Procjena parametara vjetrovnog vala za projektiranje pomorskih građevina

Đuzel, Kažimir

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

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:123:544058

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

FCEAG Repository - Repository of the Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy, University of Split

zir.nsk.hr

UNIVERSITY OF SPLIT

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

ZAVRŠNI RAD

Kažimir Đuzel

Split, 2021.

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

Procjena parametara vjetrovnog vala za projektiranje pomorskih građevina

Završni rad

Split,2021.

Procjena parametara vjetrovnog vala za projektiranje pomorskih građevina

Sažetak:

U ovom se radu za predmetnu lokaciju, istočnu obalu Splita radila procjena parametara vjetrovnog vala. Napravljena je sektorizacija mjerodavnih smjerova vjetrovnih valova za odabranu lokaciju. Odredila su se pripadajuća efektivna privjetrišta, a potom provela dugoročna valna analiza za povratne periode od: 5, 20, 50 i 100 godina za procjenu dubokomorskih visina valova. Za dva karakteristična smjera proračunate su osnovne deformacije vala za povratni period od 50 godina. Završno je dana procjena svih parametara mjerodavnih valova za predmetnu lokaciju.

Ključne riječi:

Val, lukobran, Split

Estimation of wind wave parameters for the design of marine structures

Abstract:

In this work, for the subject location, the east coast of Split, the wind wave parameters were estimated. Sectorization of the relevant wind wave directions for the selected location was made. The associated effective fetches were determined, and then a long-term wave analysis was performed for return periods of: 5, 20, 50, and 100 years to estimate deep-sea wave heights. The basic wave deformations for a return period of 50 years were calculated for two characteristic directions. Finally, an estimate of all parameters of the relevant waves for the mentioned location is given.

Keywords:

Wave, breakwater, Split

SVEUČILIŠTE U SPLITU

FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

Split, Matice hrvatske 15

STUDIJ: **PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ**

GRAĐEVINARSTVO

KANDIDAT: Kažimir Đuzel

BROJ INDEKSA: 1744

KATEDRA: **Katedra za privrednu hidrotehniku**

PREDMET: Pomorske građevine

ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD

Tema: Procjena parametara vjetrovnog vala za projektiranje pomorskih građevina

Opis zadatka: Na osnovu računalno generiranih podataka o srednjim satnim brzinama vjetra s pripadajućim prevladavajućim smjerom, potrebno je izraditi tablicu kontigencije i ružu vjetrova za razdoblje od 2012-2016.godine. Studija slučaja je istočna obala Splita, gdje je potrebno odrediti parametre vala za projektiranje zaštitnih pomorskih građevina. Kandidat treba izraditi sektorizaciju mjerodavnih smjerova vjetrovnih valova za odabranu lokaciju, te odrediti pripadajuća efektivna privjetrišta, a potom provesti dugoročnu valnu analizu za procjenu dubokomorskih visina vala za povratne periode od 5, 20, 50 i 100 godina. Za dva karakteristična smjera, kandidat treba proračunati osnovne deformacije vala s povratnim periodom od 50 godina. Završno dati procjenu svih parametara mjerodavnih valova na području potencijalne gradnje zaštitnih pomorskih građevina.

U Splitu, travanj 2020.

Voditelj Završnog rada: dr.sc. Morena Galešić

25.02.2021.

SADRŽAJ

1. UVOD I CILJ ZAVRŠNOG RADA.....6

2. OPIS METODOLOGIJE 7

3. PODLOGE O VJETRU 8

3.1. Definicija meteorološke postaje 8

3.2. Podaci o vjetru.....9

4. DUGOROČNA PROGNOZA DUBOKOVODNIH VALNIH PARAMETARA 13

4.1. Privjetrišta 13

4.2. Formiranje uzorka vjetra za dugoročne valne prognoze.....24

4.3. Dugoročna prognoza dubokovodnih valnih parametara.....26

5. DEFORMACIJE VALA NA PODRUČJU PREDMETNE LOKACIJE. 33

5.1. Refrakcija.....33

5.2. Lom vala 36

5.3. Visine mjerodavnih transformiranih valova ispred predmetne lokacije neposredno prije loma 39

6. ZAKLJUČAK.....42

7. LITERATURA 43

1. UVOD I CILJ ZAVRŠNOG RADA

U ovom radu će se obaviti postupak procjene vala za projektiranje potencijalnog lukobrana za istočnu obalu Splita. Podaci o brzinama i prevladavajućem smjeru vjetra generirani su za potrebe ovog rada. Kod projektiranja pomorskih građevina od vanjskih uvjeta, najvažniji je utjecaj vjetra. Vjetar se može opisati kao horizontalno strujanje zračnih masa koje nastaju uslijed razlike temperatura, odnosno tlakova. Nakon vjetra drugi biran čimbenik pri projektiranju su valovi. Na moru se javlja više vrsta valova, ali kod projektiranja pomorskih građevina na Jadranu najvažniji su vjetrovni valovi. Za potrebe ovog rada potrebno je izraditi sektorizaciju mjerodavnih smjerova vjetrovnih valova za odabranu lokaciju, te odrediti pripadajuća efektivna privjetrišta. Rad uključuje dugoročnu valnu analizu za procjenu dubokomorskih visina vala za povratne periode od: 5, 20, 50 i 100 godina. Za dva karakteristična smjera, treba proračunati osnovne deformacije vala s povratnim periodom od 50 godina. Završno treba dati procjenu svih parametara mjerodavnih valova na području potencijalne gradnje zaštitnih pomorskih građevina.

2. OPIS METODOLOGIJE

U prvom poglavlju „Uvod i cilj Završnog rada“ upoznajemo se sa temom i ciljem ovog rada.

U drugom poglavlju „Opis metodologije“ upoznajemo sa metodama koje će se koristiti tijekom ovog rada.

U trećem poglavlju „Podloge o vjetru“ upoznajemo se sa definicijom meteorološke postaje te podatcima o vjetru iz kojih se određuje tablica kontigencije.

U četvrtom poglavlju „Dugoročna prognoza dubokovalnih parametara“ prvo se određuju privjetrišta ispred zadane lokacije, nakon čega se formira uzorak vjetra za dugoročne valne analize, te na kraju se daje dugoročna analiza dubokovodnih valnih parametara za 5, 10, 25 i 50 godina.

U petom poglavlju „Deformacije vala na području predmetne lokacije“ prvo se radi proračun za refrakciju koji će biti vršen grafički korištenjem Snellovog zakona, nakon čega se proračun loma vala koji se određuje iterativno, i na kraju se izračunavaju visine mjerodavnih transformiranih valova ispred predmetne lokacije neposredno prije loma.

U šestom poglavlju je dana procjena očekivanih visina valova za mjerodavne sektore te područje loma valova.

3. PODLOGE O VJETRU

3.1 Definicija meteorološke postaje

Mjerodavna meteorološka postaja za predmetnu lokaciju, područje istočne obale Split, je glavna meteorološka stanica Marjan koja se nalazi na nadmorskoj visini od 125 m. Meteorološka postaja je mjesto na kojem se obavljaju redovita motrenja i mjerenja meteoroloških elemenata. Meteorološke postaje razlikuju se prema broju elemenata koji se mjere, prema učestalosti motrenja i mjerenja te prema svrsi mjerenja. Instrumentima su najbolje opskrbljeni meteorološki opservatoriji, a potom sinoptičke meteorološke postaje (os. u zračnim lukama). Kako bi metode motrenja, kontrole i iskorištavanja podataka bile svuda jednake, osnovane su u pojedinim državama meteorološke službe. Radi ujednačenja meteoroloških mjerenja i motrenja na cijelome svijetu, osnovana je 1873. Međunarodna meteorološka organizacija. Meteorološke postaje prema opsegu se dijele na : sinoptičke, klimatološke, kišomjerne, zrakoplovno-meteorološke, agrometeorološke, radarske, raketne, pomorske, istraživačke i dr. kategorije. Sinoptičke meteorološke postaje služe u prvom redu za potrebe prognoze vremena, imaju kvalificirano osoblje te instrumente za kontinuirano bilježenje tlaka, temperature i vlažnosti zraka, vjetra, oborina, trajanja sijanja Sunca te isparavanja, a provode najčešće mjerenja i motrenja svih vremenskih pojava u gl. sinoptičkim terminima (00, 06, 12 i 18 sati po svjetskom ili 01, 07, 13 i 19 sati po srednjoeuropskom vremenu). Neke takve postaje obavljaju motrenja svaka tri sata, a neke i svaki sat. Te postaje dijele se na prizemne i visinske, prema tomu obavljaju li mjerenja u najdonjem sloju zraka, pri tlu (npr. mjerenje temperature zraka na visini od 2 m nad tlom), ili provode mjerenja viših slojeva atmosfere radio sondama, radarima, ili pak pilot balonima. Takva visinska mjerenja obavljaju se u svijetu na ograničenome broju postaja u 00 i 12 sati po svjetskom vremenu i njima se određuje stanje atmosfere (tlak, temperatura i vlažnost zraka te vjetar) najčešće do 30 km visine. Prizemne postaje dijele se na kopnene i pomorske, kopnene na one s osobljem i automatske, a jedne i druge prema opsegu programa rada na glavne i dopunske. Automatske postaje provode mjerenja gl. meteoroloških elemenata, kontinuirano ih zapisuju na magnetske medije i javljaju radijskim ili žičanim putem sabirnim središtima. Pomorske postaje na kopnu i brodovima provode program sinoptičkih postaja s težištem opažanja stanja mora.

3.2 Podaci o vjetru

Korišteni su srednje satne brzine vjetra s pripadajućim prevladavajućim smjerom, a koje su računalno generirane za potrebe ovog rada. 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 3.1.). U tablicama kontigencije (relativne i apsolutne čestine) dane su brzine u razredima koji odgovaraju stupnjevima (Bf) za godinu, te pripadajuća godišnja ruža vjetrova.

Tablica (3.1.) 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 lepršа	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 lepršа	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 zviždе	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.	umjereno 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

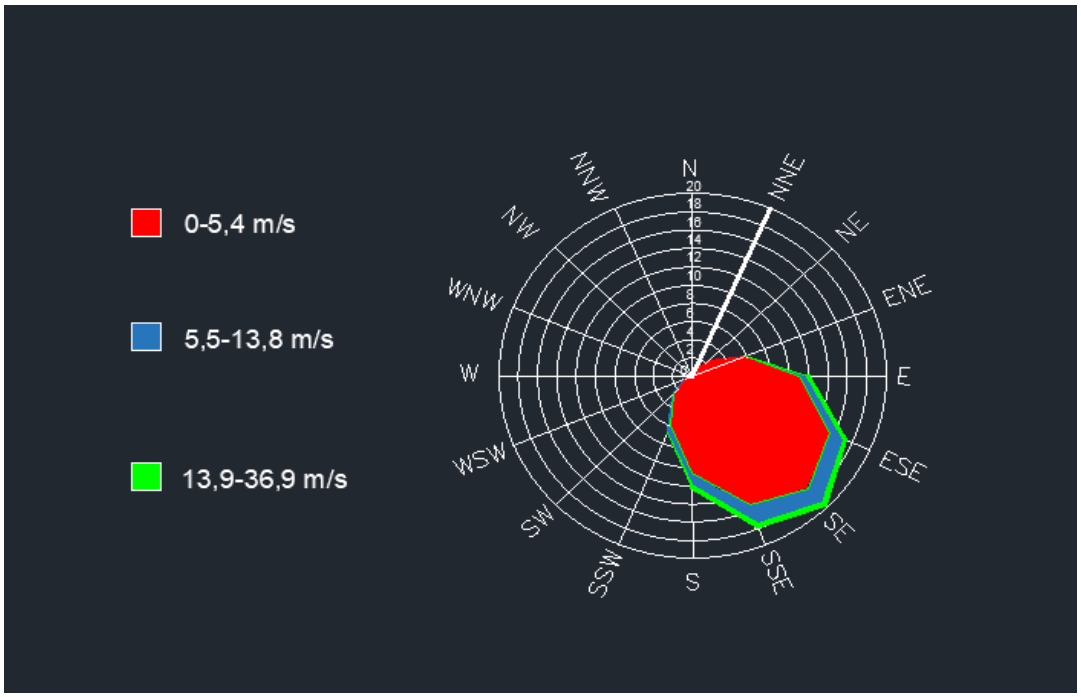
Tablica 3.2.Vjerojatnost istovremenog pojavljivanja različitih smjerova vjetra (apsolutne čestine), po klasama jačine (Bf) i brzine (m/s) za godine, u razdoblju 2012.–2016.

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		238	126	20	4	0	0	0	0	0	0	0	0	388
NE		510	499	120	26	9	0	0	0	0	0	0	1	1165
ENE		941	1316	401	109	26	7	1	1	0	0	0	1	2803
E		1406	2481	988	346	83	17	9	0	1	0	0	0	5331
ESE		1573	3544	1655	567	188	54	11	4	0	0	0	2	7598
SE		1560	3877	2071	766	236	72	15	4	3	1	0	1	8606
SSE		1382	3494	1845	734	199	86	18	5	3	0	0	2	7768
S		960	2430	1234	517	127	53	8	1	3	0	0	3	5336
SSW		569	1388	621	249	68	14	8	3	1	0	0	1	2922
SW		306	593	255	95	24	5	4	0	0	0	0	0	1282
WSW		109	193	60	19	4	1	0	0	0	0	0	0	386
W		42	50	10	2	2	0	0	0	0	0	0	0	106
WNW		11	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17
NW		4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
NNW		11	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18
N		20	18	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40
C	101													101
zbroj	101	9642	20022	9283	3434	966	309	74	18	11	1	0	11	43872

Tablica 3.3.Vjerojatnost istovremenog pojavljivanja različitih smjerova vjetra (relativne čestine), po klasama jačine (Bf) i brzine (m/s) vjetra za godine , u razdoblju 2012.–2016.

