Oulun satama

Tarkastelu suunniteltujen laajennusten vaikutuksista virtausolosuhteisiin

30.9.2024

SWECO

Sweco Sverige AB Rek. nro. 556767-9849

Projektin nimi	Oritkari, virtausselvitys
Projektin numero	25013862-001
Asiakas	Oulun kaupunki
Tekijä	Joakim Holmbom Tisell, Ekologiset vaikutukset -osio: Jaakko Leppänen
Tarkastaja	Carsten Staub
Päivämäärä	2024-09-30 (käännös suomeksi 2024-11-19, Esa Paajanen, Jaakko Leppänen)
Asiakirjan viite	Oritkarin virtausselvitys, raportti.docx

Sisällys

1 Johdanto 4
2 Oulujoen suun olosuhteiden kuvaus 4
2.1 Suistoalue 4
2.2 Joen virtaus 5
2.3 Merenpinnan vaihtelu 6
2.4 Kerrostuneisuus 7
2.5 Aikaisemmat tutkimukset 8
2.6 Yhteenveto nykyisistä virtausolosuhteista 8

3 Suunnitellut kehityshankkeet 9
4 Arvio vaikutuksista virtausolosuhteisiin 10
4.1 Vaikutukset suistoalueen virtausolosuhteisiin 10
4.2 Vaikutus meren virtausolosuhteisiin 12

5 Ekologiset vaikutukset 15
6 Päätelmät 17
7 Keskustelu ja suositukset 17
8 Viittaukset 17

Liite A 18
Liite B 20

1 Johdanto

Oulun satama-alueelle on suunnitteilla uusia laajennuksia.

Swecoa on pyydetty selvittämään, miten suunnitellut laajennushankkeet voivat vaikuttaa virtaamaolosuhteisiin Oulujoen suistossa ja sen ympäristössä.

Tarkastelu on suoritettu seuraavissa vaiheissa:

1. Tarkastellaan taustamateriaalia, mukaan lukien saatavilla olevat tiedot ja aiemmat tutkimukset, jotta saadaan käsitys alueen nykyisistä virtausolosuhteista ja siitä, miten nykyinen kehitys vaikuttaa niihin
2. Tarkastellaan satama-alueen suunniteltua jatkokehitystä
3. Arvioidaan, millainen vaikutus näillä suunnitelluilla hankkeilla voi olla nykyisiin virtausolosuhteisiin ja vedenkorkeuteen
4. Tarkistetaan ja kvantifioidaan arvioidut vaikutukset laskelmilla
5. Johtopäätökset

2 Oulujoen suun olosuhteiden kuvaus

2.1 Suistoalue

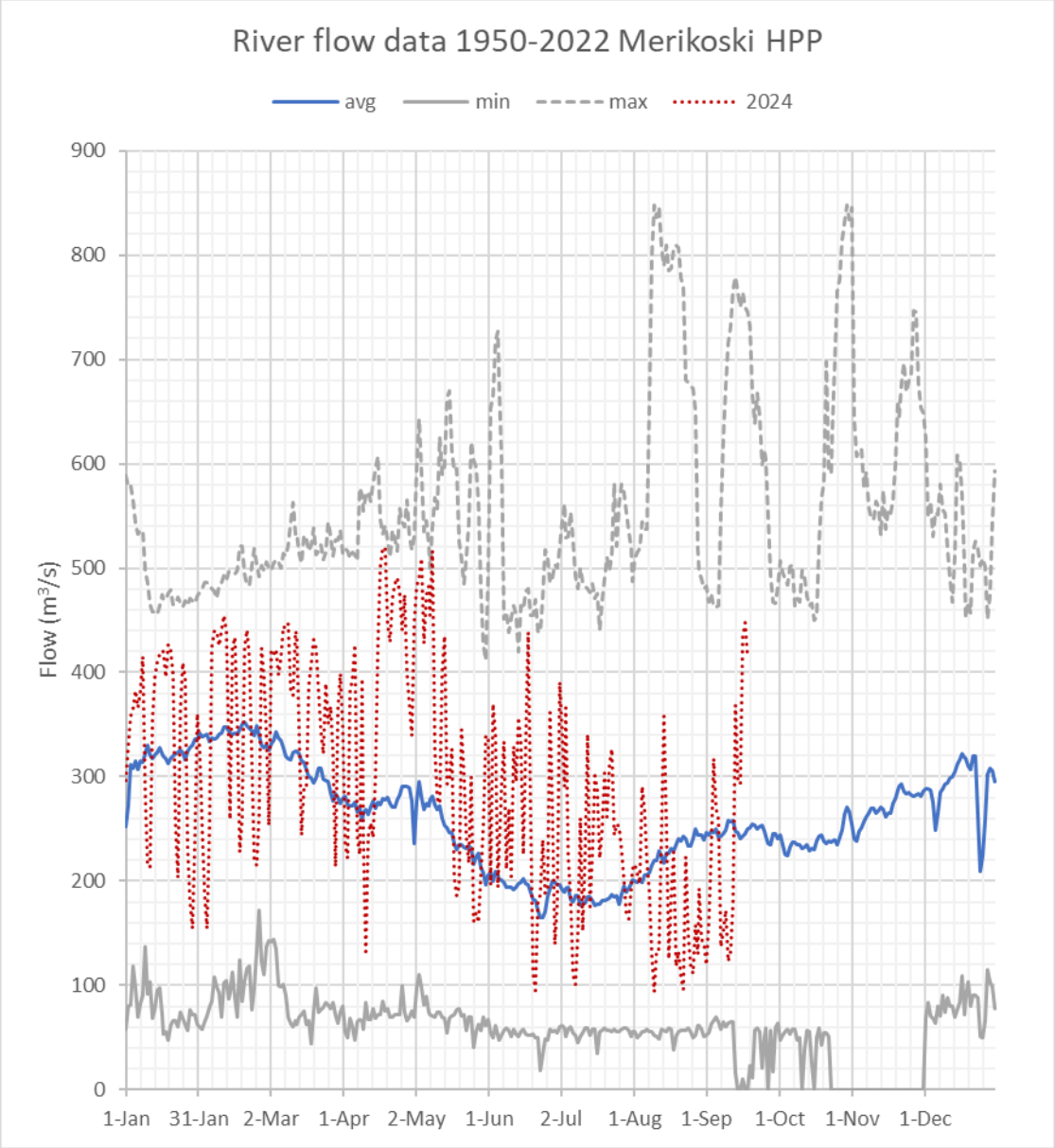
Tutkimusalueella Oulujoki laskee Perämereen (Kuva 1). Jääkauden jälkeisen maankohoamisen ja jokiveden kuljettaman aineksen sedimentaation vuoksi joen suulle muodostuu suisto Joen suiston luonnollinen prosessi olisi kehittyä ja muuttua jatkuvasti ajan myötä. Koska alue on kuitenkin kaupunkimainen, suiston luonnollista kehitystä ohjaa nykyään suurelta osin ihmisen toiminta, kuten ruoppaus ja eroosiosuojaus.

