



Viimsi vallas, Altsauna lauter ja Klaukse-Peetri kinnistutel asuva sadama
lainetuse hindamine

Tellij:	Osaühing Viimsi Haldus Nelgi tee 1, 74001 Viimsi alevik Telefon +372 602 8873 e-post: haldus@viimsihaldus.ee
Projekteerija:	Osaühing Corson Reg. Nr. 10006729 Laki 14a-704, 10621 Tallinn Tel. 670 1009 e-post: corson@corson.ee
Ehitise aadress:	Altsauna lauter ja Klaukse-Peetri kinnistu, Viimsi vald, Harjumaa Töö nr.: 1831
Köide /Köiteid:	I/ I
Köite nimetus:	Matemaatiline modelleerimine ja rannikuprotsessid. Seletuskiri ja joonised
Versioon:	1
Köite koostaja:	Osaühing Corson

Sisukord

Lähteülesanne	3
Eesmärk	3
Lähtematerjalid.....	3
Matemaatiline modelleerimine	3
Tuuleandmed.....	3
Veeseisud	3
Matemaatiline mudel MIKE21.....	4
MIKE 21 NSW moodul.....	4
Selgitusi graafikutel esitatud tulemuste kasutamiseks.	4
Matemaatilise modelleerimise tulemused.....	5
Lainetuse väljad.....	5
Lainetus põhjatuulega	5
Lainetus loodetuulega	6
Lainetus läänetuulega.....	6
Lainetus loodetuulega pikendatud muul	6
Kokkuvõte.....	7

Lähteülesanne

Eesmärk

Käesoleva töö eesmärk on hinnata Altsauna lauter ja Klaukse-Peetri kinnistutele kavandatud paadisadama (edaspidi sadam) lainecliimat erinevate tuulte korral. Töö eesmärk on hinnata kas välja pakutud lahendus tagab sadamas sildunud alustele ohutud tingimused.

Töö käigus modelleeritakse sadama ja selle lähiümbruse lainetust erinevate tuulte suundade korral.

Lähtematerjalid

- Eesti veeteede atlase kaardimaterjal;
- Riigi Ilmateenistuse poolt edastatud Pakri saare meteoroloogiajaama tuuleandmed;
- AS Tallinna sadam Muuga Sadama mõõteposti andmed;
- Kinnistute Altsauna lauter ja Klaukse-Peetri ning mereala detailplaneering. Töö nr. 11-18

Matemaatiline modelleerimine

Tuuleandmed

Modelleerimise aluseks olevad tuuleandmed pärinevad Pakri meteoroloogiajaamast Ja Muuga sadama mõõtejaamast, mis on uuritavale sadamala lähimad mõõtejaamad. Hinnangu aluseks on mõõtejaama andmed vahemikust 2011-2016.

Vastavalt Ilmateenistuse andmetele on loodest puhuvaid tuuli umbes 9% kõikidest aasta jooksul puhuvatest tuultest. Üle 15 m/s puhuvaid tuuli loodesuunalt on aastas orienteeruvalt 0,24% kõikidest tuultest. Üle 20 s/s puhuvate tuulte osakaal on 0,03%. Alla 5 m/s puhuvaid tuuli on loodesuunalt 4,1%. Seega valdav osa loodetuultest on tuulekiiruste vahemikus 5 – 15 m/s. Tugevad, ligi 20 m/s , puhuvad tuuled puhuvad valdavalt sügisel aga neid esineb ka navigatsiooniperioodil juulis-augustis.

Põhjakaartest puhuvaid tuuli on 9% kõikidest aasta jooksul puhuvatest tuultest. Üle 15 m/s puhuvaid tuuli loodesuunalt on aastas orienteeruvalt 0,02% kõikidest tuultest. Alla 5 m/s puhuvaid tuuli on põhjasuunalt 4,3%.

