

Idejno rješenje komunalne luke Runke u Premanturi

Vareško, Matea

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

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:157:443811>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-01**



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**

Matea Vareško

**IDEJNO RJEŠENJE KOMUNALNE LUKE RUNKE U PREMANTURI
CONCEPTUAL DESIGN OF MUNICIPAL PORT RUNKE IN
PREMANTURA**

Završni rad

Rijeka, 2020.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

**Preddiplomski sveučilišni studij
Osnove Obalnog Inženjerstva**

**Matea Vareško
JMBAG: 011409653**

**Idejno rješenje komunalne luke Runke u Premanturi
Conceptual design of municipal port Runke in Premantura**

Završni rad

Rijeka, 2020.

Naziv studija: **Sveučilišni preddiplomski studij Građevinarstvo**

Znanstveno područje: Tehničke znanosti

Znanstveno polje: Građevinarstvo

Znanstvena grana: Hidrotehnika

Tema završnog rada

IDEJNO RJEŠENJE KOMUNALNE LUKE RUMKE U PREMANTURI
CONCEPTUAL DESIGN OF MUNICIPAL PORT RUMKE IN PREMANTURA

Kandidat: **MATEA VAREŠKO**

Kolegij: **OSNOVE OBALNOG INŽENJERSTVA**

Završni rad broj: **20-P-49**

Zadatak:

U ovome radu potrebno je izraditi idejno rješenje komunalne luke Rumke u Premanturi. Završni rad će se sastojati od sljedećih cjelina: uvoda, obilježja predmetnog područja, opisa vjetrovalne klime, prognoze dubokovodnih valova, analize razina mora, definiranja situacije i smještaja plovila unutar luke, opisa metoda za proračun obalnih građevina, dimenzioniranja obalnih građevina (lukobrana, obalnog zida i plutajućeg gata) te izrade nacрта.

Tema rada je uručena: 24. veljače 2020.

Mentor:

doc. dr. sc. Nino Krvavica,
dipl. ing. građ.

IZJAVA

Završni rad sam izradila samostalno, u suradnji s mentorom 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.

Matea Vareško

U Rijeci, 11. rujna 2020.

ZAHVALA

Zahvaljujem se prije svega mentoru dr. sc. Ninu Krvavici, na pruženoj podršci, uputama, sugestijama, znanju i strpljenju koje mi je pružio za vrijeme izrade ovog završnog rada.

Također zahvaljujem svojoj obitelji i prijateljima koji su bili uz mene, bodrili me i podržavali, pružali mi utjehu i snagu u teškim trenucima, ali i dijelili sa mnom sreću i ponos u dobrim trenucima. I ono što je najvažnije, hvala vam što ste uvijek vjerovali u mene, čak i onda kada ja sama nisam. Ovaj uspjeh je isto vaš koliko je i moj, jer bez vas danas ne bih bila ovdje gdje jesam.

Hvala!

SAŽETAK

Ovim završnim radom razrađeno je idejno rješenje komunalne luke u uvali Runke u mjestu Premantura. Rad obuhvaća geološku, klimatološku i meteorološku analizu lokacije, kao i analizu vjetrovalne klime. Prikazana je metodologija proračuna, te je izvedeno dimenzioniranje svih glavnih dijelova luke. Također su uz proračune dodani i grafički prikazi situacije, te poprečni presjeci lukobrana i obalnog zida. Kao zaštita uvale i luke od vjetra i valova odabran je vertikalni lukobran. Uz postojeću obalnu liniju izgraditi će se obalni zid, na koji će se vezati 5 plutajućih gatova, uz postojeća 2 gata u uvali, koji će zajedno pružati 91 privezno mjesto.

Ključne riječi: idejno rješenje, luka, lukobran, obalni zid, privezna mjesta, plutajući gat, obalne građevine

ABSTRACT

This paper presents the conceptual design of the port at Runke bay in Premantura. This paper includes geological, climatological and meteorological analyses for the location, as well as analyses of windy climate. The methodology for the design of the main features for the port are presented. Additionally, the design plan and characteristic cross sections of breakwater and coastal wall are included. A vertical breakwater is chosen for protecting the bay and port from wind and waves. Along the existing shore the coastal wall will be built, connected to five floating pontoons, which in addition to two existing piers, will provide 91 berth spaces.

Key words: conceptual design, port, breakwater, coastal wall, berths, floating pontoons, coastal structures

SADRŽAJ

1. UVOD.....	12
2. OBILJEŽJA PREDMETNOG PODRUČJA.....	13
2.1. Povijesni pregled.....	13
2.2. Geografski položaj.....	13
2.3. Geološke značajke.....	16
3. VJETROVALNA KLIMA	18
3.1. Vjetar	18
4. PROGNOZA DUBOKOVODNIH VALOVA.....	21
4.1. Metodologija proračuna dubokovodnih valova.....	21
4.2. Prognoza dubinskih valova za predmetno područje.....	22
5. RAZINE MORA	30
5.1. Pasoš obale.....	30
6. METODOLOGIJA PRORAČUNA.....	31
6.1. Dimenzioniranje nasutog lukobrana	31
6.2. Dimenzioniranje vertikalnog lukobrana	39
6.3. Dimenzioniranje obalnog zida.....	47
6.4. Dispozicija vezova plovila	50
7. DIMENZIONIRANJE OBALNIH GRAĐEVINA	57
7.1. Primarni lukobran	57
7.2. Obalni zid.....	62
7.3. Plutajući gat.....	68
8. ZAKLJUČAK.....	72

POPIS SLIKA

- Slika 1. Premantura i Kamenjak iz zraka [3]
- Slika 2. Položaj uvale Runke [4]
- Slika 3. Postojeće stanje ribarske lučice
- Slika 4. Korištenje i namjena površina [5]
- Slika 5. Podjela Istarskog poluotoka na crvenu, sivu i bijelu Istru [7]
- Slika 6. Geologija južne Istre prema Osnovnoj geološkoj karti Hrvatske [7]
- Slika 7. Ruža vjetrova [9]
- Slika 8. Groen – Dorrenstein dijagram [10]
- Slika 9. Godišnja ruža vjetrova za Pula – Aerodrom (1968. – 1989.) [11]
- Slika 10. Odabrani smjerovi vjetra za koje se provodi analiza
- Slika 11. Morske razi u Pulsnoj luci za karakteristična povratna razdoblja [23]
- Slika 12. Tipovi lukobrana [12]
- Slika 13. Poprečni presjek nasutog lukobrana dubokovodnog i plitkovodnog tipa [13]
- Slika 14. Prefabricirani zaštitni elementi [14]
- Slika 15. Primarna obloga nasutog lukobrana [15]
- Slika 16. Prvi i drugi međusloj sekundarne obloga [15]
- Slika 17. Jezgra nasutog lukobrana [15]
- Slika 18. Tipovi vertikalnih lukobrana [16]
- Slika 19. Utjecaj valova na vertikalni lukobran tipa zid [16]
- Slika 20. Metoda Sinflou (lijevo) i Goda (desno) [16]
- Slika 21. Shematski prikaz opterećenja [17]
- Slika 22. Kut između smjera propagacije valova i normale lukobrana [18]
- Slika 23. Shematski prikaz opterećenja [18]
- Slika 24. Tipovi obalnih zidova: a) Masivni obalni zid (gore), b) Obalni zid u obliku pilota (dolje lijevo), c) Obalni zid u obliku pilota sa zategom (dolje desno) [19]
- Slika 25. Shematski prikaz obalnog zida sa dimenzijama blokova, visinama, dubinama i razinama visoke vode ispred i iza zida [20]
- Slika 26. Shematski prikaz sila koje djeluju na obalni zid [20]

Slika 27. Prikaz dimenzija plovila [22]

Slika 28. Opterećenja na privezni sustav [22]

Slika 29. Prikaz načina sidrenja plutajućih gatova [22]

Slika 30. Shematski prikaz vertikalnog lukobrana sa pretpostavljenim dimenzijama

Slika 31. Shematski prikaz sila koje utječu na lukobran

Slika 32. Shematski prikaz obalnog zida sa pretpostavljenim dimenzijama

Slika 33. Shematski prikaz sila koje djeluju na obalni zid

Slika 34. Raspored i razmak bazena i plutajućih gatova u luci

POPIS TABLICA

Tablica 1. Beaufortova ljestvica [9]

Tablica 2. Učestalost istovremenog pojavljivanja različitih smjerova vjetra po klasama jačine vjetra za Pula – Aerodrom (1968. – 1989.) [11]

Tablica 3. Očekivani maksimalni udari vjetra sa pripadnim vjerojatnostima za povratni period od 5 godina i 100 godina dobiveni Jenkinsonovom razdiobom ekstrema, temeljem opažanja brzine i smjera vjetra na postaji Pula – Aerodrom u razdoblju 1968. – 1989. [11]

Tablica 4. Preporučeni koeficijenti stabilnosti K_D [15]

Tablica 5. Koeficijenti sloja k_D [15]

Tablica 6. Parcijalni koeficijenti po EN 1997 – 1 [5]

Tablica 7. Dubine prema Acy-u [22]

Tablica 8. Dimenzije priveznih mjesta za manja plovila prema Priručniku za dimenzioniranje plovila u marinama [26]

Tablica 9. Okvirne vrijednosti priveznih sila po metru dužnom [22]

Tablica 10. Minimalne dubine na priveznim mjestima

Tablica 11. Broj priveznih mjesta prema dimenzijama privežišta

1. UVOD

U proteklim desetljećima, jedan od najvažnijih faktora privrednog i ekonomskog razvoja Republike Hrvatske jest turizam. Kao jedna od regija koja je vodeća u turizmu Republike Hrvatske može se izdvojiti Istarski poluotok.

Jedna od grana turizma kojim se Istra posebno ponosi je nautički turizam. Naravno, sa razvojem nautičkog turizma potrebno je i kvalitetno razviti sve komponente koje su za njega važne, a jedna od takvih su i kvalitetno izvedene luke i marine.

Ideja za pisanje upravo ove teme završnog rada proizašla je iz dugogodišnje borbe korisnika male lučice u uvali Runke u Premanturi sa teškoćama izazvanih velikim valovima nastalim najintenzivnijim vjetrovima tog područja, burom i jugom. Značajan broj ribara, ronionca i ostalih korisnika ove lučice pretrpio je velike štete, od oštećenja plovila pa čak i potapanja istih. Potaknut takvom situacijom, nastaje ovaj završni rad.

U ovom radu provedena je analiza vjetrova, mehaničkih utjecaja mora na luku i obalu, te je opisan i proveden proračun lukobrana i nadogradnja nautičke lučice. Obuhvaćeni su podaci o stanju lokacije i njezine klimatološke i meteorološke značajke. Proveden je pomorsko nautički proračun svih elemenata obalnih građevina potrebnih kod izvedbe luke.

2. OBILJEŽJA PREDMETNOG PODRUČJA

Pri projektiranju obalnih građevina od izričite je važnosti proučiti prirodne čimbenike koji će na njih utjecati izravno i neizravno za vrijeme njihovog korištenja, kao i za vrijeme izvedbe. Na osnovu tih podataka određuju se tipovi konstrukcije, položaj konstrukcije i načini izvedbe.

2.1. Povijesni pregled

Smještena na samom vrhu Istarskog poluotoka, uronjena u plavo-zeleno Jadransko more, netaknutih uvala i nenastanjenih otočića proteže se Premantura. Naseljena već preko 4000 godina, poznata je po svojim brojnim povijesnim nalazištima i ostacima, od kojih vrijedi napomenuti pronađene 3 gradine, gdje se život nastavio i nakon rimske okupacije, kada se počela širiti duž obale. Iz toga doba su također pronađeni spomenici sa grčkim i latinskim natpisima, kao i brončana statua Minerve. Kroz stoljeća bila je pod Rimskim carstvom, Venecijom, Dalmacijom, Turskom i Austro-Ugarskom vlasti.

Valja također napomenuti kako su godine 1975., na otočiću Fenoliga pronađeni tragovi dinosaura, koji najvjerojatnije pripadaju theropodu, ornithopodu, te jednoj vrsti sauropodnih dinosaura. Stari su između 65 i 70 milijuna godina, datirani iz razdoblja krede. [1]

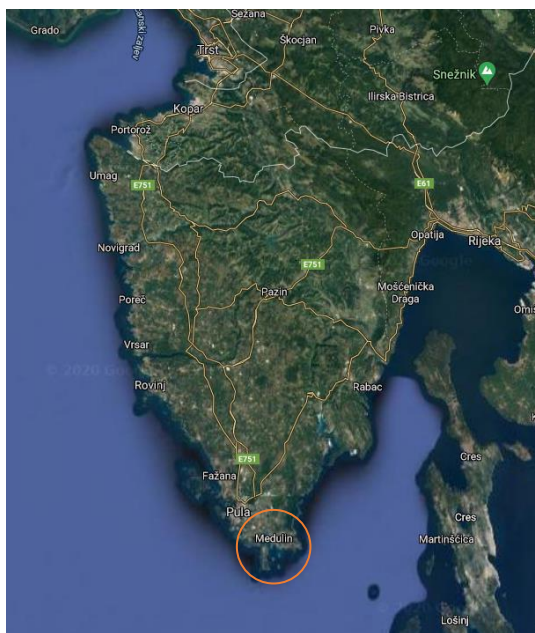
2.2. Geografski položaj

Najveći Hrvatski poluotok, Istarski poluotok, svojim trokutastim oblikom površine od čak 2.813 km² zauzeo je najzapadniji dio Hrvatske. [2] Savršenu kombinaciju brdovitog i obalnog reljefa, sa nebrojeno puno prirodnih ljepota domom naziva preko 208.000 stanovnika. [2] Kao neke od najpoznatijih gradova ovog poluotoka valja izdvojiti gradove Poreč, Rovinj, te najveći Istarski grad, grad Pulu.



Slika 1. Premantura i Kamenjak iz zraka [3]

Tek 10 km od Pule, prekrasnog povijesnog grada kojeg krasi poznati Amfiteatar koji datira iz doba vladavine Rimskog carstva, smjestilo se maleno mjesto Premantura. Kao sastavni dio Općine Medulin, Premantura zauzima najjužniji kraj Istre i to u površini od 50 ha, kojom obuhvaća naselje Premanturu i Nacionalni park „Rt Kamenjak“ (slika 1). Iako je maleno naselje sa svega 850 stalnih stanovnika, tokom ljetnih mjeseci se broj ljudi koji privremeno tamo borave znatno povećá, što turizam u Premanturi čini jako važnim.



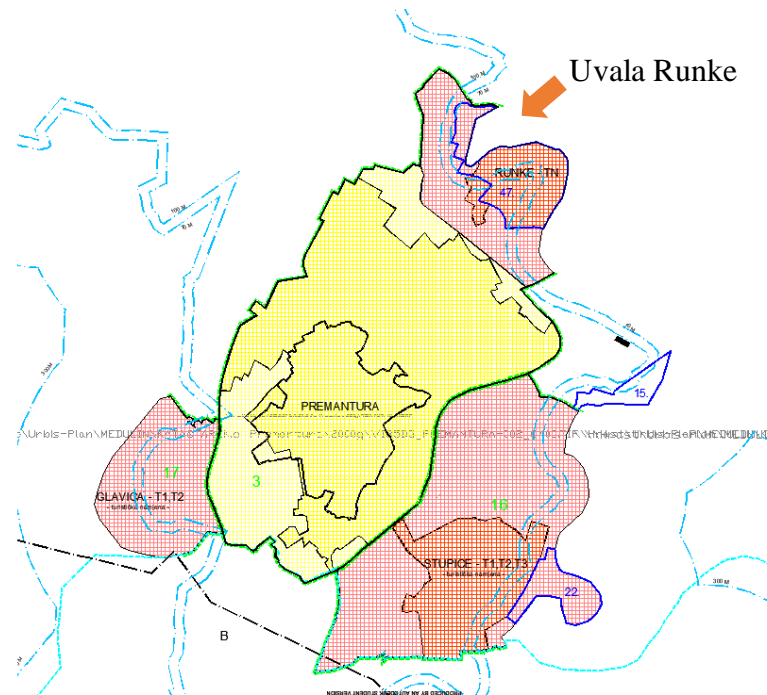
Slika 2. Položaj uvale Runke [4]

U naselju Premantura smjestila se uvala Runke (slika 2), koja je danas dio istoimenog turističkog kampa. U uvali Runke mnogi ribari vezuju svoje brodove, te je njihova potreba za zaštitom od morskih utjecaja kao i ona za većim brojem vezova već godinama veoma visoka (slika 3).



Slika 3. Postojeće stanje ribarske lučice

Iz kartografskog prikaza prostornog plana uređenja Općine Medulin za naselje Premanturu (slika 4) može se iščitati kako je područje koje okružuje uvalu Runke ima ugostiteljsko – turističku namjenu.



Slika 4. Korištenje i namjena površina [5]

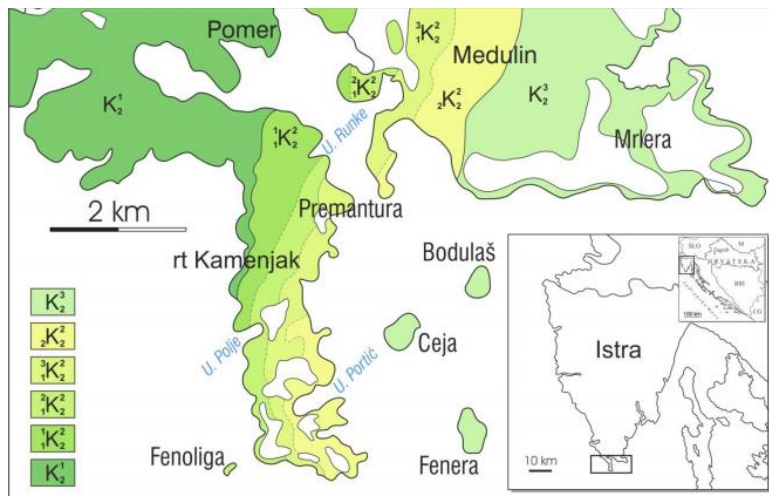
2.3. Geološke značajke

Geološka građa Istarskog poluotoka može se podijeliti na Bijelu, Sivu i Crvenu (slika 3), što pokazuje morfološku raznolikost i različite geološke specifičnosti tog područja. Bijela Istra predstavlja okršeno kamenito područje Učke i Ćićarije građeno od okršenih vapnenaca iz doba krede. Siva Istra predstavljena je depresijom zapunjenom fliškim materijalom, a Crvena Istra predstavlja jugozapadni i zapadni dio poluotoka, a boju dobiva zbog velike količine zemlje crvenice koja prekriva zaravan izgrađenih od jurskih i krednih karbonatnih stijena. [6]



Slika 5. Podjela Istarskog poluotoka na Crvenu, Sivu i Bijelu Istru [7]

Naslage Istre se mogu podijeliti na četiri sedimentacijske cjeline ili megasekvencije koje su međusobno odvojene značajnim emerezijama različitog trajanja. Područje južne Istre (slika 4.), gdje se nalazi promatrana uvala Runke, pripada trećoj megasekvenciji gornji alb – donji kampan. [7]



Slika 6. Geologija južne Istre prema Osnovnoj geološkoj karti Hrvatske [7]

3. VJETROVALNA KLIMA

Područje općine Medulin spada u područje tople, umjerene, kišne, subhumidne klime. Sa najvećim brojem toplih dana u godini ističu se srpanj i kolovoz, u kojima je izmjeren i apsolutni maksimum od 35°C, dok je apsolutni minimum izmjeren na -9°C. Srednja godišnja vrijednost relativne vlage iznosi 71%, a srednja godišnja količina oborina je 835 mm. [8]

3.1. Vjetar

Pojavu vjetra najlakše je opisati kao vodoravno strujanje zraka, odnosno gibanje zraka u atmosferi. Vjetar može nastati kao posljedica više sila: sile teže, sile gradijenta zraka, devijacijske sile rotacije Zemlje (Coriolisova sila), sile trenja. Također može biti izazvan i razlikama u zagrijavanju, odnosno razlikama u tlaku. Obično puše iz područja visokog tlaka prema području niskog tlaka, no ne puše direktno, najkraćim putem ili okomito na izobare, već na njih zatvara određeni kut, što uzrokuju prethodno spomenute sile trenja i Coriolisova sila.

