

Vastaanottaja

Helsingin kaupunki/Maankäyttö ja kaupunkirakenne/Maankäytön yleissuunnittelu/Teknistaloudellinen suunnittelu

Asiakirjatyyppe

Esirakentamisen yleissuunnitelma asemakaavoitusta varten

Päivämäärä

22.6.2023

PUOTILANRANTA

ESIRAKENTAMISEN JA RANTA-ALUEIDEN YLEISSUUNNITELMA



Kuva: Voima Graphics Oy

Päivämäärä **22.6.2023**
Laatija **O. Kettunen, T. Nyman, T. Valjakka, S. Ollikainen**

Tilaaaja **Helsingin kaupunki/Maankäyttö ja kaupunkirakenne/Maankäytön yleissuunnittelu/Teknistaloudellinen suunnittelu, Karri Kyllästinen**

Viite 1510075427

SISÄLTÖ

1.	Johdanto	5
2.	Suunnittelun lähtökohtia	6
2.1	Maankäytön suunnittelu	6
2.2	Alueen nykytila	7
2.3	Rantarakenteet	7
2.4	Pohjatutkimukset ja pohjasuhteet	8
2.5	Merivedenkorkeudet ja vesisyvyyydet	9
2.6	Turvallinen rakentamiskorkeus	9
2.7	Pilaantuneisuus	9
2.7.1	Maa-alue	9
2.7.2	Merialue	9
3.	Geotekniset tarkastelut	10
3.1	Yleistä	10
3.2	Ranta-alueen stabiliteettitarkastelu	10
3.2.1	Ranta-alueen stabiliteetti (Leikkaus 8)	10
3.2.2	Maarlahden kanavan stabiliteetti (Leikkaus 4A)	14
3.3	Maa-alueen painumatarkastelu	14
3.3.1	Painuma ilman pohjanvahvistuksia	14
3.3.2	Esikuormitus	16
3.3.3	Esikuormitus + kevennys	17
3.3.4	Yhteenveto painumalaskelmista	18
4.	Esirakentaminen	18
4.1	Yleistä	18
4.2	Ruoppaus	18
4.3	Merialueen täyttö	19
4.4	Syvätiivistys	20
4.5	Maaleikkaukset ja täytöt	20
4.6	Maa-alueen esirakentaminen	21
4.7	Esirakentamisen vaiheistus	21
5.	Rantarakenteet	21
5.1	Nykyiset rantarakenteet	21
5.2	Suunnitellut rantarakenteet	23
6.	Rakennusten ja yleisten alueiden perustamistavat	24
6.1	Yleistä	24
6.2	Rakennukset	24
6.3	Kadut ja yleiset alueet	24
7.	Hiihdeläinjalankitarkastelu	25
7.1	Tausta	25
7.2	Laskennan lähtötiedot	25
7.3	Menetelmän kuvaus	26
7.4	Esirakentamisen päästöt	27
7.4.1	Maa-alueen esirakentaminen	28
7.4.2	Merialueen esirakentaminen	29
7.4.3	Rakennusten pohjarakenteet	30
7.5	Resurssiviisaat ratkaisut	30
7.6	Yhteenveto	32
8.	Kustannukset	33
8.1	Esirakentamiskustannusten laskentaperiaatteet	33
8.2	Merialueen esirakentaminen	33
8.2.1	Ruoppaus	33
8.2.2	Kustannusarvion ulkopuolelle jätetty ruoppauskustannus	33
8.2.3	Täyttö	34
8.2.4	Syvätiivistys	34
8.3	Maa-alueiden esirakentaminen	34
8.3.1	Nykyisten rantarakenteiden purku	34
8.3.2	Maa-alueen kaivu	34

8.3.3	Esikuormitus	35
8.3.4	Paalulaatta	35
8.3.5	Yhteenveto	35
8.4	Rantarakenteet	35
8.5	Rakennusten pohjarakennuskustannukset	36
9.	Ehdotukset jatkotoimenpiteiksi	37
10.	Yhteenveto	37

LIITTEETLIITTEET

1510075427-01	Pohjatutkimuskartta
1510075427-02	Kuorintaruoppauskartta
1510075427-03	Ruoppauskartta
1510075427-04	Täyttökartta
1510075427-05	Perustamistapakartta
1510075427-06	Leikkaus 1-1
1510075427-07	Leikkaus 2A-2A
1510075427-08	Leikkaus 2B-2B
1510075427-09	Leikkaus 2C-2C
1510075427-10	Leikkaus 2D-2D
1510075427-11	Leikkaus 3A-3A
1510075427-12	Leikkaus 3B-3B
1510075427-13	Leikkaus 3C-3C
1510075427-14	Leikkaus 3D-3D
1510075427-15	Leikkaus 4A-4A
1510075427-16	Leikkaus 4B-4B
1510075427-17	Leikkaus 5-5
1510075427-18	Leikkaus 6-6
1510075427-19	Leikkaus 7A-7A
1510075427-20	Leikkaus 7B-7B
1510075427-21	Leikkaus 8A-8A
1510075427-22	Leikkaus 8B-8B
1510075427-23	Leikkaus 9-9
1510075427-24	Leikkaus 10-10

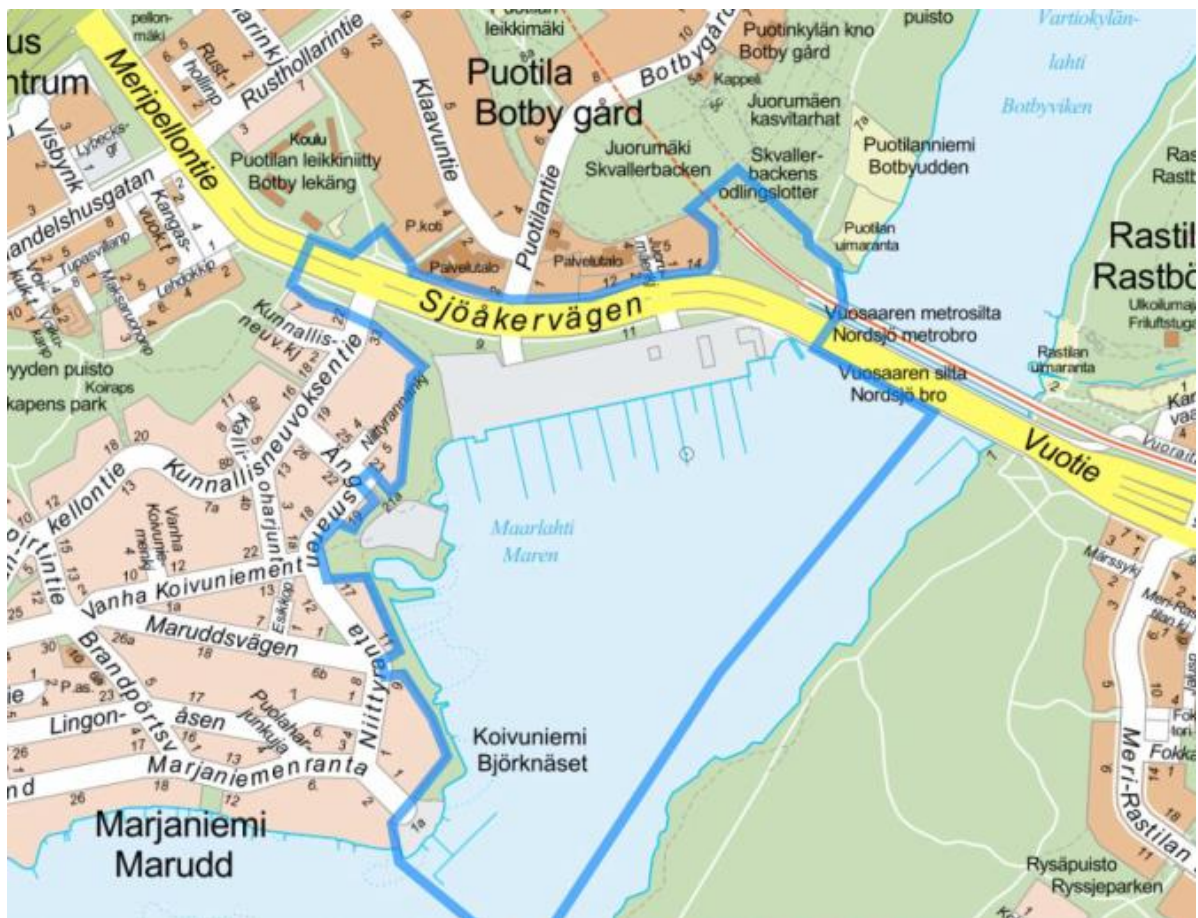
LIITTEET

Liite 1	Sedimenttitutkimusraportti, Vahanen Environment Oy 11.11.2020
Liite 2	Merialueen esi- ja rantarakentamisen kustannusarvio, Ramboll, 22.6.2023
Liite 3	Katujen ja tonttien esi- ja pohjarakentamisen kustannusarvio, Ramboll 22.6.2023
Liite 4	Rakennusten pohjarakentamisen kustannusarvio, 14.6.2023
Liite 5	Rakennusten kellareiden ja pysäköintikannen pohjarakentamisen kustannusarvio, 14.6.2023

1. JOHDANTO

Helsingin kaupungin Maka/Myle/Teknistaloudellisen suunnittelun toimeksiannosta Ramboll on laatinut Puotilanrannan alueelle esirakentamisen ja ranta-alueiden yleissuunnitelman. Työn ohjausryhmässä ovat toimineet Karri Kyllästinen, Sanna Anttila, Jussi Ukkonen, Tiina Lepistö ja Leena Pasonen. Rambollissa työn projektipäällikkö on ollut Tommy Nyman ja suunnitteluryhmään ovat kuuluneet Outi Kettunen ja Taavi Valjakka.

Suunnittelualueen sijainti on esitetty kuvassa 1.1. Tämä työ on pohjana alueen asemakaava-suunnittelulle sekä pohjarakentamisen jatkosuunnittelulle.



Kuva 1.1: Suunnittelualueen sijainti sinisellä rajattuna

Pääosa suunnittelualueen maa-alueesta on tällä hetkellä Puotilan venesatamaan kuuluvaa veneiden talvisäilytysaluetta ja autojen pysäköintialuetta.

Uudessa maankäyttösuunnitelmassa maa-alueita laajennetaan hieman merelle päin, maa-alueelle rakennetaan asuintaloja ja venesataman toiminnot keskitetään alueen länsiosaan. Tässä suunnitelmassa esitettävät rakentamistoimenpiteet sijoittuvat pääosin nykyisen venesataman maa- ja vesialueelle.

Tässä raportissa on tarkasteltu suunnittelualueella tehtäviä esirakentamistoimenpiteitä, rantarakenteiden periaatteellisia rakennusratkaisuja sekä rakennusten, katujen ja yleisten alueiden alustavia perustamistapoja. Raportissa on esitetty myös em. toimenpiteiden alustavat kustannusarviot sekä hiilijalanjälkitarkastelut.

Tarkastelussa on eritelty nykyisen ranta-alueen ja sen edustan merialueen esirakentamiseksi tarvittavien esirakennustoimenpiteiden laajuus sekä merialueelle rakennettavan saaren esirakentamiseksi tarvittavat esirakennustoimenpiteiden laajuus.

Suunnitelmat on tehty ETRS-GK25 koordinaattijärjestelmään ja korkeusjärjestelmään N₂₀₀₀.

2. SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHTIA

2.1 Maankäytön suunnittelu

Puotilanrannan alueella on käynnissä asemakaavan muutostyö. Tämän suunnitelman lähtökohdiana on ollut asemakaavaluonnos, joka on laadittu 20.2.2023.

Ote asemakaavaluonnoksesta on esitetty kuvassa 2.1. Luonnoksen mukaisen maankäyttösuunnitelman mukaan alueen rantaviiva muuttuu, kun maa-aluetta laajennetaan merelle päin. Lisäksi alueen itäosaan rakennetaan Maarlahdenkanavalla erotettu saari.



Kuva 2.1: Ote 20.2.2023 laaditusta alustavasta maankäyttösuunnitelmasta nykyisen venesataman alueelta

Alue rakennetaan asuinalueeksi. Asukaspysäköinnin lähtökohdiana on ollut pysäköinti erillisiin pysäköintitaloihin. Alueen pohjoispuolinen Meripellontie säilyy nykyisellä linjauksella ja tasauksella, uusia katuja ovat Vanhantorpankatu, Vanhantorpankuja ja Juorumäenkatu, joiden kohdille sijoitetaan asumista palveleva kunnallistekniikka.

Saaren alueesta käynnistetään erillinen suunnittelukilpailu, jossa on tavoitteena tarkastella myös vaihtoehtoisia toteutustapoja merenpohjan sedimenttien ruoppaukselle ja louhetäytölle. Tässä työssä on tehty suunnittelukilpailun pohjaksi alustavat määrä- ja kustannustarkastelut saaren esirakentamisen osalta ruoppaus ja meritäyttö -menetelmällä.

2.2 Alueen nykytila

Pääosa suunnittelualueesta ja tässä suunnitelmassa esitettävät rakentamistoimenpiteet sijoittuvat Puotilan nykyisen venesataman alueelle. Puotilan venesatamassa on kelluvissa ponttonilaitureissa yhteensä noin 600 venepaikkaa, joista 380 ovat kaupungin suoravuokrauspaikkoja ja 220 Puotilan venekerhon paikkoja. Venesatama-alueen itäosalla toimii mm. vene- ja autoalan yrityksiä.

Kaupungin karttapalvelussa olevien ilmakuviin perusteella nykyisen venesataman merialueen täyttö aloitettiin alueen länsireunasta vuosien 1956...1964 välillä ja se valmistui nykyiseen laajuuteen vuoteen 1969 mennessä. Merialueen täyttöä on ulotettu noin 60... 90 m etäisyydelle 1950-luvun rantaviivasta. Pohjatutkimusten perusteella silloisen merialueen täyttöä on tehty merenpohjan saven päälle ilman täyttöä ennen tehtäviä ruoppauksia eli täyttöjen alla on pääosalla aluetta savea.

Puotilan venesataman ponttonilaitureiden länsipuolella sijaitsee erillinen veneiden talvisäilytysalue. Kaupungin karttapalvelun ilmakuviin perusteella talvisäilytys alueen meritäyttö on valmistunut vuosien 1964 ja 1969 välisenä aikana.

Puotilan venesataman ja sen länsipuolella olevan erillisen veneiden talvisäilytysalueen väliin on linjattu rantaviivaa mukailien kevyenliikenteenväylä, joka on toteutettu ilmakuviin perusteella 1980 ja -90 lukujen vaihteessa.

Suunnittelualueen itäreunassa Vartiokylän lahden poikki kulkee Vuosaaren silta, Vuosaaren metrosilta sekä näiden välissä muutama vuosi sitten rakennettu kevyenliikenteen silta. 1990-luvun lopulla ranta-alueelle on rakennettu siltojen ali ja aivan rannassa kulkeva kevyenliikenteenväylä.

Suunnittelualueen länsiosaan johtaa kapea avouoma, joka purkaa Itäkeskuksen ympäristön hulevedet mereen. Vesien purku kevyenliikenteen penkereen läpi on järjestetty kahdella noin 400 mm kokoisella muoviputkella. Putkista toisen vesijuoksu on noin keskivedenpinnan tasolla ja toisen hieman ylempänä.

Vesialueella ei ole tiedossa vedenalaisia kaapeleita tai johtoja.

Nykyisen venesataman eteläpuolelle johtaa veneväylä, jonka nimi on Väylä Vartiokylänlahteen. Väylän numero on 4910 ja sen kulkusyvyys venesataman päässä on 1,5 m. Väylän haraustaso venesataman päässä on N2000 -2,50 m.

2.3 Rantarakenteet

Tässä suunnitelmassa pääosalle ranta-aluetta on esitetty kiviverhottua rantaluiskarakennetta. Luiskatun rakenteen kaltevuudeksi esitetään 1:1,5. Luiskattu rakenne sijoittuu louheesta rakennettavalle meritäyttöalueelle.

Pystysuoraa rantamuurirakennetta esitetään vain suunnitellun saaren kanavan rantarakenteeksi. Lisäksi venesatama-alueelle esitetään kiinteää veneiden nostolaituria.

Rakenteiden edustan merenpohjan tasoksi on tässä tarkastelussa valittu venesatamaan edustalle johtavan veneväylän haraustasoa vastaava merenpohjan taso noin $N_{2000} -2,8$. Kanava sijoittuu osin nykyiselle maa-alueelle ja kanavan rakentamista varten maa-alueella on tehtävä massanvaihtoa, jossa nykyisen täyttömaan alla oleva savikerros korvataan louheella.

Luiskatuksi esitetyn alueen luiskakaltevuus 1:1,5 on melko jyrkkä esimerkiksi veden äärelle pääsemiseksi. Tätä tarkoitusta varten suunnitellun venesataman länsipuolelle luiskatulle alueelle on maankäyttösuunnitelmassa esitetty portaat. Työn aikana tutkittiin alustavasti myös mahdollisuutta loiventaa luiskarakenteisen rakenteen alueella täyttöluiskaa. Tällöin veden äärelle pääsee helpommin ja saadaan laajennettua luiskan päälle muodostuvan vesikasvien ja eliöiden elinympäristön pinta-alaa sekä ranta-alueella että veden alla. Mikäli rantaviiva pidetään ennallaan ja luiskaa

loivennetaan myös veden alla, seuraa luiskan loiventamisesta ruopattavan alueen laajennus sekä ruoppausmassojen ja täyttömassojen lisäys.

