

**TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL**  
Matemaatika-Loodusteaduskond  
Meresüsteemide Instituut

**VISUAALSED LAINEVAATLUSED RIIA LAHES**  
**VISUAL WAVE OBSERVATIONS IN THE GULF OF**  
**RIGA**

Bakalaureusetöö

Maarika Org

Juhendaja: prof. Tarmo Soomere

Maa-teadused

**TALLINN 2014**

## SISUKORD

SISUKORD.....	2
SISSEJUHATUS .....	3
1. VISUAALSED VAATLUSED LÄÄNEMEREL .....	7
2.VISUAALSED LAINEVAATLUSED RIIA LAHES .....	11
2.1.Vaatluskohad.....	11
2.2.Vaatluskohtade ajalugu .....	13
2.3.Vaatluskorraldus .....	14
2.4 Andmete ajaline katvus .....	22
3.RIIA LAHE LAINEKLIIMA KIRJELDUS .....	28
3.1 Lainekõrgused.....	28
3.2 Lainete perioodid .....	30
3.3 Laine leviku suunad .....	32
KOKKUVÕTE.....	36
KASUTATUD KIRJANDUS .....	37
LISAD .....	43
Lisa 1. Ruhnu vaatluspäevik 1947 a. ....	43
Lisa 2. Ruhnu vaatluspäevik 1960 a. ....	44
Lisa 3. Sõrve vaatlusvihik 1985 a. ....	45
Lisa 4. Ruhnu 1996 aasta 2 november .....	46

## SISSEJUHATUS

Kliimamuutustega meredes ja ookeanides kaasnevad loomupäraselt tuulelainete omaduste muutused. Selliste sageli käsitletavate oluliste skalaarsete kliimaparameetrite nagu tuule kiirus, veetase või merepinna temperatuuri muutuste tuvastamine on suhteliselt lihtne ja nende kulg paljudel juhtudel üle pikemate ajavahemike võrdlemisi hästi jälgitav (The BACC Author Team, 2008). Analoogiliste lainevälja muutuste määratlemine on aga mitmel põhjusel märksa keerukam. Instrumentaalselt mõõdetud lainete omaduste aegjadad on suhteliselt lühikesed võrreldes näiteks peaaegu kaks ja pool sajandit kestnud veetaseme mõõtmistega (Ekman, 1999). Suureks abiks võivad siin olla paljude aastakümnete vältel visuaalselt hinnatud lainetuse parameetrid. Vastavad andmestikud on praeguseks digiteeritud mitme Läänemere rannaosa jaoks. Antud töö käigus selgus, et süstemaatilisi visuaalseid lainevaatlusi on Eesti rannavetes läbi viidud peaaegu 120 aastat. Nimelt alustati Sõrve rannikujaamas mereseisundi visuaalse dokumenteerimisega 1896. aastal. Läänemerel tervikuna on tuulelainete omaduste visuaalseid kirjeldusi ehk lainetuse vaatlusi teada juba üle 200 aasta (Soomere, 2006).

Lainevälja kujunemisel mängivad rolli mitmed muutujad ja neile vastavad mõõdetavad või vaadeldavad parameetrid. Seetõttu on lainete omaduste mõõtmine ja visuaalne määratlemine keeruline ning lainete mõju hindamiseks tuleb registreerida suur hulk parameetreid. Muutused pealtnäha teisejärgulistes parameetrites võivad viia oluliste muutusteni selles, kuidas lained mõjutavad rannaprotsesse. Näiteks rannaosades, kuhu arvestatav osa laineenergiast jõuab suhteliselt suure nurga all, võib rannajoon muutuda ebastabiilseks (Ashton jt., 2001). Selline protsess sisaldab märkimisväärset riski mõnedes Läänemere osades nagu Soome lahe idaosas hiljuti tuvastatud (Ryabchuk jt., 2011). Samamoodi, laineperioodide kasv (kas kiirlaevade

poolt tekitatud pikkade lainete lisandumisel või pikema laineteekonna tulemusena ebatavalisest suunast puhuvates tormides) võib radikaalselt suurendada hüdrodünaamilisi koormusi merepõhjale teatavates sügavustes ning olla ohtlik sealsele ökosüsteemile (Soomere, 2005). Nii lainete leviku suuna kui ka valitseva perioodi muutused on suhteliselt tagasihoidlikud avaookeani rannikutel (Dodet jt., 2010; Charles jt., 2012). Sellised muutused võivad olla märkimisväärsed keerulise geomeetriaga poolsuletud meredes nagu Läänemeri (Leppäranta ja Myrberg, 2009), kus näiteks laine leviku suunad tavaliselt jälgivad rohkem tuule suundi (Räämet jt., 2010).

Minevikus aset leidnud lainetuse omaduste statistiliste parameetrite ligikaudseks rekonstrueerimiseks on sageli kasutatud ajalooliste visuaalsete lainevaatluste kriitiliselt töödeldud andmeid. (Gulev jt., 2003; Gulev ja Grigorjeva, 2006) Sellised andmekogud sisaldavad alati teatavat subjektiivsust. Neil on tagasihoidlik ruumiline ja ajaline lahutusvõime. Sageli on nii ajaline ja ruumiline katvus ülimalt muutlik; esineb ulatuslikke lünki ning tihti on keerukad lainesüsteemid kirjeldatud vaid osaliselt (Orlenko jt., 1984; Gulev ja Hasse, 1999). Seetõttu vajavad visuaalsete lainevaatluste andmed märksa keerulisemat järeltöötlust kui standardsete mereoroloogiliste muutujate nagu õhurõhk ja temperatuur ajaloolised andmed, või tuule andmed (Badulin ja Grigorieva, 2012). Siiski on progress lainetuse klimatoloogias eelmise sajandi teisel poolel, mis suures osas baseerus visuaalsetel lainevaatlustel (Hogben ja Lumb, 1967; Davidan jt., 1985; Hogben jt., 1986), olnud platvormiks kaasaegsetele teadmistele ookeani laineväljade omadustest lähiminevikus. Hiljuti on ka näidatud, et taolised andmestikud on erakordselt väärtuslikud merede ja ookeanide lainekliima muutuste identifitseerimisel (Gulev ja Grigorieva, 2012; Gulev ja Hasse, 1999).

Käesolevas töös kirjeldatakse ja analüüsitakse lainetuse iseloomu, lainetuse mõnede parameetrite muutlikkust ja Riia lahe lainekliima teatavaid iseärasusi kahes rannikul paiknevas meteoroloogia- ja hüdrolögiajaamas – Ruhnu ja Sõrve – läbi viidud visuaalsete lainevaatluste andmete põhjal. Autor digiteeris kõik Ruhnu ja

Sõrve visuaalselt teostatud lainevaatlused, mis ulatuvad Ruhnu puhul tagasi 1938. aastani ning Sõrve korral 1896. aastani; seega peaaegu 120 aasta tagusesse aega. Kuna lainevaatlustes on esinenud palju ümberkorraldusi, on (eriti vanem) osa neist andmestikest ebaühtlased ning vajavad kasutamiseks täpsemat analüüsi ja ajaloolist teavet. Seetõttu on käesolevas analüüsis kasutatud vaatlustulemusi alates 1954. aastast, mil vaatlusi tehti ühtlustatud meetodika abil. Seega andmestik katab 57 aastat, mis hõlmab ajavahemikku regulaarsete vaatluste algusest 1954 aastast kuni 2011 aastani. Peamisteks töös vaadeldavateks parameetriteks on maksimaalne ja keskmine lainekõrgus, lainete leviku suund ja keskmine periood.

Ka kõnesoleva ajavahemiku jooksul on modifitseeritud vaadeldud parameetrite arvu ning veidi muudetud mõnede parameetrite määramise korda. Läbivalt kajastab kogu pea 60 aasta pikkune aegjada vaid keskmist lainekõrgust. Lainetuse leviku suuna märkimises on olnud väike paus 21. sajandi algusaastatel, kuid selle parameetri fikseerimine on teadaolevalt jätkunud kuni 2013. aastani. Maksimaalse lainekõrguse ja perioodi määramine lõpetati selle sajandi algusaastatel. Täpne vaatluste lõpu aeg oli erinev eri vaatluskohtades.

Töö keskne eesmärk on koostada esmane kirjeldus Riia lahe lainekliima peamistest omadustest kõnesolevate andmestiku alusel. Varasemalt puuduvad Riia lahe kohta selliseid analüüsid. Täpsemalt kirjeldatakse kõnesoleva ajavahemiku jooksul rannalt teostatud lainetuse parameetrite määramise meetodikat.

Kuigi visuaalselt määratletud lainete parameetrid võivad igal üksikjuhul sisaldada võrdlemisi suuri ebatäpsusi, on selgunud, et need iseloomustavad talutavalt lainekliima peamisi parameetreid, selle sesoonset muutlikkust, varieeruvust aastate lõikes ja osalt ka pikaajalisi muutusi näiteks aastases keskmises lainekõrguses või kõige sagedamas lainelevi suunas (Zaitseva-Pärnaste jt., 2009; Soomere jt., 2011). Rõhutan, et kõnesolevas töös kasutatud andmestikud kajastavad otseselt vaid lainetuse omadusi ranna vahetus läheduses (200–400 m rannast sõltuvalt vaatluskohast ja lainete saabumise suunast). Varasemad sellealased tööd on

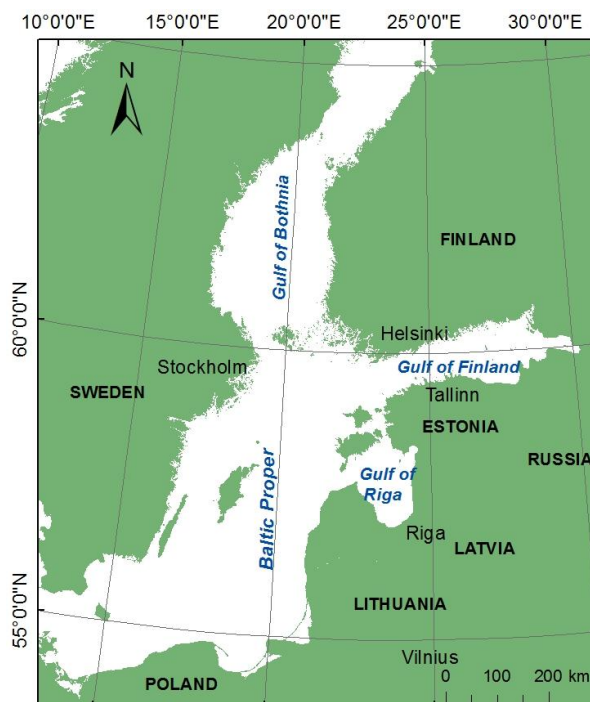
näidanud, et ka selliste andmete alusel on võimalik saada uut olulist informatsiooni lainekliima ja selle muutuste kohta.

Töö kannab lisaväärtust rannikuinseneridele (*coastal engineering*), aitamaks korrektselt dimensioneerida rannikuehitisi ning kaitsta randa lainetuse eest. Üheks eesmärgiks on tõsta teadlikkust lainete võimalikest omadustest ranna vahetus läheduses. Esitatud informatsiooni kaudu on tõenäoliselt võimalik teataval määral hinnata rannasetete liikumise iseloomu ning rannaalade võimaliku erosiooniga või sadamate täiskandumisega seonduvaid ohtusid. Need teadmised on olulised aitamaks ranniku huvides kavandada looduskorraldust ja luua vajadusel sekkumisstrateegiaid.

Üks eesmärke on välja selgitada valitud kahe jaama lainekliima sarnasused ja erinevused (mis tõenäoliselt iseloomustavad Riia lahe tuulekliima anisotroopiat) ning lainetuste peamiste parameetrite ja nende pikaajaliste muutuste võimalik erinevus Läänemere avaosa ja Riia lahe rannikuvetes. Metoodiliseks aluseks on kahe Riia lahes paikneva vaatlusjaama andmestike alusel arvatud mitmesuguste statistiliste parameetrite ja jaotuste süstemaatiline omavaheline võrdlus.

# 1. VISUAALSED VAATLUSED LÄÄNEMEREL

Läänemeri (joonis 1) on tõenäoliselt ainus veekogu, kus süstemaatilised visuaalsed lainevaatlused fikseeritud rannikuäärsetes kohtades eksisteerivad peaaegu poolteist sajandit (Rosenhagen ja Tinz, 2013). Sarnaseid vaatlusi on alustatud peaaegu 90 aastat tagasi mitmel Taani (Hünicke jt., 2014) ja Rootsi (Wahl, 1974) tulelaevadel ning palju süstemaatilisemalt ligikaudu 70 aastat tagasi mitmel pool NSV Liidu hüdrometeoroloogilistes jaamades (Soomere, 2013).

