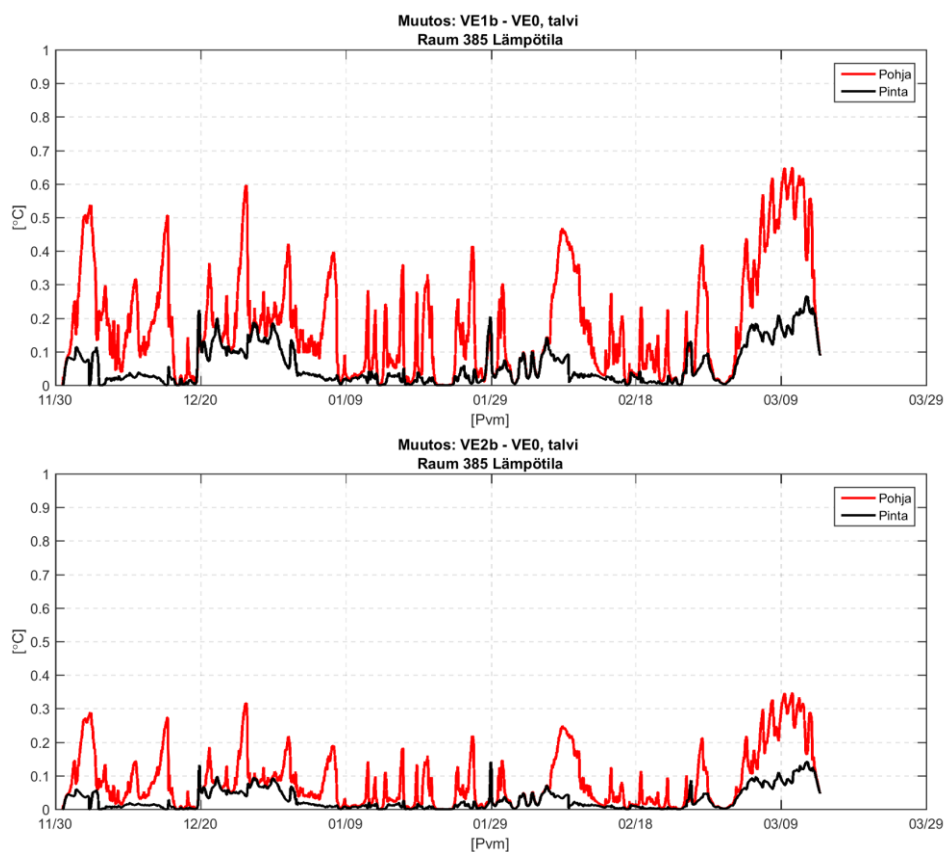
Kuva 11. Kuormitustasolla VE1b (yläkuva) ja VE2b (alakuva) mallinnettu kesäkauden aikainen meriveden lämpötilan muutos nykytilaan verrattuna vedenlaadun tarkkailupisteen Raum_421 kohdalla.



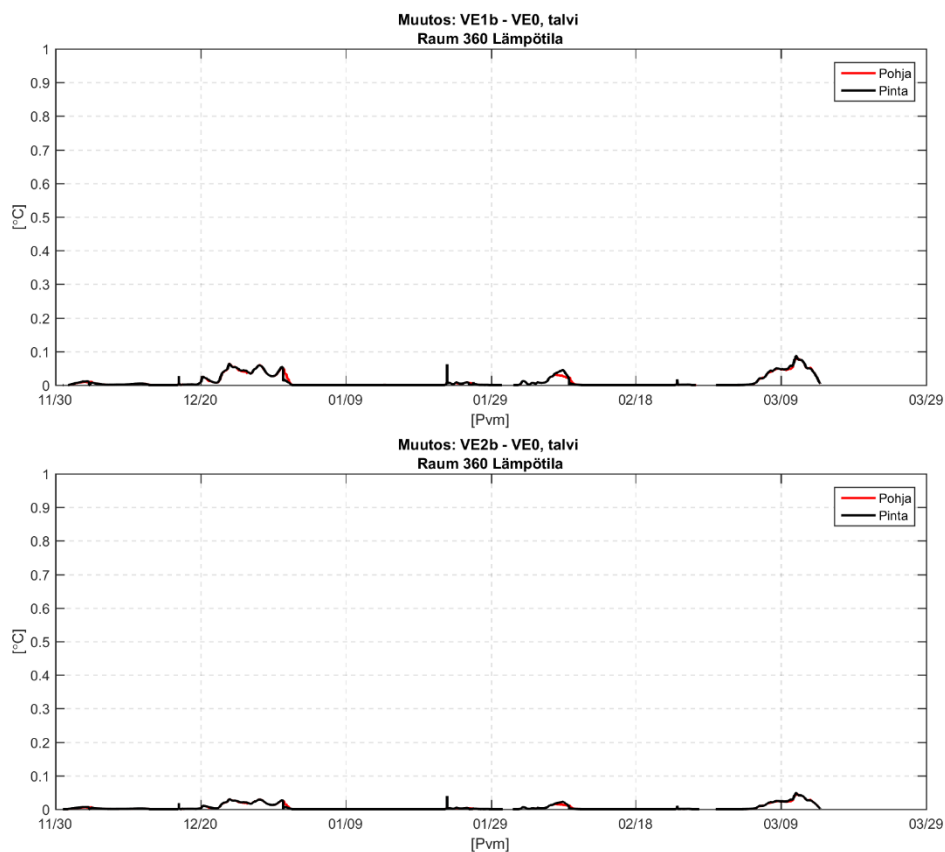
Kuva 12. Mallinnetun talvikauden aikana 15.12.2023-15.3.2024 havaittava keskimääräinen lämpötilan muutos (kuvat vasemmalla) sekä hetkellisesti havaittava suurin lämpötilan muutos (kuvat oikealla) pintakerroksessa (kuvat ylhäällä) ja pohjakerroksessa (kuvat alhaalla) Rauman edustan merialueella kuormitustasolla VE1b.