Tässä suunnitelmassa mahdollisesti muun esirakentamisen kanssa samaan aikaan toteutettavan saaren kanavan puoleinen ranta on mantereen puolta vastaavasti rantamuurirakenteinen. Samoin saaren eteläreuna on ajateltu reunamuurirakenteisena.

2.4 Pohjatutkimukset ja pohjasuhteet

Alueella on tehty pohjatutkimuksia eri ajankohtina 1950-luvulta alkaen. 2000-luvulla alueella on tehty tutkimuksia sekä meri- että maa-alueella alueen asemakaavoitusta varten. Pohjatutkimusmenetelminä on käytetty paino-, puristinheijari- ja porakonekairauksia. Lisäksi maa- ja merialueelta on otettu maaperänäytteitä. Tämän työn yhteydessä on tehty uusia pohjatutkimuksia ja suunnitelmassa on esitetty 10.5.2023 mennessä saadut pohjatutkimustulokset. Tätä suunnitelmaa täydennetään myöhemmin, kun kaikki vuonna 2023 ohjelmoidut pohjatutkimukset on tehty.

Alueella maanpinta vaihtelee tällä hetkellä tasolla noin +0...+4,7 laskien etelään kohti merialuetta. Korkein alue sijaitsee alueen luoteisosassa Puotilantien risteuksen kohdalla. Pääosalla nykyisen venesataman maa-alueesta maanpinta on noin korkeustasolla +1,5...+2,5.

Kaupungin karttapalvelun ilmakuva-aineiston perusteella nykyisen venesataman alue on täytetty maa-alueeksi täyttämällä merialuetta useammassa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa täyttöjä on tehty länsiosaan 1950-luvun lopulla. Meritäyttö on saavuttanut nykyisen laajuutensa venesataman alueella vuoteen 1969 mennessä.

Venesataman alueella ennen täyttöä tehdyissä pohjatutkimuksissa merenpohjan taso on ollut noin 0...-3,3 ja merenpohjassa on ollut noin 4...6 m paksuudelta liejua ja savea. Alueelta on tehty täytön jälkeen useassa vaiheessa pohjatutkimuksia (1999, 2003 ja 2023) sekä koekuoppia (15kpl).

Merenpohjassa tavataan päällimmäisenä kerroksena liejua, liejusavea ja savea. Pehmeän maa-aineksen kerroksen paksuus vaihtelee 2...12 m välillä. Savikerros paksunee etelän suuntaan. Merialueen liejun vesipitoisuus vaihtelee välillä noin 140...240 %. Merialueen savikerrosten mitattu vesipitoisuus vaihtelee välillä 30...70 %.

Savikerroksen alapuolella tavataan hiekkaa, soraa ja moreenia. Merialueella kitkamaakerroksen paksuus on arviolta noin 1...5,5 m.

Maa-alueella venesatama-alueella päällimmäinen maakerros on kitkamaatäyttöä. Täyttökerroksen paksuus vaihtelee alueella pohjatutkimusten perusteella n. 2...5 m välillä. Täyttökerroksen laatu ei ole tiedossa. Täytön alla on savikerros, jonka paksuus vaihtelee n. 1...6,5 m välillä.

Savikerroksen alapuolella on n. 2...3 m paksuudelta hiekkaa ja sen alapuolella tiivis pohjamoreeni. Nykyisen rantaviivan läheisyydessä tehtyjen porakonekairauksien perusteella pohjamoreeni on noin 4...11 m paksu. Muualla alueella paino- ja puristinheijarikairaukset ovat pysähtyneet moreenikerroksen pintaosaan eikä moreenikerroksen paksuus ole tiedossa.

Nykyisen rantaviivan kohdalle on pohjatutkimusten perusteella tehty reunapenger, jonka kohdalta merenpohjan savikerros on poistettu. Reunapenkereen täyttömateriaali ei ole tiedossa, oletettavasti täyttö sisältää hiekkaa tai muuta kitkamaata.

Kallionpinnan varmistuksia porakoneella on tehty merialueella, nykyisen rantaviivan läheisyydessä sekä Meripellontien länsiosassa. Meripellontien länsiosassa kallionpinta on havaittu tasolla -1,9...+2,6, kallionpinta nousee kohti länttä. Ranta-alueella kallionpinnan taso vaihtelee välillä -18...-11,5 ja merialueella porakonekairauksissa on havaittu kallionpinta tasolla -13...-25. Kallionpinta laskee pääosin kohti itää ja etelää.

Pohjavedenpinnan tasoksi on mitattu +0,07 (6.6.2003) venesataman keskellä sijaitsevasta pohjavedenmittauspisteestä vastaa noin 2 m syvyyttä maanpinnasta. Oletettavasti pohjavedenpinta noudattaa likimain merivedenpinnan tasoa.

2.5 Merivedenkorkeudet ja vesisyvydet

Merivedenkorkeus on vaihdellut Helsingissä vuosien 1991–2020 havaintojen perusteella taulukon 2.1 mukaisesti.

Taulukko 2.1 Merivedenkorkeuden ääriarvot Helsingin mareografilla vuosina 1990–2020.

	MWteor.	N2000
HW	+ 1,51	+ 1,72
MHW	+ 0,98	+ 1,19
MW	+ 0,00	+ 0,21
MLW	- 0,59	- 0,38
LW	- 0,93	- 0,72

Taulukossa 2.1 on esitetty vedenkorkeudet kahdessa eri korkeusjärjestelmässä; teoreettisen keskiveden suhteen sekä maa-alueilla käytetyssä N₂₀₀₀ -korkeusjärjestelmässä.

Suunnittelualue on luodattu kesäkuussa 2017 Mericon Oy:n toimesta. Luotaus tehtiin linjaluotauksena noin 10 m linjavälein. Luotauksen perusteella vesisyvyys vaihtelee nykyisellä venesataman alueella noin 1,5...3 m välillä. Vesisyvyys pienenee noin 2 metriin etelään siirryttäessä ja noin 1,5 metriin itään päin siirryttäessä. Suunnittelualueen merenpohjan topografia on esitetty syvyyskäyrinä pohjatutkimuskartalla -01.

2.6 Turvallinen rakentamiskorkeus

Turvallisella rakentamiskorkeudella tarkoitetaan sitä korkeutta, jonne yhtenäinen vesi hetkellisesti nousee suurimpien aaltojen vaikutuksesta. Turvallisen rakentamiskorkeuden alapuolelle ei tulisi sijoittaa rakenteita, jotka kastuessaan vaurioituvat.

Lähin turvallisen rakentamiskorkeuden määrittäminen sijaitsee suunnittelualueen länsireunalla nykyisen erillisen veneiden talvisäilytysalueen rannassa. Eri vuosille määritetyt turvalliset rakentamiskorkeudet ovat seuraavat:

- 2020 +2,63
- 2050 +2,74
- 2100 +3,44

2.7 Pilaantuneisuus

2.7.1 Maa-alue

Maa-alueiden pilaantuneisuudesta laaditaan erillinen selvitys. Tässä työssä ei ole esitetty arviota maaperän pilaantuneisuudesta eikä pilaantuneiden kaivumassojen tai mahdollisen kunnostustarpeen määriä ja kustannuksia.

2.7.2 Merialue

Venesataman edustan sedimenttejä on tutkittu ainakin vuosina 2014, 2017 ja 2020. Haitta-ainepitoisuuksia on määritetty näissä tutkimuksissa yksittäisistä näytepisteistä eri syvyisille osanäytteille. Tässä suunnitelmassa lähtökohdaksi on otettu viimeisimpien vuoden 2020 tutkimusten tulokset, sillä niissä näytesyvytydet ulottuvat aiempia tutkimuksia syvemmälle. Vuoden 2020 tutkimuspisteitä on suunnittelualueella 23 kpl.

Tutkimustulosten perusteella lähes koko tutkittu merenpohja on pinnaltaan meriläjityskelvotonta. Paksuimmillaan meriläjityskelvoton sedimentti on nykyisen venesatama-alueen länsiosalla, jossa viidessä pisteessä haitta-ainepitoisuudet ylittävät ruoppaus- ja läjitysohjeen tason 2 reilun 1,5 m syvyydellä merenpohjan tasosta. Tason 2 ylittäviä haitta-ainepitoisuuksia on määritetty kuparilla

sekä PCB- ja orgaanisilla tinayhdisteillä. Sedimenttitutkimuksissa on arvioitu myös ruoppausmasan eroosioherkkyyttä. Eroosioherkkää sedimenttiä on yhdessä tutkimuspisteessä vielä 1,8...2,4 m syvyyskerroksessa. Alustavien tutkimusten perusteella osa meriläjityskelvottomasta pintasedimentistä voi olla sulfidipitoista rikkihappoa tuottavaa maa-ainesta.

Tässä suunnitelmassa kuorintaruoppauksen syvyys on määritetty 1 m tarkkuudella sedimenttitutkimusraportissa esitettyjen karttojen mukaisesti. Vahanan Environment Oy:n 11.11.2022 laatima merenpohjan sedimentin haitta-ainepitoisuuksien tutkimusraportti on esitetty liitteenä 1.

Jatkosuunnittelussa sedimentin haitta-ainetutkimuksia on syytä täydentää ja suorittaa tutkimus alueittain toteutettavin kokoomanäyttein.

3. GEOTEKNISET TARKASTELUT

3.1 Yleistä

Suunnittelualue on pääosin 1960-luvulla täytettyä merialuetta. Geoteknisesti tarkasteltavia kohtia on maa-alueen rakennettavuus sekä sen jatkaminen meritäytönä. Tulevan meritäytön kohdalta tehdään savikerroksen ruoppaus, mikä vaikuttaa ranta-alueen stabiliteettiin. Toisena tarkasteltavana kohteena on maa-alueella tapahtuva esirakentaminen ja asemakaavaluonnoksen mukaisen tulevan maanpinnan aiheuttama täyttökerroksen alla olevan saven painuma.

3.2 Ranta-alueen stabiliteettitarkastelu

Nykyinen venesatama-alue on rakennettu pääosin merialueen täytön päälle. Täyttömateriaalista ei ole tarkkaa tietoa. Täytön alle on jätetty savikerros. Tämän alueen stabiliteettia on tarkasteltu Slide2 ohjelmistolla. Laskennat on tehty kokonaisvarmuusmenetelmällä ja GLE / Morgenstern-Price menetelmällä. Tarkasteltavia kohtia tässä raportissa on esitettyä seuraavat:

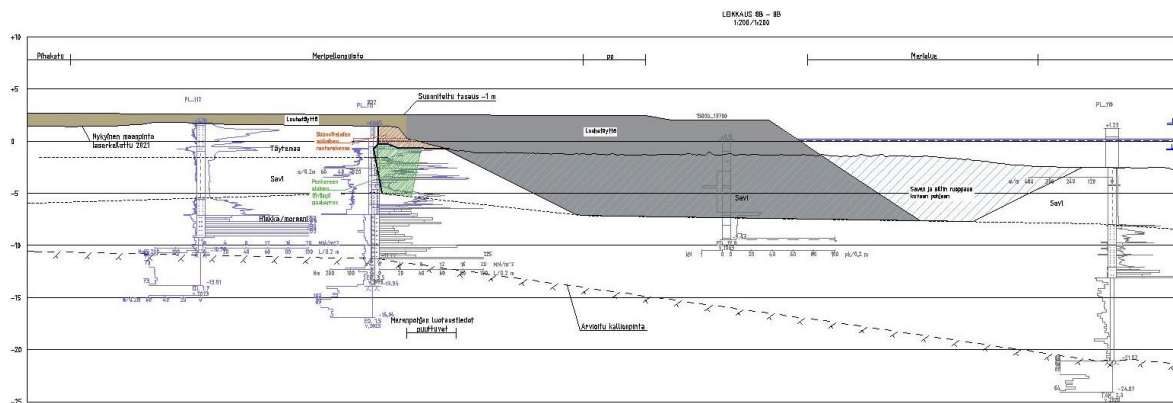
- Leikkaus 8 rantapenger
- Maarlahdenkanava

3.2.1 Ranta-alueen stabiliteetti (Leikkaus 8)

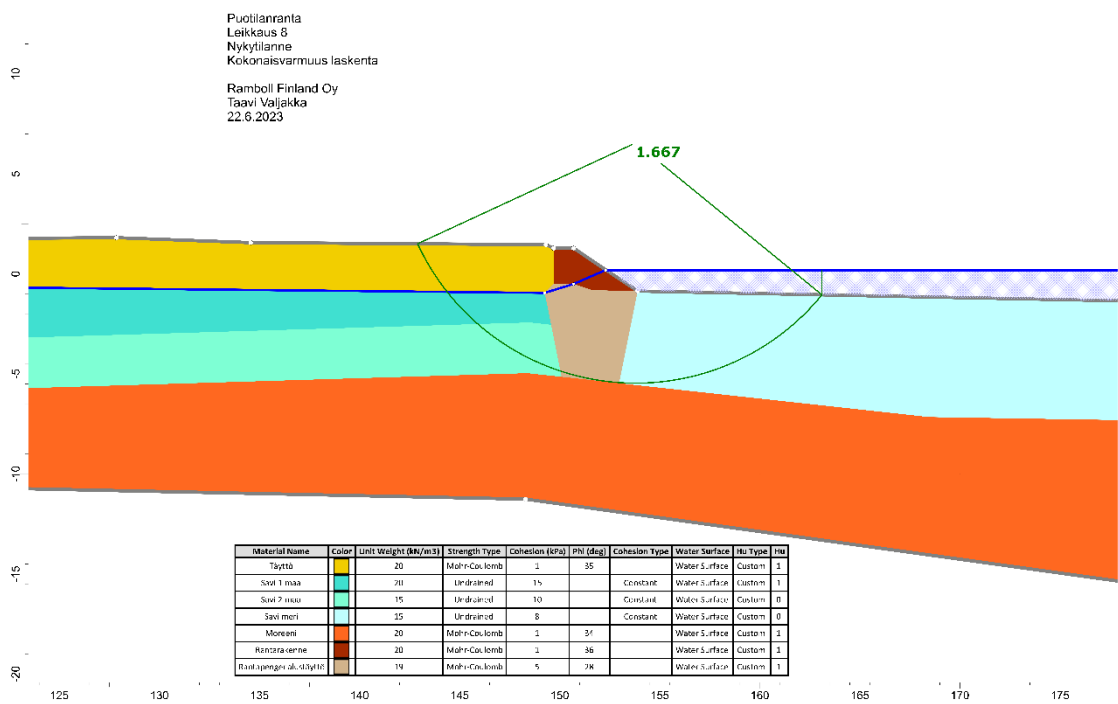
Ranta-alueella maa-alueen laajentamiseen tarvittava saven ruoppaus on tarkasteltu stabiliteetin kannalta ruoppauksen heikentäessä alueen stabiliteettia. Stabiliteettia on tarkasteltu leikkauksesta 8, joka on alustavien tarkastelujen mukaan määrittävä laskentaleikkaus. Sen kohdalta määritettyjä toimenpiteitä (mm. kevennyskaivua) on käytetty koko rannan pituudelta. Kuvassa 3.1 on esitetty leikkaus 8, jossa oranssilla värillä on esitetty kappaleessa 5 esitetty rantarakenteet, sekä vihreällä värillä korostettu rantarakenteen alapuolinen tiiviimpi maakerros. Rantarakenteen alapuolinen tiiviimpi maakerros tulee varmentaa uusien kairausten perusteella.

Lisäksi tässä suunnitelmassa on arvioitu, että noin 25 % rannan pituudelta ruoppaustyövaihe edellyttää erillisen tukiseinän rakentamista laskennallisten liukupintojen katkaisemiseksi. Tukiseinää ei ole tässä suunnitelmassa mitoitettu, mutta kustannus- ja päästölaskelmissa on käytetty keskimäärin 13 m korkeaa ponttiseinää (180 kg/m²), joka on tuettu yläpäästään kallioankkurein (noin 27 m pitkiä, 7 punosta). Tukiseinää voidaan tarvita esimerkiksi, mikäli kevennyskaivua ei voida töiden vaiheistuksen tai työnaikaisten toimintojen vuoksi rantaan toteuttaa tai mikäli Vuosaaren sillan maatuon rakenteet sitä edellyttävät.

