

TURUN KAUPUNKI

TURUN SATAMA-ALUEEN HULEVESI- JA MERI- TULVASELVITYS

LOPPURAPORTTI

21.1.2022

Päivitetty 23.2.2022

21.1.2022

Sisällysluettelo

1	Johdanto	1
1.1	Selvityksen lähtökohdat ja tavoitteet	1
1.2	Projektin organisaatio	1
2	Suunnittelualan nykytila	1
2.1	Sijainti ja raja	1
2.2	Maaperä ja topografia ja pohjavesi	2
2.3	Merivesipinta	3
2.4	Maankäyttö	3
2.5	Valuma-alueet ja -reitit	6
2.6	Tulvareitit	8
3	Suunnitellun maankäytön muutoksen hydrologiset vaikutukset	9
3.1	Maankäytön muutos	9
3.2	Vaikutukset valuma-alueisiin ja virtausreitteihin	12
3.3	Vaikutukset hulevesien määrään ja laatuun	13
3.4	Nykyiset hulevesistä aiheutuvat ongelmakohdat	15
4	Meritulvaselvitys	18
4.1	Tulva-alueet ja riskikohteet	18
5	Suosittelut ratkaisuvaihtoehdot	22
5.1	Hulevesien hallinnan periaatteet	22
5.2	Meritulvasuojelu	23
5.3	Rankkasateiden hulevesien hallinta	24
5.3.1	Peruskuivatusjärjestelmä	24
5.3.2	Hulevesien hallinta meritulvatilanteessa	25
6	Mitoitus- ja toimivuustarkastelut	27
6.1	Hulevesimallinnus	27
6.1.1	Mallinnuksessa käytetyt rankkasadetapahtumat	27
6.2	Järjestelmien mitoitus	27
6.2.1	Tulvareitit	31
7	Kustannusarvio	34
8	Yhteenveto ja johtopäätökset	35

21.1.2022

Liitekartat:

200 – Nykytilakartta

201 – Tulvariskikartta

202 – Hulevesien hallinnan yleissuunnitelma, Linnanniemen maankäyttöluonnos 6 (päivitetty 23.2.2022)

203 – Hulevesien hallinnan yleissuunnitelma, Linnanniemen maankäyttöluonnos 8 (päivitetty 23.2.2022)

21.1.2022

TURUN SATAMA-ALUEEN HULEVESI- JA MERI-TULVASELVITYS

1 Johdanto

1.1 Selvityksen lähtökohdat ja tavoitteet

Tässä työssä on laadittu Turun satama-alueen asemakaavamuutosta varten hulevesi- ja meritulvaselvitys sekä hulevesisuunnitelma. Selvitys koskee kahta asemakaavanmuutosta: Ferry Terminal Turku (diaarinumero 5661-2019, kaavatunnus 8/2019) sekä Historian ja tulevaisuuden museo (diaarinumero 2540-2021, kaavatunnus 6/2021).

Ferry Terminal Turku -kaavanmuutoksen tavoitteena on mahdollistaa uusi laivaliikenteen terminaalit, joka korvaisi Tallink Siljan ja Viking Linen nykyiset terminaalit. Samalla kehitetään sataman liikennejärjestelyjä. Sataman toiminnan tehostuessa vapautuu uusia kiinnostavia alueita kaupunkikehitykseen Turun linnan ympärillä.

Historian ja tulevaisuuden museo -kaavanmuutoksella osoitetaan satamalta vapautuvia alueita muuhun käyttöön. Tarkoituksena on, että Turun linnan länsipuolella sijaitsevasta Linnanniemestä kehitetään elävä ja toiminnoiltaan monipuolinen alue. Alueelle sijoitetaan Historian ja tulevaisuuden museo ja Linnanpuistoa laajennetaan rantaan asti ulottuvaksi. Kaavanmuutoksen yhteydessä tutkitaan henkilöliikenneraiteen lyhentämistä siten, että se päättyisi ennen Linnankatua.

Hulevesisuunnitelmaa varten otettiin huomioon kaksi Linnanniemen alueen maankäyttöluonnosta: Luonnos versio 6 (rautatie lyhennetään) ja luonnos versio 8 (rautatie säilyy nykyisellä paikalla).

1.2 Projektin organisaatio

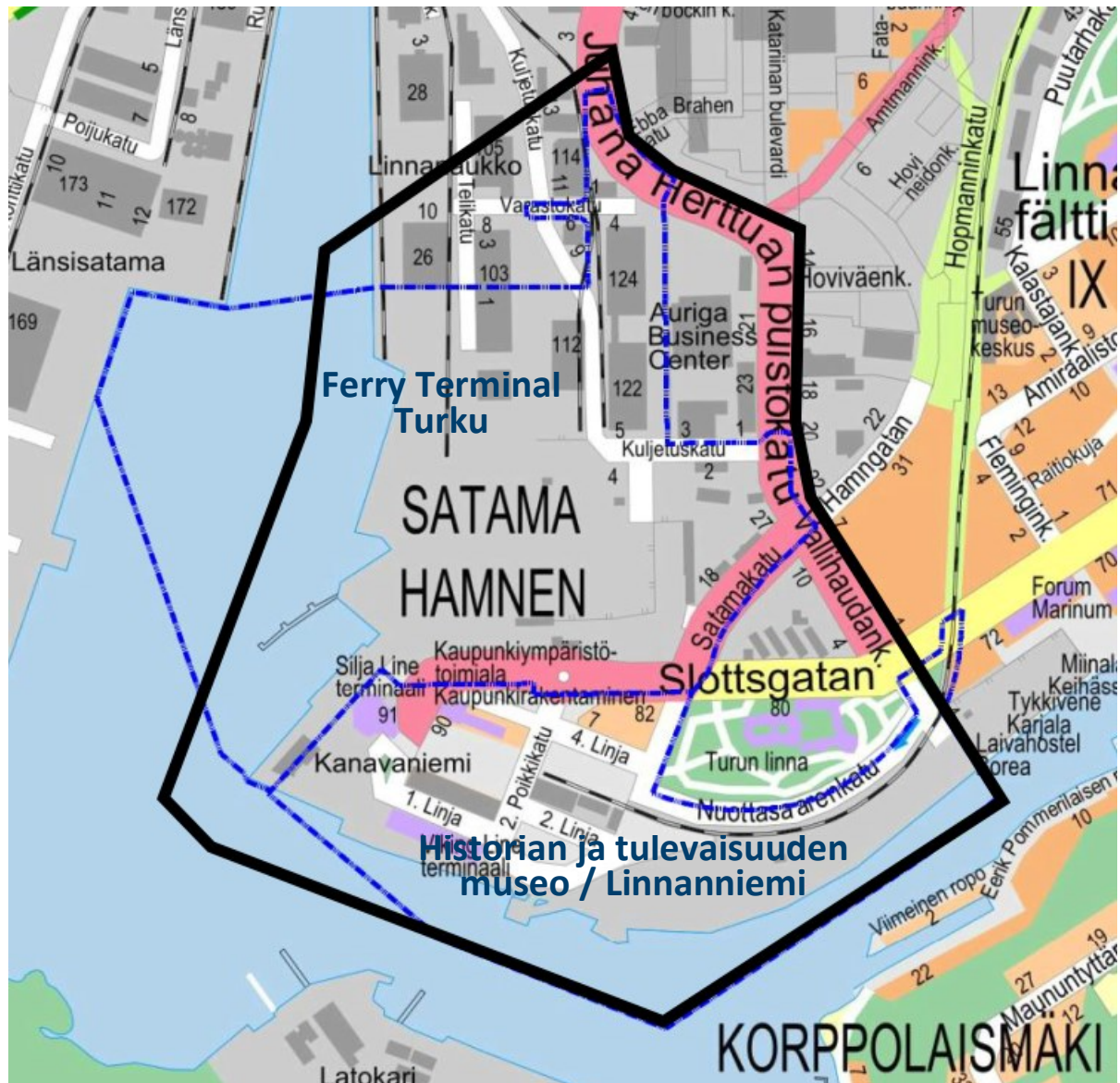
Työn tilaajana on Turun kaupunki, jossa yhteyshenkilönä toimii kaavoitusarkkitehti Satu Tiainen. Projektiryhmässä olivat mukana lisäksi Turun kaupungilta hankepäällikkö Mervi Lehto, kaavoitusarkkitehti Paula Aantaa ja erityisasiantuntija Anna Räisänen sekä Turun Satama OY:stä tekninen johtaja Markku Alahäme ja rakennuttajapäällikkö Jouni Hilden. Selvitys on laadittu Finnish Consulting Group Oy:ssä. Työn projektipäällikkönä toimi DI Ella Havulinna ja suunnittelijana DI Eric Wehner.

2 Suunnittelualueen nykytila

2.1 Sijainti ja rajaus

Suunnittelualue sijaitsee Auranjoen suiston pohjoispuolella rajautuen pohjoisessa sekä idässä Juhana Herttuan puistokatuun ja lännessä sekä etelässä mereen (kuva 1). Alueen kaakkoispuolelle sijoittuu Turun linna.

21.1.2022



Kuva 1. Selvitysalueen raja (paksu musta viiva) ja kaavanmuutosalueiden rajaukset (ohuemmat, tummansiniset viivat). Selvitystyön ensisijainen kohde ovat kaavanmuutosalueet.

2.2 Maaperä ja topografia ja pohjavesi

Selvitysalue on pääosin täyttömaata, jonka alla on paksu savikerros. Alueen maaperä on todennäköisesti pilaantunutta. Aluetta käytettiin kaatopaikkana 1960-luvulle saakka ja sitä on stabiloitu pilaantuneella ruoppauslietteellä. Maaperän kantavuus voi vaihdella paljon lähekkäisissäkin paikoissa. Maa painuu noin 1 cm vuodessa. Kantava maapohja on osassa aluetta yli 50 m syvyydellä.

Alueelta on tehty melko tuore laserkeilaus: aineisto saatiin tilaajalta 10.11.2021, mutta laajuus loppuu itäpuolella noin Juhana Herttuan puistokadun reunalle sekä Turun linnan keskelle. Eli osassa suunnitellusta puistoalueesta on vielä vanhempi kaupungin laserkeilausaineisto voimassa. Valuma-alue selvitystä varten käytettiin sen takia yhdistettyä korkeusmallia, joka perustuu suurimmaksi osaksi uuteen korkeustietoon ja kattaa koko suunnittelualueen.

21.1.2022

Koko alue on melko alavaa: suuressa osassa aluetta maanpinnan korkeus vaihtelee noin tasolta alle +1,00 tasoon +2,50 (korkeusjärjestelmänä käytetään tässä selvityksessä N2000), vain Juhana Herttuan puistokadun itäpuolella ja Turun linnan ympärillä maanpinta nousee tasoon +3,00 ja sen yli. Alue on siten alttiina hulevesi- ja meritulville.

Maanpintaa on korotettava osassa aluetta. Turun kaupungin rakennusjärjestyksen mukaan, mereen rajoittuvilla ja muilla alavilla rakennuspaikoilla alimman lattiakorkeuden tulee olla +2,65 metriä (N2000-järjestelmä). Rakennuksen korkeusasemaa määritettäessä tulee ottaa huomioon myös mahdollinen rakennuspaikkakohtainen aaltoiluvara ja jään työntyminen. Pihamaan korkeusaseman tulee sopeutua olemassa olevan ja suunnitellun ympäristön korkeusasemiin sekä katukorkeuteen ja muuhun kuntatekniikkaan. Korottaminen on haastavaa monien vanhojen ja säilytettävien rakennusten kohdalla (mm. Seaport hotelli, Viking Line Terminaali ja Rettigin tupakkavarasto).

Kairaustöiden yhteydessä alueen orsi- tai pohjavesipinta on havaittu 2011 radan eteläpuolella noin 100 m Satamankulma Kiinteistö Oy:n rakennuksesta itään päin tasolla +0,64.

2.3 Merivesipinta

Ilmatieteenlaitoksen mukaan meren teoreettinen keskivesitaso on noin +0,15. SYKE:n tulvakartoituksen perusteella meritulvatasot on esitetty seuraavassa taulukossa. Meritulvaselvitystä varten käytiin merivedenpinnan tasoa, jota toistuu noin kerran 250 vuodessa (1 / 250 a).

Taulukko 1. Merivesipinnat SYKE:n tulvariskiselvityksestä

Toistuvuus kerran x vuodessa (1/x a)	Merivesipinnan korkeus [m N2000]
2	1,04
5	1,22
10	1,31
20	1,41
50	1,53
100	1,62
250	1,74
1000	1,92

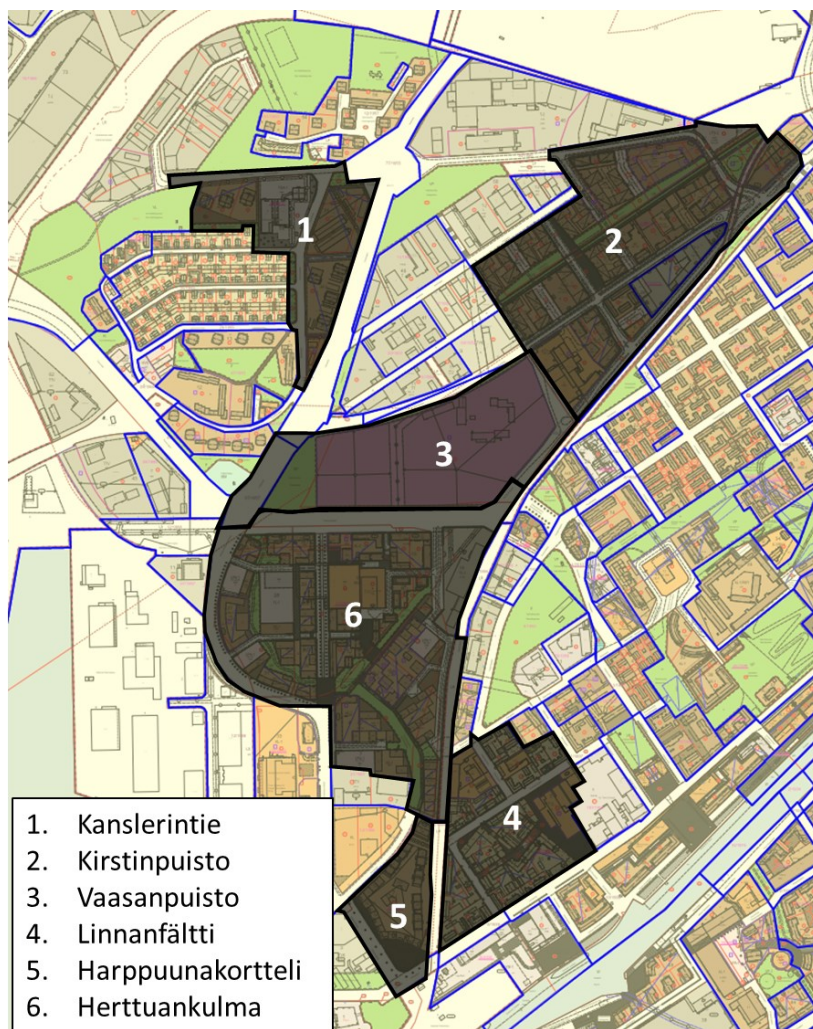
2.4 Maankäyttö

Nykyinen maankäyttö otettiin Maanmittauslaitoksen maastotietokannan, Turun kaupungin pohja- sekä kaavakartan ja ilmakuvien aineistosta. Sen perusteella tarkennettiin olemassa olevan hulevesimallin maankäyttöparametrit (viimeinen mallin päivitys 3/2021).

Lisäksi hulevesimallinnusta varten otettiin huomioon myös luonnokset muista asemakaava-alueista (kuva 2), jotka ovat osittain rakentumassa ja osittain suunnitelmavaiheessa:

21.1.2022

- Turun ratapiha (suunnitelma), ei merkittävää vaikutusta (hulevedet johdettu suunnittelualueen pohjoispuolella sijaitsevan viemärirunkolinjan kautta mereen) ⇒ otettu alueen hulevesimallista (viimeinen mallin päivitys 3/2021)
- Kirstinpuisto (rakentumassa) ⇒ otettu alueen hulevesimallista (viimeinen mallin päivitys 3/2021)
- Vaasanpuisto (suunnitteluvaiheessa olevaa viivytysallasta ei varmuuden vuoksi otettu huomioon), ei merkittävää vaikutusta (hulevedet johdettu suunnittelualueen pohjoispuolella sijaitsevan viemärirunkolinjan kautta mereen) ⇒ otettu alueen hulevesimallista (viimeinen mallin päivitys 3/2021)
- Herttuankulma (rakentumassa) ⇒ otettu kaavakartasta
- Harppuunakortteli (rakentumassa) ⇒ otettu kaavakartasta
- Linnanfältti (ei vaikuta suunnittelualueeseen, purkupiste suunnittelualueen ulkopuolella)



Kuva 2. Hyväksytyt ja vireillä olevat asemakaava-alueet (Turun kaupungin karttapalvelusta, 2022), jotka otettiin huomioon hulevesimallinnuksessa (paitsi Linnanfältti, jonka hulevesien purkupiste sijaitsee tämän selvityksen suunnittelualueen ulkopuolella).