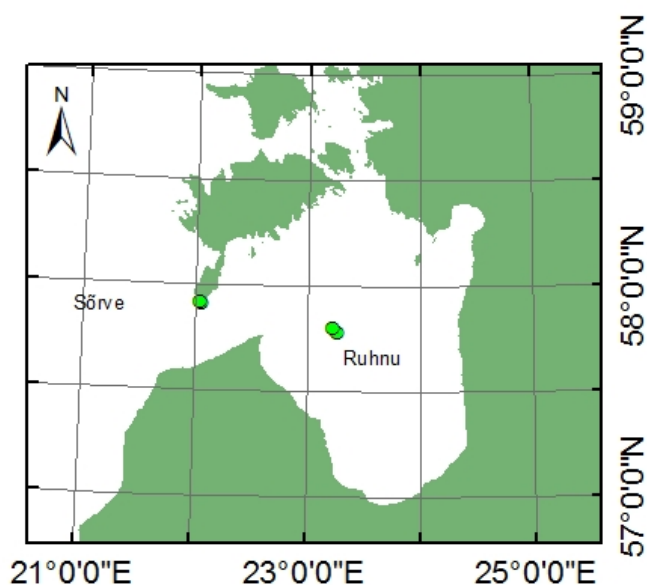


Joonis 1. Läänemeri ja selle suuremad osad

Ühest küljest, rannikualadel läbi viidud lainevaatlustes sisalduv klimatoloogiline teave võib olla mõneti problemaatiline. Sellised andmestikud peegeldavad põhimõtteliselt rannavööndis ümberkujunenud lainetuse omadusi (Massel, 2013) ja seega ei ole korrektne kasutada neid avamere mereseisundi aegridade

rekonstrueerimisel. Teiselt poolt, selliseid vaatlustehnikaid on kasutatud ühtlustatult ning vaid väikeste muudatustega pika aja vältel. Seetõttu on ülaltoodud puudustele vaatamata taoliste andmete oluliseks väärtuseks see, et nad kannavad endas hindamatut informatsiooni lainevälja põhiliste tunnuste võimalikest muutustest üle mitme aastakümne. Sellele seisukohale tuginedes on varasemates publikatsioonides ulatuslikult kasutatud visuaalsete lainevaatluste tulemusi identifitseerimaks mitmeid lainekliima muutusi (vaata Soomere, 2013 ja seal toodud viiteid). Näiteks kaheksa vaatluskoha tulemusi piki Läänemere idarannikut on kasutatud selle mere lainekliima põhiliste omaduste analüüsil (Soomere, 2013).

Käeolevas töös esitatakse taoline analüüs esimest korda Riia lahe jaoks. Selle aluseks on autori poolt digiteeritud andmed kahest vaatluspunktist: Ruhnu ja Sõrve (joonis 2).



Joonis 2. Ruhnu ja Sõrve vaatluspunktid Riia lahes.

Sellel Läänemere suuruselt kolmandal poolsuletud alambasseinil on üsna korrapärane kuju. Ühendus Läänemere avaosaga ja Muhu Väinaga on piiratud ja madal. Sellest tulenevalt on lahe laineväli suures osas varjatud ülejäänud Läänemeres



arenevate lainete eest ning seda kujundavad praktiliselt täielikult lahe kohal puhuvad tuuled. Järelikult on, vähemalt teoreetiliselt, võimalik kasutada lainetuse andmeid sellest piirkonnast selleks, et identifitseerida muutusi meteoroloogilistes muustrites, mis kujundavad nii sealseid laineväljasid kui ka lahe kui terviku dünaamikat. Avaookeani rannikul on sellised muutused tavaliselt maskeeritud ummiklainetusega.

Lainerežiimi Riia lahes on uuritud arvutuslikult (Randmeri, 2006) kasutades kolmanda põlvkonna lainemudelit WAM lahutusvõimega üks meremiil. Mudel on sobilik sellele suhteliselt sügavale (maksimaalne sügavus 57 m, tüüpiline avamere sügavus 35–40 m) ja võrdlemisi korrapärase kujuga veekogule. Lahe mõõduka suuruse tõttu on lainete valitsevad perioodid suhteliselt tagasihoidlikud, mistõttu WAM mudel annab adekvaatset informatsiooni veel viie kuni kümne meetri sügavuses vees ja tavaliselt üks kuni kaks kilomeetrit veepiirist (Randmeri, 2006).

On loomulik eeldada, et valdavad tuuled Riia lahes on sarnased tuultele Läänemere põhjapoolsetes osades ning et neid vähemalt osaliselt kirjeldab adekvaatselt Sõrve tuuleandmestik. Seetõttu on alust arvata, et tuuled Riia lahes puhuvad kõige sagedamini edelast (Soomere ja Keevallik, 2001). Põhja-loode tuuled esinevad küll harvem, kuid võivad isegi veel tugevamad olla (Soomere, 2001). See eripära leiab kinnitust raamatus (Davidan jt., 1982) toodud andmetes: kõrgeimad Riia lahes vaadeldud lained on ulatunud 10 m lähedale Daugava jõe suudmes. Kuna Davidan jt. (1982) ei täpsusta, millises mõttes on see lainekõrgus määratud, on tõenäoliselt tegemist üksikute ülikõrgete murduma hakkavate lainetega. Läänetormid on tavaliselt mõnevõrra nõrgemad. Kagutuuled on harvad ja nõrgad (Soomere ja Keevallik, 2001).

Erinevalt Läänemere avaosa põhjapoolsest sektorist ja Soome lahest, kus idatuuled võivad olla väga tugevad (Soomere ja Keevallik, 2003), esinevad tugevad idatuuled Riia lahes tõenäoliselt väga harva. Tuule kiirus sellistel juhtudel tavaliselt ei ületa 15 m/s. Seega on tõenäoline, et tugevale tuulekliima anisotroopiale vastab sarnane selge lainekliima anisotroopia Riia lahes. Tõenäoliselt esinevad kõrged lained sageli lahe ida- ja lõunaosas, kuid lainete režiim on suhteliselt mahe piki

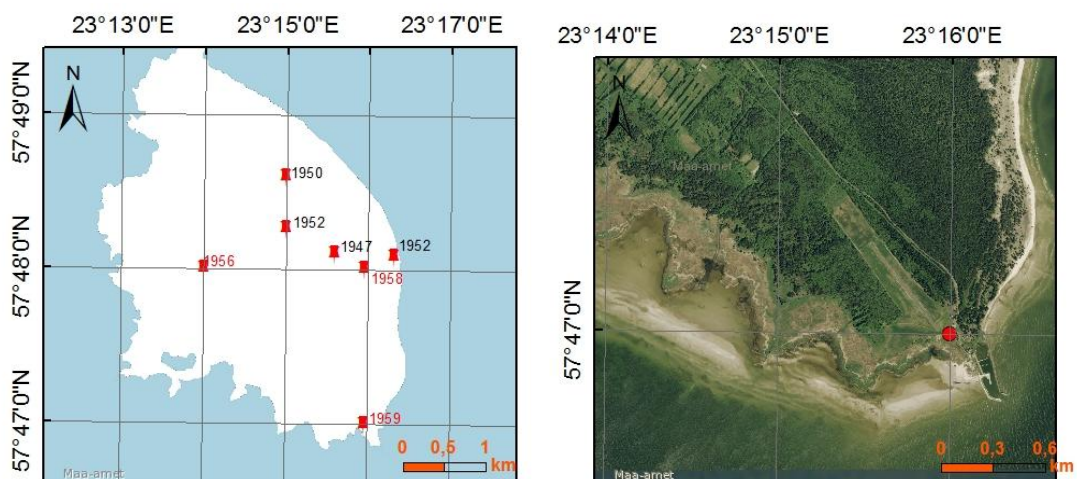
läänerannikut (Randmeri, 2006). Erinevalt Läänemere avaosast või Soome lahest, kus lainekõrgus põhiliselt sõltub basseini geomeetria sobivusest tuulemustriga, on Riia lahes valdavaks faktoriks tõenäoliselt see, kuidas on tuule kiirused jaotunud erinevate ilmakaarte vahel.

## **2.VISUAALSED LAINEVAATLUSED RIIA LAHES**

### **2.1.Vaatluskohad**

Üheks vaatluskohaks, mille andmestikku on töös kasutatud, on Ruhnu saare rannikul (57°47' N, 23°15'32" E; lahe keskosa lähedal) asuv punkt. Selles vaadeldud lained esindavad tõenäoliselt küllaltki hästi kõigist suundadest (v.a. kitsast põhjakaare sektorist, mis on varjatud saare poolt) puhuvate tuulte tekitatud laineid. Eeliseks, mis avab võimaluse jälgida laineid erinevatest ilmakaartest on Ruhnu saare väikesed mõõtmed: 11,4 km<sup>2</sup> pindalaga saare pikkus on 5,5 km, laius 3,5 km ning ümbermõõt 23,3 km (2013, Ruhnu saar, EE). Teiseks kohaks, mille andmeid on käesolevas töös kasutatud, on Sõrve poolsaare tipu lähedal asuv vaatluspunkt (57°54'04" N, 22°03'28" E). See koht on peaaegu täiesti varjatud valdavate tuulte suundade (lõuna-lääne ja põhja-loode) puhul tekkiva lainetuse eest. Suurelt jaolt esindab see laineid, mis on tekkinud Riia lahes lõunast ja idast puhuvate tuultega.

Ruhnu saar on põhimõtteliselt üle veepinna ulatuv loode-kagusihiline aluspõhja kõrgendik Riia lahes. Kõrgeim on saare kirdepoolmik ja madalam edelaosa. Kuna saar on tuultele avatud, on lainetus ja hoovused mõjutanud rannaprotsesse ning setete liikumist. Palju on tormipäevi. Eriti suured tormid laastasid Ruhnut 1749, 1810, 1836, 1910, 1969 ja 2005. Kliimat võib pidada mereliseks, mis on mandri-Eesti kliimast mõnevõrra pehmem. (2013, Ruhnu saar, EE) Ruhnu saare kuju ja ülevaadet sealsetest vaatluspaikadest iseloomustab joonis 3a.



Joonis 3a. Meteoroloogiliste vaatluste kohad Ruhnu saarel läbi ajaloo (vasakul); pikaajalisim ja viimati kasutusel olev vaatluskoht, mille lähistel teostati ka lainevaatlusi (paremal).

Sõrve vaatluspunkt (joonis 3b) paikneb samanimelise poolsaare lõunaosas. Sõrve poolsaar, mille pindala on  $180 \text{ km}^2$ , ulatub lõunatipus säärena kuni 32 km pikkuseks, mida jätkab veel neljakilomeetrine laidude ahel. Sääre keskosa laius on kümme kilomeetrit. Läänest külgneb Sõrve Läänemere avaosaga. Sealne rannik on liigestatud mitmete lahtede ja väikeste maaninadega. Idas piirneb sääre vaadeldava (Riia) lahega, lõunas eraldab säärt Kuramaast Kura kurk ehk Irbe väin. Läbi Irbe väina toimub põhiosa Riia lahe veevahetusest Läänemere avaosaga. (Seegel, 1991). Hiliseimates vaatlusvihikutes on ligikaudseks asukohaks märgitud Sääre küla Torgu vallas.

Mõlemad valitud punktid kuuluvad Keskkonnaagentuuri (varem Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituudi) rannikujaamade vaatlusvõrku. Sealset töökorraldust ja vaatluste metoodikat reguleeris Eesti riik, enne taasiseseisvumist NSVL.



Joonis 3b. Sörve säärel asuvad vaatluspunktid läbi ajaloo.

## 2.2. Vaatluskohtade ajalugu

Mereoroloogilistel vaatlustel neis kahes kohas on pikk ajalugu. Meteoroloogilisi vaatlusi tegev post Ruhnus asutati juba 1906. aastal ning 1930. aastast paikneb saarel nn. II klassi vaatlusjaam. Esimesed sissekanded Ruhnus visuaalselt vaadeldud lainevälja omadustest pärinevad Keskkonnaagentuuri arhiivist aastast 1938. Varasemad vaatlused ei ole antud töös kasutusel pikkade andmelünkade tõttu. Ka peale 1938. aastat on erinevate vaadeldavate laineparameetrite arv varieerunud. Suhteliselt ulatuslik vaatluste hulk kahanes 1987. aastal, mil täisprogrammiga meteoroloogiajaam muudeti vaatluspostiks.