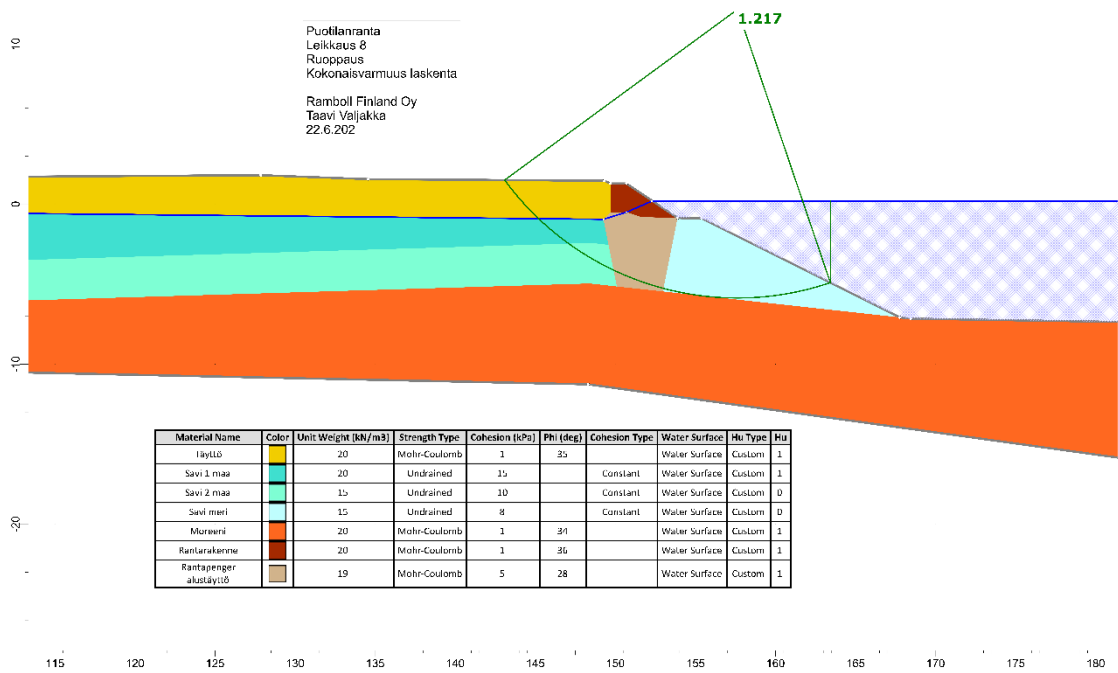
Ranta-alueen stabiliteetti ei ole riittävä ruoppaustyön aikana ja riittävän stabiliteetin saavuttaminen vaatii vakautta parantavia toimenpiteitä. Ennen ruoppauksen toteuttamista tulee ranta-alueella tehdä kevennyskaivu vesirajan syvyyteen noin 8 metriä rannasta. Leikkauksen 8 laskennat on esitetty kuvissa 3.1–3.7.



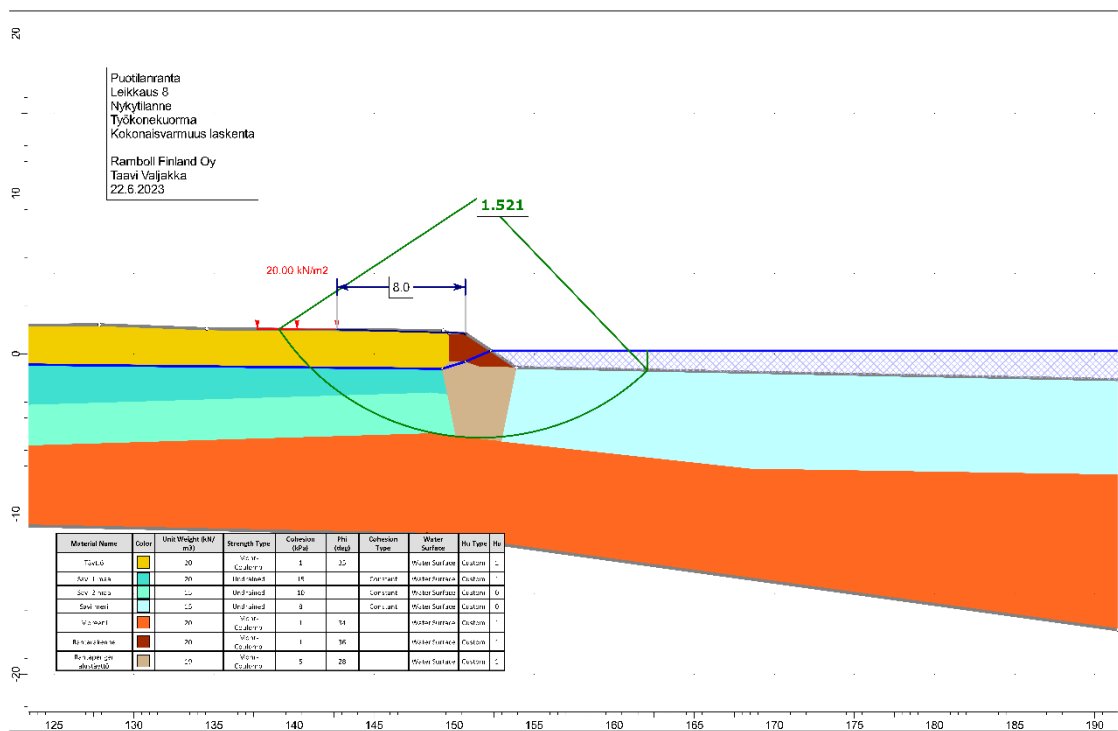
Kuva 3.1 Laskentaleikkaus 8



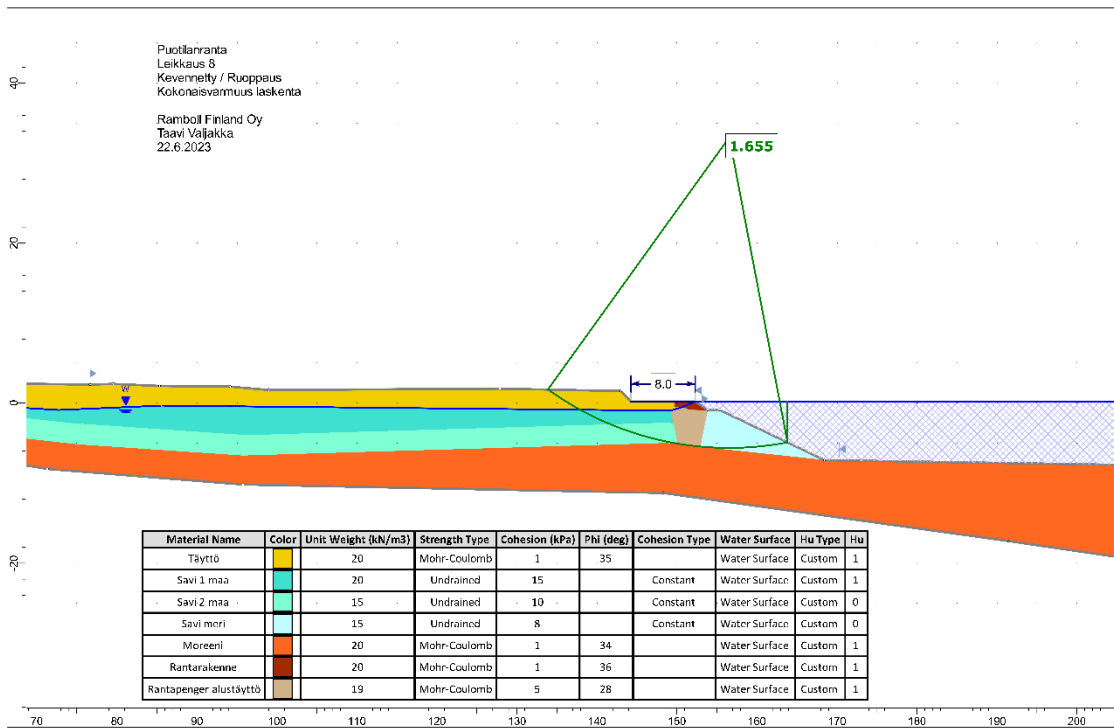
Kuva 3.2 Ranta-alueen stabiileetti, nykytilanne



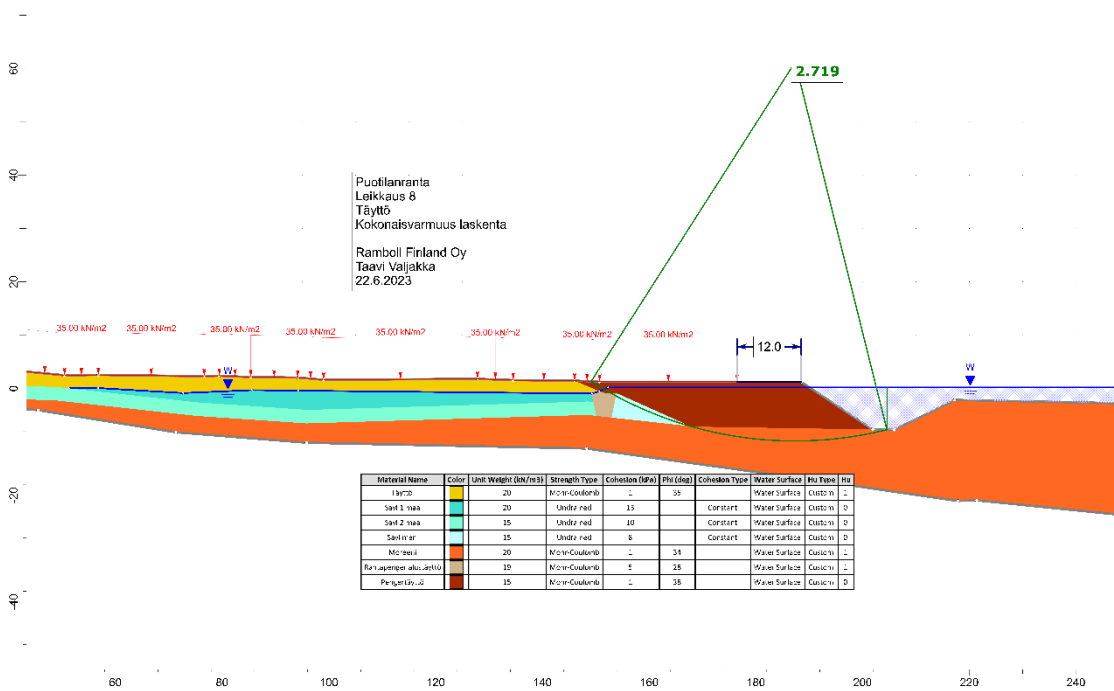
Kuva 3.3 Ranta-alueen stabiliteetti, ruoppaus ilman kevennyskaivua



Kuva 3.4 Ranta-alueen stabiliteetti, työkonekuorma



Kuva 3.5 Ranta-alueen stabiliteetti, Ruoppaus kevennetty



Kuva 3.6 Ranta-alueen stabiliteetti, maa-alueen tuleva täyttö esitetty pintakuormana

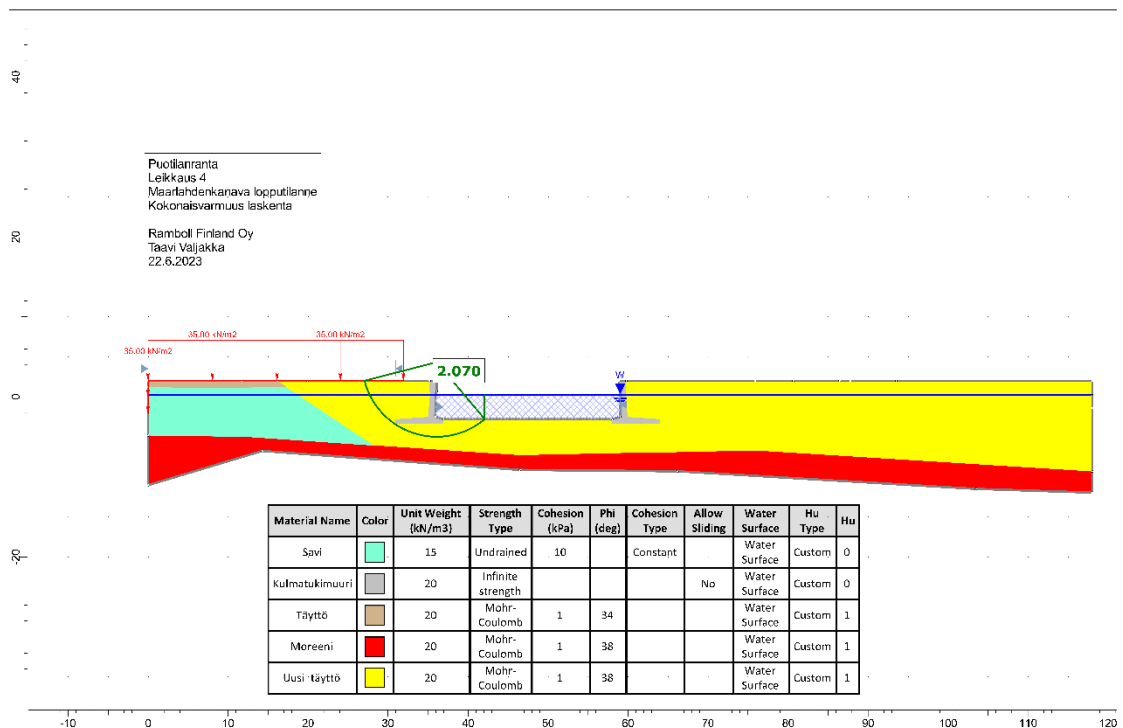
Taulukko 3.1 Ranta-alueen stabiileetti laskennan tulostaulukko

Laskenta tapaus	Vakaus
Nykytilanne	1,68
Nykytilanne, työkuorma	1,52
Ruoppaus, ilman kevennyskaivua	1,22
Ruoppaus, kevennyskaivulla	1,66
Täyttötöön jälkeen	2,72

Stabiileettilaskelmia tulee päivittää myöhemmissä suunnitteluvaiheissa tämän työn aikana käynnissä olleiden pohjatutkimusten tulosten perusteella.

3.2.2 Maarlahden kanavan stabiileetti (Leikkaus 4A)

Maarlahdenkanavan kohdalta on suoritettu stabiileetti tarkastelu, jossa katsottu kanavan riittävä stabiileetti lopputilanteessa. Lopputilanteessa kanavan rantamuurin kohdalle tehdään massanvaihto kovaan pohjaan asti. Kanavan työnaikainen stabiileetti tulee tarkastella jatkosuunnittelun yhteydessä. Maarlahdenkanavan stabiileetti on esitetty kuvassa 3.7.



Kuva 3.7 Maarlahdenkanavan stabiileetti

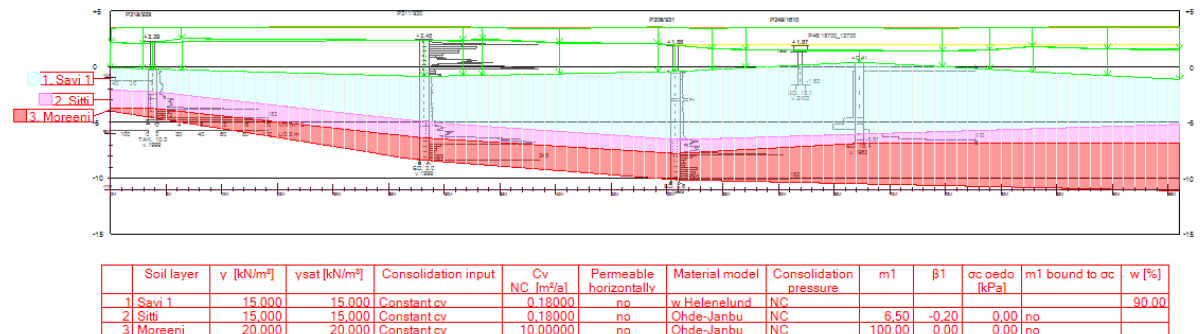
3.3 Maa-alueen painumatarkastelu

3.3.1 Painuma ilman pohjanvahvistuksia

Painuma on arvioitu tulevan tasauksen mukaisella kuormituksella. Laskenta on tehty Helenelundin painumaparametreja käyttäen konservatiivista arvioita, jossa koko savelle on asetettu vesipitoisuus 90 %. Savikerroksen alla olevan moreenin parametrit on määritetty uusien kairausten perusteella. Savikerroksen päällä olevan täytön on arvioitu olevan laskennallisesti painumatonta. 1960-luvulla tehty täyttö on mallinnettu kuormana, joka mallintaa saven aikapainuman 1960-luvulta

2020-luvulle. Tehdyn täytön ja tulevan täytön kuorma on mitoitettu niin, että molempien tilavuuspaino on $20 \text{ kN} / \text{m}^3$. Laskelmat on tehty puutteellisiin pohjatutkimustietoihin perustuen ja laskentaparametreja tulee täsmentää jatkosuunnittelun yhteydessä.

