

SITOWISE

Meritulvatarkastelu tontille 710-2-11-66, Venemiehenkatu 2,
Tammisaari

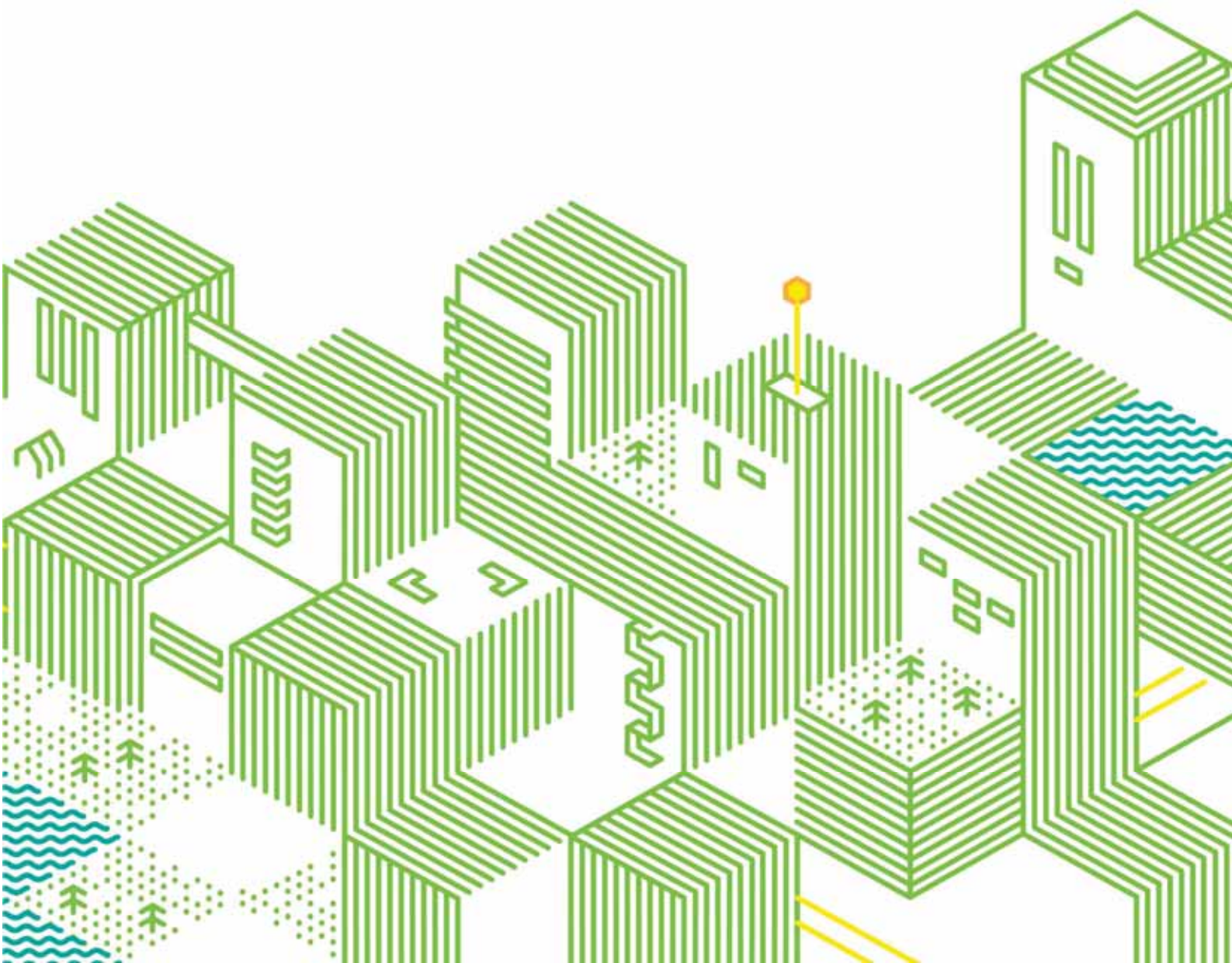
Sonja Oksman, Eero Assmuth

29.3.2019

Tarkistanut: Lauri Harilainen

Hyväksynyt: Timo Nikulainen

YKK64610



Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Selvitysalue.....	1
2.1	Meriolosuhteet.....	1
2.2	Kiinteistö.....	3
3	Rakentamiskorkeudet.....	4
3.1	Tulvakorkeudet.....	4
3.2	Aaltovara.....	4
3.3	Alin rakentamiskorkeus.....	5
4	Tulvasuojaus.....	6
4.1	Uudisrakennukset.....	6
4.2	Tulvamuuri (VE1).....	7
4.2.1	Toteutettavuus.....	7
4.2.2	Aaltoiluvarakorotus.....	8
4.2.3	Tulvaportti.....	8
4.2.4	Muuta huomioitavaa.....	9
4.2.5	Yleispiirteinen kustannusarvio.....	9
5	Vaihtoehtoiset tulvasuojausmenetelmät.....	10
5.1	Parannettu tulvasuojaus (VE2).....	10
5.2	Korotettu tulvamuuri (VE3).....	11
5.3	Venemiehenkadun länsipään korotus (VE4).....	12
5.4	Pelkkien rakennusten suojaaminen (VE5).....	12
5.5	Länsivallin korotus (VE6).....	13
6	Epävarmuudet.....	13
7	Johtopäätökset.....	14
	Lähteet.....	15
	Liitteet.....	16

1 Johdanto

Tammisaareessa sijaitsevaa Venemiehenkatu 2:n tonttia (kiinteistö 710-2-11-66) ollaan muuttamassa kaavamuutoksella asuinkäyttöön nykyisestä yleisestä korttelialueesta. Tontti sijaitsee meritulva-alueella.

ELY-keskuksen esityksen johdosta asemakaavan valmistelumateriaalissa (28.1.2019) tontille edellytetään toimia meritulvilta suojautumiseksi. Uudisrakennusten osalta esitetty alin rakentamiskorkeus on $N_{2000} +3,00$ m (+2,60 m + 0,40 m aaltoiluvара). Tontin piha-alue ja olemassa olevat rakennukset on esitetty suojattavaksi meritulvaa vastaan vähintään $N_{2000} +1,75$ m tulvaseinällä, jonka lisäksi tarvitaan aaltoiluvараa +0,40 m. Tulvasuojauksen kokonaiskorkeustaso on siis vähintään $N_{2000} +2,15$ m.

Tämän työn tarkoituksena oli selvittää, riittävätkö esitetyt kaavamääräykset tarvittavan tulvasuojauksen kannalta. Työssä myös selvitettiin, minkälaiset rakenteet tulvasuojaukseen tarvitaan. Lisäksi työssä tehtiin yleispiirteinen arvio tulvasuojauksen toteutettavuudesta ja kustannuksista sekä esitettiin vaihtoehtoisia tulvasuojausmenetelmiä. Kaikki työssä esitetyt korkeuslukemat ovat N_{2000} - järjestelmässä.

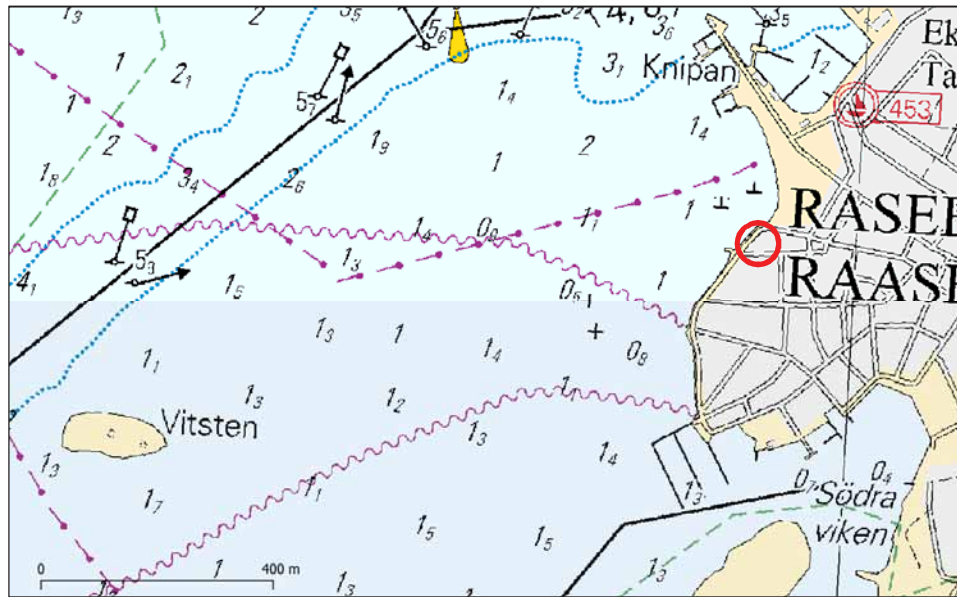
Selvitystyön on laatinut Raaseporin kaupungin tilauksesta Sitowise Oy. Konsultin työryhmään kuuluivat DI Lauri Harilainen (projektipäällikkö), DI Eero Assmuth ja FM Sonja Oksman. Lisäksi työssä hyödynnettiin muita Sitowise Oy:n asiantuntijoita liittyen mm. rakenteisiin, kustannusarviointiin ja maisemallisiin vaikutuksiin. Projektin laadunvarmistuksesta vastasi DI Timo Nikulainen. Tilaajan edustajana toimi Raaseporin kaupungilta kaavoitusinsinööri Johanna Laaksonen.

