

# Idejno rješenje marine u Ližnjanu

---

**Dangubić, Dalibor**

**Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni**

**2019**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:157:082138>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-31**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering - FCERI Repository](#)



image not found or type unknown

**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
GRAĐEVINSKI FAKULTET U RIJECI**

**Dalibor Dangubić**

**Idejno rješenje marine u Ližnjanu**

**Diplomski rad**

**Rijeka, 2019.**

**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
GRAĐEVINSKI FAKULTET U RIJECI**

**Specijalistički diplomski stručni studij  
Graditeljstvo u priobalju i komunalni sustavi  
Gradnja marina i obala**

**Dalibor Dangubić  
JMBAG: 0082025122**

**Idejno rješenje marine u Ližnjanu**

**Diplomski rad**

**Rijeka, srpanj 2019.**

## **IZJAVA**

Diplomski rad izradio sam samostalno, u suradnji s mentorom i uz poštivanje pozitivnih građevinskih propisa i znanstvenih dostignuća iz područja građevinarstva. Građevinski fakultet u Rijeci je nositelj prava intelektualnog vlasništva u odnosu na ovaj rad.

---

Dalibor Dangubić

U Rijeci, 29. lipnja 2019.

## ZAHVALA

Zahvaljujem mentoru doc.dr.sc. Igoru Ružiću, dipl.ing.građ. na uputama, sugestijama i cjelokupnoj pomoći prilikom izrade ovog diplomskog rada.

Također zahvaljujem svojoj obitelji, prijateljima i kolegama koji su mi pomogli i pružili podršku i razumijevanje tijekom studija, a posebno se zahvaljujem mom sinu Dominiku i kćerki Loti na ljubavi i strpljenju za svo vrijeme koje u ove dvije godine studiranja nisam proveo s njima.

Veliko hvala!

## **SAŽETAK**

Ovim diplomskim radom razrađeno je idejno rješenje marine u uvali Kuje kod mjesta Ližnjan. Rješenjem su sagledane dvije varijante, te je nakon dobivenih podataka jedna odabrana kao prihvatljivija. Rad obuhvaća i prethodne analize lokacije kao što su prirodne osnove lokaliteta, geološke osobine, klimatološko meteorološke te vjetrovalnu klimu lokacije. Prikazana je metodologija proračuna te je izveden pomorsko hidraulički proračun za obje varijante. Uz to sastavni dio su i grafički prilozi koji prikazuju obalne građevine kao što su nasuti lukobran i obalni zid, te dispozicije vezova u marini. Obje varijante predviđaju izvedbu nasutog lukobrana kao zaštitu marine i obalni zid uz postojeću obalu na kojeg se vezu plivajući gatovi. Tako prva varijanta predviđa 450 vezova uz izvedbu osam plivajućih gatova, dok druga varijanta koja je ovim radom odabrana kao prihvatljivije rješenje se zadržava u odredbama prostorno planske dokumentacije i izvedbe 350 vezova u zadanim prostornim gabaritima.

**Ključne riječi:** idejno rješenje, marina, lukobran, obalni zid, privez, dispozicija vezova, dimenzioniranje

## **ABSTRACT**

This diploma work elaborated the conceptual solution of the marina at Kuje bay near Ližnjan. Two variants were considered by decision, and one after the data was selected as being more acceptable. The work also includes previous location analyzes such as the natural background of the site, geological characteristics, climatological meteorological and windy climate of the site. The methodology of the calculation is presented and a seawater hydraulic calculation is made for both variants. Additionally, there are graphical contributions that show coastal structures such as a steamer and a coastal wall, as well as the mooring of the moorings. Both variants anticipate the performance of a saltwater shield as a marine protection and a coastal wall along the existing shore to which the floating gates link. Thus, the first variant envisages 450 berths with the performance of eight floating gates, while the second variant chosen as the more acceptable solution is retained in the provisions of spatial planning documentation and the performance of 350 berths in the given spatial gauge.

**Key words:** conceptual solution, marina, breakwater, coastal wall, mooring, dimensioning

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	10
1.1. Povijesni pregled.....	12
1.2. Postojeće stanje lokaliteta .....	13
1.3. Marine .....	14
1.4. Varijanta rješenja uređenja marine u Ližnjanu.....	16
2. PRIRODNE ZNAČAJKE LOKACIJE.....	17
2.1. Geografski položaj .....	17
2.2. Geološke značajke.....	19
2.3. Klimatološke i meteorološke značajke lokacije .....	23
2.4. Morske razine.....	26
2.5. Morske struje.....	28
2.6. Vjetar i valovi.....	29
3. OPIS I METODOLOGIJA PRORAČUNA .....	33
3.1. Dimenzioniranje nasutog lukobrana.....	34
3.2. Dimenzioniranje vertikalnog lukobrana.....	41
3.3. Dimenzioniranje obalnog zida .....	46
3.4. Dispozicija vezova plovila.....	51
4. POMORSKO HIDRAULIČKI PRORAČUN .....	57
4.1. Vjetrovalna klima.....	57
4.2. Dimenzioniranje nasutog lukobrana.....	63
4.3. Dimenzioniranje obalnog zida na nasutom lukobranu .....	68
4.4. Dimenzioniranje obalnog zida .....	73
4.5. Organizacija priveznih mjesta unutar luke .....	78
4.6. Dimenzioniranje nasutog lukobrana.....	85
4.7. Organizacija priveznih mjesta unutar luke .....	90
5. ANALIZA VARIJANTNIH RIJEŠENJA .....	96
6. ZAKLJUČAK .....	99
7. LITERATURA .....	101
8. GRAFIČKI PRILOZI.....	104



## POPIS SLIKA

<i>Slika 1: Ulomci razbijenih amfora iz antičkog doba [2]</i> .....	12
<i>Slika 2: Prikaz postojeće ribarske lučice [3]</i> .....	13
<i>Slika 3: Marine s obzirom na položaj akvatorija [7]</i> .....	15
<i>Slika 4: Granica UPU i obalnog pojasa u obe varijante</i> .....	16
<i>Slika 5: Položaj uvala Kuje [10]</i> .....	17
<i>Slika 6: Luke u uvali Kuje [9]</i> .....	18
<i>Slika 7: Korištenje i namjena površina [9]</i> .....	19
<i>Slika 8: Reljefne cjeline Istre [11]</i> .....	20
<i>Slika 9: Geološke karte šire okolice lokacije zahvata [12]</i> .....	21
<i>Slika 10: Karta potresnog područja RH za povratno razdoblje od 95 god. [14]</i> .....	22
<i>Slika 11: Karta potresnog područja RH za povratno razdoblje od 475 god. [14]</i> .....	22
<i>Slika 12: Klimatski tipovi po Köppenu u Hrvatskoj [15]</i> .....	23
<i>Slika 13: Karta maksimalne temperature zraka za povratni period od 50 godina [17]</i> .....	24
<i>Slika 14: Karta minimalne temperature zraka za povratni period od 50 godina [17]</i> .....	25
<i>Slika 15: Karakteristične morske razine u Rovinju i Puli [16]</i> .....	26
<i>Slika 16: Elementi plimnog vala [19]</i> .....	27
<i>Slika 17: Smjer kretanja morskih struja Jadrana [20]</i> .....	28
<i>Slika 18: Kretanje vjetra od područja visokog u područje niskog tlaka [18]</i> .....	29
<i>Slika 19: Bura u uvali Kuje [21]</i> .....	29
<i>Slika 20: Ruža vjetrova [24]</i> .....	31
<i>Slika 21: Površinski (a) i dubinski (b) morski valovi [18]</i> .....	32
<i>Slika 22: Primjena lukobrana [26]</i> .....	33
<i>Slika 23: Osnovni tipovi lukobrana [26]</i> .....	33
<i>Slika 24: Primjena nasutih lukobrana [27]</i> .....	34
<i>Slika 25: Poprečni presjek nasipanog lukobrana u dubokom [26]</i> .....	34
<i>Slika 26: Poprečni presjek nasipanog lukobrana u plitkom [26]</i> .....	35
<i>Slika 27: Materijal primarne zaštite lukobrana [29]</i> .....	37
<i>Slika 28: Materijal primarne zaštite lukobrana [27]</i> .....	40
<i>Slika 29: Poprečni presjek vertikalnog lukobrana [27]</i> .....	41
<i>Slika 30: Djelovanje valnog opterećenja na dva tipa lukobrana [30]</i> .....	42
<i>Slika 31: Dijagram opterećenja prema Sainflou [31]</i> .....	42
<i>Slika 32: Dijagram opterećenja prema Godi [31]</i> .....	44
<i>Slika 33: Kut između širenja valova i okomice na lukobranu [31]</i> .....	45

<i>Slika 34: Riva u Fažani (privatna arhiva).....</i>	<i>46</i>
<i>Slika 35: Tipova obalnih konstrukcija [32] .....</i>	<i>47</i>
<i>Slika 36: Sile koje djeluju na zid [33] .....</i>	<i>48</i>
<i>Slika 37: Gubitak stabilnosti na klizanje ili prevrtanje, te lom temeljnog tla [34] .....</i>	<i>49</i>
<i>Slika 38: Djelovanje vjetra, vala i morskih struja [23] .....</i>	<i>51</i>
<i>Slika 39: Djelovanje morskih valova na plovilo [23].....</i>	<i>53</i>
<i>Slike 40: Godišnja ruža vjetra za Pula - Aerodrom (1968-1989) [35].....</i>	<i>57</i>
<i>Slika 41: Prikaz efektivne duljine privjetrišta NE .....</i>	<i>59</i>
<i>Slika 42: Potrebni podatci s Groen-Dorrenstein dijagrama za privjetrište NE .....</i>	<i>60</i>
<i>Slika 43: Prikaz efektivne duljine privjetrišta E.....</i>	<i>61</i>
<i>Slika 44: Potrebni podatci s Groen-Dorrenstein dijagrama za privjetrište E .....</i>	<i>62</i>
<i>Slika 45: Prikaz simulacije valova za 100g PP.....</i>	<i>62</i>
<i>Slika 47: Karakteristični presjek obalnog zida na nasutom lukobranu.....</i>	<i>68</i>
<i>Slika 48: Karakteristični presjek obalnog zida .....</i>	<i>73</i>
<i>Slika 49: Varijanta 1, organizacija priveznih mjesta.....</i>	<i>78</i>
<i>Slika 50: Smjer djelovanja vjetra [23] .....</i>	<i>82</i>
<i>Slika 52: Varijanta 2, organizacija priveznih mjesta.....</i>	<i>90</i>
<i>Slika 53: Smjer djelovanja vjetra [23] .....</i>	<i>93</i>
<i>Slika 54: Obalna granica varijante 1 i 2 .....</i>	<i>97</i>

## POPIS TABLICA

Tablica 1: Vrste i kapaciteti luka [9].....	18
Tablica 2: Beaufortova ljestvica [23] .....	30
Tablica 3: Douglasova skala [25] .....	32
Tablica 4: Koeficijent sloja $k\Delta$ [27] .....	36
Tablica 5: Koeficijent stabilnosti KD bez oštećenja lukobrana ( $D = 0\% - 5\%$ ) [27] .....	38
Tablica 6: Vrijednosti parcijalnih koeficijenata za provjeru graničnog stanja nosivosti prema Eurokodu [27] .....	50
Tablica 7: Veličine prema ACI pravilniku [23] .....	54
Tablica 8: Veličine prema priručniku za dimenzioniranje plovila u marinama, Monaco (2011.) [23].....	54
Tablica 9: Istovremena učestalost pojavljivanja različitih smjerova vjetra ( $\%$ ) za Pula-Aerodrom u razdoblju 1968-1989. [35] .....	58
Tablica 10: Minimalne dubine na priveznim mjestima.....	79
Tablica 11: Potrebna širina bazena .....	80
Tablica 12: Broj priveznih mjesta .....	81
Tablica 13: Minimalne dubine na priveznim mjestima.....	91
Tablica 14: Potrebna širina bazena .....	91
Tablica 15: Broj priveznih mjesta .....	92
Tablica 16: Broj priveznih mjesta u varijanti 1 .....	96
Tablica 17: Broj priveznih mjesta u varijanti 2 .....	97
Tablica 18: Usporedba parametara varijante 1 i 2.....	98

## 1. UVOD

Promatrajući podatke proteklih nekoliko godina dolazi se do zaključka kako je turizam jedan od glavnih faktora privrednog i ekonomskog razvoja Republike Hrvatske, a posebno istarskog poluotoka.

Nautički turizam je grana turizma koja je zabilježila jednu od najviših razvojnih stopa u hrvatskom gospodarstvu, pa tako za nautički turizam možemo reći kako je jedan od najperspektivnijih oblika hrvatskog turizma.

Ovim diplomskim radom analizirana su rješenja luke nautičkog turizma kao jedno od poboljšanja turističke ponude mjesta Ližnjana. Radom su obuhvaćeni podaci o stanju lokacije, njene geološke, klimatološke i meteorološke značajke, na temelju kojih su analizirana dva prijedloga rješenja marine u uvali Kuje. Tako je za svaku od varijanta proveden pomorsko hidraulički proračun svih elemenata obalnih građevina potrebnih kod izvedbe marine. Uz dokaze stabilnosti napravljena je organizacija priveznih mjesta unutar luke za obje varijante. U varijanti 1 analizirano je rješenje s maksimalnom iskoristivošću djela uvale predviđenog za marinu gdje se dolazi do broja od 450 priveznih mjesta, dok je druga varijanta uklopljena u granicama prijedloga urbanističkog plana uređenja i kao takva broji definiranih planom 350 priveznih mjesta.

## 1.1. Povijesni pregled

Područje Ližnjana je naseljeno od prapovijesti. Njegova povijest je uistinu zanimljiva o čemu pričaju nalazišta naselja starog preko 7000 godina, ostaci rimskih vila, komadići amfora i starih potopljenih brodova koji se još nalaze u njegovom podmorju, stari svjetionici koji i danas pokazuju put morskim putnicima, drevne crkve i šarm tipičnih mediteranskih kuća gusto zbijenih u centru mjesta. Ulomci razbijenih amfora kako je vidljivo na (slika 1) ukazuju na pomorski promet u uvali još u vrijeme antičkog doba [1].

Naselje je bilo ribarskog tipa u kojem se život tijekom povijesti gasio, ali i ponovno vraćao. U uvali Kuje, na mjestu današnje crkvice, nekad se nalazila i rimska vila sa termama, i još uvijek očuvanim podnim mozaicima. Mjesto se prvi puta spominje 1149. godine kao Lisianum mada postoje raniji iz 990. godine gdje se navodi seoska vila imena Liciniana ili Liciniaum [1].



*Slika 1: Ulomci razbijenih amfora iz antičkog doba [2]*

## 1.2. Postojeće stanje lokaliteta

Ribarska lučica (slika 2) smještena u uvali Kuje otkriva da se stanovnici lokalnog kraja i danas bave ribarstvom, kako su to radili i tisućama godina prije. Osim ribarske lučice u uvali Kuje su vezane brodice lokalnih mještana. Uvala je zaštićena od svih vjetrova osim od sjeveroistočnih. Uvala Kuje duboka je uvala na istočnoj obali južnog dijela istarskog poluotoka. Nalazi se na 1400 m jugoistočno od centra naselja Ližnjan, 1,3 NM sjeverno od Rta Marlera. Ulaz u luku Kuje nalazi se između Rta Uljeva i rta Munat Veliki. Unutarnji dio uvale zatvoren je užim prilazom širine približno 300 m. Od te linije, uvala se prostire duboko u kopno u dužini od približno 1200 m a najširi dio iznosi približno 650 m. Maksimalna dubina na ulaznom kanalu iznosi 12 m. U unutarnjem dijelu srednja dubina iznosi od 5 do 8 m, dok je jugoistočni dio - zaljev Konobica prosječne dubine 4 do 5 m. Osim dvije lučice u uvali se nalazi i uređena šljunčana plaža smještena na zapadnoj strani uvale uz lokalnu prometnicu (slika 4). Uvalu Kuje prvenstveno koriste stanovnici Ližnjana kao privezište svojih brodica, te privezište ribarskih brodova.



*Slika 2: Prikaz postojeće ribarske lučice [3]*

### 1.3. Marine

Nautički turizam u Hrvatskoj pojavljuje se u 19. stoljeću što je gotovo jedno stoljeće kasnije nego u svijetu, ali važnije od toga da se nautički turizam u Hrvatskoj razvija dosta sporije sve do početka 80-ih godina 20. st. što izrazito povećava popularnost nautičkog turizma. Shodno tome njegov razvoj se može promatrati kroz period od zadnjih 15 godina, a za očekivati je vrhunac razvoja u godinama koje slijede [4].

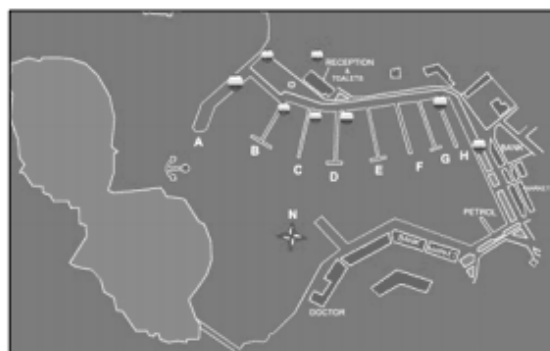
Svake godine broj dolazaka brodova i izleta raste, te Hrvatska ima uistinu velike ambiciozne planove što se tiče razvoja nautičkog turizma, aludirajući na povećanje broja mjesta za privezivanje brodova, za proširenje gatova za prihvrat većih brodova (mega jahti), ali i gradnju novih marina i poboljšanja kvalitete postojećih. Hrvatska je do 1980. godine raspolagala sa malo više od 2000 komercijalnih priveza u moru te oko 1200 mjesta na kopnu u 12 marina [5].

Luke nautičkog turizma se razvrstavaju prema Pravilniku o razvrstavanju i kategorizaciji luka nautičkog turizma u sljedeće vrste: sidrište, odlagalište plovnih objekata, suha marina i marina. Sidrište je dio morskog ili vodenog prostora pogodnog za sidrenje plovnih objekata opremljeno napravama za sigurno sidrenje. Odlagalište plovnih objekata je dio kopna ograđen i uređen za pružanje usluga odlaganja plovnih objekata na suhom te pružanje usluga transporta, spuštanja u vodu i dizanja iz vode plovnog objekta. Suha marina je dio kopna ograđen i uređen za pružanje usluga skladištenja plovnih objekata na suhom te pružanje usluga transporta, spuštanja u vodu i dizanja iz vode plovnog objekta. Marina je dio vodenog prostora i obale posebno izgrađen i uređen za pružanje usluga veza, smještaja turista u plovnim objektima te ostalih usluga. Marine se kategoriziraju u tri kategorije: prva kategorija označuje marinu najvišeg standarda, druga kategorija marinu srednjeg standarda i treća kategorija označuje marinu najnižeg standarda. Kategorije marina označavaju se ovisno o ispunjenju uvjeta sidrima i to u kategorijama od dva do pet sidara [6].

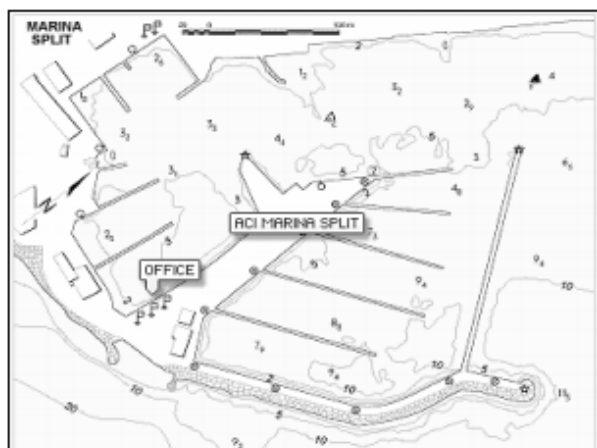
Položajno marine prema kopnenom okruženju možemo podijeliti na otvoreni, poluuvučeni, uvučeni i potpuno uvučeni tip marine (slika 3) [7].



a. Marina Kaštela, otvorena marina



b. Marina Vrsar, poluuvučena marina



c. Marina Split, uvučena marina



d. Empuriabrava (Španjolska), potpuno uvučena marina

Slika 3: Marine s obzirom na položaj akvatorija [7]

Osim podjele obzirom na položaj, marine dijelimo i prema stupnju opremljenosti, vlasništvu i prema lokaciji.

Državni zavod za statistiku (DZS) proveo je istraživanje u 2018., a u kojem su bile obuhvaćene 142 nautičke luke Hrvatske, od toga 72 marine te 70 ostalih nautičkih luka s ukupnom površinom akvatorija od blizu 4.100.000 m<sup>2</sup> i nešto manje od 17.300 privezišta. U lukama nautičkog turizma 31. prosinca 2018. na stalnom vezu bilo je 13 617 plovila, što je za 1,4% više nego 31. prosinca 2017. Vezom u moru služilo se 86,2% plovila, a isključivo mjestom na kopnu 13,8% plovila. Prema vrsti plovila na stalnom vezu u moru najviše je bilo jahti na jedra (50,1%), slijede motorne jahte (46,1%) te ostala plovila (3,8%) [8].

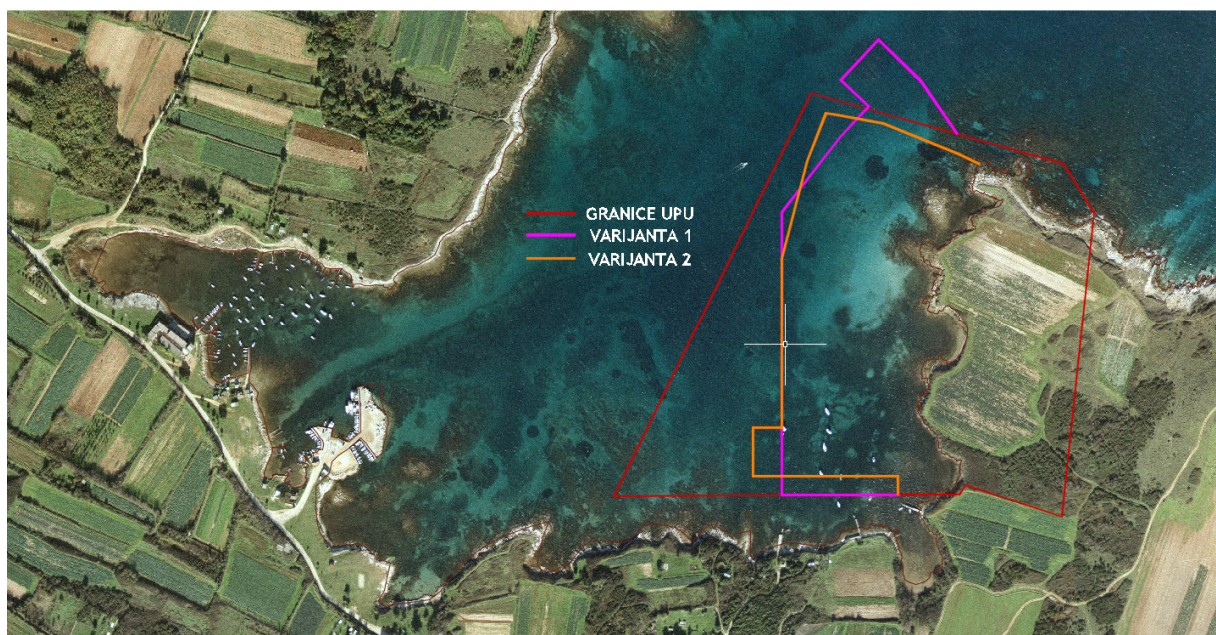


#### 1.4. Varijanta rješenja uređenja marine u Ližnjanu

Općina Ližnjan je postojećom prostorno planskom dokumentacijom predvidjela izgradnju marine kapaciteta 350 vezova, te je istom definiran lokacijski obuhvat unutar uvale Kuje.

Ovim radom analiziraju se dvije varijante, uz razliku prostorne veličine i broja mogućih vezova unutar marine. Prvom varijantom želja je maksimalno iskoristiti prostor uvale Kuje predviđen za marinu, te se na taj način dijelom izlazi iz budućih okvira za prostorni smještaj marine koji je reguliran UPU i premašuje se kapacitet vezova propisanih prostornim planom.

Drugom varijantom obuhvat je kompletno smješten unutar granica predviđenih UPU-om Općine Ližnjan i njom se ispunjavaju uvjeti propisani za kapacitet od 350 vezova.



*Slika 4: Granica UPU i obalnog pojasa u obe varijante*

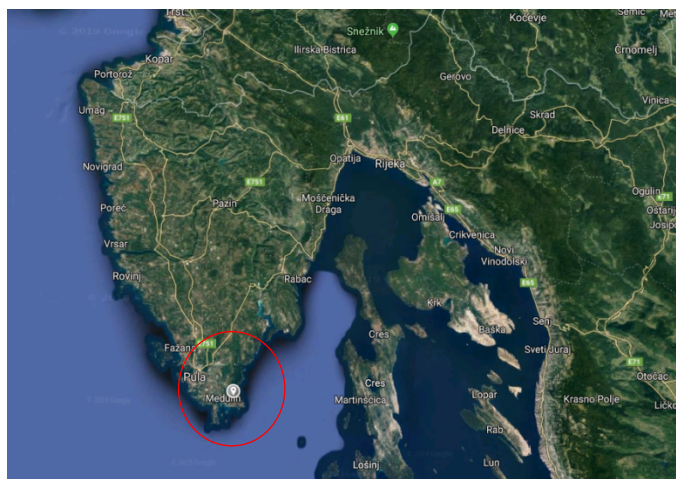
Prva i druga varijanta predviđaju izvedbu nasutog lukobrana, obalnog zida i plutajućih gatova. Drugačijim smještajem nasutog lukobrana u prvoj varijanti predviđa se izvedba jednog plutajućeg gata više nego u drugoj varijanti.

## 2. PRIRODNE ZNAČAJKE LOKACIJE

Prilikom projektiranja građevina obalnog tipa vrlo je važno odrediti i definirati prirodne čimbenike koji će izravno i neizravno utjecati na nju tijekom izvedbe, te za vrijeme korištenja. Na osnovu tih podataka može se najbolje odrediti potreban tip konstrukcije, te se može optimalno položajno smjestiti u luku. Uz sve prirodne čimbenike koji utječu na definiranje neke lokacije potrebno se pridržavati uvjeta prostorno planske dokumentacije koji su definirani za određeno područje.

### 2.1. Geografski položaj

Općina Ližnjan nalazi se na samom jugoistočnom dijelu istarskog poluotoka (slika 5), vrlo atraktivnom području sa izuzetno razvedenom obalom. Prometno je povezana sa susjednim jedinicama lokalne samouprave sustavom županijskih cesta koje povezuju područje Općine Ližnjan sa istarskim "Y", koja predstavlja prometnu vezu na sve bitne prometne pravce. Kao jedinica lokalne samouprave ima površinu približno 70,0 km<sup>2</sup>. Obala je na području Općine Ližnjan vrlo razvedena te je duljina morske obale s otocima oko 27,6 km. Općina Ližnjan proteže se oko 2,0 km u unutrašnjost prema sjeveru, istoku i zapadu te graniči sa Općinom Medulin sa jugozapadne strane, te Gradom Pula sa zapadne strane i Općinom Marčana sa sjeverne strane. S obzirom da prema jugoistoku Općina Ližnjan izlazi na more, cca. 1800 ha područja Općine pripada u obalno područje [9].



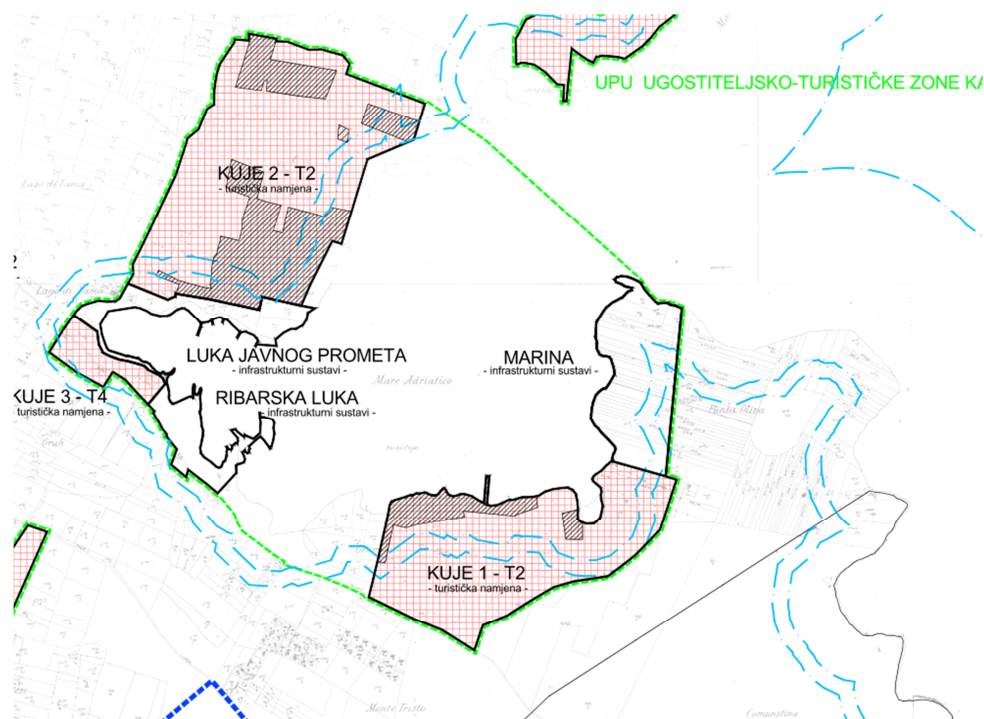
Slika 5: Položaj uvale Kuje [10]

Prostorno planska dokumentacija definira kapacitet luka na području uvale Kuje kako je vidljivo iz tablice 1 za vrste i kapacitete pojedine luke.

Tablica 1: Vrste i kapaciteti luka [9]

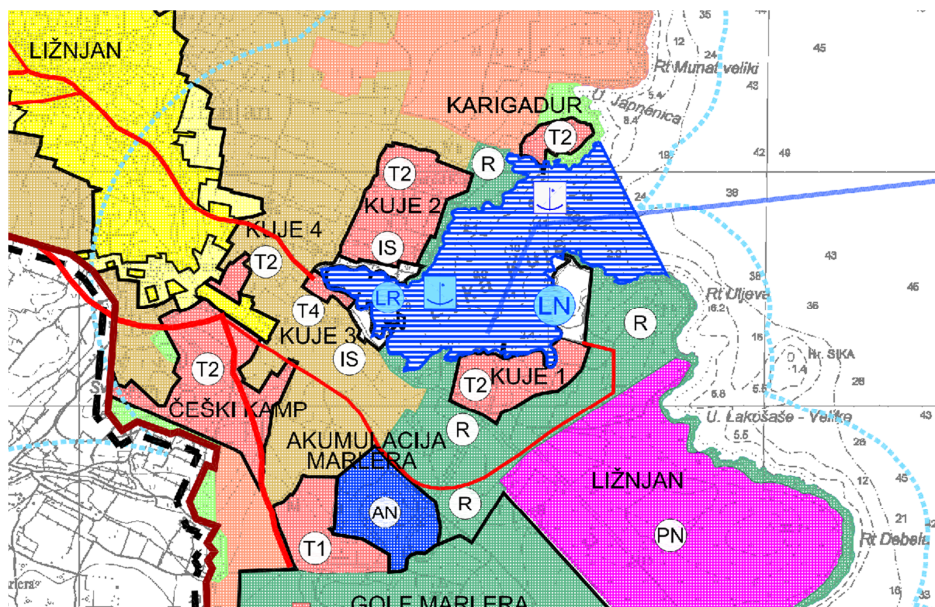
R.B	VRSTA LUKE		ZNAČAJ	LOKACIJA	BROJ VEZOVA (min/max)	
1.	LUKA OTVORENA ZA JAVNI PROMET - POSTOJEĆA		LOK.	LIŽNJAN KUJE	130	
2.	POSEBNE LUKE NAMJENE	LUKA NAUTIČKOG TURIZMA	MARINA (POST.)	DRŽ.	LIŽNJAN KUJE	350
3.		RIBARSKA LUKA		ŽUP.	LIŽNJAN KUJE	30
4.	SPORTSKA LUKA		ŽUP.	KALE	50	

Vrste luka pomorskog prometa u uvali Kuje su luka otvorena za javni promet s postojećim molom, te luke posebne namjene i to ribarska luka i planirana luka nautičkog turizma (slika 6).



Slika 6: Luke u uvali Kuje [9]

Prema prostornom planu uređenja Općine Ližnjan, iz kartografskog prikaza korištenje i namjena površina, područje uvale nalazi se u lučkom području dok se kopneni dio nalazi u građevinskom i turističko rekreacijskom području naselja (slika 7).



Slika 7: Korištenje i namjena površina [9]

## 2.2. Geološke značajke

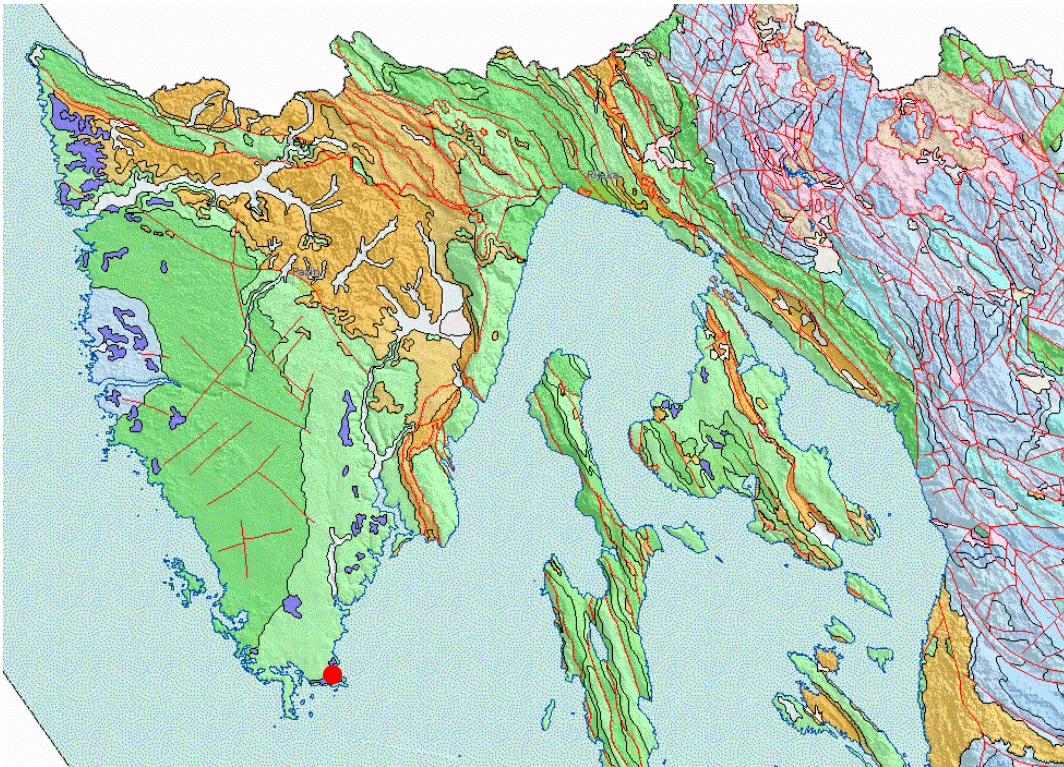
Geološku građu Istre određuju tri reljefne cjeline, a to su: brdoviti sjeverni rub (Bijela Istra), niže flišno pobrđe (Siva Istra) i niske vapnenačke zaravni (Crvena Istra) (slika 8). Geološki sastav i vrsta tla na lokaciji uvale Kuje ima obilježja Crvene Istre koju karakterizira vapnenačka podloga, mnogobrojne pukotine, škrape, ponikve, uvale i špilje [11].