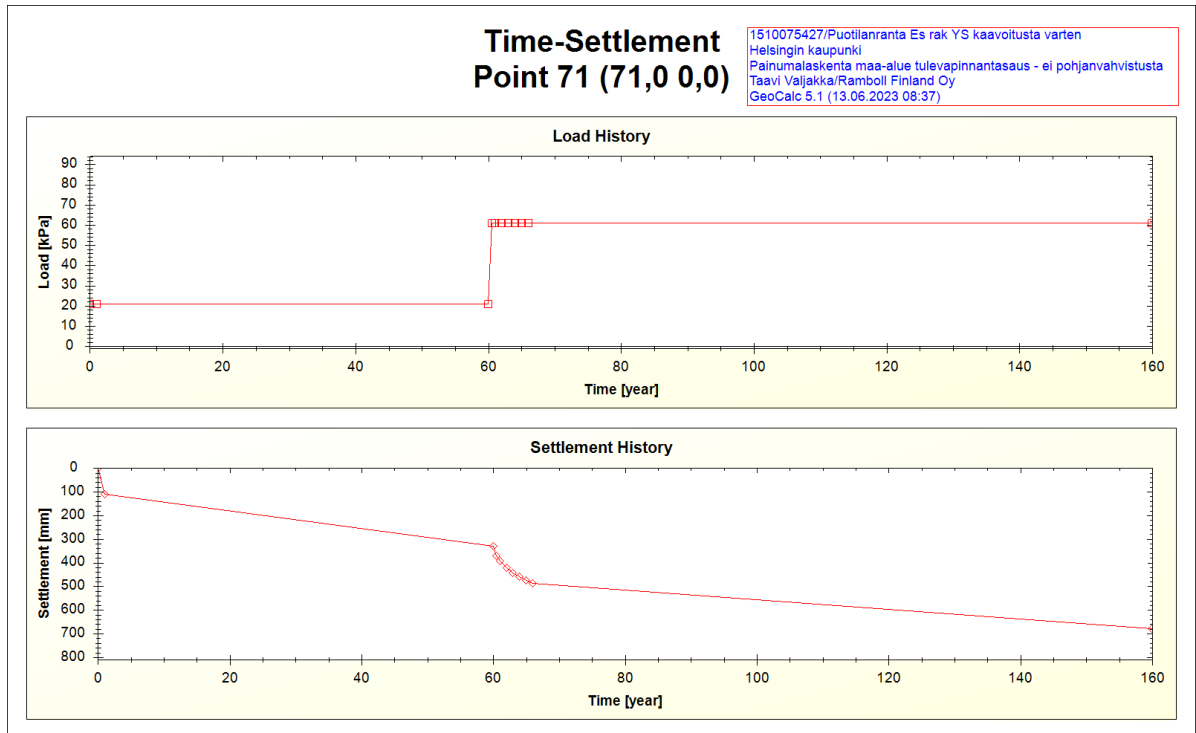
Painumalaskenta on suoritettu vaiheistetusti ottaen huomioon 60 vuoden painuma-aika alueen alkuperäisestä meritäytöstä nykyajanhetkeen. Näin savikerroksen jo tapahtunut painuma otetaan laskennassa huomioon. Kuvassa 3.8 on esitettyä painumalaskenta tulevalle pinnantasaukselle tilanteessa, jossa painumaa vähentäviä esirakentamisen menetelmiä ei ole huomioitu.



Kuva 3.8 Painumalaskentaleikkaus tuleva pinnantasaus

Kuvassa 3.9 esitetyn laskelman perusteella suunnitellun pinnantäytön myötä tapahtuvan painuma on 265 mm. Painuma ylittää katu- ja piha-alueille sekä kunnallistekniikalle asetetut painumakriteerit ja alueella tarvitaan pohjanvahvistusta painumien vähentämiseksi. Painumalaskenta on tehty maa-alueella leikkauksen 8 mukaisesti, niin että alueen eri paksuiset savikot tulevat laskennassa huomioon. Laskennassa maakerroksiksi on mallinnettu moreeni-, silti-, sekä savikerros. Nämä maakerrokset ovat olleet luonnontila 1960-luvulla. Täyttökerros, joka muodostaa tämänhetkisen päällimmäisen maakerroksen, on mallinnettu kuormana, jonka rakennusaika on 1 vuosi. Tulevan pinnantasauksen vaatima maatäyttö on myös mallinnettu kuormana, joka rakennetaan puolessa vuodessa laskenta-ajankohtana 60 vuotta.

Painumatuloksissa on esitetty painumat, jotka tapahtuvat ajanhetkestä 60 vuotta (\approx nykyhetki) eteenpäin. Laskelmissa on esitetty painumat sekä paksuimman savikon kohdalta että ohuen savikon kohdalta. Todellisuudessa savikerroksen ja sen päällä olevan täytön paksuudet vaihtelevat paljon ja alueen painumat ilman pohjanvahvistusta ovat epätasaiset.



Kuva 3.9 Aika-painumakuvaajat, kun täyttö tehdään tulevaan pinnantasaukseen ilman pohjanvahvistusta.

3.3.2 Esikuormitus

Alueen käytönaikaisten painumien pienentämiseksi on tarkasteltu esikuormitusta. Esikuormituksessa rakennetaan esikuormituspenker, jonka yläpinta on tulevaa tasausta korkeammalla, tällöin esikuormitusaikana tapahtuu pääosa painumista. Esikuormituspenkereen mitoituksen lähtökohdaksi on ollut, että esikuormituspenker on +3 metriä tulevasta pinnantasauksesta. Tämän jälkeen esikuormituspenkereen korkeutta on kasvatettu metrillä eri laskentaskenaarioissa. Painumatarkastelusta on näin kirjattu vaadittava esikuormitusaika, jolla käytönaikaiset painumat saadaan poistettua. Esikuormituspenkereiden painuma-aika tulokset ovat esitettyinä alla taulukossa 3.2.

Taulukko 3.2 Esikuormituspenkereen painumalaskenta syvimmän savikon kohdalta

Penkereen korkeus yli tuleva pinnantasaus	3 m	4 m	5 m	6 m	7 m
Penkereen korkeus yli nykyinen maanpinta	4,5 m	5,5 m	6,5 m	7,5 m	8,5 m
Esikuormituspenkereen vaikutusaika	Painumaa jäljellä [mm]				
0,5 vuotta	171	157	144	131	120
1 vuosi	124	103	83	65	47
2 vuotta	88	62	37	14	-8
3 vuotta	58	28	0	-27	
4 vuotta	33	-1	-32		
5 vuotta	11				
6 vuotta	-236				

Taulukossa 3.3 on esitettyä esikuormituspenkereen vaadittavat kuormitusajat. Esikuormitusaika 4,5 metriä korkean penkereen vaikutuksena on 5,5 vuotta, joka on alueen rakentamisen aikataulun kannalta haasteellinen. Jotta esikuormitus on aikataulullisesti järkevä toteuttaa, vaatisi se laskelmien perusteella selkeästi nykyistä pinnantasauksesta korkeammalla olevan penkereen. Esikuormituspenkereen korkeus aiheuttaa myös geoteknisen haasteen stabiliteetin kannalta. Stabiiliteettia ei ole tässä tarkasteltu tässä raportissa.

Painumalaskentaa esikuormituksen osalta on tarkasteltu alueen pohjoisosasta ohuen savikon kohdalta kahdella eri pengerkorkeudella (taulukko 3.2). Esikuormitusaika 3 metriä korkean penkereen vaikutuksena on 1,5 vuotta, joka on alueen rakentamisen aikataulun kannalta teknillistä-loudellisesti mahdollinen pohjanvahvistustapa.

Taulukko 3.3 Esikuormituspenkereen painumalaskenta suunnittelualueen pohjoisosasta (savikon paksuus 2 m)

Penkereen korkeus yli tuleva pinnantasaus	3 m	4 m
Penkereen korkeus yli nykyinen maanpinta	4,5 m	5,5 m
Esikuormituspenkereen vaikutusaika	Painumaa jäljellä [mm]	
0,5 vuotta	62	49
1 vuosi	28	9
2 vuotta	-16	-42

3.3.3 Esikuormitus + kevennys

Esikuormituksen lisäksi on tarkasteltu vaihtoehtoa, jossa esikuormituksen jälkeisiä painumia pienennetään tekemällä kevennystäyttöä. Laskenta on mitoitettu niin, että tulevasta täytöstä osa on mitoitettu olemaan kevennettyä täyttöä vaahtolasin parametrejä käyttäen. Vaahtolasin tilavuuspainona on käytetty 4 kN / m³ (Liikennevirasto 2011). Taulukossa 3.4 on esitettyä painumalaskennan tulokset vaadittavalle esikuormitusajalle, kun tulevassa pinnantasauksessa on huomioituna 1 metrin paksuinen kevennyskerros.

Taulukko 3.4 Esikuormituspenkereen ja 1 metrin vaahtolasikevennyksen painumalaskenta

Penkereen korkeus yli tulevan pinnantasaus	3m	4m	5m
Penkereen korkeus yli nykyinen maanpinta	4,5m	5,5m	6,5m
Esikuormituspenkereen vaikutusaika	Painumaa jäljellä		
0,5 vuotta	132	122	114
1 vuosi	98	84	71
2 vuotta	51	30	10
3 vuotta	15	-12	-36
4 vuotta	-15		

Taulukon 3.4 perusteella käyttämällä kevennystäyttöä voidaan esikuormitusaikaa 3 m esikuormituspenkereen tapauksessa vähentää 5,5 vuodesta noin 3,5 vuoteen. Vastaavasti 5 m korkealla esikuormituspenkereellä kevennystä hyödyntäen esikuormitusaika olisi noin 2,5 vuotta.

3.3.4 Yhteenveto painumalaskelmista

Kappaleissa 3.3.2 ja 3.3.3 esitetyt esikuormitusajat paksun savikon alueella ovat pitkiä alueen rakentaminen/väliaikaiskäyttö huomioiden. Myös esikuormituspengermassojen saatavuus voi olla haaste, etenkin suuremmilla pengerkorkeuksilla.

Esikuormituksen haasteena on myös se, että esikuormituksen onnistuminen voidaan varmentaa vain huolellisella painumaseurannalla. Tarvittava esikuormitusaika voi olla todellisuudessa laskennallista aikaa pidempi tai esikuormituksen jälkeen saatetaan tarvita paikoin paksumpia kevennys-täyttöjä, jotta käytönaikaiset painumat saadaan riittävän pieniksi.

Painumien kannalta varma pohjarakennusmenetelmä on perustaa kadut ja kunnallistekniikka paalulaatalle. Syvästabilointi ei tule kyseeseen pohjanvahvistusmenetelmänä alueella olevan täytön vuoksi, täyttö on voinut paikoin sekoittua savikerrokseen, mikä tekee stabilointityöstä mahdotonta tai stabilointia edeltävästä täytön massanvaihdosta taloudellisesti kannattamatonta.

Piha-alueilla esikuormitus on teknisesti mahdollinen esirakentamistapa siellä, missä täytön alla oleva savikerros on noin enimmillään n. 2 m paksu. Esikuormitusaika on laskennallisesti noin 1,5 vuotta, kun esikuormituspenkereen korkeus on 3 m tulevan tasauksen yläpuolella. Esikuormitus mahdollistaa piha-alueilla myös painumaherkkien päällysteiden (kiveys, laatoitus, asfaltointi) tekemisen. Esikuormitus voi kuitenkin olla aikataulullisesti hankala toteuttaa ja edellyttää myös tonttikohtaiset stabiliteettitarkastelut.

Pihat esitetään perustettavaksi paalulaatalle. Jatkosuunnittelun yhteydessä tarkennetaan perustamistapoja tonttikohtaisesti. Alueet, joissa sallitaan painumia ja hyväksytään kunnossapidon tarve (=istutus-/viheralueet), voi maanvarainen perustaminen tai kevennys-täyttöjen tekeminen olla mahdollista.

4. ESIRAKENTAMINEN

4.1 Yleistä

Esirakentamisella tarkoitetaan tässä kohteessa seuraavia rakentamistoimenpiteitä:

- Merialueen täyttö ja sen edellyttämä ruoppaus
- Maa-alueen tulevan tasauksen edellyttämä kaivu ja täyttö tasoon alustava karkea tsv -1 m tai vähintään +2,0
- Maa-alueen massanvaihto
- Maa-alueen pohjan vahvistus dynaamisella tai staattisella menetelmällä
- Katu- ja kunnallistekniikan edellyttämien paalulaattojen rakentaminen

4.2 Ruoppaus

Lähtökohtana on, että mereen läjityskelvoton merenpohjan pintakerros kuorintaruopataan ja sijoitetaan maalle erillisenä työvaiheena ennen meriläjityskelpoisen saven ja siltin ruoppausta. Meriläjityskelpoisuuteen vaikuttaa suoraan ruoppausmassan haitta-ainepitoisuus eli ruoppaus ja läjitysohjeen mukaisella tasolla 2 olevat massa eivät ole meriläjityskelpoisia. Matalampikin tason 1C pitoisuus voi johtaa meriläjityskelvottomuuteen, mikäli ruoppausmassa on eroosioherkkää.

Kuorintaruoppaus suoritetaan suljettavalla kahmari- tai kuokkakauhalla, jolla työskentely vähentää haitta-ainepitoisen pintasedimentin leviämistä ympäristöön. Tässä suunnitelmassa haitta-ainepitoisen sedimentin määrän arviointiin oli käytettävissä ensimmäisen tutkimuskierroksen yksittäisten tutkimuspisteiden tulokset. Tästä syystä määräarvio on vielä toistaiseksi karkea. Kuorittavan ja maalle sijoitettavan sedimentin määräarvio tulee tarkentumaan myöhemmin täydentyvien kokoomanäytteisiin perustuvien sedimenttitutkimusten perusteella. Kuorittavat pintasedimentit sijoitetaan jollekin rakentamisen aikana käytössä olevalle kierrätyskentälle, jossa on sedimenttien varastointia varten rakennetut altaat (tätä kirjoitettaessa esim. Hernesaari tai Kalasatama). Maalle

nostettaessa ja kuivuessaan sedimentti voi tuottaa happamia yhdisteitä, mikä on huomioitava sedimentin varastoinnissa ja jatkokäsittelyssä.

Kuorintaruoppauksen jälkeen toteutettava savi- ja silttikerroksen ruoppaus on ulotettu kantavaan maakerrokseen ("kovaan pohjaan") asti. Ruoppauslaajuus on määritetty meritäytön laajuuden mukaan huomioiden rantamuurirakenteen sekä veneiden nosto ja huoltolaiturin edellyttämä laajuuden lisäys. Ruoppausluiska rajautuu nykyiseen täyttöluiskaan.

Mereen sijoituskelpoisia ruoppausmassoja varten Helsingin kaupungilla on tällä hetkellä käytössä kaksi ruoppausmassojen meriläjitysalueita: Lokkiluoto ja Koirasaarenluodot. Näistä alueista Koirasaarenluodoilla on todennäköisesti vielä läjityskapasiteettia Yliskylänlahden esirakentamisen käynnistyessä. Tällä hetkellä Koirasaarenluotojen alueelle on haettu uutta vesilupaa 31.12.2025 umpeutuvan läjitystoiminnan jatkamiseksi.

Ruoppaustyönä aikana osalla ranta-alueita on tarpeen tehdä kevennyskaivua ruoppaustyön aikaisen rannan stabiliteetin varmistamiseksi. Lisäksi tässä suunnitelmassa on esitetty 25 % nykyisen rantaviivan pituudesta tuettavaksi tilapäisellä tukiseinällä. Kevennyskaivusta ja tukiseinästä on kerrottu tarkemmin kappaleessa 3.2.1.

Ruoppausmassojen määrät ranta-alueen ja saaren osalta on esitetty taulukossa 4.1.

Taulukko 4.1 Ranta-alueen ja saaren ruoppausmassojen määrät (m³ktr).

	Kuorintaruoppaus	Saven/siltin ruoppaus
Ranta-alue	65 000	140 000
Saari	35 000	210 000
Optio ranta-alueen luiskan loivennus	+ 2 500	16 000

Kuorintaruopattavat alueet on esitetty piirustuksessa -02 ja ruoppausalue piirustuksessa -03.

4.3 Merialueen täyttö

Merialueen täyttö tehdään lähtökohtaisesti roskattomalla louheella ja ulotetaan kovaan pohjaan. Suunnitelmissa esitetty täytön luiskakaltevuus on esirakentamisvaiheessa 1:1,5. Ranta-alueiden louhetäyttö on suunniteltu tehtäväksi esirakentamisvaiheessa tasoon +2,0. Lopputilanteessa täyttöalueiden tasaus rakennetaan myöhemmin tarkentuvien ranta-alueen suunnitelmien mukaisiin korkoasemiin.

Kanavan rantamuurin sekä veneiden nosto- ja huoltolaiturin kohdalla merialueen täyttö tehdään esirakennusvaiheessa hieman lopullista rantaviivaa laajempaan merialueelle päin, jotta täytön varaan perustettavan rantamuuri- ja laiturirakenteen maapohja saadaan asianmukaisesti syvätiivistettyä.

Tässä suunnitelmassa tarkasteltiin alustavasti myös mahdollisuutta toteuttaa mereen rajautuva täyttöluiska suunnitelmapiirustuksissa esitettyä kaltevuutta 1:1,5 huomattavasti loivempaan 1:5 kaltevuutena. Loivana luiskana on tarkasteltu tilannetta, jossa täyttöluiska tehdään loivassa 1:5 kaltevuudessa noin tasolle -2,5 (noin nykyisen merenpohjan tasolle) ja siitä eteenpäin 1:1,5 kaltevuudessa kovaan pohjaan.

Louheesta tehtävän esirakentamisvaiheen meritäytön määrät on esitetty taulukossa 4.2.

Taulukko 4.2 Ranta-alueen ja saaren meritäyttömassojen määrät (m³rtr).

	Meritäyttö
Ranta-alue	350 000
Saari	220 000
Optio ranta-alueen luiskan loivennus	+ 20 000

Meritäyttöalue on esitetty piirustuksessa -04.

4.4 Syvätiivistys

Merialueelle tehtävät louhetäytöt suositellaan syvätiivistettäväksi. Syvätiivistys pienentää täytössä olevia tyhjätiloja ja siten vähentää alueen käytönaikaisia painumia. Lisäksi ranta-alueen tiivistys vähentää eroosiota.

Syvätiivistystä ei suositella ulotettavaksi nykyiseen rantaviivaan asti, ranta-alueella täytön alle saattaa jäädä savikerroksia.