Kako bi se ocijenila jačina vjetra prema njegovim učincima, mornarički časnik i hidrograf, Sir Francis Beaufort 1805. godine izradio je tzv. „Beaufortovu ljestvicu“, koja je za međunarodnu upotrebu prihvaćena 1874. godine. Kao mjerna jedinica koja opisuje jačinu vjetra koristi se Bofor (*Bf*), koji se može korelirati sa čvorovima, kilometrima na sat (km/h), odnosno sa češće korištenim metrima po sekundi (m/s). [9]

Tablica 1. Beaufortova ljestvica [9]

Jačina (Bf)	Naziv	Brzina			Maks. visina vala (m)	
		km/h	m/s	čvor	unutarnje more blizu obale	otvoreno more
0	Tišina	<1	0 - 0,2	<1	—	—
1	Lahor	1 - 5	0,3 - 1,5	1 - 3	0,1	0,1
2	Povjetarac	6 - 11	1,6 - 3,3	4 - 6	0,2	0,3
3	Slab vjetar	12 - 19	3,4 - 5,4	7 - 10	0,6	1
4	Umjeren vjetar	20 - 28	5,5 - 7,9	11 - 16	1	1,5
5	Umjeren jak vjetar	29 - 38	8,0 - 10,7	17 - 21	2	2,5
6	Jak vjetar	39 - 49	10,8 - 13,8	22 - 27	3	4
7	Žestok vjetar	50 - 61	13,9 - 17,1	28 - 33	4	5,5
8	Olujni vjetar	62 - 74	17,2 - 20,7	34 - 40	5,5	7,5
9	Jak olujni vjetar	75 - 88	20,8 - 24,4	41 - 47	7	10
10	Orkanski vjetar	89 - 102	24,5 - 28,4	48 - 55	9	12,5
11	Jak orkanski vjetar	103 - 117	28,5 - 32,6	56 - 63	11,5	16
12	Orkan	>118	>32,7	>64	14	—

Svaki vjetar moguće je opisati smjerom, jačinom i učestalošću puhanja. Kod grafičkog prikazivanja vjetra na određenom području koriste se ruže vjetrova, u kojima se prikazuju sva tri parametra (slika 7).



Slika 7. Ruža vjetrova [9]

Glavni nusprodukt vjetra na morskoj površini je val, do čijeg nastajanja dolazi pri uznemiravanju morske površine utjecajem vjetra. Morski valovi mogu se definirati kao pokreti dijelova površine morske mase i ne uzrokuju značajan transport iste. Ovisno o jačini vjetra kojim su uzrokovani, mogu dostići značajne brzine, te samim time uzrokovati i značajna opterećenja obalnih građevina. [9]

Vjetrovi koji su u predmetnom području najznačajniji dolaze iz smjerova NE i E (bura) s učestalošću od 20% dana godišnje, uz prosječnu jačinu od 2,2 do 2,7 bofora. Također je sa visokim postotkom učestalosti od 13% zastupljen i vjetar SE orijentacije, prosječne jačine od 2,2 bofora. Najmanje su zastupljeni vjetrovi iz smjera sjevera, sa učestalošću od 4% i jačinom od 1,5 bofora, te vjetrovi sa juga sa učestalošću od 5% i prosječne jačine od 2,0 bofora. Tokom ljetnih mjeseci učestala je pojava etezijskog strujanja zapadnog smjera, maestral, koji na kopno donosi ugodno osvježanje, dok u večernjim satima, kada se kopno hladi većom brzinom od mora, prevladava strujanje sa kopna, takozvani burin. Učestalost tišina na ovom području među najvišim je u sjevernom Jadranu, od čega najmanje u proljeće, a najviše ljeti. [8]

4. PROGNOZA DUBOKOVODNIH VALOVA

4.1. Metodologija proračuna dubokovodnih valova

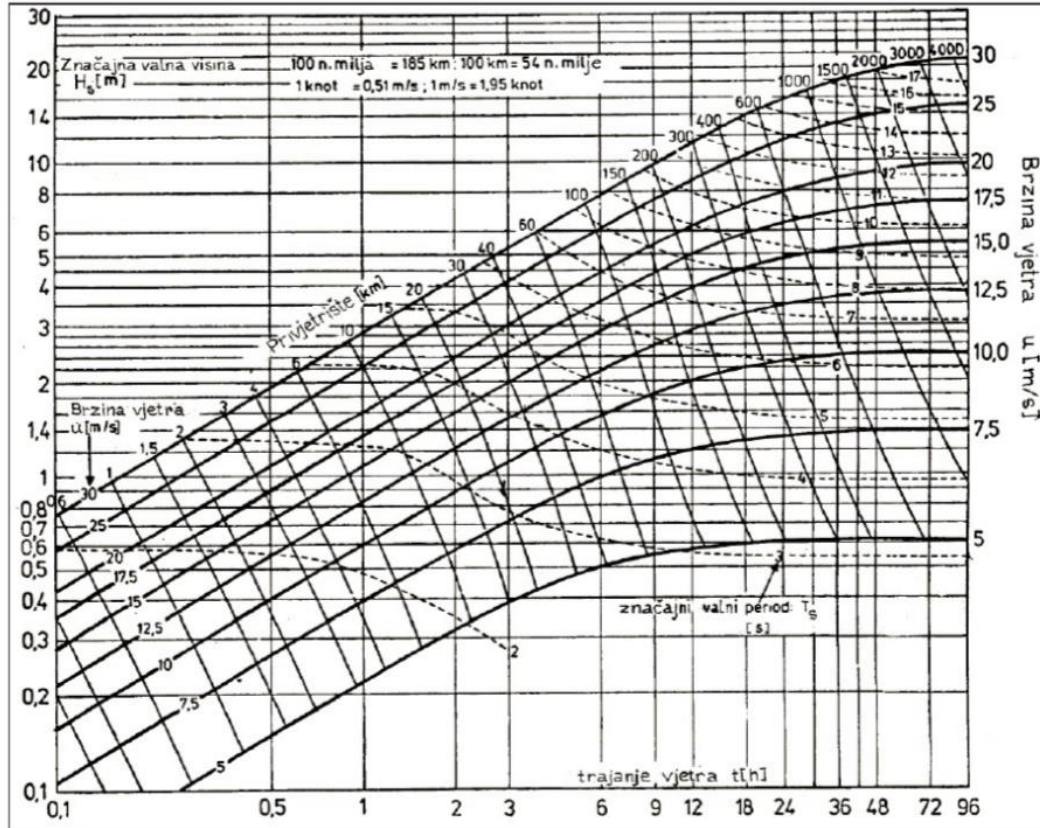
Kako bi se dobili parametri koji obilježuju dubokovodne valove, prije svega potrebno je odrediti jednu karakterističnu točku u dubokoj vodi pred ulazak u zonu projektirane luke, na temelju koje će se napraviti kompletna analiza.

Nakon odabira promatrane točke, ona služi kao središte u koje se postavlja 8 zraka (pravaca) koji predstavljaju 8 smjerova vjetra: N, NE, E, SE, S, SW, W i NW. Kada se eliminiraju zrake koje se protežu u smjeru kopna, dobivaju se smjerovi za koje je potrebno napraviti detaljniju analizu.

Ova analiza izvodi se na način da se u svakom od odabranih smjerova postavlja jedna centralna zraka koja ima ishodište u promatranoj točki. U odnosu na nju, sa svake strane reda se po 7 zraka sa istim ishodištem, svaka rotirana za 6° od prethodne, na način da sve zrake rotirane u smjeru kazaljke sata imaju pozitivan, a sve zrake u smjeru suprotnom od kazaljke sata imaju negativan predznak. Takav sustav čini na kraju ukupno 15 zraka, numeriranih u rasponu od -42° do 42° stupnja. Svaku zraku predstavlja pravac koji se proteže od svog ishodišta skroz do obale. Određuju se duljine svakog pravca, te se proračunava suma njihovih projekcija u centralnu zraku. Ta se suma potom dijeli sa sumom sinusa kutova centralne zrake i ostalih rotiranih traka čime se dobiva vrijednost duljine efektivnog privjetrišta, kako je prikazano u sljedećoj formuli:

$$F_{eff} = \frac{\sum x_i * \cos\alpha}{\sum \cos\alpha} \quad (1)$$

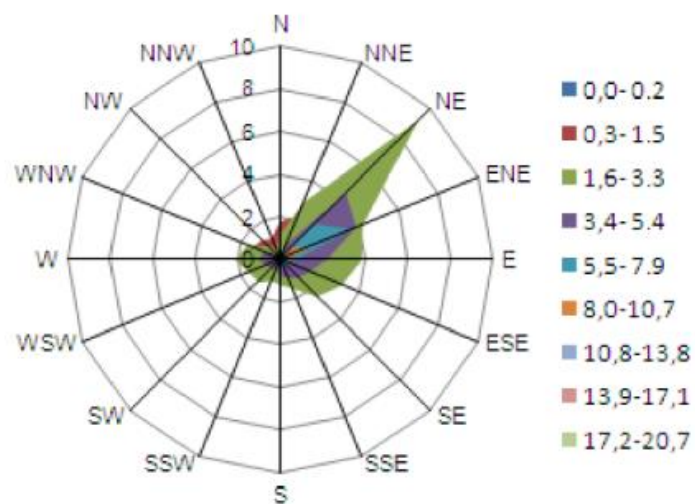
Značajna visina vala H_s , značajni valni period T_s i trajanje vjetra t dobiva se Groen-Dorrenstein metodom [10] na osnovu podataka o maksimalnim satnim brzinama vjetra (u) i efektivnog privjetrišta (F_{eff}) (slika 8).



Slika 8. Groen-Dorrenstein dijagram [10]

4.2. Prognoza dubokovodnih valova za predmetno područje

U ovom završnom radu korišteni su podaci o vjetru iz Studije o utjecaju na okoliš za zahvat Nautičko turističkog kompleksa Sv. Katarina i Monumenti – Pula Geotehničkog Fakulteta Sveučilišta u Zagrebu iz 2014. godine. [10] U navedenom radu proračunate su jačine vjetrova iz svih smjerova, i to za kratki i dugi povratni period (5 godina i 100 godina) koji će se koristiti u ovom radu kao mjerodavni za proračun valova i svih potrebnih parametara.



Slika 9. Godišnja ruža vjetrova za Pula – Aerodrom (1968. – 1989.) [11]

Za analizu vjetra za promatranu lokaciju (točka ispred ulaza u uvalu Runke) korišteni su podaci s klimatološke postaje Pula – Aerodrom iz razdoblja od 1968. do 1989. godine (slika 9 i tablica 2). U ovim podacima prikazane su učestalosti istovremenog pojavljivanja različitih smjerova vjetra po klasama jačine vjetra. [11]

Tablica 2. Učestalost istovremenog pojavljivanja različitih smjerova vjetra po klasama jačine vjetra za Pula – Aerodrom (1968. – 1989.) [11]

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					212.81
ENE		25.67	42.03	39.04	36.28	16.48	3.62	0.40	0.01					163.54
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
SUM	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

Postavljanjem pravaca u promatranu točku na ulasku u uvalu Runke u 8 smjerova može se dobiti predodžba o najznačajnijim vjetrovima za tu točku, tako da se eliminiraju svi smjerovi koji u neposrednoj blizini promatrane točke „udaraju“ u kopno. Ovim kratkim postupkom odabrani su smjerovi za koje će se u ovom slučaju provoditi daljnja analiza (N, NE, E i SE), kako je prikazano na slici 10:



Slika 10. Odabrani smjerovi vjetra za koje se provodi analiza

Promatrana točka na ulazu u uvalu Runke direktno je izloženo valovima iz I. i II. kvadranta sa malim privjetrištima. Za potrebe daljnjeg proračuna napravljena je analiza efektivnih duljina privjetrišta za vjetrove iz smjerova N, NE, E i SE.

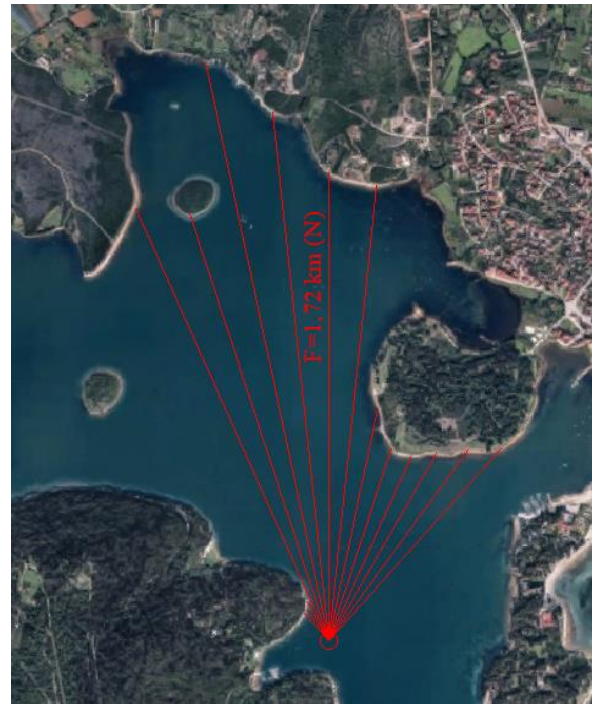
Iz tablice 3 preuzete iz prethodno navedene studije preuzeti su očekivani maksimalni udari vjetra za povratno razdoblje od 100 godina, i to za sva 4 odabrana vjetra.

Tablica 3. Očekivani maksimalni udari vjetra sa pripadnim vjerojatnostima za povratni period od 5 godina i 100 godina dobiveni Jenkinsonovom razdiobom ekstrema, temeljem opažanja brzine i smjera vjetra na postaji Pula – Aerodrom u razdoblju 1968. – 1989. [11]

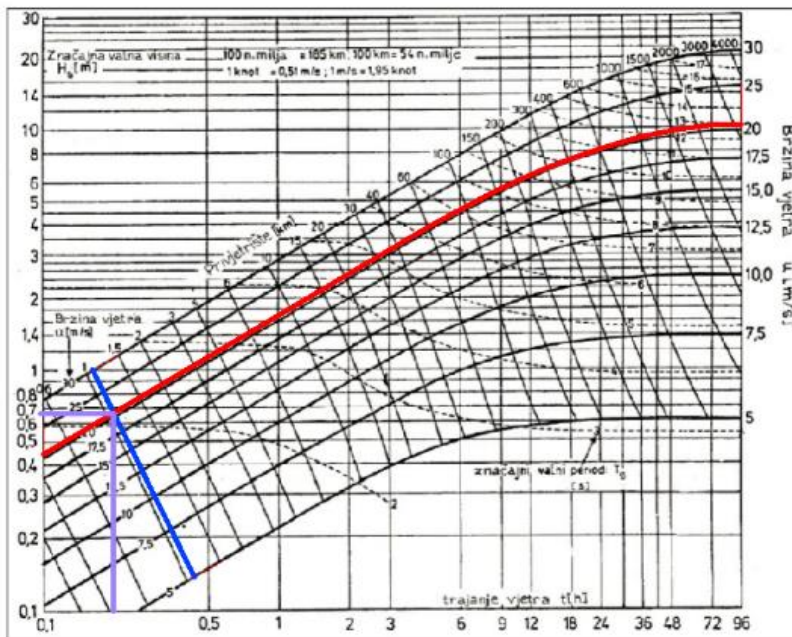
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE
PP (god.)	V _{LDAR} (m/s)							
5	14,5	18	24	26	21	17	19	20
100	20,5	25	30	34	26	26	25	26
	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
5	16,5	15	15	15,5	12	13	15	15
100	25	28	24,5	30	19	-	20,5	23,5

a) Proračun privjetrišta iz smjera E:

Privjetrište E (0°)		
a	Xi	Xi*cosα
°	km	deg
42	0,13	0,10
36	0,14	0,11
30	0,16	0,14
24	1,74	1,59
18	1,65	1,57
12	2,17	2,12
6	1,96	1,94
0	1,72	1,72
6	1,68	1,67
12	0,87	0,85
18	0,74	0,70
24	0,74	0,68
30	0,79	0,68
36	0,87	0,70
42	0,95	0,71
SUM	16,31	15,29



$$F_{eff} = \frac{\sum Xi \cdot \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} = \frac{16,3}{15,3} = 1,1 \text{ km}$$



Ulazni parametri:

$F_{eff} = 1,1 \text{ km}$

$u = 20,5 \text{ m/s}$

Izlazni parametri:

$H_s = 0,68 \text{ m}$

$t = 0,23 \text{ h}$

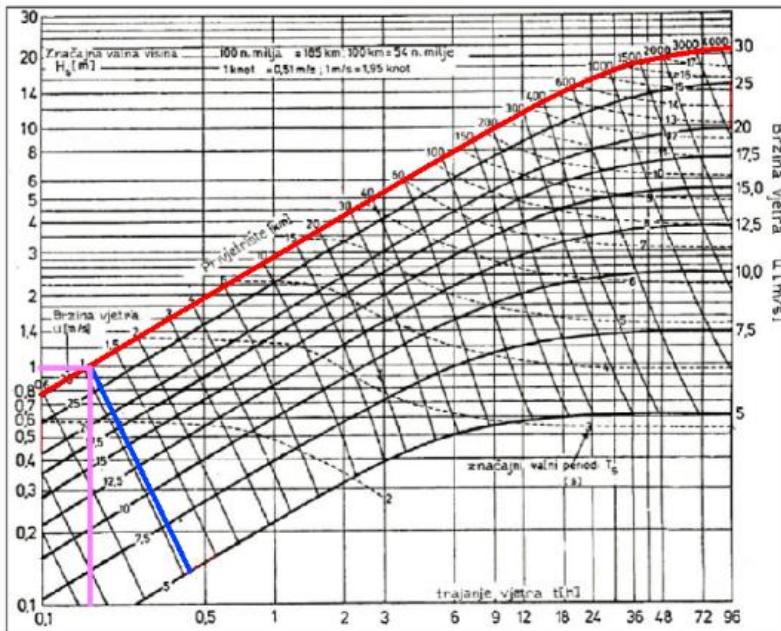
$T_s = 2,1 \text{ s}$

b) Proračun privjetrišta iz smjera NE:

Privjetrište NE (45°)		
a	Xi	Xi*cosα
°	km	deg
42	1,68	1,25
36	1,71	1,38
30	0,78	0,68
24	0,73	0,67
18	0,77	0,73
12	0,82	0,80
6	0,90	0,89
0	1,43	1,43
6	1,41	1,40
12	0,83	0,81
18	0,75	0,71
24	0,73	0,67
30	0,70	0,61
36	0,67	0,54
42	0,67	0,50
SUM	14,58	13,07



$$F_{eff} = \frac{\sum Xi \cdot \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} = \frac{14,6}{13,1} = 1,1 \text{ km}$$



Ulazni parametri:

$F_{eff} = 1,1 \text{ km}$

$u = 30 \text{ m/s}$

Izlazni parametri:

$H_s = 1,0 \text{ m}$

$t = 0,18 \text{ h}$

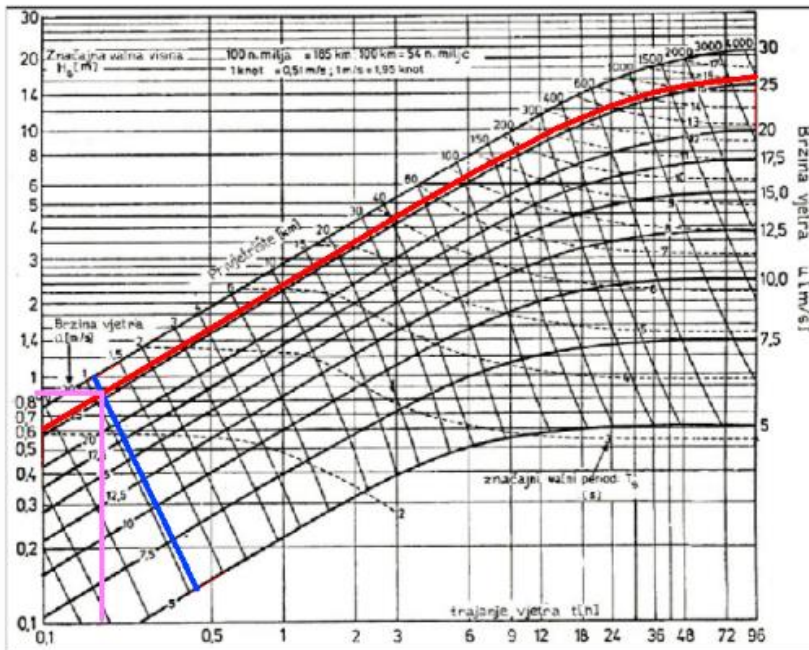
$T_s = 2,5 \text{ s}$

c) Proračun privjetrišta iz smjera E:

Privjetrište E (90°)		
a	Xi	Xi*cosα
°	km	deg
42	1,42	1,06
36	1,40	1,13
30	0,79	0,68
24	0,73	0,67
18	0,72	0,68
12	0,68	0,67
6	0,67	0,67
0	0,67	0,67
6	0,61	0,61
12	0,59	0,58
18	0,60	0,57
24	0,66	0,60
30	0,76	0,66
36	0,99	0,80
42	1,02	0,76
SUM	12,31	10,80



$$F_{eff} = \frac{\sum Xi \cdot \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} = \frac{12,3}{10,8} = 1,1 \text{ km}$$



Ulazni parametri:

$$F_{eff} = 1,1 \text{ km}$$

$$u = 26 \text{ m/s}$$

Izlazni parametri:

$$H_s = 0,88 \text{ m}$$

$$t = 0,21 \text{ h}$$

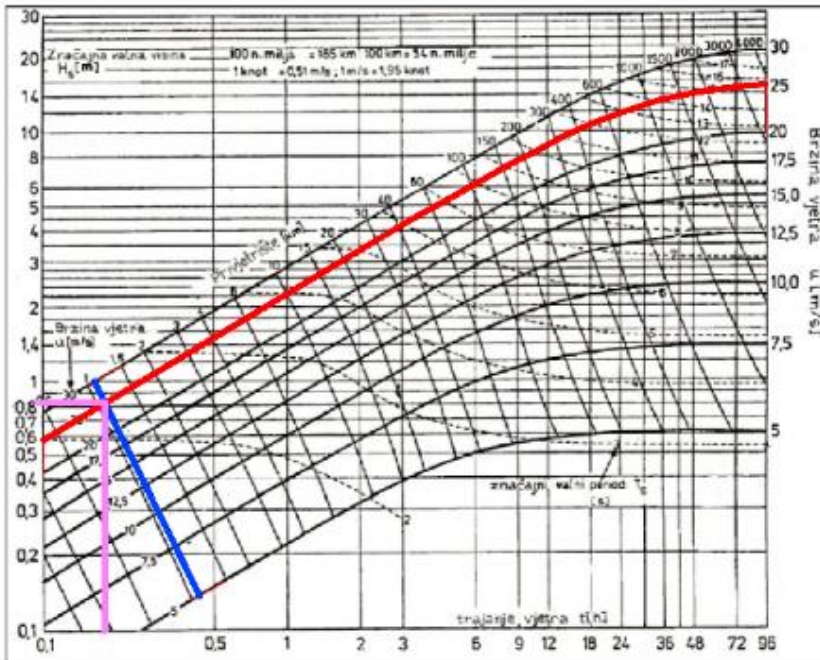
$$T_s = 2,3 \text{ s}$$

d) Proračun privjetrišta iz smjera SE:

Privjetrište SE (135°)		
a	Xi	Xi*cosα
°	km	deg
42	0,65	0,48
36	0,59	0,48
30	0,59	0,51
24	0,62	0,57
18	0,71	0,68
12	0,81	0,79
6	0,99	0,99
0	2,93	2,93
6	2,86	2,85
12	2,83	2,77
18	0,77	0,73
24	0,69	0,63
30	0,60	0,52
36	0,56	0,45
42	0,14	0,10
SUM	16,33	15,47



$$F_{eff} = \frac{\sum Xi \cdot \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} = \frac{16,3}{15,5} = 1,1 \text{ km}$$



Ulazni parametri:

$F_{eff} = 1,1 \text{ km}$

$u = 25 \text{ m/s}$

Izlazni parametri:

$H_s = 0,82 \text{ m}$

$t = 0,21 \text{ h}$

$T_s = 2,3 \text{ s}$

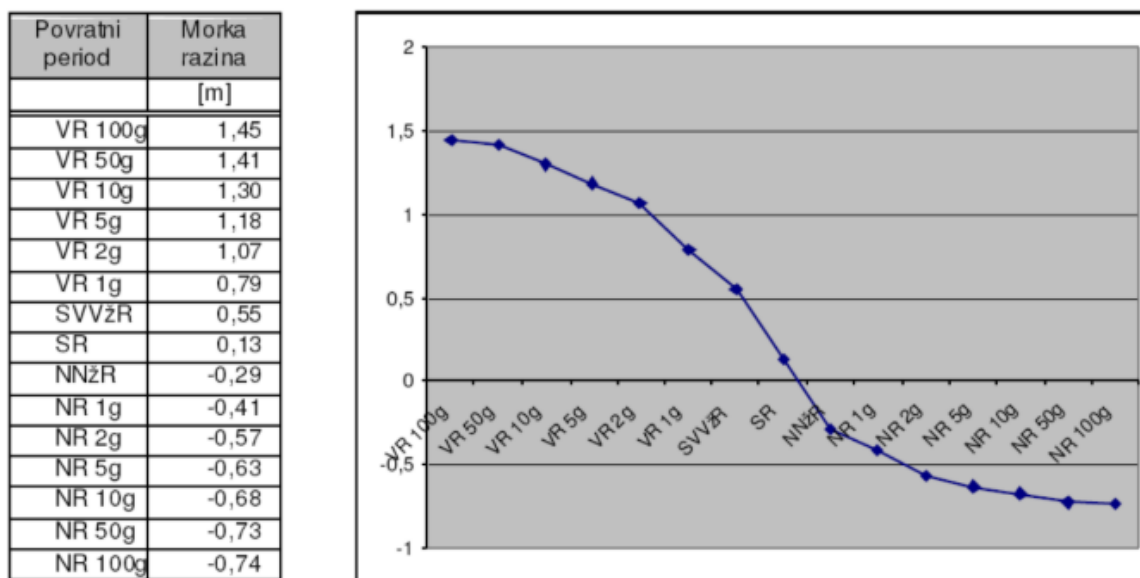
5. RAZINE MORA

5.1. Pasoš obale

Morske mijene, odnosno plima i oseka, predstavljaju periodična osciliranje razine mora izazvane gravitacijskim silama koje djeluju između Zemlje, Mjeseca i Sunca pri njihovom kretanju kroz svemir. Plima i oseka važan su parametar projektiranja obalnih građevina. Grafički i/ili analitički zapis razina mora iskazuje se u tzv. pasošu obale.

Razine mora mjere se mareografom. Na Hrvatskoj obali postavljeno je 5 mareografa koji su u stalnoj funkciji i obavljaju posao mjerenja razina mora, te se kombinacijom podataka dvaju susjedna mareografa dobivaju referentni pasoši obale za svaku potrebnu lokaciju na Hrvatskoj obali.

Za potrebe ovog završnog rada koristiti će se morske razi prikazane na slici 11 preuzete iz projekta idejnog rješenja obalnog kolektora „Riva“ koji se izvodio u Pulskom zaljevu. [23]

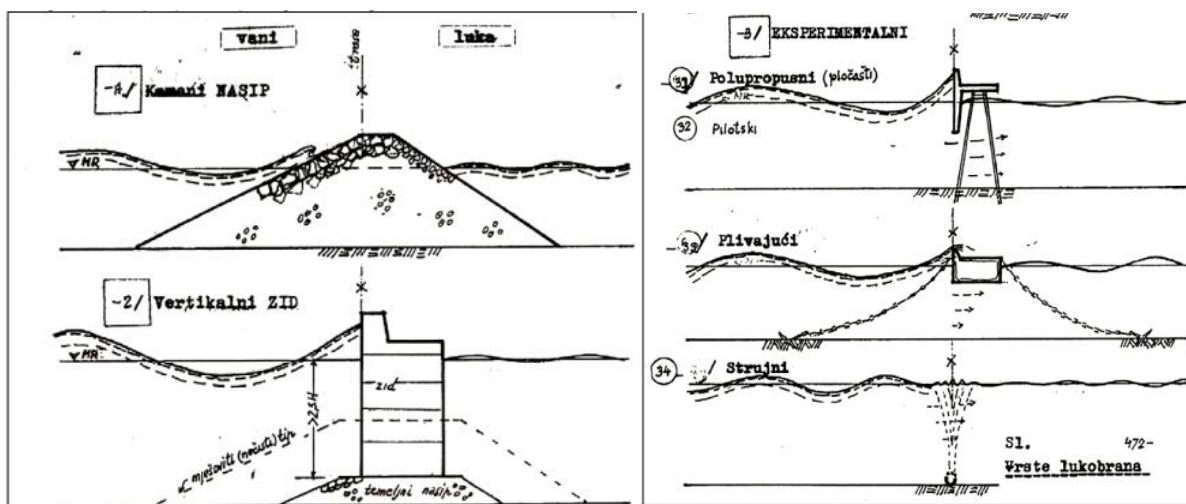


Slika 11. Morske razi u Pulskoj luci za karakteristična povratna razdoblja [23]

6. METODOLOGIJA PRORAČUNA

Kod projektiranja luka i marina, jedan od glavnih ciljeva je da se mehaničke sile koje nepogodno djeluju na sigurnost ljudi i plovila svedu na minimum. Najčešća smetnja u lukama je djelovanje valova, no smetnje mogu biti i drugi morski utjecaji, kao što su naprimjer morske struje i nanosi. Kako bi se luka i obalno područje zaštitili od takvih smetnji, planira se izgradnja lukobrana.

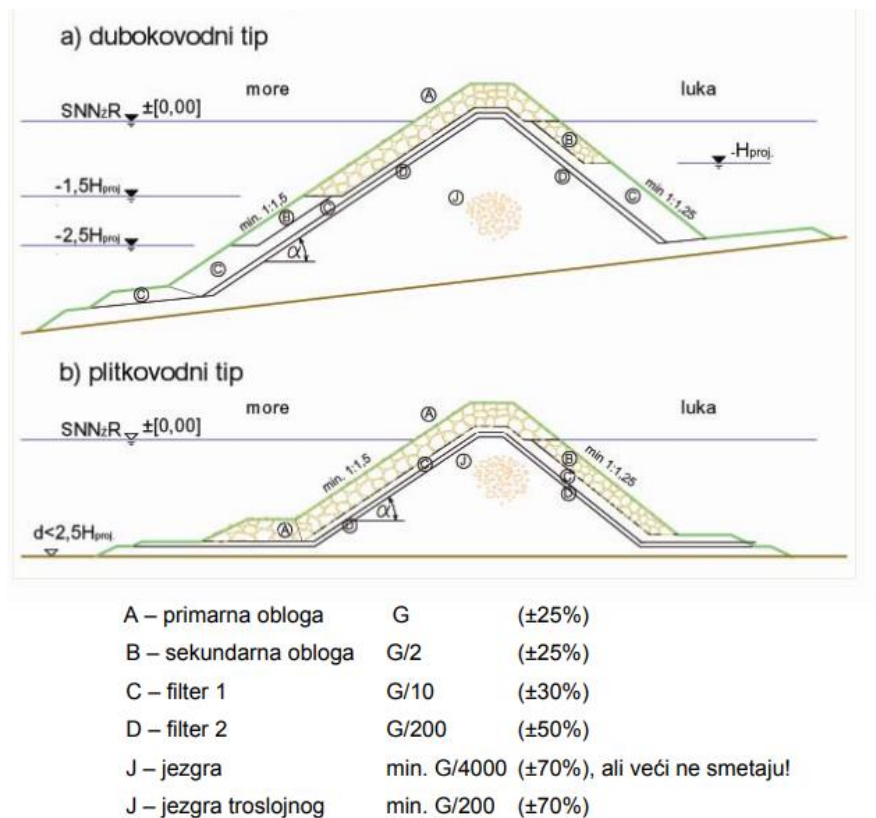
Lukobrani su najčešće spojeni sa obalom, no u nekim se slučajevima mogu graditi i odvojeno od obale. Moguće je projektirati i lukobrane sa proširenom funkcijom, te se takvi lukobrani nazivaju operativnim lukobranima, te se sastoje od obrambene krune na morskoj strani, a sa lučke strane imaju formiraj kej sa brodskim vezovima. Razlikujemo tri osnovna tipa lukobrana: nasuti lukobran, vertikalni lukobran i eksperimentalni lukobran (slika 12). [12]



Slika 12. Tipovi lukobrana [12]

6.1. Dimenzioniranje nasutog lukobrana

Nasuti lukobrani imaju široku primjenu i mogu se primijeniti kod različitih vrsta morskog dna. Izvode se od velikih prirodnih (kamenih) ili umjetnih (betonskih) elemenata (blokova), a generalno se mogu podjeliti na dubokovodni i plitkovodni tip (slika 13).



Slika 13. Poprečni presjek nasutog lukobrana dubokovodnog i plitkovodnog tipa [13]

U poprečnom presjeku nasuti lukobrani imaju trapezasti oblik, a njihova se konstrukcija sastoji od 4 osnovna elementa: primarnog sloja, sekundarnog sloja, jezgre i nožice. Svaki se od tih elemenata dimenzionira i definira nizom proračuna.

a) Primarna obloga

Pri udaru vala na lukobran, val prvenstveno djeluje na primarnu oblogu. Iz tog se razloga ona gradi od najvećih blokova i njena je uloga da zaštiti ostale slojeve lukobrana od hidrodinamičkog djelovanja vala. Može biti građena od prirodnih kamenih materijala ili umjetnih, odnosno prefabriciranih betonskih elemenata različitih oblika (slika 14).

$$G_A = M_A * g \quad (3)$$

Gdje je:

M_A – Masa primarne obloge [kg]

H_{proj} – Projektna visina vala [m]

K_D – Koeficijent stabilnosti

α – Nagib obloge [°]

ρ_{obl} – Gustoća obloge [kg/m³]

ρ_m – Gustoća mora [kg/m³]

Koeficijent stabilnosti K_D i nagib obloge α dobivaju se iz tablice za preporučene koeficijente stabilnosti [15], ovisno o odabranoj podlozi. Iz iste se tablice (tablica 4) također dobiva i broj slojeva n koji će biti potreban u daljnjem proračunu.

Tablica 4. Preporučeni koeficijent stabilnosti K_D [15]

Preporučeni koeficijent stabilnosti K_D									
Dimenzioniranje pokrovnog sloja nasutok 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 zabljeni	2	slučajno	1.2	2.4	1.1	1.9	1:1,5 1:3	
2		>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

Debljina primarnog sloja dobiva se po sljedećoj formuli:

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

Gdje je:

n – Broj slojeva obloge

k_{Δ} – Koeficijent sloja

G_A – Težina obloge [N]

γ_{obl} – Gustoća obloge [kg/m³]

Broj slojeva bologe n odabire se ovisno o odabranoj vrsti zaštitne obloge (tablica 5).

Tablica 5. Koeficijent sloja k_{Δ} [15]

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	≥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

Nakon dimenzioniranja veličina primarne obloge, potrebno je odrediti dimenzije krune. Pri ovom koraku, potrebno je znati sa kojom se funkcijom gradi lukobran, odnosno hoće li biti potrebno minimalno prelijevanje preko lukobrana ili je njegova jedina funkcija funkcija zaštite

pa je dopušteno prelijevanje nešto veće, a širina krune nešto manja. Određuje se visina krune u ovisnosti od projektne visine vala, te nakon toga i širina krune.

$$kora\ krune = v.v. + 1,25 * H_{proj} \quad (5)$$

Gdje je:

$v.v.$ – razina visoke vode za 5-godišnji povratni period [m.n.m.]

H_{proj} – projektna visina vala [m]

$$B = n_{kruna} * k_{\Delta} * \sqrt[3]{\frac{G_A}{\gamma_{obl}}} \quad (6)$$

Gdje je:

B – širina krune [m]

n_{kruna} – broj kruna (najmanje 3)

k_{Δ} – koeficijent sloja

G_A – težina primarne obloge [N]

γ_{obl} – Gustoća obloge [kg/m^3]

Potrebno je također proračunati i raspon masa elemenata primarne obloge iz razloga što težina obloge može varirati od donje granice sa 75% težine do gornje granice sa 125% težine.