Lisaks ümberkorraldustele jaama tööprogrammis on meteoroloogiliste ja hüdrooloogiliste vaatluste kohta korduvalt ümber kolitud (joonis 3a). Sellised asukohamuutused ilmselt mõjutavad negatiivselt andmete homogeensust. Esialgu asus Ruhnu vaatluspunkt majaka lähedal, kus mõningaid vaatlusi tehti 16 m kõrgusel merepinnast. Vaatluskoht paigutati ümber 1948 aasta oktoobris saare lõunatippu, Ruhnu külla. Mereseisundi vaatluste koha muutuste kohta ei ole andmeid, mistõttu on alust arvata, et need tehti üldjoontes ühest ja samast kohast. Jaama kirjeldusest ja muudest dokumentidest selgub, et vaatlusi tehti ülalmainitud meteoroloogiliste

vaatluste koha lähedal asuvalt rannikult, peaaegu veepiirilt. Näiteks 1961. aastal perspektomeeter asus 3 m kaugusel veepiirist, samal ajal kui vaatlusi tehti 11 m kõrguselt vaateplatvormilt (mõõdetuna üle merepinna). Abipoi lainevaatlusteks oli paigaldatud 350–400 m kaugusele veepiirist nelja meetri sügavusse vette. Vaadeldavate lainesuundade ulatus varieerus mõningal määral, kuid üldjoontes ulatus kirdest üle ida ja lõuna kuni edelani. Vaatlusala on seega täielikult avatud valdavate edelatuulte poolt tekitatud lainetele. Lained, mida tekitavad mõnevõrra harvemini esinevad põhja-loode tuuled (Soomere ja Keevallik, 2001) jõuavad vaatluskohani moonutatuna tänu neid Ruhnu rannikul mõjutavale refraktsioonile.

Sõrves tehtavatel vaatlustel on isegi pikem ajalugu. Meteoroloogilisi vaatlusi tegev jaam asutati majaka lähedale 1865. aastal ning tegutses kuni 1914.a. augustini II klassi Tserelski postina (vastavalt Venemaa klassifikatsioonile). Esimesed registreeritud mereseisundi hindamisest pärinevad 1896. aastast. Kui 1944. aastal jaam hävitati, alustati 1945. aasta aprillis meteoroloogiliste vaatlustega uues kohas, mis asus umbes kuue kilomeetri kaugusel esialgselt kohast põhja-loode suunas Tammuni külas. Jaam toodi tagasi majaka naabrusesse (200 m sellest loodes paiknevasse kohta) 1950. aastal ning nihutatati umbes 240 m põhja suunas 1978. aastal.

### **2.3.Vaatluskorraldus**

Vaatluspunkti asukoht lainetuse määramiseks valitakse sõltuvalt vajalikust infost. Kui on vaja teada ainult lainetuse iseloomu sadamas, lahes või kindlas akvatooriumis, siis vaatluspunkt rajatakse kohta, kust vaadeldav mereala on hästi jälgitav (*Guidelines for Hydrometeorological Stations and Posts*, 1985).

Avamerelainetuse vaatluseks sobiv koht valitakse järgmiste tingimuste järgi:

- Vaatluspunkt peab olema mere poolt avatud selles piirkonnas valitsevate tuulte.

- Mere sügavus peab olema suurem kolmekordsest selles piirkonnas oodatavast maksimaalsest lainekõrgusest. Teoreetiliselt peab sügavus olema vähemalt pool suurimate lainete kõrgusest.
- Tuleb vältida kohe rannajoone lähistel järsult sügavnevat merd, kus esineb sageli merelt saabuvate lainete peegeldumist ja selle tõttu segalainetust, mis mõjutab vaadeldavate lainete kuju.
- Rannajoon vaatluspunkti ümbruses peab olema võimalikult sirge vältimaks lainetuse lokaalset refraktsiooni.
- Ei ole soovitatav teostada vaatlusi kohas, kus vaadet avamerele varjavad väikesed saared või muud võimalikud takistused.
- Lainetuse vaatluspunkt peaks olema merepinnast vähemalt kõrgusel  $H=0,1*L$ , kus  $L$  on lainete tüüpiline pikkus
- Kui maapinna kõrgus vaatluspunktis ei taga vajaliku nähtavuskaugust, siis rajatakse vaatlustorn.
- Vaatluspunkti ei tohi rajada kaugemale hüdrometeoroloogilisest jaamast. Kui seda ei ole võimalik vältida, siis lainetuse vaatluspunkt lisaks varustatakse tuule kiiruse ja suuna määramise seadmega (Zaitseva, 2009).

Sõrves näiteks tehti lainevaatlusi väikeselt kailt Riia lahe looderannikul. See koht oli idasuunas täielikult avatud. Vastasuunast, Läänemere avaosa poolt tulevad lained ei mõjuta peaaegu üldse vaadeldavat lainekliimat selles kohas. Riia lahe poolt tulevate lainete vaatlustulemused peegeldavad üsna täielikult Riia lahele omaseid lainete omadusi. Hästi oli võimalik vaadelda laineid, mis saabusid kirdest, ida- ja lõunakaarest kuni edelani.

Läänetuulte poolt tekitatud lainete omadusi vaadeldi väikese lahe rannikul teisel pool säärt, sellises kohas, mis ei ole kuigi soodne vaatlusteks. Koht, mis on osaliselt varjatud madalike ja laidudega ning kuhu lained kohale jõudmiseks peavad ületama enam kui 2 km laiuse madalvee ala (joonis 3b), ei saa olla usaldusväärne.

Mõlemad vaatluskohad (Ruhnu ja Sõrve) rahuldavad suhteliselt laia lainete suunavahemiku jaoks neid tingimusi, mis on vajalikud usaldusväärsete laineandmete registreerimiseks (*Guidelines*, 1985). Need kohad pakuvad takistusteta laia avatud vaatlussektorit. Sõrve poolsaare Riia lahe poolne rannik on vaatluskohas peaaegu sirge, seega lainete refraktsioon on homogeenne. Ruhnu vaatluskoht on samuti heas kohas ning varjatud vaid kitsast põhjakaare sektorist saabuvate lainete eest. Pealegi oli seal võimalik kasutada kõrget platvormi. Vaatluskoha kõrgus (soovituslikult  $> 0,1L$ , kus  $L$  on tüüpiline lainepikkus; tavaliselt mitte rohkem kui 20–30 m Riia lahe rannikul) ei ole siin piiravaks teguriks.

Suurim puudujääk mõlemas kohas on avatus ainult osale valdavate tuulte suundadest. Rannikujaamade puhul on see aga vältimatu. Sõrve andmetes ei ole sisuliselt esindatud edelatormid, mille puhul laineteekond on väga lühike. Teised vajalikud tingimused (*Guidelines*, 1985) on suhteliselt hästi täidetud. Vaatlused on tehtud kohas, kus vee sügavus on mõistlik (4–5 m) Riia lahe rannikul. Neis sügavustes on adekvaatsetelt vaadeldavad veel kuni 2,5 m kõrgused lained ning teatud tingimustel võivad levida ka 3–3,5 m kõrgused lained. Merepõhi sügavneb laugelt ja ei esine ulatuslikke veealuseid järsakuid, mis mõjutaks kuidagi laine perioodi või pikkuse vaatlusi.

Lainevaatluste rutiini jaoks Sõrves ja Ruhnus kehtisid samad reeglid, nagu kõikides meteojaamades ja -postides endises NSV Liidus (*Guidelines*, 1985). Selle põhijoonte kompaktne kirjeldus on esitatud töödes (Zaitseva-Pärnaste jt., 2009, 2011; Zaitseva-Pärnaste, 2013). Käesolevas töös kajastan ainult selle põhilisi aspekte. Lainevaatlused teostati reeglina ainult päevavalguses. Esialgne vaatlusaeg, mis oli 7:00, 13:00 ja 19:00 Moskva aja järgi, või GMT +3 tundi, nihutati hiljem aegadele 6:00, 12:00 ja 18:00 GMT vastavalt WMO eeskirjadele (*WMO Guide to the Applications to Marine Climatology*, 2001). See vaatlusaegade nihutamine ei oma ilmselt suurt mõju lainekliima pikaajaliste omaduste hindamisel, sest laineparametrite päevased kõikumised Läänemerel on üldiselt tühised (Soomere jt.,



2012). Siiski võivad nihutamised märkimisväärselt mõjutada seda, kui palju õnnestus vaatlusi päevavalges läbi viia, eriti hilissügisel ja talvel.

Lainetuse vaatlused tehakse paralleelselt või ajaliselt lähestikku tuule parameetrite määramisega. Vaatlusi teostatakse vaid siis, kui vaatlejal on võimalik tuvastada lainete harju. Talvisel perioodil teostatakse vaatlusi ka siis, kui merel on veidi jääd; seni, kuni meri ei ole veel täielikult jääga kaetud. Kui jääga kaetus on 7 palli ja enam, siis lainetust enam ei vaadelda. Laineid vaadeldakse rannast eemal, piirkonnas, kus lained on vähem moonutatud ranna ja merepõhja mõjust (*Guidelines*, 1985).

Vaadeldud parameetrite arv varieerub suuresti erinevate aastate lõikes. Kõnesoleva ajavahemiku esimestel vaatlusaastatel jälgiti järgmisi parameetreid:

- kvantitatiivne mereseisund
- lainetuse tugevus (üldine lainevälja seisund)
- lainetuse tüüp
- lainete leviku suund
- lainete intensiivsus
- maksimaalne lainekõrgus
- keskmine lainekõrgus
- lainete järskus
- lainete pikkus
- lainete periood

Koos mõningate variatsioonidega on erinevatel aastatel vaadeldud parameetrite arv ületanud kümne piiri (Soomere ja Zaitseva, 2007). Mitte kõik need parameetrid pole sõltumatud ning aja möödudes nende arvu vähendati.

Kõnesolevad parameetrid määratleti iga vaatluse ajal kindlas järjekorras (*Guidelines*, 1985). Vaatlus algas mereseisundi, lainetuse tüübi (teisisõnu, milline kombinatsioon tuule-ja ummiklainetustest parajasti esines) ja valdava laine suuna määramisega. Hiljem tehti kindlaks kvantitatiivsed suurused nagu lainekõrgus ja – periood

Merepinna seisundi määramine teostati ainult siis, kui mere kohal puhus arvestatava tugevusega tuul, mistõttu see parameeter kirjeldab peamiselt kohaliku tuulelainetuse (*windsea*) omadusi. Tuulevaikuse korral märgiti merepinna seisund vaatlusvihikusse ülalnäidatud tabeli järgi 0 palliga. Kasutati järgmist kvantitatiivset mere seisundi skaala määratlust (tabel 1.)

0	Peegelsile pind
1	Säbarlainetus. Ilmuvad väikeste lainete harjad
2	Veel suhteliselt madalate lainete harjad murduvad; tekkiv vaht ei ole valge, vaid klaasjas
3	Hästi märgatavad keskmise suurusega lained, mõned harjad murduvad, kohati esinevad vahused "lainejänused"
4	Lained on juba väljakujunenud; igal pool on näha vahuseid laineid
5	Ilmuvad lained kõrgete harjadega, nende vahused harjad võtavad enda alla suured pinnad, tuul hakkab ära rebima vahtu harjadelt
6	Vahtu ei ole enam harjade tippudel, vaid kohati lainete nõlvadel
7	
8	Terve merepind on kaetud vahuga, ainult lainete nõgus on näha vahuvaba merevett
9	Terve merepind on kaetud vahuga. Õhus on palju veepiisku. Nähtavus on piiratud

Tabel 1. Mereseisundi määramiseks abimaterjalina kasutatav skaala.

Lainetuse tugevus ehk lainetuse seisund määrati samuti pallides. Lainetuse omadused sõltuvad lisaks tuule tugevusele ka mereala suurusest, kus see tuul puhub, tuule kestvusest ja ruumilisest muustrist ning mere sügavusest. Merepinna seisundi ja lainetuse tugevuse iseloomustused võivad oluliselt erineda näiteks tuulevaikuse ajal saabuva tugeva ummiklainetuse puhul. Lainetuse tugevuse vaatlusi on kasutatud aasta keskmise lainekõrguse rekonstrueerimiseks Läti vaatlusjaamades (Soomere, 2013).

Lainete kõrgus		Lainetuse tugevus, pallides	Lainetuse iseloomustus
alates	kuni		
-	-	0	Lainetus puudub
0	0,25	I	Nõrk
0,25	0,75	II	Mõõdukas
0,75	1,25	III	Märkimisväärne
1,25	2	IV	
2	3,5	V	Tugev
3,5	6	VI	
6	8,5	VII	Väga tugev
8,5	11	VII	
11,0 ja rohkem		IX	Haruldane

Tabel 2. Lainetuse tugevus ehk seisund hinnatuna pallides.

Vaatleja subjektiivsete arusaamade mõju vaatlustulemustele püüti leevendada täpselt fikseeritud reeglitega. Näiteks lainetuse tüüpi otsustati kvalitatiiivsete tunnuste põhjal. Vaatlusvihikusse kanti tähis või lühend selle kohta, mis lainetüübiga oli tegemist. Segalainetuse või ristlainetuse puhul oli võimalus vaatlusvihikusse märkida kahte erinevat lainetuse tüüpi. Need tähistati murru kujul. Lugejasse kirjutati domineeriv lainetuse tüüp. Kui tekkis raskusi domineeriva lainetuse määramisega, siis eelistati lainetust, mille suund ühtis tuule suunaga. Võimalikud tüübid olid järgmised: tuulelainetus, ummiklainetus, tuulelainetus/ummiklainetus, ummiklainetus kahe erineva suunaga, ummiklainetus/tuulelainetus, segalainetus ning tuulevaikus (*Guidelines*, 1985).