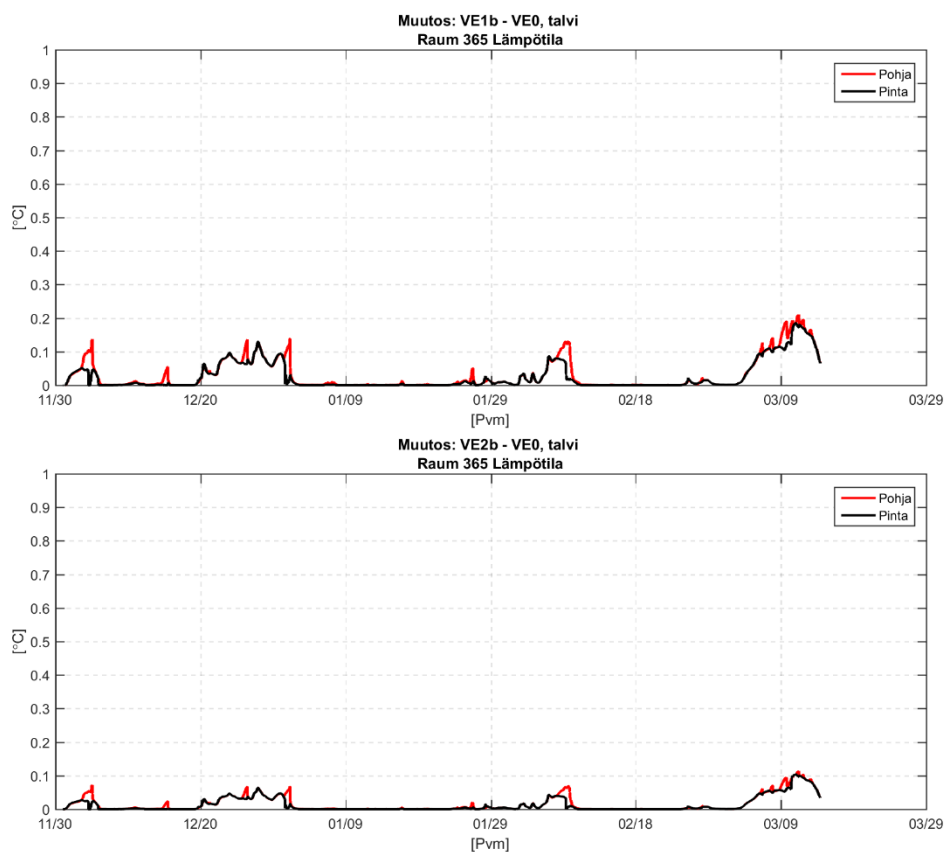
Kuva 13. Mallinnetun talvikauden aikana 15.12.2023-15.3.2024 havaittava keskimääräinen lämpötilan muutos (kuvat vasemmalla) sekä hetkellisesti havaittava suurin lämpötilan muutos (kuvat oikealla) pintakerroksessa (kuvat ylhäällä) ja pohjakerroksessa (kuvat alhaalla) Rauman edustan merialueella kuormitustasolla VE2b.



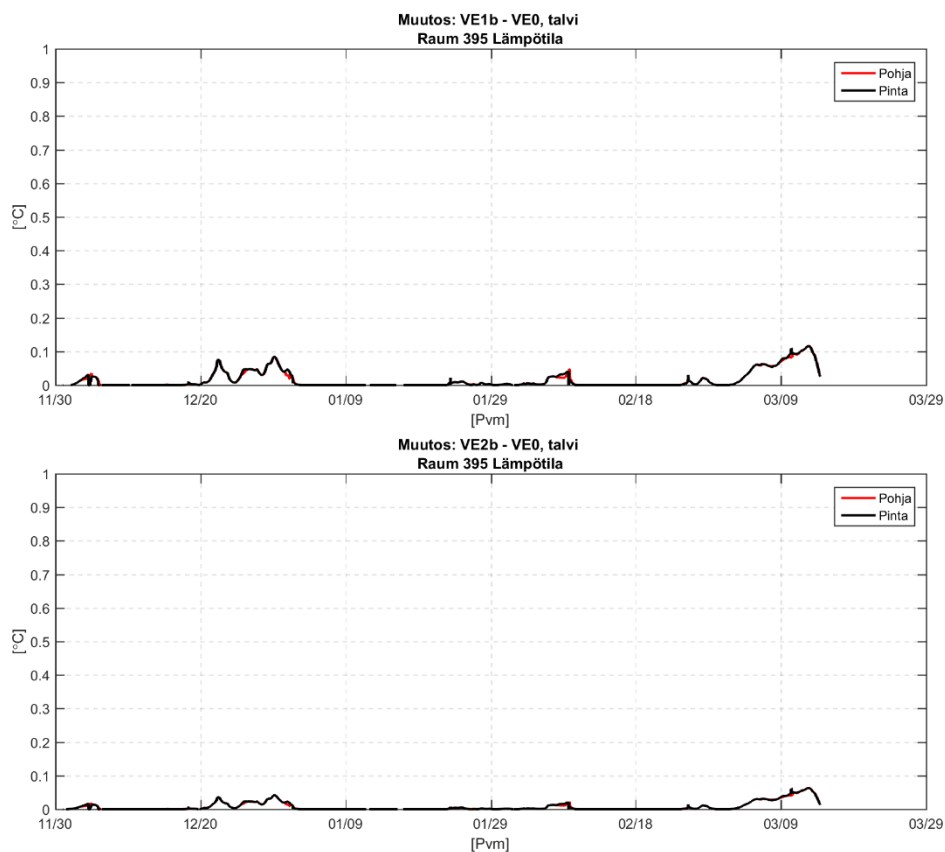
Kuva 14. Kuormitustasolla VE1b (yläkuva) ja VE2b (alakuva) mallinnettu talvikauden aikainen meriveden lämpötilan muutos nykytilaan verrattuna vedenlaadun tarkkailupisteen Raum_385 kohdalla.



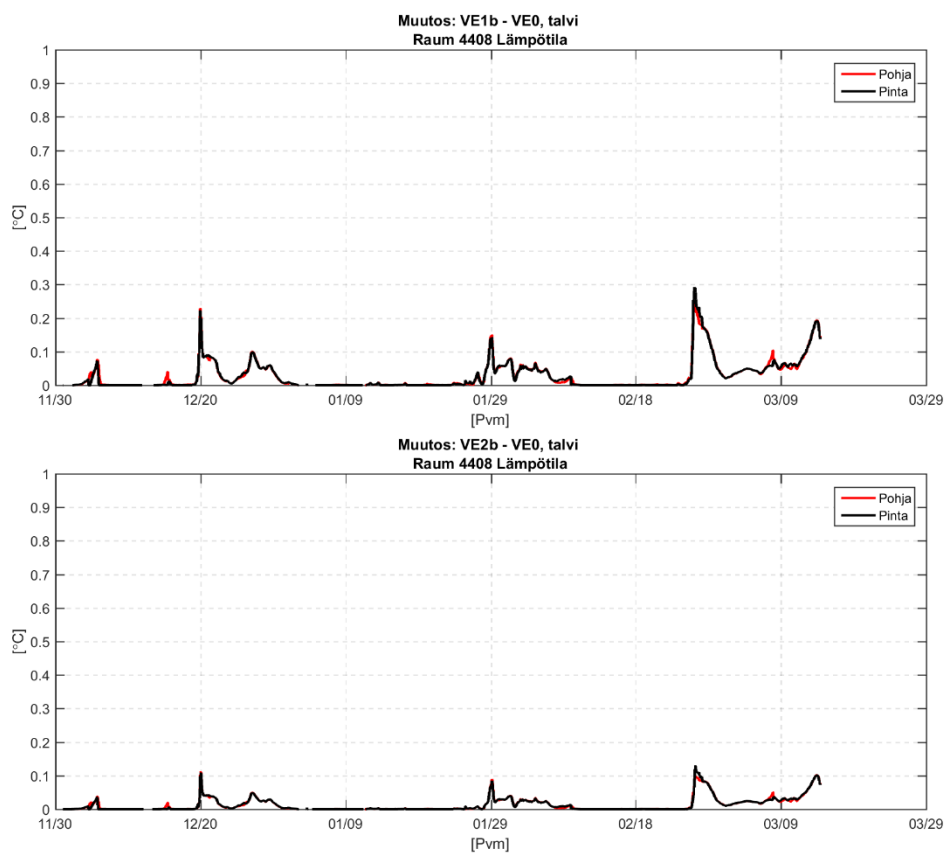
Kuva 15. Kuormitustasolla VE1b (yläkuva) ja VE2b (alakuva) mallinnettu talvikauden aikainen meriveden lämpötilan muutos nykytilaan verrattuna vedenlaadun tarkkailupisteen Raum_360 kohdalla.