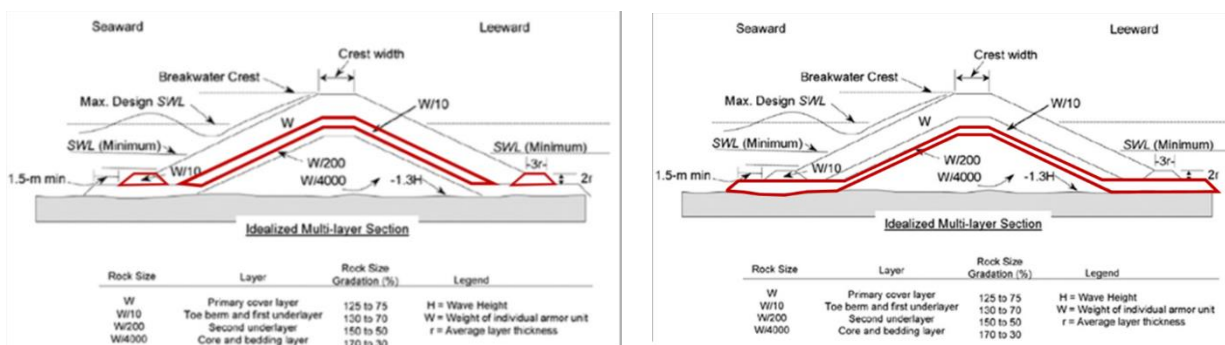
$$M_{max} = M_{125\%} = M_A * 1,25 \quad (7)$$

$$M_{min} = M_{75\%} = M_A * 0,75 \quad (8)$$

b) Sekundarna obloga

Sekundarna obloga postavlja se iznad jezgre, odnosno ispod primarne obloge, a kod dubokovodnih lukobrana postavlja se i kao primarna obloga na unutrašnjoj strani (slika 16). Svrha sekundarne obloge je da zaštiti jezgru od ispiranja. Izvodi se u 2 sloja od kojih je prvi sloj

jedna desetina mase primarnog sloja, a drugi sloj jedna dvjestotina mase primarnog sloja. Osim razlike u veličini mase, proračun sa prvi i drugi međusloj izvodi se po istim formulama.



Slika 16. Prvi i drugi međusloj sekundarne obloge [15]

$$M_{10} = \frac{M_A}{10} \quad (9)$$

$$r_{10} = n_k * k_{\Delta k} * \sqrt[3]{\frac{G_{10}}{\gamma_k}} \quad (10)$$

Gdje su:

M_{10} – Masa prvog međusloja [kg]

M_A – Masa primarne obloge [kg]

r_{10} – Debljina prvog međusloja [m]

n_k – broj slojeva

$k_{\Delta k}$ – koeficijent sloja

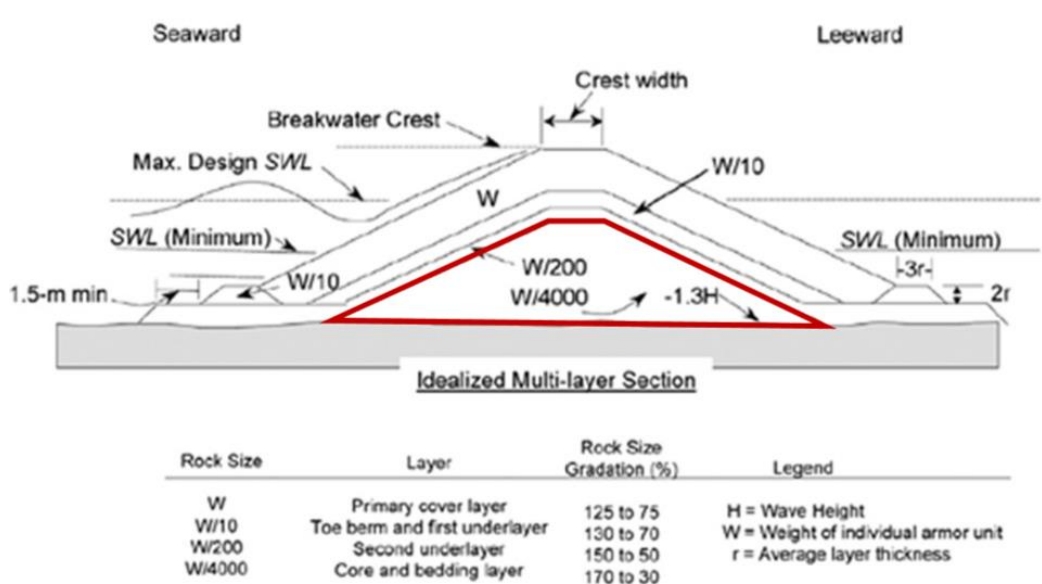
G_{10} – težina prvog međusloja [kN]

γ_k – specifična težina kamena [kg/m³]

Također, kao i kod primarne obloge, računa se raspon masa elemenata. Kod prvog međusloja, minimalna masa elementa je 50% ukupne, dok je maksimalna masa 150% od ukupne. Za drugi međusloj vrijednosti su ipak u nešto manjem rasponu, tako što je minimalna masa 70% od ukupne, a maksimalna 130% od ukupne.

c) Jezgra

Najveći dio lukobrana nalazi se u samom središtu i nazivamo ga jezgrom lukobrana (slika 17). To je najekonomičniji sloj jer se izvodi u težini od 1/4000 mase primarne obloge. Za njegovu izradu može se koristiti neselektirani kameni materijal iz kamenoloma, ali bez zemlje. Minimalna širina njegovog vrha mora biti 3 metra, te mora biti uzdignuta najmanje 0,5 m iznad površine mora. Raspon masa elemenata kreće od minimalne mase koja je 30% od ukupne, a maksimalna masa je 170% od ukupne.



Slika 17. Jezgra nasutog lukobrana [15]

d) Nožica

Uloga nožice je da zaštiti slojeve lukobrana od erozije. Izvodi se od istog materijala koji se koristio za izradu prvog međusloja sekundarne obloge, a dimenzionira se po sljedećim formulama:

$$v_n = 2 * r_{10} \quad (11)$$

$$b_n = 3 * r_{10} \quad (12)$$

Gdje je:

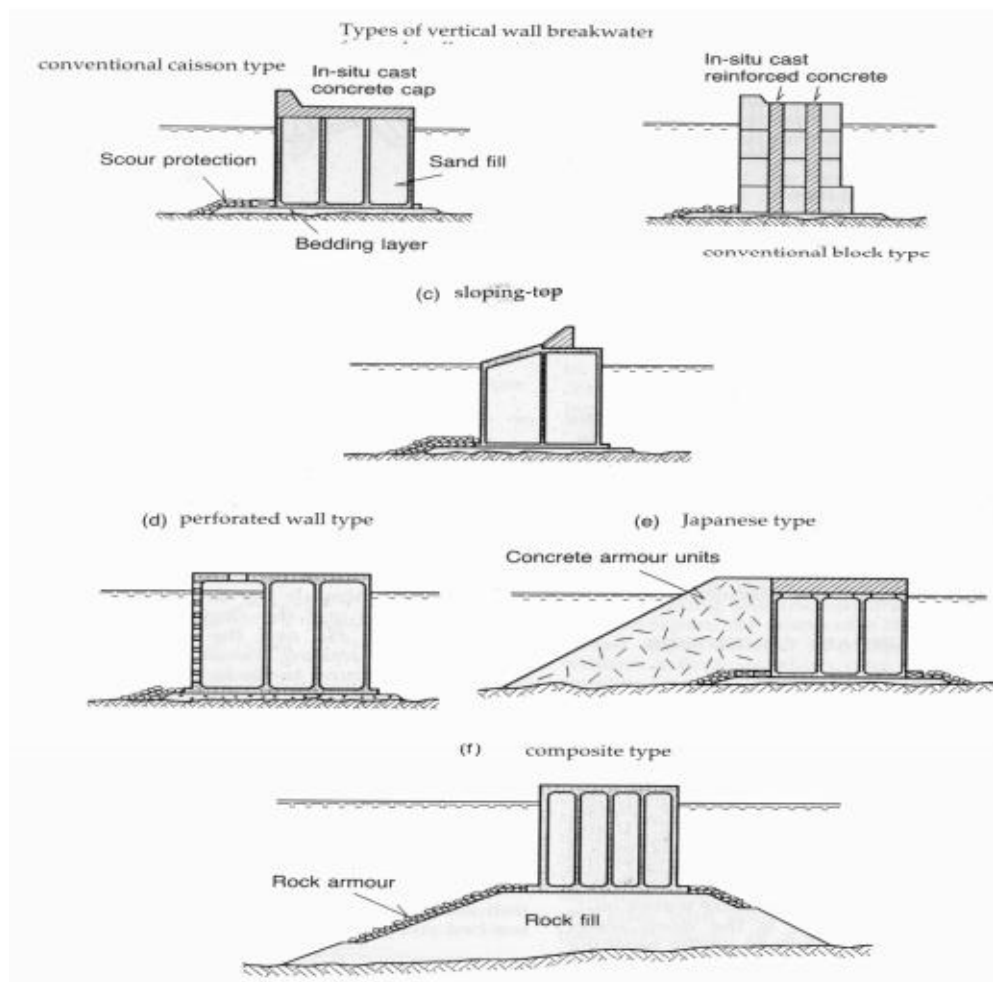
v_n – visina nožice [m]

b_n – širina nožice [m]

r_{10} – debljina prvog međusloja sekundarne obloge [m]

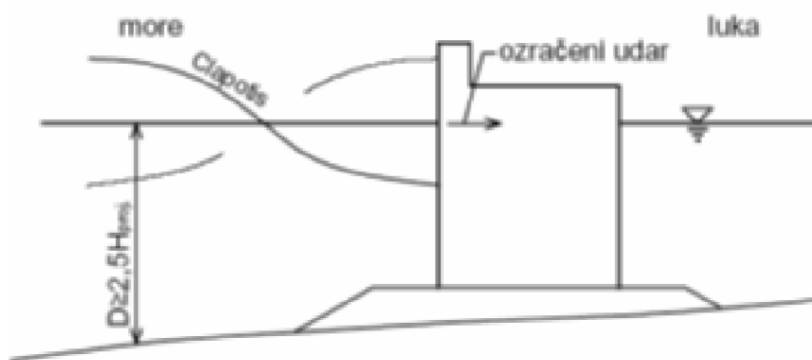
6.2. Dimenzioniranje vertikalnog lukobrana

Za razliku od nasutog lukobrana na kojemu dolazi do loma vala, uloga vertikalnog lukobrana je da reflektira valove. Konstrukcija je kesonskog tipa – smješta se na određeno mjesto i potapa, zapunjuje pijeskom i materijalom u svrhu povećanja nosivosti (slika 18).



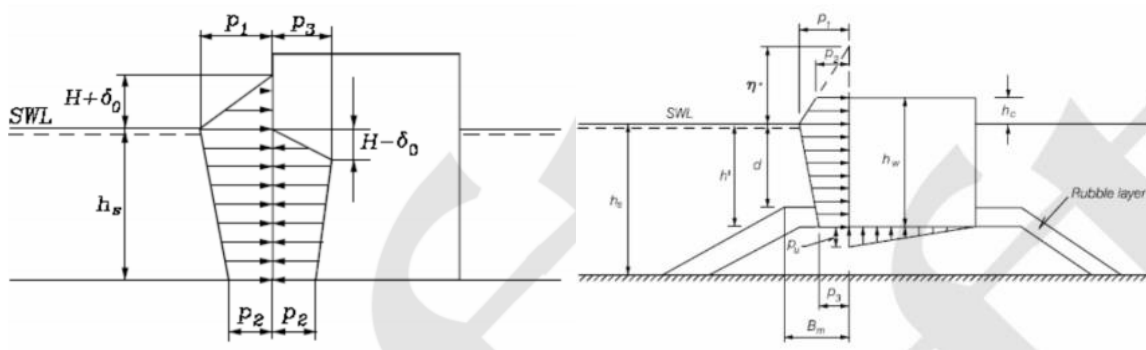
Slika 18. Tipovi vertikalnih lukobrana [16]

Prednost vertikalnih lukobrana nad nasutim je prije svega ekonomičnost, iz razloga što vertikalni lukobran svojoj površinom poprečnog presjeka zauzima znatno manju površinu, izvedba je brža i jednostavnija, te je sama konstrukcija iznimno jednostavnija za projektiranje i izvođenje. Međutim, bez obzira na brojne prednosti, neke od mana ovakvog lukobrana su refleksije valova koje otežavaju ulazak plovila u luku i izazivaju eroziju, te ukoliko se projektirani uvijeti lukobrana u praksi premaše može doći do jako velikih oštećenja (slika 19). [16]



Slika 19. Utjecaj valova na vertikalni lukobran tipa zid [16]

Metode proračuna stabilnosti vertikalnog lukobrana može se izvesti na 3 različita načina: Sainflou, Goda i Minikin (slika 20). Metoda Sainflou koristi se kod lukobrana koj kojih ne dolazi do loma vala preko lukobrana, dok se metodom Goda proračunava lukobran u slučaju da će maksimalni val svojom visinom premašiti visinu lukobrana.



Slika 20. Metoda Sainflou (lijevo) i Goda (desno) [16]

a) Metoda Sainflou

Metoda Sainflou [24] koristi se kada ne dolazi do loma valova, zid je vertikalni i može se primijeniti za realne valove, pretpostavlja linearnu distribuciju pritiska ispod morske razine. Zbog mogućeg nastajanja velikih oštećenja ukoliko se projektirani uvjeti premaše, lukobran se dimenzionira za maksimalni val za stogodišnji povratni period.

$$H_{proj} = H_{max} = 1,8 * H_s [m] \quad (13)$$

Gdje je:

H_{proj} – Projektna visina vala [m]

H_{max} – Maksimalna visina vala za 100-godišnji povratni period [m]

H_s – Značajna visina vala [m]

Potrebno je također izračunati vertikalni pomak razine mora uslijed djelovanja valova, kao i ukupna izdignuća vala, te provjeru preljevanja, po formulama kako slijedi [24]:

$$\delta_0 = \pi * \frac{H_p^2}{L} * \coth\left(\frac{2 * \pi}{L} * h_s\right) \quad (14)$$

$$Ukupno\ izdignuće\ vala = H_p + \delta_0 \quad (15)$$

$$Provjera\ prevrtanja: H_p + \delta_0 + v.v. < k.z. \quad (16)$$

Gdje je:

δ_0 – Vertikalni pomak razine mora uslijed djelovanja valova [m]

H_p – Projektna visina vala [m]

L – Duljina vala [m]

h_s – Dubina mora [m.n.m.]

$v.v.$ – Razina visoke vode za 100-godišnji povratni period [m.n.m.]

$k.z.$ – kota zida [m.n.m.]

Valna opterećenja na vertikalni lukobran računaju se po sljedećim formulama [24] :

$$p_1 = (p_2 + \gamma_w * h_s) * \frac{H_p + \delta_0}{h_s + H_p + \delta_0} \left[\frac{kN}{m^2} \right] \quad (17)$$

$$p_2 = \frac{\gamma_w * H_p}{\cosh\left(\frac{2 * \pi}{L} * h_s\right)} \left[\frac{kN}{m^2} \right] \quad (18)$$

$$p_3 = \gamma_w * (H_p - \delta_0) \left[\frac{kN}{m^2} \right] \quad (19)$$

$$u = \gamma_w * h_s \left[\frac{kN}{m^2} \right] \quad (20)$$

$$p_u = p_2 \left[\frac{kN}{m^2} \right] \quad (21)$$

Gdje je:

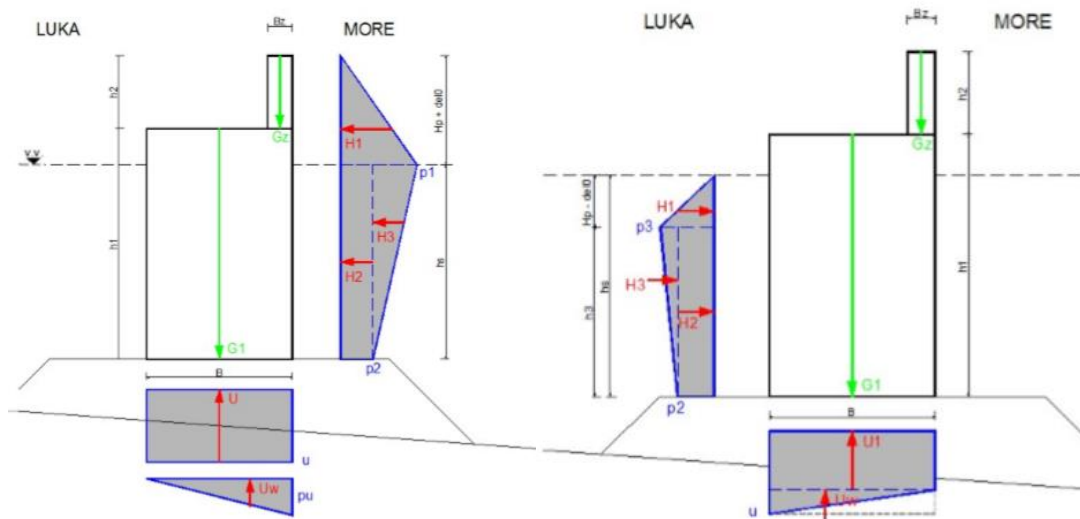
γ_w – Specifična težina vode [kN/m³]

h_s – Dubina mora [m]

H_p – Projektna visina vala [m]

δ_0 – Vertikalni pomak razine mora uslijed djelovanja valova [m]

L – Duljina vala [m]



Slika 21. Shematski prikaz opterećenja [17]

Nakon proračuna valnih opterećenja, potrebno je izračunati sve sile koje djeluju u sustavu (težine konstrukcije lukobrana, uzgon, horizontalne sile od opterećenja vala), te momente koji nastaju pri rotaciji svih sila oko točke lukobrana oko koje dolazi do prevrtanja.

Na poslijetku potrebno je napraviti provjeru na prevrtanje i provjeru na klizanje, kako bi se ustvrdilo zadovoljava li lukobran uvijete.

b) Metoda Goda

Metoda Goda koristi se za određivanje stabilnosti vertikalnih lukobrana izloženih valovima kod kojih će doći do prelijevanja preko lukobrana. [24] Može se projektirati lukobran sa ili bez vertikalnog zida.

Visina projektnog vala za metodu Goda definirana je sljedećim izrazom za maksimalni val [24]:

$$H_{proj} = H_{max} = 1,8 * H_s [m] \quad (22)$$

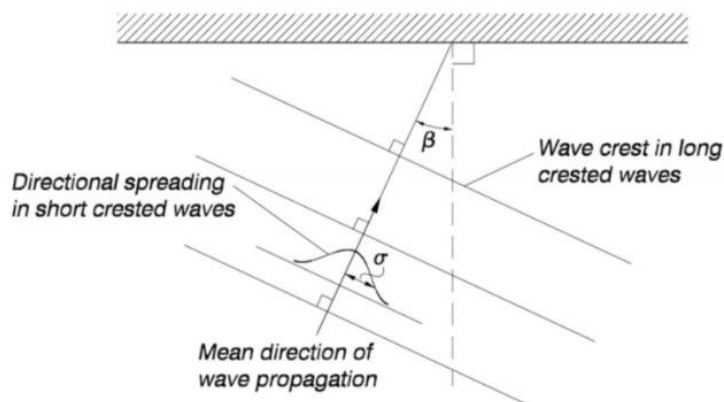
Gdje je:

H_{proj} – Projektna visina vala [m]

H_{max} – Maksimalna visina vala za 100-godišnji povratni period [m]

H_s – Značajna visina vala [m]

Za razliku od metode Sainflou, kod metode Goda mora se također u obzir uzeti i kut nailaska fronte vala u odnosu na normalu lukobrana β .



