

# Prijedlog rješenja akvatorija marine Zenta

---

**Dolić, Martina**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2022**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy / Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:123:227338>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-12**



*Repository / Repozitorij:*

[FCEAG Repository - Repository of the Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy, University of Split](#)



**SVEUČILIŠTE U SPLITU  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

# **ZAVRŠNI RAD**

**Martina Dolić**

**Split, 2022.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

## **Prijedlog rješenja akvatorija marine Zenta**

**Završni rad**

**Split, 2022.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

Split, Matice hrvatske 15

STUDIJ: **PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA**  
KANDIDAT: Martina Dolić  
MATIČNI BROJ (JMBAG): 0083219398  
KATEDRA: **Katedra za privrednu hidrotehniku**  
PREDMET: Pomorske građevine

**ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD**

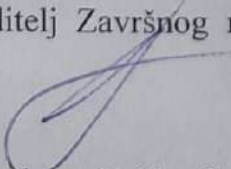
Tema: Prijedlog rješenja akvatorija marine Zenta

Opis zadatka: U sklopu rada kandidatkinja treba organizirati akvatorij luke, analizirati mogućnosti priveza plovila, osigurati kapacitet priveza minimalno 200 plovila, utvrditi ulazne i izlazne koridore plovila, osigurati manevarsku kružnicu te razraditi infrastrukturu za privez plovila. Rad treba minimalno sadržavati:

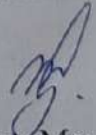
- Obradu podataka o vjetru s relevantne mjerne postaje
- Vjetrovalnu klimu područja obuhvata
- Prikaz korištene metodologije u razradi teme rada
- Tekstualni i grafički dio s tehničkim rješenjem akvatorija marine Zenta.
- Zaključke i smjernica s naglaskom na usporedbu s izvedenim stanjem.

U Splitu, 23.03.2022.

Voditelj Završnog rada:

  
Doc.dr.sc. Veljko Srzić

Komentor Završnog rada:

  
dr.sc. Morena Galešić

## **Prijedlog rješenja akvatorija marine Zenta**

### ***Sažetak:***

Na lokaciji postojeće marine Zenta, planirana je rekonstrukcija marine s ciljem povećanja broja vezova i dodatnog sadržaja unutar marine. U samom projektu marine, važno je odrediti glavne čimbenike kojima se određuje razina pomorske sigurnosti u široj okolini lokacije marine te čimbenike koji definiraju prilaz samom akvatoriju. Na temelju svih čimbenika u nacrtima je prikazana mogućnost izgleda nove marine Zenta.

### ***Ključne riječi:***

marina Zenta, rekonstrukcija, vezovi, akvatorij, nacrt

## **The design concept for marina Zenta**

### ***Abstract:***

At the location of the existing marina Zenta, the reconstruction of the marina is planned with the aim of increasing the number of berths and additional content within the marina. In the marina project itself, it is important to determine the main factors that determine the level of maritime safety in the wider vicinity of the marina location and the factors that define the approach to the water area. Based on all the factors, the possibility of the appearance of the new Zenta marina is shown in drafts.

### ***Keywords:***

marina Zenta, reconstruction, berths, plans

**SADRŽAJ**

<b>1. UVOD I CILJ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. OPIS METODOLOGIJE.....</b>	<b>3</b>
<b>3. PODLOGE O VJETRU.....</b>	<b>4</b>
3.1.    DEFINICIJA METEOROLOŠKE POSTAJE .....	4
3.2.    PODACI O VJETRU.....	4
3.3.    IZRAČUNATE TABLICE KONTIGENCIJE .....	7
<b>4. DUGOROČNA PROGNOZA VANJSKIH POVRŠINSKIH VALOVA ISPRED PREDMETNE LOKACIJE – AKVATORIJ MARINE ZENTA.....</b>	<b>10</b>
4.1.    PRIVJETRIŠTA.....	10
4.2.    FORMIRANJE UZORKA VJETRA ZA DUGOROČNE VALNE PROGNOZE .....	15
4.3.    PRORAČUN ZNAČAJNIH VALNIH VISINA ZA DUGA POVRATNA RAZDOBLJA .....	15
<b>5. DEFORMACIJE VALA NA PODRUČJU AKVATORIJA MARINE ZENTA.....</b>	<b>20</b>
5.1.    REFRAKCIJA.....	22
5.2.    UPLIĆAVANJE.....	26
5.3.    LOM VALA.....	30
<b>6. PRIJEDLOG RJEŠENJA UREĐENJA MARINE ZENTA.....</b>	<b>36</b>
6.1.    PRORAČUN VALOVA U MARINI ZENTA .....	36
6.2.    KAPACITET MARINE ZENTA .....	41
6.3.    ODREĐIVANJE DUŽINE PRIVEZA POJEDINOG BRODA .....	42
6.4.    BROJ BRODOVA NA PRIVEZU.....	43
6.5.    ODREĐIVANJE POTREBNE DUBINE.....	44
6.6.    AKVATORIJ MARINE ZENTA.....	46
6.7.    PRORAČUN OKRETIŠTA .....	48
6.8.    GATOVI.....	49
<b>7. PRILOZI.....</b>	<b>57</b>
<b>8. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>58</b>
<b>9. LITERATURA.....</b>	<b>59</b>
<b>10. POPIS SLIKA I TABLICA .....</b>	<b>60</b>

## 1. UVOD I CILJ

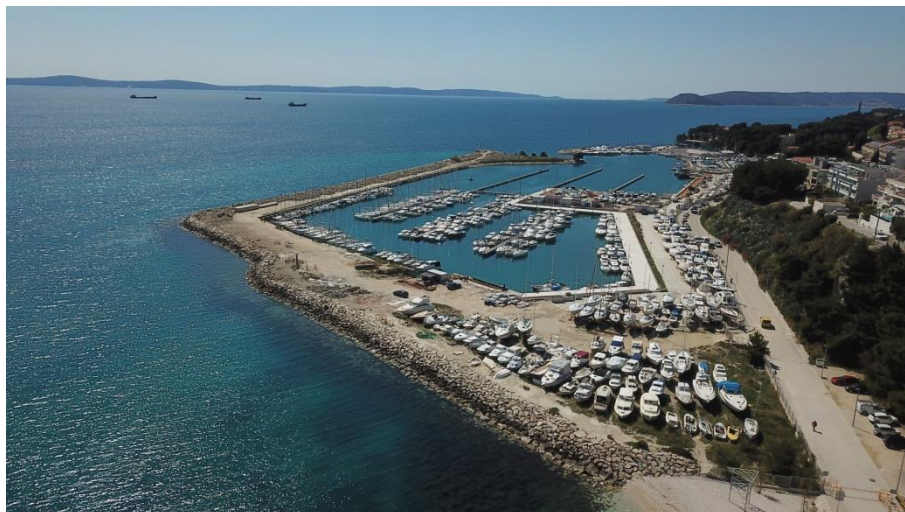
Izuzev broja i veličine brodova koji mogu uploviti u planiranu marinu, kod projektiranja marine, potrebno je odrediti najizloženiju točku akvatorija. Pri projektiranju marine, kao i prilikom njihove kasnije eksploatacije, potrebno je procijeniti osnovne faktore koji zadaju određenu razinu pomorske sigurnosti. To se odnosi na širinu ulaza u marinu, dubinu akvatorija i plovnog puta, površinu područja zaustavljanja i okretišta plovila, plovne oznake i sl.

Optimalno i kvalitetno projektirana marina u svojoj infrastrukturi ima zaštićeni akvatorij, dovoljnu dubinu, sigurnost od nasipavanja, dobar prilaz s mora i s kopna te veće površine za ostavljanje brodova na suhom i prostor za parkiranje automobila. Akvatorij marine čini više bazena s raznim namjenama. Potrebna dubina akvatorija varira od 1,5 do 6 m. Bazeni su ograničeni gatovima, a s obje strane im se nalaze vezovi. Između svakog veza nužno je ostaviti prolaze. Širina veza ovisi o veličini broda (5-25 m) i mora biti 1,75-2,5 puta širine broda, kako bi on mogao nesmetano uploviti u svoj vez.

Stacionarni bazeni su namijenjeni za stalne vezove i čine oko 3/4 vezova u marini. Površina prostora varira od 80 do 150 metara kvadratnih te su vezovi uglavnom za jedrilice i motorne brodice.

U ovom radu napravljeno je projektiranje marine u kojoj je omogućeno 510 vezova. Marini mogu pristupiti brodovi od prve do osme kategorije. Iskoristila se najbolja moguća povezanost kopna i mora te su se unijeli dodatni sadržaji u marinu, kao što su šetnice, zeleni pojas, povećani kapacitet parkinga i suhog veza, te ugostiteljski objekti.

U ovom radu će se obaviti postupak procjene vala za projektiranje marine na navedenoj lokaciji, Zenta. Cilj ovoga rada je napraviti cjelokupnu analizu kao da se marina gradi ispočetka te na kraju usporediti s postojećim stanjem koje je vidljivo na slici.



*Slika 1.1. akvatorij marine Zenta*



*Slika 1.2. akvatorij marine Zenta*



## 2. OPIS METODOLOGIJE

Planiranje i projektiranje luka neophodna su tehnološko - tehnička i industrijska obilježja sigurnosti brodova u luci, sigurnog odvijanja procesa unutar luke kao i sigurnosti lučkih građevina i prekrcajnih postrojenja. Temeljem prethodno navedenih pretpostavki, svrha i cilj završnog rada je određivanje temeljnih karakteristika i postupaka prilikom planiranja izgradnje te samog odabira idealne lokacije za pozicioniranje luke, usporedno s definiranjem potrebnih etapa kod projektiranja konstrukcije luke posebne namjene, odnosno marine.

U radu će se prvo iz sirovih podataka o vjetru (satni srednjaci) odrediti tablica kontigencije na razini godine, a zatim će se na istoj provesti dugoročna valna prognoza. Ukupno djelovanje vjetra je grupirano u 2 sektora s obzirom na izloženost akvatorija. U prvom sektoru ubrajamo ESE, SE, SSE dok u drugi sektor ubrajamo WSW, SW, SSW.

Nakon što su se odredile značajne visine i periodi vala za povratne periode od 5, 10, 20, 50 i 100 godina za sve definirane sektore prelazimo na proračune valnih transformacija. U valne transformacije uključujemo refrakciju, uplićavanje, difrakciju i lom koji su izračunati za parametre valova povratnih perioda od 100 godina, za dva mjerodavna sektora.

Proračun refrakcije, uplićavanja i loma je vršen u programu RSBWave ( *Refraction-Shoaling-Break* ) primjenom numeričke integracije diferencijalne jednačbe zrake vala te iterativne provjere uplićavanja i kriterija loma vala. RSBWave koristi batimetriju i granice područja kao osnovu geometrije sustava dok su mu početni uvjeti vrijednosti parametara vala u dubokom moru dobiveni dugoročnom valnom analizom za odabrane povratne periode.

### 3. PODLOGE O VJETRU

#### 3.1. Definicija meteorološke postaje

Korišteni su podaci Državnog hidrometeorološkog zavoda Republike Hrvatske o vjetrovnoj klimi za razdoblje 2009.-2018., sa meteorološke postaje Split-Marjan.

Meteorološka postaja Split geografskih koordinata:  $\varphi = 43^{\circ} 31' N$ ,  $\lambda = 16^{\circ} 26' E$ , smještena je sjeverozapadno od grada na brdu Marjan, na nadmorskoj visini od  $h = 122$  m. Teren se sa SW-W-NW-N strane spušta ka moru. Na sjeveru je područje Kaštelanskog zaljeva, a na istoku se nalazi grad Split. Na udaljenosti od 7 km zračne udaljenosti na sjever uzdiže se Kozjak s najvišim vrhom od 779 m nadmorske visine.








*Slika 3.1.1. Meteorološka postaja Split*





#### 3.2. Podaci o vjetru

Korišteni su srednje satne brzine vjetra s pripadajućim prevladavajućim smjerom, ako su računalo generirane za razdoblje 2009.-2018. godine.

Jačina vjetra procjenjuje se vizualno prema učincima vjetra na predmete u prirodi u tri klimatološka termina (7, 14 i 21 h) i izražava se u stupnjevima Beaufortove ljestvice. Ta ljestvica sadrži 0 – 12 stupnjeva, kojima su pridružene odgovarajuće srednje brzine vjetra (tablica 3.2.1.).

*Tablica 3.2.1. Beaufortova ljestvica za vjetar*

bofora	naziv vjetra	učinak vjetra na kopnu	učinak vjetra na moru	slika	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	mrežkanje 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 grančicama se neprekidno njiše i šušti, zastava leprša	veći valići, kreste valića se počinju 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, bijele 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.	umjeren 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	ekstremno 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

### 3.3. Izračunate tablice kontingencije

Potrebno je za uzorak od 2009. do 2018. godine srednjih satnih brzina vjetra odrediti tablicu kontingencije. Podaci su dati u obliku srednje brzine za svaki sat u mjesecu, i pripadajući prevladavajući smjer vjetra. Tablica kontingencije uključuje raspodjelu pojavljivanja vjetra prema razredima brzina i prema smjerovima.

Potrebno je izvršiti prebrojavanje po smjerovima i po odabranim razredima brzina. Osmislimo našu ciljanu tablicu kontingencije – tablicu mogućih pozicija, odnosno kod koji će nam omogućiti prebrojavanje.

$$\text{pozicija} = N_{r,v} \times (i - 1) + j$$

$N_{Rr,v}$ - broj razreda prema brzinama, 12

$i$ - 1,...16 broj retka (smjer vjetra)

$j$ - 1,...12 broj stupca (razred brzine)

*Tablica 3.3.1. Tablica mogućih pozicija*

jač. (Bf)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
brz. (m/s)	0,0-0,2	0,3-1,5	1,6-3,3	3,4-5,4	5,5-7,9	8,0-10,7	10,8-13,8	13,9-17,1	17,2-20,7	20,8-24,4	24,5-28,4	28,5-32,6	32,7-36,9
NNE		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
NE		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
ENE		25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
E		37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
ESE		49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
SE		61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
SSE		73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
S		85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
SSW		97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108
SW		109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
WSW		121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132
W		133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144
WNW		145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156
NW		157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168
NNW		169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180
N		181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192
C	0												

Dobivenim podacima funkcionalno pridružujemo pozicije koje smo mi zadali, u ovisnosti o brzini i smjeru, a potom ih treba prebrojati.

$$N_{r,v} \times \left(\frac{SM}{2} - 1\right) + lookup$$

definiran po razredima

$$N_{r,v} = 8$$

$i - 1, \dots, 16 = SM/2$ , smjerova ima samo 16

$j - 1, \dots, 12 =$  broj stupaca, dobiveno prema razredima brzine

*Tablica 3.3.2. Kodiranje za raspodjelu po razredima*

0	0
0,1	0
0,2	0
0,3	1
0,4	1
0,5	1
0,6	1
0,7	1
0,8	1
0,9	1
1	1
1,1	1
1,2	1
1,3	1
1,4	1
1,5	1
1,6	2
1,7	2
1,8	2
1,9	2
2	2

Pridružena tablica – “prevedeno” na vrijednosti iz tablice mogućih pozicija.

*Tablica 3.3.3. Pridružena tablica*

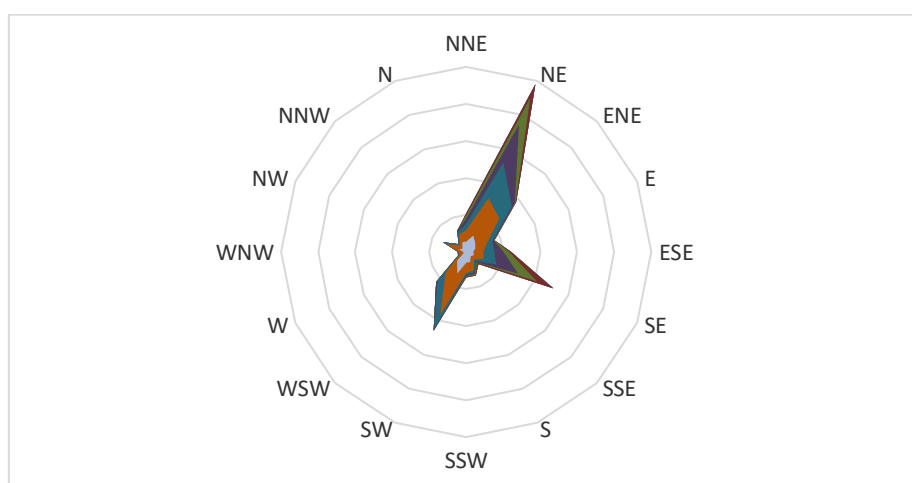
0 - 1		1 - 2		2 - 3		3 - 4		4 - 5		5 - 6		6 - 7	
SM	BRZ.	SM	BRZ.	SM	BRZ.	SM	BRZ.	SM	BRZ.	SM	BRZ.	SM	BRZ.
	27		27		38		38		26		27		
	50		26		38		39		27		39		
	26		26		26		14		27		15		
	158		158		158		158		158		37		1!
	0		109		122		85		109		121		1!
	98		87		99		184		184		183		1!
	159		158		159		158		182		183		1!
	28		183		183		2		2		157		
	0		13		37		37		13		26		
	38		38		50		38		39		39		
	14		14		14		13		0		13		
	17		17		17		17		17		17		
	27		39		39		39		39		39		
	89		89		65		65		65		66		
	114		113		111		112		112		112		
	50		27		39		39		27		39		
	38		27		15		27		39		51		
	28		16		16		16		27		16		
	169		14		15		15		14		13		
	65		66		65		65		65		65		
	90		78		78		90		90		66		
	158		158		158		14		62		50		
	182		182		1		26		14		26		
	40		52		65		40		40		52		
	16		16		17		17		17		17		
	17		17		17		17		16		16		
	16		16		16		16		16		16		
	14		14		15		27		27		26		
	28		27		15		14		15		16		
	121		182		159		159		158		157		1!
	14		13		1		50		169		182		1!