Slika 8: Reljefne cjeline Istre [11]

Tri su područja koja određuju geološku građu istarskog poluotoka, a to su kredno-paleogenski karbonatno-klastični pojas s ljuskavom građom u istočnoj i sjeveroistočnoj Istri, jursko-kredno-paleogenski karbonatni ravnjak južne i zapadne Istre te paleogenski flišni bazen središnje Istre [11].

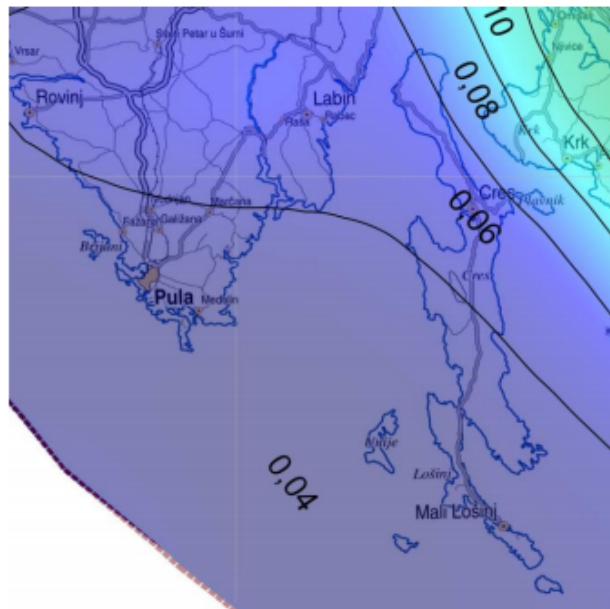
Područje zahvata uvale Kuje, prema osnovnoj geološkoj karti, izgrađeno je od karbonatnih stijena starosti gornje krede s vodonoscima dobre propusnosti (slika 9).



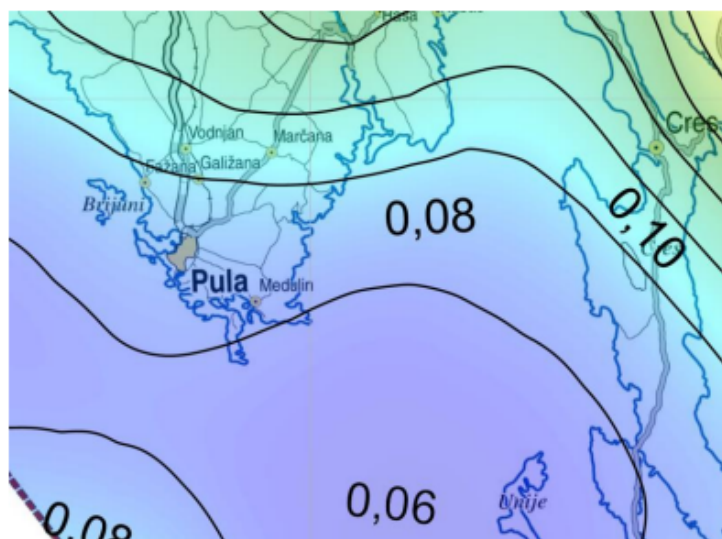
*Slika 9: Geološke karte šire okolice lokacije zahvata [12]*

Obalne strukture su izgrađene u obliku plitke neravne stjenovite osnovice vrlo grubih i oštih površinskih škrapastih struktura. U visini pojasa plime i oseke, pomiješano s grubim pijeskom i crvenim muljem nailazimo na značajne površine grubog i slabo izvaljanog šljunka s oštrim bridovima, što ukazuje da je dinamika valovanja nedovoljna za oblikovanje prirodne šljunčane plaže. Naime prirodne šljunčane ili pješčane plaže nastaju erozijom osnovnih obalnih stijena ili akumulacijom priobalnih pokretnih kamenih čestica iz kojih, ovisno o strukturi stijenskog materijala i o izloženosti i intenzitetu valovanja nastaju šljunčane ili pješčane plaže s minimalnom prisutnošću terigenih muljevitih komponenata [13].

Kako je vidljivo na karti potresnih područja RH, za povratno razdoblje od 95 i 475 g. za područje zahvata pri potresu može se očekivati maksimalno ubrzanje tla od  $agR = 0,04$  g kod povratnog razdoblja od 95 godina (slika 10), dok za povratno razdoblje od 475 g maksimalno ubrzanje tla iznosi  $agR = 0,08$  g (slika 11).



Slika 10: Karta potresnog područja RH za povratno razdoblje od 95 god. [14]



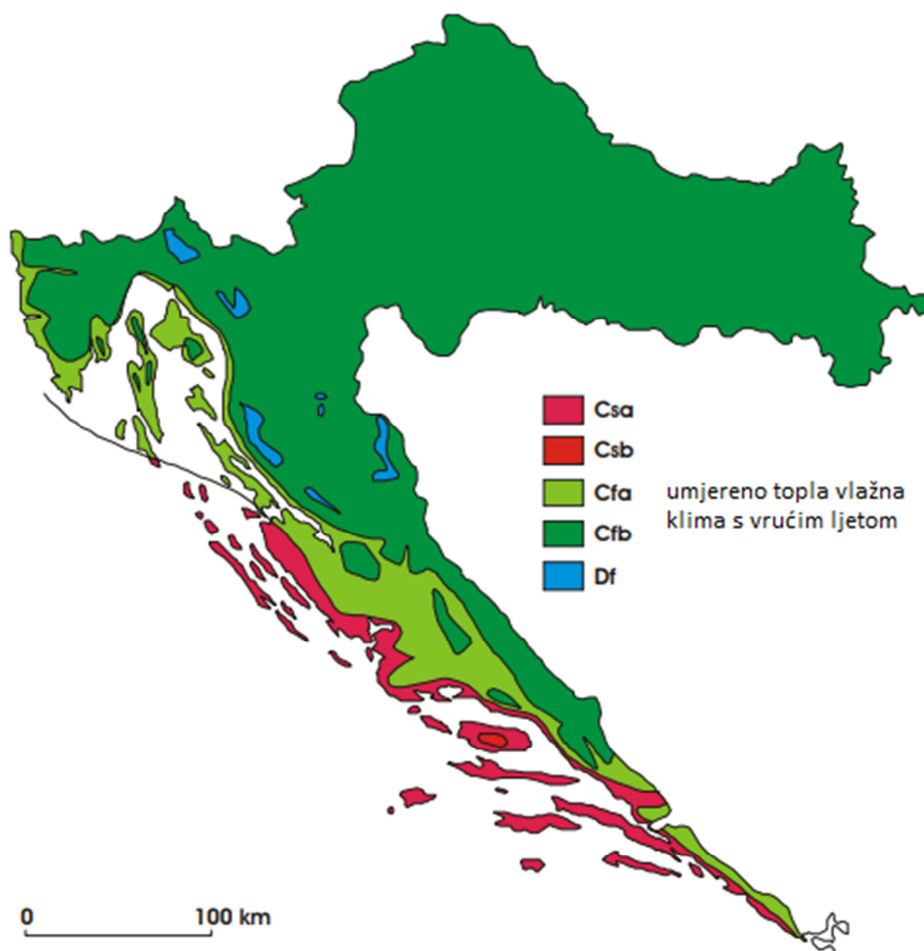
Slika 11: Karta potresnog područja RH za povratno razdoblje od 475 god. [14]

### 2.3. Klimatološke i meteorološke značajke lokacije

Područje Istarske županije po Köppenovoj klasifikaciji (Slika 12) pripada klimi Cfa (umjereno topla vlažna klima s vrućim ljetom) i Cfb (umjereno topla vlažna klima s toplim ljetom) [13].

Većinu obale Istarske županije obuhvaća sredozemna klima dok se postupnim pomicanjem prema unutrašnjosti županije ona mijenja u kontinentalnu.

Duž južne i zapadne obale poluotoka prevladava mediteranska vegetacija dok istočna obala poluotoka ima i obilježja kontinentalne vegetacije [13].



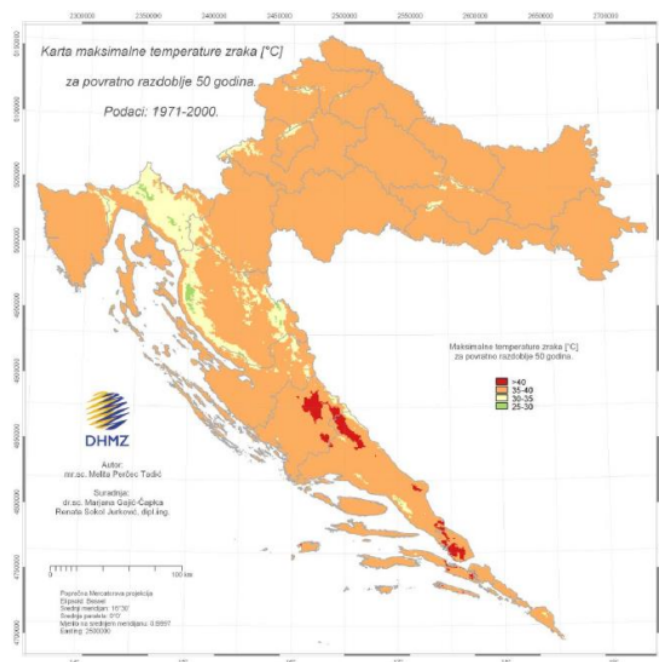
Slika 12: Klimatski tipovi po Köppenu u Hrvatskoj [15]



Za uže područje lokacije zahvata ne postoji određena studija o klimatskim obilježjima, stoga će u nastavku biti opisane klimatološke i meteorološke značajke grada Pule, a koje se mogu smatrati relevantnima imajući u vidu malu udaljenosti Ližnjana od Pule.

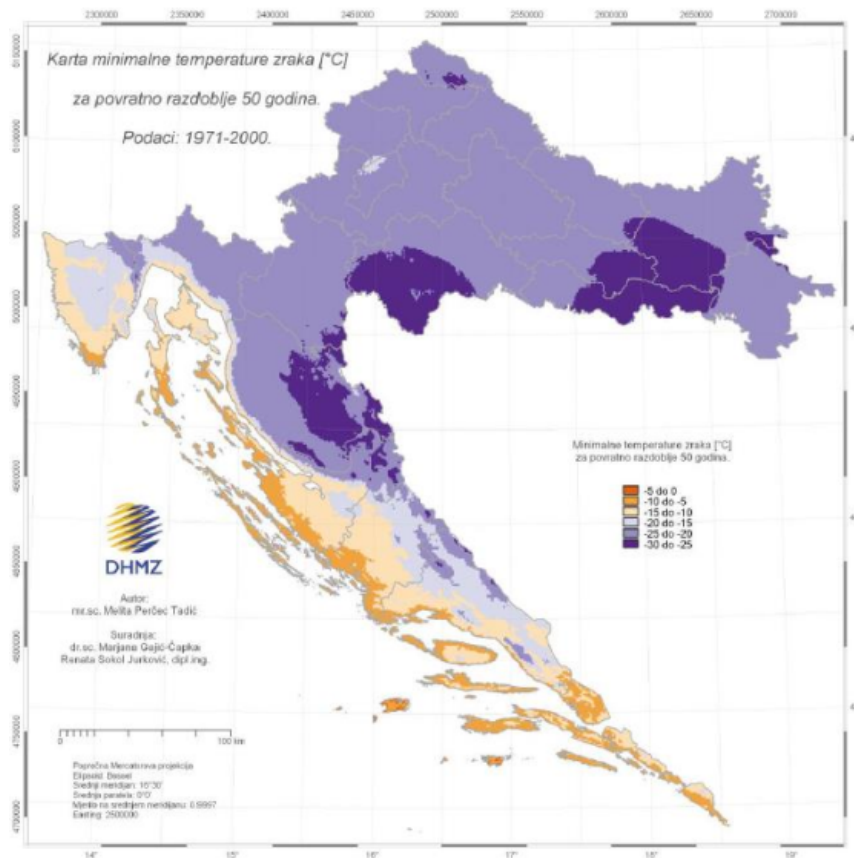
Na širem pulsdom području prevladava mediteranska klima, blagih zima i toplih ljeta s prosječnom insolacijom 2.316 sati godišnje ili 6,3 sata dnevno, uz prosječnu godišnju temperaturu zraka od 13,2°C (od prosječnih 6,1°C u veljači do 26,4°C u srpnju i kolovožu) i temperaturnom oscilacijom mora od 7 do 26°C. Prema Köppenovoj klasifikaciji, obalno područje Pule spada u toplu umjerenu kišnu subhumidnu klimu. To je prijelazni tip klime s vrućim i suhim ljetom, gdje je prosjek temperature najtoplijeg mjeseca iznad 22 °C, a zimsko kišno razdoblje karakterizira maritimni padalinski režim, s dva maksimuma, jesensko-zimski i proljetni period. Statistički klimatološki podaci ukazuju da se najviše temperature javljaju tijekom Srpnja i Kolovoza dok su niske zimske temperature vezane za mjesec Siječanj i Veljača, kad je zapravo i temperatura mora najniža [16].

Na slici 13 prikaza je karta maksimalne temperature zraka za povratni period od 50 godina. Područje uvale Kuje kao i cijela Istarska županija prikazana je narančastom bojom koja prikazuje maksimalne temperature zraka od 35-40 °C.



Slika 13: Karta maksimalne temperature zraka za povratni period od 50 godina [17]

Na slici 14 su prikazane minimalne temperature zraka za povratni period od 50 godina, pa tako područje uvale Kuje kao i mali južni dio poluotok Istarske županije je prikazan tamno narančastom bojom koja definira minimalnu temperaturu zraka od  $-5 - 0^{\circ}\text{C}$ .



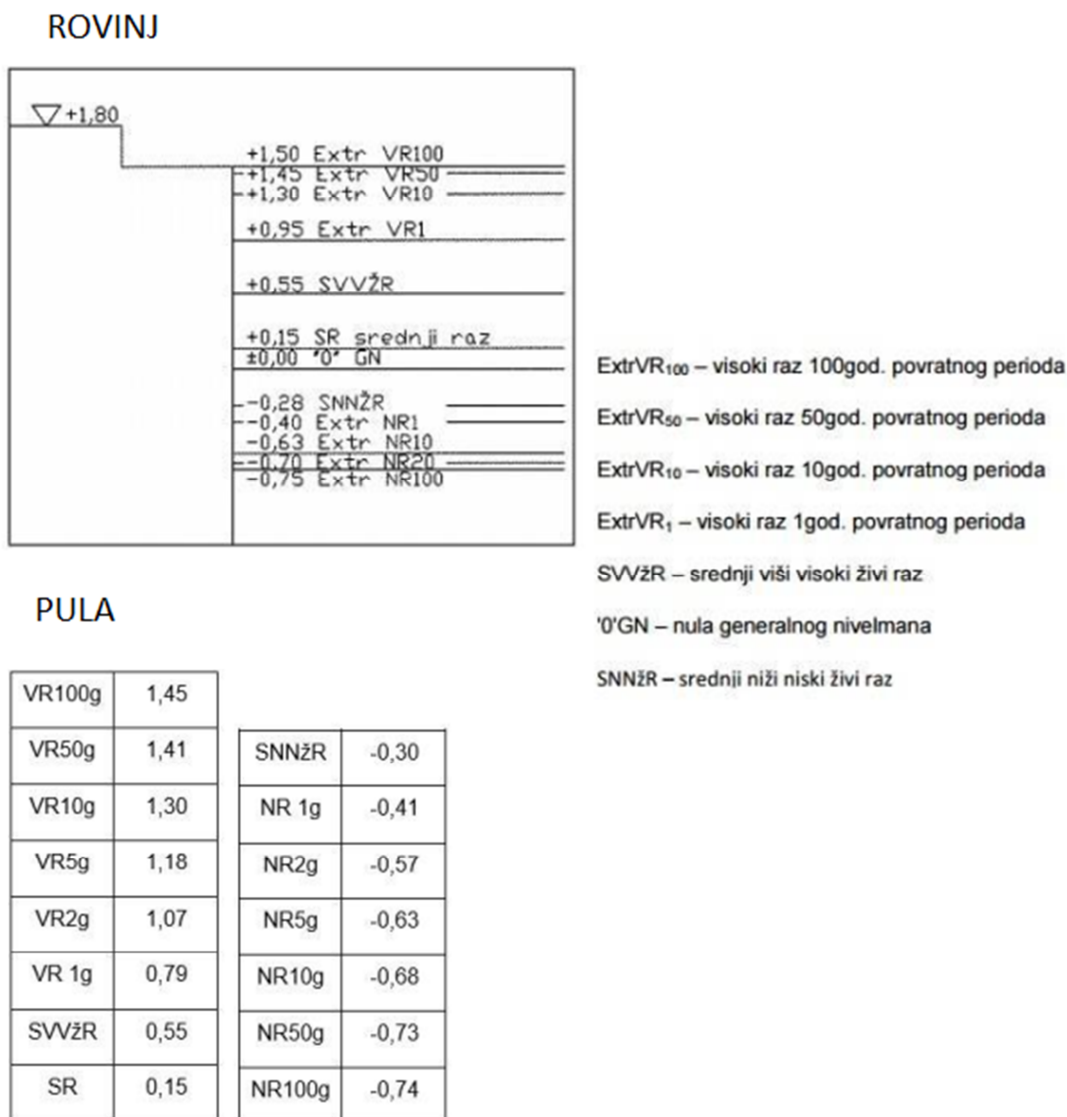
Slika 14: Karta minimalne temperature zraka za povratni period od 50 godina [17]

Što se tiče vlage ona ima karakterističan godišnji hod s maksimumom u zimskim mjesecima i minimumom po ljeti. Najčešći oblik oborina je kiša, ali i rijetko u obliku snijega i tuče. Za lokaciju Pule, a tako i područja Ližnjana pojava magle nije česta. Ljeti je ona zanemariva pojava, dok se najčešće javlja zimi. Tijekom ljeta česta je pojava sumaglice na moru uvjetovane isparavanjem mora zbog većih temperatura.

## 2.4. Morske razine

Morska mijena je trajni proces dizanja i spuštanja površine mora, gdje je plima porast, a opadanje mora oseka. Pojam morske razine odnosi se na nivo površine mora koji se mjeri od neke horizontalne referentne ravnine (geodetske nule) [18].

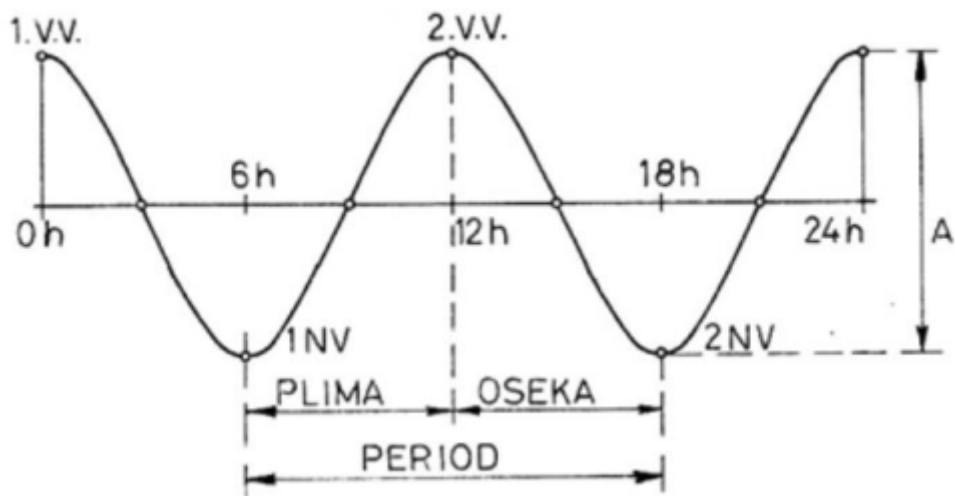
Na području Ližnjana ne postoji mareografska stanica, te je stoga za područje Pule načinjena interpretacija dvaju mareografskih stanica u Bakru i Rovinju temeljem dugoročnih prognoza morskih razina, dok je podatak za Rovinj s Rovinjske mareografske stanice, te je na slici 15 prikazan pasoš obale za Rovinj i Pulu [16].



Slika 15: Karakteristične morske razine u Rovinju i Puli [16]

Hidrografska nula predstavlja visinsku osnovu hidrografskog premjera na moru. Određena je srednjom razinom nižih niskih voda Definira se kao srednja razina nižih niskih voda [36].

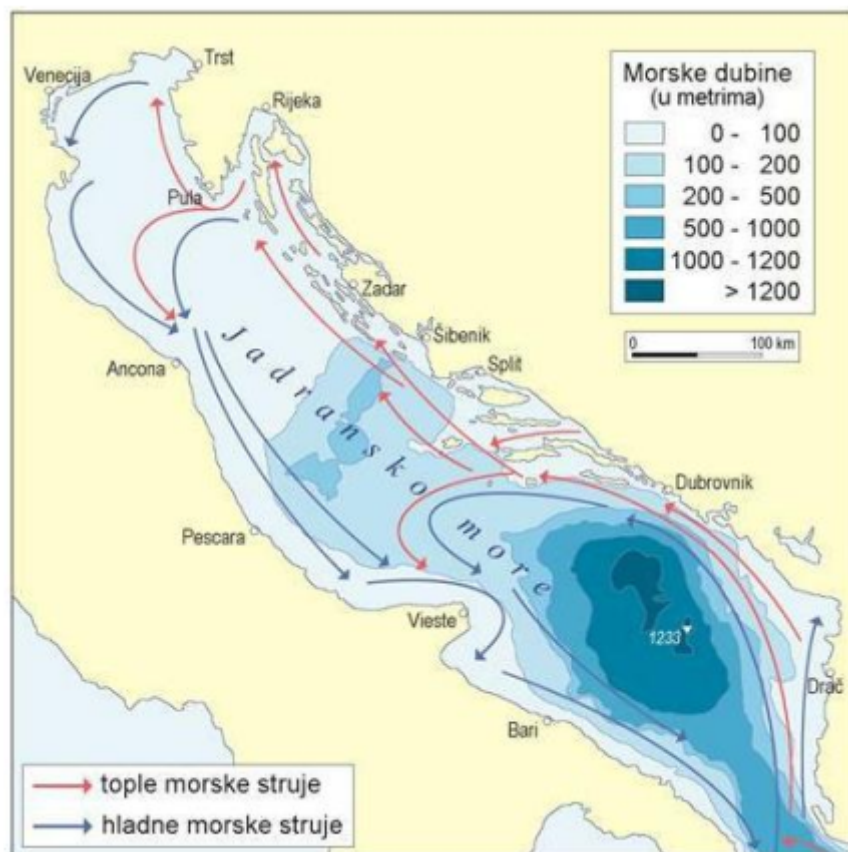
Morske mijene predstavljaju periodičnu pojavu osciliranja morske razine uslijed plime i oseke (slika 16), te je bitno poznavati njihove karakteristike određenog područja jer su od iznimne važnosti za dimenzioniranje obala to jest određivanja njihove visine.



Slika 16: Elementi plimnog vala [19]

## 2.5. Morske struje

Smjer kretanja morskih struja Jadrana uglavnom je suprotan od smjera kazaljke na satu, a to znači da je kretanje istočnom obalom prema sjeveru, dok se zapadnom obalom Jadrana kreću prema jugu (slika 17). Brzine strujanja nisu velike, ali do njihovog odstupanja dolazi u različitom dijelu godine i to uslijed promjena u temperaturi, pritocima i slanosti, te pod utjecajem vjetrova. Prema uzroku nastajanja morske struje se dijele na gradijentske struje, plimne struje i struje vjetra.

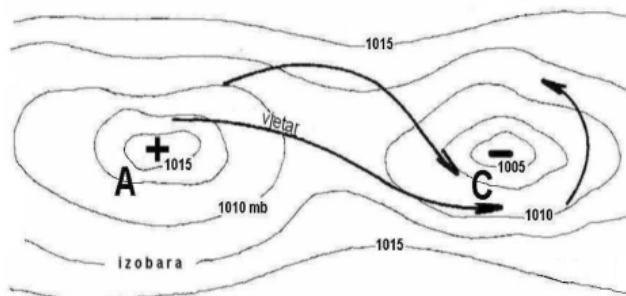


Slika 17: Smjer kretanja morskih struja Jadrana [20]

Struje nastale plimom i osekom imaju najviše utjecaja za izmjenu i cirkulaciju voda i kao takve najviše doprinose izmjeni to jest cirkulaciji morske vode na predmetnoj lokaciji.

## 2.6. Vjetar i valovi

Vjetar je strujanje zraka pod utjecajem tlaka zraka odnosno uslijed razlike u temperaturi nad određenim područjem. Zrak pod visokim tlakom pomiče se prema područjima niskog tlaka (slika 18). Što je veća razlika u tlaku, brži je protok zraka [18].



*Slika 18: Kretanje vjetra od područja visokog u područje niskog tlaka [18]*

Na dijelu istočne jadranske obale vjetar je češći, te također može postizati olujne i orkanske udare i to najčešće za vrijeme bure ili juga (slika 19). Ujedno su ta dva vjetra najučestaliji oblici na predmetnoj lokaciji.



*Slika 19: Bura u uvali Kuje [21]*

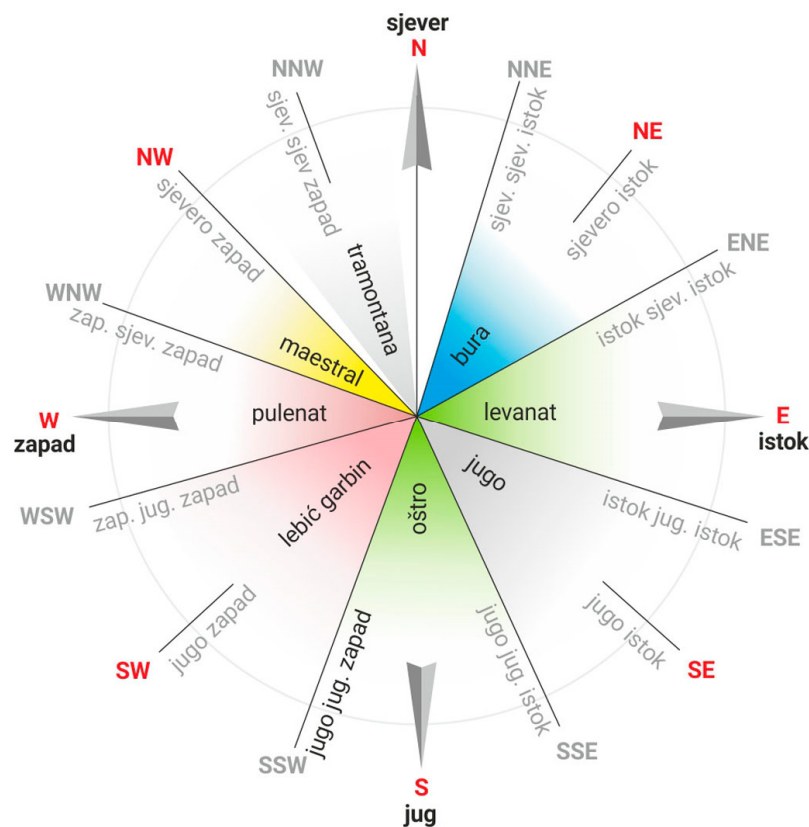
Bura je suh, hladan i mahovit vjetar sjeveroistočnog smjera. Uslijed bure dolazi do pada temperature i pojačanog osjeta hladnoće. Na moru zbog mahovitosti bura stvara kratke, ali relativno visoke valove koji stvaraju probleme u plovidbi. Puhanjem jake bure stvara se morska maglica koja nastaje trganjem vrškova valova. Jugo pak za razliku od bure je vlažan, topao i jednoličan vjetar jugoistočnog smjera. Pri jakom jugu stvaraju se veliki valovi, a zbog dizanja vlažnog zraka često je praćeno većim količinama oborina [22].

U današnje vrijeme brzina vjetra prikazuje se u m/s, dok se prije izražavala Beaufortovom ljestvicom koja je prikazana u tablici 2.

Tablica 2: Beaufortova ljestvica [23]

bofora	naziv vjetra	učinak vjetra na kopnu	učinak vjetra na moru	brzina vjetra
0	tišina	Dim se diže vertikalno u vis, zastave i lišće su nepomični	površina vode kao ogledalo	do 0.3 m/s do 1 km/h
1	lahor	vjetrulja se ne pokreće, može mu se razaznati smjer prema dimu koji se podiže	mreškanje vode	0.4 - 1.5 m/s 1 - 5 km/h
2	povjetarac	vjetrulja se pokreće, lišće treperi, svilena zastava leprša	mali valići, kreste valića su još prozirne i ne lome se	1.6 - 3.3 m/s 6 - 11 km/h
3	slab vjetar	lišće zajedno s graničicama se neprekidno njiše i šušti, zastava leprša	veći valići, kreste valića se počinjju lomiti	3.4 - 5.4 m/s 12 - 19 km/h
4	umjeren vjetar	diže prašinu, suho lišće i papir s tla; zastavu drži ispruženu, njiše manje grane	mali valovi, bijele krijeste na vrhovima valova	5.5 - 7.9 m/s 20 - 28 km/h
5	umjeren jak vjetar	njiše veće lisnate grane a i čitava mala stabla	umjereni valovi, puno bijelih krijesti na vrhovima valova	8.0-10.7 m/s 29 - 38 km/h
6	jak vjetar	svijaju se velike grane, teško je nositi otvoren kišobran, telefonske žice zvižde	veliki valovi se formiraju, brijele krijeste su posvuda	10.8-13.8m/s 39 - 49 km/h
7	vrlo jak vjetar	njiše se neprekidno veće lisnato drveće, hodanje protiv vjetra je otežano	vjetar počinje otpuhivati pjenu sa valova niz vjetar	13.9-17.1m/s 50 - 61 km/h
8	olujni vjetar	njiše čitava stabla i lomi velike grane; sprečava svako hodanje protiv vjetra.	umjereni visoki valovi velike dužine, krijeste valova se lome kružno, vjetar nosi pjenu	17.2-20.7m/s 62 - 74 km/h
9	oluja	pomiče manje predmete i baca crijep, čini manje štete na kućama i drugim objektima	visoki valovi, guste pruge pjene niz vjetar, smanjena vidljivost	20.8-24.4m/s 75 - 88 km/h
10	jaka oluja	obara drveće i čupa ga s korijenjem; čini znatne štete na zgradama	vrlo visoki valovi sa velikim visećim krijestama, skoro cijela površina je bijela	24.5-28.4m/s 88-102 km/h
11	teška oluja	čini teške štete, na većem području djeluje razorno	extremno visoki valovi, sva površina bijela od pjene, vidljivost jako smanjena	28.5-32.6m/s 103-117km/h
12	orkan	opustoši čitav jedan kraj	zrak je ispunjen sa kapljicama vode i pjenom, cijela površina bijena, jako mala vidljivost	32.7-36.9m/s 118-133km/h

Buru i jugo kao i sve ostale vjetrove može se opisati smjerom puhanja, učestalošću i jačinom. Za primjene vjetra kao opterećenja konstrukcija definira se brzina udara vjetra to jest reful i to najčešće u obliku jedno sekundnog udara. Kod grafičkog prikazivanja vjetra na određenom području koristi se ruža vjetrova (slika 20).

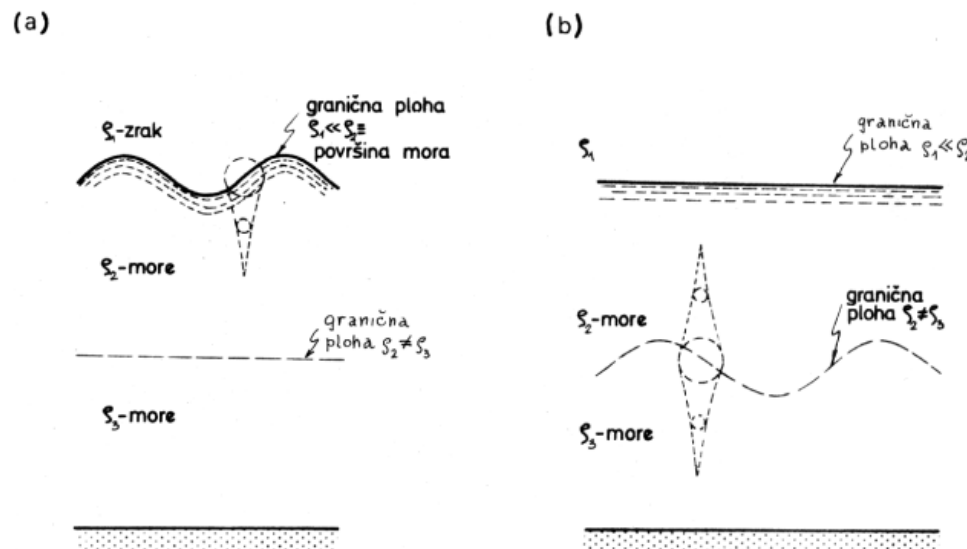


Slika 20: Ruža vjetrova [24]

Kada vjetar uznemiri morsku površinu nastaju valovi. Morski valovi su gibanje površine mora u određenim periodama i pod prisilom vjetra. Svaki val se definira dolom vala i brijegom vala. Brijeg vala je dio vala koji se izdiže iznad srednje razine mora, dok je dol dio ispod srednje razine mora. Prema strukturi val može biti dubinski i površinski val (slika 21) [18].

Kod projektiranja pomorskih obalnih građevina od iznimne važnosti je što točnije dimenzioniranje veličine vala jer nam on utječe na oblik, veličinu i visinu građevine.





Slika 21: Površinski (a) i dubinski (b) morski valovi [18]

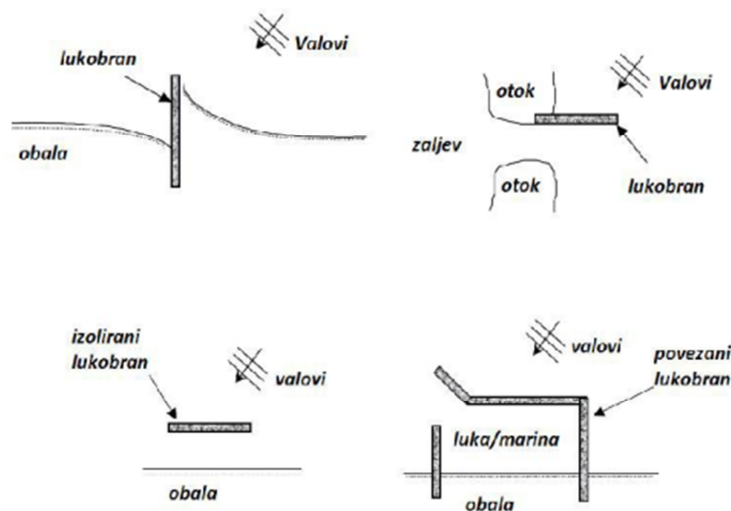
Valovitost mora se izražava Douglasovom skalom prikazanom u tablici 3.