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	0	0,5424872	0,2872	0,04559	0,00912	0	0	0	0	0	0	0	0	0,88439
NE	0	1,1624726	1,1374	0,27352	0,05926	0,02051	0	0	0	0	0	0	0,00228	2,65545
ENE	0	2,144876	2,99964	0,91402	0,24845	0,05926	0,01596	0,00228	0,00228	0	0	0	0,00228	6,38904
E	0	3,2047775	5,65509	2,25201	0,78866	0,18919	0,03875	0,02051	0	0,00228	0	0	0	12,1513
ESE	0	3,5854303	8,07805	3,77234	1,2924	0,42852	0,12309	0,02507	0,00912	0	0	0	0,00456	17,3186
SE	0	3,5557987	8,83707	4,72055	1,74599	0,53793	0,16411	0,03419	0,00912	0,00684	0,00228	0	0,00228	19,6162
SSE	0	3,1500729	7,96408	4,20542	1,67305	0,45359	0,19602	0,04103	0,0114	0,00684	0	0	0,00456	17,7061
S	0	2,1881838	5,53884	2,81273	1,17843	0,28948	0,12081	0,01823	0,00228	0,00684	0	0	0,00684	12,1627
SSW	0	1,2969548	3,16375	1,41548	0,56756	0,155	0,03191	0,01823	0,00684	0,00228	0	0	0,00228	6,66028
SW	0	0,6974836	1,35166	0,58124	0,21654	0,0547	0,0114	0,00912	0	0	0	0	0	2,92214
WSW	0	0,24845	0,43992	0,13676	0,04331	0,00912	0,00228	0	0	0	0	0	0	0,87983
W	0	0,095733	0,11397	0,02279	0,00456	0,00456	0	0	0	0	0	0	0	0,24161
WNW	0	0,0250729	0,0114	0,00228	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,03875
NW	0	0,0091174	0,00228	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0114
NNW	0	0,0250729	0,01596	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,04103
N	0	0,0455872	0,04103	0,00456	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,09117
C	0,2302152													0,23022
zbroj	0,2302152	21,977571	45,6373	21,1593	7,82732	2,20186	0,70432	0,16867	0,04103	0,02507	0,00228	0	0,02507	100

Slika 3.1. Godišnja ruža vjetra u razdoblju 2012.-2016.



Najčešći vjetrovi na području Splita su bura i jugo. Bura je suh, hladan i mahovit sjeveroistočni vjetar povezan s prodorom hladnog zraka iz hladnijih krajeva. Bura dolazi s kopna i puše uglavnom smjerom prema moru. Puše obično velikom, ponekad orkanskom snagom.

Za razliku od bure, jugo puše jednoličnom brzinom i stvara velike valove. Jugo ili Široko puše s jugoistoka na Jadranu, a obično je povezan s nadolazećom ciklonom iz zapadnog Sredozemlja. Jugo ili Južina je naziv za vrijeme koje donosi taj vjetar i koje karakteriziraju izrazito loši biometeorološki uvjeti.

4. DUGOROČNA PROGNOZA DUBOKOVODNIH VALNIH PARAMETARA

Dugoročna prognoza se radi iz uzoraka dobivenih mjerenjem valova za kratkoročna stacionarna stanja mora. Kako se ne raspolaže ovim mjerenjima, napravit 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 Bf (3,4 – 5,4 m/s).

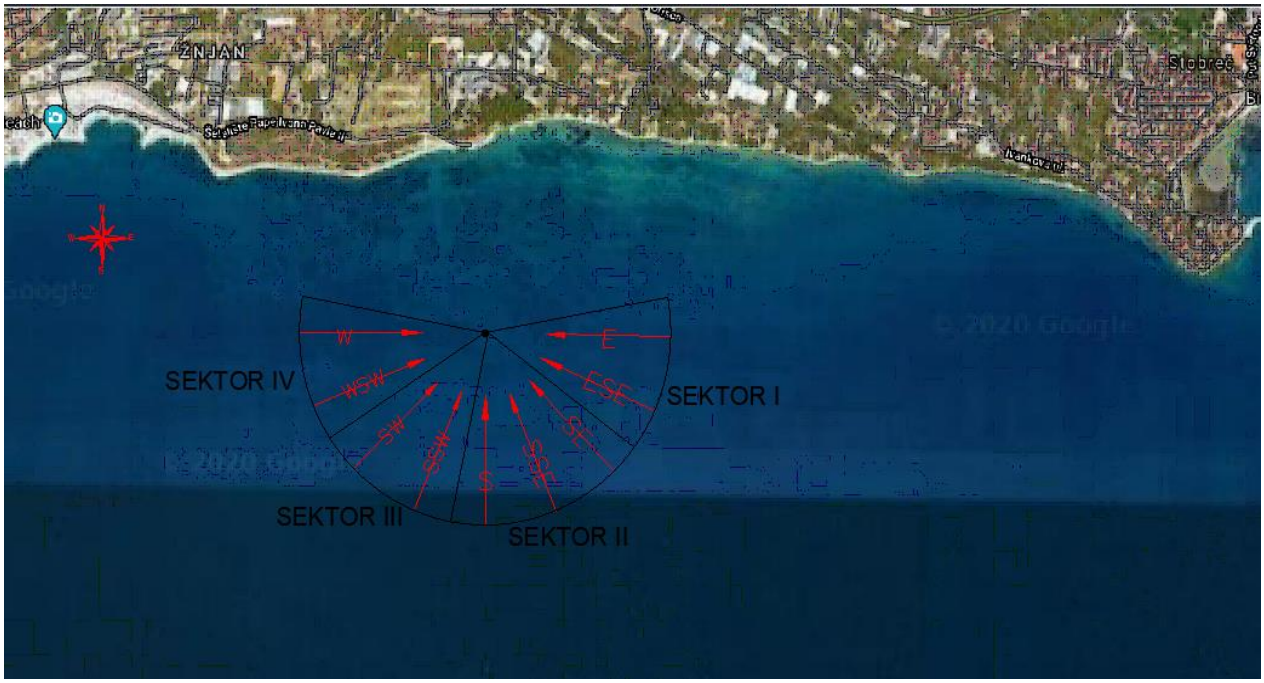
4.1 Privjetrišta

Proračun efektivne duljine privjetrišta za sve smjerove je proveden na način da se u svakom od odabranih smjerova postavi centralna zraka koja kao ishodište ima 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°) 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 sumom kosinusa kutova centralne zrake i ostalih rotiranih zraka a čime se dobiva i vrijednost duljine efektivnog privjetrišta (izraz 4.1.).

$$F_{eff} = \frac{\sum_i F_i \cos^2 \alpha_i}{\sum_i \cos \alpha_i} \tag{4.1.}$$

Lokacija je izložena vjetrovnim valovima iz III i IV kvadranta s različitim duljinama privjetrišta. Obzirom na to definirat će se, prema kriteriju dužine privjetrišta i sličnosti čestine pojavljivanja vjetra za pojedini smjer, pojedini sektori.

Slika 4.1. Sektorizacija vjetrova



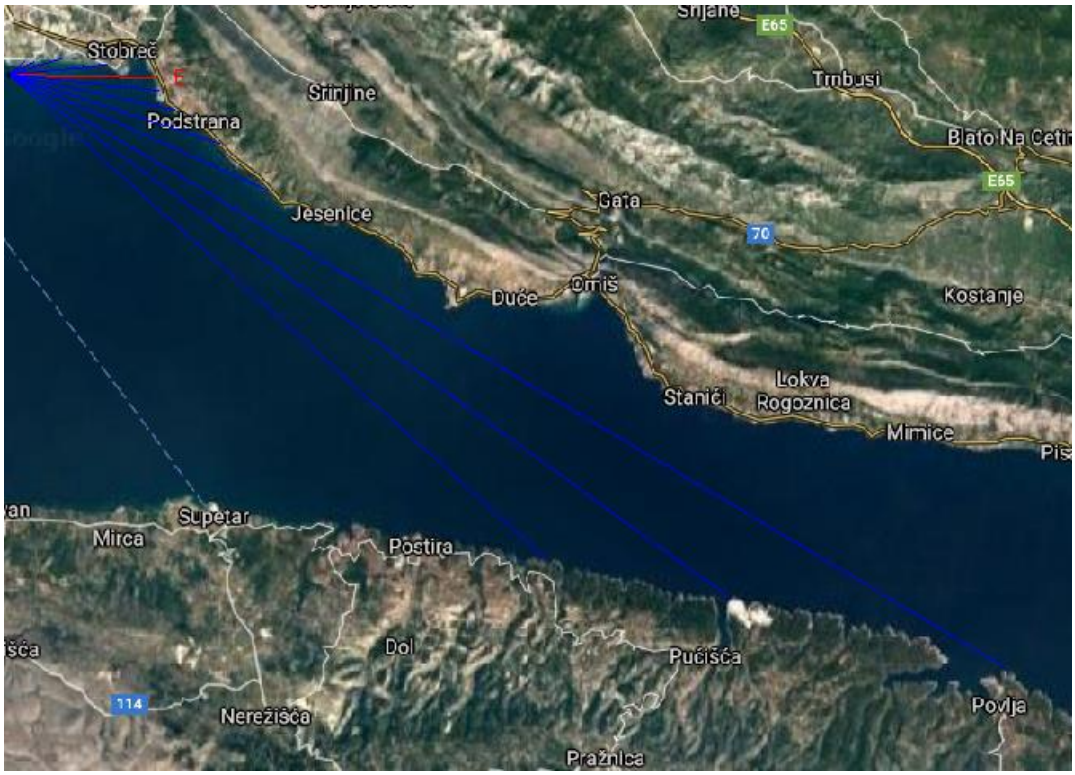
Sektor I definiran je djelovanjem vjetrova i posljedičnih površinskih vjetrovnih valova iz smjerova E, ESE.

Sektor II definiran je djelovanjem vjetrova i posljedičnih površinskih vjetrovnih valova iz smjerova SE, SSE, S. Realni smjer iz kojeg je moguće očekivati valove potaknute ovim vjetrovima u akvatoriju od interesa je SE (jugo).

Sektor III definiran je djelovanjem vjetrova i posljedičnih površinskih vjetrovnih valova iz smjerova SSW i SW.

Sektor IV definiran je djelovanjem vjetrova i posljedičnih površinskih vjetrovnih valova iz smjerova WSW i W.

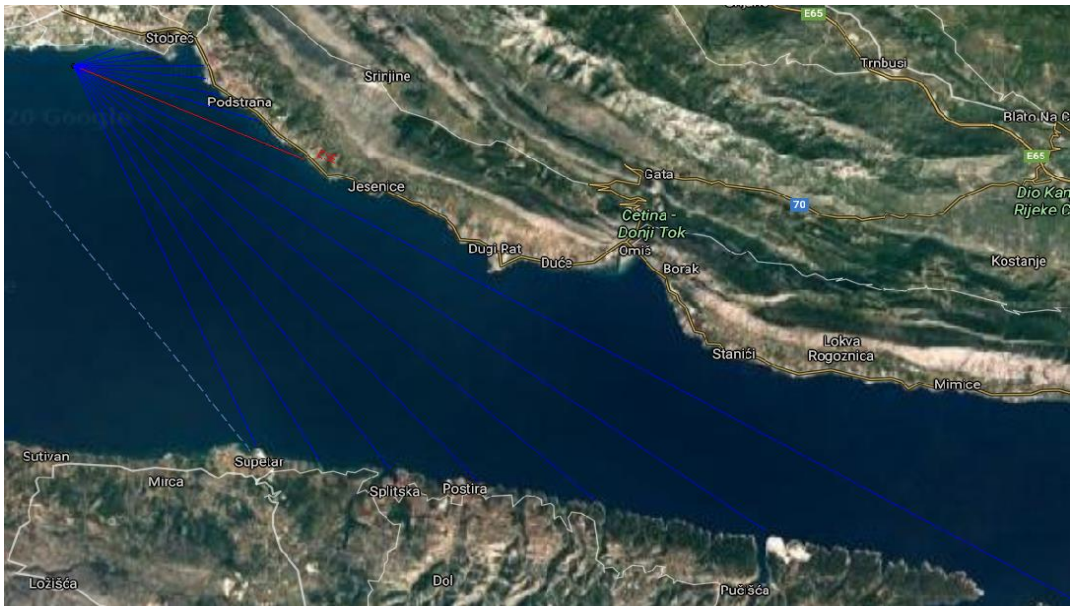
Slika 4.2. Skica za izračun efektivne duljine privjetrišta centralni smjer E



