

# Prijedlog rješenja lukobrana marine na otoku Ugljanu

---

**Radić, Ivan**

**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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:123:583092>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-12-26**



*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**

**Ivan Radić**

**Split, 2021.**

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

**Prijedlog rješenja lukobrana marine na otoku Ugljanu**

**Završni rad**

**Split, 2021.**

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

Split, Matice hrvatske 15

STUDIJ: **PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA**

KANDIDAT: **IVAN RADIĆ**

MATIČNI BROJ (JMBAG): 0083222808

KATEDRA: **Katedra za privrednu hidrotehniku**

PREDMET: **Pomorske građevine**

**ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD**

Tema: Prijedlog rješenja lukobrana marine na otoku Ugljanu

Opis zadatka: U sklopu zadatka potrebno je:

- Sagledati parametre lokacije,
- Definirati projektni val;
- Definirati konceptualno rješenje s projektnim parametrima za varijantu rješenja s nasutim lukobranom;
- Definirati konceptualno rješenje s projektnim parametrima za varijantu rješenja s lukobranom tipa zid.

U Splitu, 16.04.2021.

Voditelj Završnog rada:



Doc.dr.sc. Veljko Srzić

***Sažetak:***

Na sjeverozapadnom području otoka Ugljana planirana je izgradnja marine s ciljem osiguravanja zaštite te pružanja povoljnih vjetrovalnih i maritimnih uvjeta plovilima unutar marine. Temeljem analize vjetrovalnih podataka lokacije obuhvata dat je prijedlog rješenja lukobrana marine na otoku Ugljanu. Predloženi su lukobran nasutog tipa te lukobran tipa zid, uz date proračune i dimenzioniranja.

***Ključne riječi:***

marina, otok Ugljan, val, vjetar, lukobran

## **Proposal for the breakwater solution for the marina on the island of Ugljan**

**Abstract:**

In the northwestern area of the island of Ugljan, the construction of a marina is planned with the aim of ensuring protection and providing favorable wind and maritime conditions for vessels inside the marina. Based on the analysis of the wind data of the coverage area, a proposal for the solution of the breakwater of the marina on the island of Ugljan is given. Proposed types are a rubble mound and a vertical breakwater, with the given calculations and sizing.

**Keywords:**

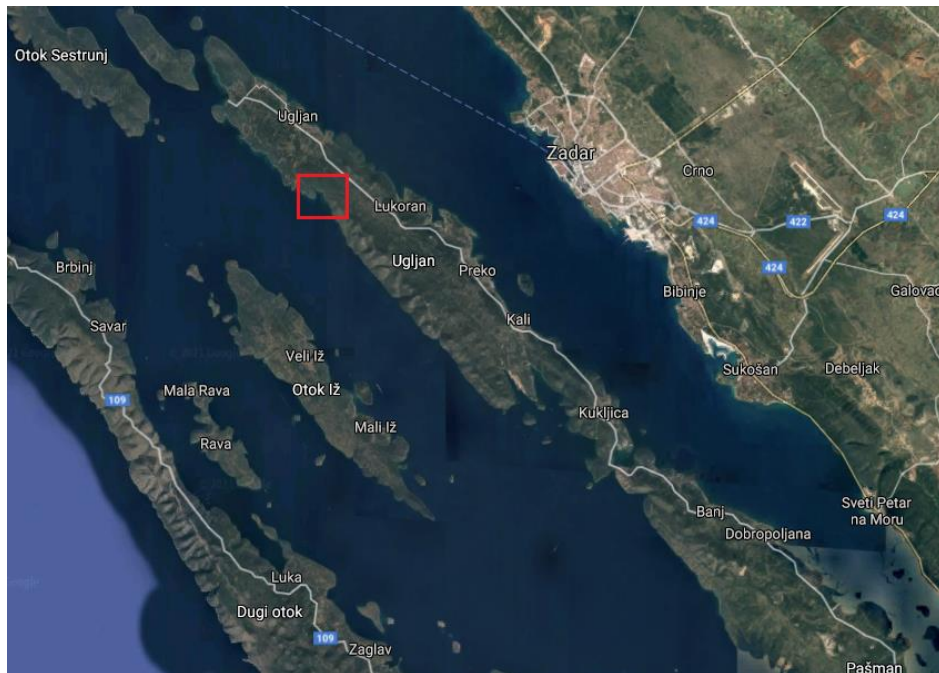
marina, island of Ugljan, wave, wind, breakwater