Tablica 3: Douglasova skala [25]

Stanje more	Opis	Visina valova (m)	Izgled mora
0	mirno (glatko, zrcalno, bonaca)	0	more poput zrcala
1	mirno (naborano)	0-0.1	mali valići ili bore s pojavama
2	malo valovito (valičasto)	0.1-0.5	kratki ili mali valovi; uobličeni; bregovi izgledaju staklasto
3	umjereno valovito	0.5-1.25	veći valovi; mjestimice bjeline na valnim bregovima; more stvara isprekidano šuštanje
4	valovito	1.25-2.5	valovi s mnogo bjelina; mogućnost prskanja; šum mora slični muklom žamoru
5	jače valovito	2.5-4	valovi se propinju; neprekidne bjeline; pjena s vrhova prigodice se otpuhava kao morski div; valovi stvaraju neprekidno žamor
6	uzburkano	4-6	visoki valovi imaju velike bjeline s kojih se pjena otpuhuje u gustim prugama; more se počinje valjati, a njegov je šum poput mukle huke
7	teško	6-9	veliki valovi se propinju; imaju duge pjenušave bregove koji se neprekidno ruše i stvaraju hučanje; velike količine pjene otpuhnute s bregova daju morskoj površini bjelkast izgled i mogu utjecati na vidljivost; valovi se valjaju teško i udarno
8	vrlo teško	9-14	valovi visoki da manji i srednji brodovi u blizini povremeno nestaju iz vida; vjetar otkida vrhove svih valova; more je potpuno prekriveno gustim prugama pjene; zrak je toliko ispunjen pjenom i morskim dimom da ozbiljno ograničava vidljivost; valjanje valova stvara tutnjavu
9	izuzetno teško	>14	valovi se međusobno križaju iz raznih i nepredvidivih smjerova tvoreći složenu interferenciju koju je teško opisati; valovi se mogu prigodice djelomice rušiti

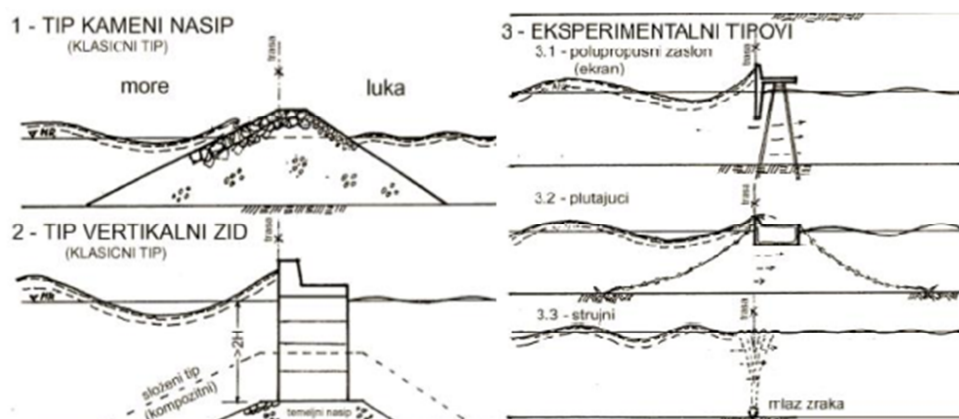
### 3. OPIS I METODOLOGIJA PRORAČUNA

Mehanička djelovanja koja djeluju na sigurnost plovnog prometa unutar lučkih središta kao i obalnih linija potrebno je svesti na minimalnu moguću mjeru, a jedan od glavnih načina je uređenje obale i izgradnja lukobrana (slika 22).



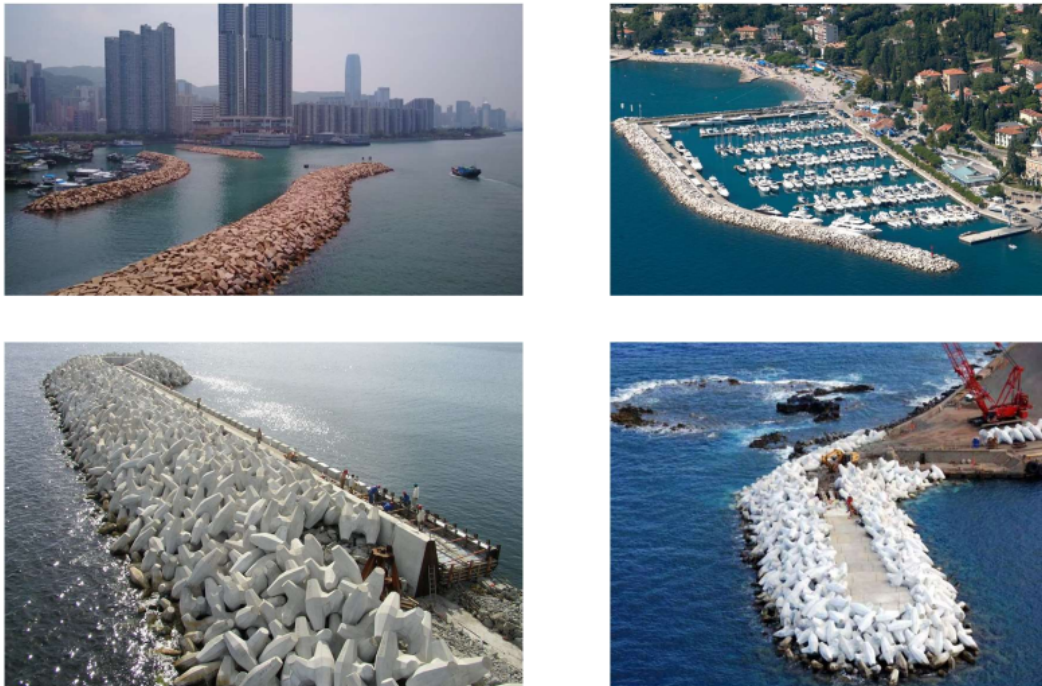
Slika 22: Primjena lukobrana [26]

Prvotna uloga lukobrana je da štiti lučko i obalno područje od valova, ali isto tako od morskih struja i raznih nanosa. Kako je vidljivo na primjeru lukobrani su građevine povezane s obalom, dok postoje slučajevi kad nisu vezani s obalom. Osnovna tri konstruktivna tipa lukobrana (slika 23) su: tip nasutog lukobrana, vertikalni lukobran (vertikalni zid) i eksperimentalni lukobran.



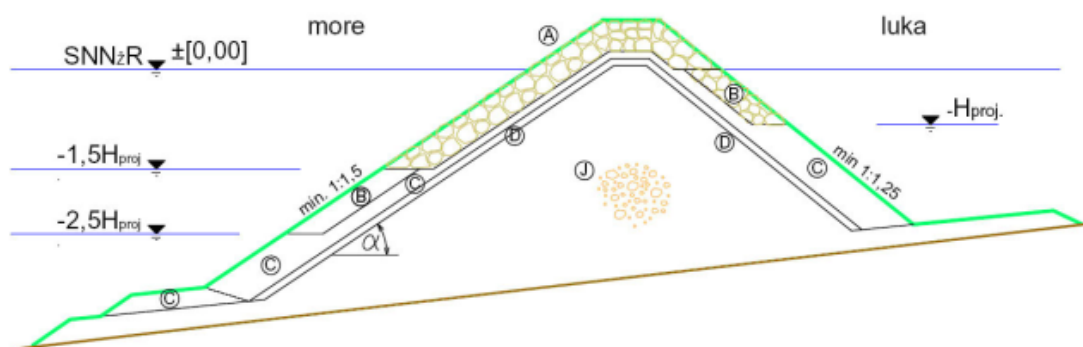
Slika 23: Osnovni tipovi lukobrana [26]

### 3.1. Dimenzioniranje nasutog lukobranaa

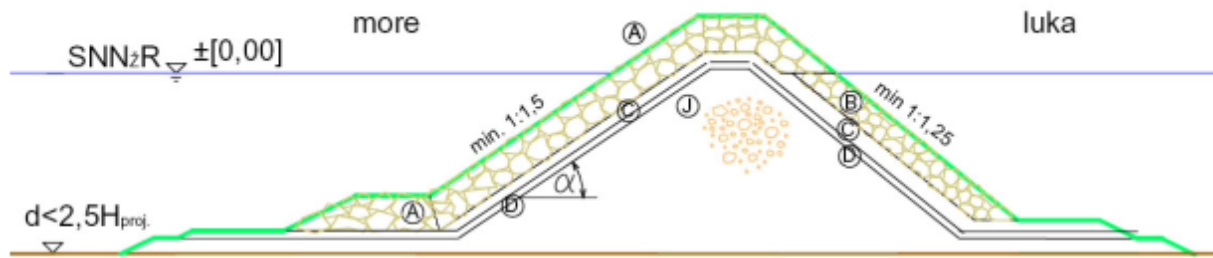


Slika 24: Primjena nasutih lukobrana [27]

Nasuti lukobrani (slika 24) su lukobrani koji imaju široku primjenu, pa se kao takvi mogu primijeniti kod raznih vrsta morskog dna. Generalno ih možemo podijeliti na nasipane lukobrane u dubokom (slika 25) i nasipane lukobrane u plitkom (slika 26).



Slika 25: Poprečni presjek nasipanog lukobrana u dubokom [26]



Slika 26: Poprečni presjek nasipnog lukobrana u plitkom [26]

Kako je vidljivo na slikama 1 i 2 oba tipa lukobrana sastoje se od više slojeva različitog nasipnog materijala čiju veličinu je potrebno dimenzionirati. Nasuti lukobrani su trapeznog poprečnog presjeka, dok tlocrtno lukobran ima svoje tijelo, te na samom završetku glavu lukobrana. Gledano u poprečnom presjeku svaki nasuti lukobran se sastoji od primarnog, sekundarnog filtracijskog sloja, te jezgre lukobrana.

Samo dimenzioniranje i definiranje nasipanih zaštitnih konstrukcija je zahtjevan posao i zahtjeva više proračuna koji imaju za cilj definiranje optimalne veličine lukobrana. Proračunima se definira potrebno temeljno tlo, dimenzije i broj elemenata obloge kao i visinu i širinu krune, primarnu oblogu, sekundarnu oblogu, unutarnji sloj (jezgra), te nožice lukobrana [28].

### Kruna lukobrana

Kod definiranja širine i visine krune lukobrana, potrebno je znati funkciju lukobrana, to jest postoji li uporabna funkcija lukobrana i gdje će biti potrebno minimalno prelijevanje lukobrana ili lukobran ima samo funkciju zaštite pa je dopušteno nešto veće prelijevanje i manja širina krune. Širina krune lukobrana dobiva se iz formule (1), ali isto tako ovisi o vrsti i načinu polaganja primarne obloge.

$$B = n * k_{\Delta} * \sqrt[3]{\frac{G_A}{\rho_{obl} * g}} = n * k_{\Delta} * \sqrt[3]{\frac{G_A}{\gamma_{obl}}} [m] \quad (1)$$

Gdje je:

B - širina krune,

N - broj elemenata obloge (n = min 3),

k $\Delta$  - koeficijent sloja (tablica 4),

W - težina pojedinačnog elementa primarne obloge i

yobl - jedinična težina elementa obloge

Tablica 4: Koeficijent sloja k $\Delta$  [27]

Koeficijent sloja i poroznost za različite zaštitne obloge			
Zaštitna obloga	n	Polaganje	koeficijent sloja
Glatki zaobljeni kamen	2	Slučajno	1,02
Oštrobridni lomljeni kamen	2	Slučajno	1,00
Oštrobridni lomljeni kamen	$\geq 3$	Slučajno	1,00
Kamen paralelopiped	2	Specijalno	-
Obični kamen	Ocijeniti	Slučajno	-
Modificirane kocke	2	Slučajno	1,10
Tetrapod	2	Slučajno	1,04
Tribari	2	Slučajno	1,02
Tribari	1	Ravnomjerno	1,13
Dolosi	2	Slučajno	0,94
Jezgra	1	Slučajno	1,51
Akropod	1	Slučajno	1,51

Visina krune ovisi u prelijevanju, dok dopušteno prelijevanje ovisi o korištenju lukobrana, pa se visina krune dobiva zbrajanjem visine projektnog vala i ekstremno visokog morskog raza za peto godišnje povratno razdoblje te je iskazano formulom (2). [30]

$$K_{krune} = v.v + 1,25 * H_{proj} \quad (2)$$

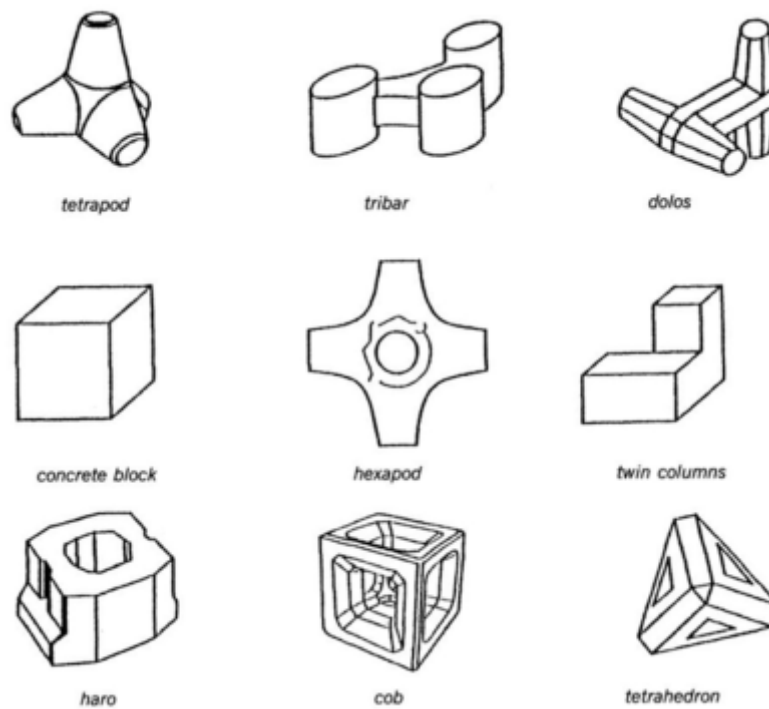
Gdje je:

v.v – visoka voda za povratni period (5-godišnji)

H<sub>proj</sub> = projektni val

## Primarna obloga

Uloga primarne uloge je zaštita ostalih unutarnjih slojeva lukobrana od hidrodinamičkog djelovanja vala. Udar vala prvenstveno djeluje na tu oblogu koja se zbog toga izvodi od najvećih blokova. Primarna obloga se izvodi od dva glavna tipa materijala, i to kao kamena obloga i obloga od prefabriciranih betonskih elemenata vidljivih na slici 27.



*Slika 27: Materijal primarne zaštite lukobrana [29]*

Obloga se izvodi u pokosu koji ovisi o više faktora. Vanjski pokos, onaj izložen djelovanjima valova ima nešto blaži nagib od unutarnjeg pokosa, te se u pravilu kreću u omjerima 1:1,5 do 1:5 [30].

Dimenzioniranje primarne obloge kod nasutog lukobrana izvodi se po Hudsonovoj formuli (3) [27].

$$G_A = G_A^{50\%} = \frac{\rho_{obl} * g * H_{proj}^3}{K_d * \left(\frac{\rho_{obl}}{\rho_m} - 1\right)^3 * ctg\alpha} [N] \quad (3)$$

Gdje je:

G – težina bloka primarne obloge [N]

H<sub>proj</sub> – projektna visina vala

ρ<sub>m</sub> – gustoća mora

ρ<sub>obl</sub> – gustoća materijala obloge

K<sub>D</sub> – koeficijent obloge za 0% do 5% oštećenja ovisno o tipu obložnih blokova (prema tablici 5)

α – kut nagiba pokosa

Tablica 5: Koeficijent stabilnosti KD bez oštećenja lukobrana (D = 0% - 5%) [27]

Preporučeni koeficijent stabilnosti <b>K<sub>D</sub></b>									
Dimenzioniranje pokrovnog sloja nasutak lukobrana po HUDSON-u (no damage)									
r.br. Obloge	Vrsta elementa pokrovnog sloja	Broj slojeva	Način smještaja	Bok valobrana		Glava valobrana		nagib	
				Lomljen i valovi	Valovi koji se ne lome	Lomljeni valovi	Valovi koji se ne lome		
1	Glatki	2	slučajno	1.2	2.4	1.1	1.9	1:1,5 1:3	
2	zabljeni	>3	slučajno	1.6	3.2	1.4	2.3	1:1,5 1:3	
3	Oštrobridi lomljeni kamen	2	slučajno	2.0	4.0	1.9	3.2	1:1,5	
						1.6	2.8	1:2	
							1.3	2.3	1:3
4		>3	slučajno	2.2	4.5	2.1	4.2	1:1,5 1:3	
5		2	specialno položeni	5.3	5.8	6.4	7.0	1:1,5 1:3	
6	Tetrapodi Quadripodi	2	slučajno	7.0	8.0	5.0	6.0	1:1,5	
						4.0	5.5	1:2	
						3.5	4.0	1:3	
7	Tribari	2	slučajno	9.0	10.0	8.3	9.0	1:1,5	
						7.8	8.5	1:2	
						6.0	6.5	1:3	
8	Dolosi	2	slučajno	15.8	31.8	8.0	16.0	1:2	
						7.0	14.0	1:3	

Kod obloga od kamena gdje veličina bloka varira u težini, proračunava se njegova težina za 50%-u zastupljenost blokova na granulometrijskoj krivulji materijala. Težina blokova može varirati od proračunate kao 75% težine proračunatog bloka za donju granicu i 125% težine bloka za gornju granicu. Isto vrijedi i za glavu lukobrana. Kod primarnog sloja nasmije biti manje od dva elementa u sloju dok se debljina sloja primarne obloge izračunava pomoću formule (4).

$$t = n * k_{\Delta} * \sqrt[3]{\frac{G_A}{\rho_{obl} * g}} = n * k_{\Delta} * \sqrt[3]{\frac{G_A}{\gamma_{obl}}} [m] \quad (4)$$

Gdje je:

t (m) – debljina sloja primarne obloge

n – broj blokova u sloju primarne obloge (uglavnom n=2)

$k_{\Delta}$  - koeficijent sloja

$G_A$  (N) – težina bloka primarne obloge

$\rho_{obl}$  – gustoća mase materijala obloge;

- kamen vapnenac 2600 (kg/m<sup>3</sup>)
- beton 2400(kg/m<sup>3</sup>)

## **Sekundarna obloga**

Sekundarna obloga koja ide iznad jezgre lukobrana, a postavlja se kao i primarna obloga kod dubokovodnih lukobrana na unutrašnjoj strani. Kako je svrha primarne obloge zaštita sekundarne obloge, ali i drugih slojeva, tako sekundarna obloga štiti jezgru lukobrana od ispiranja. Izvodi se od dva sloja gdje prvi sloj sekundarne obloge predstavlja masu jedne desetine primarnog sloja, a raspon težine elemenata kreće se od 75% težine dimenzioniranog bloka za najmanji blok, pa do 130% težine za najveći blok u sloju obloge. Drugi sloj postavlja se na jezgru lukobrana, a njegova težina je 1/200 od težine bloka iz primarnog sloja u rasponu od 50% težine za najmanji pa do 150% težine za najveći blok u sloju.

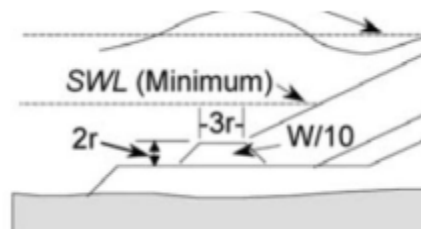


## Jezgra lukobrana

Jezgra je samo središte lukobrana, te predstavlja najveći dio lukobrana. Ujedno je to i najekonomičniji sloj lukobrana jer se izvodi u težini od 1/4000 u odnosu na primarni sloj, pa se za njega može koristiti neselektirani kameni materijal iz kamenoloma, ali u njemu ne smije biti zemlje. Projektira i izvodi se u minimalnoj širini od 3,0 m zbog kretanja građevinske mehanizacije. Isto tako njen vrh je potrebno postaviti na kotu +0,5 m.n.m.

## Nožica lukobrana

Nožica lukobrana je dio lukobrana o kojem kod projektiranja treba posvetiti posebnu pažnju. Njena uloga je zaštita slojeva lukobrana od erozije. Nožica se izvodi istim materijalom kakav se koristi za izradu prvog međusloja sekundarne obloge to jest u 1/10 primarne obloge dok se dimenzionira kako je prikazano na slici 28, a prema formuli 5 za visinu nožice i formuli 6 za širinu nožice.



Slika 28: Materijal primarne zaštite lukobrana [27]

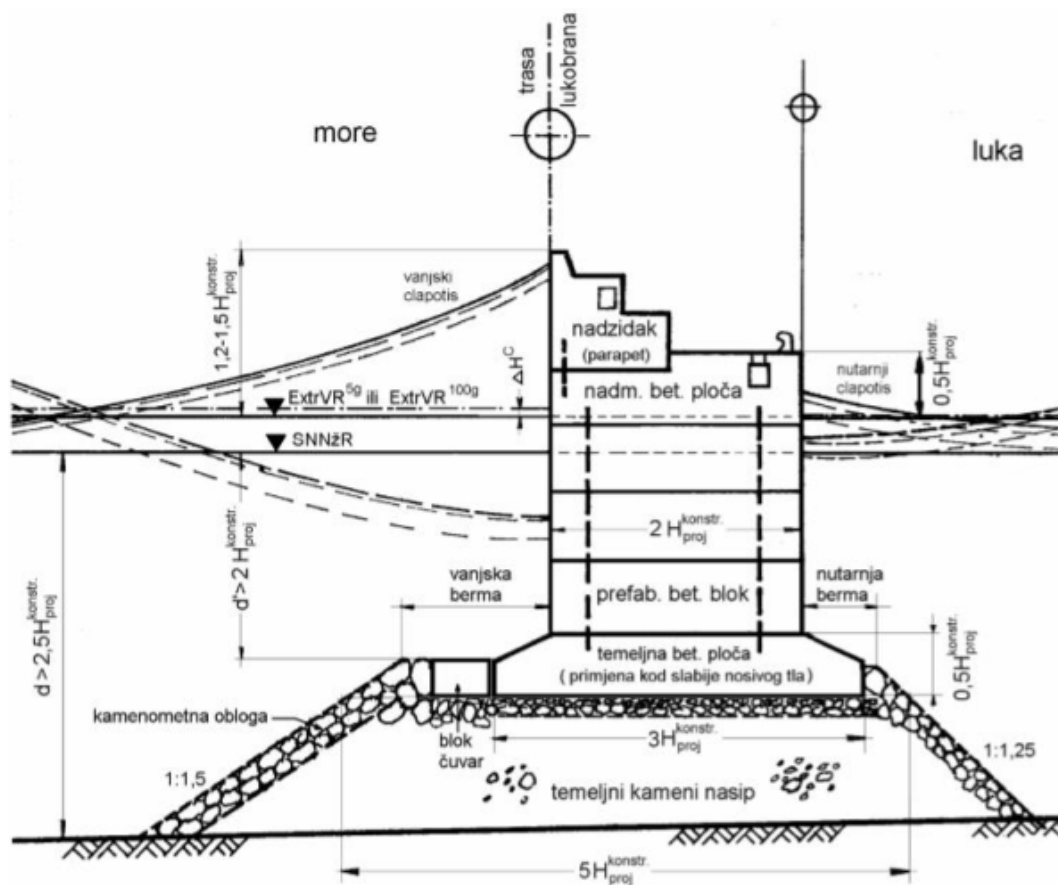
$$h = 2 \times r_{(w10)} - \text{visina nožice} \quad (5)$$

$$h = 3 \times r_{(w10)} - \text{visina nožice} \quad (6)$$

gdje  $r_{(w10)}$  predstavlja širinu prvog međusloja sekundarne obloge.

### 3.2. Dimenzioniranje vertikalnog lukobrana

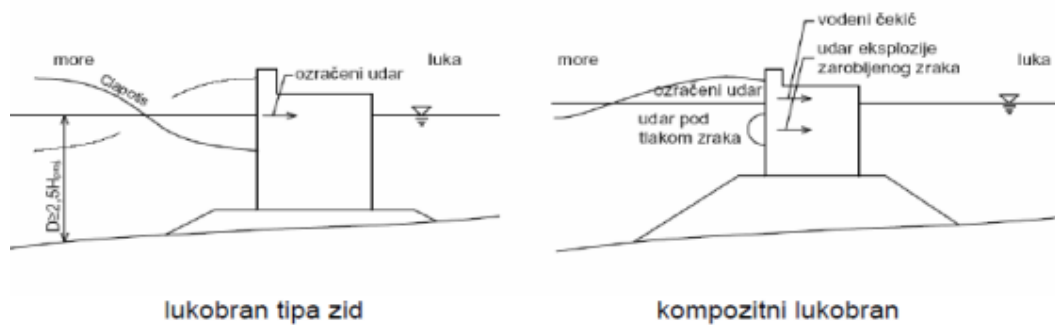
Vertikalni lukobran (slika 29) za razliku od nasutog lukobrana na kojem dolazi do loma vala reflektira valove. Osnovna konstrukcija vertikalnih lukobrana su betonski blokovi slagani jedan na drugoga, te jedan pored drugoga na tanki temeljni nasip. Takvim načinom gradnje formira se oblik vertikalnog zida.



Slika 29: Poprečni presjek vertikalnog lukobrana [27]

U odnosu na nasuti lukobran koji svojim gabaritima zauzima znatnu površinu vertikalni lukobran je kompaktnih dimenzija, te je ekonomično rješenje uz prilično brzu izvedbu. Prednost vertikalnog lukobrana je također i korištenje tlocrtne površine, pa se s lučke strane bez dodatnih intervencija može osigurati nova privezna mjesta, dok su mu mane refleksija valova i moguća erozija temeljnog tla. Uz osnovni tip vertikalnog lukobrana oblika zid postoji i kompozitni lukobran prikazan na (slika 30) koji se smješta na

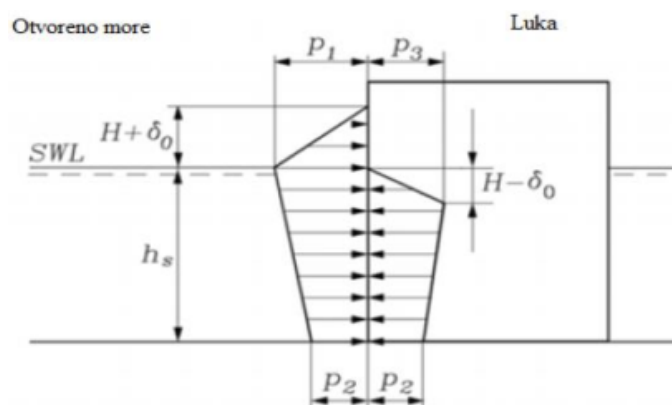
prethodno uređeni temeljni nasip u vodi, ali zbog nasipa i smanjenja dubine na njegovom vertikalnom licu dolazi do refleksije i loma vala.



Slika 30: Djelovanje valnog opterećenja na dva tipa lukobrana [30]

Kod dimenzioniranja vertikalnog lukobrana zbog dosta težeg i kompleksnijeg popravka koje zahtjeva veća financijska sredstva kao i operativan rad, a oštećenjem se gubi zaštita akvatorija za razliku od nasutih lukobrana uzima se u obzir maksimalni val ( $H_{max}$  ili  $H_{100}$ ). Ovakav tip lukobrana postavlja se kod dubina većih od 2,5-3,0 visine projektne vala čime se osigurava od loma vala na vertikalnom licu koje je izloženo mehaničkom djelovanju vala, te ujedno sprječava oštećenje lukobrana. Morsko lice lukobrana se u naravi izvodi više od lučkog da bi se spriječilo prelijevanje valova. Vertikalni lukobran zahtjeva dobro temeljno tlo, a po potrebi se može temeljiti na pilotima.

Kod projektiranja vertikalnih lukobrana primjenjuju se dvije metode. Jedna od njih je metoda Sainflou koja se primjenjuje kad nema prelijevanja i loma vala (slika31).



Slika 31: Dijagram opterećenja prema Sainflou [31]

Godine 1928. Sainflou predlaže svoju formulu valnog tlaka koja je temeljena na trokoidnoj teoriji, i kao takva je nadopuna do tada postojeće Benezitove formule iz 1923. godine. Sainflouova formula pojednostavljena je tako da je omogućila raspodjelu valnog tlaka na dio iznad i ispod morske razine, a sama primjena je jednostavna s obzirom da je raspodjela tlaka ispod morske razine sa strane otvorenog mora i luke linearna [37].

Opterećenja su definirana izrazima (1), (2), (3), (4) [31]

$$p_1 = (p_2 + p_w \cdot g \cdot h_s) \cdot \frac{H + \delta_0}{h_s + H + \delta_0} \quad (1)$$

$$p_2 = \frac{p_w \cdot g \cdot h_s \cdot H}{\cosh\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot h_s}{L}\right)} \quad (2)$$

$$p_3 = p_w \cdot g \cdot (H - \delta_0) \quad (3)$$

$$\delta_0 = \frac{\pi \cdot H^2}{L} \coth\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot h_s}{L}\right) \quad (4)$$

Gdje je

$H$  - visina vala

$p_1$  - opterećenje valovanja pri SMR, kada greben vala udara

$p_2$  - opterećenje valovanja na dnu vertikalnog zida

$p_3$  - opterećenje valovanja pri SMR, kada žlijeb vala udara

$\delta_0$  - vertikalno podizanje vode pri udaru grebena i žlijeba vala

$p_w$  - gustoća vode

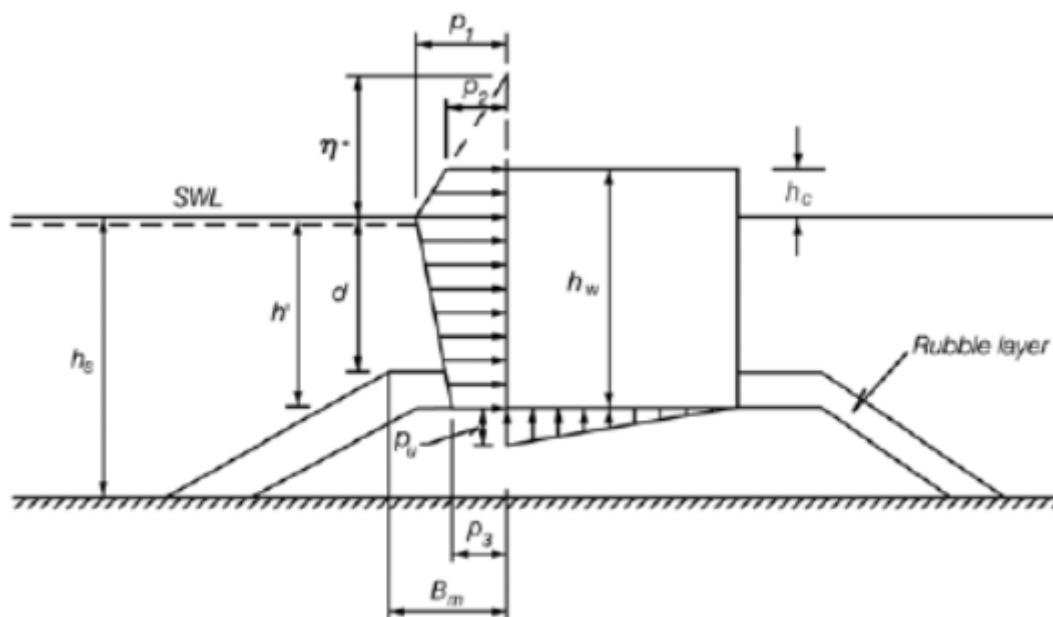
$h_s$  - dubina vode

$L$  - valna duljina

Projektni val kod ove metode definiran je izrazom (5) [31]

$$H_D = H_{\max} = H_{1/250} = 1,8 \times H_s \quad (5)$$

Proračun stabilnosti za vertikalni lukobran kod kojeg dolazi do loma vala na vertikalnom licu i prelijevanja koristi se metoda prema Godi grafički prikazana na (slika 32). Temelji se na teoriji nelinearnog vala te uzima i predstavlja valni pritisak na način da uzima u obzir dvije komponente tlaka, a to su: lom i polagano mijenjanje komponente tlaka. Proširenjem potrebnih parametara primjenjiva je na različite tipove vertikalnih konstrukcija [31].



Slika 32: Dijagram opterećenja prema Godi [31]

Kod metode po Godi projektni val definiran je izrazom (6) [31]

$$H_D = H_{\max} = H_{1/250} = 1,8 \times H_s \quad (6)$$

gdje je:

$H_D, H_{\max}$  = visina projektnog vala

$H_s, H_{1/3}$  = visina značajnog vala

$H_{1/250}$  = prosječna visina jednog od 250 valova

Elevacija morske razine je bitan parametar kod dimenzioniranja ovom metodom. Predstavlja parametar doseg vala na konstrukciju lukobrana iznad mirne razine mora i definiran je izrazom (7) [31].