21.1.2022

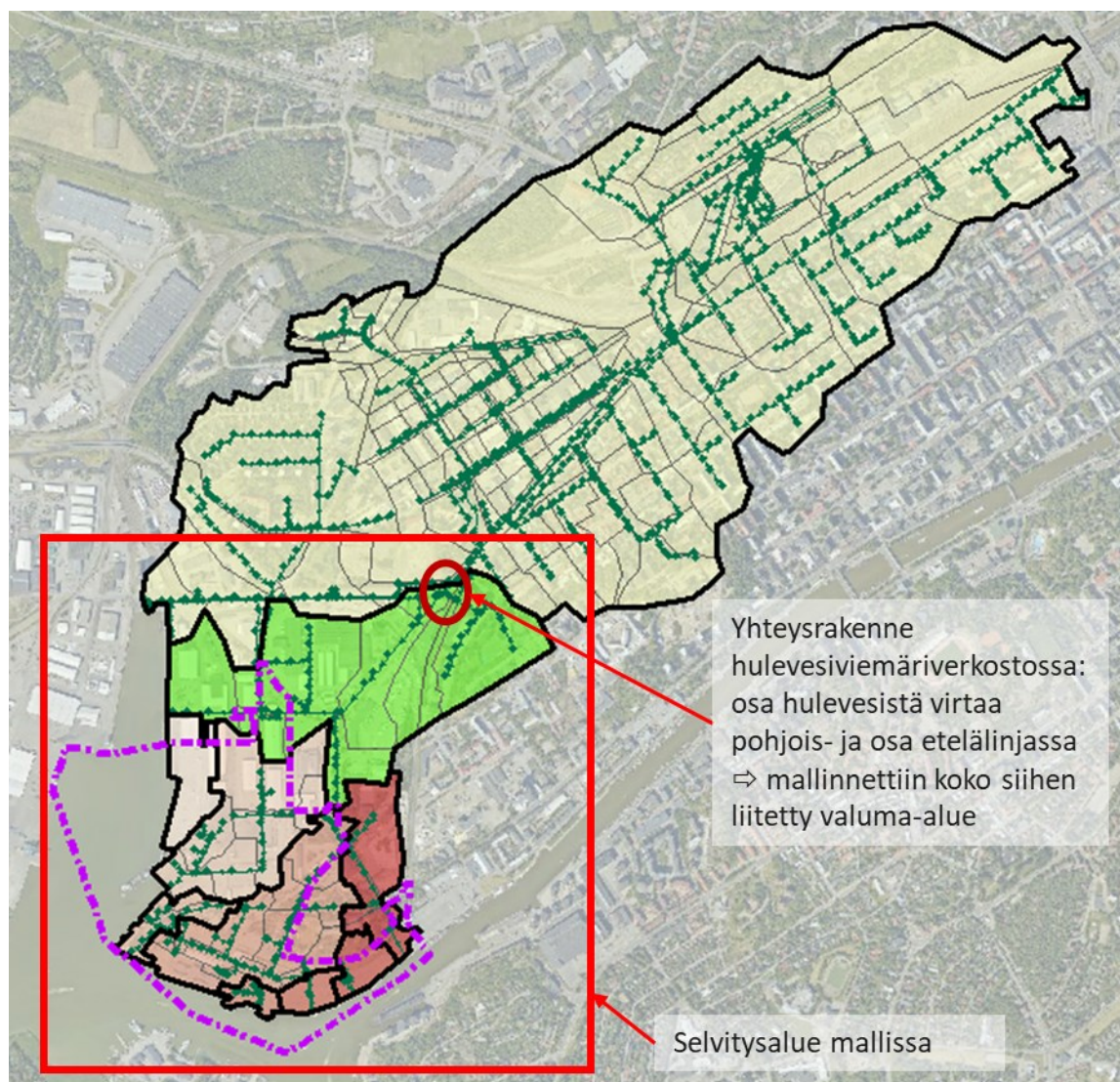


Kuva 3. Suunnittelualueen tuorein ilmakuva (Turun kaupunki, 2021)

21.1.2022

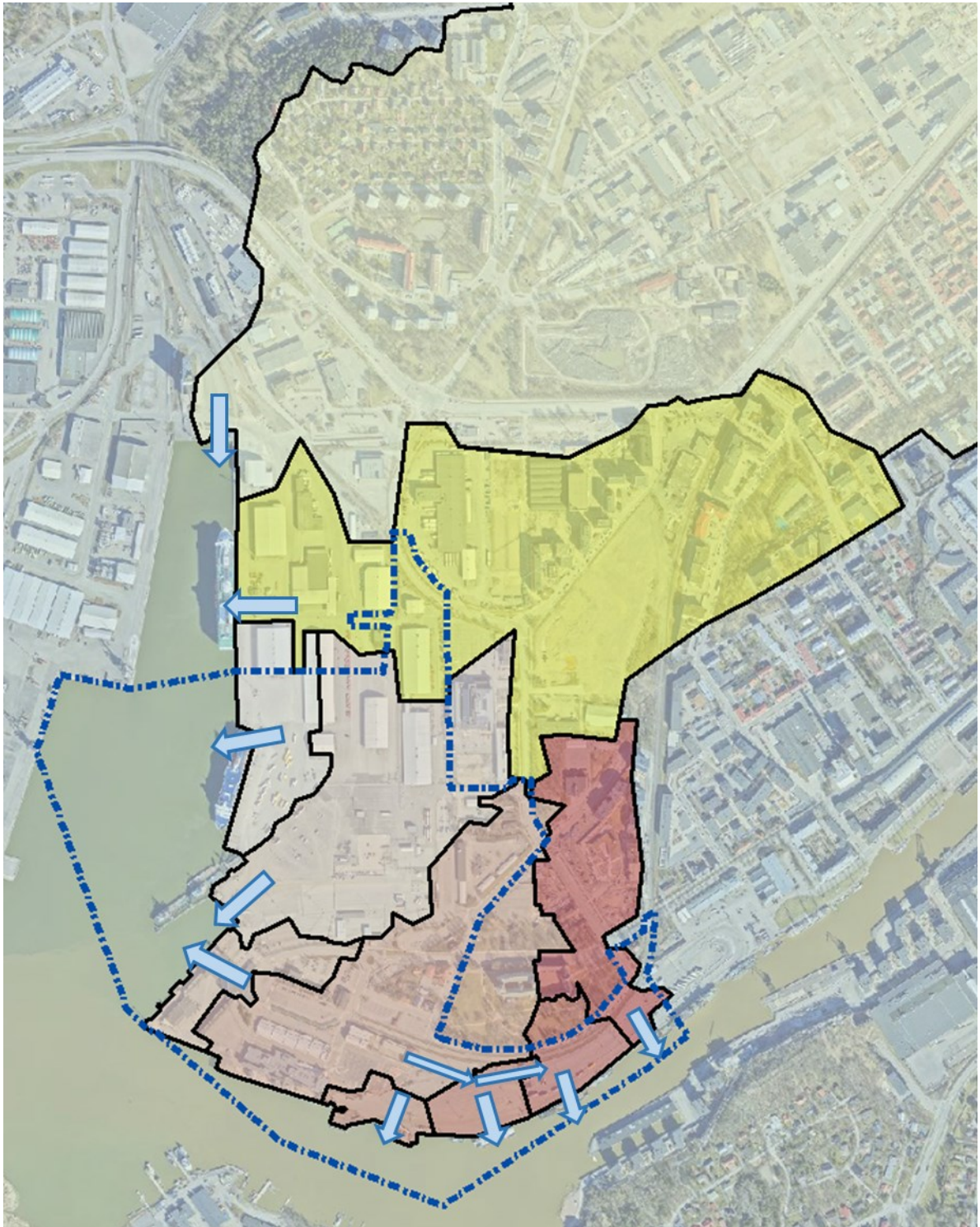
2.5 Valuma-alueet ja -reitit

Suunnittelualueen valuma-alueet ja -reitit otettiin ensimmäiseksi olemassa olevasta Turun kaupungin hulevesimallista (viimeinen päivitys Kirstinpuiston / Vaasanpuiston suunnitelman mukaan tehty 3/2021). Sen perusteella tehtiin tarvittava tarkennus laserkeilausaineiston ja tuoreimman johtokartan (25.10.2021) mukaan. Alueella on muutamia erittäin lyhyitä hulevesiviemäriainjoja, jotka on liitetty suoraan mereen ja joita ei otettu mallissa huomioon, koska niihin liitetyt alueet ovat niin pieniä. Lisäksi muutamista putkista sekä kaivoista puuttuu tietoa kuten korkotasoja ja kokoja, ja siksi virtaus-suuntia sekä osavaluma-alueita ei ollut mahdollista selvittää. Niitä alueita mallinnettiin parhaiden arvioiden perusteella (esim. valuma-alueet rajattiin tarvittaessa niin isoiksi, että niiden liittymäpiste voitiin määrittää verkostokartan perusteella). Päävaluma-alueet on esitetty kuvissa 4 ja 5, tarkemmat osa-valuma-alueet ja mallinnetut virtausreitit on esitetty liitekartassa 200.



Kuva 4. Suunnittelualueen päävaluma-alueet.

21.1.2022

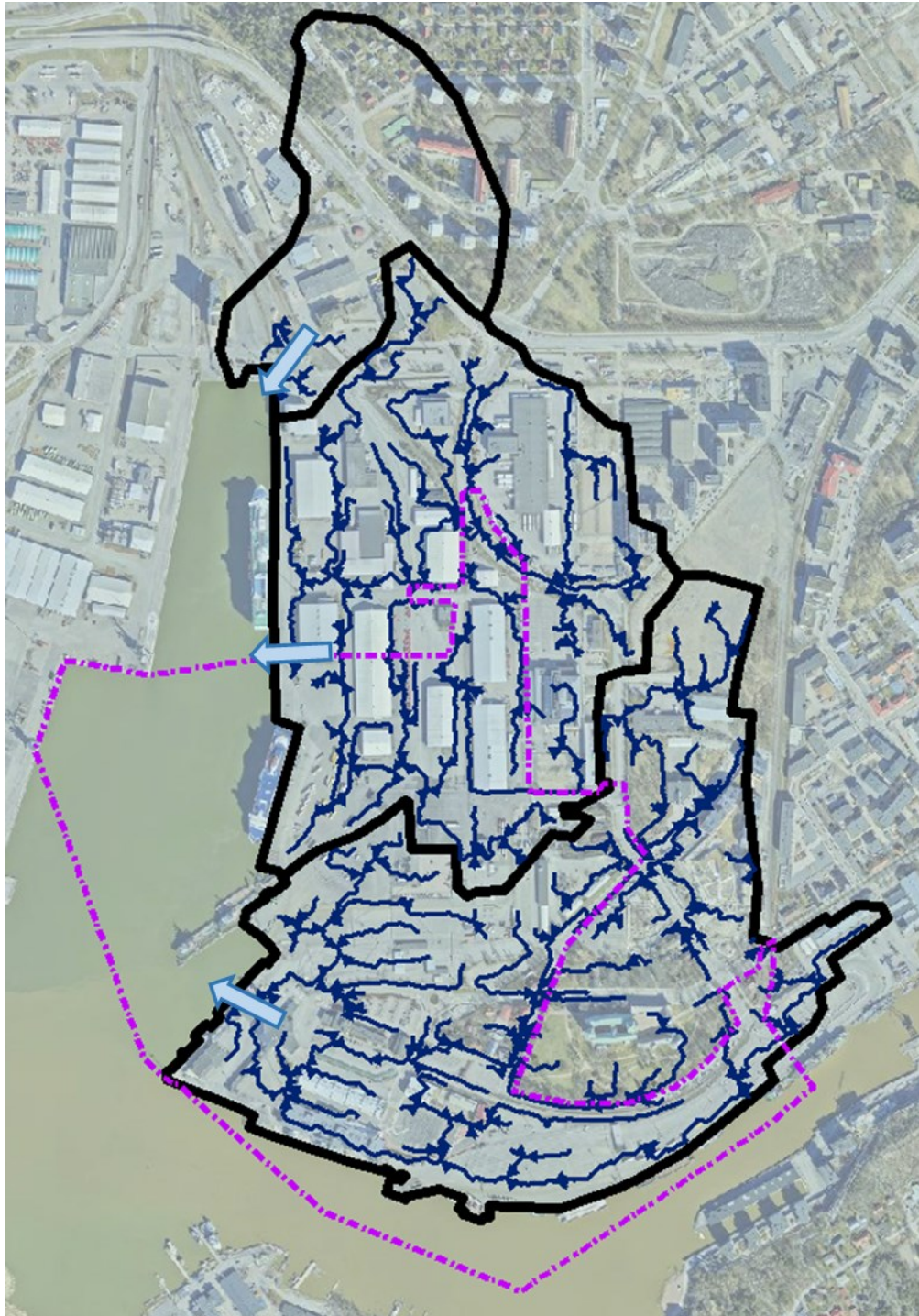


Kuva 5. Suunnittelualan päävaluma-alueet ja purkupisteet mereen.

21.1.2022

2.6 Tulvareitit

Uuden laserkeilausaineiston perusteella laadittiin suunnittelualueen tulvareittikartoitus. Siinä ei ole otettu huomioon vielä laiturialueen viimeisintä suunniteltua nostoa, koska selvityksen aikana ei ollut tästä vielä tarkempaa tietoa. Tulvareitit on esitetty kuvassa 6 ja liitekartassa 200 ja 201.



Kuva 6. Arviodut nykyiset tulvareitit.

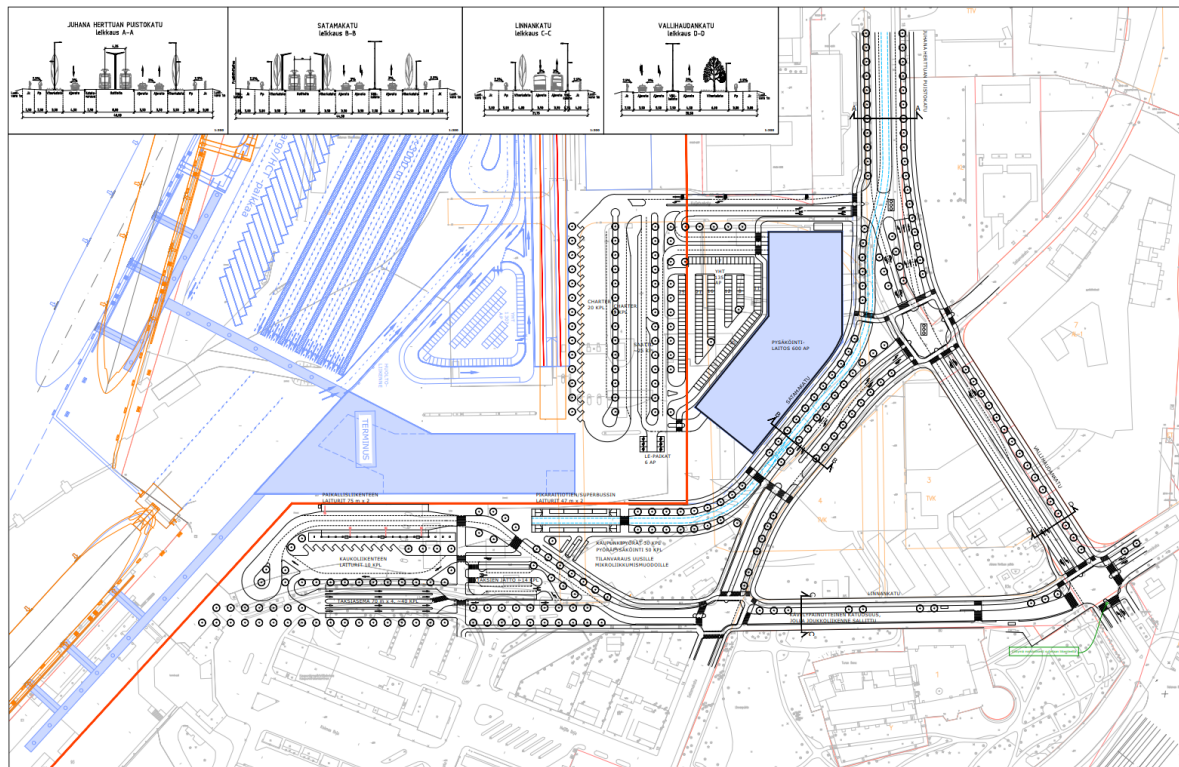
21.1.2022

3 Suunnitellun maankäytön muutoksen hydrologiset vaikutukset

3.1 Maankäytön muutos

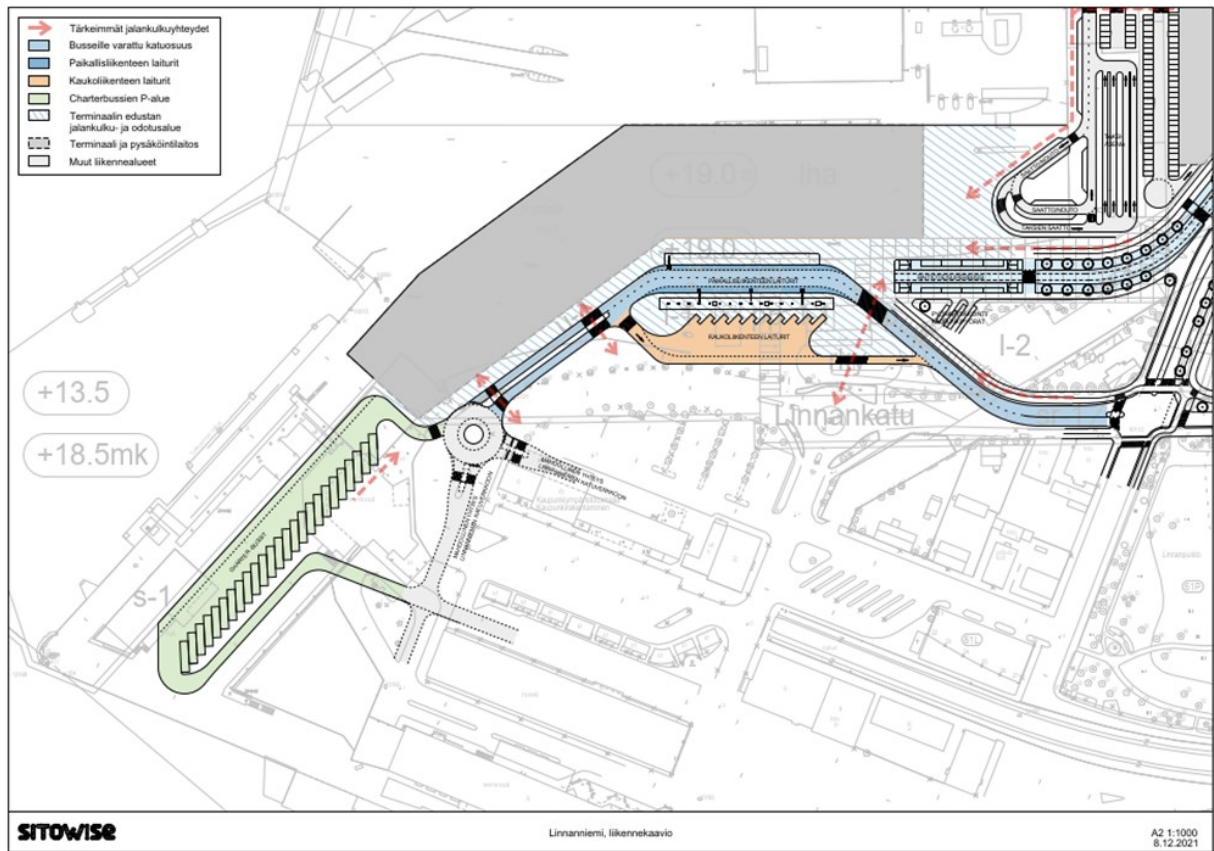
Terminaalialueelta on selvityksen aikana tehty useita erilaisia liikenne- ja maankäyttöluonnoksia. Niistä merkittävimpiä ovat: Yhteisterminaalien ympäristön liikennesuunnitelma (WSP, 23.3.2020), Ferry terminaalien liikenneluonnos (Ramboll 16.4.2021) ja Linnanniemen alueen liikennekaavio (Sito-wise, 8.12.2021). Luonnokset on esitetty kuvissa 7, 8 ja 9. Hulevesimallinnusta varten otettiin huomioon kaksi ensimmäistä luonnosta. Varmuuden vuoksi mallissa käytettiin isompaa terminaalirakennusta ja lisäksi huomioitiin pysäköintilaitoksen rakennus, sillä kattojen arvioitu valumakerroin on hie- man isompi asfalttipäällysteen valumakertoimeen verrattuna. Koska viimeisin saattoliikenne- ja py- säköintialueen luonnos ei sovi Linnanniemen maankäyttöluonnoksen kanssa yhteen (charterbussien pysäköinti on samassa paikassa kuin osa Linnanniemen luonnoksen uusista rakennuksista), hulevesi- mallinnuksessa otettiin ensisijaisesti Linnanniemen luonnos suunnittelun perusteeksi.

