

Uređenje i stabilizacija obale na području uvale Trstenik

Goreta, Barbara

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:123:905008>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-08-21**



Repository / Repozitorij:

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



UNIVERSITY OF SPLIT



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

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

ZAVRŠNI RAD

Barbara Goreta

Split, 2022. god

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

Uređenje i stabilizacija obale na području uvale Trstenik

Završni rad

Split, 2022. god

Uređenje i stabilizacija obale na području uvale Trstenik

Sažetak:

Predmet ovog završnog rada je izrada tehničkog rješenja uređenja plaže na području uvale Trstenik s ciljem povećanja kapaciteta za prihvat kupaca i hortikulturnog uređenja sa stabilizacijom iste. Iz višegodišnjih podataka o vjetru izrađena je vjetrovalna analiza i definiran je projektni val, za kojeg su potom izvršene procjene transformacija te utjecaj istih na predmetnu obalu. Na temelju provedenih analiza, projektirana je plaža na način da omogući korištenje što većem broju kupaca, a da zadovolji uvjete stabilnosti žala u odnosu na postojeći nagib obale, zaštitu od udara valova te adekvatnu izmjenu mora u uvali.

Ključne riječi:

Trstenik, vjetar, obala, valne deformacije, plaža, stabilnost obale

Reconstruction and stabilization of the Trstenik coastal area

Abstract:

The aim of this thesis is a technical solution for the reconstruction and stabilization of the Trstenik coastal area in order to increase the beach carrying capacity while improving the corresponding horticultural landscape. A long-term wave analysis was made based on wind data, and the design wave was defined, which was then used to assess all the potential transformations in the surf zone and their impacts on the coast. Finally, the beach was designed to enable the use of as many bathers as possible while meeting the stability requirements concerning the slope of the coast, protection from waves, and adequate sea exchange in the bay.

Keywords:

Trstenik, wind, coast, wave transformations, beach, coast stability

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

Split, Matice hrvatske 15

STUDIJ: **PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA**

KANDIDAT: Barbara Goreta

MATIČNI BROJ (JMBAG): 0083219522

KATEDRA: **Katedra za privrednu hidrotehniku**

PREDMET: Pomorske građevine

ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD

Tema: Uređenje i stabilizacije obale na području uvale Trstenik


Opis zadatka: Na području uvale Trstenik, potrebno je predvidjeti tehničko rješenje uređenja plaže s ciljem povećanja kapaciteta za prihvat kupaca i hortikulturnog uređenja sa stabilizacijom iste.

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 plaže uvalc Trstenik
- Zaključke i smjernice 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 Galešič

SADRŽAJ

1. UVOD I CILJ ZAVRŠNOG RADA.....	6
2. OPIS METODOLOGIJE	8
3. PODLOGE O VJETRU	10
3.1. Definicija meteorološke postaje.....	10
3.2. Podaci o vjetru	10
3.3. Izračunate tablice kontigencije.....	12
4. DUGOROČNA PROGNOZA VANJSKIH POVRŠINSKIH VALOVA ISPRED PREDMETNE LOKACIJE – „Zenta“	15
4.1. Privjetrišta	15
4.2. Formiranje uzorka vjetra za dugoročne valne prognoze	21
4.3. Proračun značajnih valnih visina za duga povratna razdoblja	21
5. DEFORMACIJE VALA NA PODRUČJU UVALE TRSTENIK	26
5.1. Refrakcija	28
5.2. Uplićavanje.....	32
5.3. Lom vala	36
5.4. Visine mjerodavnih transformiranih valova ispred predmetne lokacije neposredno prije loma.....	39
6. PRIJEDLOG RJEŠENJA UREĐENJA OBALE	40
6.1. Stabilizacija obale	44
6.2. Plaža.....	47
7. PRILOZI	49
8. ZAKLJUČAK.....	50
9. LITERATURA	52
10. POPIS SLIKA I TABLICA	53

1. UVOD I CILJ ZAVRŠNOG RADA

Predmet zadatka ovog rada je izrada tehničkog rješenja za potrebe izvedbe projekta uređenja obalnog pojasa na području uvale Trstenik. Jedan od najvažnijih faktora prilikom planiranja obale jest analiza djelovanja vjetra, te nastanka samih vjetrovnih valova koji imaju veliki utjecaj na obalu i njeno oblikovanje.

Vjetar je pretežno vodoravno strujanje zraka koje nastaje zbog nejednakosti tlaka u atmosferi uslijed meteoroloških mijena. Vjetar predstavlja vektorsku veličinu te je određen smjerom i brzinom. Učešća pojedinih smjerova i prosječnih ili maksimalnih brzina vjetra u tim smjerovima prikazuje takozvana ruža vjetrova sa naznačenim stranama svijeta.

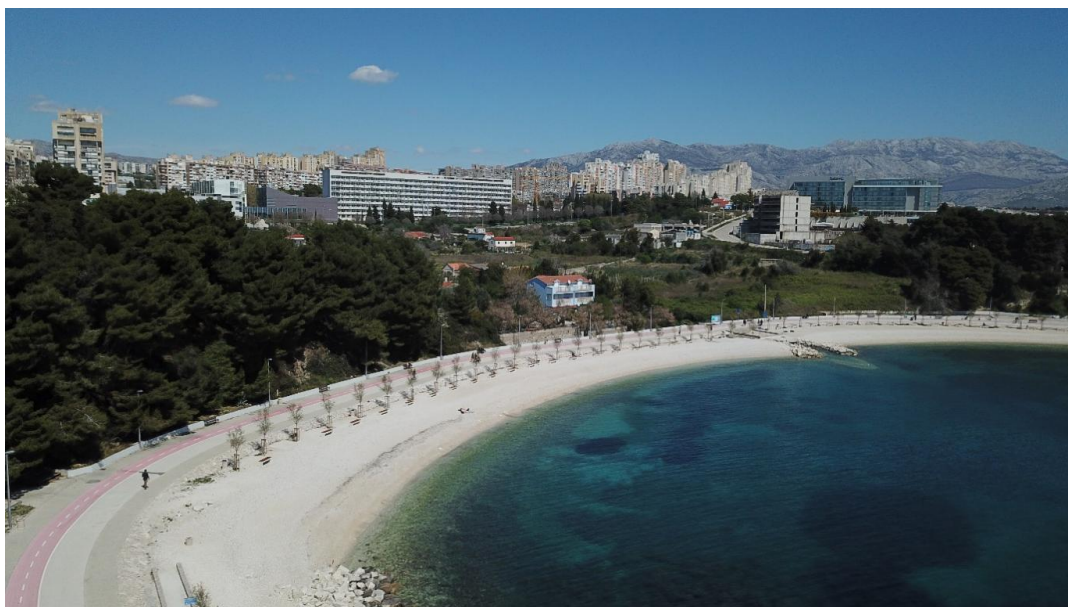
Na oceanskoj i morskoj površini snažni vjetrovi uzrokuju valovitost, pa i pojavu razornih valova visokih desetke metara, koji mogu ugroziti priobalje ili potopiti čak i najveća plovila. S druge strane, valovitost kroz dugo vremensko razdoblje oblikuje obalni pojas razarajući stijene i stvarajući pijesak.

Na ponašanje valova utječe i dubina mora. U uvjetima manjih dubina, valovi su podložni deformacijama koje su rezultat djelovanja dna.

Za predmetnu lokaciju, nužno je odrediti mjerodavni val za potrebe projektiranja plaže i njene zaštite od utjecaja samih valova. Uvala Trstenik se nalazi na jugoistočnoj strani grada Splita, između plaža Žnjan i Bačvice. Sama uvala ima oblik polumjeseca te je najviše izložena utjecaju valova iz smjera SE, koje generira jugo, te smjera SW, koje generira lebić.

Orijentacija grada na turizam u svakom slučaju traži i odgovarajuće sadržaje, a to je prije svega lijepo uređena i održavana obala s raznolikom ponudom za odmor i razonodu. Šljunčane plaže u tom smislu su jedan od najvažnijih sadržaja. Ovim idejnim projektom se predviđa nasipanje plaže žalom, stabilizacija istoga u odnosu na nagib plaže, omogućavanje korištenja plaže većem broju kupaca, pridavanje važnosti hortikulturnom uređenju odnosno sadnji drveća koje čine prirodnu hladovinu, adekvatna izmjena mora u uvali te izgradnja dodatnog sadržaja na samoj plaži (ugostiteljski objekti). Projekt je izrađen s ciljem obnove trenutnog stanja

plaže te preuređenja u kvalitetnu i sadržajno opremljenu javnu gradsku plažu sigurnu za korištenje. Također, u ovom radu, u kojemu je napravljena i detaljna vjetrovalna klima pokazano je da je djelovanje mora na obalnu crtu umjereno i da se mogu izgraditi te uredno održavati lijepe šljunčane plaže. Idejni projekt za cilj ima privući što veći broj turista, kao i lokalnog stanovništva, te predstaviti plažu kao idealno mjesto za cjelodnevni odmor i opuštanje usprkos tome što se nalazi u velikom i gusto naseljenom gradu.



Slika 1.1 uvala Trstenik

2. OPIS METODOLOGIJE

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 dva sektora, s obzirom na izloženost uvale. U prvi sektor ubrajamo vjetrove smjerova ESE, SE, SSE dok u drugi sektor ubrajamo vjetrove smjerova WSW, SW, SSW.

Valne transformacije uključujući refrakciju, uplićavanje i lom vala su potom izračunate za parametre valova povratnih perioda od 5 i 100 godina, za dva mjerodavna sektora. Proračun refrakcije, uplićavanja i loma vala vršen je u programu RSBWave (*Refraction-Shoaling-Break*) primjenom numeričke integracije diferencijalne jednadžbe 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. Uobičajeni postupci stabilizacije plaža provode se za val petogodišnjeg povratnog perioda

Utjecaj vjetrovnih valova, naročito onih karakteriziranih većim valnim visinama rezultira prijenosom veće energije na materijal od kojih je plaža izgrađena, zbog čega dolazi do pokretanja žala i izmjene geometrije lica plaže. Korištenjem potopljenog valobrana (praga) na predmetnoj lokaciji smanjujemo utjecaj valova na obalu i navedene negativne posljedice koje djelovanje morskih struja nosi sa sobom. Za prag je predviđeno nasipanje kamenih blokova mase od 200 do 500 kilograma u području najvećeg nagiba postojeće obale. Horizontalna stabilizacija žala je ostvarena bočnim osloncima u obliku kamenih pera. Za veće pero, koje se ujedno ponaša i kao valobran na samom istočnom rtu uvale Trstenik, predviđen je spoj na manji umjetni otočić, te izgradnja ugostiteljskog objekta – restorana. S obzirom na važnost i funkciju navedenog objekta korišten je Hudson izraz za proračun težine elementa primarne obloge te je sam objekt dimenzioniran kao nasuti lukobran s primarnom oblogom od kamenih blokova s rasponom od od 2000 do 3000 kilograma. Zbog tehnologije i jednostavnosti izvođenja, ostali bočni oslonci (pera) kao i plato ispred hotela Radisson će biti oblagani

sličnim materijalom kao i primarna obloga spomenutog valobrana, s nešto većim udjelom manjih blokova (raspon 1000 do 2000 kg).

Način izgradnje plaže, veličina zrna i tehnologija izvođenja definirani su primarno stanjem na terenu. Strmiji nagib terena zahtjeva veću frakciju žala. Pomoću Dean-ovog dijagrama i krivulja za određivanje lica plaže u ovisnosti o promjeru zrna nasipnog materijala obradilo se dimenzioniranje plaže.

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.






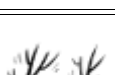


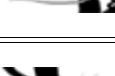
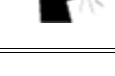



3.2. Podaci o vjetru

Brzina i smjer vjetra za postaju Split-Marjan analizirani su za razdoblje 2009.–2018. U tablicama kontigencije (relativne i apsolutne čestine) dane su brzine u razredima koji odgovaraju stupnjevima Bf za godinu te pripadajuća godišnja ruža vjetrova. Isti set podataka je prikazan posebno za zimu, proljeće, ljeto i jesen. U sklopu DHMZ-ovih podataka, priložene su još tablice s prikazom broja dana s jakim vjetrom (> 6 i > 8 Bf) za promatrano razdoblje (2009. –2018.).