β – kut između smjera propagacije valova i normale lukobrana

Slika 22. Kut između smjera propagacije valova i normale lukobrana [18]

Također, bitan parametar koji se kod ove metode mora uzeti u obzir je i elevacija morske razine koja predstavnja parametar doseg vala na konstrukciju lukobrana iznad mirne razine mora. Definirana je sljedećim izrazom [24]:

$$\eta = 0,75 * (1 + \cos(\beta)) * \lambda_1 * H_p \quad (23)$$

Gdje su:

η – Maksimalna elevacija morske razine

β – Kut između smjera širenja valova i normale lukobrana [°]

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

Intenziteti pritiska vala na lukobran definiraju se sljedećim izrazima [24]:

$$p_1 = 0,5 * (1 + \cos(\beta)) * (\lambda_1 * \alpha_1 + \lambda_2 * \alpha_2 * \cos(\beta)^2) * \gamma_w * H_p \quad (24)$$

$$p_2 = \left(1 - \frac{h_c}{\eta}\right) * p_1 \quad (25)$$

$$p_3 = \alpha_3 * p_1 \quad (26)$$

$$u = \gamma_w * h \quad (27)$$

$$p_u = 0,5 * \left((1 + \cos(\beta)) * \lambda_3 * \alpha_1 * \alpha_3 * \gamma_w * H_p \right) \quad (28)$$

Gdje su:

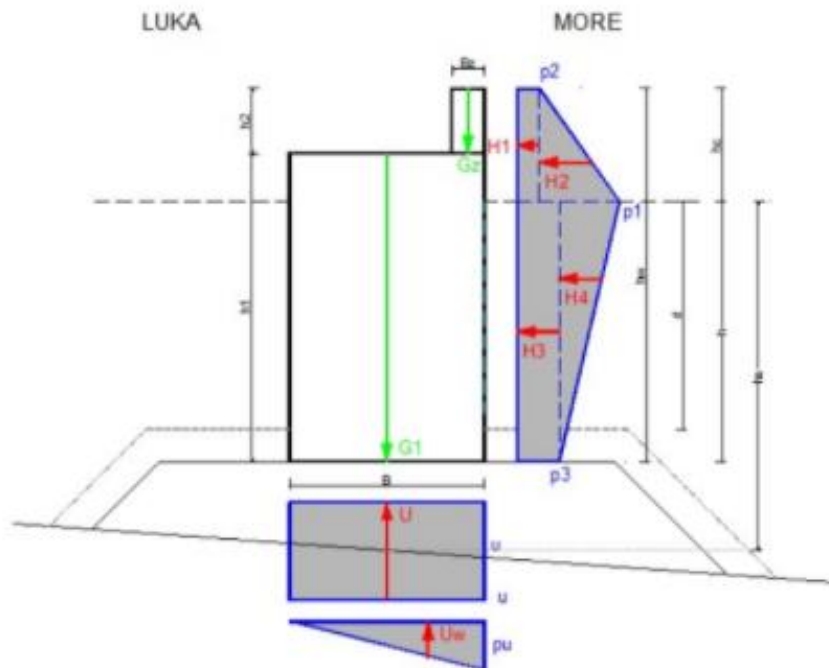
p_1, p_2, p_3 – Valni pritisci

u, p_u – Sile uzgona ispod konstrukcije lukobrana

Potrebno je na posljatku napraviti provjeru na prevrtanje oko najniže točke lukobrana sa unutarnje strane (prema luci) i provjeru na klizanje. Za obje provjere stabilnosti uzimaju se parcijalni koeficijenti γ za proračun graničnog stanja nosivosti (LS1), gubitak statičke ravnoteže (EQU) prema EN 1997 – 1 [25] koji su prikazani u Tablici 6.

Tablica 6. Parcijalni koeficijenti po EN 1997-1 [25]

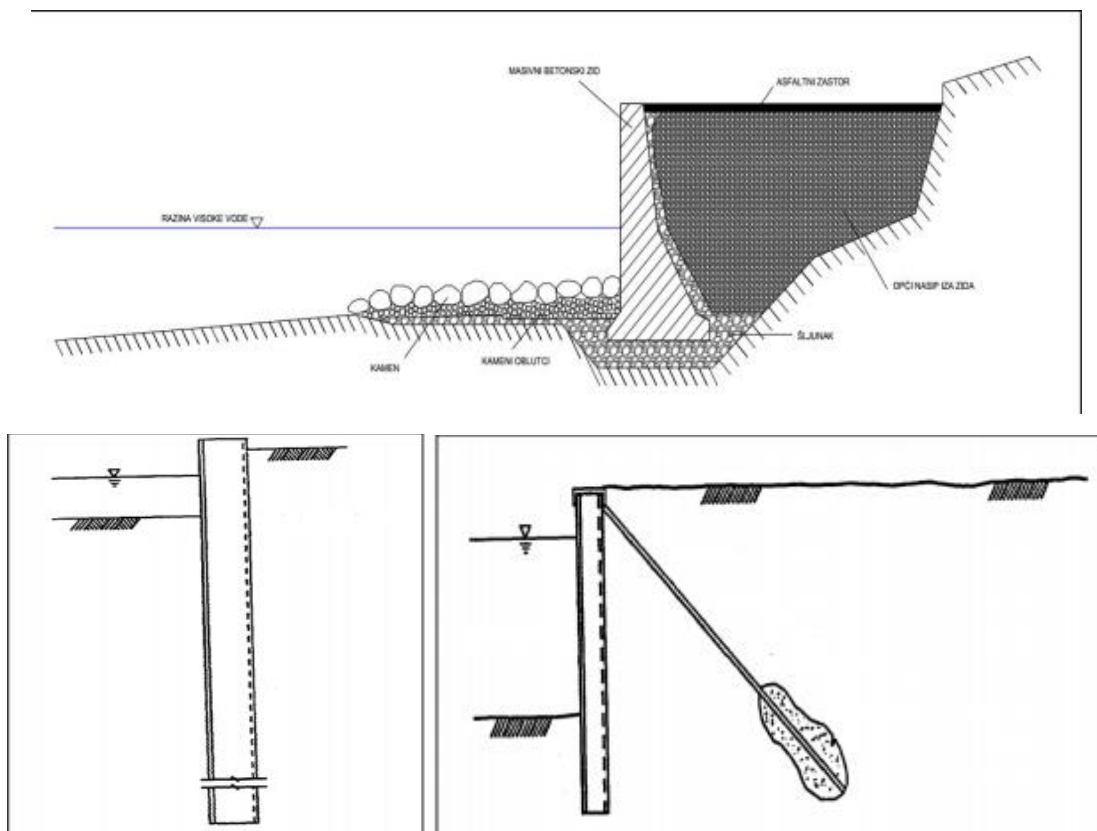
Parameter	Ultimate limit state				
			EQU	UPL	HYD
Permanent actions (G)	Destabilizing	$\gamma_{G,dest}$	1,1	1,0	1,35
	Stabilizing	$\gamma_{G,stab}$	0,9	0,9	0,9
Variable actions (Q)	Destabilizing	$\gamma_{Q,dest}$	1,5	1,5	1,5
	Stabilizing	$\gamma_{Q,stab}$	0	0	0
Coefficient of shearing resistance ($\tan \varphi$)		γ_{φ}	1,25	1,25	
Effective cohesion (c')		$\gamma_{c'}$	1,25	1,25	
Undrained strength (c_u)		γ_{c_u}	1,4	1,4	
Unconfined compressive strength (q_u)		γ_{q_u}	1,4	1,4	
Weight density (γ)		γ_{γ}	1,0	1,0	
Tensile pile resistance (R_{st})		γ_{st}		1,4	
Anchorage resistance (R_a)		γ_a		1,4	



Slika 23. Shematski prikaz opterećenja [18]

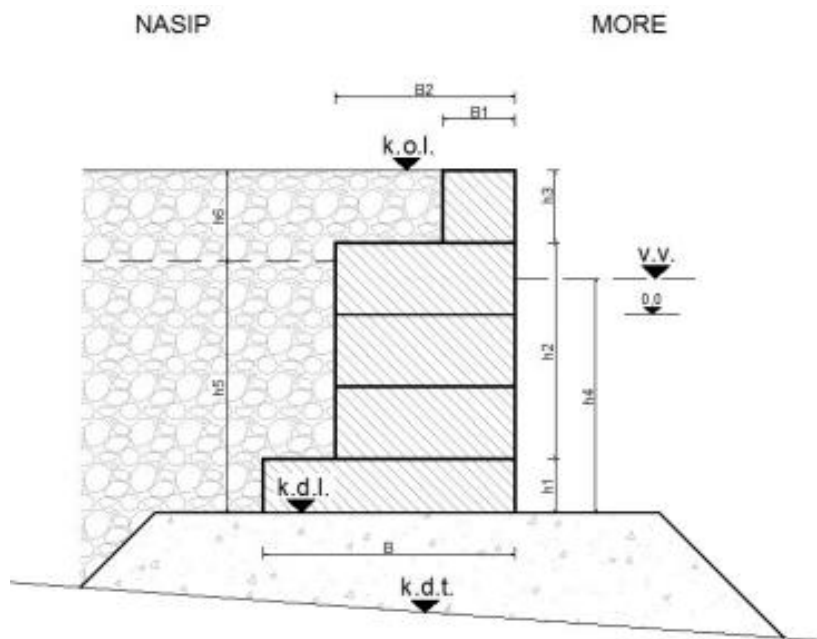
6.3. Dimenzioniranje obalnog zida

Obalni zid je vid potporne konstrukcije koja služi za vezanje plovila, zadržava tlo iza zida kako bi se osigurala nosivost i zadržava vodu tijekom visokih razina mora. Također preuzima i opterećenja od morskih valova čime štiti obalu od njihovih djelovanja i erozije. Prema tipu konstrukcije obalni zidovi mogu biti masivni, oblika pilota ili oblika pilota sa zategom (Slika 24).



Slika 24. Tipovi obalnih zidova: a) Masivni obalni zid (gore) b) Obalni zid u obliku pilota (dolje lijevo)
c) Obalni zid u obliku pilota sa zategom (dolje desno) [19]

Proračun obalnog zida (slika 25) koji će se provesti u ovom završnom radu provoditi će se po metodi za složeni obalni zid (zid sastavljen od dva ili više blokova). [25] Proračun se započinje na način da se postavi shema blokova obalnog zida sa određenim dimenzijama svih blokova, dubinama i visinama zida, kao i razine visoke vode ispred i iza zida.



Slika 25. Shematski prikaz obalnog zida sa dimenzijama blokova, visinama, dubinama i razinama visoke vode ispred i iza zida. [20]

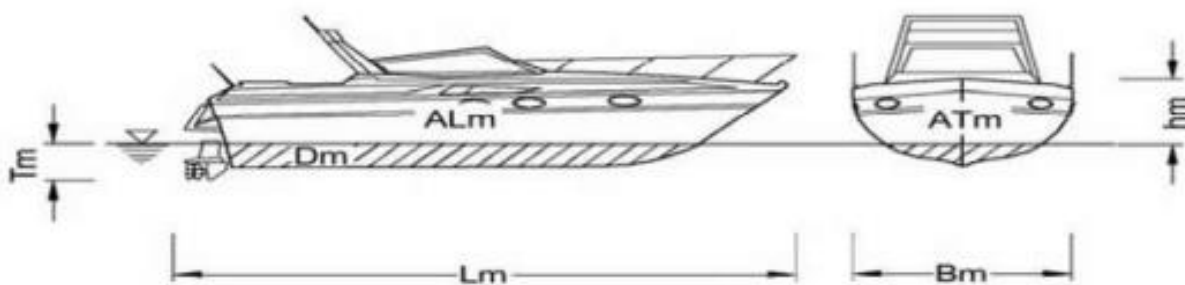
Glavna opterećenja koja utječu na obalni zid koja se moraju uvažiti pri projektiranju su sila nasipa ili obale iza zida, tj. aktivni potisak i sila od priveza plovila koje se veže za zid i nastaje pri djelovanju vjetra na plovilo (slika 26).

Pri izvođenju provjera, karakteristične parametre potrebno je pretvoriti u računske korištenjem parcijalnih koeficijenata za proračun graničnog stanja nosivosti prikazani u Tablici 5.

6.4. Dispozicija vezova plovila

Prilikom projektiranja novih i rekonstrukcije postojećih luka potrebno je posebno obratiti pozornost na maksimalno funkcionalno projektiranje, dimenzioniranje i organiziranje gatova i dispozicije vezova plovila kako bi se u konačnici dobila funkcionalna luka sa većim brojem priveznih mjesta i dovoljnim prostorom za manevar plovila unutar površine luke. Kako bi se postigla maksimalna funkcionalnost luke, potrebno je manja plovila smjestiti dublje u luku, odnosno bliže obali gdje su dubine dna manje, a veća plovila smjestiti bliže samom ulazu zbog što manjeg manevriranja unutar luke. Plovila se najčešće smještaju okomito na gatove ili obalu, no najveća plovila mogu se smjestiti i paralelno s operativnom obalom.

Prije samog početka dimenzioniranja potrebno je sagledati i uzeti u obzir veličine plovila koje će koristiti luku, kako bi se ona mogla što funkcionalnije organizirati. Dimenzije plovila mogu se opisati kroz nekoliko stavki kako je prikazano na slici 27.



Slika 27. Prikaz dimenzija plovila [22]

Gdje su:

L_m – Duljina preko svega – Vodoravni razmak između krajnjih točaka na pramcu i na krmi broda [m]

L_{pp} – Duljina između okomica – Vodoravni razmak između krmenog i pramčanog perpendikulara [m]

B_m – Širina mjerena na vanjskom ruku broda (glavnom rebru) [m]

T_m – Gaz – Vertikalna udaljenost od osnovice do plovne vodne linije [m]

F_m – Nadvođe – Vertikalna udaljenost od plovne vodne linije do gornjeg ruba oploćenja palube [m]

Kod rasporeda privezništa potrebno je voditi računa o dubinama, stoga minimalna dubina ovisi o veličini i vrsti pogona, a računaju se na najniže, tj. maksimalne oseke na sljedeći način:

$$Gaz\ plovila + \frac{1}{2}\ mogučeg\ vala\ u\ marini + 0,5 [m] \quad (30)$$

Visina mogućeg vala za mirniji dio luke uzima se prema normativu za marine i iznosi $H_{1/3}$.

Minimalne dubine potrebne za svaku kategoriju plovila (ovisno o duljini plovila i pogonu) iščitavaju se iz tablice iz ACI priručnika (tablica) ili iz priručnika za dimenzioniranje plovila u marinama, Monaco [26] (tablica 8).

Tablica 7. Dubine prema Acy-u [22]

KATEGORIJA VEZA	DULJINA [m]	MAX. GAZ NA MOTOR [m]	MAX. GAZ NA JEDRA [m]	MIN. IZRAČUNATE DUBINE VEZA NA MOTOR [m]	MIN. IZRAČUNATE DUBINE VEZA NA JEDRA [m]
I	Do 5	0,40	0,40	1,05	-
II	5 - 6	0,50	1,40	1,15	2,05
III	6 - 8	0,60	1,60	1,25	2,25
IV	8 - 10	0,80	2,00	1,45	2,65
V	10 - 12	1,20	2,30	1,85	2,95
VI	12 - 15	1,40	2,50	2,05	3,15
VII	15 - 18	1,80	2,80	2,45	3,45

Tablica 8. Dimenzije priveznih mjesta za manja plovila prema Priručniku za dimenzioniranje plovila u marinama [26]

Category	Slip length (m)	Slip width (m)	Slip area (m ²)
Small boats	5,00	2,30	15,00
	6,00	2,80	16,80
	8,00	3,30	26,40
Medium	10,00	4,00	40,00
	12,00	4,50	54,00
	15,00	5,00	75,00
Large	16,00	5,00	80,00
	18,00	6,00	108,00
	20,00	7,00	140,00
Super Yachts	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
Méga Yachts	60,00	13,00	780,00
	70,00	15,00	1.050,00
	80,00	16,00	1.280,00
	90,00	18,00	1.620,00
	100,00	20,00	2.000,00

Razmak između gatova ovisi o kategoriji plovila koja se privezuju među njima. Za tip veza krmom na gat, pramcem na lanac, razmak između gatova računa se prema sljedećoj formuli [21]:

$$R_m = \max l. v. + \max d. v. + 1,3 * \max v. \quad (31)$$

Gdje su:

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 također odrediti i širinu ulaza u luku, koja se definira najvećom od tri zadana uvijeta [22]:

1) 20,0 m

$$2) L_{max} + 2,0 \text{ m}$$

$$3) 5 * B_{max}$$

Gdje su:

L_{max} – Duljina najvećeg plovila u luci [m]

B_{max} – Širina najvećeg plovila u luci [m]

Od iznimne je važnosti i širina plovnog puta unutar luke koja treba biti $3 - 5 * B_{max}$ za jednosmjernan, odnosno dvosmjernan promet.

Pri dimenzioniranju dispozicije priveznih mjesta potrebno je sagledati odnose širine i duljine plovila. Na sve fiksne i plutajuće obalne konstrukcije na kojima se nalazi privezno mjesto djeluju opterećenja nastala djelovanjem vjetra, valova i morskih struja (slika 28).