Kuva 1. Ortokuva: Oulujoen suistoalue ja satama. Merikosken vesivoimalaitoksen (HPP) sijainti on merkitty punaisella pisteellä. Oikeassa yläkulmassa yleiskatsaus joen suulle ja lahdelle. Taustakartta: Ortokuva Maanmittauslaitoksesta.

2.2 Joen virtaus

Oulujoki on suuri joki, jonka valuma-alue ulottuu idässä Venäjän rajalle asti ja johon kuuluu myös suuri Oulujärvi. Jokea säännöstelee vesivoiman tuotantoon Oulujärvellä sijaitseva Jylhämän vesivoimalaitos. Joen virtaama mitataan Merikosken vesivoimalaitoksessa joen suiston yläjuoksulla (Kuva 2). Saatavilla on 72 vuoden pituinen aikasarja, jonka keskivirtaus on 262 m^3/s ja virtaus vaihtelee normaalisti välillä 100 m^3/s ja 500 m^3/s. Keskiarvo on koko ajanjaksolta. On mahdollista, että virtauksessa on ajan kuluessa tapahtunut muutoksia, mutta tätä ei ole tutkittu.

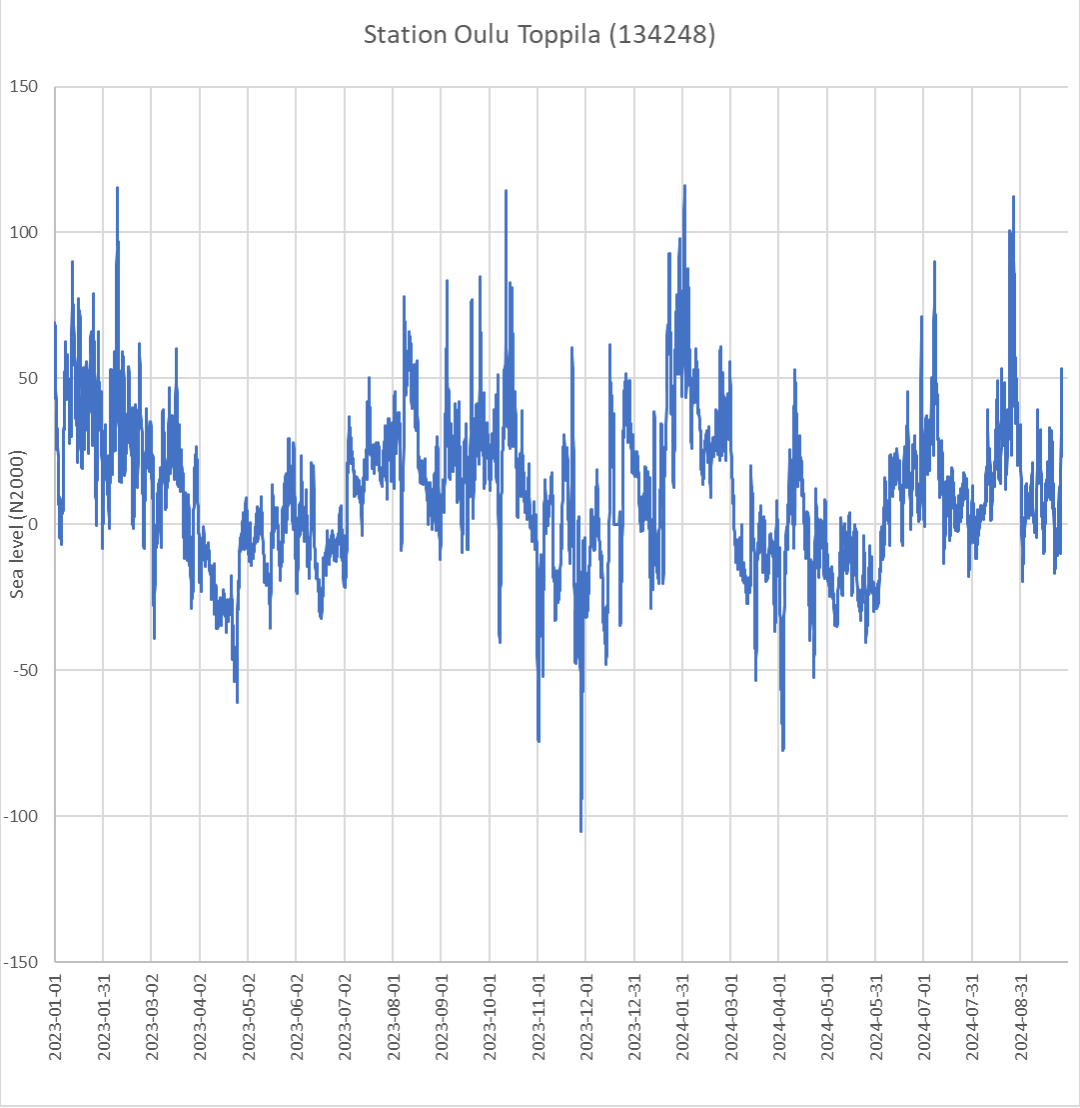
HUOM! Merikosken vesivoimalaitoksen Vahingonvaaraselvityksen päivityksessä (Oulun Energia ja Oulun kaupunki, tekninen keskus; 22.12.2004) käytettyä maksimivirtaamaa 1484 m^3/s (patomurtuman virtaama) ei ole huomioitu tässä tarkastelussa, koska se on hyvin epätodennäköinen tilanne ja liittyy lähinnä patojen mitoitukseen. Jos niin suuri virtaama joskus toteutuisi, se muokkaisi suistoaluetta ja aiheuttaisi monia muita seurauksia, jotka ei ole olleet tämän selvityksen piirissä.