Korišteni su srednje satne brzine vjetra s pripadajućim prevladavajućim smjerom, a koje su računalno generirane za razdoblje od 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 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	mreškanje vode		0.4 - 1.5 m/s 1 - 5 km/h
2	povjetarac	vjetrulja se pokreće, lišće treperi, svilena zastava leprša	mali valići, kreste valića su još prozirne i ne lome se		1.6 - 3.3 m/s 6 - 11 km/h
3	slab vjetar	lišće zajedno s 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	umjereno 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 počinja otpuhivati pjenu sa valova niz vjetar		13.9-17.1m/s 50 - 61 km/h
8	olujni vjetar	njiše čitava stabla i lomi velike grane; sprečava svako hodanje protiv vjetra.	umjereni visoki valovi velike dužine, krijeste valova se lome kružno, vjetar nosi pjenu		17.2-20.7m/s 62 - 74 km/h
9	oluja	pomiče manje predmete i baca crijep, čini manje štete na kućama i drugim objektima	visoki valovi, guste pruge pjene niz vjetar, smanjena vidljivost		20.8-24.4m/s 75 - 88 km/h
10	jaka oluja	obara drveće i čupa ga s korijenjem; čini znatne štete na zgradama	vrlo visoki valovi sa velikim visećim krijestama, skoro cijela površina je bijela		24.5-28.4m/s 88-102 km/h
11	teška oluja	čini teške štete, na većem području djeluje razorno	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 kontigencije

Potrebno je za uzorak od 2009. do 2018. godine srednjih satnih brzina vjetra odrediti tablicu kontigencije. Podaci su dati u obliku srednje brzine za svaki sat u mjesecu, i pripadajući prevladavajući smjer vjetra. Tablica kontigencije 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 kontigencije – tablicu mogućih pozicija, odnosno kod koji će nam omogućiti prebrojavanje.

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 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

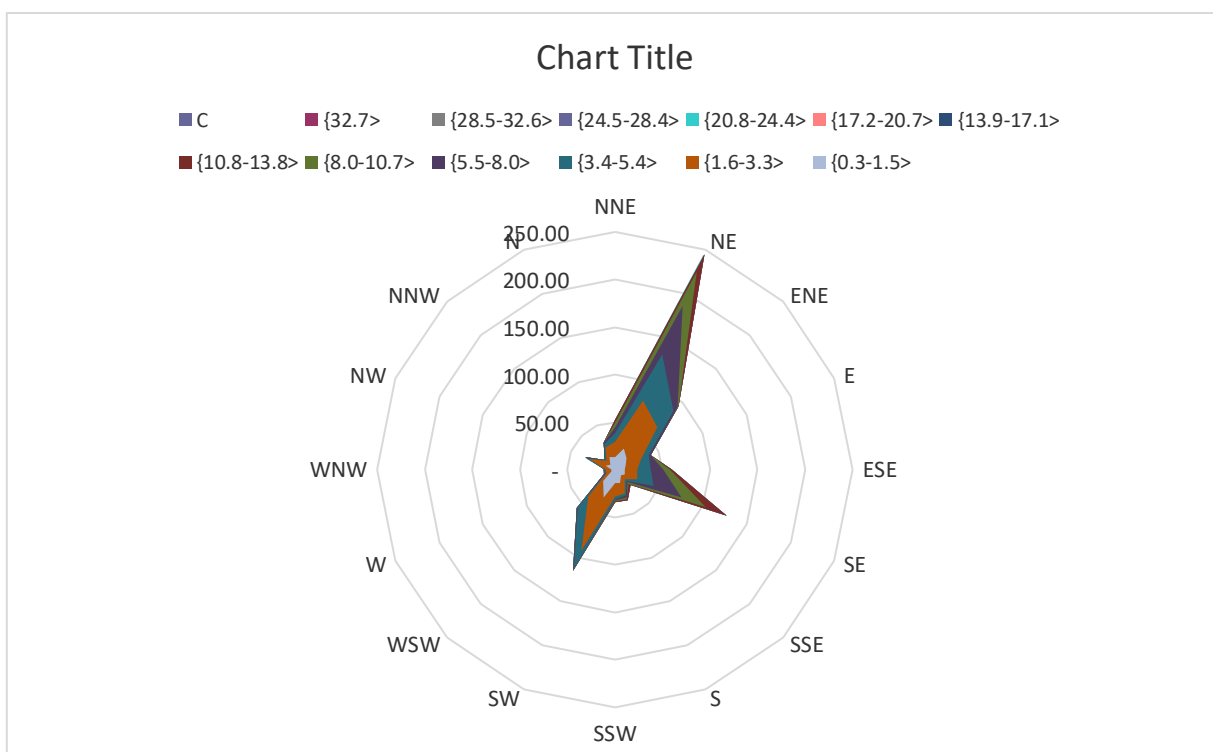
Obrada podataka o vjetru (smjer i brzina) podrazumijeva popunjavanje tablice kontigencije (relativne i apsolutne), u kojoj jedna ćelija predstavlja učestalost pojavljivanja vjetra određene brzine i određenog smjera. Tablica kontigencije je podijeljena na 16 smjerova (plus tišina – razdoblje bez vjetra ili ispod praga osjetljivosti mjernog uređaja) i 12 razreda Beauforove skale. Tablica kontigencije je osnova za izradu ruže vjetrova.

Tablica 3.3.3. 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 3.3.4. Relativna tablica kontingencije 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 – „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 načiniti 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 .

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 $3 B_f$ (3,4 – 5,4 m/s).

4.1. Privjetrišta

Privjetrište ili razgon F [km] je morska površina iznad koje puše vjetar generirajući valove; predstavlja duljinu, gledano po pravcu puhanja vjetra, na kojoj se val razvija.



Slika 4.1.1. Određena točka privjetrišta

Predmetna lokacija je izložena vjetrovnim valovima s različitim duljinama privjetrišta. Prema kriteriju dužine privjetrišta i sličnosti smjerova čestine pojavljivanja vjetra za pojedini smjer, formirani su pojedini sektori izloženosti. Gledano po položaju, potencijalne valove na obalu na području uvale Trstenik mogu formirati vjetrovi u rasponu od WSW do ESE. Navedeni smjerovi grupirani su u 2 sektora: sektor I (SE) i sektor II (SW).

Računa se duljina privjetrišta za svaki od ovih smjerova te njihova dva susjedna smjera. Za daljnji proračun uzima se najdulje privjetrište u sektoru.

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

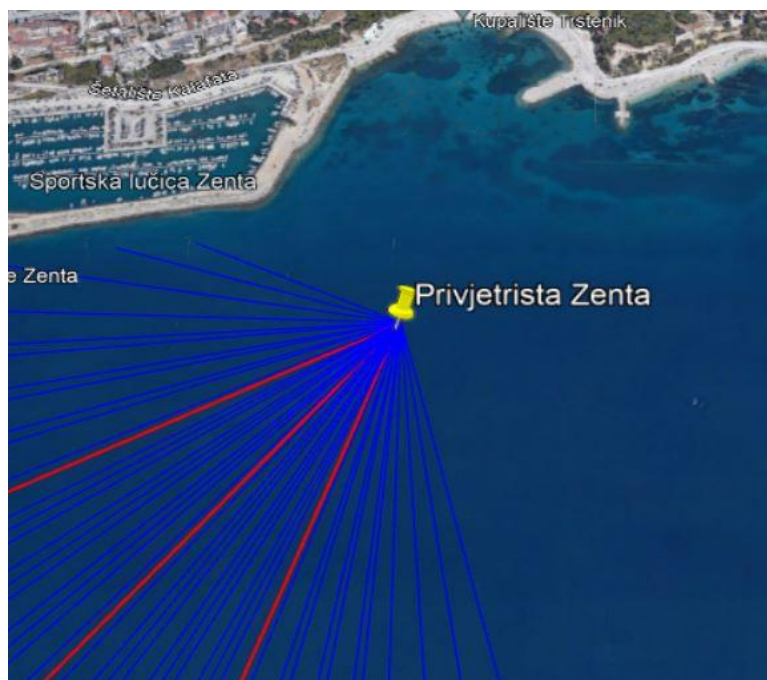
jač. (Bf)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	zbroj	
brz. (m/s)	0,0-0,2	0,3-1,5	1,6-3,3	3,4-5,4	5,5-7,9	8,0-10,7	10,8-13,8	13,9-17,1	17,2-20,7	20,8-24,4	24,5-28,4	28,5-32,6	32,7-36,9		
NNE		1147	1343	741	543	348	152	60	27	13	3	0	0	4377	
NE		2010	4586	4409	4623	3282	1235	291	86	31	5	0	0	20558	
ENE		1450	3857	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	S I
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	S II
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	

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 15.51 km.



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 27.49 km.



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° u smjeru kazaljke na satu (do -42°) 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 duljine privjetrišta za sektor I: smjer ESE, SE, SSE

Smjer ESE_Zenta				Smjer SE_Zenta			
Kut α [°]	$\cos\alpha$	Fi [km]	$Fi^*(\cos\alpha)^2$	Kut α [°]	$\cos\alpha$	Fi [km]	$Fi^*(\cos\alpha)^2$
42	0,743	13,4	7,39	42	0,743	12,2	6,74
36	0,809	13,7	8,96	36	0,809	12,5	8,17
30	0,866	14,3	10,75	30	0,866	12,7	9,51
24	0,914	15,5	12,92	24	0,914	13,0	10,88
18	0,951	17,4	15,7	18	0,951	13,3	12,03
12	0,978	19,7	18,87	12	0,978	13,8	13,22
6	0,995	24,4	24,13	6	0,995	14,4	14,28
0	1,000	34,9	34,85	0	1,000	16,0	16,04
-6	0,995	14,0	13,83	-6	0,995	17,5	17,3
-12	0,978	7,7	7,38	-12	0,978	20,4	19,49
-18	0,951	5,8	5,28	-18	0,951	26,2	23,73
-24	0,914	4,5	3,78	-24	0,914	51,7	43,16
-30	0,866	1,7	1,28	-30	0,866	9,6	7,18
-36	0,809	1,2	0,81	-36	0,809	7,2	4,71
-42	0,743	0,7	0,37	-42	0,743	5,8	3,18
Σ	13,512		166,33	Σ	13,512		209,62
Feff =	12,31			Feff =	15,51		

Smjer SSE_Zenta			
Kut α [°]	$\cos\alpha$	Fi [km]	$Fi^*(\cos\alpha)^2$
42	0,743	36,8	20,31
36	0,809	11,8	7,75
30	0,866	12,0	8,96
24	0,914	12,1	10,11
18	0,951	12,3	11,14
12	0,978	12,5	11,92
6	0,995	12,8	12,61
0	1,000	13,3	13,29
-6	0,995	13,4	13,29
-12	0,978	13,7	13,13
-18	0,951	14,8	13,41
-24	0,914	16,3	13,6
-30	0,866	18,6	13,92
-36	0,809	21,7	14,23
-42	0,743	28,0	15,48
Σ	13,512		193,16
Feff =	14,3		

Tablice 4.1.3 Proračun efektivne duljine privjetrišta za sektor I: smjer SSW, SW, WSW

Smjer SSW_Zenta				Smjer SW_Zenta			
Kut α [°]	$\cos\alpha$	Fi [km]	$Fi^*(\cos\alpha)^2$	Kut α [°]	$\cos\alpha$	Fi [km]	$Fi^*(\cos\alpha)^2$
42	0,743	17,9	9,89	42	0,743	8,8	4,87
36	0,809	17,3	11,33	36	0,809	6,3	4,12
30	0,866	15,8	11,82	30	0,866	218,8	164,06
24	0,914	16,2	13,52	24	0,914	20,1	16,75
18	0,951	16,3	14,76	18	0,951	17,5	15,84
12	0,978	17,5	16,75	12	0,978	16,6	15,84
6	0,995	18,3	18,07	6	0,995	15,8	15,63
0	1,000	18,8	18,76	0	1,000	16,1	16,14
-6	0,995	12,0	11,86	-6	0,995	16,3	16,16
-12	0,978	11,9	11,39	-12	0,978	17,6	16,87
-18	0,951	12,0	10,84	-18	0,951	18,2	16,43
-24	0,914	12,1	10,11	-24	0,914	37,2	31,01
-30	0,866	12,5	9,38	-30	0,866	11,9	8,94
-36	0,809	12,6	8,25	-36	0,809	12,0	7,88
-42	0,743	12,9	7,11	-42	0,743	11,9	6,56
Σ	13,512		183,84	Σ	13,512		357,1
Feff =	13,61			Feff =	26,43		

Smjer WSW_Zenta			
Kut α [°]	$\cos\alpha$	Fi [km]	$Fi^*(\cos\alpha)^2$
42	0,743	0,3	0,14
36	0,809	0,3	0,22
30	0,866	1,5	1,1
24	0,914	10,2	8,51
18	0,951	7,9	7,12
12	0,978	24,1	23,09
6	0,995	219,1	216,66
0	1,000	19,0	19,01
-6	0,995	17,5	17,29
-12	0,978	16,4	15,71
-18	0,951	16,0	14,5
-24	0,914	16,3	13,57
-30	0,866	17,0	12,72
-36	0,809	18,0	11,75
-42	0,743	18,3	10,08
Σ	13,512		371,46
Feff =	27,49		

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 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=15.51 km							
	Učestalost	2965	3897	3025	1816	525	85	10	3
	Ts[s]	2,3	2,7	3,1	3,4	3,7	4	4,4	4,8
	Hs [m]	0,4	0,7	1	1,4	1,8	2,2	2,7	3,2
Sektor II	Privjetrište [km]	Feff2=27.49 km							
	Učestalost	3275	434	141	86	32	3	0	0
	Ts[s]	2,6	3,2	3,7	4,1	4,4	4,8	5,2	5,5
	Hs [m]	0,5	0,9	1,3	1,8	2,3	2,8	3,5	4,1

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 (1) za ekstrapolaciju valne visine za pojedina povratna razdoblja ($T_R=5, 10, 20, 50, 100$).

