

---

**Marko Begonja**, mag.ing.  
E-mail: mbegonja7@gmail.com  
Pomorski fakultet Sveučilišta u Rijeci  
Studentska 2, 51000 Rijeka

---

## Djelovanje vanjskih sila na projektiranje lučkih građevina

### SAŽETAK

U ovom radu prikazan je utjecaj vanjskih sila na projektiranje luke kao jedan od izuzetno bitnih čimbenika pri samoj djelatnosti luke. Naime, jako je bitno detaljnije poznavanje pojedinih vanjskih sila koje utječu na projektiranje luka kako bi se što bolje odredila sigurnost broda u luci, sigurnost provođenja lučke djelatnosti te lučkih građevina i prekrcajnih postrojenja. Pod vanjskim silama podrazumjevaju se u prvom redu meteorološki i oceanografski uvjeti, vjetar, valovi, morske mijene, vidljivost, temperatura, vlažnost zraka te magla. Imajući u vidu sve te čimbenike, prilikom projektiranja luke mogu se predvidjeti svi negativni utjecaji za luku u daljnjoj budućnosti te ih na vrijeme spriječiti, a isto tako i uspješno poboljšati samu učinkovitost lučke djelatnosti.

**Ključne riječi:** projektiranje luke, vanjske sile, lučka djelatnost, meteorološki i oceanografski uvjeti.

### 1. UVOD

Predmet ovoga rada je detaljnije upoznavanje vanjskih sila koje djeluju na projektiranje lučkih objekata 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 tomu ne vodi dovoljno računa. Svako djelovanje takvih sila može imati male posljedice ili izuzetno razorno djelovanje na sam proces i sigurnost lučke djelatnosti. Posebna pozornost posvećuje se istaživanju meteoroloških i oceanografskih obilježja Jadranskog mora, što izravno utječe na sigurnost pomorske plovidbe i održavanje lučkih procesa. Ovdje se posebno ukazuje na sve bitne značajke vjetra, valova, morskih mijena, morskih struja kao i oborina, vidljivosti, temperature i vlažnost zraka te magle.

Pravilno projektiranje morskih luka treba promatrati kroz dugoročno planiranje sustavnih mjera čime bi se stvorili uvjeti za poboljšanje, ne samo lučke djelatnosti, nego i samog gospodarstva Republike Hrvatske. Svaki utjecaj vanjskih sila uzima se na detaljnu analizu kako bi se moglo što bolje pristupiti samom planiranju i projektiranju luke te time omogućiti optimalni rad i maksimalnu sigurnost, kako za ljude, tako i za terete koji prolaze kroz luku. Naime, sam utjecaj vanjskih sila na projektiranje luke je dugoročan proces koji se godinama mora pratiti kako bi se sa što većom vjerojatnošću predvidjeli negativni utjecaji te se na vrijeme spriječio njihov štetan, a ponekad i razoran utjecaj. Isto tako, bitno je istaknuti značajke projektiranja unutarnjih lučkih građevina i uvjeta za fizičku postavu luka.

U zaključku se govori o svim bitnim spoznajama i rezultatima istraživanja kojima se dokazuje značenje utjecaja vanjskih sila na projektiranje luke.

## 2. PROJEKTIRANJE LUKA

Projektiranje predstavlja istraživačko-razvojni postupak pomoću kojega se definiraju osnovna tehničko-tehnološka obilježja luka i terminala.

Projektiranje, kao postupak, ima svoje logičke faze, a to su: idejno rješenje, idejni projekt, glavni projekt i izvedbeni projekt.

Kada se pristupa samom projektiranju luke, jako je bitno odrediti osnovne čimbenike koji određuju razinu maritimne sigurnosti kao i prilaz samom akvatoriju. Treba se posebno analizirati utjecaj vanjskih sila prilikom uplovljavanja, isplovljavanja, manevra broda prilikom priveza i odveza te njegovog boravka u luci. Ne smije se zanemariti zakonska obveza izrade maritimne studije, a sukladno Uredbi o uvjetima kojima moraju udovoljavati luke.

Članak 5. ove Uredbe propisuje:

„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 plovnih 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.“

Vanjske lučke građevine, također, imaju važnu ulogu u projektiranju luke, budući da one štite lučki akvatorij od valova, dok njihova rjeđa funkcija može biti zaštita od morskih struja i nanosa. Vanjske lučke građevine koje štite lučki akvatorij od valova su lukobrani i valobrani. Konstrukcija valobrana identična je lukobranima, ali je funkcija različita. Naime, valobrani su podmorski ili niski nadmorski objekti koji djelomično štite od valova.