## Sadržaj

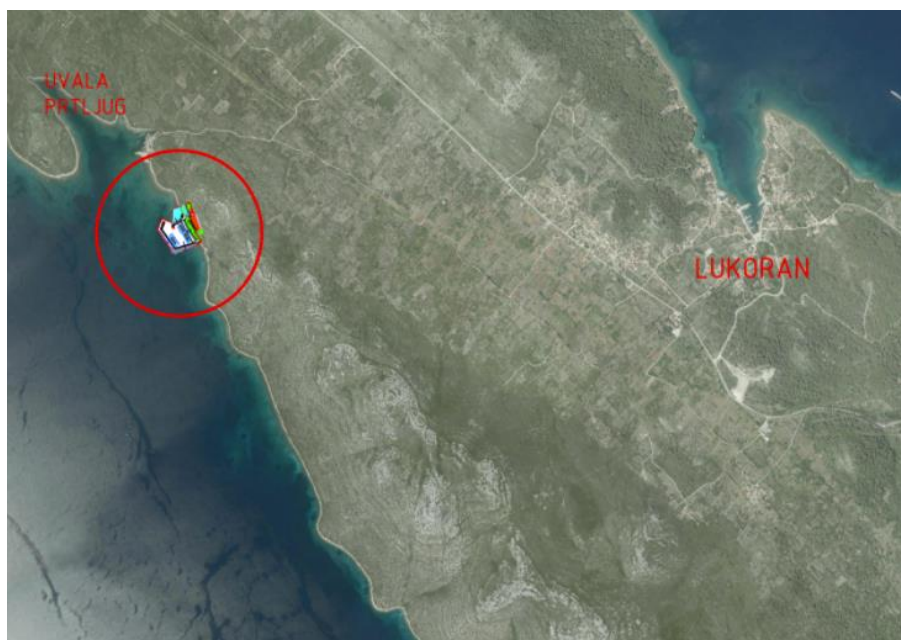
1. Karakteristike lokacije obuhvata .....	1
2. Podaci o vjetru .....	3
3. Definiranje privjetrišta .....	6
4. Definiranje parametara dubokovodnog vala .....	10
5. Dugoročne valne prognoze .....	12
6. Analiza valnog polja .....	14
7. Dimenzioniranje nasutog lukobrana .....	18
8. Dimenzioniranje lukobrana tipa zid .....	24
9. Zaključak .....	34
10. Literatura .....	35
11. Prilozi .....	36

## 1. Karakteristike lokacije obuhvata

Lokacija obuhvata je sjeverozapadno područje otoka Ugljana gdje je planirana izgradnja marine. Cilj je projekta izgradnja objekta zaštitnog tipa koji će omogućiti privez plovila s unutrašnje strane te pružiti zaštitu i osigurati povoljne vjetrovalne i maritimne uvjete.



Slika 1.1. Prikaz šireg područja lokacije obuhvata s naznakom užeg područja (Google Maps)



Slika 1.2. Prikaz užeg područja lokacije obuhvata (DOF)

Kako bi se definirali maritimni uvjeti u zoni obuhvata, potrebno je uzeti u obzir karakteristike šireg područja zbog potencijalnog utjecaja vjetera i vjetrom generiranog vala drugog, trećeg i četvrtog kvadranta. Lokacija obuhvata je zaštićena otocima Iž i Dugi otok sa zapadne strane te otokom Sestrunj i grupom otoka sa sjeverozapadne strane. Na batimetrijskim svojstvima šireg područja vidljivo je da su izobate položene približno paralelno s obalnom crtom a prosječni nagib morskog dna iznosi 4 %.