Keerukamate lainetuse tüüpide puhul loeti valdavaks lainesuunaks samuti sellise lainesüsteemi oma, mis vastas tuule suunale. Samas ka kahe erineva suuna korral märgiti siiski mõlemad eraldi üles – nii sai tuvastada põhilainetust ja kõrvallainetust. Lainekõrgust, -pikkust ja perioodi hinnati ainult valdava lainesüsteemi jaoks.

Lainetuse suund identifitseeriti 45-kraadise lahutusvõimega (s.t. kaheksa rumbi süsteemis); fikseeriti suund, kust lained ranna poole jõuavad. Segalainetuse korral (näiteks kombinatsioon tuule- ja ummiklainetest) on domineeriva ja teisese (sekundaarse) lainesüsteemi suunad mõlemad märgitud vihikusse murru kujul. Sarnaselt lainevälja tüübile määrati laine suund nii kaugel rannast kui võimalik. Vajaduse korral kasutati perspektomeeterit (*Guidelines*, 1985).

Laine kõrguse visuaalsel määramisel valis vaatleja ühe kindla koha kaugemal meres, kus lained ei ole veel ranna ja merepõhja tõttu moonutatud. Hinnati sellel merealal viie minuti jooksul esinenud kõige suuremate lainete kõrgust. Võimalusel kasutati võrdlust mõõtelati või poiga. Protseduur tervikuna tugines seega üksikute kõrgete laine identifitseerimisel. Lainete kõrgused ümardati sammuga 0,25 m kuni kõrguseni 1,5 m. Vahemikus 1,5–4 m kõrguseid laineid ümardati täpsusega 0,5 m ning neljast meetrist kõrgemaid laineid võis ümardada täpsusega 1 meeter. Neist viiest lainest kõrgeim märgiti päevikusse kui maksimaalne lainekõrgus  $H_{\max}$ . Keskmine lainekõrgus  $H_{\text{obs}}$  arvutati kui nende viie laine kõrguste aritmeetiline keskmine. See protseduur oli täies ulatuses kasutusel kuni 1990-ndateni alguseni. Alates merepäeviku kasutusele võtmisest 1991. aastal kasutati lihtsustatud protseduuri: määrati 5 minuti jooksul 5–6 kõige kõrgemat lainet ja kõrgeim neist kanti vaatluspäevikusse.

Nõnda saadud keskmised ja maksimaalsed lainekõrgused ei vasta kuigi täpselt praegu üldiselt kasutuses olevatele lainekõrguse iseloomustajatele nagu oluline või ruutkeskmine lainekõrgus. Ajalooliste visuaalsete lainevaatluste tulemuste detailne analüüs (Guedes Soares, 1986) demonstreeris, et visuaalselt hinnatud (keskmine) lainekõrgus  $H_{\text{obs}}$  ja mõõdetud olulise lainekõrguse  $H_S$  vahel on järgmine seos:

$$H_S = 1.47 + 0.84H_{\text{obs}}.$$

Analoogiline seos on tuletatud raamatus (Davidan jt., 1985). Koefitsent 0,84 esitatud võrrandis tähendab sisuliselt, et vaatlejad üldiselt hindavad tuulelainetuse kõrgust

umbes 16% võrra üle. Liidetav 1,47 esindab pikalainelist lainevälja komponenti, mida vaatleja sageli ei märkagi (Orlenko jt., 1984). Kuna esitatud seose vabaliige ja lineaarliikme kordaja on enam-vähem ühesuguste väärtustega vägagi erinevates mere piirkondades (Massel, 2013), on loomulik oletada, et visuaalselt vaadeldud laineparameetrite süstemaatiline viga on eri kohtades suhteliselt stabiilne. Teiste sõnadega, üksikud lainekõrguse väärtused võivad olla ebatäpsed, kuid statistilises mõttes näitavad visuaalsed vaatlused adekvaatselt seda, kuidas on lainete omadused muutunud.

Kuna ummiklained on tavaliselt Läänemeres üsna madalad, siis esitatud võrrandi vabaliikme kasutamine ei ole siin õigustatud. Tüüpiline lainete periood Läänemere rannikuvööndis on 2–4 s (Broman jt., 2006). Eeldades, et lainekõrgused on Rayleigh jaotusega, on visuaalsete vaatluse käigus hinnatud maksimaalne lainekõrgus  $H_{\max}$  ligikaudu võrdne 2,5–3% kõrgeimate lainete keskmise lainekõrgusega. Keskmise lainekõrgus  $H_{\text{obs}}$  on ligikaudu võrdne 5–7% kõrgeimate lainete keskmise kõrgusega (Zaitseva-Pärnaste, 2013). Seega on loogiline eeldada, et visuaalselt vaadeldud maksimaalne lainekõrgus on lähedal tegelike lainekõrguste 97,5% protsentiilile ja keskmine lainekõrgus ületab 15–20% olulist lainekõrgust. Selline hinnang ühtib Läänemere tulelaevadelt läbi viidud visuaalsete vaatluste andmete detailse analüüsi tulemustega (Wahl, 1974). Läänemere edelaosas on  $H_S \approx 0.94H_{\text{obs}}$  ja Botnia lahes  $H_S \approx 0.81H_{\text{obs}}$ .

Ülalkirjeldatud muutused vaatlusrutiinis alates 1991. aastast, võivad lisada tulemustele teatud ebahütluse. Kaks kõnesolevat väärtust  $H_{\max}$  ja  $H_{\text{obs}}$  erinesid Vilsandi andmestikus keskmiselt 6% võrra (Soomere ja Zaitseva, 2007), mis on märksa väiksem üksikute lainete kõrguse leidmise määramatusest (0,25–1 m). Selletõttu võib eeldada, mittehomoogeensuse tase pikaajaliste lainevälja parameetrite hindamisel kasutades nii  $H_{\max}$  kui ka  $H_{\text{mean}}$ , samuti võimalik andmejadade mittehomoogeensus alates 1991. aastal sisse viidud muudatusest, on palju väiksem kui tüüpiline sesoonne või aastane lainekõrguse kõikumine.

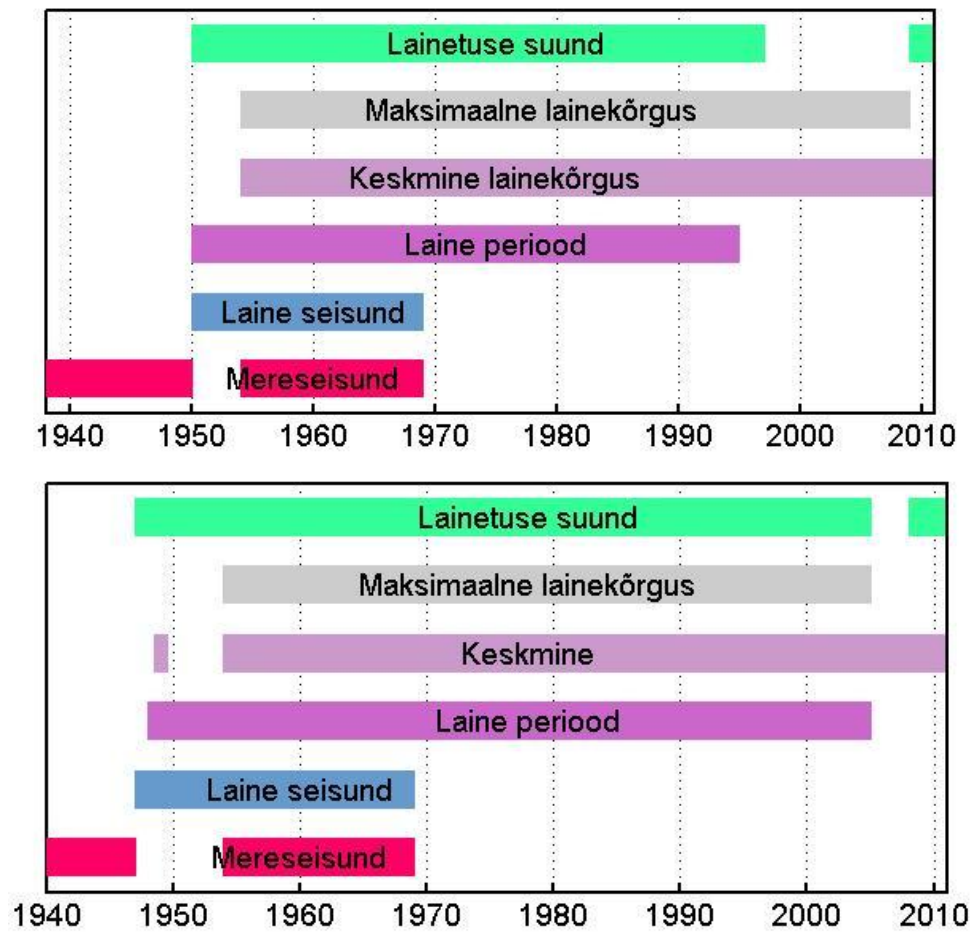
Lainete periood (või pikkus) määratleti, mõõtes aega, mille vältel kümme järjestikust lainet möödusid abipoist või perspektomeetri vastavast märkest. Seda protseduuri korraldati kolm korda. Lainete perioodina märgiti kolme järjestikuse vaatluse aritmeetiline keskmine periood. Davidan jt. (1985) leidsid, et juhul, kui lainete periood oli väiksem kui 7 s (mis on tavaliselt nõnda Läänemere tingimustes), langes määratletud lainete periood peaaegu täpselt kokku mõõdetud laineväljadest nn. *zero-crossing* meetodiga leitud lainete keskmise perioodiga. Visuaalselt määratud lainete periood avaookeanil on tavaliselt mõned kümnendikud sekundid lühemad kui energiaspektri maksimumile vastav (tipp-)periood (Gulev jt., 1999; Gulev ja Hasse, 1998).

Vaatlusi kõneolevates kohtades on tavaliselt teostanud kolm kuni neli vaatlejat. Enamasti olid nad ametis neljapäevaste tsüklite kaupa. Üldiselt töötas iga vaatleja konkreetses jaamas vähemalt kümnekond aastat. Vaatluste kvaliteeti (sh. asukoha sobilikkust ja juhiste järgimise korrektsust) kontrolliti regulaarselt.

## **2.4 Andmete ajaline katvus**

Nagu eelpool mainitud, on mereseisundit fikseeritud Sõrves alates 1896. aastast ning Ruhnus alates 1938. Vaatamata nende andmete suurele väärtusele pikaajaliste lainevälja muutuste rekonstrueerimisel (Soomere, 2013), on antud töös kontsentreeritud kvantitatiivsetele lainevälja karakteristikutele. Joonis 4 annab ülevaate laineväljade peamiste parameetrite vaatlustest läbi aegade.

Vaadeldud laineparameetrite arv suurenes radikaalselt 1940-ndate lõpus ja 1950-ndate alguses. Sel ajal alustasid vaatlejad lainesuuna määramisega (Ruhnus 1947 ja Sõrves 1950). Lainete periood hakati määrama aasta hiljem. Ligikaudu kümne aasta vältel oli vaadeldud parameetrite arv üsna suur, kuid vähenes siiski aja möödudes. Näiteks laine järskust ja pikkust määrati ainult 10–20 aasta vältel.



Joonis 4. Registreeritud lainetuse parameetrid Sõrves (ülal) ja Ruhnus (all).

Suurim ajaline ulatus on laine levikusuuna, maksimaalse ja keskmise lainekõrguse ning perioodi vaatlustel (joonis 4). Neid parameetreid on sünkroonselt salvestatud 40 aasta vältel alates 1954. kuni 1995. aastani, mil lainete perioodi vaatlused Sõrves lõpetati. Lainekõrgust, perioodi ja suunda jälgiti samaaegselt Ruhnus umbes 50 aastat (tabel 3). Lainekõrguse aegjada katab peaaegu 60 aastat, alates aastast 1954 kuni 31.12.2013, mil visuaalsed lainevaatlused lõpetati. Lainekõrguse üksikvaatlusi tehti enam kui 24 000 korral Ruhnus ja üle 36 000 korra Sõrves.