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

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

gdje su:

T_R – traženi povratni period

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

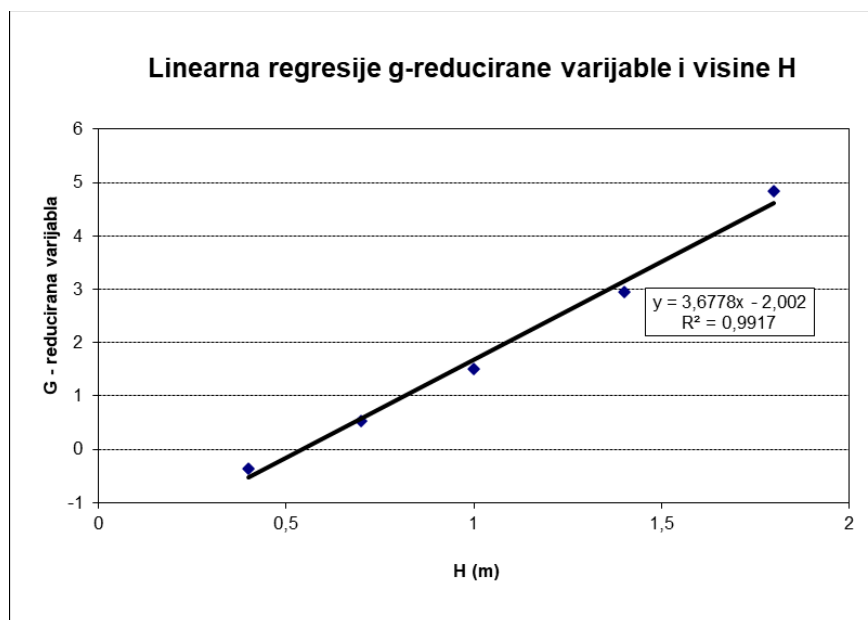
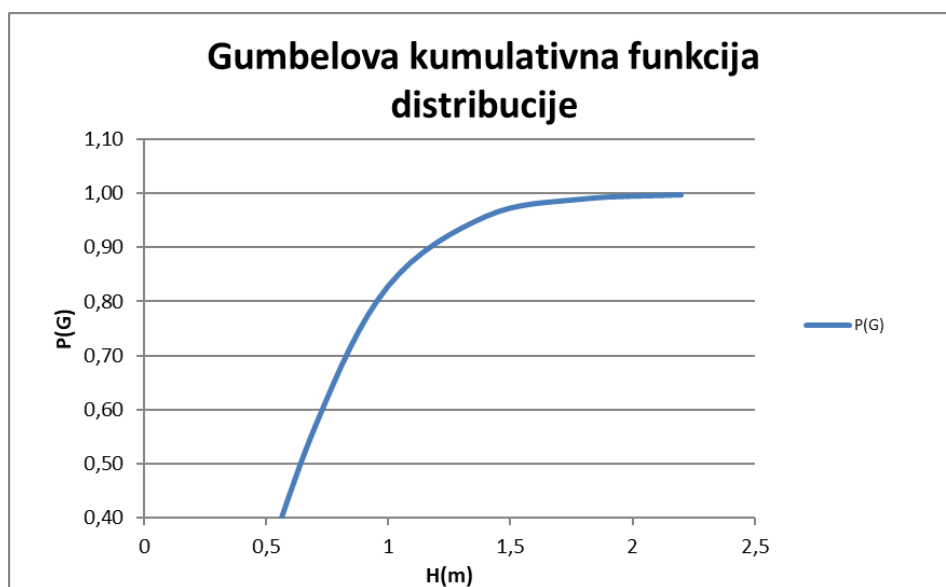
λ - parametar koji predstavlja odnos ukupnog broja pojavljivanja valova iznad odabrane granične visine vala i broja godina u kojem je promatran uzorak (izraz (2))

$$\lambda = \frac{\sum N(H > H_{gr})}{N_{godina}} \quad (2)$$

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

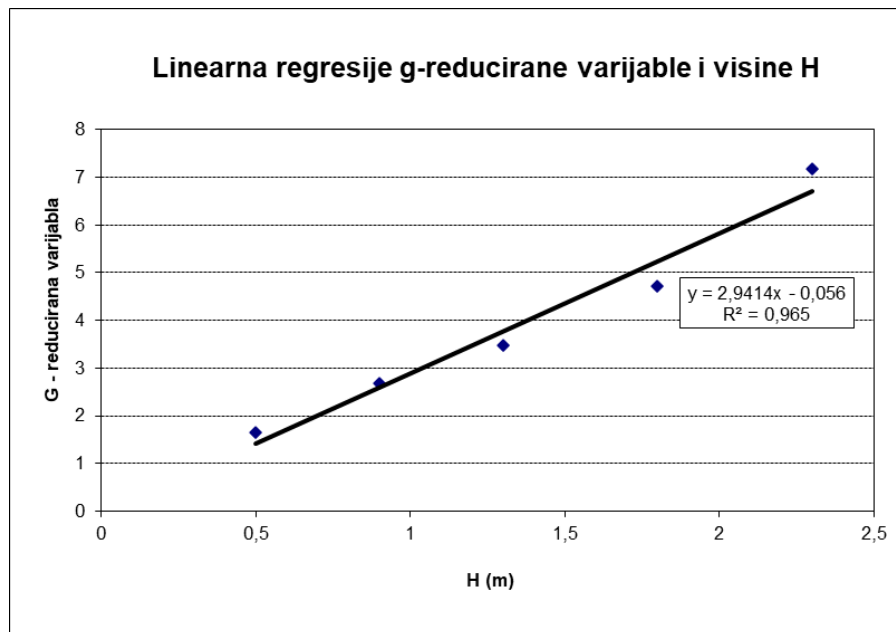
Definiranje pripadajućih perioda za dobivene značajne visine vala odrađen je na isti način, statističkom obradom uz upotrebu Gumbelove distribucije i korištenjem iste formule za ekstrapolaciju (izraz (1)).

U nastavku slijedi po jedan primjer grafičkog prikaza linearne regresije reducirane Gumbelove varijable (G) korištene za dobivanje gore spomenutih koeficijenata (iz faktora pravca regresije) i pripadajuće distribucije za dobivanje značajne visine vala. Za sve sektore obaju akvatorija proračunati rezultati su dani u tablicama 4.2.2 i 4.2.3.

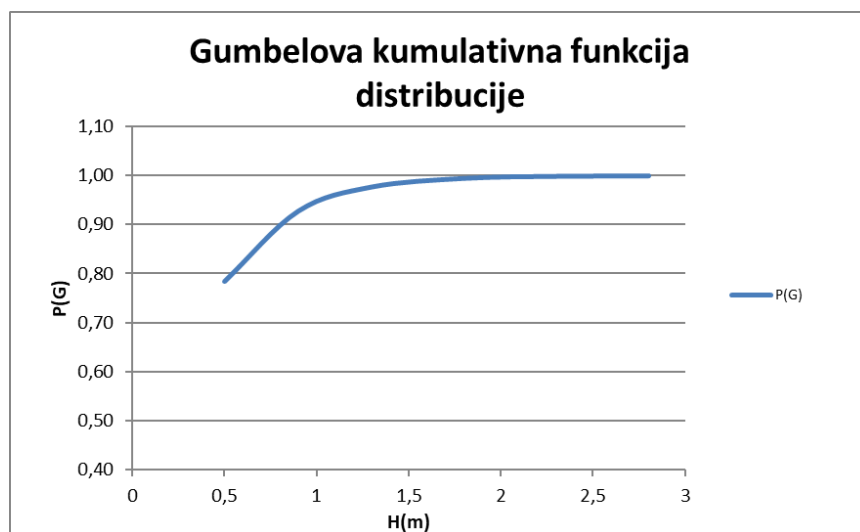
Tablica 4.3.2. Linearna regresija G-varijable i pripadajuća Gumbelova distribucija za Sektor ITablica 4.3.2.1. Linearna regresija g-reducirane varijable za Sektor ITablica 4.3.2.2. Gumbelova kumulativna funkcija distribucije za Sektor I

Tablica 4.3.3. Linearna regresija G-varijable i pripadajuća Gumbelova distribucija za Sektor II

Tablica 4.3.3.1. Linearna regresija g-reducirane varijable za Sektor II



Tablica 4.3.3.2. 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	$H_{1/10}$	$H_{1/100}$	$H_{1/max}$	T_0	L_0	T_P
	(m)	(m)	(m)	(m)	(s)	(m)	(s)
100	3,73	4,74	6,23	6,71	5,78	52,16	6,36
50	3,54	4,50	5,91	6,37	5,58	48,61	6,14
20	3,29	4,18	5,49	5,92	5,33	44,36	5,86
10	3,11	3,95	5,19	5,60	5,13	41,09	5,64
5	2,92	3,71	4,88	5,26	4,94	38,1	5,43

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	$H_{1/10}$	$H_{1/100}$	$H_{1/max}$	T_0	L_0	T_P
	(m)	(m)	(m)	(m)	(s)	(m)	(s)
100	3,62	4,60	7,68	6,52	5,98	55,83	6,58
50	3,38	4,29	7,17	6,08	5,74	51,44	6,31
20	3,08	3,91	6,53	5,54	5,41	45,7	5,95
10	2,84	3,61	6,02	5,11	5,16	41,57	5,68
5	2,60	3,30	5,51	4,68	4,91	37,64	5,40

5. DEFORMACIJE VALA NA PODRUČJU UVALE TRSTENIK

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.

Difrakcija ili ogib je deformacija valova na ravnom dnu koja nastaje u slučaju kada se ispred dijela polja valova prepriječi vertikalna prepreka npr. lukobran. Rezultat je bočnog rasprostiranja energije (uzduž grebena vala) koji se javlja i iza prepreke. Očituje se širenjem i zakretanjem valova u području sjene iza prepreke i smanjenjem valne visine. U realnim slučajevima djeluje najčešće u kombinaciji s refrakcijom.

Lom vala jedan je od mehanizama transformacije vala u zoni utjecaja morskog dna. Nužan uvjet koji treba biti ostvaren, a da ne dođe do loma vala jest da brzina čestice na grebenu bude manja ili maksimalno jednaka progresivnoj brzini vala. 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 obali na području uvale Zenta daljnji proračun valnog polja i pripadajućih deformacija radio se za val povratnog perioda 5 godina što je uobičajena praksa kod projektiranja obale. No, obavljen je proračun i za val povratnog perioda od 100 godina. Oba vala su istaknuta u tablicama 4.2.4 te 4.2.5.