Terminaalialueen eteläpuolella sijaitsevalle Linnanniemen alueelle on tehty ideakilpailu maankäy- töstä. Voittajalta tuli ehdotus (Kolme palaa), jonka perusteella Turun kaupunki on kehittänyt kahta vaihtoehtoista maankäyttöluonnosta, joita molempia on tutkittu tässä selvityksessä. Luonnoksessa 6 nykyistä henkilöliikenneraidetta lyhennetään ja rautatie loppuu jo ennen Linnankatua, kun sitä vas- toin luonnoksessa 8 rata säilytetään nykytilanteen mukaisena. Luonnokset on esitetty kuvissa 10 ja 11.



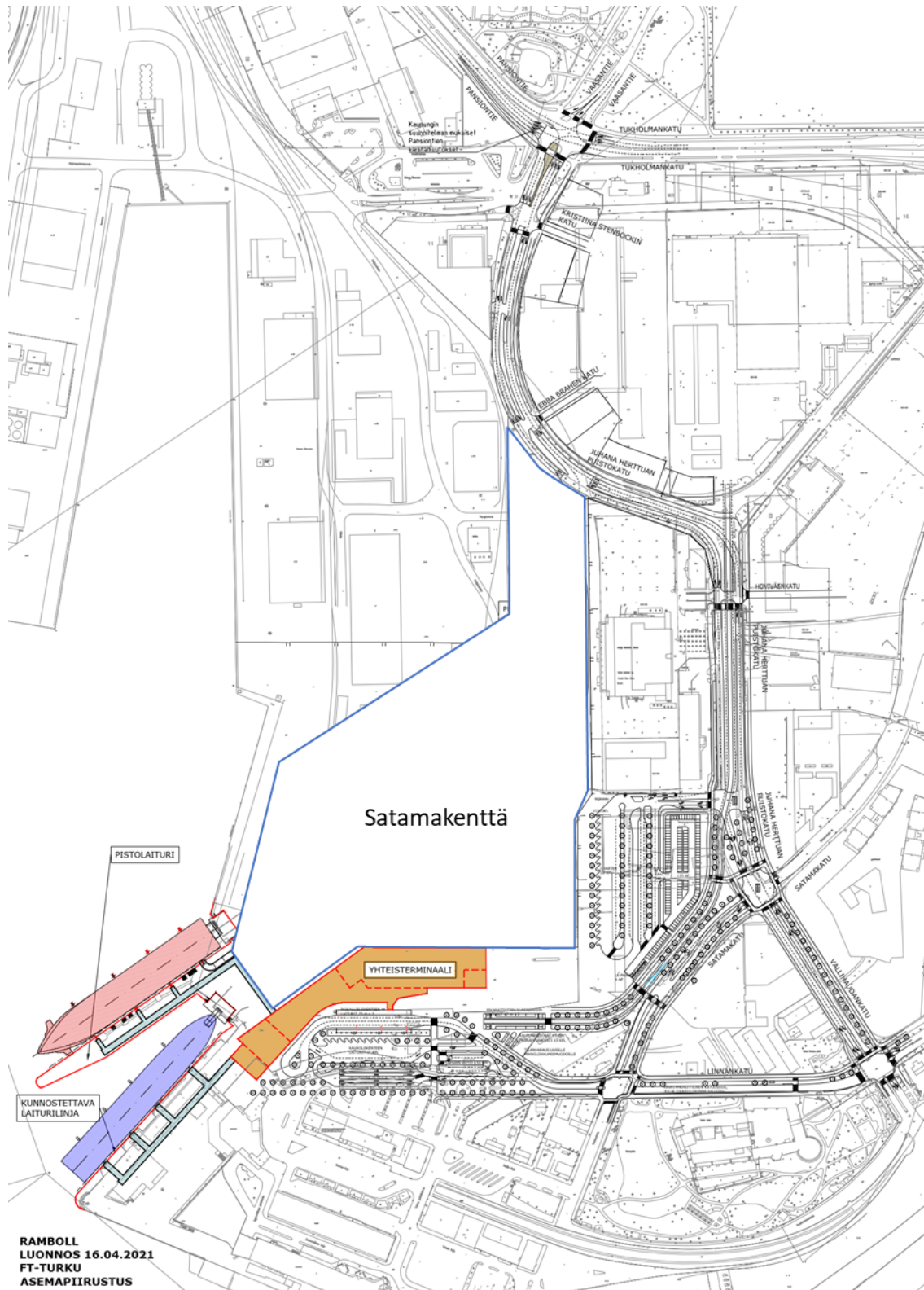
Kuva 7. Yhteisterminaalien ympäristön liikennesuunnitelma (WSP, 23.3.2020).

21.1.2022



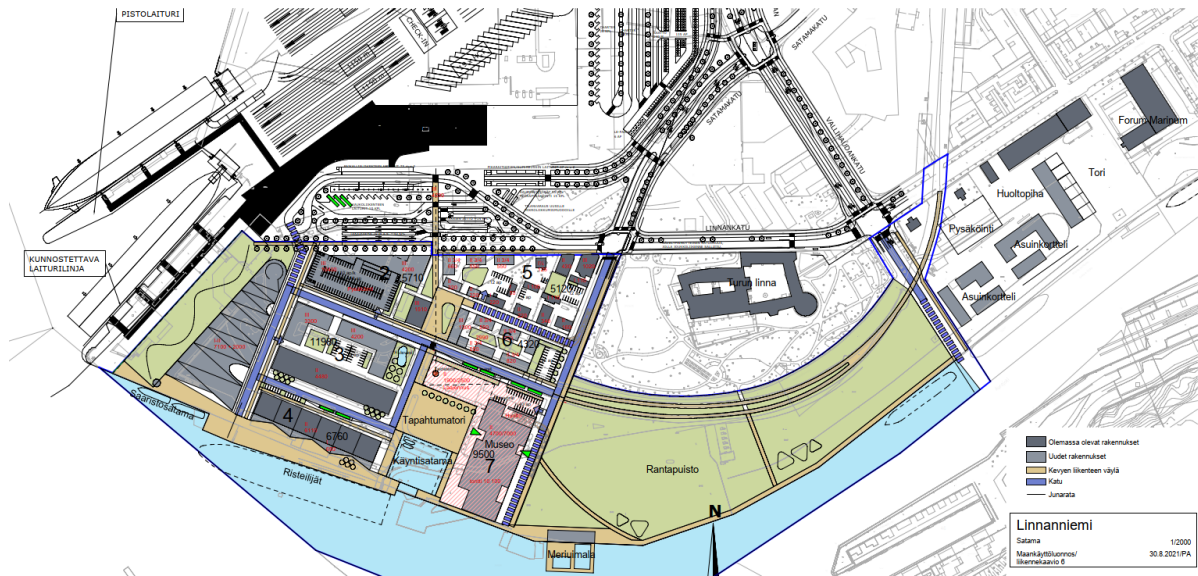
Kuva 8. Linnanniemen alueen liikennekaavio (Sitowise, 8.12.2021).

21.1.2022

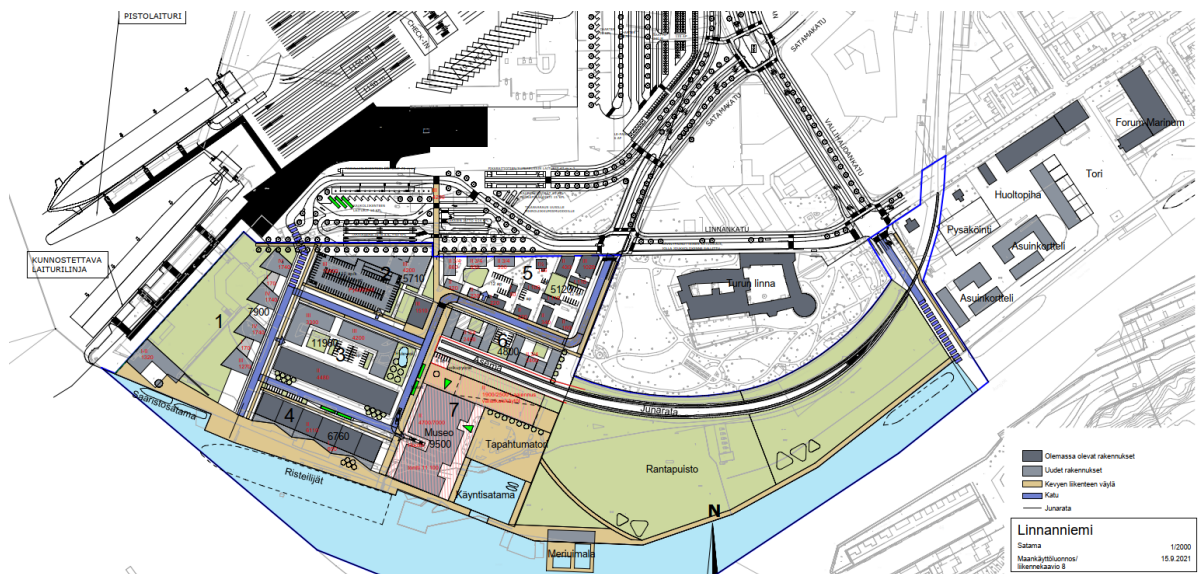


Kuva 9. Ferry Terminaalin liikenneluonnos (Ramboll, 16.4.2021).

21.1.2022



Kuva 10. Kilpailuehdotusten pohjalta kehitetty maankäyttöluonnos 6.



Kuva 11. Kilpailuehdotusten pohjalta kehitetty maankäyttöluonnos 8.

3.2 Vaikutukset valuma-alueisiin ja virtausreitteihin

Maankäytön muutos suunnittelualueella muuttaa erityisesti Linnanniemen alueella osavaluma-alueita ja virtausreittejä. Vain osaa nykyisistä hulevesiviemäreistä on mahdollista käyttää tulevassa tilanteessa, koska niiden päälle osoitetaan uutta rakentamista.

Muutosalueella määriteltiin osavaluma-alueet ja tarvittavat hulevesiviemärien runkolinjat maankäyttöluonnoksien perusteella uudestaan.

21.1.2022

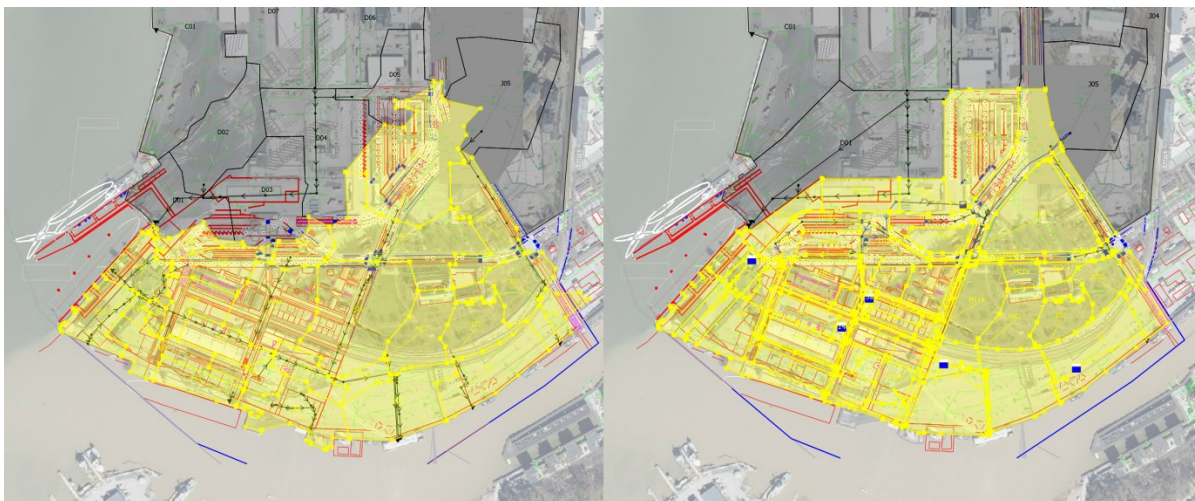
3.3 Vaikutukset hulevesien määrään ja laatuun

Maankäytön muutosten hydrologisia vaikutuksia arvioitiin laskennallisesti vettä läpäisemättömien pintojen perusteella, koska niiltä muodostuu suurin osa hulevesistä. Läpäisemättömistä pinnoista merkittävimpiä ovat kattopinnat, sillä ne on usein kytketty suoraan tontin kuivatusjärjestelyihin. Myös pysäköintiin tarkoitettut asfaltoidut alueet on tyypillisesti kuivatettu tehokkaasti, joten myös niiltä muodostuva hulevesivalunta on nopeaa ja määrältään suurta.

Maankäyttöluonnosten perusteella arvioitiin vettä läpäisemättömien pintojen osuutta, jota on kuvattu kaupunkihydrologiassa yleisesti käytetyllä käsitteellä Total Impervious Area (TIA). Siinä vettä läpäisevienkin pintojen ajatellaan olevan osittain läpäisemättömiä eli esimerkiksi läpäiseviltä nurmipinnoilta muodostuu myös jonkin verran välitöntä hulevesivaluntaa. Tämä pätee etenkin rankkasadetilanteissa, joissa läpäisevät pinnat eivät kykene pidättämään tai imemään kaikkea niille satavaa vettä.

Valumakerroin kuvaa hulevesivalunnan osuutta yksittäisen sadetapahtuman sademäärästä. Valumakerroin on sitä suurempi, mitä rankempi sadetapahtuma on, ja sen maksimiarvo on 1,0 (100 % sadannasta muuttuu hulevesivalunnaksi). Valumakertoimen määrittämisessä oletetaan, että kaikki hulevesivalunta muodostuu edellä kuvatuilta läpäisemättömiltä pinnoilta (TIA). Valumakertoimen määrittämisessä huomioitiin lisäksi painannesäilyntä, joka kuvaa sadannan häviöitä, jotka aiheutuvat veden varastoitumisesta esimerkiksi pintojen epätasaisuuksiin. Todellisuudessa valumakertoimen arvo vaihtelee kuitenkin kunkin sadetapahtuman ominaisuuksien ja sitä edeltävien olosuhteiden kuten maaperän ja pintojen kosteuden mukaan.

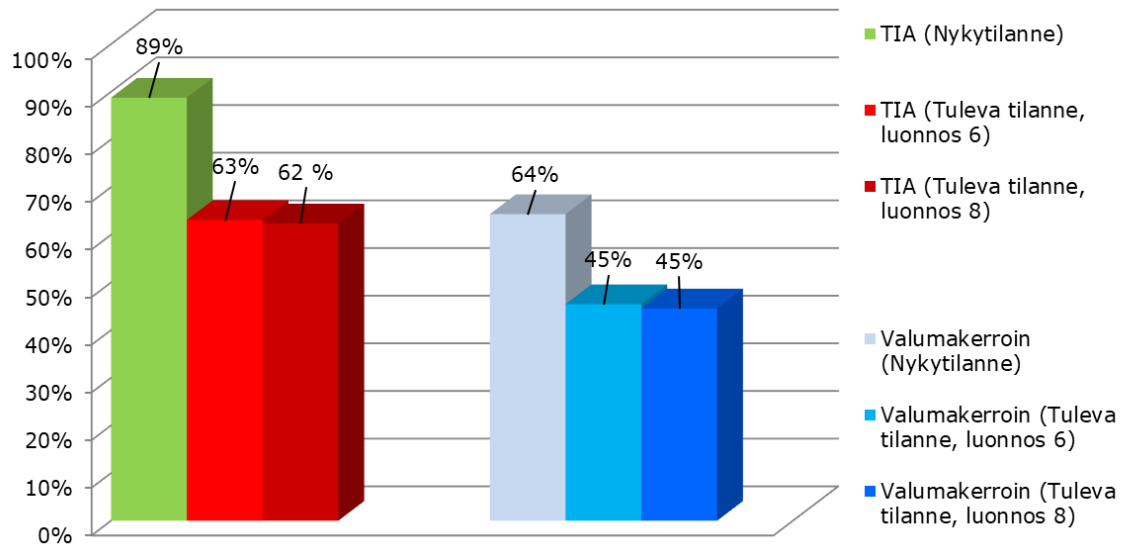
Tässä tapauksessa läpäisemättömyys ja siis hulevesimäärä pienenee Linnanniemen alueella, kun merkittävä osa siitä muutetaan viheralueeksi, eli päällystettyjen alueiden osuus ja sen mukana hulevesien määrä laskevat. Suunnittelualan pohjoispuolella, esimerkiksi uuden terminaalin ja laiturin alueella, pintojen päällysteitä ei muuteta merkittävästi: suurin osa alueesta jää myös tulevassa tilanteessa asfaltoiduksi, muutama rakennus puretaan, mutta uusia rakennuksia (terminaali, mahdollisesti pysäköintilaitos) rakennetaan.