Tablica 3.3.4. Apsolutna tablica kontigencije za mjernu postaju Split za razdoblje 2009.-2018.

jač. (Bf)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	zbroj
brz. (m/s)	0,0- 0,2	0,3- 1,5	1,6- 3,3	3,4- 5,4	5,5- 7,9	8,0-10,7	10,8-13,8	13,9-17,1	17,2-20,7	20,8-24,4	24,5-28,4	28,5-32,6	32,7-36,9	
NNE		1147	1343	741	543	348	152	60	27	13	3	0	0	4377
NE		2010	4586	4409	4623	3282	1235	291	86	31	5	0	0	20558
ENE		1450	3857	2000	485	146	34	3	0	0	0	0	0	7975
E		1078	1474	700	142	28	5	0	0	0	0	0	0	3427
ESE		838	1160	1175	1067	598	167	40	13	0	0	0	0	5058
SE		972	1150	1594	2682	2265	1517	412	64	9	3	0	0	10668
SSE		712	520	196	148	162	132	73	8	1	0	0	0	1952
S		1227	1039	211	168	152	72	31	9	0	0	0	0	2909
SSW		1191	1185	220	114	101	67	29	3	0	0	0	0	2910
SW		2656	5056	1719	154	38	19	3	0	0	0	0	0	9645
WSW		1461	1830	1336	166	2	0	0	0	0	0	0	0	4795
W		320	463	138	20	1	0	0	0	0	0	0	0	942
WNW		325	531	78	5	0	0	0	0	0	0	0	0	939
NW		864	1537	392	33	1	0	0	0	0	0	0	0	2827
NNW		575	484	159	33	16	2	0	0	0	0	0	0	1269
N		1179	974	308	114	23	8	0	0	0	0	0	0	2606
C	1052													1052
zbroj	1052	18005	27189	15376	10497	7163	3410	942	210	54	11	0	0	83909

Tablica 3.3.5. Relativna tablica kontigencije za mjernu postaju Split za razdoblje 2009.-2018.

jač. (Bf)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	zbroj
brz. (m/s)	0	0,3	1,6	3,4	5,5	8	10,8	13,9	17,2	20,8	24,5	28,5	32,7	
	{0,0-0,2>	{0,3-1,5>	{1,6-3,3>	{3,4-5,4>	{5,5-8,0>	{8,0-10,7>	{10,8-13,8>	{13,9-17,1>	{17,2-20,7>	{20,8-24,4>	{24,5-28,4>	{28,5-32,6>	{32,7>	
NNE	-	13,67	16,01	8,83	6,47	4,15	1,81	0,72	0,32	0,15	0,04	-	-	52,16
NE	-	23,95	54,65	52,55	55,10	39,11	14,72	3,47	1,02	0,37	0,06	-	-	245,00
ENE	-	17,28	45,97	23,84	5,78	1,74	0,41	0,04	-	-	-	-	-	95,04
E	-	12,85	17,57	8,34	1,69	0,33	0,06	-	-	-	-	-	-	40,84
ESE	-	9,99	13,82	14,00	12,72	7,13	1,99	0,48	0,15	-	-	-	-	60,28
SE	-	11,58	13,71	19,00	31,96	26,99	18,08	4,91	0,76	0,11	0,04	-	-	127,14
SSE	-	8,49	6,20	2,34	1,76	1,93	1,57	0,87	0,10	0,01	-	-	-	23,26
S	-	14,62	12,38	2,51	2,00	1,81	0,86	0,37	0,11	-	-	-	-	34,67
SSW	-	14,19	14,12	2,62	1,36	1,20	0,80	0,35	0,04	-	-	-	-	34,68
SW	-	31,65	60,26	20,49	1,84	0,45	0,23	0,04	-	-	-	-	-	114,95
WSW	-	17,41	21,81	15,92	1,98	0,02	-	-	-	-	-	-	-	57,15
W	-	3,81	5,52	1,64	0,24	0,01	-	-	-	-	-	-	-	11,23
WNW	-	3,87	6,33	0,93	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-	11,19
NW	-	10,30	18,32	4,67	0,39	0,01	-	-	-	-	-	-	-	33,69
NNW	-	6,85	5,77	1,89	0,39	0,19	0,02	-	-	-	-	-	-	15,12
N	-	14,05	11,61	3,67	1,36	0,27	0,10	-	-	-	-	-	-	31,06
C	12,54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,54
zbroj	12,54	214,58	324,03	183,25	125,10	85,37	40,64	11,23	2,50	0,64	0,13	-	-	1.000,00



Slika 3.3.1. Godišnja ruža vjetrova za mjernu postaju Split za razdoblje 2009.-2018.

#### 4. DUGOROČNA PROGNOZA VANJSKIH POVRŠINSKIH VALOVA ISPRED PREDMETNE LOKACIJE – AKVATORIJ MARINE ZENTA

Dugoročna prognoza se radi iz uzoraka dobivenih mjerenjem valova za kratkoročna stacionarna stanja mora. Kako se ne raspolaže ovim mjerenjima, napraviti će se uzorak valova na temelju podataka o mjerenju vjetra (uzorka vjetra za kratkoročne situacije iz dugog razdoblja opažanja).

Raspolaže se s tablicom kontigencije vjetra iz koje se može napraviti uzorak vjetra po kriteriju prekoračenja praga. Koristiti će se Gumbelova distribucija te pripadajući izrazi za ekstrapolaciju vrijednosti u promatranim povratnim periodima kako bi se dobile pripadajuće značajne visine vala -  $H_s$ .

S obzirom da uzorak  $H_s$  za dugoročnu prognozu trebaju predstavljati pojedinačne kratkoročne valne situacije sa većim valovima, odnosno vjetrom koji ih generira, odabran je prag brzine vjetra od 3 Bf (3,4 – 5,4 m/s).

##### 4.1. Privjetrišta

Privjetrišta su određena za točku definiranu mjerodavnom pozicijom za potrebe analize ispred ulaza u akvatorij marine Zente kao što je to prikazano na slici 4.1.1. Lokacija je izložena vjetrovnim valovima s različitim duljinama privjetrišta. Obzirom na to definirat će se, prema kriteriju dužine privjetrišta i sličnosti smjerova čestine pojavljivanja vjetra za pojedini smjer, pojedini sektori izloženosti, tj. kutovi izloženosti.



*Slika 4.1.1. Određena točka privjetrišta*

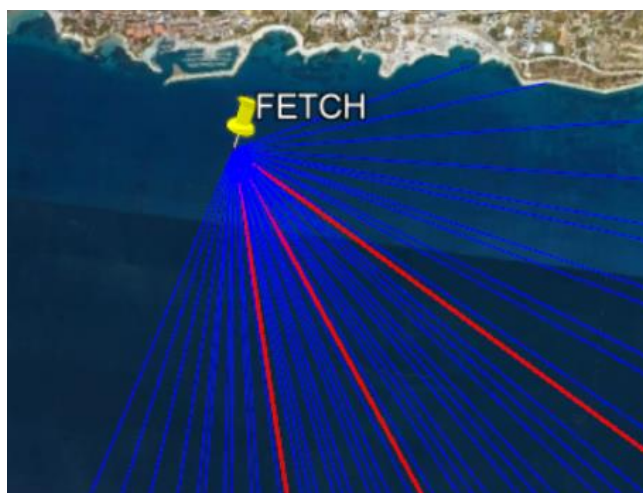


Što se tiče položaja, potencijalne valove na ulazu u akvatorij marine Zente mogu stvoriti vjetrovi u rasponu smjerova od ESE do WSW. Navedeni smjerovi, prema sličnosti svojih karakteristika, posebno privjetrišta, a i zbog skupne učestalosti ponavljanja za bolju analizu, grupirana su u dva sektora. Navedena sektorizacija je prikazana na tablici 4.1.1.

*Tablica 4.1.1. Tablica kontingencije vjetra s apsolutnim frekvencijama vjetra za Split, za godinu u periodu 2009. do 2018. podijeljena na sektore izloženosti: I, II; uzorak vjetra*

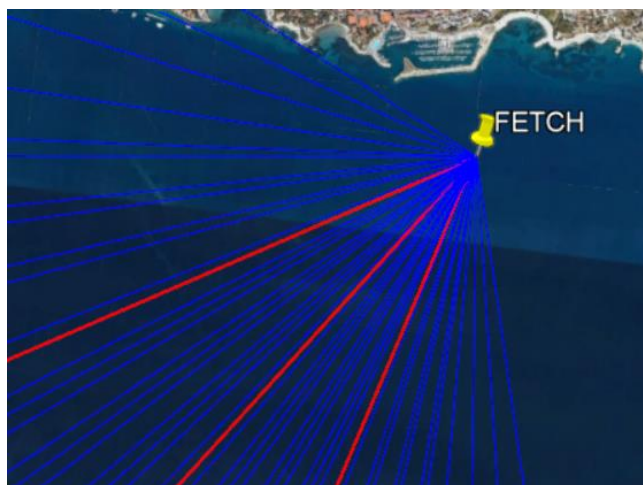
SMJER	JAČINA VJETRA (Bf)													zbroj	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
N		1179	974	308	114	23	8	0	0	0	0	0	0	2606	
NNE		1147	1343	741	543	348	152	60	27	13	3	0	0	4377	
NE		2010	4586	4409	4623	3282	1235	291	86	31	5	0	0	20558	
ENE		1450	3857	2000	485	146	34	3	0	0	0	0	0	7975	
E		1078	1474	700	142	28	5	0	0	0	0	0	0	3427	
ESE		838	1160	1175	1067	598	167	40	13	0	0	0	0	5058	S1
SE		972	1150	1594	2682	2265	1517	412	64	9	3	0	0	10668	
SSE		712	520	196	148	162	132	73	8	1	0	0	0	1952	
S		1227	1039	211	168	152	72	31	9	0	0	0	0	2909	
SSW		1191	1185	220	114	101	67	29	3	0	0	0	0	2910	S2
SW		2656	5056	1719	154	38	19	3	0	0	0	0	0	9645	
WSW		1461	1830	1336	166	2	0	0	0	0	0	0	0	4795	
W		320	463	138	20	1	0	0	0	0	0	0	0	942	
WNW		325	531	78	5	0	0	0	0	0	0	0	0	939	
NW		864	1537	392	33	1	0	0	0	0	0	0	0	2827	
NNW		575	484	159	33	16	2	0	0	0	0	0	0	1269	
C	1052													1052	
zbroj	1052	18005	27189	15376	10497	7163	3410	942	210	54	11	0	0	83909	

Sektor I definiran je djelovanjem vjetrova i posljedičnih površinskih vjetrovnih valova nastalih za susjedne smjerove ESE, SE i SSE. Najduže efektivno privjetrište izračunato je za smjer SE, te iznosi 15.55 km (tablica 4.1.2.).



*Slika 4.1.2. Efektivno privjetrište za sektor I*

Sektor II definiran je djelovanjem vjetrova i posljedičnih površinskih vjetrovnih valova nastalih za susjedne smjerove SSW, SW i WSW. Najduže efektivno privjetrište izračunato je za smjer WSW i iznosi 28.09 km (tablica 4.1.3.).



*Slika 4.1.3. Efektivno privjetrište za sektor II*

Efektivna duljina privjetrišta se dobiva na način da se za odabrani smjer postavi centralna zraka koja kao ishodište ima odabranu točku za dobivanje projektnog vala u dubokom moru. Zatim se rotacijom od  $6^\circ$  u smjeru kazaljke na satu (do  $-42^\circ$ ) i suprotno od kazaljke na satu (do  $+42^\circ$ ) postavljaju pravci kroz istu ishodišnu točku. Određuju se duljine svake zrake od ishodišta do prve točke prepreke te se proračunava suma njihovih projekcija na centralnu zraku. Ta suma se dijeli sa zbrojem cosinusa kutova centralne zrake i ostalih rotiranih zraka, a čime se dobiva i vrijednost duljine efektivnog privjetrišta:

$$F_{eff} = \frac{\sum_i F_i \cos^2 \alpha_i}{\sum_i \cos \alpha_i} \quad (1)$$

Tablice 4.1.2. Proračun efektivne dužine privjetrišta za Sektor I: smjer ESE, SE i SSE

Smjer ESE_Zenta			
Kut $\alpha$ [°]	$\cos\alpha$	Fi [km]	Fi*( $\cos\alpha$ ) <sup>2</sup>
42	0,743	13,1	7,21
36	0,809	13,5	8,83
30	0,866	13,6	10,22
24	0,914	15,1	12,59
18	0,951	16,6	15,01
12	0,978	19,2	18,34
6	0,995	23,9	23,61
0	1,000	32,3	32,27
-6	0,995	14,4	14,25
-12	0,978	8,1	7,77
-18	0,951	6,3	5,72
-24	0,914	5,7	4,79
-30	0,866	3,5	2,63
-36	0,809	1,8	1,19
-42	0,743	1,4	0,8
$\Sigma$	13,512		165,24
Feff =	12,23		

Smjer SE_Zenta			
Kut $\alpha$ [°]	$\cos\alpha$	Fi [km]	Fi*( $\cos\alpha$ ) <sup>2</sup>
42	0,743	11,9	6,56
36	0,809	12,2	7,95
30	0,866	12,4	9,27
24	0,914	12,7	10,61
18	0,951	13,1	11,84
12	0,978	13,5	12,92
6	0,995	14,2	14,08
0	1,000	15,6	15,55
-6	0,995	17,2	17,02
-12	0,978	20,0	19,14
-18	0,951	25,7	23,25
-24	0,914	54,0	45,09
-30	0,866	11,3	8,49
-36	0,809	7,8	5,08
-42	0,743	5,8	3,22
$\Sigma$	13,512		210,09
Feff =	15,55		

Smjer SSE_Zenta			
Kut $\alpha$ [°]	$\cos\alpha$	Fi [km]	Fi*( $\cos\alpha$ ) <sup>2</sup>
42	0,743	36,5	20,13
36	0,809	11,6	7,61
30	0,866	11,7	8,8
24	0,914	11,9	9,92
18	0,951	12,0	10,84
12	0,978	12,2	11,71
6	0,995	12,5	12,4
0	1,000	12,9	12,87
-6	0,995	13,1	12,98
-12	0,978	13,6	13,03
-18	0,951	14,2	12,87
-24	0,914	16,1	13,44
-30	0,866	17,7	13,29
-36	0,809	21,1	13,81
-42	0,743	27,2	15
$\Sigma$	13,512		188,69
Feff =	13,97		

Tablice 4.1.3. Poračun efektivne dužine privjetrišta za Sektor II: smjer SSW, SW i WSW

Smjer SSW_Zenta			
Kut $\alpha$ [°]	cos $\alpha$	Fi [km]	Fi*(cos $\alpha$ ) <sup>2</sup>
42	0,743	17,6	9,69
36	0,809	16,6	10,86
30	0,866	15,6	11,68
24	0,914	15,9	13,28
18	0,951	16,0	14,49
12	0,978	17,2	16,46
6	0,995	18,0	17,76
0	1,000	18,4	18,44
-6	0,995	11,9	11,75
-12	0,978	11,6	11,07
-18	0,951	11,8	10,64
-24	0,914	11,8	9,83
-30	0,866	12,2	9,13
-36	0,809	12,3	8,04
-42	0,743	12,7	6,99
$\Sigma$	13,512		180,11
Feff =	13,33		

Smjer SW_Zenta			
Kut $\alpha$ [°]	cos $\alpha$	Fi [km]	Fi*(cos $\alpha$ ) <sup>2</sup>
42	0,743	7,8	4,29
36	0,809	24,0	15,68
30	0,866	218,6	163,94
24	0,914	19,5	16,25
18	0,951	17,3	15,68
12	0,978	16,3	15,57
6	0,995	15,7	15,54
0	1,000	15,9	15,94
-6	0,995	16,1	15,96
-12	0,978	17,4	16,67
-18	0,951	18,0	16,24
-24	0,914	36,8	30,74
-30	0,866	11,7	8,77
-36	0,809	11,7	7,66
-42	0,743	11,8	6,5
$\Sigma$	13,512		365,46
Feff =	27,05		

Smjer WSW_Zenta			
Kut $\alpha$ [°]	cos $\alpha$	Fi [km]	Fi*(cos $\alpha$ ) <sup>2</sup>
42	0,743	1,5	0,84
36	0,809	1,7	1,14
30	0,866	16,1	12,1
24	0,914	10,0	8,31
18	0,951	6,0	5,43
12	0,978	23,9	22,86
6	0,995	218,8	216,42
0	1,000	18,7	18,67
-6	0,995	17,0	16,85
-12	0,978	16,1	15,44
-18	0,951	15,7	14,24
-24	0,914	16,0	13,33
-30	0,866	16,7	12,5
-36	0,809	17,6	11,54
-42	0,743	17,9	9,91
$\Sigma$	13,512		379,56
Feff =	28,09		

#### 4.2. Formiranje uzorka vjetra za dugoročne valne prognoze

Dugoročna prognoza značajne valne visine  $H_s^{PR}$  s povratnim periodima  $PP = 5, 10, 20, 50$  i 100 godina radi se na temelju uzorka značajne valne visine  $H_s$ .

Za odabrane razrede brzina i njihovu višu granicu te pripadajuće privjetrište pojedinog sektora, metodom Groen Dorrenstein određen je uzorak značajnih valnih visina  $H_s$ , te pripadajući periodi vala –  $T$ .

*Tablica 4.2.1. Uzorak značajnih valnih visina  $H_s$  i pripadajućih valnih perioda za akvatorij marina Zenta*

	Brzina vjetra [m/s]	5,4	7,9	10,7	13,8	17,1	20,7	24,4	28,4
	Vjetar [Bf]	3	4	5	6	7	8	9	10
Sektor I	Privjetrište [km]	Feff1=15.55 km							
	Učestalost	2965	3897	3025	1816	525	85	10	3
	Ts[s]	2,33	2,74	3,10	3,40	3,66	4,02	4,41	4,79
	Hs [m]	0,44	0,70	1,03	1,39	1,77	2,23	2,73	3,18
Sektor II	Privjetrište [km]	Feff2=28.09 km							
	Učestalost	3275	434	141	86	32	3	0	0
	Ts[s]	2,66	3,24	3,70	4,16	4,48	4,83	5,19	5,50
	Hs [m]	0,52	0,88	1,29	1,77	2,28	2,86	3,52	4,12

#### 4.3. Proračun značajnih valnih visina za duga povratna razdoblja

Za uzorak valova iz tablice 4.2.1. radi se metoda dugoročne valne analize uz primjenu Gumbelove distribucije i izraza (2) za ekstrapolaciju valne visine za pojedina povratna razdoblja ( $T_R = 5, 10, 20, 50, 100$ ).

$$P(H \leq H) = 1 - \frac{1}{\lambda T_R}$$

$$H_{TR} = \gamma - \beta \ln \left( \ln \left[ \frac{\lambda T_R}{\lambda T_R - 1} \right] \right) \quad (2)$$

gdje su:

$T_R$  – traženi povratni period

$H_{TR}$  – značajna visina vala za traženi povratni period ekstrapolirana uz pomoć distribucije definirane na mjerenjima od 30 godina (1982.-2012.)

$\lambda$  - parametar koji predstavlja odnos ukupnog broja pojavljivanja valova iznad odabrane granične visine vala i broja godina u kojem je promatran uzorak (izraz (3)).

$$\lambda = \frac{\sum N(H > H_{gr})}{N_{godina}} \quad (3)$$

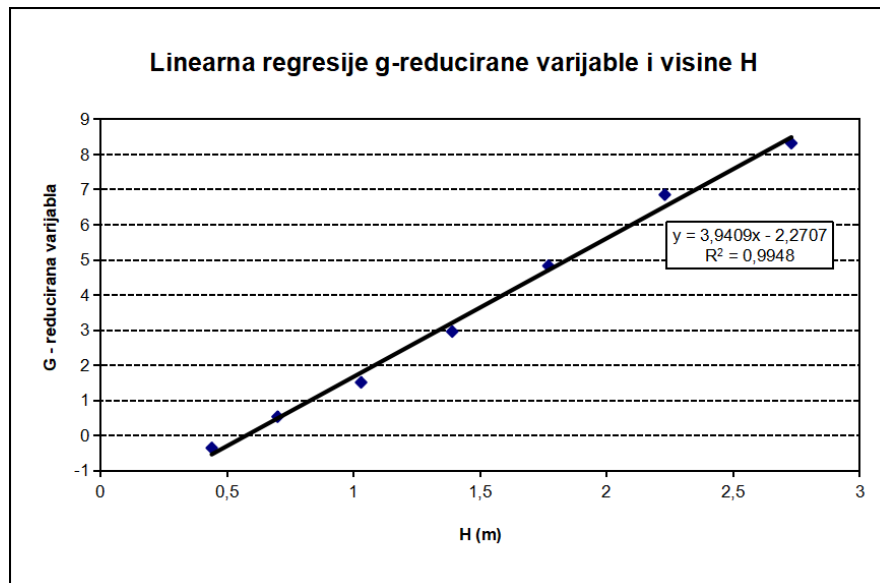
Parametar  $\lambda$  je drugačiji za svaki ranije definirani sektor u ovisnosti o učestalosti, a  $H_{gr}$  je po jedinom smjeru pripadajuća visina vala za jačinu vjetra od 3 Bf.

