

Helsingin Kaupunkisuunnitteluvirasto,
yleissuunnitteluosasto/teknistaloudellinen toimisto

Hernesaaren osayleiskaava-alueen aallokkotarkastelu

Kimmo Kahma ja Kimmo Tikka

ILMATIETEEN LAITOS

Hankintanumero: K0836-8171

Hernesaaren osayleiskaava-alueen aallokkotarkastelu

1. TIIVISTELMÄ

Kaupunkisuunnitteluviraston tilauksesta Ilmatieteen laitos on tehnyt selvityksen aallokosta Hernesaaren osayleiskaavan valmistelua varten.

Alueen asemakaavan valmistelua varten tehdyt aallokkolaskelmat osoittavat, että Hernesaaren aallokko on tähän mennessä tutkituista Helsingin niemen rannoista ankarinta.

Pahimmat aallokon tulosuunnat ovat kaakko-etelä-sektorissa. Avomeren aallokosta pisimmät aallonpituudet (periodiltaan 7-9 s) vaimenevat hyvin paljon, lyhyemmät aallot (4-6 s) vaimenevat myös, mutta selvästi vähemmän.

Aaltoiluvara vaihtelee Hernesaaren rantojen eri paikoissa ja on korkeimmillaan yli 2 m. Aallokon ja vedenkorkeuden yhteisvaikutuksesta syntyvä nousukorkeus on vuoden 2011 olosuhteissa korkeimmillaan 2,6 m N2000 korkeusjärjestelmässä. Roiskeita voi nousta yli 10 m korkeuteen. Tämä nousukorkeus koskee pystyä rantaa. Viistossa rannassa nousukorkeus on pienempi.

Rakennuskorkeutta ja suojausta suunniteltaessa on syytä varautua siihen, että vuoteen 2100 mennessä nousukorkeus voi suurimman aallokon alueella olla 4 m N2000 korkeusjärjestelmässä.

Hernesaaren kärkeen sijoittuvaksi suunniteltu helikopterikenttäalue pengerryksineen suojaa merkittävästi Hernesaaren itäpuolen rantaa. Suunnitellulla pengerryksen muotoilulla voidaan suojata rantarakennelmia sekä helikopterikentän alueella että Hernesaaren itäisellä rannalla.

Hernesaaren itärannalle suunniteltujen asuinkylien vesialtaiden sisällä aallokko jää matalaksi ja tuskin aiheuttaa haittaa.

Risteilyaluslaiturin puoleisen venesataman suunniteltu sisäänajoväylä on varsin altis aallokelle. Jatkosuunnittelussa venesatama ja sen kulkuaukko tulee varustaa aallonmurtaja- ja aallonvaimennusratkaisuilla siten, että veneiden säilyttäminen satama-altaassa on mahdollista.

Merisatamasta Länsisatamaan johtavan väylän siirtyminen etelämmäksi helikopterikentän kierrossa altistaa väylän käyttäjät nykyistä hieman ankarammalle ristiaallokelle.

Mahdollinen ilmastonmuutoksesta aiheutuva keskiveden merkittävä nousu ei muuta alueella ääritapausten luonnetta, mutta tekee ne yleisemmiksi.

Sisällys

1. Tiivistelmä	3
2. Johdanto	6
3. Terminologia	7
Aallokkoon vaikuttavat tekijät	10
4. Aaltolaskelmat	12
Tutkimusalue, aineistot ja menetelmät	12
5. Laskelmat aallonkorkeuksista Hernesaaren alueella	16
Aallokko Hernesaarella	16
6. Aaltoiluvara	24
Aaltoiluvara, nousukorkeus, ja roiskekorkeus Hernesaaren kärjessä	26
Aaltoiluvara, nousukorkeus, ja roiskekorkeus Hernesaaren itärannan pahimmassa paikassa	26
7. Ilmastonmuutoksen ja vedenkorkeuden nousun vaikutukset	36

2. JOHDANTO

Ilmatieteenlaitos on tehnyt Helsingin Kaupunkisuunnitteluviraston tilauksesta selvityksen Hernesaaren aallokosta alueen osayleiskaavoitusta varten. Tilaajan yhteyshenkilönä toimi Kati Immonen.

Helsingin kaupunki valmistelelee Hernesaaren alueen osayleiskaavaa. Suunnitelma mahdollistaa asumisen, työpaikkojen sekä vapaa-aikaan ja matkailuun liittyvien palveluiden sijoittamisen Hernesaareen. Suunnitelmien mukaan Hernesaaren eteläkärkeen sijoitetaan meriurheilukeskus ja purjevenesatama sekä täyttömaalle helikopterikenttä. Hernesaaren itäreunan puistoalueita ja asuinkyliä elävöittämään esitetään vesialtaita. Hernesaaren länsireunassa risteilyaluslaituria laajennetaan yhdellä laituripaikalla.



Kuva 1. Hernesaaren osayleiskaavan alue (KSV ja Tietoa Oy).

Tehdyissä tarkasteluissa kartoitettiin Hernesaaren alueen korkotason suunnittelussa huomioon otettava aaltoiluvara ja vesiliikenteen kannalta ratkaisujen mahdollisesti muodostamat ongelmakohdat. Raportissa tarkastellaan ensin nykytilaa ja sen jälkeen mahdollisia ilmaston muutoksen vaikutuksia.

3. TERMINOLOGIA

Raportissa esiintyviä aallokon ominaisuuksia ja niitä kuvaavia suureita.

Merkitsevä aallonkorkeus

Aallonkorkeudella tarkoitetaan aallon pohjan ja huipun välistä korkeuseroa. Meren aallokko on epäsäännöllistä. Siinä perättäisten aaltojen korkeus ei ole sama. Korkeuden ilmaistamiseen käytetään merkitsevää aallonkorkeutta H_s , joka likipitään vastaa silmin arvioitua keskikorkeutta. Aaltospektrin avulla määriteltynä merkitsevä aallonkorkeus on neljä kertaa aaltospektrin alle jäävän pinta-alan neliöjuuri.

Maksimiaallonkorkeus

Suurimman yksittäisen aallon korkeutta esimerkiksi kolmen tunnin kuluessa kutsutaan maksimiaallonkorkeudeksi kyseisessä aallokossa. Jos merkitsevä aallonkorkeus pysyy tarkasteluajan muuttumattomana, maksimiaallonkorkeus kolmen tunnin aikana on noin kaksi kertaa merkitsevä aallonkorkeus.

Modaaliperiodi

Aallon periodilla tarkoitetaan kahden perättäisen aallonhuipun välistä aikaeroa. Epäsäännöllisen aallokon modaaliperiodi luonnehtii aallokon hallitsevaa periodia. Modaaliperiodi määritellään aaltospektrin huipun periodina.

Merkitsevä aallonpituus

Aallonpituudella tarkoitetaan kahden perättäisen aallonhuipun välistä matkaa. Merkitsevä aallonpituus luonnehtii aallokon hallitsevaa aallonpituutta. Merkitsevä aallonpituus määritellään aaltospektrin huipun aallonpituutena.

Aallokon keskisuunta

Epäsäännöllisessä aallokossa esiintyy moneen suuntaan kulkevia aaltoja samanaikaisesti. Keskisuunta on näiden energialla painotettu keskiarvo. Aallokon suunnalla tarkoitetaan tässä selvityksessä aallokon tulosuuntaa.

Heijastuminen

Kun aalto osuu rantaan, joka ei ole hyvin loiva, se heijastuu kuten valo aalloit peilistä. Heijastumisessa aallon tulokulma rantaan nähden on yhtä suuri kuin heijastuskulma. Jos

aalto tulee kohtisuoraan rantaan, se heijastuu suoraan takaisin. Heijastuminen on lähes täydellistä, jos ranta on jyrkempi kuin 1:3. Tällaista rantaa kutsutaan tässä raportissa jyrkäksi rannaksi.

Aaltoiluvara

Tässä selvityksessä aaltoiluvaramalla tarkoitetaan sitä korkeutta, jonne yhtenäinen vesi voi nousta suurimpien aaltojen vaikutuksesta. Vertailutasona aaltoiluvaramassa on hetkellisen vedenkorkeuden muutamien minuuttien aikana laskettu keskiarvo. Riskitasona on käytetty todennäköisyyttä 0,01 tapausta vuodessa, eli jos aallokkoilmasto pysyisi muuttumattomana, tapaus tapahtuisi kerran 100 vuodessa. Aaltoiluvara on siis se korkeus, joka on lisättävä vallitsevaan vedenkorkeuteen. Aaltoiluvara ei riipu pelkästään aallon korkeudesta vaan myös sen periodista sekä rannan jyrkkyydestä. Jos ranta on jyrkkä, roiskeita nousee huomattavasti yhtenäistä vedenkorkeutta korkeammalle.

Aallokon nousukorkeus

Aaltoiluvaraa ei suoraan voida käyttää rakennusten korkeustasojen ja suojausten määritykseen, koska se miten korkealle vesi nousee, riippuu myös myrskyn aikaisesta vedenkorkeudesta. Tästä syystä tässä selvityksessä on lisäksi määritelty käsite aallokon nousukorkeus, jolla tarkoitetaan sitä korkeutta, jonne yhtenäinen vesi nousee suurimpien aaltojen vaikutuksesta kun vertailutasona on maan suhteen kiinteä korkeusjärjestelmää N2000. Nousukorkeudessa on oletettu huomioon se, että se ei välttämättä tapahdu suurimman aallokon tai suurimman vedenkorkeuden aikana. Vedenkorkeus ei suurimman aallokon aikana ole korkeimmillaan vaan todennäköisesti hieman keskiveden yläpuolella. Toisaalta suurimman vedenkorkeuden vallitessa aallokko ei todennäköisesti ole suurinta. Nousukorkeus myös muuttuu maan kohoamisen ja vedenkorkeuden muutoksen vaikutuksesta.

Aallokon roiskekorkeus

Tässä selvityksessä aallokon roiskekorkeudeksi on annettu se korkeus jonka yläpuolelle roiskeita nousee vähemmän kuin 2 % roiskeveden kokonaismäärästä. Lisäksi on annettu roiskeiden maksimikorkeus. Vertailutasona käytetään maan suhteen kiinteä korkeusjärjestelmää (N2000), kuten nousukorkeudessaakin.

N2000 korkeusjärjestelmä

N2000 on uusi valtakunnallinen korkeusjärjestelmä, johon Helsingin kaupunki siirtyi 1.12.2012. Kaupungin aikaisemmin käyttämässä NN-korkeusjärjestelmässä ilmoitetut korkeudet kasvavat pyörein luvuin 30 cm kun ne ilmoitetaan N2000 järjestelmässä.