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

5.1. Refrakcija

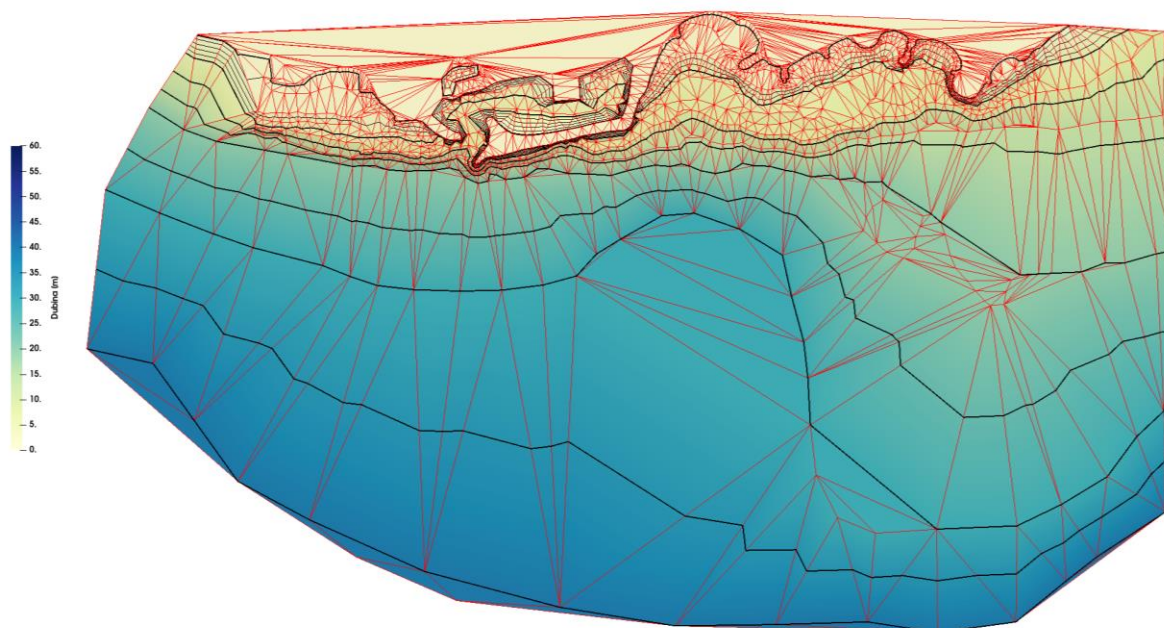
Kod refrakcije, zrake vala sa normalom na obalnu crtu zatvaraju kut veći od nula stupnjeva. Val se transformira iz zone dubokog mora prema obali na način da se navedeni kut smanjuje, a zraka vala u trenutku dodira obalne crte poklapa se sa normalom na obalnu crtu. Sve navedeno posljedica je promjene 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.

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

Gdje je B_0 udaljenost između zraka valova u dubokom moru, a B_d razmak između zraka valova na traženoj dubini.

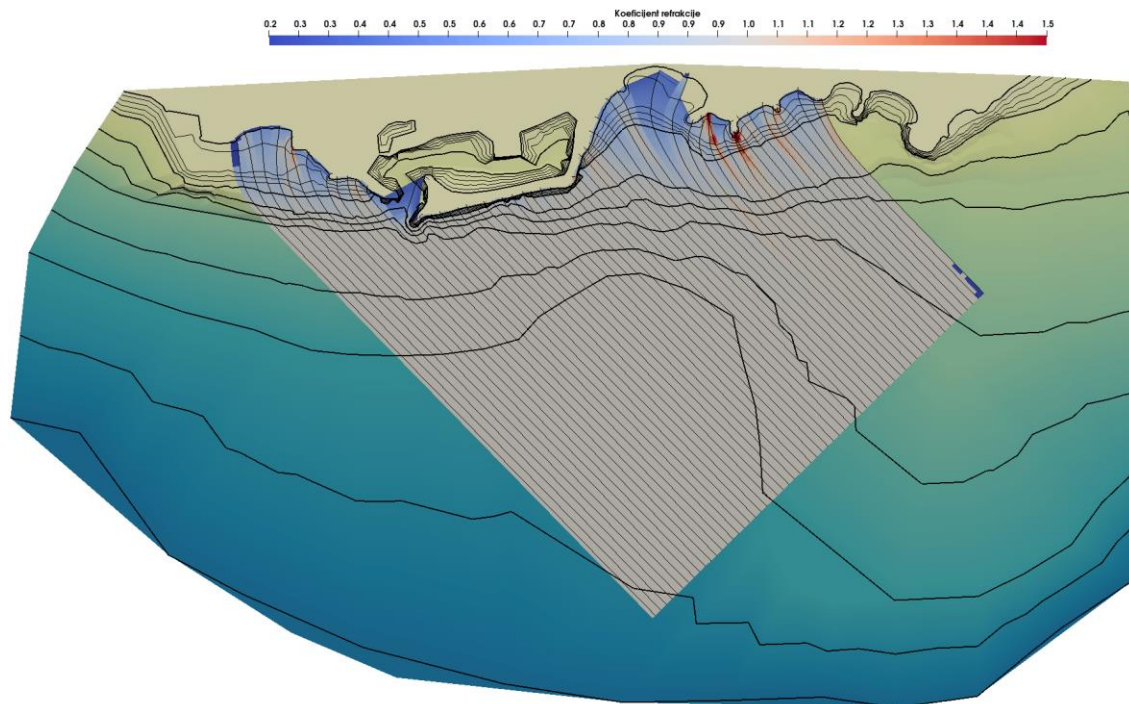
Iz održanja protoka energije među zrakama vala dolazi se do koeficijenta refrakcije. Polazi se od pretpostavke da izobate nemaju lomova. Sva energija prenosi se uzduž zrake vala i nema protoka energije okomito na zraku. Za izradu plana refrakcije koristi se metoda eksplicitnog postupka numeričke integracije diferencijalne jednačbe 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.

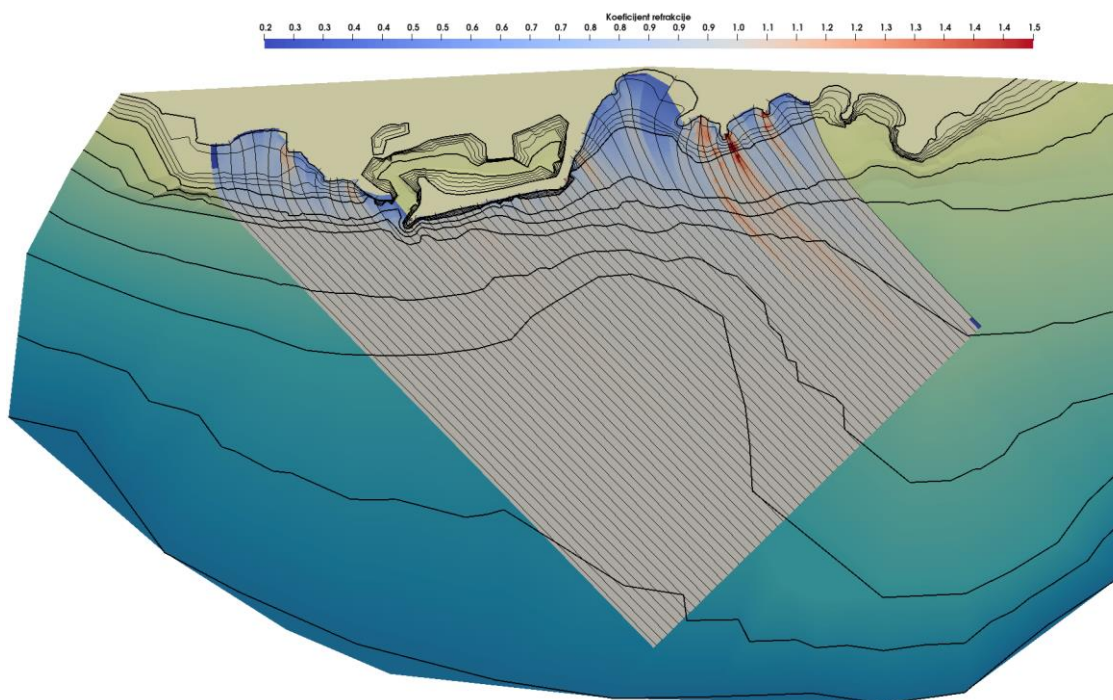


Slika 5.1.1. Mreža konačnih elemenata za akvatorij Zente (broj elemenata je 2705, a broj pripadajućih čvorova je 1362)

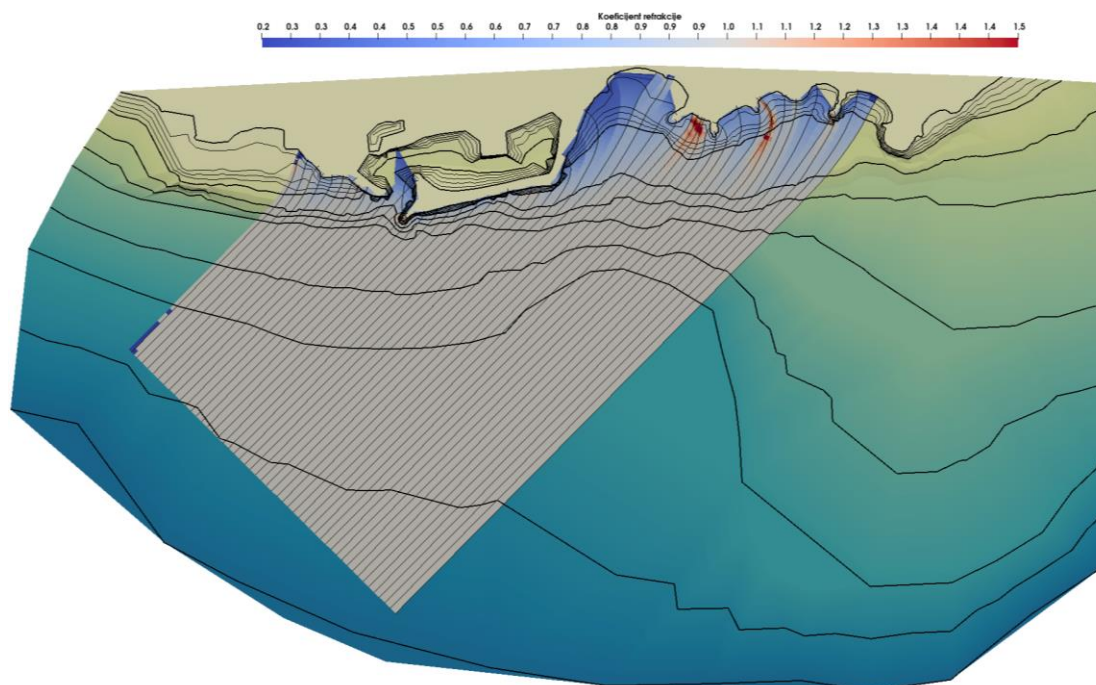
Na slici 5.1.2. i 5.1.3. za Sektor I, te na slikama 5.1.4. i 5.1.5. analogno za Sektor II prikazani su rezultati proračuna refrakcije u obliku plana refrakcije – zraka koje se rasprostiru iz dubljeg mora prema plićem. Nad zrakama je provučena ploha koeficijenata refrakcije koja ukazuje na postotak smanjenja,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