Kohteessa syvätiivistettävän louhekerroksen paksuus on enimmillään noin 8 m. Soveltuvia syvätiivistysmenetelmiä ovat mm. pudotustiivistys ja RIC -tiivistus (Rapid impact compaction, nopeakutiivistys). Pudotustiivistyksessä vaihtoehtoisena tapana ristikkopuominosturiin vaijerilla kiinnitetulle pudotusjärkälle voi olla pudotustiivistyslaite, jossa on kiinteä 10 m pudotuskorkeus 10 tn järkälleellä.

Syvätiivistyksestä aiheutuu tärinää, mikä tulee huomioida etenkin, mikäli aluetta on tarkoitus toteuttaa vaiheittain. Kaupunkiympäristössä tiivistystä tulisi tehdä ohjeellisesti siten, että lähimpiin rakennuksiin on vähintään 50 m etäisyys ja rakenteisiin 30 m.

Syvätiivistettävät alueet on esitetty perustamistapakartalla -05.

4.5 Maaleikkaukset ja täytöt

Alueen muuttuvan maankäytön myötä maastonmuotoilu muuttuu alueella. Rantaviiva siirtyy rannasta merelle, sekä nykyisen venesataman pinnantasausta korotetaan 1,3...1,5 metriä nykyisestä pinnantasauksesta. Länsireunassa olevan purouoman alueella tullaan tekemään maastonmuotoilua, sekä suunnitellun Juorumäenkadun kohdalla maaleikkausta.

Alueen kaakkoisosaan rakennetaan Maarlahdenkanava. Kanava sijoittuu osittain nykyiselle maa-alueelle ja osittain nykyiselle merialueelle. Kanava on suunniteltu vesisyvyyteen, joka mahdollistaa pienten veneiden kulun.

Meritäyttöjen edellyttämien ruoppausten tekeminen ei ole laskelmien perusteella mahdollista tehdä turvallisesti ilman stabiliteettia parantavia toimenpiteitä. Suunnitelmassa on esitetty stabiliteettia parantavana toimenpiteenä rantapenkereen kevennyskaivua, joka on tehtävä ennen ruoppaustyövaihetta. Lisäksi on arvioitu, että noin 25 % nykyisen rantalinjan pituudelle tarvitaan tukiseinää varmistamaan stabiliteettia. Pitkän rantalinjan lisäksi tukiseinää voi tulla kyseeseen esimerkiksi Vuosaarensillan rakenteiden läheisyydessä suunnittelualueen itäreunalla.

Tässä työssä on tarkasteltu esirakentamisen massoja seuraavien periaatteiden mukaisesti:

- kaivu-/täyttötasot on katualueella 1 m tulevan tasauksen alapuolella
- korttelialueilla esirakentamisen taso on 1 m tulevan tasauksen alapuolella
- Merialueella esirakentamisen taso on +2.

Maaleikkausten ja täyttöjen laajuudet ja massamäärät on esitetty piirustuksissa -03 ja -04.

4.6 Maa-alueen esirakentaminen

Maa-alueella voidaan tehdä esirakentamista esikuormittamalla alueita, joissa savikerroksen paksuus on enimmillään 2 m. Esikuormituspenkereen korkeudeksi esitetään 3 m tulevan tasauksen yläpuolella, jolloin esikuormitusaika on 1,5 vuotta.

Esikuormitettavat alueet on esitetty kartalla piirustuksissa -05.

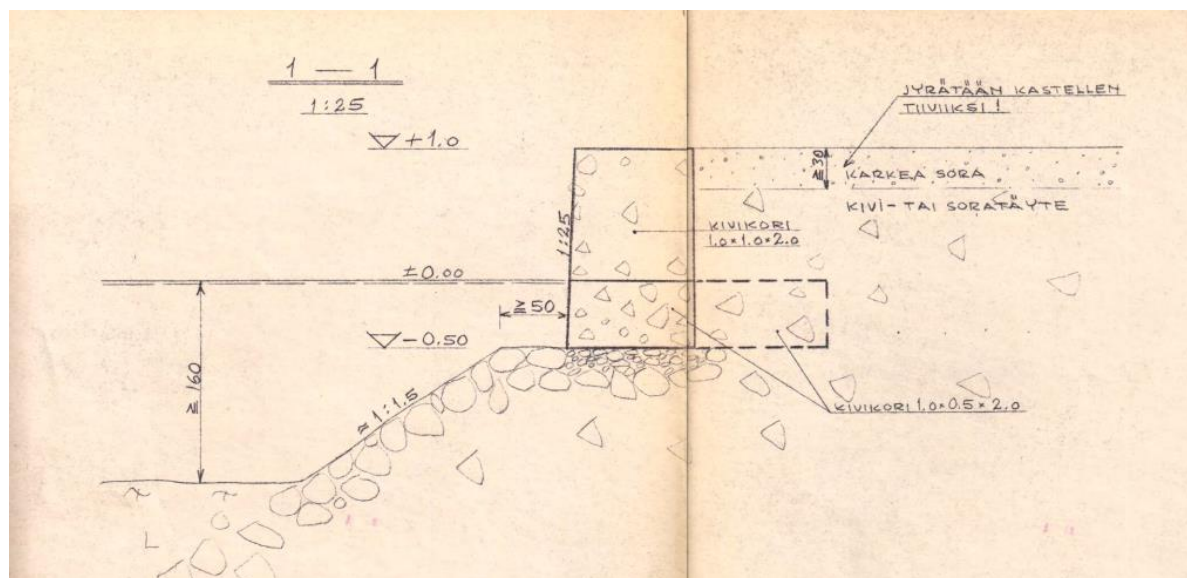
4.7 Esirakentamisen vaiheistus

Esirakentaminen aloitetaan nykyisten veneluiskarakenteiden ja veneiden nosto-, lastaus- ja huoltolaiturin purkamisella sekä ruoppausta varten tehtävällä ranta-alueen kevennyskaivulla. Tämän jälkeen tehdään merialueen ruoppaukset sekä täytöt. Samanaikaisesti alueella voidaan tehdä maaleikkauksia. Ruoppauksen jälkeen alueen itäosalla tulevan kanavan alueella ruopattua aluetta jatketaan maalle päin massan vaihdon kaivulla. Kaivun jälkeen kaivettu ja ruopattu alue voidaan täyttää kanavan rakenteiden edellyttämään esirakentamisen laajuuteen. Täyttöjen valmistuttua pääosa meritäyttöalueesta ja kanavan muurirakenteiden alue syvätiivistetään esimerkiksi pudostiivistysmenetelmällä.

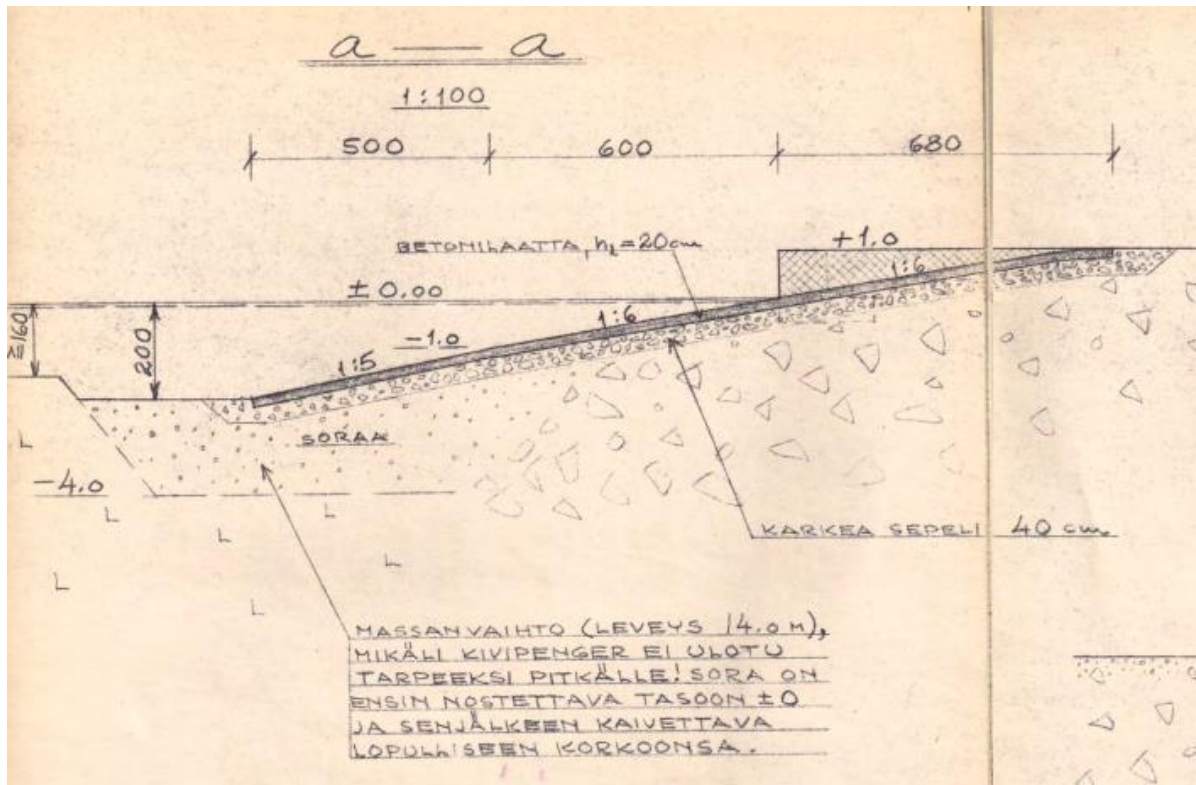
5. RANTARAKENTEET

5.1 Nykyiset rantarakenteet

Ranta-alueen rakentaminen venesataman tarpeisiin on aloitettu laajemmin 1960-luvulla. Tätä ennen alueen itäosalla oli noin 50 m pitkä pääosin kiinteä laituri, jonka molemmin puolin oli venepaikkoja. Tämän laiturin jäänteitä on edelleen nähtävissä Vuosaaren sillan läheisyydessä. Rantaan vuonna 1968 suunniteltu kivikorirakenteinen rantamuuri ja veneluiskat on toteutettu vuosien 1968...1969 aikana. Kivikorirakenteisen rantaosuuden pituus on yhteensä noin 450 m ja sillä on 3 veneluiskaa. Otteet kivikorirakenteen ja veneluiskan suunnitelmasta on esitetty kuvissa 5.1 ja 5.2.



Kuva 5.1: Ote kivikorirakenteen suunnitelmasta vuodelta 1968. Rakenteen pituus satamassa yhteensä noin 450 jm ja sitä on korjattu vuosina 2012...2013.



Kuva 5.2: Ote veneluiskien suunnitelmasta vuodelta 1968. Satamassa on yhteensä 3 veneluiskaa.

Kivikorirakenteen valmistuttua merialueen täyttöä on jatkettu alueen länsiosalla noin 70 m länteen päin nykyiseen avouomaiseen puroon saakka. Samalla tälle täyttöalueelle on rakennettu kiinteä veneiden nosto-, lastaus- ja huoltolaituri. Laiturin rakenteesta ei löytynyt suunnitelmapiirustuksia. Alueella tehdyn maastokäynnin perusteella laituri on merialueen puoleiselta osaltaan massiivisten teräsbetonipaalujen varaan perustettu paalulaituri, jonka asfaltilla päällystetty teräsbetonikansi tukeutuu maan puolella kasuunimaisiin betonirakenteisiin. Valokuva laiturista on esitetty kuvassa 5.3.



Kuva 5.3: Veneiden nosto-, lastaus- ja huoltolaituri mereltä maalle päin kuvattuna 13.5.2023. Kuvan vasemmassa reunassa näkyy laiturilla oleva septitankin tyhjennyslaitteisto. Venesataman palveluihin kuuluu myös veneiden polttoaineen jakelu, jonka laitteisto on sataman itäreunalla.

Venesataman kivikorirakennetta on korjattu rakenteessa havaitun vaurion seurauksena ensin vuonna 2012 noin 75 m pituiselta matkalta ja sen jälkeen seuraavana vuonna koko pituudeltaan. Korjausmenetelmänä oli kivikorirakenneteen merenpuoleisesta reunasta alkava rakennetta tukeva

louhetäyttöluiska merialueen suuntaan. Rakennetta on jo ennen tätä korjattu ruiskubetonoimalla rakenteen merenpuoleinen seinämä. Kuvassa 5.4 korjattua kivikorirakennetta.



Kuva 5.4: Louhe/sepelitukitäytöllä korjattua kivikorirakennetta 13.5.2023. Kivikorin merenpuoleisessa pinnassa näkyy aikoinaan korjaustoimenpiteenä tehty ruiskubetonointi.

Nykyisen veneiden nosto-, lastaus ja huoltolaiturin veneluiskien betonirakenteet sekä polttoaineen-jakelulaituri sen ympäristön betonirakenteet esitetään purettavaksi.

5.2 Suunnitellut rantarakenteet

Rantarakenteina suunnitelmissa esitetään pystysuoraa rantamuurirakennetta Maarlahden kanavan molemmin puolin sekä saaren etelärannalle. Suunnitellun venesataman länsireunalle esitetään veneiden nosto- ja huoltolaituria ja ranta-alueen itäreunaan yhteysaluslaituria. Muilta osin rantarakenteeksi on esitetty kiviverhouksella eroosiolta suojattua rantaluiskaa.

Rantamuurirakenne ja laiturirakenteet ovat tässä suunnitelmassa molemmat kulmatukimuurirakenteisia. Rakenne muodostuu syvätiivistetyn meritäytön varaan asennetuista kulmatukimuurielementeistä ja niiden yläosaan valetusta yhtenäisestä reunamuurista. Rakenne on muihin pystysuoriin rakenteisiin verrattuna yksinkertainen ja edullinen rakentaa sekä edullinen ylläpitää, mutta edellyttää kantavaa pohjamaata alleen.

Teräsbetoniset kulmatukimuurielementit asennetaan syvätiivistettyyn louhetäyttöön kaivettuun ja murskeella tasattuun asennuskaivantoon. Asennuksen jälkeen elementtien tausta täytetään ja kun arvioidaan, että elementtien mahdollista pientä liikettä toistensa suhteen ei enää tapahdu, valetaan elementtien yläreunaan yhtenäinen teräsbetoninen reunapalkki.

Suunnitellut rantarakenteet on esitetty piirustuksissa -04.

Kiinteiden rantarakenteiden lisäksi suunnittelun lähtökohtana oli kelluvilla ponttonilaitureilla toteutettu Puotilan venesatama sekä pienempi saareen sijoittuva venesatama. Puotilan venesatamassa huoltolaiturina toimivan ponttonilaiturin kannen leveydeksi esitetään 4 m ja muualla venesatamassa noin 2,5 m. Saaren venesataman ponttonilaiturin kannen leveydeksi esitetään noin 2,5 m. Ponttonilaituri ovat teräsbetonirunkoisia massiiviponttoneja, jotka muodostuvat toisiinsa liitetyistä ja pohjaan ankkuroiduista 10...20 m pitkistä ponttonielementeistä. Venepaikat varustetaan aisakiinnityksin.

6. RAKENNUSTEN JA YLEISTEN ALUEIDEN PERUSTAMISTAVAT

6.1 Yleistä

Alueen pohjasuhteet ovat vaihtelevat ja rakentaminen alueella edellyttää pohjanvahvistuksia sekä paaluperustuksia.

Eri perustamistapa-alueet on esitetty piirustuksessa -05. Alueelle tulee jatkosuunnittelun yhteydessä tehdä lisää pohjatutkimuksia ja niiden perusteella tarkennetaan perustamistapoja.

6.2 Rakennukset

Alueen maaperä on kauttaaltaan täyttömaata ja paikoitellen täytteen alle on jätetty merenpohjan savikerros. Rakennukset tulee perustaa paaluilla.

Nykyisen veneiden säilytysalueen kohdalla käytettäväksi paalutyypiksi on soveltuvat lyötävät teräsbetonipaalut. TB-paalujen käyttö edellyttää pintaosan täytön poistoa tai esireiän tekemistä. Uusien täyttöalueiden (louhetäyttö) sekä nykyisen täytön reunapenkereen kohdalla soveltuva paalutyyppi on porapaalu, jolla voidaan läpäistä myös lohkareinen täyttö. Mikäli uusien täyttöjen alueella halutaan mahdollistaa lyöntipaalujen (teräksinen lyöntipaalu) käyttö, tulee täytöissä käytettävän louheen maksimirakoon olla 150 mm.

Meritäyttöalueella (saaren alue) voi olla mahdollista matalien (1...5 krs) rakennusten perustaminen maanvaraisesti syvätiivistetyn ja esikuormitetun maan varaan. Mikäli maanvaraiseen perustamiseen päädytään, tulee esikuormitus suunnitella rakennuskohtaisesti. Mikäli esirakentamisessa halutaan mahdollistaa rakennusten maanvarainen perustaminen, olisi louheen hyvä olla raekooltaan suurempaa kuin läpipaalutusvaihtoehdossa.

Mikäli alueella tehdään pihakannen alapuolista pysäköintiä, tulee pysäköintitasojen lattiat tehdä kantavina rakenteina. Tason +3,44 alapuolella rakenteet tulee tehdä vesitiiviinä (vedenpaine-eristys). Taso +3,44 on Puotilanrannan alueelle määritelty turvallinen rakentamiskorkeus vuodelle 2100.