Läänest puhuvaid tuuli on 13,4 % kõikidest aasta jooksul puhuvatest tuultest. Üle 20 m/s puhuvaid tuuli loodesuunalt on aastas orienteeruvalt 0,015% kõikidest tuultest. Alla 5 m/s puhuvaid tuuli on põhjasuunalt 4,2%.

Kuna modelleerimise eesmärk on uurida halvimat võimalikku olukorda, kasutatakse lainetuse, modelleerimisel tuulekiirust 15 m/s põhjakaarte jaoks ja 20 m/s loode ja läänesuunalt.

Veeseisud

Meretaseme muutlikkus Tallinna lahes nagu ka kogu Eesti rannikul sõltub veevahetusest läbi Taani väinade ja tuule suunast. Tugeva, ühest suunast puhuva tuule korral võib veetase tõusta väga kiiresti, kuid samas

Viimsi vallas, Altsauna lauter ja Klaukse-Peetri kinnistutel asuva sadama lainetuse hindamine

tuule raugedes toimub sama kiiresti ka veeseisu alanemine. Läänekaare tuuled tõstavad veeseisu idakaare tuuled viivad merevee taseme allapoole keskmist.

Pikaajaliste vaatluste alusel saab väita, et maksimaalne veeseis Tallinna lahes jääb vahemikku +130 cm ja -100 cm. Veetaseme kõikumise ööpäevased amplituudid on suuremad sügisel ja kevadel ning väiksemad suvel. Järsumad veetaseme tõusud ja langused leiavad aset sügisel ja talvel, suvised ja kevadised veetõusud on vähem äkilised, taandudes samuti ajas kiiremini.

Ilmateenistuse andmete analüüs näitab, et pikka aega puhuvate läänekaarte tuulele ei järgne üldiselt tugevat põhjakaarte tuult, mistõttu põhjakaarte tuulte modelleerimise juures on võetud veetasemeks keskmine tase. Läänekaartest puhuva tuule korral võib veeseis olla üle keskmise, mistõttu modelleerimisel on kasutatud veeseisu +0,9m üle keskmise.

Matemaatiline mudel MIKE21

Matemaatiline mudel MIKE 21 on loodud Taani Hüdraulika Instituudis ja on ette nähtud mitmesuguste hüdrodünaamiliste probleemide lahendamiseks. Mudel koosneb moodulitest, mille kasutamine erineb ja on sõltuvuses lahendatava ülesande iseloomust. Vaadeldava ülesande jaoks kasutati kolme moodulit, mille kirjeldused esitatakse allpool.

MIKE 21 NSW moodul

MIKE 21 NSW matemaatilist mudelit kasutatakse kaldajoonega piirnevatel aladel laineväljade arvutamiseks. Laineväljade määramisel on tähtsad järgmised lainete parameetrid: laine kõrgus, laine periood ja lainete liikumise suund, ehk suurused mis kõik on vajalikud lainetusest rannajoonel tekkivate jõudude määramisel.

Matemaatiline mudel MIKE 21 NSW võtab arvesse vee sügavuse vähenemisest tingitud veepinna taseme muutuse ja refraktsiooni, kohaliku valitsevate tuule olukorda ja energia dissipatsiooni, mis on tingitud mere põhjal tekkivatest hõõrdejõududest ning lainete murdumisest. Mudel arvestab ka lainetuse ning hoovuste vastastikust koosmõju. MIKE 21 NSW on statsionaarne, suuna mõju arvestav parameetriline mudel. Selleks, et arvestada hoovuste mõjuga on mudeli põhivõrrandite koostamisel lähtutud laine spektraaltiheduse jäävuse võrrandist. Selle jäävuse võrrandi parameetriseerimisel sageduse järel on muutujatena lisatud nullinda ja esimest järku spektri momendid. MIKE 21 NSW põhivõrrandid lahendatakse kasutades Euleri lõplike vahede meetodit. Nullinda ja esimese järku spektri momendid arvutatakse täisnurkses arvutusvõrgus kasutades selleks diskreetseid laine levikusuundi. Mudel kasutab põhilises laine leviku suunas iga võrgu punkti piiritingimusena eelmise võrgu punkti arvutustulemusi.

