

**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
POMORSKI FAKULTET U RIJECI**

**MARKO BEGONJA  
DJELOVANJE VANJSKIH SILA NA PROJEKTIRANJE LUKE  
DIPLOMSKI RAD**

**Rijeka, 2013.**

SVEUČILIŠTE U RIJECI  
POMORSKI FAKULTET U RIJECI

DJELOVANJE VANJSKIH SILA NA PROJEKTIRANJE LUKE  
DIPLOMSKI RAD

Student: Marko Begonja

Mentor: Dr. sc. Čedomir Dundović

Kolegij: Planiranje i projektiranje prometnih terminala

Smjer: Logistika i menadžment u pomorskom prometu

Matični broj: 14696/L

Rijeka, rujan 2013.

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. PROJEKTIRANJE LUKA.....	3
2.1. Teoretsko određenje projektiranja luka .....	3
2.1.1. Projektiranje vanjskih lučkih građevina.....	5
2.1.2. Unutarnje lučke građevine.....	9
2.2. Uvjeti za fizičku postavu luka .....	10
3. METEOROLOŠKI I OCEANOGRAFSKI UVJETI PROJEKTIRANJA LUKA NA JADRANU .....	14
3.1. Vjetar .....	14
3.1.1. Najčešći vjetrovi na Jadranu .....	20
3.1.1.1. Bura .....	20
3.1.1.2. Jugo.....	22
3.1.1.3. Maestral.....	25
3.2. Valovi .....	26
3.2.1. Prognoze vjetrovnih valova .....	30
3.2.2. Projektni valovi .....	32
3.3. Morske mijene .....	35
3.4. Morske struje .....	37
3.5. Oborine, vidljivost, temperatura, vlažnost i magla.....	38
4. PRIMJERI UTJECAJA VANJSKIH SILA U LUKAMA ROVINJ I GRUŽ.....	41
4.1. Dogradnja južne gradske luke Rovinj .....	41
4.1.1. Vanjske sile koje imaju najveći utjecaj na projektiranje dogradnje luke Rovinj .....	43
4.1.1.1. Vjetrovna klima Rovinja .....	43
4.1.1.2. Vjetrovalna klima .....	47
4.1.1.3. Morske mijene i razine mora.....	48
4.1.1.4. Morske struje i izmjene morske vode.....	50
4.1.2. Funkcijski kriteriji projekta dogradnje rovinjske luke .....	51
4.1.3. Odabir najpovoljnije varijante lukobrana.....	52
4.1.3.1. Fazna dogradnja južne gradske luke u Rovinju .....	52
4.2. Karakteristike luke Gruž.....	54

4.2.1. Geografski položaj i opće značajke luke Gruž.....	54
4.2.2. Projekt izgradnje i rekonstrukcije gruške luke .....	55
4.2.2.1. Stanje luke Gruž prije rekonstrukcije .....	56
4.2.2.2. Provedba projekta.....	57
4.2.2.3. Značajke sadašnjih radova .....	60
4.2.3. Uloga vanjskih sila na projektiranje luke Gruž.....	63
4.2.3.1. Vjetar .....	63
4.2.3.2. Valovi.....	68
4.2.3.3. Morske struje .....	70
4.2.3.4. Morske mijene .....	71
4.2.3.5. Vidljivost .....	72
5. USPOREDNI PRIKAZ UTJECAJA VANJSKI SILA NA PROJEKTIRANJE LUKE – SJEVERNI I JUŽNI JADRAN .....	73
6. ZAKLJUČAK.....	74
POPIS KRATICA.....	76
LITERATURA .....	77
POPIS TABLICA .....	80
POPIS SLIKA .....	81
POPIS GRAFIKONA .....	82



## 1. UVOD

Projektiranjem luka definiraju se osnovna tehničko-tehnološka obilježja luke na koju se projekt odnosi. Pritom treba procijeniti brojne čimbenike koji određuju sigurnost brodova u luci, sigurno odvijanje procesa unutar luke kao i sigurnost lučkih građevina i prekrcajnih postrojenja. Stoga, uz sve ostale elemente projektiranja, treba procijeniti utjecaje vanjskih sila koje, u većoj ili manjoj mjeri, utječu na projekt.

Predmet ovoga rada je djelovanje vanjskih sila na projektiranje luke. Iz njega proizlazi i cilj rada, a on je detaljnije upoznavanje vanjskih sila i bolje razumijevanje njihova negativnog učinka na djelatnosti u luci. Naime, opće znanje o pojedinom djelovanju tih sila nije dovoljno da se razumiju sve eventualne posljedice ukoliko se, već kod projektiranja, o tome ne vodi dovoljno računa. Svako djelovanje takvih sila može imati zanemarivu, ali i katastrofalnu posljedicu, kako za sigurnost brodova tako i za sigurnost odvijanja lučkih operacija i redovno odvijanje cjelokupnog lučkog procesa pa i sigurnost ljudi uključenih u te procese.

Da bi se zadana tema što bolje obradila, korišteno je više znanstvenih metoda. Posebno treba istaknuti metode: indukcije i dedukcije, analize i sinteze, deskripcije i statističku metodu. Svaka od ovih metoda koristi se u kombinaciji s drugim metodama.

Rad se sastoji od šest međusobno povezanih dijelova.

U uvodu je ukratko predstavljeno ono o čemu će se detaljnije govoriti u nastavku rada. Navedeni su predmet istraživanja, cilj istraživanja, znanstvene metode koje se u radu koriste i objašnjena je struktura rada.

U drugom dijelu pod naslovom „Projektiranje luka“, uz teoretsko određenje samog projektiranja, govori se i o značajkama projektiranja lučkih građevina općenito te o unutarnjim lučkim građevinama. Isto tako, u ovom se dijelu navode i pojašnjavaju uvjeti za fizičku postavu luka.

U trećem dijelu pod naslovom „Meteorološki i oceanografski uvjeti projektiranja luka na Jadranu“, obrađuju se meteorološka i oceanografska obilježja Jadranskog mora koja izravno utječu na sigurnost pomorske plovidbe i odvijanje lučkih procesa i koja se ne smiju zanemariti pri projektiranju luka. Ovdje se posebno objašnjavaju sve bitne značajke vjetra, valova, morskih mijena, morskih struja kao i oborina, vidljivosti, temperature i vlažnosti zraka te magle.

„Primjeri utjecaja vanjskih sila u lukama Rovinj i Gruž“, naslov je četvrtog dijela. Iz samog naslova je vidljivo da se tu radi o primjerima projektiranja dogradnje i obnove luka Rovinj i Gruž. S obzirom na temu koja se obrađuje, ovdje su opisana obilježja obiju luka kao i sve vanjske sile i njihove karakteristike vezane uz pojedinu luku.

Naslov petog dijela je „Usporedni prikaz utjecaja vanjski sila na projektiranje luke – sjeverni i južni Jadran“. Tu se ukratko obrađuju sličnosti, razlike i podudarnosti vanjskih sila u već navedenim lukama, tj. daje se kratki komparativni prikaz njihovih obilježja.

U zaključku je napravljena sinteza svih bitnih spoznaja i rezultata istraživanja kojima se dokazuje značaj utjecaja vanjskih sila na projektiranje luke.

## 2. PROJEKTIRANJE LUKA

### 2.1. Teoretsko određenje projektiranja luka

Projektiranje predstavlja istraživačko-razvojni postupak pomoću kojega se definiraju osnovna tehničko-tehnološka obilježja luka i terminala.<sup>1</sup>

Projektiranje kao postupak ima svoje logičke faze, a to su:

- idejno rješenje,
- idejni program,
- glavni projekt,
- izvedbeni projekt.

Projektna dokumentacija mora utvrditi i sve bitne sadržaje luke ili terminala. Također, nedvojbeno moraju biti definirani potrebni prekrajni kapaciteti i sredstva za prijevoz robe.

Pri projektiranju luka i terminala kao i prilikom njihove kasnije eksploatacije treba procijeniti osnovne čimbenike koji određuju razinu maritimne sigurnosti brodova u toj luci. Plovidba kao i postupci tijekom manevra priveza i odveza te boravka brodova na vezu moraju osigurati zadovoljavajući stupanj sigurnosti brodovima, drugim plovilima i lučkim građevinama. Stoga je nužno analizirati elemente prilaznog plovnog puta i akvatorija značajnih za sigurnost plovidbe. To se prvenstveno odnosi na: širinu ulaza u luku, područje zaustavljanja plovila, plovni put unutar luke, područje okretišta, dubine plovnog puta i akvatorija, plovidbene oznake, itd. Također je potrebno procijeniti utjecaj vanjskih sila koje djeluju na brod tijekom uplovljavanja, pristajanja i priveza, manevra isplovljavanja kao i tijekom njegovog boravka na vezu.<sup>2</sup>

Obilježja samog pristana i njegove opreme također zahtijevaju detaljnu analizu i to iz razloga što izvedba i oprema pristana moraju omogućiti siguran prihvat i boravak broda i ljudi te omogućiti siguran prekraj tereta i/ili putnika. To se prije svega odnosi na preuzimanje svih sila koje su posljedica boravka ili kretanja broda odnosno sila koje na brod djeluju tijekom manevra i boravka broda

---

<sup>1</sup> www.pfst.hr, 23.5.2013.

<sup>2</sup> www.pomorskodobro.com/hr, 23.5.2013.

uz obalu. Značajni čimbenici sa stajališta maritimne sigurnosti su dimenzije i konstrukcijska rješenja pristana te obilježja bokobrana, posebno energija apsorpcije i sila reakcije kao i obilježja priveznih bitvi, u prvom redu oblik i prekidno opterećenje.<sup>3</sup>

Osim zadovoljavanja načela maritimne sigurnosti broda tijekom njegova boravka na vezu, treba zadovoljiti zahtjeve sa stanovišta učinkovitosti prekrcajnih operacija. Stoga je nužno odrediti utjecaj vanjskih sila koje djeluju na brod odnosno na njegovo gibanje na vezu posebno tijekom izvođenja prekrcajnih operacija. Treba istaknuti da su ograničenja u pogledu učinkovitosti prekrcajnih operacija stroža od onih sa stanovišta maritimne sigurnosti broda. Isto tako, važno je procijeniti utjecaj vanjskih sila koje djeluju na brod tijekom uplovljavanja, pristajanja i priveza, manevra odveza i isplovljenja kao i tijekom njegovog boravka na vezu.

Kod projektiranja luka ne smije se zanemariti zakonska obveza izrade maritimne studije, a sukladno Uredbi o uvjetima kojima moraju udovoljavati luke.

Članak 5. ove Uredbe propisuje:<sup>4</sup>

„Svaka novoizgrađena luka, dio luke ili pojedino mjesto pristajanja ili priveza mora prije izrade glavnog projekta, odnosno prije početka korištenja luke, ukoliko glavni projekt nije potreban, imati maritimnu studiju prihvaćenu i potvrđenu od nadležne lučke kapetanije. Maritimna studija treba obuhvaćati najmanje navigacijska i meteorološko-oceanografska obilježja akvatorija, tehničko-tehnološka obilježja obale i plovni objekata koji će uplovljavati, mjere maritimne sigurnosti tijekom manevriranja i boravka plovila na mjestu priveza, te postupke u izvanrednim okolnostima. Maritimnu studiju moraju izraditi i postojeće luke ili dijelovi luka ako se rekonstruiraju ili se mijenja njihova namjena ili ako to zahtijeva nadležna lučka kapetanija.“

---

<sup>3</sup> Loc. cit.

<sup>4</sup> Uredba o uvjetima kojima moraju udovoljavati luke, NN 110/04, čl.5.

### 2.1.1. Projektiranje vanjskih lučkih građevina

Najčešće vanjske lučke građevine su one koje štite lučki akvatorij od valova, računajući tu posebno na valove uzrokovane vjetrom. Njihova rjeđa funkcija je zaštita od morskih struja i nanosa. U te se građevine ubrajaju: lukobran, valobran, valolom i obaloutvrda s tim da je lukobran najznačajniji, a ostale vanjske lučke građevine uglavnom su, u konstruktivnom smislu, izvedenice lukobrana.<sup>5</sup>

Lukobrani štite lučki akvatorij od valova. No ako takva građevina služi protiv djelovanja valova na druge pomorske građevine naziva se valobranom. Konstrukcija lukobrana i valobrana je identična, ali im je funkcija različita.<sup>6</sup>

Valolomi su podmorski ili niski nadmorski objekti koji djelomično štite od valova. Takav objekt je podignut na morskom dnu, a dosiže do izvjesne dubine ispod površine mora ili samo malo iznad mora, kako bi se veći valovi na njemu lomili i tako gubili dio energije. Samo manji valovi nesmetano prelaze preko te prepreke. Koriste za zaštitu plaža.<sup>7</sup>

Funkcionalni zahtjevi koji determiniraju optimalan položaj i smjer vanjskih lučkih građevina, te izbor vrste, tipa i konstrukcije lukobrana ili valobrana, ovise o zahtjevima luke u pogledu zadovoljavanja položajnih pogodnosti. Izbor vrste i tipa lukobrana ili valobrana ovisi prvenstveno o raspoloživom kamenom materijalu i blizini njegova iskopa, dubini vode u luci i visini projektnog vala. Uz ove čimbenike, na izbor utječu i:<sup>8</sup>

- varijacije vremenskih uvjeta tijekom godine,
- udaljenost od obale,
- troškovi izgradnje,
- vrste i karakteristike brodova koji pristaju u luci itd.

---

<sup>5</sup> Pršić, M., Plovni putevi i luke, Vanjske lučke građevine, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Zagreb, 2012.

<sup>6</sup> Ibid., str. 4

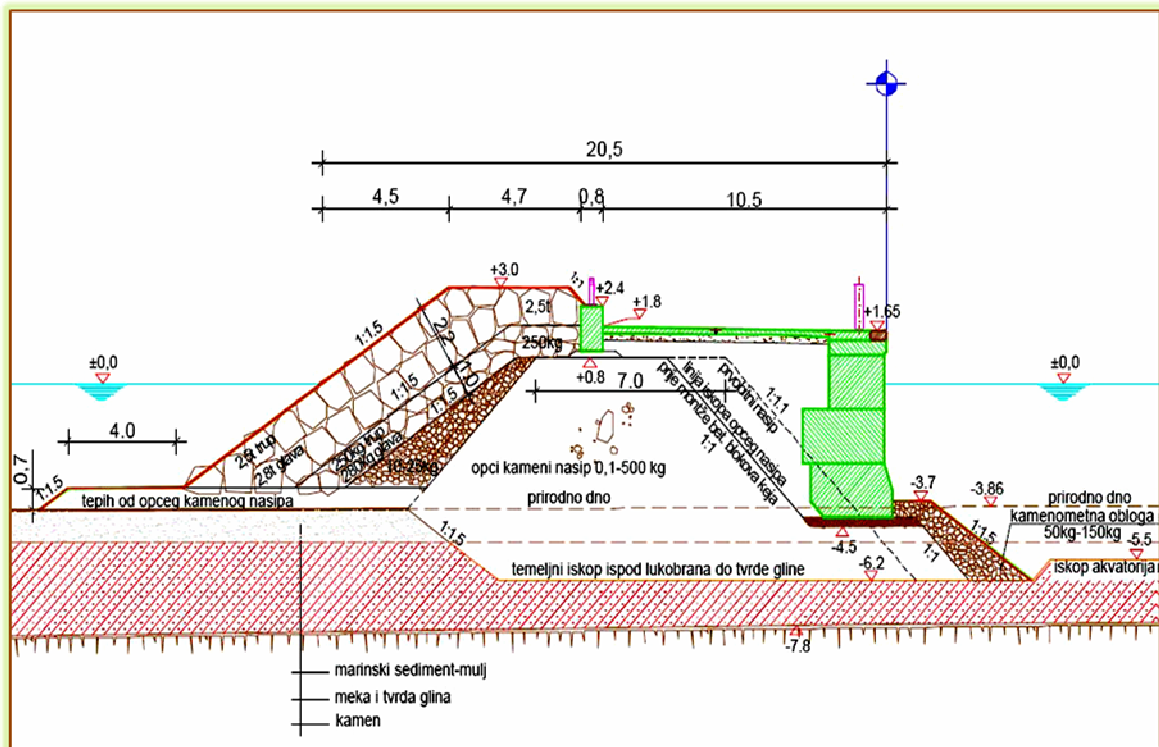
<sup>7</sup> Loc. cit.

<sup>8</sup> www.pfst.hr, 23.5.2013.

U pogledu presjeka konstrukcije razlikuju se tri osnovna tipa lukobrana:<sup>9</sup>

- 1) tip nasip (tal. *molo*),
- 2) tip zid (tal. *diga*),
- 3) eksperimentalni tipovi koji se rijetko primjenjuju;

Prva dva tipa se zajednički nazivaju klasični. Primjenjuju se u najvećem broju slučajeva. Ipak, najjednostavniji tip zaštitne lučke građevine je nasuti lukobran izrađen od nevezanog materijala, lomljenog kamena ili betonskih blokova, s betonskom konstrukcijom na kruni lukobrana ili bez nje.<sup>10</sup>



Slika 1. Profil lukobrana nasipnog tipa, Izvor: Pršić, M., Plovni putevi i luke, Vanjske lučke građevine, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Zagreb, 2012.

Lukobrani, osim zaštitne funkcije, mogu imati i funkciju pristana. U takvim slučajevima se izgrađuju s većom širinom gornjeg djela, odnosno s morske strane izgrađuje se zaštitni zid, a s lučke strane izgrađuje se obrađena površina lukobrana u visini ostalih obala.<sup>11</sup>

<sup>9</sup> Ibid., str. 5

<sup>10</sup> Pršić, M., op. cit., str. 6

<sup>11</sup> Loc. cit.

Projektiranje lukobrana podrazumijeva određivanje:<sup>12</sup>

- kote krune lukobrana,
- nagibne kosine,
- veličinu i debljinu slojeva za krunu i obloge u zavjetrini lukobrana,
- kote, tip i veličine osnovnih obložih slojeva,
- dimenzije i veličinu kamenih blokova za nožicu nasipa,
- kotu filtarskog sloja,
- veličinu zrna filtarskog materijala,
- potrebna obilježja materijala jezgre.

Pri projektiranju je potrebno zadovoljiti sljedeće kriterije:<sup>13</sup>

- funkcionalnost,
- hidrauličke stabilnosti,
- raspoloživost materijala za izgradnju,
- konstruktivnost,
- geotehničke stabilnosti.

Lukobrani moraju biti projektirani na način da omoguće neočekivano velikim valovima da se reflektiraju i/ili preliju lukobran i/ili procijede kroz njega. Količine koje se prelijevaju ili procjeđuju određene su dopuštenim valovima koji nastaju unutar bazena. Preljevanje se može smanjiti povišenjem lukobrana, a procjeđivanje finijom strukturom jezgre lukobrana.<sup>14</sup>

Ponašanje lukobrana i njegova stabilnost ovise o više hidrauličkih pokazatelja, a posebno o:<sup>15</sup>

- visini vala,
- periodu vala,
- smjeru djelovanja vala,
- trajanju valova,
- razini mora.

---

<sup>12</sup> Projektiranje vanjskih lučkih građevina, www.pfst.hr, 28.5.2013.

<sup>13</sup> Ibid. str. 8

<sup>14</sup> Ibid. str. 9

<sup>15</sup> Ibid. str. 11

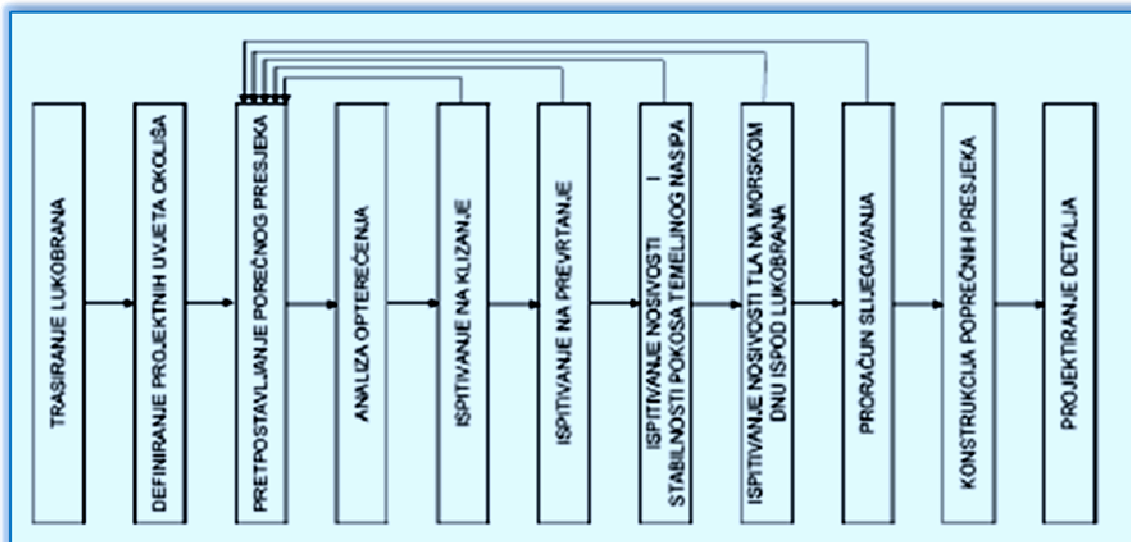
Materijal koji se koristi za izgradnju lukobrana mora biti otporan na:<sup>16</sup>

- slanu vodu,
- opterećenja,
- udarce koji se mogu javiti prilikom izgradnje i eksploatacije lukobrana.

Optimalno rješenje lukobrana ovisi o lokalnim uvjetima, posebice o:<sup>17</sup>

- valovima tijekom godine,
- temeljnom tlu itd.

Projektiranje lukobrana sastoji se iz više faza, a predstavlja se dijagramom toka kako je prikazano na narednoj slici.



Slika 2. Dijagram toka projektiranja lukobrana, Izvor: [www.grad.hr](http://www.grad.hr)

Kako se iz dijagrama vidi, prva faza je trasiranje lukobrana. Trasa je osnovna tlocrtna crta pružanja lukobrana, a predstavlja neki istaknuti rub poprečnog presjeka s morske strane. Trasiranje se obavlja na pomorskoj karti na koju se „ubacuje“ ruža vjetrova. Nakon što se odredi broj i veličina vezova prema prometu u luci i veličini brodova, odabire se najizloženija točka lučkog akvatorija, određuje se kut izloženosti  $\alpha$  (alfa) i prenese na ružu vjetrova. Tako se dobiju smjerovi vjetra, ali i smjerovi dominantnih i sekundarnih valova koje ti vjetrovi uzrokuju.

<sup>16</sup> Ibid., str. 12

<sup>17</sup> Ibid., str. 15



Potrebno je voditi računa o tome da ruta uplovljavanja bude pod kutom  $\leq 70^\circ$  na dominantan vjetro.

### **2.1.2. Unutarnje lučke građevine**

Unutarnje lučke građevine služe za vezu između morskih i kopnenih prijevoznih sredstava. U lukama se primjenjuju tri osnovna sustava rasporeda unutarnjih građevina:<sup>18</sup>

- 1) sustav rubnih obala
- 2) sustav bazena
- 3) sustav gatova.

Sustav rubnih (otvorenih) obala primjenjuje se u slučajevima kada postoje na raspolaganju dovoljna duljina obale i dostatna kopnena površina. Primjenjuje se u dubokim zaljevima sa strmim obalama i na ušćima rijeke, a izgradnja obala relativno je jednostavna. Vodenu površinu luke potrebno je zaštititi ukoliko je obala izložena djelovanju valova. Nedostatak takvog sustava očituje se u velikoj razvučenosti lučkih uređaja i složenost odvijanja lučkog prometa.<sup>19</sup>

Sustav bazena primjenjuje se od srednjeg vijeka, a primjenjuje se u morima sa velikom razlikom plime i oseke. Jednako tako, može se primijeniti i na plitkim i nestjenovitim obalama, a glavna mu je prednost koncentracija lučkih uređaja na razmjerno malom prostoru. Veličina, oblik i raspored bazena razlikuju se prema mjesnim prilikama i vremenu izgradnje. Širina i duljina bazena određuje se temeljem broja pristrana, načina rada (s jednom ili obje strane broda), potrebe okretanja broda, upotrebe tegljača, veličine prometa itd. Ovisno o duljini i širini, površine lučkih bazena različite su i prostiru se od 15 do 20 ha, a iznimno i do 30 ha u zatvorenim bazenima, a u otvorenim bazenima čak i do 300 ha. Često se unutar bazena grade gatovi, čime se postiže duža linija obalne konstrukcije i dobiva kombinacija sustava.

---

<sup>18</sup> Ibid., str. 19

<sup>19</sup> Ibid., str. 20

Sustav gatova primjenjuje se u uvjetima luka koje žele postići bolje iskorištavanje obale. Postoje dvije karakteristične izvedbe:<sup>20</sup>

- 1) američka – uski gatovi
- 2) mediteranska – široki gatovi.

Širina gatova iznosi 80 do 160 metara u starim mediteranskim lukama sa međusobnim razmakom od 120 do 360 metara. U modernim lukama sa primjenom suvremenih transportnih tehnologija, širina gatova iznosi 200 do 600 metara. S obzirom na osnovnu konstrukciju obala i gatova, razlikuju se:<sup>21</sup>

- masivne konstrukcije ili obalni zidovi,
- obalne stijene,
- estakade tj. platforme za iskrcavanje teških tereta u lukama.

Posebna vrsta unutarnjih obalnih građevina su plivajući gatovi ili pontoni. Upotrebljavaju se u lukama s velikim sezonskim razlikama vodene razine. U zadnje se vrijeme javlja velik broj različitih specijaliziranih pontonskih građevina (*off shore*) na otvorenom moru, namijenjenih prekrcaju tekućih i suhih rasutih tereta. U morskim lukama pontoni se uglavnom upotrebljavaju za putnički promet, a na rijekama i za transport robe. Mogu biti usidreni ili učvršćeni za posebne vertikalne vodilice koje omogućavaju vertikalno gibanje u skladu sa oscilacijama razine vode (dizanjem ili spuštanjem razine vode).<sup>22</sup>

## 2.2. Uvjeti za fizičku postavu luka

Lokacija se može definirati kao mjesto u zemljopisnom smislu u kojem se obavlja lučka djelatnost. Na pojedinoj lokaciji ima više smještajnih čimbenika koji djeluju u određenim i specifičnim uvjetima. Smještajni čimbenici uvjetovani su društvenim odnosima, klimom, geografskim obilježjima itd. U svakom pojedinom slučaju potrebna je analitička obrada svih utjecajnih smještajnih čimbenika.

Nakon utvrđivanja osnovnih smještajnih uvjeta koje određena lokacija mora zadovoljiti, neophodno je provesti analizu zavisnih i nezavisnih smještajnih

---

<sup>20</sup> Projektiranje vanjskih lučkih građevina, [ww.pfst.hr/Planiranje%20luka%20i%20terminala](http://ww.pfst.hr/Planiranje%20luka%20i%20terminala) str. 22

<sup>21</sup> Ibid., str. 24

<sup>22</sup> Ibid., str. 26

čimbenika. Ta se analiza provodi nakon što se utvrde osnovni smještajni čimbenici i preduvjet je za utvrđivanje makrolokacije luke iz koje kasnije slijedi određivanje njene mikrolokacije.<sup>23</sup>

Klima, u smislu uvjeta koji mora biti zadovoljen kod odabira lokacije, podrazumijeva:<sup>24</sup>

- godišnje temperaturne oscilacije
- druge klimatske značajke kao što su npr. vjetar, oborine i sl.