Helsinki on 25.9.2012 päättänyt, että kaikkialla Helsingin kaupungin alueella NN-korkeusjärjestelmän luvut tulevat muuttumaan N2000 järjestelmään siirryttäessä vakioluvun +0.305 m. Tästä poiketen Helsingin Kaivopuiston mareografilla on tarkkavaaitusten perusteella on jo vuonna 2007 määritetty, että mareografilla on N2000-korkeusjärjestelmän nolllapiste on 0,302 m NN-korkeusjärjestelmän alapuolella ja 0,252 m N60-korkeusjärjestelmän alapuolella. Helsingin alueella yleisesti käytettävä muunnosluku siten poikeaa 3 mm siitä tarkasta muunnosluvusta, jota käytetään mareografista saataviin vedenkorkeustietoihin.

Teoreettisen keskiveden korkeus Kaivopuiston mareografilla vuonna 2011 on +0,196 m + N2000, eli 19,6 cm N2000 järjestelmän nolllapisteeseen yläpuolella. Radioon ja lehtiin vedenkorkeus annetaan teoreettisen keskiveden suhteen. Vuonna 2011 tiedotusvälineissä julkaistuun vedenkorkeuteen on siten lisättävä 19,6 cm kun se ilmoitetaan N2000 järjestelmässä. Esimerkiksi vuoden 2011 korkein vedenkorkeus on +110,5 cm vuoden 2011 teoreettisen keskiveden suhteen. N2000 järjestelmässä ilmoitettuna sama vedenkorkeus on 1,301 m.

Refraktio

Kun aalto tulee paikkaan jossa sen nopeus muuttuu, tapahtuu ilmiö, jota kutsutaan refraktioksi. Veden aaltojen nopeus on matalassa vedessä pienempi kuin syvässä vedessä. Jos aalto tulee kulmassa pohjan syvyyttä kuvaavien tasa-arvokäyrien suhteen, niin aallon suunta kääntyy refraktion vaikutuksesta matalaan veteen päin.

Diffraktio

Kun aalto menee kapean raon läpi, se ei ainoastaan jatka suoraa kulkuaan, vaan taipuu myös raon reunojen taakse molempiin suuntiin. Ilmiön tieteellinen nimi on diffraktio. Ilmiö on erittäin merkittävä, kun rako on kapeampi kuin aallonpituus. Kapean salmen läpi menevä pitkä aalto pystyy siten diffraktoitumaan salmen takaisella selällä paikkoihin, jotka ovat aaltojen tulosuunnasta katsoen varjossa.

Suomenkielinen termi refraktiolle on taittuminen ja diffraktiolle vastaavasti taipuminen. Termi taittuminen hyvin kuvaa refraktio-ilmiötä silloin, kun valoalto taittuu lasin ja ilman rajapinnassa, esimerkiksi linssissä. Meren aalloille taittuminen ei ole onnistunut termi, koska meren aallot eivät yleensä refraktoidu selvää kulmaa tehden. Tämä johtuu siitä, että meren pohjassa ei yleensä ole suuria pystysuoria hyppäyksiä, vaan syvyys vaihtelee tasaisemmin. Silloin meren aallot näyttävät refraktion vaikutuksesta "taipuvan", mutta tätä ilmaisua ei voida käyttää ilman sekaannuksen vaaraa, koska aallon taipuminen on suomenkielessä määritelty tarkoittavan aallon diffraktiota. Käytämme siksi molemmista niiden tieteellisiä termejä.

Aallokkoon vaikuttavat tekijät

Aallokon ominaisuudet riippuvat useasta tekijästä. Tärkeimmät ovat tuulen nopeus, etäisyys tuulen yläpuolisesta rannasta eli pyyhkäisymatka sekä tuulen kestoaika. Yksinkertaisin tilanne on pienillä järvillä ja sisäsaaristossa.

Avomerellä tilanne on mutkikkaampi. Erityisesti Suomenlahdella aallokkoon vaikuttavat edellä mainittujen tekijöiden lisäksi myös lahden kapeus, syvyys ja pohjan muoto sekä tietenkin saaret. Tuulen kestoaika ja alueelliset vaihtelut ovat myös tärkeitä. Vaikka usein esiintyy aallokkoa, jota ei voida tyydyttävästi kuvata edellä esitetyillä aallokkosuureilla, niin kovalla tuulella ne useimmiten ovat riittäviä. Aallokko-olojen luotettava mittaaminen avomerellä vaatii useita vuosia ja sen kunnollinen mallittaminen on vaativa tehtävä.

Merentutkimuslaitos (vuodesta 2009 alkaen Ilmatieteen laitos) on tehnyt aaltomittauksia yli viidentoista vuoden ajan Helsingin edustalla ja sillä on Helsingin edustan aallokon mallittamiseen käytössä kaksi aaltomallia. Siten myös Helsingin edustan aallokko-oloista on käytettävissä erittäin luotettavaa tietoa.

Aallokko-olojen kuvaamisen kannalta hankalin tilanne on silloin, kun kyseessä on merenlahti, joka on vahvasti mutta ei aivan täydellisesti suojattu avomeren aallokolta. Kovalla tuulella siellä kehittyy paikallista aallokkoa, johon sekoittuu avomereltä vaimentuneena saapuvaa aallokkoa. Aallokon vaikutusten laskemiseksi tarvittava aallokon ominaisuuksien kuvaaminen ei näissä oloissa pääsääntöisesti onnistu edellä esitetyillä aallokkosuureilla, vaan aallokon eri komponentit täytyy tavalla tai toisella eritellä. Parhaiten se tapahtuu aaltospektriin kutsutun suureen avulla, mutta tyydyttävästi aallokko voidaan esittää myös aaltojärjestelmien yhdistelmänä, joista jokainen erikseen kuvataan edellä määritellyillä aallokkosuureilla. Osittain suojatun merenlahden aallokon luotettava

mallittaminen on erittäin laaja ja vaativa tehtävä ja laskujen tueksi tulisi tehdä mittauksia aina kun se ajan ja kustannusten puolesta on mahdollista.

Tällaiset mittaukset on aloitettu Helsingin kaupungin tilauksesta syyskuun alussa 2012. Mittausten alustavia tuloksia on hyödynnetty tässä raportissa.

4. AALTOLASKELMAT

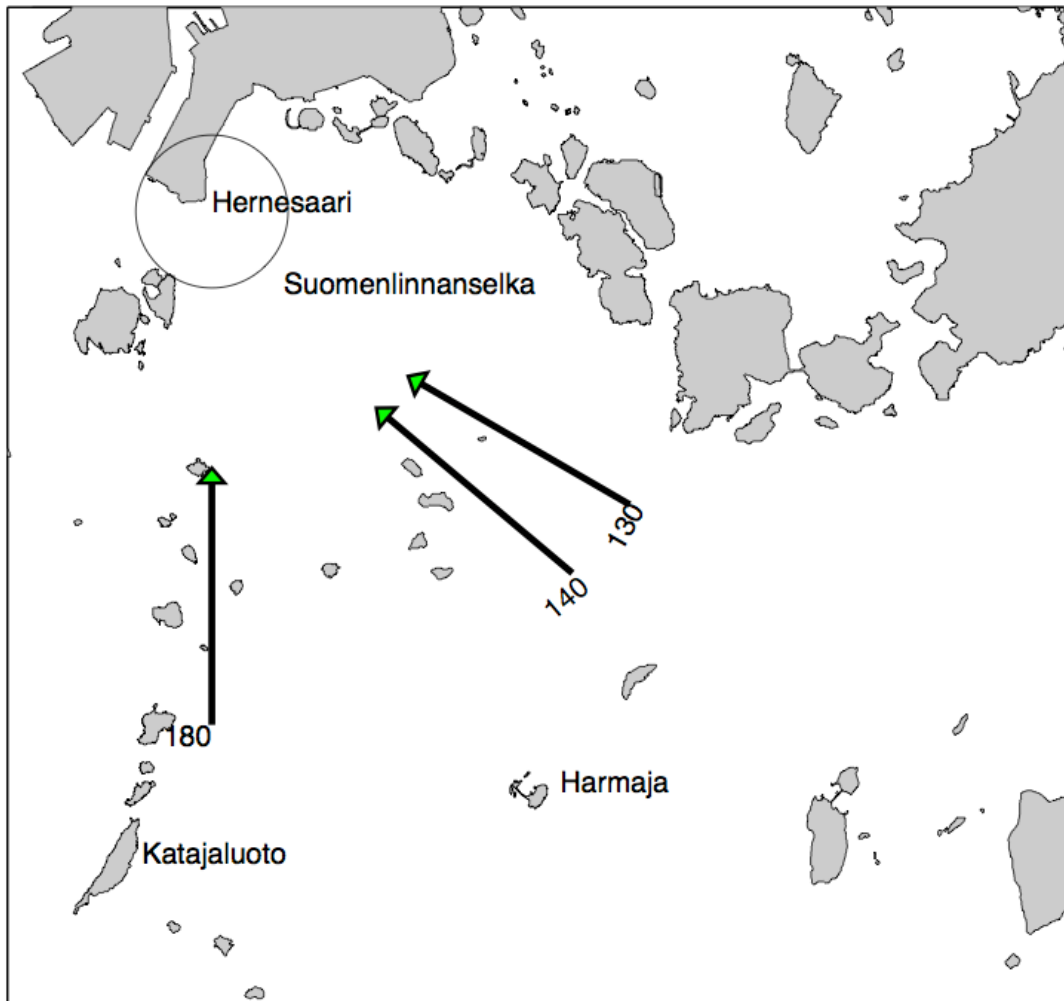
Tutkimusalue, aineistot ja menetelmät

Hernesaaren aallokko-tarkasteluissa tutkitaan sekä avomeren aallokon että paikallisen aallokon vaikutuksia. Paikallisella aallokolla tarkoitetaan sisäsaaristossa ja selkävesillä muodostunutta aallokkoa.

Aallokko Suomenlahdella vaikuttaa Hernesaaren osayleiskaava-alueetta ympäröivän vesialueen aallokkoon. Suomenlahdella suurimmat aallokot syntyvät länsi- ja itätuulten vaikutuksesta. Helsingin edustalla suurin mitattu merkitsevä aallonkorkeus on 5,2 metriä (2001), jolloin korkein yksittäinen aalto oli noin 9 metriä korkea. Tätä korkeammaksi ne eivät juuri pääse kasvamaan Suomenlahden pitkänomaisen muodon vuoksi. Helsingin rannikon sisäsaaristo varjostaa Hernesaarta näiltä suunnilta.

Hernesaaren kannalta aallokon tärkeimmät suunnat ovat sektorissa kaakko-lounas. Hernesaassa merkittävimmät aallokon aiheuttajat ovat etelän ja kaakon puoleiset tuulet. Hernesaaren alueen itäranta aukeaa Suomenlinnan selälle ja on siten varsin avoin etelän suuntaan. Eteläkärjen länsipuolella Hernesaarta suojaavat avomeren suuntaan Pihlajasaari ja Melkki sekä Lauttasaaren selän toisella puolella Lauttasaari.

Hernesaaren kärjen ja Pihlajasaaren välistä kulkee 8,9 m laivaväylä ja itä-länsisuuntainen 1,8 m veneilyn runkoväylä. Veneväylä tullaan siirtämään helikopterikentän ja kentän lentosektorin edellyttämien täyttöjen vuoksi etelämmäksi. Laivaväylään täytöt eivät vaikuta.