Tablica 4.1.Proračun određivanja efektivne duljine privjetrišta za smjer E

smjer E			
Kut α [°]	cosα	Fi [km]	Fi*(cosα)^2
42	0,743	0,3	0,165
36	0,809	0,4	0,229
30	0,866	0,4	0,3
24	0,914	0,5	0,418
18	0,951	0,6	0,543
12	0,978	0,7	0,641
6	0,995	0,7	0,693
0	1,000	0,9	0,9
-6	0,995	0,9	0,891
-12	0,978	1,0	0,956
-18	0,951	1,2	1,085
-24	0,914	1,8	1,504
-30	0,866	34,1	25,573
-36	0,809	26,1	17,082
-42	0,743	21,2	11,703
Σ	13,512		62,683
Feff =	4,64		

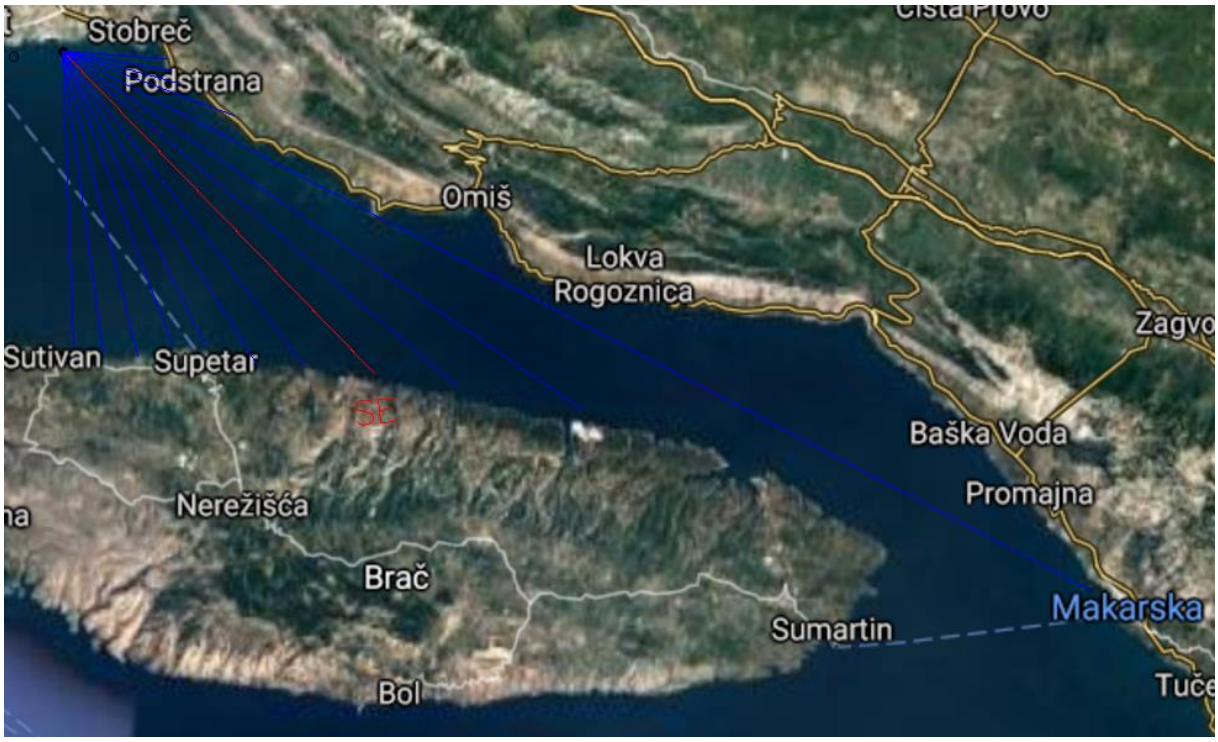
Slika 4.3. Skica za izračun efektivne duljine privjetrišta centralni smjer ESE



Tablica 4.3.Proračun određivanja efektivne duljine privjetrišta za smjer ESE

smjer ESE			
Kut α [°]	cosα	Fi [km]	Fi*(cosα)^2
42	0,743	0,3	0,166
36	0,809	0,4	0,262
30	0,866	0,5	0,375
24	0,914	0,6	0,501
18	0,951	0,6	0,543
12	0,978	0,8	0,765
6	0,995	1,0	0,99
0	1,000	1,2	1,2
-6	0,995	53,9	53,362
-12	0,978	24,8	23,721
-18	0,951	20,3	18,359
-24	0,914	17,5	14,619
-30	0,866	15,6	11,699
-36	0,809	14,3	9,359
-42	0,743	13,1	7,232
Σ	13,51		143,153
Feff =	10,59		

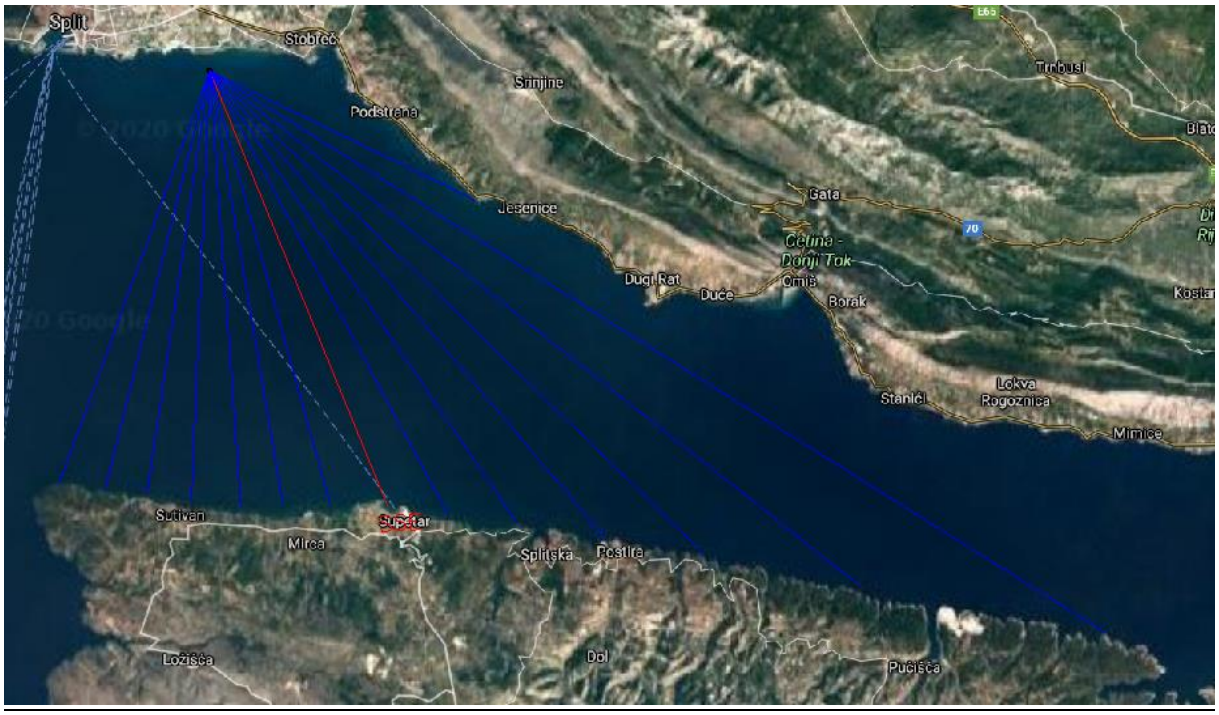
Slika 4.4. Skica za izračun efektivne duljine privjetrišta centralni smjer SE



Tablica 4.4. Proračun određivanja efektivne duljine privjetrišta za smjer SE

smjer SE			
Kut α [°]	cosα	Fi [km]	Fi*(cosα)^2
42	0,743	0,5	0,276
36	0,809	0,6	0,393
30	0,866	0,6	0,45
24	0,914	0,8	0,668
18	0,951	47,6	43,049
12	0,978	26,3	25,156
6	0,995	21,4	21,187
0	1,000	18,0	18
-6	0,995	15,8	15,642
-12	0,978	14,5	13,869
-18	0,951	13,6	12,3
-24	0,914	12,6	10,526
-30	0,866	12,2	9,149
-36	0,809	12,2	7,985
-42	0,743	12,2	6,735
Σ	13,51		185,385
Feff =	13,72		

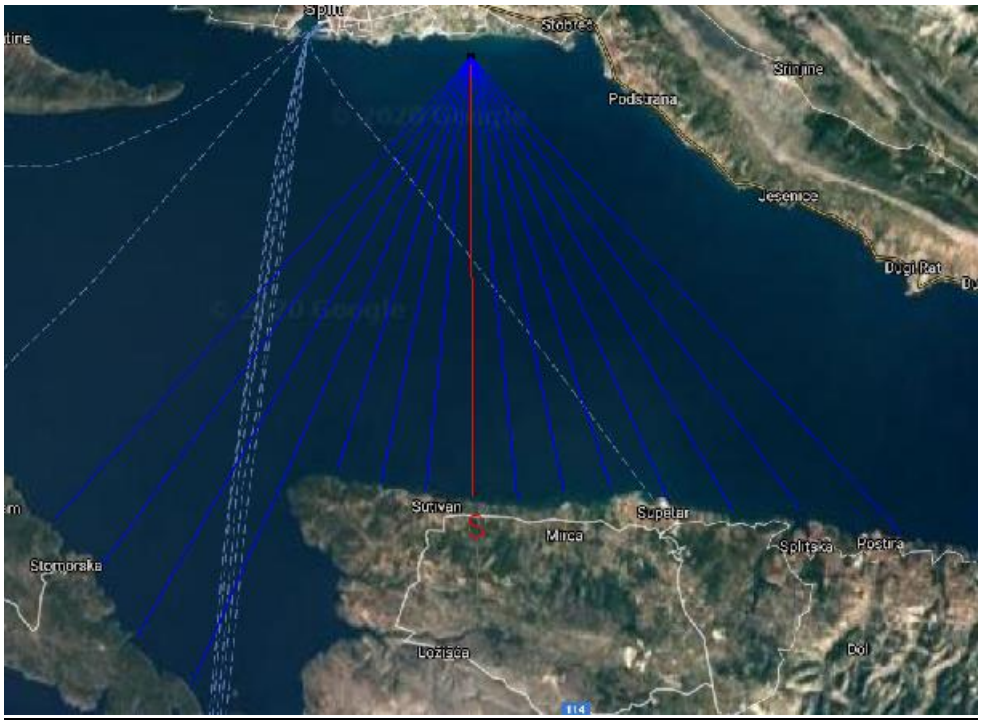
Slika 4.5. Skica za izračun efektivne duljine privjetrišta centralni smjer SSE



Tablica 4.5. Proračun određivanja efektivne duljine privjetrišta za smjer SSE

smjer SSE			
Kut α [°]	cosα	Fi [km]	Fi*(cosα)^2
42	0,743	1,0	0,547
36	0,809	29,0	18,986
30	0,866	22,8	17,099
24	0,914	19,0	15,873
18	0,951	16,8	15,194
12	0,978	15,1	14,443
6	0,995	13,9	13,771
0	1,000	12,9	12,93
-6	0,995	12,4	12,276
-12	0,978	12,1	11,573
-18	0,951	12,1	10,943
-24	0,914	12,0	10,025
-30	0,866	12,0	8,999
-36	0,809	12,0	7,854
-42	0,743	12,1	6,68
Σ	13,512		177,193
Feff =	13,11		

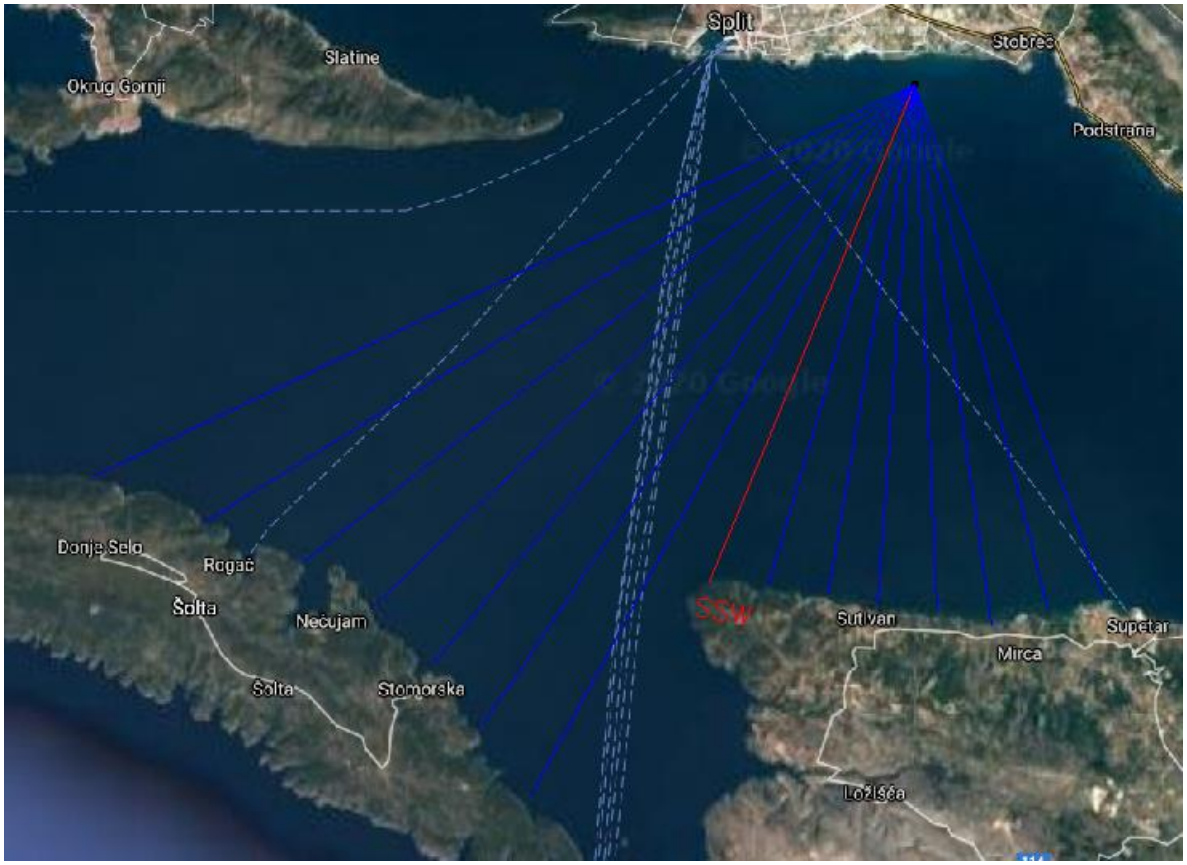
Slika 4.6. Skica za izračun efektivne duljine privjetrišta centralni smjer S