6.3 Kadut ja yleiset alueet

Kadut ja aukiot suositellaan perustettavaksi paalulaatalla suurten painumien sekä esikuormitukseen liittyvien aikataulutekijöiden vuosi. Alueilla, missä täytön alla olevan savikerroksen paksuus

on alle 2 m, voidaan katualueille tehdä esikuormitus ja perustaa sen jälkeen kadut ja kunnallistekniikka maanvaraisesti.

Tulevan meritäytön (louhetäyttö) alueella kadut, kunnallistekniikka ja yleiset alueet voidaan perustaa maanvaraisesti.

Pohjanvahvistettavat alueet on esitetty piirustuksessa -05.

7. HIILIJALANJÄLKITARKASTELU

7.1 Tausta

Helsingin tavoitteena on olla hiilineutraali vuoteen 2030 mennessä. Hiilineutraali kaupunki aiheuttaa vuodessa vain sen verran kasvihuonekaasupäästöjä kuin niitä pystytään sitomaan. Helsinki on pyrkinyt ratkaisemaan asiaa mm. edistämällä ilmastomyönteisten alueiden syntymistä useilla eri keinoilla, kuten alueellisilla kehityshankkeilla.

Rakennetulla ympäristöllä on merkittävä rooli ilmastomuutoksen hillinnässä. Rakennetun ympäristön hiilijalanjälki muodostaa noin kolmanneksen Suomen kasvihuonekaasupäästöistä (RT, 2020). Merkittävä osa rakennetun ympäristön hiilijalanjäljestä muodostuu rakennusten käytön aikaisesta energiankulutuksesta. Infrarakentamisen osalta rakennusmateriaalit puolestaan muodostavat hankkeiden hiilijalanjäljestä suurimman osan. Useat infrahankkeiden keskeiset rakennusmateriaalit ovat päästöintensiivisiä joko niiden valmistuksen (esim. sementti, teräs, betoni, asfaltti) tai suurten kuljetusmäärien takia (maa- ja kiviainekset).

Kestävien ja vähäpäästöisten ratkaisujen pohjaksi tarvitaan tietoa infrarakentamisen päästöistä. Päästölaskennan avulla voidaan tuottaa konkreettista tietoa infrahankkeiden ilmastovaikutuksista sekä vertailla vaihtoehtoisten ratkaisujen ja materiaalien vaikutusta hankkeen kokonaispäästöihin. Tätä tietoa voidaan käyttää päätöksenteon tukena suunnittelussa.

7.2 Laskennan lähtötiedot

Rakentamisen aikaisten päästöjen laskenta perustuu esirakentamisen ja ranta-alueiden yleissuunnittelun aikana tuotettuun määrätietoon. Laskentaan sisällytettiin merkittävimmät maa- ja pohjarakentamisen rakennusosat, kuten merialueen ruoppaus ja täyttö, maa-alueen kaivu ja täyttö sekä rakennusten pohjarakenteet.

Materiaalien tuotannon ja työkalujen päästöarvojen lähteenä on käytetty SYKE:n rakentamisen infrarakentamisen päästötietokantaa. Päästölaskennassa huomioon otavat materiaalien kuljetusmatkat perustuvat oletuksiin toteutuvista kuljetusmatkoista ko. hankkeella. Työvaiheiden päästöjen arvioinnissa huomioitiin InfraRYL:ssä esitetyt toimenpiteet (tiivistys, kaivu, kuormausta jne.) jokaiselle litteralle. Työkalujen työsaavutusten lähteenä on käytetty Ihku-laskentapalvelun tietoja.

Kuljetusmatkoja arvioitiin seuraavanlaisesti laskentaa varten:

- Ruoppausmassojen proomukuljetus 20 km (keskiarvoetäisyys välillä Puotilanranta-Koira-saarenluoto ja Puotilanranta-Lokkiluoto)
- Haitta-ainepitoinen sedimentti 50 km (etäisyys välillä Puotilanranta-Mäntsälän Ohkolan NCC:n maa-ainesten vastaanottopaikka)
- Vaahtolasimurske 130 km (etäisyys välillä Uusioaines Oy:n tehdas Jokioisissa-Puotilanranta)
- Meritäyttöön ja esikuormituspenkereeseen käytettävä louhe 10 km (arvio Helsingin kaupungin sisäisestä kuljetusetäisyydestä)
- Muut rakennusmateriaalit 20 km (oletusetäisyys pääkaupunkiseudulla)

7.3 Menetelmän kuvaus

Tarkasteluun valittujen hankkeiden rakentamisesta aiheutuvien hiilidioksidipäästöjen laskenta suoritettiin Rambollin Zeroinfra -päästösuunnittelukonseptin mukaisesti. Laskentaparametrina käytetään hiilidioksidiekvivalenttia (CO₂ ekv.), joka on kasvihuonekaasujen yhteismitta kuvaten merkittävimpien kasvihuonekaasujen ilmastoa lämmittävää vaikutusta. Eri kaasujen vaikutus huomioidaan hiilidioksidiekvivalentissa lämmityspotentialikertoimien avulla.

Päästölaskenta noudattaa CEN/TC 350-standardipaketin (*Sustainability of construction works*) standardeja. Puitestandardin EN 15643-5 (*Assessment of building and Civil Engineering Works - Part 5: Framework for the assessment of sustainability performance*) mukaan infrarakenteiden elinkaari muodostuu tuotevaiheesta (A1-A3), rakentamisesta (A4-A5), käyttövaiheesta (B1-B8) ja elinkaaren lopusta (C1-C4) (Kuva 7.1). Infrarakentamisen laskenta rajattiin elinkaaren **vaiheeseen A (rakentaminen)**. Rakentamisen päästölaskenta ei sisällä standardin vaiheita B (Use stage) ja C (End of life stage).

Infrarakentamisen elinkaaren aikaisiin päästöihin voidaan tehokkaimmin vaikuttaa rakentamisvaiheessa A, minkä vuoksi tässä selvityksessä on keskitytty ko. vaiheen päästöihin. Rakentamisvaiheeseen sisällytetään sekä suunnitteluvaihe että itse rakentamistoiminta. Infrarakenteiden käytön energiankäyttöä (liikenne, siirretty vesi, siirretty energia) ei lasketa rakenteen energiankäyttöön. Infrarakenteiden ylläpito ja korjaustoimenpiteistä aiheutuva energian kulutus kohdistetaan itse rakenteelle, mutta tätä energiankulutusta ei ole tilastoitu kattavasti (RT 2020).

On kuitenkin huomattava, että vaiheessa A tehdyt ratkaisut vaikuttavat myös vaiheisiin B ja C, sillä materiaaleilla on erilaiset tekniset ominaisuudet, jotka edelleen taas vaikuttavat mm. rakenteen kestävyteen ja käyttöikään. Elinkaarikestävyteen voidaan vaikuttaa mm. huolellisella työn suunnittelulla ja laadunvalvonnalla. Oikeilla menetelmillä ja materiaaleilla toteutettu työ voi vähentää rakenteiden ylläpidon ja korjaamisen kustannuksia.

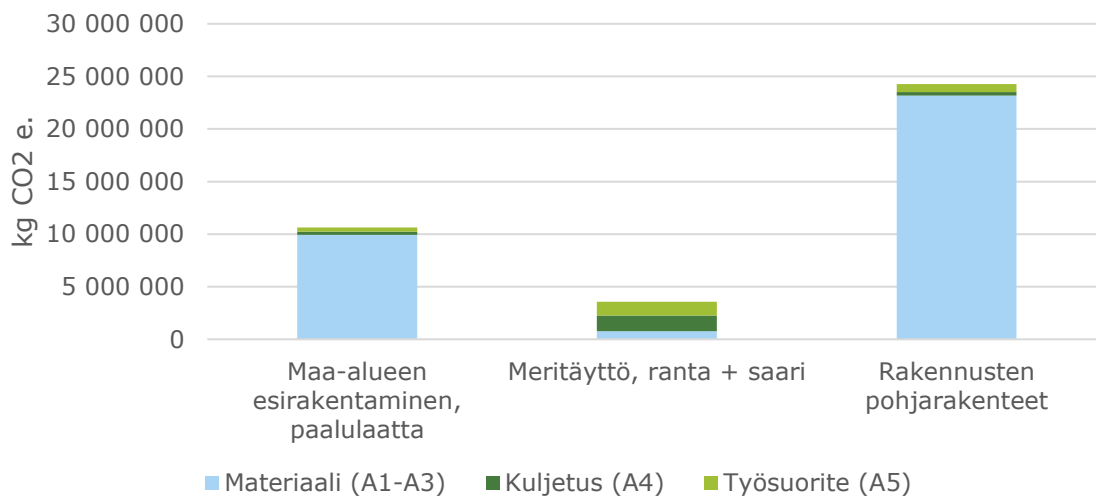
Elinkaaren vaihe														JU*		
A1-A3			A4-A5		B1-B7						C1-C3			D		
Tuotevaihe			Rakentamisvaihe		Käyttövaihe						Elinkaaren loppuvaihe			Potentiaaliset hyödyt ja haitat		
Raaka-aineiden hankinta	Kuljetus	Valmistus	Kuljetus	Rakentaminen ja asentaminen	Käyttö	Ylläpito	Korjaaminen	Uusiminen	Laajamittainen korjaaminen	Energian käyttö	Veden käyttö	Purkaminen	Kuljetus	Käsittely	Loppusijoitus	Potentiaalinen kierrätys, uudelleenkäyttö, energiakäyttö
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B6	C1	C2	C3	C4	D
Arvio toteutuman pohjalta			Arvio toteutuman pohjalta		Skenaario						Skenaario			Skenaario		

* JU=Järjestelmä-rajojen ulkopuolinen täydentävä tieto

Kuva 7.1: Infrahankkeiden elinkaaren vaiheet puitestandardi EN 15804 mukaan. Sinisellä korostettuna laskentaan sisällytetyt elinkaaren vaiheet. (Väylävirasto 2022 Infrarakentamisen kansallinen päästötietokantahanke).

7.4 Esirakentamisen päästöt

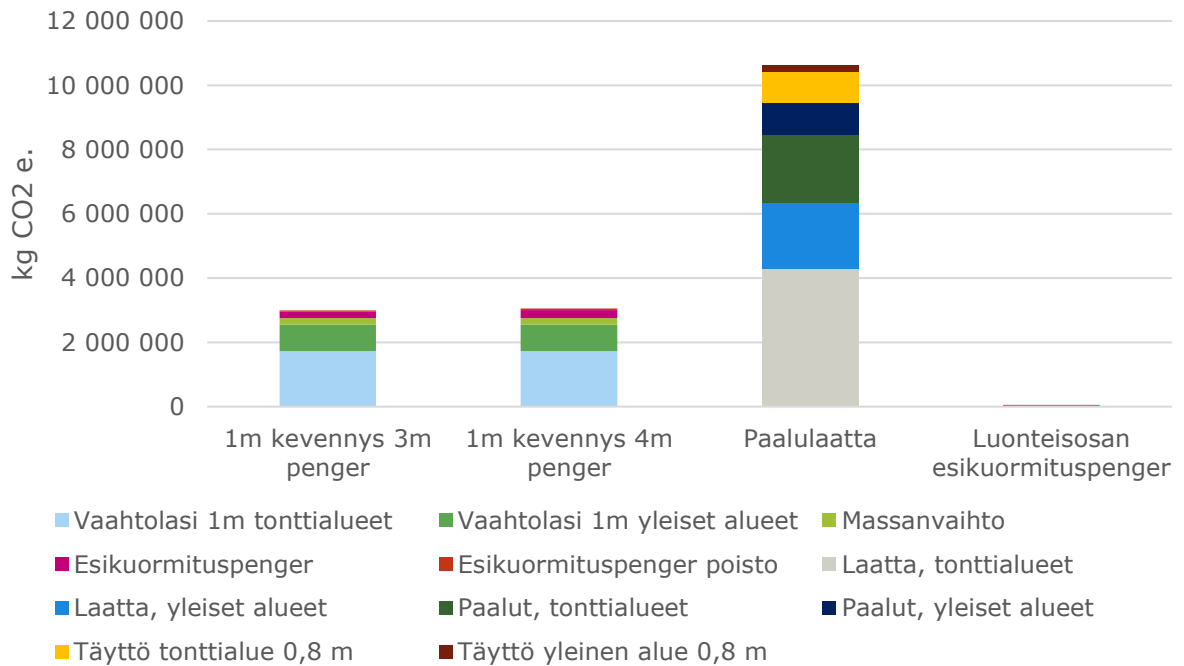
Rakentamisen aikainen hiilijalanjälki arvioitiin raportissa aiemmin esitellyille maa- ja merialueen esirakentamiselle sekä rakennusten pohjarakenteille (Kuva 7.2). Esirakentamishankkeissa on tyyppillistä, että suurin osa päästöistä syntyy rakennusmateriaaleista. Alueen esirakentamisessa suurimmat päästöt aiheutuvat rakennusten pohjarakenteista (63 %) ja maa-alueen esirakentamisesta (28 %). Loput päästöistä (9 %) syntyvät merialueen ruoppauksesta ja täytöistä.



Kuva 7.2: Yhteenveto maa- ja merialueen esirakentamisen sekä rakennusten pohjarakenteiden päästöistä. Päästöt on jaoteltu niiden syntyvaiheen mukaan rakennusmateriaaleihin, kuljetuksiin ja työmaatoimintoihin.

7.4.1 Maa-alueen esirakentaminen

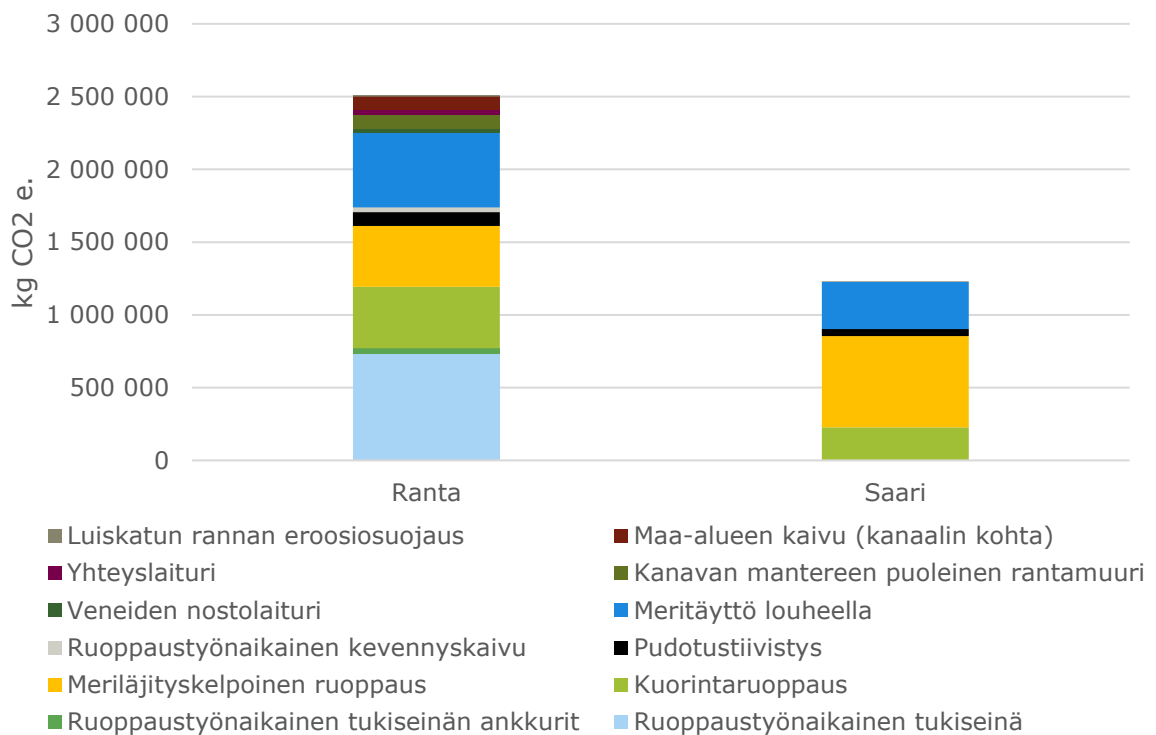
Maa-alueen esirakentamisen päästöjen laskentaan on sisällytetty kaksi eri kevennysratkaisua, paalulaattarakenteet tonttialueille/yleisille alueille ja alueen luoteisosan esikuormituspenger. Suurimmat päästöt n. 10,6 milj. kg CO₂ e. syntyvät paalulaattarakenteista, johon sisältyy betoniset laatat, laattojen raudoitukset, teräsbetonipaalut ja täyttöjä. Molemmista kevennysvaihtoehdoista aiheutuu n. 3 milj. kg CO₂ e. päästöt ja luoteisosan esikuormituspenkereestä n. 60 000 kg CO₂ e. päästöt. Kuvassa 7.3. on esitetty maa-alueen esirakentamisen päästöt jaoteltuna rakennusosittain.