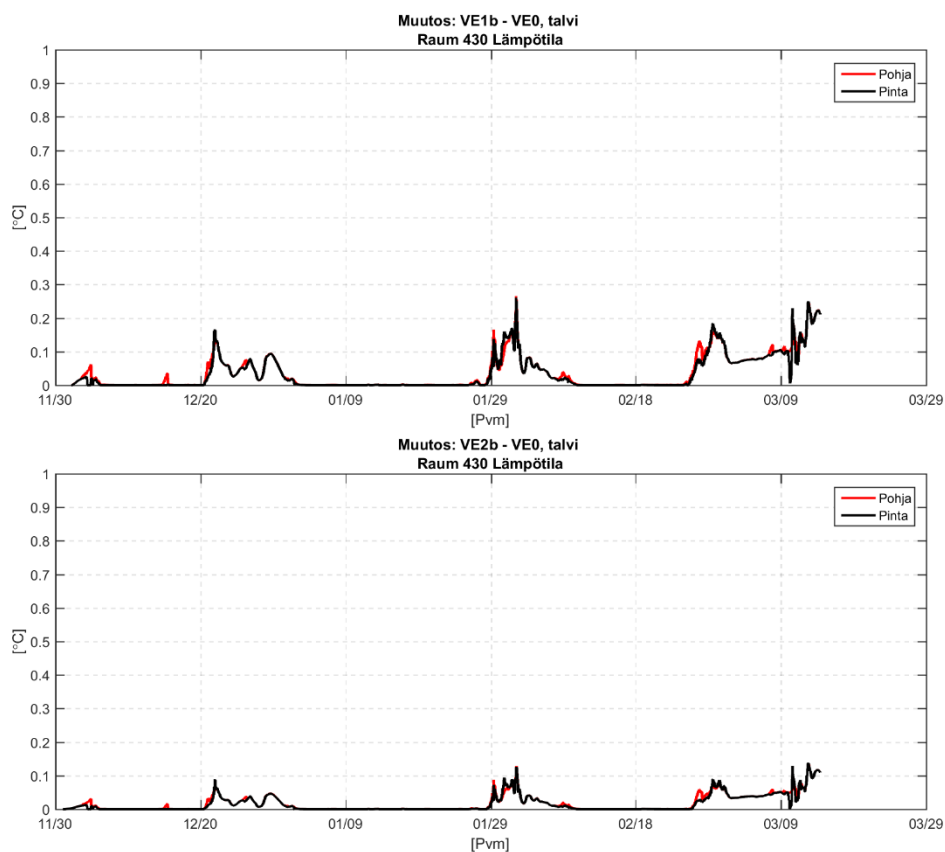
Kuva 16. Kuormitustasolla VE1b (yläkuva) ja VE2b (alakuva) mallinnettu talvikauden aikainen meriveden lämpötilan muutos nykytilaan verrattuna vedenlaadun tarkkailupisteen Raum_365 kohdalla.



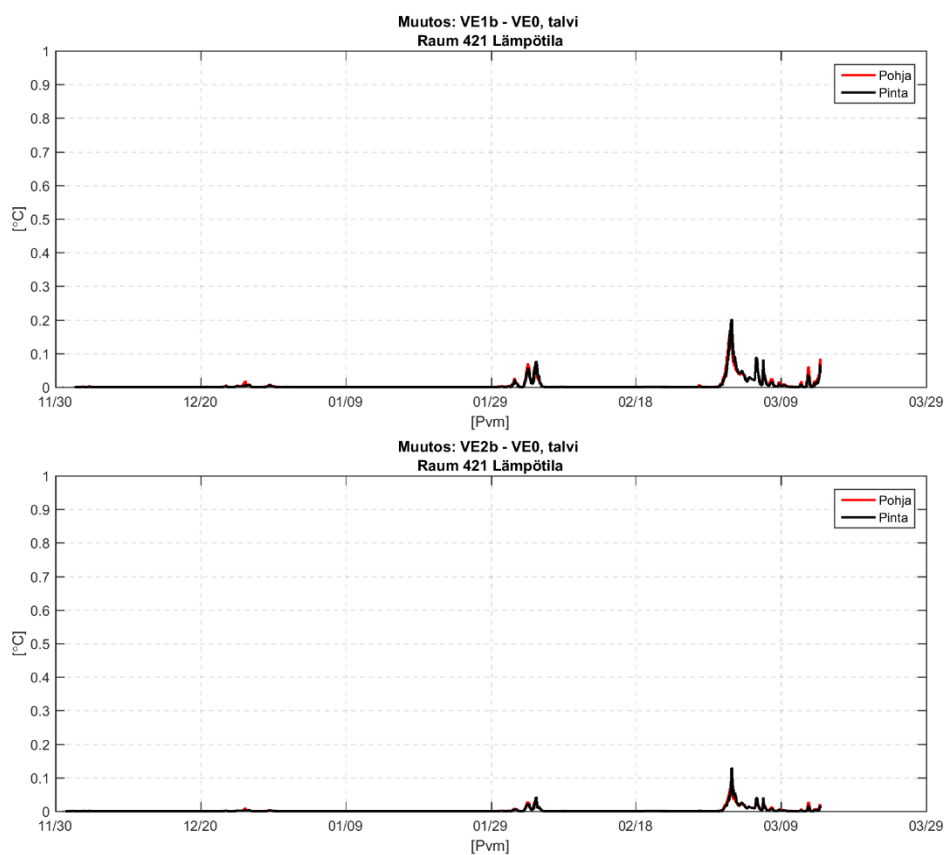
Kuva 17. Kuormitustasolla VE1b (yläkuva) ja VE2b (alakuva) mallinnettu talvikauden aikainen meriveden lämpötilan muutos nykytilaan verrattuna vedenlaadun tarkkailupisteen Raum_395 kohdalla.



Kuva 18. Kuormitustasolla VE1b (yläkuva) ja VE2b (alakuva) mallinnettu talvikauden aikainen meriveden lämpötilan muutos nykytilaan verrattuna vedenlaadun tarkkailupisteen Raum_4408 kohdalla.



Kuva 19. Kuormitustasolla VE1b (yläkuva) ja VE2b (alakuva) mallinnettu talvikauden aikainen meriveden lämpötilan muutos nykytilaan verrattuna vedenlaadun tarkkailupisteen Raum_430 kohdalla.