Definiranje pripadajućih perioda za dobivene značajne visine vala odrađen je na isti način, statističkom obradom uz upotrebu Gumbelove distribucije i korištenjem iste formule za ekstrapolaciju (izraz (2)).

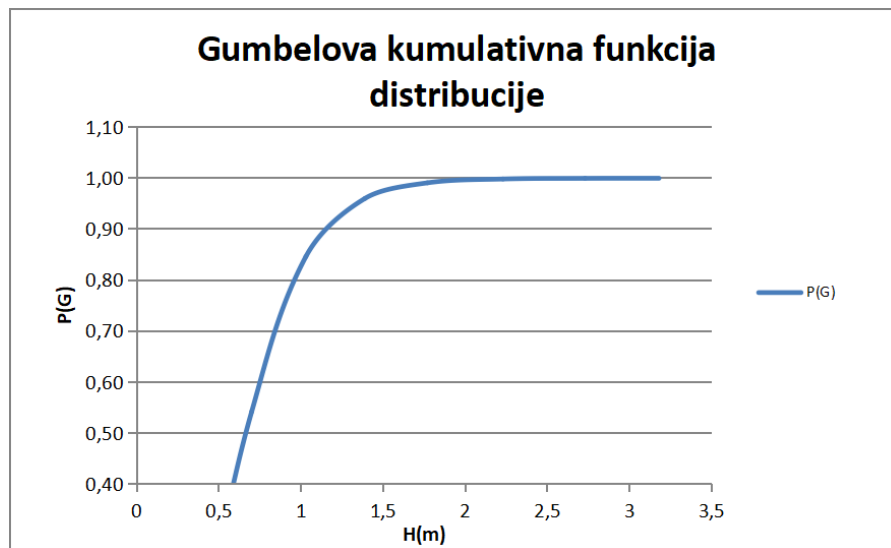
U nastavku slijedi po jedan primjer grafičkog prikaza linearne regresije reducirane Gumbelove varijable (G) korištene za dobivanje gore spomenutih koeficijenata (iz parametara pravca regresije) i pripadajuće distribucije za dobivanje značajne visine vala. Za sve sektore obaju akvatorija proračunati rezultati su dani u tablicama 4.3.1. – 4.3.2.

*Tablica 4.3.1. Linearna regresija G-varijable i pripadajuća Gumbelova distribucija za Sektor I akvatorija marine Zenta*

*Tablica 4.3.1.1. Linearna regresija g-reducirane varijable za Sektor I*

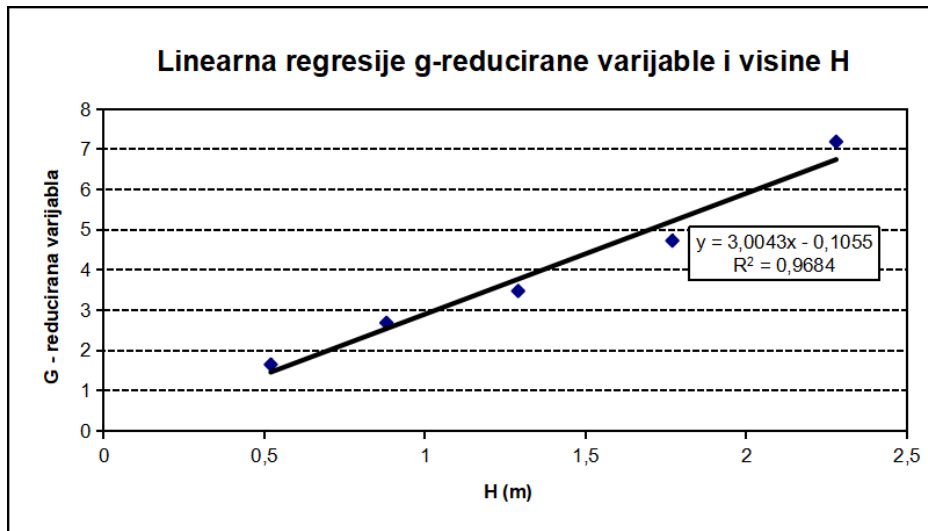


*Tablica 4.3.1.2. Gumbelova kumulativna funkcija distribucije za Sektor I*

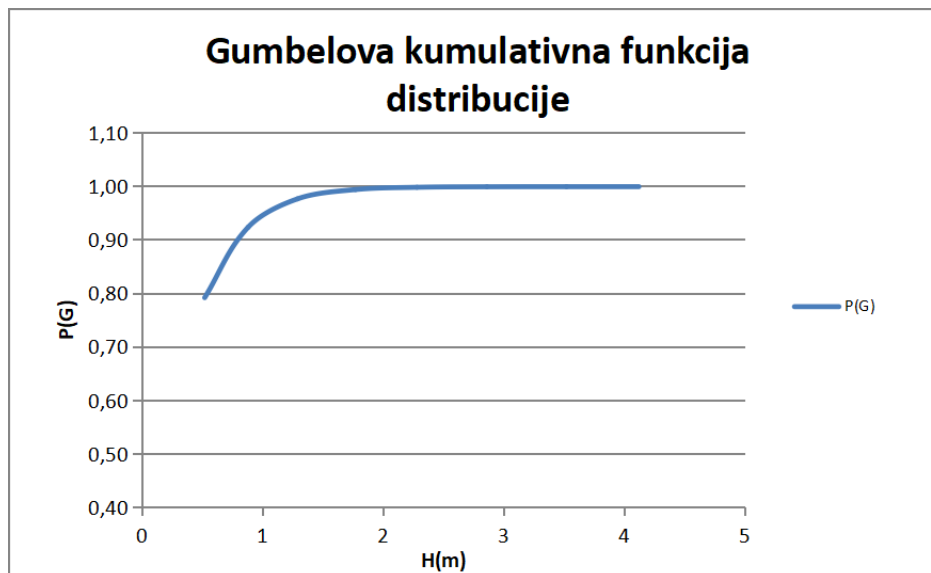


*Tablica 4.3.2. Linearna regresija G-varijable i pripadajuća Gumbelova distribucija za Sektor II akvatorija marine Zenta*

*Tablica 4.3.2.1. Linearna regresija g-reducirane varijable za Sektor II*



*Tablica 4.3.2.2. Gumbelova kumulativna funkcija distribucije za Sektor II*





U tablicama 4.3.4. - 4.3.5. za promatrani akvatorij su dane dugoročne ekstremne značajne visine vala ( $H_s^{PP}$ ) i pripadajući periodi vala ( $T_0^{PP}$ ) dobiveni za povratne periode od 5, 10, 20, 50 i 100 godina ekstrapolacijom iz Gumbelove distribucije za svaki od sektora pojedinačno. Uz navedene veličine prikazane su još i prognozirane desetinske ( $H_{1/10}^{PP}$ ), stotinske ( $H_{1/100}^{PP}$ ) i maksimalne valne visine ( $H_{max}^{PP}$ ) za svaki sektor i povratni period, te pripadajući vršni spektralni period ( $T_P^{PP}$ ) i valna duljina ( $L_0$ ).

*Tablica 4.3.4. Prikaz prognoziranih vrijednosti visina vala i pripadajući periodi vala za Sektor I akvatorija ( $H_{1/10}=1.27 \cdot H_s$ ;  $H_{1/100}=1.67 \cdot H_s$ ;  $H_{max}=1.8 \cdot H_s$ ;  $T_p=1.1T_0$ )*

PP	SEKTOR I						
	$H_s$ (m)	$H_{1/10}$ (m)	$H_{1/100}$ (m)	$H_{1/max}$ (m)	$T_0$ (s)	$L_0$ (m)	$T_P$ (s)
100	3,55	4,51	5,93	6,39	5,22	42,54	5,74
50	3,37	4,29	5,64	6,07	5,07	40,13	5,57
20	3,14	3,99	5,25	5,66	4,86	36,88	5,35
10	2,97	3,77	4,95	5,34	4,70	34,49	5,18
5	2,79	3,54	4,66	5,02	4,55	32,32	5,00

*Tablica 4.3.5. Prikaz prognoziranih vrijednosti visina vala i pripadajući periodi vala za Sektor II akvatorija ( $H_{1/10}=1.27 \cdot H_s$ ;  $H_{1/100}=1.67 \cdot H_s$ ;  $H_{max}=1.8 \cdot H_s$ ;  $T_p=1.1T_0$ )*

PP	SEKTOR II						
	$H_s$ (m)	$H_{1/10}$ (m)	$H_{1/100}$ (m)	$H_{1/max}$ (m)	$T_0$ (s)	$L_0$ (m)	$T_P$ (s)
100	3,56	4,52	5,94	6,4	6,03	56,77	6,63
50	3,33	4,23	5,56	6,0	5,78	52,16	6,36
20	3,02	3,84	5,05	5,4	5,45	46,37	6,00
10	2,79	3,55	4,66	5,0	5,20	42,23	5,72
5	2,56	3,25	4,28	4,6	4,96	38,41	5,45

## 5. DEFORMACIJE VALA NA PODRUČJU AKVATORIJA MARINE ZENTA

Profil i parametri vala postepeno se mijenjaju kad se val rasprostire iz dubokog mora prema plitkom. Najznačajnije deformacije su:

- efekt uplićavanja ili “shoaling”
- refrakcija
- difrakcija
- lom vala
- refleksija i transmisija.

Kad bi se uzeli u obzir svi utjecaji, visina vala na nekoj točki putanje od dubokog ka plićem moru bi se definirala na sljedeći način:

$$H = H_0 \times K_R \times K_S \times K_D \times K_f \times K_{ref} \quad (4)$$

Gdje je  $H_0$  visina vala u dubokom moru, a  $K$  redom koeficijenti utjecaja refrakcije, uplićavanja, difrakcije, trenja i refleksije.

Utjecaj trenja uzrokuje disipaciju dijela valne energije koja se pretvara u toplinu i na taj način se direktno smanjuje visina vala u smjeru rasprostiranja i iskazuje se preko koeficijenta trenja ( $K_f$ ). S obzirom da deformacija valova uslijed trenja s dnom u odnosu na ukupnu deformaciju valova ima mali utjecaj, koeficijent trenja se najčešće zanemaruje. Refleksija se manifestira kao deformacija koja nastaje kada val nailazi na vertikalnu ili nagnutu prepreku zbog čega dolazi do totalnog ili parcijalnog reflektiranja (odbijanja) vala u suprotnom smjeru. Najznačajnije deformacije na predmetnim lokacijama uzrokuje refrakcija, koja nastaje zbog kosog nailaženja valova na izobate i rezultira zakretanjem i usporavanjem nadolazećih zraka vala.

Difrakcija predstavlja deformaciju u obliku ogibanja vala prilikom nailaska na prepreku u moru (npr. lukobran) i manifestira se zaokretanjem valova u području geometrijske sjene iza prepreke te smanjenjem valne visine, a zakretanje oko pripadnih prepreka – otoka je u ovom konceptu već pokriveno proračunom zraka vala uslijed

djelovanja refrakcije.

Lom vala se može na više načina definirati, jedan od najvažnijih je kriterij strmosti vala u smislu prekoračenja maksimalne strmosti vala prema Miche-ovim izrazima (Miche 1994), no za potrebe definicije visine vala nakon sloma u plitkoj zoni koriste se izrazi prema Godi (Goda 2000).

Kako je naglasak ovog elaborata na marinu Zenta daljnji proračun valnog polja i pripadajućih deformacija radio se za val povratnog perioda 100 godina što je uobičajena praksa kod projektiranja marine. No, obavljen je proračun i za val povratnog perioda od 5 godina. Oba vala su istaknuta u tablicama 4.3.4. te 4.3.5.

Uzevši sve navedeno u obzir u nastavku su koristeći RSBWave (*Refraction-Shoaling Break*) izračunati utjecaji refrakcije (difrakcije), uplićavanja i loma vala, te kao konačni rezultat polje valnih visina.

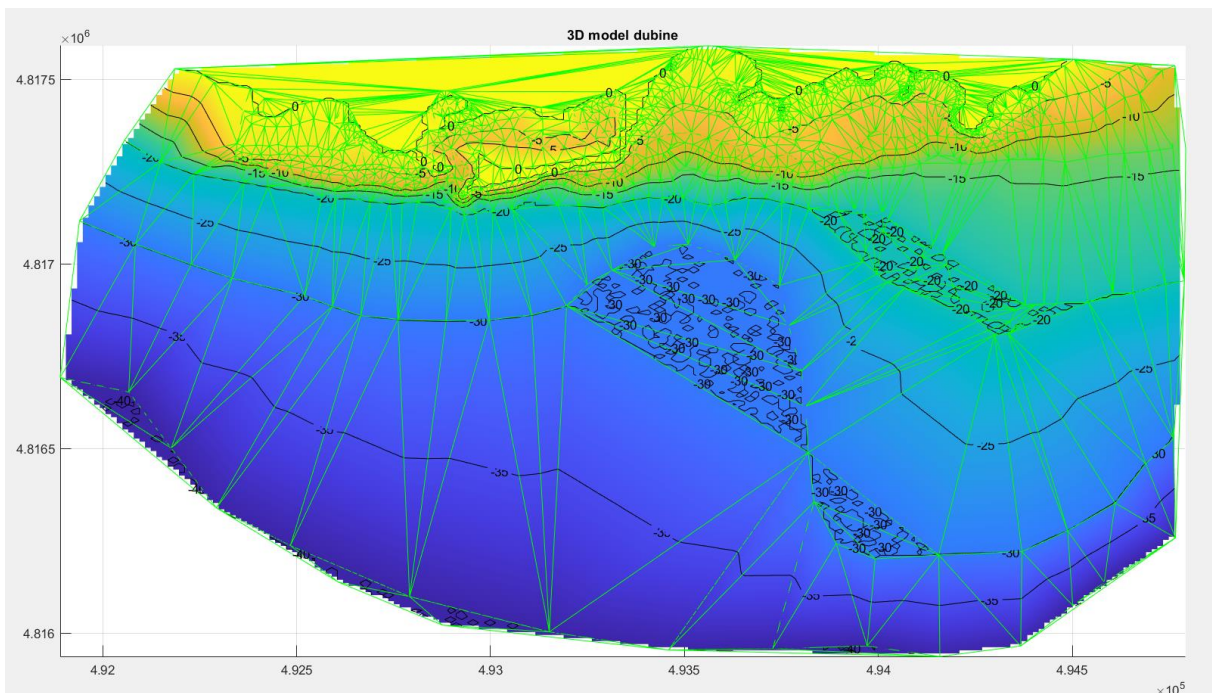
## 5.1. Refrakcija

Kod refrakcije, zrake vala sa normalom na obalnu crtu zatvaraju kut veći od nula stupnjeva. Val se transformira iz zone dubokog mora prema obali na način da se navedeni kut smanjuje, a zraka vala u trenutku dodira obalne crte poklapa se sa normalom na obalnu crtu. Sve navedeno posljedica je promjene batimetrije tj. smanjenja dubine sa prilaskom vala obalnoj crti. Refrakcija duž nepravilne obale nejednako raspoređuje energiju po samoj obali. Konvergiranje na rtovima, a rasipanje u uvalama.

$$K_R = \sqrt{\frac{B_0}{B_d}} \quad (5)$$

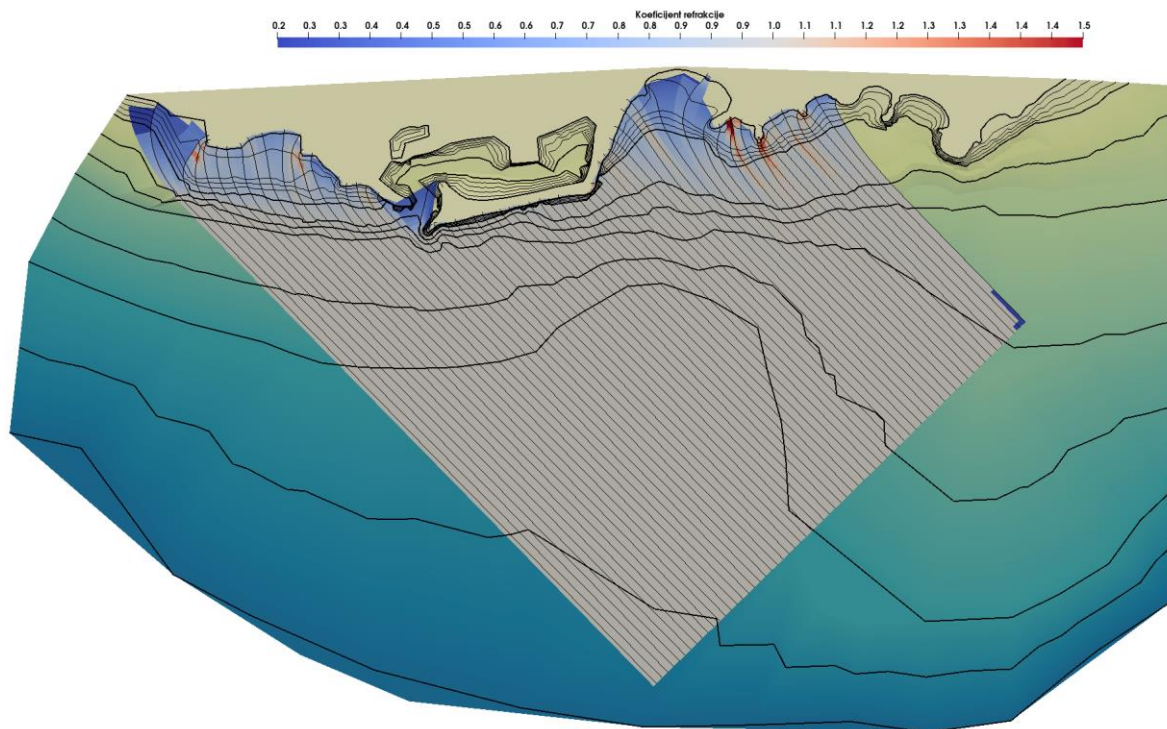
Do koeficijenta refrakcije se dolazi iz zakona održanja protoka energije među zrakama vala, uz pretpostavku da se sva energija prenosi uzduž zrake i nema protoka okomito na istu. Za izradu plana refrakcije koristi se metoda eksplicitnog postupka numeričke integracije diferencijalne jednadžbe zrake vala koja je integrirana u RSBWave.