Kuva 2. Joen virtaamatiedot Merikosken vesivoimalaitoksella. Sininen viiva on päivittäinen keskivirtaama vuosina 1950 - 2022. Harmaat viivat ovat pienimmät ja suurimmat mitatut virtaamat samalla ajanjaksolla. Punainen katkoviiva kuvaa vuoden 2024 tähänastista virtausta ja kertoo, miten virtaus vaihtelee sähköntuotannon ja vuodon vuoksi.

2.3 Merenpinnan vaihtelu

Meriveden korkeus vaihtelee tuulen ja Itämeren ilmanpaineen mukaan. Oulun Toppilassa on asema, joka mittaa ja tallentaa merenpinnan korkeuden vaihtelua (Kuva 3). Merenpinta Oulussa vaihtelee normaalisti ±1 m ja korkein mitattu merenpinta on 1,83 m keskiveden yläpuolella ja alin on -1,31 m keskimääräisen veden alapuolella. Vuoden 2021 keskimääräinen vedenkorkeus on +0,09 N2000-korkeusjärjestelmässä.



Kuva 3. Merenpinnan vaihtelu Toppilan mittausasemalla, tammikuu 2023 - syyskuu 2024.

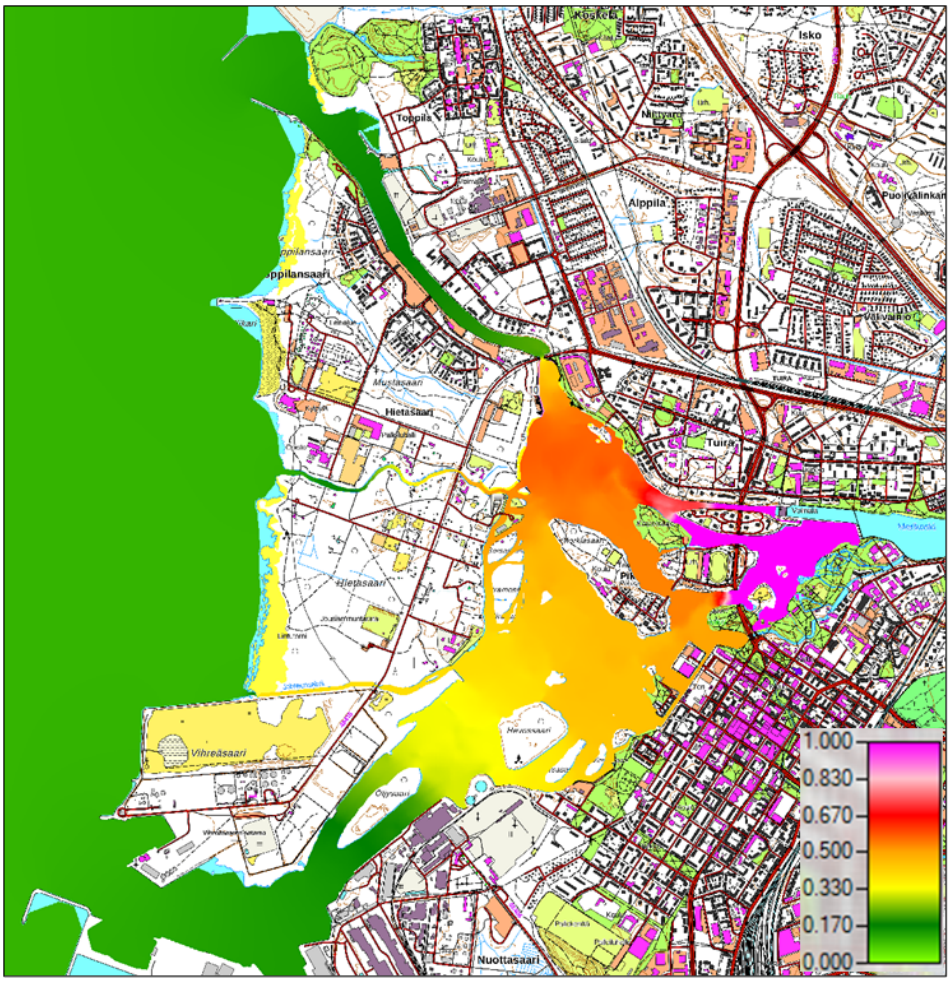
2.4 Kerrostuneisuus

Suolapitoisuudesta ja lämpötilasta johtuva kerrostuminen vaikuttaa yleensä virtausolosuhteisiin merellä ja jokisuissa. Tässä osassa Perämerta suolapitoisuus on kuitenkin vain välillä 2,0 – 3,5 ‰ ja jokisuiden läheisyydessä suolapitoisuus on lähellä nollaa (Leppäranta & Myrberg, 2009). Suolapitoisuudesta johtuvaa kerrostumista ei uskota esiintyvän joen suistoalueella.

Lämpötilakerrostuminen voi tapahtua kesäkaudella, kun aurinko lämmittää pintavettä. Suurimman osan ajasta virtaus joesta on kuitenkin liian voimakas, jotta vesi voisi kerrostua suistoalueella. Harvoissa tapauksissa, kun joen virtaus on lähellä nollaa, voi lähelle pintaa muodostua lämpimän veden kerros. Tällöin tuulen ajamat pintavirrat voivat liikkua yhteen suuntaan ja pohjan lähellä olevat virtaukset toiseen suuntaan suistoalueella, jolloin merivettä voi virrata suistoalueelle.