2 Selvitysalue

2.1 Meriolosuhteet

Selvitysalue sijaitsee Hankoniemen itäpuolisen pitkän matalan lahden varrella. Lahti tarkastelualueella on suolaisuudeltaan pääosin Itämeren kaltainen, mutta lahden pohjassa vesi on huomattavasti makeampaa jokien virtaaman vuoksi. Jokien virtaaman vaihdellessa voi tarkastelualueenkin meriveden suolaisuus muuttua.

Tarkastelualueen edustalla merialue (Stadsfjärden) on matalaprofiilista ja ruovikon suojaama, mikä vähentää aaltojen vaikutusta (Kuva 1). Tarkasteltavan tontin ja rannan välille sijoittuu Länsivalli (Kuva 2; *Västvallen*). Länsivalli ja osa tarkasteltavasta tontista tulvii varsin usein, ei kuitenkaan joka vuosi. Tulvat ovat lähinnä merivesitulvia, mutta alueella on ollut myös vuonna 2013 suuria vahinkoja aiheuttaneita sadevesitulvia (SYKE/VK 2016). Raaseporin tulvat 26.7.2013 johtuivat rankkasateista, jolloin teille aiheutui sortumia ja sadevettä pääsi kellareihin (YLE 2013).



Kuva 1. Merialue tarkastelualueen (pun. ympyrä) edustalla on matalaa. (Liikennevirasto 2014)



Kuva 2. Tarkasteltava kortteli satelliittikuvassa. (Google Maps 2018)

2.2 Kiinteistö

Tällä hetkellä tontilla on suurikokoinen entinen julkinen saunarakennus (suojeltu; Kuva 3), uudempi julkinen saunarakennus (ei käytössä), puinen asuinrakennus (suojeltu) sekä puurakenteinen piharakennus. Lisäksi pihalla on mahdollisesti suojeltava suurikokoinen vanha tammi lähellä uudempaa saunarakennusta.



Kuva 3. a) Vanha saunarakennus ja Länsivalli. b) & c) Vanha saunarakennus ja tontin sisäpihaa.

Tontin editse kulkeva Länsivalli (Kuva 3a) on tontin kohdalla noin tasossa $N_{2000} +1,2$ m. Tällä hetkellä Länsivallin kevyt liikenne kulkee merenpuolella katua, eikä varsinaista jalkakäytävää ole tontin puolella. Tonttia voidaan laajentaa kadulle päin vanhan saunan kohdalla, jolloin tulvasuojamuuri voitaisiin toteuttaa hieman kauemmaksi saunarakennuksesta. Esitetystä valmistelumateriaalissa tonttia on jo laajennettu kadulle päin nykyisestä.

Tontin kuivatus on nykyisin järjestetty aidan läpi nurmikolle ja kadulle. Kadun ali mereen purkaa n. DN 110 muoviputket.

Asemakaavan muutoksen myötä tontin lounaiskulmaan tulee sijoittumaan uusi asuinrakennus nykyisen piharakennuksen kohdalle (Kuva 4). Vanha saunarakennus ja asuinrakennus säilyvät ennallaan. Sisäänajo tontille tulee tapahtumaan nykyisen kaltaisesta Venemiehenkadulta.



Kuva 4. Tarkastellun kiinteistön havainnekuva. (Raaseporin kaupunki, mukailen)

3 Rakentamiskorkeudet

3.1 Tulvakorkeudet

Keskivedenkorkeus Tammisaarella on n. $N_{2000} +0,18$ m (Ilmatieteenlaitos 2019, interpoloitu Helsingin ja Hangon arvosta). Eri tulvatoistuvuuksia vastaavat merenpinnankorkeudet Tammisaarella on esitetty alla (Taulukko 1). Asemakaavan valmisteluaineiston vaatimus kiinteistön pihan suojaamiskorkeudesta vastaa nykyilmastossa tulvatoistuvuutta 1/100 a (vuosittainen todennäköisyys 1 %).

Taulukko 1. Meritulvatoistuvuuksia vastaavat vedenkorkeudet (N_{2000}) Tammisaarella nykyisin (SYKE 2019) ja tulevaisuudessa (Ilmatieteenlaitos 2014). Aallokon vaikutusta ei ole huomioitu.

Tulvatoistuvuus	Tulvakorkeus	Tulvakorkeus v. 2050*	Tulvakorkeus v. 2100*
1/2 a	+1,06 m	-	-
1/5 a	+1,25 m	-	-
1/10 a	+1,37 m	-	-
1/20 a	+1,48 m	+1,54 m	+2,08 m
1/50 a	+1,63 m	+1,69 m	+2,24 m
1/100 a	+1,74 m	+1,80 m	+2,36 m
1/250 a	+1,89 m	-	+2,52 m
1/1000 a	+2,12 m	-	+2,74 m

* Interpoloitu Helsingin ja Hangon mareografien arvoista (Ilmatieteenlaitos 2014).

On huomattava, että meritulvien on ennustettu yleistyvän tulevaisuudessa (Ilmatieteenlaitos 2014). Esimerkiksi vuonna 2100 toistuvuudeltaan 1/100 a tulvan vedenkorkeus on ennusteen mukaan Tammisaarella n. $N_{2000} +2,36$ m.

3.2 Aaltovara

Asemakaavan valmisteluaineistossa aaltovaraksi esitetään 0,40 m. Aaltoiluvara 0,40 m on SYKE:n ohjeen (Parjanne & Huokuna 2014) mukaan riittävä järviolosuhteissa silloin, kun tuulen vapaa pyyhkäisymatka on korkeintaan noin kaksi kilometriä ja ranta on loivaa. Sulkeutuneessa sisäsaaristossa voidaan käyttää samoja parametreja. Nämä ehdot täyttyvät kohdealueella.

Lisäksi kohdealuetta kiertää meren puolella Länsivalli, jonka korkeusasema on n. $N_{2000} +1,1$ m ...+1,4 m. Tulvatilanteessa Länsivalli toimii aallonmurtajana. Tulvakorkeuden nousu vaikuttaa aaltojen murtumiseen, mutta siinäkin tilanteessa lahden vapaat pyyhkäisymatkat eivät ole niin pitkiä, että yli 0,40 m aaltovara olisi tarpeen, mikäli ranta tulkitaan profiililtaan loivaksi. Epävarmuutta aiheuttaa rannan jyrkkyyden muuttuminen korkeassa tulvatilanteessa (ks. luku 6).

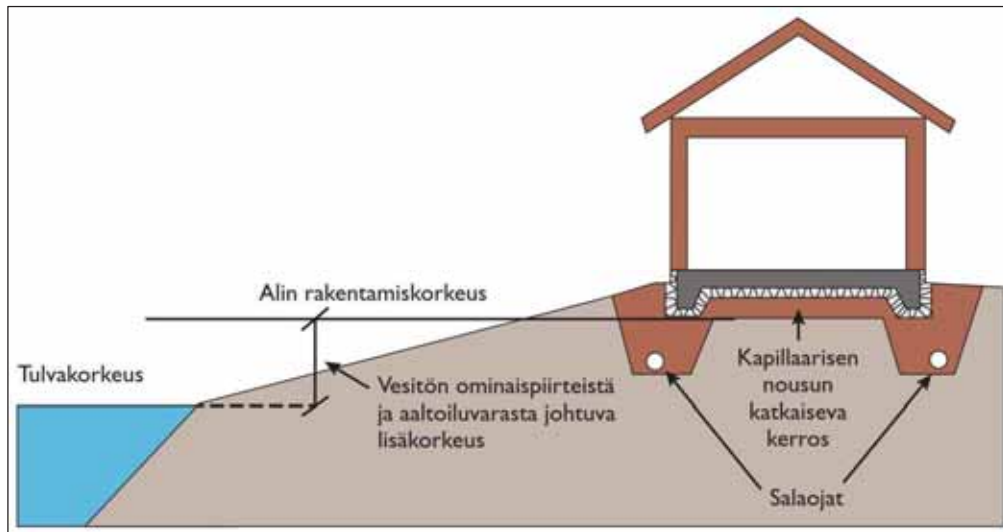
Aaltovaraa tulee soveltaa suunnittelussa hankealueen merenpuoleisella sivustalla. Lähtökohteisesti aaltovaraa ei ole tarpeen toteuttaa tontin eteläisellä sivustalla ja itäisen sivustan eteläosassa.