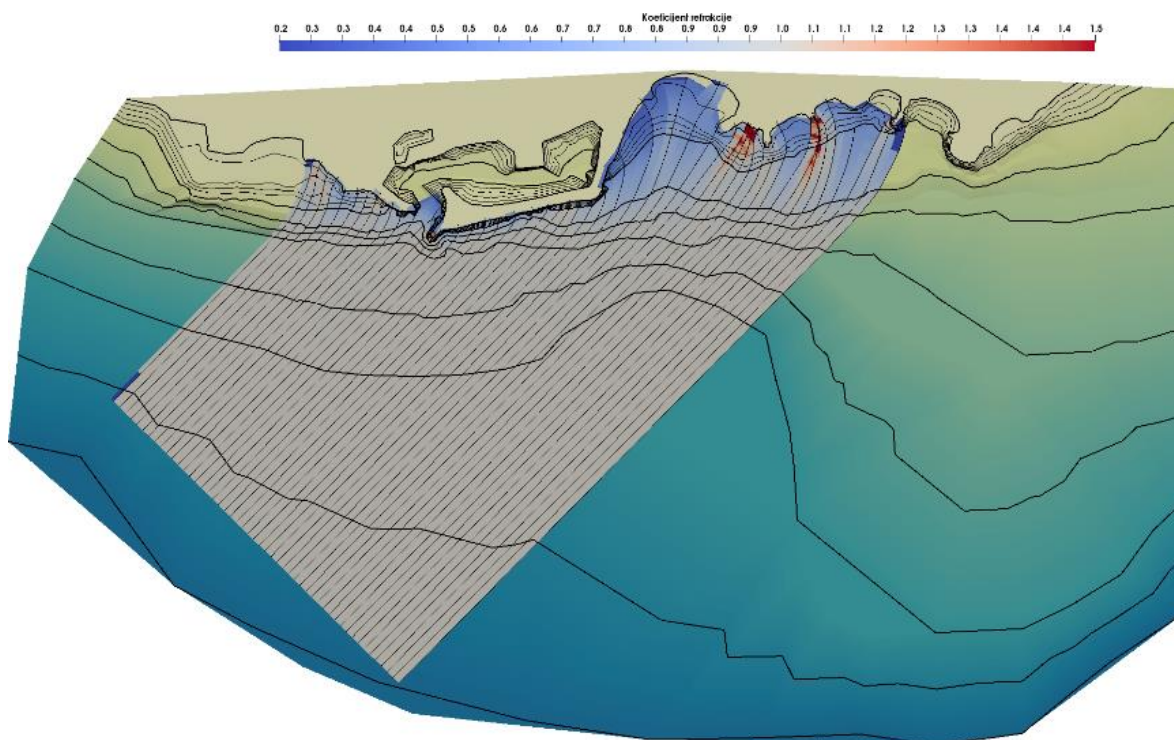
Slika 5.1.2. Plan refrakcije za Sektor I: petogodišnji val ($H_s^{100}=2.92$ m, $T_0^{100}=4.94$ s)



Slika 5.1.3. Plan refrakcije za Sektor I: stogodišnji val ($H_s^{100}=3.73$ m, $T_0^{100}=5.78$ s)



Slika 5.1.4. Plan refrakcije za Sektor II: petogodišnji val ($H_s^{100}=2.60$ m, $T_0^{100}=4.91$ s)



Slika 5.1.5. Plan refrakcije za Sektor I: stogodišnji val ($H_s^{100}=3.62$ m, $T_0^{100}=5.98$ s)

5.2. Uplićavanje

Uplićavanje (engl. 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:

$$E_0 \times c_{g0} = E \times c_g \quad (6)$$

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):

$$c_{g0} = n_0 \times c_0 = \frac{1}{2} \times \frac{L_0}{T_0} \quad (7)$$

$$c_{g,d} = n_d \times c_d = \frac{1}{2} \times \left[1 + \frac{\frac{4x\pi xd}{L_d}}{\sinh\left(\frac{4x\pi xd}{L_d}\right)} \right] \quad (8)$$

Gdje je :

$C_{g,d}$ – brzina

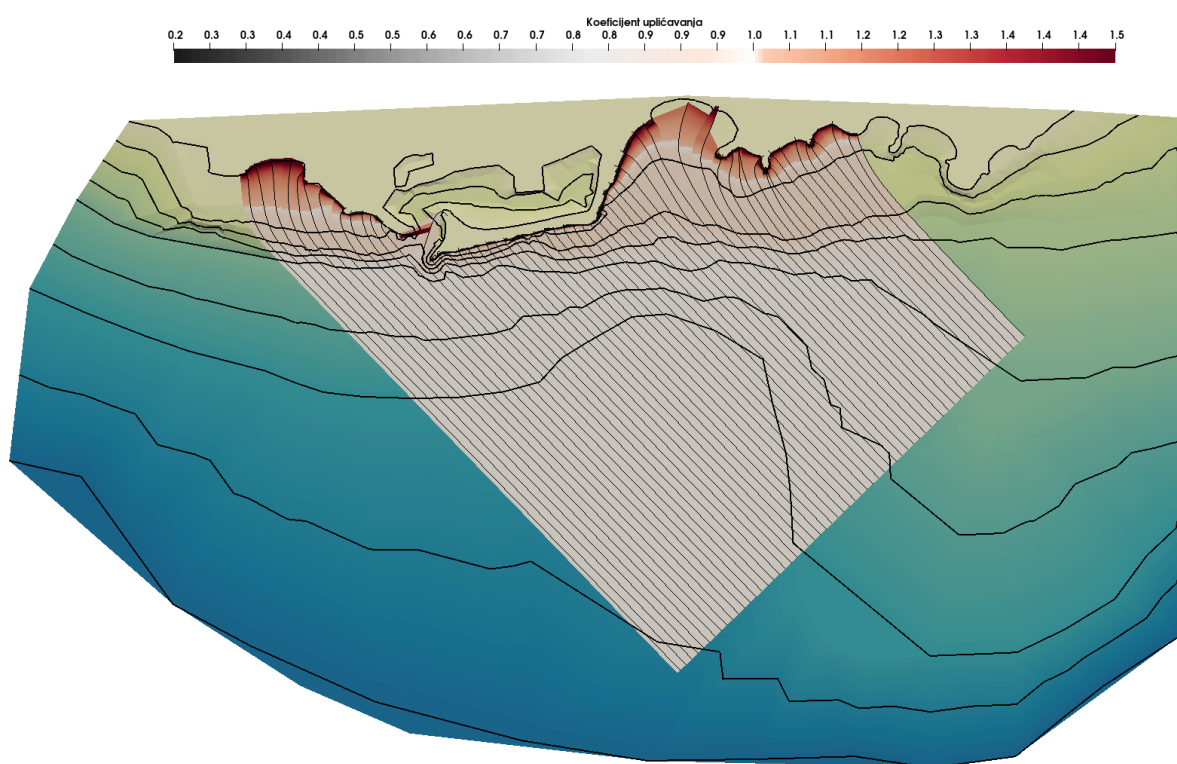
L_d - duljina vala na dubini d .

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 uplićavanju i početnoj visini vala iz dubokog mora:

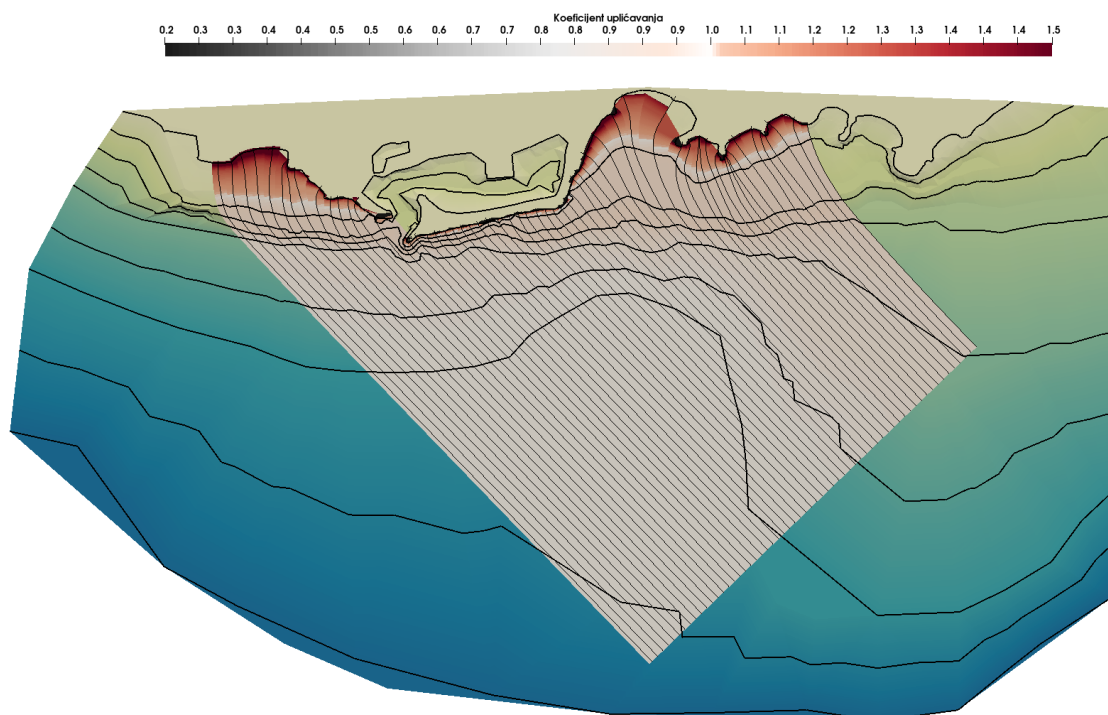
$$\frac{H}{H_0} = \sqrt{\frac{n_0 c_{g,0}}{n c_{g,d}}} \quad (9)$$

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

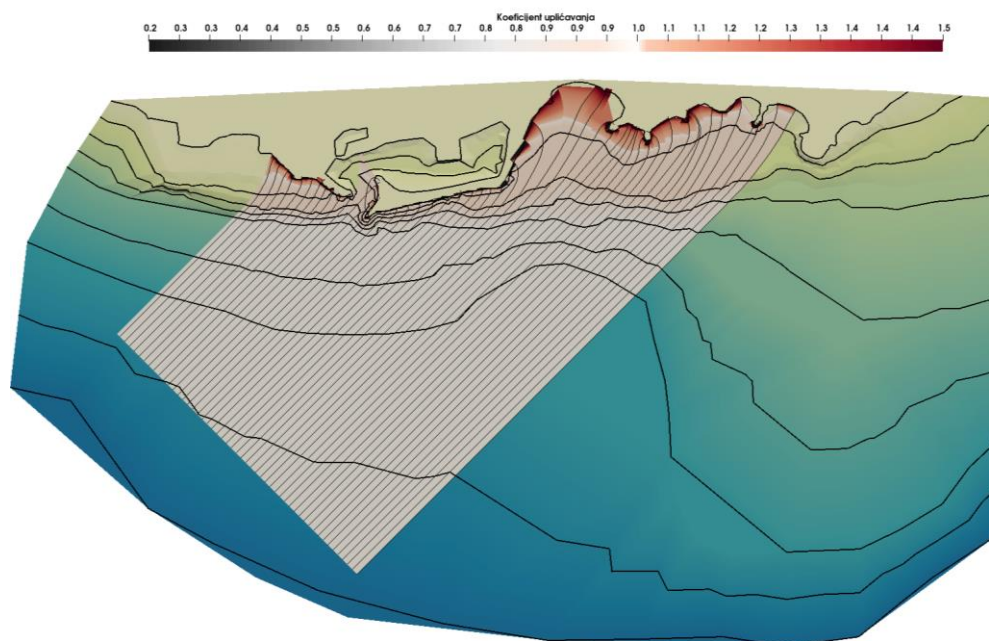
Gdje je K_s koeficijent uplićavanja. Koeficijent uplićavanja, kao što se to može vidjeti u priloženim rezultatima (slika 5.2.1. - 5.2.4.) sa smanjenjem dubine postepeno opada, a nakon što se dogodio lom lokalno može i porasti. No val nakon loma više nema istu visinu već se minimalno smanji napola, energija 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.