Mudeli väljund annab põhiliste arvutustulemustena järgmised integraalsed laine parameetrid: oluline lainekõrgus, keskmise laine perioodi, keskmise laine leviku suuna, suuna standardhälbe ja radiaalpinged.

Selgitusi graafikutel esitatud tulemuste kasutamiseks.

Viimsi vallas, Altsauna lauter ja Klaukse-Peetri kinnistutel asuva sadama lainetuse hindamine

Numbrilise lahendamise tulemustena on saadud graafikud, millel on esitatud uuritavate suuruste - laine kõrguste väljad. Siinkohal on vajalik arvestada, et graafikutel esitatud kvalitatiivsed arvnaidud esinevad ainult lähteandmetena sisestatud arvutusliku tuule korral, kui tormi poolt põhjustatud hüdrodünaamiline situatsioon on välja arenenud, mis eeldab seda, et tuul on puhunud ühest suunast 9 tunni jooksul. Töös graafilise materjalina esitatud joonistel on kujutatud uuritavate suuruste samajooned, vektoritena on näidatud uuritava suuruse liikumissuund ja vektori pikkus on võrdeline uuritava suuruse arväärtusena, peale selle on eri värvidega tähistatud uuritava suuruse väärtus, mille kohta legend on esitatud joonise serval asuval skaalal.

Joonistel kasutatud oluline lainekõrgus H_{mo} kujutab endast üle keskmise kolmandiku võrra kõrgemate lainete kõrgust. Seega „rusikareegli” kohaselt on üksiklaine kõrguse leidmiseks vajalik oluline lainekõrgus H_{mo} korrutada 1,8-ga.

Matemaatilise modelleerimise tulemused.

Lainetuse väljad

Uuringu esimeses etapis teostati lainetuse modelleerimine kogu Soome lahele ja sellega määrati lainetuse parameetrid Tallinna lahe suudmealal. Modelleerimine tehti võrgusammuga 50x150 meetrit.

Sadama eksploatatsioonil peab lähtuma sildunud aluste ohutust seisutingimusest. Kogemus on näidanud, et väikelaevadele ei teki kahjustusi, kui üksiklaine kõrgus laevade sildumiskohas ei ületa 0,4 meetrit. See tähendab, et oluline lainekõrgus sadama akvatooriumis peaks olema alla 0,22 meetri. Kõrgemad lained kätkevad endas sadamas sildunud alustele ohtu. Väikepaadid võivad end kinnitustest lahti rebida ja minema triivida. Samuti on oht, et paadid võivad uppuda, misjärel võib mootoritest kütust merre lekkida.

Lainetus põhjatuulega

Põhjatuulega kaitseb sadama esist ala Soome lahelt saabuvate lainete eest Aegna saar. Seetõttu on lained kavandatava sadama esisel alal madalad. Sadamani jõuavad lained, mille oluline lainekõrgus on 0,25 meetrit. Üksiklaine kõrgus võib olla sellel alal 0,45 meetrit.

Joonisel 1 ja 2 on esitatud laineväljad sadamat ümbritsevale alale ja sadama akvatooriumis. Joonistel toodud lainete suunavektorid osutavad, millises suunas lainevallid liiguvad.