0,40 m aaltovara arvioidaan lähtökohteisesti riittäväksi niin nykytilanteessa kuin tulevaisuussakin vuoden 2100 tilanteessa.

3.3 Alin rakentamiskorkeus

Uudisrakennusten alimman rakentamiskorkeuden osalta työssä sovellettiin *Tulviin varautuminen rakentamisessa* -oppaan (Parjanne & Huokuna 2014) mukaisia ohjearvoja vedenpinnan korkeuden muutoksesta ja aaltovaran arvioinnista.

Alin turvallinen rakentamiskorkeus huomioidaan siten, että sen tasolla tai alapuolella ei tule olla tulvalle herkkiä kohteita, tai tulvasuojelu on toteutettava muilla keinoin. Rakentamiskorkeus koostuu tulvakorkeudesta ja vesistön ominaispiirteistä johtuvasta lisäkorkeudesta, johon sisältyy aaltovara (Kuva 5). Turvallinen rakentamiskorkeus ei sisällä pärskeiden korkeutta.



Kuva 5. Alin suositeltava rakentamiskorkeus (Parjanne & Huokuna 2014).

Oppaassa (Parjanne & Huokuna 2014) esitetään mareografeille alimmat suositeltavat rakentamiskorkeudet, jotka on määritelty vuodelle 2100 tulvan todennäköisyydellä 1/250 a (0,4 %). Raaseporia lähimmän Hangon mareografin alin suositeltava rakentamiskorkeus on $N_{2000} +2,5$ m ja Helsingin $+2,8$ m. Hankealueen perusteella lähtökohtaiseksi arvoksi interpoloidaan $N_{2000} +2,6$ m. Tähän lisätään korttelin merenpuoleisilla sivuilla aaltovara, joka kohdealueella on 0,40 m. 0,40 m aaltovaraa sovelletaan myös olemassa olevia rakennuksia ja tulvamuuria koskevissa tarkasteluissa.

Ohjeessa mainitaan myös, että pitkien matalien lahtien pohjukoille tulee lisätä 0,30 m veden kallistumasta aiheutuva lisä (Parjanne & Huokuna 2014). Kohdealue sijaitsee matalassa lahdessa, mutta 0,30 m varaa ei tässä ole sovellettu, sillä kiinteistö ei sijaitse lahden pohjukassa. Tästä kuitenkin aiheutuu epävarmuutta alimman rakentamiskorkeuden riittävyyden arviointiin.

Turvallisena rakentamiskorkeutena kohdealueella pidetään näin ollen $N_{2000} +3,0$ m aaltovara mukaan lukien.

Riittävyyden arvioinnissa on kuitenkin epävarmuustekijöitä, joita on kuvattu luvussa 6.

4

4 Tulvasuojaus

Tässä luvussa arvioidaan asemakaavan valmisteluaineistossa (28.1.2019) esitettyjen tulvasuojelutoimenpiteiden riittävyyttä ja toteutettavuutta. Vaihtoehtoisia tulvasuojelumenetelmiä on käsitelty luvussa 5.

Asemakaavan valmisteluaineistossa tulvasuojaukselta edellytetään:

”Uudisrakennusten alimman rakentamiskorkeuden tulee olla +2,6 m + aaltoiluvara 0,40 m (N2000). Tontti on aidattava yleisiä alueita vastaan meritulvan kestäväällä korkeustasoltaan vähintään N2000 +1,75 m umpinaisella tulvaseinällä. Aaltoiluvara 0,40 metriä voidaan toteuttaa kiinteänä osana aitaa tai esimerkiksi erillisellä, tarvittaessa korotettavalla, tiiviillä lautatsms. aidalla tai aitarakenteella. Tulvaseinä tulee verhoilla siten, että se soveltuu kaupunkikuvaaan. Tontin sisäänkäynnit tulee suunnitella siten, että ne saadaan tarpeen mukaan suojattua tulvarakentein. Aitaaminen on toteutettava ensimmäisen tontille myönnettävän rakennusluvan tai toimenpideluvan yhteydessä. Aidan eteen on sallittua istuttaa pensasaita.”

4.1 Uudisrakennukset

Uudisrakennusten osalta asemakaavan valmisteluaineistossa edellytetään alimmaksi rakentamiskorkeudeksi $N_{2000} +3,0$ m (+2,6 m + aaltoiluvara 0,40 m).

Asemakaavan valmisteluaineistossa esitetyllä alimmalla rakentamiskorkeudella (+3,0 m) **uudisrakennukset ovat riittävästi suojattu meritulvia vastaan.**

Uudisrakennusten korkea sokkeli toimii lisäksi tulvamuurin osana (ks. luku 4.2).

Havainnekuvasssa (Kuva 6) oleva uudisrakennus on merkittävästi alempana kuin edellytetty alin rakentamiskorkeus. Katu on tässä sijainnissa n. tasossa +1,30 m, joten tarvittava sokkelin korkeus on n. 1,7 m.



Kuva 6. Tontin länsikulmaan sijoittuvan uudisrakennuksen havainnekuva. (Raaseporin kaupunki)

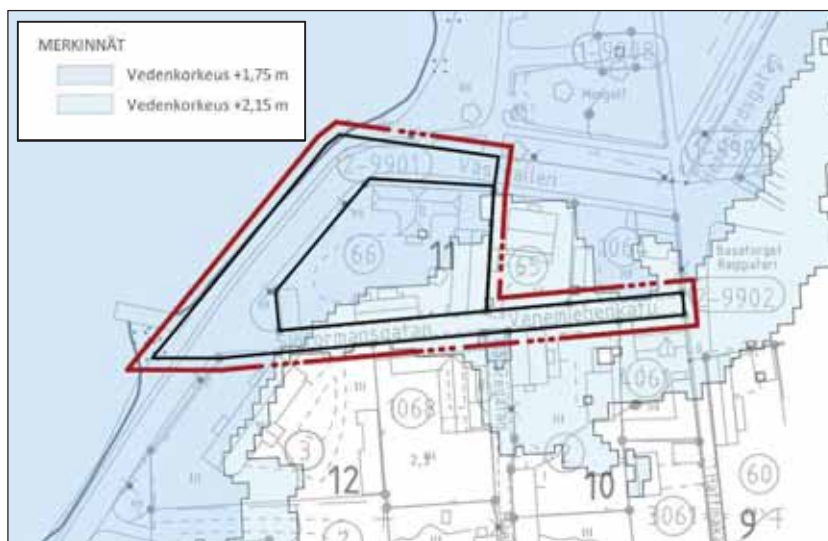
Uudisrakennuksiin tarvittava korkea sokkeli on yhtenevä muun kaupunkikuvan kanssa. Esimerkiksi viereisen kiinteistön rakennuksessa on huomattavan korkea kivijalka. Tarvittaessa korkea sokkeliä voi osin piilottaa esim. puuverhoilulla, joka jatkuu sokkelin päälle. Puuverhoilun lyhytaikainen kastuminen poikkeuksellisessa meritulvatilanteessa voidaan arvioida merkityksettömäksi.

4.2 Tulvamuuri (VE1)

Tulvamuurilla on tarkoitus suojata kiinteistön piha ja olemassa olevat rakennukset. VE1 on vähintään toteutettava vaihtoehto, jotta tontti ja nykyiset rakennukset on suojattu 1/100 a meritulvaa vastaan (nykyilmasto).

4.2.1 Toteutettavuus

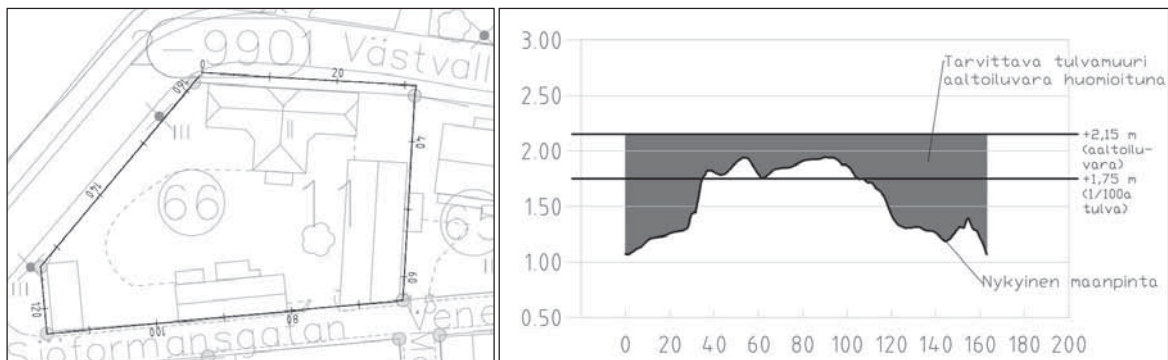
Lähtökohtaisena vaihtoehtona (VE1) tontin suojaamiseksi tarkasteltiin asemakaavan valmisteluaineistossa edellytettyä ratkaisua, missä tontti on suojattu tulvamuurilla, joka sijoittuu tontin rajalle. VE1 tarkastelussa käytettiin tulvakorkeutena $N_{2000} +1,75$ m + aaltoiluvara 0,40 m. Tarkasteltuja korkeuksia on havainnollistettu alla (Kuva 7).