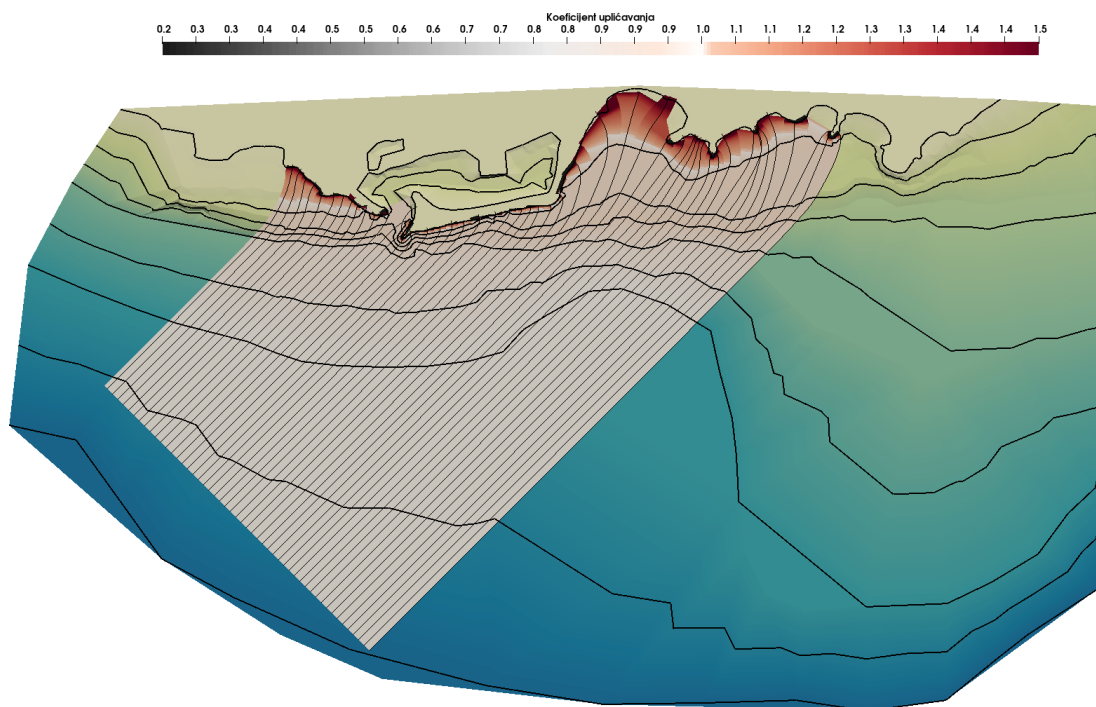
5.2.1. Utjecaj uplićavanja vala za Sektor I: petogodišnji val ($H_s^{100}=2.92$ m, $T_0^{100}=4.94$ s)



5.2.2. Utjecaj uplićavanja vala za Sektor I: stogodišnji val ($H_s^{100}=3.73$ m, $T_0^{100}=5.78$ s)



5.2.3. Utjecaj uplićavanja vala za Sektor II: petogodišnji val ($H_s^{100}=2.60$ m, $T_0^{100}=4.91$ s)



5.2.4. Utjecaj uplićavanja vala za Sektor II: stogodišnji val ($H_s^{100}=3.62\text{ m}$, $T_o^{100}=5.98\text{ s}$)

5.3. Lom vala

Kod oblikovanja plaža važno je odrediti područje na kojem dolazi do loma vala. Kada se val rasprostire prema plaži mijenja se strmost vala. Strmost vala se definira kao kvocijent 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 $(H_o/L_o)_{\max}$.

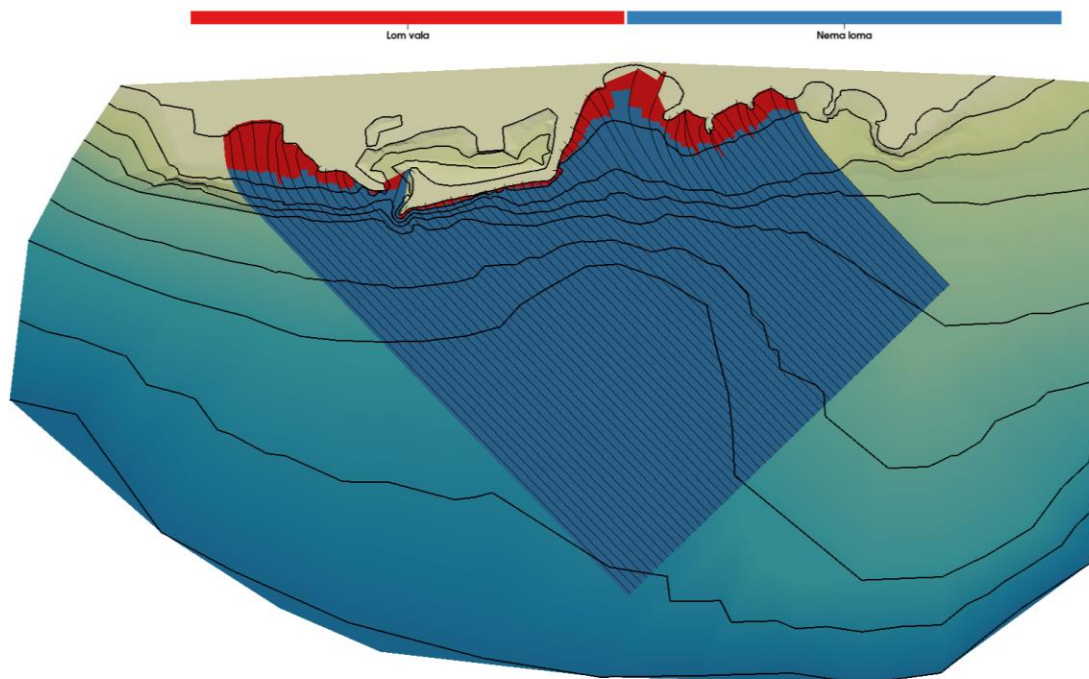
Maksimalna strmost vala u plićem moru ($d < L/2$) određena je izrazom:

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

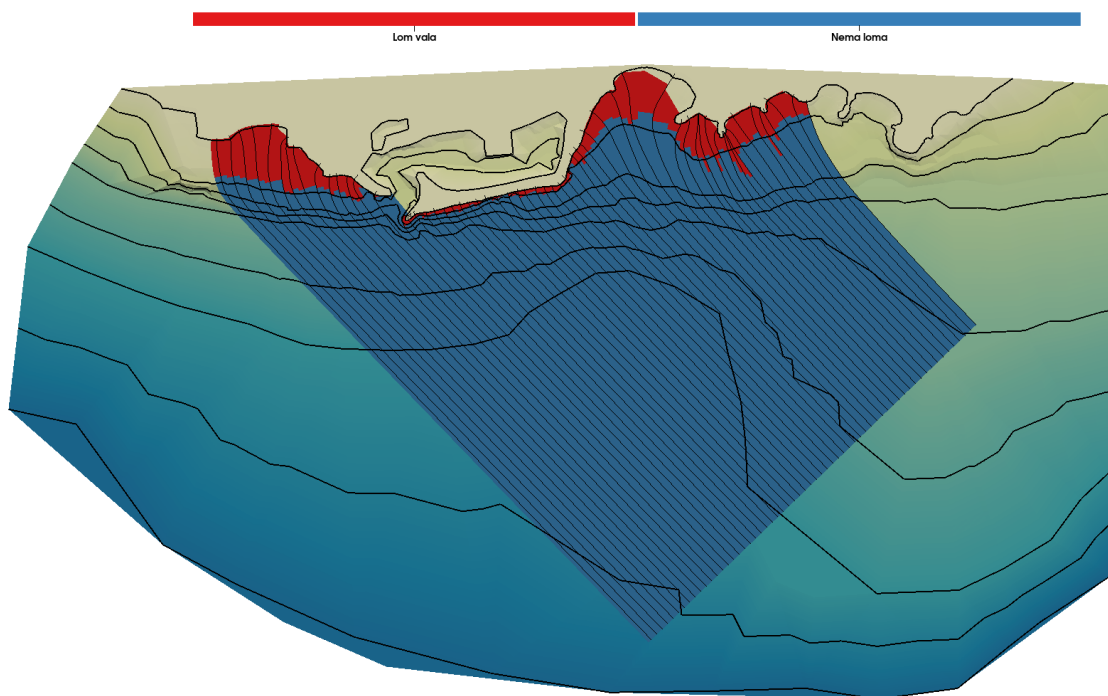
Valovi u plitkom reagiraju s dnom što rezultira povećanjem strmosti i lomom vala ako se prekorači $(H/L)_{\max}$, a izraz (12) gubi tgh iz izraza.

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

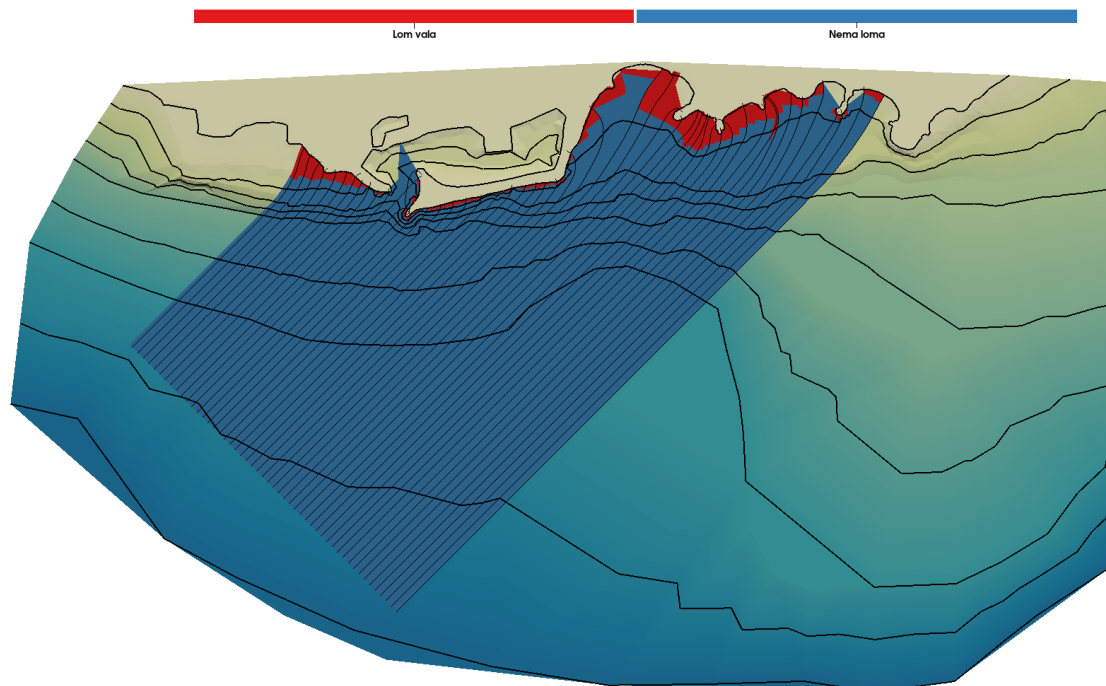
Na slikama 5.3.1.-5.3.4., prikazano je područje javljanja loma vala za pojedini sektor.



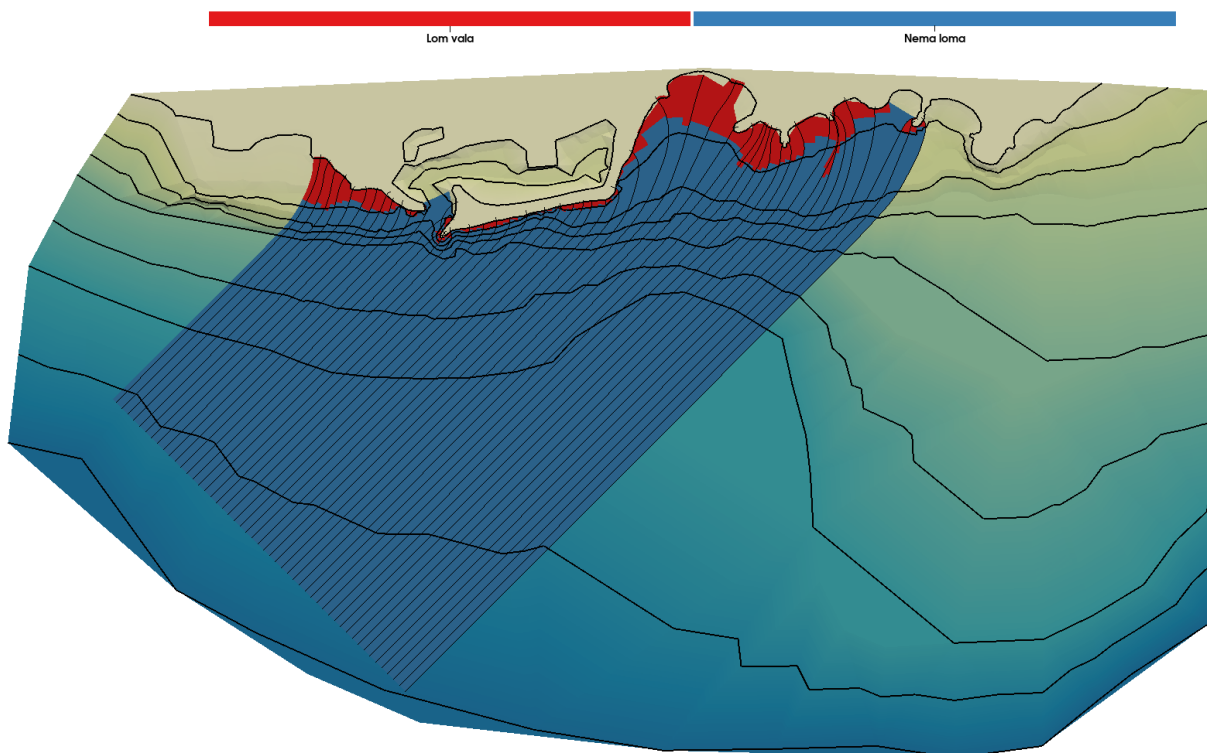
Slika 5.3.1. Detekcija loma vala za Sektor I: petogodišnji val ($H_s^{100}=2.92\text{ m}$, $T_0^{100}=4.94\text{ s}$)



Slika 5.3.2. Detekcija loma vala za Sektor I: stogodišnji val ($H_s^{100}=3.73\text{ m}$, $T_0^{100}=5.78\text{ s}$)



Slika 5.3.3. Detekcija loma vala za Sektor II: petogodišnji val ($H_s^{100}=2.60$ m, $T_0^{100}=4.91$ s)



Slika 5.3.4. Detekcija loma vala za Sektor II: stogodišnji val ($H_s^{100}=3.62$ m, $T_0^{100}=5.98$ s)

5.4. Visine mjerodavnih transformiranih valova ispred predmetne lokacije neposredno prije loma

Kada su izvršene sve transformacije na dubokovodni val, visina vala ispred plaže neposredno prije loma se određuje pomoću izraza:

$$H = H_0 \cdot K_R \cdot K_S \quad (13)$$

$$K_R = \sqrt{\frac{B_0}{B}} \quad (14)$$

$$K_S = \sqrt{\frac{c_{gr0}}{c_{gr}}} \quad (15)$$

$$c_{gr} = \frac{1}{2} \cdot \left[1 + \frac{\frac{4\pi d}{L_d}}{\sinh\left(\frac{4\pi d}{L_d}\right)} \right] \cdot c_d \quad (16)$$

gdje je c_d brzina, a L_d duljina vala na dubini d .