Kuva 12. Alue, jossa maankäyttömuutoksen vaikutus alueen läpäisemättömyyteen ja valumakertoimeen sekä sen takia myös hulevesien määrään on merkittävin (vasemmalla alueen osavaluma-alueet nykytilanteessa, oikealla alueen osavaluma-alueet tulevassa tilanteessa)

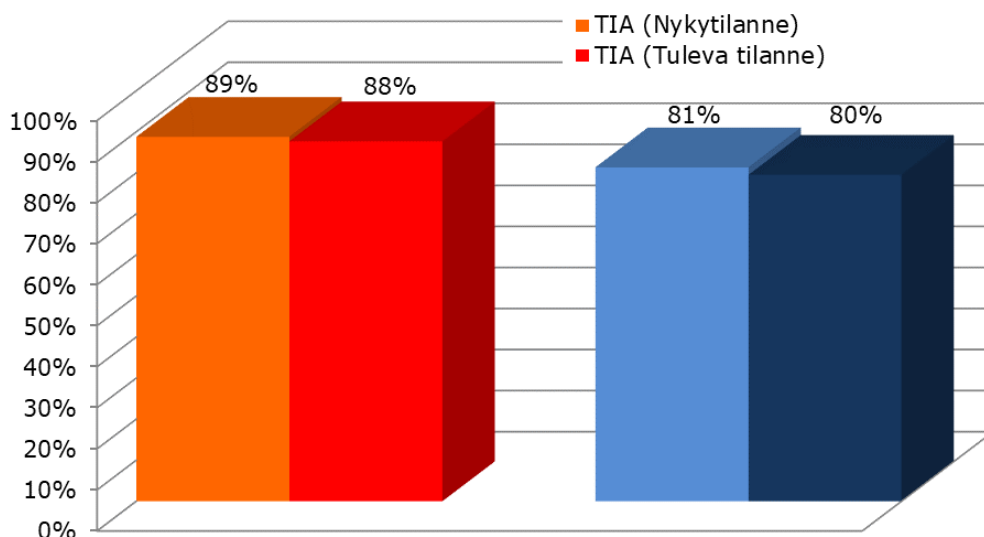
21.1.2022

Asemakaavamuutoksen vaikutus hulevesien määrään on hyvin merkittävä kuvassa 12 esitetyllä alueella (keltaisella merkitty alue), jolla muutos maankäytössä on merkittävin: TIA laskee arvosta 78 % sekä arvoon 63 % (luonnos 6) että arvoon 62 % (luonnos 8) ja valumakerroin arvosta 64 % arvoon 45 % (sekä luonnos 6 että luonnos 8) sadetapahtumalla 10 min 1/10a (kuva 13). Suurin muutos tulee ison suunnitellun viher- sekä puistoalueen mukana.



Kuva 13. Suunnitellun maankäytön aiheuttamat muutokset läpäisemättömän pinnan osuuteen Linnanniemen pinta-alasta (TIA) sekä valumakertoimeen (määritetty sadetapahtumalle 10 min 1/10a).

Muulla alueella muutos on merkityksettömän pieni: 1 % vähennys tulee osan alueen muutoksesta rakennuksesta asfalttipäällysteeseen (kuva 14).



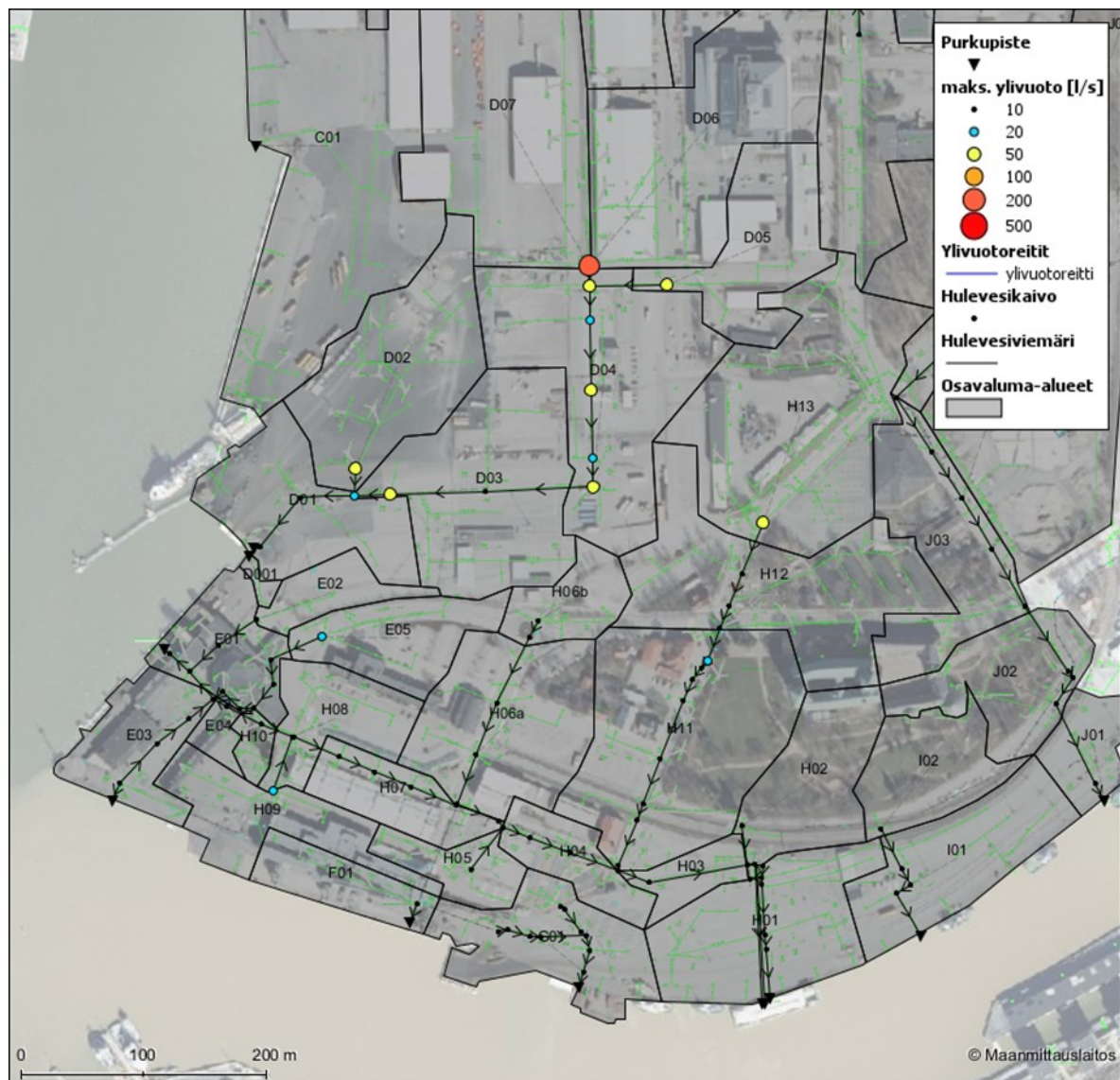
Kuva 14. Suunnitellun maankäytön aiheuttamat muutokset läpäisemättömän pinnan osuuteen satama-alueen pohjoisosan pinta-alasta (TIA) sekä valumakertoimeen (määritetty sadetapahtumalle 10 min 1/10a).

21.1.2022

Hulevesien laadun näkökulmasta muutos on Linnanniemen sekä muiden katualueiden näkökulmasta positiivinen, koska maankäyttö- sekä liikennesuunnittelun mukaan viheralueiden osuus kasvaa. Jos hulevedet erityisesti liikennealueista johdetaan ensisijaisesti viheralueisiin tai viheralueiden läpi, hulevedet puhdistuvat jonkin verran ja niiden laatu paranee.

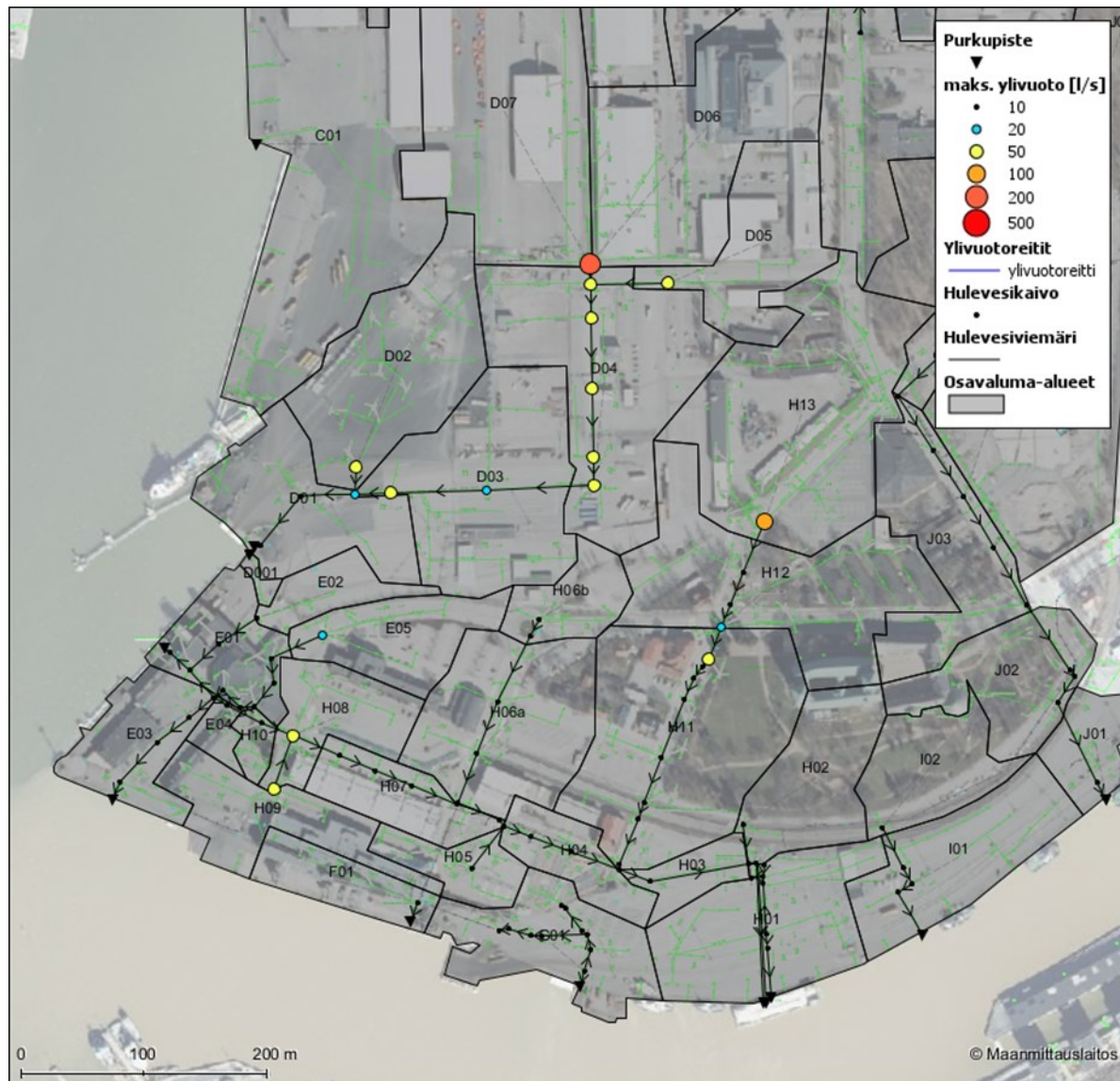
3.4 Nykyiset hulevesistä aiheutuvat ongelmakohdat

Nykytilanteen hulevesimallinnuksen avulla hulevesiviemäriverkostosta tulvii pääasiallisesti sataman liikennealueella ja Satamankadulla. Tulviminen tapahtuu jo kerran kahdessa vuodessa (1/2a) sadeta-
pahtumilla (kts. kuvat 15 ja 16):



Kuva 15. Nykytilanteen mallinnetut ongelmakohdat (määritetty sadeta-
pahtumalle 15 min 1/2a).

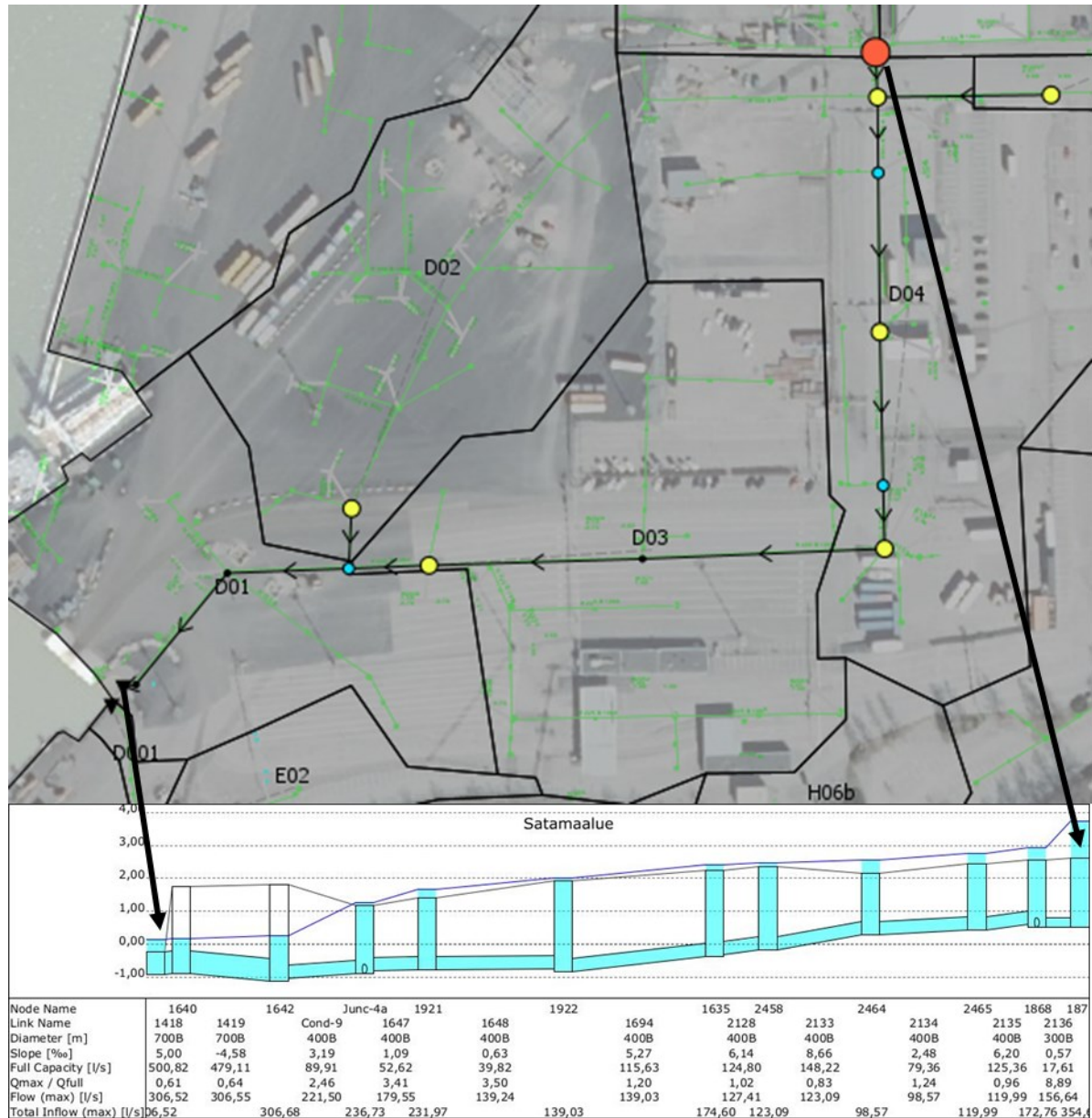
21.1.2022



Kuva 16. Nykytilanteen mallinnetut ongelmakohdat (määritetty sadetapahtumalle 15 min 1/5a).

Satama-alueen mallinnetun hulevesiviemärin runkolinjassa kapasiteetit ovat osittain paljon pienempiä kuin verkostokartan mukaan siihen liitettyjen päällystettyjen alueiden valunta. Pääosin runkolinjan putkien vesijuoksu on keskivesitason alapuolella ja merivesi siis padottaa hulevettä niin, että runkolinjan painelinja nousee reilusti. Lisäksi viimeisessä osassa 700B putken kaltevuus on negatiivinen (kuva 17).

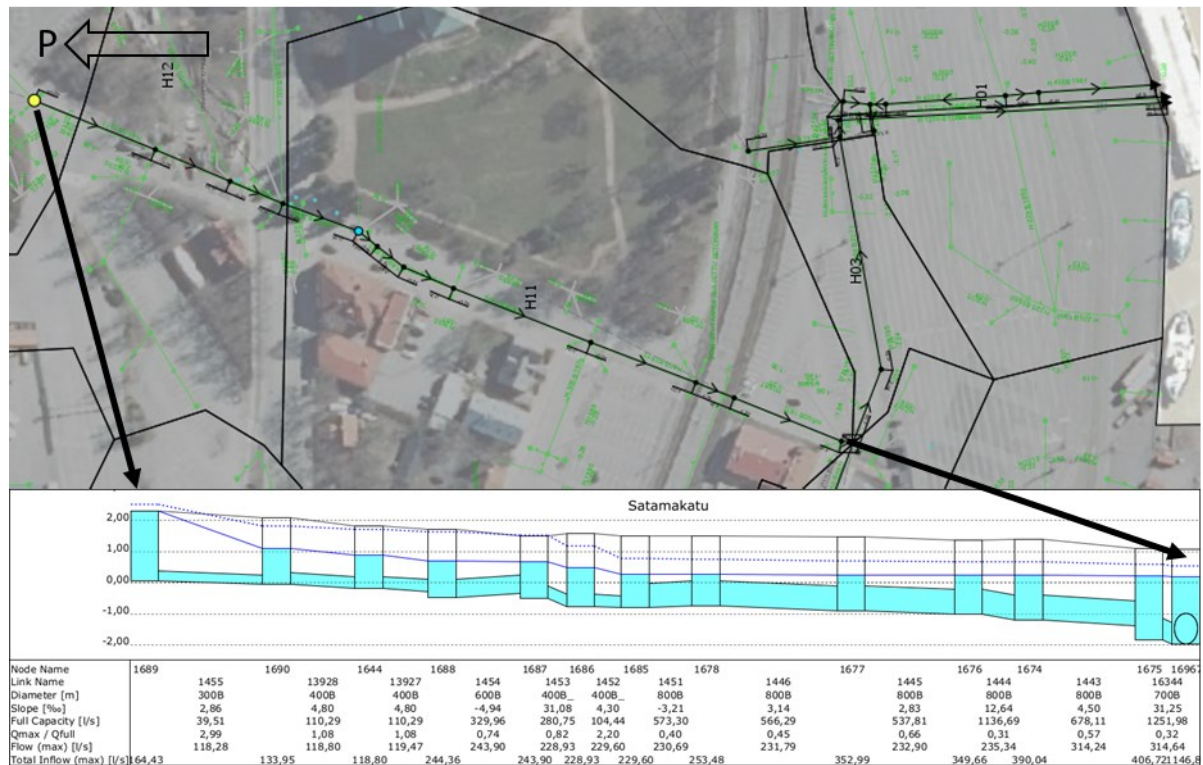
21.1.2022



Kuva 17. Nykytilanteen mallinnettu pituusleikkaus satama-alueella (määritetty sadetapahtumalle 15 min 1/2a).