Morska površina na području akvatorija marine Zente prekrivena je mrežom konačnih elemenata. Dio konačnih elemenata se nalazi i van mora (na kopnu) zbog načina na koji se vrši *meshing* unutar koda programa, no ti elementi su kasnije u proračunu isključeni. Elementi su trokutasti tako da svakom elementu pripadaju tri čvora i zadani su na način da čvorovi leže na zadanim izobatama te je sama mreža konačnih elemenata progušćena u blizini obale gdje se očekuju značajnije transformacije vala.

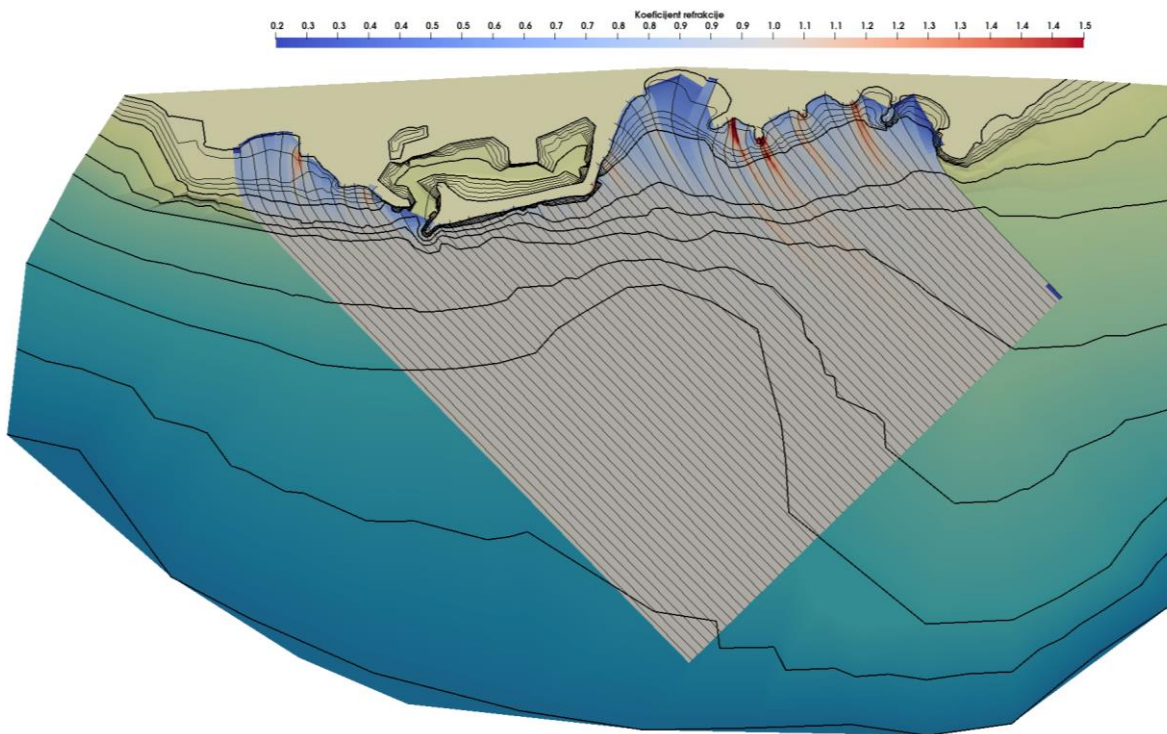


*Slika 5.1.1. Primjer mreže konačnih elemenata za Sektor I, povratni period 5 godina*

Na slici 5.1.2. i 5.1.3. za Sektor I, te na slikama 5.1.4. i 5.1.5. analogno za Sektor II prikazani su rezultati proračuna refrakcije u obliku plana refrakcije – zraka koje se rasprostiru iz dubljeg mora prema pliće. Nad zrakama je provučena ploha koeficijentata refrakcije koja ukazuje na postotak smanjenja, odnosno uvećanja vala.

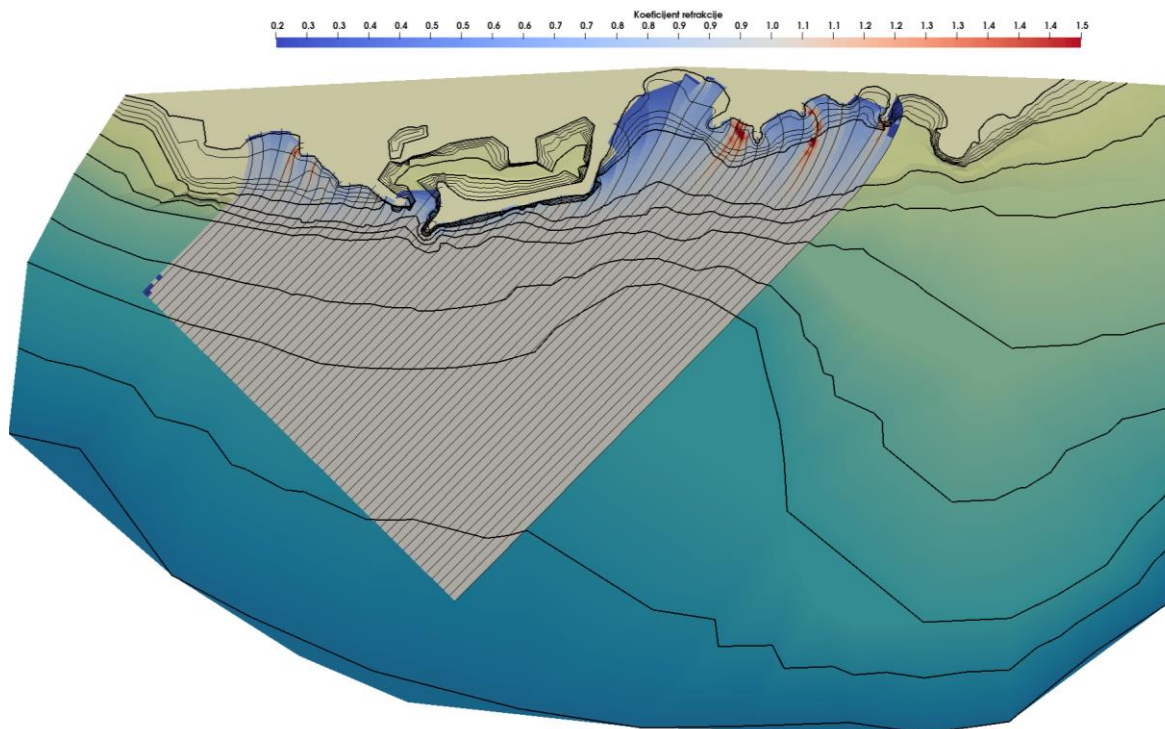


*Slika 5.1.2. Plan refrakcije za Sektor I: petogodišnji val ( $H_s^{100}=2.79$  m,  $T_0^{100}=4.55$  s)*

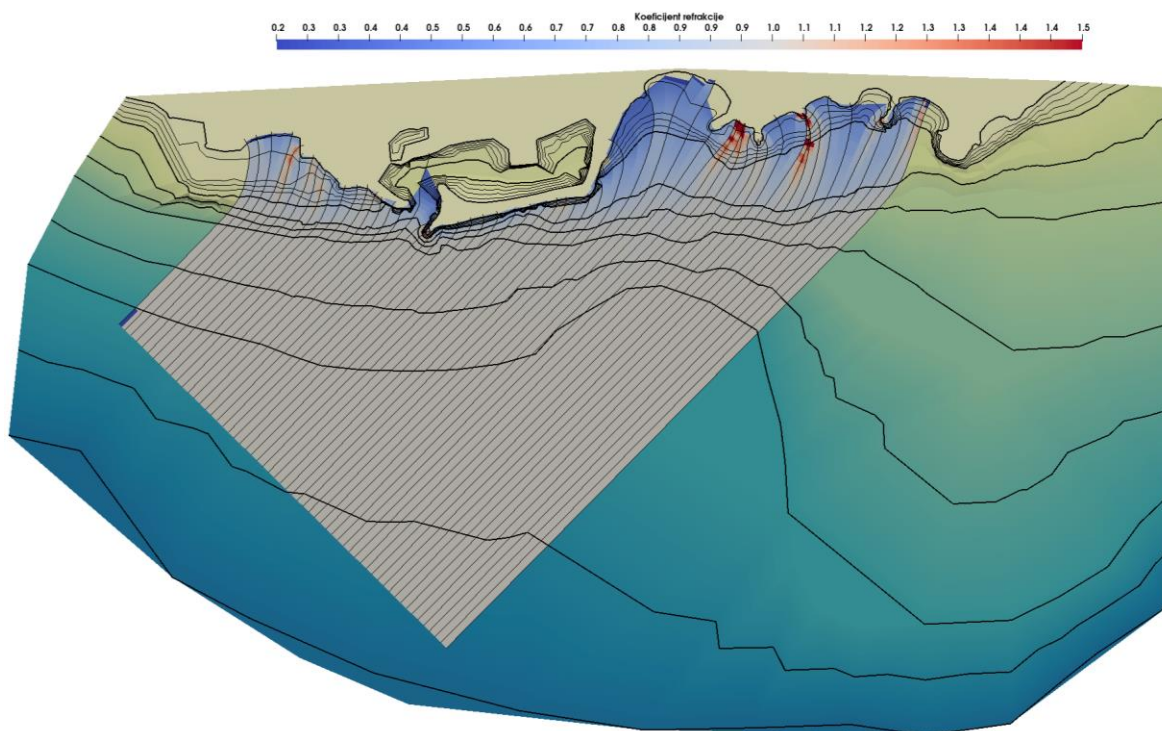


*Slika 5.1.3. Plan refrakcije za Sektor I: stogodišnji val ( $H_s^{100}=3.55$  m,  $T_0^{100}=5.22$  s)*





*Slika 5.1.4. Plan refrakcije za Sektor II: petogodišnji val ( $H_s^{100}=2.56\text{ m}$ ,  $T_0^{100}=4.96\text{ s}$ )*



*Slika 5.1.5. Plan refrakcije za Sektor II: stogodišnji val ( $H_s^{100}=3.56\text{ m}$ ,  $T_0^{100}=6.03\text{ s}$ )*

## 5.2. Uplićavanje

Uplićavanje ili engleski “shoaling” predstavlja deformaciju na nagnutom dnu zbog smanjenja dubine. Iz analize valova kratkih perioda čiji je pravac napredovanja okomit na izobate morskog dna te primjenom zakona održanja protoka energije na jedinicu širine grebena u dubokom i plićem moru, proizlazi:

$$\mathbf{E}_0 \times \mathbf{c}_{g0} = \mathbf{E} \times \mathbf{c}_g \quad (6)$$

Gdje je:

$E_0$  – srednja kinetička energija na jedinicu dužine vala u dubokom moru

$c_{g0}$  – brzina grupe valova u dubokom moru

$E$  – srednja kinetička energija na jedinicu dužine vala u plićem moru, na mjestu na kojem računamo deformaciju vala zbog smanjenja dubine

$c_g$  – brzina grupe valova na mjestu na kojem računamo deformaciju vala zbog smanjenja dubine

Brzina grupe valova u dubokom moru se određuje prema izrazu (7), a brzina grupe valova na nekoj dubini –  $d$  se određuje prema izrazu (8):

$$\mathbf{c}_{g0} = \mathbf{n}_0 \times \mathbf{c}_0 = \frac{1}{2} \times \frac{L_0}{T_0} \quad (7)$$

$$\mathbf{c}_{g,d} = \mathbf{n}_d \times \mathbf{c}_d = \frac{1}{2} \times \left[ \mathbf{1} + \frac{\frac{4x\pi xd}{L_d}}{\sinh\left(\frac{4x\pi xd}{L_d}\right)} \right] \quad (8)$$

gdje je

$C_{g,d}$  - brzina, a  $L_d$  - duljina vala na dubini  $d$ .

Ako se u izraz (6) uvrsti izraz za srednju energiju vala po jedinici dužine ( $E = \rho g H^2 / 8$ ), uređenjem jednadžbe dođe se do izraza za definiciju visine vala u ovisnosti o uplćavanju i početnoj visini vala iz dubokog mora:

$$\frac{H}{H_0} = \sqrt{\frac{n_0 c_{g,0}}{n c_{g,d}}} \quad (9)$$

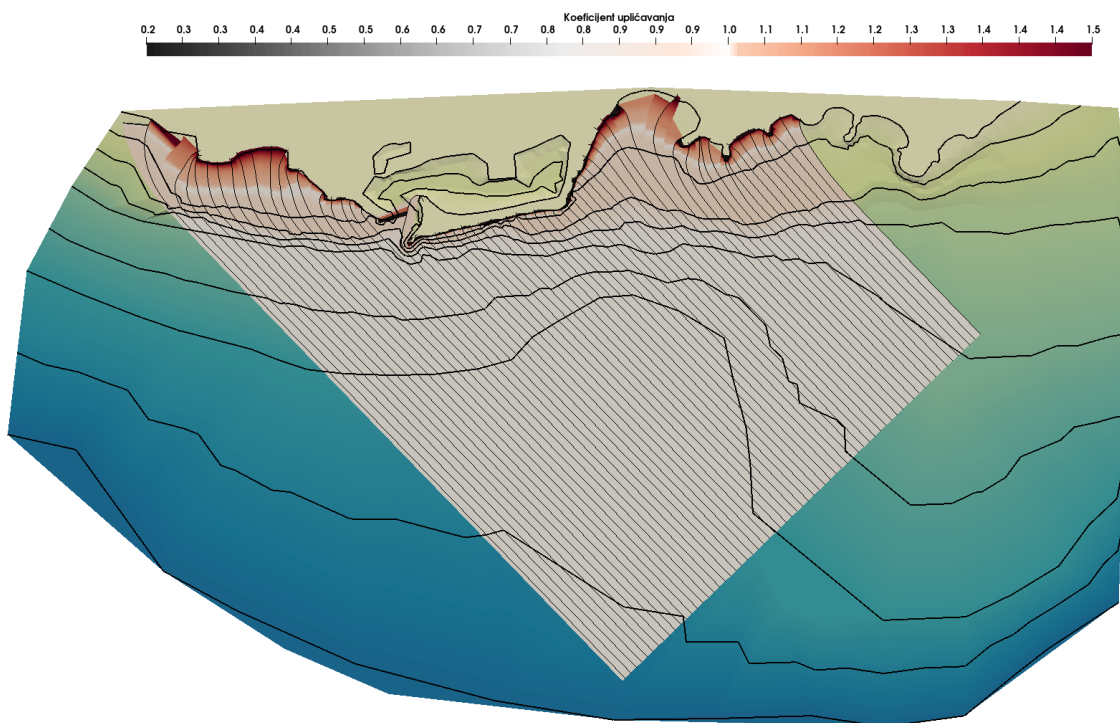
$$H = H_0 \times \sqrt{\frac{n_0 c_{g,0}}{n c_{g,d}}} = H_0 \quad (10)$$

Gdje je  $K_s$  koeficijent uplćavanja. Koeficijent uplćavanja, kao što se to može vidjeti u priloženim rezultatima (slika 5.2.1. - 5.2.4.) sa smanjenjem dubine postepeno opada, a nakon

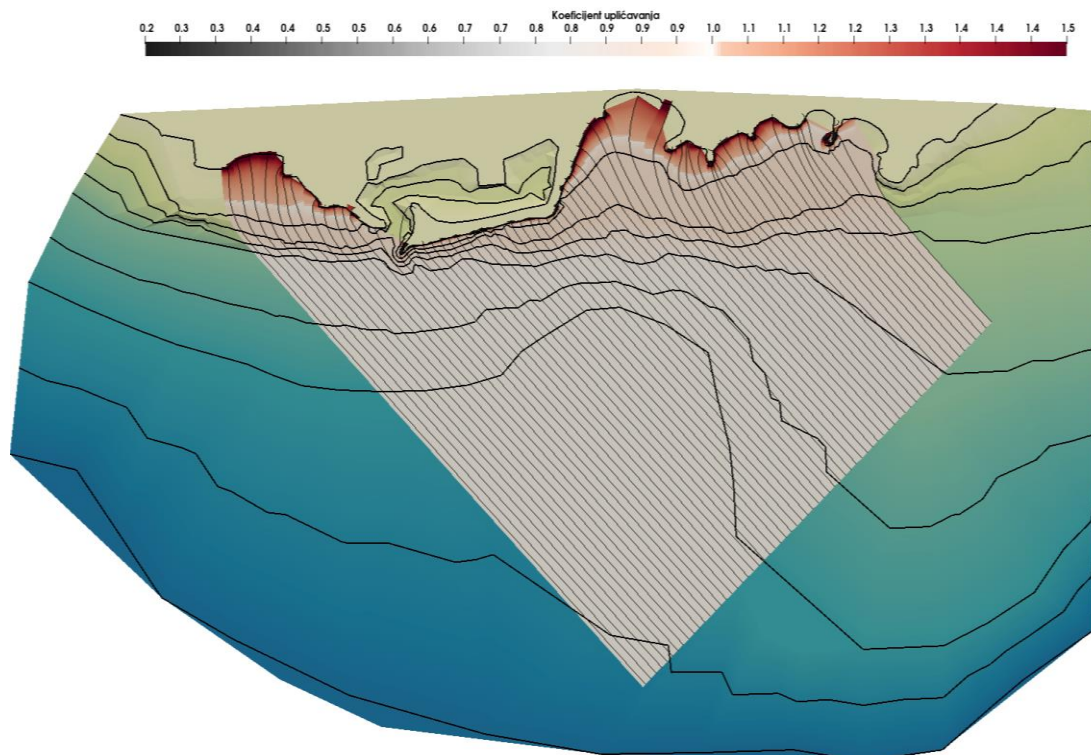


što se dogodio lom lokalno može i porasti. No val nakon loma više nema istu visinu već se minimalno smanji napola, energija se u lomu potroši i na obalu dolazi značajno manje visine i energije. Iz navedenog razloga, koeficijent uplićavanja ima značajan utjecaj za proračun isključivo prije samog loma.