Slika 1. Dijagram toka projektiranja lukobrana



Izvor: www.grad.hr, (23.02.2014.)

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.

Projektiranje lukobrana sastoji se iz više faza, a predstavlja se dijagramom toka kako je prikazano na slici 1.

Kod projektiranja luke treba se odrediti broj i veličina vezova prema prometu u luci i veličini brodova te se odabire točka koja je najizloženije u lučkom akvatoriju, 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.

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

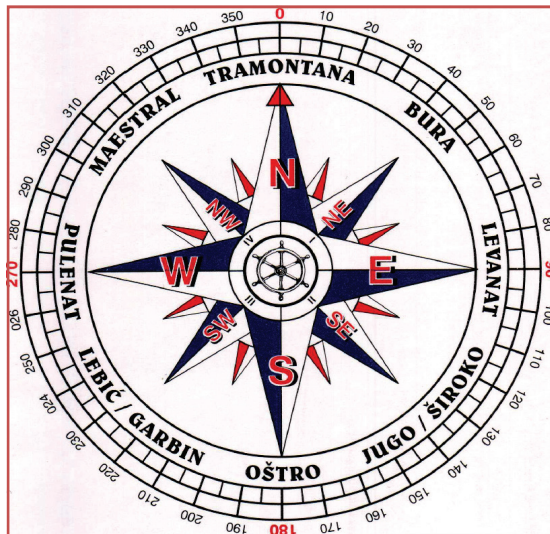
Meteorološka i oceanografska obilježja Jadranskog mora izravno utječu na sigurnost pomorske plovidbe i provođenje lučkih procesa te se nikako ne smiju zanemariti pri projektiranju luka.

#### 3.1. Vjetar

Najbitniji je vjetar koji se može opisati kao horizontalno strujanje zračnih masa koje nastaju uslijed razlike temperatura, odnosno tlakova. Strujanjem zraka dolazi do trenja, odnosno gubitka kinetičke energije u doticaju s čvrstom podlogom, što rezultira razlikama u brzini strujanja u prostoru i vremenu. Na Jadranu se javljaju najčešće 3 glavna vjetra, a to su: bura (NE), jugo (SE) i maestral (NW).

Učesća pojedinih smjerova i prosječnih ili maksimalnih brzina vjetra prikazuje tzv. ruža vjetrova s naznačenim stranama svijeta, kako je prikazano na slici 2.

Slika 2. Ruža vjetrova



Izvor: [www.gradst.hr](http://www.gradst.hr), 25.02.2014.

### 3.2. Valovi

Nakon vjetra drugi bitan čimbenik o kojem se treba voditi računa pri projektiranju luke su valovi koji se mogu definirati kao proces periodičkog kolebanja fizičke površine mora koji je udružen s osciliranjem vodenih čestica pod djelovanjem pobuđujućih i umirujućih sila.

Stanje mora, s obzirom na valovitost, određuje se u skladu s Douglasovom ljestvicom koja je prikazana u tablici 1.

Tablica 1. 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, 27.02.2014.

Na moru se javlja više vrste valova, a neki od njih su:

- 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.

Kod projektiranja luke na Jadranu 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.

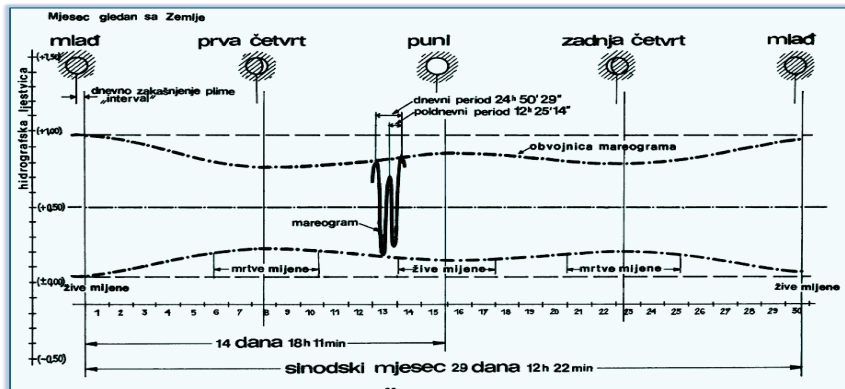
### 3.3. Morske mijene

Morske mijene (plima i oseka) također se smatraju bitnim za projektiranje luke te se definiraju kao naizmjenično dizanje i spuštanje razine mora, nastalo pod utjecajem gravitacijske sile Mjeseca i Sunca u odnosu na Zemlju. Odražavaju se kao vertikalna gibanja morske razine i horizontalno premještanje vodenih masa. Morske mijene utječu na obale i plovidbu osciliranjem vodostaja i plimnim strujama. Promjene morske razine u nekim lukama imaju velik utjecaj na plovidbu i provođenje lučkih operacija. Međutim,

treba istaknuti kako, za područje našeg dijela Jadrana, valovi koji nastaju kao posljedica morskih mijena nemaju veliki utjecaj na pomorske objekte i građevine, ali se isto tako moraju uzimati u obzir prilikom projektiranja luke.