Satamakadun runkolinja on kokonaan merivesitason alla. Lisäksi putkien halkaisijat vaihtelevat osittain pienemmäksi Linnankadun eteläpuolella (600B → 400B → 800B) ja osalla putkista on negatiivinen kaltevuus (kuva 18). Vaikka Satamakadun alajuoksulla sijaitsevan runkolinjan halkaisijat kasvavat (1000B) ja loppuosassa on kaksi linjaa, koko linja on vähintään 2 m meren keskivesitason alapuolella ja siis usein täynnä. Sen takia mallissa padotus on merkittävää ja aiheuttaa jo pienillä sadetapahtumilla tulvimisongelmia

21.1.2022



Kuva 18. Nykytilanteen mallinnettu pituusleikkaus Satamakadun runkolinjalta (määritetty sadetapah-tumalle 15 min 1/2a).

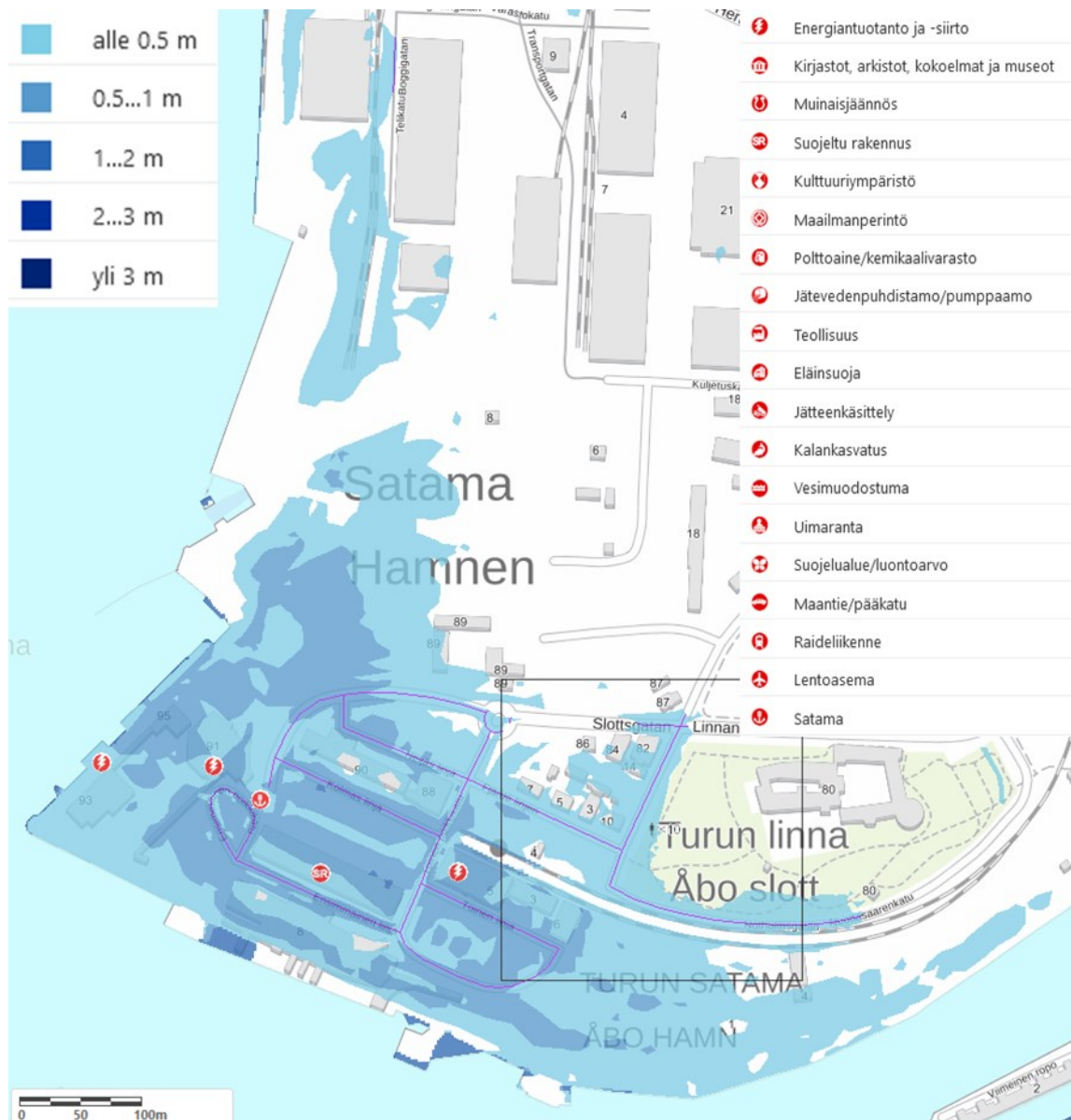
4 Meritulvaselvitys

4.1 Tulva-alueet ja riskikohteet

Taulukossa 1 esitettyjen SYKE:n meriveden tulvatasojen ja tuoreimman laserkeilausaineiston perusteella arvioitiin satama-alueen 1/250 a meritulvatilanteen tulva-alueet. Tulva-alueet vastaavat suurin piirtein SYKE:n vuodessa 2019 päivitettyä tulvakartoitusta. Olemassa olevat riskikohteet otettiin sen takia suoraan SYKE:n tulvariskikartoituksesta.

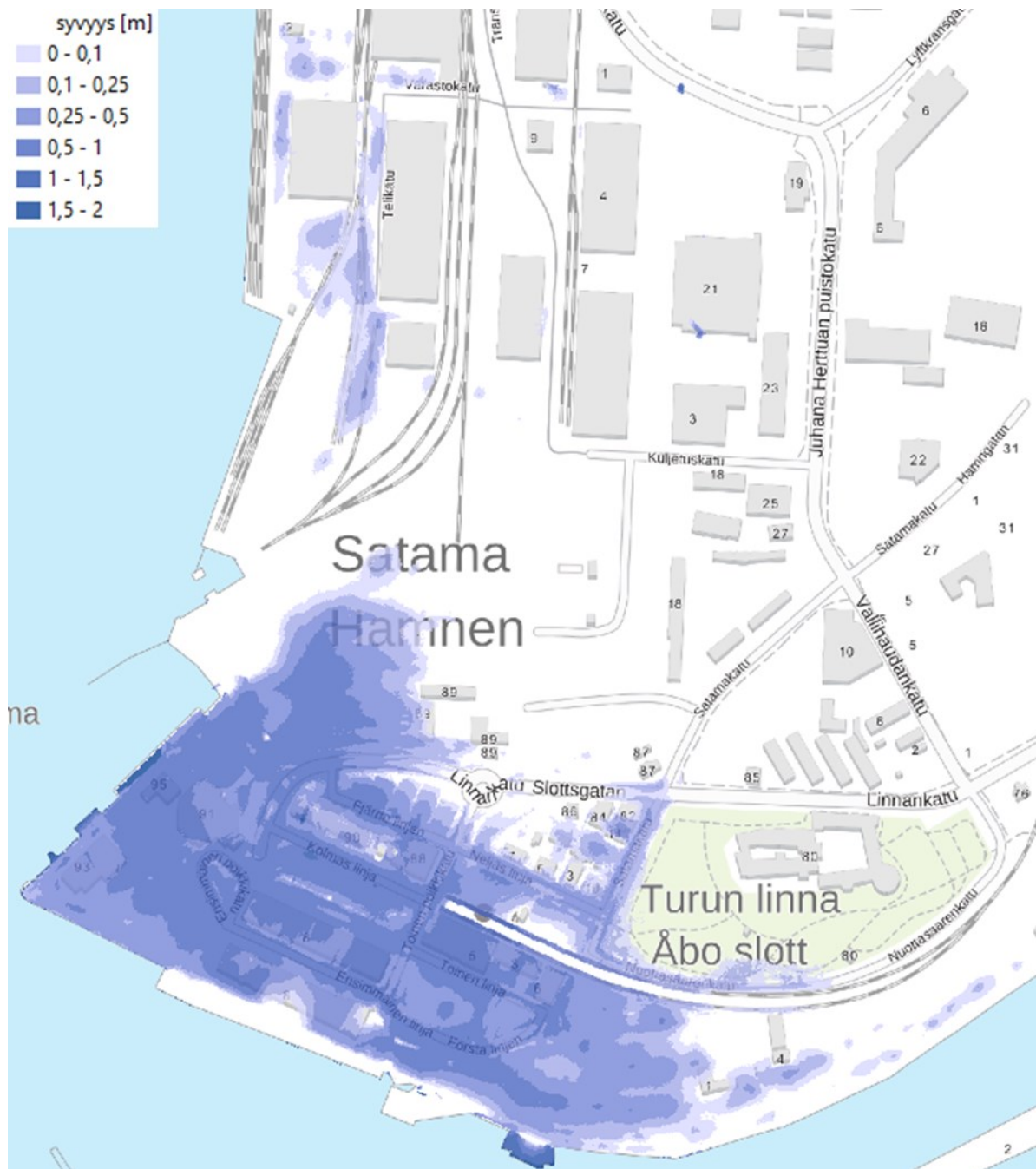
Tarkemman kartoituksen suurin ero SYKE:n tulva-aluekartoitukseen verrattuna koskee laiturin rampin ja satama-alueen etelärannan alueita, joissa tulva-alueen laajuus on pienentynyt. Tulva-alueet ja -riskikohteet on esitetty kuvassa 19 ja kuvassa 20 sekä liitekartassa 201.

21.1.2022



Kuva 19. Nykytilanteen 1/250a meritulvatilanteen tulva-alueet ja riskikohteet SYKE:n tulvakarttapalvelusta (päivitetty 2019).

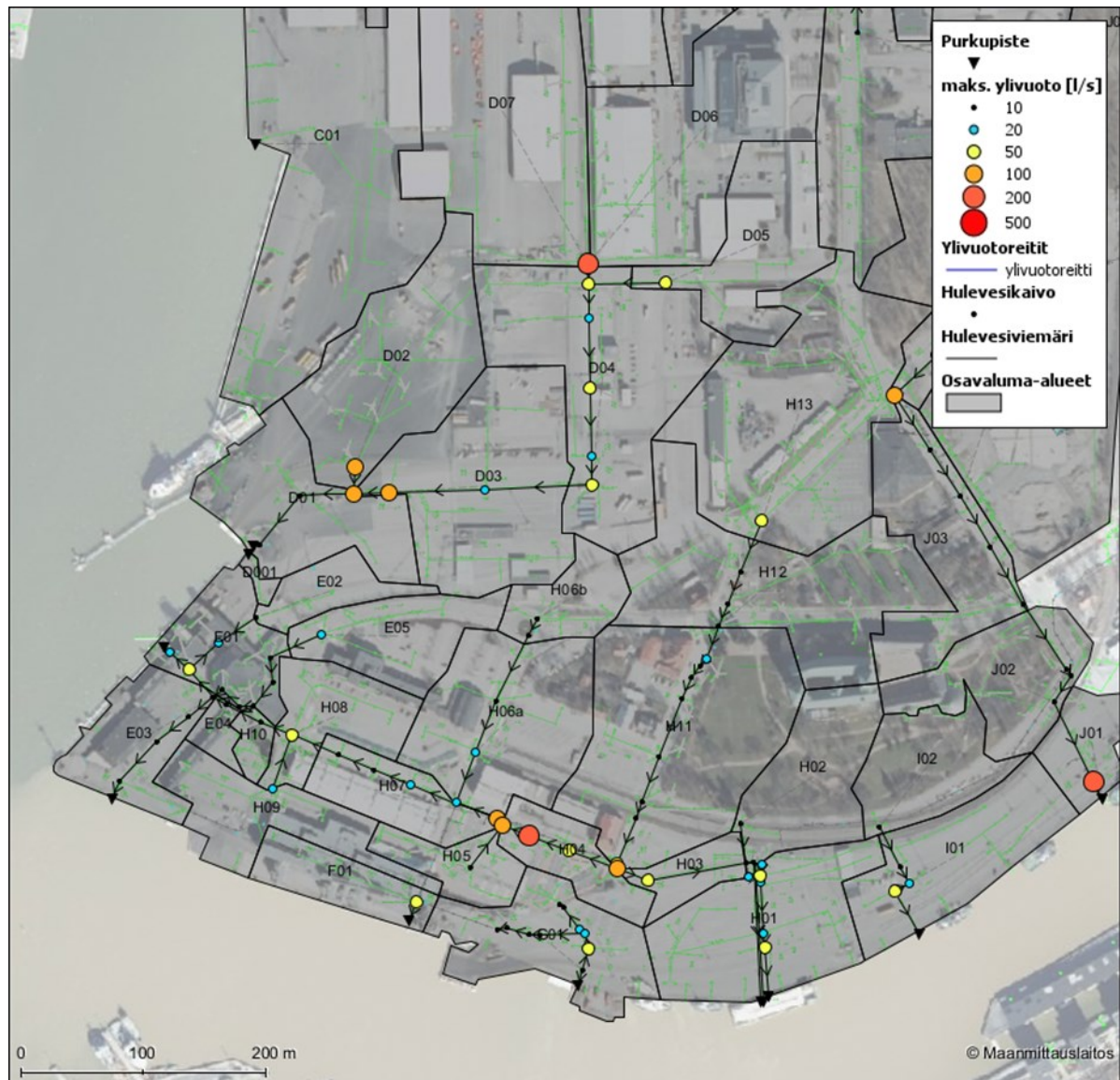
21.1.2022



Kuva 20. Nykytilanteen 1/250a meritulvatilanteen tulva-alueet uuden alueen laserkeilausaineiston (2021) perusteella.

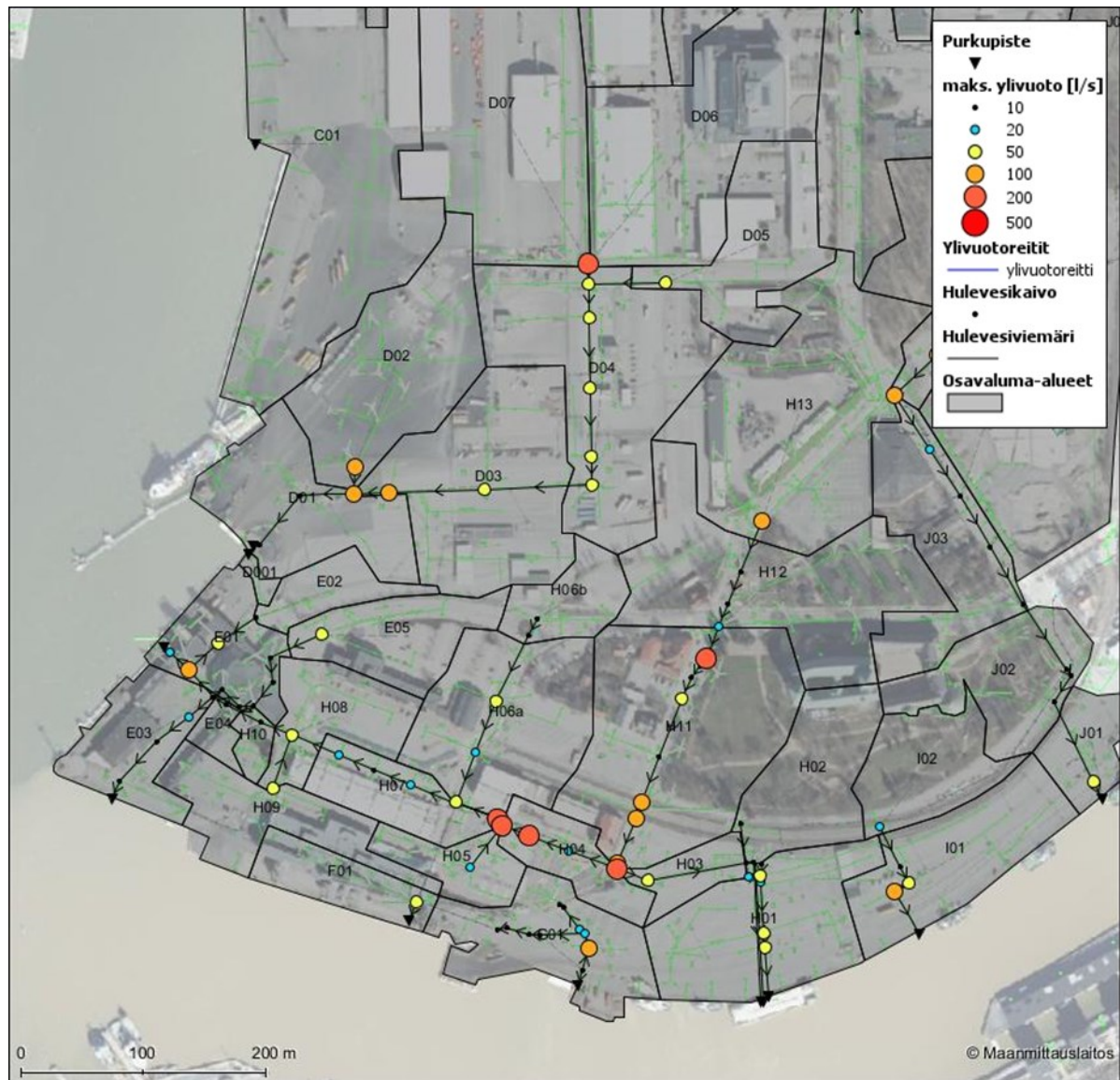
Jos mallinnetaan nykytilanne niin, että rankkasateen lisäksi merivesi on 1/250 a tulvatasolla, tulviminen hulevesiviemäriverkostosta pahenee merkittävästi. Kuvissa 21 ja 22 on esitetty mallinnetut tulvivat hulevesikaivot 1/2 a ja 1/5 a 15 min rankkasateiden perusteella, jos purkukaivojen takaiskuventtiilit on suljettu.