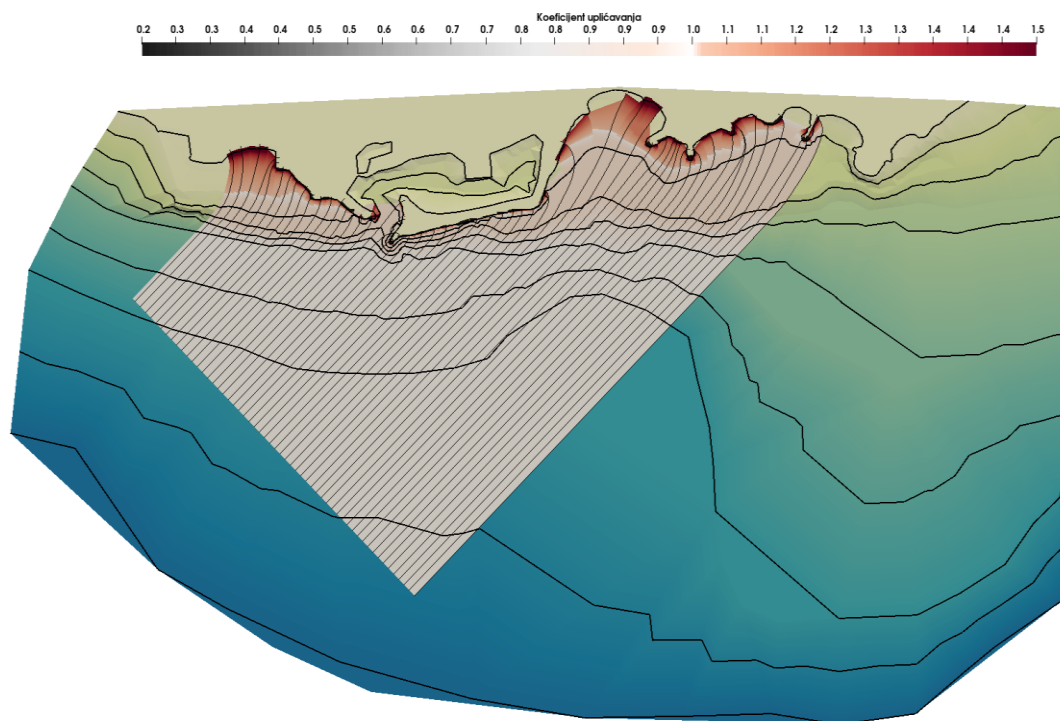
U nastavku na kontinuiranom prikazu rezultata za sve sektore u istoj formulaciji kao i za refrakciju mogu se primijetiti koeficijenti uplićavanja za pojedine fronte vala (slike 5.2.1. – 5.2.4.).



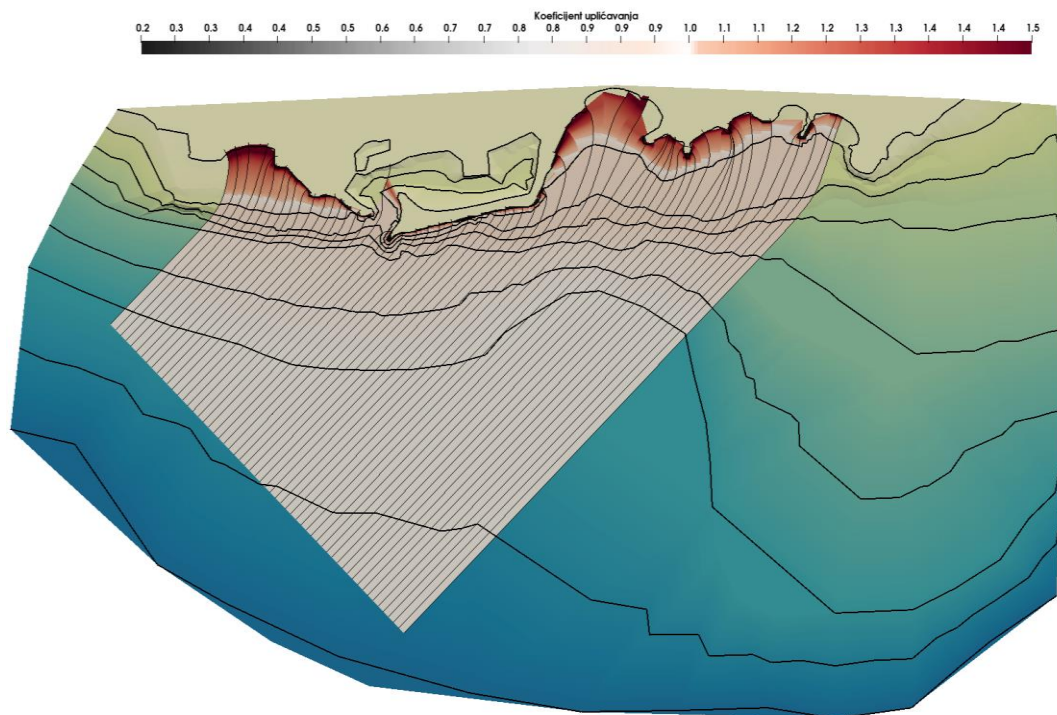
*5.2.1. Utjecaj uplićavanja vala za Sektor I: petogodišnji val ( $H_s^{100}=2.79$  m,  $T_0^{100}=4.55$  s)*



*5.2.2. Utjecaj uplićavanja vala za Sektor I: stogodišnji val ( $H_s^{100}=3.55$  m,  $T_0^{100}=5.22$  s)*



*5.2.3. Utjecaj uplićavanja vala za Sektor II: petogodišnji val ( $H_s^{100}=2.56$  m,  $T_0^{100}=4.96$  s)*



*5.2.4. Utjecaj uplićavanja vala za Sektor II: stogodišnji val ( $H_s^{100}=3.56$  m,  $T_0^{100}=6.03$  s)*

### 5.3. Lom vala

Kada se val rasprostire prema obali mijenja se strmost vala. Strmost vala se definira kao odnos visine i dužine vala. Idealan val može zadržati stabilnu formu, dakle neće se lomiti samo ako mu je strmost manja od maksimalne strmosti za određenu dubinu.

Maksimalna strmost vala u dubokoj vodi ( $d > L_o/2$ ) određena je izrazom:

$$\left(\frac{H_o}{L_o}\right)_{\max} = 0.142 \quad (11)$$

Dubokovodni valovi ne reagiraju s dnom tako da im strmost može povećati samo vjetar i na taj način dovesti do loma kad se prekorači  $(H_o/L_o)_{\max}$ . Maksimalna strmost vala u plićem moru ( $d < L/2$ ) određena je izrazom:

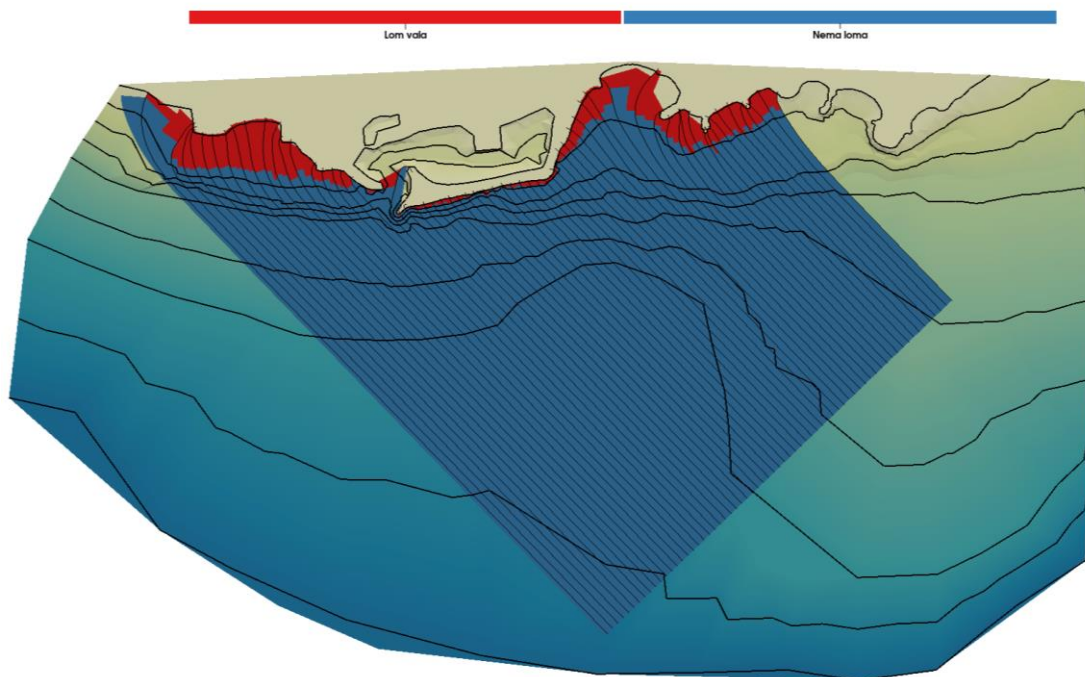
$$\left(\frac{H}{L}\right)_{\max} = 0.142 \cdot \operatorname{tgh}\left(\frac{2\pi D}{L}\right) \quad (12)$$

Valovi u plitkom reagiraju s dnom što rezultira povećanjem strmosti i lomom vala ako se prekorači  $(H/L)_{\max}$ , a izraz (12) gubi  $tgh$  iz izraza.

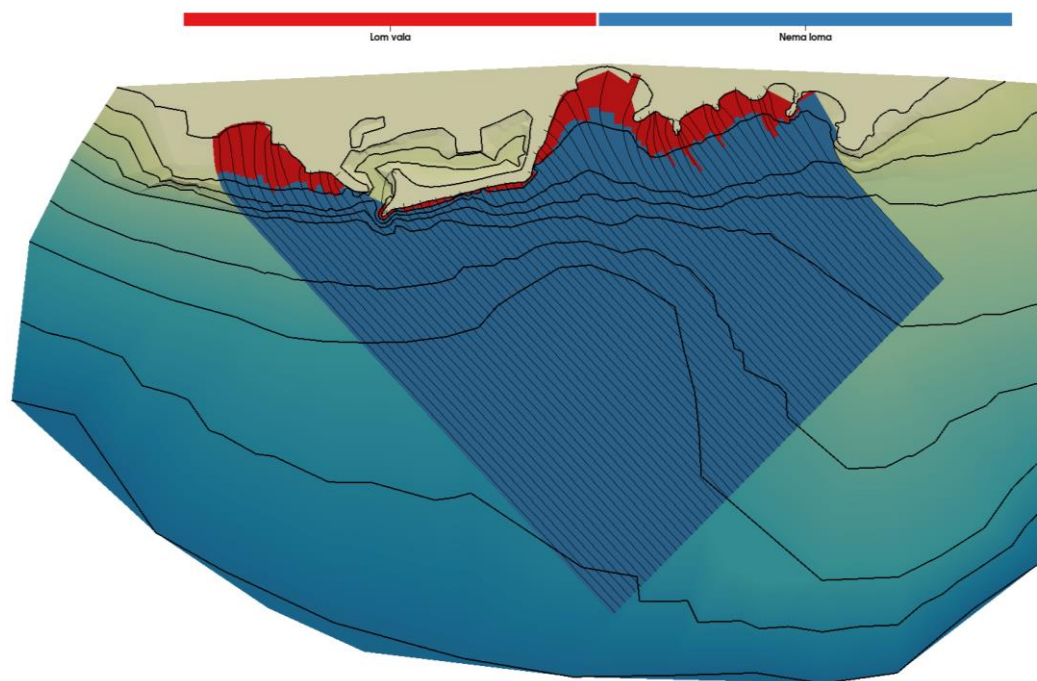
Proračun dubine, s obzirom na prekoračenje maksimalne strmosti na kojoj se val lomi, se obavlja iterativno u sklopu programa RSBWave.

Na slikama 5.3.1.-5.3.4., prikazano je područje javljanja loma vala za pojedini sektor.

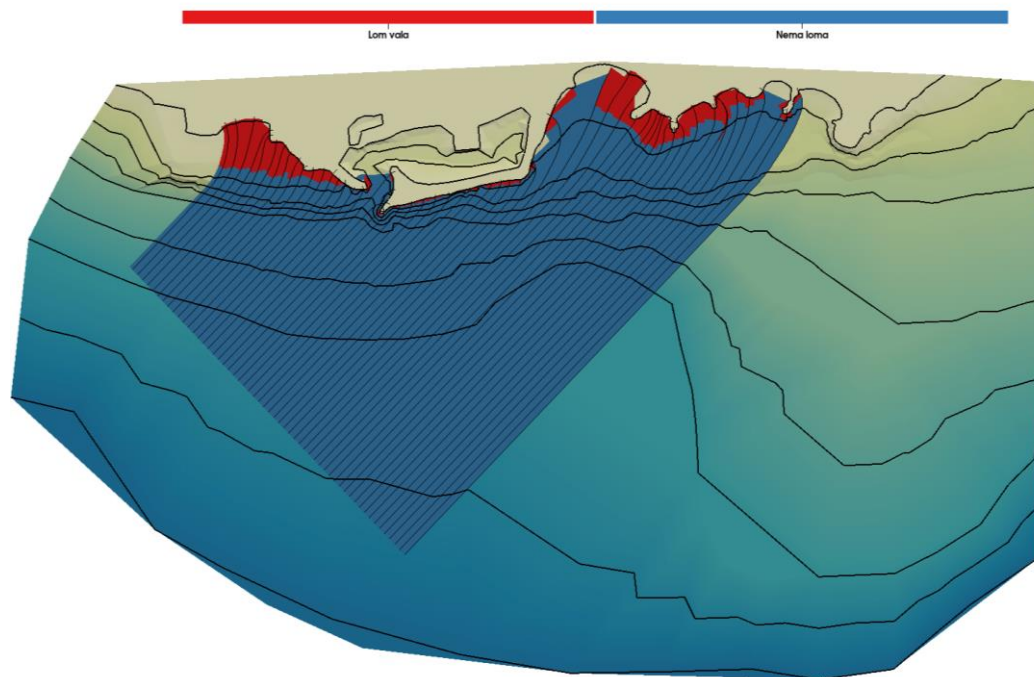




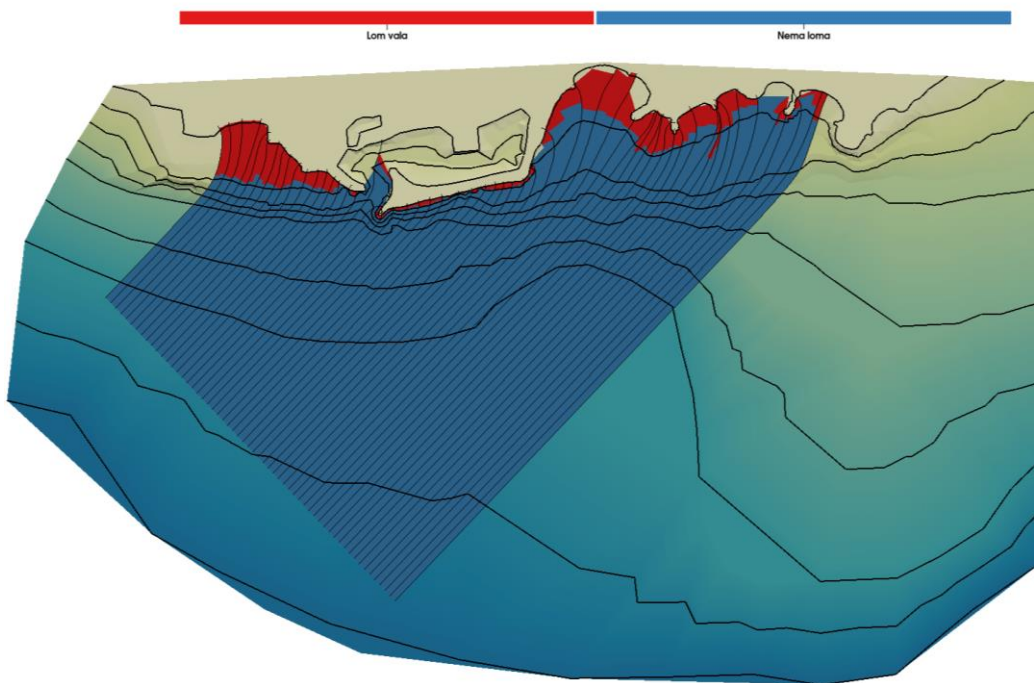
*Slika 5.3.1. Detekcija loma vala za Sektor I: petogodišnji val ( $H_s^{100}=2.79$  m,  $T_0^{100}=4.55$  s)*



*Slika 5.3.2. Detekcija loma vala za Sektor I: stogodišnji val ( $H_s^{100}=3.55$  m,  $T_0^{100}=5.22$  s)*

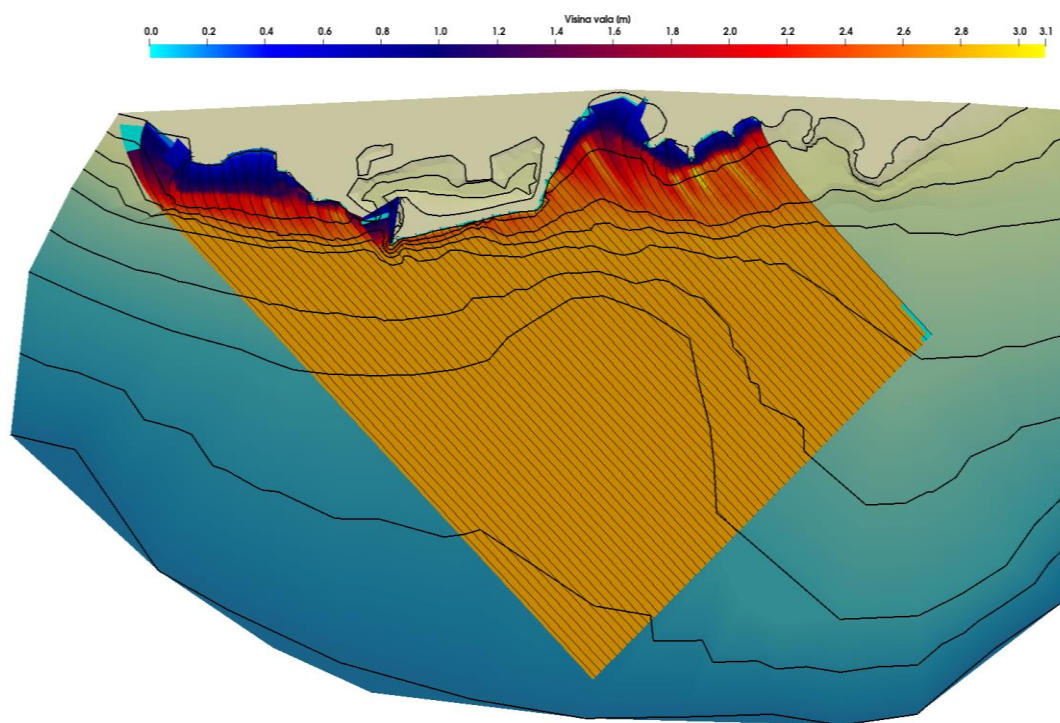


*Slika 5.3.3. Detekcija loma vala za Sektor II: petogodišnji val ( $H_s^{100}=2.56\text{ m}$ ,  $T_0^{100}=4.96\text{ s}$ )*



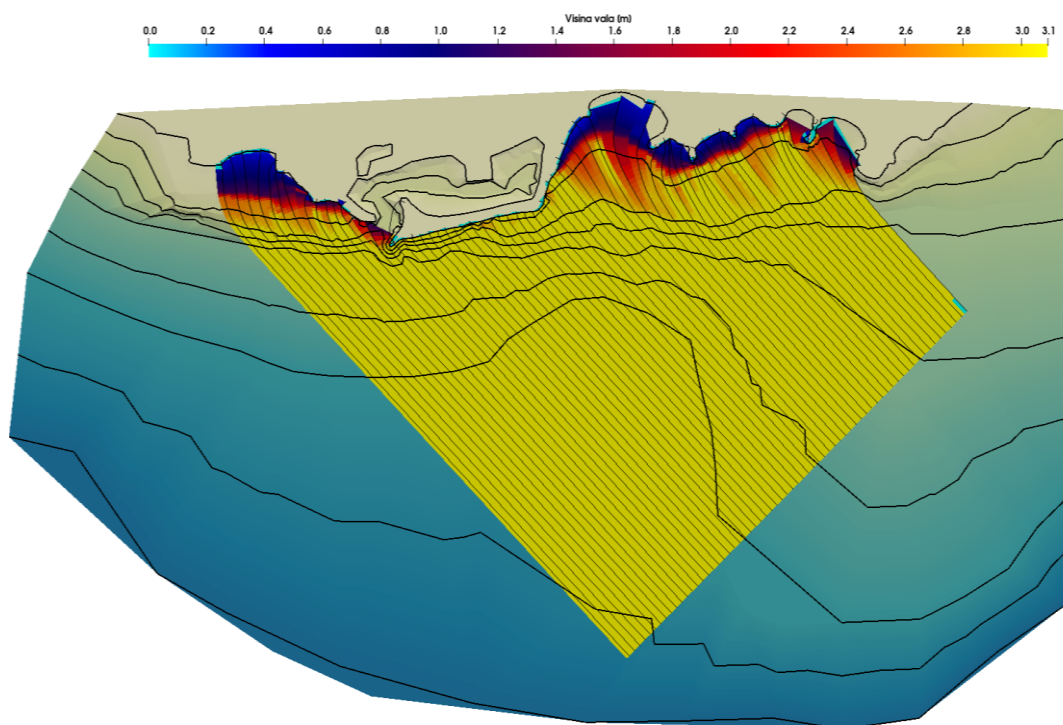
*Slika 5.3.4. Detekcija loma vala za Sektor II: stogodišnji val ( $H_s^{100}=3.56\text{ m}$ ,  $T_0^{100}=6.03\text{ s}$ )*

Nadovezujući se na detekciju loma vala, potrebno je i definirati visinu istog nakon sloma, iako je dominantni podatak visina prije loma, jer ona nosi većinu energije. U konačnici, većina deformacija (izuzevši difrakciju i dio refleksije) se odvija prije samog ulaska u prostor akvatorija marine te kao takvi ne predstavljaju dominantan utjecaj na organizaciju istog. Svakako, u nastavku su dana polja značajnih visina valova dobivenih za oba sektora i dva povratna perioda (slike 5.3.5.-5.3.8.), te je u sklopu određivanja sigurnosti samih brodova unutar marine, definiran utjecaj vala koji se putem difrakcije ipak prenese u sam akvatorij (slika 6.1.3).