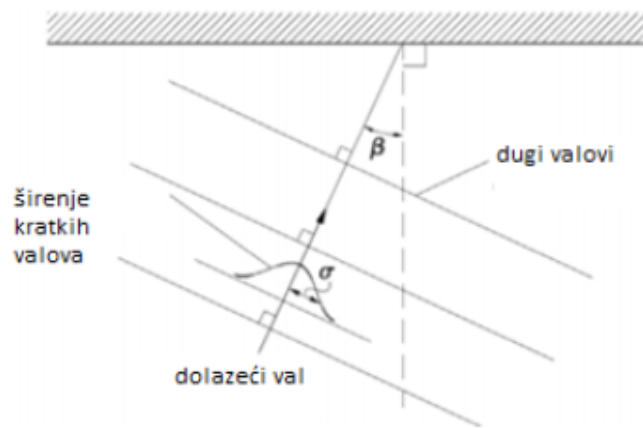
$$\eta^* = 0,75 \cdot (1 + \cos(\beta)) \cdot \lambda_1 \cdot H_p \quad (7)$$

gdje je:

$\eta^*$  - maksimalna elevacija morske razine

$\beta$  – kut između smjera širenja valova i pravca okomitog na lukobran (slika 33)

$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  – faktori modifikacije



Slika 33: Kut između širenja valova i okomice na lukobranu [31]

Intenzitet pritiska vala definira se sljedećim jednadžbama (7), (8), (9), (10), [18]

$$P_1 = 0,5 \cdot (1 + \cos(\beta)) \cdot (\alpha_1 + \alpha_2 \cos^2 \beta) \cdot \gamma_w \cdot H_p \quad (7)$$

$$P_2 = \begin{cases} \left[ \left(1 - \frac{h_c}{\eta}\right) \cdot p_1 \right] & \text{if } \eta > h_c \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (8)$$

$$P_3 = \alpha_3 \cdot p_1 \quad (9)$$

$$P_u = 0,5 \cdot [(1 + \cos(\beta)) \cdot \lambda_3 \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_3 \cdot \gamma_w \cdot H_p] \quad (10)$$

gdje su

$P_1, P_2$  i  $P_3$ - valni pritisci

$P_u$  - sila uzgona koja djeluje ispod konstrukcije lukobrana

### 3.3. Dimenzioniranje obalnog zida

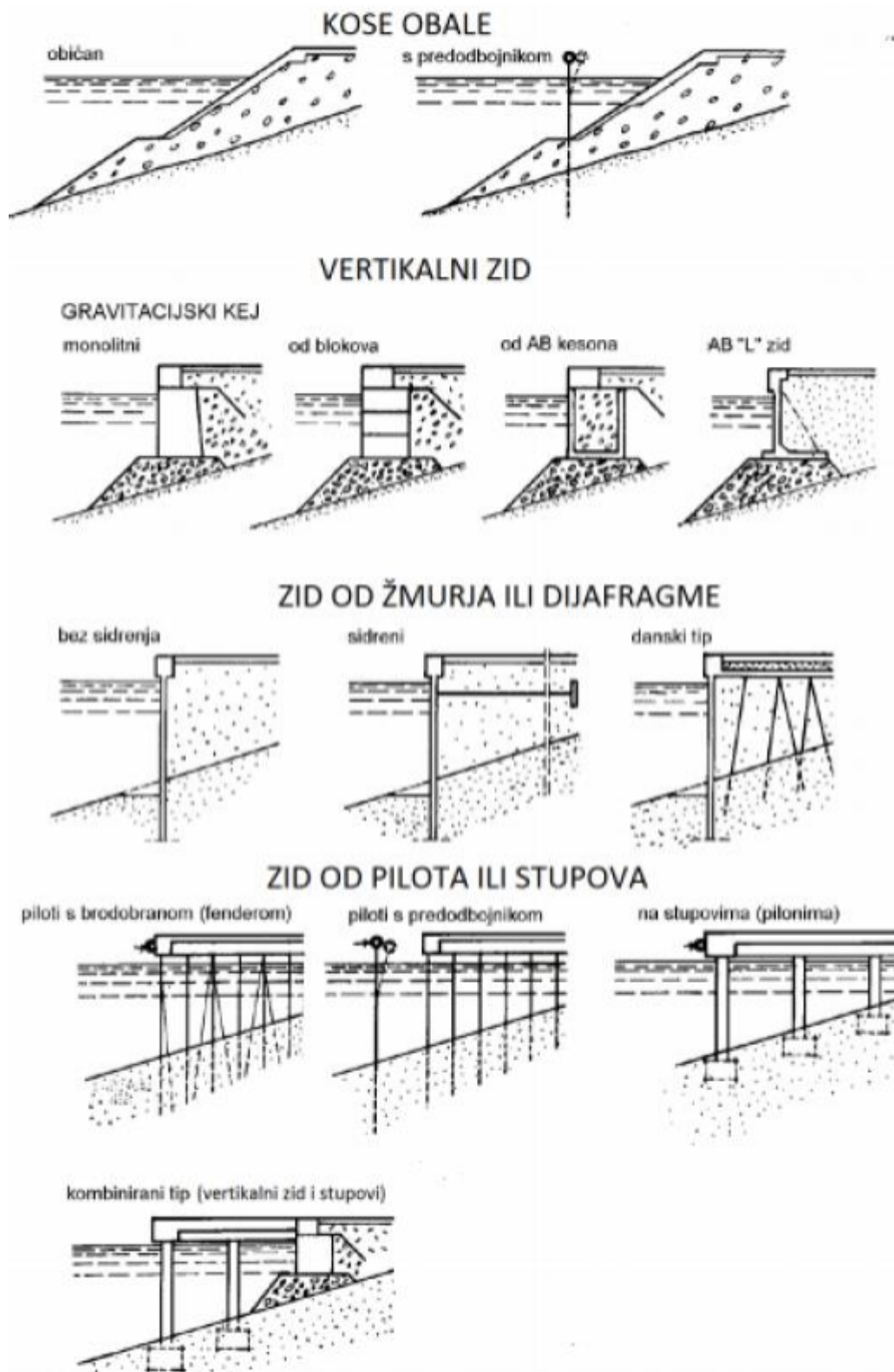
Obalni zid je konstrukcija kao jedna od najčešće korištenih pomorskih građevina. Kroz povijest su se obalni zidovi izvodili od kamenih blokova, a funkcija im je bila uređenje obale zbog bolje iskoristivosti kod pristajanja i priveza plovila, a ujedno je štiti obalu od djelovanja valova i erozije. Većina postojećih riva u mjestima duž jadranske obale izvedena je tipom kamenog obalnog zida (slika 34).



*Slika 34: Riva u Fažani (privatna arhiva)*

Daljnijim razvojem i primjenom novih materijala i tehnologija danas su sve češći obalni zidovi od betona. Sadašnji plovni promet nije zamisliv bez obalnih zidova, te se kao takvi smatraju najvažnijim dijelom luke. U pogledu funkcije osim uređenja obale, obalni zidovi se izvode na nasutim lukobranima da bi se iskoristila unutarnja strana luke za privez brodova.

Današnje obalne zidove možemo konstruktivno podijeliti na dva osnovna tipa, kao što su masivni gravitacijski zidovi i armirano betonski zidovi na pilotima, dok se prema profilu obale dijele na kose i vertikalne (slika 35).



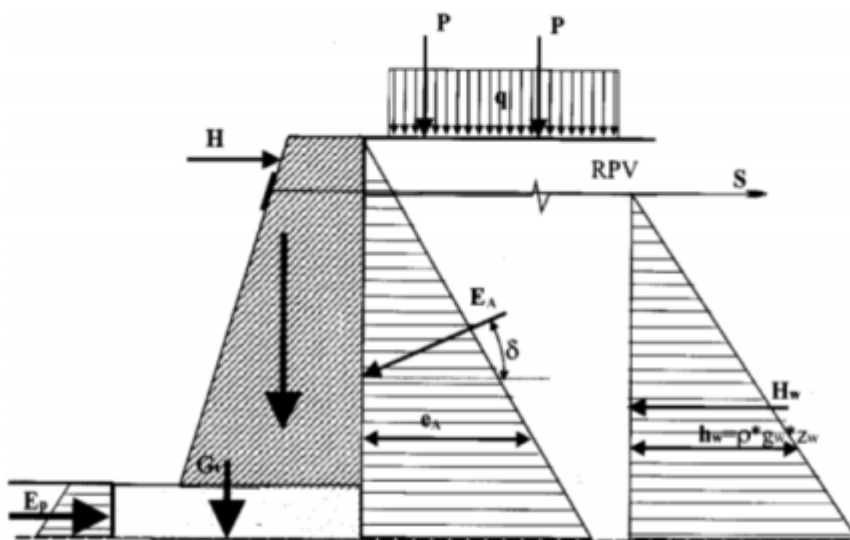
Slika 35: Tipova obalnih konstrukcija [32]



Dimenzioniranje obalnog zida je kao i sve druge pomorske građevine složen i temeljit proces koji zahtjeva prikupljanje što više podataka za lokalitet na kojem se planira izvedba, i kao takav mora biti otporan na udare i trenje plovila.

Glavna opterećenja koja utječu na obalni zid kod dimenzioniranja su sila nasipa ili obale iza zida, te sila priveza plovila koje je vezano za zid kod djelovanja vjetra na plovilo (slika 36).

- | Djelujuće sile:   | Osnovne mjere:          |
|---|-------------------------|
| 1. aktivni pritisak, $E_A$ ;  | H-visina zida           |
| 2. hidrostatički tlak, $H_w$ ;  | b-širina temeljne stope |
| 3. hidrodinamički tlak U;   |                         |
| 4. vanjske, vodoravne sile, V;  |                         |
| 5. dodatni tereti na površini (koncentrirani, P, linijski, P' i površinski, q); |                         |
| 6. vlastita težina, G i težina temelja, $G_t$ ;                                 |                         |
| 7. pridržanje u zatezi, S;  |                         |
| 8. pasivni otpor, $E_p$ ;   |                         |
| 9. trenje na plohi temelj-tlo, T.   |                         |



Slika 36: Sile koje djeluju na zid [33]

Kod definiranja sile vjetra na plovilo koje tako opterećeno djeluje na obalni zid koristi se formula (11).

$$F_v = c_v \times 0,5 \times \rho z \times v_z \times A_L \quad (11)$$

Gdje je

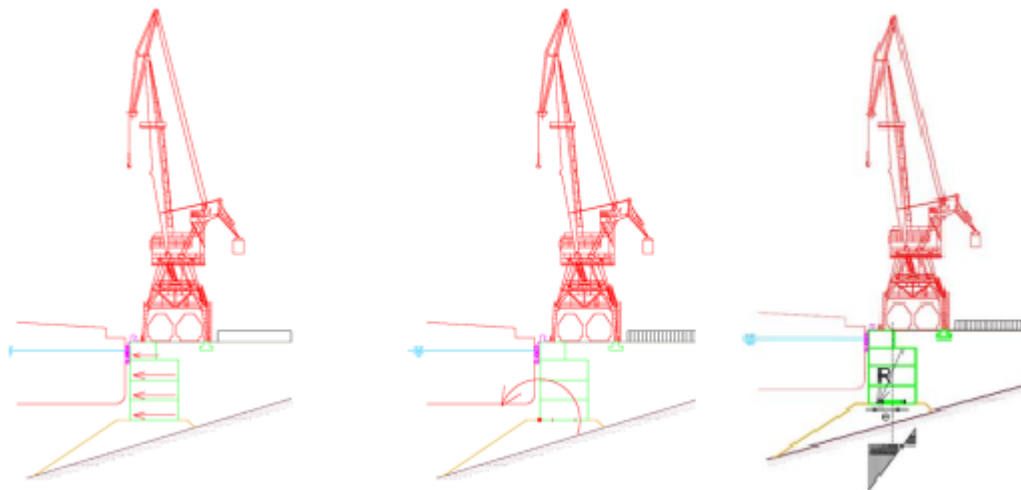
$F_v$  – sila vjetra (N),  $C_v$  – koeficijent otpora zraka tijela izloženog vjetru,

$\rho_z$  – gustoća zraka ( $\text{kg/m}^3$ ),

$v_z$  – relativna brzina vjetra (m/s),

$A_L$  – bočna površina nadvodnog dijela broda ( $\text{m}^2$ )

Dimenzioniranje se provodi zbog dokazivanja stabilnosti zida i to na način da se provjeri stabilnost zida na prevrtanje, stabilnost zida na klizanje, te provjeriti dali dolazi do sloma temeljnog tla ispod zida (slika 37).



*Slika 37: Gubitak stabilnosti na klizanje ili prevrtanje, te lom temeljnog tla [34]*

Kod dimenzioniranja potrebno je koristiti parcijalne koeficijente za provjeru graničnog stanja nosivosti prema Eurokodu kao su prikazani u tablici 6 [27].

Tablica 6: Vrijednosti parcijalnih koeficijenata za provjeru graničnog stanja nosivosti prema Eurokodu [27]

Parcijalni koeficijent za stalno nepovoljno djelovanje	$\gamma_{G,dst}$	1,1
Parcijalni koeficijent za stalno povoljno djelovanje	$\gamma_{Gstb}$	0,9
Parcijalni koeficijent za promjenjivo nepovoljno djelovanje	$\gamma_{Q,dst}$	1,5

### 3.4. Dispozicija vezova plovila

Kod projektiranja novih ili rekonstrukcije postojećih luka, u lukama je potrebno projektirati maksimalno funkcionalno dispoziciju vezova plovila, što u konačnici dovodi do većeg broja priveznih mjesta, te nakraju luku učiniti funkcionalnom po pitanju plovnih manevara u okvirima plovne površine. Osim same organizacije gatova potrebno je urediti ulaz u luku, kao i plovne putove unutar luke. Treba voditi računa o dispoziciji plovila na način da se manja plovila pokušaju smjestiti dublje u luku, dok veća plovila organizirati bliže samom ulazu zbog što manje manevriranja unutar luke. Uobičajeno je da se plovila smještaju okomito na gatove ili obalu, te da se na taj način vezu krmom radi lakšeg pristupa, dok najveća plovila se mogu smještati paralelno s operativnom obalom.

Kod dimenzioniranja dispozicije priveznih mjesta treba sagledati odnos duljine i širine plovila. Sve fiksne i plutajuće obalne konstrukcije na kojima se nalazi privezno mjesto opterećene su djelovanjem vjetra, morskih struja i morskih valova (slika 38).



Slika 38: Djelovanje vjetra, vala i morskih struja [23]

Djelovanje vjetra na privezno mjesto iskazano je formulom (12).

$$F_v = C_{v(\alpha)} * \frac{1}{2} * \rho_z * v_{r_v}^2 * A \quad [N] \quad (12)$$

Gdje su:

$F_v$  – sila vjetra [N]

$C_{v(\alpha)}$  - koeficijent otpora zraka tijela izloženog djelovanju vjetra

$\rho_z$  - gustoća zraka [kg/m<sup>3</sup>]

$v_{r_v}$  – relativna brzina vjetra [m/s]

$A$  – površina nadvodnog djela broda [m<sup>2</sup>]

Djelovanje morskih struja na privezno mjesto iskazano je formulom (13).

$$F_{ms} = C_{ms(\alpha)} * \frac{1}{2} * \rho_v * v_{ms}^2 * A_{ms} \quad [N] \quad (13)$$

Gdje su:

$F_{ms}$  – sila morske struje koja djeluje na brod [N]

$C_{ms(\alpha)}$  - koeficijent otpora vode tijela izloženog djelovanju morske struje

$\rho_v$  – gustoća morske vode u kojoj se nalazi brod [kg/m<sup>3</sup>]

$v_{ms}$  – brzina morske struje [m/s]

$A_{ms}$  – površina podvodnog djela broda [m<sup>2</sup>]

Djelovanje morskih valova koji se prvenstveno javljaju kao posljedica prometovanja lukom iskazani su formulom (14), te su na slici 39 vidljiva djelovanja vala na plovilo.

$$F_{\text{val}} = C_{\text{val}(\varphi)} * \frac{1}{2} * \rho_v * g * L * \left(\frac{H_s}{2}\right)^2 \quad [\text{N}] \quad (14)$$

Gdje su:

$F_{\text{val}}$  – sila kojom djeluje val [N]

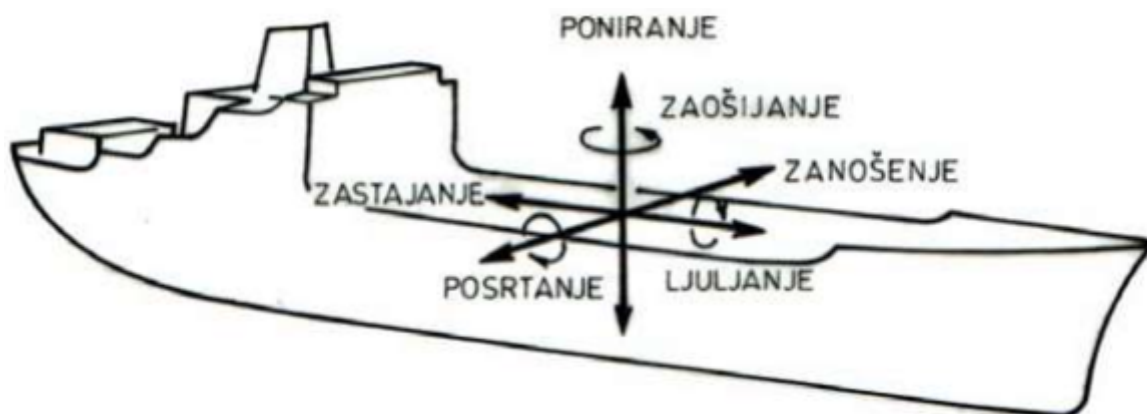
$C_{\text{val}(\varphi)}$  - empirijski koeficijent

$\rho_v$  – gustoća morske vode u kojoj se nalazi brod [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]

$g$  – gravitacijska konstanta [ $\text{m}/\text{s}^2$ ]

$L$  – duljina broda na vodenoj liniji [m]

$H_s$  – signifikantna valna visina [m]



Slika 39: Djelovanje morskih valova na plovilo [23]

Kod rasporeda privezišta treba voditi računa o dubinama, pa tako minimalna dubina ovisi o veličini i vrsti pogona, a definira se izrazom (8).

$$\text{Gaz plovila} + \frac{1}{2} \text{ mogućeg vala u marini} + 0,50 \text{ (m)} \quad (8)$$

Za potrebe određivanja veličine priveznog mjesta mogu se koristiti tablice iz ACI priručnika (tablica 7) i tablice iz priručnika za dimenzioniranje plovila u marinama, Monaco (2011.) (tablica 8).

Tablica 7: Veličine prema ACI pravilniku [23]

KATEGORIJE VEZA	DULJINA PLOVILA [ m ]	VELIČINA VEZA ( D x Š ) [ m ]
I	Do 5	6,50 x 2,30
II	5 - 6	8,0 x 2,50
III	6 - 8	10,0 x 3,0
IV	8 - 10	12,50 x 3,70
V	10 - 12	14,50 x 4,30
VI	12 - 15	18,00 x 5,00
VII	15 - 18	22,00 x 5,80

Tablica 8: Veličine prema priručniku za dimenzioniranje plovila u marinama, Monaco (2011.) [23]

Kategorija	Dužina (m)	Širina (m)	Površina (m <sup>2</sup> )
Mali brodovi	5,00	2,30	15,00
	6,00	2,80	16,80
	8,00	3,30	26,40
Srednji brodovi	10,00	4,00	40,00
	12,00	4,50	54,00
	15,00	5,00	75,00
Veliki brodovi	16,00	5,00	80,00
	18,00	6,00	108,00
	20,00	7,00	140,00
Super jahte	25,00	7,50	187,50
	30,00	8,50	255,00
	35,00	9,00	315,00
	40,00	10,00	400,00
	45,00	11,00	495,00
	50,00	12,00	600,00
Mega jahte	60,00	13,00	780,00
	70,00	15,00	1050,00
	80,00	16,00	1280,00
	90,00	18,00	1620,00
	100,00	20,00	2000,00

Kod rasporeda i organizacije priveznih mjesta kao plovne građevine koriste se plutajući gatovi za čije je fiksiranje potrebno predvidjeti sidrene blokove za koje će se sidriti. Sidreni blokovi za privez plovila preuzimaju silu s plovila, ali isto tako njeno djelovanje dijelom umanjuju trenjem, a dijelom otporom koji nastaje ukopavanjem bloka uz ovisnost o vrsti dna i obliku sidrenog bloka.

Faktor utjecaja tla ( $K_s$ ) betonskog bloka za trenje i ukopavanje iznosi:

$K_s = 1.2 - 1.3$  za mulj

$K_s = 1.2 - 1.4$  za glinu

$K_s = 1.0 - 1.2$  za pijesak

Potrebna masa bloka iskazana je prema izrazu (9):

$$M_b = \frac{R_s}{g * K_s} [\text{kg}] \quad (10)$$

Gdje su:

$M_b$  – masa sidrenog bloka

$R_s$  - horizontalna sila na blok

$g$  – ubrzanje polja sile teže

$K_s$  – faktor utjecaja tla

Plutajuće gatove je potrebno organizirati na obredene razmake zbog neometanih manevara među njima, a sam razmak računa se izrazom (11).

$$R_m = \max l. v. + \max d. v. + 1.3 * \max. v. \quad (11)$$



Gdje je:

max. l. v. – najveći vez sa desne strane

max. d. v. – najveći vez sa lijeve strane

max. v. – najveći vez u pojedinom bazenu

Uz definiranje bazena dimenzioniranjem razmaka između gatova potrebno je odrediti i širinu ulaza u luku, a ona se definira najvećom vrijednosti od tri zadana uvjeta.

Uvjeti su:

- 20,0 m

-  $L_{\max} + 2,0$  m

-  $5 \times B_{\max}$

Od kojih su:

$L_{\max}$  – duljina najvećeg plovila u luci

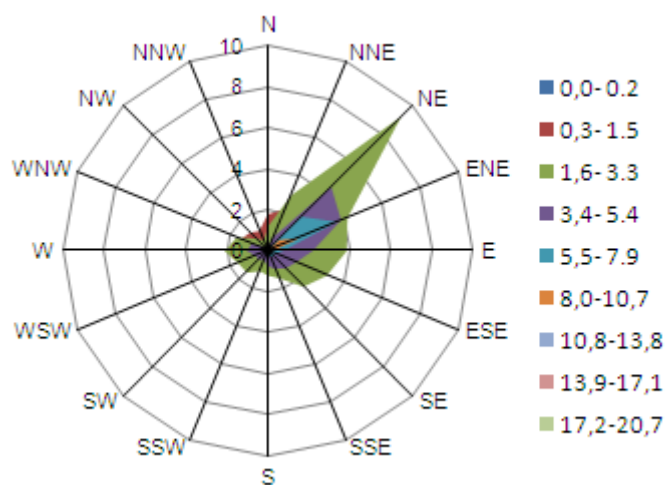
$B_{\max}$  – širina najvećeg plovila u luci

Za svaku luku je od velike važnosti smještaj i širina plovnog puta koji treba biti 3 - 5 x  $B_{\max}$  za jednosmjernan, odnosno dvosmjernan promet [23].

## 4. POMORSKO HIDRAULIČKI PRORAČUN

### 4.1. Vjetrovalna klima

U sklopu ovog diplomskog rada primijenjen je i numerički model valnog generiranja i valnih deformacija preuzet iz vjetrovalne klime za dubokovodno područje ispred lučice Kuje od građevinskog fakulteta u Zagrebu sa kojim su dobivene prostorne raspodjele značajnih valnih visina na širem akvatorijalnom području (regionalni model cijelog Jadrana, lokalni model Kvarner i Riječki zaljev) pri djelovanju vjetrova iz SE, NE i W smjera sa intenzitetima 6bf, 7bf i 8bf. Numeričko modeliranje provedeno je u svrhu provjere pouzdanosti rezultata dobivenih sa metodologijom Groen-Dorrensein, primarno zbog vjetrovnih situacija SE smjera, budući da se valovi generiraju u području otvorenog mora (cijeli Jadran) te se značajnije deformiraju na ulazu u Kvarner do relevantne dubokovodne točke ispred ulaza u Luku Kuje [35].



Slike 40: Godišnja ruža vjetra za Pula - Aerodrom (1968-1989) [35]

Za analizu vjetra za promatranu lokaciju (dubokovodna točka ispred ulaza u Luku Kuje) korišteni su podaci s klimatološke postaje Pula – Aerodrom iz razdoblja 1968-1989. koji uključuju vizualna opažanja jačine vjetra u boforima, u vremenskim periodima 7h, 14h i 21h. Prosječna godina na opažačkoj postaji Pula - aerodrom (tablica 9 i slika 40) karakterizirana je s najučestalijim vjetrovima bure, te levanta [35].

Tablica 9: Istovremena učestalost pojavljivanja različitih smjerova vjetra (‰) za Pula-Aerodrom u razdoblju 1968-1989. [35]

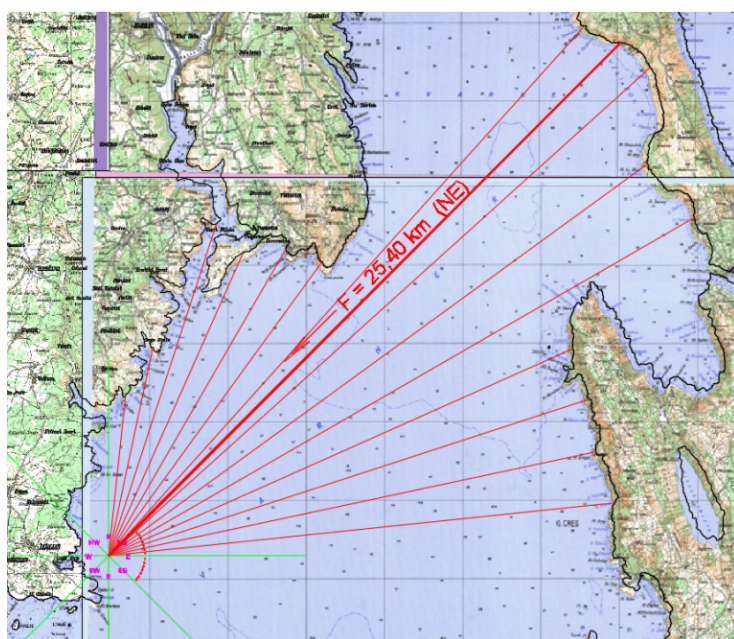
Jačina (Bf)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	SUM
N		17.55	12.20	1.76	0.37	0.03								31.91
NNE		21.78	29.31	7.25	1.61	0.33	0.02	0.01						60.31
NE		43.62	92.25	44.14	23.10	8.07	1.55	0.08	0.01					<b>212.81</b>
ENE		25.67	42.03	39.04	36.28	16.48	3.62	0.40	0.01					<b>163.54</b>
E		15.91	38.37	22.13	7.24	1.98	0.32	0.01						85.96
ESE		14.59	30.95	14.81	3.29	0.53	0.02							64.18
SE		13.48	24.36	12.22	3.85	0.89	0.05							54.85
SSE		8.11	14.13	9.33	2.90	0.44	0.05							34.96
S		7.87	11.85	7.35	2.46	0.37	0.02							29.92
SSW		6.29	10.46	4.43	1.40	0.23	0.01							22.82
SW		8.96	14.74	5.93	1.80	0.19	0.01							31.63
WSW		10.25	15.72	6.33	1.33	0.10	0.01	0.01						33.74
W		13.94	21.33	10.09	0.85	0.06								46.27
WNW		14.25	17.06	8.53	0.79	0.06		0.01						40.70
NW		12.33	8.84	3.28	0.32	0.06								24.82
NNW		10.39	5.69	1.31	0.20	0.01								17.60
C	43.99													43.99
<b>SUM</b>	43.99	245.00	389.30	197.93	87.77	29.82	5.68	0.50	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	1000.00

Dubokovodno područje ispred uvale Kuje direktno je izloženo valovima iz I. i II. kvadranta koji se razvijaju na relativno malim privjetrištima u slučaju NE i E smjerova. S druge strane, relativno veliko privjetrište pojavljuje se u slučaju SE smjera djelovanja vjetra, no sam ulaz u lučicu Kuje nije direktno izložen valovima koji se generiraju vjetrovima juga (SE smjer). Za smjerove NE i E načinjena je analiza efektivnih duljina privjetrišta za potrebe daljnjeg proračuna odgovarajućih značajnih visina valova  $H_s$ . Sektoru su određeni prema rubnim točkama promatranog akvatorija iz kojih je

predmetno područje izloženo djelovanju gravitacionih vjetrovnih valova. Privjetrišta se razlikuju dužinom i direktnom izloženošću pučinskim valovima [35].

Proračun efektivne duljine privjetrišta za sve smjerove je proveden na način da se u svakom od odabranih smjerova postavi centralna zraka koja kao ishodište ima točku ispred ulaza u Luku Kuje. Nakon toga se sa rotacijom od 6° u smjeru kazaljke na satu (do +42°) i suprotno od kazaljke na satu (do -42°) postavljaju pravci kroz istu ishodišnu točku. Određuju se duljine svake zrake od ishodišta do prve točke obale te se proračunava suma njihovih projekcija na centralnu zraku. Ta suma se dijeli sa sumom sinusa kutova centralne zrake i ostalih rotiranih zraka a čime se dobiva i vrijednost duljine efektivnog privjetrišta.

Koristeći metodu Groen-Dorrenstein na osnovu podataka o maksimalnim srednjim satnim brzinama vjetra i površini privjetrišta, proračunata je značajna visina vala Hs za mjerodavne sektore NE i E.

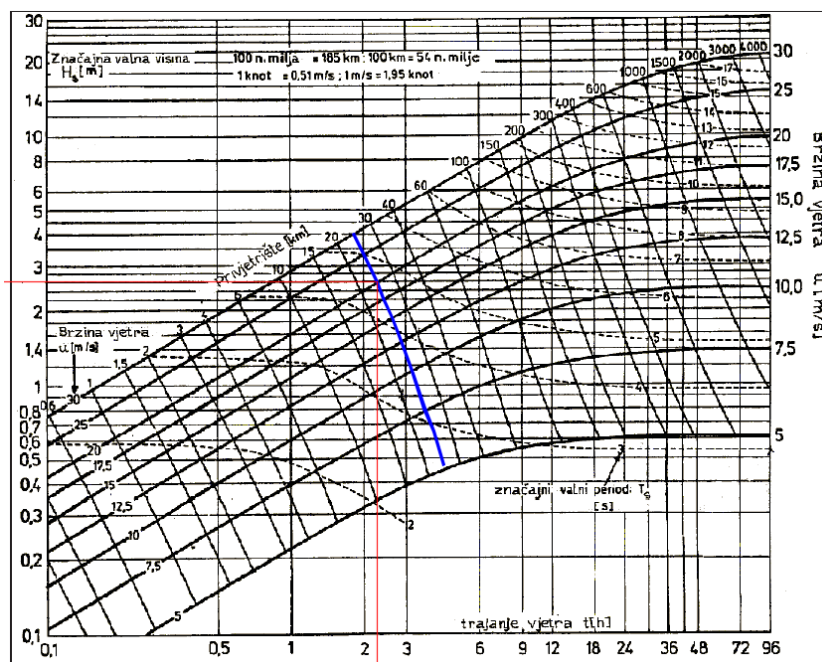


PRIVJETRIŠTE - NE (45°)		
$\alpha$	$X_i$	$X_i \cdot \cos \alpha$
°	km	deg
42	8,16	6,06
36	10,80	8,74
30	17,69	15,32
24	16,80	15,35
18	18,03	17,15
12	18,42	18,02
6	36,13	35,93
0	36,80	36,80
6	37,00	36,80
12	33,83	33,09
18	34,33	32,65
24	25,80	23,57
30	26,68	23,11
36	25,29	20,46
42	25,85	19,21
<b>SUM</b>	<b>371,61</b>	<b>342,25</b>

$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cdot \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} = \frac{342,2}{13,5} = 25,4 \text{ km}$$

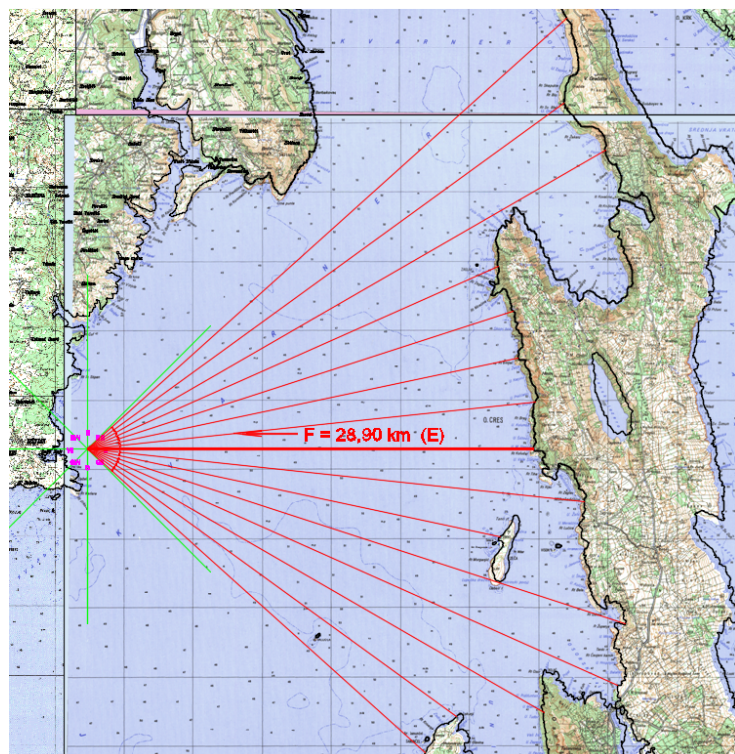
Slika 41: Prikaz efektivne duljine privjetrišta NE

Prema prije opisanom postupku za određivanje duljine efektivnog privjetrišta za smjer NE dobivena je duljina efektivnog privjetrišta od 25,40 km (slika 41). Uz taj podatak i brzinom vjetra za smjer NE koja iznosi 20,0 m/s iz Groen-Dorrenstein dijagrama očitaju se podaci o visini značajnog vala  $H_s = 2,0$  m, periodu vala  $T_s = 4,5$  s i potrebnom trajanju vjetra  $T = 2,2$  h (slika 42).



Slika 42: Potrebni podaci s Groen-Dorrenstein dijagrama za privjetrište NE

Istom metodom proračunavamo za sektor E.