Geografskim uvjetima za određenu lokaciju smatraju se:<sup>25</sup>

- geografske karakteristike terena
- razina zaštite krajobraza
- interaktivni odnos prema urbanim cjelinama

Izbor lokacije i fizička postava luke i terminala, kao i ispravan odabir pozicije važnih lučkih objekata, zahtijeva istraživanje prirodnih uvjeta koji se odražavaju na izbor, konstrukciju i troškove izgradnje lučke infrastrukture.<sup>26</sup>

U prirodne uvjete za fizičku postavu luka svrstavaju se:<sup>27</sup>

- Klimatski uvjeti – vjetar, oborine, vidljivost, temperatura, vlažnost, godišnje temperaturne oscilacije;
- Oceanografski uvjeti – valovi, morske struje i morske mijene;
- Topografski i hidrografski uvjeti – proučavaju metode mjerenja i snimanja određenih područja u svrhu njihova prikaza na planu ili karti, te dio geografije koji proučava i opisuje vodene površine na Zemlji;
- Uvjeti tla – stijene, nevezana i vezana tla;
- Položajni uvjeti – razvijenost obale, postojanje rijeka i sl.

Klima u užem smislu predstavlja prosječne vremenske prilike izražene pomoću srednjaka, ekstrema i varijabilnosti klimatskih veličina u dužem, najčešće

---

<sup>23</sup> Projektiranje luka i terminala, [www.pfst.hr/.../Planiranje%20luka%20i%20terminala](http://www.pfst.hr/.../Planiranje%20luka%20i%20terminala), str.10

<sup>24</sup> Ibid., str. 12

<sup>25</sup> Ibid., str. 13

<sup>26</sup> [www.pfst.hr](http://www.pfst.hr), 2.6.2013.

<sup>27</sup> <http://klima.hr>, 5.6.2013.

30-godišnjem razdoblju. Klimatske veličine su primjerice prizemna temperatura zraka, oborina i vjetar.<sup>28</sup>

Na manjim prostornim skalama klimatske karakteristike pojedinih područja na Zemlji su prvenstveno određene njihovim zemljopisnim položajem budući da, zbog sfernog oblika Zemlje, Sunčevo zračenje koje dolazi do površine ovisi o zemljopisnoj širini. Klima nekog područja također je određena atmosferskom cirkulacijom, nadmorskom visinom, kao i međudjelovanjem atmosfere i oceana, te atmosfere i tla čije karakteristike poput albeda tj. omjera odbijene i dolazne Sunčeve energije na nekoj površini, vlažnosti tla i vegetacije imaju utjecaj na klimu.<sup>29</sup>

Osim prostorno, klima se mijenja i u vremenu. Zamjetna je međusezonska različitost klime kao i varijacije klime na godišnjoj i višegodišnjoj skali, ali i tijekom dugih razdoblja. Varijacije klime vidljive su u promjenama srednjeg stanja klime, promjenama međugodišnje varijabilnosti klimatskih parametara te drugih statističkih veličina koje opisuju stanje klime kao što je primjerice pojavljivanje ekstrema. Statistički značajne promjene srednjeg stanja ili varijabilnosti klimatskih veličina koje traju desetljećima i duže, nazivaju se klimatskom promjenom.<sup>30</sup>

Oceanografija je multidisciplinarna znanost koja se bavi proučavanjem mora, a temelji se na spoznajama hidrofizike, hidrokemije, geologije, hidrologije i dr. znanosti. Ova znanost obuhvaća pet glavnih područja: biološka, kemijska, geološka, meteorološka oceanografija te fizikalna geografija koja se bavi fizikalnim obilježjima oceana kao što su valovi, struje te struktura temperature i slanoće.<sup>31</sup>

Podaci o valovima, morskim mijenama, morskim strujama i drugim oceanografskim elementima sadrže izuzetno važne podatke koji se ne smiju i ne mogu zanemariti kod projektiranja luke.<sup>32</sup>

U oceanografiji je cilj, slično kao i meteorologiji, mjerenje trenutnih vrijednosti, analiza promjena u proteklom razdoblju i predviđanje odnosno prognoza osnovnih karakteristika mora kao što su: temperatura, slanost i gustoća morske vode, te

---

<sup>28</sup> Loc. cit.

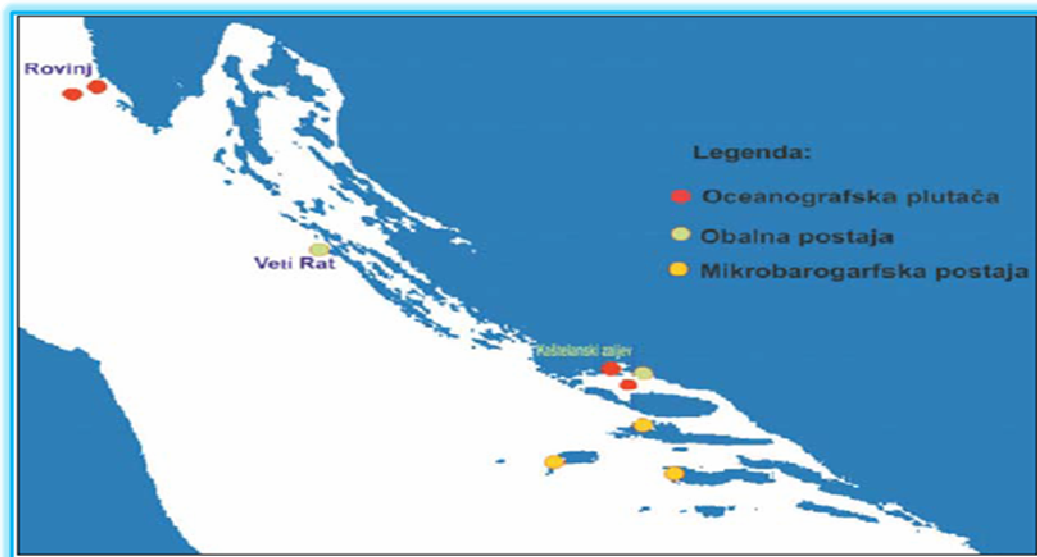
<sup>29</sup> Loc. cit.

<sup>30</sup> Loc. cit.

<sup>31</sup> [www.geografija.hr](http://www.geografija.hr), 3.6.2013.

<sup>32</sup> Loc. cit.

gibanja vodenih masa. Kako su oceanografska mjerenja vrlo skupa te gotovo uvijek nedovoljno gusta u prostoru i vremenu, ovaj nedostatak se nastoji prevladati primjenom numeričkih modela koji kao ulazne podatke mogu koristiti mjerene podatke s plutača postavljenih u reprezentativnim točkama Jadranskoga mora.



Slika 3. Pregled postaja s oceanografskim plutačama, obalnim postajama i prijamnim centrom u Institutu za oceanografiju i ribarstvo u Splitu, Izvor: [www.hhd.hr](http://www.hhd.hr)

### 3. METEOROLOŠKI I OCEANOGRAFSKI UVJETI PROJEKTIRANJA LUKA NA JADRANU

U radu će više prostora biti posvećeno meteorološkim i oceanografskim obilježjima Jadranskog mora, koja izravno utječu na sigurnost pomorske plovidbe i odvijanje lučkih procesa koji se ne smiju zanemariti pri projektiranju luka.

#### 3.1. Vjetar

Vjetar se može opisati kao horizontalno strujanje zračnih masa koje nastaje uslijed razlike temperatura odnosno tlakova. Strujanjem zraka dolazi do trenja, odnosno gubitka kinetičke energije u doticaju sa čvrstom podlogom, što rezultira razlikama u brzini strujanja u prostoru i vremenu. Zbog nejednolikog zagrijavanja zemljine površine dolazi do zagrijavanja zračnih masa. Topli zrak diže se na desetak km u ekvatorijalnom pojasu, te se usmjerava prema polovima i zakreće pod utjecajem zemljine rotacije, odnosno Coriolisove sile. Hladni zrak popunjava nastale praznine i na taj način uzrokuje stalne vjetrove.<sup>33</sup>

Lokalni vjetrovi nastaju zbog globalne raspodjele tlaka i putujućih cirkulacijskih sustava, odnosno, uvelike ovise o topografskom i geografskom obilježju kao što su: drveće, zgrade, jezera, more, planine i dr. reljefni oblici.<sup>34</sup>

Vjetar se najčešće opisuje sa dvije jednostavne komponente - smjerom i brzinom. Stoga se može reći kako je to vektorska veličina. U svakoj točki vjetar ima određenu brzinu i smjer.

Smjer vjetra se određuje prema strani svijeta iz koje puše. Prema međunarodnim oznakama za označavanje smjera vjetra koriste se četiri slova: N – *North*, E – *East*, S – *South*, W – *West*. Kombinacijom ovih slova može se označiti pravac vjetra iz 32 smjera. U tu svrhu upotrebljava se ruža vjetrova. U sinoptičkoj meteorologiji upotrebljava se ruža vjetrova iz 32 pravca dok se u drugim područjima meteorologije upotrebljava ruža vjetrova sa 16 smjerova.<sup>35</sup>

---

<sup>33</sup> www.vjetroelektrane.com, 1.6.2013.

<sup>34</sup> Loc. cit.

<sup>35</sup> info.grad.hr, 12.6.2013.

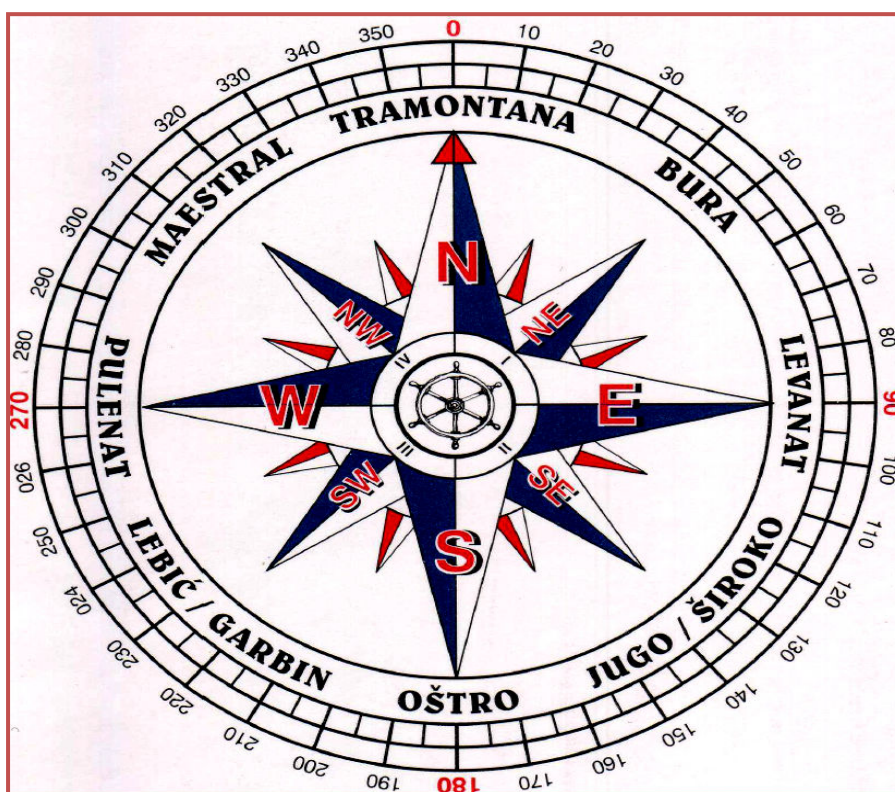
Na Jadranu susrećemo najčešće 3 glavna vjetra, a to su: bura (NE), jugo (SE) i maestral (NW). Ti vjetrovi, a uz njih još i lebić, vjetar sa jugozapada koji je rijedak, mogu postići olujnu snagu. Drugi, sporedni vjetrovi, pušu najčešće umjerenom snagom, a to su: iz smjera S (oštro), SW (lebić, garbin), W (pulenat), N do NW (tramontana), E (levant) te vjetrovi obalne orijentacije - burin ili kopnenjak i zmorac. Jakost vjetra i njegova srednja brzina prikazani su tablici 1.<sup>36</sup>

Tablica 1. Jakost vjetra i srednja brzina vjetra u intervalu

JAKOST VJETRA	SREDNJA BRZINA VJETRA U INTERVALU
<i>weak (slab)</i>	2 m/s - 5 m/s
<i>moderate (umjeren)</i>	5 m/s - 9.9 m/s
<i>strong (jak)</i>	> 9.9 m/s

Izvor: <http://prognoza.hr/metsimboli.html>

Učešća pojedinih smjerova i prosječnih ili maksimalnih brzina vjetra u tim smjerovima prikazuje tzv. ruža vjetrova s naznačenim stranama svijeta, kako je prikazano na slici 4.



Slika 4. Ruža vjetrova, Izvor: [www.gradst.hr](http://www.gradst.hr)

<sup>36</sup> [www.crometeo.hr](http://www.crometeo.hr), 18.7.2013.

Kada se govori o jačini i smjeru vjetra, zanimljivo je vidjeti njihovu godišnju raspodjelu i postotni udio pojedinih vjetrova na Jadranu jer to uvelike utječe na projektiranje luke. Ovi su podaci vidljivi iz tablice 2. Kako se učestalost pojedinih vjetrova razlikuje na sjevernom u odnosu na južni Jadran, to će biti detaljnije razrađeno u narednom, 4. poglavlju.

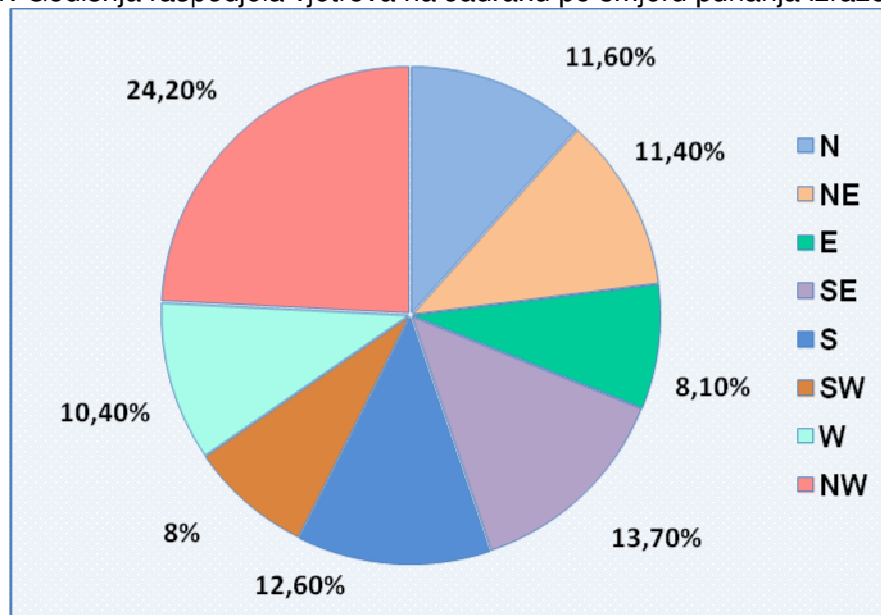
Tablica 2. Godišnja raspodjela (%) po jačini i smjeru vjetra na Jadranu

Bf	C	1i2	3	4	5	6	7	8	< 9	Σ
N	1,3	1,4	2,4	4,1	1,4	0,3	0,5	0,2	0,0	11,6
NE	0,5	0,5	1,7	1,5	3,4	2,2	1,4	0,2	0,0	11,4
E	0,6	0,6	1,7	2,6	1,4	0,7	0,5	0,0	0,0	8,1
SE	0,4	0,5	1,2	2,4	2,9	3,6	1,7	1,0	0,0	13,7
S	1,3	1,4	2,2	2,6	3,4	1,2	0,3	0,2	0,0	12,6
SW	1,8	1,8	1,5	1,4	0,9	0,3	0,3	0,0	0,0	8,0
W	1,8	1,8	2,2	2,9	0,7	0,3	0,2	0,0	0,0	10,4
NW	2,5	2,6	8,0	6,2	3,9	0,7	0,3	0,0	0,0	24,2
Σ	10,2	10,6	20,9	23,7	18,0	9,3	5,2	1,6	0,3	100

Izvor: <http://www.portdubrovnik.hr>

Grafički prikaz (graf 1) ukupnog učešća pojedinih vjetrova prema smjeru, izraženog u postocima, dat će lakši uvid u najčešće vjetrove na našoj obali.

Graf 1. Godišnja raspodjela vjetrova na Jadranu po smjeru puhanja izražena u %



Izvor: Autor prema tablici 2 - Godišnja raspodjela (%) po jačini i smjeru vjetra na Jadranu



Brzina vjetra mjeri se pomoću anemometra, a izražava se uobičajenim jedinicama za brzinu - metrima u sekundi, kilometrima na sat, čvorovima ili specijaliziranom jedinicom - *beaufort* ("bofor").<sup>37</sup>

Radi boljeg razumijevanja odnosa mjernih jedinica za jačinu vjetra, u narednoj tablici će se prikazati njihov odnos.

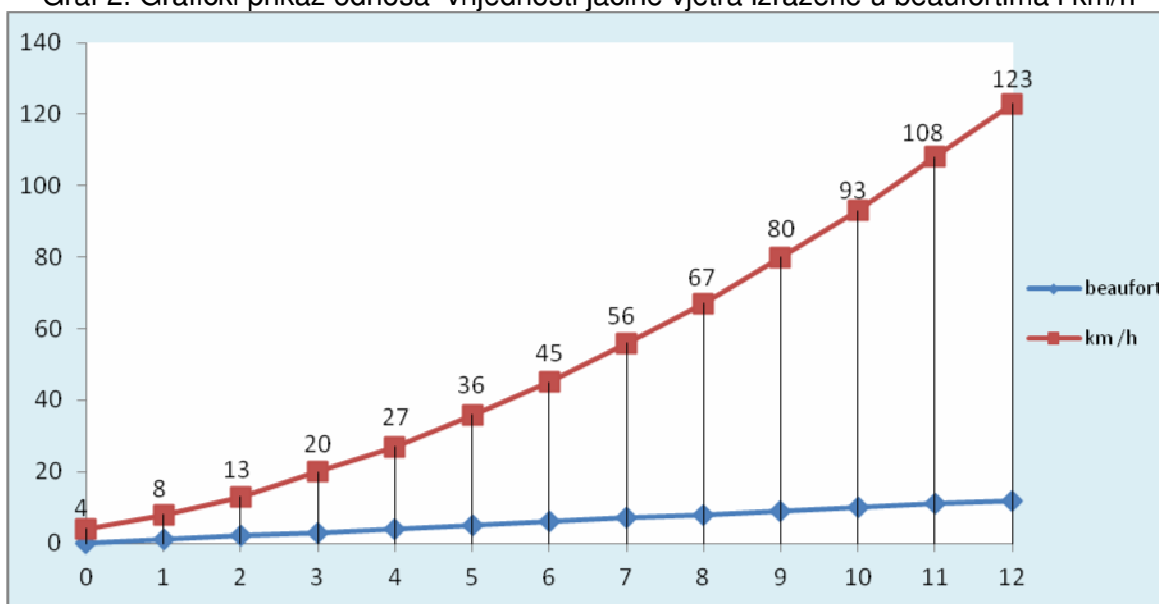
Tablica 3: Odnos vrijednosti beauforta i km/h

beaufort	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
km /h	4	8	13	20	27	36	45	56	67	80	93	108	123

Izvor: [http://hr.wikipedia.org/wiki/Beaufortova\\_ljestvica](http://hr.wikipedia.org/wiki/Beaufortova_ljestvica)

Odnos vrijednosti ovih jedinica još je uočljiviji ako se prikažu grafički, što je vidljivo na grafu 1.

Graf 2. Grafički prikaz odnosa vrijednosti jačine vjetra izražene u beaufortima i km/h



Izvor: Autor prema tablici 1.- Odnos vrijednosti beauforta i km/h

U meteorološkoj praksi brzina vjetra često se izražava u boforima. Beaufortova ljestvica služi za ocjenjivanje jačine vjetra prema njegovim učincima, a bez instrumenata. Ona vrijedi jednako za sva mora svijeta. Izradio ju je 1806. godine Sir Francis Beaufort, britanski mornarički časnik i hidrograf.

<sup>37</sup> [http://hr.wikipedia.org/wiki/Beaufortova\\_ljestvica](http://hr.wikipedia.org/wiki/Beaufortova_ljestvica)

Američki meteorolozi su 1955. god. Beaufortovu skalu od 13 stupnjeva (0-12) proširili do 17 za izuzetno jake vjetrove kao što su npr. uragani i sl.<sup>38</sup>

Iz tablice 4., koja prikazuje Beaufortovu ljestvicu, jasno se mogu iščitati učinci vjetra. Uz brzine vjetra i pojašnjenje njegove jačine, iz ljestvice se vide i visine valova na moru koje uzrokuje određena jačina vjetra, a izražene su u metrima (m) i stopama (ft).

Tablica 4. Beaufortova ljestvica

		Brzina				Visina valova	
		km/h	m/s	Kt (čv)	mph	m	ft
<b>0 Bf</b>	tišina	< 1	0-0.2	< 1	< 1	-	-
<b>1 Bf</b>	lahor	<b>1-5</b>	0.3-1.5	1-3	1-3	0.1(0.1)	0.25(0.25)
<b>2 Bf</b>	povjetarac	<b>6-11</b>	1.6-3.3	4-6	4-7	0.2(0.3)	0.5(1)
<b>3 Bf</b>	slabi	<b>12-19</b>	3.4-5.4	7-10	8-12	0.6(1)	2(3)
<b>4 Bf</b>	umjereni	<b>20-28</b>	5.5-7.9	11-16	13-18	1(1.5)	3.5(5)
<b>5 Bf</b>	umjereno jaki	<b>29-38</b>	8.0-10.7	17-21	19-24	2(2.5)	6(8.5)
<b>6 Bf</b>	jaki	<b>39-49</b>	10.8-13.8	22-27	25-31	3(4)	9.5(13)
<b>7 Bf</b>	žestoki	<b>50-61</b>	13.9-17.1	28-33	32-38	4(5.5)	13.5(19)
<b>8 Bf</b>	olujni	<b>62-74</b>	17.2-20.7	34-40	39-46	5.5(7.5)	18(25)
<b>9 Bf</b>	jaki olujni	<b>75-88</b>	20.8-24.4	41-47	47-54	7(10)	23(32)
<b>10 Bf</b>	orkanski	<b>89-102</b>	24.5-28.4	48-55	55-63	9(12.5)	29(41)
<b>11 Bf</b>	jaki orkanski	<b>103-117</b>	28.5-32.6	56-63	64-72	11.5(16)	37(52)
<b>12 Bf</b>	orkan	<b>&gt;=118</b>	<b>&gt;=32.7</b>	<b>&gt;=64</b>	<b>&gt;=73</b>	14(-)	45(-)

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod

S obzirom na brzinu i smjer, vjetar se znatno razlikuje od mjesta do mjesta. U pojedinim područjima dominantno jak vjetar djeluje u jednom ili dva smjera koji su značajni za određivanje kretanja broda pri pristajanju i odlasku iz luke. Poželjno je da se s obzirom na negativno djelovanje jakog vjetra, smjer pristana za brodove postavi usporedno sa smjerom djelovanja vjetra. U slučaju da se smjer gibanja vode razlikuje od smjera vjetra, dominantan čimbenik u pogledu usmjerenja pristana je gibanje vode. Razlog je tomu taj što je gustoća vode približno 1.000

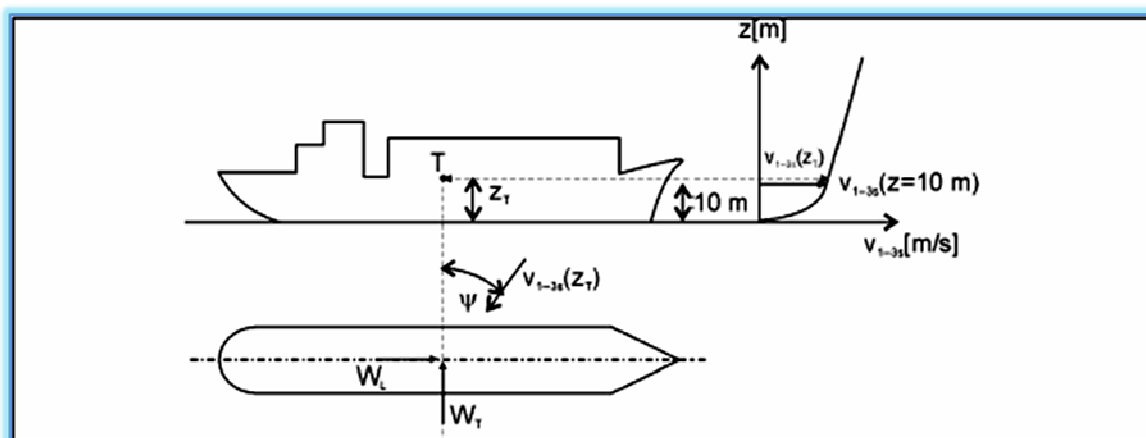
<sup>38</sup> Državni hidrometeorološki zavod

puta veća od gustoće zraka, pa stoga gibanje vode može djelovati većom silom na brod nego što to čini vjetar.<sup>39</sup>

Sila vjetra, njegova učestalost i brzina utječu i na rad obalnih prekrcajnih sredstava. U uvjetima kada vjetar prijeđe dopuštenu granicu, prekida se rad obalnih dizalica, a time i proces iskrcaja broda. Zbog njegova mogućeg negativnog utjecaja na rad u luci odnosno na tijek lučkog procesa, pri planiranju, projektiranju te izgradnji luka, potrebno je istražiti i analizirati podatke o njegovoj snazi, brzini, smjeru i učestalosti u dugogodišnjem razdoblju.<sup>40</sup>

Prema EC normi, osnovni vjetrovni parametar pri proračunu djelovanja vjetra na sve konstrukcije pa tako i na lučke, je referentna ili karakteristična odnosno poredbena brzina vjetra ( $V_{ref}$ ). Ona se definira kao najveća 10-minutna srednja brzina na visini od 10 m iznad ravnog tla ili iznad morske površine, a može se očekivati jednom u 50 godina što znači 50-godišnje povratno razdoblje za najnepogodniji smjer djelovanja. Proračun se temelji na dugoročnom opažanju vjetra, barem 10, a najbolje 30 godina, s time da se, kako je već i spomenuto, za proračun izdvoje ekstremne vrijednosti prosječne 10-minutne brzine za najnepogodniji smjer.<sup>41</sup>

Nominalna brzina vjetra uzima se obično na standardnoj WMO visini od 10 m iznad tla ili mora (prema EC – referentna brzina), a u proračunu se uzima na težišnoj visini nadvođa broda iz vertikalnog profila brzine (slika 5).