Kuva 7. Asemakaavan valmisteluaineistossa edellytetyt tulvasuojakorkeudet $N_{2000} +1,75$ m ja $+2,15$ m (aaltoiluvara).

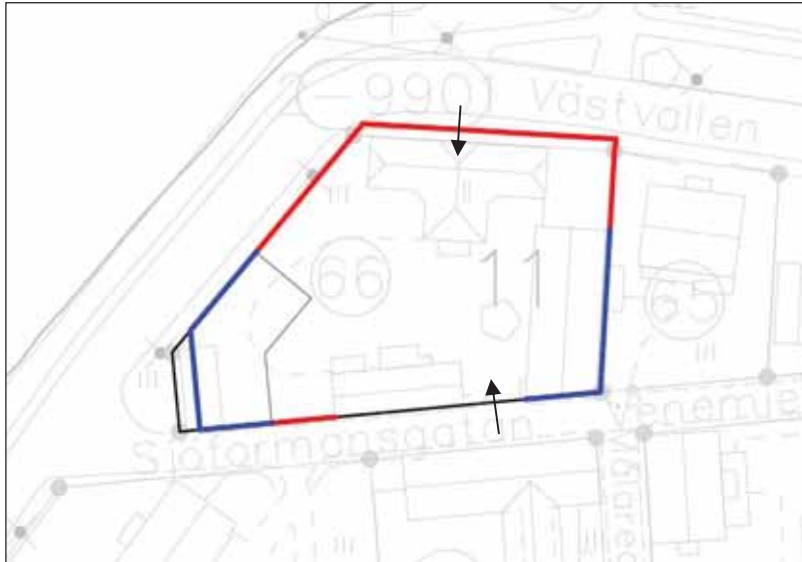
Lähtökohtaisesti aaltovaraa ei ole tarpeen toteuttaa tontin eteläisellä sivustalla ja itäisen sivustan eteläosassa (ks. luku 3.2).

Tarkastelussa todettiin, että jos aaltoiluvara ($N_{2000} +2,15$ m) huomioidaan vain kiinteistön merenpuoleisilla osilla, **tulvamuurin ei tarvitse kiertää koko tonttia**, sillä suojan puolella olevat osuudet ylittävät tulvakorkeuden $+1,75$ m (Kuva 8). Kiinteistön merenpuolella tarvitaan myös aaltovara, joten tarvittavan muurin korkeus on suurimmillaan maanpinnasta n. 1,1 m.



Kuva 8. Pituusleikkaus tontin ympäri. Piirustus on esitetty tarkemmin Liitteessä 2.

VE1 mukainen tulvamuurin sijoittuminen on esitetty alla (Kuva 9). Tarvittavan tulvamuurin pituus olisi n. 72 m. Tämän lisäksi uudisrakennusten sokkelit muodostavat osan tulvasuojauksesta.



Kuva 9. VE1 mukainen tulvasuojaus. Punainen: Tulvamuuri, rakennetaan tasoon $N_{2000} +2,15$ m. Sininen: uudisrakennuksiin integroitu tulvasuojaus. Tontin sisäänkulut on merkitty nuolilla.

VE1:een liittyy epävarmuutta aaltojen vaikutuksen suhteen. Erittäin kovalla tuulella on mahdollista, että tulvakorkeudella $+1,75$ m aallot tuovat vettä Venemiehenkatua pitkin suojellun asuinrakennuksen ja tontin sisäänajon kohdalle. Lisäksi on syytä huomata, että aaltovara ei huomioi pärskeitä, joten lasketussa maksimi-tulvatilanteessa vettä saattaa pärskeiden mukana joutua tulvamuurin toiselle puolelle. Lisäksi VE1:n suojaustaso ei tulevaisuudessa todennäköisesti enää vastaa $1/100$ a tulvaa, vaan yleisempää tulvatilannetta.

4.2.2 Aaltoiluarakorotus

Asemakaavan valmisteluaineiston mukaan ”Aaltoiluvara $+0,40$ metriä voidaan toteuttaa kiinteänä osana aitaa tai esimerkiksi erillisellä, tarvittaessa korotettavalla, tiiviillä lauta- tms. aidalla tai aitarakenteella.”

Kiinteistön merenpuolella tarvitaan tulvamuuriin aaltovara, joten muuri rakennetaan kauttaaltaan tasoon $+2,15$ m. Näin ollen tarvittavan muurin korkeus on suurimmillaan n. $1,1$ m.

Aaltovara on suunnittelussa huomioitava siten, että tulvasuojelurakenteet kestävät veden paineen. Aaltoiluvaraa ei siis voida toteuttaa heikolla aitaratkaisulla, vaan itse tulvamuurin on syytä olla riittävän korkea ja kestävä huomioiden myös aaltovara. Myös maisemallisista näkökohdista yhtenäinen muuri arvioidaan paremmin kaupunkikuvaan sopivaksi kuin kahdesta eri materiaalista koostuva.

4.2.3 Tulvaportti

Asemakaavan valmisteluaineistossa todetaan, että ”Tontin sisäänkäynnit tulee suunnitella siten, että ne saadaan tarpeen mukaan suojattua tulvarakentein.”

Tontille tarvitaan vähintään kaksi sisäänkulkua (Kuva 9)

Kuva 9). Tontin ajoyhteys toteutettaneen Venemiehenkadulta, joka ei VE1:ssä tarvitse tulvasuojausta. Tämän lisäksi jalankulkuyhteys on lähtökohtaisesti säilytettävä vanhan saunarakennuksen julkisivun puolelta Länsivallilta. Vanha sauna on suojeltu rakennus, joten julkisivun oven kulkukelpoisuus pitää säilyttää, ja näin ollen tulvamuurissa pitää olla tulvaportti rakennuksen oven kohdalla.

On olemassa useita kaupallisia ratkaisuja tulvaportin toteuttamiseksi (Kuva 10), mutta näistä ei juuri löydy kokemusta Suomessa. Tulvaportiksi tulee valita teknisesti ja maisemallisesti kohteeseen parhaiten sopiva vaihtoehto. Tulvaportin yläreunan tulee olla samalla +2,15 m tasolla kuin tulvamuurin.



Kuva 10. Esimerkkejä tulvamuriin sijoitetusta tulvaportista. (Flood Control International 2019)

On varmistettava, että tulvaportti suljetaan meritulvan uhatessa. Tämä edellyttää systemaattista metodia meritulvavaroitusten seurantaan ja tulvaportin sulkemiseen. On huomioitava, että merkittävä meritulva voi tapahtua vasta vuosikymmenten päästä, jolloin tontin omistussuhteet ovat voineet muuttua ja tietotaito tulvaportin sulkemiseksi kadota.

Jos tulvaportti olisi automaattisesti toimiva, edellyttäisi se silti jatkuvaa kunnossapitoa ja tarkkailua. Mahdollisimman toimintavarma ja helppokäyttöinen tulvaportti on suositeltavin ratkaisu.

Tulvaportti on tulvamuurin todennäköisin vuotopaikka.

4.2.4 Muuta huomioitavaa

- Hulevesien pumppaus (myös muurin/portin läpi vuotaneen veden)
- Vanha asuinrakennus ei VE1:ssä ole suojattu Venemiehentien puolelta. Rakennuksen sokkelissa on ryömintätilan tuuletusaukot. Rakennuksen suojaamiseksi on syytä varata tilapäisvälineitä (esim. hiekkasäkit, siirrettävät tulvasuojat) siltä varalta, että aaltojen vaikutus ylettyy rakennukseen asti tai tulvakorkeus ylittää hieman tason +1,75 m.
- Tulvaseinä saattaa olla tulkittavissa padoksi, joka edellyttää padon luokittelua (ELY) ja patoturvallisuusasiakirjoja jne.

4.2.5 Yleispiirteinen kustannusarvio

Kokonaisuudessaan VE1 tulvamuurin karkea kustannusarvio on n. **48 000 € ... 65 500 €**. Arvio on alustava ja siihen liittyy epävarmuuksia, mm. muurin perustamiseen vaikuttavat maaperäolosuhteet.

- Muurin kustannukset ovat perustamistavasta riippuen n. 550...700 €/näkyvä neliömetri. Koska muuri on matala (alle 1,1 m), voidaan karkeana kustannusarviona käyttää 550...700 €/m.
- Muurin kustannus on siten n. 72 m * 550 €/m ... 72 m * 700 €/m = 40 000 € ... 50 500 €
- Uudisrakennusten osuutta tulvasuojauksessa ei ole sisällytetty tulvamuurin kustannusarvioon, sillä ne tulee joka tapauksessa rakentaa korkeampaan tasoon.
- Tulvaportin kustannukseksi arvioidaan n. 3000 € ... 5000 €.
- Tulvasuojauksen vaatiman kuivatusjärjestelmän kustannukseksi arvioidaan n. 5000 € ... 10 000 €.