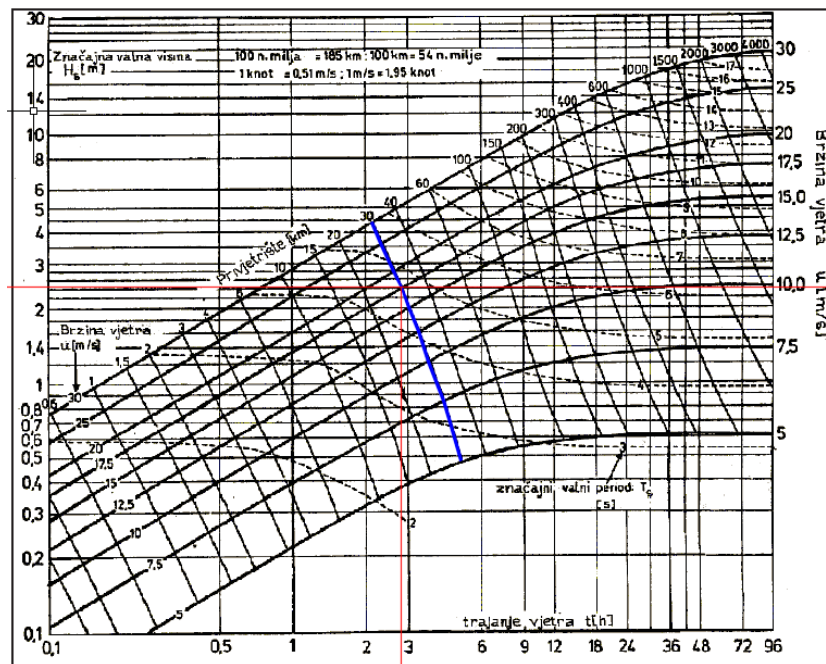


PRIVJETRIŠTE - E (90°)		
$\alpha$	$X_i$	$X_i \cdot \cos \alpha$
°	km	deg
42	37,00	27,50
36	33,83	27,37
30	34,33	29,73
24	25,80	23,57
18	26,68	25,37
12	25,30	24,75
6	25,85	25,71
0	25,61	25,61
6	28,68	28,52
12	24,21	23,68
18	32,50	30,91
24	33,35	30,47
30	30,26	26,21
36	26,15	21,16
42	26,07	19,37
<b>SUM</b>	<b>435,62</b>	<b>389,92</b>

$$F_{\text{eff}} = \frac{\sum X_i \cdot \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} = \frac{389,9}{13,5} = 28,9 \text{ km}$$

Slika 43: Prikaz efektivne duljine privjetrišta E

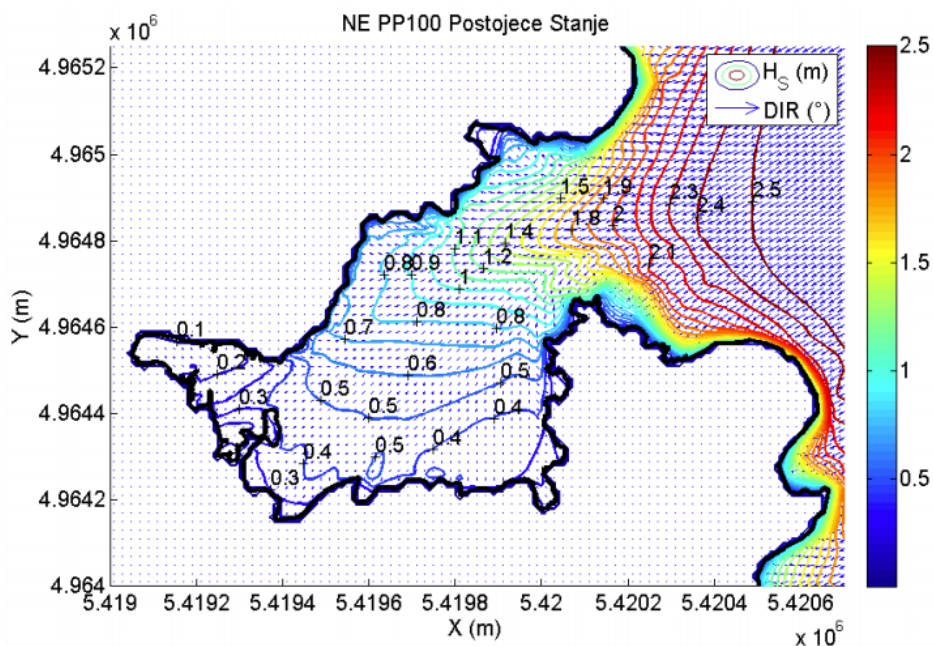
Prema prije opisanom postupku za određivanje duljine efektivnog privjetrišta za smjer E dobivena je duljina efektivnog privjetrišta od 28,90 km (slika 43). Uz taj podatak i brzinom vjetra za smjer NE koja iznosi 20,0 m/s iz Groen-Dorrenstein dijagrama očitaju se podatci o visini značajnog vala  $H_s = 2,3$  m, periodu vala  $T_s = 4,7$  s i potrebnom trajanju vjetra  $T = 2,9$  h (slika 44).



Slika 44: Potrebni podatci s Groen-Dorrenstein dijagrama za privjetrište E

Podaci o valovima preuzeti su i iz vjetrovalne klime za dubokovodno područje ispred lučice Kuje [35].

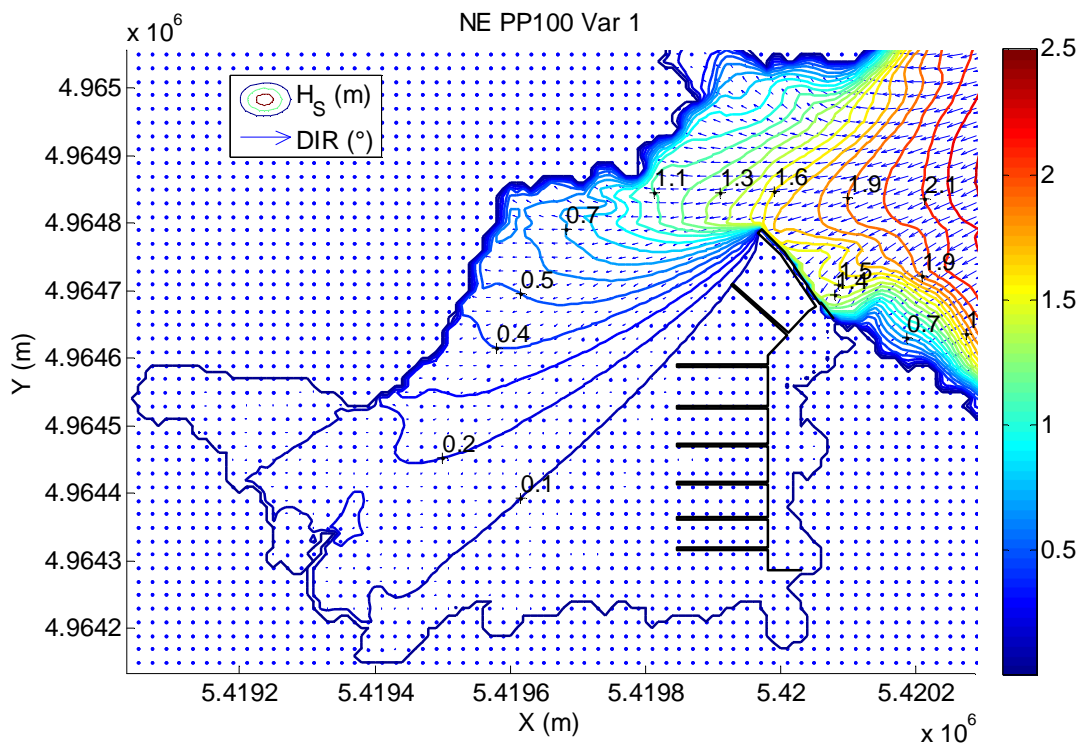
Na području uvale Kuje utjecaj morskih valova određen je uz simulaciju djelovanja valova pomoću modela SWAN za valove iz NE smjera, za 100 godišnji povratni period (slika 45).



Slika 45: Prikaz simulacije valova za 100g PP

## 4.2. Dimenzioniranje nasutog lukobrana

Na slici 45 prikazani su rezultati numeričkih simulacija za projektirano stanje za valove iz NE smjera, te je za poziciju lukobrana u varijanti jedan predviđena značajna visina vala od 1,80 m.



Slika 46: Prikaz simulacije vala u varijanti 1

Dimenzioniranje nasutog lukobrana izvodi se preko Hudsonove formule na način da se od dobivenog značajnog vala  $H_s$  izračuna projektni val  $H_{proj}$  koji će se koristiti za dimenzioniranje slojeva nasutog lukobrana. Također je potrebno provjeriti dali dolazi do loma vala, definirati visinu i širinu krune, te dimenzionirati nožice lukobrana.

Podatci potrebni za dimenzioniranje:

Značajna visina vala	$H_s = 1,80$ m
Dubina lukobrana	$d = 11,0$ m
Razina visoke vode	v.v. = 0,50 m



## Proračun projektnog vala i provjera loma vala

Projektni val  $H_{proj} = 1,27 * H_s = 1,27 * 1,80 = 2,30 \text{ m}$

Provjera loma vala  $d > 2,5 * H_s \rightarrow d > 2,5 * 1,8 \rightarrow 11,0 > 4,5 \text{ m} \rightarrow \text{NEMA LOMA}$

Ulazni podatci:

- oštrobridni lomljeni kamen  $K_D = 5,8$
- koeficijent sloja  $k\Delta = 1,0$
- broj slojeva  $n = 2$
- nagib  $1:1,5 \rightarrow \text{ctg}\alpha = 1,5$
- gustoća obloge (kamen)  $\rho_{obl} = 2600 \text{ kg/m}^3$
- gustoća betona  $\rho_{bet} = 2400 \text{ kg/m}^3$
- gustoća mora  $\rho_m = 1025 \text{ kg/m}^3$

## Proračun primarne obloge

$$M_{50} = \frac{\rho_{obl} * H_{proj}^3}{K_D * \left(\frac{\rho_{obl}}{\rho_m} - 1\right)^3 * \text{ctg}\alpha} [\text{kg}]$$

$$M_{50} = \frac{2600 * 2,3^3}{5,8 * \left(\frac{2600}{1025} - 1\right)^3 * 1,5} = \frac{31634,20}{31,56} = 1002,35 \text{ kg}$$

$M_{50} = 1002,35 \text{ kg} \rightarrow$  masa primarne obloge

$G_{50} = 1002,35 * g = 1002,35 * 9,81 = 9833,05 \text{ N} \rightarrow$  težina obloge

## Raspon masa elemenata

$M_{\min(75\%)} = 0,75 * M_{50} = 0,75 * 1002,35 = 751,76 \text{ kg}$

$G_{\min(75\%)} = 0,75 * G_{50} = 0,75 * 9833,05 = 7374,79 \text{ N}$

$M_{\max(125\%)} = 1,25 * M_{50} = 1,25 * 1002,35 = 1252,94 \text{ kg}$

$G_{\max(125\%)} = 1,25 * G_{50} = 1,25 * 9833,05 = 12291,31 \text{ N}$

Visina krune

$$K_{krune} = v.v. + 1,25 * H_{proj} = 0,50 + 1,25 * 2,3 = 4,07 = 4,10 \text{ m}$$

Širina krune

$$B = n * k_{\Delta} * \sqrt[3]{\frac{M_{50}}{\rho_{obl}}} = 3 * 1,0 * \sqrt[3]{\frac{1002,35}{2600}} = 2,18 = 2,20 \text{ m}$$

Donja kota primarne obloge

$$\text{Kota sa strane luke} = -1,0 * H_{proj} = -2,30 \text{ m}$$

$$\text{Kota sa strane mora} = -1,5 * H_{proj} = -1,5 * 2,30 = -3,45 \text{ m}$$

Debljina primarnog sloja

$$r_{50} = n * k_{\Delta} * \sqrt[3]{\frac{M_{50}}{\rho_{obl}}} = 2 * 1,0 * \sqrt[3]{\frac{1002,35}{2600}} = 1,50 \text{ m}$$

Proračun sekundarne obloge - prvi međusloj

$$M_{10} = \frac{M_{50}}{10} = \frac{1002,35}{10} = 100,23 \text{ kg} \rightarrow \text{masa obloge}$$

$$G_{10} = M_{10} * 9,81 = 100,23 * 9,81 = 983,56 \text{ N} \rightarrow \text{težina obloge}$$

Raspon masa elemenata

$$M_{10\min(70\%)} = 0,70 * M_{10} = 0,70 * 100,23 = 70,16 \text{ kg}$$

$$G_{10\min(70\%)} = 0,70 * G_{10} = 0,70 * 983,56 = 688,49 \text{ N}$$

$$M_{10\max(130\%)} = 1,30 * M_{10} = 1,30 * 100,23 = 130,30 \text{ kg}$$

$$G_{10\max(130\%)} = 1,30 * G_{10} = 1,30 * 983,56 = 1278,63 \text{ N}$$

Debljina sloja

$$r_{10} = n * k_{\Delta} * \sqrt[3]{\frac{M_{10}}{\rho_{obl}}} = 2 * 1,0 * \sqrt[3]{\frac{100,23}{2600}} = 0,67 = 0,70 \text{ m}$$

### Proračun sekundarne obloge –drugi međusloj

$$M_{200} = \frac{M_{50}}{200} = \frac{1002,35}{200} = 5,01 \text{ kg} \rightarrow \text{masa obloge}$$

$$G_{200} = M_{200} * 9,81 = 5,01 * 9,81 = 49,15 \text{ N} \rightarrow \text{težina obloge}$$

#### Raspon masa elemenata

$$M_{200\min(50\%)} = 0,50 * M_{200} = 0,50 * 5,01 = 2,50 \text{ kg}$$

$$G_{200\min(50\%)} = 0,50 * G_{200} = 0,50 * 49,15 = 24,60 \text{ N}$$

$$M_{200\max(150\%)} = 1,50 * M_{200} = 1,50 * 5,01 = 7,52 \text{ kg}$$

$$G_{200\max(150\%)} = 1,50 * G_{200} = 1,50 * 49,15 = 73,73 \text{ N}$$

#### Debljina sloja

$$r_{10} = n * k_{\Delta} * \sqrt[3]{\frac{M_{200}}{\rho_{obl}}} = 2 * 1,0 * \sqrt[3]{\frac{5,01}{2600}} = 0,24 = 0,25 \text{ m}$$

### Dimenzije nožice lukobrana

$$\text{visina} \rightarrow v_n = 2 * r_{10} = 2 * 0,70 = 1,40 \text{ m}$$

$$\text{širina} \rightarrow \check{s}_n = 3 * r_{10} = 3 * 0,70 = 2,10 \text{ m}$$

### Proračun jezgre lukobrana

$$M_{4000} = \frac{M_{50}}{4000} = \frac{1002,35}{4000} = 0,25 \text{ kg} \rightarrow \text{masa elemenata}$$

$$G_{4000} = M_{4000} * 9,81 = 0,25 * 9,81 = 2,45 \text{ N} \rightarrow \text{težina elemenata}$$

$$\text{širina} \rightarrow \text{min. širina iznosi } 3,0 \text{ m}$$

#### Raspon masa elemenata

$$M_{4000\min(30\%)} = 0,30 * M_{4000} = 0,30 * 0,25 = 0,08 \text{ kg}$$

$$G_{4000\min(30\%)} = 0,30 * G_{4000} = 0,30 * 2,45 = 0,74 \text{ N}$$

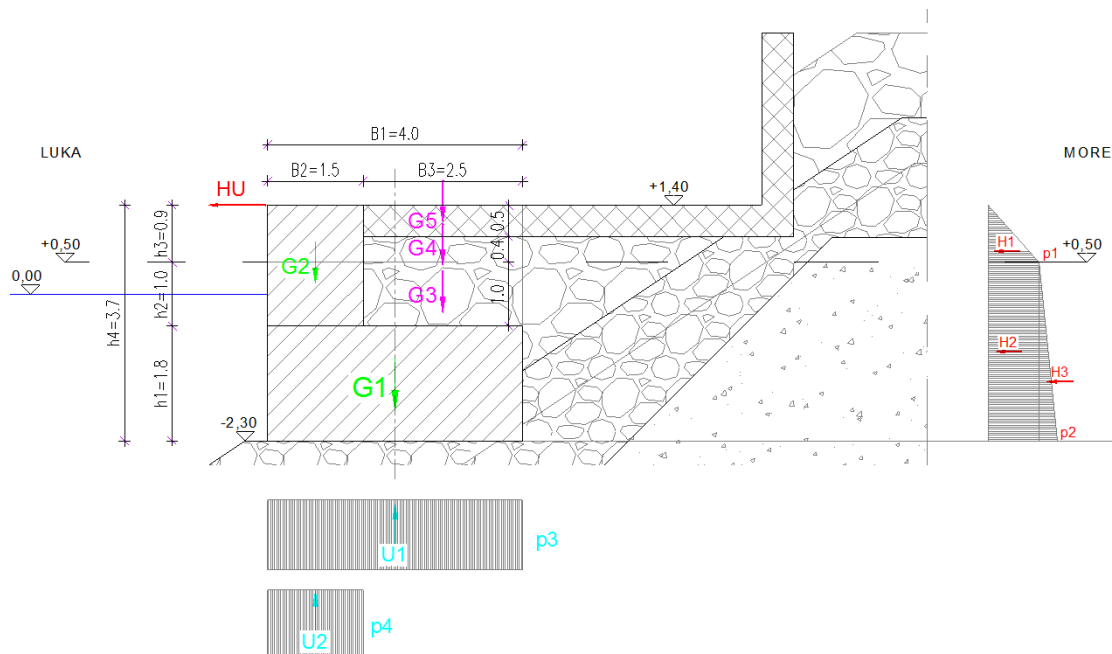
$$M_{4000\max(170\%)} = 1,70 * M_{4000} = 1,70 * 0,25 = 0,43 \text{ kg}$$

$$G_{4000\max(170\%)} = 1,50 * G_{4000} = 1,70 * 2,45 = 4,17 \text{ N}$$

Kod dimenzioniranja nasutog lukobrana ne dolazi do loma vala jer je dubina ispred lukobrana veća od uvjeta za provjeru loma vala. Kao element primarne obloge odabran je specijalno položeni oštrobriđni lomljeni kamen. Srednja masa kamenih blokova primarne obloge iznosi  $M_{50}=1002$  kg, prvog međusloja sekundarne obloge  $M_{10}=100,0$  kg, te drugog međusloja sekundarne obloge  $M_{200}=5,0$  kg. Visina krune je 4,10 m, te njena širina iznosi 2,20 m. Debljina primarnog sloja lukobrana iznosi  $r_{50}=1,50$  m, prvog međusloja sekundarne obloge  $r_{10}=0,70$  m, te drugog međusloja  $r_{10}=0,25$  m. Jezgra lukobrana koja je sačinjena od neselektiranog kamena sitnije frakcije usvojena je na svome vrhu na minimalnu dimenziju od 3,0 m, dok su nožice lukobrana visine 1,40 m i u širini od 2,10 m.

### 4.3. Dimenzioniranje obalnog zida na nasutom lukobranu

Na slici 47 prikazan je poprečni presjek nasutog lukobrana u dijelu gdje se nalazi obalni zid koji služi za privez plovila i kao operativan prostor za pristup plovilima.



Slika 47: Karakteristični presjek obalnog zida na nasutom lukobranu

Razina mora v.v. 0,50 m  
 Kota obale: 1,40 m  
 Kota dna zida: -2,30 m

Širine: B1 = 4,00 m  
 B2 = 1,50 m  
 B3 = 2,50 m

Visine: h1 = 1,80 m  
 h2 = 1,00 m  
 h3 = 0,90 m

Specifična težina vode:	$\gamma_w = 10,0 \text{ kN/m}^3$
Specifična težina betona:	$\gamma_c = 24,0 \text{ kN/m}^3$
Specifična težina nasipa:	$\gamma_z = 20,0 \text{ kN/m}^3$
Specifična težina uronjenog nasipa:	$\gamma'_z = 11,0 \text{ kN/m}^3$
Koeficijent trenja zid-podloga:	$f = 0,70$
Unutrašnji kut trenja:	$\emptyset_k = 38^\circ$

Aktivni potisak tla

$$\tan(38^\circ) = 0,781 \quad \gamma_\emptyset = 1,25$$

$$\emptyset_d = \text{atan}\left(\frac{\tan\emptyset_k}{\gamma_\emptyset}\right) = \text{atan}\left(\frac{0,781}{1,25}\right) = 32,005^\circ$$

$$k_a = \left[\tan\left(45^\circ - \frac{\emptyset_d}{2}\right)\right]^2 = \left[\tan\left(45^\circ - \frac{32,005^\circ}{2}\right)\right]^2 = 0,307$$

Pritisci tla

$$p_1 = k_a * h_3 * \gamma_z = 0,307 * 0,90 * 20,0 = 5,53 \text{ kN/m}^2$$

$$p_2 = p_1 + k_a * (h_1 + h_2) * \gamma'_z = 5,53 + (0,307 * 2,3 * 11,0) = 13,30 \text{ kN/m}^2$$

Hidrostatski pritisci

$$p_3 = h_1 * \gamma_w = 1,80 * 10,0 = 18,00 \text{ kN/m}^2$$

$$p_4 = 0,50 * \gamma_w = 0,50 * 10,0 = 5,00 \text{ kN/m}^2$$

Vertikalne sile

$$G_1 = B_1 * h_1 * \gamma_c * 1,0 = 4,00 * 1,80 * 24,0 * 1,0 = 172,80 \text{ kN}$$

$$G_2 = B_2 * (h_1 + h_2) * \gamma_c * 1,0 = 1,50 * 1,90 * 24,0 * 1,0 = 68,40 \text{ kN}$$

$$G_3 = B_3 * 1,00 * \gamma'_z * 1,0 = 2,50 * 1,00 * 11,0 * 1,0 = 27,50 \text{ kN}$$

$$G_4 = B_3 * 0,40 * \gamma_z * 1,0 = 2,50 * 0,40 * 20,0 * 1,0 = 20,00 \text{ kN}$$

$$G_5 = B_3 * 0,50 * \gamma_c * 1,0 = 2,50 * 0,50 * 24,0 * 1,0 = 30,00 \text{ kN}$$

$$U_1 = B_1 * p_3 * 1,0 = 4,00 * 18,00 * 1,0 = 72,00 \text{ kN}$$

$$U_2 = B_2 * p_4 * 1,0 = 1,50 * 5,00 * 1,0 = 7,50 \text{ kN}$$

### Krakovi vertikalnih sila

$$kG_1 = \frac{B_1}{2} = \frac{4,0}{2} = 2,00 \text{ m}$$

$$kG_2 = \frac{B_2}{2} = \frac{1,5}{2} = 0,75 \text{ m}$$

$$kG_3 = B_2 + \frac{B_3}{2} = 1,50 + \frac{2,5}{2} = 2,75 \text{ m}$$

$$kG_4 = B_2 + \frac{B_3}{2} = 1,50 + \frac{2,5}{2} = 2,75 \text{ m}$$

$$kG_5 = B_2 + \frac{B_3}{2} = 1,50 + \frac{2,5}{2} = 2,75 \text{ m}$$

$$kU_1 = \frac{B_1}{2} = \frac{4,0}{2} = 2,00 \text{ m}$$

$$kU_2 = \frac{B_2}{2} = \frac{1,5}{2} = 0,75 \text{ m}$$

### Momenti vertikalnih sila

$$M_{G1} = G_1 * kG_1 = 172,80 * 2,00 = 345,60 \text{ kNm}$$

$$M_{G2} = G_2 * kG_2 = 68,40 * 0,75 = 51,30 \text{ kNm}$$

$$M_{G3} = G_3 * kG_3 = 27,50 * 2,75 = 75,62 \text{ kNm}$$

$$M_{G4} = G_4 * kG_4 = 20,00 * 2,75 = 55,00 \text{ kNm}$$

$$M_{G5} = G_5 * kG_5 = 30,00 * 2,75 = 82,50 \text{ kNm}$$

$$M_{U1} = U_1 * kU_1 = 72,00 * 2,00 = 144,00 \text{ kNm}$$

$$M_{U2} = U_2 * kU_1 = 7,50 * 0,75 = 5,63 \text{ kNm}$$

### Horizontalne sile

$$H_u = 12,50 \text{ kN}$$

$$H_1 = p_1 * \frac{h_3}{2} * 1,0 = 5,53 * 0,45 * 1,0 = 2,49 \text{ kN}$$

$$H_2 = p_1 * 2,80 * 1,0 = 5,53 * 2,80 * 1,0 = 15,48 \text{ kN}$$

$$H_3 = (p_2 - p_1) * \frac{2,8}{2} * 1,0 = 7,70 * 1,40 * 1,0 = 10,88 \text{ kN}$$

### Krakovi horizontalnih sila

$$kH_u = h_4 = 3,70 \text{ m}$$

$$KH_1 = h_4 - \frac{2 \cdot 3}{3} = 3,70 - \frac{2 \cdot 0,90}{3} = 3,10 \text{ m}$$

$$KH_2 = \frac{h_1 + 2}{2} = \frac{1,80 + 1,00}{2} = 1,40 \text{ m}$$

$$KH_3 = \frac{h_1 + 2}{3} = \frac{1,80 + 1,00}{3} = 0,94 \text{ m}$$

### Momenti horizontalnih sila

$$M_{Hu} = H_u \cdot kH_u = 12,50 \cdot 3,70 = 46,25 \text{ kNm}$$

$$M_{H1} = H_1 \cdot KH_1 = 2,49 \cdot 3,10 = 7,72 \text{ kNm}$$

$$M_{H2} = H_2 \cdot KH_2 = 15,48 \cdot 1,40 = 21,67 \text{ kNm}$$

$$M_{H3} = H_3 \cdot KH_3 = 10,88 \cdot 0,94 = 10,15 \text{ kNm}$$

Vrijednosti parcijalnih koeficijenata za provjeru graničnog stanja nosivosti prema Eurokodu.

$$\gamma_{Gstb} = 0,9$$

$$\gamma_{Gdst} = 1,1$$

$$\gamma_{Qdst} = 1,5$$

### Provjera na prevrtanje

$$M_{ST} = \gamma_{Gstb} \cdot (M_{G1} + M_{G2} + M_{G3} + M_{G4} + M_{G5}) \\ = 0,9 \cdot (345,60 + 51,30 + 75,62 + 55,00 + 82,50) = 549,08 \text{ kNm}$$

$$M_{DST} = \gamma_{Gdst} \cdot (M_{U1} + M_{U2} + M_{H1} + M_{H2} + M_{H3}) + \gamma_{Qdst} \cdot (M_u) \\ = 1,1 \cdot (144,00 + 5,63 + 7,72 + 21,67 + 10,15) + 1,5 \cdot 46,25 \\ = 208,09 + 69,37 = 277,47 \text{ kNm}$$

$$M_{ST} > M_{DST} \quad \rightarrow \quad 549,08 \text{ kNm} > 277,47 \text{ kNm} \quad \rightarrow \quad \text{ZADOVOLJAVA}$$



### Provjera na klizanje

$$H = \gamma_{Gdst} * (H_1 + H_2 + H_3) + \gamma_{Qdst} * (H_u) \\ = 1,1 * (2,49 + 15,48 + 10,88) + 1,5 * 12,50 = 31,74 + 18,50 = 50,49 \text{ kN}$$

$$V = \gamma_{Gstb} * (G_1 + G_2 + G_3 + G_4 + G_5) - \gamma_{Gdst} * (U_1 + U_2) \\ = 0,9 * (172,80 + 68,40 + 27,50 + 20,00 + 30,00) - 1,1 * (72,00 + 7,50) \\ = 286,47 - 87,45 = 199,02 \text{ kN}$$

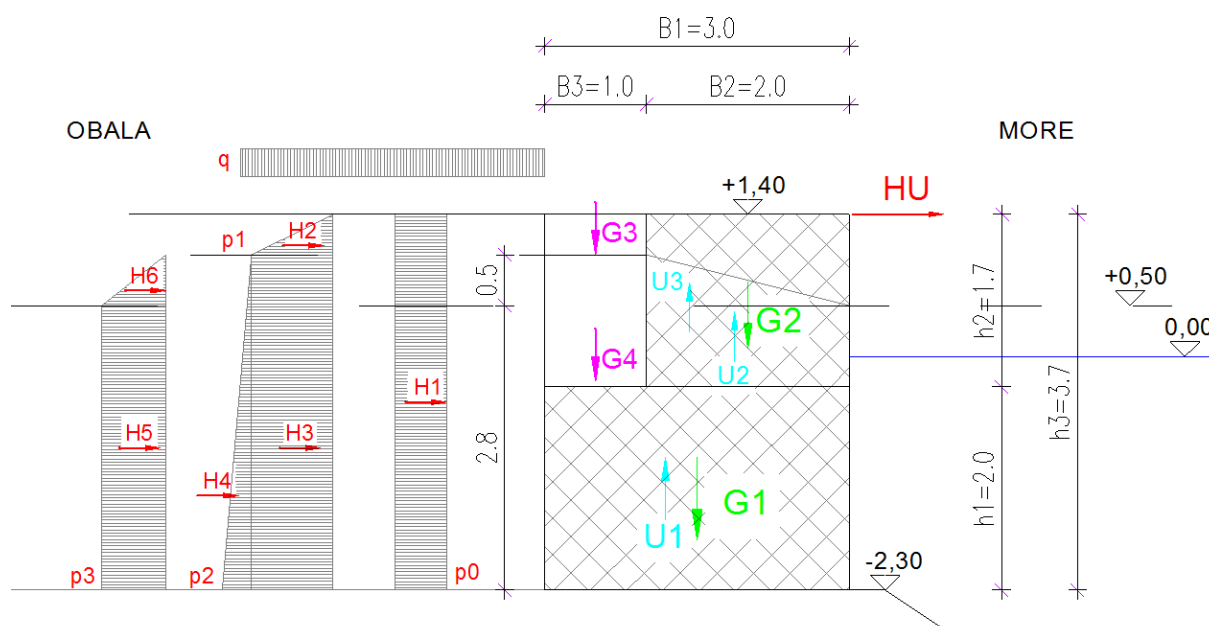
$$V * f = 199,02 * 0,70 = 139,30 \text{ kN}$$

$$V * f > H \quad \rightarrow \quad 139,30 \text{ kN} > 50,49 \text{ kN} \quad \rightarrow \quad \text{ZADOVOLJAVA}$$

Nakon provedenog proračuna provjera obalnog zida prema Eurokodu na prevrtanje i klizanje zadovoljava, te se može utvrditi da je obalni zid stabilan i da neće doći do klizanja i prevrtanja.

#### 4.4. Dimenzioniranje obalnog zida

Na slici 48 prikazan je poprečni presjek obalnog zida pozicioniranog uzduž obale na kojeg su prihvaćeni plutajući gatovi .



Slika 48: Karakteristični presjek obalnog zida

Razina mora v.v. 0,50 m  
Kota obale: 1,40 m  
Kota dna zida: -2,30 m

Širine: B1 = 3,00 m  
B2 = 2,00 m

Visine: h1 = 2,00 m  
h2 = 1,70 m

Specifična težina vode:  $\gamma_w = 10,0 \text{ kN/m}^3$

Specifična težina betona:  $\gamma_c = 24,0 \text{ kN/m}^3$

Specifična težina nasipa:  $\gamma_z = 20,0 \text{ kN/m}^3$

Specifična težina uronjenog nasipa:	$\gamma'_z = 11,0 \text{ kN/m}^3$
Koeficijent trenja zid-podloga:	$f = 0,75$
Unutrašnji kut trenja:	$\varnothing_k = 38^\circ$

#### Aktivni potisak tla

$$\tan(38^\circ) = 0,781 \quad \gamma_\varnothing = 1,25$$

$$\varnothing_d = \text{atan}\left(\frac{\tan\varnothing_k}{\gamma_\varnothing}\right) = \text{atan}\left(\frac{0,781}{1,25}\right) = 32,005^\circ$$

$$k_a = \left[\tan\left(45^\circ - \frac{\varnothing_d}{2}\right)\right]^2 = \left[\tan\left(45^\circ - \frac{32,005^\circ}{2}\right)\right]^2 = 0,307$$

#### Pritisci tla

$$P_0 = k_a * q = 0,307 * 20,0 = 6,14 \text{ kN/m}^2$$

$$p_1 = k_a * 0,40 * \gamma_z = 0,307 * 0,40 * 20,0 = 2,46 \text{ kN/m}^2$$

$$p_2 = p_1 + k_a * 3,30 * \gamma'_z = 2,46 + (0,307 * 3,30 * 11,0) = 13,60 \text{ kN/m}^2$$

#### Razlika hidrostatskog pritiska

$$p_3 = 0,50 * \gamma_w = 0,50 * 10,0 = 5,00 \text{ kN/m}^2$$

#### Vertikalne sile

$$G_1 = B_1 * h_1 * \gamma_c * 1,0 = 3,00 * 2,00 * 24,0 * 1,0 = 144,00 \text{ kN}$$

$$G_2 = B_2 * h_2 * \gamma_c * 1,0 = 2,00 * 1,70 * 24,0 * 1,0 = 81,60 \text{ kN}$$

$$G_3 = B_3 * 0,40 * \gamma_z * 1,0 = 1,00 * 0,40 * 20,0 * 1,0 = 8,00 \text{ kN}$$

$$G_4 = B_3 * 1,30 * \gamma'_z * 1,0 = 1,00 * 1,30 * 11,0 * 1,0 = 14,30 \text{ kN}$$

$$U_1 = B_3 * h_1 * \gamma_w * 1,0 = 3,00 * 2,00 * 10,0 * 1,0 = 60,00 \text{ kN}$$

$$U_2 = B_2 * 0,80 * \gamma_w * 1,0 = 2,00 * 0,80 * 10,0 * 1,0 = 16,00 \text{ kN}$$

$$U_3 = \frac{B_2}{2} * 0,50 * \gamma_w * 1,0 = 1,00 * 0,50 * 10,0 * 1,0 = 5,00 \text{ kN}$$

#### Krakovi vertikalnih sila

$$kG_1 = \frac{B_1}{2} = \frac{3,0}{2} = 1,50 \text{ m}$$

$$kG_2 = \frac{B_2}{2} = \frac{2,0}{2} = 1,00 \text{ m}$$

$$kG_3 = B_2 + \frac{B_3}{2} = 2,00 + \frac{1,0}{2} = 2,50 \text{ m}$$

$$kG_4 = B_2 + \frac{B_3}{2} = 2,00 + \frac{1,0}{2} = 2,50 \text{ m}$$

$$kU_1 = \frac{B_1}{2} = \frac{3,0}{2} = 1,50 \text{ m}$$

$$kU_2 = \frac{B_2}{2} = \frac{2,0}{2} = 1,00 \text{ m}$$

$$kU_3 = \frac{2 * B_2}{3} = \frac{2 * 2,0}{3} = 1,33 \text{ m}$$

#### Momenti vertikalnih sila

$$M_{G1} = G_1 * kG_1 = 144,00 * 1,50 = 345,60 \text{ kNm}$$

$$M_{G2} = G_2 * kG_2 = 81,60 * 1,00 = 51,30 \text{ kNm}$$

$$M_{G3} = G_3 * kG_3 = 8,00 * 2,50 = 75,62 \text{ kNm}$$

$$M_{G4} = G_4 * kG_4 = 14,30 * 2,50 = 55,00 \text{ kNm}$$

$$M_{U1} = U_1 * kU_1 = 60,00 * 1,50 = 144,00 \text{ kNm}$$

$$M_{U2} = U_2 * kU_1 = 16,00 * 1,00 = 16,00 \text{ kNm}$$

$$M_{U3} = U_3 * kU_3 = 5,00 * 1,33 = 6,65 \text{ kNm}$$

#### Horizontalne sile

$$H_u = 12,50 \text{ kN}$$

$$H_1 = p_0 * h_3 * 1,0 = 6,14 * 3,70 * 1,0 = 22,72 \text{ kN}$$

$$H_2 = p_1 * \frac{0,40}{2} * 1,0 = 2,46 * 0,20 * 1,0 = 0,49 \text{ kN}$$

$$H_3 = p_1 * 3,30 * 1,0 = 2,46 * 3,30 * 1,0 = 8,12 \text{ kN}$$

$$H_4 = p_2 * \frac{3,30}{2} * 1,0 = 13,60 * 1,65 * 1,0 = 18,38 \text{ kN}$$

$$H_5 = p_3 * 2,80 * 1,0 = 5,00 * 2,80 * 1,0 = 14,00 \text{ kN}$$

$$H_6 = p_3 * \frac{0,50}{2} * 1,0 = 5,00 * 0,25 * 1,0 = 1,25 \text{ kN}$$

### Krakovi horizontalnih sila

$$kH_u = h_3 = 3,70 \text{ m}$$

$$KH_1 = \frac{h_3}{2} = \frac{3,70}{2} = 1,85 \text{ m}$$

$$KH_2 = h_3 - 0,267 = 3,70 - 0,267 = 3,43 \text{ m}$$

$$KH_3 = \frac{h_3 - 0,40}{2} = \frac{3,70 - 0,40}{2} = 1,65 \text{ m}$$

$$KH_4 = \frac{h_3 - 0,40}{3} = \frac{3,70 - 0,40}{3} = 1,10 \text{ m}$$

$$KH_5 = \frac{2,80}{2} = 1,40 \text{ m}$$

$$kH_6 = 2,80 + \frac{0,50}{3} = 2,97 \text{ m}$$

### Momenti horizontalnih sila

$$M_{Hu} = H_u * kH_u = 12,50 * 3,70 = 46,25 \text{ kNm}$$

$$M_{H1} = H_1 * KH_1 = 22,72 * 1,85 = 42,03 \text{ kNm}$$

$$M_{H2} = H_2 * KH_2 = 0,49 * 3,43 = 1,68 \text{ kNm}$$

$$M_{H3} = H_3 * KH_3 = 8,12 * 1,65 = 13,40 \text{ kNm}$$

$$M_{H4} = H_4 * KH_4 = 18,38 * 1,10 = 20,22 \text{ kNm}$$

$$M_{H5} = H_5 * KH_5 = 14,00 * 1,40 = 19,60 \text{ kNm}$$

$$M_{H6} = H_6 * kH_6 = 1,25 * 2,97 = 3,71 \text{ kNm}$$

Vrijednosti parcijalnih koeficijenata za provjeru graničnog stanja nosivosti prema Eurokodu.

$$\gamma_{Gstb} = 0,9$$

$$\gamma_{Gdst} = 1,1$$

$$\gamma_{Qdst} = 1,5$$

### Provjera na prevrtanje

$$M_{ST} = \gamma_{Gstb} * (M_{G1} + M_{G2} + M_{G3} + M_{G4})$$

$$= 0,9 * (216,00 + 81,60 + 20,00 + 35,75) = 318,00 \text{ kNm}$$

$$M_{DST} = \gamma_{Gdst} * (M_{U1} + M_{U2} + M_{U3} + M_{H1} + M_{H2} + M_{H3} + M_{H4}) + \gamma_{Qdst} * (M_{H5} + M_{H6} + M_u)$$

$$= 1,1 * (90,0 + 16,0 + 6,65 + 42,03 + 1,68 + 13,40 + 20,22) + 1,5 * (19,60 + 3,71 + 46,25) \\ = 208,51 + 104,34 = 312,85 \text{ kNm}$$

$$M_{ST} > M_{DST} \quad \rightarrow \quad 318,00 \text{ kNm} > 312,85 \text{ kNm} \quad \rightarrow \quad \text{ZADOVOLJAVA}$$

Provjera na klizanje

$$H = \gamma_{Gdst} * (H_1 + H_2 + H_3 + H_4) + \gamma_{Qdst} * (H_u + H_5 + H_6) \\ = 1,1 * (22,72 + 0,49 + 8,12 + 18,38) + 1,5 * (12,50 + 14,00 + 1,25) = 54,68 + 41,63 \\ = 96,31 \text{ kN}$$

$$V = \gamma_{Gstb} * (G_1 + G_2 + G_3 + G_4) - \gamma_{Gdst} * (U_1 + U_2 + U_3) \\ = 0,9 * (144,00 + 81,60 + 8,00 + 14,30) - 1,1 * (60,00 + 16,00 + 5,00) \\ = 223,11 - 89,10 = 134,01 \text{ kN}$$

$$V * f = 134,01 * 0,75 = 100,51 \text{ kN}$$

$$V * f > H \quad \rightarrow \quad 100,51 \text{ kN} > 96,31 \text{ kN} \quad \rightarrow \quad \text{ZADOVOLJAVA}$$

Nakon provedenog proračuna provjera obalnog zida prema Eurokodu na prevrtanje i klizanje zadovoljava, te se može utvrditi da je obalni zid stabilan i da neće doći do klizanja i prevrtanja. Isto tako vidljivo je da su faktori sigurnosti minimalni što pokazuje da je obalni zid optimalno dimenzioniran.