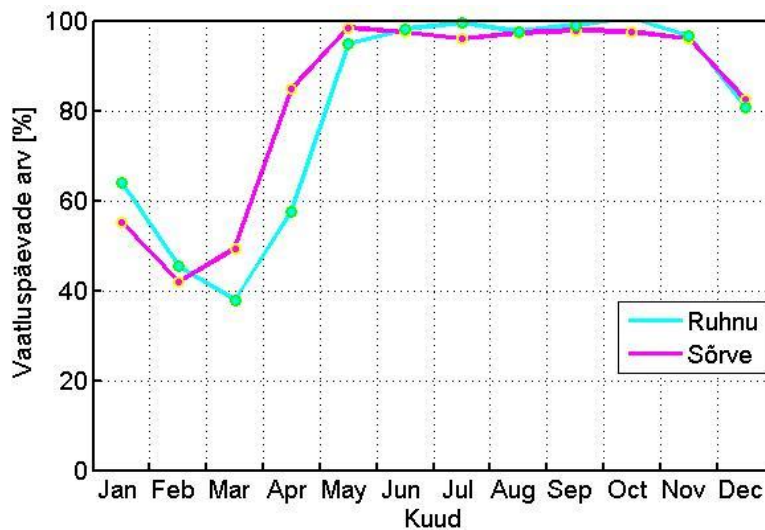
Nullist erineva väärtusega laineperioode jäädvustati vaatlusvihikutesse mõnevõrra vähem, ligikaudu 23 300 korral Ruhnus ja 16 100 korral Sõrves (tabel 3) Huvitaval kombel esineb Ruhnu andmetes nulliga tähistatud lainekõrguste ja perioodide

vaatlusarv märkimisväärselt rohkem võrreldes Sõrvega. See erinevus peegeldab tõenäoliselt juhtnööride erinevat tõlgendamist eri kohtades, kuna ilmastikutingimused ja olukorrad, kus laineväli ei ole mingitel põhjustel vaadeldav, ei tohiks neis kohtades väga oluliselt erineda. Kõikidel sellistel juhtudel on nii laine kõrgus kui ka periood märgitud nullina ning kvalitatiivne mereseisund on iseloomustatud kui null või üks. Seetõttu on loogiline oletada, et lainekõrgus oli sellistel juhtudel lihtsalt väga madal.

<b>Tabel 3. Lainevaatlused Ruhnu ja Sõrves 1947–2011</b>								
	<b>Kokku</b>		<b>Hommik</b>		<b>Lõuna</b>		<b>Õhtu</b>	
	<b>Ruhnu</b>	<b>Sõrve</b>	<b>Ruhnu</b>	<b>Sõrve</b>	<b>Ruhnu</b>	<b>Sõrve</b>	<b>Ruhnu</b>	<b>Sõrve</b>
Keskmine lainekõrgus	31 942	33 156	13 570	12 305	11 369	14 576	7003	6275
Keskmine lainekõrgus=0	3257	231	1387	90	715	58	1155	83
Maksimaalne lainekõrgus	24 202	36 357	9509	13 353	9046	16 170	5647	6834
Maksimaalne lainekõrgus=0	2650	221	1058	89	618	52	974	80
Laineperiood	23 303	16 136	8903	5602	9303	7723	5095	2811
Laineperiood=0	3421	385	1347	160	877	101	1197	124
Keskmine lainekõrgus, m	0,4972	0,3336	0,4963	0,3227	0,5816	0,3601	0,3618	0,2934
Päeva keskmine lainekõrgus	0,5234	0,3495	–	–	–	–	–	–

Vaatluste sooritamist mõjutas päevavalguse olemasolu. Kui vaatleja pimeduse tõttu ei olnud võimeline vaatluselemente jälgima, siis ta seda vaatlust ka läbi ei viinud. Sel põhjusel on kõige rohkem vaatlusi tehtud keskpäeval (tabel 3). Hommikul ja õhtul tehtud vaatlused puuduvad sageli hilissügisel ajal ning talvel just pimeduse või ebasoodsate ilmastikutingimuste (näiteks udu) tõttu. Tõenäoliselt on lüngad jaanuari, veebruari ja märtsikuu vaatlustes osalt seotud ka jää olemasoluga (joonis 5.), mis tihti kattis Riia lahte detsembri keskpaigast kuni aprilli lõpuni (Sooäär ja Jaagus, 2007).





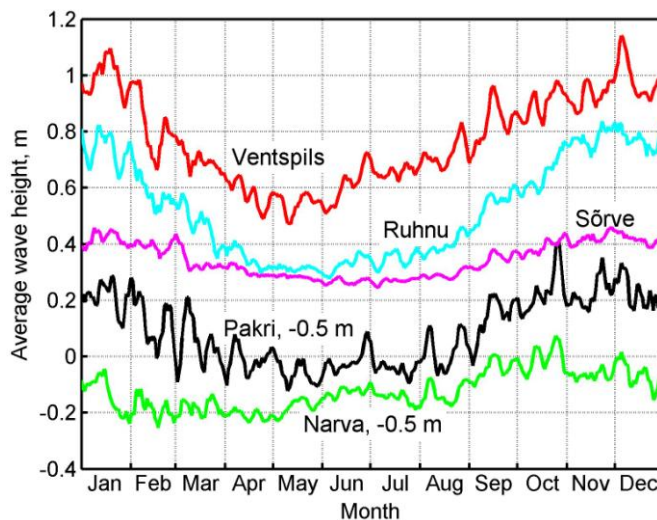
Joonis 5. Visuaalselt vaadeldud laineparameetrite ajaline katvus kuude lõikes. Graafik kajastab kuude kaupa päevas vähemalt ühe õnnestunud vaatluse toimumist protsentides.

Joonis 6 kinnitab ülaltoodud Sõrve ja Ruhnu andmestiku võrdlusest tulenevaid aspekte. Suurem osa aastast on lainekõrguse muutlikkus Sõrves ja Ruhnus sarnaselt jälgitav, olgugi et lainekõrguse kõikumine on Sõrves palju väiksem. Vaatamata sellele, kui Sõrves on veebruari keskel ja lõpus lainekõrgus suhteliselt kõrge võrreldes tavapärasega, on Ruhnus sel ajal tavapärasest madalaimad lained. Need erinevused peegeldavadki ilmselt asukoha võimalikku avatust erinevatele tuulesuundadele. Kuna lainetuse intensiivsus on Ruhnu andmestiku alusel Riia lahe keskosas suurem kui Sõrves (mis iseloomustab lahe lääneosa), võib Riia lahe lainekliimat pidada nende kahe jaama andmetest lähtuvalt anisotroopseks.

Kui võrrelda Sõrve jaamas läbiviidud vaatlustulemusi näiteks Narva-Jõesuu vaatlusandmetega selgub, et nii Sõrve kui ka Narva-Jõesuu lainekõrguste sesoonsed muutused ei ole suured. Mõlemad vaatluskohad on varjatud suures osas valdavatele tuulte suundade eest. Samuti on talvisel ajal meri suhteliselt kaua jääga kaetud (Zaitseva-Pärnaste, 2013).

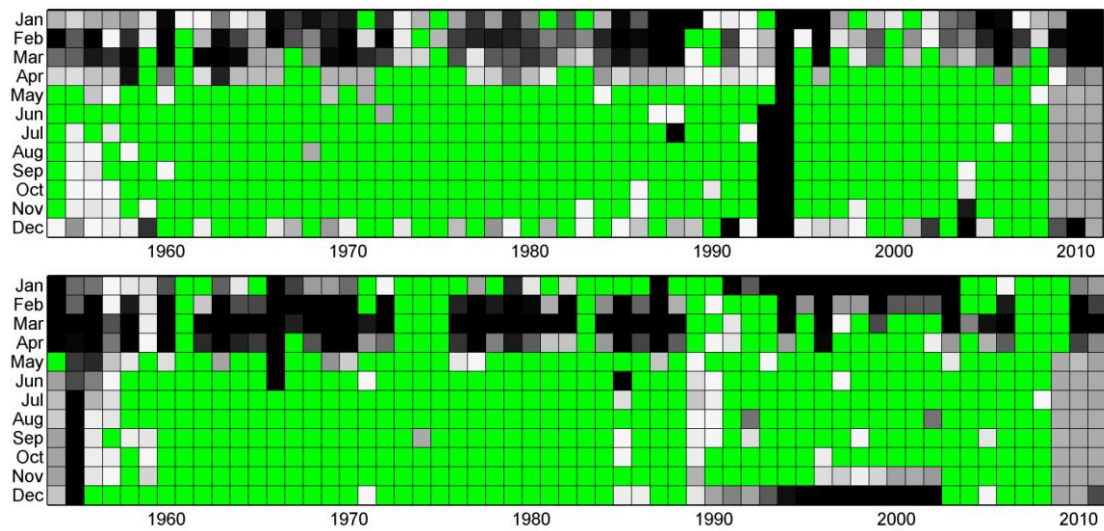
Ruhnu lainekõrguste aastane käik sarnaneb Ventspilsi omaga. Varieeruvus üksikute kuude vältel on küll Ruhnus väiksem, kuid aastane käik jälgib hästi samasugust käiku Ventspilsi. Seevastu, Läänemere idarannikul märkimisväärselt

kõrgemate lainetega päevadel on vastavad Ruhnu lainekõrgused vahel madalamad. Selliseid näiteid leiab märtsikuu esimestel nädalatel, septembri keskel ja novembris. Päeva keskmiste lainekõrguste vaadeldud kõikumised Läänemere avaosa idarannikul ilmnevad siiski Ruhnu andmestikus. See eripära vihjab sellele, et vaatamata madale üksikute vaatluste täpsusele visuaalselt vaadeldud andmestik mitte ainult (ehkki mitte täiuslikult) ei kajasta järjekindlalt muutusi laineomadustes, vaid ka omab potentsiaali tuvastada varjatud muutusi tuule suunas.



Joonis 6. Hooajaline keskmine lainekõrguse muutlikkus Ventspilsis (punane), Ruhnus (helesinine), Sõrves (roosa), Pakril (must) ja Narva-Jõesuus (roheline). Parem nähtavuse huvides on Pakri ja Narva-Jõesuu andmeid graafikil nihutatud 0,5 m võrra allapoole.

Andmete olemasolu varieerub märgatavalt erinevatel aastate ja kuude lõikes ka joonisel 7. Paljudel juhtudel peegeldavad andmelüngad jääolusid ja üldisemalt seda, kui pikalt oli Riia laht jääga kaetud (võrdle Sooäär ja Jaagus, 2007). Suured lüngad on Sõrve andmekogudes 1993–1994. Ulatuslik andmete olemasolu nihe Ruhnus talvekuudel 1991ndatest aastate algul (joonis 7) peegeldab tõenäoliselt ülal märgitud vaatluste kellaaegade muutust 7:00, 13:00 ja 19:00 Moskva aja järgi (GMT+3h) aegadele 6:00, 12:00 ja 18:00 GMT. Kuna päevavalgust on talvel vähem kui kuus tundi ja soodsad visuaalsete lainevaatluste tingimused on olemas sageli vaid kahe–kolme tunni vältel, siis selline nihe võib kergesti viia vaatluse ebaõnnestumiseni.



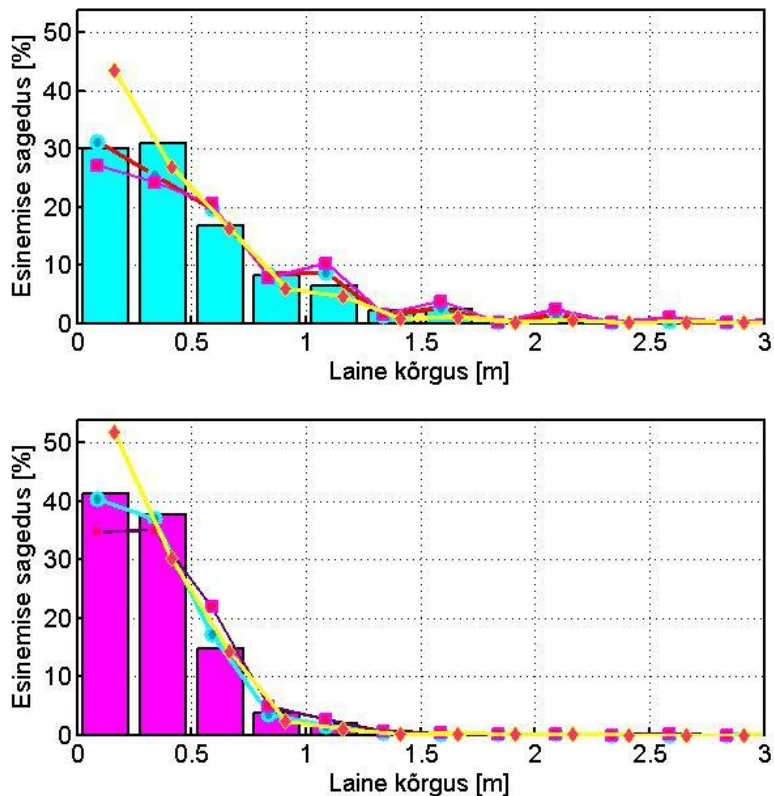
Joonis 7. Päevade arv üksikudel kuudel, mil sooritati vähemalt üks vaatlus. Roheline näitab 100% õnnestumist, valge kõrget õnnestumisprotsenti, must – 0%. Ülemine joonis: Sõrve, alumine: Ruhnu

## **3. RIIA LAHE LAINEKLIIMA KIRJELDUS**

### **3.1 Lainekõrgused**

Edukalt läbi viidud lainekõrguse ja perioodi vaatluste arv erinevatel kellaegadel kajastavad, nagu eespool märgitud, tõenäoliselt sobivate vaatlustingimuste erinevust erinevatel aastaegadel (tabel 3). Eriti on õnnestunud õhtusi vaatlusi palju kevadel ja suvel, mil päevad on pikemad ja vaatlejat ei häiri pimedus ega heitlikud ilmastikuolud. Tuule kiirus ja lainekõrgus on aga kevadel ja suvel keskmisest märgatavalt väiksemad. Teisalt, suhteliselt tuulisel sügishooajal on päevad lühikesed ja seega õnnestunuid vaatlusi vähem (Zaitseva-Pärnaste jt., 2009; Soomere ja Zaitseva 2007). On väga tõenäoline, et kirjeldatud iseärasuse tõttu erinevad hommikuste ja õhtuste vaatluste tulemused süstemaatiliselt tegelikest keskmistest väärtustest (tabel 3, joonis 8). Tabel 3. näitab, et hommikused ja õhtused vaatlused annavad süstemaatiliselt madalamaid lainekõrgusi kui vaatlused, mis on tehtud keskpäeval. Samuti sisaldava hommikused ning eriti õhtused vaatlused palju rohkem väga madalaid (<0,25 m) laineid kui keskpäevased vaatlused (joonis 8).