Slika 1.3. Batimetrijska svojstva zone obuhvata (Navionics)



## 2. Podaci o vjetru

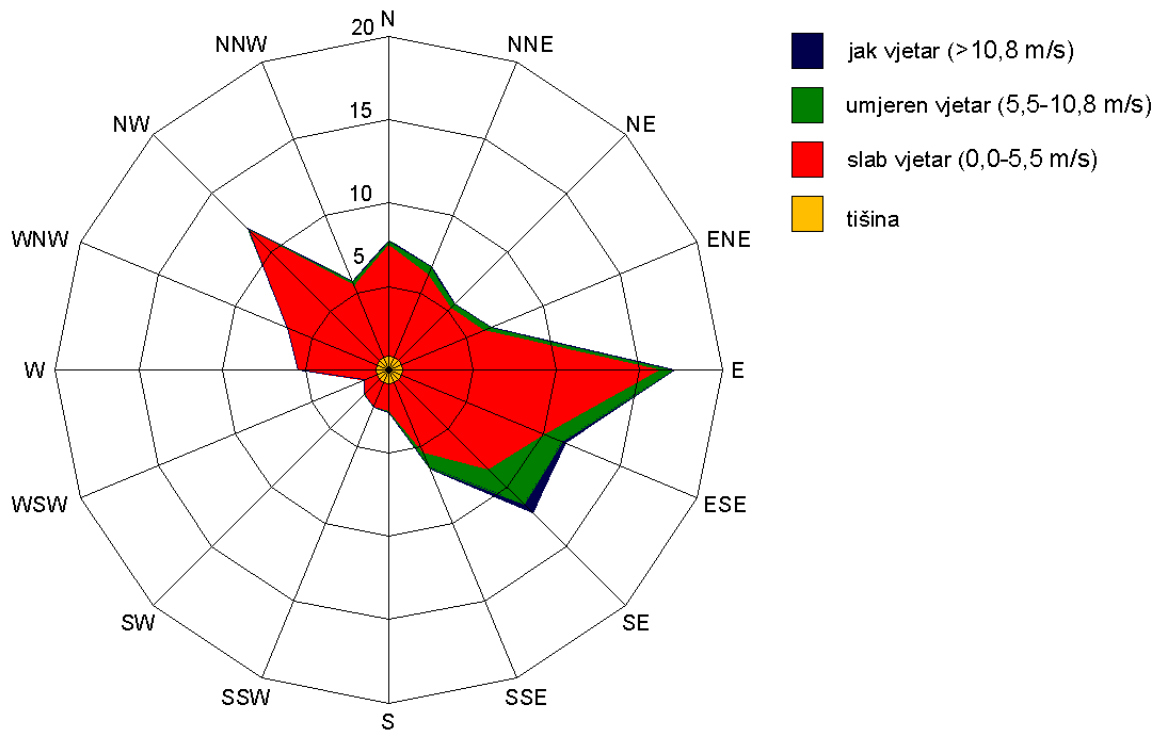
Za predmetnu lokaciju na raspolaganju su mjereni podaci o brzini i smjeru vjetra s lokacije Zadar, koja je položajno najbliža lokaciji obuhvata. Razmatrani su srednji satni podaci o smjeru i brzini vjetra od 1.1.2000. do 31.12.2016. godine. Obradom raspoloživih podataka izrađene su tablice kontigencije i pripadajuće ruže vjetrova. Uvidom u ružu vjetrova uočava se da su najzastupniji vjetrovi drugog i četvrtog kvadranta. Navedeni smjerovi vjetra također imaju i najveće brzine, koje u kombinaciji s velikom duljinom privjetrišta mogu rezultirati velikim valnim visinama.