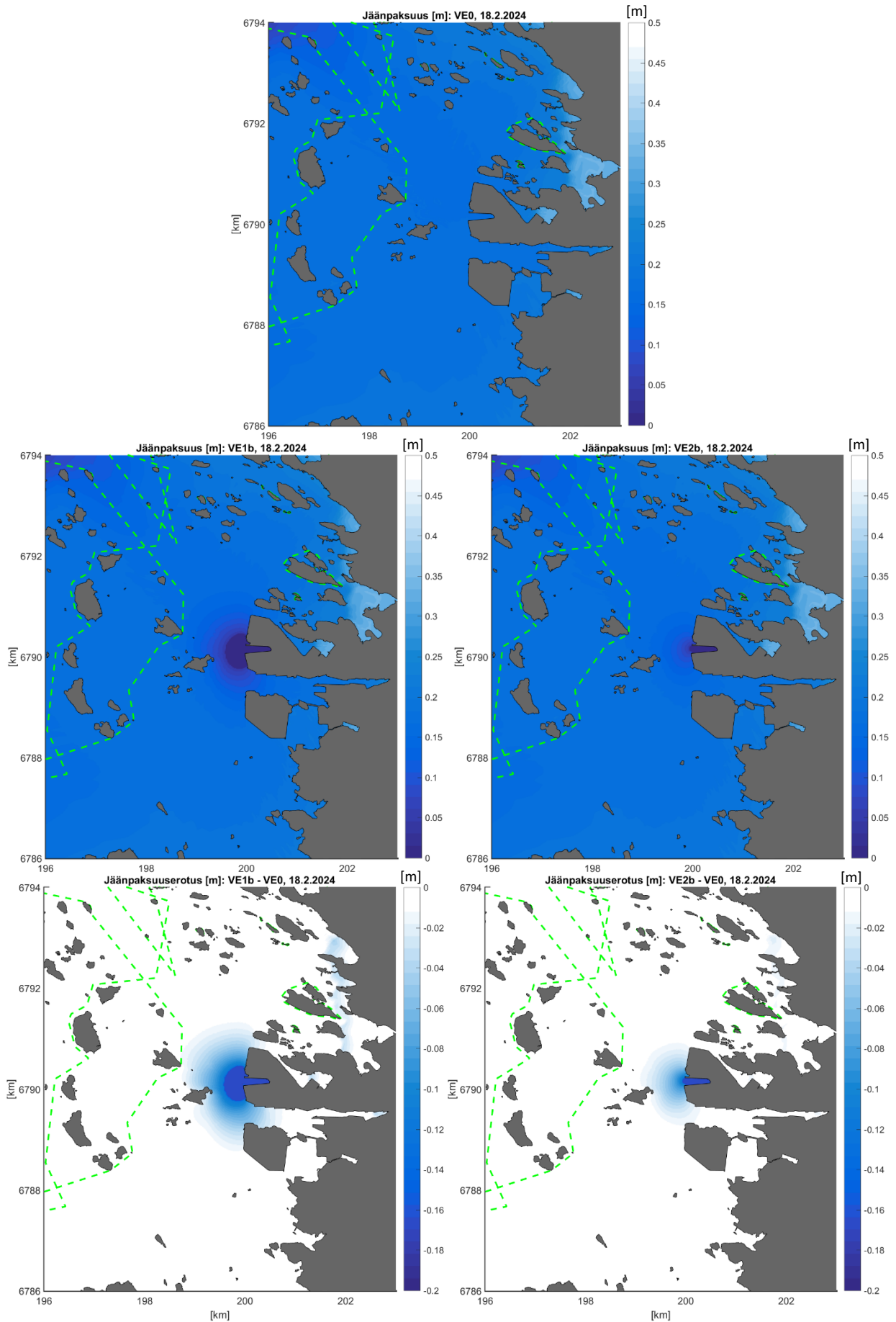


Kuva 20. Kuormitustasolla VE1b (yläkuva) ja VE2b (alakuva) mallinnettu talvikauden aikainen meriveden lämpötilan muutos nykytilaan verrattuna vedenlaadun tarkkailupisteen Raum_421 kohdalla.

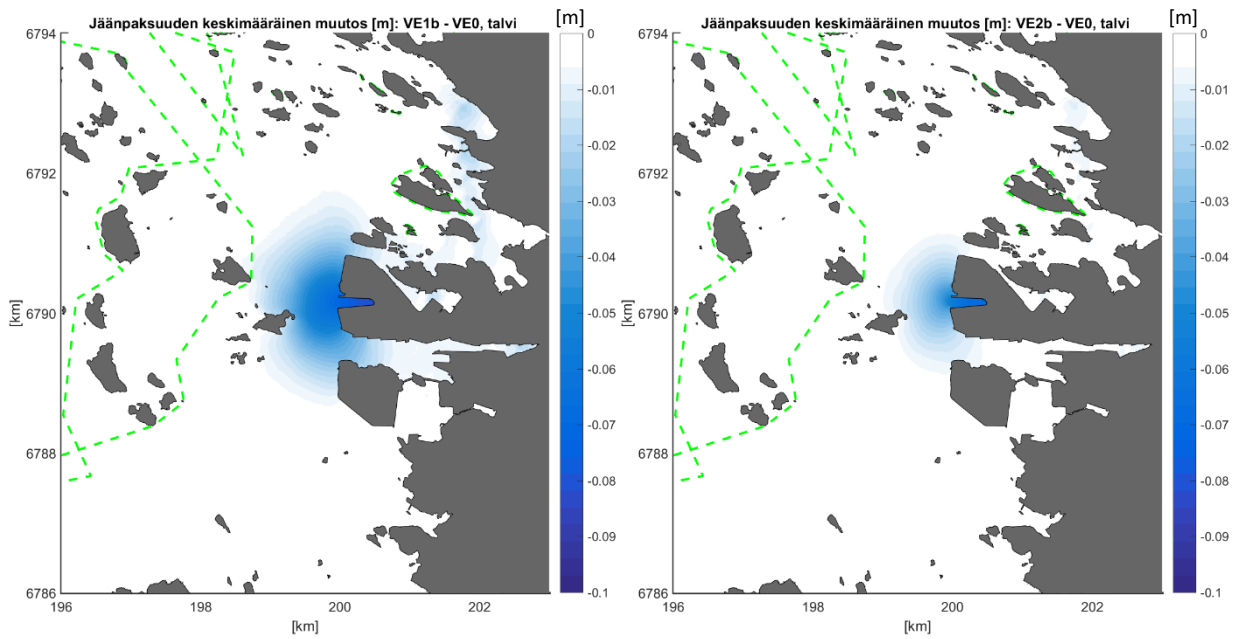
3.3 Jäähdytysveden lämpökuormituksen vaikutus jääpeitteeseen

Edellä raportoitujen lämpötilavaikutuksien tavoin, myös lisäskenaarioissa VE1b ja VE2b mallinnetun lämpökuormituksen vaikutukset jääpeitteeseen olivat käytännössä identtiset aikaisemman mallinnuksen tuloksien kanssa /1. Varsinainen lämpökuormitus kun oli molemmissa mallinuksissa vakio ja vain jäähdytysveden virtaama ja lämpötilannousu muuttui. Jäähdytysveden purkaminen mereen puolet pienemmällä virtaamalla ja kaksinkertaisella lämpötilannousulla ei muuttanut vaikutuksia jääpeitteeseen. Pienempi jäähdytysveden virtaama ei siten supista vaikutusaluetta, vaan lämpökuorma sekoittuu ja leviää purkualueen virtausolosuhteiden mukaan yhtenevästi suuremman jäähdytysvesivirtaaman kanssa. Alla kuvataan lisäskenaarioissa VE1b ja VE2b mallinnetut vaikutukset jääpeitteeseen, jotka perustuvat aikaisemman mallinnuksen tulkintoihin /1.