2.5 Aikaisemmat tutkimukset

Alueen virtaamaolosuhteita on tutkittu aiemminkin. Tässä kiinnostavimpana selvityksenä pidetään FCG:n Oulun kaupungin toimeksiannosta tekemää selvitystä uusien vedenläheisten asuinalueiden kaavoituksen yhteydessä (FCG, 2020). FCG on laskenut suistoalueen virtausolosuhteet kaksiulotteisella hydraulisella mallilla, esimerkki mallin tuloksista on esitetty kuvassa 4. Mallitulos osoittaa, että suistoalueen vedenpinnat ovat korkeammalla kuin merellä. Eron suuruus riippuu virtauksen suuruudesta (mitä suurempi virtaus, sitä suurempi vedenpinnan ero) ja meren vedenkorkeudesta (matalampi merenpinta johtaa suurempaan eroon). FCG:n tutkimuksen mukaan noin 70–80 prosenttia joen virtaamasta laskee mereen sataman kautta kulkevan eteläisen pääkanavan kautta ja 20–30 prosenttia pohjoisen kanavan, eli Toppilansalmen, kautta. Vain pieni osa virtauksesta pääsee mereen muiden pienten kanavien kautta.



Kuva 4. Kuva FCG:n tutkimuksesta (FCG, 2020). Laskettu vedenkorkeus erittäin suurella virtaamalla 930 m^3/s (250 vuoden tulva) ja merenpinta keskivedellä, taso +0,09 (N2000).

2.6 Yhteenveto nykyisistä virtausolosuhteista

Alueen virtausolosuhteet riippuvat pääasiassa joen virtauksen suuruudesta ja merenpinnan tasosta.

Ylemmällä suistoalueella vedenpinta on yleensä korkeammalla kuin meressä, mikä estää meriveden pääsyn suistoalueelle.

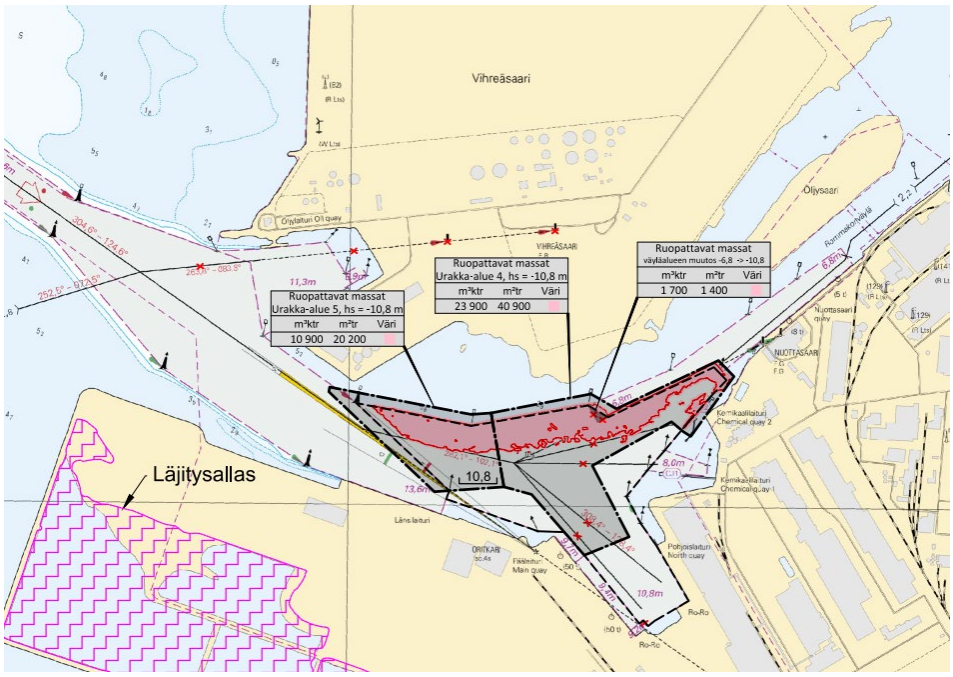
Vain harvoissa tapauksissa, jos joen virtaus on lähellä nollaa, merivesi voi päästä suistoalueelle.

3 Suunnitellut kehityshankkeet

Tämän toimeksiannon yhteydessä tarkastellut suunnitellut uudet hankkeet ovat sataman laajennukseksi tehtäviä maatäyttöjä joen suulle (Kuva 5).

Joen mukana kulkeutuvan hienoaineksen johdosta satama-altaita joudutaan huoltoruoppaamaan 5-10 vuoden välein (Kuva 6). Sataman laajennushankkeiden lisäksi tässä työssä on tarkasteltu esimerkinomaisesti myös huoltoruoppausten vaikutusta virtausolosuhteisiin.

Kuva 5. Ehdotettu uuden maatäytön pinta-ala (keltainen alue) *Oulun sataman yleissuunnitelma 2040* mukaisena. Taustakartta: Maanmittauslaitoksen ortoilmakuva



Kuva 6. Piirustus, jossa näkyy vuosina 2023-2024 tehdyn sataman huoltoruoppauksen alue (punainen alue).

4 Arvio vaikutuksista virtausolosuhteisiin

Ehdotettujen sataman laajennushankkeiden mahdollisia vaikutuksia koskevissa analyyseissä on keskitytty pääasiassa vaikutuksiin jokisuistossa, joka on ympäristöltään suurelta osin tiiviisti rakentunutta kaupunkialuetta ja siten oleellinen vaikutusten arvioinnin kannalta.

Lisäksi ehdotetuilla laajennushankkeilla on vaikutuksia merialueelle ja niitä on tässä työssä tutkittu lyhyesti.