Slika 5. Vertikalni profil brzine vjetra, Izvor: Beraković, B. i dr., Hidrotehničke građevine, dio I., Građevinski fakultet Zagreb, str. 77

<sup>39</sup> www.pfst.hr, 2.6.2013.

<sup>40</sup> Loc. cit.

<sup>41</sup> Kuspilić, N, i dr., Hidrotehničke građevine, dio I., Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Zagreb 2012., str. 25

### 3.1.1. Najčešći vjetrovi na Jadranu

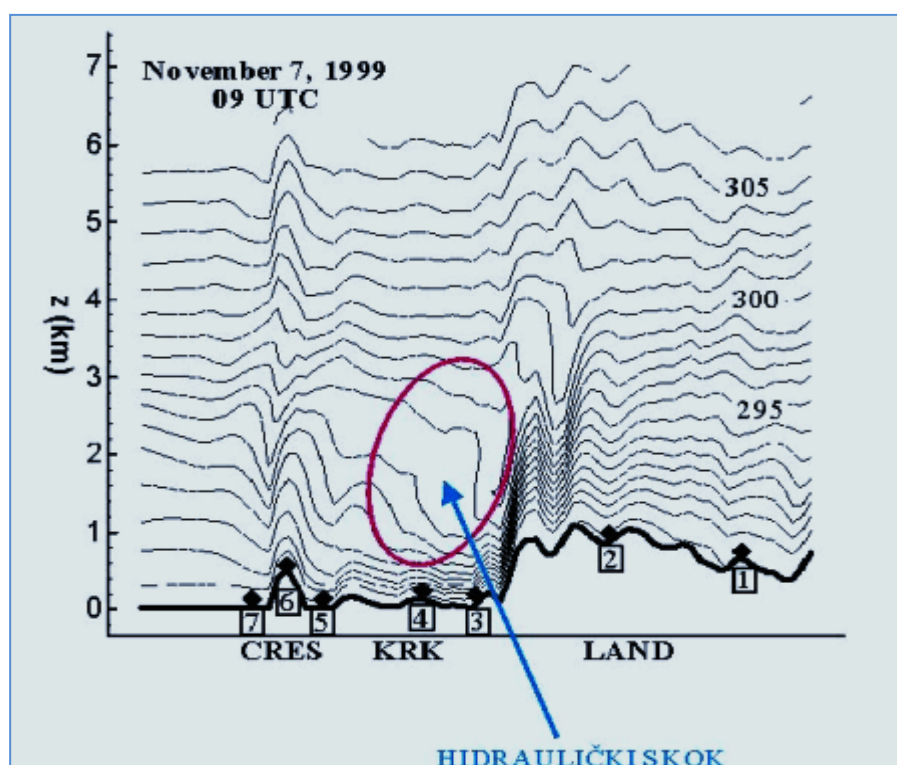
Najčešći vjetrovi na Jadranu, koji svojom jačinom mogu ugroziti lučke građevine i odvijanje prometa u luci, zbog čega se kod projektiranja luka o njihovom utjecaju mora voditi računa su: bura, jugo i maestral.

#### 3.1.1.1. Bura

Za nastanak bure potrebna su dva uvjeta:

- dotok hladnog zraka sa sjevera ili sjeveroistoka,
- planinska prepreka okomita na tok zraka.

Istraživanja su pokazala da je lom valova primarni mehanizam nastanka olujne bure na sjevernom Jadranu. Vertikalni atmosferski profil tipičan za buru najčešće sadrži sinoptički kritični nivo i/ili inverziju u navjetrini, koji pospješuju lom valova ili valno-inducirani kritični nivo u zavjetrini.<sup>42</sup>



Slika 6. Vertikalni presjek tijekom jednog slučaja olujne bure, Izvor: <http://jadran.gfz.hr>

<sup>42</sup> <https://bib.irb.hr/datoteka/516861.Bajic-disertacija/>

Slika 6. prikazuje vertikalni presjek u smjeru strujanja tijekom olujne bure na sjevernom Jadranu. Linije predstavljaju izentropu.<sup>43</sup> Što su dvije izentropu bliže jedna drugoj to je strujanje koje je paralelno s izentropama brže. Na ovom prikazu područje velikih brzina nalazi se udesno od točke 3. Uz to, u tom se području uočava i nagli pad izentropa prema tlu što znači da se zrak u zavjetrinskoj strani planine, tj. onoj okrenutoj prema moru, također naglo obrušava pospješujući tako pojavu vrlo velikih brzina vjetra pri tlu.<sup>44</sup>

Na prethodnoj se slici prikazuje hidraulički skok koji se, osim u dinamici fluida, javlja i kod jake bure, a nastaje u zavjetrini planina. Zrak koji struji niz padinu ubrzava i postiže velike brzine. Kako ne može neprestano ubrzavati već se mora prilagoditi okolnim uvjetima, dolazi do hidrauličkog skoka pri čemu se oslobodi velika količina energije te time zrak uspori. Zbog tog ubrzavanja niz padinu dolazi do velikih brzina koje postiže bura.<sup>45</sup>

Bura je često jak vjetar, koji povremeno može dostići i orkansku jakost. Uz to, bura je i izrazito mahovit vjetar. Maksimalni udari bure mogu biti 1.5 - 2 puta veći od prosječne brzine u intervalu osrednjavanja od 10 minuta. Postoje dvije vrste udara:<sup>46</sup>

- udari malih perioda (od nekoliko sekundi) i
- udari većih perioda (od nekoliko minuta – pulsacije).

Sekundni udari su uvijek prisutni. Oni su uglavnom uzrokovani mehaničkim trenjem zbog hrapavosti podloge. S druge strane, pulsacije mogu biti prisutne, ali i ne moraju. One su uzrokovane procesima koji se odvijaju više stotina metara iznad tla, a nastaju uslijed velikih promjena brzine vjetra visinom. Pri tome je vrlo važan faktor lom planinskih valova u zavjetrini planine, što je i jedan od uzroka nastanka bure.<sup>47</sup>

Zbog mogućnosti značajnog variranja brzine vjetra u 10-minutnom intervalu, što je posebno izraženo u slučaju mahovitog, turbulentnog vjetra kao što je bura,

---

<sup>43</sup> Izentropa je krivulja koja povezuje točke s jednakom potencijalnom temperaturom.

<sup>44</sup> <http://jadrangfz.hr>, 26.7.2013.

<sup>45</sup> Loc. cit.

<sup>46</sup> <http://www.crometeo.hr>, 30.7.2013

<sup>47</sup> Loc. cit.

analize utjecaja turbulencije na opterećenje građevinskih konstrukcija olujnim vjetrom pokazala je da se pri projektiranju građevina na priobalju i otocima, gdje brzina vjetra postiže ekstremne vrijednosti u situacijama s olujnom burom, mora uzeti u obzir, uz statičko opterećenje uslijed djelovanja tlaka kojim vjetar djeluje, i utjecaj turbulentne komponente vjetra ili tzv. dinamičko opterećenje. Na taj se način projektiranjem osigurava izgradnja stabilnih konstrukcija otpornih na djelovanje vjetra.<sup>48</sup>

Postoje dva osnovna tipa bure: anticiklonska i ciklonska.<sup>49</sup>

Anticiklonska ili vedra bura puše u situacijama kad je nad srednjom Europom snažna anticiklona, a istovremeno nad Sredozemljem jedna ili više ciklona.

Ciklonska ili tamna (škura) bura nastaje u hladnom sektoru ciklone, kad duboka ciklona zahvati naše krajeve i veći dio Sredozemlja. Odmicanjem ciklone na istok, bura zahvaća sve veći dio primorja. U takvim prilikama padaline mogu biti obilne.

#### 3.1.1.2. Jugo

Olujnu jačinu na priobalju i otocima, osim bure, postiže i jugo. Uz jake vjetrove, jugo uzrokuje i visoke valove.<sup>50</sup>

Jugo je vjetar jugoistočnog smjera duž Jadrana. Uzroci tome su specifična orografija, tj. položaj Jadrana i planinskog lanca uz istočnu obalu, te sinoptičke situacije koje pogoduju strujanju takvog vjetra. To je tipični vjetar Jadranskog mora uvjetovan općim južnim strujanjem nastalim zbog Genovske ciklone ili ciklone na Jadranu, a samo ponekad kao dio strujanja vjetra *scirocco* koji puše na širem prostranstvu Sredozemlja, dolazeći iz Afrike.<sup>51</sup>

Jugo se, prema vrsti sinoptičkih situacija koje ga uzrokuju, može podijeliti na:

- ciklonalno (kišno) i
- anticiklonalno (suho).

---

<sup>48</sup> <http://www.pmf.unizg.hr>, 15.7.2013

<sup>49</sup> <http://www.hr/hrvatska/geografija>, 15.7.2013

<sup>50</sup> <http://jadran.gfz.hr>, 20.8.2013

<sup>51</sup> Loc. cit.

Većina je situacija s jugom povezana s ciklonom dok je manji broj situacija kada je jugo uzrokovan anticiklonom.<sup>52</sup>

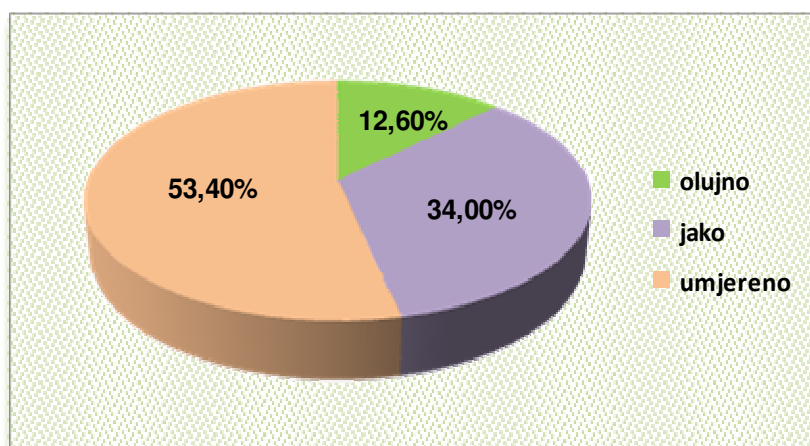
Ciklonalno jugo nastaje čim se neka ciklona sa zapada približi Jadranu ili se razvije u Genovskom zaljevu kao i u sjevernom Jadranu. Jakost, oblik i staza gibanja ciklone određuju kakvo jugo će se razviti. Najčešće je to umjereni do olujno jaki jugoistočni vjetar koji ponekad može puhati i na udare.<sup>53</sup>

Srednji Jadran je često granica između ciklonalnog juga i ciklonalne bure, ako ciklona prolazi južnije. Ako je staza gibanja ciklone sjevernije, jugo obično puše nad cijelim Jadranom.<sup>54</sup>

Anticiklonalno jugo nastaje pod utjecajem visokog atmosferskog tlaka nad istočnim dijelom Sredozemlja i djelovanjem duboke i dugo stacionirane ciklone na sjevernom dijelu Europe.<sup>55</sup>

Jugo najčešće puše u hladnom dijelu godine. Javlja se najviše u proljeće i jesen, i to u dijelovima najbližima zimi. Nakon početka puhanja juga, brzina se postupno mijenja tako da u nekim dijelovima vjetar može biti olujan. Ipak, najdulje traju jake i umjerene jačine vjetra što se vidi i na grafičkom prikazu.

Graf 3. Prosječno trajanje umjerenog, jakog i olujnog juga u postocima ukupnog trajanja jednog slučaja, Split-Marjan 1961 – 1990.



Izvor: <http://jadran.gfz.hr/jugo.html>

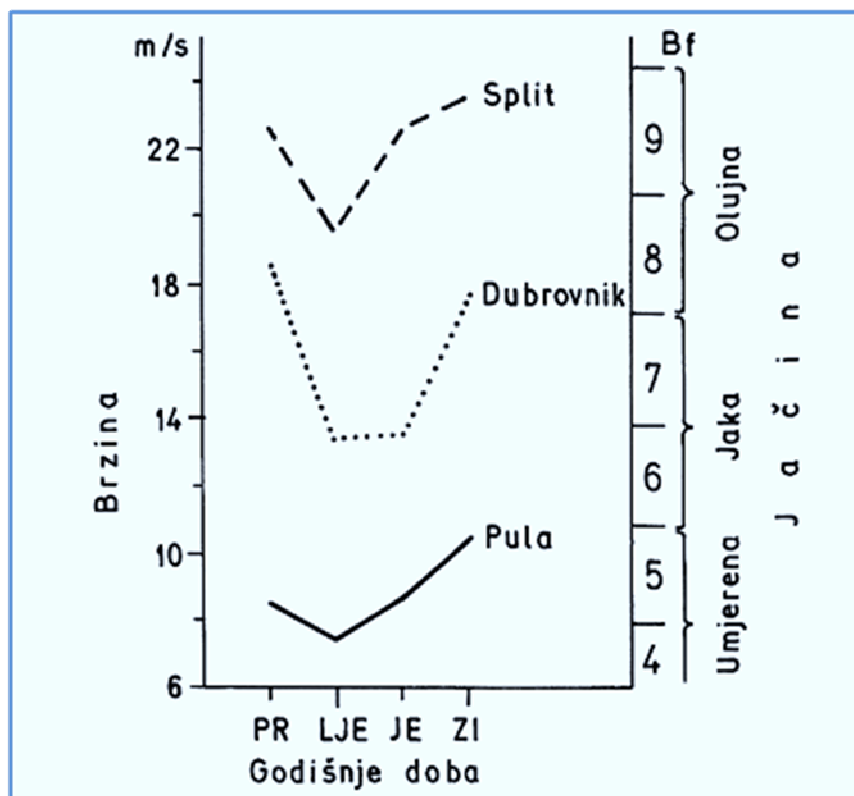
<sup>52</sup> <http://jadran.gfz.hr>, 11.7.2013.

<sup>53</sup> Loc. cit.

<sup>54</sup> Loc. cit.

<sup>55</sup> Loc. cit.

Učestalost pojavljivanja juga povećava se od sjevernog prema južnom dijelu Jadrana. Uz obalu od Splita do Neretve vjerojatnost pojavljivanja je maksimalna zbog kanalizirajućeg efekta kojeg stvaraju prolazi između brda i otoka u tom području. To se odražava i na brzine vjetra, tako da se na slici 7. vidi da brzina raste prema jugu, ali i na mjestima gdje je vjetar kanaliziran kao što je npr. u Splitu.



Slika 7. Najveća srednja satna brzina juga po godišnjim dobima u Dubrovniku, Splitu i Puli, 1996 – 2000., Izvor: [http://jadran.gfz.hr/jugo\\_objasnjenje.html](http://jadran.gfz.hr/jugo_objasnjenje.html)

Nad otvorenim morem na Jadranu, jugo obično puše iz južnog kvadranta, dok sve bliže obali, zbog utjecaja orografije<sup>56</sup> i trenja, skreće na jugoistočni kvadrant. Puše po nekoliko dana ujednačenom brzinom od oko 10 m/s. Rijetko ostaje kao slab vjetar. Često postiže olujni karakter kad dosiže brzinu i do 30 m/s. Izraženije je na otvorenom moru, a prema kopnu slabi. Prevladava u hladnom dijelu godine kad je i jači nego ljeti.<sup>57</sup>

<sup>56</sup> Orografija je pojam koji označava vertikalnu razvedenost terena koja se u topografskim kartama prikazuje slojnicama (izohipsama). Oblik terena značajno utječe na strujanje zraka u prizemnom sloju atmosfere. <https://www.eihp.hr>, 11.7.2013.

<sup>57</sup> <http://jadran.gfz.hr>, 11.7.2013.



### 3.1.1.3. Maestral

Maestral je vjetar koji nastaje uslijed zajedničkog strujanja jednog dijela obalne cirkulacije (smorca) i stalnog visinskog sjeverozapadnog vjetra koji predstavlja jednu granu etezije.<sup>58</sup> Dakle, maestral nastaje spajanjem dvaju vjetrova: jednoga koji zahvaća velika područja - etezije i drugog koji je lokalne naravi - smorac, zmorac. Do podudaranja u smjerovima dolazi zbog položaja naše obale čineći jači vjetar - maestral.<sup>59</sup>

Obalna se cirkulacija, gledano klimatološki, pojavljuje u prosjeku u 50% dana tijekom ljetnih mjeseci na sjevernom Jadranu. Učestalija je u mjestima koja su smještena na obali s planinskim zaleđem kao što je npr. Opatija. Na takvim područjima dolazi do podudaranja smjerova između vjetrova obalne cirkulacije i tzv. vjetrova cirkulacije obronka. Kao izuzetak se može spomenuti Senj gdje je tijekom godine veliki broj dana s burom, koja ne dopušta razvoj lokalnih cirkulacija. Rjeđa pojava obalne cirkulacije vezana je i uz otoke i to zbog njihove relativno male površine.<sup>60</sup>

Na južnom dijelu Jadrana učestalost maestrale je veća nego na sjevernom dijelu. Tako je obalna cirkulacija česta na postajama srednjeg i južnog Jadrana kao npr. u Šibeniku, Splitu, Hvaru, Dubrovniku i na Lastovu. Kao i u sjevernom Jadranu otoci s malom aktivnom kopnenom površinom kao što je Palagruža ne mogu pokrenuti razvoj obalne cirkulacije.<sup>61</sup>

Maestral može, iako rijetko, dostići jačinu od 5 do 6 bofora, čak i više. No, iako je to uglavnom slab vjetar, brzine do 4 Bf, najslabiji u Tršćanskom zaljevu, prema jugu postaje sve jači, a u Otrantskim vratima dostiže jačinu i 6-7 Bf. Upravo zbog mogućnosti jače snage, kod projektiranja luka se i o ovom vjetru mora voditi računa.<sup>62</sup>

---

<sup>58</sup> Sjeverozapadni vjetrovi koji pušu Sredozemljem u toplom dijelu godine. Izraženiji su na njegovom istočnom dijelu. Izvor: [www.jadran.gfz.hr](http://www.jadran.gfz.hr), 9.7.2013.

<sup>59</sup> <http://jadran.gfz.hr>, 16.7.2013

<sup>60</sup> Loc. cit.

<sup>61</sup> Loc. cit.

<sup>62</sup> [www.adriatica.net/common/destinations/story\\_hr](http://www.adriatica.net/common/destinations/story_hr), 16.7.2013

## 3.2. Valovi

Morski valovi su proces periodičkog kolebanja fizičke površine mora koji je udružen s osciliranjem vodenih čestica pod djelovanjem pobuđujućih i umirujućih sila. Pobuđujuće sile dolaze od zvijezda, gibanja meteoroloških sustava, seizmičkih i tektonskih poremećaja, vjetrova i brodova. Umirujuće sile su površinska napetost, gravitacija i Coriolisova sila.<sup>63</sup> U prirodi nikada pojedine pobuđujuće i umirujuće sile ne djeluju odvojeno nego kompleksno s različitim intenzitetom. Veći dio morskih valova nastaje djelovanjem vjetrova. Zbog brzine i snage, utjecaj valova na sve morske građevine je izuzetno važan, misleći tu posebno na sigurnost i izdržljivost samih lučkih građevina. Stoga se, pri projektiranju luka, tome mora pristupiti s posebnom pozornošću.<sup>64</sup>

Stanje mora, s obzirom na valovitost, određuje se u skladu s Douglasovom ljestvicom koja je prikazana u tablici 5.

Tablica 5. Douglasova ljestvica stanja mora

STANJE MORA	OPIS	WMO	VISINA VALOVA (m)
0	mirno (bonaca)	calm (glassy)	0
1	mirno (naborano)	calm (rippled)	0 – 0,1
2	malo valovito	smooth	0,1 – 0,5
3	umjereno valovito	slight	0,5 – 1,25
4	valovito	moderate	1,25 – 2,5
5	jače valovito	rough	2,5 – 4
6	uzburkano	very rough	4 – 6
7	teško	high	6 – 9
8	vrlo teško	very high	9 – 14
9	izuzetno teško	phenomenal	> 14

Izvor: Bračić, Ž., Unapređenje radijske službe hrvatskih obalnih radijskih postaja u segmentu promulgacije meteoroloških upozorenja, Naše more, Znanstveno-stručni časopis za more i pomorstvo, Vol. 58, No.1-2, lipanj 2011., str. 33

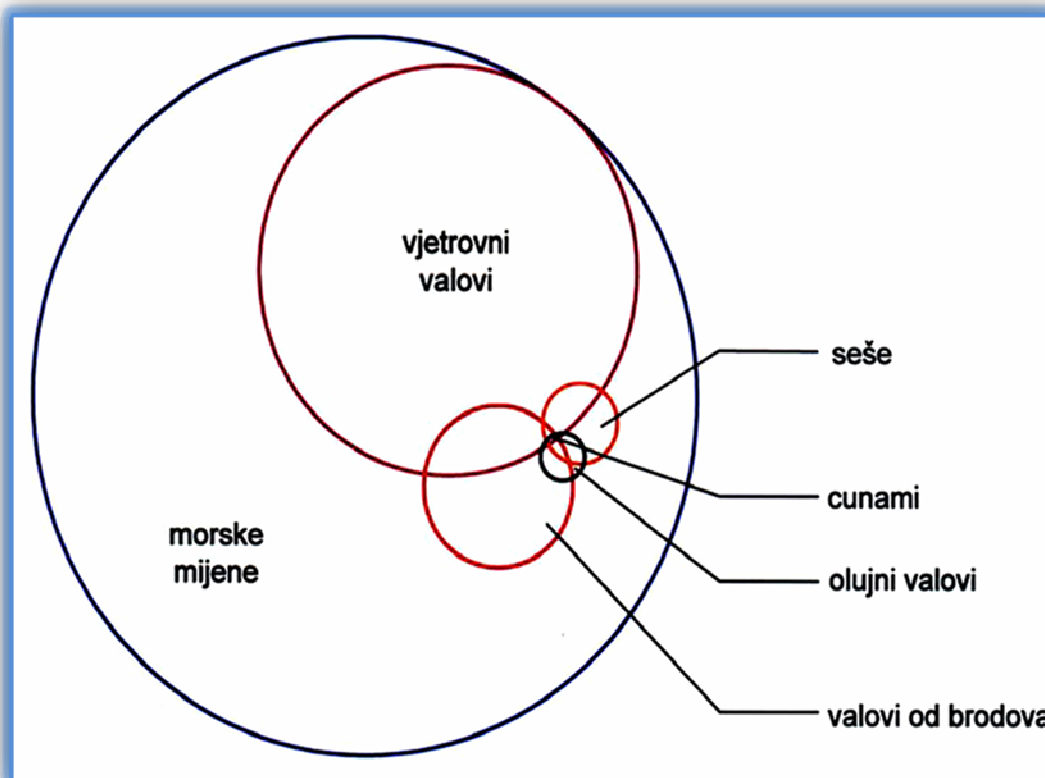
<sup>63</sup> Coriolisova sila je sila koja nastaje zbog rotacije Zemlje oko svoje osi koja djeluje na smjer kretanja. Ovisi o geografskoj širini i brzini kretanja objekta. Na sjevernoj hemisferi, zrak skreće u desnom smjeru u odnosu na smjer kretanja, a na južnoj hemisferi u lijevom. Najjača je na polovima, dok na ekvatoru ne postoji. Izvor: <http://www.vrijeme.net/pojmovnik/coriolisova-sila>

<sup>64</sup> [www.grad.unizg.hr](http://www.grad.unizg.hr), 2.8.2013.

Na moru se javlja više vrste valova, a neki od njih su:<sup>65</sup>

- vjetrovni valovi – valovi koji nastaju na morskoj površini uslijed djelovanja vjetra;
- plimni valovi – valovi koji nastaju zbog djelovanja astronomskih sila;
- tsunamis – valovi koji nastaju zbog potresa ili pomicanja zemljinih slojeva na površini;
- razizlazni valovi – valovi koji nastaju plovidbom broda, itd.

Za ovaj rad najvažniji su vjetrovni valovi jer najfrekventnije površinske valove na Jadranu uzrokuju bura, jugo i maestral. Osim toga, ti su valovi općenito najčešći u odnosu na rezultat djelovanja raznovrsnih pobuđujućih i umirujućih sila što se vidi iz sljedećeg prikaza na slici 8.



Slika 8. Nepravilni realni površinski valovi na nekoj lokaciji, kao rezultat raznovrsnih pobuđujućih i umirujućih sila, Izvor: [www.grad.unizg.hr](http://www.grad.unizg.hr), 2.8.2013.

Značajke površinskih valova uzrokovanih vjetrom općenito zavise od smjera, brzine i trajanja prevladavajućih vjetrova, veličine područja nad kojim ti vjetrovi pušu i topografije morskog dna, što u Jadranskom moru uzrokuje znatno veće

<sup>65</sup> Radan, D., Uvod u hidrodinamiku broda, Sveučilište u Dubrovniku, Dubrovnik, 2004., str. 105

visine valova juga nego bure pri istoj brzini i trajanju vjetra. Apsolutni maksimum visine vala na otvorenom moru zabilježen je za vrijeme olujnog juga na sjevernom Jadranu i iznosi 10,8 m. Za situacije s burom maksimalna registrirana visina vala u sjevernom Jadranu je 7,2 m.<sup>66</sup>

Tablica 6. Obilježja valova Jadranskog mora

<b>Jadran</b>	<b>WMO</b>	<b>H</b>	<b>T</b>	<b><math>\lambda</math></b>	<b>%</b>
0	0	-	-	-	10
1	1	0,05	1,6	2	24,6
2	2	0,2	2,7	5	
3	3	0,5	3,7	9,5	43,0
4		0,8	4,6	14	
5	4	1,3	5,4	20	17,2
6		1,9	6,2	25	
7	5	2,6	6,9	32	4,2
8		3,5	7,6	39	
9	6	4,6	8,3	46,5	1,0
10		5,9	9,0	55	
11	7	7,3	9,7	66	0,01
12		8,8	10,4	79	

Izvor: Zorović, D., Mohović, Đ., Prilog određivanju duljine vjetrovnih valova na Jadranu, Naše more, Vol.50 No.3-4, listopad, 2003.,str. 146

U tablici 6. navedene su najvažnije karakteristike valova na Jadranskom moru. Pojedine oznake znače:

WMO – oznaka za snagu mora prema World Meteorological Organization,

H – visina vala [m],

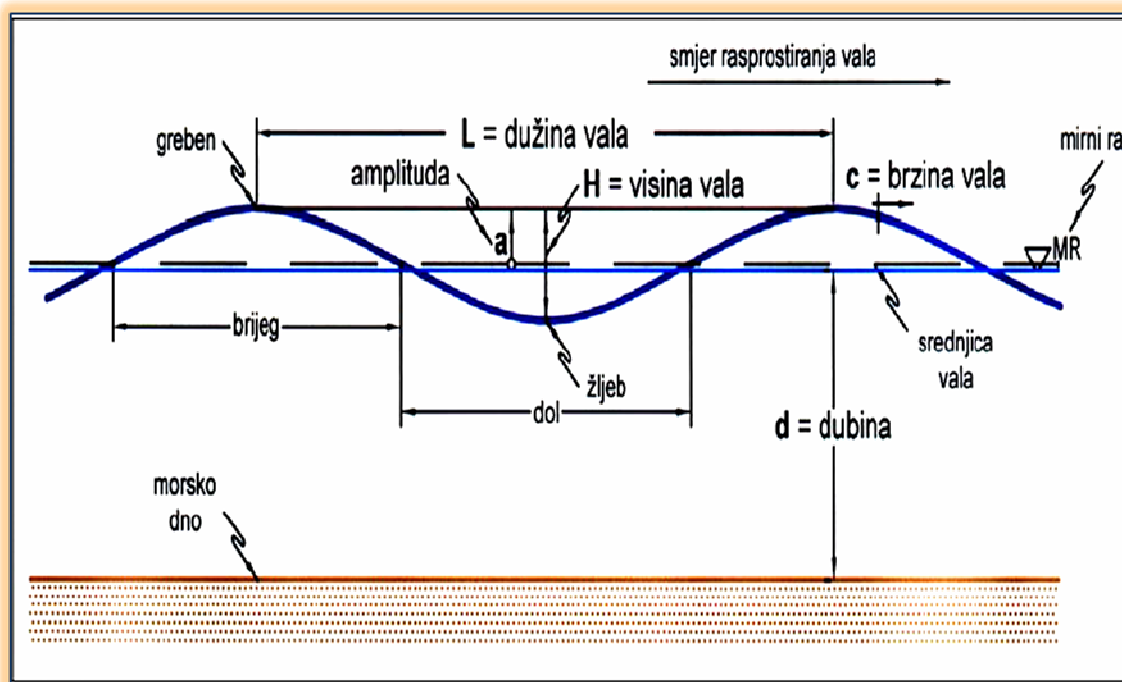
T – period vala [s],

$\lambda$  - duljina vala [m],

% - postotak od ukupnog broja valova

Visina, dužina odnosno duljina vala i i period vala su najosnovniji parametri za opis profila vala odnosno fizičke površine mora. Ovdje još treba spomenuti i amplitudu vala –  $a$  [m] =  $H/2$ , a to je maksimalni pomak fizičke površine mora od srednjice vala. Osnovni parametri za opis profila vala prikazan isu na slici 9.