Jäähdytysveden lämpökuormituksen vaikutukset merialueen jääpeitteen paksuuteen (Kuva 21 ja Kuva 22) näkyvät hieman laajemmalla alueella kuin missä havaittiin pysyviä tason 0,5 °C:n vaikutuksia meriveden lämpötilassa (Kuva 12 ja Kuva 13). Jäähdytysveden kuormitustasolla VE1b havaitaan jääpeitteen ohenevan noin 1,5 km etäisyydellä purkupisteestä (Kuva 21 ja Kuva 22). Kokonaan sulan veden alue rajautuu satama-altaaseen ja sen edustalle, vastaten lämpötilan hetkellisen maksimivaikutuksen voimakkainta aluetta (kuva 12). Jäähdytysveden kuormitustasolla VE2b havaitaan jääpeitteen ohentuvan noin kilometrin etäisyydellä purkupisteestä ja kokonaan sula alue rajautuu satama-altaan alueelle (kuva 21 ja Kuva 22), kuten myös lämpötilan hetkellisesti havaittavat voimakkaimmat maksimivaikutukset (kuva 13).



Kuva 21. Jääpeitteen paksuus nykytilassa VE0 sekä kuormitustasoilla VE1b ja VE2b talvikauden maksimitilanteessa 18.2.2024 (yläkuvat). Vastaavalla hetkellä kuormitustasoilla VE1b ja VE2b havaittava jäänpaksuuden muutos nykytilan tasoon verrattuna (alakuvat).



Kuva 22. Keskimääräinen jääpeitteen paksuudessa havaittava muutos nykytilan tasoon verrattuna kuormitustasoilla VE1b (vasen) ja VE2b (oikea) talvikauden aikana (tammi-maaliskuu).

3.4 Jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden mukana purettavan ainekuormituksen vaikutukset meriveden laatuun

Purettaessa vakiona pysyvä jätevesikuormitus mereen aikaisempaa mallinnusta puolet pienemmän jäähdytysvesivirtaaman kanssa, ovat mallinnettujen vedenlaatuparametrien pitoisuudet (taulukko 1) jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden seoksessa noin kaksi kertaa korkeammat kuin aikaisemmassa mallinnuksessa /1. Kuitenkin lämpötila- ja jäävaikutuksien tavoin, puhdistetun jäteveden kokonaiskuormituksen pysyessä vakiona, vastaavat lisäskenaarioiden VE1b ja VE2b vaikutukset aikaisemman mallinnuksen tuloksia merialueen tarkkailupisteiden kohdilla (kuva 2) havaittavista pitoisuuksien muutoksista. Korkeampana pitoisuutena ja pienemmällä virtaamalla mereen purettava COD-, ravinne-, kiintoaine- ja metallikuormitus sekoittuu purkupisteen edustalla nopeasti ympäröivään meriveteen. Vedenlaadun tarkkailupisteiden kohdilla havaittavat vaikutukset (taulukot 2 ja 3) ovat lähes yhtenevät aikaisemmin raportoitujen tuloksien kanssa /1. Alla kuvataan lisäskenaarioissa VE1b ja VE2b mallinnetut vaikutukset COD-, ravinne-, kiintoaine- ja metallipitoisuuksiin, jotka perustuvat aikaisemman mallinnuksen tulkintoihin /1 päivitettyinä tarkkojen lukuarvojen osalta (taulukot 2 ja 3).

Jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden mukana mereen purettavan COD-, ravinne-, kiintoaine- ja metallikuormituksen mallinnettuja vaikutuksia arvioitiin merialueen tarkkailupisteiden kohdilla (kuva 2) havaittavien pitoisuuksien muutoksien perusteella. Mallin tulokset kuvaavat mereen purettavan jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden osuutta tarkkailupisteiden kohdalla havaittavista vedenlaatuparametrien pitoisuuksista. Tulokset eivät siten kuvaa vesistössä suoraan mitattavissa olevia vedenlaatuparametrien pitoisuuksia, joihin vaikuttaa jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden päästön osuuden lisäksi luonnollinen taustapitoisuus ja alueen muut kuormituslähteet sekä aineiden prosessit merivedessä ja sedimentissä.

Mereen purettavasta jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden kuormituksesta valtaosa koostuu jäähdytysvesivirtaamasta, joka ei lisää mereen päätyvää kuormitusta vaan kierrättää meressä jo olevia ainemääriä lähellä pintakerrosta sijaitsevasta ottopisteestä pohjakerroksen purkupisteeseen. Jäähdytysvesivirtaamaan sekoitettava puhdistettu jätevesi kuitenkin lisää mereen päätyvää kuormitusta. Jätevesivirtaama sekoittuu ennen mereen purkua selvästi suurempaan jäähdytysvesivirtaamaan. Kuormitustasolla VE1b ja VE2b jäähdytysvesivirtaama on noin 30 kertainen jätevesivirtaamaan verrattuna. Jätevesikuormitus laimentuu siten tehokkaasti ja pitoisuudet mereen purettavassa jäähdytysvesi-jätevesiseoksessa ovat matalia (taulukko 1). Tämän johdosta, sekä purkupisteen sijaitessa tehokkaan vedenvaihdon salmivirtauspaikassa, jäävät jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden kuormituksen vaikutukset meriveden laatuun heikoiksi (taulukot 2 ja 3).

Kemiallinen hapenkulutus, COD

Mereen purettava jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden kuormitus ei aiheuta mitattavissa olevaa COD-arvojen lisäystä merialueella. Huomioiden mitattavissa olevan COD-arvon määrittystarkkuuden 0,1 mg/l, jäävät jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden kuormituksen keskimääräiset vaikutuksen merialueen tarkkailupisteillä alle määritysrajan kaikkialla lukuun ottamatta purkupistettä lähintä tarkkailupistettä Raum_385. Sielläkin havaitaan vain juuri mittauksien tarkkuuden 0,1 mg/l verran kohonneita keskimääräisiä pitoisuuksia kuormitustasolla VE1b ja matalammalla kuormitustasolla VE2b tämäkin heikko vaikutus rajautuu vain pohjakerrokseen. Hetkellisesti havaittavat maksimivaikutukset purkupistettä lähimmällä tarkkailupisteellä Raum_385 ovat suurimmillaan 0,3 mg/l kuormitustasolla VE1b ja 0,2 mg/l kuormitustasolla VE2b. Muualla

hetkellisesti havaittavat maksimivaikutukset jäävät tasolle 0,1 mg/l kuormitustasolla VE1b ja kuormitustasolla VE2b heikkoa hetkellistä maksimivaikutusta havaitaan vain pääasiallisen pohjoisen suuntautuvan kulkeutumis suunnan tarkkailupisteessä Raum_430. (taulukot 2 ja 3)