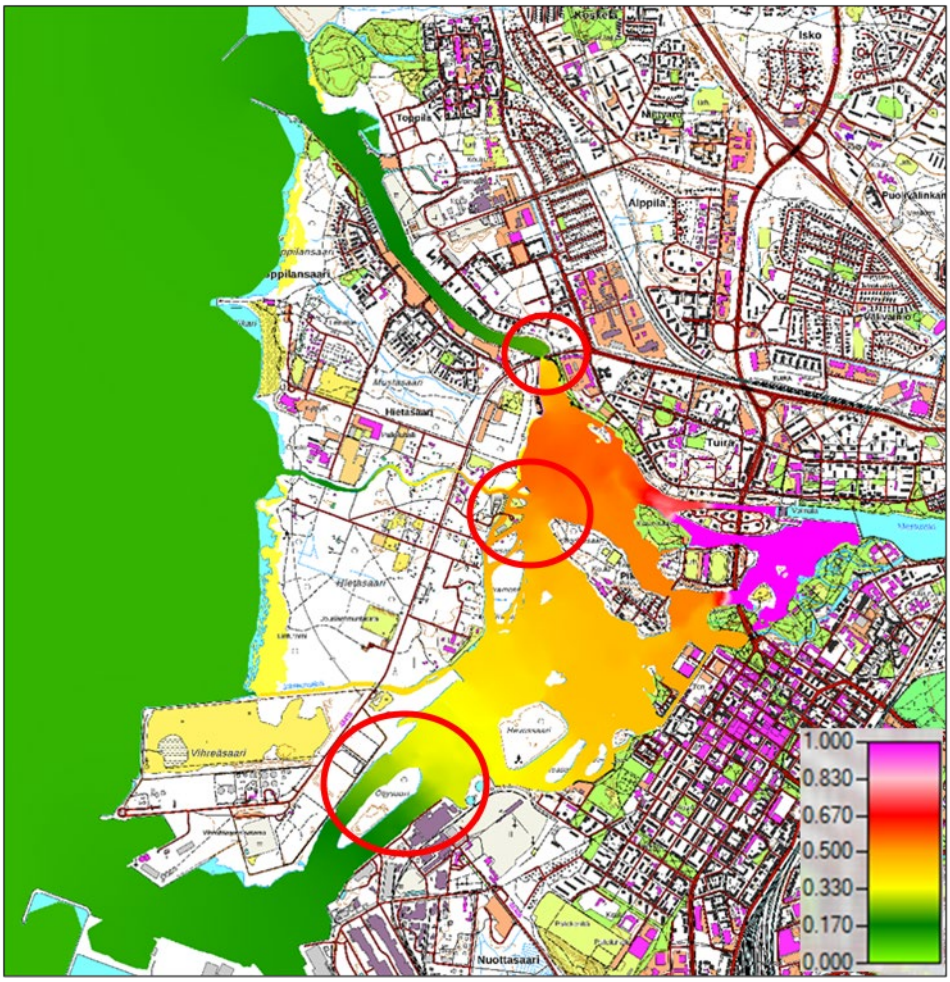
4.1 Vaikutukset suistoalueen virtausolosuhteisiin

Joen virtausolosuhteiden suiston ja sataman läpi merelle odotetaan olevan alikriittisiä (Frouden numero < 1), mikä tarkoittaa, että virtausolosuhteiden muutos alajuoksulla voi aiheuttaa muutoksen yläjuoksun virtausolosuhteissa. Siten sataman vedenpinnan nousu nostaa suiston vedenpintaa.

Sataman laajennukset maatäytöillä lisäävät virtausvastusta ja hidastavat veden purkautumista suistosta mereen. Lisääntynyt virtausvastus aiheuttaa vedenpinnan nousua suiston sisäosassa ja lisääntyneitä maksimivirtausnopeuksia veden purkautuessa mereen. Yleensä jo valmiiksi kapean osan kaventaminen vaikuttaa merkittävästi ylävirran vedenkorkeuteen. Toisaalta suuren aukon pienentämisellä on vain vähäinen vaikutus yläjuoksun vedenkorkeuteen.

Määrällisesti nämä vaikutukset ovat suhteellisen pieniä ja mitattavissa olevien vaikutusten esiintyminen rajoittuu muutamaan alueeseen. Se miten kapeat

osuudet vaikuttavat yläjuoksun vedenkorkeuteen on havaittavissa FCG:n mallituloksesta (Kuva 7).



Kuva 7. FCG:n kuva (2020). Laskettu vedenkorkeus erittäin suurella virtauksella 930 m^3/s (250 vuoden tulva). Punaisilla ympyröillä on merkitty osa kapeista osista, jotka aiheuttavat merkittävän vedenpinnan nousun ylävirtaan.

Kun joen virtauksen varrelle luodaan uutta maatäyttöä, virtausvastus kasvaa lisääntyneen uoman kitkan ja muiden energiahäviöiden kautta, jolloin vedenpinta nousee. Poikkileikkauspinta-ala (leveys x syvyys) ehdotetun maatäytön alueen läpi kulkevasta virtauksesta (Kuva 5) on kuitenkin suhteellisen suuri yläjuoksun kapeampiin osuuksiin verrattuna ja voi siksi aiheuttaa vain vähän ylimääräistä virtausvastusta ja luoda vain pienen vedenpinnan nousun ylävirtaan.

Ruoppaus (Kuva 6) puolestaan vähentää virtauksen kitkaa ja laskee siten vedenpintaa ylävirtaan. Samoin kuitenkin satama-alueen poikkipinta-ala, johon huoltoruoppauksia tehdään, on myös suhteellisen suuri, joten ruoppaukset voivat aiheuttaa vain pienen muutoksen ylävirran vedenkorkeuteen.

Yllä olevien lausuntojen todentamiseksi ja kvantifioimiseksi on suoritettu laskelmat käyttämällä Manningin yhtälöä edustamaan virtausvastusta (ks. Liite A). **Tuloksena on, että kaikille todennäköisille virtauksille (ks. kohta 2.2) vedenpinnan nousu yläjuoksulla ehdotetun maatäytön vuoksi on alle 1**

mm ja tehdystä huoltoruoppauksesta johtuva vedenpinnan lasku yläjuoksulla on alle 1 mm.

Tämä ei tarkoita sitä, että ruoppauksella olisi yleensä vain vähän vaikutuksia ylävirran puolelle. Merkittävän vaikutuksen aikaansaamiseksi ruoppaus olisi kuitenkin tehtävä sellaisella kriittisellä kohdalla, joka määrittää virtausolosuhteet yläjuoksulla (ns. pullonkaulaosuudet).

Esimerkkinä toimenpiteestä, joka voi aikaansaada merkittävän muutoksen virtausolosuhteissa yläjuoksulla, on tehty laskelma hypoteettisesta skenaariosta, jossa ruoppaus tehdään Öljysaaren kapealla osuudella (Kuva 7, eteläisin punainen ympyrä). Vasemman kanavan ruoppaus tässä kohdassa Öljysaaren pohjoisrajalla aiheuttaa suiston vedenpinnan laskua parikymmentä senttiä suurten virtaamien aikana. Tällainen väheneminen muuttaisi myös virtauksen jakautumista mereen johtavilla eri virtausreiteillä. Laskelma ja tarkempi selvitys on esitetty liitteessä B. Tällaista kompensoivaa ruoppausta voitaisiin käyttää tasapainottamaan lisääntyneen virtausvastuksen mahdollista vaikutusta alavirtaan.