21.1.2022



Kuva 21. Nykytilanteen mallinnetut tulvivat hulevesikaivot 1/250a meritulvatilanteessa (määritetty sadetapahtumalle 15 min 1/2a).

21.1.2022



Kuva 22. Nykytilanteen mallinnetut tulvivat hulevesikaivot 1/250a meritulvatilanteessa (määritetty sadetapahtumalle 15 min 1/5a).

5 Suositellut ratkaisuvaihtoehdot

5.1 Hulevesien hallinnan periaatteet

Asemakaava-alueiden hulevesien hallinnan suunnittelussa on huomioitava Turun kaupungin rakennusjärjestyksessä (1.3.2021) esitetyt hulevesien käsittelyn ja johtamisen yleiset periaatteet.

Yleisten periaatteiden mukainen käsittelyjärjestys on seuraava:

1. Hulevesien syntymistä ehkäistään suosimalla läpäiseviä päällysteitä ja viheralueita.
2. Hulevedet käsitellään ja hyödynnetään syntypaikallaan.

21.1.2022

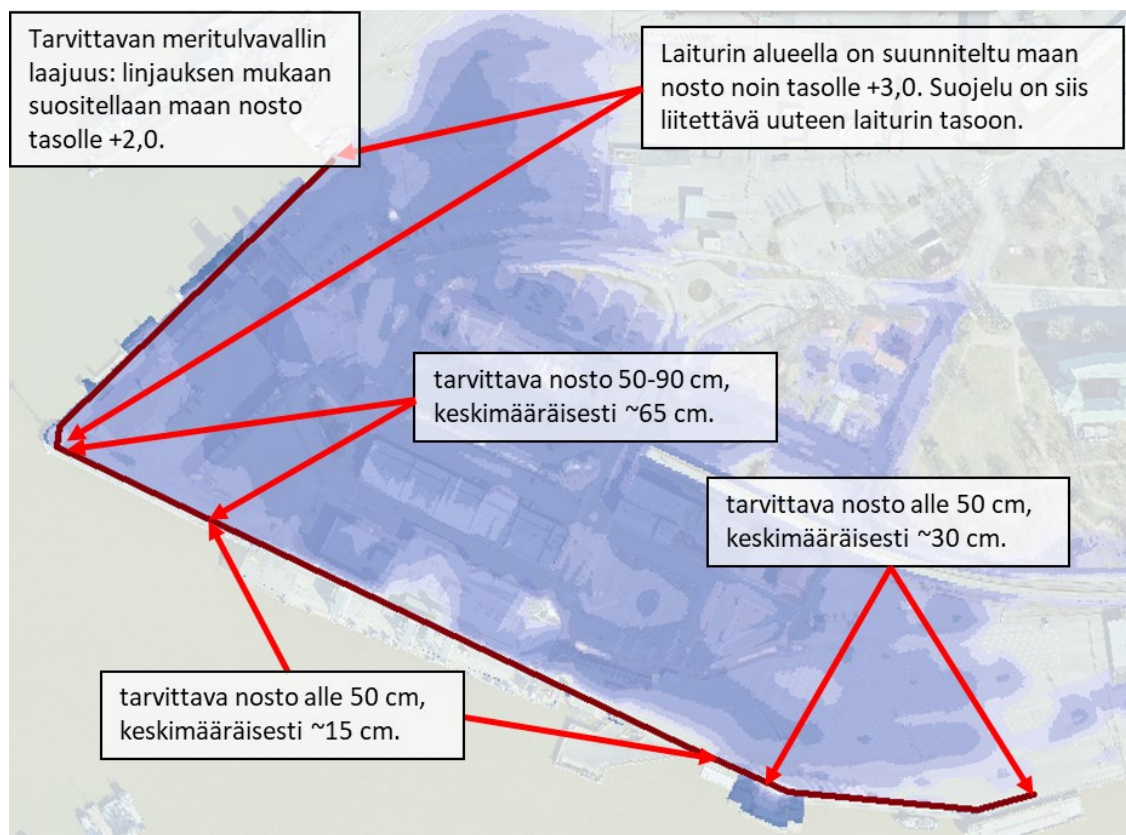
3. Hulevedet johdetaan pois syntypaikaltaan hidastavalla ja viivyttävällä järjestelmällä, kuten ojalla tai painanteella. Tonteilla viivytyksen mitoitukseksi suositellaan 1 m³ viivytystä jokaista 100 läpäisemätöntä neliötä kohti.
4. Hulevedet johdetaan pois syntypaikaltaan hulevesiviemärissä viheralueilla sijaitseville viivytysalueille ennen ojaan tai vesistöön johtamista.
5. Hulevedet johdetaan hulevesiviemärissä suoraan vastaanottavaan vesistöön, kuten jokeen tai mereen, vain, jos mikään muu ei ole mahdollista.

Tämän selvityksen tavoite oli kuitenkin tutkia ratkaisumahdollisuuksia yhdistettyyn rankkasade- ja meritulvatilanteeseen. Sen takia hulevesiohjelman periaatteiden lisäksi hulevesien hallinnan on tarkoitus vastata seuraaviin haasteisiin:

- Alueen suojele 1/250 a meritulvan vesipinnan perusteella (tulvasato +1,74 m)
- Mahdollisimman iso osuus meritulvan aikana tulevasta rankkasateiden hulevesimäärästä on säilytettävä / viivytettävä alueella niin, ettei aiheudu tulvimisriskiä.
- Meritulvan aikana rankkasateiden hulevedet on johdettava sopivia tulvareittejä myöten viivytyskohteisiin.

5.2 Meritulvasuojelu

Tulva-alueiden perusteella määriteltiin satama-alueen tarvittava suojelutarve. Nykytilanteessa tarvittavan meritulvasuojelun laajuus on esitetty kuvassa 23.

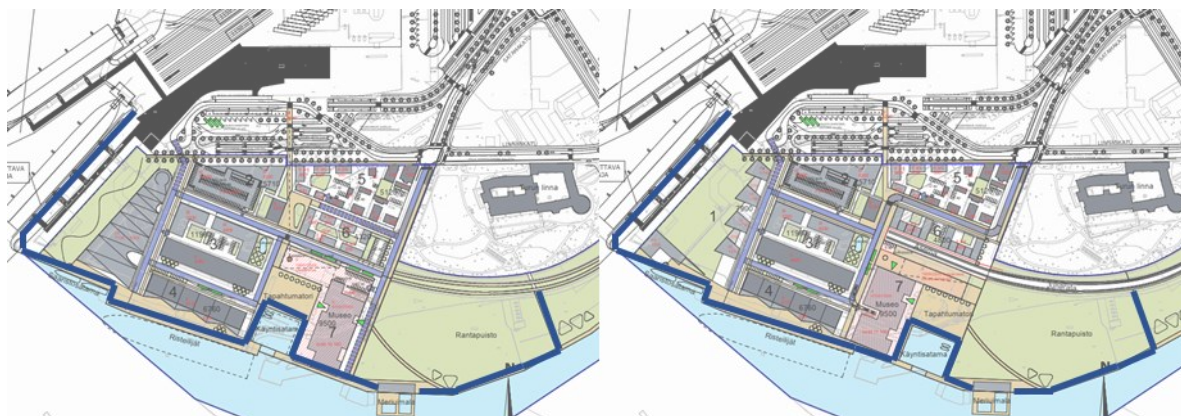


Kuva 23. Tarvittavan meritulvasuojelun laajuus nykytilanteessa 1/250a meritulvan perusteella.

21.1.2022

Koska rantavallin korotustarve on enintään 0,5 m, vaikutus estetiikkaan on melko pieni ja liikuteltava (nostettava/laskettava) tulvaseinä ei ole kustannustehokas ratkaisu. Tulvasuojelu voidaan sen sijaan toteuttaa osissa maata nostamalla, sekä suojamuurilla tai -vallilla. Vaikka 1/250 a meritulvataso on +1,74, suositeltu suojelun nostotaso on varmuuden vuoksi +2,0. Koko suojelun tarvittava pituus on nykytilanteessa noin 360 m.

Tulevassa tilanteessa suojelu tulee muokata suunnitellun maankäytön mukaan: esimerkiksi käyntisataman alueella suojelu voidaan joko rakentaa koko sataman reunalla (pidempi linjaus) tai rantamuurin mukana sataman sisäänkäyntiin asti (lyhyempi linjaus). Jälkimmäisessä tapauksessa tarvitaan sisäänkäynnissä lisäksi tulvaportti. Mikäli mahdollista, meriuimalan rakennus integroidaan suojeluun. Rantapuistossa suojelu voidaan toteuttaa ulkoilureitin varrella.



Kuva 24. Tarvittavan meritulvasuojelun laajuus tulevassa tilanteessa ja 1/250a meritulvan perusteella (vasemmalla maankäyttöluonnos 6, oikealla maankäyttöluonnos 8).

5.3 Rankkasateiden hulevesien hallinta

5.3.1 Peruskuivatusjärjestelmä

Satama-alueella on muutamia säilytettäviä rakennuksia, joiden liittymät olemassa olevaan hulevesiviemäriin pitää ottaa huomioon. Suunnitellut rakennukset kuten myös uusi katualue tarvitsevat salaojituksen. Sen takia alueella tarvitaan myös tulevassa tilanteessa hulevesiviemärin runkoverkosto, johon voidaan liittää sekä olemassa olevat tonttikohtaiset hulevesiputket että uusi salaojitus. Lisäksi uusi hulevesiviemäriverkosto tarjoaa lisää säiliötilavuutta (meri)tulvatilanteessa.

Uudet runkolinjat suunniteltiin uusien katujen sekä kevyenliikenteenväylien alueille niin, että uudet putket liitetään sopivissa kohdissa nykyiseen hulevesiverkostoon. Runkolinjat mitoitettiin molemmilla Linnanniemen maankäyttöluonnoksilla erikseen.

Koska alueen kuivatus on haastava (melko tasainen maasto, hyvin pieni korkeusero maanpinnan ja keskivesipinnan välillä, meritulvatilanne vaikuttaa kovasti kuivatuskapasiteettiin), suositellaan käytettävän mahdollisimman iso osuus suunnitellusta viheralueesta hulevesien viivytukseen sekä imeytykseen (vaikka pohjavesitaso on melko korkea, vähintään viheralueiden kasvualustalla on viivytyskapasiteettia). Yksityiskohtaisesti suositellaan seuraavat hallintaperiaatteet:

- Katu- ja kevyenliikenteen- sekä pysäköintialueille varataan mahdollisimman iso tila viherkaisuille (viherpainanteille), joissa viivytetään ja imeytetään mahdollisimman suuri osa katualue-

21.1.2022

eiden ja kevyen liikenteen väylien hulevesistä. Se ei aina onnistu, koska joillakin kaduilla tarvitaan reunakiveys, jotta ne toimisivat tulvareitteinä, mutta ajoratojen tai ajoradan ja kevyenliikenteen väylän välissä suositellaan viherkaistaa aina, kun se on mahdollista toteuttaa.

- Mikäli mahdollista pintavedet johdetaan ensisijaisesti viherkaistoihin ja niistä ylivuotona tai salaojituksella hulevesiviemäriin.
- Mikäli mahdollista, viherkaistat / -alueet toteutetaan matalana viivytytys- tai suodatuspaineena.
- Kevyenliikenteen-, pysäköinti- ja piha-alueilla suositellaan käyttää puoliläpäiseviä pinnoitteita kuten viher- tai hulekiveys.
- Isoimmille uusille rakennuksille (esim. terminaali, pysäköintilaitos, museo) suositellaan toteuttaa vähintään osa katosta viherkattona tai jonain muuna hulevesien hallintajärjestelmänä.
- Suurimmat viheralueet ja puistoalueet käytetään mm. matalana viivytytyspaineena. Jos kokonaissyvyys ei ylitä noin 0,5 m ja luiskat tehdään loivaksi, varmistetaan myös isojen viheralueiden toimivuus ja monikäyttöisyys sekä virkistyskäytössä että viivytyksenä.

Suurimmat viivytytyspaineet mitoitettiin tässä selvityksessä rankkasateiden lisäksi meritulvatilanteella.

5.3.2 Hulevesien hallinta meritulvatilanteessa

Kun meriveden pinta nousee, padotus hulevesiviemäriverkostossa kasvaa ja verkoston kapasiteetti pienenee. Tässä selvityksessä tarkistettiin hulevesien hallinta 1/250 a meritulvatilanteen perusteella. Tässä tapauksessa hulevesiviemäroinnin purkuputkissa suljetaan sulkuventtiilit, ettei merivettä virtaa viemäriverkostoon eikä se aiheuta tulvimista hulevesikaivoista tai tonttiliitoksista.

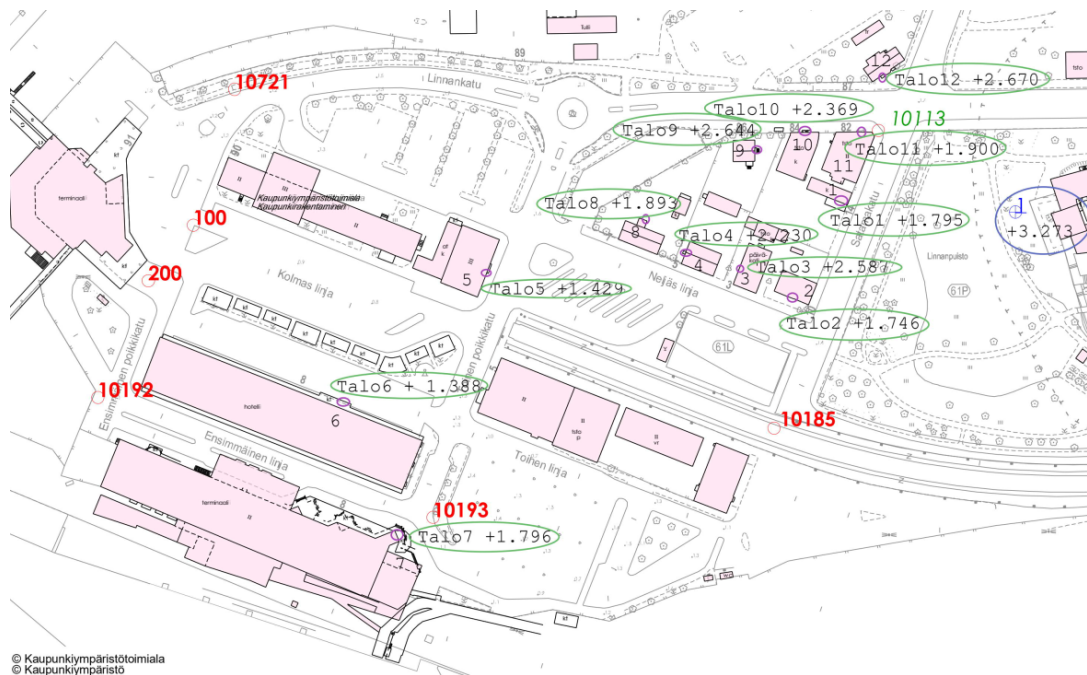
Jos samana aikana tapahtuu satama-alueen valuma-alueella rankkasade, sateesta aiheutuvat hulevedet eivät pääse enää purkautumaan mereen. Tavoite oli sen takia löytää mahdollisuus johtaa mahdollisimman suuri osa sadevesien ylivuotomäärästä tulvareittien kautta viivytykseen.

Suunnittelussa otettiin seuraavat haasteet huomioon:

1. Linnanniemen alueella:

- Alueella sijaitsee muutama säilytettävä rakennus: vanha Viking Line terminaali, Seaport hotelli, Rettigin tupakkavarasto ja muutamia taloja Neljän linjan, Linnankadun ja Satamakadun välillä sijaitsevassa korttelissa. Näiden rakennuksien lattiatasoa ei voida helposti nostaa. Lattiakorkeustasot mitattiin selvityksen aikana (kuva 25) ja ne ovat osittain reilusti meritulvatason alla. Tulvareitit on siis suunniteltava niin, ettei tulvavettä pääse rakennuksiin.

21.1.2022



Kuva 25. Mitatut rakennuksien lattiakorkeudet.

- Maan nostamista on vaikea toteuttaa, jos ei haluta suojella nykyisiä rakennuksia korkealla suojelukiveyksellä.
- Isoin viheralue, jota voi käyttää viivytykseen, on rantapuisto. Vuonna 2011 mitattu pohja-/orsivesipinta oli tasolla +0,64. Se tarkoittaa, että puistoalueella mahdollinen painanteen syvyys on hyvin rajattu ja sen mukaan myös tulvareittien matalin korkotaso.
- Tulvareittien kapasiteetti pitää olla riittävä, ja sen takia myös niiden kaltevuus, leveys ja syvyys on mitoitettava riittävän suurena. Tämäkin vaikuttaa tarvittavaan alueelliseen maanpinnan noston minimitasoon.

2. Linnanniemen pohjoispuolella sijaitsevilla satama-alueella:

- Alueen nykyinen tulvareittien pääsuunta on luoteissuuntaan, eli Linnanniemen alueelta pois-päin. Koska alueen tuleva päällyste on – toisin kuin Linnanniemen alueella – edelleen melko läpäisemätön, mahdolliset hulevesi- sekä ylivuotomäärät ovat siellä verrattain suuria. Jos halutaan johtaa pohjoisen satama-alueen tulvavedet Linnanniemen alueen läpi rantapuistoon, se vaikuttaisi kovasti tarvittavaan tulvareittien ja viivytyspainanteen kapasiteettiin, ja sen takia ei suositella tulvareittiä pohjoiselta satama-alueelta etelään.
- Alueella on maaperän heikon kantavuuden takia (kts. kappale 2.2) hyvin vaikea toteuttaa iso maanalainen viivytysjärjestelmä, ja siksi riittävä tulvareittien tilavaraus pitää varmistaa.