#### 4.5. Organizacija priveznih mjesta unutar luke

Na slici 49 prikazan je raspored i razmak bazena i plutajućih gatova za koje se privezuju plovila.

##### KARAKTERISTIKE NAJVEĆEG PRIVEZIŠTA U LUCI

Privezište 20,0 \* 7,5 m

L = 18,0 m – duljina plovila

B = 5,2 m – širina plovila

T = 1,85 m – najveći gaz plovila

##### DIMENZIJE PRIVEZNIH MJESTA ZA PLOVILA DULJINE 18,0 m

L = 20,0 m – dužina priveznog mjesta

Š = 7,0 m – širina priveznog mjesta

T = 1,85 m – najveći gaz plovila

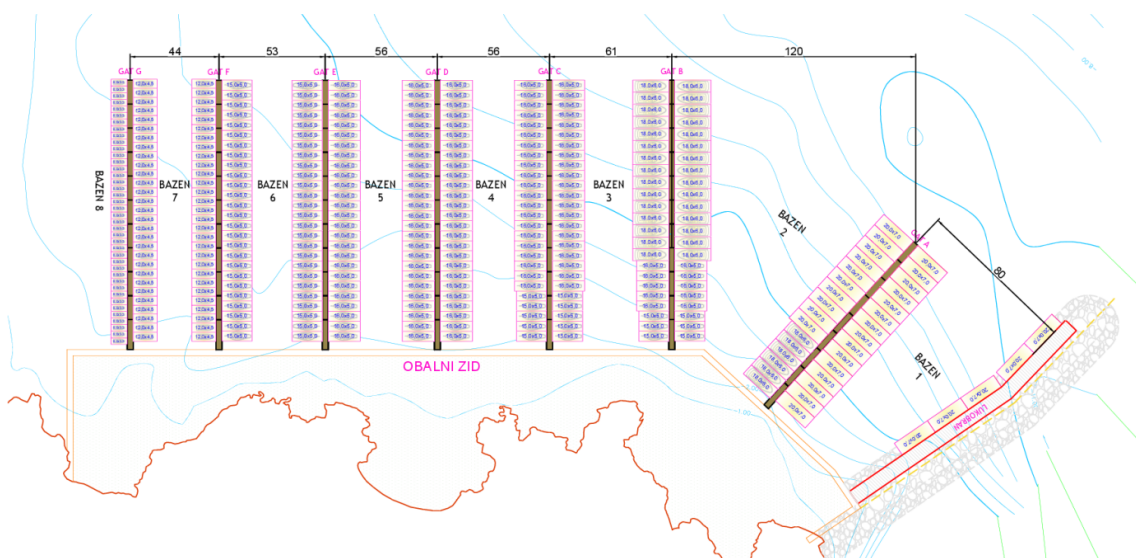
L = 18,0 m – duljina plovila

B = 5,2 m – širina plovila

##### MINIMALNE DUBINE NA PRIVEZNIM MJESTIMA (tablica 10)

Plovilo: L = 18,0 m T = 1,85 m  $H_{1/3} = 0,50$  m (mogući val u marini)

$$d = \text{Gaz plovila} + \frac{1}{2} \text{ mogućeg vala u marini} + 0,50$$



Slika 49: Varijanta 1, organizacija priveznih mjesta

Tablica 10: Minimalne dubine na priveznim mjestima

POZICIJA PLOVILA	PRIVEZNO MJESTO (m)	DULJINA PLOVILA (m)	GAZ PLOVILA (m)	POSTOJEĆE DUBINE (m)	POTREBNE DUBINE (m) $d = \text{gaz} + 1/2 * 0,5 + 0,5$	ZADOVOLJAVA / NEZADOVOLJAVA
lukobran	20,0x7,0	18,0	1,85	3,0	2,60	ZADOVOLJAVA
gat A	18,0x6,0	16,0	1,55	2,5	2,30	ZADOVOLJAVA
gat A	15,0x5,0	12,0	1,55	2,5	2,30	ZADOVOLJAVA
gat B	15,0x5,0	12,0	1,55	2,0	2,30	NEZADOVOLJAVA
gat C	15,0x5,0	12,0	1,55	1,8	2,30	NEZADOVOLJAVA
gat D	16,0x5,0	14,0	1,55	2,2	2,30	ZADOVOLJAVA
gat E	16,0x5,0	14,0	1,55	2,0	2,30	ZADOVOLJAVA
gat E	15,0x5,0	12,0	1,55	2,0	2,30	ZADOVOLJAVA
gat F	15,0x5,0	12,0	1,55	2,3	2,30	ZADOVOLJAVA
gat F	12,0x4,5	10,0	1,25	2,3	2,00	ZADOVOLJAVA
gat G	12,0x4,5	10,0	1,25	2,0	2,00	ZADOVOLJAVA
gat G	8,0x3,3	6,0	1,00	1,8	1,75	ZADOVOLJAVA
obalni zid	8,0x3,x	6,0	1,00	1,8	1,75	ZADOVOLJAVA

Kako je vidljivo prema tablici 10 potrebno je izvršiti produbljenje od 0,50 cm unutar bazena 3 između molova B i C.



Tablica 11: Potrebna širina bazena

Bazen	Maxl.v. (m)	Maxd.v. (m) (m)	1,3 x Max. v. + Maxl.v + Maxd.v. (m)	Širina bazena Rm (m)
1	20,0	20,0	66,0	67,0(80,0)
2	20,0	18,0	64,0	70,0(120,0)
3	18,0	16,0	57,4	61,0
4	16,0	16,0	52,8	56,0
5	16,0	16,0	52,8	56,0
6	15,0	15,0	49,5	53,0
7	12,0	12,0	39,6	44,0
8	8,0	8,0	26,4	40,0

U tablici 11 prikazana je potrebna širina svih bazena za privez plovila okomito na plutajuće gatove računata izrazom (11).

$$R_m = \max l. v. + \max d. v. + 1.3 * \max. v. \quad (11)$$

Gdje je:

max. l. v. – najveći vez sa desne strane

max. d. v. – najveći vez sa lijeve strane

max. v. – najveći vez u pojedinom bazenu

#### ŠIRINA ULAZA U MARINU

Duljina najvećeg plovila: -18,0 m

$$-L_{\max} + 2,0\text{m} = 18,0 + 2,0 = 20,0 \text{ m}$$

$$-5 * B_{\max} = 5 * 5,2 \text{ m} = 26,0 \text{ m}$$

Širina ulaza u luku je veća od 100,0 m, tako da svi uvjeti zadovoljavaju.

## ŠIRINA PLOVNOG PUTA

Plovilo L=18,0 m

Jednosmjerni promet ->  $3 * B_{\max} = 3 * 5,2 = 15,6 \text{ m}$

Dvosmjerni promet ->  $5 * B_{\max} = 5 * 5,2 = 26,0 \text{ m}$

## BROJ PRIVEZNIH MJESTA PREMA DIMENZIJAMA PRIVEZIŠTA

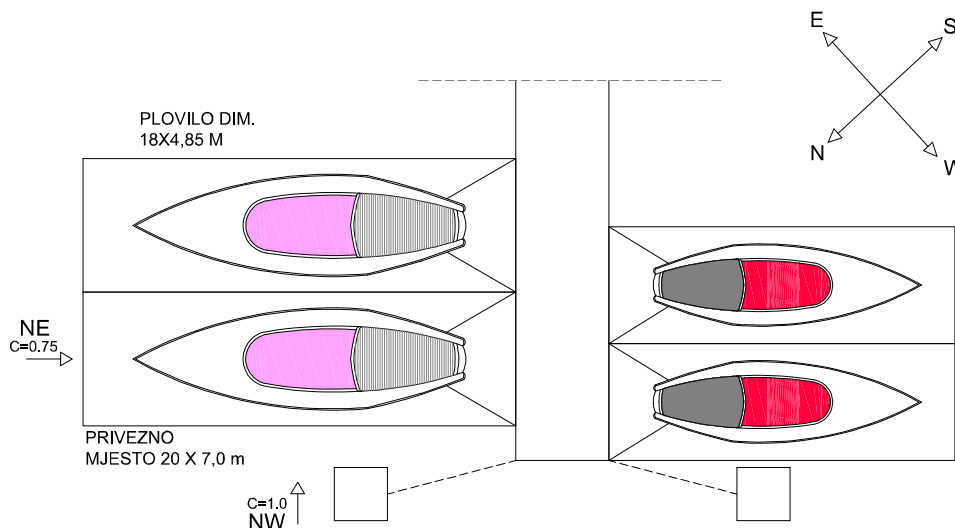
Tablica 12: Broj priveznih mjesta

Dimenzija priveznog mjesta	Broj mjesta
8,0x3,3	41
12,0x4,5	58
15,0x5,0	62
16,0x5,0	224
18,0x6,0	36
20,0x7,0	30
UKUPNO=	450

U tablici 12 je vidljiv broj mogućih priveznih mjesta prema dimenzijama priveznog mjesta.

## PRORAČUN SILA VJETRA

Na slici 50 je prikazan smjer djelovanja vjetra na plovilo na na karakterističnom promatranom molu.



Slika 50: Smjer djelovanja vjetra [23]

Dimenzija najvećeg plovila na promatranom molu B

- dimenzije 18,0 \* 5,2 m

SMJER VJETRA NE

$V_{10} = 17,5 \text{ m/sec}$   $\rightarrow$   $V_1 = 1,39 * 17,5 = 24,32 \text{ m/s}$  - brzina 1-sekundnog vjetra

$C_D = 0,75$  - koeficijent otpora

$L = 18,0 \text{ m}$  - duljina plovila

$A_p = 19,0 \text{ m}^2$  - površina nadvođa izložena vjetru

$\rho_z = 1,20 \text{ kg/m}^3$  - gustoća zraka

$$F_{vp} = \frac{1}{2} * C_D * A_p * V_1^2 * \rho_z = 0,50 * 0,75 * 19,0 * 24,32^2 * 1,20 = 5057 \text{ N} = 5,06 \text{ kN}$$

### SMJER VJETRA NW

$V_{10} = 17,5 \text{ m/sec}$  ->  $V_1 = 1,39 * 17,5 = 24,32 \text{ m/s}$  - brzina 1-sekundnog vjetra

$C_D = 1,00$  - koeficijent otpora

$L = 18,0 \text{ m}$  - duljina plovila

$A_p = 72,0 \text{ m}^2$  - površina nadvođa izložena vjetru

$\rho_z = 1,20 \text{ kg/m}^3$  - gustoća zraka

$$F_{vk} = \frac{1}{2} * C_D * A_p * V_1^2 * \rho_z = 0,50 * 1,00 * 72,0 * 24,32^2 * 1,20 = 25551 \text{ N} = 25,55 \text{ kN}$$

### DJELOVANJE MORSKIH VALOVA

Smjer valova NE, visine vala  $H_s = 0,50 \text{ m}$

$C_w = 1,00$  - koeficijent oblika

$L = 18,0 \text{ m}$  - duljina plovila

Bočno - položaj plovila

$\rho_w = 1025 \text{ kg/m}^3$  - gustoća morske vode

$$F_w = \frac{1}{2} * C_w * g * L * \left(\frac{H_s}{2}\right)^2 \rho_w = 0,50 * 1,0 * 9,81 * 18,0 * 0,06 * 1025,0 = 5429,83 \text{ N} = 5,43 \text{ kN}$$

### PRORAČUN SIDRENIH BLOKOVA PLUTAJUĆIH GATOVA

Privezno plovilo 18,0 x 5,2 m

Maksimalna horizontalna sila od jednog plovila -  $F_{vk} = 25,55 \text{ kN}$

Duljina jednog segmenta plutajućeg gata -  $L = 14,92 \text{ m}$

Širina priveznog mjesta za jedno plovilo -  $W = 7,0 \text{ m}$

Broj plovila privezanih za jedan segment

$$-\frac{L}{W} = \frac{14,92}{7} = 2,13 \rightarrow N = 2$$

Ukupna sila

$$F_{uk} = F_{vk} * N = 25,55 * 2 = 51,10 \text{ kN}$$

Broj sidrenih blokova

$$- N_b = 3$$

Koeficijent sigurnosti

$$- \gamma = 1,5$$

Horizontalna sila na jedan sidreni blok

$$R_s = \frac{*F_{uk}}{3} = \frac{1,5*51,1}{3} = 25,55 \text{ kN}$$

Koeficijent otpora podloge

$$- K_s = 1,2$$

Potrebna masa betonskog bloka

$$M_b = \frac{R_s}{g * K_s} = \frac{25,55}{9,81 * 1,5} = 1,74 \text{ t}$$

Gustoća betona

$$- \rho_{bet} = 2500 \text{ kg/m}^3$$

Gustoća uronjenog betona

$$- \rho'_{bet} = 1500 \text{ kg/m}^3$$

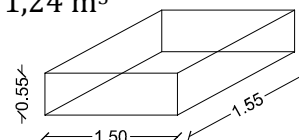
Potreban volumen betona za izradu sidrenog bloka

$$V_{bet} = \frac{M_b}{\rho'_{bet}} = \frac{1740}{1500} = 1,16 \text{ m}^3$$

Odabrana dimenzija sidrenog bloka

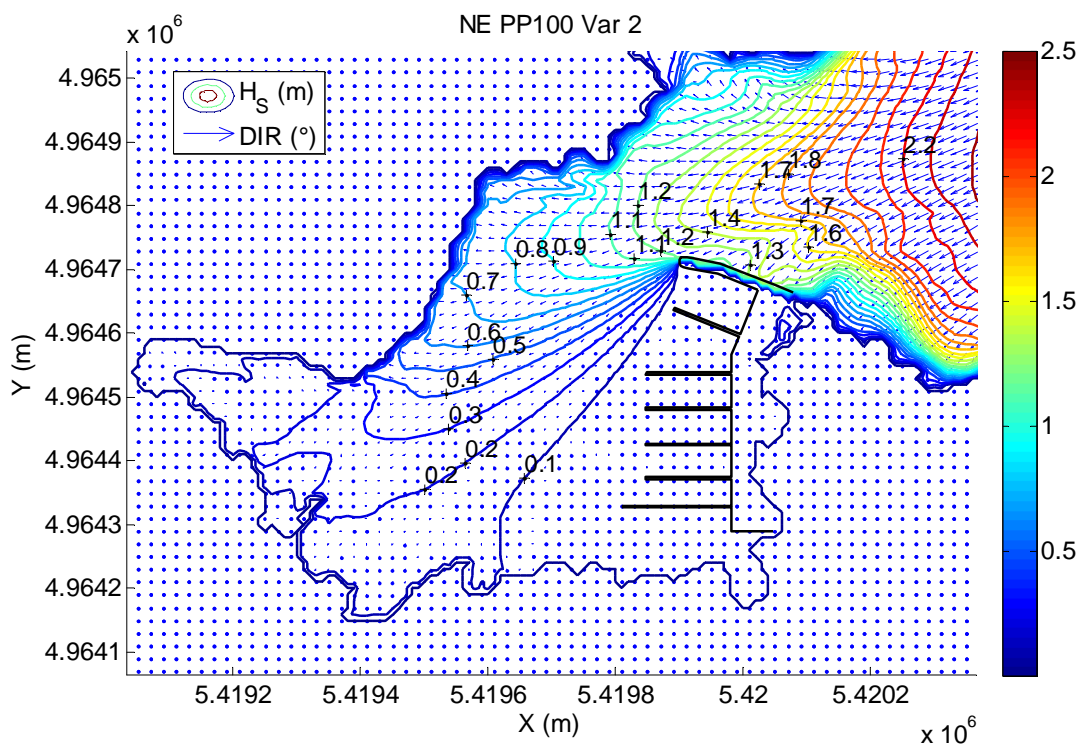
$$1,50 * 1,50 * 0,55 = 1,24 \text{ m}^3$$

$$1,24 \text{ m}^3 > 1,16 \text{ m}^3$$



Kako je vidljivo iz proračuna odabrana je dimenzija betonskog sidrenog bloka od 1,50\*1,50\*0,55m, volumena 1,24 m<sup>3</sup>.

Na slici 51 prikazani su rezultati numeričkih simulacija za projektirano stanje za valove iz NE smjera, te je za poziciju lukobrana u varijanti dva predviđena značajna visina vala od 1,40 m.



Slika 51: Prikaz simulacije vala u varijanti 2

#### 4.6. Dimenzioniranje nasutog lukobrana

Dimenzioniranje nasutog lukobrana izvodi se preko Hudsonove formule na način da se od dobivenog značajnog vala  $H_s$  izračuna projektni val  $H_{proj}$  koji će se koristiti za dimenzioniranje slojeva nasutog lukobrana. Također je potrebno provjeriti dali dolazi do loma vala, definirati visinu i širinu krune, te dimenzionirati nožice lukobrana.

Podatci potrebni za dimenzioniranje:

Značajna visina vala	$H_s = 1,40$ m
Dubina lukobrana	$d = 10,0$ m
Razina visoke vode	v.v. = 0,50 m

## Proračun projektnog vala i provjera loma vala

Projektni val  $H_{proj} = 1,27 * H_s = 1,27 * 1,40 = 1,78 \text{ m}$

Provjera loma vala  $d > 2,5 * H_s \rightarrow d > 2,5 * 1,2 \rightarrow 11,0 > 3,75 \text{ m} \rightarrow \text{NEMA LOMA}$

Ulazni podatci:

- oštrobridni lomljeni kamen	$K_D = 5,8$
- koeficijent sloja	$k\Delta = 1,0$
- broj slojeva	$n = 2$
- nagib	$1:1,5 \rightarrow \text{ctg}\alpha = 1,5$
- gustoća obloge (kamen)	$\rho_{obl} = 2600 \text{ kg/m}^3$
- gustoća betona	$\rho_{bet} = 2400 \text{ kg/m}^3$
- gustoća mora	$\rho_m = 1025 \text{ kg/m}^3$

## Proračun primarne obloge

$$M_{50} = \frac{\rho_{obl} * H_{proj}^3}{K_D * \left(\frac{\rho_{obl}}{\rho_m} - 1\right)^3 * \text{ctg}\alpha} \quad [\text{kg}]$$

$$M_{50} = \frac{2600 * 1,78^3}{5,8 * \left(\frac{2600}{1025} - 1\right)^3 * 1,5} = \frac{14663,35}{31,56} = 464,62 \text{ kg}$$

$M_{50} = 465,00 \text{ kg} \rightarrow$  masa primarne obloge

$G_{50} = 465,0 * g = 465,00 * 9,81 = 4561,65 \text{ N} \rightarrow$  težina obloge

## Raspon masa elemenata

$M_{\min(75\%)} = 0,75 * M_{50} = 0,75 * 465,00 = 348,75 \text{ kg}$

$G_{\min(75\%)} = 0,75 * G_{50} = 0,75 * 4561,65 = 3421,24 \text{ N}$

$M_{\max(125\%)} = 1,25 * M_{50} = 1,25 * 465,00 = 581,25 \text{ kg}$

$$G_{\max(125\%)} = 1,25 * G_{50} = 1,25 * 4561,65 = 5702,06 \text{ N}$$

Visina krune

$$K_{\text{krune}} = v.v. + 1,25 * H_{\text{proj}} = 0,50 + 1,25 * 1,78 = 2,68 = 2,70 \text{ m}$$

Širina krune

$$B = n * k_{\Delta} * \sqrt[3]{\frac{M_{50}}{\rho_{obl}}} = 3 * 1,0 * \sqrt[3]{\frac{465,0}{2600}} = 1,69 = 1,70 \text{ m}$$

Donja kota primarne obloge

$$\text{Kota sa strane luke} = -1,0 * H_{\text{proj}} = -1,0 * 1,78 = -1,78 \text{ m}$$

$$\text{Kota sa strane mora} = -1,5 * H_{\text{proj}} = -1,5 * 1,78 = -2,67 \text{ m}$$

Debljina primarnog sloja

$$r_{50} = n * k_{\Delta} * \sqrt[3]{\frac{M_{50}}{\rho_{obl}}} = 2 * 1,0 * \sqrt[3]{\frac{465,0}{2600}} = 1,13 = 1,15 \text{ m}$$

Proračun sekundarne obloge - prvi međusloj

$$M_{10} = \frac{M_{50}}{10} = \frac{465,0}{10} = 46,50 \text{ kg} \rightarrow \text{masa obloge}$$

$$G_{10} = M_{10} * 9,81 = 46,50 * 9,81 = 456,17 \text{ N} \rightarrow \text{težina obloge}$$

Raspon masa elemenata

$$M_{10\min(70\%)} = 0,70 * M_{10} = 0,70 * 46,50 = 32,55 \text{ kg}$$

$$G_{10\min(70\%)} = 0,70 * G_{10} = 0,70 * 456,17 = 319,32 \text{ N}$$

$$M_{10\max(130\%)} = 1,30 * M_{10} = 1,30 * 46,50 = 60,45 \text{ kg}$$

$$G_{10\max(130\%)} = 1,30 * G_{10} = 1,30 * 456,17 = 593,01 \text{ N}$$

Debljina sloja



$$r_{10} = n * k_{\Delta} * \sqrt[3]{\frac{M_{10}}{\rho_{obl}}} = 2 * 1,0 * \sqrt[3]{\frac{46,50}{2600}} = 0,52 = 0,55 \text{ m}$$

Proračun sekundarne obloge -drugi međusloj

$$M_{200} = \frac{M_{50}}{200} = \frac{465,0}{200} = 2,33 \text{ kg} \rightarrow \text{masa obloge}$$

$$G_{200} = M_{200} * 9,81 = 2,33 * 9,81 = 22,81 \text{ N} \rightarrow \text{težina obloge}$$

Raspon masa elemenata

$$M_{200\min(50\%)} = 0,50 * M_{200} = 0,50 * 2,33 = 1,16 \text{ kg}$$

$$G_{200\min(50\%)} = 0,50 * G_{200} = 0,50 * 22,81 = 11,40 \text{ N}$$

$$M_{200\max(150\%)} = 1,50 * M_{200} = 1,50 * 2,33 = 3,49 \text{ kg}$$

$$G_{200\max(150\%)} = 1,50 * G_{200} = 1,50 * 22,81 = 34,21 \text{ N}$$

Debljina sloja

$$r_{10} = n * k_{\Delta} * \sqrt[3]{\frac{M_{200}}{\rho_{obl}}} = 2 * 1,0 * \sqrt[3]{\frac{2,33}{2600}} = 0,19 = 0,20 \text{ m}$$

Dimenzije nožice lukobrana

$$\text{visina} \rightarrow v_n = 2 * r_{10} = 2 * 0,55 = 1,10 \text{ m}$$

$$\text{širina} \rightarrow \check{s}_n = 3 * r_{10} = 3 * 0,55 = 1,65 \text{ m}$$

Proračun jezgre lukobrana

$$M_{4000} = \frac{M_{50}}{4000} = \frac{465,0}{4000} = 0,12 \text{ kg} \rightarrow \text{masa elemenata}$$

$$G_{4000} = M_{4000} * 9,81 = 0,12 * 9,81 = 1,14 \text{ N} \rightarrow \text{težina elemenata}$$

$$\text{širina} \rightarrow \text{min. širina iznosi } 3,0 \text{ m}$$

Raspon masa elemenata

$$M_{4000\min(30\%)} = 0,30 * M_{4000} = 0,30 * 0,12 = 0,03 \text{ kg}$$

$$G_{4000\min(30\%)} = 0,30 * G_{4000} = 0,30 * 1,14 = 0,34 \text{ N}$$

$$M_{4000\max(170\%)} = 1,70 * M_{4000} = 1,70 * 0,12 = 0,20 \text{ kg}$$

$$G_{4000\max(170\%)} = 1,50 * G_{4000} = 1,70 * 1,14 = 1,94 \text{ N}$$

Kod dimenzioniranja nasutog lukobrana ne dolazi do loma vala jer je dubina ispred lukobrana veća od uvjeta za provjeru loma vala. Kao element primarne obloge odabran je specijalno položeni oštrobriđni lomljeni kamen. Srednja masa kamenih blokova primarne obloge iznosi  $M_{50}=465$  kg, prvog međusloja sekundarne obloge  $M_{10}=47,0$  kg, te drugog međusloja sekundarne obloge  $M_{200}=2,3$  kg. Visina krune je 2,70 m, te njena širina iznosi 1,70 m. Debljina primarnog sloja lukobrana iznosi  $r_{50}=1,15$  m, prvog međusloja sekundarne obloge  $r_{10}=0,55$  m, te drugog međusloja  $r_{10}=0,20$  m. Jezgra lukobrana koja je sačinjena od neselektiranog kamena sitnije frakcije usvojena je na svome vrhu na minimalnu dimenziju od 3,0 m, dok su nožice lukobrana visine 1,10 m i u širini od 1,65 m.

#### 4.7. Organizacija priveznih mjesta unutar luke

Na slici 52 prikazan je raspored i razmak bazena i plutajućih gatova za koje se privezuju plovila.

##### KARAKTERISTIKE NAJVEĆEG PRIVEZIŠTA U LUCI

Privezište 20,0 \* 7,5 m

L = 18,0 m – duljina plovila

B = 5,2 m – širina plovila

T = 1,85 m – najveći gaz plovila

##### DIMENZIJE PRIVEZNIH MJESTA ZA PLOVILA DULJINE 18,0 m

L = 20,0 m – dužina priveznog mjesta

Š = 7,0 m – širina priveznog mjesta

T = 1,85 m – najveći gaz plovila

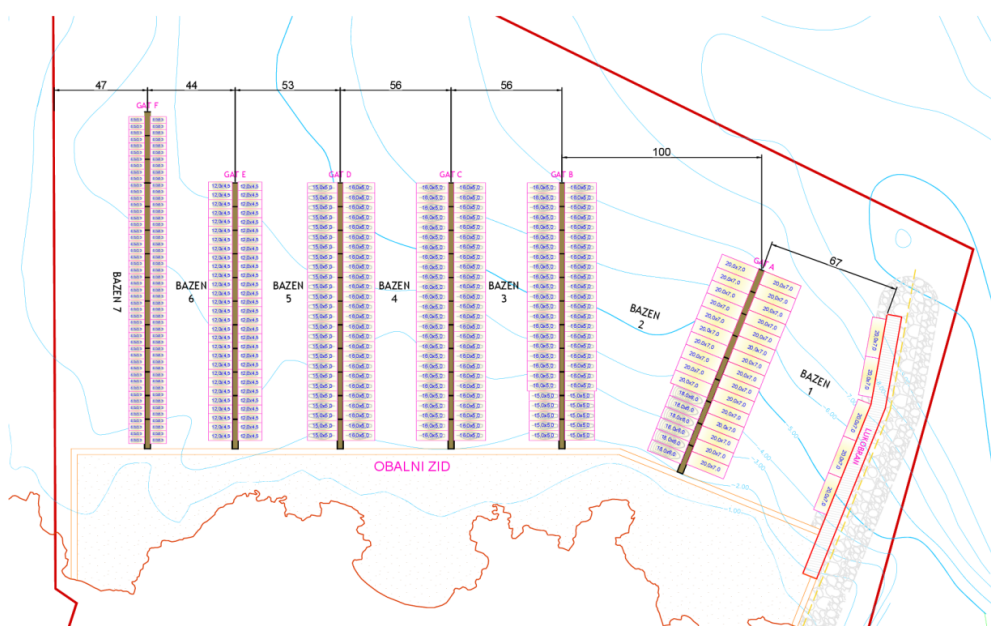
L = 18,0 m – duljina plovila

B = 5,2 m – širina plovila

##### MINIMALNE DUBINE NA PRIVEZNIH MJESTIMA (tablica 13)

Plovilo: L = 18,0 m T = 1,85 m  $H_{1/3} = 0,50$  m (mogući val u marini)

$d = \text{Gaz plovila} + \frac{1}{2} \text{mogućeg vala u marini} + 0,50$



Slika 52: Varijanta 2, organizacija priveznih mjesta

Tablica 13: Minimalne dubine na priveznim mjestima

POZICIJA PLOVILA	PRIVEZNO MJESTO (m)	DULJINA PLOVILA (m)	GAZ PLOVILA (m)	POSTOJEĆE DUBINE (m)	POTREBNE DUBINE (m) $d = \text{gaz} + 1/2 * 0,5 + 0,5$	ZADOVOLJAVA / NEZADOVOLJAVA
lukobran	20,0x7,0	18,0	1,85	3,0	2,60	ZADOVOLJAVA
gat A	20,0x7,0	18,0	1,85	2,6	2,60	ZADOVOLJAVA
gat B	15,0x5,0	12,0	1,55	2,0	2,30	NEZADOVOLJAVA
gat C	16,0x5,0	12,0	1,55	1,8	2,30	NEZADOVOLJAVA
gat D	15,0x5,0	12,0	1,55	2,2	2,30	NEZADOVOLJAVA
gat E	12,0x4,5	10,0	1,25	2,0	2,00	ZADOVOLJAVA
gat F	8,0x3,3	6,0	1,00	2,3	1,75	ZADOVOLJAVA

Kako je vidljivo prema tablici 13 potrebno je izvršiti produbljenje od 0,50 cm unutar bazena 3, 4, 5 u pojasu od približno 5,0 m od obale.

Tablica 14: Potrebna širina bazena

Bazen	Maxl.v. (m)	Maxd.v. (m)	$1,3 \times \text{Max. v.} + \text{Maxl.v.} + \text{Maxd.v.}$ (m)	Širina bazena Rm (m)
1	20,0	20,0	66,0	67,0
2	20,0	16,0	62,0	62,0(100,0)
3	16,0	16,0	52,8	56,0
4	16,0	16,0	52,8	56,0
5	15,0	12,0	42,5	53,0
6	12,0	8,0	35,6	44,0
7	8,0	/	26,4	47,0

U tablici 14 prikazana je potrebna širina svih bazena za privez plovila okomito na plutajuće gatove računata izrazom (11).

$$R_m = \max l. v. + \max d. v. + 1.3 * \max v. \quad (11)$$

Gdje je:

max. l. v. – najveći vez sa desne strane

max. d. v. – najveći vez sa lijeve strane

max. v. – najveći vez u pojedinom bazenu

#### ŠIRINA ULAZA U MARINU

Duljina najvećeg plovila: -18,0 m

$$-L_{\max} + 2,0\text{m} = 18,0 + 2,0 = 20,0 \text{ m}$$

$$-5 * B_{\max} = 5 * 5,2 \text{ m} = 26,0 \text{ m}$$

Širina ulaza u luku je veća od 100,0 m, tako da svi uvjeti zadovoljavaju.