Kuva 2. Hernesaaren edusta ja tärkeimmät aallokon tulosuunnat (etelä = 180 astetta)..

Rannan läheisyydessä veden madaltuessa aallokko murtuu syvyyden ollessa n. 0,8 kertaa aallonkorkeus. Hernesaaren itärannan edustalla vesialue on yli 10 m syvää. Näin syvässä vedessä Hernesaaren rantaan saapuvat aallot eivät murru pohjan vaikutuksesta, kuten tapahtuu matalammilla rannoilla esimerkiksi Eiranrannassa (kuva 3). Aallot saattavat kovan aallokon vallitessa kuitenkin lyödä toistuvasti rantavallin ylitse (kuva 7). Tällaisessa tilanteessa syntyy myös aaltoja korkeampia roiskeita, jotka voivat kulkeutua myrskytuulella kymmenien metrien päähän rannasta.



Kuva 3. Aallokkoa 23.6.2011 Eiranrannassa, jolloin etelälounaan suunnalta tulevan aallokon merkitsevä aallonkorkeus oli avomerellä n. 1,5 m ja Hernesaaren lähialueilla yli 0,5 m (K. Tikka).

Koska aallokon käyttäytyminen matalassa vedessä riippuu veden syvyydestä olosuhteet muuttuvat, kun vedenkorkeus vaihtelee. Mallilaskut on siksi suoritettu useammalla vedenkorkeudella. Tällä tavoin on myös voitu arvioida millaiset aallokon vaikutukset voivat olla, mikäli ilmaston muutoksen vaikutuksesta vedenkorkeus nousee nykyisestä.

Raportin loppuvaiheessa on lisäksi tehty aaltomittauksia, joiden alustavia tuloksia on verrattu mallilaskelmiin.



Kuva 4. Aallokkoa 23.6.2011 Hernesaaren rannassa (K. Tikka). Aallonkorkeus kuvassa noin 1 m. Kuva edustaa keskimäärästä roiskeiden nousukorkeutta 3,2 m pystysuorasta muurista tällä aallonkorkeudella.

5. LASKELMAT AALLONKORKEUKSISTA HERNESAAREN ALUEELLA

Hernesaaren alue on aallokon laskennan kannalta hankala alue, koska sinne pääsee sekä vaimentunutta avomeren aallokkoa että paikallisen tuulen kehittämää aallokkoa. Aallokon vaimeneminen tapahtuu osittain saarten vaikutuksesta, mutta suurempi osuus on veden mataloitumisen aiheuttamalla refraktiolla.

Avomereltä tulleen aallokon aallonpituus on suurempi kuin paikallisen aallokon ja sen periodi on noin kaksinkertainen paikalliseen aallokkoon verrattuna.

Paikallinen aallokko

Hernesaaren itä- ja eteläpuolella aukeaa Suomenlinnan selkä, jolla ensimmäiset saaret tulevat vastaan Tiirakarini-Suomenlinnan etäisyydellä reilun kahden kilometrin päässä.

Seuraavat saariesteet ovat Harmajan-Katajaluodon tasalla noin 4,7 km etäisyydellä.

Viimeiset suuremmat esteet ovat Kuivasaaren tasalla n. 6,2 km etäisyydellä.

Tuulihavaintoja Helsingin edustalta on käytettävissä Katajaluodosta ja Kalbågarundista.

Veden syvyys ja alueella olevat saaret vaikuttavat myös paikalliseen aallokkoon. Koska paikallisen aallon aallonpituus on lyhyempi kuin avomereltä saapuvan, ei se vaimene samassa määrin rantaa lähestyessään. Kuitenkin jo Kuivasaaren tasalta tulevat aallot menettävät energiaansa pohjan vaikutuksesta enemmän kuin tuulen vaikutus sitä lisää. Niinpä nämä aallot eivät kasva suuremmiksi kuin lähempänä Hernesaarta syntyneet.

Avomeren aallokko

Avomeren aallokkoa on mitattu useita vuosia Helsingin edustalla olevalla aaltopöijällä ja siten merialueen olosuhteista on varsin hyvä käsitys.

Aallokon vaimenemista laskettiin useammalla tavalla. Laskentaa varten muodostettiin alueen pohjasta käytettävissä olevin tiedoin tarkoitukseen sopiva syvyyshila.

Aallokko Hernesaarella

Aallokkolaskelmien tuloksia esitetään alla taulukoissa ja refraktio-kuvina esimerkkitapauksista. Taulukoissa kesä- ja syksy-arvot viittaavat tyypillisenä, satunnaisena kunkin vuodenajan päivänä esiintyvään tilanteeseen. Aallokko voi kesälläkin olla yhtä suurta kuin syksyllä ja talvella, kuten 23.6.2011 havaitut aallot osoittavat. Tällöin

avomerellä suurin merkitsevä aallonkorkeus oli 3,2 m. Nämä tilanteet ovat kuitenkin kesällä hyvin paljon harvinaisempia kuin loppusyksystä ja talvesta ennen jäiden tuloa.

Aaltoilun kannalta pahin paikka on Hernesaaren kärkeen rakennettavan helikopterikentän edustalla. Helikopterikentän edellyttämät täytöt vaikuttavat Hernesaaren itärannan aaltoolosuhteisiin merkittävästi kuten taulukko 2:sta ja vastaavista kuvista huomataan. Täytön ja pengerrysten ansiosta itärannasta tulee oleellisesti suojatumpi kuin se on nykyisin.

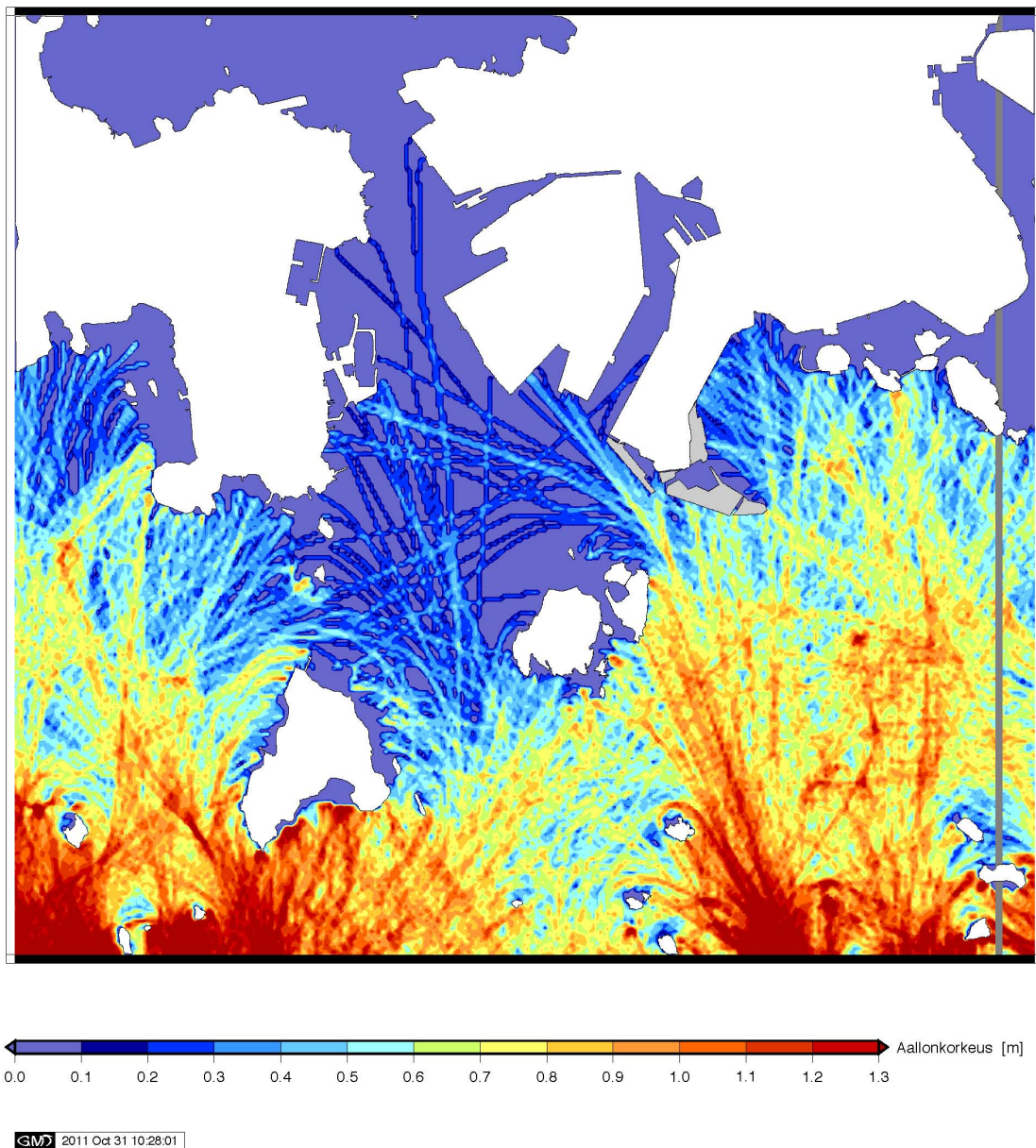
Hernesaaren kärki

Taulukossa 1 esitetään Hernesaaren kärjen aallokon tunnusluvut. Merkitsevä aallonkorkeus lasketaan avomeren aallokon ja paikallisen aallokon yhdistelmästä. Kuvissa 4a ja 4b esitetään ainoastaan avomereltä tuleva aallokko, johon on taulukossa yhdistetty myös paikallinen aallokko. Taulukko koskee aallokkoa vuoden 2011 teoreettisen keskivedenkorkeuden vallitessa.

Taulukko 1. Aallokko pahimmassa paikassa Hernesaaren kärjessä, kun vedenkorkeus on keskiveden tasossa. Hs on merkitsevä aallonkorkeus, Tp1 on paikallisen aallokon periodi ja Tp2 on avomereltä tulleen aallokon periodi. Kesä tarkoittaa tyypillistä, satunnaista kesäpäivää. Syksy tarkoittaa tavallista, satunnaista syksyn päivää ennen jäiden tuloa. (Aallonkorkeuslaskelmat on pyöristetty 5 cm tarkkuuteen.)