Smjer / brzina [m/s]	0	0,0-0,3	0,3-1,5	1,5-3,3	3,3-5,5	5,5-8,0	8,0-10,8	10,8-13,9	13,9-17,2	17,2-20,7	20,7-24,5	24,5-28,4	28,4-32,6	> 32,6	Suma
C	1134	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1134
NNE	0	272	2277	3111	1698	603	145	3	0	0	0	0	0	0	8109
NE	0	222	1943	2675	1240	388	81	8	1	1	0	0	0	0	6559
ENE	0	303	2200	3203	1628	564	117	0	2	1	0	0	0	0	8018
E	0	493	5796	10974	3970	1118	187	80	21	3	0	0	0	0	22642
ESE	0	405	3894	5935	2587	1107	531	237	37	2	1	0	0	0	14736
SE	0	261	2520	4243	3492	2426	1756	861	141	6	0	0	0	0	15706
SSE	0	156	1367	2482	2294	974	391	91	37	6	0	0	0	0	7798
S	0	124	896	786	443	133	38	23	1	0	0	0	0	0	2444
SSW	0	159	1193	628	161	85	29	4	0	0	0	0	0	0	2259
SW	0	154	897	499	167	40	7	0	0	0	0	0	0	0	1764
WSW	0	101	515	348	110	17	1	0	1	0	0	0	0	0	1093
W	0	228	2784	2805	520	93	2	0	0	0	0	0	0	0	6432
WNW	0	145	1411	4715	1608	84	3	0	0	0	0	0	0	0	7966
NW	0	211	2699	9428	2823	263	31	3	1	0	0	0	0	0	15459
NNW	0	344	2868	2199	1031	319	60	8	0	0	0	0	0	0	6829
N	0	459	4481	2740	1522	358	45	2	0	0	0	0	0	0	9607
Suma	1134	4037	37741	56771	25294	8572	3424	1320	242	19	1	0	0	0	138555

Tablica 2.1. Apsolutna tablica kontigencije za mjernu postaju Zadar za razdoblje 2000.-2016.

Smjer / brzina [m/s]	0	0,0-0,3	0,3-1,5	1,5-3,3	3,3-5,5	5,5-8,0	8,0-10,8	10,8-13,9	13,9-17,2	17,2-20,7	20,7-24,5	24,5-28,4	28,4-32,6	> 32,6	Suma
C	8,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,18
NNE	0,00	1,96	16,43	22,45	12,26	4,35	1,05	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	58,53
NE	0,00	1,60	14,02	19,31	8,95	2,80	0,58	0,06	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	47,34
ENE	0,00	2,19	15,88	23,12	11,75	4,07	0,84	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	57,87
E	0,00	3,56	41,83	79,20	28,65	8,07	1,35	0,58	0,15	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	163,42
ESE	0,00	2,92	28,10	42,83	18,67	7,99	3,83	1,71	0,27	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	106,35
SE	0,00	1,88	18,19	30,62	25,20	17,51	12,67	6,21	1,02	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	113,36
SSE	0,00	1,13	9,87	17,91	16,56	7,03	2,82	0,66	0,27	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	56,28
S	0,00	0,89	6,47	5,67	3,20	0,96	0,27	0,17	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,64
SSW	0,00	1,15	8,61	4,53	1,16	0,61	0,21	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,30
SW	0,00	1,11	6,47	3,60	1,21	0,29	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,73
WSW	0,00	0,73	3,72	2,51	0,79	0,12	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,89
W	0,00	1,65	20,09	20,24	3,75	0,67	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	46,42
WNW	0,00	1,05	10,18	34,03	11,61	0,61	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	57,49
NW	0,00	1,52	19,48	68,05	20,37	1,90	0,22	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	111,57
NNW	0,00	2,48	20,70	15,87	7,44	2,30	0,43	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	49,29
N	0,00	3,31	32,34	19,78	10,98	2,58	0,32	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	69,34
Suma	8,18	29,14	272,39	409,74	182,56	61,87	24,71	9,53	1,75	0,14	0,01	0,00	0,00	0,00	1000,00