Joonisel 2 on põhjasuunalt tehtud modelleerimistulemus suurendatud sadama alale. Sadama akvatooriumit kujutaval joonisel on oluliste lainete samakõrgused ja nende värviskaala valitud nii, et lainekõrgused üle 0,22 m on kuvatud punastes toonides. Jooniselt selgub, et sadama välismuulil lainetus sumbub ja lainekliima sadamas on hea. Oluline lainekõrgus jääb vahemikku 0,11-0,18 meetrit

Lainetus loodetuulega

Loodetuule puhul (joonis 3) saavad tuule poolt tekitatud lained areneda häirimatult alates Soome lahe põhjakaldast. Seetõttu jõuavad Viimsi poolsaare tipu lähiste lainevallid, mille oluline lainekõrgus on 1,8 meetrit. Päril otsese lainemõju eest kaitseb sadamat Aegna saare läänetipp. Sadamani jõudes on lained kahanenud 0,6 meetrini. See tähendab, et üksiklaine kõrgus sadama esisel alal võib ulatada 1,1 meetrini.

Loodetuule korral on lainete suunavektorid praktiliselt tuulesuunalised ja suunatud otse sadama suudmest sisse.

Joonisel 4 on loodesuunalt tehtud modelleerimistulemus suurendatud sadama alale. Jooniselt selgub, et sadama välismuulil lainetus sumbub aga difraktsiooni tulemusel levib osa lainetust sadama akvatooriumisse põhjustades seal kohati olulist lainekõrgust 0,24 m.

Lainetus läänetuulega

Läänetuule korral on lainetust piiravaks faktoriks 13 km kaugusel asuv Naissaar, mis osaliselt takistab läänetuule lainete levimist sadama esisele alale. Läänetuulega jõuavad sadamani lainevallid, mille oluline lainekõrgus on kuni 1,5 meetrit (Joonis 5). See tähendab, et üksiklaine kõrgus 20 m/s puhuva tuule korral võib sadama esisel alal ulatada 2,7 meetrini.

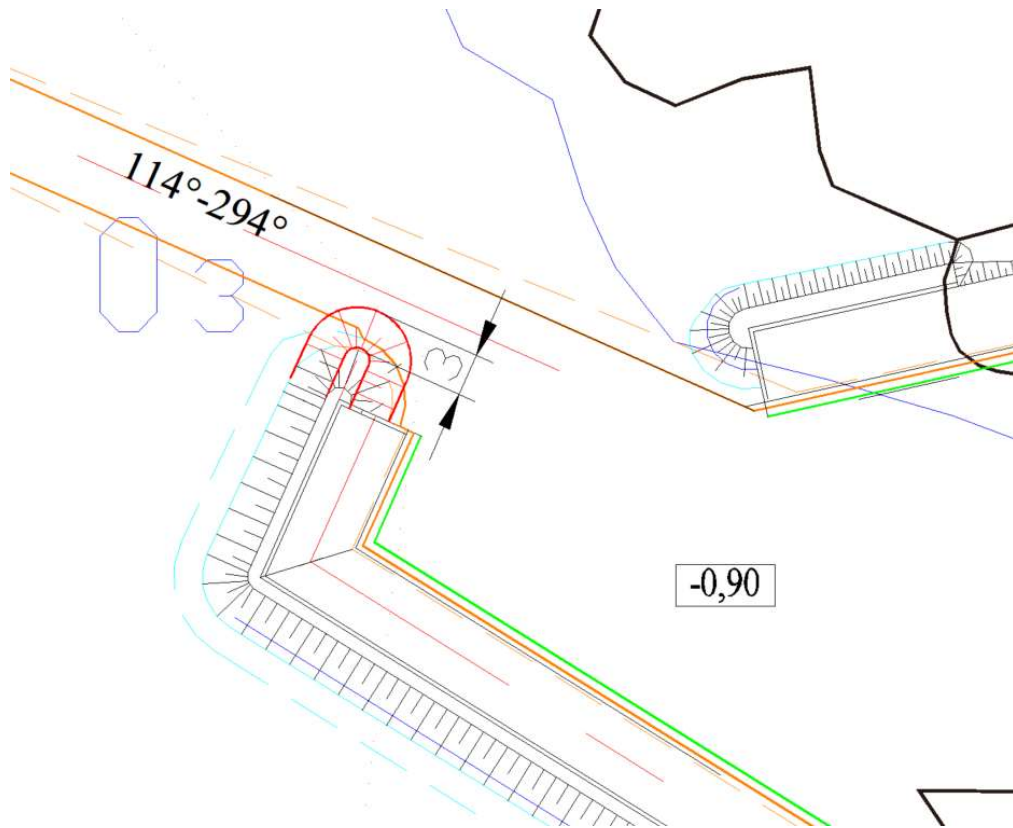
Naissaare mõjul on ka sellelt suunalt tulev lainetus praktiliselt tuule suunaline ja sadama mõju lainetusele jääb lokaalseks.