21.1.2022

6 Mitoitus- ja toimivuustarkastelut

6.1 Hulevesimallinnus

Suunniteltujen hulevesirakenteiden mitoitus ja kokonaisuuden toimivuus tarkastettiin hulevesimallinnuksen avulla. Mallinnus suoritettiin Fluidit Oy:n Storm -ohjelmalla, joka sisältää hulevesien muodostumista kuvaavan hydrologisen valuma-aluemallin sekä virtausreittejä kuvaavan hydraulisen mallin.

Hydrologisella mallilla kuvataan erityisesti valuma-alueelta muodostuvan pintavalunnan määrää ajan suhteen. Hydrologinen malli perustuu syötteenä olevaan sadetapahtumaan ja valuma-alueiden ominaisuuksista johtuvien sadannan häviöiden laskemiseen. Malliin rakennettiin osavaluma-alueet ja valumareitit ominaisuuksineen, joista huomioitiin mm. pinta-ala, läpäisemättömän pinnan määrä, keskimääräinen kaltevuus sekä virtausvastuskerroin. Mallinnuksen tuloksena saatiin valuma-aluekohtaiset purkautumiskäyrät, jotka toimivat syötteenä hydrauliselle verkostomallille.

Hydraulinen malli rakennettiin yhdistämällä edellä kuvattu hydrologinen valuma-aluemalli avouomista ja sadevesiviemäreistä muodostuvaan verkostomalliin. Hydrauliseen malliin sisällytettiin myös suunnitellut hulevesien hallintajärjestelmät. Mallin avulla voitiin tarkastella monipuolisesti mm. ajasta riippuvia virtaamien summakäyriä, vedenpinnan tasoja ja altainen tilavuuksia. Hydraulisessa mallinnuksessa käytettiin nk. dynaamista menetelmää¹, jolla voitiin tarkastella monimutkaisiakin ilmiöitä kuten paineellista virtausta, taaksepäin virtausta sekä virtausreittien tulvimista ja padotusta.

6.1.1 Mallinnuksessa käytetyt rankkasadetapahtumat

Tarkasteluissa on käytetty Rankkasateet ja taajamatulvat (RATU) loppuraportissa² ja Hulevesioppaassa³ esitettyjä sateen keskimääräisiä intensiteettejä 1 km² aluesadannalle. Sadetiedot ovat viimeisimpiä yleisessä käytössä olevia tietoja ja ne perustuvat Suomessa kesällä v. 2000–2005 aikana tehtyihin tutkasadehavaintoihin ja vastaavat Etelä-Suomen sateita.

Ilmastomuutoksen on ennustettu kasvattavan rankkasateiden intensiteettejä keskimäärin 15–20 % vuosiin 2071–2100 mennessä. Arviot perustuvat Ilmatieteen laitoksen ennusteisiin. RATU:n suositusten mukaisesti ilmastomuutos voidaan huomioida käyttämällä 20 % nykyistä rankempia sateita. Tämä tarkoittaa esimerkiksi, että nykyhetken 1/10a toistuvuus (kerran kymmenessä vuodessa) vastaa ennustetun ilmastomuutoksen mukaisessa tilanteessa likimäärin 1/5a toistuvuutta. Vastaavasti nykyinen 1/5a toistuvuus vastaa ennustetussa tilanteessa likimäärin 1/3a toistuvuutta.

6.2 Järjestelmien mitoitus

Hulevesirunkoviemärien mitoituksen reunaehtona käytettiin meren keskivesitasoa +0,15. Hulevesiviemärit mitoitetaan yleensä niin, että niiden täysien putkien kapasiteetti (eli teoreettinen kapasiteetti, jos putki on kokonaan täynnä) vastaa mitoitusvirtausta. Kun tässä tapauksessa suurin osa sekä

¹ US EPA. 2009. Storm Water Management Model, User's manual, version 5.0.

² Aaltonen, J. ym. 2008. Rankkasateet ja taajamatulvat (RATU). Suomen Ympäristö 31, 123 s.

³ Hulevesiopas 2012. Kuntaliitto, 294 s.

21.1.2022

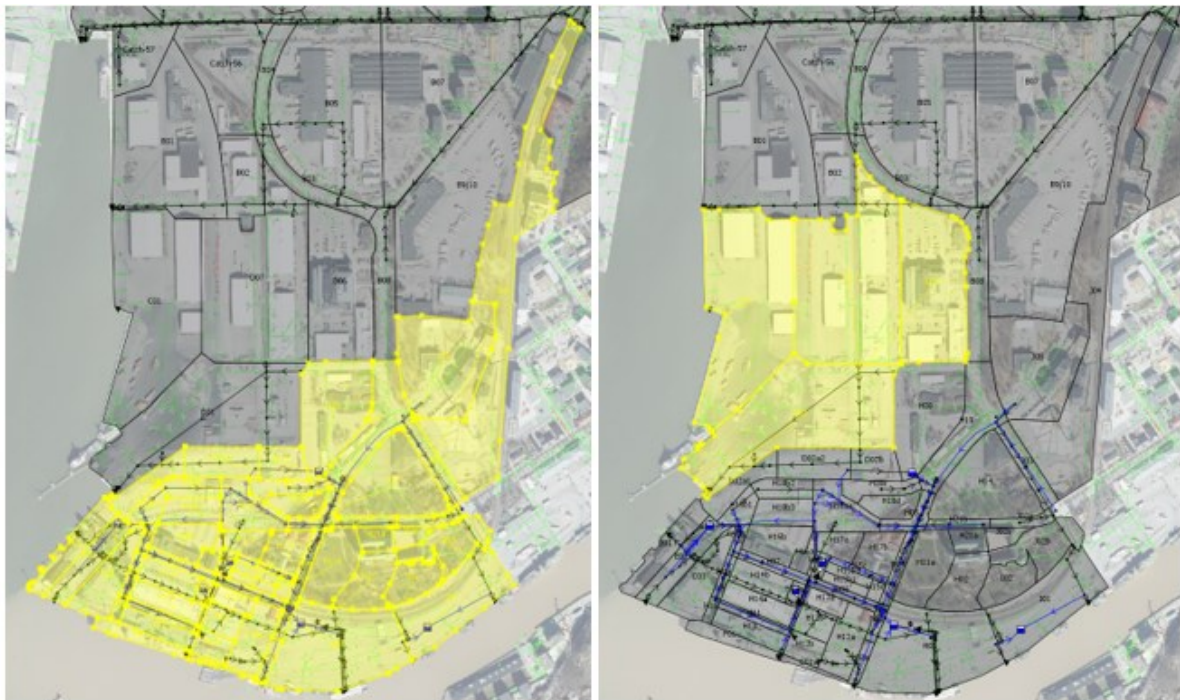
nykyisistä että suunnitelluista hulevesiputkista on asennettava meren keskivesipinnan tason alapuolelle, putket ovat monin paikoin jo täynnä sateen alkaessa. Sen takia tavallista mitoitustapaa ei voida käyttää. Uudet hulevesirunkolinjat mitoitettiin sen takia 1/5 a rankkasadetapahtumilla niin, ettei hulevettä tulvi uusista tai olemassa olevista kaivoista pois.

Uudet ja korvaavat hulevesiviemärit sekä liitokset edelleen tulevassa tilanteessa käytettäviin hulevesiputkiin on esitetty liitekartoissa 202 ja 203.

Varmuuden vuoksi mitoitus tehtiin ilman tontti- sekä korttelikohtaisia viivytyksiä tai viherkattoa. Koska hulevesien hallinta on tarkistettulla alueella erittäin haastavaa, suositellaan kuitenkin isojen meritulvatilanteella mitoitettujen viherpainanteiden lisäksi tonttikohtaisena viivytyksenä vähintään $1 \text{ m}^3 / 100 \text{ m}^2$ läpäisemätöntä pintaa. Korttelikohtaisen viivytyksen toteuttaminen maanalaisilla rakenteilla voi olla meri- ja pohjavedenpinnan korkeuden vuoksi haastavaa, mutta viivytysjärjestelmät voidaan toteuttaa maanpäällisinä esimerkiksi sadepuutarhoina tai viivytyspainanteina.

Isot viivytyspainanteet ja tulvareitit mitoitettiin 1 /250 a meritulvatason (+1,74) mukaisesti. Sen perusteella mallinnettiin tulevan maankäytön perusteella muutamia rankkasadetapahtumia toistuvuudesta 1/5 a toistuvuuteen 1/100 a sekä kestosta 15 min kestoon 6 h.

Koska meritulvatilanteessa hulevesien purkuputket mereen suljetaan, viivytettävä sekä väliaikaisesti säilytettävä vesimäärä kasvaa automattisesti sateen keston ja toistuvuuden mukaan ja vastaa periaatteessa valuma-alueiden pintavaluntamäärää. Viivytetyt hulevesien kokonaismäärät laskettiin hydrologisella mallinnuksella. Arvioidut vesimäärät on esitetty taulukossa 2, siihen kuuluvat alueet on esitetty kuvassa 26.



Kuva 26. Alueet, joiden perusteella määriteltiin hulevesimäärät eri sadetapahtumilla: vasemmalla Linnaniemi ja siihen liitetty valuma-alue, oikealla satama-alue uuden terminaalin pohjoispuolella (alue, joka on liitetty rampin purkupisteeseen).

21.1.2022

Taulukko 2. Arvioidut maksimit viivytettävät hulevesimäärät (kokonaismäärä alueen pintavalunnasta) 1/250 a meritulvatilanteessa (määrät ovat melko sama molemmille maankäyttösuunnitelmille). Tummennetulla taustalla ja valkoisella tekstillä on merkitty sadetapahtuma, jolla Linnanniemen alueen hulevesimäärä ylittää alueen arvioidun viivytyskapasiteetin.

Toistuvuus [x/a]	Kesto [min]	Nykyään		Ilmastonmuutoksen mukana	
		Rankkasateiden valuntamäärät [m ³]		Rankkasateiden valuntamäärät [m ³]	
		Linnan- niemi	Satama-alue, terminaalin pohjoispuolella noin Varastokatuun asti	Linnan- niemi	Satama-alue, terminaalin pohjoispuolella noin Varastokatuun asti
5	15	2130	1700	2560	2040
	30	3130	2390	3760	2870
	60	4160	3110	4990	3730
	360	8310	5990	9970	7190
10	15	2910	2240	3490	2690
	30	3870	2910	4640	3490
	60	5200	3830	6240	4600
	360	9200	6610	11040	7930
25	15	3540	2680	4250	3220
	30	4760	3520	5710	4220
	60	6090	4450	7310	5340
	360	12130	8650	14560	10380
100	15	4620	3420	5540	4100
	30	5940	4350	7130	5220
	60	8310	6000	9970	7200
	360	14170	10070	17000	12080

Linnanniemen alueella tarvitaan esimerkiksi noin 6 100 m³ viivytystilavuus, jos halutaan säilyttää 1/250 a toistuva tunnin kestävän rankkasateen hulevesimäärä. Taulukon perusteella tulee selväksi, ettei kaikkien sadetapahtumien hulevesimäärää voidaan viivyttaa alueella, koska mahdollinen viivytystilavuus on rajattu. Tässä selvityksessä mitoitettiin ja esitetään kuitenkin maankäyttösuunnitelmien ja muiden reunaehtojen perusteella mahdollisimman isoja viivytyspainanteita. Mahdolliset sijainnit on esitetty kuvassa 27 (maankäyttöluonnoksen 6 mukaan).

Painanteiden mahdolliset tilavuudet laskettiin karkeasti arvioitujen pohjan pinta-alan, luiskien kaltevuuden ja paikallisesti sopivan maksimisyyvyyden perusteella. Syvyys rajoitettiin niin, ettei rakenteista tule kovin syviä altaita ja viivytysalueiden monikäyttöisyys on mahdollista, ja että varmistetaan tarvittava etäisyys rakennuksista ja tyhjennys toimii liitoksen kautta hulevesirunkolinjaan.

Jos halutaan varmistaa, että tilavuudet käytetään mahdollisimman tehokkaasti, painanteiden poistoputkien kaivoihin asennetaan sulkuventtiilit niin, että tyhjennys voidaan väliaikaisesti estää, kun painanne on täynnä (joko manuaalisesti tai automaattisesti vesipinnan mukaan). Jos näitä painanteita

21.1.2022

tyhjennetään vielä meritulvan aikana, niissä viivytetty vesimäärä voidaan pikkuhiljaa johtaa rantapuiston painanteeseen, joka sitten toimisi ainoana vesisäiliönä. Painanteiden ylivuotoa johdetaan alueen tulvareittien kautta puiston suuntaan.

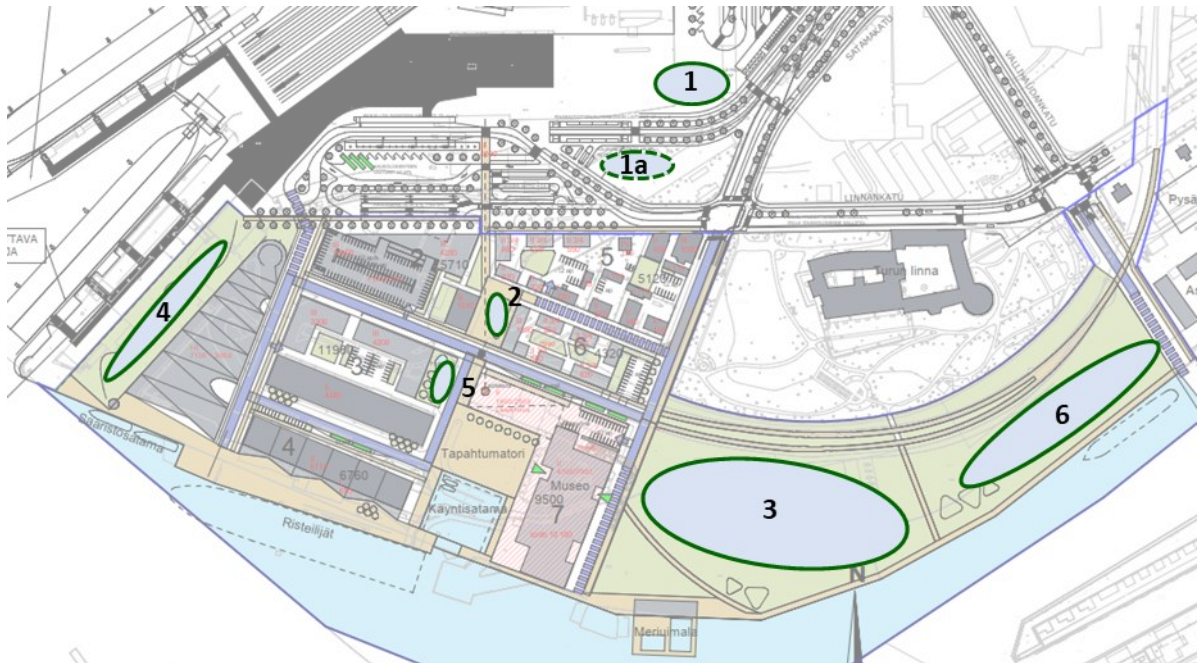
Kaikki paitsi rantapuiston painanteet toimivat myös tavallisena viivytysjärjestelmänä normaalissa rankkasadetilanteessa, painanteisiin voidaan johtaa kattojen sekä piha-alueiden pintavedet viivytykseen.

Työn aikana ja alueen mallituksen jälkeen päivitetyn liikennesuunnitelman perusteella (kuva 8), painanteen 1 sijainti ei enää ole toteutettavissa. Vaihtoehtoinen sijainti on kuvassa 27 merkitty katkovii-valla (painanne 1a). Alkuperäisen sijainnin tarkoitus oli kuitenkin viivyttää osa uuden Terminaalin kato-vesistä sekä osa saattoliikennealueen pintavesistä. Niiden hulevesien johtaminen sijaintiin 1a olisi merkittävästi vaikeampi toteuttaa, koska tässä tapauksessa pitäisi alittaa liikenneväylä huleve-siviemärin kautta niin syvällä, että myös painanteen tarvittava syvyys olisi vähintään noin 2 m.

Saman päivitetyn liikennesuunnitelman mukaan myös painanteen 4 sijainti on uuden charterbussi-pysäköinnin takia muutettava niin, että tilavaraus korvataan muualla. Vähintään osa tilavarauksesta suositellaan toteuttavan charterbussien parkkialueen lähellä, jotta asfaltoidun pinnan hulevedet voi-daan viivyttää myös tavallisessa tilanteessa. Alueen tasaus, johto- ja tulvareitit tarkistetaan jatko-suunnittelussa, kun myös charterbussialueen kaakkoispuolella sijaitsevan alueen maankäyttö tarken-netaan. Vaihtoehtoisten sijaintien toimivuus on sen takia tarkistettava jatko-suunnittelussa.

Koska alueen maankäyttösuunnitelma on vielä kesken, suositellaan, että viivytyspainanteiden sijain-tia sekä tarvittavan viivytystilavuuden jakamista koko alueella tarkennetaan jatko-suunnittelussa.

Maksimoidut tilavuudet on esitetty taulukossa 3, tarkemmat sijainnit, korkeudet ja tilavaraukset on esitetty liitekartoilla 202 ja 203.



Kuva 27. Mahdolliset isojen viivytyspainanteiden sijainnit (arvioitu maankäyttöluonnoksen 6 perusteella, maankäyttöluonnoksen 8 mukaan sijainnilla 2 ei ole tarpeeksi tilaa).