5 Vaihtoehtoiset tulvasuojausmenetelmät

5.1 Parannettu tulvasuojaus (VE2)

- Vaihtoehto, joka huomioi aaltovarauksen myös tontin suojan puolella.
- Suojaa kiinteistön jopa +2,15 m korkealta tulvalta ilman aaltojen vaikutusta.
- Tulvamuuri kiertää koko kiinteistön (osa suojauksesta muodostuu uudisrakennusten sokkelista) (Kuva 11).



Kuva 11. VE2 mukainen tulvasuojaus. Punainen: Tulvamuuri, rakennetaan tasoon $N_{2000} +2,15$ m. Sininen: uudisrakennuksiin integroitu tulvasuojaus. Tontin sisäänkulut on merkitty nuolilla.

- Pohjoisen puoleisen tulvaportin (jalankulku) lisäksi tarvitaan tulvaportti kiinteistön ajoyhteyteen Venemiehenkadulle. Ajoyhteyden mahdollistama tulvaportti on huomattavasti leveämpi ja kalliimpi kuin pelkän jalankulun mahdollistama portti, missä voi olla kynnyks.
- Koko tontin kiertävässä tulvamuurissa on keskeisenä haasteena tulvamuurin toteuttaminen vanhan asuinrakennuksen kohdalle Venemiehenkadulle. Vanha asuinrakennus ei itsessään voi toimia tulvasuojauksena (mm. ryömintätilan tuuletusaukot). Katutila on ahdas ja tulvamuurin perustaminen vaatisi lisäselvittämistä. Asuinrakennuksen sijainnissa muurin tarvittava korkeus olisi tosin vain n. 0,40 m.
- Yleispiirteinen kustannusarvio: **69 000 € ... 97 000 €.**
 - Muurin pituus 96 m: 53 000 € ... 67 000 €

- Erityistoimenpiteet vanhalle asuinrakennukselle 3000 € ... 5000 €
- Toinen portti, lisää n. 5000 € ... 10 000 €

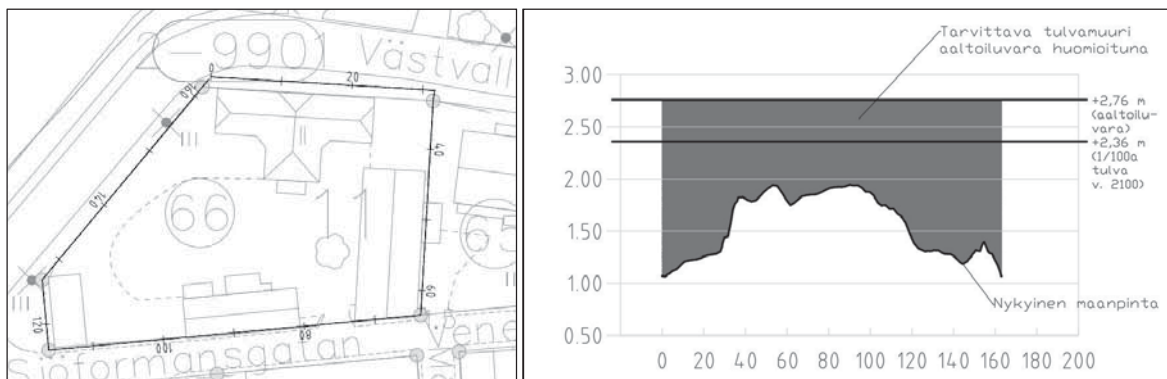
5.2 Korotettu tulvamuuri (VE3)

- Vaihtoehto, joka ottaa huomioon tulvakorkeuksien oletetun nousun tulevaisuudessa.
- Vähintään olisi huomioitava, että koko kiinteistön kiertävä tulvamuuri on tarvittaessa korotettavissa, kun tulevaisuuden meritulvaennusteet tarkentuvat.
- Kiinteistön omistaja voi halutessaan käyttää tätä vaihtoehtoa suojatakseen kiinteistön asemakaavan edellyttämää tulvakorkeutta korkeammalle.
- 1/100 a toistuva tulva vuonna 2100 (ennuste, Ilmatieteenlaitos 2014): +2,36 m + 0,40 m aaltovara = **+2,76 m**. Ennusteisiin liittyy merkittävää epävarmuutta.



Kuva 12. Ennustettu 1/100 a meritulva ja aaltoiluarakorotus vuonna 2100. Vedenkorkeus on interpoloitu Ilmatieteenlaitoksen (2014) tulvaennusteesta Helsinkiin ja Hankoon.

- Tarvittava muurin korkeus (tasolla +2,76 m):
 - Korkeimmillaan n. 1,70 m, matalimmillaan n. 0,80 m (Kuva 13).
 - Meren puolella jo merkittävä maisemallinen vaikutus.



Kuva 13. Korotetun tulvamuurin pituusleikkaus ja sijainti. Piirustus on esitetty tarkemmin Liitteessä 3.

- Kustannusarvio: Korotus ei merkittävästi lisää kustannuksia, sillä matala muuri on suhteessa kalliimpi kuin korkea.
- Huomionarvoista on, että vedenkorkeudella $N_{2000} +2,36$ m kiinteistö olisi kauttaaltaan tulvaveden saartama, eikä esteetön poistuminen olisi mahdollista.
- Korotus voi olla vähäisempikin. Kompromissi maisemavaikutuksien ja suojaustason välillä.

5.3 Venemiehenkadun länsipään korotus (VE4)

- Venemiehenkadun länsipää korotetaan n. tasolle $+2,15$ m (katuun tehdään loivapiirteinen korotus) ja suojaus yhdistetään naapurikiinteistön korkeaan sokkeliin (Kuva 14).



Kuva 14. VE4 mukainen tulvasuojaus. Punainen: Tulvamuuri, rakennetaan tasoon $N_{2000} +2,15$ m. Sininen: uudisrakennuksiin integroitu tulvasuojaus. Vihreä: Venemiehenkadun korotus tasoon $+2,15$ m. Tontin sisäänkulut on merkitty nuolilla.

- Parantaisi tulvasuojausta VE1 verrattuna, sillä riski siitä, että aaltoiluvaikutus ylettyisi vanhaan asuinrakennukseen, poistuisi.
- Kiinteistön ajoyhteyteen ei tarvittaisi tulvaporttia.
- Ongelmana kadun kuivatus. Hulevesiviemäri voi purkaa kummun ali.
 - Tulvakorkeudella $+1,75$ m merivesi nousisi hulevesiviemäriä pitkin kuivalle puolelle tasoon $+1,75$ m, mutta aaltojen vaikutusta ($0,40$ m) ei tulisi.
 - Mahdollisuus myös käyttää ns. takaiskuventtiiliä, jolloin meriveden nousu ei nostaisi vettä kuivalla puolella.
- Edellyttää tarkempaa suunnittelua, mm. kadun tasaus jne.
- Paljon huomioon otettavia asioita.
- Tulvamuurin ja tien korottamine yli n. $+2,15$ m ei auta, sillä tulvavesi pääsee kiertämään suojan puolelta.

5.4 Pelkkien rakennusten suojaaminen (VE5)

- Suojataan vain olemassa olevat rakennukset. Rakennukset ovat jo nykyisin suojassa yleisiltä meritulvilta.
 - Vanha saunarakennuksen lattiakorkeus on $+1,71$ m, joka on n. 3 cm alempana kuin $1/100$ a meritulvakorkeus (aaltovaraa ei huomioitu).

- Vanhan asuinrakennuksen sokkelikorkeus on +2,47 m, joka on 35 cm korkeammalla kuin 1/1000 a tulvakorkeus (aaltovaraa ei huomioitu). Kellaritila edellyttäisi tulvasuojasta.
- Uudisrakennukset ovat suojassa esitetyllä alimmalla rakentamiskorkeudella
- Kiinteistön **pihan sallitaan tulvia** (hallitusti) harvinaisemmilla meritulvilla
 - Pihan keskiosa on n. tasossa +1,5 m, joka vastaa n. 1/20 a toistuvaa meritulvaa
 - Piha kastuu nykyisinkin mm. lumien sulaessa

5.5 Länsivallin korotus (VE6)

Koko Länsivallin korotus mahdollistaisi huomattavasti laajemman alueen suojaamisen meritulvilta, mutta maisemalliset vaikutukset olisivat merkittävät. Lisäksi kustannukset olisivat huomattavasti suuremmat. Tämä ratkaisu edellyttäisi tien korotusta hyvin pitkältä matkalta ja laajan alueen hulevesien pumppausta vallin yli. Ratkaisuun liittyisi hyvin paljon selvitettäviä asioita.