<sup>66</sup> <http://deniscizar.com>, 9.8.2013.



Slika 9. Osnovni parametri za opis profila vala, Izvor: www.grad.hr, 7.7.2013.

Valovi nastali djelovanjem vjetra na morskoj površini mogu se podijeliti na dvije grupe:<sup>67</sup>

- Vjetrovni valovi (eng. *sea wind generated waves*)
- Valovi mrtvog mora (eng. *swell* – nabreknuće, otekлина)

Vjetrovni valovi nastaju uslijed djelovanja vjetra na morskoj površini zbog čega dolazi do promjena tlaka zraka na morskoj površini. Na mjestu sniženog tlaka zraka uzdiže se stupac vode koji se zatim prenosi s jednog mjesta na drugo. Promatranjem valova lako se da uočiti da se masa vode ne pokreće u horizontalnoj ravnini, već samo u vertikalnom smjeru, što znači da se prenosi stupac vode.<sup>68</sup>

Ovi su valovi kratkih brjiegova (eng. *short crested*). To znači da postoji veća rasprostranjenost po smjerovima različitih valnih sustava s obzirom na smjer puhanja vjetra. Što je manja rasprostranjenost po smjerovima to su valovi duljih brjiegova (eng. *long crested*).

<sup>67</sup> Radan, D., op. cit., str. 106

<sup>68</sup> Loc. cit.

Vjetrovni valovi su izrazito nepravilni i nikada se ne zna kada će nastupiti izrazito veliki val niti kada će točno nastupiti najveći val. Statistički se može samo ustanoviti koliko se takvih valova može pojaviti u određenom vremenu. Budući da su vjetrovni valovi nepravilni, njihovi periodi se stalno mijenjaju pa tako i njihove duljine.<sup>69</sup>

Valovi mrtvog mora su valovi nastali u području u kojem postoji lokalni vjetar, a pristižu u drugo područje u kojem ili nema vjetra ili su razvijeni valovi zbog puhanja vjetra drugog smjera. Valovi mrtvog mora ne ovise više o vjetru. Naime, kada jednom apsorbiraju energiju vjetra oni se šire dok ne zamru uslijed prigušenja. Valovi mrtvog mora su duljeg brijega što znači da su manje rasprostranjeni po smjerovima. Oni su također i nešto pravilniji od vjetrovnih valova, a visinu im je lakše predvidjeti. Kada nastupaju viši valovi, to se obično događa tako da 5 do 6 valova prođe uzastopno jedan za drugim. Kada su valovi niže visine, obično ostaju niski dulje od jedne minute iako su nepravilni.

### **3.2.1. Prognoze vjetrovnih valova**

Prognoza vjetrovnih valova se definira kao postupak određivanja statistički reprezentativnih ili vjerojatnih parametara valnog profila (visine i perioda) ili valnog spektra realnih valova. Prognoziranim veličinama pridružuje se smjer.<sup>70</sup>

Valne prognoze prema vremenskom razdoblju na koje se odnose su:<sup>71</sup>

- kratkoročna – odnosi se na neko stacionarno stanje mora trajanja 10-tak minuta do nekoliko sati unutar jedne oluje;
- dugoročna – odnosi se na rijetke pojave koje se nastavljaju tek u dužem nizu godina. Bazira se na rezultatu velikog broja kratkoročnih prognoza, a praktično se radi za razdoblja od jedne godine do jednog stoljeća.

---

<sup>69</sup> Loc. cit.

<sup>70</sup> <http://www.grad.hr>, 8.7.2013

<sup>71</sup> Loc. cit.

Valne prognoze prema geografskoj pripadnosti su:<sup>72</sup>

- globalne,
- regionalne i
- lokalne.

Prve dvije prognoze, globalne i regionalne, su kvalitativne i služe za navigaciju. Lokalne prognoze su isključivo kvantitativne. Izrađuju se za neku geografsku točku ili uže područje, a služe u inženjerske svrhe.<sup>73</sup>

Prognoze vjetrovnih valova mogu se vršiti na bazi podataka o vjetru ili podataka o valovima. Za kratkoročnu prognozu potrebni su podaci od samo jedne oluje, a za dugoročnu prognozu trebaju podaci za višegodišnji niz oluja.<sup>74</sup>

Valovi se mogu opažati vizualno ili instrumentalno. Vizualno se procjenjuju valna visina i valni period te smjer rasprostiranja valova. Instrumentalno se valovi mjere na pojedinačnim točkama valografom koji ne može mjeriti smjer valova. Radi toga mu je obično pridružen anemograf. Valograf daje valni zapis pomaka fizičke površine mora u funkciji vremena. Iz njega se metodom uzlaznog ili silaznog presijecanja nule određuje broj valova, visine i valni periodi individualnih valova koji se kasnije statistički obrađuju u svrhu kratkoročnog ili dugoročnog prognoziranja. Instrument standardno daje 8 valnih zapisa dužine 5 – 15 min. dnevno.

Osnovni podaci za prognoziranje valova iz podataka o vjetru su:

- smjer,
- brzina,
- trajanje vjetra,
- privjetrište.

Privjetrište (*fetch*) je morska površina iznad koje puše vjetar generirajući valove, a prikazano je na slici 10. Bitno je odrediti dužinu i širinu privjetrišta u km.

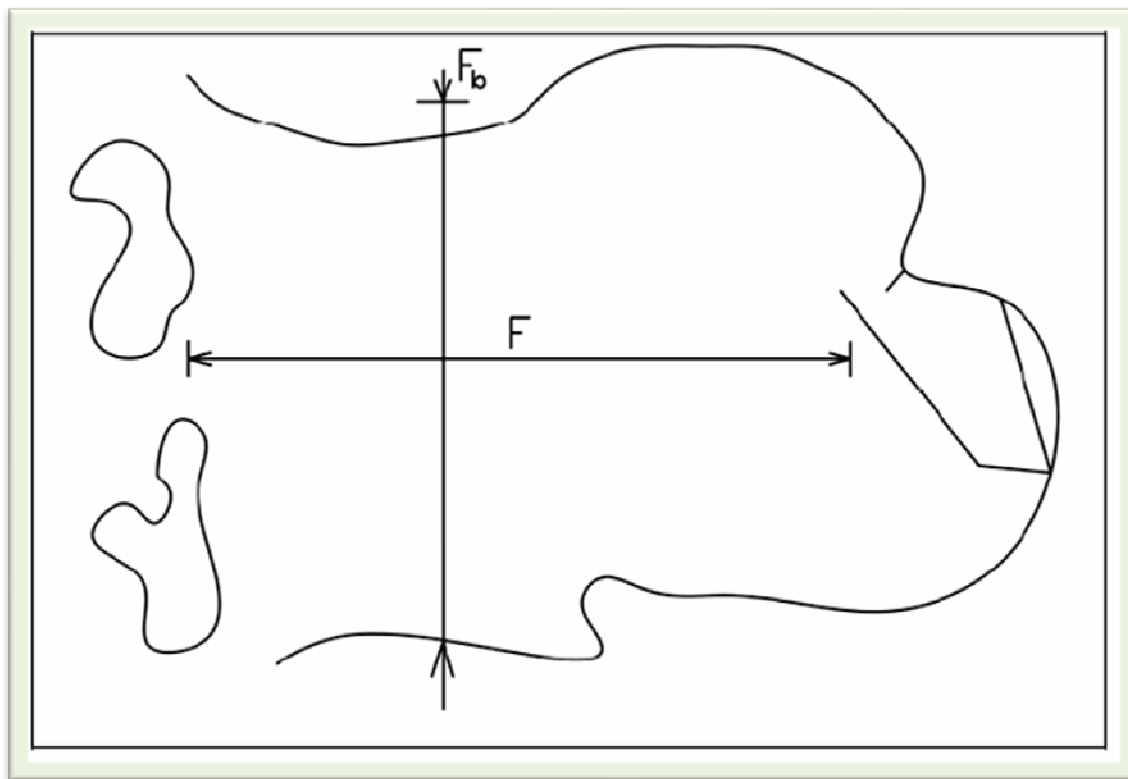
---

<sup>72</sup> Loc. cit.

<sup>73</sup> Loc. cit.

<sup>74</sup> Loc. cit.

Duljina privjetrišta označava se velikim slovom  $F$ , a širina  $F_b$ , što se vidi i na narednoj slici.



Slika 10. Privjetrište, Izvor: [www.grad.hr](http://www.grad.hr), 8.7.2013.

### 3.2.2. Projektni valovi

Djelovanje morskog okoliša odnosno vanjskih sila na pomorske lučke građevine, podrazumijeva ekstremna djelovanja. Ona se definiraju projektnim povratnim razdobljem (PR) koje može biti 5, 50, 100 ili više godina. Valno djelovanje uobičajeno se definira projektnom valnom visinom ( $H_{proj}$ ), koja je ovisna o vrsti proračuna i o tipu konstrukcije.<sup>75</sup>

Dvije su vrste proračuna pomorskih objekata:

- proračuni funkcionalnosti i
- proračuni konstrukcije

<sup>75</sup> <http://www.grad.hr>, 8.7.2013.



I proračuni funkcionalnosti i proračuni konstrukcija mogu se vršiti projektnim valovima i projektnim spektrom. Projektna valna visina i njeno povratno razdoblje ovisi o vrsti proračuna i o tipu konstrukcije što se vidi iz naredne tablice (7).

Tablica 7: Izbor projektne valne visine u ovisnosti o vrsti proračuna i tipu građevine

PROJEKTI VAL prognozirani (ili u rijetkim slučajevima izmjerni)		
<b>FUNKCIONALNOST GRAĐEVINE</b>		
1. AGITACIJA BAZENA (PREKRCAJNI DANI)	$H_{1/3}^{5\text{god}}$	VAL 5- GODIŠNJEG POVRATNOG RAZDOBLJA
2. PRELJEVANJE <sup>1)</sup>	$H_{\text{max}}^{5\text{god}}$	
	$H_{\text{max}}^{100\text{god}}$	VAL 100- GOD. POV. RAZD.
<b>PRORAČUN KONSTRUKCIJE</b>		
1. NASIPNE GRAĐEVINE	$H_{1/10}^{100\text{god}}$	VAL 100- GODIŠNJEG POVRATNOG RAZDOBLJA
2. VERTIKALNE STIJENE	$H_{\text{max}}^{100\text{god}}$	
3. GRAĐEVINE NA PILOTIMA		

Izvor: [www.grad.hr](http://www.grad.hr), 8.7.2013.

Iz tablice se može zaključiti kako se podaci o morskim valovima koriste za proračune funkcionalnosti, kao što su agitacija, prelijevanje i sl., te za proračune konstrukcije koji se odnose na definiranje dinamičkih opterećenja pomorskih građevina.

U tablici je posebno označeno prelijevanje. Naime preporučaju se dvije projektne valne visine – jedna s povratnim razdobljem od 5 godina i druga s povratnim razdobljem od 100 godina. To se može prikazati i slijedećim formulama:

$$1) \quad H_{\text{proj}} = H_{\text{max}}^{5\text{god}}$$

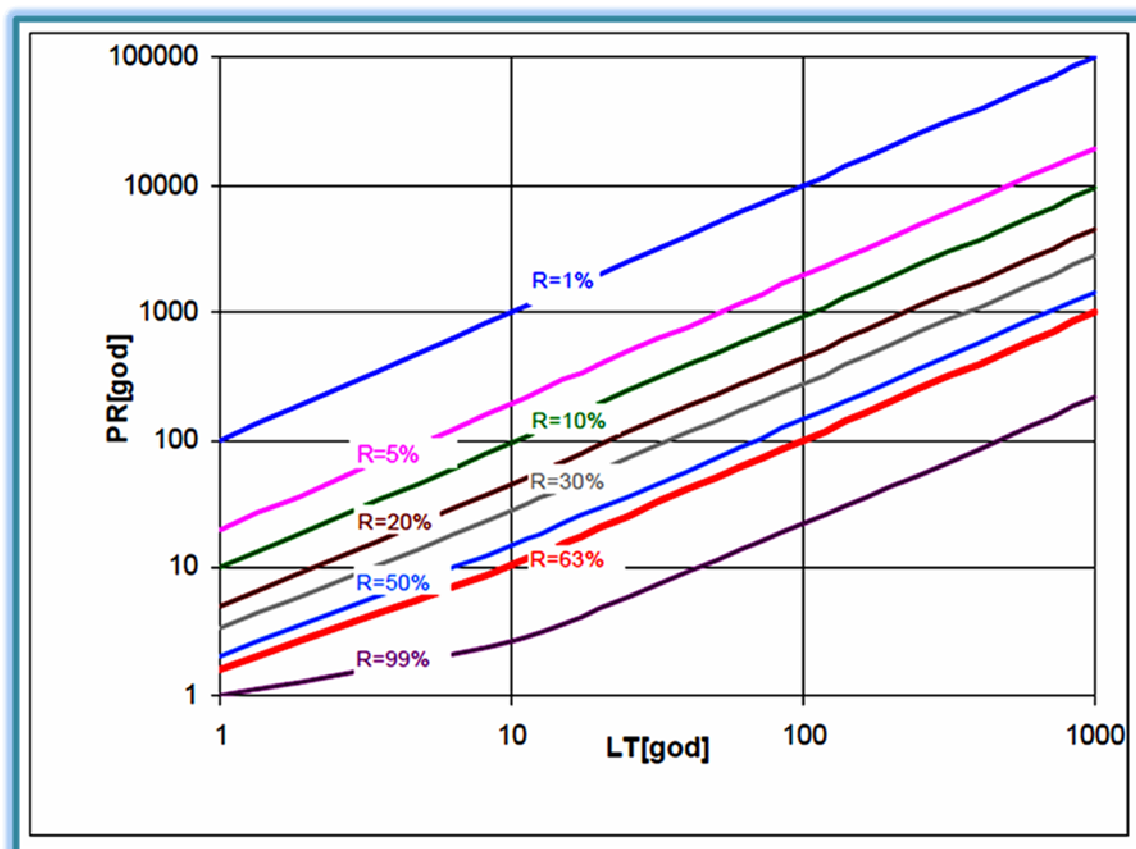
$$2) \quad H_{\text{proj}} = H_{\text{max}}^{100\text{god}}$$

Projektna valna visina s povratnim periodom od 5 godina u principu se preporuča i vrijedi za visinu prostora u luci i visinu krune lukobrana teretnih luka kod kojih se, u slučaju većih valova, može kontrolirati i zabraniti prolaz ljudi kako ne bi stradali.

Kod javnih luka, gdje se promet pješaka ne može kontrolirati, predlaže se projektna valna visina za prelijevanje s povratnim periodom od 100 godina. Ova projektna valna visina vrijedi i za prelijevanje nasipnog lukobrana, jer se stabilnost

obloge pokosa na lučkoj strani lukobrana računa pod pretpostavkom nepreljevanja.<sup>76</sup>

Rizik gubitka funkcije, oštećenja ili sloma građevine, u ovom slučaju lučke, definira se kao vjerojatnost izlaganja konstrukcije projektnom djelovanju, npr. valnoj visini, definiranog povratnog razdoblja u proračunskom radnom vijeku konstrukcije.<sup>77</sup>



Slika 11. Odnos rizika s povratnim periodom i proračunskim radnim vijekom konstrukcije  
Izvor: Pršić, M., Hidrotehničke građevine, dio IV., Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Zagreb, 2010.

Radi lakšeg razumijevanja prethodne slike treba istaknuti pojedina značenja, a to su:

R [1 %] – rizik izlaganja građevine projektnim uvjetima i težim od njih

PR [god] – povratno razdoblje razmatranog djelovanja na građevinu,

LT [god] – životni vijek građevine.

<sup>76</sup> Loc. cit.

<sup>77</sup> www.grad.hr, 9.7.2013.

Rizik se izračunava prema izrazu:

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{PR}\right)^{LT}$$

Treba još naglasiti kako je rizik oštećenja ili sloma građevine, u slučaju da su proračunski radni vijek i povratno razdoblje projektnog djelovanja jednaki, vrlo velik i iznosi čak 63%.

Prihvatljivi rizik definira se preko zakonski propisanog povratnog razdoblja i u zakonski propisanom proračunskom radnom vijeku konstrukcije. Tako najčešći prihvatljivi rizik za povratno razdoblje od 100 godina i životni vijek građevine od 50 godina iznosi 39,3%.<sup>78</sup>

### 3.3. Morske mijene

Morske mijene su plima i oseka. Definiraju se kao naizmjenično dizanje i spuštanje razine mora nastalo pod utjecajem gravitacijske sile od strane Mjeseca i Sunca u odnosu na Zemlju. Odražavaju se kao vertikalna gibanja morske razine i horizontalno premještanje vodenih masa.<sup>79</sup>

U toku jednog mjeseca amplituda mijena varira. Period mjesečne varijacije morske mijene je pola sinodskog mjeseca.<sup>80</sup> Međutim, javlja se i tijekom dana. Dnevna varijacija morske mijene može se javiti s jednim ili dva perioda. Jednodnevna mijena ima period 24 sata i 50 minuta, a poludnevna 12 sati i 25 minuta.<sup>81</sup>

Na narednoj slici prikazan je mjesečni mareogram.<sup>82</sup> Vidi se da u doba sizigija Sunce, Mjesec i Zemlja dođu u konjunkciju, mlađ, ili opoziciju – puni mjesec, kada su amplitude mijena maksimalne. Mijene toga vremena su žive mijene, a odgovaraju im živi razovi.<sup>83</sup>

<sup>78</sup> Pršić, M., Hidrotehničke građevine, dio IV., Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Zagreb, 2010., str. 83

<sup>79</sup> <http://hr.wikipedia>, 11.7.2013

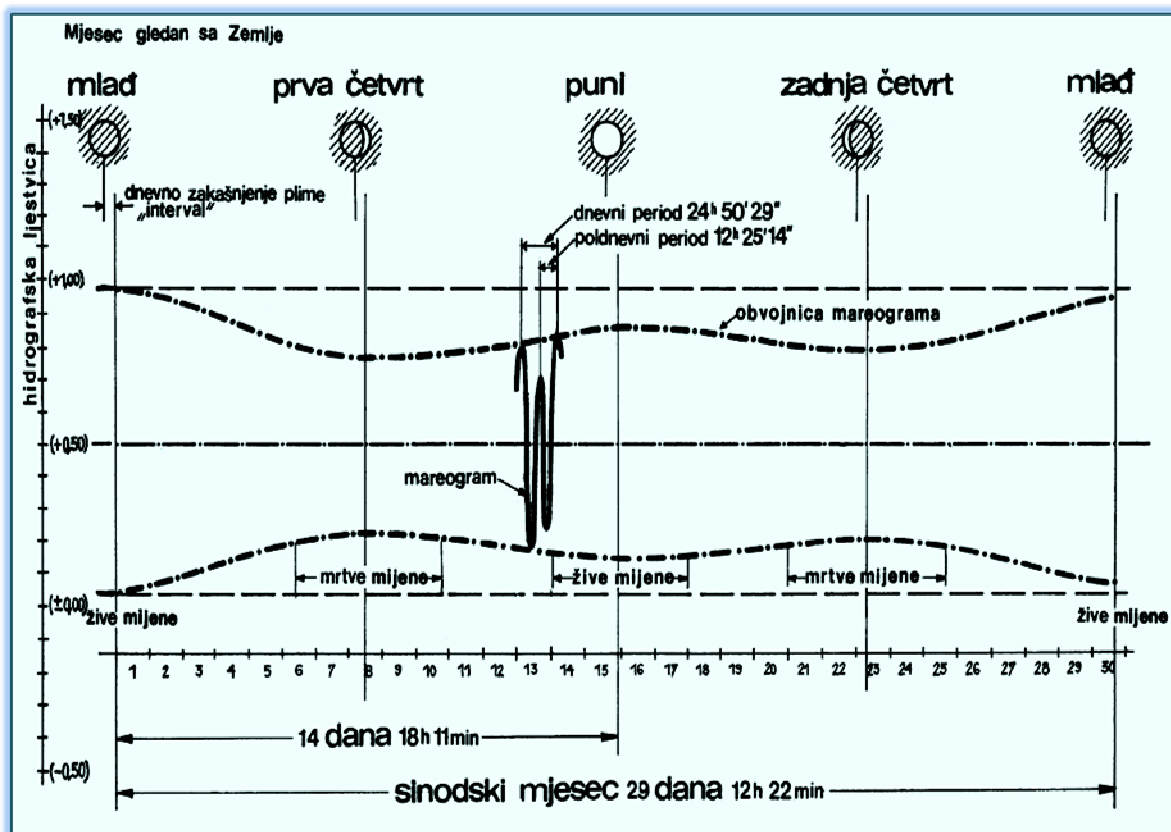
<sup>80</sup> Sinodski mjesec je vrijeme između dva jednako vidljiva položaja Mjeseca, a traje 29 dana 12 h i 22 min., Izvor: [www.grad.unizg.hr](http://www.grad.unizg.hr), 7.7.2013.

<sup>81</sup> Loc. cit.

<sup>82</sup> Mareogram je krivulja koja pokazuje kolebanje morske razine u određenom razdoblju. Izvor: [www.scribd.com](http://www.scribd.com), 12.7.2013.

<sup>83</sup> [www.grad.unizg.hr](http://www.grad.unizg.hr), 21.7.2013.

U doba kvadratura, tj. za vrijeme prve i zadnje četvrti, amplitude mijene su najmanje, a mijene tog razdoblja su mrtve mijene. Njima odgovaraju mrtvi razovi. Znači, u 29 dana 12 sati i 22 minute, dva puta se javljaju žive i dva puta mrtve mijene.



Slika 12. Mjesečni mareogram, Izvor: www.grad.unizg.hr. 2.8.2013

Mijene na Jadranu su poludnevnog tipa u vrijeme sizigija tj. u vrijeme mlađa i punog mjeseca, a jednodnevnog tipa u vrijeme kvadrature odnosno u prvju i zadnju četvrti.<sup>84</sup>

Morske mijene utječu na obale i plovidbu osciliranjem vodostaja i plimnim strujama. Promjene morske razine u nekim lukama imaju velik utjecaj na plovidbu i odvijanje lučkih operacija. No treba istaknuti kako, za područje našeg dijela Jadrana, valovi koji nastaju kao posljedica morskih mijena nemaju veći utjecaj na pomorske objekte. Ipak, kod projektiranja luka, ne smije ih se zanemariti.<sup>85</sup>

<sup>84</sup> Ibid., str. 93

<sup>85</sup> Loc. cit.

### 3.4. Morske struje

Morske struje su horizontalna kretanja morske vode. One su u Jadranskom moru dio sistema sredozemnih morskih struja. Kreću se u obrnutom smjeru od kretanja kazaljke na satu, a glavni razlog tome je Zemljina rotacija. Zato topla struja prolazi uz istočnu, hrvatsku obalu Jadranskog mora, od juga prema sjeveru, a izlazi uz jugozapadnu, talijansku obalu od sjevera prema jugu. Kako je Sredozemlje relativno zatvoreno more, morske struje u svim njegovim dijelovima, pa tako i u Jadranu, su razmjerno slabe.<sup>86</sup>

Morske struje se uz hrvatsku obalu Jadranskog mora kreću sporije nego uz talijansku i to zbog velikog broja otoka. Jačina morskih strujanja je konstantna i iznosi od 0,5 do 1 čvora. Samo u uskim prolazima između otoka i rtova strujanja mogu dosegnuti jačinu do 4 čvora. Brzine tih struja nisu velike, između 10 i 20 cm/s. Razlikuju se dvije osnovne vrste morskih struja:<sup>87</sup>

- periodične i
- neperiodične.

Periodične morske struje su posljedica periodičnih pojava morskih mijena. Neperiodične morske struje su neredovite i nestabilne. One nisu pravilne ni smjerom ni brzinom.<sup>88</sup>

Morske struje se mogu mjeriti indirektno i direktno. Najpoznatija indirektna metoda je metoda geostrofičke aproksimacije za koju je potrebno poznavanje temperature i saliniteta. Za direktno mjerenje koriste se Lagrangeova i Eulerova metoda.<sup>89</sup>

U projektu luke, utjecaj morskih struja ispituje se s obzirom na njihovo djelovanje na brod pri maloj brzini plovidbe (manevriranju) u uvjetima slabe struje i uz značajno djelovanje vjetera. Potrebno je istražiti utjecaj struja na taloženje materijala u luci jer mehanički utjecaj valova i struja može izazvati zasipanje i eroziju obala.<sup>90</sup>

---

<sup>86</sup> <http://bs.wikipedia.org/wiki>, 19.08.2013.

<sup>87</sup> Jadransko more, Istarska enciklopedija, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, Zagreb, 2008.

<sup>88</sup> <http://skola.gfz.hr>, 20.8.2013.

<sup>89</sup> [www.gradst.hr](http://www.gradst.hr), 22.8.2013.

<sup>90</sup> [www.pfst.hr](http://www.pfst.hr), 19.8.2013.

### 3.5. Oborine, vidljivost, temperatura, vlažnost i magla

Oborine nastaju kondenzacijom ili desublimiranjem postojeće vlage u zraku. Mogu nastajati izravno na tlu, poput inja, rose, mraza, a mogu nastati i u zraku (u oblaku) iz kojeg na tlo padaju kao tekuća (kiša, rosulja) ili smrznuta voda (tuča, solika, snijeg). Nakon pada na tlo, agregatno stanje oborine se može promijeniti.<sup>91</sup>

Osnovna podjela oborina:

- Horizontalne oborine - rosa, mraz, inje, poledica.
- Vertikalne oborine - kiša, rosulja, snijeg, led, tuča, solika.