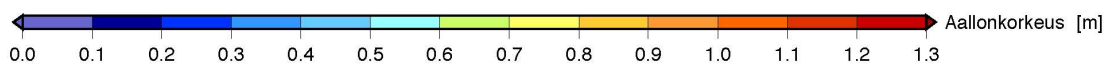
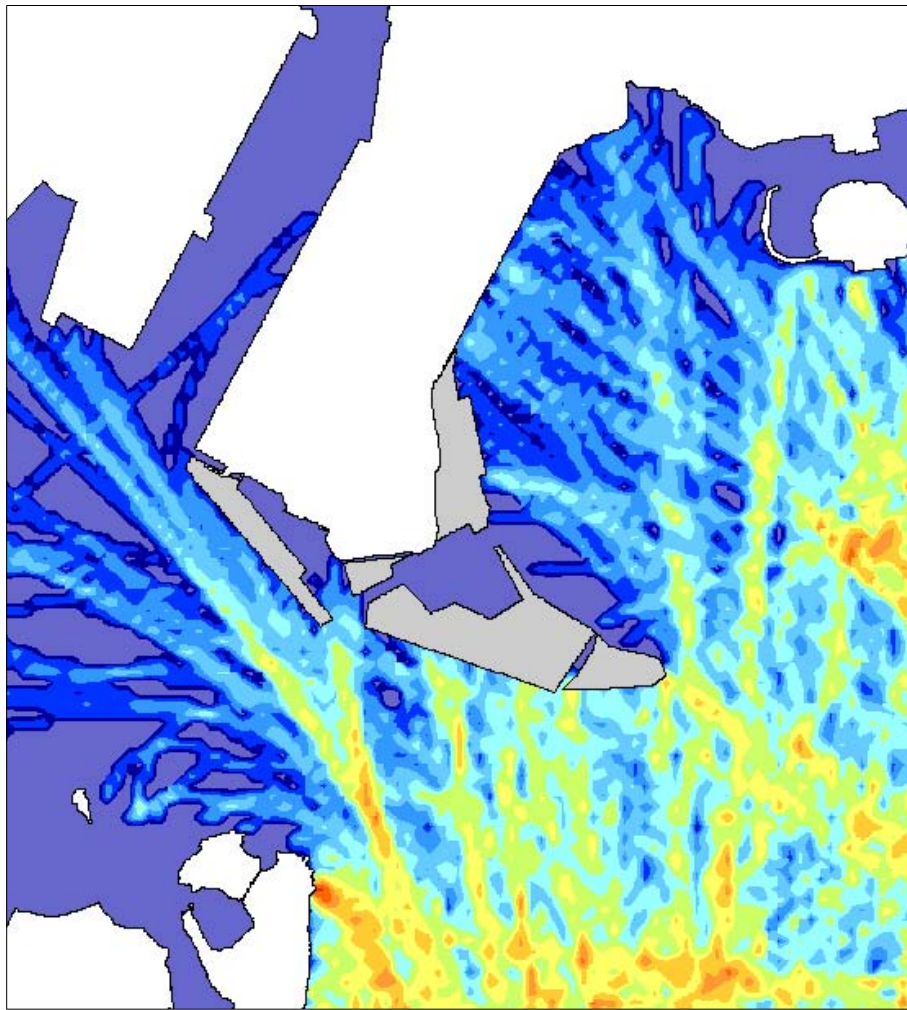
Suunta: 140	Hs	Tp1	Tp2
Kesä (tyypillinen)	0,25 m	1,9 s	4,5 s
Syksy (tyypillinen)	0,45 m	2,5 s	4,5 s
1 vuosi max	0,85 m	3,1 s	7,0 s
100 v max	0,95 m	3,2 s	8,0 s
Suunta: 180	Hs	Tp1	Tp2
Kesä	0,20 m	1,8 s	4,0 s
Syksy	0,45 m	2,3 s	4,5 s
1 vuosi max	0,95 m	3,0 s	8,0 s
100 v max	1,10 m	3,1 s	6,0 s

Hernesaari dir=140 Tp=6s sect=40/1 Hs=2.91m



Kuva 4a. Suunnasta 140 saapuva avomeren aallokko Hernesaarella, kun merkitsevä aallonkorkeus avomerellä on $H_s=2,91$ m ja periodi $T_p=6$ s. Vedenkorkeus mallilaskuissa on vuoden 2011 teoreettinen keskivesi. Malli on laskettu Hernesaaren olosuhteita silmällä pitäen, mm. Lauttasaaren selällä laskentatarkkuus ei ole riittävä ja tulokset siellä vain suuntaa antavia.

Avomereltä tuleva aallokko vaihtelee suuresti paikan mukaan kuten kuva 4 näyttää. Kuvassa avomeren aallokon merkitsevä aallonkorkeus on 2,91 m. Tämä ei ole suurin mitattu kaakkoissektorista tulevan avomeren aallokon korkeus. Korkeammat ja pidemmät Hernesaaren suuntautuvat aallot kuitenkin vaimenevat saaristossa voimakkaammin ja aiheuttavat pienemmän aallokon Hernesaareen.



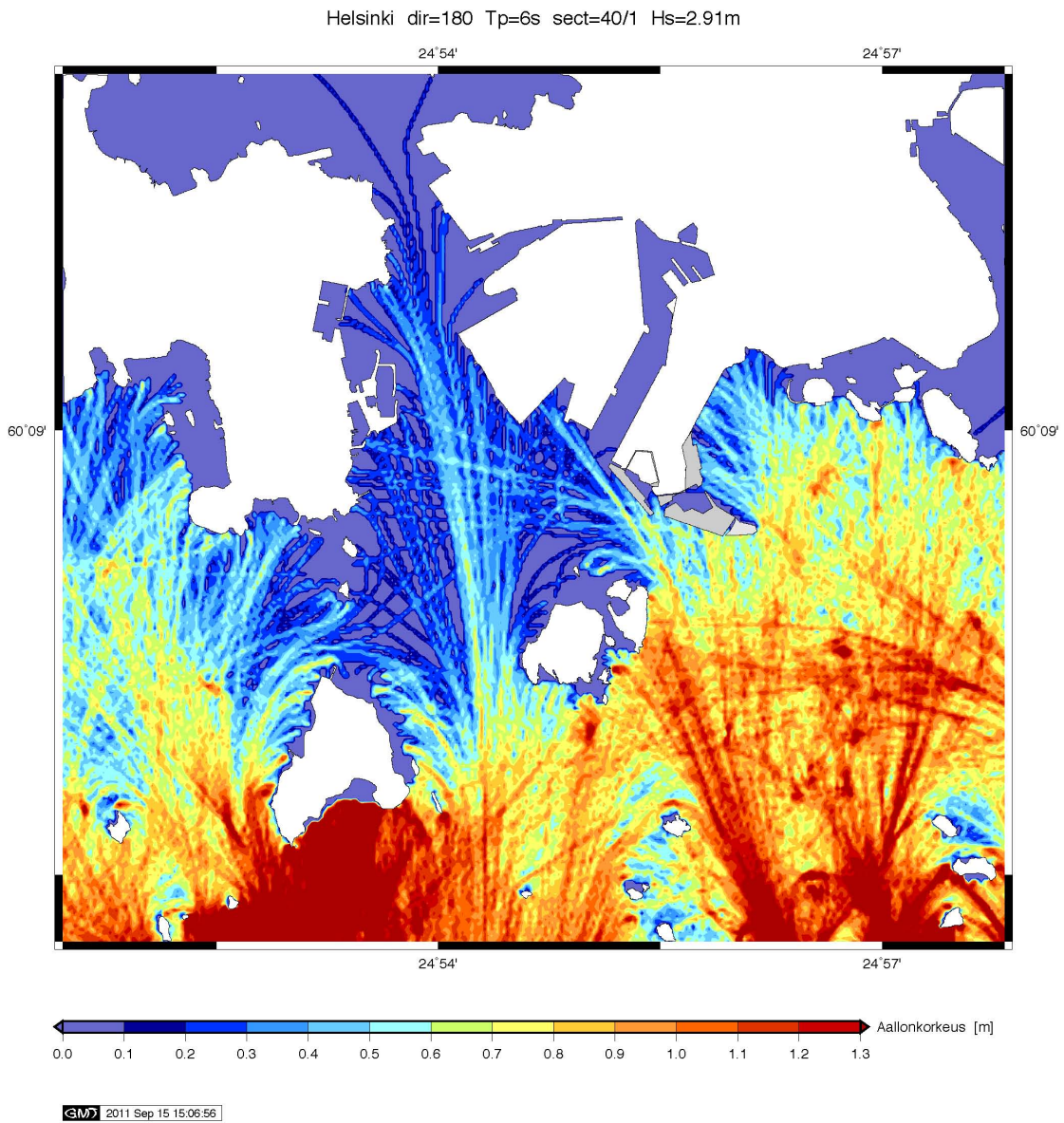
Kuva 4b. Avomeren aallokon vaimeneminen Hernesaaren edustalla, kun aallokko tulee suunnasta 140. Merkitsevä aallonkorkeus on avomerellä 2,91 m ja sen periodi 6 s. Vedenkorkeus vuoden 2011 teoreettinen keskivesi.

Hernesaaren itäranta

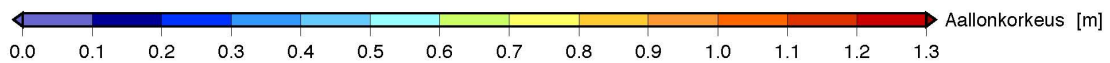
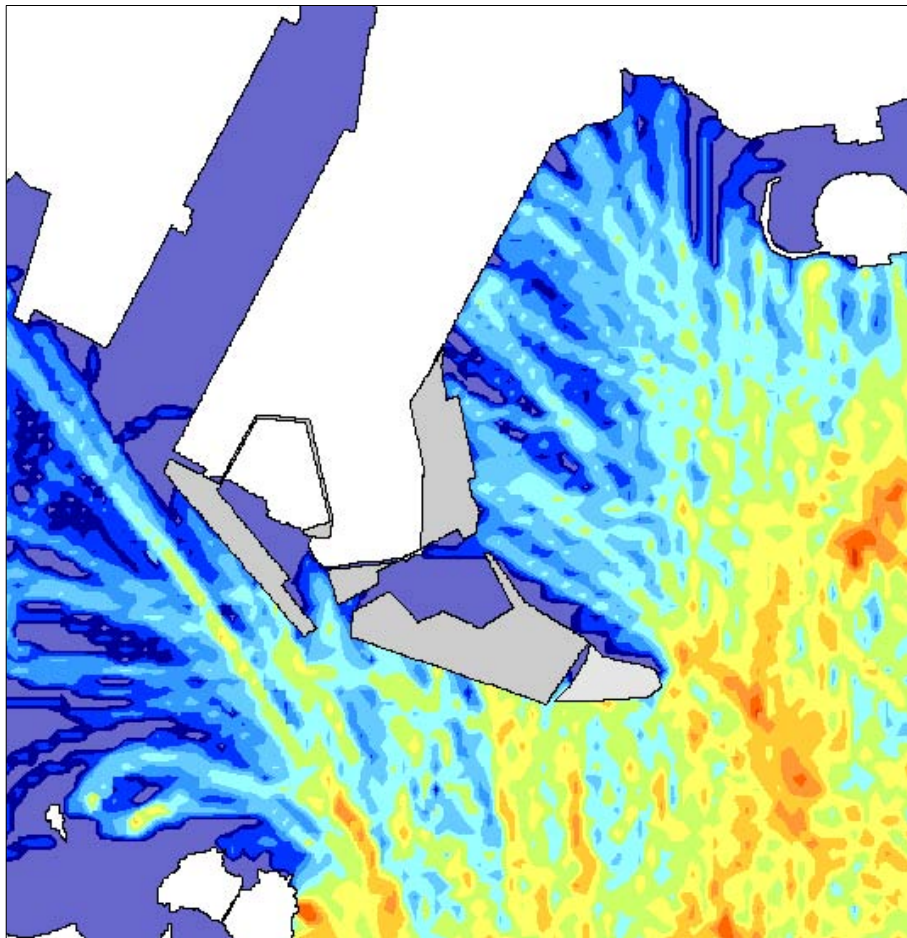
Rakennettava helikopterikenttä suojaa itärantaa suuremmilta aalloilta, kuten taulukko 2 osoittaa.