#### ŠIRINA PLOVNOG PUTA

Plovilo L=18,0 m

Jednosmjerni promet ->  $3 * B_{\max} = 3 * 5,2 = 15,6 \text{ m}$

Dvosmjerni promet ->  $5 * B_{\max} = 5 * 5,2 = 26,0 \text{ m}$

#### BROJ PRIVEZNIH MJESTA PREMA DIMENZIJAMA PRIVEZIŠTA

Tablica 15: Broj priveznih mjesta

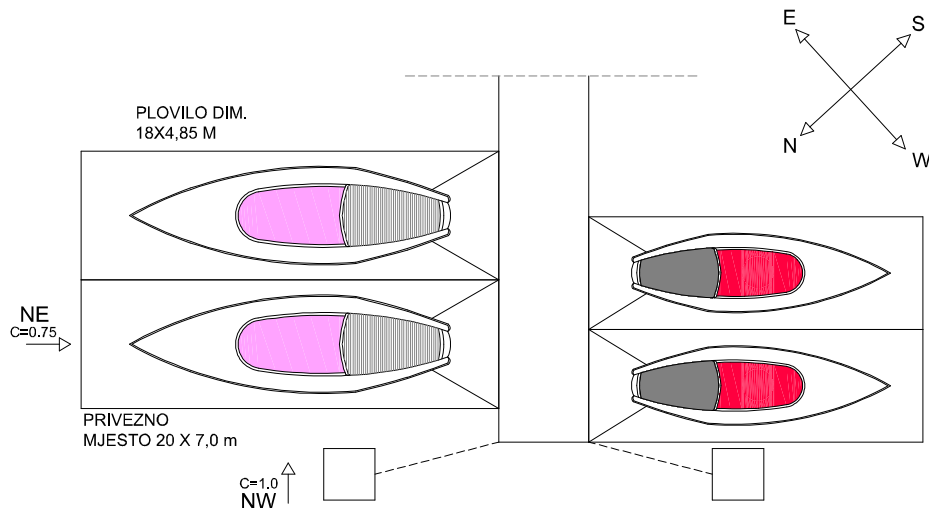
Dimenzija priveznog mjesta	Broj mjesta
8,0x3,3	100
12,0x4,5	58
15,0x5,0	36
16,0x5,0	120
18,0x6,0	6
20,0x7,0	30

UKUPNO= 350

U tablici 15 je vidljiv broj mogućih priveznih mjesta prema dimenzijama priveznog mjesta.

## PRORAČUN SILA VJETRA

Na slici 53 je prikazan smjer djelovanja vjetra na plovilo na karakterističnom promatranom molu.



Slika 53: Smjer djelovanja vjetra [23]

Dimenzija najvećeg plovila na promatranom molu B

- dimenzije 18,0 \* 5,2 m

SMJER VJETRA NE

$V_{10} = 17,5 \text{ m/sec}$  ->  $V_1 = 1,39 * 17,5 = 24,32 \text{ m/s}$  - brzina 1-sekundnog vjetra

$C_D = 0,75$  - koeficijent otpora

$L = 18,0 \text{ m}$  - duljina plovila

$A_p = 19,0 \text{ m}^2$  - površina nadvođa izložena vjetru

$\rho_z = 1,20 \text{ kg/m}^3$  - gustoća zraka

$$F_{vp} = \frac{1}{2} * C_D * A_p * V_1^2 * \rho_z = 0,50 * 0,75 * 19,0 * 24,32^2 * 1,20 = 5057 \text{ N} = 5,06 \text{ kN}$$

### SMJER VJETRA NW

$V_{10} = 17,5 \text{ m/sec}$      $\rightarrow$      $V_1 = 1,39 * 17,5 = 24,32 \text{ m/s}$     - brzina 1-sekundnog vjetra

$C_D = 1,00$     - koeficijent otpora

$L = 18,0 \text{ m}$     - duljina plovila

$A_p = 72,0 \text{ m}^2$     - površina nadvođa izložena vjetru

$\rho_z = 1,20 \text{ kg/m}^3$     - gustoća zraka

$$F_{vk} = \frac{1}{2} * C_D * A_p * V_1^2 * \rho_z = 0,50 * 1,00 * 72,0 * 24,32^2 * 1,20 = 25551 \text{ N} = 25,55 \text{ kN}$$

### DJELOVANJE MORSKIH VALOVA

Smjer valova NE, visine vala  $H_s = 0,50 \text{ m}$

$C_w = 1,00$     - koeficijent oblika

$L = 18,0 \text{ m}$     - duljina plovila

Bočno    - položaj plovila

$\rho_w = 1025 \text{ kg/m}^3$     - gustoća morske vode

$$F_w = \frac{1}{2} * C_w * g * L * \left(\frac{H_s}{2}\right)^2 \rho_w = 0,50 * 1,0 * 9,81 * 18,0 * 0,06 * 1025,0 =$$
$$= 5429,83 \text{ N} = 5,43 \text{ kN}$$

### PRORAČUN SIDRENIH BLOKOVA PLUTAJUĆIH GATOVA

Privezno plovilo 18,0 x 5,2 m

Maksimalna horizontalna sila od jednog plovila    -  $F_{vk} = 25,55 \text{ kN}$

Duljina jednog segmenta plutajućeg gata    -  $L = 14,92 \text{ m}$

Širina priveznog mjesta za jedno plovilo

-  $W = 7,0 \text{ m}$

Broj plovila privezanih za jedan segment

-  $\frac{L}{W} = \frac{14,92}{7} = 2,13 \rightarrow N = 2$

Ukupna sila

$F_{uk} = F_{vk} * N = 25,55 * 2 = 51,10 \text{ kN}$

Broj sidrenih blokova

-  $N_b = 3$

Koeficijent sigurnosti

-  $\gamma = 1,5$

Horizontalna sila na jedan sidreni blok

$R_s = \frac{*F_{uk}}{3} = \frac{1,5*51,1}{3} = 25,55 \text{ kN}$

Koeficijent otpora podloge

-  $K_s = 1,2$

Potrebna masa betonskog bloka

$M_b = \frac{R_s}{g*K_s} = \frac{25,55}{9,81*1,5} = 1,74 \text{ t}$

Gustoća betona

-  $\rho_{bet} = 2500 \text{ kg/m}^3$

Gustoća uronjenog betona

-  $\rho'_{bet} = 1500 \text{ kg/m}^3$

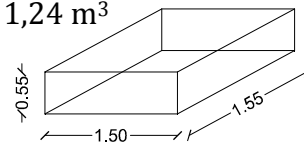
Potreban volumen betona za izradu sidrenog bloka

$V_{bet} = \frac{M_b}{\rho'_{bet}} = \frac{1740}{1500} = 1,16 \text{ m}^3$

Odabrana dimenzija sidrenog bloka

$1,50 * 1,50 * 0,55 = 1,24 \text{ m}^3$

$1,24 \text{ m}^3 > 1,16 \text{ m}^3$



Kako je vidljivo iz proračuna odabrana je dimenzija betonskog sidrenog bloka od  $1,50*1,50*0,55 \text{ m}$ , volumena  $1,24 \text{ m}^3$ .



## 5. ANALIZA VARIJANTNIH RIJEŠENJA

Ovim radom analizirane su dvije varijante rješenja marine u uvali Kuje kod Ližnjana. Obje varijante su lokacijski na istoj poziciji uvale predviđenoj prostorno planskom dokumentacijom za marinu. U jednoj i drugoj varijanti se na obalnoj strani uvale predviđa izvedba obalnog zida na koji se planiraju vezati plutajući gatovi. S obzirom da se obalni zid zbog konfiguracije i razvedenosti obale smješta u more, to jest na određenoj udaljenosti od postojeće obale taj prostor između postojeće obale i novog obalnog zida planira se nasuti kamenim materijalom, te urediti u operativnu obalu marine. Kod obje varijante postoji rizik da zahvat može imati nepovoljan utjecaj na cirkulaciju mora u uvali, a time imati nepovoljan utjecaj na kvalitetu mora, pa je u daljnjim razradama rješenja potrebno pokloniti pažnju pasivnim i aktivnim mjerama za poboljšanje cirkulacije kao i primjenu propusta za cirkulaciju.

U varijanti 1 analizirano je rješenje s maksimalnom iskoristivošću dijela uvale predviđenog za marinu, pa se tako lukobran smješta na najistureniju poziciju uvale, ali kao takav svojim smještajem izlazi iz granica predviđenih za marinu. Shodno samom smještaju lukobran je potrebno izvesti u nešto dubljem moru i na njega djeluje veći projektni val koji u konačnici definira potrebu za materijalom većih dimenzija kod izvedbe lukobrana. S lučke strane nasutog lukobrana predviđa se izvedba obalnog zida koji će služiti za privez većih plovila. Uz izvedbu nasutog lukobrana ovim rješenjem predviđa se i izvedba sedam plutajućih gatova koji će definirati osam bazena za smještaj 450 priveznih mjesta različitih dimenzija (tablica 16).

Tablica 16: Broj priveznih mjesta u varijanti 1

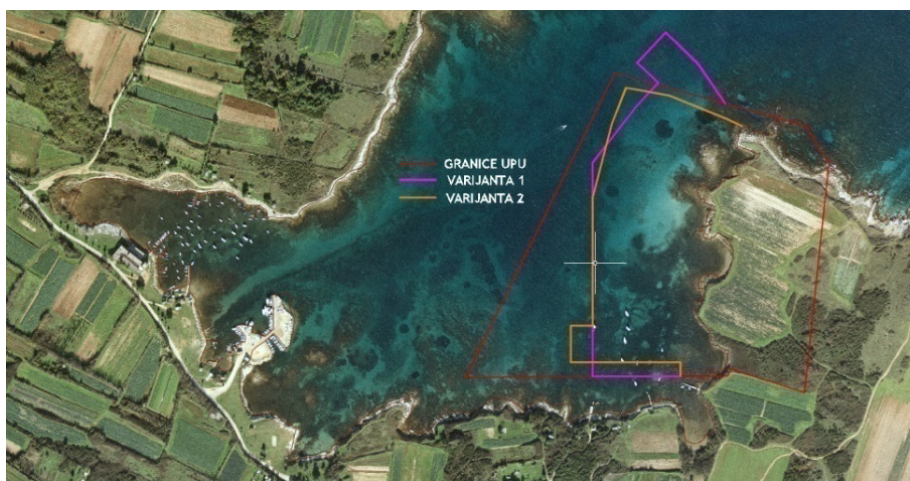
Dimenzija priveznog mjesta	Broj mjesta
8,0x3,3	41
12,0x4,5	58
15,0x5,0	62
16,0x5,0	224
18,0x6,0	36
20,0x7,0	30
UKUPNO	450

U drugoj varijanti koja je detaljnije prikazana ovim radom smještaj obalnih građevina planira se u potpunosti unutar granica UPU. Tako se nasuti lukobran planira na poziciji gdje je i projektni val manji pa je kao takav za njegovu izvedbu potreban materijal manjih dimenzija. Nasuti lukobran izvodi se u dužini od cca. 170,0 m, te se sa njegove lučne strane na njemu planira izvesti betonski gravitacijski obalni zid za privez plovila u operativnoj širini od cca. 7,0 m. U ovom rješenju predviđa se i izvedba šest plutajućih gatova pojedinačne dužine cca. 130,0 m. Takvim rješenjem dobiva se sedam bazena koji se mogu iskoristiti za smještaj 350 priveznih mjesta sve od manjih dimenzija 8,0 x 3,3 m pa do većih priveznih mjesta dimenzija 20,0 x 7,0 m kako je prikazano u tablici 17.

Tablica 17: Broj priveznih mjesta u varijanti 2

Dimenzija priveznog mjesta	Broj mjesta
8,0x3,3	100
12,0x4,5	58
15,0x5,0	36
16,0x5,0	120
18,0x6,0	6
20,0x7,0	30
UKUPNO	350

Prva i druga (slika 54) varijanta predviđaju izvedbu nasutog lukobrana, obalnog zida i plutajućih gatova. Drugačijim smještajem nasutog lukobrana u prvoj varijanti predviđa se izvedba jednog plutajućeg gata više nego u drugoj varijanti.



Slika 54: Obalna granica varijante 1 i 2

Tablica 18: Usporedba parametara varijante 1 i 2

		VARIJANTA 1	VARIJANTA 2
1.	Površina akvatorija	72000 m <sup>2</sup>	66000 m <sup>2</sup>
2.	Dominantni smjer vjetra	NE	NE
3.	Značajna visina vala	1,80 m	1,40 m
4.	Duljina lukobrana	190 m	170 m
5.	Broj gatova	7	6
6.	Duljina gatova	880 m	800 m
7.	Najveća dubina lukobrana	9,5 m	11,0 m
8.	Broj vezova	450	350
9.	Dimenzija sidrenih blokova	1,5 x 1,5 x 0,55 m	1,5 x 1,5 x 0,55 m
10.	Usklađenost s UPU-om	NE	DA

U tablici 18 su prikazani neki od usporednih parametara između dvije varijante promatrane ovim rješenjem. Usporedbom varijantnih rješenja dolazi se do zaključka da varijanta 1 iako omogućava smještaj od 450 priveznih mjesta kao takva je kompleksnije i skuplje rješenje, te što je najbitnije izlazi iz okvira predviđenih prostorno planskom dokumentacijom. Varijanta 2 se planira za izvedbu 350 priveznih mjesta, ujedno koliko je predviđeno prostornim planom Općine Ližnjan. Shodno tome je bolje i prihvatljivije rješenje jer u startu ne zahtjeva izmjene prostornih planova nego se nakon detaljne razrade projektne dokumentacije može planirati izvedba.

## 6. ZAKLJUČAK

Turizam kao jedan od glavnih faktora privrednog i ekonomskog razvoja Republike Hrvatske, a posebno istarskog poluotoka nameće konstantna ulaganja i podizanje kvalitete turističke ponude i sadržaja. Shodno tome nautički turizam kao jedan od najperspektivnijih oblika hrvatskog turizma gdje svake godine broj dolazaka novih brodova i izleta raste nameće razvoj kroz povećanje broja priveznih mjesta kao i proširenja gatova za prihvat većih brodova.

Na samom jugoistoku istarskog poluotoka gdje je smještena općina Ližnjan, a samim time i uvala Kuje ne postoji sigurna i mirna luka u kojoj se odvija nautički turizam. Slijedom navedenog javlja se potreba za planiranjem i izvedbom marine koja će imati dovoljno vezova kako sezonskih tako i cjelogodišnjih.

Područje uvale Kuje ima povoljne geološke aspekte bez sedimenata, a obalne strukture u obliku pličine nasipavanjem doprinose dobivanju obalne površine. Radom su detaljnije opisane prirodne značajke lokacije kao što su geografski položaj, geološke, klimatološke i meteorološke značajke, te utjecaj vjetera i valova.

Zaštita uvale, a time i zaštita marine planirana je izgradnjom nasutog lukobrana. Obalna linija uređuje se izvedbom obalnog zida gdje se sa strane kopna nasipavanjem obale na kotu 1.40 m.n.m dobiva dodatna površina za operativnu obalu, a na akvatorijskom dijelu se planira prihvat plutajućih gatova za privez plovila. Samim radom je opisana metodologija proračuna obalnih građevina, te je proveden pomorsko hidraulički proračun nasutog lukobrana i obalnog zida uz organizaciju priveznih mjesta unutar marine.

Diplomskim radom analizira se rješenje marine izrađeno u dvije varijante od kojih se jedna uklapa u okvire važeće prostorno planske dokumentacije, dok druga sagledava prostor uvale gdje se planira marina na način da se nasuti lukobran pozicionira na najistureniju poziciju uvale, pa se time dobiva veći broj gatova i priveznih mjesta, te bi prostor cjelokupne uvale bio nešto bolje zaštićen od djelovanja vjetera i valova. Analizom prve varijante dolazi se do 450 priveznih mjesta, ali pozicioniranjem nasutog lukobrana više van uvale dolazi do djelovanja veće visine značajnog vala, pa provedenim dimenzioniranjem proizlazi potreba za materijalom većih dimenzija što u konačnici

poskupljuje samu izvedbu. Drugo varijantno rješenje koje se uklapa u gabarite i karakteristike UPU općine Ližnjan odabrano je kao bolje rješenje. Ova varijanta uz formiranje sedam bazena sa šest plutajućih gatova omogućava 350 priveznih mjesta kako je i propisano planom.

S obzirom na iskazanu želju općine Ližnjan za napretkom te kao i planiranom izgradnjom marine na prostoru uvale Kuje kroz izvedbu sve potrebne planske dokumentacije koja u konačnici to omogućava mogu zaključiti da je ovim diplomskim radom idejnog rješenja marine došlo do dobre idejne podloge na temelju koje se može ići u daljnju razradu kako glavnih tako i izvedbenih rješenja kroz koje će biti potrebno detaljnije razraditi arhitektonsko urbanističke aspekte, izraditi studiju utjecaja na okoliš te analizirati cirkulaciju mora unutar uvale s obzirom da zahvat može imati nepovoljan utjecaj na kvalitetu mora, kao i zaštitu te način korištenja ostatka uvale Kuje.

## 7. LITERATURA

- [1] Histrica, <http://historica.com/hr/istra/plava/liznjan/>, pristupio 20.04.2019.
- [2] Luka Bekić — Međunarodni centar za podvodnu arheologiju u Zadru, BRODOLOMI KOD RTA ULJEVA BLIZU LIŽNJANA, Zadar, 2015.
- [3] LOKALNA AKCIJSKA GRUPA JUŽNA ISTRA, <https://images.app.goo.gl/tohRJCyStiNguAVU6>, pristupio 20.04.2019.
- [4] Jugović A., Zubak A., Kovačić M., Nautički turizam u Republici Hrvatskoj u funkciji razvoja destinacije, Rijeka, 2013.
- [5] Kovačić M., Dundović Č., Planiranje i projektiranje luka nautičkog turizma, Rijeka, 2012.
- [6] Pravilnik o razvrstavanju i kategorizaciji luka nautičkog turizma, NN 72/2008
- [7] Luković T., Bilić M., Luke nautičkog turizma u hrvatskoj i strategija lokalnoga razvoja, Naše more 54(3-4)/2007, Dubrovnik, 2007.
- [8] Državni zavod za statistiku, <https://mint.gov.hr/vijesti/prihodi-luka-nautickog-turizma-u-2018-porasli-na-857-milijuna-kuna/19038>, pristupio 05.05.2019.
- [9] Prostorni plan uređenja općine Ližnjan, <https://www.liznjan.hr/index.php/dokumenti/prostorni-i-urbanisticki-plan>, pristupio 05.04.2019.
- [10] Google maps, <https://www.google.com/maps/@44.8219038,13.9763089,15z>, pristupio 21.04.2019.
- [11] Istarska enciklopedija, <http://istra.lzmk.hr/clanak.aspx?id=957>, pristupio 08.04.2019.
- [12] Hrvatski geološki institut, [https://www.hgi-cgs.hr/geoloska\\_karta\\_Hrvatske\\_1-300\\_000.htm](https://www.hgi-cgs.hr/geoloska_karta_Hrvatske_1-300_000.htm), pristupio 08.04.2019.
- [13] Elaborat zaštite okoliša: uređenje plaže Salbunić u općini Ližnjan, Kappo d.o.o., Rovinj, 2017.

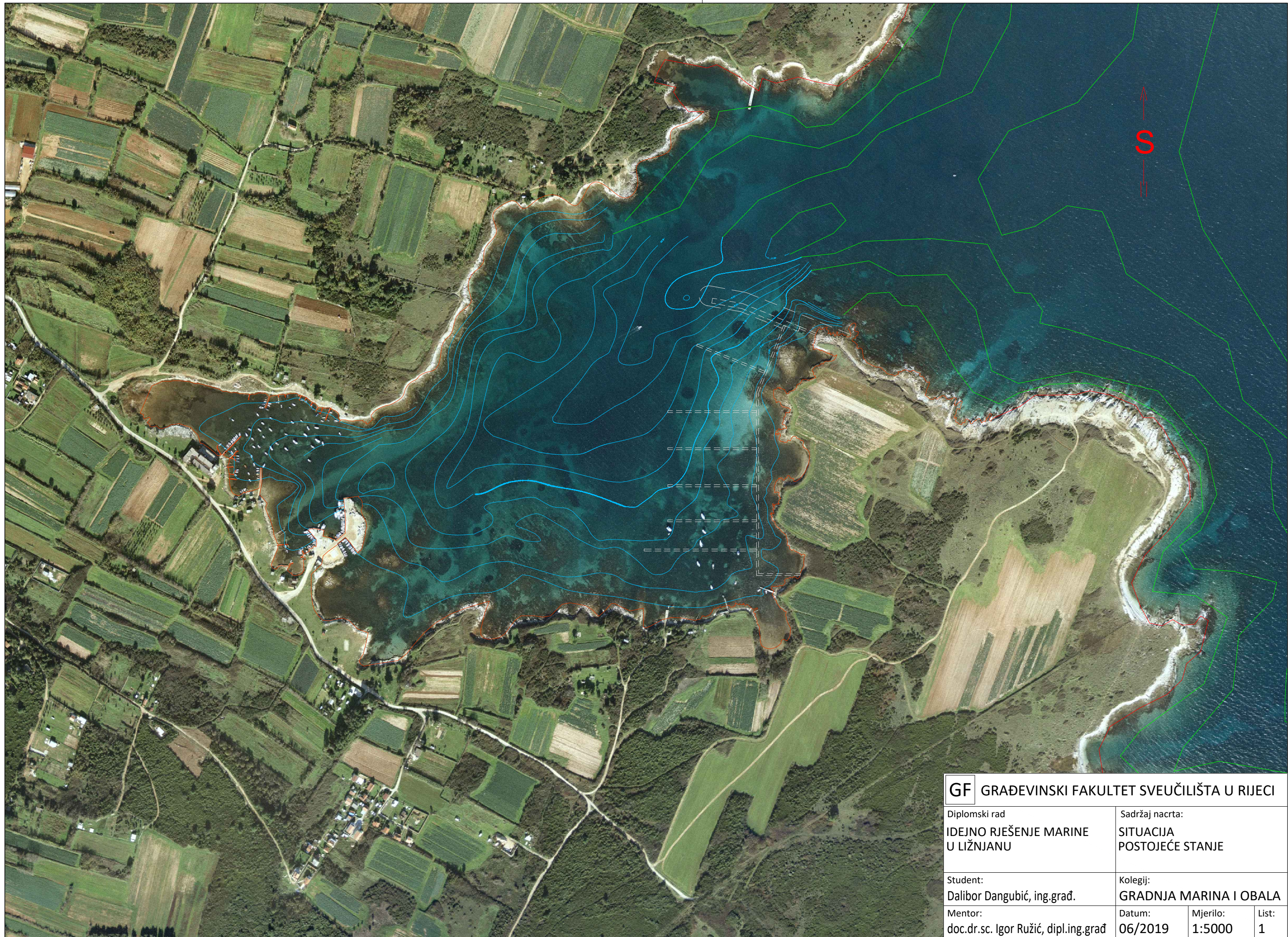
- [14] Karte potresnih područja RH, <http://seizkarta.gfz.hr/karta.php>, pristupio 15.04.2019.
- [15] Šegota, T., Filipčić, Köppenova podjela klima i hrvatsko nazivlje, Zadar, 2003.
- [16] Studija o utjecaju na okoliš za zahvat Nautičko turističkog kompleksa Sv. Katarina i Monumenti – Pula, Geotehnički fakultet sveučilišta u Zagrebu, Varaždin, 2014.
- [17] DHMZ, [https://meteo.hr/klima.php?section=klima\\_hrvatska&param=k1\\_7](https://meteo.hr/klima.php?section=klima_hrvatska&param=k1_7), pristupio 21.04.2019.
- [18] Carević D., Pršić M., Pomorske građevine, web skripta dio 1, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2018.
- [19] Morske mijene, <https://images.app.goo.gl/DAvqYnnyLkUZgN4DA>, pristupio 20.04.2019.
- [20] Preoblikovanje Zemljine površine, <https://images.app.goo.gl/kz8xY1ohHq2Qs93b6>, pristupio 21.04.2019.
- [21] Bura u Ližnjaju, <https://www.youtube.com/watch?v=8-AmQw0IYyg>, pristupio
- [22] Zazinović K., Klimatski atlas hrvatske 1961-1990, 1971-2000, Zagreb, 2008.
- [23]. Ružić I, Krvavica N., (2018./19.): Gradnja marina i obala 2018./19., Kolegij „Gradnja marina i obala“, ak. God. 2018/2019, GF Rijeka
- [24] Vjetrovi Jadrana, <https://images.app.goo.gl/BTUpECnVKTRW6cCt5>, pristupio 05.04.2019.
- [25] Karakteristike Jadranskog mora, <https://images.app.goo.gl/omean9mURpxVbyTK6>, pristupio 05.04.2019.
- [26] Pršić M., Plovni putevi i luke, dio 6.8 lukobrani, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2011.
- [27] Ružić I., Krvavica N., Obalne građevine – Dimenzioniranje nasutog lukobrana, Kolegij „Obalne građevine“, ak. God. 2017/2018, GF Rijeka

- [28] Ocvirk E., Doktorski rad, Optimizacija nasipnih zaštitnih građevina u uvjetima ekstremne jadranske valne klime, Zagreb, 2010.
- [29] Pršić M., Pomorske građevine, Detaljno projektiranje lukobrana, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2013.
- [30] Pršić M., Vodnogospodarske građevine, skripta, Tehničko veleučilište u Zagrebu, Zagreb, 2008.
- [31] Ružić I., Dimenzioniranje vertikalnog lukobrana, skripta, Kolegij „Obalne građevine“, ak. God. 2017/2018, GF Rijeka
- [32] Zgrablić D., Proračun i dimenzioniranje obalnog zida, završni rad, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2015.
- [33] Grahovac A., Dimenzioniranje obalnih građevina za rekonstrukciju plaže Kostanj u Rijeci, diplomski rad, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2018.
- [34] Carević D., Pršić M., Pomorske građevine, web skripta dio 3, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2018.
- [35] Lončar G., Vjetrovalna klima za dubokovodno područje ispred lučice Kuje, Građevinski fakultet u Zagrebu, Zagreb, 2011.
- [36] Hrvatski hidrografski institut, <http://www.hhi.hr/mareo>, pristupio 10.06.2019.
- [37] Takahashi S., Design of vertical breakwaters, Port and airport research institute, Japan, August 31, 1996 (Revised in July, 2002 Version 2.1)



## 8. GRAFIČKI PRILOZI

List 1.	POSTOJEĆE STANJE	m: 1:5000
List 2.	SITUACIJA VARIJANTE 1	m: 1:1500
List 3.	KARAKTERISTIČNI PRESJEK LUKOBRANA 1-1	m: 1:200
List 4.	SITUACIJA VARIJANTE 2	m: 1:1500
List 5.	SITUACIJA VARIJANTE 2 – OBJEKTI MARINE	m: 1:1500
List 6.	SITUACIJA VARIJANTE 2 – TLOCRT LUKOBRANA	m: 1:1000
List 7.	KARAKTERISTIČNI PRESJEK LUKOBRANA 1-1	m: 1:200
List 8.	KARAKTERISTIČNI PRESJEK LUKOBRANA 2-2	m: 1:200
List 9.	KARAKTERISTIČNI PRESJEK LUKOBRANA 3-3	m: 1:200
List 10.	KARAKTERISTIČNI PRESJEK LUKOBRANA 4-4	m: 1:200
List 11.	KARAKTERISTIČNI PRESJEK ZIDA NA LUKOBRANU	m: 1:75
List 12.	KARAKTERISTIČNI PRESJEK 5-5 OBALNOG ZIDA	m: 1:75



**GF** GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI

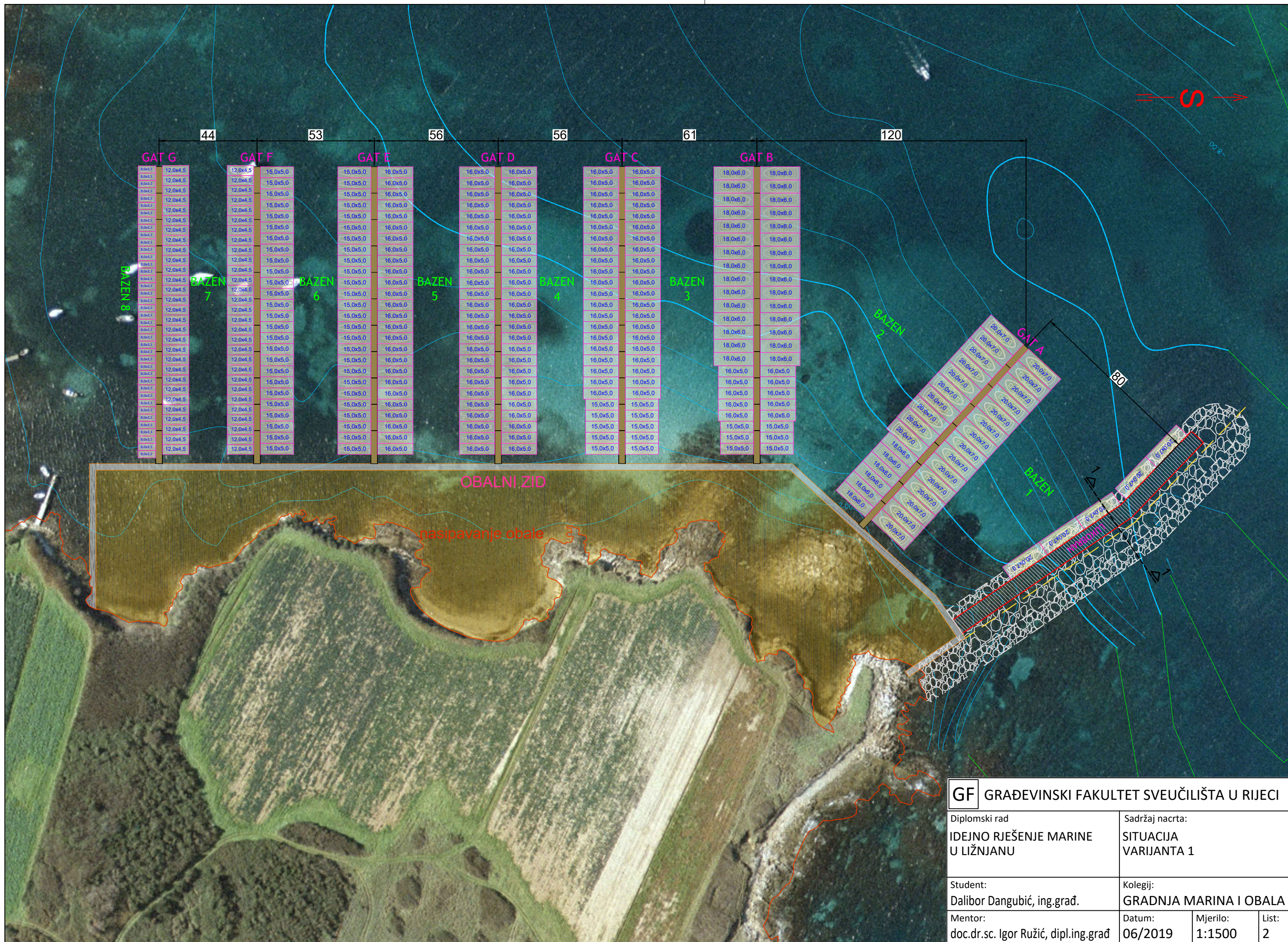
Diplomski rad  
IDEJNO RJEŠENJE MARINE  
U LIŽNJANU

Sadržaj nacrt:  
SITUACIJA  
POSTOJEĆE STANJE

Student:  
Dalibor Dangubić, ing.građ.