Na slici 3. prikazan je mjesečni mareogram. Vidi se da u doba sizigija Sunce, Mjesec i Zemlja dođu u konjunkciju, mlad, ili opoziciju – puni mjesec, kada su amplitude mijena maksimalne. Mijene toga vremena su žive mijene, a odgovaraju im živi razovi. 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 3. Mjesečni mareogram



Izvor: www.grad.unizg.hr, 26.02.2014.

### 3.4. Morske struje

Morske struje su horizontalna kretanja morske vode, a u Jadranskom moru su dio sustava sredozemnih morskih struja. Kreću se u obrnutom smjeru od kretanja kazaljke na satu, a glavni razlog tomu je zemljina rotacija. 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.

Razlikuju se dvije osnovne vrste morskih struja: periodične i neperiodične

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

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 li godišnjim brojem dana.

Količina oborine ovisi o dva faktora: vlažnosti zračne struje i 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.

#### 4. FUNKCIJSKI KRITERIJ PROJEKTIRANJA LUČKIH GRAĐEVINA

Funkcijski kriteriji vezani uz projektiranje lučkih građevina, koje je potrebno uzeti u obzir su: funkcijski kriteriji iz projektnog zadatka, ublaženi funkcijski kriteriji, kriteriji preživljavanja i eliminacijski kriteriji. Odnos svih kriterija može se vidjeti na primjeru projektiranja dogradnje luke Rovinj što prikazuje tablica 2.

Tablica 2. Funkcijski kriteriji kod projektiranja dogradnje luke Rovinj

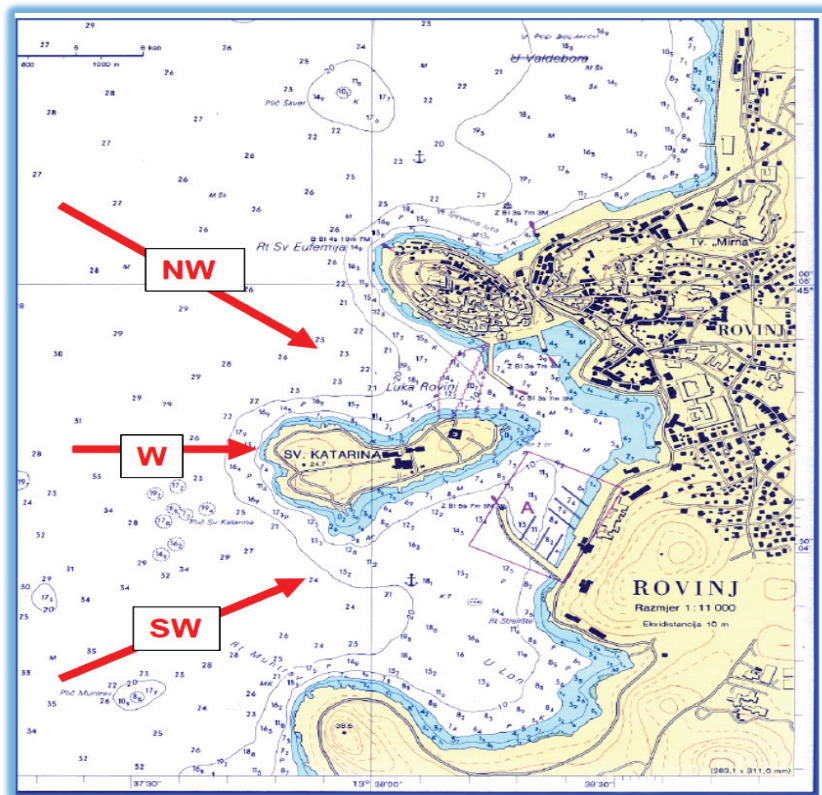
a) Funkcijski kriteriji iz projektnog zadatka	<ul style="list-style-type: none"> <li>Maksimalna visina vala na prolazima u akvatorij;</li> </ul>	$H_{\max 5g} < 0,80 \text{ m}$
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Maksimalna visina vala kod «Punte Oštro» (kriterij prohodnosti plutajućih valobrana);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

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

Kod funkcijskog kriterija iz projektnog zadatka bitno je posebno uzeti u obzir širinu ulaza u luku. Lučka uprava Rovinj, koja je i nositelj zahvata, preporučila je da širina ulaza u luku mora iznositi najmanje 3 dužine maksimalnog broda koji može ući u luku. Tako za putnički brod dužine 30 m širina ulaznog dijela u luku mora iznositi najmanje 90 m.