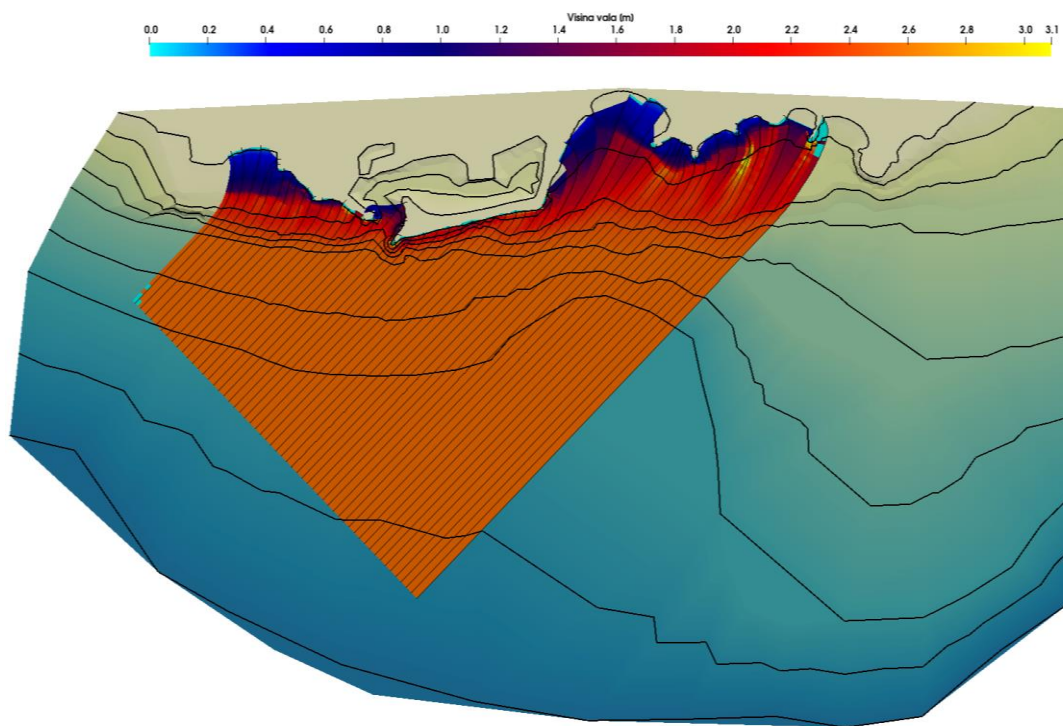


*Slika 5.3.5. Polje značajnih visina vala za Sektor I: petogodišnji val ( $H_s^{100}=2.79$  m,  $T_0^{100}=4.55$  s)*



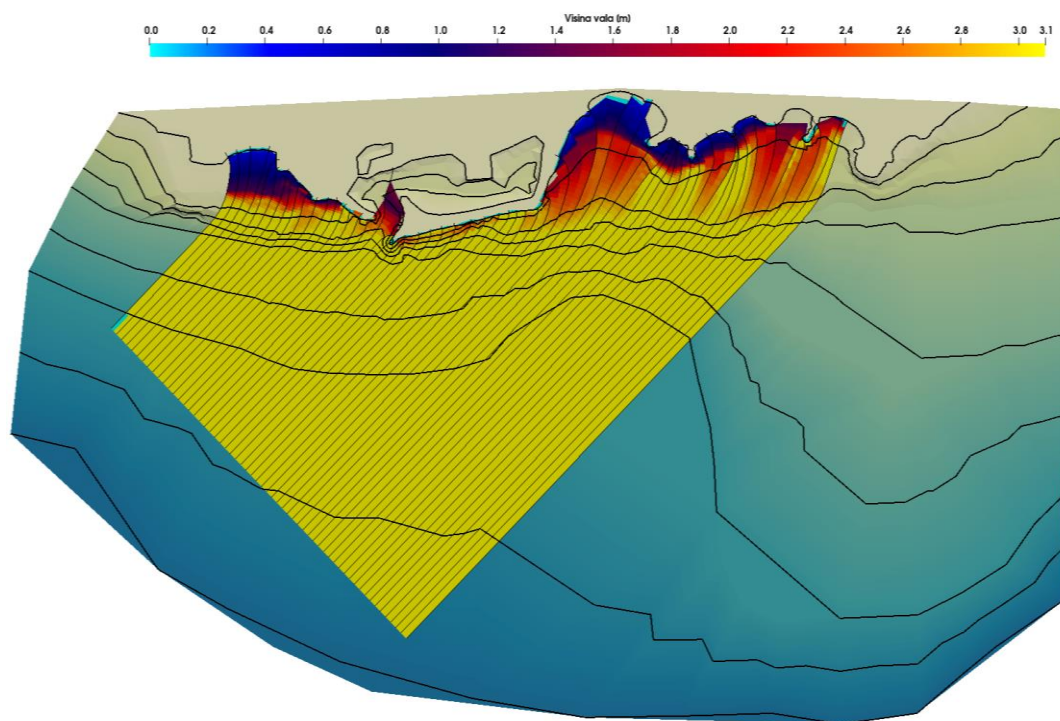


Slika 5.3.6. Polje značajnih visina vala za Sektor I: stogodišnji val ( $H_s^{100}=3.55$  m,  $T_0^{100}=5.22$  s)



Slika 5.3.7. Polje značajnih visina vala za Sektor II: petogodišnji val ( $H_s^{100}=2.56$  m,  $T_0^{100}=4.96$  s)





*Slika 5.3.8. Polje značajnih visina vala za Sektor II: stogodišnji val ( $H_s^{100}=3.56$  m,  $T_0^{100}=6.03$  s)*

## 6. PRIJEDLOG RJEŠENJA UREĐENJA MARINE ZENTA

### 6.1. Proračun valova u marini Zenta

Marina je dio posebno izgrađenog i uređenog morskog ili vodenog prostora i obale za pružanje usluga veza, smještaja turista u plovnim objektima i ostalih usluga za potrebe turista. Prvenstveno za projektiranje marine treba izračunati transformirani val koji ulazi u marinu. Val iz dubokog mora množimo koeficijentima uplićavanja, refrakcij i difrakcije. S obzirom da imamo dva sektora, iz oba sektora uzimamo stogodišnje podatke o valu u dubokom moru te provjeravamo ulazni val u marinu s odgovarajućim transformacijama.

*Primjer proračuna za I sektor*

- parametri za duboko more:  $L_0 = 42,54$  m  $T_0 = 5,22$  s  $H_0 = 3,55$  m

#### ○ UPLIĆAVANJE

$$K_s = \sqrt{\frac{c_{g,o}}{c_g}} \quad (13)$$

- iterativnim putem dobivamo dužinu vala na dubini od 10 m

$$L_{10} = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right) = \dots \text{ iteracija } L_{10}=39,22 \text{ m} \quad (14)$$

provjera:  $D/L = 10/39,22 = 0,25$  srednje more

-  $c_{g,0}$  predstavlja brzinu grupe valova u dubokom moru te iznosi:

$$c_{g,0} = \frac{1}{2} \times c_0, \text{ gdje je } c_0 \text{ brzina vala u dubokom moru} \quad (15)$$

$$c_{g,0} = \frac{1}{2} \times \frac{L_0}{T_0} = \frac{1}{2} \times \frac{42,54}{5,22} = 4,07 \text{ m/s} \quad (16)$$

-  $c_g$  predstavlja brzinu grupe valova u srednjem moru te iznosi:

$$c_g = n \times c = \frac{1}{2} \times \left[ 1 + \frac{\frac{4\pi d}{L}}{\sinh\left(\frac{4\pi d}{L}\right)} \right] \times \frac{L_{10}}{T} = \frac{1}{2} \times \left[ 1 + \frac{\frac{4\pi \cdot 10}{39,22}}{\sinh\left(\frac{4\pi \cdot 10}{39,22}\right)} \right] \times \frac{39,22}{5,22} = 4,73 \quad (17)$$

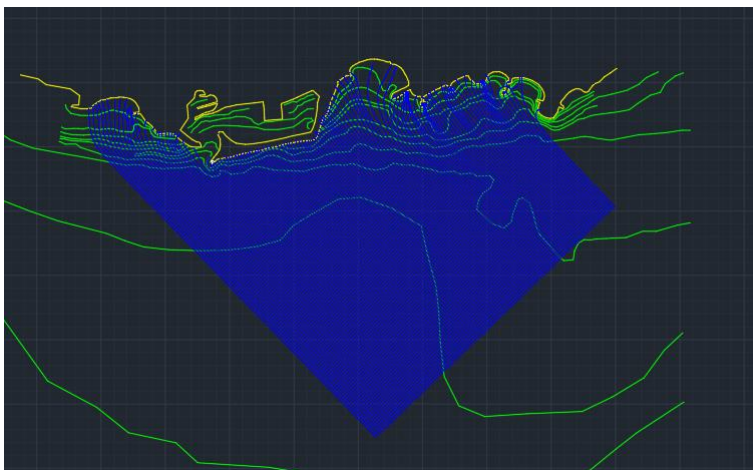
- koeficijent uplićavanja iznosi:

$$K_s = \sqrt{\frac{c_{g,o}}{c_g}} = \sqrt{\frac{4,07}{4,73}} = 0,93 \quad (18)$$

## ○ REFRAKCIJA

$$K_R = \sqrt{\frac{B_0}{B}} \quad (19)$$

-  $B_0$  predstavlja širinu zraka u dubokom moru i iznosi 10 m dok  $B$  predstavlja širinu zraka na dubini od 10 m i iznosi 14,78 m. Uz pomoć RSBWave imali smo očitati širinu zraka na određenoj dubini te uvrstili u formulu za dobivanje koeficijenta refrakcije.



*Slika 6.1.1. Zrake dobivene RSBWave u ACADu*



*Slika 6.1.2. Širina zrake na porebnoj dubini*

- koeficijen refrakcije iznosi:  $K_R = \sqrt{\frac{B_0}{B}} = \sqrt{\frac{10}{14,78}} = 0,82 \quad (20)$

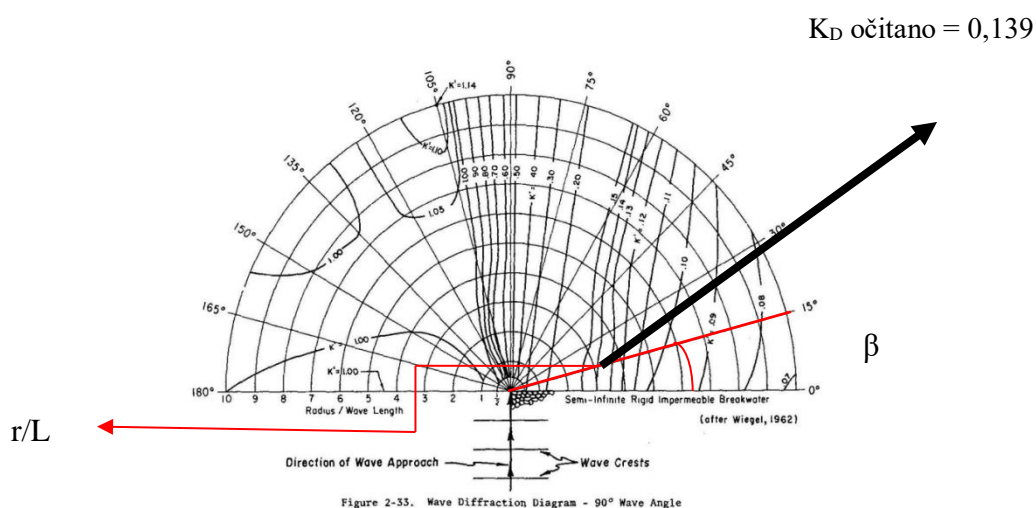
- DIFRAKCIJA

- kut naleta, koji služi za odabir dijagrama za iščitavanje koeficijenta difrakcije, na dubini 10 m iznosi:  $\vartheta = 90^\circ$

- kut  $\beta$  iznosi  $15^\circ$  dok radijalna udaljenost  $r$  iznosi 126,9 m

$$r/L_{10} = 126,9/39,22 = 3,24 \quad (21)$$

- koeficijent difrakcije iznosi  $K_D = 0,139$



### 6.1.3. Dijagram difrakcije

Val na dubini od 10 m iznosi:

$$H_{10} = H_0 \times K_S \times K_R \times K_D = 3,55 \times 0,93 \times 0,82 \times 0,139 = 0,38 \text{ m} \quad (22)$$

S obzirom da je lukobran nepravilnog oblika moramo provjeriti difrakciju na još jednom mjestu, točnije na dubini od 6 m.

- DIFRAKCIJA ( $d = 6 \text{ m}$ )

- kut naleta, koji služi za odabir dijagrama za iščitavanje koeficijenta difrakcije, na dubini 6 m iznosi:  $\vartheta = 90^\circ$

- kut  $\beta$  iznosi  $15^\circ$  dok radijalna udaljenost  $r$  iznosi 78,60 m

$$r/L_6 = 78,60/39,78 = 1,97 \quad (23)$$

- koeficijent difrakcije iznosi  $K_D = 0,175$

Val na dubini od 6 m iznosi:

$$H_6 = H_{10} \times K_D = 0,38 \times 0,175 = 0,07 \text{ m, dokazano da je visina vala unutar marine prihvatljivo mala.} \quad (24)$$

Isti proračun radimo i za II sektor te dobivamo rezultate:

#### *Rezultati proračuna za II sektor*

- parametri za duboko more:  $L_0 = 56,77 \text{ m}$   $T_0 = 6,03 \text{ s}$   $H_0 = 3,56 \text{ m}$

○ UPLIĆAVANJE

$$K_S = 0,92$$

○ REFRAKCIJA

$$K_R = 0,73$$

○ DIFRAKCIJA ( $d=7 \text{ m}$ )

- kut naleta, koji služi za odabir dijagrama za iščitavanje koeficijenta difrakcije, na dubini 7 m iznosi:  $\vartheta = 120^\circ$

$$r/L_7 = 1,86$$

$$K_D = 0,27$$

Val na dubini od 7 m iznosi:

$$H_7 = H_0 \times K_S \times K_R \times K_D = 3,56 \times 0,92 \times 0,73 \times 0,27 = 0,65 \text{ m} \quad (25)$$

S obzirom da je lukobran nepravilnog oblika moramo provjeriti difrakciju na još jednom mjestu, točnije na dubini od 5,5 m.

- DIFRAKCIJA ( $d = 5,5 \text{ m}$ )

$$\vartheta = 90^\circ \quad \beta = 90^\circ$$

$$r/L_{5,5} = 1,1$$

$$K_D = 0,53$$

Val na dubini od 5,5 m iznosi:

$H_{5,5} = H_7 \times K_D = 0,65 \times 0,53 = 0,3 \text{ m}$ , dokazano da je visina vala unutar marine prihvatljivo mala. (26)

## 6.2. Kapacitet marine Zenta

Ukupan broj brodova iznosi :  $N=N_p+N_t+N_r$

$N_p$  – stalni brodovi

$N_t$  – privremeni brodovi

$N_r$  – brodovi na remontu

$$N_t = \frac{1}{3}N_p \quad (27)$$

$$N_r = \frac{1}{3}N_p \quad (28)$$

$$N = N_p + \frac{N_p}{3} + \frac{N_p}{10} \quad (29)$$

$$N = N_p \left(1 + \frac{1}{3} + \frac{1}{10}\right) \quad (30)$$

$$N = \frac{43}{30}N_p \rightarrow N_p = \frac{N}{1,4} \rightarrow N_t = \frac{N}{4,2} \rightarrow N_r = \frac{N}{14} \quad (31)$$

Određen je ukupan broj mokrih i suhih vezova:

$$N_m = 510$$

$$N_s = 63$$

Prema gore prikazanim odnosima izračunati su brojevi brodova za mokri i suhi vez ovisno o karakteru stalnosti i prikazani su u tablici 6.2.1.

*Tablica 6.2.1. Brojevi brodova za mokri i suhi vez ovisno o karakteru stalnosti*

<b>N (mokri vez)</b>	<b>510</b>	<b>N (suhi vez)</b>	<b>63</b>
$N_p = N/1,4$	364	$N_p = N/1,4$	45
$N_t = N/5,2$	98	$N_t = N/5,2$	12
$N_r = N/14$	37	$N_r = N/14$	5

Ukupno:

$N_p = 409$  broj stalnih brodova

$N_t = 110$  broj privremenih brodova

$N_r = 42$  broj brodova na remontu

### 6.3. Određivanje dužine priveza pojedinog broda

Data duljina zadana je prema podacima od ACY-a za 1988.godinu.