Količina oborine ovisi o dva faktora: vlažnosti zračne struje i o vertikalnim strujanjima unutar nje. Zbog samog položaja naše obale i brojnih planinskih lanaca, godišnje količine oborina su velike na primorskim stranama i vrhovima planina uz obalu zbog učestalog dizanja zraka. Godišnja količina oborina smanjuje se od sjevera prema jugu zbog većeg utjecaja Alpa na sjeverni Jadran. Najmanja godišnja količina oborine nalazi se na samoj pučini srednjeg i južnog Jadrana. Dakle, učestalost i prosječna količina oborina karakteristični su za odgovarajuća zemljopisna područja. To je vidljivo i iz sljedećeg tabličnog i grafičkog prikaza ukupne količine oborine u pojedinim mjestima na Jadranu u 2012. godini.

Tablica 8: Ukupne godišnje količine oborine u 2012. na pojedinim meteorološkim stanicama Državnog hidrometeorološkog zavoda

Klimatološka postaja	Godišnja količina oborine (mm)
Dubrovnik	1.202,5
Hvar	789,0
Makarska	837,9
Rijeka	1.695,9
Rovinj	678,8
Šibenik	666,0
Palagruža	318,3

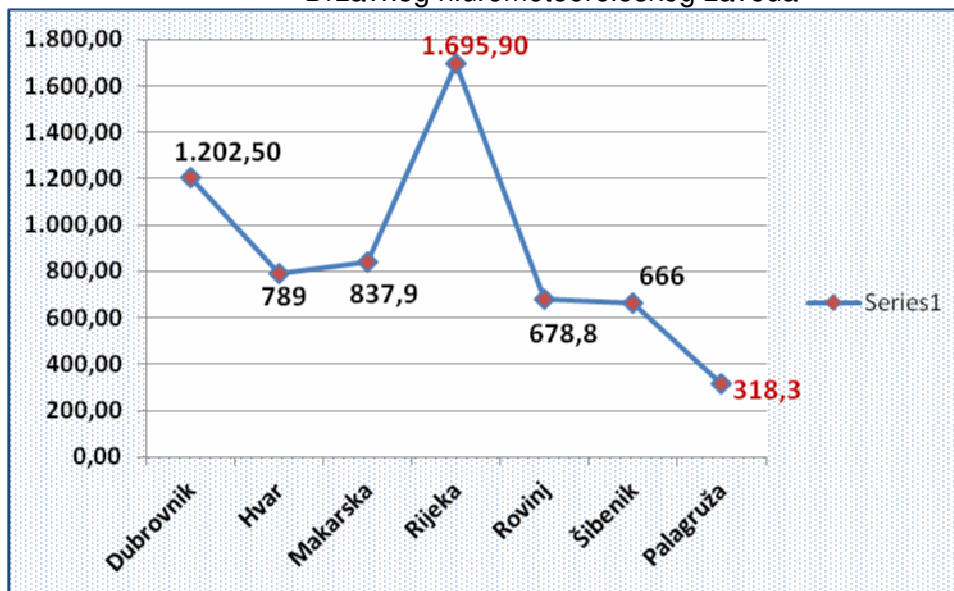
Izvor: Državni hidrometeorološki zavod

Iz prethodne tablice se vide velike razlike u količini padalina u 2012. godini, a razlog tome je prethodno i pojašnjen. Među odabranim meteorološkim

<sup>91</sup> <http://hr.wikipedia.org/wiki>, 19.8.2013.

postajama DHMZ, najviše oborina ima Rijeka, a najmanje Palagruža. Te će razlike biti još uočljivije na sljedećem grafičkom prikazu.

Graf 4. Ukupne godišnje količine oborine u 2012. na pojedinim meteorološkim stanicama Državnog hidrometeorološkog zavoda



Izvor: Autor prema tablici 8 – Ukupne godišnje padaline u 2012. godini (mm) na pojedinim meteorološkim postajama

Magla je meteorološka pojava u prizemnom sloju troposfere, prizemni oblak vodenih kapljica ili ledenih kristala koji su toliko sitni i lagani da uspijevaju lebdjeti u zraku. Njihov polumjer je 2-130  $\mu\text{m}$ . Vidljivost pri magli je manja od 1 km, ali u pojedinim situacijama može biti manja od 50 m što je naročito karakteristično na području uz zapadnu istarsku obalu. Tamo se magla i najčešće javlja na Jadranu, i preko deset dana u godini, no bilježi se i u srednjem Jadranu.<sup>92</sup>

Po svom postanku magle se dijele na:<sup>93</sup>

- magle unutar jedne zračne mase;
- magle na granici dviju zračnih masa – frontalne magle.

Učestalost magle se povećava s približavanjem obali, osobito na zapadnoj obali Istre. Iako se magla može dogoditi u bilo kojem mjesecu, u zimskom razdoblju je mnogo češća, a rijetko se javlja ljeti. Najčešće su advektivne magle koje, po svom postanku, pripadaju maglama unutar jedne zračne mase. One nastaju kada vlažan i topao zrak dođe u dodir s hladnom podlogom odnosno s

<sup>92</sup> <http://jadran.gfz.hr>, 28.7.2013

<sup>93</sup> <http://jadran.gfz.hr>, 21.8.2013

hladnijim vodenim masama u sjevernom Jadranu do kojeg dolazi zagrijani zrak od rijeke Po.<sup>94</sup>

Magla uglavnom kratko traje osim u izuzetno stabilnim zimskim situacijama te se ne može održati zbog izražene izmjene zračnih masa između mora i kopna. U ljetnom razdoblju maglu „razgoni“ zmorac i burin te maestral, a zimi bura, kada je vidljivost na Jadranu i najveća.<sup>95</sup>

U zraku uvijek postoji više ili manje vodene pare što znači da se radi o vlažnosti zraka. Ima nekoliko veličina pomoću kojih se vlagu u zraku prati i opisuje, poput tlaka vodene pare, apsolutne vlažnosti, relativne vlažnosti i drugih.

Apsolutna vlažnost je masa vodene pare u kubičnom metru zraka. Izražava se u gramima po kubičnom metru.

Relativna vlažnost zraka pokazuje količinu vlage sadržane u zraku - relativno prema najvećoj količini koju može teoretski sadržavati. Temperatura zraka igra posebno važnu ulogu. Relativna vlažnost zraka veća je pri nižoj, a manja pri višoj temperaturi zraka. Minimum vlage u zraku je ljeti, posebno u srpnju, a maksimum krajem jeseni ili početkom zime. Treba još istaknuti kako najviše izrazito vlažnih dana imaju otoci, a taj se broj smanjuje prema obali zbog puhanja bure.<sup>96</sup>

Zrak se grije uslijed dugovalnog zračenja tla. Na temperaturu zraka na obali djeluju tlo i more. More se zbog svojih radijacijsko-apsorpcijskih svojstava sporije grije, ali se i sporije hladi, te nikad nema temperaturne ekstreme poput tla ili zraka. S povećanjem nadmorske visine snižava se temperatura zraka te je ona pod manjim utjecajem mora. Temperatura se mjeri na 2 m iznad površine zemlje, s time da se termometar odnosno termograf nalaze u zaklonu. Vrijednost se najčešće izražava u stupnjevima Celsiusa.<sup>97</sup>

Oborine, vidljivost, temperatura, vlažnost i magla utječu na smanjenje učinka rada u lukama, a u ekstremnim veličinama mogu dovesti i do prekida rada. Vrijednosti tih pojava ovise o zemljopisnom položaju luke, a izražavaju se prosječnim mjesečnim, sezonskim ili godišnjim brojem dana.

---

<sup>94</sup> Loc. cit.

<sup>95</sup> <http://www.sibenik-meteo.com>, 14.8.2013.

<sup>96</sup> Loc. cit.

<sup>97</sup> Loc. cit.



## 4. PRIMJERI UTJECAJA VANJSKIH SILA U LUKAMA ROVINJ I GRUŽ

### 4.1. Dogradnja južne gradske luke Rovinj

Lukom Rovinj upravlja Lučka uprava Rovinj. To je luka županijskoga značaja, koja je otvorena i za javni međunarodni promet. Polivalentnoga je karaktera i organizirana kao lučki bazen u kojem, osim javnih prometnih sadržaja, djeluju i luke posebnih namjena. Lučko područje čine:<sup>98</sup>

- Sjeverna luka Valdibora i
- Južna gradska luka Rovinj.

Južna luka se sastoji od putničko-trgovačke luke Andana sa srednjom dubinom od 6 m. Prema istoku lučki bazen se proširuje na uvale Squeri i Sabionera, a sve zajedno, s ACI-marinom sačinjava akvatorij južne gradske luke, koji se naziva i luka Sv. Katarine. Taj je prostor na sjeverozapadu omeđen starim lukobranom odnosno Velikim Molom. S južne strane, na predjelu Monte molini, proteže se lukobran ACI marine, a na zapadu, između navedenih lukobrana, nalazi se otok Sv. Katarina.<sup>99</sup>

Već postojeći lukobrani pružaju značajnu, ali ne dostatnu zaštitu plovilima i elementima obalogradnje unutar lučkog bazena. Naime, iz iskustva se zna, a iz analize vjetrovalne klime je potvrđeno da je južna luka Rovinj izložena naletima snažnih vjetrova iz III (SW) i IV (W – NW) kvadranta. Iz drugih smjerova luka je optimalno zaštićena. Stoga je neophodna izgradnja još dva lukobrana i to sa ishodištem na sjevernom i na južnom dijelu otoka Sv. Katarine. Lukobrani će se preklapati s Velikim molom i s lukobranom ACI-marine te tako zatvoriti direktan prodor razornih valova iz SW, W i NW smjerova.<sup>100</sup>

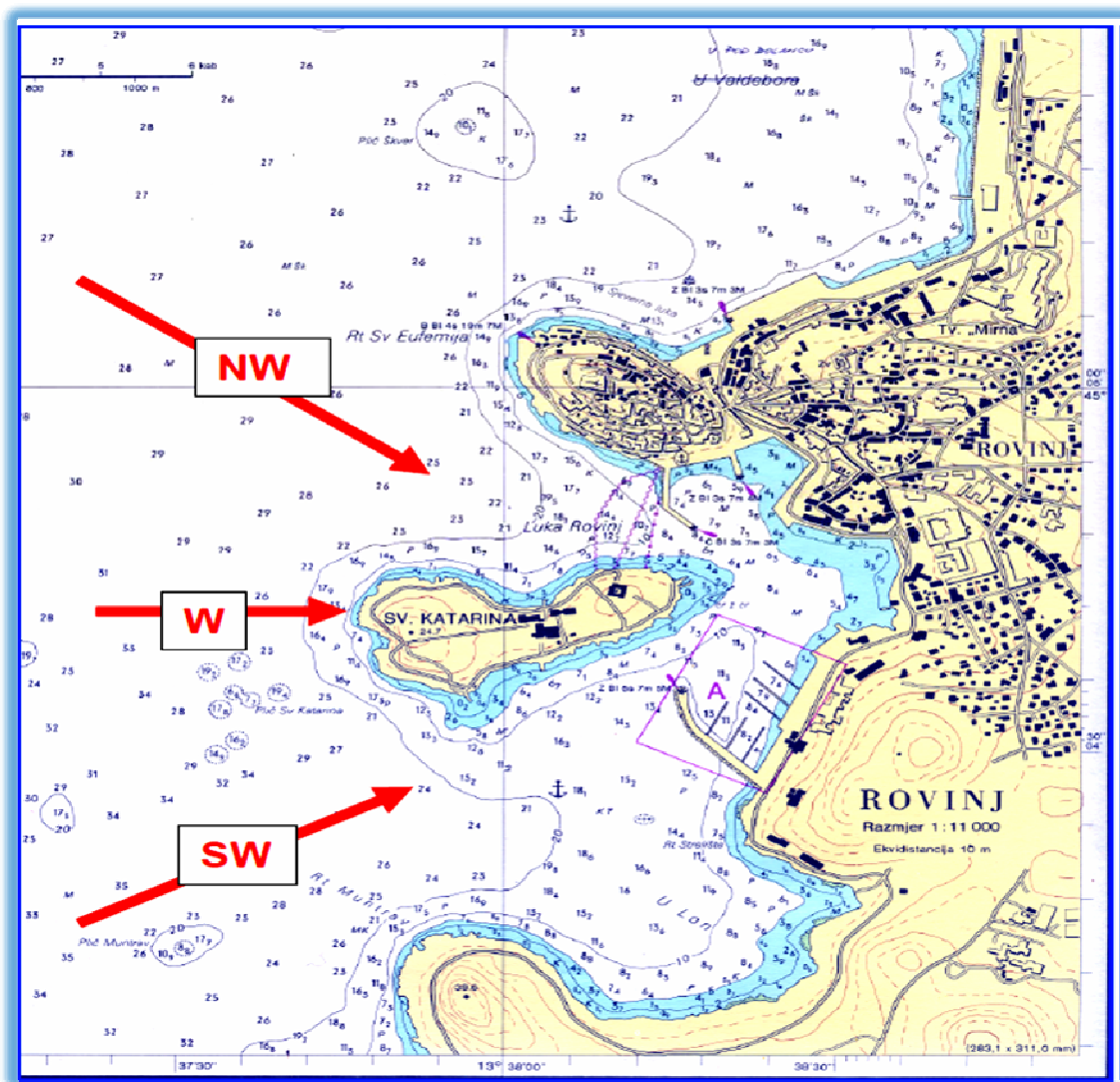
U zadnjem desetljeću, ukupan broj i veličina plovila na stalnom vezu u rovinjskoj južnoj luci znatno je povećan, a uz to ima i daljnju tendenciju rasta.

<sup>98</sup> <http://istra.lzmk.hr>,17.8.2013.

<sup>99</sup> <http://rovinj.hr>, 24.8.2013.

<sup>100</sup> [www.istra-istria.hr](http://www.istra-istria.hr),6.8.2013.

Međutim, izgrađenost i opremljenost lučke infrastrukture trenutno ne pružaju uvjete za postavljanje neophodnih dodatnih privezišta. Iako je ovaj akvatorij dovoljno prostran za prihvat većeg broja plovila, zbog izloženosti jakom vjetru i snažnim valovima iz zapadnog i jugozapadnog smjera, nemoguće je postavljati odgovarajući broj gatova za siguran vez plovila.



Slika 13. Akvatorij južne gradske luke Rovinj sa označenim smjerovima vjetra iz III. i IV. kvadranta, Izvor: [www.istra-istria.hr](http://www.istra-istria.hr), 22.8.2013.

Na slici 13. prikazan je akvatorij južne gradske luke Rovinj sa, kako je vidljivo iz naslova slike, označenim smjerovima vjetra koji ugrožavaju sigurnost plovila unutar lučkog bazena, a to su vjetrovi iz III. i IV. kvadranta koji imaju NW, W i SW smjerove.

Najugroženiji dio južne gradske luke prostire se unutar krajnjeg istočnog dijela akvatorija i zahvaća uvale Skveri, Val de je I Laco i Sabionera. Taj prostor obuhvaća približno trećinu korisnog dijela južne gradske luke. Upravo stoga Lučka uprava Rovinj i grad Rovinj odlučni su u nastojanju što bržeg realiziranja ideje o izgradnji potrebnih valobrana i unutarnjih gatova, a sve radi smirivanja već spomenutih vjetrovnih valova.

Kod projektiranja izvedbe planiranih radova, posebna pažnja, uz poštivanje svih ostalih elemenata projekta, mora biti usmjerena na djelovanje vanjskih sila, koje su glavni uzrok ugroženosti prometa u lučkom bazenu južne gradske luke Rovinj i potrebe dogradnje već postojeće luke.

#### **4.1.1. Vanjske sile koje imaju najveći utjecaj na projektiranje dogradnje luke Rovinj**

Gledano klimatološki, Rovinj ima mediteransku klimu. Na temelju recentnih meteoroloških mjerenja, dobiveni su sljedeći podaci:<sup>101</sup>

- srednja godišnja temperatura iznosi 13,5° C;
- prosječna temperatura u siječnju iznosi 4,8°C;
- prosječna temperatura u srpnju iznosi 22,3°C;
- temperatura mora je od sredine lipnja do sredine rujna viša od 20°C;
- prosječno godišnje osunčavanje iznosi približno 2 400 sati;
- od sredine svibnja do sredine rujna, prosječno dnevno osunčanje duže je od 10 sati;
- godišnje padaline iznose od 850 do 950 mm;
- godišnji prosjek vlage iznosi 72%.

##### 4.1.1.1. Vjetrovna klima Rovinja

S obzirom da je akvatorij južne gradske luke u Rovinju većim dijelom okružen kopnom, za očekivati je da će vjetrovi unutar zaljeva biti slabiji nego na otvorenom moru ispred Rovinja. Prema vizualnim opažanjima, ali i prema pokazateljima dobivenih mjernim instrumenata, luka je izravno izložena vjetrovima iz III i IV

---

<sup>101</sup> [www.istra-istria.hr](http://www.istra-istria.hr), 22.8.2013.

kvadranta. Iz naredne tablice je vidljiva učestalost pojedinih vjetrova prema podacima meteorološke postaje u Rovinju.

Tablica 9. Prosječna godišnja učestalost vjetra (‰) po jačini i smjerovima u Rovinju za razdoblje od 1951. – 2000. god.

Smjer vjetra	Jačina vjetra (Bf)													Σ
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
N		25,5	13,4	4,1	1,1	0,2	0,1	0,0						44,3
NNE		15,3	14,9	4,9	2,0	0,8	0,2	0,0						38,1
NE		72,2	48,9	12,9	5,9	1,9	0,5	0,0	0,0					142,2
ENE		26,2	39,7	11,4	4,3	1,8	0,6	0,1						84,0
E		19,6	17,5	4,8	1,6	0,8	0,1	0,1						44,4
ESE		10,0	20,4	5,6	2,0	0,4	0,1	0,0						38,5
SE		51,7	39,3	25,9	8,4	2,2	0,5	0,2	0,1		0,0			128,2
SSE		12,1	13,2	10,7	4,3	1,0	0,2	0,0						41,4
S		5,2	5,0	4,9	1,9	0,8	0,3	0,0						18,1
SSW		3,8	8,3	9,1	3,7	0,6	0,1	0,0						25,5
SW		9,3	16,7	13,2	4,0	1,2	0,2	0,1	0,0					44,6
WSW		2,3	10,4	13,7	5,2	0,9	0,2	0,1	0,0					32,8
W		3,6	7,0	6,6	1,7	0,3		0,0						19,1
WNW		6,2	8,9	9,1	3,2	0,3	0,0							27,8
NW		34,2	33,7	23,4	3,5	0,4	0,1		0,0					95,3
NNW		9,4	9,4	5,7	1,6	0,2	0,0	0,0						26,3
C	149,4													149,4
Σ	149,4	306,5	306,7	165,9	54,3	13,4	3,0	0,6	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	1000

Izvor: <http://www.istra-istria.hr>, 22.8.2013.

Iz tablice 9. se vidi da su najučestaliji smjerovi od bure (142‰) i juga (128‰). Nasuprot buri i jugu, kao najučestalijim vjetrovima, ali i onima koji nemaju bitni negativni utjecaj u akvatoriju južne gradske luke, učestalost vjetrova iz III. i IV. kvadranta, koji u tom području stvaraju najviše problema, je mnogo manja i iznosi:

- III. kvadrant (SW) – 44,6‰
- IV. kvadrant (W) – 19‰
- IV. kvadrant (NW) – 95,3‰

Treba još istaknuti, a što se također vidi iz prethodne tablice, da je učestalost vjetra snage of 1– 3 Bf 767‰, od 4–5 Bf 68‰, a vjetrovi jači od 6 Bf imaju učestalost od svega 4‰. Razdoblja tišine su iznimno dugačka, u ukupnom trajanju od 149‰.

Najviše trenutačne jačine vjetra po osnovnim kvadrantima mogu iznositi 8 i do 10 Bf što je i prikazano u tablici 10.

Tablica 10. Najveće zabilježene jačine vjetra po kvadrantima za Rovinj za period 1951.– 2000. godine

1. KVADRANT	2. KVADRANT	3. KVADRANT	4. KVADRANT
Bura/grego/levant N/NE/ENE	Jugo/oštro E/SE/S	Lebić/grbin SW	Ponenat W/NW
8 Bf	10 Bf	8 Bf	8 Bf
Akvtorij južne gradske luke <b>zaštićen</b>		Akvtorij južne gradske luke <b>ugrožen</b>	

Izvor: www.istra-istria.hr,22.8.2013.

Za generiranje visokih valova, pored jačine vjetra i dubine privjetrišta, od posebnog je značaja trajanje vjetra iz jugozapadnog i sjeverozapadnog smjera. Ovi su podaci prikazani u narednoj tablici (11).

Tablica 11. Srednje trajanje (u satima) jakih i olujnih vjetrova iz pravca SW i NW u Rovinju za razdoblje 1951. – 2000. godine

JAČINA VJETRA	TRAJANJE VJETRA U SATIMA	
	Jugozapadni (SW)	Sjeverozapadni (NW)
6 – 7 Bf	27,5	3,7
Jači od 8 Bf	5,5	0,6

Izvor: www.istra-istria.hr,22.8.2013.

Tablica 12. Relativne čestine (%) trajanja olujnog vjetra ( $\geq 8$  Bf) u ovisnosti o smjeru vjetra

TRAJANJE	S – WSW	W - NNW	$\Sigma$
< 1 h	272,8	90,9	363,7
1 – 2 h	0,0	0,0	0,0
> 2 h	272,7	90,9	363,6
pp		90,9	90,9
kv	90,9		90,9
n	90,9		90,9
$\Sigma$	727,3	272,7	1000,0

Izvor: www.istra-istria.hr, 22.8.2013.

Iz podataka o srednjem trajanju jakog i olujnog vjetra, 6 – 7 Bf i jači od 8 Bf, iz kritičnih jugozapadnih i sjeverozapadnih smjerova, prikazanih u tablici 11., te iz

podataka u tablici 12. o relativnim čestinama trajanja najviših zabilježenih jačina vjetra iz istih smjerova, vidljivo je da se pojava najjačih vjetrova prosječno proteže u trajanju manjem od jednog dana. Također se uočava da je pojava vjetrova iz navedenih smjerova najčešća tijekom popodnevnih i noćnih sati. Ovdje treba objasniti iznačenje kratica navedenih u tablici 12., a to su:

- pp – od 12 h do zalaska sunca,
- kv – od zalaska sunca do 24 h,
- n – noću

U proteklom 50–godišnjem razdoblju, vjetar iz SW i NW kvadranta olujne jačine zabilježen je u samo 11 slučajeva. Gotovo tri puta češće se javlja iz SW kvadranta nego iz NW. Najviše je slučajeva olujnog vjetra iz oba kvadranta bilo u trajanju od manje od jednog sata, ali ne duže od dva sata. Najduže trajanje olujnog vjetra iz smjera SW zabilježeno je 20.08.1958. godine u trajanju od 6 sati i 45 minuta.<sup>102</sup>

Zbog što cjelovitijeg uvida u vjetrovnu klimu za područje Rovinja i za izračun vjetrovalne klime, analizirani su podaci o učestalosti smjera i jačini odnosno brzini vjetra izmjerenih u različitim vremenskim intervalima na tri klimatološke postaje smještene uz zapadnu obalu Istre, a to su: Rovinj, Pula–aerodrom i Celega kraj Umaga. Kada se za sve postaje analizira pojava jakog vjetra jačine 4–5 Bf i olujnog vjetra jačine 6 – >7 Bf iz svih smjerova, dobiva se srednja godišnja učestalost snažnih vjetrova koja iznosi približno 613 sati, odnosno ukupno 25,6 dana što u postocima iznosi manje od 7% godišnje. Daljnja analiza o trajanju svih vjetrova pokazuje da najduže može trajati puhanje jake bure ili jakog juga. Međutim, u Rovinju iz kritičnih smjerova, WSW olujni garbin/lebić može kontinuirano trajati najviše 1–2 dana, a najopasniji ponenat (W) traje svega nekoliko sati, koliko zapravo traju i sezonske nevere na tom području. Jugo i bura su najučestaliji tijekom jeseni i zimi.<sup>103</sup>

Ista analiza je pokazala kako je najveća učestalost tišine zabilježena na području Rovinja, a iznosi 14,9%. Za Pulu-aerodrom iznosi 4,4%, a za Celegu

---

<sup>102</sup> <http://www.istra-istria.hr>, 22.8.2013.

<sup>103</sup> Ibid., str. 32

svoga 0,2%. To potvrđuje da područje Rovinja spada u red vjetrom zaštićenih područja.<sup>104</sup>

#### 4.1.1.2. Vjetrovalna klima

Ranije je već spomenuto kako je akvatorij južne gradske luke u Rovinju dobro zaštićen od najučestalijih vjetrova kao što su bura i jugo (SE i NE). Stoga se tijekom projektiranja dogradnje ovog dijela luke, pozornost treba usmjeriti na jake vjetrove iz smjera SW, W ili NW (garbin/lebić, ponenat ili tramontana) koji, posebno ljeti i u jesen, ponekad izazivaju velike valove razorne snage, a mogu predstavljati i veliku opasnost za plovne i druge objekte na obali. Uostalom, upravo zbog nezaštićenosti luke od takvih vjetrova i valova koji oni uzrokuju, javila se potreba dogradnje luke novim lukobranima uz već postojeće.

Na osnovi već spomenutih podataka o vjetrovnoj klimi za područje Rovinja, prikupljenih na meteorološkim postajama Rovinj, Pula-aerodrom i Umag – Celega, izračunate su vjerojatne visine značajnih i maksimalnih valova. Naredne tablice, 13. i 14., prikazuju zbirni prikaz dobivenih vrijednosti.

Tablica 13. Očekivane visine valova na ulaznom dijelu južne gradske luke u Rovinju u odnosu na najnepovoljnije smjerove, na snagu vjetra i na dubinu privjetrišta

SNAGA VJETRA (Bf)	Sektor SSW-SW-WSW (240°) garbin/lebić Dubina privjetrišta 77 nM		Sektor WNW-NW-NNW (290°) ponenat/tramontana Dubina privjetrišta 49 nM	
	Trajanje vjetra (h)	Očekivana visina vala (m)	Trajanje vjetra (h)	Očekivana visina vala (m)
4	14	0,9	10	0,7
5	11	1,7	8	1,0
6	10	2,6	7	1,7
7	9	3,2	6,5	2,1
8	8	3,5	6	2,4

Izvor: www.istra-istria.hr, 22.8.2013.

<sup>104</sup> Loc. cit.



Iz tablice se vidi kako visina valova ovisi o više elemenata. Uz samu snagu vjetra, veliku ulogu ima njegov smjer, ali i trajanje.