Taulukko 2. Aallokko Hernesaaren itärannalla pahimmassa paikassa, kun vedenkorkeus on keskiveden tasossa. Hs on merkitsevä aallonkorkeus, Tp1 on paikallisen aallokon periodi ja Tp2 on avomereltä tulleen aallokon periodi. Kesä tarkoittaa tyypillistä kesäpäivää. Syksy tarkoittaa tavallista syksyn päivää ennen jäiden tuloa. Vedenkorkeus vuoden 2011 teoreettinen keskivesi.

Suunta: 140	Hs	Tp1	Tp2
Kesä	0,15 m	1,7 s	4,0 s
Syksy	0,30 m	2,3 s	4,5 s
1 vuosi max	0,65 m	2,7 s	6,9 s
100 v max	0,80 m	2,9 s	8,0 s
Suunta: 180	Hs	Tp1	Tp2
Kesä	0,10 m	0,8 s	4,0 s
Syksy	0,20 m	1,1 s	4,5 s
1 vuosi max	0,40 m	1,3 s	6,9 s
100 v max	0,50 m	1,4 s	8,0 s



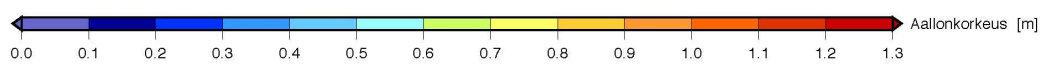
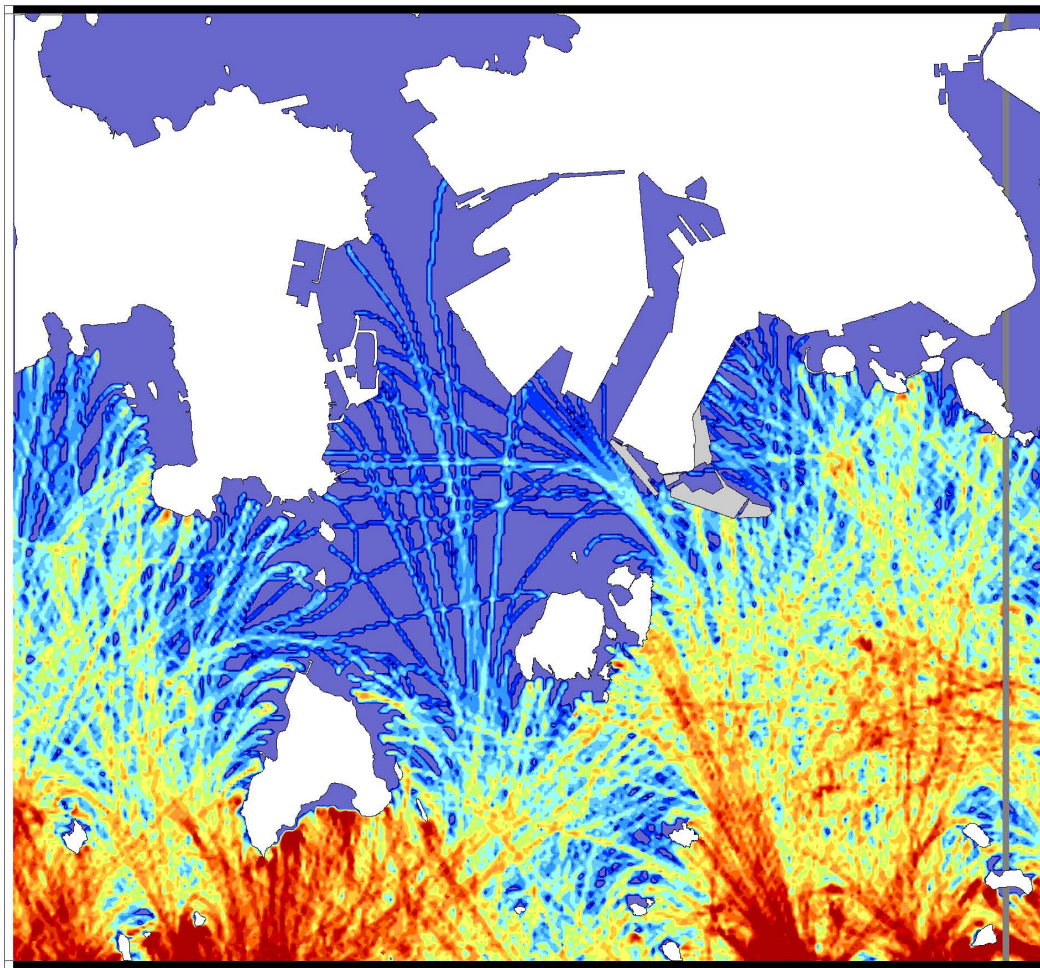
Kuva 5a. Avomeren aallokon vaimeneminen, kun aallokko tulee suunnasta 180. Merkitsevä aallonkorkeus on avomerellä 2,91 m, joka on suurin mitattu eteläsektorista tulevan aallokon korkeus. Vedenkorkeus vuoden 2011 teoreettinen keskivesi.



Kuva 5b. Avomeren aallokon vaimeneminen, kun aallokko tulee suunnasta 180. Merkitsevä aallonkorkeus on avomerellä 2,91 m. Vedenkorkeus vuoden 2011 teoreettinen keskivesi.

Esimerkkinä pidempien 7s aaltojen refraktiosta on kuvassa 6 suunnasta 130 saapuva aallokko. Tästä suunnasta on avomerellä mitattu korkeimmillaan n. 3,5 m korkuinen aallokko. Esimerkki osoittaa, kuinka pidempi ja korkeampi aallokko voi vaimentua enemmän kuin lyhyempi ja matalampi aallokko.

Hernesaari dir=130 Tp=7s sect=40/1 Hs=3.51m



GM 2011 Oct 31 19:51:11

Kuva 6. Avomeren aallokon vaimeneminen, kun aallokko tulee suunnasta 130. Merkitsevä aallonkorkeus on avomerellä 3,51 m. Vedenkorkeus vuoden 2011 teoreettinen keskivesi.

6. AALTOILUVARA

Aallokon vaikutusta tarkasteltaessa on otettava huomioon minkälaisen vahingon erityyppinen veden nousu voi rakenteille aiheuttaa.

Rannalle nouseva vesi voi olla:

- 1) suolavettä sisältäviä yksittäisiä pisaroita
- 2) roiskeiksi katsottavaa vettä
- 3) yhtenäistä vettä ns. "vihreä vesi"

Termin "vihreä vesi" syy näkyy hyvin kuvassa 7, jossa vihreä vesi nousee laiturin tasalle.

Tässä selvityksessä aaltoiluvarella tarkoitetaan sitä korkeutta, jonne yhtenäinen vesi nousee suurimpien aaltojen vaikutuksesta, kun vertailutasona on hetkellisestä vedenkorkeudesta muutamien minuuttien aikana laskettu keskiarvo. Aaltoiluvara on siis se korkeus, joka on lisättävä vallitsevaan vedenkorkeuteen. Riskitasona on käytetty todennäköisyyttä 0,01 tapausta vuodessa, eli jos aallokkoilmasto pysyisi muuttumattomana tapaus tapahtuisi kerran 100 vuodessa.

Aaltoiluvara riippuu paitsi aallonkorkeudesta, myös rannan muodosta ja jyrkkyydestä. Pieni aaltoiluvara saavutetaan rannalla, jonka kaltevuus on enintään 1/30. Kaltevuus 1/7 tuottaa vielä erittäin hyvän vaimennuksen. Kaltevuus 1/3 ja sitä jyrkempi aiheuttavat aallon heijastumisen, jolloin sen korkeus kasvaa merkittävästi. Viisto ranta vaimentaa aallokkoa ja jos se on tehty lohkeista, näiden välissä tapahtuva, aallokkoon liittyvä virtaus vaimentaa heijastuksia. Pysty tai lähes pysty ranta vaatii suurimman aaltoiluvaran, koska siinä aalto heijastuu lähes täysin. Koska kaupunkisuunnittelussa pääsääntöisesti joudutaan tyytymään jyrkkään rantaan, aaltoiluvara on laskettu sellaiselle.

Kuvista 4 - 6 nähdään, miten avomereltä saapuva aallokko vaihtelee eri kohdissa Hernesaaren rantaa. Taulukko 1 edustaa suojattomimman paikan aallokkoa ja taulukko 2 suhteellisen suojaisen paikan aallokkoa.

Aaltoiluvaraa ei suoraan voida käyttää rakennusten korkeustasojen ja suojauksen määrittämiseen, koska se riippuu siitä mikä on myrskyn aikainen vedenkorkeus. Tästä syystä tässä selvityksessä on lisäksi määritelty käsite aallokon nousukorkeus, jolla tarkoitetaan sitä korkeutta, jonne yhtenäinen vesi nousee suurimpien aaltojen vaikutuksesta kun vertailutasona on maan suhteen kiinteä korkeusjärjestelmä N2000.

Nousukorkeudessa on otettu huomioon se, että vedenkorkeus ei suurimman aallokon aikana ole korkeimmalla tasollaan, mutta ei myöskään keskiveden korkeudella, vaan todennäköisesti hieman sen yläpuolella. Aallokolta suhteellisen suojatuilla paikoilla suurin nousukorkeus saavutetaan suurimman vedenkorkeuden aikana, jolloin aallokko ei ole suurimmillaan. Nousukorkeus muuttuu maan kohoamisen ja vedenkorkeuden muutoksen vaikutuksesta. Nousukorkeus on annettu tässä vuodella 2011 ja kohdassa 7 arvioitu vuodelle 2100.

Tässä selvityksessä aallokon roiskekorkeudeksi on annettu se korkeus jonka yläpuolelle roiskeita nousee vähemmän kuin 2 % roiskeveden kokonaismäärästä. Lisäksi on annettu roiskeiden maksimikorkeus. Vertailutasona käytetään maan suhteen kiinteä korkeusjärjestelmää (N2000), kuten nousukorkeudessaakin.

N2000 on uusi valtakunnallinen korkeusjärjestelmä, johon Helsingin kaupunki siirtyi 1.12.2012. Vanhaan NN-korkeusjärjestelmän verrattuna korkeusluvut Hernesaassa tulevat muuttumaan N2000 järjestelmään siirryttäessä noin +0.3 m. Tarkempia yksityiskohtia N2000-järjestelmästä on tämän raportin kohdassa 3.