Slika 28. Opterećenja na privezni sustav [22]

Sila nastala djelovanjem vjetra na privezni sustav računa se po sljedećoj formuli [26]:

$$F_v = C_{v(\alpha)} * \frac{1}{2} * \rho_z * v_{r_v}^2 * A \quad (32)$$

Gdje su:

F_v – Sila vjetra [N]

$C_{v(\alpha)}$ – Koeficijent otpora zraka tijela izloženog djelovanju vjetra

ρ_z – Gustoća zraka [kg/m^3]

v_{rv} – Relativna brzina vjetra [m/s]

A – Površina nadvodnog djela broda [m²]

Djelovanje morskih struja na privezno mjesto iskazano je sljedećom formulom [26]:

$$F_{ms} = c_{ms(\alpha)} * \frac{1}{2} * \rho_v * v_{ms}^2 * A_{ms} \quad (33)$$

Gdje su:

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

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

ρ_v – Gustoća morske vode u kojoj se nalazi brod [kg/m³]

v_{ms} – Brzina morske struje [m/s]

A_{ms} – Površina podvodnog djela broda [m²]

Djelovanje morskih valova koji se prvenstveno javljaju kao posljedica prometovanja lukom iskazani su sljedećom formulom [26]:

$$F_{val} = C_{val(\rho)} * \frac{1}{2} * \rho_v * g * L * \left(\frac{H_s}{2}\right)^2 \quad (34)$$

Gdje su:

F_v – Sila koja djeluje na val [N]

$C_{val(\rho)}$ – Empirijski koeficijent

ρ_v – Gustoća morske vode u kojoj se nalazi brod [kg/m³]

g – Gravitacijska konstanta [m/s²]

L – Duljina plovila na vodenoj liniji [m]

H_s – Značajna visina vala [m]

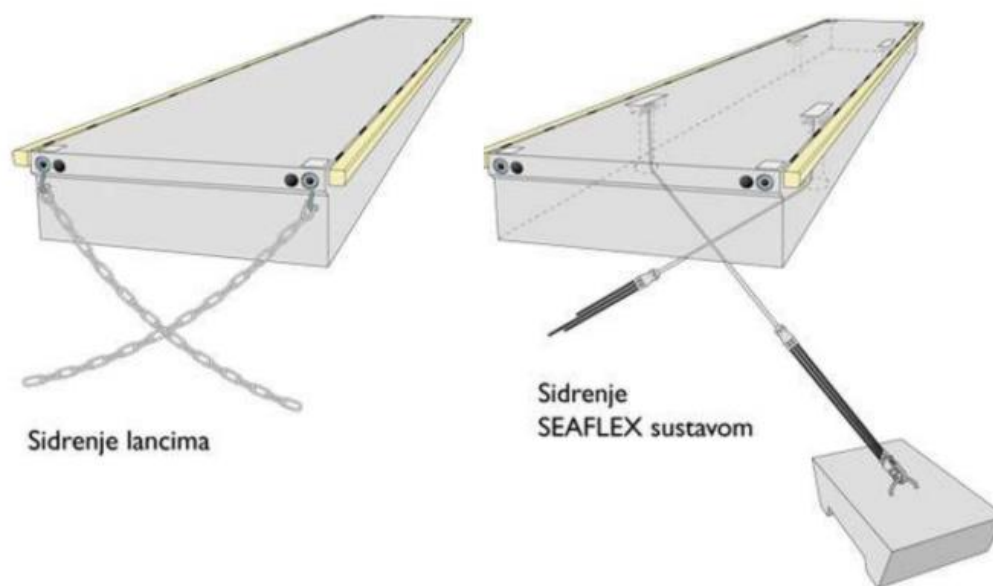
Proračun priveznih sila na gat ili obalu provodi se prema Priručniku za dimenzioniranje plovila u marinama [26] po sljedećim danim preporukama:

- 1) Usvaja se koeficijent otpora $C_D = 1$ za djelovanje vjetra
- 2) Zanemaruje se djelovanje morskih struja pri brzinama manjim od 0,25 m/s
- 3) Zanemaruje se utjecaj od udara plovila kod pristajanja na plutajuće gatove
- 4) Preferira se plutajući gat do širine 5,0 m
- 5) Pri proračunu koristiti faktor sigurnosti 1,5 za jahte do 24,0 m i stanje mora do $H_s = 0,3$ m, a za megajahte (veće od 24,0 m) i stanje mora $H_s = 0,6$ m koristi faktor sigurnosti 3,0

Tablica 9. Okvirne vrijednosti priveznih sila po metru dužnom [22]

Boat length	Mooring force in kN per linear metre (sc = 1.5)
8 m	1.8
12 m	2.7
20 m	4.0
25 m	4.5
30 m	5.0
35 m	5.2
40 m	5.4
45 m	6.1
50 m	6.8
60 m	8.1
70 m	9.4
90 m	12.1
100 m	13.5
120 m	16.2

Kod rasporeda i organizacije priveznih mjesta kao plovne građevine koriste se plutajući gatovi koji se sidre sidrenim blokovima, a preuzimaju silu s plovila, te također dijelom umanjuju njeno djelovanje trenjem, a djelom otporom koji nastaje ukopavanjem bloka uz ovisnost o vrsti dna i obliku sidrenog bloka. Sidrenje se može izvesti lancima ili SEAFLEX sustavom, kako je prikazano na slici 29.



Slika 29. Prikaz načina sidrenja plutajućih gatova [22]

Proračun dimenzija sidrenog bloka provodi se na način da se odredi potrebna masa sidra koja mora biti dovoljno velika kako bi osigurala stabilnost pri utjecaju svih sila koje na nju djeluju.

$$M_b = \frac{R_s}{g * K_s} \quad (35)$$

Gdje su:

M_b – Masa sidrenog bloka

R_s – Horizontalna sila na blok

g – Ubrzanje polja sile teže

K_s – Faktor utjecaja tla

Za betonsko sidro oblika krnje piramide koriste se sljedeći faktori utjecaja tla:

$K_s = 1,2 - 1,3$ za mulj

$K_s = 1,2 - 1,4$ za glinu

$K_s = 1,0 - 1,2$ za pijesak

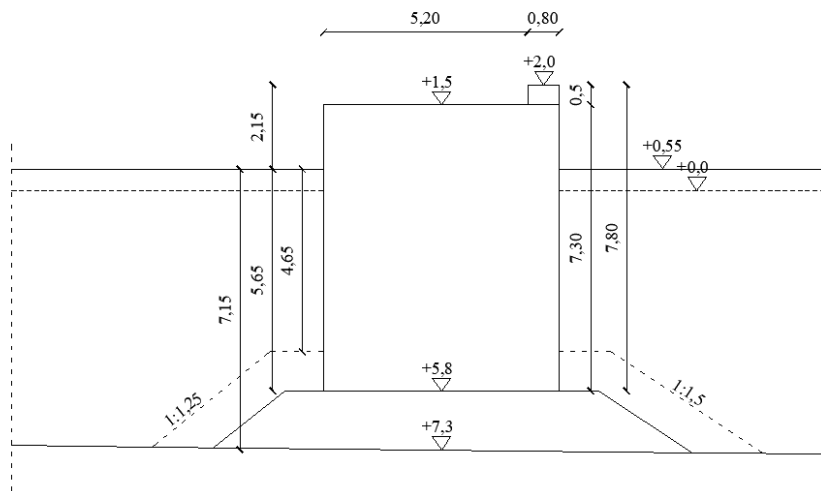
7. DIMENZIONIRANJE OBALNIH GRAĐEVINA

7.1. Primarni lukobran

Kao primarni lukobran odabire se prohodni tip vertikalnog lukobrana, na čijoj će se unutarnjoj strani postaviti vezovi za plovila. Proračun se izvodi po prethodno objašnjenj metodi Goda [24].

ZADANO

Značajna visina vala	$H_s = 0,85 \text{ m}$
Duljina vala	$L = 14,4 \text{ m}$
Razina visoke vode	$RM = 0,55 \text{ m}$
Kota obale lukobrana	$k.o.l. = 1,5 \text{ m}$
Kota dna lukobrana	$k.d.l. = -5,8 \text{ m}$
Kota zida	$kz = 2,0 \text{ m}$
Specifična težina mora	$\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$
Specifična težina betona	$\gamma_c = 24 \text{ kN/m}^3$
Širina lukobrana	$B = 6 \text{ m}$
Širina zida	$B_z = 0,8 \text{ m}$
Dubina dna	$k.d.t = dno = -7,3 \text{ m}$
Kut nailaska vala	$\beta = 3^\circ$
Debljina zaštitnog sloja	$D = 1,0 \text{ m}$



Slika 30. Shematski prikaz vertikalnog lukobrana sa pretpostavljenim dimenzijama

Dimenzije

Visina lukobrana $h_1 = k.o.l. - k.d.l. = 1,5 - (-5,8) = 7,3 \text{ m}$

Visina zida $h_2 = kz - k.o.l. = 2,0 - 1,5 = 0,5 \text{ m}$

Projektna visina vala $H_P = H_{max} = 1,8 * H_s = 1,8 * 0,85 = 1,53 \text{ m}$

Dubina na udaljenosti $5H_s$ $h_b = 6,7 \text{ m}$

Pomoćne dimenzije $d = RM - kdl - D = 0,55 - (-5,8) - 1,0 = 5,35 \text{ m}$

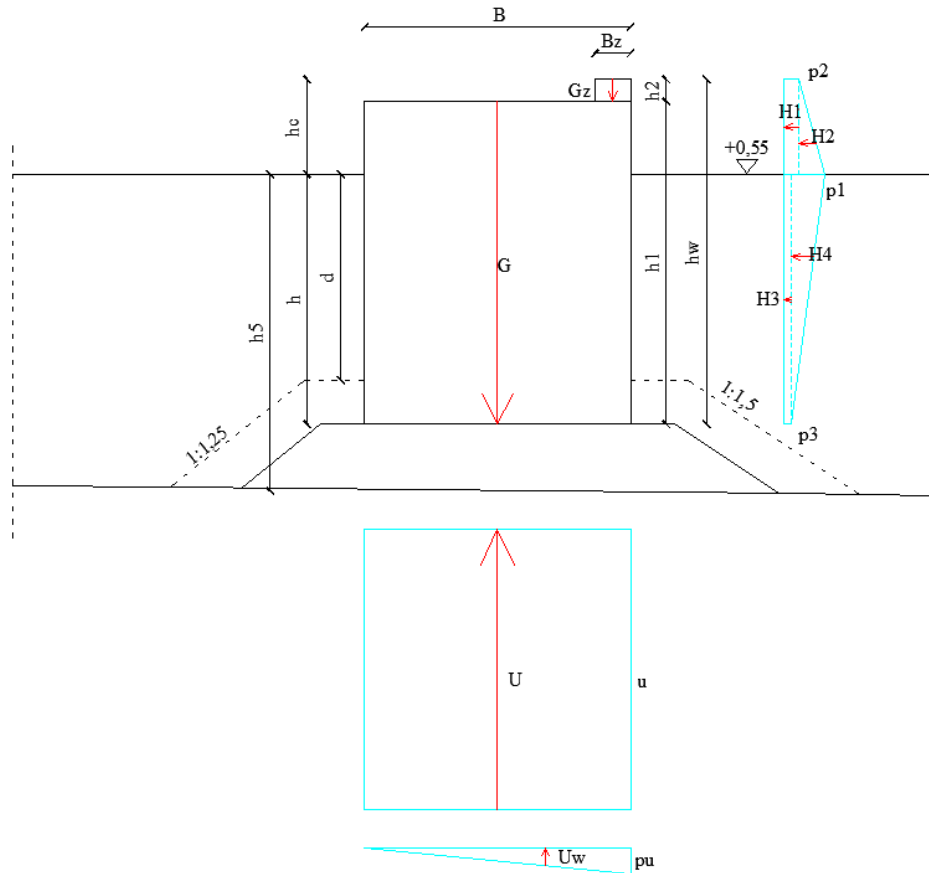
$h = RM - kdl = 0,55 - (-5,8) = 6,35 \text{ m}$

$h_c = kz - RM = 2,0 - 0,55 = 1,45 \text{ m}$

$h_s = RM - dno = 0,55 - (-6,6) = 7,15 \text{ m}$

$h_w = kz - kdl = 2,0 - (-5,8) = 7,8 \text{ m}$

$\lambda_1 = 1; \lambda_2 = 1, \lambda_3 = 1$



Slika 31. Shematski prikaz sila koje utječu na lukobran

Proračun opterećenja

$$\eta = 0,75 * (1 + \cos(\beta)) * \lambda_1 * H_p = 0,75 * (1 + \cos(3)) * 1 * 1,53 = 2,29 \text{ m}$$

Valna opterećenja

$$\alpha_1 = 0,6 + 0,5 * \left(\frac{\frac{4 * \pi * h_s}{L}}{\sinh\left(\frac{4 * \pi * h_s}{L}\right)} \right)^2 = 0,6 + 0,5 * \left(\frac{\frac{4 * \pi * 7,3}{14,4}}{\sinh\left(\frac{4 * \pi * 7,3}{14,4}\right)} \right)^2 = 0,60$$

$$\alpha_2 = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{h_b - d}{3 * h_b} * \left(\frac{H_p}{d} \right)^2 \\ 2 * \frac{d}{H_p} \end{array} \right. = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{6,7 - 5,35}{3 * 6,7} * \left(\frac{1,53}{5,35} \right)^2 \\ 2 * \frac{5,35}{1,53} \end{array} \right. = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,0055 \\ 6,99 \end{array} \right. = 0,0055$$

$$\alpha_3 = 1 - \frac{h_w - h_c}{h_s} * \left(1 - \frac{1}{\cosh\left(\frac{2 * \pi * h_s}{L}\right)} \right) = 1 - \frac{7,8 - 1,3}{7,3} * \left(1 - \frac{1}{\cosh\left(\frac{2 * \pi * 7,3}{14,4}\right)} \right) = 0,18$$

$$p_1 = 0,5 * (1 + \cos(\beta)) * (\lambda_1 * \alpha_1 + \lambda_2 * \alpha_2 * \cos(\beta)^2) * \gamma_w * H_p = 0,5 * (1 + \cos(3)) * (1 * 0,6 + 1 * 0,0055 * \cos(3)^2) * 10 * 1,53 = 9,26 \text{ kN/m}^2$$

$$p_2 = \left(1 - \frac{h_c}{\eta}\right) * p_1 = \left(1 - \frac{1,45}{2,29}\right) * 9,26 = 3,40 \text{ kN/m}^2$$

$$p_3 = \alpha_3 * p_1 = 0,18 * 9,26 = 1,67 \text{ kN/m}^2$$

$$u = \gamma_w * h = 10 * 6,35 = 63,5 \text{ kN/m}^2$$

$$p_u = 0,5 * \left((1 + \cos(\beta)) * \lambda_3 * \alpha_1 * \alpha_3 * \gamma_w * H_p \right) = 0,5 * \left((1 + \cos(3)) * 1 * 0,6 * 0,18 * 1 * 1,53 \right) = 0,58 \text{ kN/m}^2$$

SILE

Težina konstrukcije lukobrana

$$G_1 = \gamma_c * h_1 * B * 1m = 24 * 7,3 * 6 = 1051,2 \text{ kN}$$

$$G_2 = \gamma_c * h_2 * B_z * 1m = 24 * 0,5 * 0,8 = 9,6 \text{ kN}$$

Uzgon

$$U = u * B * 1m = 65 * 6 = 390 \text{ kN}$$

$$U_w = p_u * \frac{B}{2} * 1m = 0,58 * \frac{6}{2} = 1,74 \text{ kN}$$

Horizontalne sile od vala

$$H_1 = p_2 * h_c * 1m = 3,4 * 1,45 = 4,93 \text{ kN}$$

$$H_2 = (p_1 - p_2) * \frac{h_c}{2} * 1m = (9,26 - 3,4) * \frac{1,45}{2} = 4,25 \text{ kN}$$

$$H_3 = p_3 * h * 1m = 1,67 * 6,5 = 10,86 \text{ kN}$$

$$H_4 = (p_1 - p_3) * \frac{h}{2} * 1m = (9,26 - 1,67) * \frac{6,5}{2} = 24,67 \text{ kN}$$

Krakovi

$$v_1 = \frac{B}{2} = \frac{6}{2} = 3 \text{ m}$$

$$v_2 = B - \frac{B_z}{2} = 6 - \frac{0,8}{2} = 5,6 \text{ m}$$

$$u_1 = \frac{B}{2} = \frac{6}{2} = 3 \text{ m}$$

$$u_2 = \frac{2}{3} * B = \frac{2}{3} * 6 = 4 \text{ m}$$

$$h_1 = h + \frac{h_c}{2} = 6,5 + \frac{1,45}{2} = 7,23 \text{ m}$$

$$h_2 = h + \frac{h_c}{3} = 6,5 + \frac{1,45}{3} = 6,98 \text{ m}$$

$$h_3 = \frac{h}{2} = \frac{6,5}{2} = 3,25 \text{ m}$$

$$h_4 = \frac{2}{3} * h = \frac{2}{3} * 6,5 = 4,33 \text{ m}$$

Momenti

$$M_{G1} = G_1 * v_1 = 1051,2 * 3 = 3153,6 \text{ kNm}$$

$$M_{G2} = G_2 * v_2 = 9,6 * 5,6 = 53,76 \text{ kNm}$$

$$M_U = U * u_1 = 390 * 3 = 1170 \text{ kNm}$$

$$M_{Uw} = U_w * u_2 = 1,74 * 4 = 6,96 \text{ kNm}$$

$$M_{H1} = H_1 * h_1 = 4,93 * 7,23 = 35,64 \text{ kNm}$$

$$M_{H2} = H_2 * h_2 = 4,25 * 6,98 = 29,67 \text{ kNm}$$

$$M_{H3} = H_3 * h_3 = 10,86 * 3,25 = 35,30 \text{ kNm}$$

$$M_{H4} = H_4 * h_4 = 24,67 * 4,33 = 106,82 \text{ kNm}$$

Provjera stabilnosti

Parcijalni koeficijenti za proračun graničnog stanja nosivosti (LS1), gubitak statičke ravnoteže

(EQU) prema EN 1997 – 1

$$\gamma_{G, dst} = 1,1$$

$$\gamma_{G, stb} = 0,9$$

$$\gamma_{G, dst} = 1,5$$

Provjera na prevrtanje

$$M_{st} = \gamma_{G, stb} * (M_{G1} + M_{G2}) = 0,9 * (3153,6 + 53,76) = 2976,62 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} M_{dst} &= \gamma_{G, dst} * M_U + \gamma_{Q, dst} * (M_{H1} + M_{H2} + M_{H3} + M_{H4} + M_{Uw}) = \\ &= 1,1 * 1170 + 1,5 * (35,64 + 29,67 + 35,30 + 106,82 + 6,96) = 1608,59 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$M_{st} \geq M_{dst} \rightarrow \text{ZADOVOLJAVA}$$