6. PRIJEDLOG RJEŠENJA UREĐENJA OBALE

Uloga plaže, gledajući iz perspektive prosječnog turista ili lokalnog mještana, naravno jest rekreacija (plivanje, ronjenje, pećanje, surfanje, itd.) no, plažama se pripisuju i druge dvije ključne funkcije osim samo rekreacijske. S obzirom da su građene od nevezanog materijala koji se pod utjecajem energije mora pomiče, plaže rasipaju energiju valova, te tako čine prirodni obrambeni mehanizam protiv erozije kopna. Treća važna funkcija plaža (naročito prirodnih) je stanište, primjerice za morske kornjače, ptice, biljne zajednice, itd.)

BARE (*Bathing Area Registration and Evaluation*) metoda je suverena metoda klasifikacije plaža, a prepoznaje pet tipova plaža: udaljene (*eng. remote*), ruralne, gradske (*eng. urban*), seoske (*eng. village*) i "resort" plaže koje nalazimo u sklopu turističkih smještajnih kompleksa. Metoda klasificira plaže prema specifičnom sustavu ocjenjivanje koji se fokusira na pet ključnih parametara: sigurnost, kvaliteta vode, infrastruktura i sadržaj na plaži, atraktivnost krajolika te onečišćenja. Prema navedenoj metodi, predmetna plaža pripada tipu „urbane plaže“ i kao takva treba omogućiti određene servise kao što je dobra prometna povezanost s gradom, dodatni sadržaji (ugostiteljski objekti, ležaljke za iznajmljivanje, spasilačka služba i slično).

Za projektiranje plaže treba izračunati transformirani val koji djeluje na istu. Val iz dubokog mora množimo koeficijentima uplićavanja i refrakcije. S obzirom da imamo dva sektora, iz oba sektora uzimamo petogodišnje podatke o valu u dubokom moru te provjeravamo ulazni val u uvalu s odgovarajućim transformacijama.

Primjer proračuna za I sektor

- parametri za duboko more: $L_0 = 38,1$ m $T_0 = 4,94$ s $H_0 = 2,92$ m

○ UPLIČAVANJE

$$K_S = \sqrt{\frac{c_{g,0}}{c_g}}$$

- iterativnim putem dobivamo dužinu vala na dubini od 4 m

$$L_4 = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right) = \dots \text{ iteracija } L_4 = 27,5 \text{ m}$$

provjera: $D/L = 4/27,5 = 0,15 \rightarrow$ srednje more

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

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

$$c_{g,0} = \frac{1}{2} \times \frac{L_0}{T_0} = \frac{1}{2} \times \frac{38,1}{4,94} = 3,86 \text{ m/s}$$

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

$$c_g = n \times c = \frac{1}{2} \times \left[1 + \frac{\frac{4\pi d}{L}}{\sinh\left(\frac{4\pi d}{L}\right)} \right] \times \frac{L_4}{T} = \frac{1}{2} \times \left[1 + \frac{\frac{4\pi \cdot 4}{27,5}}{\sinh\left(\frac{4\pi \cdot 4}{27,5}\right)} \right] \times \frac{27,5}{4,94} = 4,47 \text{ m/s}$$

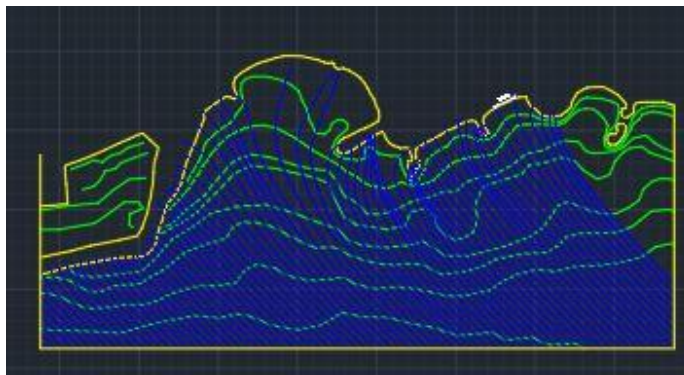
- koeficijent uplićavanja iznosi:

$$K_S = \sqrt{\frac{c_{g,0}}{c_g}} = \sqrt{\frac{3,86}{4,47}} = 0,93$$

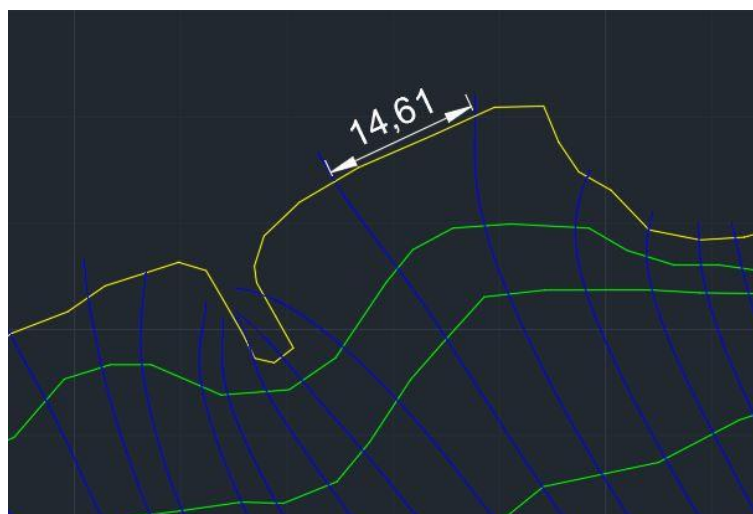
○ REFRAKCIJA

$$K_R = \sqrt{\frac{B_0}{B}}$$

- B_0 predstavlja širinu zraka u dubokom moru i iznosi 10 m dok B predstavlja širinu zraka na dubini od 4 m i iznosi 14,78 m. Uz pomoć RSBWave mogli smo očitati širinu zraka na određenoj dubini te uvrstili u formulu za dobivanje koeficijenta refrakcije.



Slika 6.1. Zrake dobivene RSBWave u ACADu



Slika 6.2. Širina zrake na potrebnoj dubini

- koeficijent refrakcije iznosi: $K_R = \sqrt{\frac{B_0}{B}} = \sqrt{\frac{10}{14,61}} = 0,83$

Val na dubini od 4 m iznosi:

$$H_4 = H_0 \times K_S \times K_R = 2,92 \times 0,93 \times 0,83 = 2,25 \text{ m}$$

Isti proračun radimo i za II sektor te dobivamo rezultate:

Rezultati proračuna za II sektor

- parametri za duboko more: $L_0 = 37,64$ m $T_0 = 4,91$ s $H_0 = 2,60$ m

○ UPLIĆAVANJE

$$K_S = 0,93$$

○ REFRAKCIJA

$$K_R = 0,80$$

Val na dubini od 4 m iznosi:

$$H_4 = H_0 \times K_S \times K_R = 2,92 \times 0,93 \times 0,80 = 2,17 \text{ m}$$

6.1. Stabilizacija obale

Za stabilizaciju žala na plaži na području većeg nagiba obale, korišten je prag (tip jednostavnog podvodnog valobrana) koji zatim omogućava žalu da se osloni na njega i time stabilizira lice plaže u vertikalnom smjeru. Horizontalna stabilizacija je izvršena postavljanjem pera, na koje se potom žalo oslanja i nema transverzalnog odnošenja materijala. Djelovanje morskih valova uzrokuje prijenos pijeska izvan područja planirane plaže zbog čega se i postavljaju pragovi s ciljem očuvanja materijala.

Pri provedenom proračunu za dimenzioniranje glavnog pera, koji ima i funkciju valobrana same uvale Trstenik, korištenjem Hudson-ovog izraza, odabran je nagib pokosa 1:1,5. Gustoća odabranog kamena iznosi 2650kg/m³ dok je za gustoću mora odabrana vrijednost 1027kg/m³. Koeficijent K_d je eksperimentalno utvrđen i ovisi isključivo o geometriji elementa školjere i načinu slaganja istih te o njihovoj međusobnoj povezanosti. Što je nagib pokosa manji, potrebna je manja težina bloka te obrnuto (veći nagib, veća težina kamena). Projektni nagib pokosa iznosi 1:1,5.

→ **Hudsonov izraz:**

$$W = \frac{\rho_b \cdot g \cdot H_{proj}^3}{K_d \cdot \left(\frac{\rho_b}{\rho_m} - 1\right)^3 \cdot ctg\alpha}$$

$\rho_b = 2650 \text{ kg/m}^3$	gustoća materijala
$\rho_m = 1027 \text{ kg/m}^3$	gustoća mora
$g = 9.81 \text{ m/s}^2$	ubrzanje sile teže
$H_{proj} = 2,92 \text{ m}$	visina projektnog vala
$K_d = 3.2$	eksperimentalni koeficijent obloge
$ctg\alpha = 1,5$ ili $tg\alpha = 0.67$ (u brojniku)	nagib vanjskog pokosa

$$W = \frac{2650 \cdot 9,81 \cdot 2,92^3}{3,2 \cdot \left(\frac{2650}{1027} - 1\right)^3} \cdot 0,67$$

$$W = 34335,552 \text{ N}$$

$$M = 3433,56 \text{ kg}$$

Dakle, težina elementa primarne obloge trebala bi iznositi oko 3440 kg.

$$\text{Filtarski sloj: } \frac{W}{200} - \frac{W}{10}$$

Odabrana vrijednost težine filtarskog sloja: 350 kg

$$\text{Jezgra: } \frac{W}{200} - \frac{W}{6000} \text{ (odabrano } W/1000) : 3,44 \text{ kg}$$

Tablica 6.1. Vrijednosti koeficijenta uklještenja

Type of outer covering elements	Number of layers	Type of placing	Breakwater side $K_D^{1)}$		Breakwater end K_D		Slope
			Breaking waves ⁵⁾	Non-breaking waves ⁵⁾	Breaking waves	Non-breaking waves	
Smooth, rounded racks	2	random	1.2	2.4	1.1	1.9	1 : 1.5 bis 1 : 3
	3	random	1.6	3.2	1.4	2.3	1 : 1.5 bis 1 : 3
Angular rubble	2	random	2.0	4.0	1.9	3.2	1 : 1.5
	3	random	2.2	4.5	1.6	2.8	1 : 2
	2	carefully placed ²⁾	5.8	7.0	1.3	2.3	1 : 3
Tetrapode	2	random	7.0	8.0	2.1	4.2	1 : 1.5 bis 1 : 3
					5.3	6.4	1 : 1.5 bis 1 : 3
					5.0	6.0	1 : 1.5
Antifer Block	2	random	8.0	-	4.5	5.5	1 : 2
					3.5	4.0	1 : 3
					-	-	1 : 2
Accropode	1		12.0	15.0	9.5	11.5	bis 1 : 1.33
Coreloc	1		16.0	16.0	13.0	13.0	bis 1 : 1.33
Tribar	2	random	9.0	10.0	8.3	9.0	1 : 1.5
					7.8	8.5	1 : 2
					6.0	6.5	1 : 3
Tribar	1	uniformly placed	12.0	15.0	7.5	9.5	1 : 1.5 bis 1 : 3
Dolos	2	random	15.8 ³⁾	31.8 ³⁾	8.0	16.0	1 : 2 ⁴⁾
					7.0	14.0	1 : 3

1) For slope of 1 : 1.5 to 1 : 5.
2) Longitudinal axis of rocks perpendicular to the surface.
3) K_D values confirmed experimentally only for slope 1 : 2.
If requirements are higher (destruction < 2%), the KD values must be halved.
4) Slopes steeper than 1 : 2 are not recommended.
5) Breaking waves occur more often when still water depth in front of the breakwater decreases the wave height.