4.2 Vaikutus meren virtausolosuhteisiin

Jokivedellä on meriveteen verrattuna useita erilaisia ominaispiirteitä, kuten suolapitoisuus, lämpötila, ravinnepitoisuudet ja kiintoainepitoisuus. Veden ominaisuudet vaikuttavat siihen, mitkä kasvit ja eläimet elävät alueella.

Historiallisia valokuvia vertaamalla on selvää, että veden virtaus on muuttunut huomattavasti aikojen saatossa (Kuva 8 ja Kuva 9).

Kuva 8. Virtaussuunta (merkitty nuolella) noin vuonna 1950.

Kuva 9. Virtaussuunta (merkitty nuolella) noin vuonna 2000.

1950-luvulla joen makea vesi virtaa etelän suuntaan kohti Kempeleenlahtea.

Vuoden 2000 tienoilla makean veden virtaus suuntautuu sen sijaan länteen kohti Kyrönkarin pieniä luotoja. Tällä hetkellä virtaus kulkee edelleen samaan suuntaan (Kuva 10). Joen virtaus vaikuttaa myös jääolosuhteisiin (Kuva 11).

Ehdotettujen sataman laajennusten myötä virtaus suuntautuisi sen sijaan entistä enemmän pohjoiseen (Kuva 12).

Kuva 10. Virtaussuunta (merkitty nuolella) vuosi 2023 (nykyinen tilanne).

Kuva 11. Virtaussuunta (merkitty nuolella) nykyisellä asettelulla talvella. Kuva Google Earthista, päivämäärä 27. huhtikuuta 2022.

Kuva 12. Oletettu tuleva virtaussuunta (merkitty nuolella) ehdotettujen satamalaajennusten jälkeen.

Virtaussuunnan eron vaikutus vaihtelee suuresti virtauksen suuruuden mukaan:

- Kun virtaus on heikko, makean veden virtauksen vaikutusalue meressä on pieni, joten virtaussuunnan muutoksen vaikutus on pienempi.
- Kun virtaus on voimakas, makean veden virtauksen vaikutusalue meressä on suurempi, joten virtaussuunnan muutoksen vaikutus on suurempi.

Joen ulosvirtauksen lisäksi meren virtausolosuhteisiin vaikuttavat myös muut voimat, kuten tuulen synnyttämät pintavirrat, jotka työntävät makean veden

virtausta eri suuntiin tai sekoittavat makean jokiveden meriveteen nopeammin. Joki- ja meriveden sekoittuminen voi myös riippua meriveden kerrostumisesta ja voi siksi vaihdella vuoden aikana.

Toinen satamalaajennusten vaikutus virtausolosuhteisiin on se, että veden vaihtuminen Kempeleenlahden ja meren välillä estyisi osittain syntyvän kapeamman osuuden vuoksi (Kuva 13). Koska osuus on edelleen suhteellisen leveä (n. 2100 m), vedenvaihdon vähenemisen odotetaan olevan hyvin pientä. Jos satamalaajennusten maatäytöt kuitenkin jatkaa kasvuaan lahden vastakkaista puolta kohti, vaikutus vedenvaihtoon kasvaa.

Kuva 12. Ehdotettu uusi maatäyttö (keltainen alue) muodostaa kapeamman alueen Kempeleenlahteen tulevalle tai sieltä lähtevälle vedelle.

5 Ekologiset vaikutukset

Uuden maanrakentamisen aiheuttamien vedenkorkeuden muutosten vaikutukset ovat suhteellisen vähäisiä, eikä ekologisia vaikutuksia todennäköisesti esiinny.

Koko suistoalueen rantaluonto ml. Natura-biotoopit, joiden ominaispiirteet liittyvät hydrologiaan (tulvat, jotka säilyttävät tulvametsien ja suometsien

ominaisuudet) ja suojellut lajit (*Persicaria foliosa*), ovat alttiina vaihteleville hydrologisille olosuhteille. Tämä vaihtelu on itse asiassa vakiinnuttanut nämä biotoopit ja mahdollistaa *P. foliosan* selviytymisen alueella. Vaihtelevat hydrologiset olosuhteet on kuvattu virtaamakaaviossa (Kuva 2) ja merenpinnankorkeuden tasoa kuvaavissa tiedoissa (Kuva 3). Näin ollen suurimmalla 1 mm:n vedenkorkeuden muutoksella ei odoteta olevan vaikutusta näihin ympäristöihin ja lajeihin. Lisäksi maatäyttö ja ruoppaus todennäköisesti vähentävät toistensa vaikutuksia ja siten vedenkorkeuden muutos on huomattavasti pienempi kuin 1 mm jopa huippuvirtausolosuhteissa. Sama koskee kaikkia suiston lajeja ja ekosysteemejä. Pienellä vedenkorkeuden muutoksella ei odoteta olevan ekologisia vaikutuksia.

Ruoppausta tehdään toistuvasti satama-alueella. Ruoppauksen ekologiset haitat liittyvät tyypillisesti kiintoaineeseen ja ravinteiden vapautumiseen (ja toisinaan saastuneisiin sedimentteihin) ruoppauksen yhteydessä veteen karkaavan aineksen ja sedimenttien läjittämisen vuoksi. Vaikka ruoppaaminen hävittää kyseisellä kohdalla kaiken pohjaeläin- ja kasvilajiston, ei ruoppauksella todennäköisesti ole vaikutusta Natura-biotooppeihin tai *P. foliosaan,* koska ruoppauksessa vapautuva kiintoaines liikkuu nopeasti päävirran mukana kohti merta.