Kuva 7. Heijastunut aalto ja siitä syntyneet roiskeet Hernesaaren kärjessä 23.6.2011 Vihreä vesi nousee juuri ja juuri laiturin tasalle. Kuvassa on syytä kiinnittää huomiota siihen, miten korkealle aalto nousee verrattuna kaikkiin muihin kuvassa samanaikaisesti näkyviin aaltoihin verrattuna. Kuvan perusteella voidaan todeta, että aaltoiluvara on Hernesaaren eteläkärjessä vähintään 1,7 m Roiskeet nousevat kuvassa vajaan 2 metriä sen yläpuolelle eli 3,5 m keskiveden yläpuolelle. (Kuva K. Tikka).

Kuva 7 antaa esimerkin miten yksittäinen suuri aalto heijastumisen vaikutuksesta nousee, ja miten korkealle roiskeet tyypillisesti nousevat. Suurimmat roiskeiden korkeudet ovat moninkertaisia kuvan esittämiin roiskeisiin verrattuna.

Aaltoiluvara, nousukorkeus, ja roiskekorkeus Hernesaaren kärjessä

Aaltoiluvara pystylle rannalle Hernesaaren kärjessä saadaan, kun lähtökohdaksi otetaan taulukosta 1 suurin merkitsevä aallonkorkeus 1,1 m. Siellä, missä ranta on pystysuora tai jyrkkä sileä ranta aaltoiluvara, eli, vihreän veden maksimikorkeus, on noin 2,2 m myrskyn aikaisen keskiveden yläpuolella. Nousukorkeus on noin 2,6 m ja se voi esiintyä joko suurimman vedenkorkeuden tai suurimman aallonkorkeuden vallitessa. Roiskekorkeus pystysuorasta seinästä on 3 - 4 m (N2000-järjestelmässä vuonna 2011). Yksittäisiä pisaroita voi nousta tämänkin tason yläpuolelle yli 10 m korkeudelle.

Jyrkälle viistolle seinämälle, jonka kaltevuus on noin 1:2,4, aaltoiluvara on 1,8 m. Nousukorkeus on noin 2,1 m suurimman aallokon aikana ja 2.4 m suurimman vedenkorkeuden aikana. Vastaavasti roiskekorkeus on 2- 3 m ja roiskeiden maksimikorkeus noin 5 - 6 m (N2000-järjestelmässä vuonna 2011).

Aaltoiluvara, nousukorkeus, ja roiskekorkeus Hernesaaren itärannan pahimmassa paikassa

Hernesaaren itärannalla aaltoiluvara pystylle rannalle on 1,6 m myrskyn aikaisen keskiveden yläpuolella. Nousukorkeus on suurimman aallokon tilanteessa 1,9 m ja roiskekorkeus 3 -4 m. Roiskeiden maksimikorkeus on noin 8 - 10 m. Suurin nousukorkeus 2,3 m saavutetaan kuitenkin todennäköisesti maksimivedenkorkeuden aikana, vaikka aallokko on silloin paljon pienempää.

Aaltoiluvara jyrkälle viistolle seinämälle, kaltevuus 1:2,4. Aaltoiluvara 1,3 m. Nousukorkeus 1,7 m suurimman aallokon aikana. Nousukorkeus suurimman vedenkorkeuden aikana on noin 2,2 m. Roiskekorkeus 2- 3 m ja roiskeiden maksimikorkeus on noin 4 - 6 m (N2000 järjestelmässä).

Taulukko 3. Aaltoiluvara, nousukorkeus, ja roiskekorkeus Hernesaaren kärjessä vuoden 2011 olosuhteissa. Aaltoiluvara viittaa myrskyn aikaiseen vedenkorkeuteen. Nousukorkeus on ilmoitettu N2000 korkeusjärjestelmässä

Aaltoiluvara pystylle rannalle			
Aaltoiluvara	Nousukorkeus	Roiskekorkeus	Roiskeiden maksimikorkeus
2,2 m	2,6 m	3- 4 m	yli10 m

Aaltoiluvara jyrkälle viistolle seinämälle, kaltevuus 1:2,4			
Aaltoiluvara	Nousukorkeus	Roiskekorkeus	Roiskeiden maksimikorkeus
1,8 m	2,4 m	2 - 3 m	5 - 6 m

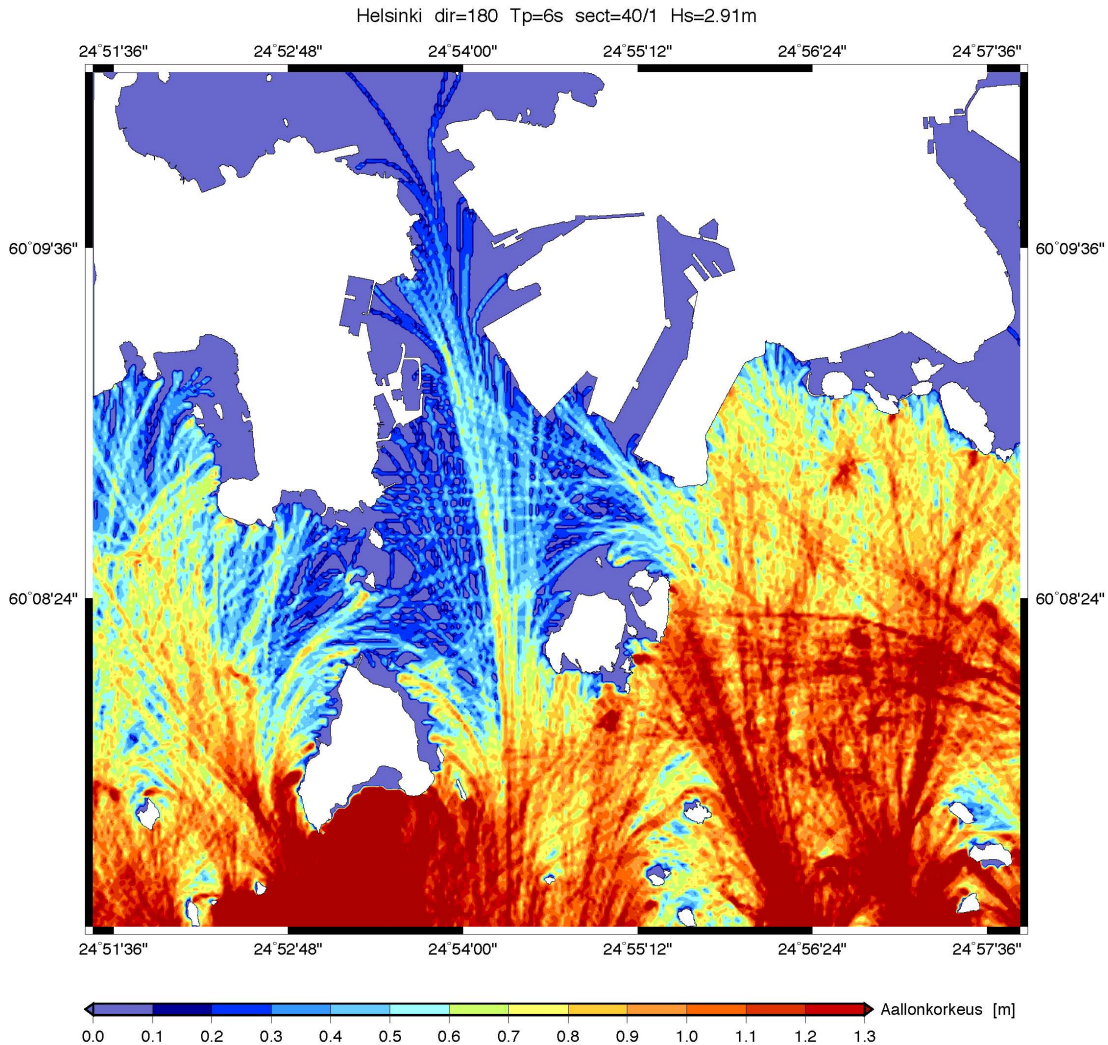
Taulukko 4. Aaltoiluvara, nousukorkeus, ja roiskekorkeus Hernesaaren itärannan pahimmassa paikassa vuoden 2011 olosuhteissa. Aaltoiluvara viittaa myrskyn aikaiseen vedenkorkeuteen. Nousukorkeus on ilmoitettu N2000 korkeusjärjestelmässä

Aaltoiluvara pystylle rannalle			
Aaltoiluvara	Nousukorkeus	Roiskekorkeus	Roiskeiden maksimikorkeus
1,6 m	2,3 m	3 - 4 m	8 - 10 m

Aaltoiluvara jyrkälle viistolle seinämälle, kaltevuus 1:2,4			
Aaltoiluvara	Nousukorkeus	Roiskekorkeus	Roiskeiden maksimikorkeus
1,3 m	2,2 m	2 - 3 m	4 - 6 m

Hernesaaren ranta ilman helikopterikentän täyttöä

Suunniteltu helikopterikentän ja lentosektorin turvaamiseen tarkoitettu täyttöalue vaimentaa merkittävästi Hernesaaren itärantaan avomereltä saapuvaa aallokkoa. Kuvassa 8 on esitetty sama avomeren aallokko kuin kuvassa 5, mutta ilman täyttöä.



GM 2011 Sep 19 11:59:16

Kuva 8. Etelän suunnalta saapuvan avomeren aallokon vaimeneminen ennen helikopterikentän täyttöä. Avomerellä merkitsevä aallonkorkeus 2,91 m ja periodi 6 s. Vedenkorkeus vuoden 2011 teoreettinen keskivesi.

Helikopterikentän uusi täyttö on siten aallokon kannalta hyödyllinen ja vaimentaa aallokkoa Hernesaaren itärannalla ratkaisevasti.

Itäreunan puistoalueen rannan muoto

Helikopterikentän täytön ansiosta avomeren aallokko itäreunan puistoalueen rannassa vaimenee oleellisesti nykytilasta kuten kuvat 1 - 4 osoittavat. Rannan suunniteltu muoto on aallokon kannalta hyvä ja se on huomattavan hyvin suojassa avomeren aallokolta.

Suunniteltu rannan keskikaltevuus ja korkeus ovat aaltoiluvaran kannalta riittäviä niin, että aallot eivät vaikuta rantatöyräällä ja sen takana. Jos rannalle tulee pystyjä terasseja, on aaltoiluvara ja nousukorkeus pystyn rannan mukaisia.

Rannalle suunniteltu uima-allas on nykyisen vedenkorkeuden vallitessa melko hyvin suojassa aallokolta helikopterikentän täytön ansiosta. Roiskeita on odotettavissa uima-altaaseen suurimman aallokon aikana. Kun keskivedenkorkeus todennäköisesti vuoteen 2100 mennessä nousee, sekä roiskeita että vihreää vettä nousee uima-altaan reunan ylitse.



Kuva 10

Aallokko Hernesaaren itärannalla nykytilassa. Merkittävä aallonkorkeus kuvan ottohetkellä oli avomerellä 1 m. Merkittävä aallonkorkeus kuvan alueella noin 0,5 m (K. Kahma).