Taolist mittehomoogeensust saab elimineerida mitmel moel. Lihtsaim meetod on kasutada vaid keskpäevaste vaatluste tulemusi (tabel 3, joonis 8). Kuna nende ajanihe 1991. aastal (kaks tundi) on märksa väiksem vaatluste vahelisest intervallist (6 h), siis on loogiline eeldada, et see nihe ei avalda olulist mõju tulemuste homoogeensusele. Alternatiiviks on kasutada päeva keskmist lainekõrgust (Soomere ja Zaitseva, 2007). Selline lähenemine võimaldab arvestada erinevatel kellaegadel, kuid eri aastaegadel tehtud vaatluste tulemusi. Nagu näidatud kirjutises (Soomere jt. 2012), ühtib päeva keskmise lainekõrguse jaotus Läänemere lõunaosas peaaegu täpselt keskpäevase vaatluste alusel leitud jaotusega ning esindab seega adekvaatselt lainetuse režiimi.



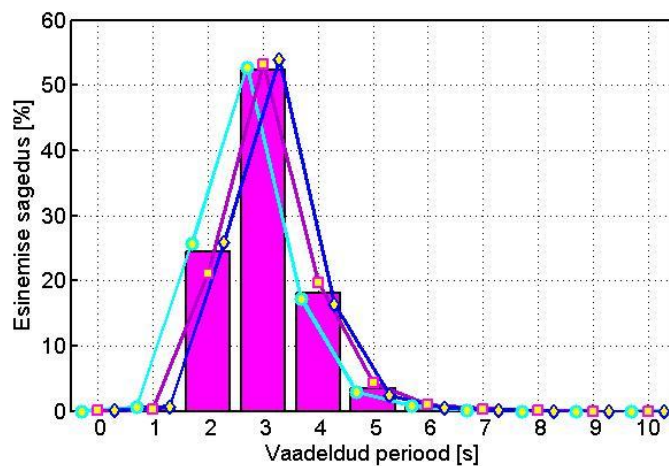
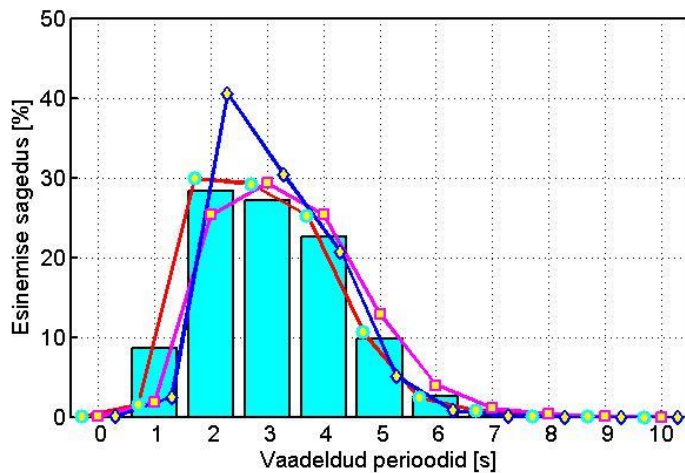
Joonis 8. Lainekõrguste jaotus Ruhnus (ülal) ja Sõrves (all). Tulbad tähistavad vaatluste aritmeetilist keskmist. Kollane joon märgib õhtusi (18:00) vaatlusi, punasega (ülajoonisel) ja helesinisega (alumisel joonisel) on tähistatud hommikusi (06:00) vaatlusi ning roosa (ülajoonisel) ja must (alumisel joonisel) märgivad lõunaseid (12:00) vaatlusi.

Pikaajaline keskmine lainekõrgus (tabel 3) on Ruhnus palju suurem kui Sõrves. Ruhnus on keskpäevaste vaatluste keskmine lainekõrgus 0,58 m, samal ajal kui Sõrves on see 0,36 m. Päeva keskmiste alusel arvatud pikaajalise lainekõrguse väärtused on vastavalt 0,52 m ja 0,35 m. Seega on pikajaline lainekõrgus mõlemas vaatluspunkti märksa väiksem kui Läänemere avaosa idarannikul. Pigem on see võrreldavad Soome lahe idaosas asuva Narva vaatlusjaamas fikseeritud lainekõrgusega (Zaitseva-Pärnaste jt., 2011). Ligikaudu 60% kõikidest juhtudest Ruhnus ja peaaegu 80% Sõrves ei ületa lainekõrgus poolt meetrit (joonis 8). Nii lainekõrguste pikaajaliste keskmiste kui ka nende esinemissageduse jaotuste erinevus on ilmselt põhjustatud nende kohtade erinevast paiknemisest Riia lahe anisotroopise tuulekliima suhtes. Sõrves vaadeldud laineteomadused on iseloomulikud Riia lahe

lääneosa lainetusele. Suures osas on see piirkond varjatud valdavate tuulte poolt tekitatud lainetuse eest. Ruhnus aga on lainekliima omadused määratud põhiosas valdavate tuulte suundadest (eriti edelast) pärinevate lainetega.

### **3.2 Lainete perioodid**

Visuaalselt määratletud laineperioodide tavalised väärtused antud töös käsitlevates vaatluskohtades on iseloomulikud suhteliselt väikesele veekogule, mis on varjatud pikaperioodiliste ummiklainete eest. Vaadeldud perioodid on peamiselt vahemikus kaks kuni neli sekundit (joonis 9) mis on tüüpiline Läänemere rannikualadele. (Zaitseva-Pärnaste, 2013; Broman jt, 2006). Perioodide esinemissageduse jaotus sarnaneb Gaussi jaotusele, mis on tüüpiline avaookeani lainetele (Massel, 2013). Perioodide jaotus on kitsam Sõrves, kuid laiem Ruhnus. Suhteliselt väike pikemate (perioodid üle 4 s) osakaal Sõrves vihjab sellele, et lained Läänemere avaosast levivad harva sellesse piirkonda. Seetõttu Sõrve andmestik, sarnaselt Ruhnuga, peegeldab valdavalt laineid, mis on tekkinud Riia lähel. Huvitaval kombel on erinevatel ajahetkedel salvestatud perioodide jaotused Sõrves peaaegu identsed, kuid märgatavalt erinevad Ruhnus. Ruhnus kaldub eriti õhtustel vaatlustel määratud lainekõrguste ja perioodide esinemissageduse jaotus märkimisväärselt kõrvale teistel kellaegadel tehtud vaatluste tulemustega. Sellele vaatamata saab lugeda kogu vaadeldud perioodide andmestikku suhteliselt heaks lainekliima esindajaks.

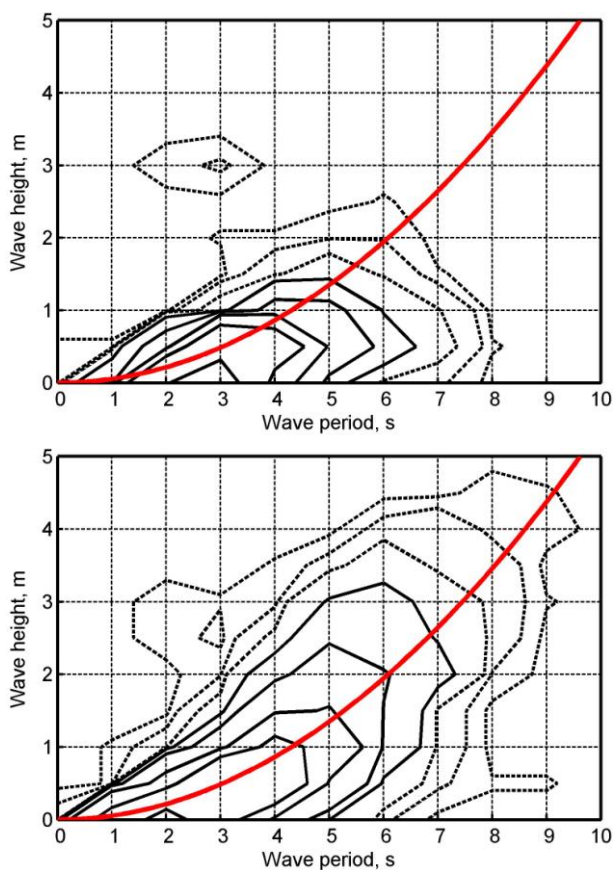


Joonis 9. Laine perioodide esinemissagedus Sõrves (ülal) ja Ruhnus (all). Tulbad märgivad kõiki vaatlusi. Tumesinine joon tähistab vaatlusi kell 18, punane (Sõrves) ja roosa (Ruhnus) vaatlusi kell 12, helesinine (Sõrve) ja punane (Ruhnus) vaatlusi kell 06.

Lainekõrguse ja perioodi ühisjaotus kõnesolevates vaatluskohtades (joonis 10) illustreerib Riia lahe kesk- ja lääneosa lainerežiimi erinevusi. Väga suur on erinevus neis kohtades tõenäoliste ekstreemsete lainetingimuste vahel. Nagu nähtub jooniselt 8, on lainekõrgus Sõrves üle kahe meetri peaaegu äärmuslik. Ruhnus seevastu ületab lainekõrgus nelja meetrit märgatava sagedusega. Kui Ruhnu lainete perioodid 6–7 s enamasti vastavad lainekõrgusele üle kahe meetri; seega tugevatele tormidele, siis Sõrves lained sellise perioodiga esindavad madalat ummiklainetust. Raamatus (Lopatukhin, 2012) ekstreemsete lainete omaduste kombinatsioonide



määratlemiseks soovitatud metoodika alusel võivad ekstreemsetes tormides lainekõrgused Ruhnus olla viie meetri lähedal ja perioodid 8–9 s. Sõrves ulatuvad ekstreemsed kõrgused vaid veidi üle kahe meetri ning selliste lainete perioodid on ligikaudu 6 s.



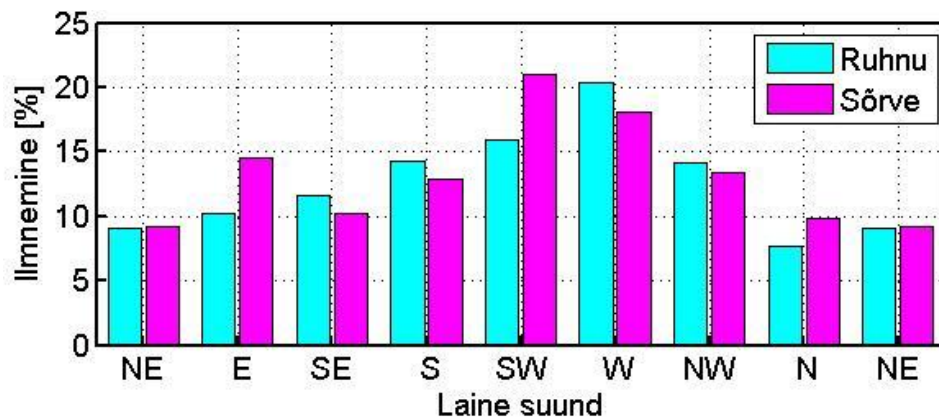
Joonis 10. Lainekõrguste ja -perioodide ühisjaotus Sõrves (ülal) ja Ruhnus (all). Lainekõrguse samm on 0,25 m. Isojooned, mis vastavad 1, 3, ja 10 salvestatud situatsioonile, on esitatud katkend joonega; 33, 100, 330, 1000 ja 3300 vastavad situatsioonid pideva joonega. Paksem joon esitab küllastunud (Pierson-Moskowitzi spektriga) lainesüsteemide omadusi.