*Tablica 6.3.1. Kategorizacija brodova za sport i rekreaciju (prema ACY-u za 1988.)*

KATEGORIJA	DULJINA BRODA		ŠIRINA BRODA	GAZ	DULJINA PRIVEZA
	jedrilice	mot. brodovi	(m)	(m)	(m)
<b>I</b>	5,5	5	2	1	2,5
<b>II</b>	5,5 – 8	5 – 6,5	2,5	1,5	3
<b>III</b>	8 – 9,5	6,5 – 8	3	1,6	3,5
<b>IV</b>	9,5 – 11	8 – 9,5	3,3	1,8	4
<b>V</b>	11 – 13	9,5 – 11	3,8	2	4,5
<b>VI</b>	13 – 15	11 – 13	4,3	2,2	5
<b>VII</b>	15 – 18	13 – 15	4,8	2,5	5,5
<b>VIII</b>	18 - 21	15 - 18	5,3	2,8	6



#### 6.4. Broj brodova na privezu

Broj plutajućih brodova je 510.

U ovaj broj uračunati su svi stalni, privremeni i brodovi na remontu

Kategorizacija brodova izvršena je prema ACY-jevim podacima iz 1988. godine.

*Tablica 6.4.1. Proračun ukupne duljine potrebnog priveza s obzirom na zadanu učestalost*

KATEGORIJA	Učestalost (%) po ACY 1988.	Broj brodova (kom) % x Nm	Dužina na privezu (m)
I	2	141	352,5
II	5	122	366
III	10	77	269,5
IV	15	71	284
V	20	44	198
VI	30	21	105
VII	12	18	99
VIII	3	16	96
UKUPNO			1770

Ukupna potrebna dužina gata dobivena je zbrojem svih dužina na privezu za pojedine

kategorije brodova:  $L_{\text{potrebno}} = 1770 \text{ m}$

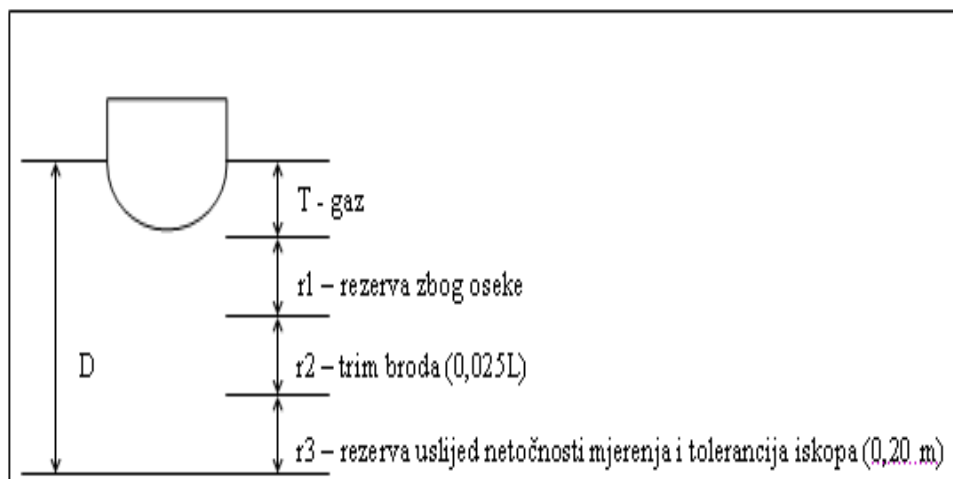
## 6.5. Određivanje potrebne dubine

S obzirom da nas pogoduje dubina u samom akvatoriju marine, nije bilo problema sa dubinama. Dubina se kretala od 2 m do 8 m. Za određivanje minimalne dubine, tablica 6.5.1., koristili smo se izrazom:

$$D_{\text{potrebno}} = T + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 \quad (32)$$

gdje je:

- $T$  = gaz
- $R_1$  = rezerva koja se predviđa zbog utjecaja oseke
- $R_2 = 0.025 * L$  – potrebna rezerva zbog nejednakosti u trimu broda (pun/prazan)
- $R_3$  = rezerva za točnost mjerenja
- $R_4$  = rezerva koju se predviđa zbog utjecaja dna



*Slika 6.5.1. Komponente potrebne dubine za pristan*

*Tablica 6.5.1. Primjer određivanja potrebnih dubina za lokaciju sa zadanim rezervama*

<b>KATEGORIJA</b>	<b>DULJINA BRODA</b>	<b>GAZ – T (m)</b>	<b>R<sub>1</sub> (m)</b>	<b>R<sub>2</sub> (m)</b>	<b>R<sub>3</sub> (m)</b>	<b>D (m)</b>
<b>I</b>	5,5	1	0,30	0,14	0,20	1,64
<b>II</b>	8	1,5	0,30	0,20	0,20	2,20
<b>III</b>	9,5	1,6	0,30	0,24	0,20	2,34
<b>IV</b>	11	1,8	0,30	0,28	0,20	2,58
<b>V</b>	13	2	0,30	0,33	0,20	2,83
<b>VI</b>	15	2,2	0,30	0,38	0,20	3,08
<b>VII</b>	18	2,5	0,30	0,45	0,20	3,45
<b>VIII</b>	21	2,75	0,30	0,53	0,20	3,78

## 6.6. Akvatorij marine Zenta

Predviđeni kapacitet računa se uz pretpostavku akvatorija na slijedeći način:

$$A_i = 1,5 \times L_{broda} \times L_{priveza} \quad (33)$$

$$A_{broda} = \sum(Nm_i \times A_i) \quad (34)$$

$$A_{marine} = 4 \times A_{broda} \quad (35)$$

Proračun raspoložive površine akvatorija marine prikazan je u tablici 6.6.1.

*Tablica 6.6.1. Proračun površine akvatorija*

KATEGORIJA	$L_{broda}$	$L_{priveza}$	$A_i$ broda	$Nm_i$	A	potrebni akvatorij
	(m)	(m)	(m <sup>2</sup> )	brodova	(i-tih brodova)	
<b>I</b>	5,50	2,5	21	4	84	336
<b>II</b>	8,00	3,0	36	11	396	1584
<b>III</b>	9,50	3,5	50	22	1100	4400
<b>IV</b>	11,00	4,0	66	33	2178	8712
<b>V</b>	13,00	4,5	88	44	3872	15488
<b>VI</b>	15,00	5	113	66	7458	29832
<b>VII</b>	18,00	5,5	149	26	3874	15496
<b>VIII</b>	21,00	6	189	7	1323	5292
				UKUPNO	22189	88756

**UKUPNO:  $A_A=88\ 756\ m^2$**

**- Teritorij marine**

Teritorij marine mora osiguravati površine za parkiralište, površine prikolica za brodove, površine za brodove na kopnu, te brodove na remontu. Površine se računaju prema sljedećim izrazima:

**- Parkiralište**

$$A_p = 16N_p = 6544 \text{ m}^2 \quad \text{ili} \quad A_p = 11N = 5610 \text{ m}^2 \quad \text{odabrano: } A_p = 6544 \text{ m}^2$$

**- Prikolice za brodove**

$$A_{pt} = 10N_p = 4090 \text{ m}^2 \quad \text{ili} \quad A_{pt} = 7N = 3570 \text{ m}^2 \quad \text{odabrano: } A_{pt} = 4090 \text{ m}^2$$

**- Brodovi na kopnu**

$$A_{bk} = 20N_p = 8180 \text{ m}^2 \quad \text{ili} \quad A_{bk} = 14N = 7140 \text{ m}^2 \quad \text{odabrano: } A_{bk} = 8180 \text{ m}^2$$

**- Brodovi na remontu**

$$A_{br} = 14N_p = 5726 \text{ m}^2 \quad \text{ili} \quad A_{br} = 10N = 5100 \text{ m}^2 \quad \text{odabrano: } A_{br} = 5726 \text{ m}^2$$

***UKUPNO ODABRANO:  $A_T = 24\,540 \text{ m}^2$***

## 6.7. Proračun okretišta

Okretište kao neophodni dio akvatorija marine predviđa se u području između gatova i lukobrana, na način kretanja naprijed - natrag (relativno skučeni uvjeti) kao što se vidi na slika 6.7.1.

U skladu sa karakterom projektirane lučice uzima se slučaj bez pomoći tegljača:

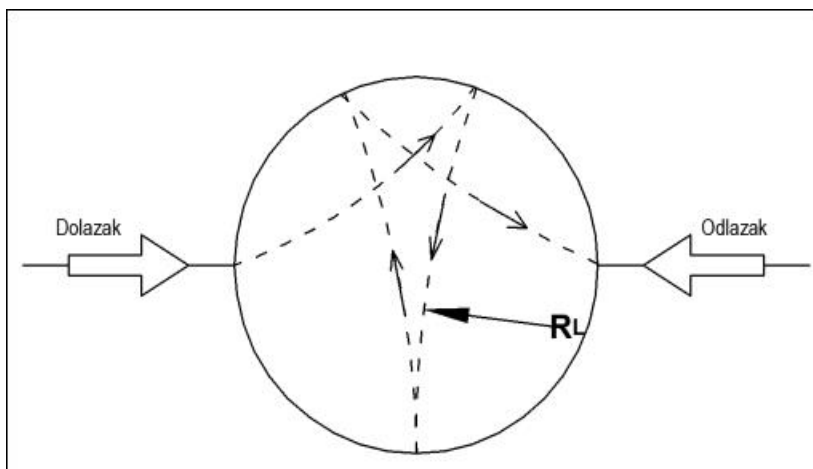
$D_{\min} = 3 L_{\max}$  - (minimalni promjer okretišta)

$L_{\max} = 21$  – dužina najvećeg broda

$$D_{\min} = 3 \times 21 \text{ m} = 63 \text{ m} \quad (36)$$

$R_1 = 4 L_{\max}$  (radijus luka kojeg opisuje brod pri okretanju)

$$R_1 = 4 \times 21 \text{ m} = 84 \text{ m}$$



*6.7.1. Skica okretišta*

## 6.8. Gatovi

Projektirana marina sadržava 9 gatova od čega su četiri betonska pristana te pet plutajućih pontonskih. Marina može primiti 510 brodova od prve kategorije do osme.

U tablici 6.8.1. date su određene duljine gatova.

*Tablica 6.8.1. Duljine projektiranih gatova*

GAT	DUŽINA GATA
1	115
2	134
3	120
4	72
5	180
6	108
7	132
8	84
9	161

Razmak između gatova mora biti minimalne duljine  $4L$ , gdje je  $L$  duljina najvećeg broda. Razmak između 2 "kolpo morta" mora biti min.  $2B$ , gdje je  $B$  širina broda. Na situaciji koja prikazuje distribuciju brodova u lučici polja naznačena za određenu kategoriju uključuju duljinu od  $1,3L$  i širinu  $1,25B$  kao prostor kojeg brod zauzima sa vezom.

Raspored brodova po gatovima možemo vidjeti u tablici 6.8.2.

*Tablica 6.8.2. Raspored brodova po gatovima u marini Zenta*

<b>VEZOVI</b>										
<b>GAT</b>		<b>DIMENZIJE</b>								
N	STRANA	5,50x2,20	8,00x2,70	9,50x3,20	11,00x3,50	13,00x4,00	15,00x4,50	18,00x5,00	21,00x5,50	ukupno
1	A	52								52
	B									
2	A	24	10	9	6					49
	B									
3	A	2	24	14						76
	B			21	15					
4	A			3	18					38
	B					10	7			
5	A				22	16				95
	B	16	11	14	7		6	3		
6	A	15	14							65
	B	6	18	6		6				
7	A	16	35							75
	B							8	16	
8	A	10	10	10						49
	B				3	5	6	5		
9	A					7	2	2		11
	B									
<b>ukupno</b>		141	122	77	71	44	21	18	16	510



Gatovi za prihvat brodica su plutajući objekti koji se sastoje od jednog ili više modula odnosno pontona. Konstrukciju pontona čine uzgonski elementi odnosno plutajuće vodonepropusne komore, zatim glavna konstrukcija koju nose uzgonski elementi pričvršćeni na nju, te podnice postavljene na glavnu konstrukciju zajedno sa ostalom opremom koja se prvenstveno odnosi na, vez brodica, međusobni spoj pontona, sidrenje i komunikaciju.

Njihova je namjena vez i privez brodica i manjih brodova, komunikacija brodova s kopnom, te opskrba električnom energijom i vodom ukoliko za to postoje zahtjevi.

Konstrukcija pontona mora biti kvalitetno izrađena kako bi dobro podnijela sve nepovoljne vremenske uvjete što se u prvom redu odnosi na valove, vjetar, plimu i oseku, temperaturne promjene, te kemijski agresivno djelovanje morske vode na materijale od kojih je sastavljena.

Odabran je proizvođač tipova prikazan u nastavku, poznate tvrtke ***Marinetek Adriatic*** koja se bavi proizvodnjom pontonskih gatova, marina i valobrana. Na slikama 6.8.1. -6.8.5. dani su primjeri tehničkih specifikacija za odabrane pontonske gatove.



## Marinetek Adriatic

Tvrtka Marinetek Adriatic osnovana je 2005. godine pod imenom Marinetek NCP, a riječ je o joint venture tvrtki za proizvodnju i prodaju opreme za marine te savjetovanje pri izgradnji luka nautičkog turizma. Osnivači tvrtke su NCP Remontno brodogradilište Šibenik – nautički centar i brodogradilište za remont jahti i megajhti, i Marinetek Group Oy - najveći europski proizvođač betonskih pontona i opreme za marine. Marinetek Adriatic iz Šibenika ovlašten je zastupnik za proizvodnju i prodaju cjelokupne opreme za marine brenda Marinetek i nudi širok asortiman pontona, u rasponu od lakih drvenih pontona do teških valobrana, kao i bogat izbor standardne i sigurnosne opreme za pontone i marine. Poslovna strategija društva izražava se u povećanju proizvodnje i širenju proizvodnog programa, kako bi se zadovoljile sve potrebe za gradnjom novih i obnovom starih plutajućih gatova u marinama na istočnim obalama Mediterana.

Ideja tvrtke je 'one stop shop', dakle mjesto gdje investitor može dobiti stručni savjet, podršku, opremu, dostavu, ugradnju, razvoj i održavanje, sve na jednom mjestu. U skladu s potrebama i željama investitora u mogućnosti smo isporučiti maritimni dio marine po sistemu 'ključ u ruke', od zajedničke izrade idejnog rješenja, do marine instalirane i spremne za upotrebu.

Marinetekov neprekidan proizvodni razvoj, usavršeni procesi proizvodnje u modernim tvornicama i više od 30 godina iskustva u gradnji pontona i razvoju marina doprinijeli su uspjehu tvrtke na međunarodnom tržištu. Velika podrška matične kuće u Finskoj očituje se u transferu tehnologije, korištenju prepoznatljivog 'Marinetek' brenda i globalnom marketingu, te prodaji proizvoda putem dobro razgranate mreže distributera na tri kontinenta.

### *Slika 6.8.1. Osnovno o tvrtci Marintek*

# ALL CONCRETE I HEAVY DUTY PONTONI

**Heavy Duty pontoni dizajnirani su za prihvat plovila u modernim marinama i koriste se za premošćivanje obala ili kao plutajuće platforme. Vrlo su izdržljivi, ne zahtijevaju održavanje i imaju velik kapacitet nosivosti.**

Marinetek All Concrete i Heavy Duty pontoni najčešće su korišteni strukturni betonski modeli, idealni za prihvat brodova u marinama ili za formiranje samostalnih gatova. Dizajnirani za privez brodova u marinama, izgrađeni su od jake betonske plutajuće konstrukcije povezane fleksibilnim spojnim setom, kao i bočnim spojem ukoliko za tim postoji potreba. Ove karakteristike daju mnoštvo kombinacija instalacije, što našim projektnim inženjerima pruža mogućnost maksimalne iskoristivosti vodene površine. Osim brojnih konfiguracijskih opcija koje pruža All Concrete i Heavy Duty serija, Marinetek nudi raznu dodatnu opremu koja se može ugraditi i prilagoditi svakom sistemu. Opcije uključuju različite vrste betona, premaza, tvrdo ili meko drvo gazne površine, instalacijske kanale za vodu, struju i protupožarnu instalaciju, a sve je to usklađeno s instalacijom bitvi ili nosivih šina na koje se ugrađuju fingeri za prihvat plovila.

Modeli su dostupni u rasponu standardnih veličina 2,4 - 4,3 m širine i težine 8-20 tona. To su dugovječne armirano betonske konstrukcije projektirane kao samostalni kompaktni elementi. Kontinuirana plovnost im daje veliki nosivi kapacitet i odličnu postojanost. Kod svih ALL Concrete i Heavy Duty pontona osim standardnog sidrenog sustava lancima, predviđena je mogućnost sidrenja Seaflex sidrenim sustavom. Seaflex je posebno dizajniran za ove pontone; osigurava im jednostavan i siguran privez. Ovi sustavi imaju izuzetno jaku konstrukciju, građeni po EU 206-1 a projektirani vijek trajanja im je 50 godina.