6 Epävarmuudet

- Tulvakorkeuksien on ennustettu nousevan tulevaisuudessa. Esim. Tammisaaren 1/100 a tulva on nyt +1,75 m, mutta vuonna 2100 +2,36 m (Ilmatieteenlaitos 2014). Ennusteisiin liittyy kuitenkin merkittävää epävarmuutta.
- Tulvakorkeusennusteet perustuvat ainoastaan meritulviin avoimen rannikon olosuhteissa. Tammisaaren sijainti osin sulkeutuneessa matalassa merenlahdessa voi vaikuttaa tähän, koska vedenpinnan heilahtelu korostuu matalien lahtien perukassa. SYKE:n ohjeessa (Parjanne & Huokuna 2014) suositellaan siksi 30 cm lisäämistä tulvakorkeuteen matalien lahtien perukoilla. Tässä selvityksessä kyseistä lisäystä ei ole tehty, mistä aiheutuu epävarmuutta.
- Aaltovara määritellään rannan jyrkkyyden perusteella, mihin liittyy epävarmuutta. Tulevaisuuden tilanteessa tarkastelukohteella saattaa olla pystysuoria tai jyrkkiä rakenteita esim. tulvasuojelutarkoituksessa. Mikäli tulvataso on niin korkealla ja aaltojen tulokulma sellainen, että aallot eivät murru Länsivallilla tai valli aiheuttaa aaltojen kasautumista, voivat aallot nousta jopa yli metrin korkeudelle jyrkälle tulvarakenteelle osuessaan. Mikäli tulevaisuuden tilanteessa rannan ajatellaan olevan jyrkkä, silloin tarvitaan jopa 1,3 m aaltovara.
- Lisäksi alueella voi esiintyä hulevesitulvia, millä voi olla merivesitulvien kanssa kumulatiivisia vaikutuksia.
- Tulvakartat on tehty MML 2x2m korkeusmallin pohjalta. Tarkempi suunnittelu edellyttää tarkkaa mittausaineistoa.

7 Johtopäätökset

Tässä työssä tarkasteltiin Venemiehenkatu 2:n suojaamista meritulvilta. Asemakaavan valmisteluaineistossa esitetyn tulvamuurin lisäksi tarkasteltiin vaihtoehtoisia menetelmiä.

Tarkastelussa todettiin, että **uudisrakennukset ovat riittävästi suojaassa** asemakaavan valmisteluaineistonesitettyllä alimmalla rakentamiskorkeudella $N_{2000} +3,0$ m.

Työssä tarkasteltiin kuutta vaihtoehtoa tulvasuojauksen toteuttamiseksi (Taulukko 2).

Taulukko 2. Tarkastellut vaihtoehtoiset tulvasuojausmenetelmät.

	Toteutettavuus	Hyvää	Huonoa	Kustannusarvio	Suojaustaso
VE1	Hyvä	Vain jalankulun tulvaportti	Aaltoiluvaran epävarmuus, mahdollisesti riittämätön tulevaisuudessa	48000-65500 €	+1,75 m (+2,15 m aallot)
VE2	Toteuttaminen Venemiehenkadulle ongelmalista	Ei VE1:n aaltoiluvaran epävarmuutta	Tulvaportti myös autoille	69000-97000 €	+2,15 m
VE3	Toteuttaminen Venemiehenkadulle ongelmalista	Riittävä suojaustaso myös tulevaisuudessa	Tulvaportti myös autoille, maisemavaikutukset	Vastaavat kuin VE2	+2,76 m (riippuen korotuksesta)
VE4	Epäselvä, paljon selvitettävää	Vain jalankulun tulvaportti, parempi suoja aalloilta kuin VE1	Kadun kuivatus	?	+1,75 m (+2,15 m aallot)
VE5	Voidaanko sallia pihan tulviminen?	Yksinkertainen ja halpa	Piha tulvii harvinaisilla vedenkorkeuksilla	Vähäinen	n. +1,5 m (pihan nykyinen korko)
VE6	Epäselvä, hyvin paljon selvitettävää	Laajan alueen suojaus	Kallis, maisemavaikutukset	Suuri	Riippuen korotuksesta

Työssä todettiin, että **VE1 on vähimmäisvaatimus**, jotta asemakaavan valmisteluaineistossa edellytetty pihan ja olemassa olevien rakennusten tulvasuojaus toteutuu. VE1:ssä tulvamuuri ei kierrä koko tonttia Venemiehenkadulla.

VE2:lla saavutetaan parempi tulvasuojaus, ja aaltoiluvaran arviointiin liittyvä epävarmuus pienenee. VE2:ssa tulvamuuri kiertää koko tontin ja sen toteutettavuuteen liittyy epävarmuutta.

Jos tulvamuuri tehdään kokonaan tontin ympäri (VE2), kannattaa muurista saman tien tehdä hieman korkeampi (VE3), sillä kustannukset eivät merkittävästi nouse, mutta kiinteistö on paremmin suojattu tulevaisuuden suuremmilta tulvakorkeuksilta. Korkeampi tulvamuuri edellyttää yhteensovitusta maisemaan.

Venemiehenkadun korotus (VE4) on kiinnostava vaihtoehto, mutta siihen liittyy paljon selvitäviä asioita.

VE5 edellyttäisi sitä, että tontin pihan sallitaan tulvia harvinaisilla meritulvilla.

VE6 ratkaisisi merkittävästi suuremman alueen tulvaongelman, mutta on kustannuksiltaan hyvin suuri.

Vaihtoehtoisista tulvasuojausmenetelmistä suositeltavimmaksi arvioitiin vaihtoehto VE1 tai VE3.

Lähteet

Flood Control International. 2019. Swing-hinge flood gates. Internet-sivu. Viitattu 20.3.2019. Saatavilla: <http://www.floodcontrolinternational.com/PRODUCTS/FLOOD-GATES/shg-flood-gate.html>

Ilmatieteenlaitos. Kahma, K.; Pellikka, H.; Leinonen, K.; Leijala, U. & Johansson, M. 2014. Pitkän aikavälin tulvariskit ja alimmat suositeltavat rakentamiskorkeudet Suomen rannikolla. Saatavilla: <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/135226>

Ilmatieteenlaitos. 2019. Ilmatieteen laitoksen vahvistama teoreettinen keskivesi. Saatavilla: <https://cdn.fmi.fi/legacy-fmi-fi-content/documents/keskivesi/fi/2016.html>

Parjanne, A & Huokuna, M. (toim.). 2014. Tulviin varautuminen rakentamisessa. Ympäristö-opas | 2014. Suomen ympäristökeskus, Ilmatieteen laitos, Ympäristöministeriö, Maa- ja metsätalousministeriö. Saatavilla: <http://hdl.handle.net/10138/135189>

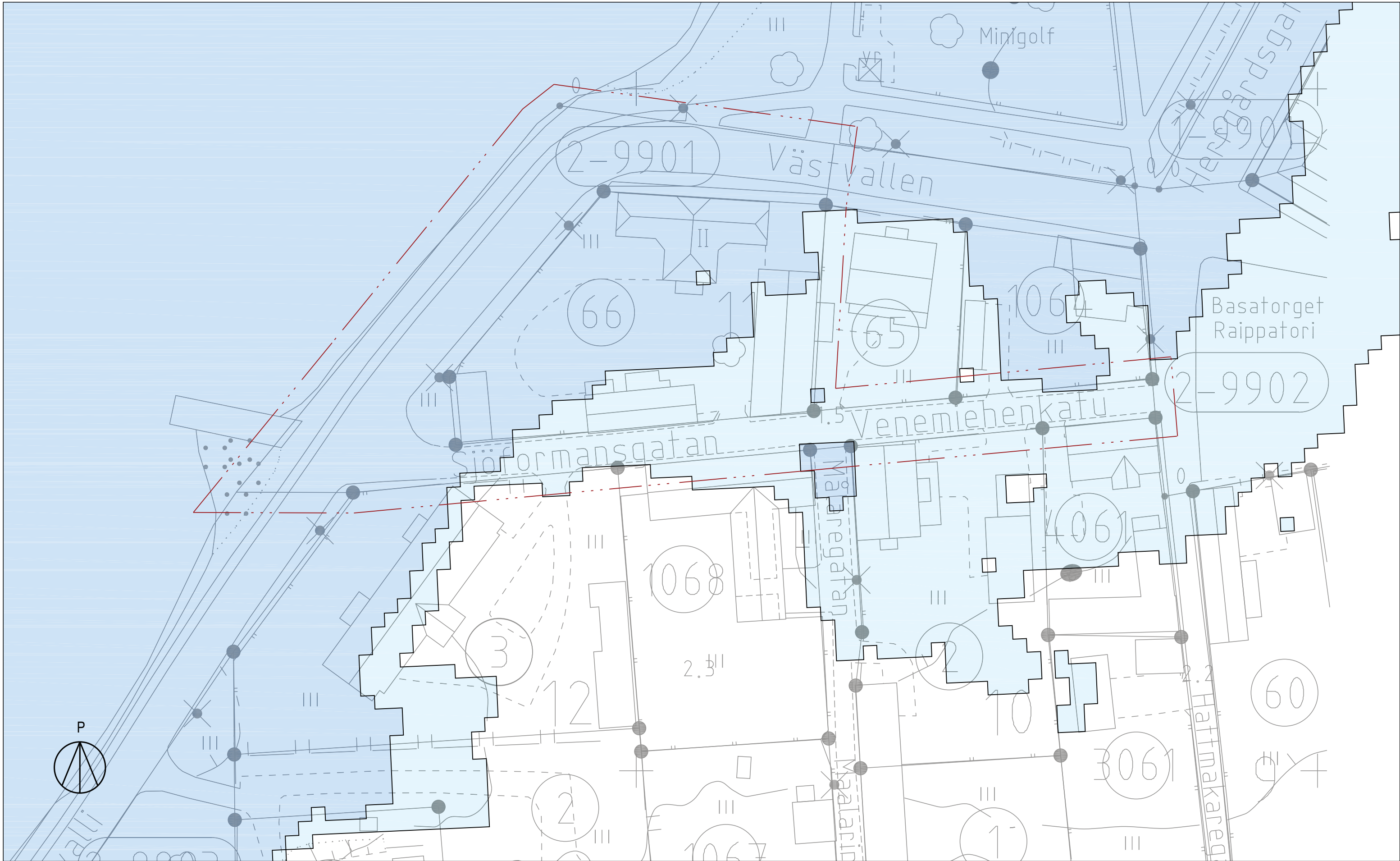
SYKE (Suomen Ympäristökeskus). 2019. Tulvakeskus: Tulvakarttapalvelu. Viitattu 9.1.2019. Saatavilla: <http://paikkatieto.ymparisto.fi/tulvakartat/Viewer/Viewer.html?Viewer=Tulvakartat>