21.1.2022

Taulukko 3. Arvioidut viivytyksen maksimitilavuudet (laskettu maankäyttöluonnoksen 6 perusteella)

Kohta	tilavuus [m ³]
Putkien runkolinjat	800
Viivytyspainanne 1	500
Viivytyspainanne 2	70
Viivytyspainanne 3	7 260
Viivytyspainanne 4	980
Viivytyspainanne 5	95
Viivytyspainanne 6	2 000
yhdessä	11 705

Jos lasketaan lisäksi mallinnettujen hulevesirunkoviemärien tilavuudet mukaan, koko Linnanniemen alueella suunniteltu viivytystilavuus on noin 11 700 m³ molempien maankäyttösuunnitelmien perusteella. Taulukossa 2 on merkitty ne sadetapahtumat, joiden hulevesimäärä ylittää mahdollisen viivytystilavuuden. Niissä tilanteissa rantapuiston painanteista pumpataan vesi meritulvavallin yli mereen. Jos pysyvästi asennettu pumppaamo on liian vaikea toteuttaa, suositellaan käyttää sellaisessa hätätilanteessa liikuteltavaa pumppua, joka voidaan ajaa ja asentaa väliaikaisesti esimerkiksi rantapuiston ulkoilureitillä sekä huoltotiellä paikan päälle. Pumppujen tarvittava kapasiteetti tarkistetaan jatkosuunnittelussa, kun maankäyttösuunnitelma, alueen tasaus ja tulvareitit tarkennetaan.

Terminaalien liikennealueen pohjoispuolella on haastava löytää tilaa viivytykseen, koska alueen päällyste on nykytilanteessa ja myös maankäyttösuunnitelman mukaan melko kokonaan asfaltoitu tai rakennettu. Maanpäällinen viivytystä varten käytettävissä oleva alue on hyvin pieni tarvittavan maankäytön takia ja maanalaista viivytystä on olevan maaperän kantavuuden takia vaikea toteuttaa. Alueella ei ole nykytilassa mitään viivytysjärjestelmiä.

Samanaikaisesti alueen mahdollinen tulvavesimäärä meritulvatilanteessa on suuri, koska alueen valumakerroin on yli 90 %. Jos tarkistetaan vain suunnittelualueella sijaitseva osa valuma-alueesta, arvioitu tulvavesimäärä on noin samassa suuruusluokassa kuin koko Linnanniemen valuma-alueella, vaikka alueen koko on siihen verrattuna vain noin 50 % (kts. taulukko 2).

6.2.1 Tulvareitit

Linnanniemen alueella käytetään ensisijaisesti katuja ja kevyen liikenteen väyliä tulvareittinä. Tulvareitit mallinnettiin alustavasti arvioidun tasauksen mukaan (tulevat maanpintakorkeudet arvioitiin vain tulvareittien sekä hulevesirunkolinjojen alueilla). Hulevesimallissa tarkistettiin tulvareittien kapasiteetit: Jos arvioidaan, että kaduilla ja kävely- ja pyöräilyreiteillä tulvareitin leveys on vähintään noin 5–7 m ja syvyys enintään 20 cm, tulvareittien kapasiteetit riittävät liitekartoilla 202 sekä 203 esitettyjen hulevesien hallinnan yleissuunnitelman mukaan 1/100 a rankkasadetapahtumilla. Se tarkoittaa, että alustava uusien tonttien tasaus pitää olla vähintään noin 50 cm tulvareittien pohjatasoa ylempanä.

Maankäyttöluonnoksen 8 perusteella tulvareittien toimivuus on merkittävästi vaikeampi varmistaa, koska olemassa oleva junarata katkaisee Satamankadun tärkeän tulvareitin. Jos halutaan varmistaa, että tulvavedet pääsevät rantapuistoon, on tulvareitin toteuttamiseksi olemassa seuraavat teoreettisesti mahdolliset ratkaisut, joista vaihtoehto (a) on toteuttamiskelpoisin:

- a) Radan alitus pumppaamon kautta:

21.1.2022

-
- Radan alitus paineputken kautta.
 - Satamankadun ja radan välillä tarvitaan pumpppaamo.
 - Pumpppaamon mitoitusvirtaama on mallinnuksen perusteella n. 400 l/s, pumpppaamo tulisi toteuttaa kolmella tai neljällä pumpulla toimivan pumppumitoituksen saavuttamiseksi.
 - Pumpppaamon arvioitu kustannus on noin 1,4 miljoonaa euroa sisältäen painelinjan ja radanalituksen suuntaporauksen.
- b) Raiteen alitus:
- On vaikea toteuttaa tarvittavan alituksen kantavuuden takia ja koska korkeusero kadun tasosta ($\sim +1,5$) raiteen päälle ($\sim +2,2$) on rajattu.
 - Tulvavedet kuitenkin virtaavat rata-alueelle ennen kuin pääsevät alitukseen.
- c) Radan alitus rummun kautta:
- Satamakadun ja radan välillä tarvitaan reunakiveys ja ritiläkaivoja, että tulvavedet voidaan johtaa radan ali puistoalueelle.
 - Radan alitus vaikea toteuttaa tarvittavan alituksen kantavuuden sekä peitesyvyyden takia.
 - Alituksen syvyys rajattu puistoalueen viivytyspaineen maksimin syvyyden takia. Alituksen korkein mahdollinen taso olisi noin $+0,3$, joka on mitatun alueen pohjavesipinnan alapuolella.
 - Tarkoittaa, että rantapuiston viivytyspaine täytyy erottaa pohjavedestä tiivistämällä niin, ettei pohjavettä pääse painanteeseen eikä pohjavesipinta aiheuta ongelmaa painanteen pohjan stabiliteettiin.
- d) Tulvavedet johdetaan raidealueelle:
- Satamakadun kautta tulevat tulvavedet johdetaan suoraan kanavan muotoiselle raidealueelle
 - Aiheuttaa merkittävästi tarvetta radan stabilointiin, jos tulee paljon vettä ja radan oman kuivatuskapasiteetti on meritulvan mukaan rajattu.
- e) Tulvavedet johdetaan radan ali suuressa putkessa suoraan mereen
- ei toimi ilman pumpppaamista, koska tulvatilanteessa merivesipinta on korkeampi kuin putken purkutaso.

Toimivan tulvareitin näkökulmasta suositellaan varmuuden vuoksi, että maankäyttö perustuu luonnokseen 6 tai muuhun vastaavaan luonnokseen, jossa ei säilytetä rautatietä nykyisellä paikalla. Vaihtoehtoisesti tulee toteuttaa tulvareitti esimerkiksi tulvapumpppaamalla (vaihtoehto a), sillä painovoimaisen tulvareitin toteutus on haastavaa.

Uuden terminaalien pohjoispuolella sijaitsevan satama-alueen nykyisten tulvareittien mukaan suuri osa alueen ylivuotovesistä virtaa länteen päin mereen. Alueella on nykytilanteessa muutamia isoja painanteita asfaltin päällä.

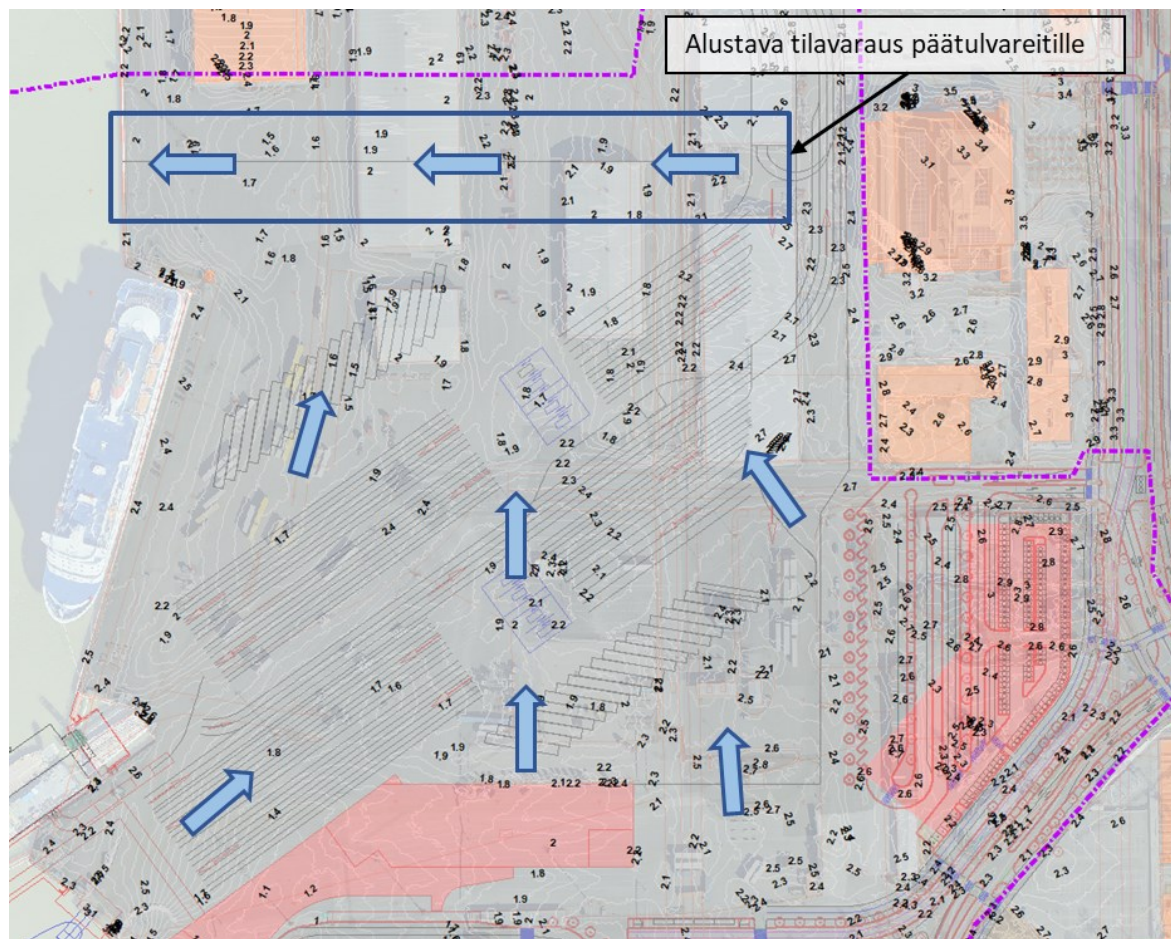
Alueen maanpinta on melkein kokonaan läpäisemätön ja potentiaalinen tulviva hulevesimäärä on iso. Koko alueen taseus olisi vaikea muotoilla niin, että tulvavedet johdetaan kokonaan Rantapuistoon.

21.1.2022

Lisäksi Linnanniemen alueella tulvareittien arvioitu mahdollinen kapasiteetti on rajattu (Satamakadun eteläosassa maksimi mallinnettu vesisyvyys on meritulvatilanteessa ja rankkasateilla 1/10 a noin 5 cm, 1/100 a yli 15 cm) samoin kuin mahdollinen viivytystilavuus. Erityisesti jos junarata halutaan säilyttää nykyisellä paikalla ja tulvareitin on alitettava rata, merkittävää lisäystä vesimäärään on vaikea hallita.

Uuden terminaalin ja pysäköintialueen lähiympäristössä sijaitsevan alueen tulvavedet (suunnilleen sama alue, josta tulvareitit on nykytilanteessa johdettu etelään päin) olisi vielä mahdollista viivyttää, jos terminaalin ja pysäköinnin välillä suurin osa alueesta käytetään avopainanteena. Arvioitu suurin mahdollinen viivytystilavuus on noin 1 700 m³, jos tilavaraus on vähintään 5 600 m² ja keskisyvyys 30 cm. Tilavuus vastaisi meritulvan aikana 1/100 a tulvivaa hulevesimäärää noin 2,5 ha suuruiselta asfaltoidulta alueelta.

Sen takia suositellaan, että suurin osa suunnittelualueella sijaitsevan satama-alueen tasauksesta muotoillaan niin, että tuleva päätulvareitti toteutetaan suunnittelualueen pohjoisreunalla noin 150 m Varastokadun eteläpuolella. Tässä sijainnissa maankäyttösuunnitelman mukaan muutamia olemassa olevia rakennuksia puretaan ja olevan rantamuurin korkeustaso on noin +2,0 - +2,1, joten tulvareitti on tilan puolesta mahdollista toteuttaa. Tulvareitti voisi purkaa mereen myös meritulvatilanteessa, jos lasketaan purkupisteen ympärillä tarvittaessa maasto vielä 10 -20 cm. Satama-alueen pohjoisosan tulvareitit esitetään kuvassa 28.



Kuva 28. Suositeltu tulvareitti satama-alueen pohjoispuolella.

21.1.2022

Mikäli tulvareittiä ei toteuteta, vaihtoehtona on viivyttää tulvavedet maanalaisessa altaassa länsirannan lähellä, josta vedet pumpataan mereen. Tarvittava kustannustehokkain viivytystilavuus ja pumpaamon kapasiteetti olisi tarkistettava jatkosuunnittelussa.

Hulevesien yleissuunnitelmat on esitetty liitekartoilla 202 (maankäyttöluonnos 6) ja 203 (maankäyttöluonnos 8). Kartalla 203 on esitetty esimerkkinä radan tulvareittivaihtoehto b. Esitetyt yleissuunnitelmat kuvaavat tulvareittiä varten tarvittavaa maaston miniminostoa (tai tasauksen laskua). Sen perusteella arvioitu tarvittava suojelukiveys säilytettävien rakennuksien ympärillä on esitetty kartoilla.

7 Kustannusarvio

Yleissuunnitelman mukaisille rakenteille on laskettu alustava kustannusarvio (taulukko 4). Kustannusarvio sisältää rakenneosat ilman työmaatehtäviä ja on laskettu vain Linnanniemen alueelle. Satama-alueen pohjoispuolelle uusi hulevesiviemärien linjaus on arvioitu vain ohjeellisesti mallinnusta varten.

Hulevesien viivytyrakenteet on arvioitu matalina, loivapiirteisinä painanteina, joissa on nurmi- tai niittyverhoilu sekä osittain pensasistutuksia. Viivytyrakenteisiin on huomioitu myös eroosiosuojauksen kustannukset. Tarkempaa maisemasuunnittelua ja istutuksia ei ole huomioitu kustannuksissa.

Laskelmassa on huomioitu hulevesiviemärien runkolinjat ja linjojen perustaminen paalulaatalle sekä kaivantojen tuennat. Tulvapumppaamon kustannuksiin on sisällytetty arvio painelinjan sekä radanaliituksen kustannuksista.

Maanpäälliset tulvareitit toteutetaan suurimmaksi osaksi katusuunnittelun yhteydessä. Niiden toteuttamisesta ei tule merkittäviä lisäkustannuksia. Koska tulvareitit ovat pääosin osa katurakennetta, niitä ei ole huomioitu kustannusarviossa.

Meritulvasuojaus on laskettu pääosin yksinkertaisella maapadolla, tulvavallin kustannuksiin on huomioitu myös mahdollinen uuden tukimuurin tarve osaan vallista. Tulvavalliin on arvioitu yksinkertainen eroosiosuojaus.

Vaihtoehtoisen tulvaportin karkeasti arvioitu kustannusarvio on noin 5 - 6 M.€ (arvioitu aukon koko: leveys x syvyys = 20 m x 6 m) ja kustannus on siis merkittävästi korkeampi turvavalliin verrattuna. Tulvaportin kustannukset jätettiin sen takia seuraavasta taulukosta pois. Vaadittava tulvaportti olisi myös teknisesti erittäin haastava toteuttaa.

Taulukko 4. Alustava kustannusarvio viivytyrakenteille, hulevesiverkostolle, tulvavallille sekä tulvapumppaamolle

Järjestelmä	Kustannusarvio
Viivytyrakenteet	1 300 000 €
Hulevesiverkosto	1 900 000 €
Tulvavalli	400 000 €
Tulvapumppaamo	1 350 000 €
Yhteensä	n. 4 950 000 €

21.1.2022

8 Yhteenveto ja johtopäätökset

Työssä laadittiin asemakaavan muutosta varten hulevesi- ja meritulvaselvitys. Selvitys koskee kahta asemakaavan muutosta: Ferry Terminal Turku (diaarinumero 5661-2019, kaavatunnus 8/2019) sekä Historian ja tulevaisuuden museo (diaarinumero 2540-2021, kaavatunnus 6/2021).

Selvityksessä tarkasteltiin suunnittelualueella olevan hulevesiverkoston kapasiteetti ja tulvareitit sekä 1/250 a meritulva-alueet ja riskikohteet. Suunnittelualueelle laadittiin lisäksi hulevesien hallinnan yleissuunnitelma kahden eri Linnanniemen alueen maankäyttöluonnoksen perusteella sellaisella tulvatapahtumalla, jossa 1/250 a toistuvassa meritulvatilanteessa, kun kaikki hulevesiviemäriverkoston purkuputkien sulkuventtiilit on suljettu, tulee lisäksi rankkasade, jonka vesimäärä pitää johtaa tulvareittien kautta viivytykseen.

Terminaalin pohjoispuolella sijaitsevalle alueelle ei ole mahdollista sijoittaa riittävää viivytystilavuutta, joten suunnitelmassa ei ole esitetty alueelle viivytysrakenteita, vaikka syntyvä tulvavesimäärä on suuri melko läpäisemättömän päällysteen takia. Tälle alueelle suositellaan pääasiallisesti toteutettavan tulevan tasauksen suunnittelussa uusi päätulvareitti suunnittelualueen pohjoisreunalle, koska maanpäällistä tai maanalaista viivytystä ei voida helposti tai kustannustehokkaasti toteuttaa.

Linnanniemen alueelle ehdotettiin maankäyttöluonnoskohtaisesti alustava tulvareittiverkosto sekä mahdollisia viivytyspainanteita, joiden perusteella iso osuus mahdollisista sadetapahtumista aiheutuvista tulvavesimääristä voidaan paikallisesti käsitellä ennen kuin veden pumppaaminen mereen tulisi välttämättömäksi.

Tulvareittien toimivuuden takia suositellaan priorisoitavan maankäyttösuunnitelmia, joissa olemassa olevaa rautatietä ei säilytetä Linnanniemen alueella, koska se estää yhden päävirtausreitin toimintaa merkittävästi ja radan alitus on olemassa olevien reunaehtojen perusteella hyvin haastava toteuttaa. Tulvareitin toimivuus radan alitse vaatii pumppaamon, mikä nostaa hankkeen kokonaiskustannuksia yli miljoonalla eurolla.

Suunnittelualueen nykytilanne on kuvattu liitekartalla 200, tulvariskikartoitus 1/250 a toistuvassa meritulvatilanteessa löytyy liitekartalta 201 ja hulevesien hallinnan yleissuunnitelmat on esitetty liitekartoilla 202 (maankäyttöluonnos 6) ja 203 (maankäyttöluonnos 8).