Virtauksen suunnan ennustetaan kääntyvän hieman kohti pohjoista suistoalueen ulkopuolella (ks. Kuva 10–12). Tällä voi olla jonkin verran vaikutusta läheisiin saariekosysteemeihin, joiden jääpeitteinen ajanjakso voi muuttua. Esimerkiksi Kyrönkarin pienillä luodoilla voisi tulevaisuudessa olla pidempi jääpeitejakso, kun taas Hermannilla jääpeitteinen aika voi lyhentyä. Muuttuvien jääolosuhteiden vaikutuksia on tutkittu ilmastonmuutostutkimuksessa, ja esimerkiksi Lehikoisen ym. (2006) mukaan osa lintulajeista voi hyötyä lyhyemmästä jääpeitteestä. Lintujen muuttoa ja lisääntymisajankohtaa jne. ohjaavat kuitenkin pääasiassa muut tekijät kuin tässä ennustetut vaikutukset. Jään puute voi myös lisätä tai aikaistaa kasviplanktonin tuotantoa (ja sitä seuraavia ravintoverkkovaikutuksia) (esim. Eilola ym. 2013), mutta yleisesti ottaen auringonvalon määrä ja perustuotannon taso on talvikuukausina muutenkin melko vähäinen (riippumatta jääpeitteestä). Joka tapauksessa virtaamamuutoksille alttiiksi jäävä pinta-ala on suhteellisen pieni. Siksi jääpeitteisyyden mahdollisiin muutoksiin kytkeytyvät vaikutukset (maalla elävät lajit, kuten linnut, tai vesiekosysteemi) ovat todennäköisesti lyhytkestoisia ja kohdistuvat pienille alueille. Hermannin kaakkoispuoli on mallinnettu potentiaalisesti sopiviksi siian lisääntymisalueiksi (VELMU-kartat; https://velmu.syke.fi/). Kalastoon voisi kohdistua haitallisia vaikutuksia, mikäli laji lisääntyy Hermannin vesillä ja jos virtauksen tuoma sedimentti (ks. Kuva 9) saavuttaa Hermannin ja aiheuttaa liettymistä siian lisääntymispaikoilla. VELMU-mallinnus (VELMU-kartat; https://velmu.syke.fi/) osoittaa myös todennäköisyyttä suojaisten näkinpartaispohjien esiintymiselle Hermannissa. Suojaisat näkinpartaispohjat ovat luonnonsuojeluasetuksessa (1066/2023) lueteltu biotooppi. Näkinpartaiset suosivat pehmeitä sedimenttipohjia ja sietävät olosuhteita, joissa kiintoainespitoisuus on suhteellisen korkea. Tähän biotooppiin voi kuitenkin kohdistua haitallisia vaikutuksia, jos virtauksen tuomalla kiintoaineksella on merkittävä vaikutus veden laatuun. Samoin kuin siian lisääntymisalueiden osalta, myöskään näkinpartaisten todellista esiintymistä Hermannissa ei ole varmistettu, vaan esiintymistodennäköisyys perustuu mallinnukseen.

6 Päätelmät

Satama-alueen ehdotetuin maatäytöin tehtävän laajentamisen (Kuva 5) vaikutus suistoalueen virtausolosuhteisiin olisi merkityksetön.

Maantäyttö ohjaa makeaa vettä joesta pohjoiseen suuntaan mereen, mikä muuttaa vaikutusalueen kasvien ja eläinten olosuhteita.

Jos maatäyttö jatkaa kasvuaan lahden vastakkaiselle puolelle, veden vaihtuvuus Kempeleenlahdessa voi vähentyä.

7 Keskustelu ja suositukset

Jos meren virtausolosuhteiden muutos on kvantifioitava, on suositeltavaa suorittaa laskelmat kolmiulotteisessa hydraulimallissa, jonka tulisi sisältää:

- suolapitoisuudesta ja lämpötilasta johtuva kerrostuminen,
- merenpinnan korkeuden vaihtelu
- paikallisen tuulen synnyttämät pintavirrat ja
- virtaus joesta.

Jos tulevaa maatäyttöä ehdotetaan lähemmäs lahden vastakkaista puolta, on syytä miettiä, miten se vaikuttaa veden vaihtumiseen Kempeleenlahteen.

Jos tulevaisuudessa ehdotetaan ruoppausta joen kapeammalle kohdalle, kuten Öljysaaren ympärille, on otettava huomioon, että yläjuoksun vedenpinta laskee suuren virtaaman aikana. Samoin, jos halutaan alentaa vedenkorkeutta ylemmällä suistoalueella suurten virtaamien aikana, tämä voidaan saavuttaa rajoitetulla ruoppauksella vasemman uoman osuudella Öljysaaren pohjoispäässä.

8 Viittaukset

Eilola K, Mårtensson S, Meier HEM 2013. Modeling the impact of reduced sea ice cover in future climate on the Baltic Sea biogeochemistry. Geophysical Research Letters 40:149-154

FCG. 2020. Oulun kaupunki. Hartaanselänrannan asuntomessualueen rakentamisen vaikutus paikallisiin virtausolosuhteisiin ja lietetattaren esiintymisalueisiin.

Lehikoinen A, Kilpi M, Öst M. 2006. Winter climate affects subsequent breeding success of common eiders. Global Change Biology 12:1355-1365

Leppäranta M, Myrberg K. 2009. Physical Oceanography of the Baltic Sea. Springer.

Liite A

Laskelmat Manningin yhtälöllä

Joen suulle suunnitellun maantäytön aiheuttaman lisääntyneen kitkan aiheuttama korkeuden muutos sekä ja ruoppauksesta johtuva korkeuden muutos (hf) voidaan laskea Manningin yhtälöllä:

$$h_f = \frac{V^2 \times L}{M^2 \times R^{4/3}}$$

Missä:

V = keskimääräinen virtausnopeus (m/s) = Q/A

Q = virtaus (m3/s)

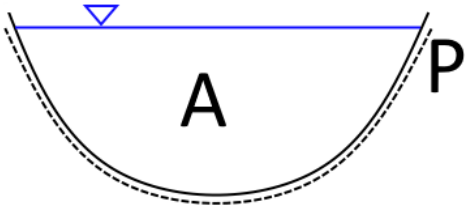
A = Virtauksen poikkipinta-ala (m2)

L = pituus, jolta hävikki lasketaan (m)

M = miehitysluku (m1/3/s), jonka oletetaan olevan 30 m1/3/s

R = hydraulisäde (m) = A/P

P = kostutettu ympärysmitta (m)



Kuva 13. Alueen (A) ja kostutetun kehän (P) määritelmä.