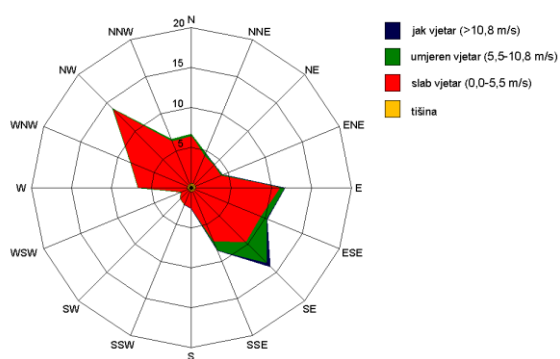
Tablica 2.2. Relativna tablica kontigencije za mjernu postaju Zadar za razdoblje 2000.-2016.



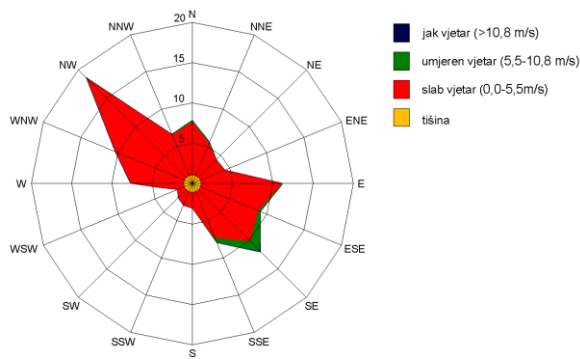
Slika 2.3. Godišnja ruža vjetrova za mjernu postaju Zadar za razdoblje 2000.-2016.

Uvidom u godišnju ružu vjetrova (Slika 2.3.) uočava se dominacija vjetra iz smjera NW te smjera SE. Maksimalna brzina vjetra od 17.2 m/s zabilježena je za smjer NW. Osim smjera NW, značajnije učestalosti pojave vjetrova većih brzina zabilježene su za smjer SE.

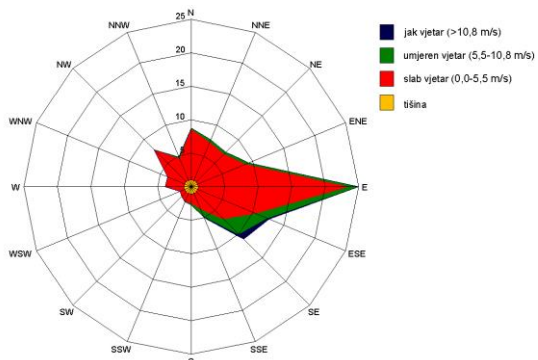
### Proljeće



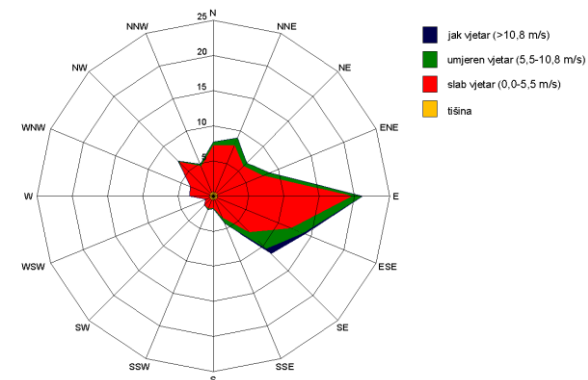
### Ljeto



### Jesen



### Zima



Slika 2.4. Ruža vjetrova za mjernu postaju Zadar po godišnjim dobima za razdoblje 2000.-2016.