Kokonaistyyppi, Kok-N

Mallinnuksen perusteella jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden kuormituksen mukana kulkeutuvalla kokonaistypellä ei ole mitattavissa olevaa vaikutusta meriveden typpipitoisuuksiin tarkkailupisteiden kohdalla. Mallinnettu typpipitoisuuden lisäys jää merivedessä kaikkialla reilusti alle mitattavissa olevan määritystarkkuuden 10 µg/l. Heikoiksi jäävät vaikutukset näkyvät lähinnä pohjakerroksessa, jossa vaikutukset ovat korkeimmat Raum_385 tarkkailupisteellä, joskin sielläkin vain heikot. Hetkellisenä esiintyvät maksimivaikutukset ovat kuormitustasolla VE1b kesäkaudella 1 µg/l ja talvikaudella 2 µg/l. Kuormitustasolla VE2b vastaavat maksimivaikutukset ovat kesä- ja talvikausilla tasolla 1 µg/l. (taulukot 2 ja 3)

Kokonaisfosfori, Kok-P

Mallinnuksen perusteella jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden mukana kulkeutuva kokonaisfosfori ei aiheuta merialueella mitattavissa olevia vaikutuksia kummallakaan mallinnetulla kuormitustasolla. Kokonaisfosforin lisäys jää kaikkien tarkkailupisteiden kohdalla selvästi alle mitattavissa olevan määritystarkkuuden 2 µg/l. Vaikutukset näkyvät hyvin heikkoina vain pohjakerroksessa. Suurimmillaankin hetkellisenä esiintyvät maksimivaikutukset jäävät kertaluokkaa mittaustarkkuutta matalammiksi tasolle 0,3 µg/l purkupistettä lähimmällä tarkkailupisteeseen Raum_385 kohdalla. (taulukot 2 ja 3)

Kiintoainepitoisuus

Mallinnuksen perusteella jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden mukana mereen purettavalla kiintoainekuormituksella ei ole vaikutusta meriveden kiintoainepitoisuuksiin. Mallinnetut vaikutukset meriveden kiintoainepitoisuuteen jäävät kaikissa tarkkailupisteissä ja syvyyksissä tasolle 0,0 mg/l niin suuremmalla kuormitustasolla VE1b kuin myös pienemmällä kuormitustasolla VE2b. (taulukot 2 ja 3)

Kromi (Cr) ja kupari (Cu)

Jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden kuormituksen kromi- ja kuparipitoisuus ennen mereen purkamista on molempien metallien osalta noin kertaluokkaa suurempi kuin määritystarkkuus 0,01 µg/l (taulukko 1). Mallinnettu jäähdytysvesikuormituksen mukana merialueelle leviävän kromi- ja kuparikuormituksen keskimääräinen vaikutus jää kuitenkin kaikilla merialueen tarkkailupisteillä alle mitattavissa olevan määritystarkkuuden 0,01 µg/l kuormituksen sekoittuessa tehokkaasti ympäröivään meriveteen. Suurimmillaan heikoksi jäävä hetkellisesti havaittava kromipitoisuuden lisäys on purkupistettä lähimmällä tarkkailupisteellä Raum_385 pohjakerroksessa 0,008 µg/l kuormitustasolla VE1b ja 0,004 µg/l kuormitustasolla VE2b. Kuparin osalta vastaava suurin hetkellinen pitoisuuden lisäys on 0,012 µg/l kuormitustasolla VE1b ja 0,007 µg/l kuormitustasolla VE2b. (taulukot 2 ja 3)

Nikkeli (Ni)

Nikkelipitoisuus on mereen purettavassa kuormituksessa (taulukko 1) selvästi mittaustarkkuutta 0,01 µg/l korkeampi, mutta merialueen tarkkailupisteillä keskimääräiset vaikutukset jäävät mittaustarkkuutta matalammiksi. Suurimmillaan hetkellinen maksimivaikutus on kuitenkin mitattavissa purkupistettä lähimmän tarkkailupisteeseen Raum_385 pohjakerroksessa. Kuormitustasolla VE1b maksimivaikutus on kesäkaudella 0,012 µg/l ja talvikaudella 0,026 µg/l. Kuormitustasolla VE2b maksimivaikutus on kesäkaudella 0,007 µg/l ja talvikaudella 0,014 µg/l. Myös

kuormituksen pääasiallisen pohjoiseen työntyvän leviämissuunnan alueella tarkkailupisteen Raum_430 kohdalla hetkelliset maksimivaikutukset ovat mittaustarkkuuden 0,01 µg/l tasolla. (taulukot 2 ja 3)

Sinkki (Zn)

Jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden mukana mereen purettava sinkkipitoisuus on mallinnetuista metalleista korkein ja selvästi mittaustarkkuutta 0,01 µg/l korkeampi (taulukko 1). Jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden sinkkikuormituksen vaikutukset näkyvätkin merialueen tarkkailupisteillä sekä pinta- että pohjakerroksessa. Vaikutus on luonnollisesti suurin purkualueella (Raum_385), mutta määritystarkkuuden ylityksiä esiintyy myös kauempana pääasiallisen pohjoiseen työntyvän leviämissuunnan alueella (Raum_4408, Raum_430 ja Raum_421). Suurimmillaan sinkkipitoisuuden mallinnettu lisäys purkualueen edustan tarkkailupisteen Raum_385 pisteen pohjakerroksessa on talvikaudella 0,047 µg/l kuormitustasolla VE1b ja noin puolet pienempi 0,027 µg/l kuormitustasolla VE2b (taulukot 2 ja 3). Kesäkaudella havaittavat vaikutukset ovat yleisesti hieman matalampia kuin talvikaudella havaittavat vaikutukset. (taulukot 2 ja 3)

Taulukko 2. Kesäkaudella mallinnettu jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden kuormituksen aiheuttama keskimääräinen ja maksimimuutos vedenlaadussa pinta- ja pohjakerroksissa vedenlaadun tarkkailupisteiden kohdilla (kuva 6).