Debljina slojeva:

Minimalna debljina slojeva nasutog lukobrana dobiva se slaganjem najmanje dva bloka u sloju, s tim da je za primarni, sekundarni i filtarski sloj odabrano $n=2$, a za krunu je $n=3$.

$$t_s = n * \sqrt[3]{\frac{W}{(\rho_k * g)}}$$

Tablica 6.2. Odabrane debljine slojeva obloge nasutog lukobrana

		ODABRANO:
Debljina sloja primarne obloge (n=2)	$t_s=1,02$ m	$t_s=1,50$ m
Debljina filtarskog sloja (n=2)	$t_s=0,48$ m	$t_{s(C)}=0,80$ m

6.2. Plaža

Mnogi istraživači su mjerili oblik lica plaže ovisno o krupnoći i ostalim parametrima žala, te se prema Dean-u predlaže slijedeća empirijski dobivena formula:

$$z = A \cdot y^m$$

gdje je:

z – profil lica plaže relativno u odnosu na razinu mora

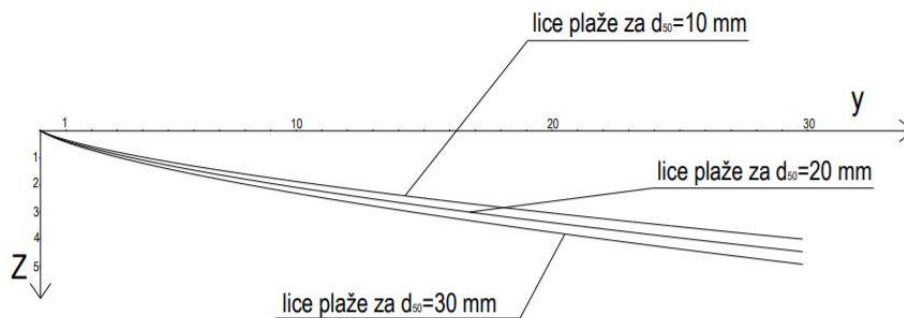
A - je parametar lica plaže, ovisan je o granulaciji zrna nasipnog materijala, očita se iz Dean-ovog dijagrama na slici 6.1.3 ($m^{1/3}$), $A=0,20 \text{ m}^{1/3}$

y – udaljenost od presjecišta morske razine sa licem plaže (m)

m - koeficijenti dobiveni eksperimentalno, $m=2/3$.

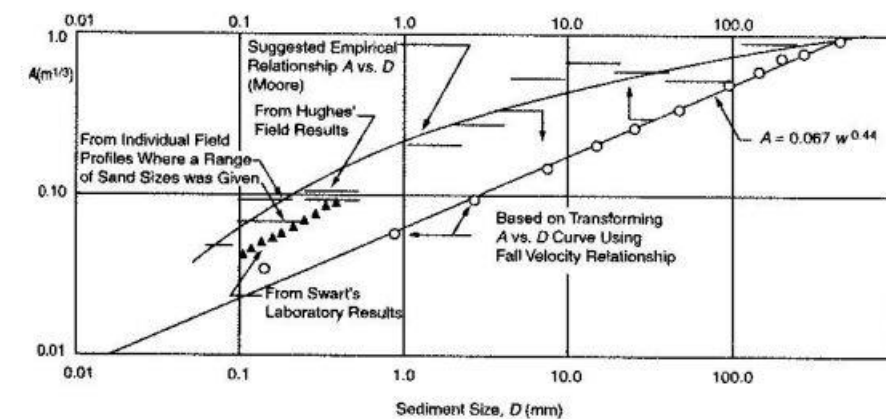


Slika 6.1.1. Oznake prema Deanu



Slika 6.1.2. Određivanje lica plaže u ovisnosti o promjeru zrna materijala

Na predmetnoj lokaciji uočen je relativno strm nagib morskog dna. Iz tog razloga nasipanje plaže vrši se frakcijom pijeska $D_{50}=30$ mm. Odabrana frakcija se koristi kao gornji sloj (koji je u direktnom kontaktu s kupačima) dok su donji, stabilizirajući slojevi krupnije žalo i kamen drobljenac. Tijekom korištenja plaže u dugom razdoblju provodit će se prihranjivanje novim materijalom, jer se žalo „troši“.



Slika 6.1.3. Deanov dijagram

7. PRILOZI

8. ZAKLJUČAK

Temeljem podataka o mjerenju satnih brzina vjetra i prevladavajućeg smjera za razdoblje od 01.01.2009.-31.12.2018., s mjerne postaje Marjan, Split (izvor DHMZ) te izradom ruže vjetrova, dominantni vjetrovi na područje obuhvata su vjetrovi iz smjera ESE, SE i SSE (Sektor 1) i SSW, SW i WSW (Sektor 2). Ulazni podaci za program RSBWAVE određeni su analizom dubokovodnih parametara vala pomoću Gumbelove distribucije, a oni iznose za smjer SE: $H_s^5=2,92$ m i $T_s^5= 4,94$ s i WSW: $H_s^5=2,60$ m i $T_s^5= 4,91$ s.

Idejnim rješenjem uređenja obale na području uvale Trstenik obuhvaćeno je novo stanje uređenosti obalnog pojasa u okolnostima očekivanog povećanja ili promjena aktivnosti na pojedinim njegovim dionicama. Projektom se predviđa uređenje postojeće obale u cilju razvoja funkcija lučko-pomorskih aktivnosti, izletničkih i sportsko-ribolovnih aktivnosti te u funkciji kupališnih aktivnosti, sporta i rekreacije. Primarni razlog uređenja povećanje kapaciteta za kupaće nadopunjava se ovim projektom sadržajima i tehnologijom koja omogućava ugodan boravak i uživanje u komplementarnoj ponudi i servisu.

Ovim završnim radom prikazano je trenutno stanje plaže Trstenik, koja nije adekvatno iskorištena za turističko odredište kao što je grad Split. Idejnim rješenjem pokušava se ponuditi prikladni i moderni način uređenja obale koji će zadovoljiti turističke zahtjeve i maksimalno iskoristiti resurse ovog područja.

Ponuđeno je rješenje koje pretpostavlja cjelodnevno opuštanje i rekreaciju kako turista, tako i lokalnog stanovništva uvođenjem ugostiteljskih objekata kao što su kafići ili restorani. Postavljanjem ležaljki, nasipanjem plaže žalom kao i posvećivanje pažnje sadnji drveća koje daju prirodnu hladovinu, stvara se oaza mira u jednom od najfrekventnijih turističkih odredišta.

Stabilizacija obale u vertikalnom smjeru je postignuta postavljanjem podvodnog valobrana (praga) s ciljem smanjenja odnošenja nasutog materijala s plaža, na dijelu obale gdje je karakteristična najveća strmost. Horizontalna stabilizacija obale je ostvarena postavljanjem pera, te svojevrsnog valobrana (na kojem se nalazi restoran), čime je onemogućeno uzdužno odnošenje žala. Postavljanjem dodatnog platoa na istočnoj strani smanjen je utjecaj valova na

samu uvalu i samim time smanjena je mogućnost promjene oblika plaže te pojava valovanja unutar same uvale. Prema BARE sustavu predmetnu plažu svrstavamo u ruralne te kao takva mora imati osiguran pristup gradu i dostupne servise. Kao sadržajna zanimljivost na istočnoj strani plaže dodan je otočić koji u isto vrijeme ima ulogu poboljšanja izmjene mora, a i vizualno prati geometriju koja se ponavlja na samo kraju obuhvata (neposredno prije Žnjanskog platoa). Navedeni otočić se već pokazao kao dobro rješenje u praksi, stoga se njegova replikacija na navedenom mjestu smatra kao poboljšanjem trenutne situacije uvale Trstenik.

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 uvala Trstenik

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. Mreža konačnih elemenata za akvatorij Zente (broj elemenata je 2705, a broj pripadajućih čvorova je 1362)

Slika 5.1.2. Plan refrakcije za Sektor I: petogodišnji val ($H_s^{100}=2.92$ m, $T_0^{100}=4.94$ s)

Slika 5.1.3. Plan refrakcije za Sektor I: stogodišnji val ($H_s^{100}=3.73$ m, $T_0^{100}=5.78$ s)

Slika 5.1.4. Plan refrakcije za Sektor II: petogodišnji val ($H_s^{100}=2.60$ m, $T_0^{100}=4.91$ s)

Slika 5.1.5. Plan refrakcije za Sektor I: stogodišnji val ($H_s^{100}=3.62$ m, $T_0^{100}=5.98$ s)

Slika 5.2.1. Utjecaj uplićavanja vala za Sektor I: petogodišnji val ($H_s^{100}=2.92$ m, $T_0^{100}=4.94$ s)

Slika 5.2.2. Utjecaj uplićavanja vala za Sektor I: stogodišnji val ($H_s^{100}=3.73$ m, $T_0^{100}=5.78$ s)

Slika 5.2.3. Utjecaj uplićavanja vala za Sektor II: petogodišnji val ($H_s^{100}=2.60$ m, $T_0^{100}=4.91$ s)

Slika 5.2.4. Utjecaj uplićavanja vala za Sektor II: stogodišnji val ($H_s^{100}=3.62$ m, $T_0^{100}=5.98$ s)

Slika 5.3.1. Detekcija loma vala za Sektor I: petogodišnji val ($H_s^{100}=2.92$ m, $T_0^{100}=4.94$ s)

Slika 5.3.2. Detekcija loma vala za Sektor I: stogodišnji val ($H_s^{100}=3.73$ m, $T_0^{100}=5.78$ s)

Slika 5.3.3. Detekcija loma vala za Sektor II: petogodišnji val ($H_s^{100}=2.60$ m, $T_0^{100}=4.91$ s)

Slika 5.3.4. Detekcija loma vala za Sektor II: stogodišnji val ($H_s^{100}=3.62$ m, $T_0^{100}=5.98$ s)

Slika 6.1. Zrake dobivene RSBWave u ACADu

Slika 6.2. Širina zrake na potrebnoj dubini

Slika 6.1.1. Oznake prema Deanu

Slika 6.1.2. Određivanje lica plaže u ovisnosti o promjeru zrna materijala

Slika 6.1.3. Deanov dijagram

Tablica 3.2.1 Beaufortova ljestvica za vjetar

Tablica 3.3.1. Tablica mogućih pozicija

Tablica 3.3.2 Kodiranje po razredima

Tablica 3.3.3. Apsolutna tablica kontigencije za mjernu postaju Split za razdoblje 2009.-2018.

Tablica 3.3.4. 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 duljine privjetrišta za sektor I: smjer ESE, SE, SSE

Tablice 4.1.3 Proračun efektivne duljine privjetrišta za sektor I: smjer SSW, SW, WSW

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

Tablica 4.3.2. Linearna regresija G-varijable i pripadajuća Gumbelova distribucija za Sektor I

Tablica 4.3.2.1. Linearna regresija g-reducirane varijable za Sektor I

Tablica 4.3.2.2. Gumbelova kumulativna funkcija distribucije za Sektor I

Tablica 4.3.3. Linearna regresija G-varijable i pripadajuća Gumbelova distribucija za Sektor II

Tablica 4.3.3.1. Linearna regresija g-reducirane varijable za Sektor II

Tablica 4.3.3.2. 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 6.1. Vrijednosti koeficijenta uklještenja

Tablica 6.2. Odabrane debljine slojeva obloge nasutog lukobrana