Usporedbom ruža vjetrova po godišnjim dobima uočava se značajna razlika u karakteristikama vjetra tijekom proljeća i ljeta naspram jeseni i zime. Proljeće i ljeto karakteriziraju učestale pojave vjetra iz smjera NW te ESE dok tijekom jeseni i zime dominiraju vjetrovi iz smjera E.

### 3. Definiranje privjetrišta

Za definiranje privjetrišta korištena je metoda Saville. Pretpostavka metode je da vjetar prenosi energiju na vodenu površinu u smjeru dominantnog puhanja te u smjerovima otklona od glavnog smjera za +/- 45°. Postupak definiranja privjetrišta započinje postavljanjem glavne zrake u smjeru puhanja vjetra, zatim se s obje strane postavljaju pravci kroz ishodišnu točku s otklonom u odnosu na glavnu zraku. Zapčinje se s otklonom od 3° sa svake strane, zatim svaka sljedeća s rotacijom od 6°. Zatim se odredi duljina svake zrake od ishodišta do prepreke te se izračuna suma njihovih projekcija na centralnu zraku. Vrijednost duljine efektivnog privjetrišta dobije se dijeljenjem sume projekcija na centralnu zraku sa sumom kosinusa kuteva centralne zrake i ostalih rotiranih zraka.

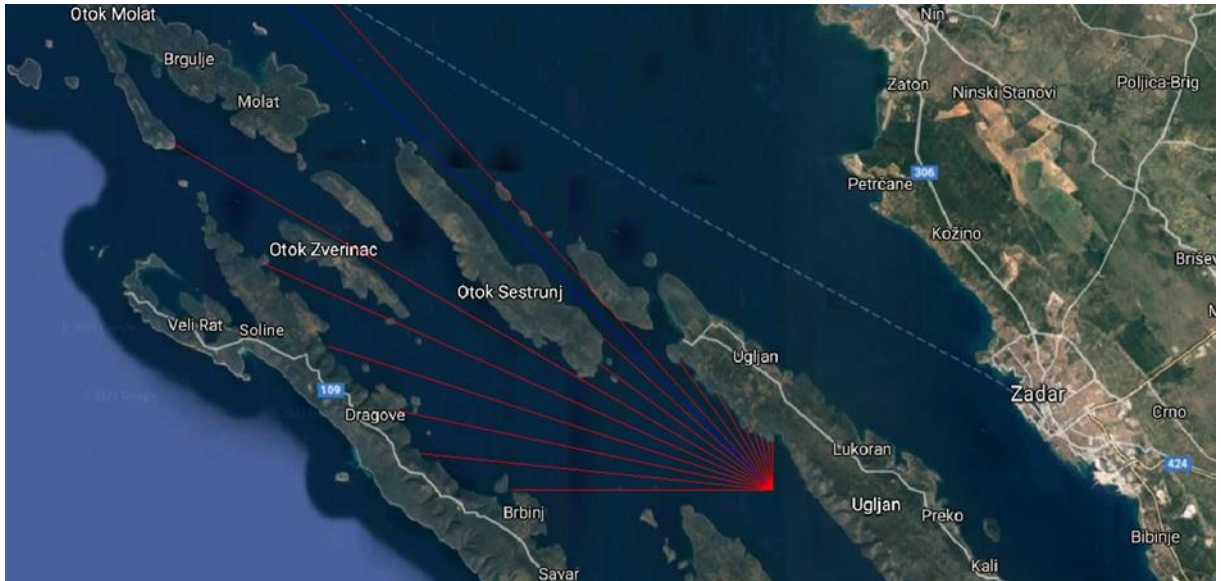
$$F_{eff} = \frac{\sum_i f_i \cdot \cos^2 \theta_i}{\sum_i \cos \theta_i}$$

$F_{eff}$  = efektivno privjetrište (km)

$Q_i$  = kut otklona zrake vala u odnosu na glavnu zraku (°)