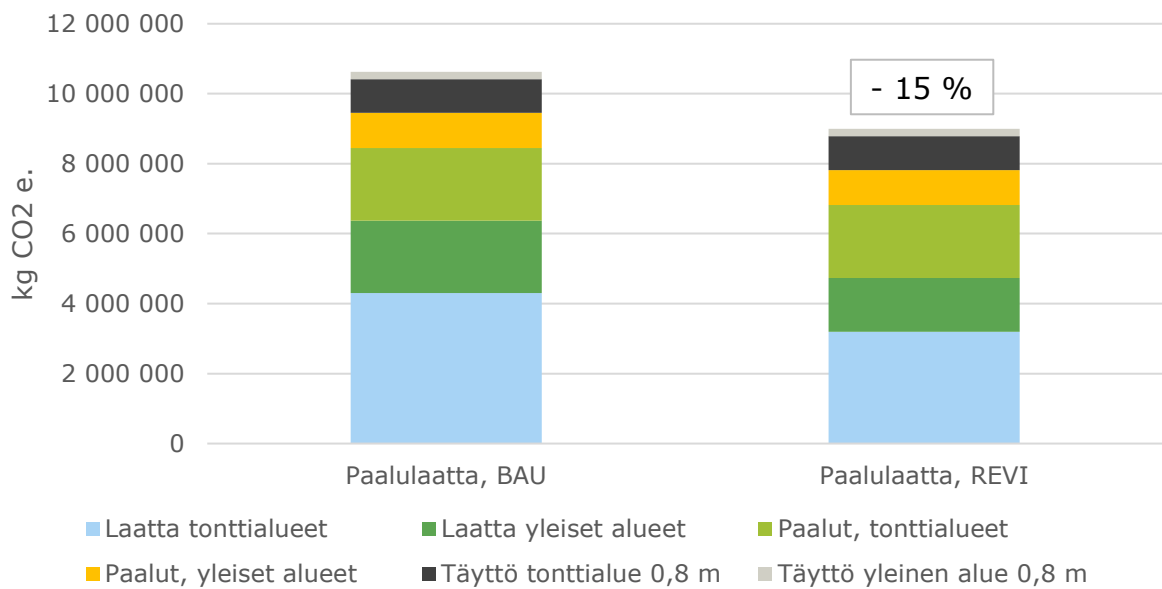
Kuva 7.3: Maa-alueen esirakentamisen päästöt jaoteltuna rakennusosittain.

7.4.2 Merialueen esirakentaminen

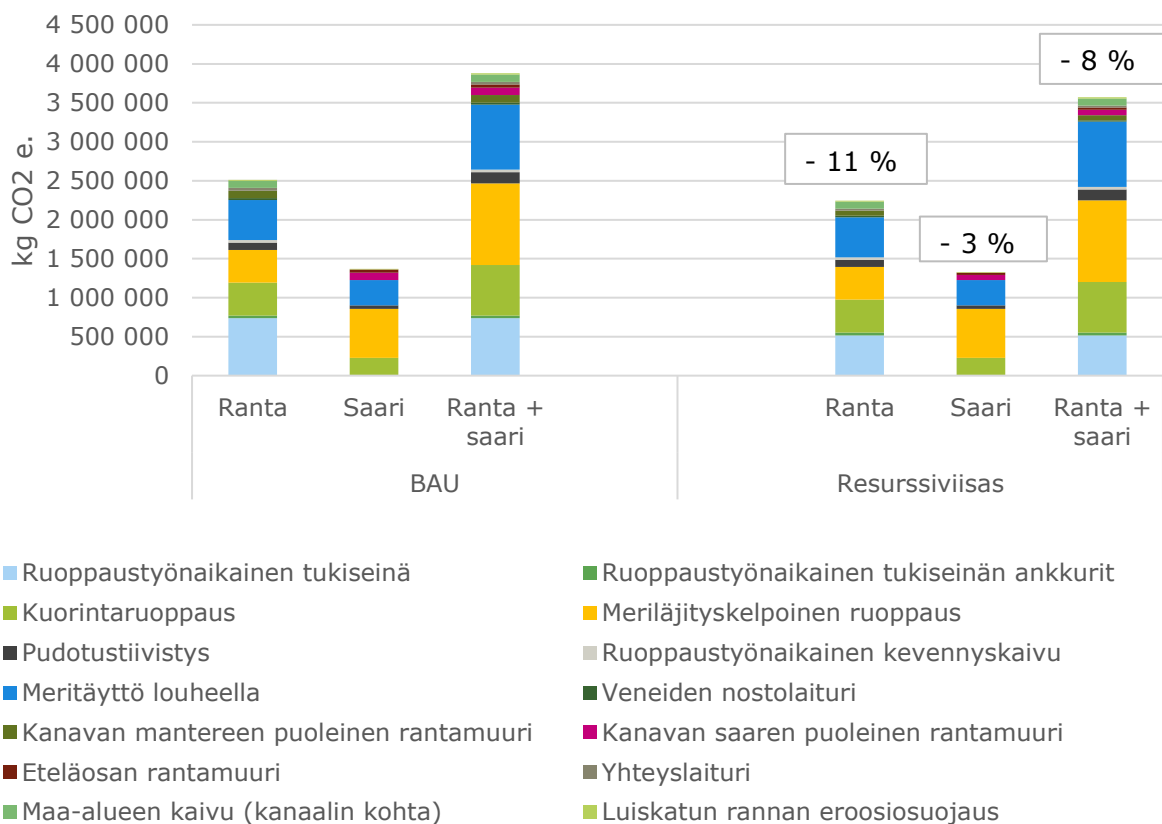
Merialueen esirakentamisen päästöt ovat arvioilta n. 3,9 milj. kg CO₂ e (Kuva 7.4). Laskentaan on sisällytetty merialueen ruoppaukset, tukiseinät, louhetäytöt, laituri- ja rantamuurirakenteet, kaivuja sekä eroosiosuojaus. Rannan ja saaren osalta 20 % päästöistä aiheutuu ruoppaustyönäikaisestä teräsponttiseinästä ja sen ankkureista. Meritäytöt aiheuttavat 13 % päästöistä. Täyttöjen osalta on oletettu, että käytettävä louhe on kierrätyslouhetta ja sen valmistuksen päästöt ovat 0. Päästö määrä on kytköksissä kuljetuspäästöihin louheen suuren tarpeen vuoksi (350 000 m³rtr). Kuorintaruoppaus ja meriläjityskelpoisen saven ruoppaus aiheuttavat molemmat 11 % päästöistä. Molemmissa tapauksissa päästöjä aiheutuu ruoppaustyöstä ja ruoppausmassan kuljetuksesta.



Kuva 7.4: Meri-alueen esirakentamisen päästöt rakennusosittain.



Kuva 7.6: Paalulaatan päästöt rakennettaessa tavanomaisesti (BAU) ja resurssiviisaasti (REVI) käyttäen vähähiilistä betonia (GWP.70) ja terästä.



Kuva 7.7: Merialueen esirakentamisen päästöt rakennettaessa tavanomaisesti (BAU) ja resurssiviisaasti käyttäen vähähiilistä betonia (GWP.70) ja terästä rantarakenteissa.

7.6 Yhteenveto

Puutilanrannan esirakentamisen kokonaispäästöt ovat arviolta n. 38,5 milj. kg CO₂ ekvivalenttia, mikä vastaa noin 2 % Helsingin kaupungin vuoden 2021 päästöistä (HSY, 2022). Päästöjä syntyy rakennusten pohjarakenteista (63%) ja maa-alueen esirakentamisesta (paalulaatta) (28%) sekä merialueen ruoppauksesta ja täytöstä (ranta + saari) (8 %). Päästövähennyksiä voidaan saavuttaa mm. käyttämällä vähähiilisiä betoni- ja terästuotteita. Maa-alueen paalulaatan osalta näillä toimenpiteillä päästöjä pystytään vähentämään 15 % ja merialueen rakentamisessa (ranta + saari) 8 %. Vähähiilisten tuotteiden osalta on tärkeää selvittää niiden elinkaarikestävyys sekä soveltuvuus tarvittavissa rasitusluokissa.

Rakentamisen aikaisia päästöjä voidaan pienentää myös vähentämällä materiaalien kuljetuksia. Erityisesti kierrätysmateriaalien käytössä tulisi optimoida synty- ja käyttöpaikkojen etäisyyksiä ja hyödyntää syntyviä aineksia mahdollisimman lähellä. Toteutusaikataulujen yhteensovitus materiaalien synty- ja käyttökohteissa edellyttää eri tahojen etupainoista suunnittelua ja yhteensovitusta sekä todennäköisesti myös välivarastointia.

Rakenteiden vähähiilisyyteen voidaan vaikuttaa suunnitteluohjeissa- ja vaatimuksissa sekä hankintaohjeissa. Suunnittelussa määritetään ja optimoidaan itse rakenteen ominaisuudet, kuten tyyppi ja mitoitus. Hankinnalla voidaan vaikuttaa tuoteosan laatuun – mitä kriteerejä asetetaan tuoteosille teknisten vaatimusten puitteissa. Esimerkkinä voidaan käyttää paalulaattaa tai kansirakennetta, joka on varsin yleinen pohjarakennetekniikka pääkaupunkiseudulla. Suunnitteluvaiheessa voidaan vaikuttaa esimerkiksi raudoituksen määrään ja tyyppiin, betonin määrään ja lujuteen sekä tiettyjen reunaehtojen puitteissa myös käytettävään paalutiheyteen. Hankintavaiheessa taas on mahdollista vaikuttaa hankittavien tuotteiden (betonin, teräksen, paalujen) päästöominaisuuksiin. Tehokkaimmin infra- ja aluerakentamisen vähähiilisyyteen voidaan vaikuttaa huomioimalla päästövaikutukset suunnittelu- ja hankintakriteereissä sekä tunnistamalla päästöintensiiviset rakenteet ja tekijät mahdollisimman aikaisissa suunnitteluvaiheissa esimerkiksi päästölaskelmien avulla.

Päästöintensiivisten materiaalien valmistajat ovat tuoneet markkinoille vähäpäästöisiä vaihtoehtoja, joiden hintatason on yleisesti arvioitu korkeammaksi suhteessa perinteisiin tuotteisiin. Esimerkiksi terästuotteiden valmistaja SSAB on ilmoittanut tuovansa markkinoille fossiilivapaan teräksen vuoteen 2026 mennessä sekä tavoittelevansa toiminnassaan jopa hiilineutraaliutta (SSAB 2021). Myös betonituotteiden valmistajat ovat kehittäneet vähäpäästöisiä vaihtoehtoja sementtipohjaisille tuotteille hyödyntäen sementin lisäksi tai tilalla sideaineena mm. masuunikuonaa ja lentotuhkaa (Rudus 2021, Ruskon Betoni 2021). Hintaan vaikuttavat mm. tuotantoprosessin tekijät, kuten lujuudenkehitys, joka masuunikuonapohjaisella betonilla on joissain tutkimuksissa havaittu olevan sementtipohjaista betonia hitaampaa. Hintavaikutuksen perinteiseen betoniin nähden on arvioitu olevan 10–15 % normaalibetonin yläpuolella. Myös fossiilivapaiden terästuotteiden tuotantokustannukset ovat perinteistä terästä korkeammat ja siten myös hankintahinta korkeampi.

Tämän päästötarkastelun tavoitteena oli paitsi tuottaa tietoa pohjarakentamisen ilmastovaikutuksista myös ohjeistaa hankkeen suunnitteluprosessia erilaisten rakentamisen vaihtoehtojen päästövaikutuksista. Kustannus- ja päästötaloudelliseen pohjarakentamiseen onnistumisen avaimet ovat riittävät lähtötiedot, etupainoinen suunnittelu ja rakentamisen sidosryhmien kommunikointi sekä yhteistyö. Helsingin kaupunki on toiminnassaan jo tunnistanut kaivumaiden, kiviaineksen ja purkumateriaalien hyödyntämisen tärkeyden. Kierrättämällä materiaaleja hankkeiden välillä voidaan vähentää paitsi päästöjä myös luonnonvarojen kulutusta, ja siten välillisesti maa-ainesten otosta aiheutuvia ympäristöhaittoja. Myös päästöintensiivisten materiaalien merkitys on tunnistettu ja yhteistyö materiaalintoimittajien ja -valmistajien kanssa sekä aktiivinen osallistuminen mm. uusien tuotteiden pilotointiin ja käyttömahdollisuuksien edistämiseen on olennaista kestävästi rakennetun ympäristön tavoittelussa.

8. KUSTANNUKSET

8.1 Esirakentamiskustannusten laskentaperiaatteet

Teknistoloudellisen toimiston 14.8.2014 ohjeen mukaan laskennassa käytetyillä yksikköhinnoilla saatuihin rakennuskustannuksiin (Alv. 0 %) on lisätty 25 % työmaan yhteiskustannuksia (urakoitsijan kate + työmaan käyttö- ja yhteiskulut).

Näin määritettyyn rakennustöiden kustannusarvioon (Alv 0 %) on tämän jälkeen lisätty rakennuttamisen ja suunnittelun kustannuksina 15 % rakennustöiden kustannuksista ja tulokseksi on saatu rakentamisen ja suunnittelun kustannusarvio.

Rakentamisen ja suunnittelun kustannuksiin lisätään nimikekohtaisesti seuraavat varaukset:

- suunnittelun aikainen kustannusnousuvaraus 15 %,
- rakentamisen aikainen kustannusnousuvaraus 10 %,
- varaus ennalta-arvaamattomille kustannuksille 10 %,
- suhdannekorjaus tässä tapauksessa 0 %.
-
- Kustannuskertoimena on käytetty laskelmissa $25 \% * 15 \% * 35 \% = 194 \%$ eli kerrointa 1,94.

Mahdollisia johtosiirtoja ei ole huomioitu tämän suunnitelman tarkkuudessa.

8.2 Merialueen esirakentaminen

8.2.1 Ruoppaus

Ruoppauskustannukset muodostuvat kuorintaruoppauksesta, kuorintaruopatun massan jatkokäsittelystä ja maalle sijoittamisesta sekä mereen läjityskelpoisen saven ja siltin ruoppauksesta ja ruoppausmassan sijoittamisesta kaupungin hallinnoimalle meriläjitysalueelle.

Kuorintaruoppattavaa massaa kertyy ranta-alueelta yhteensä noin 65 000 m³ltr ja saaren alueelta noin 35 000 m³ltr, joiden kustannuksiksi on arvioitu noin 12,7 milj. € ja 6,8 milj. €. Mereen läjityskelpoisen saven ja siltin määrä on ranta-alueella noin 135 000 m³ltr ja saaren alueelta noin 185 000 m³ltr. Kustannukset näistä noin 1,9 milj. € ja 2,5 milj. €.

Mikäli ranta-alue toteutetaan loivaluiskaisena ja tämän suunnitelman yhteydessä määritetyn alustavan rakenteen mukaisena, se lisää ranta-alueen kuorintaruoppausmäärää noin 2 500 m³ltr ja kustannuksia noin 0,5 milj. €. Mereen läjityskelpoisen saven ja siltin määrä lisääntyy noin 16 000 m³ltr ja siitä aiheutuvat kustannukset noin 0,35 milj. €.

Ruoppaustyönäikana nykyisen ranta-alueen stabiliteetin varmistamiseksi tehtävää nykyisen maa-alueen kaivua on käsitelty kappaleessa 8.3.2 ja nykyisten rantarakenteiden purkua kappaleessa 8.2.1.

8.2.2 Kustannusarvion ulkopuolelle jätetty ruoppauskustannus

Suunnittelukohteen ruoppauskustannusten lisäksi on huomioitava, että nykyinen alueelle johtava veneväylä on lähtökohtaisesti liian matala alueen ruoppauksen tehokkaisuuden massakuljetuksiin soveltuvalla proomukalustolle. Proomuja ja ruoppauskalustoa varten alueelle olisi syytä ruopata työnaikainen väylä. **Tätä työtä varten käytössä olleen luotausaineiston perusteella väylän vaatiman ruoppauksen määrää ei voida luotettavasti arvioida.** Tehokkaiden proomujen tarvitsema vesisyvyys on noin 4 m ja luotausaineisto päättyy reilu 100 m ruoppattavan alueen reunasta etelään alueelle, jossa merenpohja on noin tasolla -2,5. Erittäin karkean suuruusluokkarivion laatimiseksi proomuja ja ruoppauskalustoa varten tarvittavasta työväylästä on tehty seuraavat oletukset:

- Vartiokylänlahdella:
 - o Väylän leveys noin 30 m.
 - o Väylän pituus noin 500 m.
 - o Keskimääräiseksi ruoppausvyvyys 2 m
- Ramsinsalmessa:
 - o Väylän leveys noin 35 m.
 - o Väylän pituus noin 50 m.
 - o Keskimääräiseksi louhintasyvyys 1 m

Näillä oletuksilla proomuja ja ruoppauskalustoa varten tarvittavan väylän erittäin karkea alustava rakentamiskustannus on luokkaa 2 milj. €. Mikäli Vartiokylänlahdesta ruopattavassa sedimentti on kokonaan meriläjityskelvotonta, on väylän rakentamiskustannus edellä esitetyillä toimenpide-laajuusoletuksilla luokkaa 11 milj. €.

8.2.3 Täyttö

Täyttöä ranta-alueelle merialueille arvioidaan tarvittavan noin 350 000 m³rtr ja saaren alueelle noin 220 000 m³rtr ja niiden kustannuksiksi arvioidaan 10,2 milj. € ja noin 6,5 milj. €.

Mikäli ranta-alue toteutetaan loivaluiskaisena ja tämän suunnitelman yhteydessä määritetyn alustavan rakenteen mukaisena, se lisää ranta-alueen meritäytön määrää noin 20 000 m³tr ja kustannuksia noin 0,5 milj. €.