### 3.3 Laine leviku suunad

Lainete levikusuundade jaotus (joonis 11) peegeldab samuti tuule suundade struktuuri ja vaatluskoha konkreetset asukoha kombinatsiooni. Mõlemas kohas saabuvad lained kõige tihedamini edela või läänekaarest. Kuna Sõrve vaatluspunkt on avatud merele peamiselt ida poole, on loomulik, et jaotus sisaldab suurel hulgal

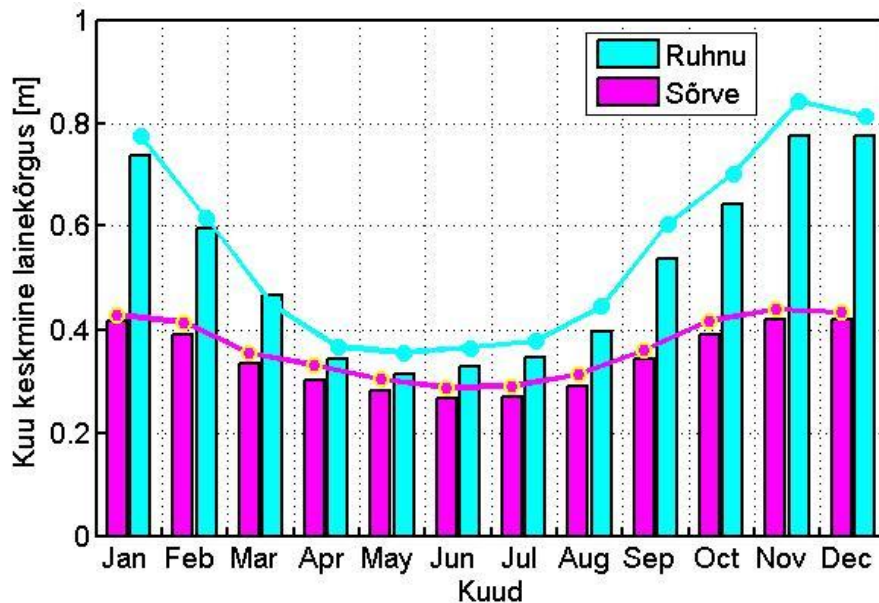


(kuid mitte kõige rohkem) laineid, mis saavad ida poolt. Ruhnu saare mõistes maismaa poolt ehk põhjakaarest lähenevate lainete vähesus on mõistetav, kuna need saavad esineda vaid põhja poolt tulevate lainete intensiivse refraktsiooni korral.



Joonis 11. Erinevates suundadest saabuvate lainete esinemissagedus.

Ruhnu ja Sõrve lainerežiimi erinevust on hästi näha lainekõrguste sesoonses varieeruvuses. Kuu keskmine lainekõrgus Sõrves erineb maksimaalselt 19% võrra pikaajalisest keskmisest (joonis 12). See tagasihoidlik sesoonne muutlikkus on Läänemere jaoks erakordselt madal ja ilmselt omane ainult sellistele kohtadele, mis on varjatud valdavate tormide eest. Teisalt, kõnesolev muutlikkus Ruhnus on analoogne sellele, mis on kirjeldatud mitmetes Läänemere idakalda vaatluskohades, mis on täielikult avatud tavapärasele tormisuundadele (Zaitseva-Pärnaste jt., 2009, 2011). Kuu keskmise lainekõrguse tase varieerub Ruhus enam kui 2,5 korda, teisisõnu,  $\pm 48\%$  pikaajalise keskmise suhtes.

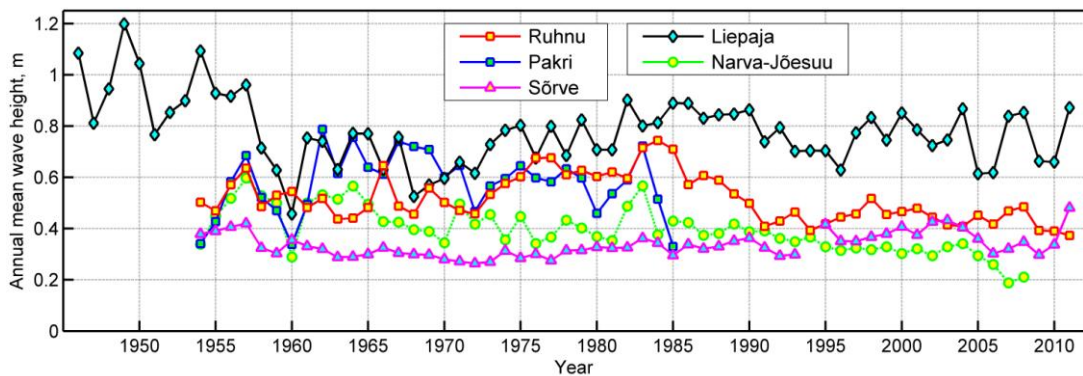


Joonis 12. Sesoonne lainekõrguse muutlikkus Ruhnus ja Sõrves. Tulbad tähistavad päeva keskmise lainekõrguse alusel arvatud kuu keskmisi väärtusi; jooned esinevad lõunaste vaatluste keskmist.

Aastatevahelised muutused Sõrve ja Ruhnu lainekõrgustes ei sarnane peaaegu üldse (joonis 13). Selline erinevus on tegelikult ootuspärane, sest need kaks kohta peegeldavad erinevatele tuulesuundadele vastavate lainete omadusi. Aastane keskmine lainekõrgus on Ruhnus süstemaatiliselt kõrgem, kasvanud kuni 1985. aastani, kuid langenud märkimisväärselt alates 1980-ndate keskpaigast. Selline muutus võib olla tingitud tuule suuna muutumisest Läänemere lõunaosas (Soomere ja Räämet, 2014). Geostroofilise õhuvoolu pöördumine läänest loodesse võib tähendada tugevate edelatuulte osakaalu vähenemist ja loodest levivate lainete proportsiooni kasvu. Kuna Ruhnu vaatluspunkt on varjatud loodest levivate lainete eest, on loogiline, et sellise tuultemustri muutumisega võib kaasneda vaadeldud lainekõrguse kahanemine. Siiski pole selge, kui kaugele Läänemeresel see muutus ulatus (Soomere ja Räämet, 2014). Samuti on see protsess tõenäoliselt tasakaalustatud edelatuulte sageduse kasvuga Eesti maismaal (Jaagus, 2009; Jaagus ja Kull, 2011). Kiire muutus lainekõrgustes Sõrves 1990ndate alguses võib olla põhjustatud keskmise lainekõrguse vaatluse asendamisest maksimaalse

lainekõrgusega. Siiski ei tundu sellel muutusel olevat selget rolli pikaajalises lainekõrguse käigus.

Aasta keskmise lainekõrguse ajalisel käigul Ruhnus on teatav sarnasus analoogse käiguga Läänemere avaosas (Liepaja) ja Soome lahel; eelkõige Pakri vaadeldud käiguga. Sarnasus ilmneb ka lainetuse intensiivsuse kasvus nii Liepajas kui ka Ruhnus 1960ndate algusest kuni 1980ndate keskpaigani; samuti lainekõrguse teatavas kahanemises järgnevatel aastakümnete vältel. Samas on tähelepanuväärne, et suhteliselt madala lainetuse intensiivsusega aastatel Liepajas ja Pakris (1960, 1966 või 1976), näitab Ruhnu andmestik täpselt vastupidist – suhteliselt suure lainekõrgusega aastaid. Võimalikuks selgituseks sellisele iseärasusele on tugevate tuulte erinev suund antud aastatel võrreldes tavalisega.



Joonis 13. Aasta keskmine lainekõrgus Ruhnus, Sõrves, Liepajas, Narva-Jõesuus ja Pakril.

## KOKKUVÕTE

Riia lahe lainekliima põhilised omadused on välja selgitatud kasutades autori poolt hiljuti digiteeritud visuaalsete lainevaatluste andmestikke. Need peegeldavad rannikult tehtud vaatlusi lahe keskosas Ruhnu saarel ( $57^{\circ}47' \text{ N}$ ,  $23^{\circ}15'32'' \text{ E}$ ) ja Sõrve poolsaare lõunatipu lähedaselt alalt ( $57^{\circ}54'04'' \text{ N}$ ,  $22^{\circ}03'28'' \text{ E}$ ) aastatest 1954–2011. Esitatud andmestike analüüs kinnitab, et Riia lahe lainekliima on üldjoontes sarnane teiste Läänemere osade lainekliimaga, kuid on märksa mahedam kui Läänemere avaosas. Pikaajaline keskmine lainekõrgus on suhteliselt madal, ligikaudu 0,5 m Ruhnus ja 0,35 m Sõrves. Lained on lühemad kui mitmes teises Läänemere osas: tüüpiline periood on 2–4 sekundit. Lainekõrguse aastane käik Ruhnus on sarnane analoogilisele käigule Läänemere avaosas, kuid on Sõrves suhteliselt tagasihoidlik. Andmestik ei näita ühtegi selget märgatavat trendi aasta keskmistes lainekõrgustes. Ruhnus ilmneb ulatuslik aastevaheline ja 10–20 aasta skaalas muutlikkus lainekõrguses, kuid Sõrves (mis on varjatud valdavate tuulte suunast saabuvate lainete eest) on muutlikkus tagasihoidlik. Aasta keskmine lainekõrguse muutumisel Ruhnus ja Läänemere avaosa rannikul on mõõdukas sarnasus, kusjuures üksikute aastate vaheline erinevus on kohati päris suur. Tulemused peegeldavad Riia lahe lainekliima ulatuslikku anisotroopiat: suhteliselt kõrge lainetuse intensiivsus lahe kesk- ja idaregioonides on kombineeritud märksa mahedama lainekliimaga lahe lääneranniku lähistel.

## KASUTATUD KIRJANDUS

Ashton, A., Murrey, A.B., Arnault, O., 2001, Formation of coastline features by large-scale instabilities induced by high-angle waves, *Nature*, 414, 296-300.

Badulin, S.I., Grigorieva, V.G., 2012, On discriminating swell and wind-driven seas in Voluntary Observing Ship data, *J. Geophys. Res.-Oceans*, 117: C00J29.

Broman, B., Hammarklint, T., Rannat, K., Soomere, T., Valdmann, A., 2006, Trends and extremes of wave fields in the north-eastern part of the Baltic Proper, *Oceanologia*, 48. 165-184.

Charles, E., Idier, D., Delecluse, P., Deque, M., Le Cozannet, G., 2012, Climate change impact on waves in the Bay of Biscay, France, *Ocean Dynamics*, 62(6), 831-848.

Davidan, I.N., Lopatukhin, L.I., 1982, *Facing the Storms*, Leningrad: Gidrometeoizdat, 136 lk. (vene keeles).

Davidan, I.N., Lopatoukhin, L.I., Rozhkov, V.A., 1985, *Wind Waves in the World Oceans*. Leningrad: Gidrometeoizdat, (vene keeles).

Dodet, G., Bertin, X., Taborda, R., 2010, Wave climate variability in the North-East Atlantic Ocean over the last six decades, *Ocean Modelling*, 31(34), 120-131.

Ekman, M., 1999, Climate changes detected through the world's longest sea level series, *Global Planet. Change*, 21(4), 215-224.

Guedes Soares, C., 1986, Assessment of the uncertainty in visual observations of wave height, *Ocean Engineering*, 13, 37-56.

Guedes Soares, C., 1986, Calibration of visual observations of wave period, *Ocean Engineering*, 13, 539-547.

Guidelines for Hydrometeorological Stations and Posts, 1985, Meteorological observations at stations. Leningrad: Gidrometeoizdat, 3, 1, 300. (vene keeles ).

Gulev, S.K., Grigorieva, V., Sterl, A., Woolf, D., 2003, Assessment of the reliability of wave observations from voluntary observing ships: insights from the validation of a global wind wave climatology based on voluntary observing ship data, *J. Geophys. Res.-Oceans*, 108(C7), nr 3236.

Gulev, S.K., Grigorieva, V., 2004, Last century changes in ocean wind wave height from global visual wave data, *Geophys. Res. Lett.*, 31:L24302.

Gulev, S.K., Grigorieva, V., 2006, Variability of the winter wind waves and swell in the North Atlantic and North Pacific as revealed by the Voluntary Observing Ship data, *Journal of Climate*, 19(21). 5667-5685.

Gulev S.K., Hasse, L., 1998, North Atlantic wind waves and wind stress fields from voluntary observing ship data, *Journal of Physical Oceanography*, 28, 1107-1130.

Gulev, S.K., Hasse, L., 1999, Changes of wind waves in the North Atlantic over the last 30 years, *International Journal of Climatology*, 19(10), 1091-1117.

Hogben, N., Dacunka, N.M.C., Olliver, G.F., 1986, *Global Wave Statistics*. London: Unwin Brothers,.

Hogben, N., Lumb, F.E., 1967, *Ocean Wave Statistics; a statistical survey of wave characteristics estimated usually from Voluntary Observing Ships sailing along the shipping routes of the world*. London, H.M.S.O, Ministry of Technology, National Physical Laboratory, 263 lk

Hünicke, B., Soomere, T., Madsen, K.S., Johansson, M., Suursaar, Ü., Zorita, E., 2014, Sea level and wind waves, Chapter 3.4.3 in the book: The BACC Author Team. *Assessment of climate change for the Baltic Sea basin*. Springer.