Međutim, zbog izloženosti jakom vjetru i snažnim valovima iz zapadnog i jugozapadnog smjera, nemoguće je točno odrediti ne samo širinu ulaza u luku, nego i broj odgovarajućih gatova za siguran vez plovila jer sama izgrađenost i opremljenost lučke infrastrukture ne pružaju adekvatnu sigurnost u postavljanju neophodnih dodatnih privežišta.

Slika 4. Akvatorij južne gradske luke Rovinj s označenim smjerovima vjetra iz III. i IV. kvadranta



Izvor: [www.istra-istria.hr](http://www.istra-istria.hr), 24.02.2014.

Na slici 4. prikazan je primjer akvatorija južne gradske luke Rovinj na kojem su označeni smjerovi vjetra koji ugrožavaju sigurnost plovila unutar lučkog bazena. Smjer vjetra bitno će utjecati na smjer izgradnje pristana i rasporeda lučkih objekata.

## 5. ZAKLJUČAK

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. Uspješna realizacija projektiranja luke znači da će u daljnoj budućnosti luka moći u potpunosti zadovoljiti svoj položaj kao međunarodna luka s optimalnim načinom obavljanja lučke djelatnosti.

Uspješno projektiranje luke ima iznimno veliku ulogu za gospodarstvo Republike Hrvatske u cjelini jer se podrazumjeva da će luka moći uspješno konkurirati na svjetskom tržištu, pridonoseći tako i razvoju gradske sredine u kojoj se luka nalazi te samim time i podizanju standarda društva. Iako djelovanje ostalih vanjskih sila, temperature zraka, magle, oborina, vidljivosti, morskih struja i morskih mijena ne predstavlja veću opasnost

na istočnoj obali Jadrana, njihov utjecaj nipošto se ne smije zanemariti ukoliko se želi postići što kvalitetnije provođenje lučke djelatnosti.

Posebno se mora voditi računa o analizi učestalosti pojedinih vanjskih sila i to u određenom dugogodišnjem periodu, najčešće od 10, 50 ili 100 godina kako bi se mogli što bolje predvidjeti svi štetni utjecaji koji ometaju samo funkcioniranje luke. Jasno je da se ne može u potpunosti ukloniti štetno djelovanje vanjskih sila, ali ih je potrebno minimizirati koliko god je to moguće, budući da posljedice lošeg projektiranja mogu biti dugoročno ograničavajuće i ekonomski neisplative.

## LITERATURA

### 1) Knjige

1. Beraković, B. i dr., Hidrotehničke građevine, dio I., Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Zagreb, 2011.
2. Dundović, Č.: Tehnologija i organizacija luka, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2001.
3. Kuspilić, N. i dr., Hidrotehničke građevine, dio I., Pregled građevina i osnove proračuna, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Zagreb 2012.
4. Pršić, M., Plovni putovi i luke, Vanjske lučke građevine, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Zagreb, 2012.
5. Više autora: Jadransko more, Istarska enciklopedija, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, Zagreb, 2008.
6. Više autora: Urbanistički plan uređenja Gruški akvatorij, Službeni glasnik grada Dubrovnika, br. 7, Knjiga III, Dubrovnik, 20
7. Grupa autora: Dogradnja i uređenje južne gradske luke u Rovinju, Abaka d.o.o., Rovinj.

### 2) Članci

8. 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
9. Zorović, D., Mohović, Đ., Prilog određivanju duljine vjetrovnih valova na Jadranu, Naše more, Vol. 50

### 3) Internet

10. [www.grad.hr](http://www.grad.hr)
11. [www.gradst.hr](http://www.gradst.hr)
12. [www.grad.unizg.hr](http://www.grad.unizg.hr)
13. [www.istra-istria.hr](http://www.istra-istria.hr)



## Impact of External Forces on the Port Buildings Design

### SUMMARY

This paper shows influence of external forces on the port buildings design, as one of the very important factors in the port activities. In fact, it is very important detailed knowledge of specific external forces that influence on the port buildings design in order to better determine the safety of the ship in port, the safety of port operations, port construction and loading facilities. External forces imply primarily meteorological and oceanographic conditions, wind, waves, tide status, visibility, temperature, humidity and fog. Considering all these factors during the port buildings design all the negative impacts of the port in further future can be predicted and prevented, and also port operations efficiency can be improved.

**Key words:** port buildings design, external forces, port activity, meteorological and oceanographic conditions