Kolegij:  
GRADNJA MARINA I OBALA

Mentor: doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl.ing.građ	Datum: 06/2019	Mjerilo: 1:5000	List: 1
---	-------------------	--------------------	------------



**GF GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI**

Diplomski rad  
**IDEJNO RJEŠENJE MARINE  
 U LIŽNJANU**

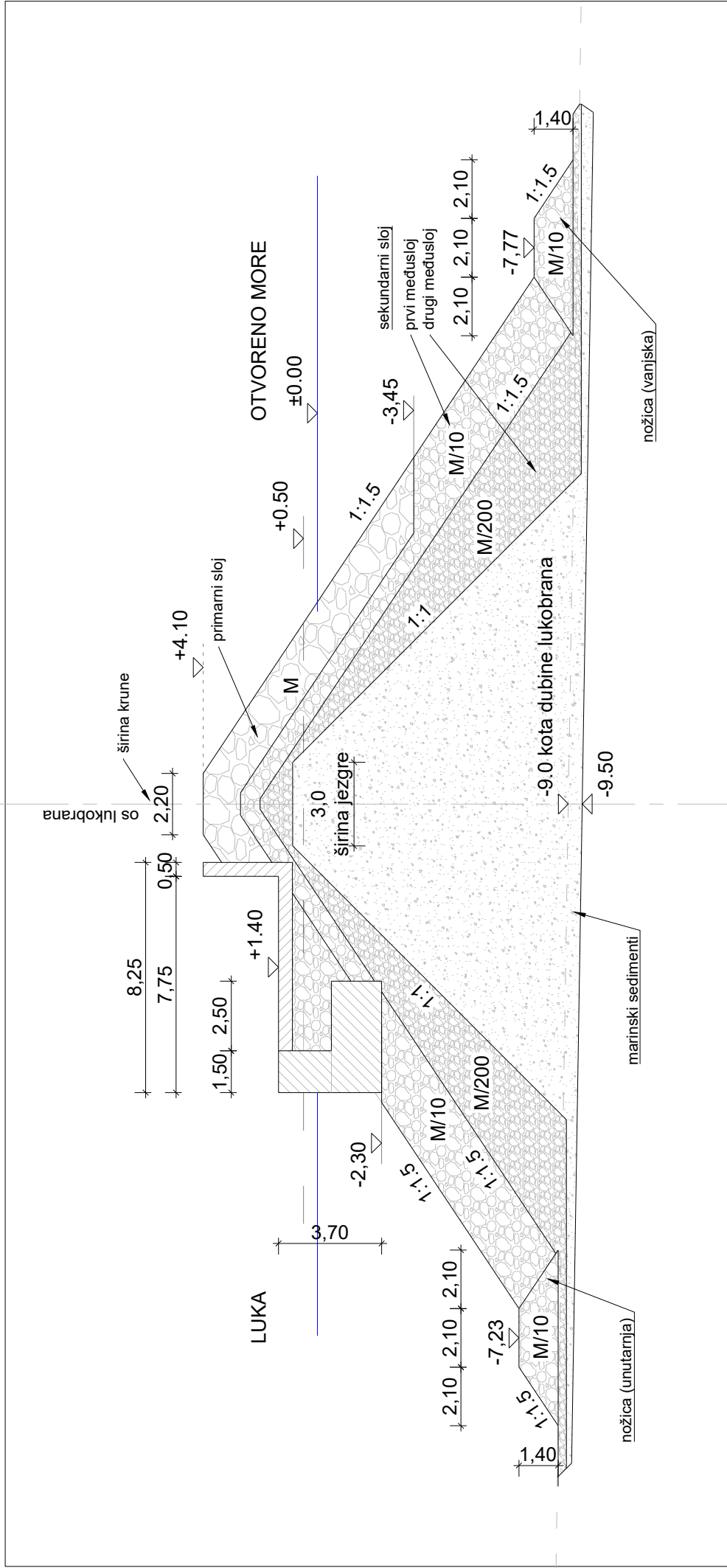
Sadržaj nacрта:  
**SITUACIJA  
 VARIJANTA 1**

Student:  
**Dalibor Dangubić, ing.građ.**

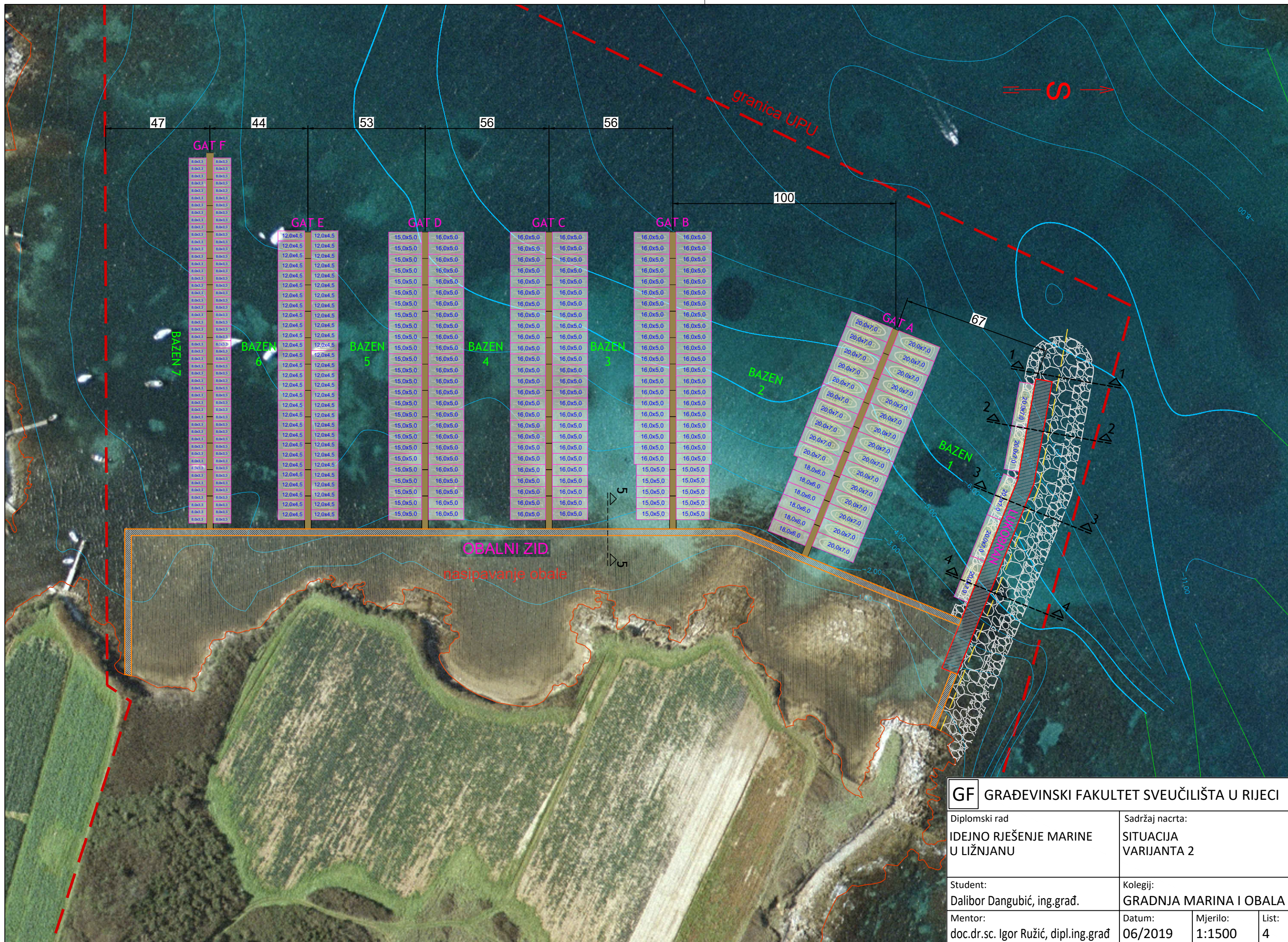
Kolegij:  
**GRADNJA MARINA I OBALA**

Mentor:  
**doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl.ing.građ**

Datum: <b>06/2019</b>	Mjerilo: <b>1:1500</b>	List: <b>2</b>
--------------------------	---------------------------	-------------------



<b>GF GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI</b>	
Diplomski rad	Sadržaj nacрта:
<b>IDEJNO RJEŠENJE MARINE U LIŽNJANU</b>	<b>VARIJANTA 1</b>
	<b>KARAKTERISTIČNI PRESJEK 1-1</b>
	<b>LUKOBRAVA</b>
Student:	Kolegiji:
<b>Dalibor Dangubić, ing.građ.</b>	<b>GRADNJA MARINA I OBALA</b>
Mentor:	Datum:
<b>doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl.ing.građ</b>	<b>06/2019</b>
	Mjerilo:
	<b>1:200</b>
	List:
	<b>3</b>



**GF GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI**

Diplomski rad  
**IDEJNO RJEŠENJE MARINE  
 U LIŽNJANU**

Sadržaj nacрта:  
**SITUACIJA  
 VARIJANTA 2**

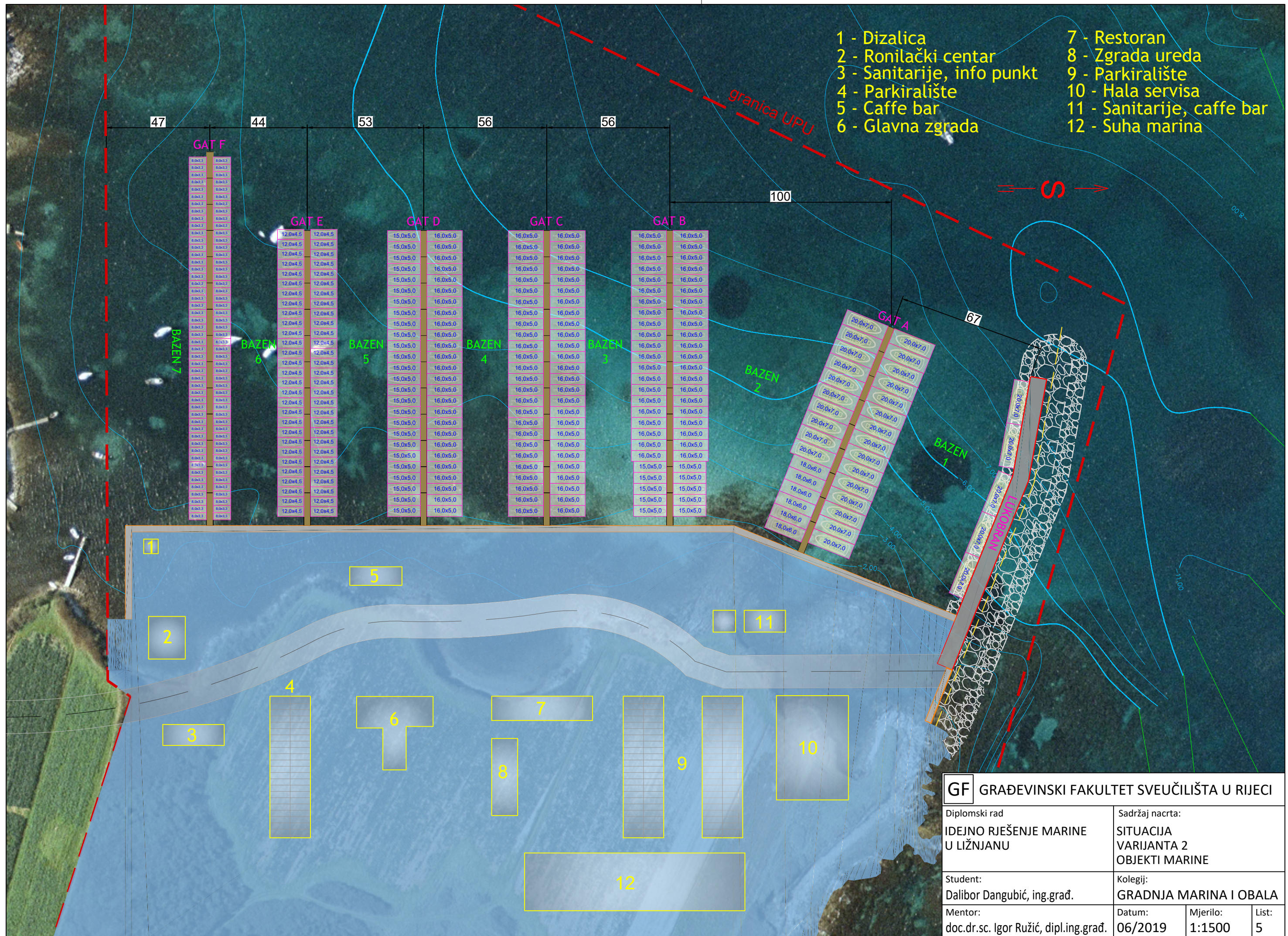
Student:  
**Dalibor Dangubić, ing.građ.**

Kolegij:  
**GRADNJA MARINA I OBALA**

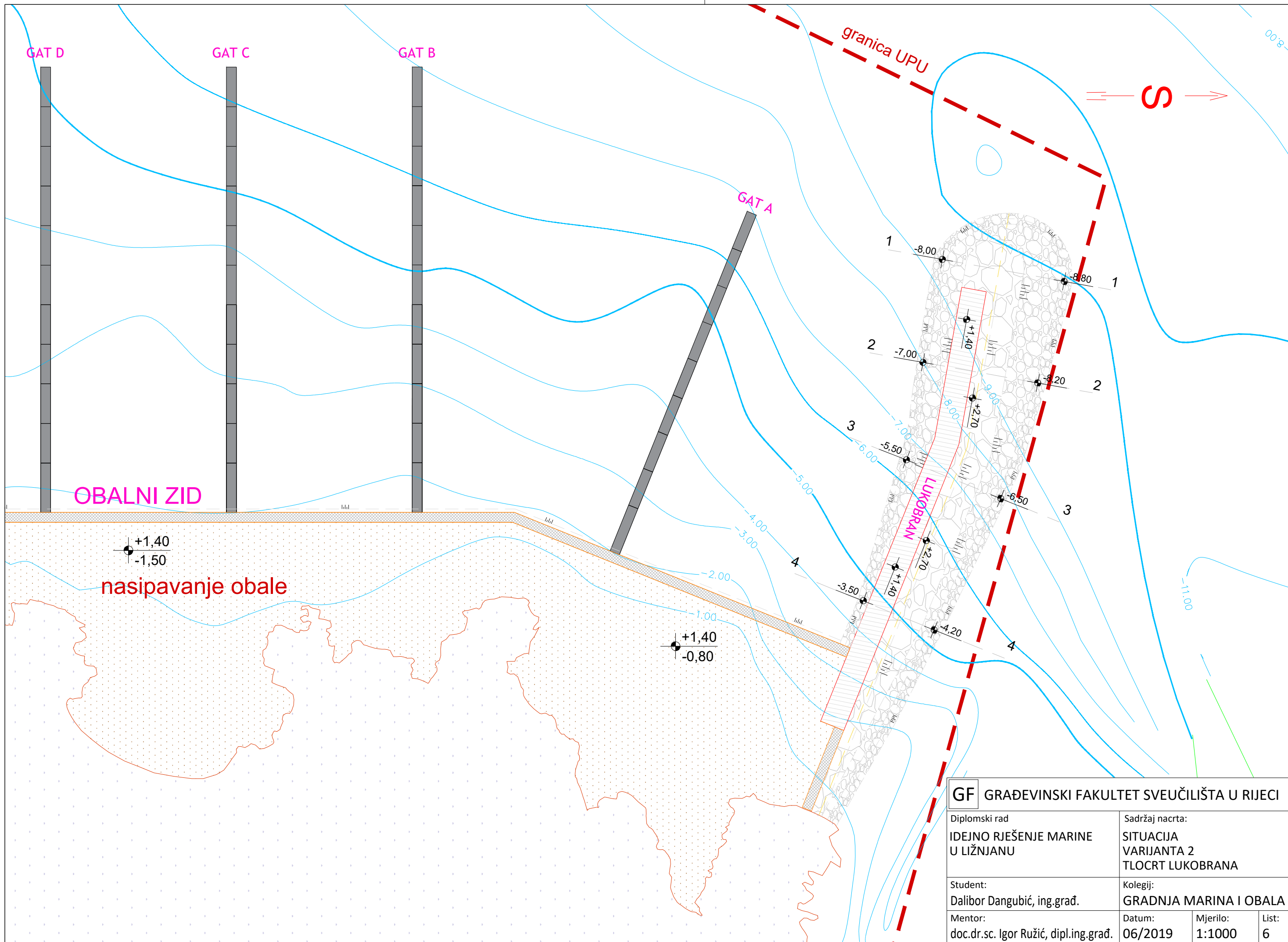
Mentor:  
**doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl.ing.građ**

Datum: <b>06/2019</b>	Mjerilo: <b>1:1500</b>	List: <b>4</b>
--------------------------	---------------------------	-------------------

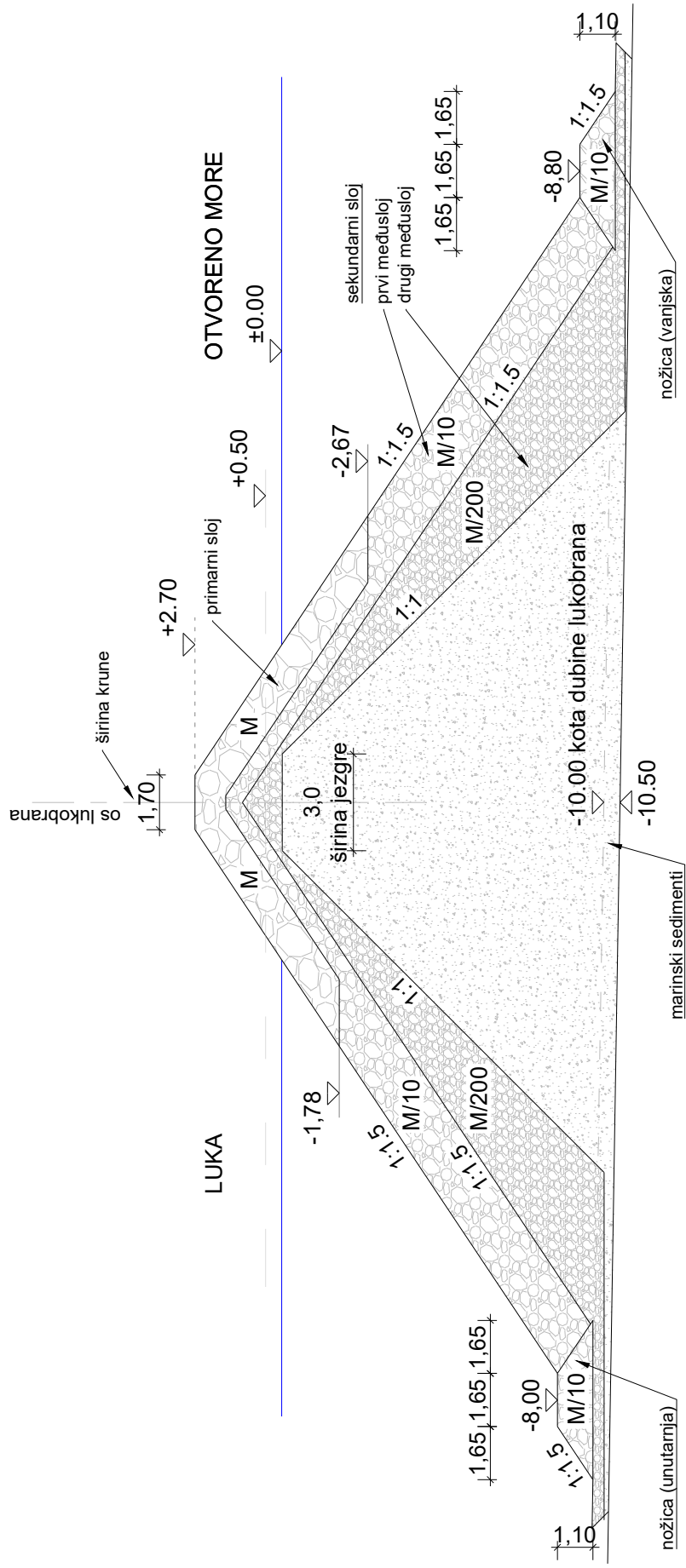
- 1 - Dizalica
- 2 - Ronilački centar
- 3 - Sanitarije, info punkt
- 4 - Parkirište
- 5 - Caffe bar
- 6 - Glavna zgrada
- 7 - Restoran
- 8 - Zgrada ureda
- 9 - Parkirište
- 10 - Hala servisa
- 11 - Sanitarije, caffe bar
- 12 - Suha marina



<b>GF GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI</b>			
Diplomski rad		Sadržaj nacрта:	
IDEJNO RJEŠENJE MARINE U LIŽNJANU		SITUACIJA VARIJANTA 2 OBJEKTI MARINE	
Student:		Kolegij:	
Dalibor Dangubić, ing.građ.		GRADNJA MARINA I OBALA	
Mentor:	Datum:	Mjerilo:	List:
doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl.ing.građ.	06/2019	1:1500	5



<b>GF GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI</b>			
Diplomski rad <b>IDEJNO RJEŠENJE MARINE U LIŽNJANU</b>		Sadržaj nacrt: <b>SITUACIJA VARIJANTA 2 TLOCRT LUKOBRAVA</b>	
Student: <b>Dalibor Dangubić, ing.građ.</b>		Kolegij: <b>GRADNJA MARINA I OBALA</b>	
Mentor: <b>doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl.ing.građ.</b>		Datum: <b>06/2019</b>	Mjerilo: <b>1:1000</b>
		List: <b>6</b>	



**GF GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI**

Diplomski rad

**IDEJNO RJEŠENJE MARINE  
U LIŽNJANU**

Sadržaj nacрта:

**VARIJANTA 1  
PRESIEK LUKOBRAVA 1-1**

Student:

**Dalibor Dangubić, ing.građ.**

Kolegiji:

**GRADNJA MARINA I OBALA**

Mentor:

**doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl.ing.građ.**

Datum:

**06/2019**

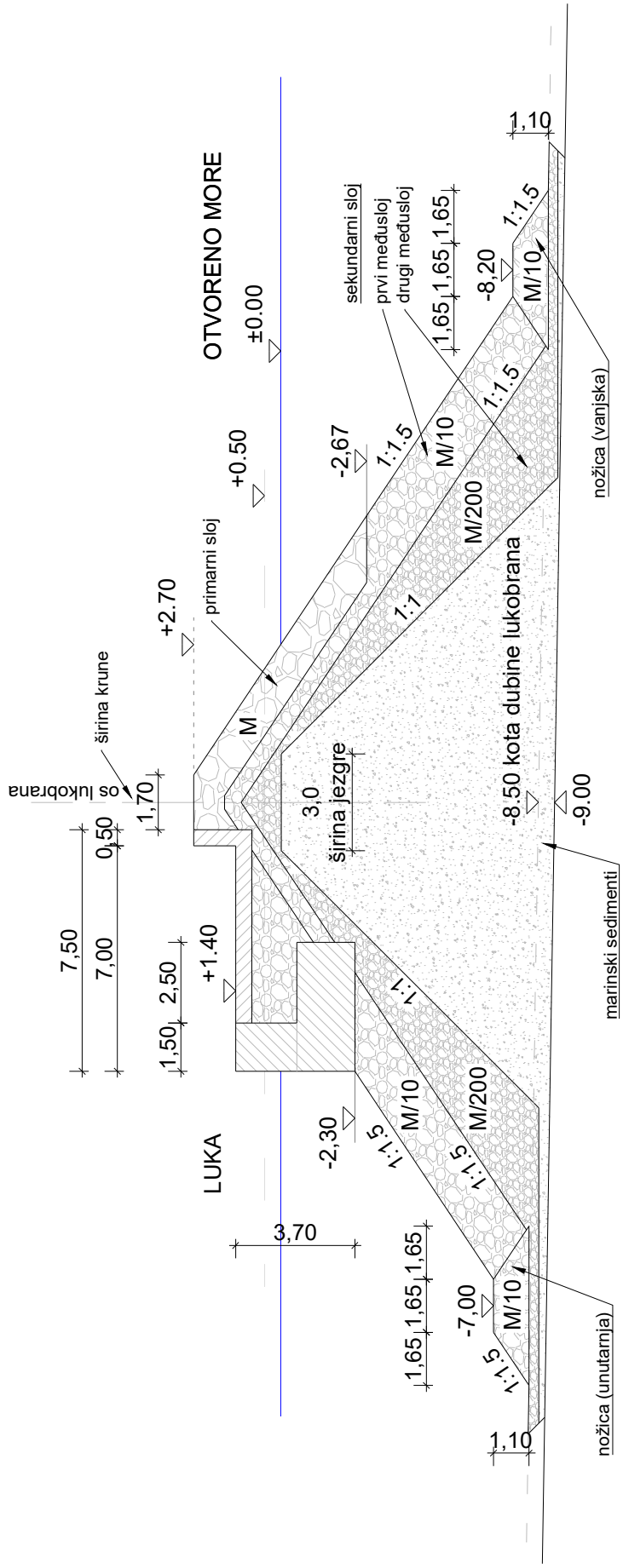
Mjerilo:

**1:200**

List:

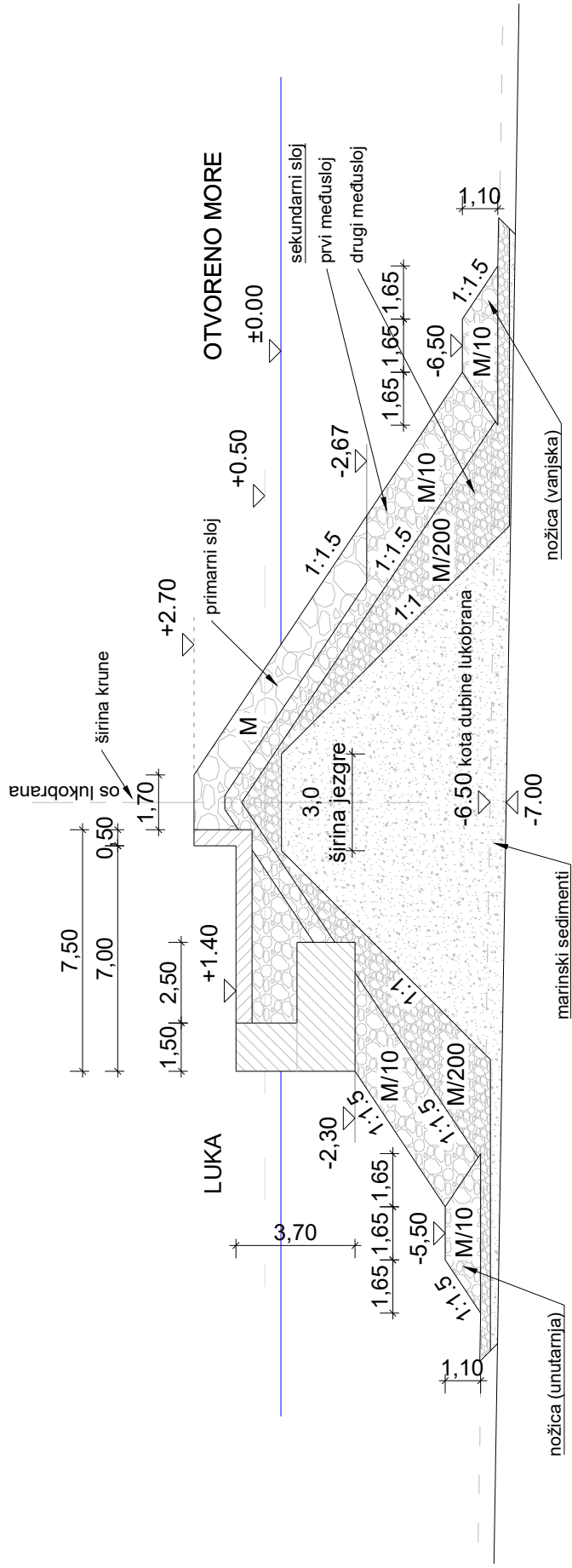
**7**





**GF** GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI

Diplomski rad	Sadržaj nacrt:
IDEJNO RJEŠENJE MARINE U LIŽNJANU	VARIJANTA 1 PRESIEK LUKOBRANA 2-2
Student:	Kolegiji:
Dalibor Dangubić, ing.građ.	GRADNJA MARINA I OBALA
Mentor:	Datum:
doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl.ing.građ.	06/2019
	Mjerilo:
	1:200
	List:
	8



**GF** GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI

Sadržaj nacрта:

Diplomski rad  
**IDEJNO RJEŠENJE MARINE  
 U LIŽNJANU**

VARIJANTA 1

PRESJEK LUKOBRANA 3-3

Student:

Dalibor Dangubić, ing.građ.

Kolegiji:

GRADNJA MARINA I OBALA

Mentor:

doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl.ing.građ.

Datum:

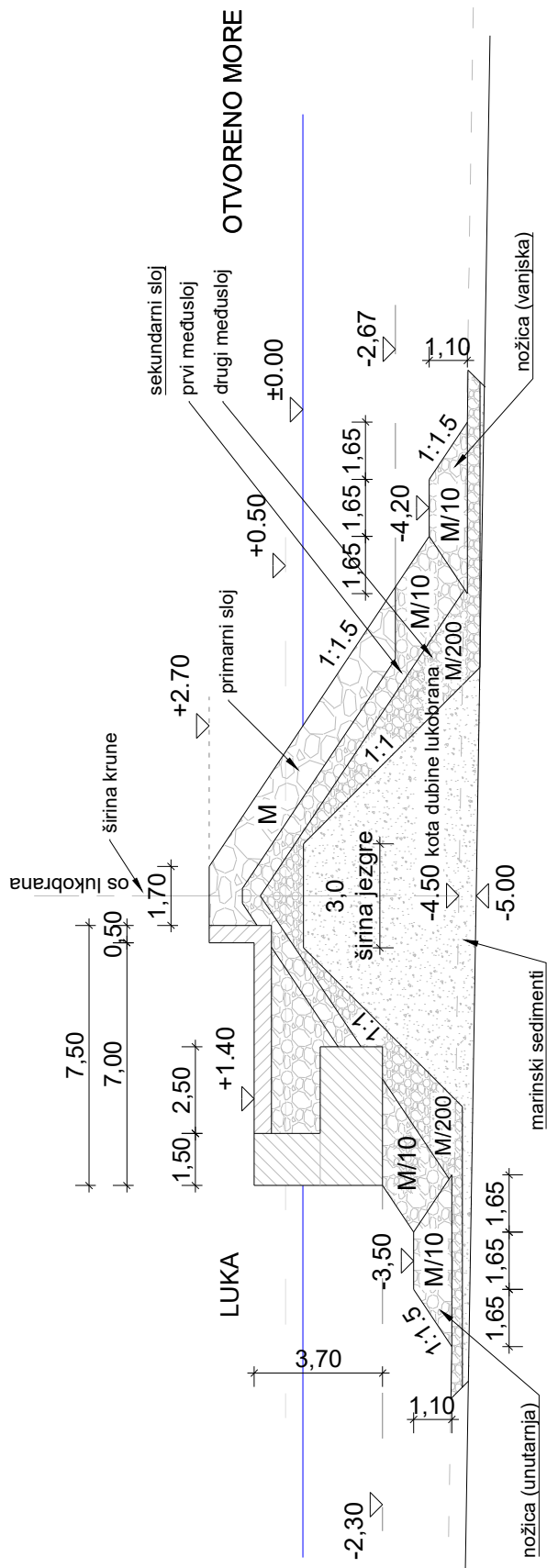
06/2019

Mjerilo:

1:200

List:

9



## GF GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI

Diplomski rad

IDEJNO RJEŠENJE MARINE  
U LIŽNJANU

Sadržaj nacрта:

VARIJANTA 1  
PRESIEK LUKOBRANA 3-3

Student:

Dalibor Dangubić, ing.građ.

Kolegiji:

GRADNJA MARINA I OBALA

Mentor:

doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl.ing.građ.

Datum:

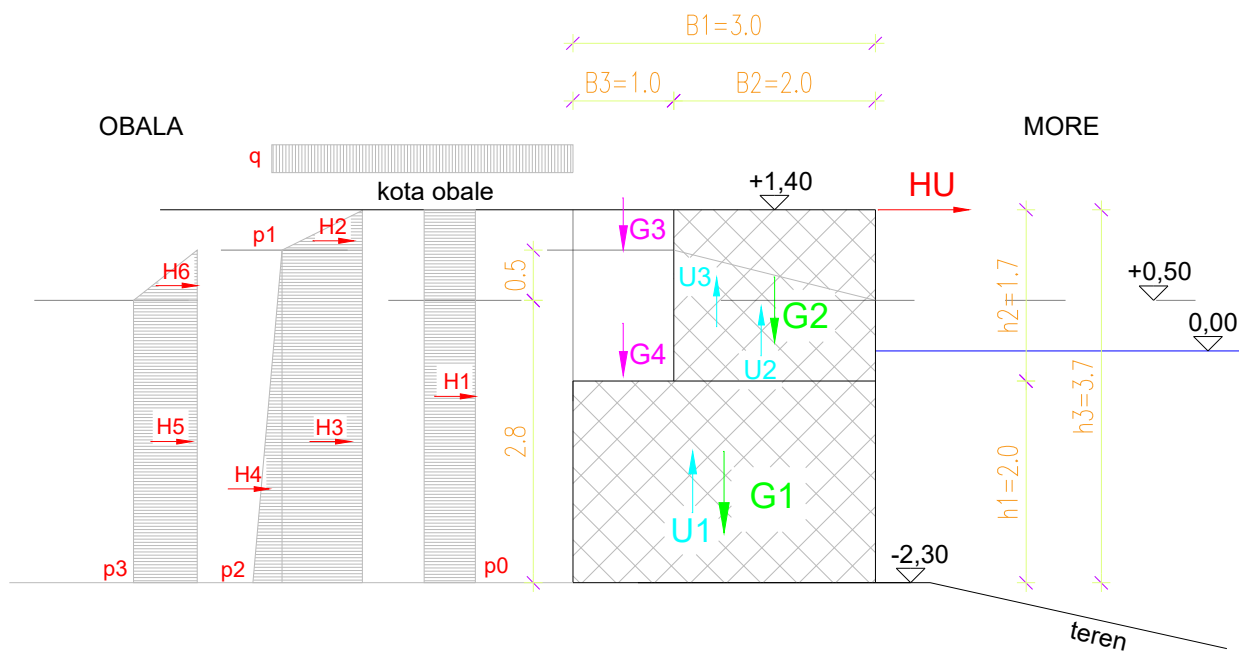
06/2019

Mjerilo:

1:200

List:

10



**GF** GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI

Diplomski rad  
**IDEJNO RJEŠENJE MARINE  
 U LIŽNJANU**

Sadržaj nacрта:  
**VARIJANTA 2  
 KARAKTERISTIČNI PRESJEK 5-5  
 OBALNOG ZIDA**

Student:  
**Dalibor Dangubić, ing.građ.**

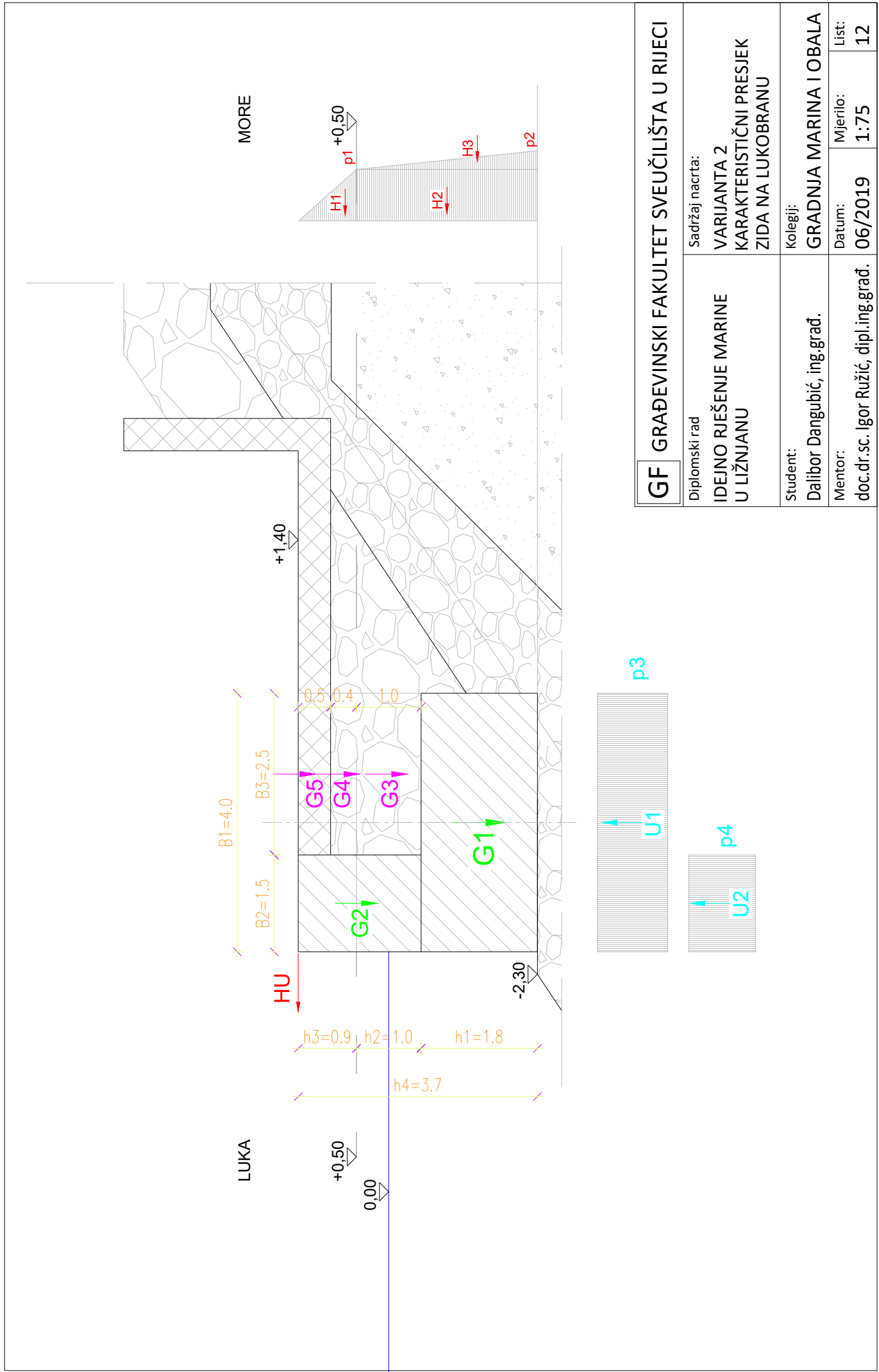
Kolegij:  
**GRADNJA MARINA I OBALA**

Mentor:  
**doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl.ing.građ.**

Datum:  
**06/2019**

Mjerilo:  
**1:75**

List:  
**11**



**GF** GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI

Diplomski rad	Sadržaj nacрта:
IDEJNO RJEŠENJE MARINE U LIŽNJANU	VARIJANTA 2 KARAKTERISTIČNI PRESJEK ZIDA NA LUKOBRANU
Student:	Kolegij:
Dalibor Dangubić, ing.građ.	GRADNJA MARINA I OBALA
Mentor:	Datum:
doc.dr.sc. Igor Ružić, dipl.ing.građ.	Mjerilo:
	06/2019
	1:75
	List:
	12