Tablica 14. Dubokovodni valni parametri na ulaznom dijelu južne gradske luke u Rovinju u odnosu na najnepovoljnije smjerove vjetra

Povratno razdoblje (god)	Smjer vjetra SW 240°		Smjer vjetra W 270°		Smjer vjetra NW 290°	
	Značajna valna visina $H_{so}$ (m)	Maksimalna valna visina $H_{max}$ (m)	Značajna valna visina $H_{so}$ (m)	Maksimalna valna visina $H_{max}$ (m)	Značajna valna visina $H_{so}$ (m)	Maksimalna valna visina $H_{max}$ (m)
2	2.2	3.6			1.7	2.7
5	2.4	4.2	2.0	3.5	1.8	3.0
10	2.8	4.7			2.0	3.2
20	3.1	5.5			2.1	3.5
50	3.6	6.1			2.2	3.7
100	4.0	7.0	2.8	5.0	2.3	4.0

Izvor: www.istra-istria.hr, 22.8.2013.

Za projektiranje objekata obalogradnje uzimaju se vrijednosti značajnih i maksimalnih visina valova s povratnim razdobljem od 5 i 100 godina. Iz zbirnog prikaza dobivenih vrijednosti u tablicama 13. i 14. može se zaključiti da najviše značajne valne visine, ovisno o smjeru, iznose 1.8 do 2,4 m s povratnim razdobljem od 5 godina, odnosno 2,3 do 4,0 m s povratnim razdobljem od 100 godina. Maksimalne valne visine, čije se vrijednosti koriste za projektiranje objekata obalogradnje, kreću se od 3,0 do 4,2 m s povratnim razdobljem od 5 godina, a za 100-godišnje razdoblje iznose od 4,0 do 7,0 m.<sup>105</sup>

#### 4.1.1.3. Morske mijene i razine mora

Djelovanjem plimotvorne sile morska razina periodički oscilira odnosno dolazi do plime i oseke. Plima se definira kao vrijeme rasta razine mora, a oseka predstavlja vrijeme opadanja razine mora. Utjecaj plimotvorne sile može mijenjati razinu mora preko deset metara u svjetskim oceanima, a u Jadranskom moru, kao

<sup>105</sup> Loc. cit.



poluzatvorenom bazenu, od tridesetak centimetara u južnom Jadranu do jedan metar u sjevernom Jadranu.<sup>106</sup>

Plimotvorna gibanja u Jadranskom moru su mješovitog tipa. Period morskih mijena u sjevernom Jadranu je za vrijeme sizigija, tj. mladog i punog mjeseca, izrazito poludnevni što znači dvije visoke i dvije niske vode u jednom danu i s maksimalnim vertikalnim amplitudama. Za vrijeme kvadrature - prva i druga četvrt, period morskih mijena približava se jednodnevnom obliku odnosno jedna visoka i jedna niska voda dnevno. Promjene razine mora su tada najmanje. Period morskih mijena za sjeverni Jadran iznosi 12 h i 24'.<sup>107</sup>

Razina mora može znatno odstupati od normalnih vrijednosti. Razlozi za to su, između ostalog, ekstremni vjetrovni i barodinamički uvjeti. Za vrijeme jakih južnih vjetrova s vrlo niskim barometarskim tlakom, razina visoke vode može biti znatno povišena, dok je za vrijeme jakih bura s visokim barometarskim tlakom, niska voda znatno niža od očekivanih srednjih razina. Na sjevernom Jadranu promjena barometarskog tlaka od  $\pm 1$  hP prouzrokuje promjenu morske razine od približno  $\pm 1$  cm. Tako je, na temelju stvarno izmjerenih razina mora za razdoblje 1956.–1983. na mareografskoj postaji u Rovinju, utvrđeno da razlika između najviše i najniže stvarno zabilježenih razina mora za rovinjsko područje, izazvanih jakim burom ili snažnim jugom s odgovarajućom promjenom atmosferskog tlaka, može iznositi do 222 cm.<sup>108</sup>

Tablica 15. Statistička vjerojatnost ekstremnih razina mora za područje Rovinja

<b>POVRATNI PERIOD (godine)</b>	<b>10</b>	<b>50</b>	<b>100</b>
<b>Očekivane ekstremno visoke vode (cm)</b>	<b>217</b>	<b>231</b>	<b>243</b>
<b>Očekivane ekstremno niske vode (cm)</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
<b>OČEKIVANE APSOLUTNE RAZLIKE (cm)</b>	<b>207</b>	<b>226</b>	<b>236</b>

Izvor: www.istra-istria.hr, 22.8.2013.

U tablici 15. prikazana je statistička vjerojatnost ekstremnih razina mora (cm od hidrografske nule = 98.1) koje se mogu očekivati na području Rovinja s povratnim periodom od 10, 50 i 100 godina. Te vrijednosti služe kao referentne za projektiranje lučkih građevina.

<sup>106</sup> www.hhi.hr, 25.7.2013.

<sup>107</sup> Loc. cit.

<sup>108</sup> www.istra-istria.hr, 22.8.2013.

#### 4.1.1.4. Morske struje i izmjene morske vode

Kao duž cijele zapadne obale Istre, tako i za područje Rovinja, najveću učinkovitost na izmjenu voda imaju struje izazvane morskim mijenama. Te struje u ritmičkim vremenskim intervalima mijenjaju smjer i intenzitet, teku uglavnom paralelno s obalnom linijom, a najučestaliji smjerovi idu u pravcu NNW za vrijeme nastupa plime, odnosno SSE tijekom oseke. Struje izazvane vjetrom su manjeg značaja, jer su jaki vjetrovi na rovinjskom području kratkotrajni.<sup>109</sup>

Unutar bazena južne gradske luke nikada nisu izvršena mjerenja struja. Naime, za to nije postojao znanstveni interes, a zbog relativno male dubine samog bazena, s jedne strane, te poremećene vertikalne i horizontalne dinamičke ravnoteže vodenog stupca uslijed turbulencije koju proizvode pogonski propeleri mnogobrojnih plovila, s druge strane, takva mjerenja ne bi bila ispravna niti sa tehničkog niti sa statističkog gledišta. No, za potrebe projekta dogradnje luke, rađene su numeričke simulacije i to u odnosu na sadašnje stanje kako bi se vrijednosti mogle usporediti sa stanjem u odnosu na planiranu etapnu izgradnju sjevernog lukobrana na otoku Sv. Katarina, odnosno u odnosu na konačnu izgradnju sjevernog i južnog lukobrana. Rezultati pokazuju:<sup>110</sup>

- a) Vrijeme potrebno za izmjenu vodene mase unutar luke prije izgradnje novih lukobrana kreće se od 20 do 50 sati, ovisno o području unutar luke. Srednje vrijeme izmjene za cijeli lučki bazen iznosi približno 33,6 sati.
- b) Izgradnjom dodatnog sjevernog lukobrana, vrijeme potrebno za izmjenu vodene mase neće se bitno povećati. Može se očekivati da će srednje vrijeme potrebno za izmjenu vodenih masa iznositi približno 34,4 sata, što predstavlja smanjenje brzine od svega 2,3%.
- c) Nakon izgradnje drugog lukobrana, vrijeme izmjene morske vode će se produžiti do 39.6 sati, što predstavlja oko 15,1% duže vrijeme izmjene s obzirom na stanje nakon dogradnje prvog lukobrana.

---

<sup>109</sup> Ibid., str. 38

<sup>110</sup> Ibid., str. 39 i 40

#### 4.1.2. Funkcijski kriteriji projekta dogradnje rovinjske luke

Funkcijski kriteriji vezani uz projektiranje dogradnje južne luke Rovinj, a o kojima se posebno vodilo računa, su:

- a) Funkcijski kriteriji iz projektnog zadatka
- b) Ublaženi funkcijski kriteriji
- c) Kriteriji preživljavanja
- d) Eliminacijski kriteriji

Na što se svaki od ovih kriterija odnosi vidi se iz narednog tabličnog prikaza.

Tablica 16. Funkcijski kriteriji kod projektiranja dogradnje luke Rovinj

<b>a) Funkcijski kriteriji iz projektnog zadatka</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Maksimalna visina vala na prolazima u akvatorij;</li> </ul>	$H_{\max} 5_g < 0,80 \text{ m}$
	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Maksimalna visina vala kod «Punte Oštro» (kriterij prohodnosti plutajućih valobrana);</li> </ul>	$H_{\max} 5_g < 0,50 \text{ m}$
	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Maksimalna visina vala u zaštićenom akvatoriju (kriterij prohodnosti plutajućih gatova)</li> </ul>	$H_{\max} 5_g < 0,30 \text{ m}$
<b>b) Ublaženi funkcijski kriteriji</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Kriterij funkcioniranja plutajućih valobrana</li> </ul>	$H_{\max} 5_g < 0,75 \text{ m}$
	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Kriterij funkcioniranja plutajućih gatova</li> </ul>	$H_{\max} 5_g < 0,5 \text{ m}$
<b>c) Kriteriji preživljavanja</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Kriterij preživljavanja plutajućih valobrana</li> </ul>	$H_{\max} 100_g < 1,5 \text{ m}$
	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Kriterij preživljavanja plutajućih gatova</li> </ul>	$H_{\max} 100_g < 0,75 \text{ m}$
<b>d) Eliminacijski kriteriji</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Trošak izgradnje lukobrana</li> <li>◆ Pogoršanje manevarskih uvjeta na ulazu u luku.</li> </ul>	

Izvor: Autor prema: Dogradnja i uređenje južne gradske luke u Rovinju, Abaka d.o.o. Rovinj

Jedan od posebno naglašenih uvjeta iz projektnog zadatka bila je širina ulaza u luku. Lučka uprava Rovinj, kao nositelj zahvata, preporučila je da širina ulaza u luku mora iznositi najmanje 3 dužine maksimalnog broda koji može ući u luku, što

npr. za putnički brod dužine 30 m širina ulaznog dijela u luku mora iznositi najmanje 90 m širine.

#### 4.1.3. Odabir najpovoljnije varijante lukobrana

Kao prvi kriterij za odabir najpovoljnije varijante lukobrana izdvojen je kriterij učinkovitosti zaštite plovila, tj. smirenje značajnih (2,4 m) i maksimalnih (4,2 m) valova do reducirane visine od 0,3 m na središnjem dijelu unutarnjeg bazena. Drugi su kriteriji bili cijena investicije, broj korisnih vezova, zaštita kulturne baštine i vizura. Ispitane su razne kombinacije, pozicije i dužine sjevernog i južnog lukobrana u odnosu na zadane funkcijske kriterije agitacije valovima unutar lučkog akvatorija.<sup>111</sup>

Da bi se postigla učinkovita zaštita od vanjskih, dubokovodnih valova, analize utjecaja vanjskih sila, prvenstveno vjetrovnih valova, pokazale su da se akvatorij južne gradske luke mora zatvoriti pomoću dva nova lukobrana, jedan sa sjeverne i drugi s južne obale otoka Sv. Katarine. Za sjeverni lukobran odabrano je rješenje  $V_o^N$  dužine 160 m, a za južni lukobran  $V_o^S$  duljine 195 m. Oba lukobrana su nasipna s gravitacijskim, djelomično upotrebnim kejom, s vanjskom školjerom tj. oblogom od kamenih blokova, koja ne prelazi visinu školjere na postojećem velikom molu. (Primjer poprečno presjek sjevernog lukobrana nasipnog tipa prikazan je na slici 1., str. 6 ovoga rada, u dijelu Projektiranje vanjskih lučkih građevina).<sup>112</sup>

##### 4.1.3.1. Fazna dogradnja južne gradske luke u Rovinju

Kako je unutarnji akvatorij južne gradske luke najviše ugrožen od vjetrova iz III. i IV. kvadranta, izgradnja zaštitnih lukobrana predviđena je u dvije faze.

U prvoj fazi će biti izgrađen sjeverni lukobran  $V_o^N$  s jednim unutarnjim plutajućim valobranom i pet gatova te sa kompletnom lučkom opremom. Iz sigurnosnih uvjeta manevra većih plovila unutar lučkog bazena, a prema obveznoj

---

<sup>111</sup> Ibid., str. 73

<sup>112</sup> Ibid., str. 77

maritimnoj studiji, glava plutajućeg valobrana dužine 55 m, u cijelosti će se premjestiti unutar samog akvatorija.<sup>113</sup>

Izgradnja južnog lukobrana  $V_0^S$  odvijat će se tek nakon testiranja funkcionalnosti cjelovitog sustava prve faze. Konačna izvedba će se, ukoliko bude potrebno, prilagoditi novonastaloj vjetrovalnoj situaciji.<sup>114</sup>

Realizacijom projekta, južna gradska luka ne samo da će biti zaštićena od utjecaja vjetrovnih valova, već će se u njoj, dogradnjom novih gatova, moći smjestiti 900 umjesto sadašnjih 545 plovila. Nakon završetka prve i druge faze gradnje, luka će izgledati kao što je prikazano na narednoj slici.



Slika 14. Simulacija izgleda južne gradske luke u Rovinju nakon provedene dogradnje  
Izvor: [www.rovinj.hr](http://www.rovinj.hr), 24.8.2013.

<sup>113</sup> Ibid., str. 141

<sup>114</sup> Ibid., str. 142

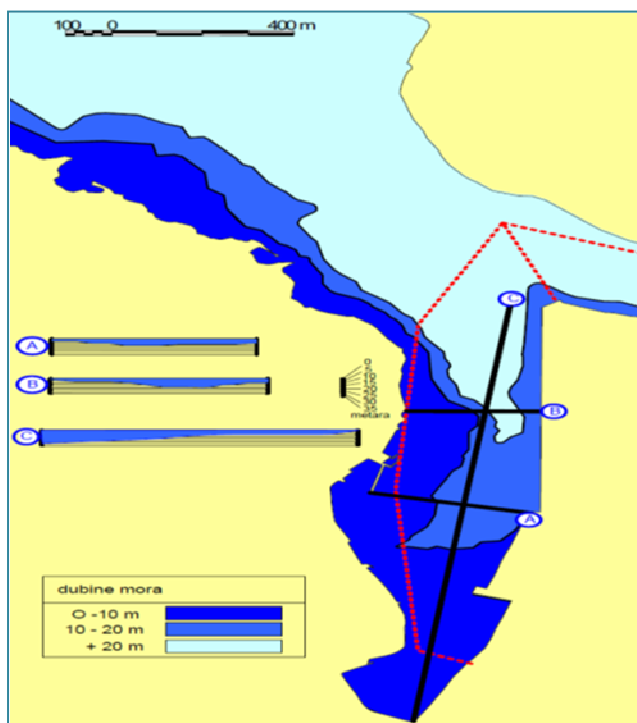
## 4.2. Karakteristike luke Gruž

### 4.2.1. Geografski položaj i opće značajke luke Gruž

Luka Gruž nalazi se na jugoistočnom kraju Koločepskog kanala, sjeverozapadno od grada Dubrovnika. Od stare gradske jezgre udaljena je 3 km. Smještena je u prirodnom Gruškom zaljevu između poluotoka Lapada s južne, južnih padina brda Srđa sa sjeverne, te naselja Batala s istočne strane. Postavljena je u smjeru sjeverozapad – jugoistok.<sup>115</sup>

Prilaz luci Gruž s otvorenog mora moguć je prolaskom kroz Velika vrata ili iz smjera Koločepskog kanala, prolaskom kroz Koločepska vrata ili Lopudska vrata. Iz smjera Stona, odnosno poluotoka Pelješca, brodovi se kreću između kopna i otoka Šipan, Ruda, Lopud i Koločep, kroz Koločepski kanal, kanal Daksa do luke Gruž.<sup>116</sup>

Gruški zaljev dug je 1650 m, najveća širina zaljeva je 450 m, dok je najmanja širina 170 m. Dužina Lapadskog dijela obale je 1600 m, a zajedno sa sjevernim dijelom obale Babinog Kuka do uvale Seke iznosi 2600 m.



Slika 15. Uzdužno/poprečni presjeci morske dubine u Gruškom zaljevu

Prosječna dubina zaljeva je 12 m, dok su uz njegovu obalu dubine različite. Uvala Batala, u dnu zaljeva, je najzaštićenija, ali i najplića. Dubina se kreće od 2 do 5 m. Središnji dio je najprostraniji, a početni, ulazni dio, najdublji i to od 16 do 35 m, ali i nešto uži, oko 350 m.<sup>117</sup>

<sup>115</sup> www.portdubrovnik.hr, 5.8.2013

<sup>116</sup> www.portdubrovnik.hr, 5.8.2013.

<sup>117</sup> Urbanistički plan uređenja Gruški akvatorij, Službeni glasnik grada Dubrovnika, br. 7, Knjiga III, Dubrovnik, 2011., str. 21

Gruški zaljev se na rtu Kantafig spaja s potopljenom dolinom Rijeke Dubrovačke koja se pruža iz pravca sjeveroistoka, dok prema sjeverozapadu prelazi u kanal Daksa. Snagu struje riječnog toka koriste brodovi pri okretanju jer olakšava manevriranje.<sup>118</sup>

Luka Dubrovnik (Gruž) utemeljena je početkom dvadesetog stoljeća kao teretno-putnička luka. No tijekom vremena, zbog razvoja turizma u Dubrovniku, putnički promet postaje sve važniji. Danas je ova luka u potpunosti preorijentirana na putnički promet sa sve naglašenijim udjelom međunarodnog prometa. Kao najveća cruise-destinacija na hrvatskom dijelu Jadrana, a uzimajući u obzir gospodarski značaj kruzinga, Luka Gruž je ovaj oblik turizma prepoznala kao okosnicu svoga razvoja. U skladu s tim pokrenut je i sveobuhvatan projekt izgradnje lučke infrastrukture i suprastrukture o čemu će se više prostora posvetiti u nastavku rada.<sup>119</sup>

U odnosu na nadležnosti u akvatoriju i koncesije izdane sukladno propisima RH koji reguliraju način korištenja pomorskog dobra, najveći dio kopna i akvatorija Gruškog zaljeva u nadležnosti je Lučke uprave Dubrovnik osnovane 1997.god. radi upravljanja, izgradnje i korištenja putničke luke Dubrovnik (Gruž). Luka Gruž je, prema namjeni kojoj služi, luka otvorena za međunarodni javni promet, a prema veličini i značaju je luka od osobitog tj. međunarodnog gospodarskog interesa za Republiku Hrvatsku.<sup>120</sup>

#### **4.2.2. Projekt izgradnje i rekonstrukcije gruške luke**

Pokretanje projekta razvoja putničke luke Gruž prvenstveno se odnosi na stvaranje pretpostavki za prihvatanje brodova na kružnim putovanjima. Osnovni cilj projekta je svrstavanje ove luke u skupinu vodećih mediteranskih turističkih luka po svim obilježjima za stvaranje kvalitetnog turističkog proizvoda. Neophodan

---

<sup>118</sup> Loc. cit.

<sup>119</sup> Đurković, Vlaho, Razvoj Dubrovnika kao destinacije u kružnim putovanjima i projekt razvoja, Naše more, Znanstveno-stručni časopis za more i pomorstvo, Vol.54, No.1-2/ 2007, str. 32-41

<sup>120</sup> Urbanistički plan uređenja Gruški akvatorij, op. cit., str. 31

element za postizanje toga cilja je razvoj lučkih sadržaja koji će uvelike pridonijeti lučkoj, ali i turističkoj ponudi dubrovačkog područja.<sup>121</sup>

#### 4.2.2.1. Stanje luke Gruž prije rekonstrukcije

Putnička luka Gruž je prije rekonstrukcije bila duga 1156,2 m, s operativnom kopnenom obalom od 88.000 m<sup>2</sup> i bila je podijeljena u 10 vezova (od 7 do 16). Pripadao joj je akvatorij koji obuhvaća dvije trećine površine zaljeva. Vezovi u južnom dijelu zaljeva, zbog malih dubina, namijenjeni su manjim brodovima.<sup>122</sup>

Prije projektiranja cijela je obala bila temeljito ispitana i u njoj su uočena brojna oštećenja ispod obalnog zida ili ispiranja kamenometa (kamenog nabačaja) koje je trebalo sanirati. Tako je na vezovima 7,8,i 9, koji su ukupno dugi 327,1 m i služili su za pristajanje lokalnoga trajektnog prometa i dužobalne linijske plovidbe te manjih jahta, koristan gaz između 5 i 7 m.

Na vezovima 10 – 15, ukupne duljine obale 646,3 m i korisnim gazom 5 do 7 m, pristajali su lokalni i dužobalni putnički brodovi, manje jahte i brodovi posebne namjene. Tu je betonski zid bio položen na temeljni kamenomet u sloju gline koji pokriva vapnenačku stijenu. U zidu su uočena brojna oštećenja. Cijela je dionica obalne linije bila u kritičnom stanju i stoga se neće uklopiti u novu obalnu liniju, već će tvoriti zaobalnu granicu zahvata nove obalne konstrukcije.

Na vezu 16, dugom 182,9 m, koji uglavnom služi za prihvat najvećih putničkih brodova, koristan je gaz između 9 i 11 m. Utvrđeno je da se osnovna konstrukcija obale sastoji od loše izvedenoga gravitacionog betonskog zida, starog približno 40 godina, temeljenoga izravno na vapnenačkoj stijeni. I tu su na zidu vidljive rupe u obalnom zidu te horizontalne pukotine duž cijeloga zida. Tu je također potrebna hitna sanacija radi osiguranja mehaničke otpornosti materijala i stabilnosti obalnog zida.

Na budućemu vezu 17, dugom 186,29 m, prije početka rekonstrukcije bila je neuređena obalna linija koja se povremeno koristila samo za privez manjih brodica. Gaz je od 1 do 2 m sa strmim nagibom morskog dna prema sredini

<sup>121</sup> [www.portdubrovnik.hr](http://www.portdubrovnik.hr), 5.8.2013.

<sup>122</sup> Nadilo, B., Rekonstrukcija i izgradnja dubrovačke luke Gruž, Građevinar, Časopis Hrvatskog saveza građevinskih inženjera, br. 59/2007., str. 709



zaljeva tj. Rijeci dubrovačkoj. U izgradnji je potrebno posebnu pozornost posvetiti temeljima pilona mosta Franje Tuđmana.<sup>123</sup>



Slika 16. Tlocrt izgleda Gruške luke nakon rekonstrukcije i dogradnje  
Izvor: [www.casopis-gradjevinar.hr](http://www.casopis-gradjevinar.hr), 5.7.2013.

#### 4.2.2.2. Provedba projekta

Projekt razvoja putničke luke Gruž može se podijeliti u dvije faze:<sup>124</sup>

- 1) prva faza projekta obuhvaća rekonstrukciju i dogradnju operativne obale;
- 2) druga faza projekta koja obuhvaća izgradnju lučke suprastrukture

Prva faza projekta rekonstrukcije i dogradnje operativne obale započela je 2005. godine, a krajem 2009. godine završena je velika investicija obnove i

<sup>123</sup> Loc. cit.

<sup>124</sup> [www.portdubrovnik.hr](http://www.portdubrovnik.hr), 5.8.2013.

proširenja luke. Puštanjem u funkciju novog pristaništa, luka Gruž u mogućnosti je istovremeno primiti tri velika broda na kružnom putovanju.

U prvu fazu uključen je i projekt Batahovina I i II.

Projekt Batahovina I podrazumijeva izgradnju nove operativne obale na području Batahovine u duljini od 230 metara s ciljem osposobljavanja toga dijela luke za potrebe trajektnog međunarodnog i domaćeg linijskog prometa, dok bi se unutarnji dio luke, u dijelu vezova 10–13, prenamijenio isključivo za potrebe prihvata brodova na kružnim putovanjima.<sup>125</sup>

U razdoblju od 2014.-2015. godine planira se izgradnja operativne obale pod nazivom Batahovina II. Ovaj projekt podrazumijeva izgradnju nove operativne obale koja se nastavlja na projekt Batahovina I u dužini od 400 metara.

Gledajući kronološki, realizacija prve faze ovoga projekta izgleda ovako:

- projekt rekonstrukcije operativne obale – završeno 2009. godine – novih 810 m operativne obale;
- projekt Batahovina I, započet u studenome 2010. godine – novih 230 m operativne obale;
- projektom Batahovina II, planiran je za vremensko razdoblje 2014-2015 godine, a njime se dobiva dodatnih 400 m operativne obale.<sup>126</sup>



Slika 17. Prikaz nove dubrovačke luke u Gružu prema realizaciji projekta  
Izvor: [www.portdubrovnik.hr](http://www.portdubrovnik.hr), 5.8.2013.

<sup>125</sup> Loc. cit.

<sup>126</sup> Loc. cit.

Kako se vidi na slici 17., plavo obojeni dio obale označava završene radove, zelena boja – radove u tijeku, a žuta – plan za razdoblje 2013.- 2014. Ovdje treba primijetiti kako je prva faza podijeljena u 5 etapa od kojih su prve tri, iako sa zakašnjenjem, završene (plava boja). Riječ je o prvoj etapi s novom obalom – vezovi 10 do 15, drugoj rekonstruiranoj najsjevernijoj gruškoj obali – vez 16 i trećoj sa sadašnjim trajektnim pristaništem – vezovi 7, 8 i 9. Sada se izvodi projekt Batahovina I.– vez 17, a potom slijedi Batahovina II. koji će se vjerojatno graditi, kako se vidi i na slici, 2013. i 2014. godine.<sup>127</sup>

Na Batahovinu II., kada bude završena, preselit će se, kako je planirano, sav međunarodni i domaći trajektni promet, a Batahovina I. služiti će za prihvat nešto manjih kruzera, za što neće biti nikakvih problema s obzirom da je svijetla visina mosta 50 m. Neće se, međutim, kao što je bilo najavljeno, na Batahovinu II. preseliti i sav linijski putnički promet te brzobrodske linije, pogotovo onaj s obližnjih otoka, jer bi se na taj način putnicima znatno otežao boravak u gradu. Oni će i dalje dolaziti u središte gruške luke, vezovi 7, 8 i 9, u blizinu tržnice i brojnih trgovačkih sadržaja. Važno je da se iz skučenih ulica u luci premjesti trajektni promet kako automobili za trajekte i s trajekata ne bi dodatno ometali promet.<sup>128</sup>

Druga faza projekta odnosi se na razvoj lučke suprastrukture tj. različitih lučkih sadržaja za prihvat putnika. Time će se osigurati kvalitetni uvjeti za manipulaciju očekivanog povećanog broja putnika. Prema dosadašnjim vizijama razvoja ti bi se sadržaji podijelili na osnovne, nužne za funkcioniranje luke, kao što su putnički i autobusni terminali, te dodatne sadržaje, poput hotelskih kapaciteta, trgovačkih centara, sadržaja za zabavu i razonodu, javne garaže, višenamjenskih poslovnih prostora, koji bi ponudom obogatili i unaprijedili turističku ponudu cijelog dubrovačkog područja. Područje luke Dubrovnik u dijelu vezova od 4-12 planira se odrediti kao područje isključivo za prihvat svih vrsta turističkih brodova, dok će područje Batahovine, u konačnici, podržavati lokalni, dužobalni i međunarodni trajektni promet.<sup>129</sup>

---

<sup>127</sup> Nadilo, Branko, Nastavak rekonstrukcije i izgradnje dubrovačke luke Gruž, Građevinar, Časopis Hrvatskog saveza građevinskih inženjera, br. 63/2011., str. 768

<sup>128</sup> Loc. cit.

<sup>129</sup> [www.portdubrovnik.hr](http://www.portdubrovnik.hr), 5.8.2013.