8.2.4 Syvätiivistys

Syvätiivistettävän ranta-alueen pinta-ala on noin 17 500 m² ja tiivistyksen kustannusarvio 0,6 milj. €. Saarialueen syvätiivistettävä alue on noin 18 000 m², jonka kustannusarvio 0,6 milj. €. Syvätiivistyksen kustannusarvio on laskettu käyttäen pudotustiivistysmenetelmää.

8.3 Maa-alueiden esirakentaminen

8.3.1 Nykyisten rantarakenteiden purku

Laiturirakenteista ei ollut tätä suunnitelmaa varten käytettävissä suunnitelma- tai toteumapiirustuksia. Purkukustannukset on laskettu seuraavin oletuksin:

- Nosto, varustelu ja huoltolaituri:
 - o Laiturin kansi: 0,5 m paksu teräsbetoni laatta noin 200 m²
 - o Kasuunirakenteet 2,5 x 2,5 x 4 m pohjaton, 30 cm paksu teräsbetoni
 - o Teräspaalu Ø 1,2 m, täytetty betonilla 5 kpl 4 rivissä, 10 m pituisia
 - o Laiturin alla ja sen itäpuolella rannan suuntaista kasuunirakennetta yhteensä 50 m (20 kasuunia)
- Veneluiskat
 - o laatan leveys 8 m, pituus 15 m paksuus 30 cm
 - o toisessa luiskassa teräsbetoniset tukimuurit h = 2 m
- Polttoainenjakeilulaituri ympäristöineen
 - o Veneluiska leveys 10 m, pituus 15 m paksuus 30 cm
 - o Polttoainenjakeilulaituri em. kasuunteista 25 m pitkänä (10 kasuunia) kansi 30 cm

Näillä oletuksilla purettavaa teräsbetonirakennetta arvioidaan olevan noin 900 m³ ja siitä aiheutuva erittäin karkea alustava kustannus noin 0,25 milj. €.

8.3.2 Maa-alueen kaivu

Nykyistä maa-aluetta tulee kaivaa suunnitellun Maarlahden kanavan alueella. Kaivua tarvitaan nykyisen maa-alueen muuttamiseksi vesikanavaksi sekä kanavan rantamuurirakenteiden rakentamiseksi. Arvioitu kaivumassamäärä on noin 15 000 m³ ja kustannusarvio noin 0,45 milj. €.

Ennen ruoppaustyövaihetta nykyistä ranta-aluetta pitää keventää kaivamalla stabiliteetin varmistamiseksi. Ranta-alueen kevennyskaivun määrä on noin 5 400 m³ ja kustannusarvio noin 0,2 milj. €.

Tässä suunnitelmassa on oletettu, että noin 25 % osuudella koko nykyisen ranta-alueen pituudesta kevennyskaivu ei riitä vaan stabiliteetin varmistamiseksi tarvitaan ruoppaustyönaikaista tuentaa. Tukiseinän rakenteena on alustavasti käytetty tässä suunnitelmassa noin 13 m korkeaa ponttiseinää, joka on yläpäästään ankkuroitu kallioon. Tukiseinän karkea alustava kustannusarvio on noin 0,85 milj. €

8.3.3 Esikuormitus

Esikuormitettavan alueen pinta-ala on noin 5 000 m², jonne tehtävän painopenkereen louhemäärä on noin 23 000 m³rtr ja kustannusarvio noin 1,4 milj. €. Esikuormituspenger on oletettu rakennettavan alueelle 20 km päästä tuodulla materiaalilla.

8.3.4 Paalulaatta

Paalulaatan kustannukset on mitoitettu keskimääräisen paalupituuden perusteella. Maa-alueella pohjanvahvistettavan alueelta on määritetty maanpintamallin ja arvioidunkalliopintamallin keskimääräisen etäisyyden avulla. Paalupituudeksi on määritetty 10 metriä. Paalumateriaalina on käytettynä TB-paalu, jotka on sijoitettu 0,25 paalua / m². Paalujen ja paalulaatan laatan kustannukset ovat IHKU.sta. Katualueelle rakennettavien paalulaattojen kustannusarvio on noin 6,4 milj. €. Tonttialueiden paalulaattojen kustannus on noin 14,7 milj. €.

8.3.5 Yhteenvedo

Taulukossa 8.1 on esitetty koottuna meri- ja maa-alueen esirakentamisen kustannukset jaoteltuna Puotilanrannan maa-alueen sekä vielä kaavaluonnoksen mukaisen Saaren kustannuksiin. Saaresta on suunnittelukilpailu, jonka myötä saaren toteutustapa, dimensiot ja kustannukset voivat vielä muuttua.

Taulukko 8.1 Yhteenvedo esirakentamisen kustannuksista

	Maa-alue	Saari
Kuorintaruoppaus	12,7 milj. €	6,8 milj. €
Ruoppaus	1,8 milj. €	4,1 milj. €
Täyttö	10,2 milj. €	6,5 milj. €
Syvätiivistys	0,6 milj. €	0,6 milj. €
Rantarakenteiden purku	0,3 milj. €	-
Maarlahden kanavan kaivu	0,5 milj. €	-
Ranta-alueen kevennyskaivu	0,2 milj. €	-
Ranta-alueen tukiseinä (25 % rannan pituudesta)	0,9 milj. €	-
Esikuormitus	1,4 milj. €	-
Paalulaatta, kadut ja yleiset alueet	6,4 milj. €	-
Paalulaatta, tontit	14,7 milj. €	-
Yhteensä	49,7 milj. €	18,0 milj. €

Suunnittelun aikana tutkittiin myös maa-alueen yleisten alueiden ja tonttien pihojen perustamistapana esikuormitusta yhdistettynä tulevan pinnantauksen rakentamista osittain vaahtolasi kevennyksellä. Näiden vaihtoehtojen kustannuksia on esitetty liitteessä 3.

8.4 Rantarakenteet

Kanavan rantamuurirakenteita on ranta-alueella noin 200 jm. Saaren alueella on kanavan rantamuurin lisäksi rantamuurirakennetta yhteensä noin 280 jm. Rantamuurirakenteiden kustannuksiksi arvioidaan ranta-alueella noin 2,7 milj. € ja saaren alueella noin 2,9 milj. €.

Ranta-alueelle sijoittuvan veneiden nostolaiturin pituus on noin 65 m ja kustannus noin 1,6 milj. €. Yhteysaluksen laiturin pituus on noin 70 m ja kustannus noin 1,7 milj. €.

Kivillä eroosiosuojatun rantaluiskan pituus on ranta-alueella noin 440 jm ja saaren alueella noin 250 jm. Rakenteen kustannuksiksi arvioidaan ranta-alueella noin 0,6 milj. € ja saaren alueella noin 0,4 milj. €.

Puotilan venesataman ponttonilaitureiden yhteispituus on noin 570 m. Täistä noin 30 m on leveämpikantista huoltolaituria. Aisakiinnityksellä varustettuna ponttonilaitureiden kustannuksiksi arvioidaan yhteensä noin 2,8 milj. €.

Saaren sijoitetun venesataman ponttonilaitureiden yhteispituus on noin 100 m. Aisakiinnityksellä varustettuna ponttonilaitureiden kustannuksiksi arvioidaan noin 1,3 milj. €.

Rantarakenteiden kustannukset on esitetty taulukossa 8.2

Taulukko 8.2 Yhteenveto rantarakentamisen kustannuksista

	Maa-alue	Saaren alue
Rantamuurirakenne	2,7 milj. €	2,9 milj. €
Kiinteät laiturit (nosto ja yhteysalus)	3,3 milj. €	-
Eroosiosuoja	0,6 milj. €	0,4 milj. €
Ponttonilaiturit	2,8 milj. €	1,3 milj. €
yhteensä	9,4 milj. €	4,6 milj. €

Kaavaluonnoksessa esitettyä Puotilan venesataman kelluvan venekerhorakennuksen ja saaren mahdollisesti sijoittuvien kelluvien asuntojen kustannuksia ei ole tässä suunnitelmassa arvioitu.

8.5 Rakennusten pohjarakennuskustannukset

Rakennusten pohjarakennuskustannukset on laskettu GeoKaava -ohjelmalla. Kustannuslaskennassa käytetty kortteli- ja rakennusnumerointi on esitetty kuvassa 8.1.



Kuva 8.1: Rakennusten pohjarakennuskustannusten laskennassa käytetty kortteli- ja rakennusnumerointi

Pohjarakentamiskustannukset ovat kortteleissa 1, 2, 3, 5 ja 7 keskimäärin noin 200...350 €/k-m² ja kortteleissa 4, 6 ja 8 keskimäärin noin 450...550 €/k-m².

Yhteensä alueen pohjarakennuskustannukset ovat 43,5 milj. €.

Ranta-alueen kortteleiden (2, 4 ja 6) osalta on tarkasteltu myös mahdollisuutta rakentaa rakennuksiin kellarit. Kellarirakentaminen edellyttää vedenpaine-eristettyjä rakenteita. Pohjarakentamisen kustannusarviot kellarillisille rakennuksille ovat keskimäärin noin 400...600 €/k-m².

Korttelin 4 osalta on tarkasteltu myös pihakannen alaisen pysäköintilaitoksen pohjarakentamisen kustannuksia. Pihakannen pohjarakentamisen kustannukset ovat noin 830 €/m².

Yhteenveto rakennusten kustannuksista on esitetty liitteissä 4 ja 5.

9. EHDOTUKSET JATKOTOIMENPITEIKSI

Rantarakenteet on tässä suunnitelmassa esitetty karkealla tarkkuudella, rantarakenteista tulee tehdä yleissuunnitelma, jossa rakenteet ja niiden kustannusarviot tarkentuvat. Pilaantuneet ruoppattavat sedimentit on esitetty nostettavaksi maalle kuivumaan sedimenttialtaisiin. Suunnittelualueella ei ole väliavarastointimahdollisuutta, jatkosuunnittelussa tulee selvittää maalle nostettavien ruoppausmassojen sijoituspaikka.

Tätä raporttia tehdessä kaikki alueelle ohjelmoidut pohjatutkimukset ei ollut tehtynä ja käytettävissä suunnittelua varten. Kun tutkimukset valmistuvat, tulee stabiliteettilaskelmia ranta-alueen ja kanavan kaivun osalta tarkistaa. Jatkosuunnittelun yhteydessä tulee ohjelmoida lisää pohjatutkimuksia katu- ja tonttialueiden painumalaskelmien ja perustamistapojen määrityksen tarkentamiseksi.

Jatkosuunnitteluvaiheessa venesatamakentän maa-alueella suositellaan tekemään maaperän pilaantuneisuuden lisätutkimuksia ja tarkennettu riskinarviointi, jonka avulla arvioidaan maaperän pilaantuneisuus ja puhdistustarve. Pintamaan lisätutkimukset suositellaan suorittamaan alueellisista kokoomanäytteistä, koska nykyisellä maa-alueella harjoitetusta toiminnasta (veneiden huoltoa ja korjausta) johtuen alueen pilaantuneisuus voi olla hyvin paikallista.

Merialueen sedimentin haitta-ainetutkimuksia tulee täydentää sedimenttien ruoppaus- ja läjitys-ohjeessa esitettyjen tutkimuspistemäärien mukaisesti.

Alueelle johtaa nykyisin 2,4 m kulkusyvyisenä alkava ja 1,5 m kulkusyvyiseksi muuttuva veneväylä. Se on liian matala tehokkaan ruoppauskaluston ja ruoppausmassojen kuljetuskaluston saamiseksi meritäyttöalueelle. Työnaikaisen kulkuväylän rakentamiseksi tarvittavien toimenpiteiden määrittämiseksi Vartiokylänlahden merialue tulisi luodata nykyistä laajemmin ja sedimentin mahdollisia haitta-ainepitoisuuksia tutkia tarvittavan työväylän alueelta. Lisäksi Ramsinsalmessa tehtyjä pohjatutkimuksia tulisi täydentää väylän mahdollisen louhintatarpeen selvittämiseksi.

Nykyisen veneiden nosto- lastaus- ja huoltolaiturin suunnitelma- ja tai toteumapiirroksot tulisi koettaa kaivaa esiin. Niiden perusteella on helpompi arvioida tarvittavan purkutyön laajuutta ja purkutyössä muodostuvien massajakeiden määriä.

Vartiokylänlahden yli kulkevan Vuosaaren sillan suunnitelma- ja tai toteumapiirroksot tulisi koettaa kaivaa esiin. Niiden perusteella voidaan arvioida ruoppaus- ja meritäyttötöiden tarkempi rajautuminen sillan maatuon rakenteiden suuntaan suunnittelualueen itäosalla. Samoin mahdollista tukiseinän rakentamistarvetta esirakennusvaiheessa voidaan arvioida sillan suunnitelmien avulla.

10. YHTEENVETO

Puotilanrannan alueella nykyinen pienvenesatama ja veneiden säilytysalue kaavoitetaan asuinalueeksi. Rakentamisen yhteydessä nykyisen rantaviivan edustalle tehdään meritäyttöä ja lisäksi alueen itäosaan tehdään kanavan erottama saari.

Puotilanrannan alue on rakennettu 1960-luvulla täyttämällä matalaa merenlahtea. 2000-luvulla tehtyjen pohjatutkimusten perusteella merenpohjan sedimenttikerroksia on jätetty täyttömäiden

alle. Nykyisellä ranta-alueella on todennäköisesti ainakin osittain kovaan pohjaan tehty täyttö. Kun alue muutetaan asuinkäyttöön, tulee maanpintaa korottaa vastamaan turvallisen rakentamisen korkeuksia. Alueelle tehtävä laaja-alainen täyttö tulee aiheuttamaan haitallisia käytönaikaisia painumia, mikäli alueella ei tehdä pohjanvahvistuksia.

Pohjanvahvistustoimenpiteinä on tarkasteltu esikuormitusta, esikuormituksen ja kevennystäytön yhdistelmää sekä paalulaattaperustuksia. Esikuormitus olisi alueelle teknisesti soveltuva esirakennusmenetelmä, mutta esikuormituksen vaatima aika (3+ vuotta) ei ole alueen rakentumisen ja väliaikaisen käytön kannalta taloudellisesti järkevää. Lisäksi esikuormitukseen sisältyy riski sen onnistumisesta ja lopputuloksen laadusta (riski epätasaiselle painumalle). Alueen katujen, kunnallistekniikan sekä pihojen perustamistavaksi esitetään paalulaattaa.

Merialueelle tehtävät täytöt edellyttävät merenpohjan sedimenttien ruoppausta. Alueen matala vesisyvyys edellyttää myös väylän ruoppausta ruoppauskaluston saamiseksi alueelle, väylän ruoppaus on tässä työssä käsitelty hyvin alustavalla tarkkuudella. Nykyisen rannan läheisyydessä ruoppaaminen edellyttää stabiliteetin varmistamistoimenpiteenä kevennyskaivua ranta-alueella. Meritäyttö esitetään tehtäväksi louheella, jota syntyy ylijäämänä muista rakennushankkeista. Meritäyttö tulee syvätiivistää.

Alueen rakennukset perustetaan paaluilla, paalutyypinä voidaan nykyisen maa-alueen kohdalla käyttää teräsbetonisia lyöntipaaluja ja uuden meritäytön kohdalla porapaaluja. Kellarirakentaminen edellyttää vedenpaine-eristettyjä rakenteita.

Esi- ja pohjarakentamisen osalta on tarkasteltu rakentamisen aiheuttamia CO₂-päästöjä. Nykykäytännön mukaisen rakentamisen (BAU) lisäksi on tarkasteltu rakentamisen resurssiviisas vaihtoehto. Tonttien ja yleisten alueiden esirakentamisessa päästöt muodostuvat pääasiassa paalulaatan rakenteista, rakennusten pohjarakenteissa paaluista ja rantarakenteissa ruoppaustyönaikaisista teräksistä tukiseinistä sekä louhetäytöistä. Päästövähennyksiä voidaan saavuttaa mm. käyttämällä vähähiilisiä betoni- ja terästuotteita sekä optimoimalla materiaalien kuljetusmatkoja.

Alueelle laadittu kustannus- ja päästölaskenta on esitetty taulukoissa 10.1 ja 10.2.

Taulukko 10.1 Kooste esi- ja pohjarakentamisen kustannusarvioista.

Rakennustoimenpide	Perusvaihtoehto, kustannus milj. €	Perusvaihtoehto + saaren esirakentaminen, kustannus milj. €
Esirakentaminen	49,7	67,7
Rantarakenteet	9,4	14
Rakennusten pohjarakenteet	27,3	43,5
Yhteensä	83,2	122

Taulukko 10.2 Esi- ja pohjarakentamisen päästölaskenta.

Rakennustoimenpide	Perusvaihtoehto, päästöt BAU, t CO ₂ e.	Perusvaihtoehto + saaren esirakentaminen, päästöt BAU, t CO ₂ e.	Perusvaihtoehto, päästöt REVI, t CO ₂ e.	Perusvaihtoehto + saaren esirakentaminen, päästöt REVI, t CO ₂ e.
Esirakentaminen, kadut ja yleiset alueet	3 300	3 300	2 800	2 800
Rantarakenteet	2 600	3 900	2 300	3 600
Rakennusten pohjarakenteet	24 300	24 300	24 300	24 300
Esirakentaminen, tontit	7 400	7 400	6 300	6 300
Yhteensä	37 400	38 800	35 500	36 800