Kuva 14. Pituus (L) ja pinta-ala (A), joita käytetään laskettaessa korkeuden muutosta (hf), joka johtuu joen suulle suunnitellun maatäytön aiheuttamasta lisääntyneestä kitkasta. Keltaiset alueet osoittavat ehdotetun maatäytön.

Laskentatulokset osoittavat, että ehdotetun maatäytön aiheuttama vedenpinnan nousu yläjuoksulla on alle 1 mm (Taulukko 1) ja tehdystä huoltoruoppauksesta johtuva vedenpinnan lasku yläjuoksulla on alle 1 mm (Taulukko 2) kaikissa mahdollisissa virtausskenaarioissa. Joen enimmäisvirtaaman odotetaan olevan alle 1000 m3/s, ja vain 70–80 prosenttia kulkee sataman läpi kulkevan virtausreitin kautta (ks. kohta 2.2).

Taulukko 1. Lisääntyneen korkeuden laskelmien tulokset (HF) joen suulle suunnitellulta maatäytöltä eri virtauksille (Q).

Q (m3/s)	10	50	100	200	400	800	1000
U (m/s)	0.00	0.01	0.02	0.03	0.07	0.14	0.17
HF (mm)	0.00	0.00	0.01	0.04	0.17	0.67	1.05

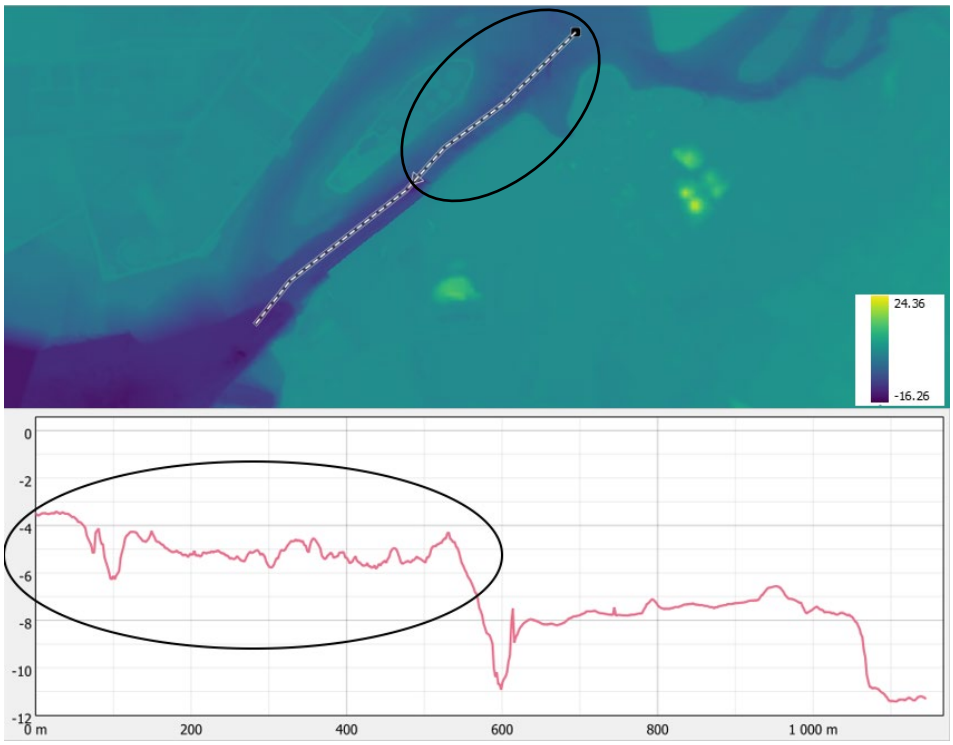
Taulukko 2. Korkeuden vähenemistä koskevien laskelmien tulokset (HF) ruoppauksen vuoksi eri virtauksille (Q).

Q (m3/s)	10	50	100	200	400	800	1000
Ennen ruoppausta							
U (m/s)	0.00	0.03	0.05	0.10	0.20	0.40	0.50
HF (mm)	0.00	0.02	0.09	0.35	1.41	5.62	8.78
Ruoppauksen jälkeen							
U (m/s)	0.00	0.02	0.05	0.10	0.19	0.38	0.48
HF (mm)	0.00	0.02	0.08	0.30	1.20	4.81	7.51
Ero hf (mm)	0.00	0.00	-0.01	-0.05	-0.20	-0.81	-1.27

Liite B

Esimerkki vaikutuksista kapeaa osaa muutettaessa

Öljysaaressa havaittiin kapea pätkä (eteläisin punainen ympyrä Kuva 7), joka vaikuttaa vedenpintaan suurilla virtaamilla osittain batymetriasta mutta myös vedenpinnan korkeuserosta johtuen. Samalla menetelmällä kuin liitteessä A on kuvattu laskelma teoreettisessa skenaariossa, jossa mustalla ellipsillä merkityn alueen (Kuva 15) pohjatasoa ruopataan n. 5 m - 8 m.



Kuva 15. Yllä maastomalli (FCG, 2020) ja alla pohjataso (N2000) viivalla osoitettua eteläkäytävää pitkin Öljysaaren vieressä.

Laskelman mukaan ero olisi suistoalueella parinkymmenen senttimetrin suuruusluokkaa suuren virtaaman aikana (TaulukkoTaulukko 3).

Taulukko 3. Ruoppauksen aikaansaaman korkeuden vähenemistä koskevien laskelmien tulokset (hf) eri virtauksilla (Q).

Q (m3/s)	10	50	100	200	400	800	1000
Ero hf (mm)	0	-1	-3	-11	-44	-176	-275

Selvyyden vuoksi voidaan myös todeta, että suiston vedenpinnan lasku vaikuttaisi myös virtauksen jakautumiseen mereen johtavilla eri virtausreiteillä (Kuva 16).

Kuva 16. Esimerkki muuttuneista virtaamista, jos kapea osuus Öljysaaren eteläpuolella ruopataan.