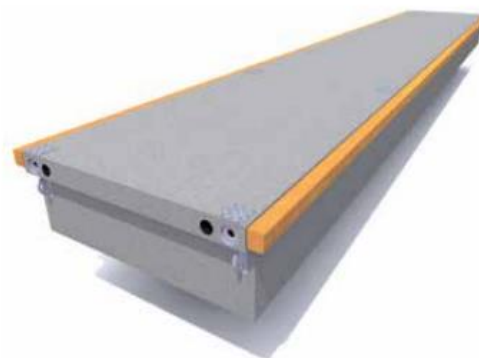
## TEHNIČKI PODACI

- **Čvrstoća betona:** 45 N/mm<sup>2</sup> ojačanog vlaknima. Klasa ekspozicije prema europskom EN 206-1 standardu
- **Jezgra pontona:** Ekspandirani polistiren, gustoća 15 kg/m<sup>3</sup>
- **Armatura:** Djelomično ili potpuno vruće pocinčani čelik
- **Dodatna oprema:** Drvena ili kompozitna gazna površina, nosive šine, kabelski kanali, servisni kanali i odbojnici (drveni, plastični, gumeni)

*Slika 6.8.2. Ukratko o Heavy Duty pontonima*



All Concrete (AC)



Heavy Duty (HD)

PONTONI	2400AC	2600AC	3000AC	2700HD	3300HD	4300HD
Širina sa odbojnicima (m)	2,4	2,6	3,0	2,7	3,3	4,3
Širina bez odbojnika (m)	2,2	2,4	2,8	2,4	3,0	4,0
Visina (m)	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Težina (t/m)	0,79	0,84	0,91	0,90	1,02	1,30
Nosivost (kN/m <sup>2</sup> )	4,7	4,7	5,0	4,7	5,0	5,0
Nadvođe (m)	0,47	0,47	0,50	0,47	0,50	0,50
Nosivost spojnog seta (kN)	2x180	2x180	2x180	2x322	2x322	2x322
Razmak između pontona (mm)	35	35	35	35	35	35

*Slika 6.8.3. Dimenzije Heavy Duty pontona*

# PREMIER I SUPER YACHT PONTONI

**Marinetek Premier i Super Yacht pontoni prvi su u potpunosti integrirani betonski pontoni s modularnim sustavom. S ovim proizvodima Marinetek predstavlja najnoviju tehnologiju u gradnji betonskih pontona.**

Marinetek Premier i Super Yacht pontoni nude vrhunsku kvalitetu kako bi ispunili najviše zahtjeve postavljene od strane vrhunskih marina. Posebno dizajnirani za megajachte, ovi kontinuirani betonski plutajući pontoni pružaju ekstremnu stabilnost te u sebi sadrže velike instalacijske kanale u koje je moguće ugraditi svu infrastrukturu predviđenu visokim standardima megajachti. Brodovima je omogućeno nesmetano napajanje energentima putem velikih kanala ili servisnih cijevi, gdje se osim standardnih instalacija elektroenergetske mreže i dobave pitke vode, po potrebi ugrađuju i hidrantski vodovi, odvodnja crnih voda, pa čak i dovod goriva do mjesta krajnjih korisnika. Super Yacht pontoni zadovoljavaju izuzetno visoke standarde sigurnosti i kvalitete za prihvat jahti i preko 50m duljine. Grade se u širinama do 6,3 metra i uz njih je moguće organizirati privez jahti mediteranskog

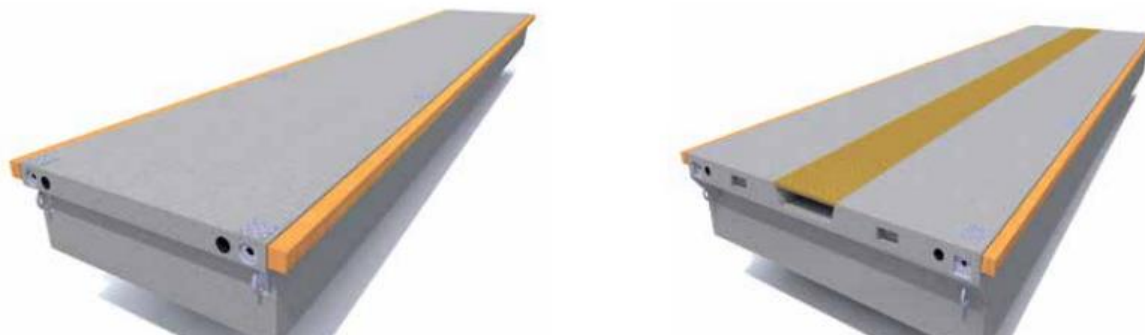
sistema sidrenja ili privezivanje uz pomoć fingera. Premier pontoni široki su do 3,3 metra i na njih također mogu biti ugrađeni fingeri za prihvat brodova. Pontoni se proizvode u raznim varijantama, kako s obzirom na širinu, tako i s obzirom na visinu. Nadvođe ovih pontona prilagođeno je nesmetanom korištenju klijenata na velikim plovilima, i ovisno o opremljenosti, instalacijama i načinu sidrenja iznosi od 0,55 do 0,67 m visine nad morskom površinom. Kao i kod svih ostalih betonskih sustava Marinetek, Premier i Super Yacht pontoni iznimno su jake konstrukcije s projektiranim vijekom trajanja od 50 godina.



## TEHNIČKI PODACI

- **Čvrstoća betona:** 45 N/mm<sup>2</sup> ojačanog vlaknima. Klasa ekspozicije prema europskom EN 206-1 standardu
- **Jezgra pontona:** Ekspandirani polistiren, gustoća 15 kg/m<sup>3</sup>
- **Armatura:** Djelomično ili potpuno vruće pocinčani čelik
- **Dodatna oprema:** Drvena ili kompozitna gazna površina, kabelski kanali, servisni kanali (350x250 ili 800-1000x250 mm) i odbojnici (drveni, plastični, gumeni)

*Slika 6.8.4. Ukratko o Premier i Super Yacht pontonima*



PONTONI	2700PE	3300PE	3800SY	4300SY	4800SY	5300SY	6300SY
Širina sa odbojnicima (m)	2,7	3,3	3,8	4,3	4,8	5,3	6,3
Širina bez odbojnika (m)	2,4	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	6,0
Visina (m)	1,0	1,0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Težina (t/m)	1,10	1,25	1,80	1,96	2,30	2,50	3,03
Nosivost (kN/m <sup>2</sup> )	5,5	5,8	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7
Nadvođe (m)	0,55	0,58	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
Nosivost spojnog seta (kN)	2x322	2x322	2x703	2x703	2x703	2x703	2x703
Razmak između pontona (mm)	35	35	35	35	35	35	35

*Slika 6.8.5. Dimenzije Premier i Super Yacht pontona*

Preuzeto sa: <https://www.marinetek.hr/wp-content/uploads/2021/05/Marinetek-Adriatic-2018.pdf>

## **7. PRILOZI**



# GRAFIČKI PRILOG 7.1.

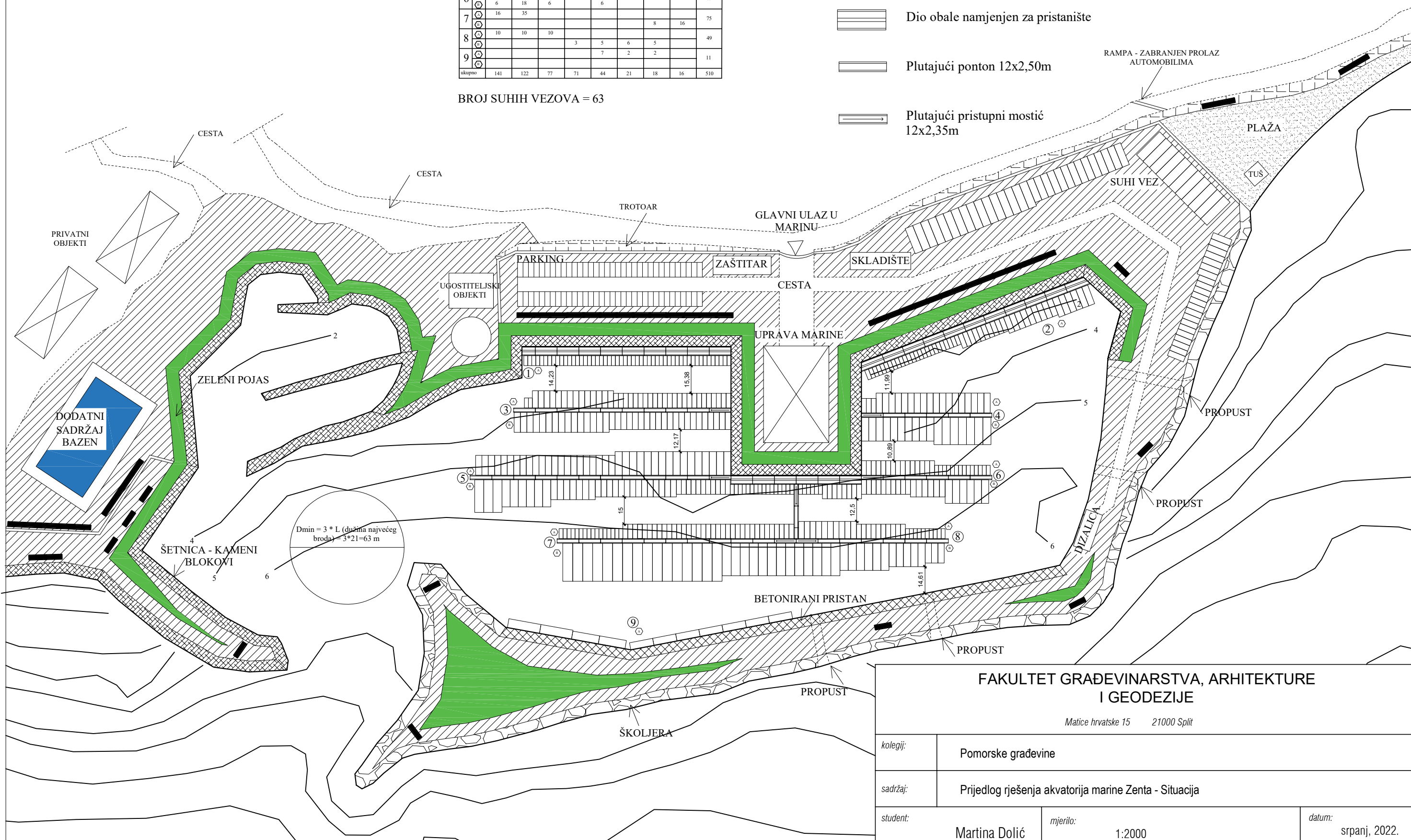
		VEZOVI									
		Dimenzije									
GAT	N	Str.	5,50x2,20	8,00x2,70	9,50x3,20	11,00x3,50	13,00x4,00	15,00x4,50	18,00x5,00	21,00x5,50	ukupno
1	1	52									52
2	2	24	10	9	6						49
3	3	2	24	14							76
4	4			21	15						36
5	5			3	18						38
6	6	16	11	14	7	10	7				95
7	7	15	14					6	3		65
8	8	6	18	6		6					75
9	9	16	35					8	16		49
10	10	10	10	10	3	5	6	5			11
11	11					7	2	2			
ukupno		141	122	77	71	44	21	18	16		510

BROJ SUHIH VEZOVA = 63

Kategorije brodova							
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
5,50x2,20	8,00x2,70	9,50x3,20	11,00x3,50	13,00x4,00	15,00x4,50	18,00x5,00	21,00x5,50

## LEGENDA

- Dio obale namjenjen za pristanište
- Plutajući ponton 12x2,50m
- Plutajući pristupni mostić 12x2,35m



FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE  
I GEODEZIJE

Matice hrvatske 15 21000 Split

kolegij:	Pomorske građevine		
sadržaj:	Prijedlog rješenja akvatorija marine Zenta - Situacija		
student:	Martina Dolić	mjerilo:	1:2000
		datum:	srpanj, 2022.



## 8. ZAKLJUČAK

Na sam smještaj, planiranje i naposljetku projektiranje luke nautičkog turizma djeluje nekoliko vrsta čimbenika, a najvažniji su klima, topografija, hidrografija i oceanografija odabrane građevinske površine kao i uvjeti tla i položajni uvjeti. No, u obzir se mora uzeti i utjecaj na okoliš, jer održavanjem, očuvanjem i unaprjeđivanjem prirodnih ljepota ne samo Hrvatske, već i cijelog svijeta ostvaruje se rast kvalitete života te veći gospodarski utjecaj prirodnih atrakcija.

Projektiranjem se uspostavljaju svi željeni aspekti marine prema dostupnim i iskoristivim prostornim resursima. Uzimajući u obzir lokalne vjetrove i morske struje, maksimalne visine valova na tom području, odlučuje se položaj i tip marine kako bi brodovi koji će uplovljavati bili maksimalno sigurni prilikom dolaska i za vrijeme korištenja veza. Marina se gradi prema najvećem plovilu koji se tu može vezati, a to se određuje mjerenjem dubine marinskog bazena. Nakon što se izračunaju i odrede sve moguće prijetnje sigurnosti (visoki valovi, jake morske struje i vjetrovi, visoka periodičnost plime i oseke...).

Rekonstrukcijom marine Zenta, projektirano je više nego što je bilo vezova u samoj marini. Sva oštećenja na lukobranu su se popravila, rekonstruirala, te je uklonjen lapor. Samu marinu smo htjeli "oživjeti" sa zelenim pojasom koji omogućava ugodu i užitak. U zelenom pojasu vodili smo računa da budu autohtone biljke. Postavili smo klupice, vanjsku rasvjetu da svim posjetiteljima bude ugodno.

S ovim radom pokazana je mogućnost i potencijal marine Zenta koja bi pridonijela većoj sigurnosti, ali i puno većim prihodima te vizualnosti i funkcionalnosti.

## 9. LITERATURA

- [1] Srzić, V. , Galešić, M. (2020.), Predavanja i vježbe iz kolegija Pomorske građevine, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije u Splitu
- [2] (2016.), Elaborat vjetrovalne klime i studija valovanja za plažu Potočina, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije u Splitu
- [3] Kirinčić, J. (1991.) Luke i terminali, Školska knjiga, Zagreb
- [4] Goda, Y. (2000.), Random seas and design of maritime structures (2nd edition), World scientific

## 10. POPIS SLIKA I TABLICA

Slika 1.1. akvatorij marine Zenta

Slika 1.2. akvatorij marine Zenta

Slika 3.1.1. Meteorološka postaja Split

Slika 3.3.1. Godišnja ruža vjetrova za mjernu postaju Split za razdoblje 2009.-2018.

Slika 4.1.1. Određena točka privjetrišta

Slika 4.1.2. Efektivno privjetrište za sektor I

Slika 4.1.3. Efektivno privjetrište za sektor II

Slika 5.1.1. Primjer mreže konačnih elemenata za Sektor I, povratni period 5 godina

Slika 5.1.2. Plan refrakcije za Sektor I: petogodišnji val ( $H_s^{100}=2.79$  m,  $T_0^{100}=4.55$  s)

Slika 5.1.3. Plan refrakcije za Sektor I: stogodišnji val ( $H_s^{100}=3.55$  m,  $T_0^{100}=5.22$  s)

Slika 5.1.4. Plan refrakcije za Sektor II: petogodišnji val ( $H_s^{100}=2.56$  m,  $T_0^{100}=4.96$  s)

Slika 5.1.5. Plan refrakcije za Sektor II: stogodišnji val ( $H_s^{100}=3.56$  m,  $T_0^{100}=6.03$  s)

Slika 5.2.1. Utjecaj uplićavanja vala za Sektor I: petogodišnji val ( $H_s^{100}=2.79$  m,  $T_0^{100}=4.55$  s)

Slika 5.2.2. Utjecaj uplićavanja vala za Sektor I: stogodišnji val ( $H_s^{100}=3.55$  m,  $T_0^{100}=5.22$  s)

Slika 5.2.3. Utjecaj uplićavanja vala za Sektor II: petogodišnji val ( $H_s^{100}=2.56$  m,  $T_0^{100}=4.96$  s)

Slika 5.2.4. Utjecaj uplićavanja vala za Sektor II: stogodišnji val ( $H_s^{100}=3.56$  m,  $T_0^{100}=6.03$  s)

Slika 5.3.1. Detekcija loma vala za Sektor I: petogodišnji val ( $H_s^{100}=2.79$  m,  $T_0^{100}=4.55$  s)

Slika 5.3.2. Detekcija loma vala za Sektor I: stogodišnji val ( $H_s^{100}=3.55$  m,  $T_0^{100}=5.22$  s)

Slika 5.3.3. Detekcija loma vala za Sektor II: petogodišnji val ( $H_s^{100}=2.56$  m,  $T_0^{100}=4.96$  s)

Slika 5.3.4. Detekcija loma vala za Sektor II: stogodišnji val ( $H_s^{100}=3.56$  m,  $T_0^{100}=6.03$  s)

Slika 5.3.5. Polje značajnih visina vala za Sektor I: petogodišnji val ( $H_s^{100}=2.79$  m,  $T_0^{100}=4.55$  s)

Slika 5.3.6. Polje značajnih visina vala za Sektor I: stogodišnji val ( $H_s^{100}=3.55$  m,  $T_0^{100}=5.22$  s)

Slika 5.3.7. Polje značajnih visina vala za Sektor II: petogodišnji val ( $H_s^{100}=2.56$  m,  $T_0^{100}=4.96$  s)

Slika 5.3.8. Polje značajnih visina vala za Sektor II: stogodišnji val ( $H_s^{100}=3.56$  m,  $T_0^{100}=6.03$  s)

Slika 6.1.1. Zrake dobivene RSBWave u ACADu

Slika 6.1.2. Širina zrake na porebnoj dubini

Slika 6.1.3. Dijagram difrakcije

Slika 6.5.1. Komponente potrebne dubine za pristan

Slika 6.7.1. Skica okretišta

Slika 6.8.1. Osnovno o tvrtci Marintek

Slika 6.8.2. Ukratko o Heavy Duty pontonima

Slika 6.8.3. Dimenzije Heavy Duty pontona

Slika 6.8.4. Ukratko o Premier i Super Yacht pontonima

Slika 6.8.5. Dimenzije Premier i Super Yacht pontona

- Tablica 3.2.1. Beaufortova ljestvica za vjetar
- Tablica 3.3.1. Tablica mogućih pozicija
- Tablica 3.3.2. Kodiranje za raspodjelu po razredima
- Tablica 3.3.3. Pridružena tablica
- Tablica 3.3.4. Apsolutna tablica kontigencije za mjernu postaju Split za razdoblje 2009.-2018.
- Tablica 3.3.5. Relativna tablica kontigencije za mjernu postaju Split za razdoblje 2009.-2018.
- Tablica 4.1.1. Tablica kontigencije vjetra s apsolutnim frekvencijama vjetra za Split, za godinu u periodu 2009. do 2018. podijeljena na sektore izloženosti: I, II; uzorak vjetra
- Tablice 4.1.2. Proračun efektivne dužine privjetrišta za Sektor I: smjer ESE, SE I SSE
- Tablice 4.1.3. Proračun efektivne dužine privjetrišta za Sektor II: smjer SSW, SW I WSW
- Tablica 4.2.1. Uzorak značajnih valnih visina  $H_s$  i pripadajućih valnih perioda za akvatorij marina Zenta
- Tablica 4.3.1. Linearna regresija G-varijable i pripadajuća Gumbelova distribucija za Sektor I akvatorija marine Zenta
- Tablica 4.3.1.1. Linearna regresija g-reducirane varijable za Sektor I
- Tablica 4.3.1.2. Gumbelova kumulativna funkcija distribucije za Sektor I
- Tablica 4.3.2. Linearna regresija G-varijable i pripadajuća Gumbelova distribucija za Sektor II akvatorija marine Zenta
- Tablica 4.3.2.1. Linearna regresija g-reducirane varijable za Sektor II
- Tablica 4.3.2.2. Gumbelova kumulativna funkcija distribucije za Sektor II
- Tablica 4.3.4. Prikaz prognoziranih vrijednosti visina vala i pripadajući periodi vala za Sektor I akvatorija ( $H_{1/10}=1.27 \cdot H_s$ ;  $H_{1/100}=1.67 \cdot H_s$ ;  $H_{max}=1.8 \cdot H_s$ ;  $T_p=1.1T_0$ )
- Tablica 4.3.5. Prikaz prognoziranih vrijednosti visina vala i pripadajući periodi vala za Sektor II akvatorija ( $H_{1/10}=1.27 \cdot H_s$ ;  $H_{1/100}=1.67 \cdot H_s$ ;  $H_{max}=1.8 \cdot H_s$ ;  $T_p=1.1T_0$ )
- Tablica 6.2.1. Brojevi brodova za mokri i suhi vez ovisno o karakteru stalnosti
- Tablica 6.3.1. Kategorizacija brodova za sport i rekreaciju (prema ACY-u za 1988.)
- Tablica 6.4.1. Proračun ukupne duljine potrebnog priveza s obzirom na zadanu učestalost
- Tablica 6.5.1. Primjer određivanja potrebnih dubina za lokaciju sa zadanim rezervama
- Tablica 6.6.1. Proračun površine akvatorija
- Tablica 6.8.1. Duljine projektiranih gatova
- Tablica 6.8.2. Raspored brodova po gatovima u marini Zenta