#### 4.2.2.3. Značajke sadašnjih radova

Prve tri etape prve faze rekonstrukcije i izgradnje gruške luke financirane su zajmom EBRD-a u iznosu od 26,5 milijuna eura i dijelom iz vlastitih izvora. Četvrta se etapa, Batahovina I. koja je u tijeku, financira također zajmom EBRD-a u iznosu od 8 milijuna eura. Za petu etapu, koja je završetak prve faze, Batahovina II, za koju se pretpostavlja da će stajati 16 milijuna eura, još se ne zna izvor financiranja, a kompletira se projektna dokumentacija.<sup>130</sup>



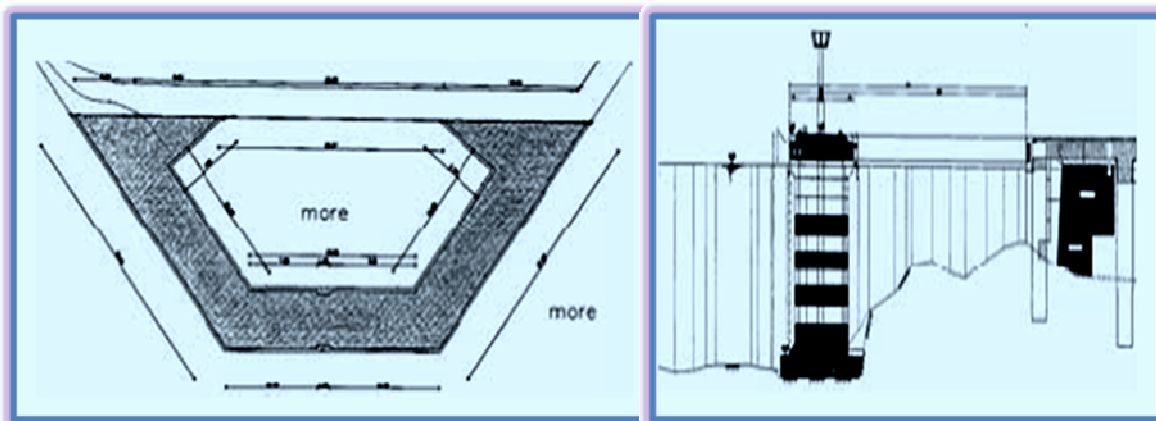
Slika 18. Mjesto gdje se gradi Batahovina I – Dubrovački most (Most Franje Tuđmana) i ulaz u luku Gruž, Izvor: [www.casopis-gradjevinar.hr](http://www.casopis-gradjevinar.hr), 5.7.2013.

U sastavu projekta Batahovina I je proširenje veza 16 i gradnja veza 17. Na rtu Kantafigu se gradi trapezni produžetak obalnih zidova s morem u sredini (slika19). Vez 16 će biti produžen za 28,05 m i u konačnici će biti dug 266,91 m, a ukupna obala za kruzere čak 913,21 m. Dopršetkom ovih radova, dubrovačka luka Gruž moći će istodobno primiti tri velika kruzera od po 300 m jer se ukupna duljina obale za kruzere povećava na 913,21 m.<sup>131</sup>

<sup>130</sup> Nadilo, B., Nastavak rekonstrukcije i izgradnje dubrovačke luke Gruž, op. cit., str. 770

<sup>131</sup> Ibid.,str. 772

Vez 17 produžit će se za 28,64 m i biti će dug približno 230 m. Za ovu su se promjenu odlučili radi uštede i poboljšanja lučke usluge. Najjeftinije je bilo rješenje da se grade samo obalni zidovi, bez nasipavanja ili premoščivanja jer će taj prostor ionako služiti samo za lučku manipulaciju i neće biti dostupan gostima.<sup>132</sup>



Slika 19. Tlocrt i poprečni presjek trapeznog proširenja vezova 16 i 17  
Izvor: [www.casopis-gradjevinar.hr](http://www.casopis-gradjevinar.hr), 5.7.2013.

Osim građevinskih radova, doći će i do promjene u označivanju vezova i to tako da brojevi vezova do 9 i dalje ostaju, ali se brojevi od 10 do 16 smanjuju jer se sada radi o samo 3 velika veza. Tako će do vrha Kantafiga, odnosno ruba novoizgrađenog trapeza, biti vezovi 10, 11 i 12, pa se sadašnji vezovi 16 i 17 pretvaraju u 12 i 13.<sup>133</sup>

Na vezu 17, odnosno budućem vezu 13, koji je povremeno služio za privez manjih brodova, nova je obalna linija paralelna s temeljima pilona Dubrovačkog mosta. Tu je predviđena ista konstrukcija kao i na vezovima 10 – 15, a to su bušeni piloti s armiranobetonskim predgotovljenim sustavom nosača i greda i kamenim pokosom. Jedina je razlika u tome što je obala vrlo strma pa za postizanje potrebne dubine od 7 m nije potreban nikakav iskop, već samo čišćenje i zaštita dna kamenometom. Piloti su postavljeni u rasteru 7 x 7 m, a predviđeno je da ulaze u stijenu najmanje 4,5 m.<sup>134</sup>

<sup>132</sup> Loc. cit.

<sup>133</sup> Loc. cit.

<sup>134</sup> Loc. cit.



Projektom je određena nova obalna linija koju tvore obalni zidovi široki 6 m koji su tlocrtno u obliku trapeza i ukupne duljine:<sup>135</sup>

- s vanjske strane 81,3 m (s unutarnje 63,6 m) jer mu je južni obalni zid (produžetak veza 16) dug 28,05 m;
- sjeverni (produžetak veza 17) 28,64 m;
- zapadni (spoj produžetaka) 26,62 m;
- ukupna površina 471,53 m<sup>2</sup>.

Obalni se zid sastoji od podmorskoga i nadmorskog dijela. Podmorski dio tvore međusobno priljubljeni stupovi koji se formiraju od šupljih armiranobetonskih blokova. Vertikalni armiranobetonski serklaži formiraju se u šuplinama blokova postavljanjem armaturnih koševa i zapunjavanjem šupljina kontraktor betonom.



Slika 20. Izvedba zidova produženja vezova 16. i 17  
Izvor: [www.casopis-gradjevinar.hr](http://www.casopis-gradjevinar.hr), 5.7.2013.

Završetkom cijelog projekta, prve i druge faze, luka Gruž će ne samo prihvaćati najveće kruzere bez ikakvih ograničenja u visini i širini i s gazom do 11 m, već i pružati čitav niz usluga čime će se dodatno obogatiti turistička ponuda.

---

<sup>135</sup> Loc. cit.

### 4.2.3. Uloga vanjskih sila na projektiranje luke Gruž

Od vanjski sila o kojima treba voditi računa prilikom projektiranja luke Gruž, a koje mogu utjecati na navigacijsku sigurnost broda i odvijanje redovnog prometa u luci, najvažnije su: vjetar, valovi, morske struje, morske mijene i vidljivost.

#### 4.2.3.1. Vjetar

Gruški zaljev izložen je zapadnim vjetrovima koji rijetko postižu orkansku snagu što je poznato kao lebićada. Izraz je nastao prema vjetru lebić koji nije tako čest, ali može prouzročiti dosta problema. Najčešće ima jugozapadni smjer i puše uglavnom u hladnijem dijelu godine. Slično kao i jugo, donosi toplo vrijeme, često uz kišu, pljuskove i grmljavinu. Lebić puše kada se ciklonalni centar s Jadrana premješta dalje na kopno prema sjeveroistoku.<sup>136</sup>

Zapadni vjetrovi imaju stalnost u intenzitetu i smjeru tako da izazivaju manje probleme pri manevriranje brodom nego bura. Bura može postići orkansku jačinu, osobito na ulazu u luku u području ušća Rijeke dubrovačke kod rta Kantafiga.<sup>137</sup>

Iz iskustva je poznato da nakon prolaska Rta Leandar vjetar naglo mijenja smjer iz sjevera u sjeveroistok, prati smjer Rijeke dubrovačke, i znatno pojačava snagu. Taj fenomen ima velik utjecaj na brodove koji izvode manevar okretanja ili plove u tom području. Nakon što se prođe ušće Rijeke dubrovačke, iza Rta Kantafig, vjetar mijenja smjer i smanjuje se po intenzitetu.<sup>138</sup>

U širem morskom području oko Dubrovnika bura može puhati olujnom, ponegdje i orkanskom jačinom. U ovom području mogu puhati i vrlo jaka juga olujnom jačinom budući je otvoreno prema jugoistoku. Ciklonalna juga kraće traju, u prosjeku do dva dana, dok anticiklonalna mogu potrajati i po tjedan dana.<sup>139</sup>

U Rijeci dubrovačkoj bura puše iz smjera kojim se proteže uvala koja je uvučena 2,5 M u kopno i završava na ušću Omble.

---

<sup>136</sup> [www.dalmacijanews.com](http://www.dalmacijanews.com), 25.6.2013.

<sup>137</sup> [www.portdubrovnik.hr](http://www.portdubrovnik.hr), 5.8.2013.

<sup>138</sup> Loc. cit.

<sup>139</sup> Meixner, I., Procjena rizika i osjetljivosti područja djelovanja plana intervencija kod iznenadnih onečišćenja mora, DLS d.o.o. Rijeka, Rijeka 2011., str.14

Uz rt Kantafig bura zakreće u zaljev Gruž no tada joj jakost pada, a smjer se mijenja prema NNE.<sup>140</sup>

Luka Gruž zaštićena je od svih vjetrova osim ponenta i maestrala. Bura na mjestu postojećih i budućih vezova puše s kopna, iz sjevernih smjerova. Jugo puše točno duž Gruške luke. Najveća godišnja satna brzina puhanja sjevernih i južnih vjetrova u luci podjednako je raspoređena i iznosi 18,5 m/s. Ukoliko se učini Jenkisoa razdioba za dulji period vremena dobivaju se vrijednosti prikazane u narednoj tablici.

Tablica 17. Jenkisoa razdioba vjetrova za luku Gruž

Povratni period (godine)	Brzina vjetra (m/s)
1	18,5
10	26,2
20	27,8
50	29,3
100	30,8

Izvor: www.portdubrovnik.hr, 5.8.2013.

U 100-godišnjem povratnom periodu maksimalna satna brzina vjetra u Dubrovniku može se očekivati 30,8 m/s, a to se vidi i iz tablice 17.

Maksimalni udar vjetra iz bilo kojega smjera u istom povratnom periodu iznosi 53,8 m/s. Maksimalna satna brzina vjetra, također u 100-godišnjem povratnom periodu, iz NNW smjera iz kojega mogu naići najviši valovi u luku Gruž, je 20,5 m/s.<sup>141</sup>

Tablica 18. Godišnja učestalost puhanja vjetra (%), srednje brzine vjretra (m/s) i maksimalne brzine vjetra prema smjerovima za luku Gruž

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C
<b>S</b>	8,5	20,6	2,9	1,2	2,9	8,1	11,8	7,8	4,7	2,7	4,7	4,4	4,6	1,3	5,5	8,0	0,4
<b>B</b>	2,3	5,1	3,6	2,3	2,4	4,6	5,1	4,6	2,8	2,4	2,2	2,9	2,8	2,4	1,9	2,1	0,0
<b>M</b>	18,5	18,5	18,5	12,3	9,4	15,5	18,5	18,5	15,5	15,5	12,3	9,4	12,3	6,7	9,4	12,3	0,0

Izvor: www.portdubrovnik.hr, 5.8.2013.

<sup>140</sup> Loc. cit.

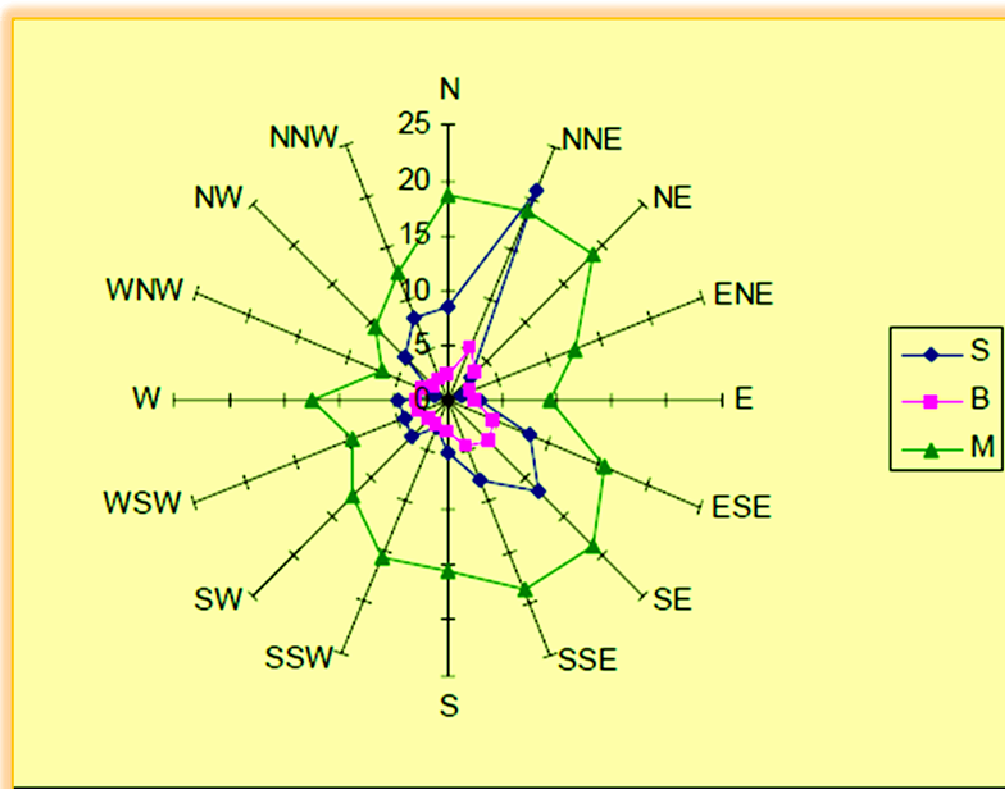
<sup>141</sup> Ibid., str.16



U prethodnoj tablici (18) prikazane su vrijednosti učestalosti puhanja vjetra u postocima, srednja brzina vjetra izražena u m/s, kao i najveće brzine vjetra prema smjerovima za područje luke Gruž. Oznake korištene u tablici su:

- S – učestalost smjera u postocima (%),
- B – prosječna brzina vjetra (m/s),
- M – najveća brzina vjetra za pojedini smjer (m/s),
- C – tišina (%).

Za smjerove puhanja juga (ESE, SE, SSE), kako se vidi u tablici 18, prosječna srednja godišnja brzina vjetra je između 4,6 – 5,1 m/s, što u čvorovima iznosi 8,9 – 9,9 čv. Prema Tabainovoj skali snaga vjetra iznosi 3 bofora, a visina valova je manja od 0,5 m. No, maksimalne brzine juga, što se također vidi u ovoj tablici, kreće se od 15,5 do 18,5 m/s, što je 30,1 – 36,0 čv brzine vjetra, a prema Tabainovoj skali to iznosi 7-8 bofora i uzrokuje visinu valova veću od 4 m.



Slika 21. Godišnja ruža vjetrova za luku Gruž  
Izvor: [www.portdubrovnik.hr](http://www.portdubrovnik.hr), 5.8.2013.

Tablica 19. Srednja čestina smjerova vjetra u % i srednja brzina u m/s za pojedine vjetrove po mjesecima u Dubrovniku

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
<b>N (sjever)</b>													
č	11,0	12,5	9,5	5,8	5,8	6,9	7,2	6,8	7,4	8,5	8,9	9,5	8,3
b	3,1	2,9	3,3	2,9	2,5	2,5	2,9	2,4	2,4	2,5	2,2	3,1	2,7
<b>NE (sjeveroistok)</b>													
č	25,4	22,2	18,9	12,4	9,7	9,1	14,1	12,3	17,2	19,1	18,4	24,5	16,9
b	5,7	5,4	5,7	5,2	4,8	4,3	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	5,2	5,0
<b>E (istok)</b>													
č	10,2	7,7	10,2	8,6	6,7	6,8	4,3	5,3	5,6	7,4	9,8	8,9	7,6
b	3,7	3,3	3,3	3,3	2,5	2,0	2,4	2,5	3,1	3,1	3,5	3,7	3,0
<b>SE (jugoistok)</b>													
č	19,4	22,5	22,6	27,7	27,3	19,7	17,1	18,3	19,4	18,1	26,6	23,1	21,8
b	5,5	5,9	5,0	4,8	3,9	3,3	3,1	3,1	4,1	5,2	6,4	6,7	4,8
<b>S (jug)</b>													
č	5,6	6,6	8,1	9,7	10,5	9,1	6,6	5,7	7,3	6,6	7,0	6,7	7,5
b	5,2	4,6	3,7	2,7	2,0	1,9	1,7	1,7	2,0	3,3	5,0	5,0	3,2
<b>SW (jugozapad)</b>													
č	5,0	4,3	5,7	6,0	6,4	9,5	9,1	9,7	7,4	6,7	4,8	4,2	6,6
b	2,2	2,7	2,5	1,9	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,5	3,5	2,1
<b>W (zapad)</b>													
č	3,4	3,9	5,8	7,7	7,0	9,1	10,7	10,5	7,9	9,0	5,0	3,2	6,9
b	1,7	2,0	2,4	2,5	2,5	2,2	2,7	2,7	2,2	1,9	1,7	2,0	2,2
<b>NW (sjeverozapad)</b>													
č	13,2	12,9	9,0	9,7	12,3	10,6	14,2	12,6	11,2	12,7	12,8	14,7	12,2
b	1,7	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9	2,0	1,7	1,5	1,2	1,7	1,9	1,8
<b>Tišina</b>													
	6,8	7,4	10,2	12,4	14,3	19,2	16,7	18,8	16,6	11,9	6,7	5,2	12,2

Izvor: <http://www.portdubrovnik.hr>, 5.8.2013.

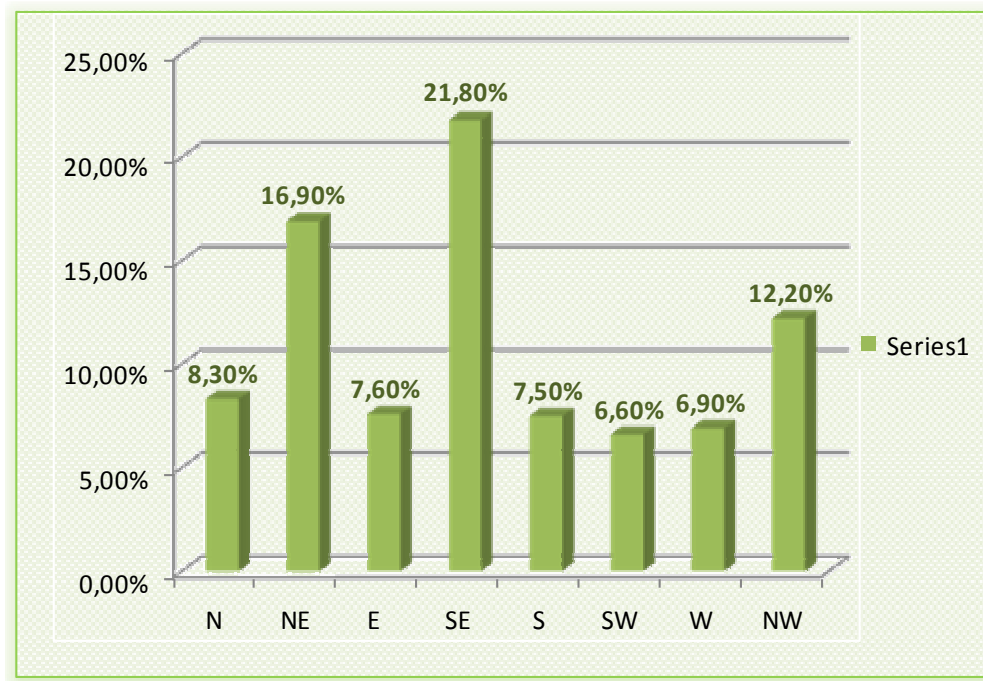
Iz tablice 19 može se, između ostaloga, zaključiti da je najučestalija godišnja čestina jugoistočnog vjetra 21,8%. Prosječna čestina SE vjetra najmanja je u srpnju i iznosi 17,1% s prosječnom brzinom od 3,1 m/s odnosno 2 bofora prema Tabainovoj skali. Najveća prosječna čestina jugoistočnog vjetra je u travnju i iznosi 27,7% s prosječnom brzinom od 4,8 m/s odnosno 3 bofora. Vrijednosti 2-3 bofora vjetra odgovara do 0,5 m visine valova.

Godišnja čestina sjeveroistočnog vjetra, bure, je 16,9%, a najučestalija je u zimskim mjesecima. Zimi je još velika učestalost N i NNW (iako u tablici 19 nema podataka o NNW) vjetra koji je poznat pod nazivom tramontana (11.0% i 9.1%) i predznak je prave bure.

Utihla je najčešća u lipnju (19,2 %) i kolovozu (18,8 %), dok je najrjeđa u studenom i iznosi 6,7%. Na godišnjoj razini čestina tišine je 12,2%.

Radi boljeg sagledavanja učestalosti pojedinih vjetrova koji se najčešće javljaju u luci Gruž i njenoj okolini, na narednom će grafu biti prikane godišnje čestine.

Graf 5. Srednja godišnja čestina pojedinih smjerova vjetra u Dubrovniku izražena u %



Izvor: Autor prema tablici 19

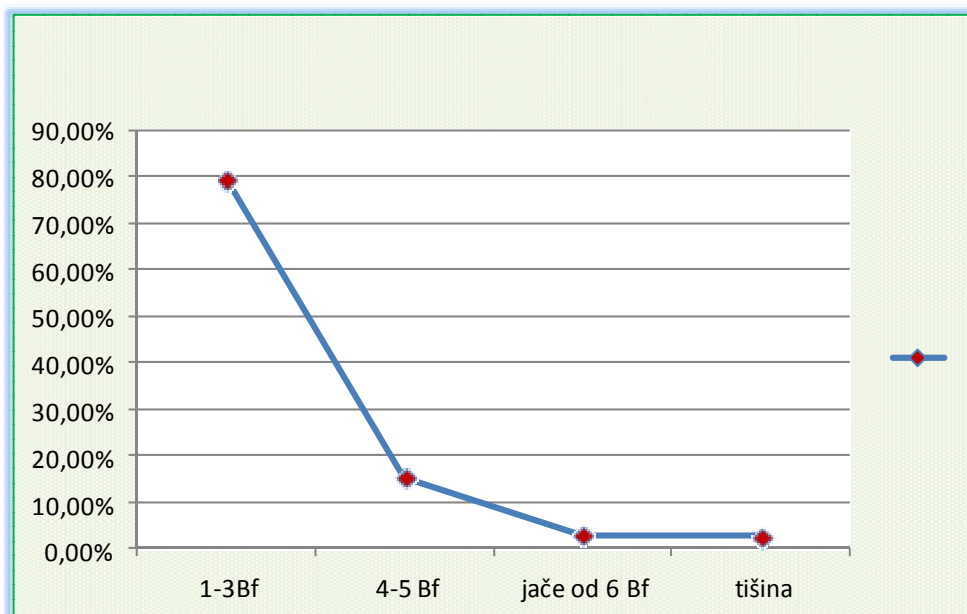
Ukoliko se jačina vjetra sagleda u boforima, neovisno o smjeru vjetra, može se primijetiti da prevladava vjetar jačine 1–3 Bf tj. od povjetarca do slabog vjetra u 79.3% slučajeva. Relativna čestina umjereno jakog vjetra, 4–5 Bf, je 15.3%, a jačeg od 6 Bf je 2.8%. Tišine je u 2.6% slučajeva. Premda je bura nešto češća nego jugo, jak se vjetar, >6 Bf, javlja jednakom relativnom čestinom. U narednoj će tablici i grafu biti prikazane ove vrijednosti.

Tablica 20. Učestalost vjetrova za luku Gruž prema jačini

Jačina u Bf	Učestalost u %
1 – 3	79.3
4 – 5	15.3
jačeg od 6	2.8
Tišina	2,6

Izvor: Autor prema podacima: [www.edubrovnik.hr](http://www.edubrovnik.hr), 7.8.2013.

Graf 6: Prikaz učestalosti jačine vjetra za područje luke Gruž



Izvor: Autor prema tablici 19

#### 4.2.3.2. Valovi

Tijekom rada je već spomenuto kako su vjetrovi najčešći uzročnik nastanka valova na Jadranu. Stoga uobičajena razdioba vjetrova stvara i adekvatnu razdiobu valova tijekom vremena. Ta razdioba pokazuje nekoliko obilježja koja presudno utječu na sigurnost brodova i plovni objekata.

Za razvoj vjetrovnih valova, potrebni su snaga, privjetrište i trajanje vjetra. Ti su uvjeti u dubrovačkom akvatoriju ispunjeni, budući se valovi juga stvaraju na otvorenom moru južnog Jadrana, a onda se, bez prepreka, obrušavaju na obalu. Ukoliko se radi o jugu koje puše snagom većom od 5 bofora duže od 12 sati, može se govoriti o stanju mora koje će, npr. na vanjskom sidrištu Daksa, u potpunosti onemogućiti sidrenje i bilo kakve operacije ukrcaja i /ili iskrcaja putnika i robe s brodova.<sup>142</sup>

Olujni valovi visine 2,4–3,6 m mogu se opaziti na cijelom Jadranu s promjenjivom vjerojatnošću. Valovi visine 3,7–6,9 m imaju istu prostornu rasprostranjenost, ali uz približno upola manju učestalost. Valovi najvećih visina, od 6 m i više, mogu se susresti samo na širem području Kvarnera kada puše jugo i

<sup>142</sup> <http://www.portdubrovnik.hr>, 5.8.2013.

na području Otranta kada puše jugo ili oštro. na širem području Kvarnera kada puše jugo i na području Otranta kada puše jugo ili oštro.<sup>143</sup>

Visine valova za dubrovačko područje, misleći pritom prvenstveno na luku Gruž, mogu se ocijeniti na osnovu najviših valova izmjerenih na valografskoj plutači ispred Dubrovnika.<sup>144</sup>

Tablica 21. Najviši valovi izmjereni na valografu ispred luke Gruž

Vremenski period	Brzina vjetra SE smjer [m/s]	H <sub>1/3</sub> [m]	H <sub>1/10</sub> [m]	H <sub>max</sub> [m]	T <sub>sr</sub> [s]	L <sub>sr</sub> [m]
22.12. – 23.12. 1979.	3,5-19,4	3,64	5,6	8,9	6,97	75,93
01.01. – 31.03. 1981.	6,3-17,6	2,82	3,9	7,1	6,76	71,43
30.01. – 02.02. 1986.	3,5-16,5	2,76	3,6	6,1	7,08	78,20
13. 01. – 14. 01. 1987.	5,5-21,0	4,01	5,3	9,2	7,81	95,37
30. 03. – 01. 04. 1988.	5,0-15,0	2,53	3,5	5,4	6,88	73,92

Izvor: www.edubrovnik.hr, 7.8.2013.