Provjera na klizanje

$$f = 0,75$$

$$H = \gamma_{Q, dst} * (H_1 + H_2 + H_3 + H_4) = 1,5 * (4,93 + 4,25 + 10,86 + 24,67) = 67,07$$

$$V = \gamma_{G.stb} * G_1 - \gamma_{G.dst} * U - \gamma_{Q.dst} * U_w = 0,9 * 1051,2 - 1,1 * 390 - 1,5 * 1,74$$

$$= 514,47$$

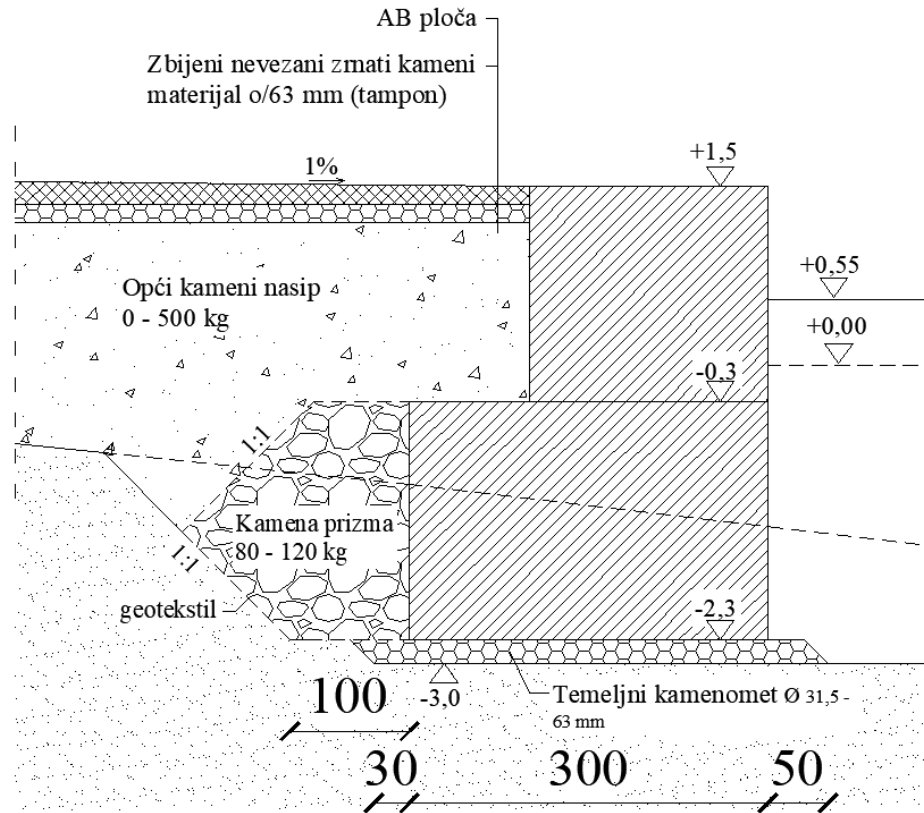
$$V * f = 514,47 * 0,75 = 385,85$$

$V * f \geq H \rightarrow$ ZADOVOLJAVA

7.2. Obalni zid

ZADANO

Razina mora	$v_v = 0,55 \text{ m}$
Kota obale	$k.o. = 1,5 \text{ m}$
Kota dna zida	$k.d. = -2,3 \text{ m}$
Širine blokova	$B_1 = 3,0 \text{ m}$
	$B_2 = 2,0 \text{ m}$
Visine blokova	$h_1 = 2,0 \text{ m}$
	$h_2 = 1,8 \text{ m}$
Specifična težina vode	$\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$
Specifična težina betona	$\gamma_c = 24 \text{ kN/m}^3$
Specifična težina nasipa	$\gamma_z = 19 \text{ kN/m}^3$
Specifična težina uronjenog nasipnog materijala	$\gamma_z' = 10 \text{ kN/m}^3$
Unutrašnji kut trenja	$\Phi_k = 37^\circ$
Koeficijent trenja beton-kamen	$f = 0,75$
Korisno opterećenje	$q = 15 \text{ kN/m'}$
Visoka voda iza zida (+0,5 m)	$v.v.iza = v.v. + 0,5 = 1,05 \text{ m}$



Slika 32. Shematski prikaz obalnog zida sa pretpostavljenim dimenzijama

Geometrija

$$H = \text{k.o.} - \text{k.d.} = 1,5 - (-2,3) = 3,8 \text{ m}$$

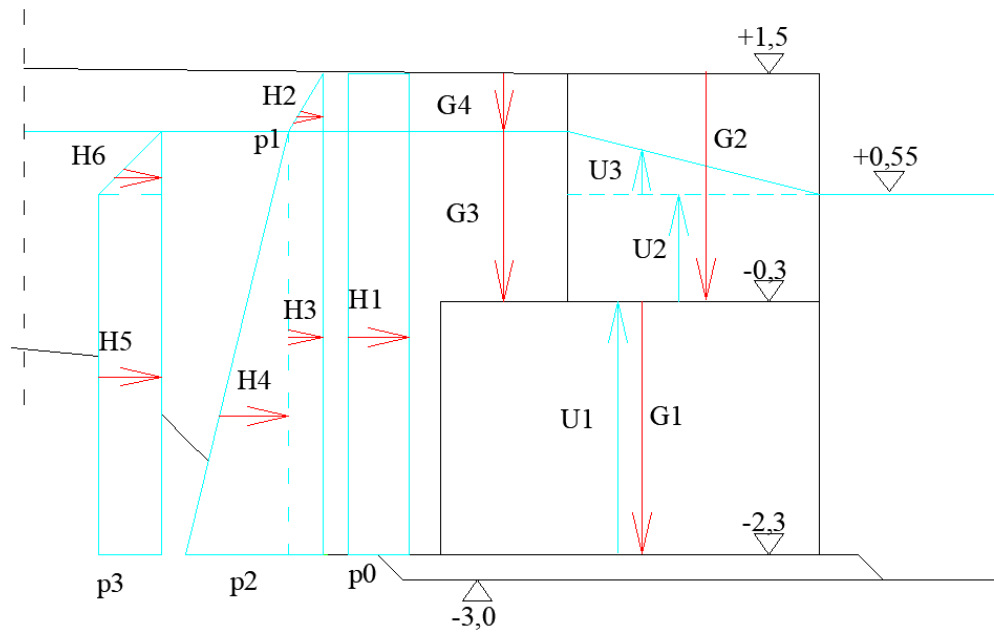
$$h_4 = \text{v.v.} - \text{k.d.} = 0,55 - (-1,5) = 2,05 \text{ m}$$

$$h_5 = \text{v.v.iza} - \text{k.d.} = 1,05 - (-1,5) = 2,55 \text{ m}$$

$$h_6 = \text{k.o.} - \text{v.v.iza} = 1,5 - 1,05 = 0,45 \text{ m}$$

$$h_7 = h_5 - h_4 = 2,55 - 2,05 = 0,5 \text{ m}$$

$$h_3 = h_2 - h_6 = 1,8 - 0,45 = 1,35 \text{ m}$$



Slika 33. Shematski prikaz sila koje djeluju na obalni zid

Aktivni potisak tla

$$\gamma_{\phi} = 1,25$$

$$\frac{\tan(\phi_k)}{\gamma_{\phi}} = \frac{\tan(37)}{1,25} = 0,6028$$

$$\phi_d = \text{atan}\left(\frac{\tan(\phi_k)}{\gamma_{\phi}}\right) = \text{atan}\left(\frac{\tan(37)}{1,25}\right) = 31,0834$$

$$k_a = \tan\left(45^\circ - \frac{\phi_d}{2}\right)^2 = \tan\left(45 - \frac{31,0834}{2}\right)^2 = 0,319$$

Pritisci tla

$$p_0 = k_a * q = 0,319 * 15 = 4,785 \text{ kN/m}^2$$

$$p_1 = k_a * \gamma_z * h_6 = 0,319 * 19 * 0,45 = 2,73 \text{ kN/m}^2$$

$$p_2 = p_1 + k_a * \gamma'_z * h_5 = 2,73 + 0,319 * 10 * 2,55 = 10,86 \text{ kN/m}^2$$

Razlika hidrostatskog pritiska

$$p_3 = (h_5 - h_4) * \gamma_w = (2,55 - 2,05) * 10 = 5 \text{ kN/m}^2$$

Sila

Vertikalne

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

$$G_2 = B_2 * h_2 * \gamma_c * 1m = 2 * 1,8 * 24 = 86,4 \text{ kN}$$

$$G_3 = (B_1 - B_2) * h_3 * \gamma_z * 1m = (3 - 2) * 1,35 * 19 = 25,65 \text{ kN}$$

$$G_4 = (B_1 - B_2) * h_6 * \gamma_z * 1m = (3 - 2) * 0,45 * 19 = 8,55 \text{ kN}$$

$$U_1 = B_1 * h_1 * \gamma_w * 1m = 3 * 2 * 10 = 60 \text{ kN}$$

$$U_2 = B_2 * (h_4 - h_1) * \gamma_w * 1m = 2 * (2,05 - 2,0) * 10 = 1 \text{ kN}$$

$$U_3 = h_7 * \frac{B_2}{2} * \gamma_w * 1m = 0,5 * \frac{2}{2} * 10 = 5 \text{ kN}$$

Krakovi vertikalnih sila

$$k_{G1} = \frac{B_1}{2} = \frac{3}{2} = 1,5 \text{ m}$$

$$k_{G2} = \frac{B_2}{2} = \frac{2}{2} = 1,0 \text{ m}$$

$$k_{G3} = B_2 + \frac{(B_1 - B_2)}{2} = 2 + \frac{(3 - 2)}{2} = 2,5 \text{ m}$$

$$k_{G4} = B_2 + \frac{(B_1 - B_2)}{2} = 2 + \frac{(3 - 2)}{2} = 2,5 \text{ m}$$

$$k_{U1} = k_{G1} = 1,5 \text{ m}$$

$$k_{U2} = \frac{B_2}{2} = \frac{2}{2} = 1,0 \text{ m}$$

$$k_{U3} = \frac{2 * B_2}{3} = \frac{2 * 2}{3} = 1,3 \text{ m}$$

Momenti vertikalnih sila

$$M_{G1} = G_1 * k_{G1} = 144 * 1,5 = 216,0 \text{ kNm}$$

$$M_{G2} = G_2 * k_{G2} = 86,4 * 1,0 = 86,4 \text{ kNm}$$

$$M_{G3} = G_3 * k_{G3} = 25,65 * 2,5 = 64,13 \text{ kNm}$$

$$M_{G4} = G_4 * k_{G4} = 8,55 * 2,5 = 21,38 \text{ kNm}$$

$$M_{U1} = U_1 * k_{U1} = 60 * 1,5 = 90 \text{ kNm}$$

$$M_{U2} = U_2 * k_{U2} = 1 * 1 = 1 \text{ kNm}$$

$$M_{U3} = U_3 * k_{U3} = 5 * 1,3 = 6,5 \text{ kNm}$$

Horizontalne

$$H_1 = p_0 * H * 1m = 4,785 * 3 = 14,36 \text{ kN}$$

$$H_2 = p_1 * \frac{h_6}{2} * 1m = 2,73 * \frac{0,45}{2} = 0,61 \text{ kN}$$

$$H_3 = p_1 * h_5 * 1m = 2,73 * 2,55 = 6,96 \text{ kN}$$

$$H_4 = (p_2 - p_1) * \frac{h_5}{2} * 1m = (10,86 - 2,73) * \frac{2,55}{2} = 10,37 \text{ kN}$$

$$H_5 = p_3 * h_4 * 1m = 5 * 2,05 = 10,25 \text{ kN}$$

$$H_6 = p_3 * \frac{h_7}{2} * 1m = 5 * \frac{0,5}{2} = 1,25 \text{ kN}$$

Krakovi horizontalnih sila

$$k_{H1} = \frac{H}{2} = \frac{3,8}{2} = 1,9 \text{ m}$$

$$k_{H2} = h_5 + \frac{h_6}{3} = 2,55 + \frac{0,45}{3} = 2,7 \text{ m}$$

$$k_{H3} = \frac{h_5}{2} = \frac{2,55}{2} = 1,28 \text{ m}$$

$$k_{H4} = \frac{h_5}{3} = \frac{2,55}{3} = 0,85 \text{ m}$$

$$k_{H5} = \frac{h_4}{2} = \frac{2,05}{2} = 1,03 \text{ m}$$

$$k_{H6} = h_4 + \frac{h_7}{3} = 2,05 + \frac{0,5}{3} = 2,22 \text{ m}$$

Momenti horizontalnih sila

$$M_{H1} = H_1 * k_{H1} = 14,36 * 1,9 = 27,28 \text{ kNm}$$

$$M_{H2} = H_2 * k_{H2} = 0,61 * 2,7 = 1,65 \text{ kNm}$$

$$M_{H3} = H_3 * k_{H3} = 6,96 * 1,28 = 8,91 \text{ kNm}$$

$$M_{H4} = H_4 * k_{H4} = 10,37 * 0,85 = 8,81 \text{ kNm}$$

$$M_{H5} = H_5 * k_{H5} = 10,25 * 1,03 = 10,56 \text{ kNm}$$

$$M_{H6} = H_6 * k_{H6} = 1,25 * 2,22 = 2,75 \text{ kNm}$$

Parcijalni koeficijenti za proračun graničnog stanja nosivosti (LS1), gubitak statičke ravnoteže (EQU) prema EN 1997 – 1

$$\gamma_{G, stb} = 0,9$$

$$\gamma_{G, dst} = 1,1$$

$$\gamma_{Q, dst} = 1,5$$

Provjera na prevrtanje

$$\begin{aligned} M_{st} &= \gamma_{G, stb} * (M_{G1} + M_{G2} + M_{G3} + M_{G4}) = \\ &= 0,9 * (216 + 86,4 + 64,13 + 21,38) = 349,12 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{dst} &= \gamma_{G, dst} * (M_{U1} + M_{U2} + M_{H1} + M_{H2} + M_{H3} + M_{H4}) + \gamma_{Q, dst} * (M_{U3} + M_{H5} + M_{H6}) \\ &= \\ &= 1,1 * (90 + 1 + 27,28 + 1,65 + 8,91 + 8,81) + 1,5 * (6,5 + 10,56 + 2,75) \\ &= 181,13 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$M_{st} \geq M_{dst}$$

$$349,12 \geq 181,13$$

ZADOVOLJAVA

Provjera na klizanje

$$\begin{aligned} \sum H &= \gamma_{G, dst} * (H_1 + H_2 + H_3 + H_4) + \gamma_{Q, dst} * (H_5 + H_6) = \\ &= 1,1 * (14,36 + 0,61 + 6,96 + 10,37) + 1,5 * (10,25 + 1,25) = 52,78 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum V &= \gamma_{G, stb} * (G_1 + G_2 + G_3 + G_4) - \gamma_{G, dst} * (U_1 + U_2) - \gamma_{Q, dst} * U_3 = \\ &= 0,9 * (144 + 86,4 + 25,65 + 8,55) - 1,1 * (60 + 1) - 1,5 * 5 = 163,54 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V * f = 163,54 * 0,75 = 122,66$$

$$V * f \geq H$$

$$122,66 \geq 52,65$$

ZADOVOLJAVA

7.3. Plutajući gat

Na slici 33 prikazan je raspored i razmak bazena i plutajućih gatova za koje seprivezuju plovila.

KARAKTERISTIKE NAJVEĆEG PRIVEZIŠTA U LUCI

Privezište 20,0 * 7,5 m

L = 18 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 m - dužina priveznog mjesta

Š = 7,0 m - širina priveznog mjesta

T = 1,85 m - najveći gaz plovila

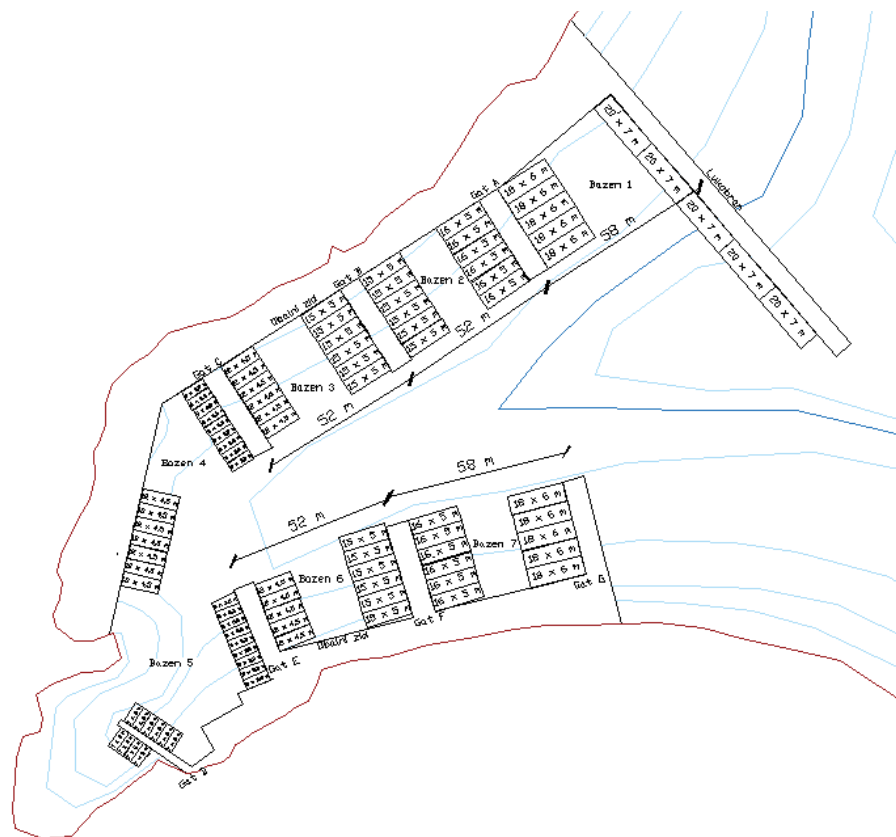
L = 18,0 m - duljina plovila

B = 5,2 m - širina plovila

MINIMALNE DUBINE NA PRIVEZNIM MJESTIMA (tablica __)

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

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



Slika 33. Raspored i razmak bazena i plutajućih gatova u luci

Tablica 10. Minimalne dubine na priveznim mjestima

POZICIJA PLOVILA	PRIVEZNO MJESTO (m)	DULJINA PLOVILA (m)	GAZ PLOVILA (m)	POSTOJEĆE DUBINE (m)	POTREBNE DUBINE (m) $d = \text{GAZ} + \frac{1}{2} * H_s + 0,5$	ZADOVOLJAVA /NEZADOVOLJAVA
Lukobran	20,0 x 7,0	18,0	1,85	2,6 – 6,8	2,6	ZADOVOLJAVA
Gat A	18,0 x 6,0	16,0	1,55	2,3 – 3,9	2,3	ZADOVOLJAVA
Gat A	16,0 x 5,0	14,0	1,55	2,3 – 3,9	2,3	ZADOVOLJAVA
Gat B	15,0 x 5,0	12,0	1,55	2,3 – 3,6	2,3	ZADOVOLJAVA
Gat C	12,0 x 4,5	10	1,25	2,3 – 3,6	2,0	ZADOVOLJAVA
Gat C	8,0 x 3,3	6	1,00	2,3 – 3,6	1,8	ZADOVOLJAVA
Obalni zid	12,0 x 4,5	10	1,25	2,3	2,0	ZADOVOLJAVA
Gat D	7,0 x 3,0	5	0,80	1,5 – 3,3	1,4	ZADOVOLJAVA
Gat E	8,0 x 3,3	6	1,00	2,3 – 3,8	1,8	ZADOVOLJAVA
Gat E	12,0 x 4,5	10	1,25	2,3 – 3,8	2,0	ZADOVOLJAVA

Gat F	15,0 x 5,0	12,0	1,55	2,3 – 3,9	2,3	ZADOVOLJAVA
Gat F	16,0 x 5,0	14,0	1,55	2,3 – 3,9	2,3	ZADOVOLJAVA
Gat G	18,0 x 6,0	16,0	1,55	2,3 – 4,0	2,3	ZADOVOLJAVA

Tablica 11. Broj priveznih mjesta prema dimenzijama privežišta

Dimenzija priveznog mjesta	Broj mjesta
7,0 x 3,0	10
8,0 x 3,3	18
12,0 x 4,5	18
15,0 x 5,0	18
16,0 x 5,0	12
18,0 x 6,0	10
20,0 x 7,0	5

Ukupno = 91

8. ZAKLJUČAK

Kao jedan od glavnih faktora privrednog i ekonomskog razvoja istarskog poluotoka, kao i cijele Republike Hrvatske, turizam nameće konstantna ulaganja i podizanje kvalitete turističke ponude i sadržaja. Samim time, nautički turizam, kao jedan od najznačajnijih oblika turizma ovih područja, iz godine u godinu zahtjeva sve veći razvoj, što pridonosi potrebi za većim brojem priveznih mjesta i gatova za turistička, ribarska i ostala plovila.