	VE1b pinta		VE1b pohja		VE2b pinta		VE2b pohja	
Raum_385	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi
Lämpötila	0,07	0,21	0,11	0,35	0,04	0,14	0,06	0,29 °C
COD	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1 mg/l
kiintoaine	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 mg/l
Kok-N	0,4	1,0	0,5	1,2	0,2	0,5	0,3	0,7 µg/l
Kok-P	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1 µg/l
Cr	0,001	0,003	0,001	0,004	0,001	0,002	0,001	0,002 µg/l
Cu	0,002	0,005	0,002	0,006	0,001	0,003	0,001	0,003 µg/l
Ni	0,004	0,011	0,005	0,012	0,002	0,005	0,003	0,007 µg/l
Zn	0,008	0,019	0,009	0,023	0,004	0,010	0,005	0,013 µg/l
Raum_365	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi
Lämpötila	0,03	0,11	0,03	0,13	0,02	0,06	0,02	0,09 °C
COD	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0 mg/l
kiintoaine	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 mg/l
Kok-N	0,2	0,6	0,2	0,7	0,1	0,3	0,1	0,4 µg/l
Kok-P	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0 µg/l
Cr	0,001	0,002	0,001	0,002	0,000	0,001	0,000	0,001 µg/l
Cu	0,001	0,003	0,001	0,003	0,001	0,002	0,001	0,002 µg/l
Ni	0,002	0,007	0,002	0,007	0,001	0,003	0,001	0,004 µg/l
Zn	0,004	0,012	0,004	0,013	0,002	0,007	0,002	0,008 µg/l
Raum_360	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi
Lämpötila	0,01	0,06	0,01	0,05	0,01	0,03	0,00	0,03 °C
COD	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 mg/l
kiintoaine	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 mg/l
Kok-N	0,1	0,5	0,1	0,4	0,1	0,2	0,1	0,2 µg/l
Kok-P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 µg/l
Cr	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001 µg/l
Cu	0,001	0,002	0,000	0,002	0,000	0,001	0,000	0,001 µg/l
Ni	0,001	0,005	0,001	0,005	0,001	0,002	0,001	0,002 µg/l
Zn	0,002	0,009	0,002	0,008	0,001	0,005	0,001	0,005 µg/l
Raum_395	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi
Lämpötila	0,02	0,09	0,02	0,13	0,01	0,06	0,01	0,11 °C
COD	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 mg/l
kiintoaine	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 mg/l
Kok-N	0,1	0,5	0,1	0,4	0,1	0,2	0,1	0,2 µg/l
Kok-P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 µg/l
Cr	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001 µg/l
Cu	0,001	0,002	0,001	0,002	0,000	0,001	0,000	0,001 µg/l
Ni	0,001	0,005	0,001	0,005	0,001	0,002	0,001	0,002 µg/l
Zn	0,003	0,009	0,003	0,008	0,001	0,005	0,001	0,005 µg/l
Raum_4408	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi
Lämpötila	0,06	0,14	0,06	0,20	0,03	0,11	0,03	0,15 °C
COD	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1 mg/l
kiintoaine	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 mg/l
Kok-N	0,3	0,7	0,3	0,8	0,2	0,4	0,2	0,4 µg/l
Kok-P	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0 µg/l
Cr	0,001	0,002	0,001	0,003	0,001	0,001	0,001	0,001 µg/l
Cu	0,002	0,004	0,002	0,004	0,001	0,002	0,001	0,002 µg/l
Ni	0,003	0,008	0,003	0,008	0,002	0,004	0,002	0,004 µg/l
Zn	0,006	0,014	0,006	0,016	0,003	0,008	0,003	0,009 µg/l
Raum_430	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi
Lämpötila	0,07	0,16	0,07	0,16	0,04	0,12	0,04	0,14 °C
COD	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0 mg/l
kiintoaine	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 mg/l
Kok-N	0,4	0,8	0,4	0,8	0,2	0,4	0,2	0,4 µg/l
Kok-P	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0 µg/l
Cr	0,001	0,003	0,001	0,003	0,001	0,001	0,001	0,001 µg/l
Cu	0,002	0,004	0,002	0,004	0,001	0,002	0,001	0,002 µg/l
Ni	0,005	0,009	0,005	0,009	0,002	0,004	0,002	0,004 µg/l
Zn	0,008	0,016	0,008	0,016	0,005	0,008	0,005	0,008 µg/l
Raum_421	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi
Lämpötila	0,04	0,09	0,04	0,09	0,02	0,07	0,02	0,07 °C
COD	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0 mg/l
kiintoaine	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 mg/l
Kok-N	0,4	0,7	0,4	0,7	0,2	0,4	0,2	0,4 µg/l
Kok-P	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0 µg/l
Cr	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001 µg/l
Cu	0,002	0,004	0,002	0,004	0,001	0,002	0,001	0,002 µg/l
Ni	0,005	0,008	0,005	0,008	0,002	0,004	0,002	0,004 µg/l
Zn	0,009	0,014	0,009	0,014	0,005	0,008	0,005	0,008 µg/l

Taulukko 3. Talvikaudella mallinnettu jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden kuormituksen aiheuttama keskimääräinen ja maksimimuutos vedenlaadussa pinta- ja pohjakerroksissa vedenlaadun tarkkailupisteiden kohdilla (kuva 6).

	VE1b pinta		VE1b pohja		VE2b pinta		VE2b pohja	
Raum_385	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi
Lämpötila	0,06	0,27	0,18	0,65	0,03	0,14	0,08	0,35 °C
COD	0,1	0,1	0,1	0,3	0,0	0,1	0,1	0,2 mg/l
kiintoaine	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 mg/l
Kok-N	0,5	1,0	0,9	2,4	0,3	0,5	0,4	1,3 µg/l
Kok-P	0,0	0,1	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1 µg/l
Cr	0,002	0,003	0,003	0,008	0,001	0,002	0,001	0,004 µg/l
Cu	0,002	0,005	0,004	0,012	0,001	0,003	0,002	0,007 µg/l
Ni	0,005	0,010	0,009	0,026	0,003	0,005	0,005	0,014 µg/l
Zn	0,009	0,019	0,017	0,047	0,005	0,010	0,009	0,027 µg/l
Raum_365	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi
Lämpötila	0,03	0,19	0,03	0,21	0,01	0,10	0,01	0,11 °C
COD	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0 mg/l
kiintoaine	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 mg/l
Kok-N	0,3	0,6	0,3	0,7	0,2	0,3	0,2	0,4 µg/l
Kok-P	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0 µg/l
Cr	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001 µg/l
Cu	0,002	0,003	0,002	0,004	0,001	0,002	0,001	0,002 µg/l
Ni	0,003	0,007	0,003	0,008	0,002	0,004	0,002	0,004 µg/l
Zn	0,006	0,013	0,006	0,014	0,003	0,007	0,003	0,008 µg/l
Raum_360	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi
Lämpötila	0,01	0,09	0,01	0,08	0,00	0,05	0,00	0,04 °C
COD	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0 mg/l
kiintoaine	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 mg/l
Kok-N	0,2	0,5	0,2	0,5	0,1	0,2	0,1	0,2 µg/l
Kok-P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 µg/l
Cr	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001 µg/l
Cu	0,001	0,002	0,001	0,002	0,000	0,001	0,000	0,001 µg/l
Ni	0,002	0,005	0,002	0,005	0,001	0,003	0,001	0,002 µg/l
Zn	0,003	0,009	0,003	0,009	0,002	0,005	0,002	0,005 µg/l
Raum_395	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi
Lämpötila	0,01	0,12	0,01	0,12	0,01	0,06	0,01	0,06 °C
COD	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0 mg/l
kiintoaine	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 mg/l
Kok-N	0,2	0,5	0,2	0,5	0,1	0,3	0,1	0,3 µg/l
Kok-P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 µg/l
Cr	0,001	0,002	0,001	0,002	0,000	0,001	0,000	0,001 µg/l
Cu	0,001	0,002	0,001	0,002	0,000	0,001	0,000	0,001 µg/l
Ni	0,002	0,005	0,002	0,005	0,001	0,003	0,001	0,003 µg/l
Zn	0,004	0,009	0,004	0,009	0,002	0,005	0,002	0,005 µg/l
Raum_4408	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi
Lämpötila	0,03	0,29	0,03	0,25	0,01	0,13	0,01	0,11 °C
COD	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0 mg/l
kiintoaine	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 mg/l
Kok-N	0,3	0,8	0,3	0,8	0,1	0,4	0,1	0,4 µg/l
Kok-P	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0 µg/l
Cr	0,001	0,002	0,001	0,002	0,000	0,001	0,000	0,001 µg/l
Cu	0,001	0,004	0,001	0,004	0,001	0,002	0,001	0,002 µg/l
Ni	0,003	0,008	0,003	0,008	0,001	0,004	0,001	0,004 µg/l
Zn	0,005	0,015	0,005	0,015	0,003	0,008	0,003	0,008 µg/l
Raum_430	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi
Lämpötila	0,03	0,26	0,03	0,27	0,02	0,14	0,02	0,14 °C
COD	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1 mg/l
kiintoaine	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 mg/l
Kok-N	0,4	0,9	0,4	0,9	0,2	0,5	0,2	0,5 µg/l
Kok-P	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0 µg/l
Cr	0,001	0,003	0,001	0,003	0,001	0,002	0,001	0,002 µg/l
Cu	0,002	0,005	0,002	0,005	0,001	0,002	0,001	0,002 µg/l
Ni	0,004	0,010	0,004	0,010	0,002	0,005	0,002	0,005 µg/l
Zn	0,007	0,018	0,007	0,018	0,004	0,009	0,004	0,009 µg/l
Raum_421	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi
Lämpötila	0,00	0,20	0,00	0,18	0,00	0,13	0,00	0,10 °C
COD	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0 mg/l
kiintoaine	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 mg/l
Kok-N	0,4	0,7	0,4	0,7	0,2	0,4	0,2	0,4 µg/l
Kok-P	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0 µg/l
Cr	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001 µg/l
Cu	0,002	0,004	0,002	0,004	0,001	0,002	0,001	0,002 µg/l
Ni	0,004	0,008	0,004	0,008	0,002	0,004	0,002	0,004 µg/l
Zn	0,007	0,014	0,007	0,014	0,004	0,008	0,004	0,008 µg/l