$f_i$  = duljina privjetrišta zrake otklonjene za kut  $Q_i$

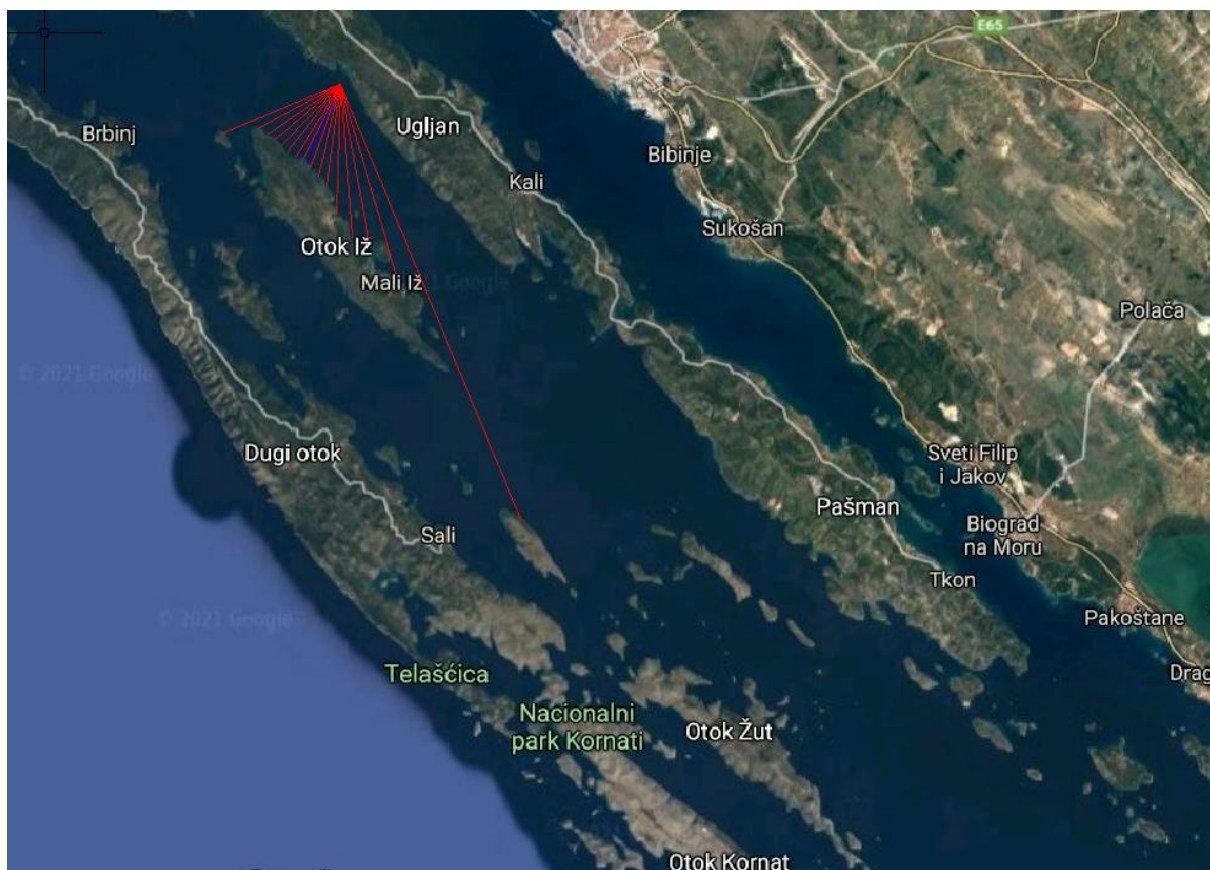
Analizom položaja obuhvata, učestalosti većih brzina vjetra te značajnim duljinama privjetrišta definirane su duljine privjetrišta za smjerove: NW, SSW, i SE. Vrijednosti efektivnih privjetrišta variraju od 4.21 km za SSW do 13.26 km za SE.