Iz tablice 21 može se zaključiti kako su najviši valovi u luci Gruž zabilježeni u siječnju 1987. godine, a njihova visina je bila 4,01 m. Radi se o vjetrovnim valovima uzrokovanih jugoistočnim vjetrom.

Razdiobom valovlja za duže vremensko razdoblje dobivaju se rezultati prikazani u tablici 22.

Tablica 22. Visina valova izazvana vjetrom SE smjera u različitim povratnim periodima

Povratni period (godine)	H <sub>1/3</sub> [m]
1	0,8
10	0,9
20	1,0
50	1,1
100	1,2

Izvor: www.edubrovnik.hr, 7.8.2013.

Podaci u tablici 22 pokazuju da se visina vala izazvanoga jugoistočnim vjetrom, u različitim povratnim periodima, kreće od 0,8 do 1,2 m.

<sup>143</sup> Meixner, I., op. cit., str. 28

<sup>144</sup> Loc. cit.

#### 4.2.3.3. Morske struje

Opće obilježje strujanja na Jadranu je njihova nestalnost po brzini i smjeru. Brzina struje u najvećem dijelu Jadrana nije veća od 0,5 čv. Samo za vrijeme vrlo jakih bura površinski sloj vode može doseći brzinu 3-4 čvora, no već na manjoj dubini poprima vrijednosti do 1,5 čvora. Brzina morske struje pri srednjim i malim brzinama vjetra ne prelazi 0,5 čv.<sup>145</sup>

Pred gruškom lukom brzina morske struje je približno 0,8 čv. Do promjene može doći uslijed morskih mijena. Olujna juga kao i jaki vjetrovi iz zapadnih smjerova mogu pojačati površinski tok vode i do brzine od 2 čv.<sup>146</sup>

U razdoblju od 14. 10. 1999. do 11. 11. 1999., sa sondama ASS1 i ASS2, mjerena je brzina morske struje južno od Dubrovnika. Sonde su bile postavljene na 3 m dubine s tim da je sonda ASS1 bila usidrena bliže obali, a sonda ASS2 je bila udaljenija od obale. Vrijednosti maksimalnih opaženih brzina morske struje i srednjih brzina sa obadvije sonde, prikazane su u narednoj tablici.

Tablica 23. Brzina izmjerenih morskih struja južno od Dubrovnika

	Mjerna postaja	
	ASS1	ASS2
<b>Maksimalna brzina (cm/s)</b>	<b>41</b>	<b>42</b>
<b>Srednja brzina (cm/s)</b>	<b>8</b>	<b>12,4</b>

Izvor: <http://www.portdubrovnik.hr.5.8.2013>.

Ako se napravi konverzija mjernih jedinica, odnosno ako se cm/s pretvore u čvor, onda se, prema tablici 23 može zaključiti kako je maksimalna brzina izmjerene struje 0,8 čv. Brzina vode na sondi bliže obali manja je, a to je vjerojatno posljedica trenja vode sa kopnom. Ova brzina se povećava za vrijeme olujnog juga i djelovanjem morskih mijena. Srednje brzine kreću se od 0,16 čv bliže obali do 0,23 čv dalje od obale.

Na ulazu u luku Gruž, ciklonalni tok gradijentske morske struje, koje nastaju zbog razlika u gustoći morske vode, pojačan je dotokom vode iz Rijeke

<sup>145</sup> Ibid., str. 29

<sup>146</sup> [www.portdubrovnik.hr.5.8.2013](http://www.portdubrovnik.hr.5.8.2013).

dubrovačke. Brzina joj je približno 1 čv. Pri jačoj buri ili oseci brzina struje može narasti do 1,5 čv i time utjecati na manevar broda.<sup>147</sup>

#### 4.2.3.4. Morske mijene

Amplitude morskih mijena se povećavaju od juga prema sjeveru. Srednje amplitude morskih mijena su oko 0,3 m. Za dugotrajnog puhanja ciklonalnog juga razina vode se može podići za 0,5 m iznad prosjeka. Duge anticiklonalne bure mogu sniziti nivo vode do 0,4 m ispod prosjeka. Srednja razina mora u Dubrovniku je 0,275 m iznad osnovne geodetske podloge.<sup>148</sup>

Tablica 24. Kolebanje razine mora u Dubrovniku od 1956. do 1997. godine

MJESEC	GEODETSKA NULA		HIDROGRAFSKA NULA		SREDNJA RAZINA MORA	
	Ispod (cm)	Iznad (cm)	Ispod (cm)	Iznad (cm)	Ispod (cm)	Iznad (cm)
I.	19	94	28	85	46	67
II.	31	96	40	87	58	69
III.	25	81	34	71	52	57
IV.	15	80	24	71	42	53
V.	11	72	20	63	38	45
VI.	6	74	15	65	33	47
VII.	11	63	20	54	38	36
VIII.	7	67	16	58	34	40
IX.	10	78	19	69	37	51
X.	11	83	20	74	38	56
XI.	6	97	15	88	33	70
XII.	13	97	22	88	40	70

Izvor: www.portdubrovnik.hr, 5.8.2013.

Vezano uz tablicu 24 treba objasniti pojam „hidrografska nula“ i „geodetska nula“. Hidrografska nula je razina mora u odnosu na koju su prikazane dubine na pomorskim kartama izdanja Hrvatskog hidrografskog instituta. Određena je kao srednjak nižih niskih voda na dane sizigija iz istog niza mareografskih registracija iz kojeg je određena i srednja razina mora. Geodetska nula je srednja razina mora tj. srednja vrijednost svih opažanih voda za razdoblje od 18,6 godina, dobivena na

<sup>147</sup> Loc. cit.

<sup>148</sup> Meixner, I., op. cit., str. 29

temelju mjerenja mareografa. Smisao geodetske nule je da predstavlja visinsku osnovu izmjere na kopnu.<sup>149</sup>

U 41-godišnjem periodu mjerenja kolebanje razine mora iznosilo je 127 cm od čega uslijed astronomskih utjecaja, Mjeseca i Sunca, 42 cm. No treba uzeti u obzir iznenadna kolebanja visine mora s kratkim vremenskim amplitudama koji se nazivaju seši. Gruški zaljev je kratak tako da se u njemu mogu očekivati samo manji seši perioda do pola sata i amplitude do nekoliko centimetara.<sup>150</sup>

Tablica 25. Amplitude (H) i faze (g) značajnih plimnih komponenata za Luku Dubrovnik

DUBROVNIK	H (cm)	9.28	5.76	1.68	1.65	5.19	1.90	1.69
	g (°)	15.1	120.4	110.6	115.7	62.4	47.3	60.2

Izvor: Meixner, I., Procjena rizika i osjetljivosti područja djelovanja plana intervencija kod iznenadnih onečišćenja mora, DLS d.o.o. Rijeka, Rijeka 2011.

Analize ekstremnih vrijednosti razina mora u 100-godišnjem povratnom periodu ukazuju da se može očekivati najveća razina vode 0,942 m iznad osnovne geodetske podloge, a najniža 0,395 m ispod.<sup>151</sup>

Sagledavajući podatke iz prethodnih tablica, može se ustvrditi kako morske mijene u luci Gruž, kao ni u Gruškom zaljevu, neće niti u dolasku, niti u odlasku, a ni na privezištu, utjecati na sigurnost.

#### 4.2.3.5. Vidljivost

Na to kakva će biti horizontalna vidljivost utječu doba dana, padaline i magla. No dobru vidljivost mogu znatno umanjiti i jaka kiša, tuča ili snijeg. Za vidljivost u Dubrovniku se može ustvrditi da je vrlo dobra. Magla se javlja vrlo rijetko.

Vidljivost mogu poremetiti i ljetne nevere. One u pravilu traju kratko, a kako će tom prilikom i manevar priveza/odveza biti uslijed vjetera odgođen, vidljivost neće utjecati na sigurnost. Smanjena vidljivost može se očekivati i za padanja jakih kiša te zimi tijekom padanja kiše i snijega, no i to se događa vrlo rijetko.<sup>152</sup>

<sup>149</sup> [www.hhi.hr](http://www.hhi.hr), 1.7.2013

<sup>150</sup> <http://www.portdubrovnik.hr>, 5.8.2013.

<sup>151</sup> Loc. cit.

<sup>152</sup> Ibid., str. 17



## 5. USPOREDNI PRIKAZ UTJECAJA VANJSKI SILA NA PROJEKTIRANJE LUKE – SJEVERNI I JUŽNI JADRAN

Već sam zemljopisni položaj Rovinja i Dubrovnika daje osnovu za razmišljanje o sličnim, ali ipak, u nekim segmentima, različitim obilježjima vezanim uz vanjske sile koje utječu na projektiranje luke. Stoga je dobro usporediti njihov utjecaj.

Rovinj je smješten na sjevernom Jadranu, točnije na 45° 5' s.z.š. i 13° 38' i.z.d. Dubrovnik se nalazi na krajnjem jugu Jadrana i to na 42°38' s.z.š., 18°6' i.z.d.

Klima je na oba lokaliteta mediteranska. Ipak, u Rovinju je prosječno godišnje osunčavanje približno 2 400, a u Dubrovniku 2 600 sati.

Kada je riječ o djelovanju vanjskih sila na projektiranje luka, valja naglasiti kako najviše neugodnosti mogu prouzročiti vjetrovi, kao klimatski uvjeti, te valovi, naročito vjetrovni, kao oceanografski uvjeti. Najučestaliji su vjetrovi jugo i bura, ali su ti utjecaji ipak jači u luci Rovinj.

Ostale vanjske sile niti u akvatoriju luke Rovinj, niti u Gruškom zaljevu, neće bitno utjecati na sigurnost prometa. Vrijeme utihe nešto je duže u luci Gruž nego u luci Rovinj.

Vezano uz učestalost i djelovanje vjetra, zanimljivo je da su i u Rovinju i u Gružu, već spomenuti jugo i bura najčešći, ali najviše problema u obje luke predstavljaju vjetrovi iz III. i IV. kvadranta, tj. zapadni – lebić i ponenat.

Projekti koji se provode ili tek čekaju na realizaciju, različiti su. Tako se u južnoj luci Rovinj radi o izgradnji lukobrana kako bi se zaštitio ulaz u luku i sama luka od utjecaja zapadnih vjetrova odnosno valova koje ti vjetrovi uzrokuju. Gradit će se dva lukobrana, jedan sa sjeverne i drugi s južne obale otoka Sv. Katarine koji se nalazi ispred ulaza u luku.

U luci Gruž radi se o kompletnoj rekonstrukciji operativne obale te dogradnji i obnovi vezova, ali i u tom projektu se vodi računa o utjecaju vanjskih sila. Realizacijom ovog projekta, ova će luka u potpunosti zadovoljiti svoj položaj kao međunarodna luka prvenstveno namijenjena turističkim brodovima na kružnim putovanjima i kao takva jedna od vodećih na Mediteranu.

## 6. ZAKLJUČAK

Djelovanje vanjskih sila na projektiranje luka izuzetno je bitan element projekta luke i to bez obzira radi li se o izgradnji nove luke ili dogradnji lučkih građevina. U ovom je radu ta problematika obrađena vezano uz projekte dogradnje južne gradske luke Rovinj i rekonstrukcije luke Gruž. U ovim se projektima analiziraju mogući utjecaji vanjskih sila na pojedine dijelove tih luka. Ovisno o rezultatima tih analiza i podacima koji iz njih proizlaze, mogu se donijeti ispravni zaključci o radovima koje treba izvesti. Utjecaji vanjskih sila utječu na odabir najpovoljnije varijante izvedbe kako bi u konačnici lučka građevina, ali i luka u cjelini, potpuno zadovoljile svojoj namjeni.

Od vanjskih sila koje mogu u određenim situacijama, više ili manje utjecati na normalno odvijanje lučkih procesa, istaknuti su klimatski uvjeti i to: vjetar, oborine, temperatura, vidljivost i vlažnost zraka, kao i oceanografski uvjeti: valovi, morske struje i morske mijene. Treba naglasiti kako se na Jadranu, kada su u pitanju valovi, uglavnom radi o vjetrovnim valovima, pa se njihova snaga i njihovo djelovanje uvijek uspoređuju.

Na Jadranu susrećemo najčešće tri glavna vjetra: bura, jugo i maestral. Ti vjetrovi, uz lebić, rijedak vjetar s jugozapada, mogu postići olujnu snagu. Drugi, sporedni vjetrovi, kao što su oštro, lebić, pulenat (ponent), tramontana, levant, te vjetrovi obalne orijentacije - burin ili kopnenjak i zmorac, pušu najčešće umjerenom snagom. Iako je učestalost bure i juga najveća na sjevernom Jadranu, odnosno u području Rovinja, ali i na južnom Jadranu, odnosno u okolici Dubrovnika i same luke Gruž, probleme stvaraju više zapadni i jugozapadni vjetrovi, tj. vjetrovi III. i IV kvadranta, posebno pulenat. Razlog za to, kada je u pitanju luka Rovinj, je u djelomično zaštićenom akvatoriju zbog ranije postavljenih lukobrana. Stoga se dio koji nije dovoljno zaštićen mora osigurati sa dva dodatna lukobrana čije će ishodište biti na sjevernom i južnom dijelu otoka Sv. Katarina. Za razliku od Rovinja, luka Gruž je prirodno zaštićena od svih vjetrova osim ponenta i maestrala.

Valovi koji mogu značajno, ponekad i nepovoljno, utjecati na lučke objekte, u Jadranu su vjetrovni valovi. Sprega vjetra i vode ima veliku razornu snagu i ubraja se među najsloženije prirodne sile. U radu su istaknuti međusobni utjecaji jačine pojedinih vjetrova i visina valova uzrokovana njima.

Da bi projektiranje luke bilo što kvalitetnije, mora se analizirati učestalost pojedinih vanjskih sila u određenom povratnom periodu, najčešće u razdoblju od 10, 50 ili 100 godina. Takvi proračuni daju puno veću sigurnost i točnost.

Djelovanje ostalih vanjskih sila, temperature zraka, magle, oborina, vidljivosti, morskih struja i morskih mijena, ne smije se zanemariti, ali one ne predstavljaju veću opasnost na istočnoj obali Jadrana. Moguće je da oborine i magla na kraće vrijeme otežaju radove u lukama. Vidljivost pri magli je manja od 1 km, ali u pojedinim situacijama može biti manja od 50 m što je naročito karakteristično na području uz zapadnu obalu Istre, a to znači i za područje Rovinja.

Morske struje se uz hrvatsku obalu Jadranskog mora kreću sporije nego uz talijansku zbog velikog broja otoka. Jačina morskih strujanja je konstantna i iznosi od 0,5 do 1 čvora. Samo u uskim prolazima, između otoka i rtova, strujanja mogu dosegnuti jačinu do 4 čvora.

I kod projekta dogradnje luke Rovinj i kod projekta obnove luke Gruž, vodilo se računa o utjecaju vanjskih sila jer bez toga ti projekti ne bi bili cjeloviti.

Treba još istaknuti kako će realizacijom prve i druge faze projekta luka Rovinj ne samo biti zaštićena od utjecaja vjetrovnih valova, već će se u njoj, dogradnjom novih gatova, moći smjestiti 900 plovila što je za 345 više nego do sada.

Završetkom cijelog projekta, luka Gruž će prihvaćati turističke brodove bez ikakvih ograničenja u visini i širini i s gazom do 11 m. Uz to će pružati čitav niz usluga čime će se dodatno obogatiti turistička ponuda. Tako će, kao međunarodna luka i najveća destinacija za turističke brodove na hrvatskom dijelu Jadrana, imati iznimno veliku ulogu za hrvatski turizam, ali i za gospodarstvo Republike Hrvatske u cjelini.

## POPIS KRATICA

$\lambda$  - duljina vala [m]

c – srednja vrijednost

Čv – čvor, mjerna jedinica za brzinu. U engleskom jeziku se naziva *knot* (kt)

EBRD – *European Bank for Reconstruction and Development* – Europska banka za obnovu i razvoj

ft – stopa

H – visina vala [m]

i.z.d. – istočna zemljopisna dužina

M – Nautička ili morska milja - jedinica za mjerenje duljine( 1M = 1852 m).

Mph – milja po satu (1 mph = 1.609344 kmh )

s.z.š. – sjeverna zemljopisna širina

$\mu\text{m}$  – mikrometar

T – period vala [s]

WMO – *World Meteorologic Organization* – Svjetska meteorološka organizacija

## LITERATURA

### I. KNJIGE

1. Beraković, B. i dr., Hidrotehničke građevine, dio I., Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Zagreb, 2011.
2. Kuspilić, N. i dr., Hidrotehničke građevine, dio I., Pregled građevina i osnove proračuna, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Zagreb 2012.
3. Meixner, I., Procjena rizika i osjetljivosti područja djelovanja plana intervencija kod iznenadnih onečišćenja mora, DLS d.o.o. Rijeka, Rijeka 2011.
4. Pršić, M., Plovni putovi i luke, Vanjske lučke građevine, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Zagreb, 2012.
5. Pršić, M., Hidrotehničke građevine, dio IV., Sveučilište u Zagrebu, građevinski fakultet, Zagreb, 2010.
6. Radan, D., Uvod u hidrodinamiku broda, Sveučilište u Dubrovniku, Dubrovnik, 2004.
7. Više autora: Jadransko more, Istarska enciklopedija, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, Zagreb, 2008.
8. Više autora: Urbanistički plan uređenja Gruški akvatorij, Službeni glasnik grada Dubrovnika, br. 7, Knjiga III, Dubrovnik, 2011.

### II. ČASOPISI

9. Bračić, Ž., Unapređenje radijske službe hrvatskih obalnih radijskih postaja u segmentu promulgacije meteoroloških upozorenja, Naše more, Znanstveno-stručni časopis za more i pomorstvo, Vol. 58, No.1-2, lipanj 2011.
10. Đurković, V., Razvoj Dubrovnika kao destinacije u kružnim putovanjima i projekt razvoja, Naše more, Znanstveno-stručni časopis za more i pomorstvo, Vol.54, No.1-2/ 2007.
11. Zorović, D., Mohović,Đ.,Prilog određivanju duljine vjetrovnih valova na Jadranu, Naše more, Vol. 50, No.3-4, listopad, 2003.

12. Nadilo, B., Rekonstrukcija i izgradnja dubrovačke luke Gruž, Građevinar, Časopis Hrvatskog saveza građevinskih inženjera, br. 59/2007.
13. Nadilo, B., Nastavak rekonstrukcije i izgradnje dubrovačke luke Gruž, Građevinar, Časopis Hrvatskog saveza građevinskih inženjera, br. 63/2011.

### **III. OSTALI IZVORI**

14. Uredba o uvjetima kojima moraju udovoljavati luke, NN 110/04, čl. 5.

### **IV. INTERNET**

15. <http://www.pfst.hr> (28.5.2013.)
16. <http://www.grad.hr> (1.6.2013.)
17. <http://www.pomorskodobro.com/hr/sigurnost-i-zastita/sigurnost-na-moru.html>
18. <http://klima.hr> (5.6.2013.)
19. <http://www.vjetroelektrane.com/sto-je-vjetar>(1.6.2013.)
20. <http://hr.wikipedia.org/wiki/Oceanografija> (1.7.2013.)
21. <http://prognoza.hr/metsimboli.html> (1.7.2013.9
22. <http://www.crometeo.hr/klimatoloski-elementi/> (18.7.2013.)
23. <http://www.portdubrovnik.hr/assets/STUDIJA1> (18.7.2013.)
24. [http://hr.wikipedia.org/wiki/Beaufortova\\_ljestvica](http://hr.wikipedia.org/wiki/Beaufortova_ljestvica) (14.7.2013.)
25. [http://jadran.gfz.hr/bura\\_objasnjenje.html](http://jadran.gfz.hr/bura_objasnjenje.html) (26.7.2013.)
26. <http://www.pmf.unizg.hr> (11.7.2013)
27. <http://www.hr/hrvatska/geografija/jadran/vjetrovi> (15.7.2013.)
28. <http://jadran.gfz.hr/jugo.html> (20.8.2013.)
29. [http://www.jadran.gfz.hr/pojmovnik\\_e.html](http://www.jadran.gfz.hr/pojmovnik_e.html) (9.7.2013.)
30. [http://jadran.gfz.hr/maestral\\_objasnjenje.html](http://jadran.gfz.hr/maestral_objasnjenje.html) (16.7.2013.)
31. <http://www.vrijeme.net/pojmovnik/coriolisova-sila> (14.7.2013.)
32. [ww.grad.unizg.hr/Gibanje\\_mora](http://www.grad.unizg.hr/Gibanje_mora) (2.8.2013.)
33. <http://deniscizar.com/karakteristike-jadrana> (9.8.2013.)
34. [http://www.grad.hr/hidrotehnicke\\_gradevine](http://www.grad.hr/hidrotehnicke_gradevine) (7.7.2013.)
35. [http://hr.wikipedia.org/wiki/Morske\\_mijene](http://hr.wikipedia.org/wiki/Morske_mijene) (11.7.2013.)
36. [http://www.grad.unizg.hr/\\_Realni\\_povr\\_morski\\_valovi](http://www.grad.unizg.hr/_Realni_povr_morski_valovi) (21.7.2013.)

37. [http://bs.wikipedia.org/wiki/Morska\\_struja](http://bs.wikipedia.org/wiki/Morska_struja) (25.7.2013.)
38. <http://jadran.gfz.hr/magla.html> (28.7.2013.)
39. <http://www.sibenik-meteo.com/vrijemeiklimajadrana.htm> (14.8.2013.)
40. <http://rovinj.hr/rovinj/informacije/projekti/15/21> (24.8.2013.)
41. <http://www.istra-istria.hr/JuznaLukaRovinj> (6.8.2013.)
42. <http://istra.hr/izmk> (15.6.2013.)
  
43. <http://www.hhi.hr/projects/viewproject/11> (25.7.2013.)
44. <http://www.portdubrovnik.hr/Studija%20Gruz> (5.8.2013.)
45. <http://www.casopis-gradjevinar.hr> (5.7.2013.)

## POPIS TABLICA

<b>Br.</b>	<b>NAZIV</b>	<b>str.</b>
1.	Jakost vjetra i srednja brzina vjetra u intervalu	15
2.	Godišnja raspodjela (%) po jačini i smjeru vjetra na Jadranu	16
3.	Odnos vrijednosti beauforta i km/h	17
4.	Beaufortova ljestvica	18
5.	Douglasova ljestvica stanja mora	26
6.	Obilježja valova Jadranskog mora	28
7.	Izbor projektne valne visine u ovisnosti o vrsti proračuna i tipu građevine	33
8.	Ukupne godišnje količine oborine u 2012. na pojedinim meteorološkim stanicama Državnog hidrometeorološkog zavoda	38
9.	Prosječna godišnja učestalost vjetra (‰) po jačini i smjerovima u Rovinju za razdoblje od 1951.– 2000. god	44
10.	Najveće zabilježene jačine vjetra po kvadrantima za Rovinj za period 1951.– 2000. Godine	45
11.	Srednje trajanje (u satima) jakih i olujnih vjetrova iz pravca SW i NW u Rovinju za razdoblje 1951.– 2000. Godine	45
12.	Relativne čestine (‰) trajanja olujnog vjetra ( $\geq 8$ Bf) u ovisnosti o smjeru vjetra	45
13.	Očekivane visine valova na ulaznom dijelu južne gradske luke u Rovinju u odnosu na najnepovoljnije smjerove, na snagu vjetra i na dubinu privjetrišta	47
14.	Dubokovodni valni parametri na ulaznom dijelu južne gradske luke u Rovinju u odnosu na najnepovoljnije smjerove vjetra	48
15.	Statistička vjerojatnost ekstremnih razina mora za područje Rovinja	49
16.	Funkcijski kriteriji kod projektiranja dogradnje luke Rovinj	51
17.	Jenkisova razdioba vjetrova za luku Gruž	64
18.	Godišnja učestalost puhanja vjetra (%), srednje brzine vjetrova (m/s) i maksimalne brzine vjetra prema smjerovima za luku Gruž	64
19.	Srednja čestina smjerova vjetra u % i srednja brzina u m/s za pojedine vjetrove po mjesecima u Dubrovniku	66
20.	Učestalost vjetrova za luku Gruž prema jačini	67
21.	Najviši valovi izmjereni na valografu ispred luke Gruž	69
22.	Visina valova izazvana vjetrom SE smjera u različitim povratnim periodima	69
23.	Brzina izmjerenih morskih struja južno od Dubrovnika	70
24.	Kolebanje razine mora u Dubrovniku od 1956. do 1997. Godine	71
25.	Amplitude (H) i faze (g) značajnih plimnih komponenata za Luku Dubrovnik	72



## POPIS SLIKA

<b>Br.</b>	<b>NAZIV</b>	<b>str.</b>
1.	Profil lukobrana nasipnog tipa	6
2.	Dijagram toka projektiranja lukobrana	8
3.	Pregled postaja s oceanografskim plutačama, obalnim postajama i prijamnim centrom u Institutu za oceanografiju i ribarstvo u Splitu	13
4.	Ruža vjetrova	15
5.	Vertikalni profil brzine vjetra	19
6.	Vertikalni presjek tijekom jednog slučaja olujne bure	20
7.	Najveća srednja satna brzina juga po godišnjim dobima u Dubrovniku, Splitu i Puli, 1996.– 2000.	24
8.	Neppravilni realni površinski valovi na nekoj lokaciji, kao rezultat raznovrsnih pobuđujućih i umirujućih sila	27
9.	Osnovni parametri za opis profila vala	29
10.	Privjetrište	32
11.	Odnos rizika s povratnim periodom i proračunskim radnim vijekom konstrukcije	34
12.	Mjesečni mareogram	36
13.	Akvatorij južne gradske luke Rovinj sa označenim smjerovima vjetra iz III. i IV. kvadranta	42
14.	Simulacija izgleda južne gradske luke u Rovinju nakon provedene dogradnje	53
15.	Uzdužno/poprečni presjeci morske dubine u Gruškom zaljevu	54
16.	Tlocrt izgleda Gruške luke nakon rekonstrukcije i dogradnje	57
17.	Prikaz nove dubrovačke luke u Gružu prema realizaciji projekta	58
18.	Mjesto gdje se gradi Batahovina I – Dubrovački most (Most Franje Tuđmana) i ulaz u luku Gruž	60
19.	Tlocrt i poprečni presjek trapeznog proširenja vezova 16 i 17	61
20.	Izvedba zidova produženja vezova 16. i 17	62
21.	Godišnja ruža vjetrova za luku Gruž	65

## POPIS GRAFIKONA

<b>Br.</b>	<b>NAZIV</b>	<b>str.</b>
1.	Godišnja raspodjela vjetrova na Jadranu po smjeru puhanja izražena u %	16
2.	Grafički prikaz odnosa vrijednosti jačine vjetra izražene u beaufortima i km/h	17
3.	Prosječno trajanje umjerenog, jakog i olujnog juga u postocima ukupnog trajanja jednog slučaja, Split-Marjan 1961.– 1990,	23
4.	Ukupne godišnje količine oborine u 2012. na pojedinim meteorološkim stanicama Državnog hidrometeorološkog zavoda	39
5.	Srednja godišnja čestina pojedinih smjerova vjetra u Dubrovniku izražena u %	67
6.	Prikaz učestalosti jačine vjetra za područje luke Gruž	68