4 Johtopäätökset

Lisäskenaariona mallinnetuissa vaihtoehtoisissa VE1b ja VE2b mereen purettavan lämpökuormituksen ja puhdistetun jäteveden kuormituksen määrä vastasi aikaisemmin mallinnettujen skenaarioiden VE1a ja VE2a kokonaismäärää. Vaihtoehtoisissa VE1b ja VE2b jäähdytysvesivirtaama oli kuitenkin puolet pienempi ja tämän johdosta vastaavasti jäähdytysveden lämpötilan nousu oli kaksinkertainen sekä mallinnettujen vedenlaatuparametrien pitoisuudet noin kaksinkertaisia verrattuna aikaisemmin mallinnettuihin skenaarioihin VE1a ja VE2a. Lisäskenaarioissa vakiona pysynyt kuormitus purettiin mereen aikaisempaa korkeampana lämpötilana ja pitoisuuksina, mutta pienemmällä virtaamalla.

Purkupisteen sijainti tehokkaan vedenvaihdon salmivirtauspaikassa satama-altaan suulla mahdollistaa aikaisempaa mallinnusta korkeampana lämpötilana ja pitoisuuksina puretun kuormituksen nopean sekoittumisen purkupisteen edustalla ympäröivään meriveteen. Pienempi jäähdytysveden virtaama ei siten supistanut vaikutusaluetta, vaan kuormitus sekoittui ja levisi purkualueen virtausolosuhteiden mukana yhtenevästi aikaisemmin mallinnetun suuremman jäähdytysvesivirtaaman kanssa. Lisäskenaarioina mallinnettujen jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden skenaarioiden VE1b ja VE2b tulokset vaikutuksista meriveden lämpötilaan, jääpeitteeseen sekä vedenlaatuparametrien pitoisuuksiin ovat siten lähes identtiset aikaisemman mallinnuksen skenaarioiden VE1a ja VE2a tuloksien kanssa. Näin ollen alla esitettävät aikaisemman mallinnuksen johtopäätökset pätevät myös lisäskenaarioiden tuloksiin.

Jäähdytysveden lämpökuorman vaikutukset Rauman edustan meriveden lämpötilaan jäävät kokonaisuutena vähäisiksi purkupisteen välitöntä ympäristöä lukuun ottamatta. Pysyvien, voimakkuudeltaan 0,1 °C:n vähäisten vaikutusten alue rajautuu 2,5 km etäisyydelle purkupisteestä kuormitustasolla VE1b pääasiallisen leviämissuunnan ollessa pohjoinen. Kuormitustasolla VE2b vähäiset pysyvät vaikutukset rajautuvat 1 km etäisyydelle purkupisteestä. Hetkellisenä esiintyvät maksimivaikutukset ovat kuitenkin suurempia, mutta nekin jäävät pääosin alle 1 °C:n ja rajautuvat purkualueen edustalle alle 1 km etäisyydelle purkupisteestä. Talvikaudella jäähdytysveden lämpökuormituksen vaikutukset jäävät kesäkautta suppeammalle alueelle johtuen kesäkautta voimakkaammasta lämpövuosta vedestä ilmaa. Purkupisteen lähialueilla vaikutukset ovat kuitenkin talvikaudella kesäkautta voimakkaammat.

Jäähdytysveden lämpökuormituksen vaikutukset merialueen jääpeitteen paksuuteen näkyvät jääpeitteen ohentumisena noin 1,5 km etäisyydellä purkupisteestä kuormitustasolla VE1b ja noin kilometrin etäisyydellä purkupisteestä kuormitustasolla VE2b. Kokonaan sulan veden alue rajautuu molemmilla kuormituksilla satama-altaaseen ja kuormitustasolla VE1b myös satama-altaan edustalle. Satama-allas on tosin nykytilassakin pääosin jäätön sataman alusliikenteen johdosta. Altaaseen purettavalla lämpökuormituksella on positiivinen vaikutus sataman jäänmurtoa ajatellen.

Lämpökuorman vaikutuksien tavoin myös jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden mukana mereen purettavan ainekuormituksen (COD, kiintoaine, Kok-N, Kok-P, Cr, Cu, Ni ja Zn) mallinnetut vaikutukset jäävät vähäisiksi. Ravinteiden ja kiintoaineen osalta mallinnetut vaikutukset jäävät kaikkien vedenlaadun tarkkailupisteiden kohdilla mittaustarkkuuden ulkopuolelle. Myös kromin ja kuparin osalta vaikutukset jäävät mittaustarkkuuden ulkopuolelle. Jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden kuormituksen mukana mereen purettavista aineista vain sinkillä, nikkelillä ja kemiallisella

hapenkulutuksella havaittiin olevan mitattavissa olevia vähäisiä vaikutuksia myös purkualueen edustan ulkopuolella pääasiallisen pohjoiseen työntyvän leviämisseuunnan tarkkailupisteissä.

5 Lähdeluettelo

- 1/ Mykkänen J. ja Rasmus K., 2025, Rauman merialueelle purettavan jäähdytysveden ja puhdistetun jäteveden vesistövaikutusten mallinnus, Luode Consulting Oy