Tablica 4.6. Proračun određivanja efektivne duljine privjetrišta za smjer S

smjer S			
Kut α [°]	cosα	Fi [km]	Fi*(cosα)^2
42	0,743	17,6	9,716
36	0,809	15,3	10,02
30	0,866	14,4	10,799
24	0,914	13,4	11,194
18	0,951	12,5	11,305
12	0,978	12,2	11,669
6	0,995	12,2	12,078
0	1,000	12,1	12,1
-6	0,995	12,1	11,979
-12	0,978	12,1	11,573
-18	0,951	12,1	10,943
-24	0,914	18,9	15,789
-30	0,866	18,4	13,799
-36	0,809	17,3	11,349
-42	0,743	17,2	9,495
Σ	13,512		173,808
Feff =	12,86		

Slika 4.6. Skica za izračun efektivne duljine privjetrišta centralni smjer SSW



Tablica 4.6. Proračun određivanja efektivne duljine privjetrišta za smjer SSW

smjer SSW			
Kut α [°]	cosα	Fi [km]	Fi*(cosα)^2
42	0,743	12,7	7,033
36	0,809	12,5	8,207
30	0,866	12,7	9,524
24	0,914	12,6	10,526
18	0,951	12,6	11,395
12	0,978	12,5	11,956
6	0,995	12,5	12,375
0	1,000	12,5	12,5
-6	0,995	18,8	18,612
-12	0,978	18,0	17,217
-18	0,951	17,6	15,917
-24	0,914	17,5	14,619
-30	0,866	18,2	13,649
-36	0,809	19,4	12,697
-42	0,743	21,2	11,703
Σ	13,512		187,93
Feff =	13,91		

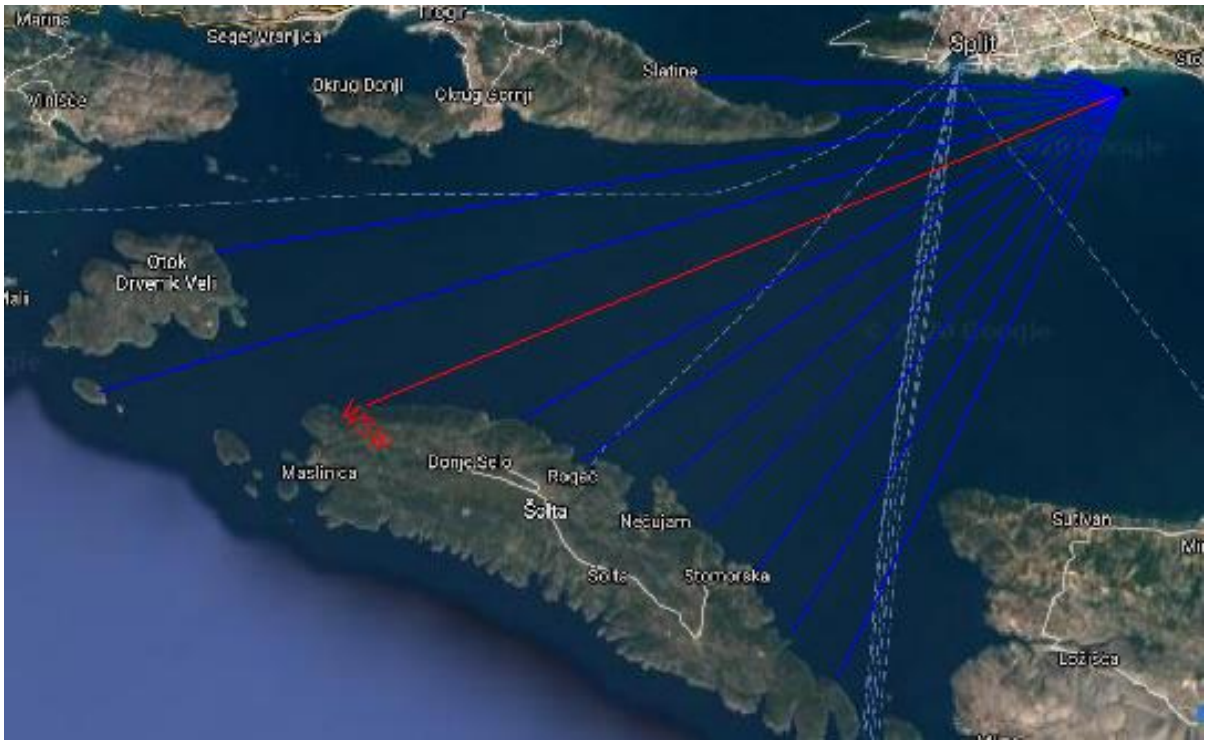
Slika 4.7. Skica za izračun efektivne duljine privjetrišta centralni smjer SW



Tablica 4.7. Proračun određivanja efektivne duljine privjetrišta za smjer SW

smjer SW			
Kut α [°]	cosα	Fi [km]	Fi*(cosα)^2
42	0,743	12,1	6,68
36	0,809	12,1	7,919
30	0,866	12,1	9,074
24	0,914	12,1	10,108
18	0,951	18,9	17,093
12	0,978	18,3	17,504
6	0,995	17,5	17,325
0	1,000	17,6	17,6
-6	0,995	18,0	17,82
-12	0,978	19,0	18,173
-18	0,951	20,2	18,269
-24	0,914	23,5	19,632
-30	0,866	30,8	23,099
-36	0,809	26,6	17,409
-42	0,743	8,2	4,527
Σ	13,51		222,232
Feff =	16,45		

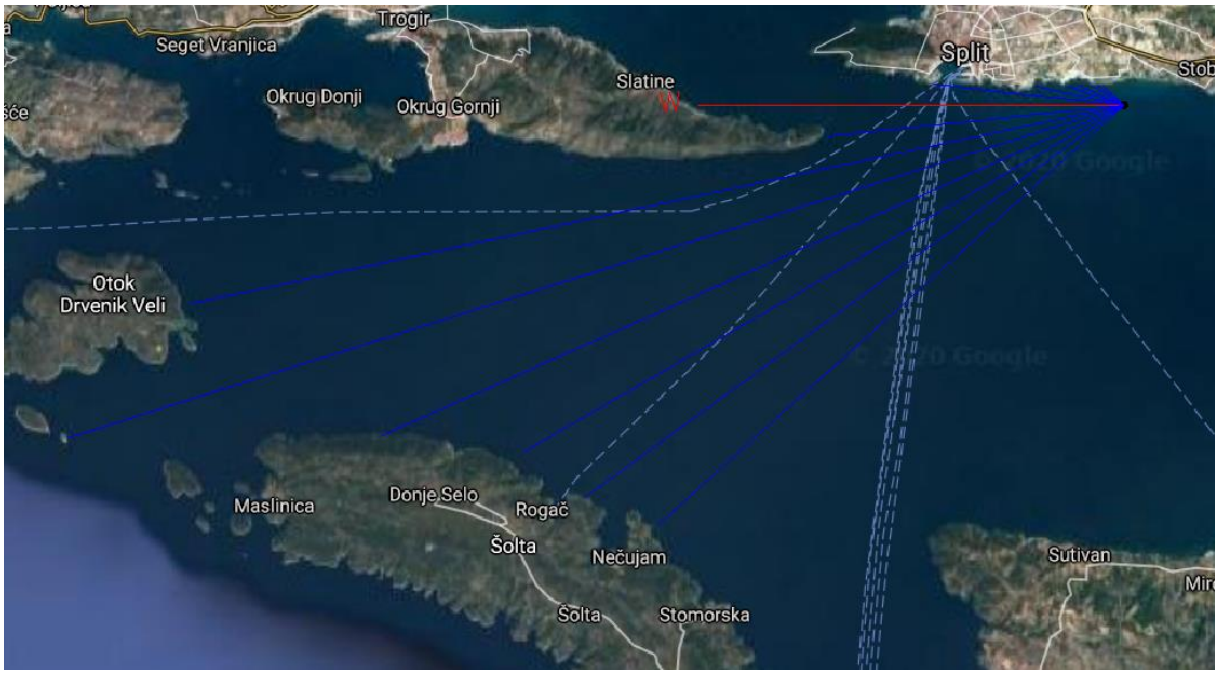
Slika 4.8. Skica za izračun efektivne duljine privjetrišta centralni smjer WSW



Tablica 4.8. Proračun određivanja efektivne duljine privjetrišta za smjer WSW

smjer WSW			
Kut α [°]	cosα	Fi [km]	Fi*(cosα)^2
42	0,743	18,9	10,434
36	0,809	18,4	12,042
30	0,866	17,5	13,124
24	0,914	17,5	14,619
18	0,951	17,5	15,827
12	0,978	19,1	18,269
6	0,995	19,9	19,701
0	1,000	23,8	23,8
-6	0,995	31,1	30,79
-12	0,978	26,8	25,634
-18	0,951	8,3	7,507
-24	0,914	12,4	10,359
-30	0,866	0,6	0,45
-36	0,809	0,4	0,262
-42	0,743	0,4	0,221
Σ	13,51		203,039
Feff =	15,03		

Slika 4.9. Skica za izračun efektivne duljine privjetrišta centralni smjer W

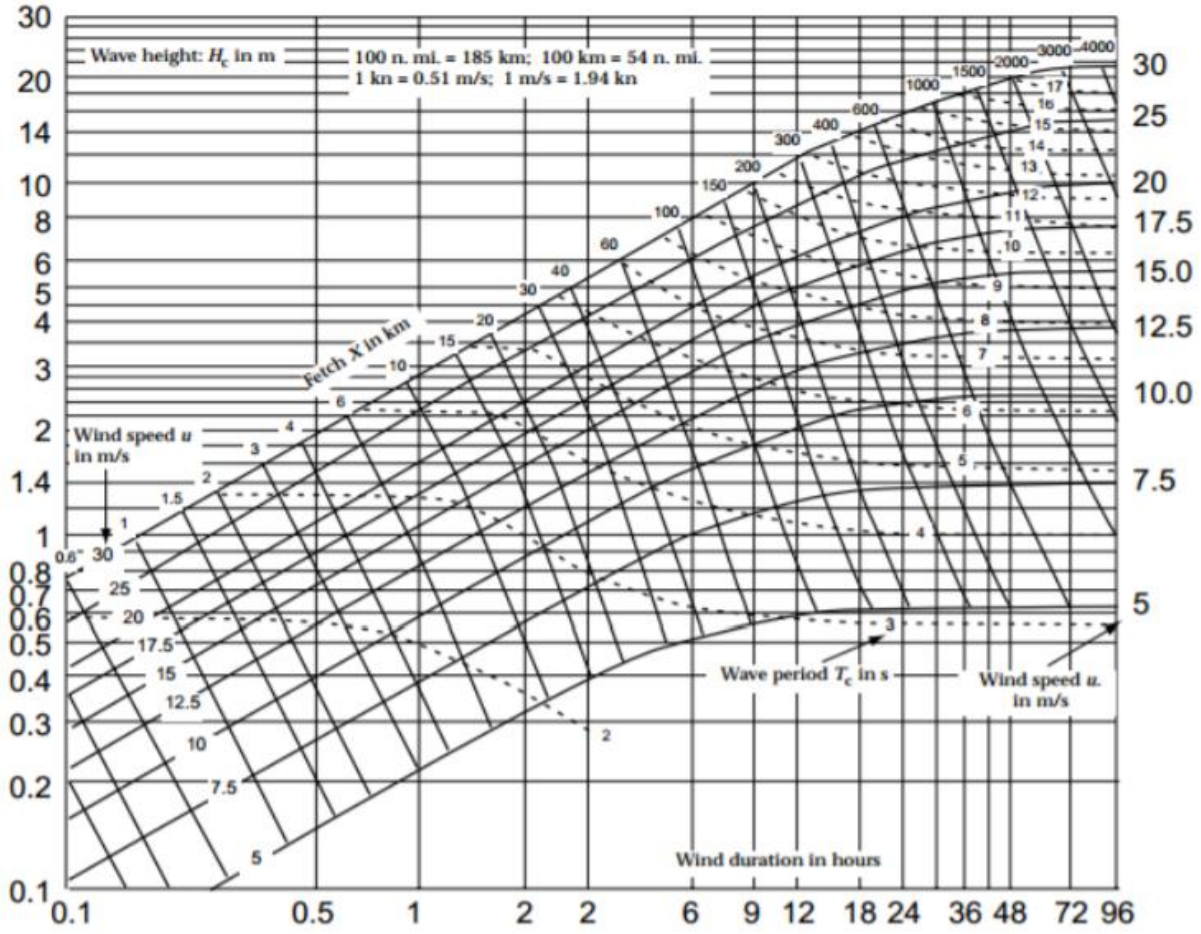


Tablica 4.9. Proračun određivanja efektivne duljine privjetrišta za smjer W

smjer W			
Kut α [°]	cosα	Fi [km]	Fi*(cosα)^2
42	0,743	17,3	9,55
36	0,809	18,4	12,042
30	0,866	19,1	14,324
24	0,914	22,4	18,713
18	0,951	30,5	27,602
12	0,978	26,3	25,175
6	0,995	8,3	8,168
0	1,000	11,8	11,8
-6	0,995	5,3	5,208
-12	0,978	2,8	2,678
-18	0,951	1,5	1,357
-24	0,914	1,0	0,835
-30	0,866	0,8	0,6
-36	0,809	0,6	0,393
-42	0,743	0,5	0,276
Σ	13,512		138,721
Feff =	10,27		

4.2. Formiranje uzorka valnih parametara 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. Taj uzorak sadrži veliki broj H_S za kratkoročna stanja mora (kratkoročne valne situacije) iz razdoblja (2012.-2016.). Za odabrane razrede brzina i njihovu višu granicu, te pripadajuće privjetrište pojedinog sektora, metodom Groen Dorrenstein (slika 4.10.) određen je uzorak značajnih valnih visina H_S, i pripadajući periodi vala – T.