Kuva. 11. *Hernesaaren itärannan asuinkylät vesialtaineen.*

Asuinkylien vesialtaiden aallokko ja heijastukset altaissa.

Asuinkylien vesialtaat ovat helikopterikentän niemen täytön ja altaiden suulla olevien murtajien ansiosta hyvin suojassa. Laskelmien mukaan altaissa aallokko on noin puolet ulkopuolella altaiden suuaukon edessä olevasta aallokosta.

Aaltoiluvara altaiden pystysuorilla reunoilla on 0,4 m myrskyn aikaisen vedenkorkeuden yläpuolella. Vuoden 2011 olosuhteita vastaava nousukorkeus on 1,8 m N2000 tason yläpuolella. Se esiintyy suurimman vedenkorkeuden aikana.



Keskittämällä asu-yhteisöön KSV ja Tuusula Oy

Kuva 12. Havainnekuva Hernesaaren asuinkylän vesialtaan toteutuksesta.

Taulukko 5. Aallokko asuinkylän vesialtaissa.

	Altaan suulla	Altaassa
Kesä (tyypillinen)	0,05 m	Alle 0,05
Syysy (tyypillinen)	0,10 m	0,05 m
1 vuosi max	0,20 m	0,10 m
100 v max	0,40 m	0,20 m

Kulkureitit altaisiin

Asuinkylän vesialtain kulkureiteillä aallokko on samansuuruista kuin suuaukossa, mikäli reunat ovat pystysuorat kuten havainnekuvasssa. Altaiden suuaukkojen kulmissa voi esiintyä ikävää ristiaallokkoa, josta pienen aallonkorkeuden vuoksi lienee kuitenkin haittaa enintään kanooteille. Ristiaallokkoa voidaan tarvittaessa vähentää tekemällä suuaukkojen murtajien toinen puoli viistoseinäiseksi.

Risteilyaluslaiturin reunan muoto

Uuteen risteilyalusten laituriin pahin aallokko tulee edullisesta suunnasta lähes laiturin suuntaisena kuten kuva 13 osoittaa. Paikka on siten sopiva laituripaikaksi.

Helikopterikentälle johtavan penkereen reunan muoto

Helikopterikentälle johtavan penkereen muoto ei ole aallokon kannalta ongelmallinen. Suositeltavaa on, että penkereen reuna tehdään viistoksi ja peitetään lohcareilla.

Jos penger tehdään pystysuoraksi, lisää se oleellisesti sekä roiskeiden että penkereelle nousevan vihreän veden määrää. Suuren aallokon vallitessa tämä voi joskus tulevaisuudessa johtaa joskus siihen, että aallon harja nousee penkereen päälle. Tällaisessa tilanteessa penkereelle ei voi varastoida mitään, mikä ei kestä huomattavia virtausvoimia.

Pienveneiden väylä Merisatamasta Länsisatamaan

Mikäli risteilyaluslaiturien viereisen venesataman altaan suuaukko tulisi altaan luoteispäähän, saataisiin pienille veneille reitti, joka kiertää kokonaan niemen kärjen kovimman aallokon alueen. Tällöin pienelläkin veneellä ja kanootilla olisi mahdollista kiertää Helsingin keskustan rannat joutumatta alttiiksi ankaralle aallokolle.

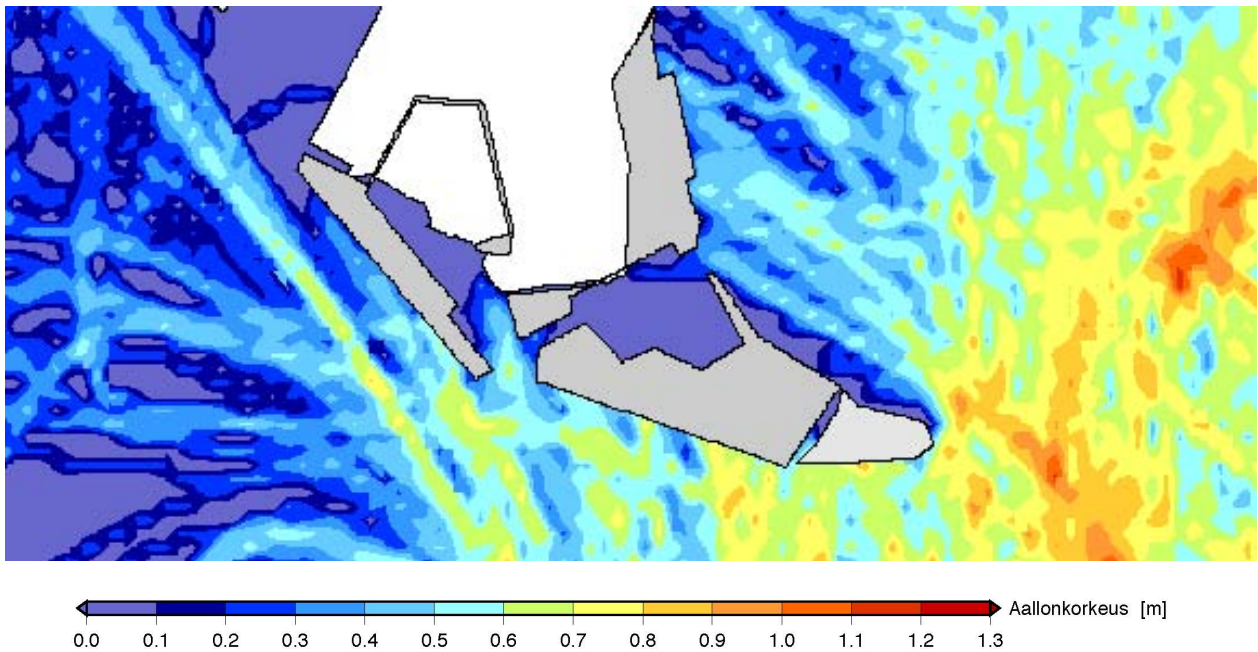
Aallokko venesatamassa ja meriurheilukeskuksessa

Hernesaaren eteläpäässä oleva meriurheilukeskuksen allas on hyvin suojattu (taulukko 6). Aaltoiluvara meriurheilukeskuksen pystysuorilla reunoilla on 0,4 m myrskyn aikaisen vedenkorkeuden yläpuolella. Vuoden 2011 olosuhteita vastaava nousukorkeus on noin 1,8 m N2000 tason yläpuolella. Se esiintyy suurimman vedenkorkeuden aikana.

Hernesaaren eteläpäässä olevista suurista altaista lännenpuoleinen, risteilyaluslaiturin viereinen venesatama on laskelmien mukaan epäedullisessa paikassa. Altaan aukko on huonosti suojattu, koska se avautuu paikkaan, jossa avomereltä tulevat aallot ovat suuria, kuten kuvasta 4, 6 ja 13 näkyy. Lähellä suuaukkoa olevissa laitureissa aallokko on vain hieman pienempää. Kuvassa 4, 6 ja 13 esitetyissä mallilaskelmissa altaan reunat on oletettu vaimentaviksi, ja silloin aallokko vaimenee nopeasti altaan perälle mentäessä (taulukko 6)

Suunnitelmissa altaan reunat pystyt ja sellaiset eivät paljoa vaimenna aallokkoa. Altaan aallokko kaikkialla on siinä tilanteessa lähes samansuuruinen kuin suuaukossa luona

altaan sisällä. Laitureissa oleville veneille vuoden pahin aallokko on korkea. (taulukko 6). Kesäajan tyypillinen aallokko sen sijaan tuskin tuottaa mitään ongelmia.



Kuva 13. Risteilyalusten laiturin viereinen aukko venesatamaan on aallokon suhteen epäedullisessa paikassa. Kartan esittämässä mallilaskelmassa venesataman sisäosaa ei ole mallitettu, ainoastaan suuaukko. Vedenkorkeus kartassa on vuoden 2011 teoreettinen keskivesi.

Taulukko 6. Aallokko venesataman ja meriurheilukeskuksen altaissa vuonna 2011.

Suunta: 140	venesataman suulla	venesatamassa	Meriurheilukeskuksessa
Kesä (tyypillinen)	0,2 m	0,1 m	0,05 m
Syky (tyypillinen)	0,3 m	0,15 m	0,05 m
1 vuosi max	0,5 m	0,25 m	0,1 m
100 v max	0,6 m	0,3 m	0,2 m
Suunta: 180	venesataman suulla	venesatamassa	Meriurheilukeskuksessa
Kesä	0,2 m	0,1 m	0,05 m
Syky	0,35 m	0,2 m	0,05 m
1 vuosi max	0,6 m	0,4 m	0,1 m
100 v max	0,7 m	0,5 m	0,2 m

Aaltoiluvara venesataman pystysuorilla reunoilla on 1 m myrskyn aikaisen vedenkorkeuden yläpuolella. Vuoden 2011 olosuhteita vastaava nousukorkeus on noin 2,1 m N2000 tason yläpuolella. Se esiintyy suurimman vedenkorkeuden aikana.

Jos katsotaan asioita yksinomaan aallokon vaikutuksen kannalta, suositeltavampi paikka venesataman aukolle olisi altaan luoteisreunassa. Alueen muun käytön kannalta aukon siirtäminen lienee kuitenkin vaikeaa.

Venesataman suojaaminen

Venesataman nykyisen suun suojaaminen aallokolta on hankalaa. Venesataman yhteydessä olevan aallonmurtajan aukon tulee olla niin kapea kuin mahdollista, ja tämä on ristiriidassa veneiden ohjailun vaatimusten kanssa. Todennäköisesti tarvitaan kaksi kapeaa peräkkäistä aallonmurtajaa, ennen kuin aallokko venesatamassa saadaan pienenemään aallonmurtajan avulla riittävästä. Tällainen rakenne saattaa olla mahdoton veneiden ohjailun kannalta. Toinen mahdollisuus voisi olla Pihlajasaaren itäpuolelle tehtävä pitkä aallonmurtaja, joka ulottuu väylämerkkiin asti.

Kolmas mahdollisuus on mallilaskelmien mukainen, täysin vaimentava ranta. Se tuottaa venesataman pääosassa riittävän pienen aallokon veneiden säilytyksen kannalta. Aallokko on pääosassa venesataman allasta tällöin vain marginaalisesti suurempaa kuin meriurheilukeskuksen altaassa. Aukon kohdalla aallokko ei vaimene, mutta koska liian suuri aallokko venesataman suulla on harvinainen tapahtuma, ei veneiden liene välttämätöntä mennä suuaukosta pahimmissa olosuhteissa, vaan tarvittaessa voidaan löytää jokin muu suojasatama. Vaimentavan rannan toteuttaminen venesatamassa on ehkä mahdollista tekemällä reunalaiturit veden päälle ja niiden alle 10 - 20 metrin levyinen erityinen vaimentava rakenne. Tämän tyyppinen aallokkoa vaimentava rakenne on nykyisin olemassa Jätkäsaaren eteläkärjessä olevan laiturin alapuolella. Olosuhteet Jätkäsaaren eteläkärjen pahimmassa paikassa ovat kuvan 8 mukaan nykyisin varsin lähellä kuvassa 13 vallitsevia olosuhteita suunnitellun venesataman suuaukossa. Riittävän vaimennuksen suunnittelua varten on siten saatavissa myös kokemuseräistä tietoa Jätkäsaaren olosuhteista.