U uvali Runke, smještenoj u mjestu Premantura, na samom jugu istarskog poluotoka pod općinom Medulin, promatranom u ovom završnom radu, već desetljećima postoji mala lučica sa svega 2 gata i limitiranim brojem priveznih mjesta, u potpunosti nezaštićena od udara valova izazvanim jakim naletima prvenstveno bure i juga. Lokalni ribari i turistički radnici broje znatne štete nastale istim vjetrovima, što je i potaknulo ideju i motivaciju za izradu ovog završnog rada.

Područje Uvale Runke ima povoljne geološke značajke, a obalne strukture nasipavanjem doprinose dobivanju obalne površine. Značajke lokacije kao što su geološki položaj, klimatološke, meteorološke i geološke značajke, kao i utjecaji vjetrova i valova detaljno su prikazani i objašnjeni u radu.

Zaštita uvale i lučice planirala je izgradnjom vertikalnog lukobrana, koji se sa sjevernog kraja uvale proteže prema jugoistoku i time brani luku od natela većih valova i vjetrova. Obalna linija određena je na način da se obalni zid iskopava na koti od -1,1 m.n.m. do dubine od -2,3 m.n.m. i visine 1,5 m.n.m. te se na njega vezuju projektom određeni plutajući gatovi, te u najzapadnijem dijelu zida i uvale čak i neka plovila. U radu je opisana metodologija i proveden proračun za sve segmente luke: lukobran, obalni zid, plutajući gatovi i organizacija priveza za plovila unutar luke.

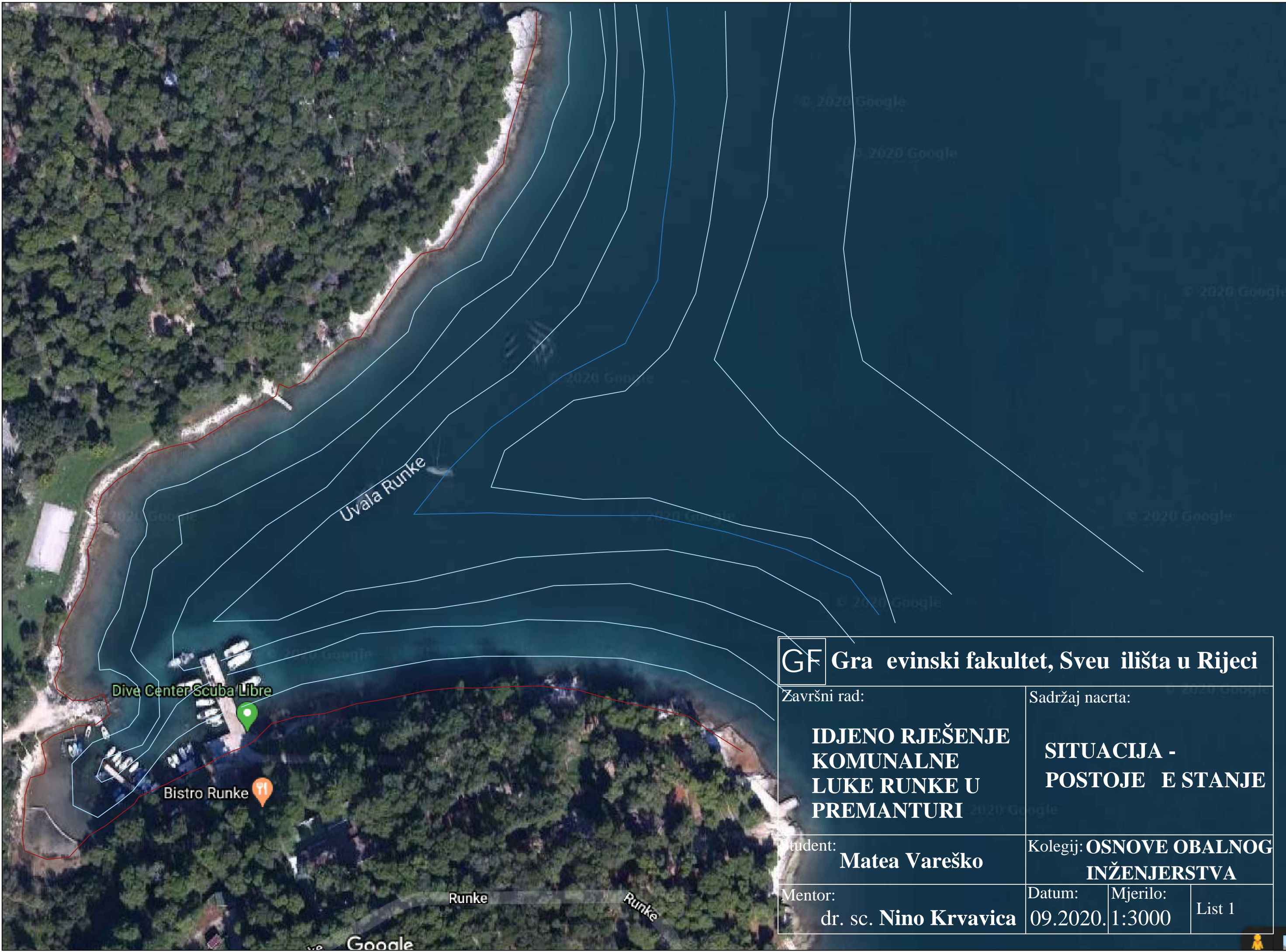
Dolazi se do zaključka kako ovaj završni rad može poslužiti kao dobra idejna podloga za neko buduće dograđivanje i zaštitu uvale Runke, za koju će biti potrebna dodatna razrada kako glavnih, tako i izvedbenih rješenja kroz koje će se dodatno razraditi i arhitektonsko urbanistički aspekti. Također će biti potrebno izraditi i studiju utjecaja na okoliš za predmetno područje, te

analizirati detaljnije cirkulaciju mora unutar uvale, s obzirom na to da ovakav zahvat može negativno utjecati na kvalitetu mora u uvali Runke.

LITERATURA

- [1] Wikipedia, https://hr.wikipedia.org/wiki/Istarska_%C5%BEupanija, pristupila 14.04.2020.
- [2] Histrica, <http://historica.com/hr/istra/blue/premantura/>, pristupila 14.04.2020.
- [3] Premantura, <https://www.premantura.net/kamenjak/>, pristupila 14.04.2020.
- [4] Google Maps, pristupila 14.04.2020.
- [5] Općina Medulin, Prostorni plan PPUO Medulin 2-2017, pristupila 25.04.2020
- [6] Geotech; "Geološka građa Istre" <https://www.geotech.hr/geoloska-grada-istre/>, pristupila 15.07.2020.
- [7] Relković, Monika: „Geološko – paleontološke značajke rta Kamenjak (južna Istra)“, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno – matematički fakultet, Geološki odsjek, 2017.
- [8] Ekotop d.o.o.: „Elaborat zaštite okoliša za postupak ocjene o potrebi procjene utjecaja zahvata na okoliš – Izmjena zahvata sustava vodoopskrbe i od vodnje aglomeracije Medulin – Premantura - Banjole“, Zagreb, 2019.
- [9] Ružić, Igor: „Predavanje - Vjetar, val, struja“, Osnove Obalnog Inženjerstva, Rijeka, 2018/2019.
- [10] Krvavica, Nino: „Predavanje– Prognoza valova“ Osnove Obalnog Inženjerstva, Rijeka, 2018/2019.
- [11] Geotehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu: „Studija o utjecaju na okoliš za zahvat Nautičko turističkog kompleksa Sv. Katarina i Monumenti – Pula“ Varaždin, 2014.
- [12] Pršić, Marko: „Vodnogospodarske građevine – pomorske gradnje“ Tehničko Veleučilište Zagreb, 2008.
- [13] Pršić, Marko: „Plovni putevi i luke“, Tehničko Veleučilište Zagreb, 2010.
- [14] Ružić, Igor: „Predavanje – Nasuti lukobrani“ Osnove Obalnog Inženjerstva, Rijeka, 2018/2019.
- [15] Krvavica, Nino: „Predavanje – Primjeri nasutih lukobrana“ Osnove Obalnog Inženjerstva, Rijeka, 2019./2020.
- [16] Ružić, Igor: „Predavanje – Verikalni lukobrani“ Osnove Obalnog Inženjerstva, Rijeka, 2018/2019.

- [17] Krvavica, Nino: „Predavanje – Dimenzioniranje vertikalnih lukobrana“ Osnove Obalnog Inženjerstva, Rijeka, 2019./2020.
- [18] Krvavica, Nino: „Predavanje – Dimenzioniranje vertikalnog lukobrana, metoda Goda“ Osnove Obalnog Inženjerstva, Rijeka, 2018/2019.
- [19] Ružić, Igor: „Predavanje – Obalni zid“ Osnove Obalnog Inženjerstva, Rijeka, 2018/2019.
- [20] Krvavica, Nino: „Predavanje – Dimenzioniranje obalnog zida“ Osnove Obalnog Inženjerstva, Rijeka, 2018/2019.
- [21] Dangubić, Dalibor: „Idejno rješenje marine u Ližnjanu“ diplomski rad, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2019.
- [22] Krvavica, Nino: „Predavanje – Gradnja marina i obala“ Gradnja marina i obala, Rijeka, 2018/2019.
- [23] Institut IGH d.d., „Idejno rješenje obalnog kolektora „Riva““, Rijeka, svibanj 2019.
- [24] US Army Corps of Engineers, „Coastal engineering manual“ Engineer manual 1110 – 2 – 1100 Part VI, 2002.
- [25] A. J. Bond: „Eurocode 7: Geotechnical Design“, Report EUR 26227 EN, 2013.
- [26] „Priručnik za dimenzioniranje plovila u marinama“, Monaco, 2011



GF Građevinski fakultet, Sveučilišta u Rijeci

Završni rad:
**IDJENO RJEŠENJE
KOMUNALNE
LUKE RUNKE U
PREMANTURI**

Sadržaj nacрта:
**SITUACIJA -
POSTOJEĆE STANJE**

Student:
Matea Vareško

Kolegij: **OSNOVE OBALNOG
INŽENJERSTVA**

Mentor:
dr. sc. Nino Krvavica

Datum: 09.2020.	Mjerilo: 1:3000	List 1
--------------------	--------------------	--------



GF Građevinski fakultet, Sveučilišta u Rijeci

Završni rad:
**IDJENO RJEŠENJE
KOMUNALNE
LUKE RUNKE U
PREMANTURI**

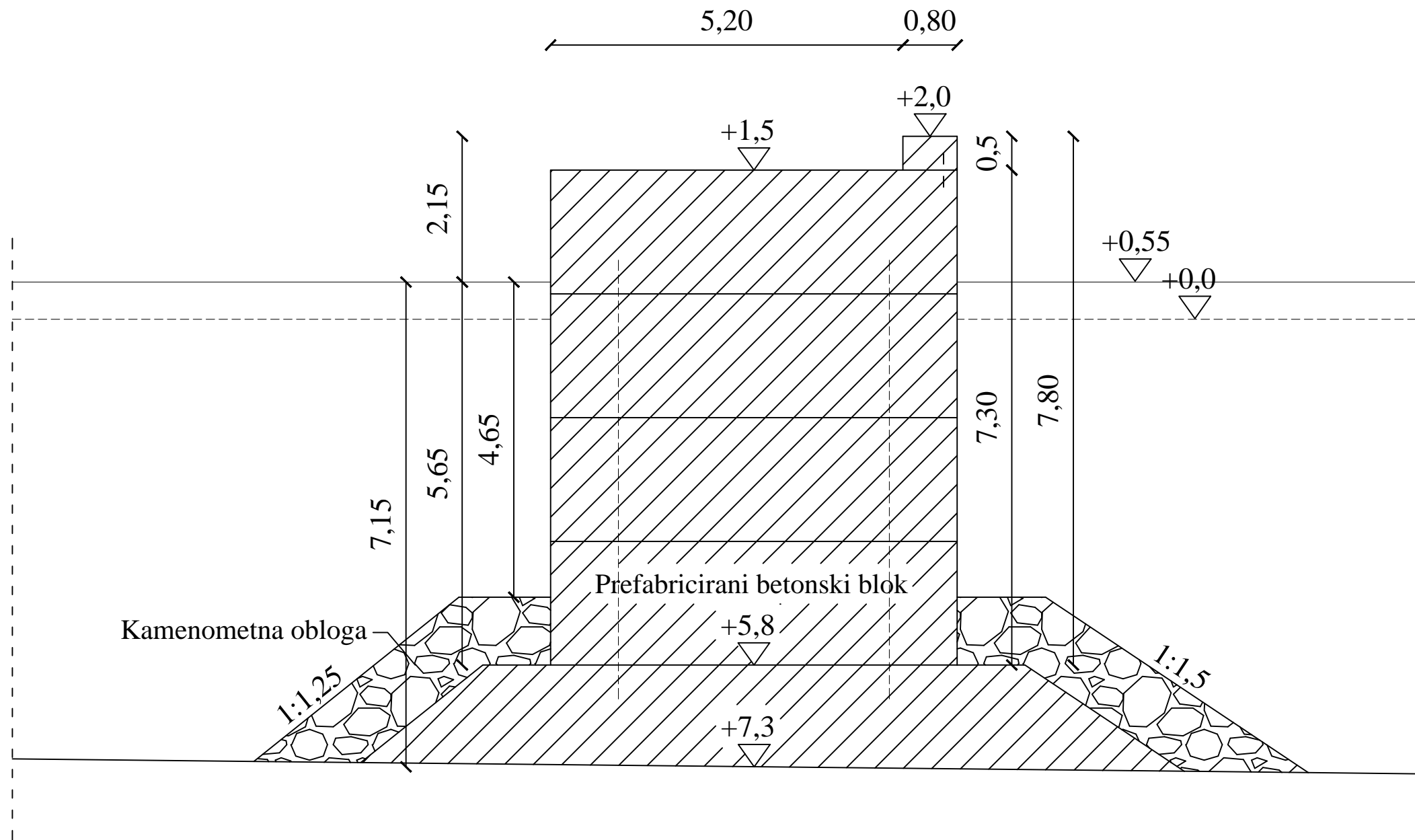
Sadržaj nacрта:
SITUACIJA

Student:
Matea Vareško

Kolegij: **OSNOVE OBALNOG
INŽENJERSTVA**

Mentor:
dr. sc. Nino Krvavica

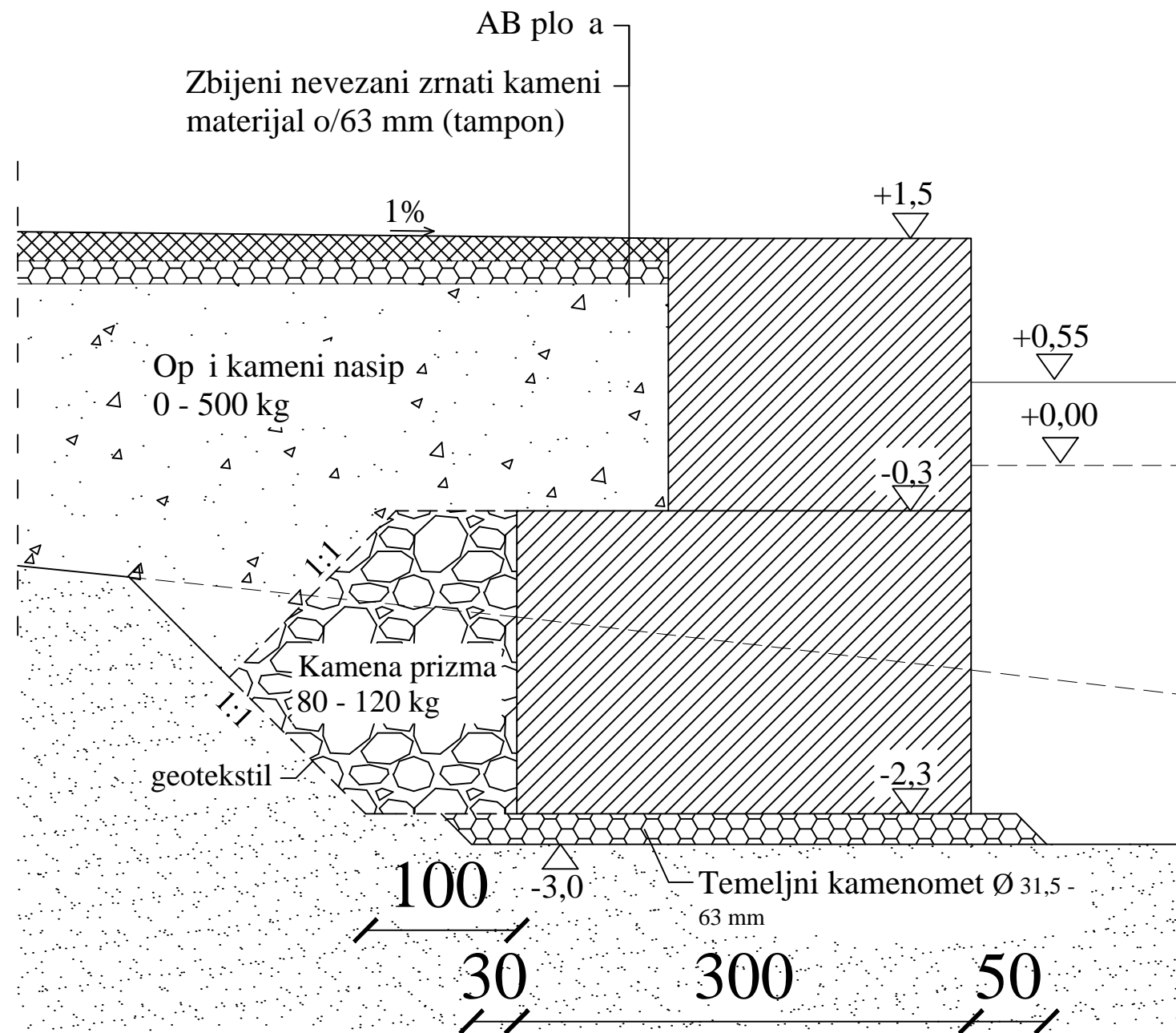
Datum: 09.2020.	Mjerilo: 1:3000	List 2
--------------------	--------------------	--------



PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

GF Građevinski fakultet, Sveučilišta u Rijeci			
Završni rad:		Sadržaj nacрта:	
IDJENO RJEŠENJE KOMUNALNE LUKE RUNKE U PREMANTURI		POPREČNI PRESJEK VERTIKALNOG LUKOBRANA	
Student:		Kolegij:	
Matea Vareško		OSNOVE OBALNOG INŽENJERSTVA	
Mentor:		Datum:	Mjerilo:
dr. sc. Nino Krvavica		09.2020.	1:75
			List 3



GF Građevinski fakultet, Sveučilišta u Rijeci

Završni rad:

**IDJENO RJEŠENJE
KOMUNALNE
LUKE RUNKE U
PREMANTURI**

Sadržaj nacрта:

**POPREČNI PRESJEK
OBALNOG ZIDA**

Student:

Matea Vareško

Kolegij: **OSNOVE OBALNOG
INŽENJERSTVA**

Mentor:

dr. sc. **Nino Krvavica**

Datum:

09.2020.

Mjerilo:

1:40

List 4