Slika 4.10. Groen-Dorrenstein dijagram

Tablica 4.10. Uzorak značajnih valnih visina Hs i pripadajućih valnih perioda Ts

(Efektivna privjetrišta odabrana su na temelju najveće vrijednosti)

	V_{gornja}[m/s]	5.4	7.9	10.7	13.8	17.1	20.7
	Jačina vjetra [Bf]	3	4	5	6	7	8
Sektor I	Privjetrište [km]	Feff1=10,59 km					
	Učestalost	2643	913	271	71	20	4
	Ts[s]	2.3	2,7	2,8	3	3,35	3,75
	Hs [m]	0.41	0.65	0,86	1.19	1,5	1,95
Sektor II	Privjetrište [km]	Feff2=13,72 km					
	Učestalost	5150	2017	562	211	41	10
	Ts[s]	2,2	2,8	3	3,3	3,6	3,9
	Hs [m]	0.45	0,71	0,98	1,35	1,75	2,05
Sektor III	Privjetrište [km]	Feff3=16,45 km					
	Učestalost	876	344	92	19	12	3
	Ts[s]	2,5	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1
	Hs [m]	0.49	0,78	1,13	1,5	1,9	2,15
Sektor IV	Privjetrište [km]	Feff4=15,03km					
	Učestalost	161	49	6	1	0	0
	Ts[s]	2,3	2,85	3,1	3,4		
	Hs [m]	0,47	0,75	1	1,4		

4.3. Dugoročna prognoza dubokovodnih valnih parametara

Za uzorak valova iz (tablice 4.10.) radi se metoda dugoročne valne analize uz primjenu Gumbelove distribucije i izraza (4.2.) za ekstrapolaciju valne visine za pojedina povratna razdoblja (TR=5, 20, 50, 100).

$$P\left(H' \le H\right) = 1 - \frac{1}{\lambda T_R}$$
$$H_{T_R} = \gamma - \beta \ln\left(\ln\left[\frac{\lambda T_R}{\lambda T_R - 1}\right]\right) \; ; \tag{4.2.}$$

gdje su: TR – traženi povratni period

HTR – značajna visina vala za traženi povratni period ekstrapolirana uz pomoć distribucije definirane na mjerenjima od 4 godina (2012.-2016.).

λ - parametar koji predstavlja odnos ukupnog broja pojavljivanja valova iznad odabrane granične visine vala i broja godina u kojem je promatran uzorak (izraz 4.3.).

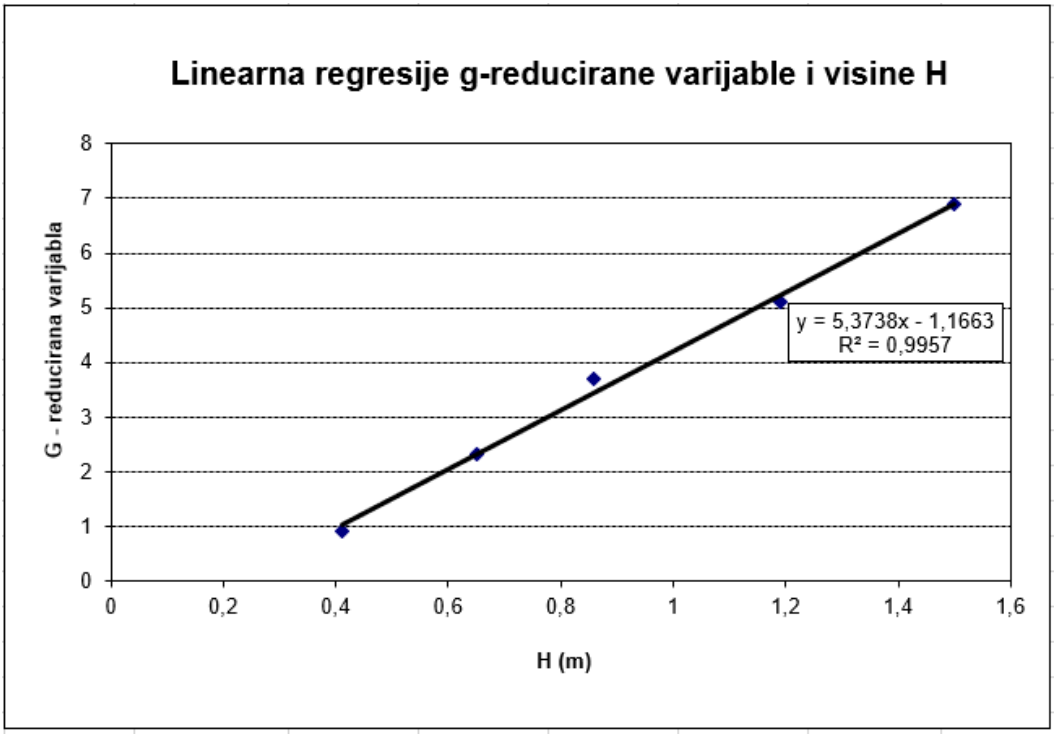
$$\lambda = \frac{\sum N(H > H_{gr})}{N_{godina}} \tag{4.3.}$$

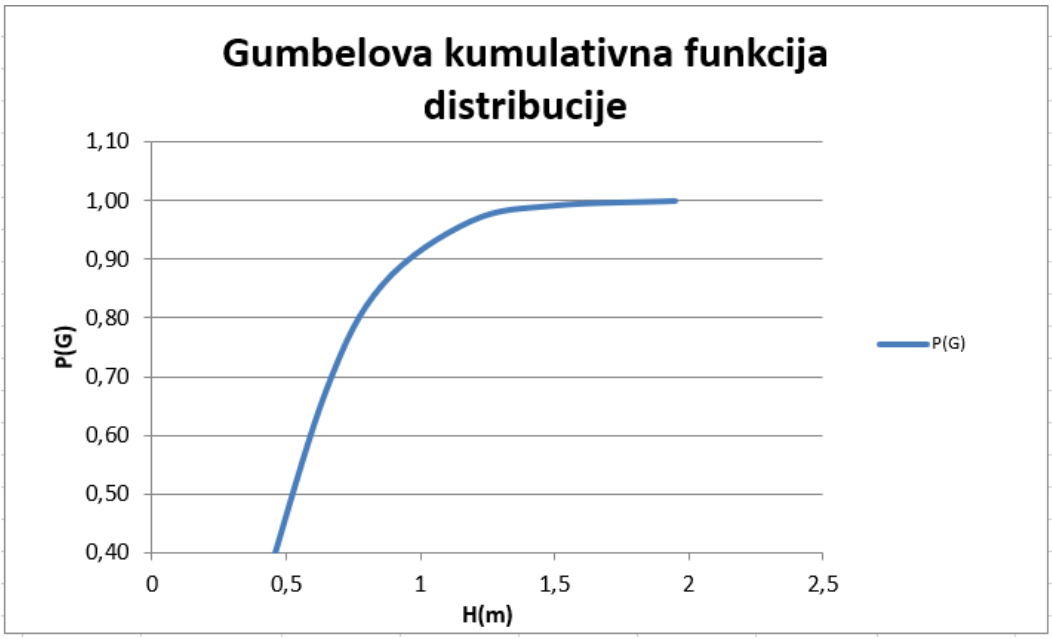
Parametar λ je drugačiji za svaki ranije definirani sektor u ovisnosti o učestalosti, a H_{gr} je pojedinom smjeru pripadajuća visina vala za jačinu vjetra od 3 Bf.

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 4.2.).

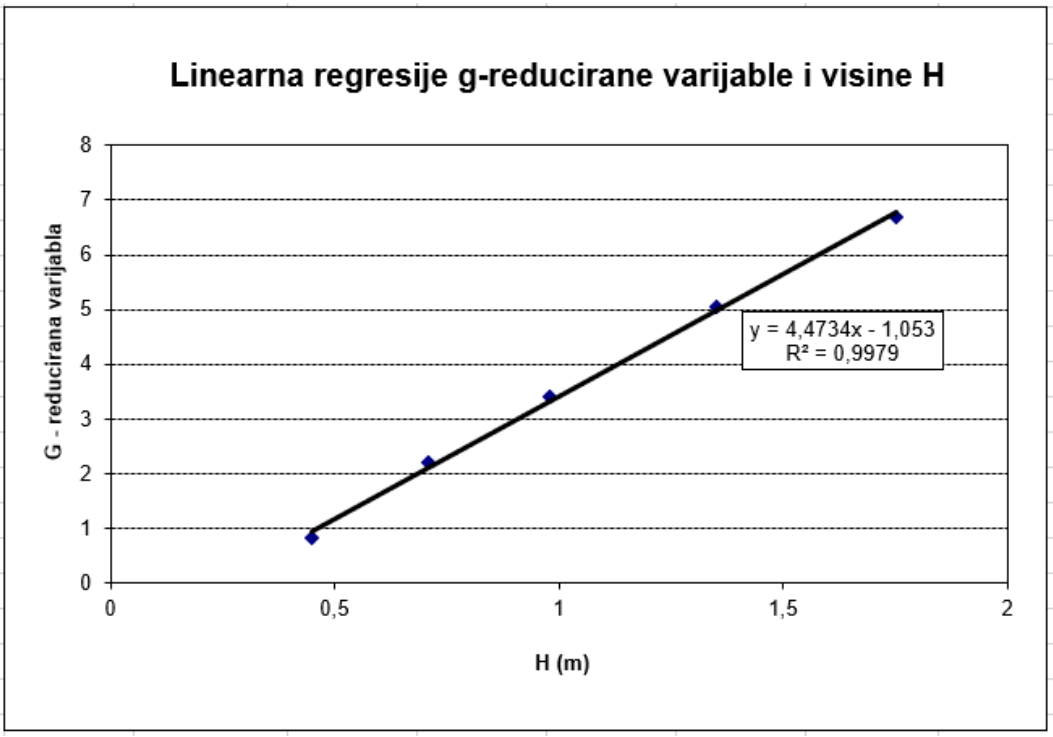
U nastavku su prikazane linearne regresije reducirane Gumbelove varijable (G) korištene za dobivanje gore spomenutih koeficijenata (iz faktora pravca regresije), kao i pripadajuće distribucije (slika 4.11., 4.12., 4.13. i 4.14.), za dobivanje značajne visine vala po pojedinom sektoru.