SYKE/VK. 2016. Tilastoja tulvakorvauksista. Taulukko perustuu Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskuksen ja Finanssialan keskusliiton aineistoihin vuodelta 2015.

YLE. 2013. Raaseporin tulva hellitti. Julkaistu 27.7.2013. Saatavilla: <https://yle.fi/uutiset/3-6751253>

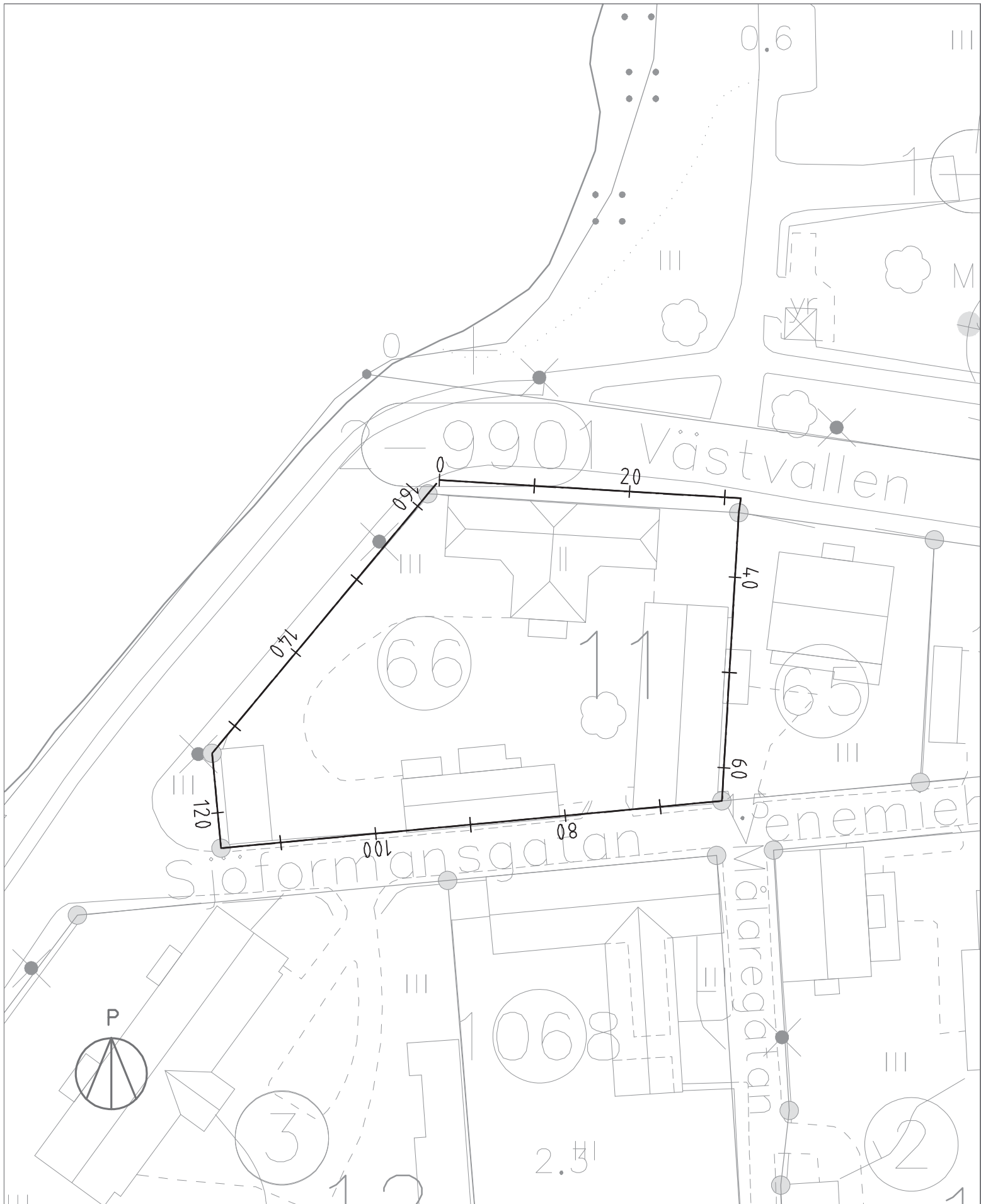
Liitteet

1. Tulvakartta, 1/100 a meritulva
2. Tulvamuuri, alustava pituusleikkaus
3. Tulvamuuri VE3, alustava pituusleikkaus

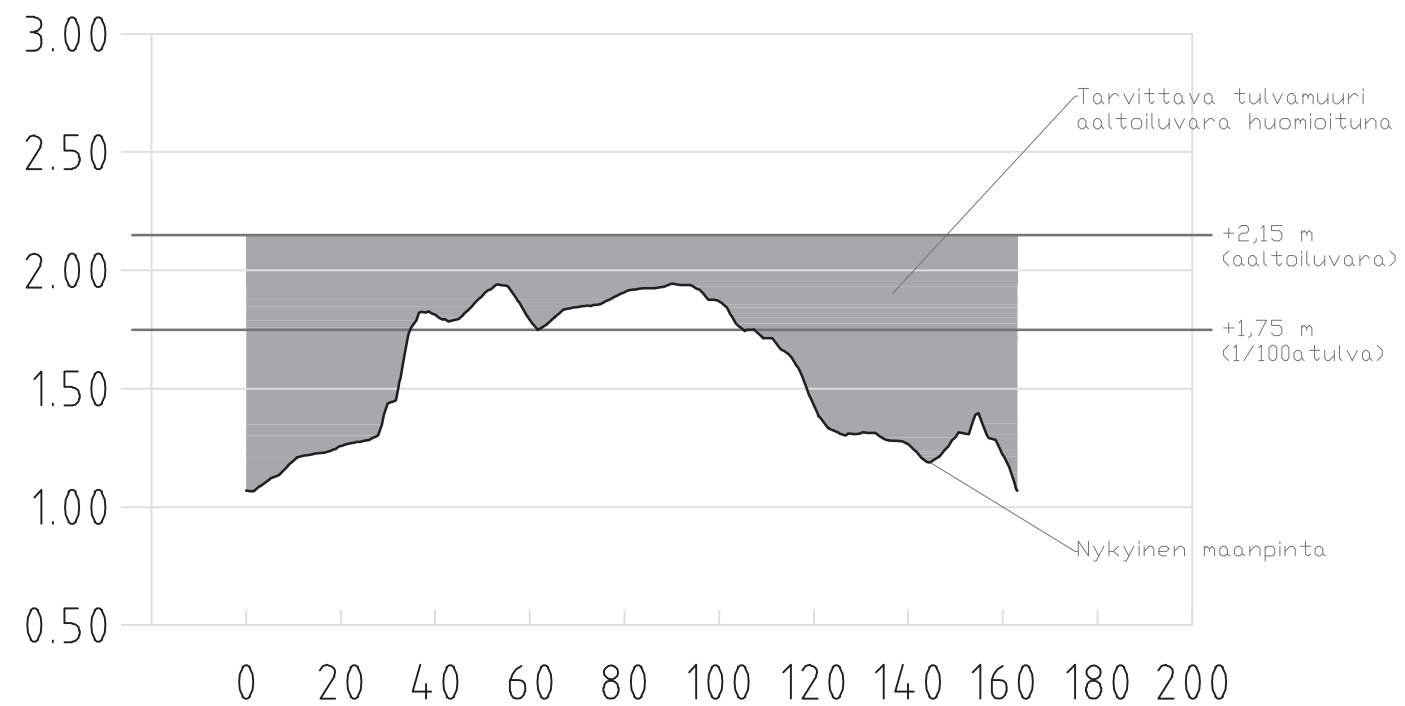


VENEMIEHENKATU 2, TAMMISAARI
 Meritulvatarkastelu
 1/100 a meritulva
 1:500 (A3)
 29.3.2019
 Ero Assmuth