Joonisel 6 on läänesuunalt tehtud modelleerimistulemus suurendatud sadama alale. Jooniselt selgub, et sadama välismuulil lainetus sumbub ja lainekliima sadamas on hea. Oluline lainekõrgus jääb vahemikku 0,15-0,20 meetrit.

Lainetus loodetuulega pikendatud muul

Kuna loodetuulega ei olnud ohutu sildumise tingimus sadama akvatooriumis tagatud tehti täiendav modelleerimine olukorrale, kui sadama välist lainemurdjat on pikendatud 3 meetrit. Uuringu käigus modelleeriti sadama välismuuli lahendust erinevate pikkuste korral. Optimaalseks osutus 3 meetri pikkune lahendus, mis on toodud skeemil 1. Sellel on sadama välise muuli pikendamine näidatud punase joonega.

Joonisel 7 on toodud modelleeritud lainekõrgused sadama akvatooriumis pikendatud muuli korral. Modelleerimise tulemusel selgus, et muuli pikendamisel 3 meetri võrra kahaneb maksimaalne oluline lainekõrgus sadama akvatooriumis 0,24 meetrilt 0,19 meetrini. See on sadama jaoks lubatav suurus.



Skeem 1 Sadama akvatooriumisse jõudva lainekliima parandamiseks pakutud lahendus.

Kokkuvõte

Viimsi valda, Altsauna kinnistule kavandatavale sadamale teostati matemaatiline modelleerimine uurimaks sadamalahenduse poolt pakutavat kaitset lainetuse eest. Uuriti põhja-, loode- ja läänetuulte poolt genereeritud lainetust. Modelleerimise tulemusel selgus, et välja pakutud sadama lahendus kaitseb sadama akvatooriumis sildunud aluseid hästi põhja ja läänetuule korral. Loodetuule korral on vajalik lisameetmete kasutuselevõtt. Kuna hüdrotehniline ehitis on suhteliselt kallis, siis optimeeriti välise lainemurdja pikkust. Modelleerimise tulemusel selgus, et lainemurdjat tuleks pikendada 3 meetrit. 2 meetrise pikendamise puhul ei ole lainetuse vähenemine piisav ja pikem lahendus ei anna enam olulist efekti. Lainetuse väärtuste kokkuvõte on toodud tabelis 1.

On ilmne, et pikendatud muul kaitseb sadama akvatooriumi lainetuse eest paremini.

Peab rõhutama, et muuli pikendamine mõjub positiivselt ka lainekõrguste kahanemisele põhja ja läänetuule korral. Kuna aga ohutu sildumise tingimus oli nende tuulte korral tagatud ka projekteeritud lahenduse korral, siis neid suundi pikendatud muuliga üle ei modelleeritud.

Viimsi vallas, Altsauna lauter ja Klaukse-Petri kinnistutel asuva sadama lainetuse hindamine

Tuulesuund	N	NW	W	NW
Variant	Projekteeritud	Projekteeritud	Projekteeritud	Pikendatud
Kiirus	15 m/s	20 m/s	20 m/s	20 m/s
Lainetus (H_{mo}) akvatooriumis	0,18 m	0,24 m	0,20 m	0,19 m
Lainetus (H_{max}) akvatooriumis	0,32 m	0,43 m	0,36 m	0,34 m

Tabel 1. Lainetuse väärtused sadama akvatooriumis