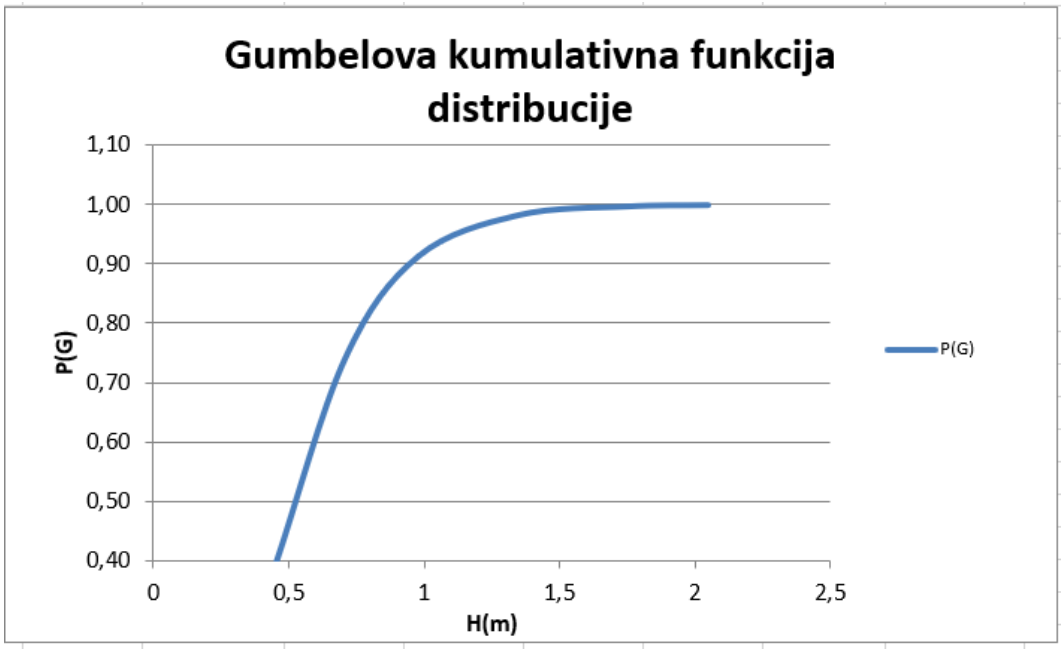
Slika 4.11. Linearna regresija G-varijable i pripadajuća Gumbelova distribucija za sektor I



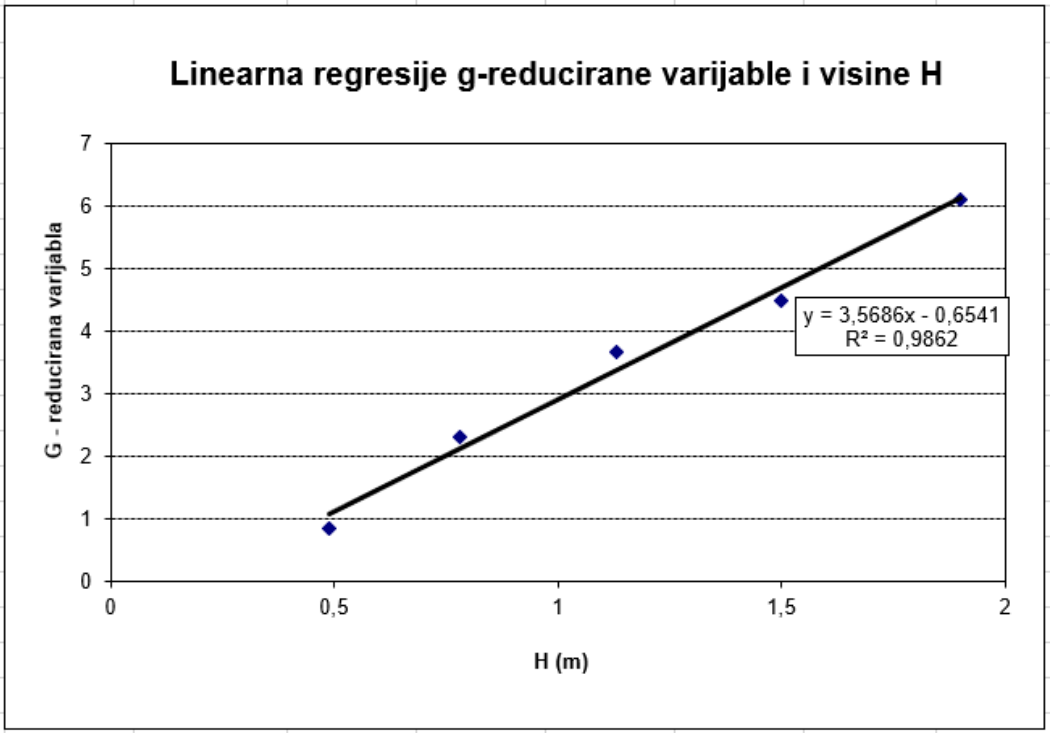


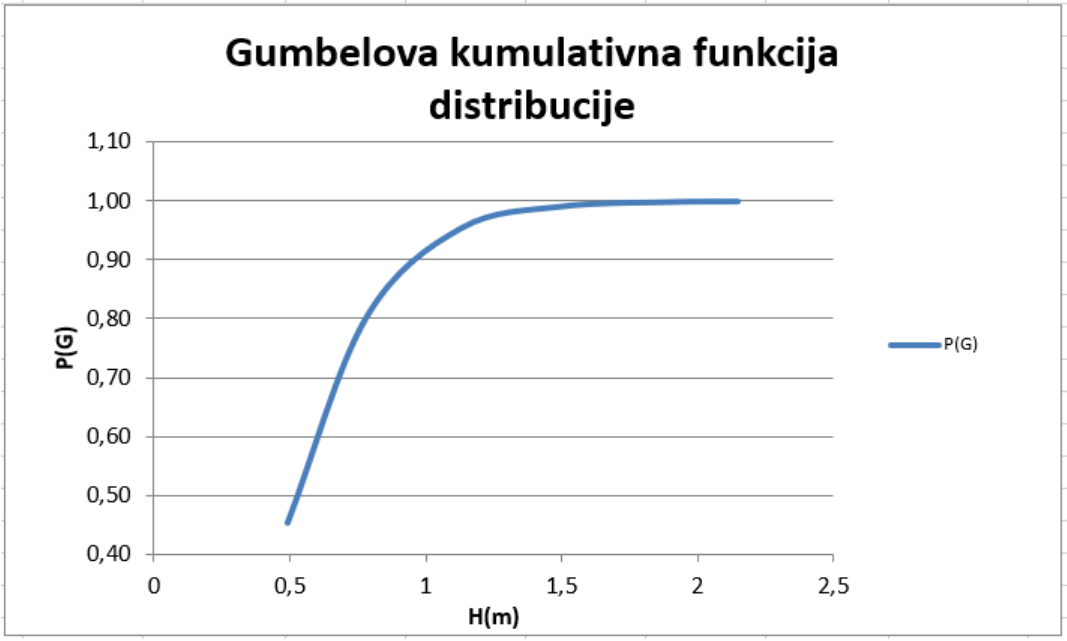
Slika 4.12. Linearna regresija G-varijable i pripadajuća Gumbelova distribucija za sektor II



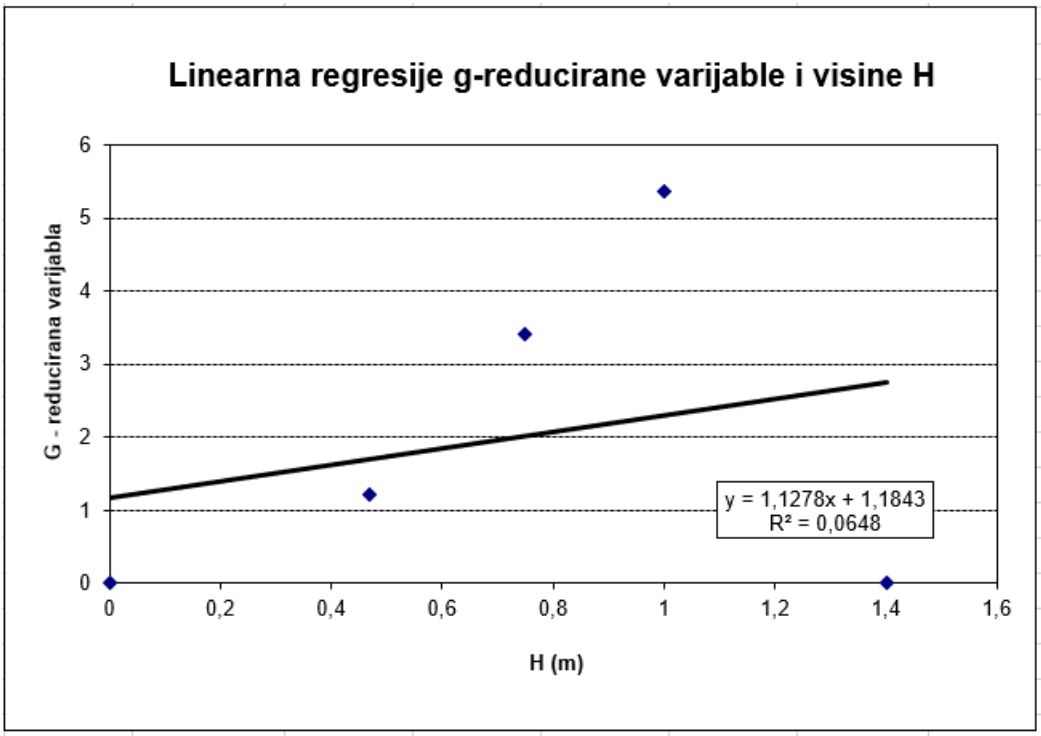


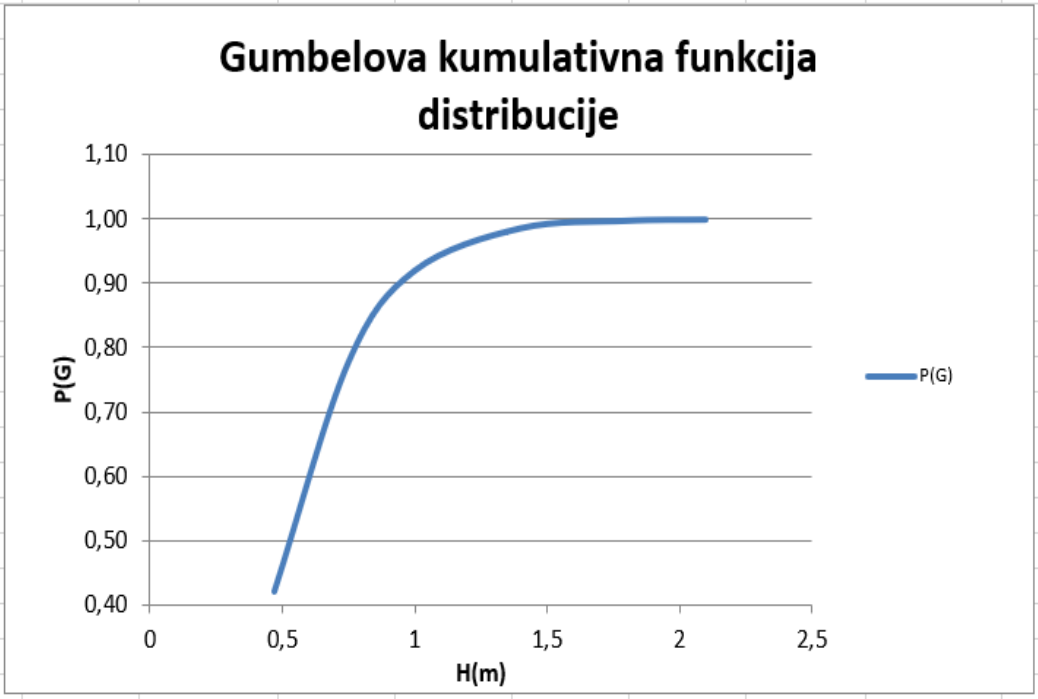
Slika 4.13. Linearna regresija G-varijable i pripadajuća Gumbelova distribucija za sektor III





Slika 4.14. Linearna regresija G-varijable i pripadajuća Gumbelova distribucija za sektor IV





U tablicama 4.11., 4.12., 4.13. i 4.14. dane su 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 sektor. Uz navedene veličine prikazane su još 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 4.11. 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	2,59	3,29	4,33	4,67	4,92	37,79	5,41
50	2,43	3,09	4,06	4,38	4,76	35.37	5,23
20	2,22	2,81	3,7	3,99	4,53	32,03	4,98
10	2,06	2,61	3,44	3,7	4,37	29,81	4,8
5	1,9	2,41	3,08	3,42	4,2	27,54	4,62

Tablica 4.12. 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	2,74	3,47	4,57	4,97	5,10	40,6	5,61
50	2,59	3,28	4,32	4,66	4,93	37,94	5,42
20	2,38	3,02	3,97	4,28	4,71	34,63	5,18
10	2,22	2,81	3,7	3,99	4,54	32,18	4,99
5	2,06	2,61	3,44	3,7	4,37	29,81	4,8

Tablica 4.13. Prikaz prognoziranih vrijednosti visina vala i pripadajući periodi vala za Sektor III akvatorija ($H_{1/10}$=1.27·H_S; $H_{1/100}$=1.67·H_s ; H_{max}=1.8·H_s; T_p=1.1T_0)

PP	SEKTOR III						
	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	2,34	2,97	3,9	4,21	4,66	33,9	5,13
50	2,18	2,76	3,64	3,92	4,50	31,6	4,95
20	1,97	2,5	3,28	3,54	4,27	28,46	4,7
10	1,82	2,31	3,03	3,27	4,11	26,37	4,52
5	1,66	2,1	2,77	2,98	3,94	24,23	4,33

Tablica 4.14. Prikaz prognoziranih vrijednosti visina vala i pripadajući periodi vala za Sektor IV akvatorija ($H_{1/10}$=1.27·H_S; $H_{1/100}$=1.67·H_s ; H_{max}=1.8·H_s; T_p=1.1T_0)

PP	SEKTOR IV						
	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	1,93	2,45	3,22	3,47	4,22	27,8	4,64
50	1,77	2,24	2,95	3,18	4,05	25,6	4,45
20	1,56	1,98	2,6	2,8	3,83	22,9	4,21
10	1,40	1,77	2,3	2,52	3,66	20,91	4,02
5	1,24	1,57	1,24	2,23	3,49	19,01	3,83

5. DEFORMACIJE VALA NA PODRUČJU PREDMETNE LOKACIJE

Profil i parametri vala, kao i smjer gibanja postepeno se mijenjaju kad se val rasprostire iz dubokog mora prema plitkom. Navedenim rasprostiranjem vala prema obali nastaje prostorno i vremenski niz deformacija, a to su:

- deformacija valova na nagnutom dnu zbog smanjenja dubine ("shoaling" efekt)
- deformacija valova uslijed trenja s dnom
- refleksija valova
- refrakcija valova (kad valovi nailaze koso na izobate)
- difrakcija valova
- lom valova

5.1. Refrakcija

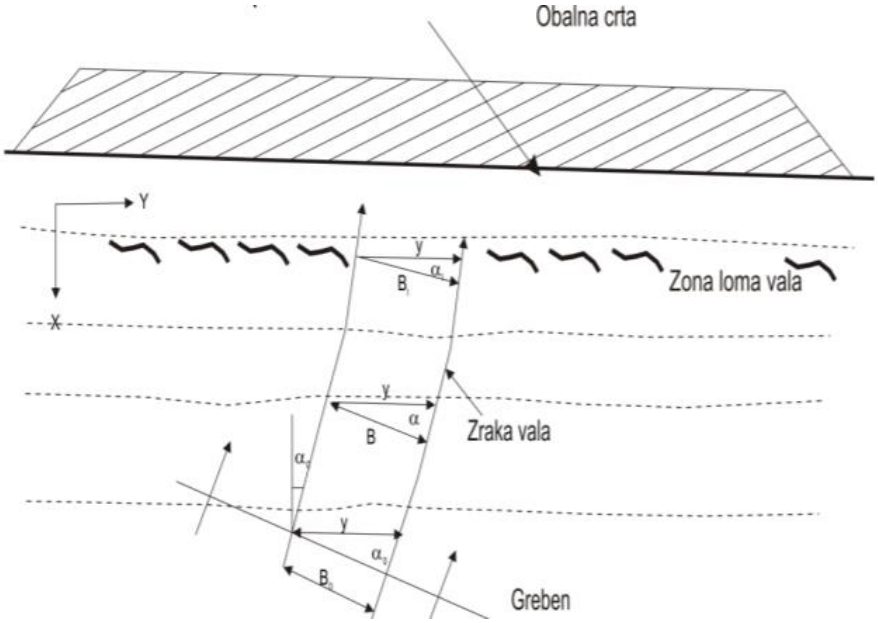
Refrakcija je deformacija valova na nagnutom dnu kada oni nailaze koso ($\alpha \neq 0$) na izobate morskog dna. Manifestira se promjenom smjera rasprostiranja valova i parametara vala. Zrake vala sa normalom na obalnu crtu zatvaraju kut veći 0 nula stupnjeva. Val se transformira iz zone dubokog mora 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.

Utjecaj refrakcije na visinu vala H na bilo kojem mjestu izražava se koeficijentom refrakcije:

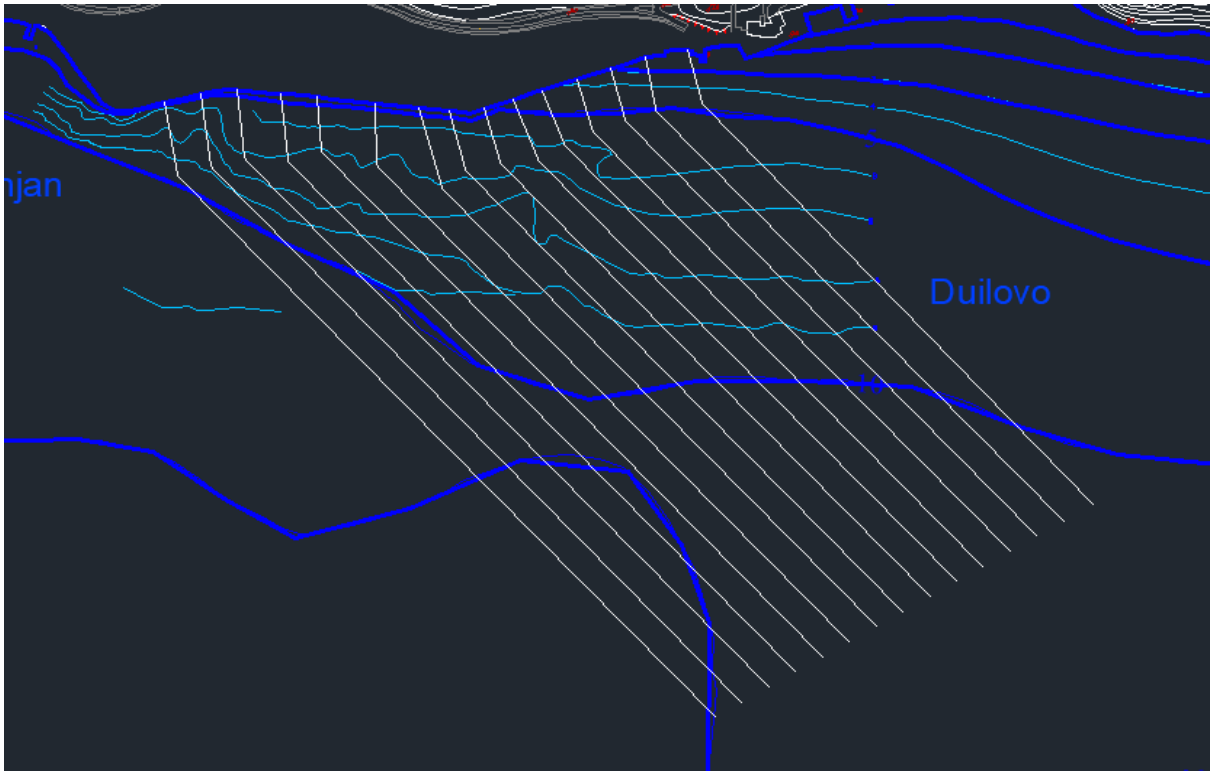
$$K_R = \sqrt{\frac{B_o}{B}} \qquad (5.1.)$$

Bo – širina snopa jedinične valne energije u dubokom moru (d >L_0/2).

B – širina snopa na mjestu na kojem računamo valnu visinu.

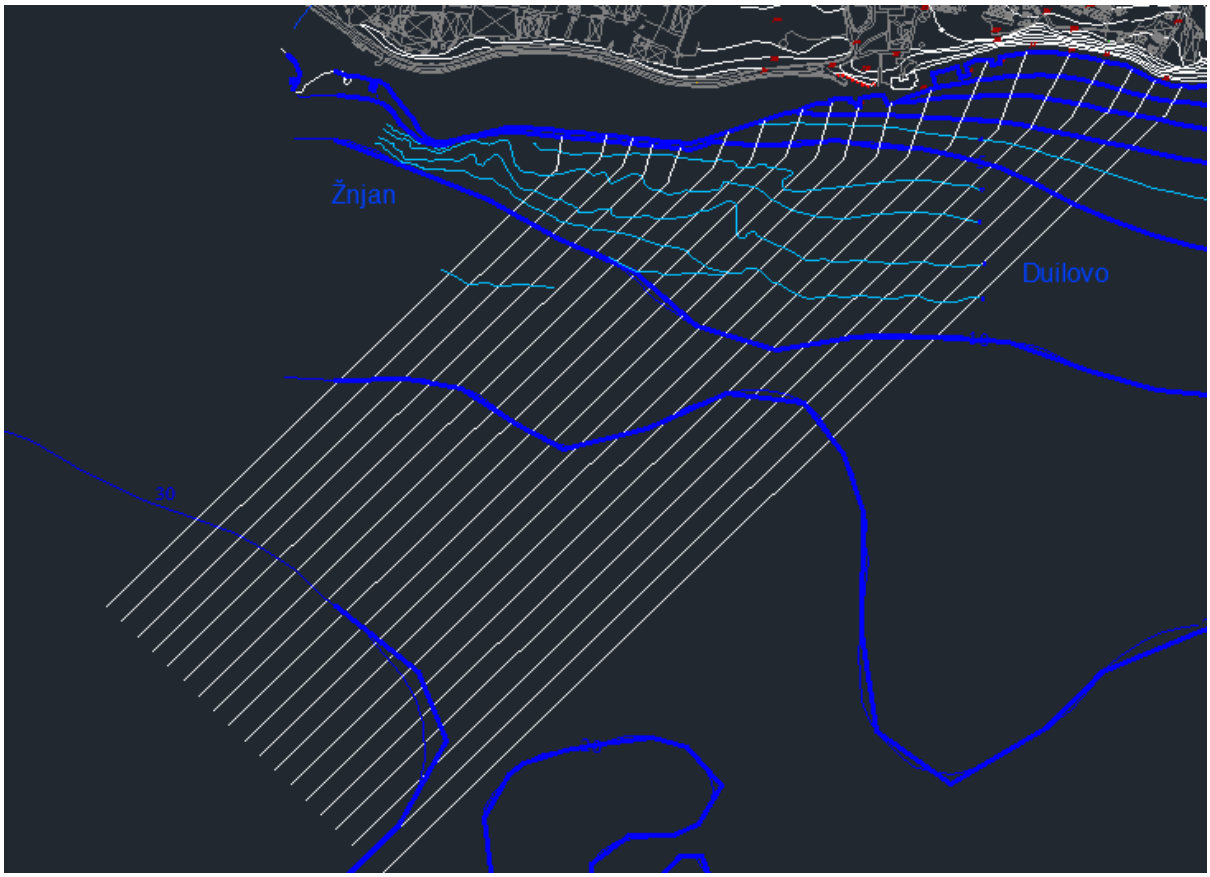


Slika 5.1. Plan refrakcije (Snellov zakon)



Slika 5.2. Situacija refrakcije za jugo

$$K_R = \sqrt{\frac{B_0}{B}} = \sqrt{\frac{40}{75}} = 0.73 \qquad (5.2.)$$



Slika 5.3. Situacija refrakcije za lebić

$$K_R = \sqrt{\frac{B_0}{B}} = \sqrt{\frac{40}{70,5}} = 0,75 \qquad (5.3.)$$

5.2. 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:

$$\left(\frac{H_o}{L_o}\right)_{max} = 0.142 \tag{5.4.}$$

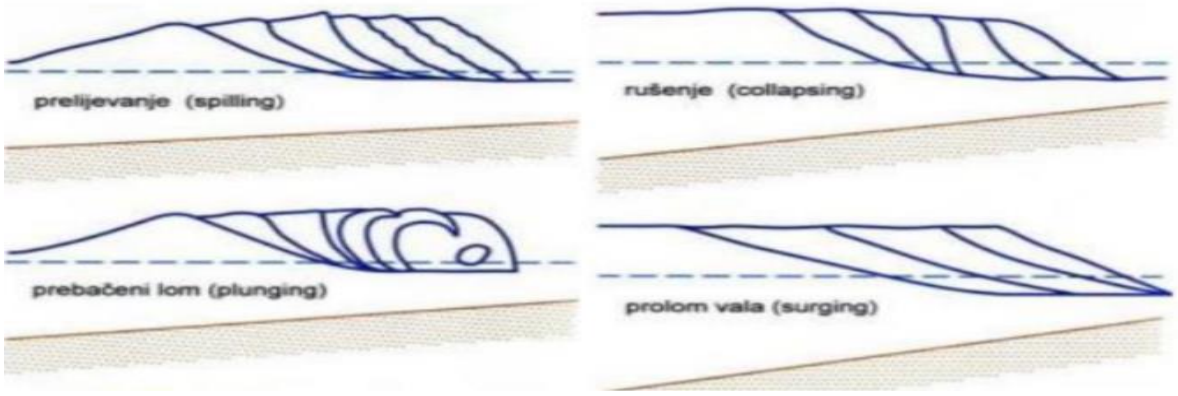
Dubokovodni valovi ne reagiraju s dnom tako da im strmost može povećati samo vjetar i na taj način dovesti do loma kad se prekorači $(H_o/L_o)_{max}$. Maksimalna strmost vala u plićem moru ($d < L/2$) određena je izrazom:

$$\left(\frac{H}{L}\right)_{max} = 0.142 \cdot \text{tgh}\left(\frac{2\pi D}{L}\right) \tag{5.5.}$$

Valovi u plitkom reagiraju s dnom što rezultira povećanjem strmosti i lomom vala ako se prekorači $(H/L)_{max.}$

Postoje četiri tipa loma vala (Slika 5.4.):

- prelijevanje kod vrlo blagog nagiba dna (prebačeni lom),
- lom guranjem s obuhvaćenim mjehurom zraka kod strmog nagiba dna,
- propadajući lom kao prijelazna forma i prolom vala,
- izdizanje kod vrlo strmog nagiba.



Slika (5.4.)