Jaagus, J., 2009, Long-term changes in frequencies of wind directions on the western coast of Estonia, In *Climate Change Impact on Estonian Coasts*, Kont, A., Tõnisson, H., Eds. Publication 11/2009. Tallinn: Ökoloogia Instituut, Tallinna Ülikool. 11–24.

Jaagus, J., Kull, A., 2011, Changes in surface wind directions in Estonia during 1966–2008 and their relationships with large-scale atmospheric circulation, *Estonian Journal of Earth Science*, 60, 220–231.

Leppäranta, M., Myrberg, K., 2009, *Physical Oceanography of the Baltic Sea*. Springer Praxis, 378 lk.

Lopatukhin, L.I., 2012, *Wind Waves*. Saint Petersburg: VVM.

Massel, S.R., 2013, *Ocean Surface Waves: Their Physics and Prediction*, 2nd ed., New Jersey London Singapore: World Scientific, 692.

Orlenko, L.R., Lopatukhin, L.I., Portnova, G.L., 1984, Eds., *Studies of the Hydrometeorological Regime of Tallinn Bay*. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1984, 152. (vene keeles).

Pettersson, H., Kahma, K., Tuomi, L., 2010, Predicting wave directions in a narrow bay, *Journal of Physical Oceanography*, 40(1), 155-169.

Randmeri, R., 2006, Riia lahe lainekliima kirjeldamine WAM mudeli abil, Magistritöö, Tallinn: Tallinna Ülikool.

Rosenhagen, G., Tinz, B., 2013, “New historical data of the southern Baltic Sea coasts,” in *7th Study Conference on BALTEX, 10–14 June 2013, Borgholm, Island of*

Öland, Sweden, M. Reckermann and S. Köppen, Eds. Conference Proceedings, International BALTEX Secretariat, Publication No. 53, 84.

Ruhnu saar, (2013), *Eesti entsüklopeedia*,  
[http://entsyklopeedia.ee/artikkel/ruhnu\\_saar1](http://entsyklopeedia.ee/artikkel/ruhnu_saar1)(18.05.2014)

Ryabchuk, D., Leont'yev, I., Sergeev, A., Nesterova, E., Sukhacheva, L., Zhamoida V. 2011. The morphology of sand spits and the genesis of longshore sand waves on the coast of the eastern Gulf of Finland, *Baltica*, 24(1), 13-24.

Räämet, A., Soomere, T., Zaitseva-Pärnaste, I., 2010, Variations in extreme wave heights and wave directions in the north-eastern Baltic Sea, *Proceeding of the Estonian Academy of Sciences*, 59(2), 182-192.

Soomere, T., 2005, Fast ferry traffic as a qualitatively new forcing factor of environmental processes in non-tidal sea areas: a case study in Tallinn Bay, Baltic Sea, *Environ. Fluid Mech.*, 5(4), 293-323.

Soomere, T., 2001, Extreme wind speeds and spatially uniform wind events in the Baltic Proper, *Proceeding of the Estonian Academy of Sciences Engineering*, 7(3), 195-211.

Soomere, T., 2013, Extending the observed Baltic Sea wave climate back to the 1940s, *Journal of Coastal Research*, Special Issue 65, 1969-1974.

Soomere, T., Keevallik, S., 2001, Anisotropy of moderate and strong winds in the Baltic Proper, *Proceeding of Estonian Academy of Sciences Engineering*, 7(1), 35-49.

Soomere, T., Keevallik, S., 2003, Directional and extreme wind properties in the Gulf of Finland, *Proceeding of the Estonian Academy of Sciences Engineering*, 9(2), 73-90.



Soomere, T., Zaitseva, I., 2007, Estimates of wave climate in the northern Baltic Proper derived from visual wave observations at Vilsandi, *Proceeding of the Estonian Academy of Sciences, Engineering*, 13(1), 48-64.

Soomere, T., Räämet, A., 2014, Decadal changes in the Baltic Sea wave heights, *Journal of Marine Systems*, 129, 86–95.

Soomere, T., Weisse, R., Behrens, A., 2012, Wave climate in the Arkona Basin, the Baltic Sea, *Ocean Science*, 8(2), 287-300.

Sooäär J., Jaagus, J., 2007, Long-term changes in the sea ice regime in the Baltic Sea near the Estonian coast, *Proceeding of the Estonian Academy of Sciences Engineering*, 13(3), 189–200.

Sõrve poolsaar, (1991), Eesti entsüklopeedia,  
[http://entsyklopeedia.ee/artikkel/s%C3%B5rve\\_poolsaar1](http://entsyklopeedia.ee/artikkel/s%C3%B5rve_poolsaar1)(18.05.2014) see lähtub allikast: Seegel. E, Sõrve. Väike teatmeteos, Kuressaare, 1991

Zaitseva-Pärnaste, I., 2013, *Wave Climate and its Decadal Changes in the Baltic Sea Derived from Visual Observations*. Doktoritöö, Tallinn, Tallinna Tehnikaülikool, 173 lk.

Zaitseva-Pärnaste, I., Soomere, T., Tribštok, O., 2011, Spatial variations in the wave climate change in the eastern part of the Baltic Sea, *Journal of the Coastal Research*, Special Issue 64, 195-199.

Zaitseva-Pärnaste, I., Suursaar, Ü., Kullas, T., Lapimaa, S., Soomere, T., 2009, Seasonal and long-term variations of wave conditions in the northern Baltic Sea, *Journal of Coastal Research*, Special Issue 56, vol. 277-281.

The BACC Author Team. 2008. Assessment of climate change for the Baltic Sea basin, Reg. Clim. Stud., Springer, Berlin Heidelberg, 474 lk.

Wahl, G., 1974, Wave statistics from Swedish coastal waters, in *Proceedings of International Symposium on Dynamics of Marine Vehicles and Structures in Waves*. London: Institute of Mechanical Engineering, 33-40.

*WMO Guide to the Applications to Marine Climatology.*, 2001, WMO Publication 781, Geneva: WMO, 157 lk.

# LISAD

## Lisa 1. Ruhnu vaatluspäevik 1947 a.

The table contains the following columns and data:

Star Name	Right Ascension	Declination	Other Parameters
1. Arcturus	14h 15m 10s	+19° 08'	1.00
2. Vega	18h 36m 56s	+38° 47'	1.00
3. Deneb	20h 41m 12s	+45° 17'	1.00
4. Altair	21h 09m 09s	+9° 05'	1.00
5. Sirius	06h 45m 09s	+16° 42'	1.00
6. Procyon	05h 13m 24s	+7° 23'	1.00
7. Betelgeuse	05h 54m 30s	+7° 24'	1.00
8. Rigel	06h 51m 32s	+12° 51'	1.00
9. Antares	16h 52m 01s	+24° 56'	1.00
10. Aldebaran	06h 36m 56s	+16° 30'	1.00
11. Arcturus	14h 15m 10s	+19° 08'	1.00
12. Vega	18h 36m 56s	+38° 47'	1.00
13. Deneb	20h 41m 12s	+45° 17'	1.00
14. Altair	21h 09m 09s	+9° 05'	1.00
15. Sirius	06h 45m 09s	+16° 42'	1.00
16. Procyon	05h 13m 24s	+7° 23'	1.00
17. Betelgeuse	05h 54m 30s	+7° 24'	1.00
18. Rigel	06h 51m 32s	+12° 51'	1.00
19. Antares	16h 52m 01s	+24° 56'	1.00
20. Aldebaran	06h 36m 56s	+16° 30'	1.00



# Lisa 2. Ruhnu vaatluspäevik 1960 a.

Станица <u>Рухну</u> № станицы <u>538-232</u> (3, 4, 5, 6, 7, 8)														
Час	Срн	Дела	Уровень (см)	Температура воды	Условный удельный вес 20°С	Соленость (‰)	Вязкость в сторону моря (баллы)	Свечские	Количество льда	Состояние моря (баллы)			Тум	
										10	11	12		
1	01	1	1	15.2	1.020	16.4	1		0	1	1	1	1	1
1	07	1	1	15.3	1.020	16.4	1		0	1	1	1	1	1
1	13	1	1	15.4	1.020	16.4	1		0	1	1	1	1	1
1	19	1	1	16.1	1.020	16.4	1		0	1	1	1	1	1
2	01	1	1	16.8	1.020	16.4	1		0	1	1	1	1	1
2	07	1	1	16.4	1.020	16.4	1		0	1	1	1	1	1
2	13	1	1	16.3	1.020	16.4	1		0	1	1	1	1	1
2	19	1	1	16.6	1.020	16.4	1		0	1	1	1	1	1
3	01	1	1	16.6	1.020	16.4	1		0	1	1	1	1	1
3	07	1	1	16.4	1.020	16.4	1		0	1	1	1	1	1
3	13	1	1	16.4	1.020	16.4	1		0	1	1	1	1	1
3	19	1	1	16.4	1.020	16.4	1		0	1	1	1	1	1
4	01	1	1	16.7	1.020	16.4	1		0	1	1	1	1	1
4	07	1	1	16.7	1.020	16.4	1		0	1	1	1	1	1
4	13	1	1	16.9	1.020	16.4	1		0	1	1	1	1	1
4	19	1	1	17.1	1.020	16.4	1		0	1	1	1	1	1
5	01	1	1	17.1	1.020	16.4	1		0	1	1	1	1	1
5	07	1	1	17.1	1.020	16.4	1		0	1	1	1	1	1
5	13	1	1	17.1	1.020	16.4	1		0	1	1	1	1	1
5	19	1	1	17.1	1.020	16.4	1		0	1	1	1	1	1
6	01	1	1	17.1	1.020	16.4	1		0	1	1	1	1	1
6	07	1	1	17.1	1.020	16.4	1		0	1	1	1	1	1
6	13	1	1	17.1	1.020	16.4	1		0	1	1	1	1	1
6	19	1	1	17.1	1.020	16.4	1		0	1	1	1	1	1
7	01	1	1	17.1	1.020	16.4	1		0	1	1	1	1	1
7	07	1	1	17.1	1.020	16.4	1		0	1	1	1	1	1
7	13	1	1	17.1	1.020	16.4	1		0	1	1	1	1	1
7	19	1	1	17.1	1.020	16.4	1		0	1	1	1	1	1
8	01	1	1	17.1	1.020	16.4	1		0	1	1	1	1	1
8	07	1	1	17.1	1.020	16.4	1		0	1	1	1	1	1
8	13	1	1	17.1	1.020	16.4	1		0	1	1	1	1	1
8	19	1	1	17.1	1.020	16.4	1		0	1	1	1	1	1
9	01	1	1	17.1	1.020	16.4	1		0	1	1	1	1	1
9	07	1	1	17.1	1.020	16.4	1		0	1	1	1	1	1
9	13	1	1	17.1	1.020	16.4	1		0	1	1	1	1	1
9	19	1	1	17.1	1.020	16.4	1		0	1	1	1	1	1
10	01	1	1	17.1	1.020	16.4	1		0	1	1	1	1	1
10	07	1	1	17.1	1.020	16.4	1		0	1	1	1	1	1
10	13	1	1	17.1	1.020	16.4	1		0	1	1	1	1	1
10	19	1	1	17.1	1.020	16.4	1		0	1	1	1	1	1

\* Туман видимость:  
 1. Всплыве  
 2. Зубо  
 3. Мелкая сибя  
 4. мн  
 5. змб  
 7. зм

\*\* Форма волнения:  
 1. Приливное  
 2. Неприливное  
 3. Токма





**Lisa 4. Ruhnu 1996 aasta 2 november**

**KUUPÄEV**

**VEESEISU MOODULIAT**

VAATLUSE AEG, GMT				
0:00	6:00	12:00	18:00	
1. LÜGEM: laine hari				
laine põhi				
2. LÜGEM: laine hari				
laine põhi				
3. LÜGEM: laine hari				
laine põhi				
RESKINNNE				
PARAND				
<b>VEESEIS</b>				

**MAREOGRAAF**

MÄRGISTUSE AEG, GMT					
LINDIVÄHETUSE AEG					

**IGATUNNISED VEESEISUD**

	0	1	2	3	4	5
0+						
6+						
12+						
18+						

MADALAIM  KÕRGEIM

---

VAATLUSE AEG, GMT				
0:00	6:00	12:00	18:00	
<b>TUULE</b>				
kiirus, m/s	4			4
suund, deg	230			240
puhangud, m/s	18			N
<b>LAINE</b>				
kõrgus, m	0,8			0,8
<b>VEE</b> temperatuur, °C	4,4			4,6
<b>ÕHU</b> temperatuur, °C	6,8			9,6
<b>ÕHURÕHK</b> , hPa	1006			998
<b>SOOLISUS</b> , proovi nr.				
<b>VAATLEJA</b> alkini	day			day

**TELEGRAMMI TEKST**

HUONE 06000 0206 23078 09102 90005 2102

40137-

44504 26222 0418 25026 09610-

**LISA INFORMATSIOON**