Aallokon roiskeet virkistysalueella, helikopterikentälle vievällä penkereellä ja helikopterikentällä

Helikopterikentälle johtavalle penkereelle nousee roiskeita, kun vedenkorkeus on keskiveden tasossa ja aallokko on kovaa. Penger on metrin korkeampi kuin nykyinen ranta kuvassa 7, joten se on paremmin suojassa.

Välittömästi rannan tuntumaan ei ole syytä rakentaa mitään, joka ei kestä roiskeita. Taulukosta 3 nähdään, että vuonna 2011 vihreä vesi ei nouse penkereelle, mutta roiskeet saattavat jo nyt ulottua pysäköintipaikoille asti. Penkereellä olevat pysäköintipaikat ovat ylempänä kuin nykyiset, mutta uuden penkereen kohtaan tuleva aallokko on suurempaa. Siten autot ovat alttiina suunnilleen samanlaiselle aallokolle kuin rantaan pysäköidyt autot nykyisin. Kuva 7 vasemmassa reunassa näkyy autojen päälle tuleva roiskevesi.

Helikopterikenttäalueen ympäri kulkeva pienvenereitti

Helikopterikentän ympäri kulkeva pienvenereitti kulkee varsin kovan aallon alueella (taulukko 1). Helsingin suojaisia rantoja kiertävä kohtaa tässä kohdassa suurimman aallokon. Aallokko ei kuitenkaan ole uudella reitillä oleellisesti suurempaa kuin mitä se on nykyisellä reitillä. Helikopterikentän niemen kärkeen tulevalla matalikolla syntyy nykyisiä aaltoja suurempia murtuvia aaltoja. Veneväylä ei kuitenkaan kulje tämän matalikon kautta. Uudella reitillä veneet joutuvat kulkemaan korkeammassa sivuaallokossa kuin aikaisemmin, ja siten vielä hieman nykyistä vaativammassa olosuhteissa.

7. ILMASTONMUUTOKSEN JA VEDENKORKEUDEN NOUSUN VAIKUTUKSET

Ilmastonmuutoksen vaikutuksesta valtameren keskikorkeus suurella todennäköisyydellä nousee vuoteen 2100 mennessä. Helsingissä maa kohoaa, eikä valtameren pinnan nousu ole kaikkialla yhtä suurta. Keskivedenkorkeus Helsingissä nousee todennäköisimmin noin 0,3 – 0,4 m vuoteen 2100 mennessä ja äärimmäisessä tapauksessa noin metrin. Ilmaston muutos on aiheuttanut muutoksia myös vedenkorkeuden ääriarvojen yleisyydessä.

Tässä raportissa ei käsitellä laajemmin vedenkorkeuden kehitystä. Siitä on meneillään valtakunnallinen tutkimushanke, jossa myös Helsingin tulvariskit tullaan laskemaan uusimpien tietojen avulla. Hankkeen valmistuttua sen tulokset on syytä yhdistää tämän raportin aallokkoa koskeviin tuloksiin, jolloin aaltoiluvaraa koskevista tuloksista saadaan tarkemmat arviot aallokon ja vedenkorkeuden yhteisvaikutuksesta syntyvästä veden nousukorkeudesta vuoteen 2100 mennessä. Tässä raportissa käytetään tällä hetkellä käytettävissä olevia tuloksia joiden mukaan vedenkorkeuden nousussa on syytä varautua mahdollisuuteen, että lyhytaikaisesti vedenkorkeus kerran vuoteen 2100 mennessä nousee 2,8 m N2000 tason yläpuolelle.

Merenpinnan nousu vähentää Helsingin edustan matalikkojen aiheuttamaa aallokon vaimenemista. Näin ollen myös Hernesaaren rannan saavuttava aalto on korkeampaa meren tulviessa. Tämä näkyy kuvasta 14, jossa on esitetty avomereltä tulevan aallokon vaimeneminen eri vedenkorkeustilanteissa, kun aallokko on avomerellä 2,9 m ja sen suunta on etelästä. Kun vedenkorkeus on keskiveden tasossa, avomereltä pääsevän aallokon merkitsevä aallonkorkeus on Hernesaaren kärjessä 0,7 m. Jos vedenkorkeus nousisi metriin ja samanaikaisesti aallokko edelleen olisi avomerellä 2,9 m, avomereltä pääsevän aallokon merkitsevä aallonkorkeus nousisi vajaaseen metriin Hernesaaren kärjessä. Vielä suuremmaksi aallokko nousisi, jos vedenkorkeus olisi 2,6 m 2011 keskiveden yläpuolella.

Suurimmat avomeren aallon harvoin esiintyvät silloin, kun vedenkorkeus on lyhytaikaisesti korkealla. Tämä johtuu siitä, että vedenkorkeuden muutoksiin vaikuttavat monet tekijät, joista tuulen nopeus on vain yksi. Kuvassa 14 b esitetty yhdistelmä on vuonna 2011 äärimmäisen epätodennäköinen ja kuvassa 14 c yhdistelmä lähes mahdoton.

Kun tarkastellaan aallonkorkeutta Hernesaassa, on otettava huomioon, että avomereltä pääsevän aallokon lisäksi Hernesaaren aallokkoon yhdistyy paikallinen aallokko. Kun tämä otetaan huomioon kuvassa 14 a kuvatun aallokon kanssa, saadaan taulukossa 1 ja 2 esitetyt merkitsevät aallonkorkeudet. Niissä on otettu huomioon se, että vedenkorkeus voi korkean aallokon aikana olla jonkin verran keskiveden yläpuolella.

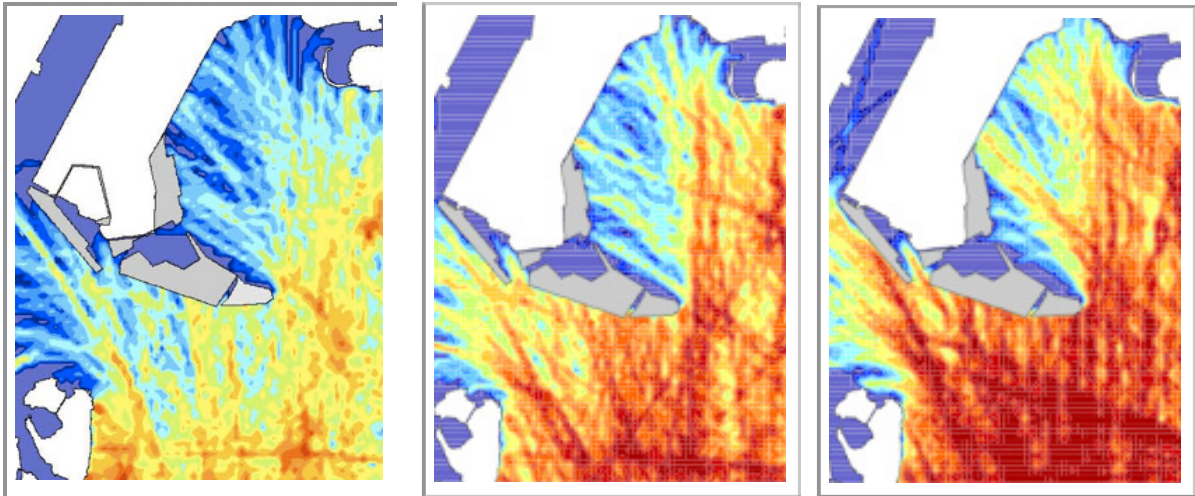
Kun ilmaston muutoksen vaikutuksesta vedenkorkeus todennäköisesti nousee ja aallokko Hernesaassa todennäköisesti kasvaa. Kuten edellä todettiin, vuonna 2100 teoreettisen keskiveden korkeuden todennäköisin taso on noin 0,3 – 0,4 m vuoden 2011 keskiveden yläpuolella. Aallokon ja vedenkorkeuden yhteisvaikutuksesta veden nousukorkeus pystyllä rannalla Hernesaaren eteläkärjessä olisi silloin noin 3 m N2000 korkeusjärjestelmässä kerran vuoteen 2100 mennessä. On epätodennäköistä, että suurin nousukorkeus pystyllä rannalla jäisi tämän alapuolelle vuoteen 2100 mennessä, mutta tapahtuma on odotettavissa vasta lähellä vuotta 2100, ei lähitulevaisuudessa.

Epävarmuudet ilmastonmuutoksen aiheuttaman merenpinnan nousussa ovat siinä määrin suuria, että on perusteltua varautua suurempaan vedennousuun. Tällä hetkellä paras arvio on, että Hernesaaren eteläkärjessä pystyllä rannalla on varauduttava vuoteen 2100 mennessä yhteen aallokon ja vedenkorkeuden yhteisvaikutuksesta tapahtuvaan lyhytaikaiseen 4 m nousukorkeuteen N2000 järjestelmässä. Helikopterikentän suojaavan vaikutuksen vuoksi Hernesaaren itärannalla riittää varautua siihen, että nousukorkeus vuoteen 2100 mennessä on 3,6 m N2000 järjestelmässä. Mikäli helikopterikenttää ei täytetä, on myös itärannalla syytä varautua 4 m nousukorkeuteen. Suunnitelmassa ranta on keskimäärin viisto, mutta jos siinä on pystyjä terasseja, siihen on sovellettava pystyn rannan nousukorkeutta.

Kuva 14 b edustaa tilannetta, jossa keskivedenkorkeus nousee yli metrin. Siinä avomereltä tulevan aallokko on noin 30 % suurempaa kuin keskiveden tasossa. Kun avomereltä tuleva aallokko yhtyy paikalliseen aallokkoon, kokonaisuallonkorkeus ei nouse yhtä paljon, vaan ainoastaan alle 10 %. Todennäköisimmän keskivedenkorkeuden 0,3 m nousu vaikutus aallokkoon on muutamia prosentteja,

Vaikka lyhytaikaisen vedenkorkeus vuoteen 2100 mennessä kerran saavuttaisi tason 2,6 m vuoden 2011 keskiveden yläpuolella, niin on vain hypoteettinen mahdollisuus, että vedenkorkeus ja avomeren aallokko olisivat samanaikaisesti maksimissaan. Kuva 14 c

siten edustaa käytännöllisesti katsoen mahdotonta yhdistelmää. Siitä voi kuitenkin todeta mihin korkea aallokko voisi suuntautua.



Kuva 14 a, b ja c Hernesaaren alueen aallokko suunnasta 180 (avomerellä $T_p = 6s$, $H_s = 2,91m$) vedenkorkeuden ollessa 0, 1 ja 2,6 m nykyisen keskiveden yläpuolella. N2000 korkeusjärjestelmässä vastaavat korkeudet ovat 0,196 m, 1,196 m ja 2,796 m