Tablica 5.1. Proračun sloma vala za jugo

L0=	37,94748322	H0=	2,59	B0=	10	Cg0=	3,848637												
D(m)	D/L	Lpret	Lizr		(H/L)max	k*d	H/L	T	g t2 /2 pi	detekcija područja mora	c	k=2pi/L	uvjet sloma	detekcija loma	c grupe	Bočitano	Ks	Kr	Hd
50	1,318	37,947	37,947		0,143	8,279	0,068	4,930	37,947	duboko more	7,697	0,166	0,143	nije se slomio	3,849	10	1,00	1,00	2,59
40	1,054	37,947	37,947		0,143	6,623	0,068		37,947	duboko more	7,697	0,166	0,143	nije se slomio	3,849	10	1,00	1,00	2,59
30	0,791	37,947	37,947		0,143	4,967	0,068		37,947	duboko more	7,697	0,166	0,143	nije se slomio	3,852	10	1,00	1,00	2,59
20	0,527	37,947	37,947		0,143	3,312	0,061		37,947	duboko more	7,697	0,166	0,142	nije se slomio	3,916	12	0,99	0,91	2,34
10	0,264	35,754	35,754		0,135	1,757	0,056		37,947	srednje more	7,252	0,176	0,135	nije se slomio	4,385	13	0,94	0,88	2,13
9	0,252	35,050	35,050		0,132	1,613	0,056		37,947	srednje more	7,110	0,179	0,132	nije se slomio	4,467	13	0,93	0,88	2,11
8	0,228	34,150	34,150		0,129	1,472	0,054		37,947	srednje more	6,927	0,184	0,129	nije se slomio	4,540	14	0,92	0,85	2,02
7	0,205	33,009	33,009		0,124	1,332	0,056		37,947	srednje more	6,695	0,190	0,124	nije se slomio	4,596	14	0,92	0,85	2,00
6	0,182	31,568	31,568		0,119	1,194	0,056		37,947	srednje more	6,403	0,199	0,119	nije se slomio	4,617	15	0,91	0,82	1,93
5	0,158	29,754	29,754		0,112	1,056	0,058		37,947	srednje more	6,035	0,211	0,112	nije se slomio	4,583	16	0,92	0,79	1,88
4	0,134	27,460	27,460		0,103	0,915	0,064		37,947	srednje more	5,570	0,229	0,103	nije se slomio	4,463	16	0,93	0,79	1,90
3	0,109	24,521	24,521		0,092	0,769	0,076		37,947	srednje more	4,974	0,256	0,092	nije se slomio	4,210	16	0,96	0,79	1,96
2	0,082	20,627	20,627		0,078	0,609	0,102		37,947	srednje more	4,184	0,305	0,078	slomio se	3,744	16	1,01	0,79	2,08
1,9	0,092	20,164	20,164		0,076	0,592	0,106		37,947	srednje more	4,090	0,312	0,076	slomio se	3,680	16	1,02	0,79	2,09
1,5	0,074	18,127	18,127		0,068	0,520	0,129		37,947	srednje more	3,677	0,347	0,068	slomio se	3,383	16	1,07	0,79	2,18
1	0,055	15,034	15,034		0,057	0,418	0,182		37,947	srednje more	3,049	0,418	0,056	slomio se	2,885	16	1,15	0,79	2,36
0,9	0,060	14,318	14,318		0,054	0,395	0,201		37,947	srednje more	2,904	0,439	0,054	slomio se	2,764	16	1,18	0,79	2,42
0,8	0,056	13,562	13,562		0,051	0,371	0,223		37,947	srednje more	2,751	0,463	0,051	slomio se	2,633	16	1,21	0,79	2,48

Prema gore prikazanom proračunu (Tablica 5.1.), lom vala za jugo događa se na dubinama između 3,0 i 2,0 m.

Tablica 5.2. Proračun sloma vala za lebić

L0=	31,61652733	H0=	2,18	B0=	10	Cg0=	3,512948												
D(m)	D/L	Lpret	Lizr		(H/L)max	k*d	H/L	T	g t2 /2 pi	detekcija područja mora	c	k=2pi/L	uvjet sloma	detekcija loma	c grupe	Bočitano	Ks	Kr	Hd
50	1,581	31,617	31,617		0,143	9,937	0,069	4,500	31,617	duboko more	7,026	0,199	0,143	nije se slomio	3,513	10	1,00	1,00	2,18
40	1,265	31,617	31,617		0,143	7,949	0,069		31,617	duboko more	7,026	0,199	0,143	nije se slomio	3,513	10	1,00	1,00	2,18
30	0,949	31,617	31,617		0,143	5,962	0,069		31,617	duboko more	7,026	0,199	0,143	nije se slomio	3,514	10	1,00	1,00	2,18
20	0,633	31,617	31,617		0,143	3,975	0,063		31,617	duboko more	7,026	0,199	0,143	nije se slomio	3,533	12	1,00	0,91	1,98
10	0,316	30,593	30,593		0,138	2,054	0,057		31,617	srednje more	6,799	0,205	0,138	nije se slomio	3,859	13	0,95	0,88	1,82
9	0,294	30,163	30,163		0,136	1,875	0,056		31,617	srednje more	6,703	0,208	0,136	nije se slomio	3,943	13	0,94	0,88	1,80
8	0,265	29,573	29,573		0,134	1,700	0,054		31,617	srednje more	6,572	0,212	0,134	nije se slomio	4,033	14	0,93	0,85	1,72
7	0,237	28,776	28,776		0,130	1,528	0,055		31,617	srednje more	6,395	0,218	0,130	nije se slomio	4,119	14	0,92	0,85	1,70
6	0,209	27,712	27,712		0,125	1,360	0,054		31,617	srednje more	6,158	0,227	0,125	nije se slomio	4,187	15	0,92	0,82	1,63
5	0,180	26,303	26,303		0,119	1,194	0,055		31,617	srednje more	5,845	0,239	0,119	nije se slomio	4,214	16	0,91	0,79	1,57
4	0,152	24,445	24,445		0,110	1,028	0,059		31,617	srednje more	5,432	0,257	0,110	nije se slomio	4,169	16	0,92	0,79	1,58
3	0,123	21,976	21,976		0,099	0,858	0,069		31,617	srednje more	4,884	0,286	0,099	nije se slomio	3,999	16	0,94	0,79	1,62
2	0,091	18,606	18,606		0,084	0,675	0,090		31,617	srednje more	4,135	0,338	0,084	slomio se	3,618	16	0,99	0,79	1,70
1,9	0,102	18,200	18,200		0,082	0,656	0,093		31,617	srednje more	4,044	0,345	0,082	slomio se	3,563	16	0,99	0,79	1,71
1,5	0,082	16,401	16,401		0,074	0,575	0,112		31,617	srednje more	3,645	0,383	0,074	slomio se	3,298	16	1,03	0,79	1,78
1	0,061	13,628	13,628		0,062	0,461	0,157		31,617	srednje more	3,028	0,461	0,062	slomio se	2,833	16	1,11	0,79	1,92
0,9	0,066	12,974	12,974		0,059	0,436	0,172		31,617	srednje more	2,883	0,484	0,059	slomio se	2,716	16	1,14	0,79	1,96
0,8	0,062	12,277	12,277		0,055	0,409	0,191		31,617	srednje more	2,728	0,512	0,055	slomio se	2,587	16	1,17	0,79	2,01

Prema gore prikazanom proračunu (Tablica 5.2.), lom vala za lebić događa se na dubinama između 3,0 i 2,0 m.

5.3. 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:

$$H = H_0 \cdot K_R \cdot K_S \tag{5.4.}$$

$$K_R = \sqrt{\frac{B_0}{B}} \tag{5.5.}$$

$$K_S = \sqrt{\frac{c_{gr0}}{c_{gr}}} \tag{5.6.}$$

$$c_{gr} = \frac{1}{2} \cdot \left[1 + \frac{\frac{4\pi d}{L_d}}{\sin h\left(\frac{4\pi d}{L_d}\right)} \right] \cdot c_d \tag{5.7.}$$

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

Za pedesetogodišnji val, Sektor II ima visinu vala:

T_o=4,93 s

H_0=2,59 m

L_0=37,94 m

D=5 m

K_R= 0,73

$c_0 = \frac{gT}{2\pi} = \frac{g \cdot 4{,}93}{2 \cdot \pi}$ = 7,7 m/s

$c_{gr0} = 7{,}7x\ 0{,}5 = 3{,}85$ m/s

d/l=5/37,94=0,135 (srednje more)

$L_d = \frac{gT^2}{2\pi}\tanh\frac{2\pi d}{L_0} = \frac{g4{,}93^2}{2\pi}\tanh\frac{2\pi 5}{37{,}94}$ = 25,78 m ----iteracija → 29,74 m

$c_d = \frac{gT}{2\pi}\tanh\left(\frac{2\pi d}{L_d}\right) = \frac{g\cdot 4{,}93}{2\pi}\tanh\left(\frac{2\pi 5}{29{,}74}\right) = 6{,}03$ m/s

$c_{gr} = \frac{1}{2}\cdot\left[1+\frac{\frac{4\pi d}{L_d}}{\sinh\left(\frac{4\pi d}{L_d}\right)}\right]\cdot c_d = \frac{1}{2}\left[1+\frac{\frac{4\pi 5}{29{,}74}}{\sinh\left(\frac{4\pi 5}{29{,}74}\right)}\right]\cdot 6{,}03 = 4{,}57$ m/s

$K_S = \sqrt{\frac{c_{gr0}}{c_{gr}}} = \sqrt{\frac{3{,}85}{4{,}57}} = 0{,}91$

$H = H_0 \cdot K_R \cdot K_S = 2{,}59 \cdot 0{,}73 \cdot 0{,}91 = 1{,}72$ m

Visine vala ispred predmetne lokacije neposredno prije loma za sektor II iznosi 1,72 m.

Za pedesetogodišnji val, Sektor III ima visinu vala:

T_o=4,5 s

H_0=2,18 m

L_0=31,61 m

D=5 m

K_R= 0,75

$c_0 = \frac{gT}{2\pi} = \frac{g\cdot 4{,}5}{2\cdot\pi} = 7{,}02$ m/s

$c_{gr0} = 0{,}5 \cdot 7{,}02 = 3{,}51$ m/s

d/l=5/31,61=0,158 (srednje more)

$L_d = \frac{gT^2}{2\pi}\tanh\frac{2\pi d}{L_0} = \frac{g4{,}5^2}{2\pi}\tanh\frac{2\pi 5}{31{,}61} = 23{,}99$ m ----iteracija → 26,34 m

$$c_d = \frac{gT}{2\pi}\tanh\left(\frac{2\pi d}{L_d}\right) = \frac{g\ 4{,}5}{2\pi}\tanh\left(\frac{2\pi 5}{26{,}34}\right) = 5{,}84\ m/s$$

$$c_{gr} = \frac{1}{2}\cdot\left[1 + \frac{\frac{4\pi d}{L_d}}{\sinh\left(\frac{4\pi d}{L_d}\right)}\right]\cdot c_d = \frac{1}{2}\left[1 + \frac{\frac{4\pi 5}{26{,}34}}{\sinh\left(\frac{4\pi 5}{26{,}34}\right)}\right]\cdot 5{,}84 = 4{,}21 \text{ m/s}$$

$$K_S = \sqrt{\frac{c_{gro}}{c_{gr}}} = \sqrt{\frac{3{,}51}{4{,}21}} = 0{,}91$$

$$H = H_0 \cdot K_R \cdot K_S = 2{,}18 \cdot 0{,}75 \cdot 0{,}91 = 1{,}48 \text{ m}$$

Visine vala ispred predmetne lokacije neposredno prije loma za sektor III iznosi 1.48 m.

6. ZAKLJUČAK

Temeljem podataka satnih brzina vjetra i prevladavajućeg smjera koji su računalno generirani, izrađena je tablica kontingencije i ružu vjetrova. Izradom ruže vjetrova, vidljivo je da su najčešći vjetrovi na područje obuhvata vjetrovi iz smjera juga. Na Jadranu susrećemo najčešće tri glavna vjetra: bura, jugo i maestral. Ti vjetrovi, uz lebić, rijedak vjetar s jugozapada, mogu postići olujnu snagu. Djelovanje vanjskih sila na projektiranje luka izuzetno je bitan element projekta luke i to bez obzira radi li se o izgradnji nove luke ili dogradnji građevina. U ovom je radu ta problematika obrađena na području istočne obale Splita zbog potencijalne gradnje zaštitnih pomorskih građevina na tom području. U ovom projektu su analizirani mogući utjecaji vanjskih sila. Ovisno o rezultatima tih analiza i podacima koji iz njih proizlaze, mogu se donijeti ispravni zaključci o radovima koje treba izvesti. Da bi projektiranje zaštitnih pomorskih građevina bilo što kvalitetnije, mora se analizirati učestalost pojedinih vanjskih sila u određenom povratnom periodu, najčešće u razdoblju od 10, 50 ili 100 godina. Takvi proračuni daju puno veću sigurnost i točnost. Refrakcija i lom vala izrađen je za smjerove jugo i lebić. Završetkom cijelog projekta koeficijent refrakcije za jugo iznosi 0,73, a za lebić iznosi 0,75. Lom vala neposredno ispred predmetne lokacije za pedesetogodišnji val sektora II iznosi 1,72 m, a za sektor III 1,48 m.

7. LITERATURA

[1] Batimetrija dobivena od Investitora

[2] Basic Coastal Engineering, 2006; R. M. Sorensen

[3] Goda, Y. (2000), 'Random seas and design of maritime structures" (2nd Edition), Advanced Series on Ocean Engineeringvol. 15, World Scientific, 443 pp

[4] Introduction to coastal engineering and management, 2002; J. Wiliam Kamphius

[5] U.S. Army Coastal Engineering research Center, 1984: Shore protection manual.

[6] WMO, 1988: Guide to wave analysis and forecasting.

[7] Nastavni materijali s kolegija Pomorske građevine, Preddiplomski stručni studij Građevinarstvo, Fakulteta građevinarstva, arhitekture i geodezije u Splitu.