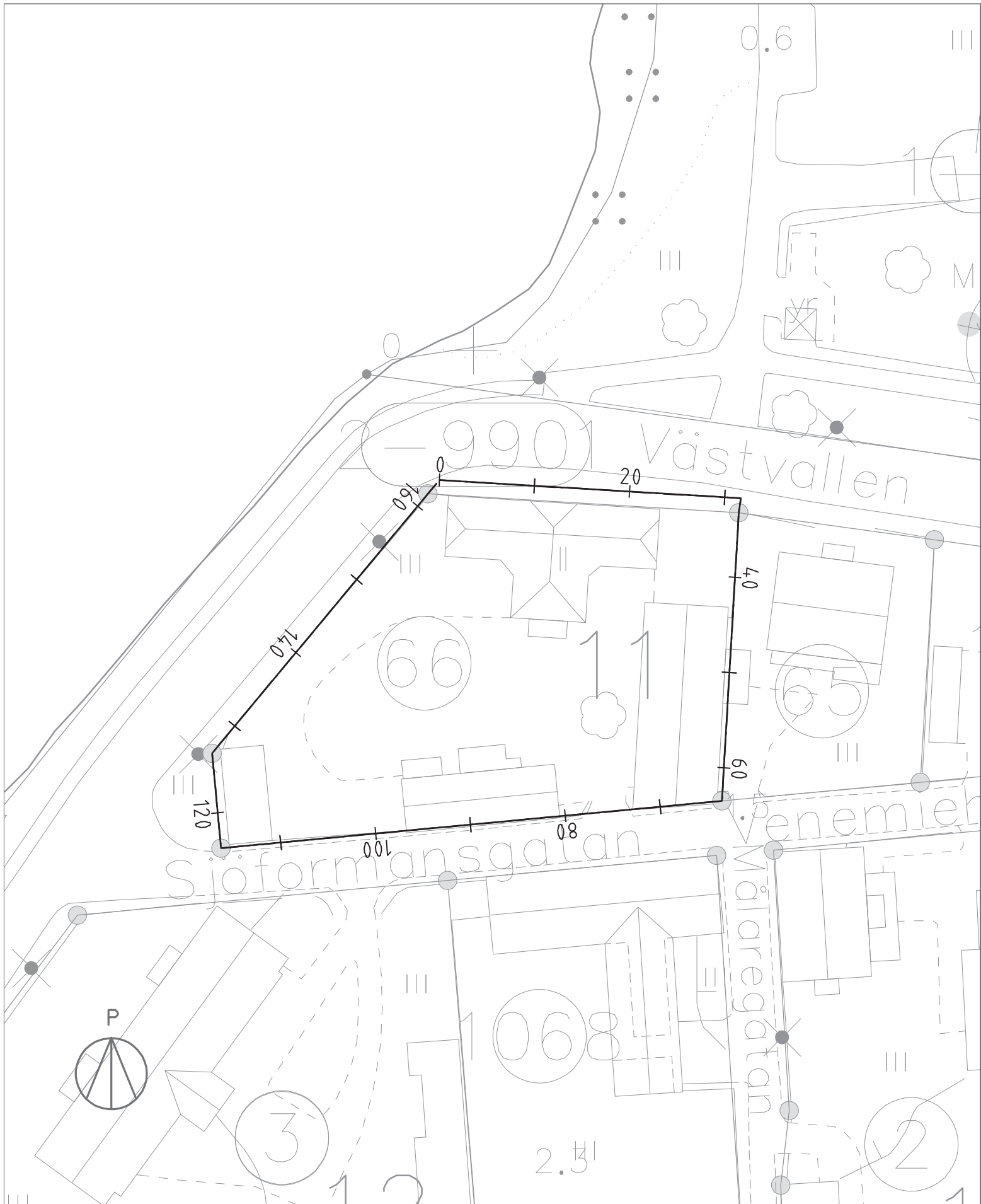
- SELITE**
- Vedenkorkeus $N_{2000} +1,75$ m
 - Vedenkorkeus $N_{2000} +2,15$ m (aaltovara)
 - Asemakaavan tarkastelualue



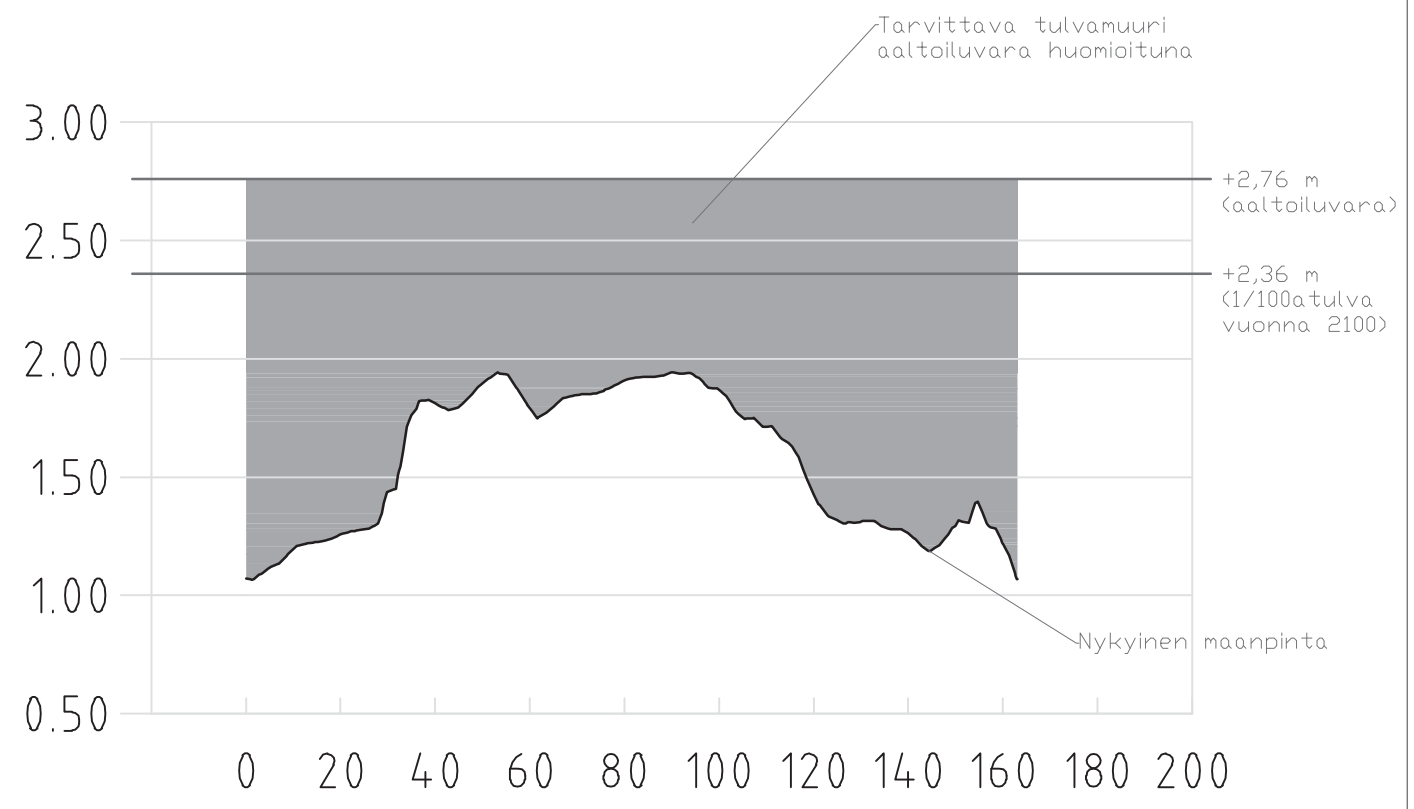
PITUUSLEIKKAUS



VENEMIEHENKATU 2, TAMMISAARI
 Meritulvatarkastelu
 Tulvamuuri, alustava pituusleikkaus
 1:500 (A3)
 29.3.2019
 Eero Assmuth



PITUUSLEIKKAUS



VENEMIEHENKATU 2, TAMMISAARI
 Meritulvatarkastelu
 Tulvamuuri VE3, alustava pituusleikkaus
 1:500 (A3)
 29.3.2019
 Ero Assmuth