Slika 3.1. Definicija efektivnog privjetrišta za smjer NW

$\alpha$ [°]	$f_i$ [km]	$\cos(\alpha)$	$f_i * \cos^2(\alpha)$
-45	1.850	0.707	0.925
-39	1.823	0.777	1.101
-33	1.951	0.839	1.373
-27	2.214	0.891	1.757
-21	2.449	0.934	2.134
-15	4.026	0.966	3.757
-9	5.734	0.988	5.594
-3	36.790	0.999	36.689
3	8.134	0.999	8.112
9	7.746	0.988	7.557
15	24.590	0.966	22.943
21	19.797	0.934	17.254
27	16.615	0.891	13.191
33	13.628	0.839	9.585
39	12.616	0.777	7.619
45	9.290	0.707	4.645
<b><math>F_{EFF}</math> [km]</b>	<b>10.158</b>	<b>14.200</b>	<b>144.236</b>

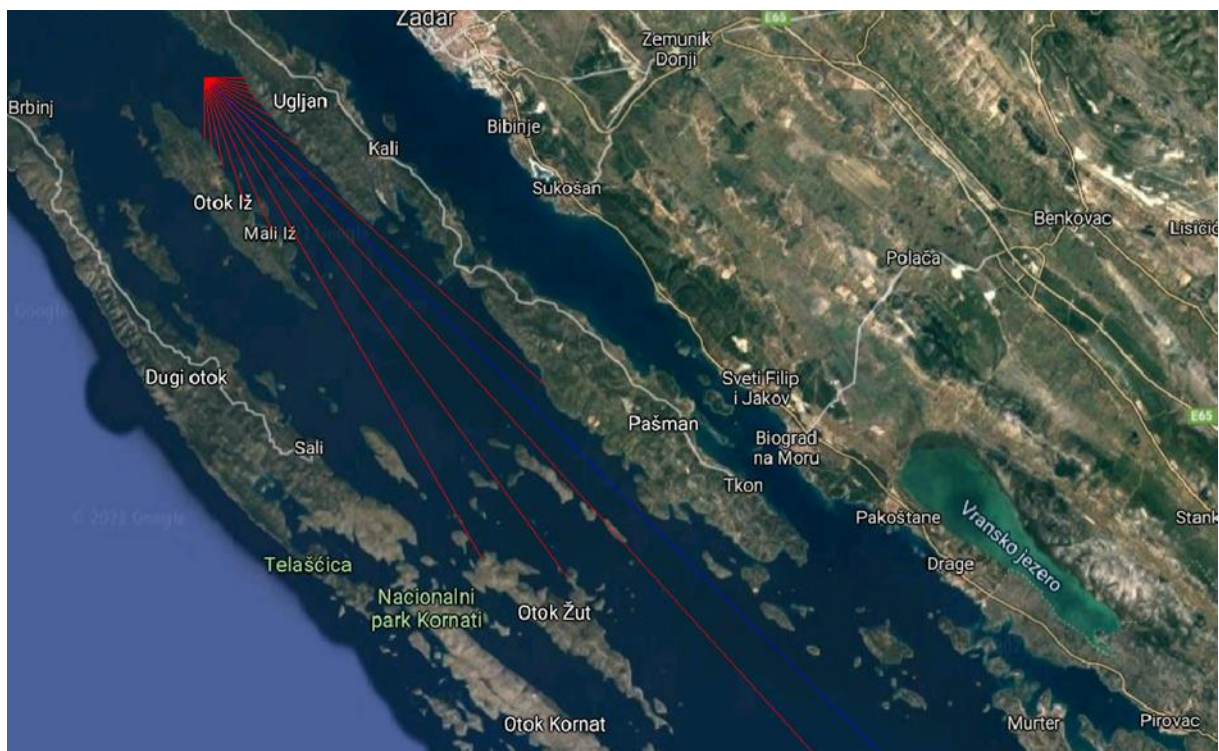
Tablica 3.1. Definicija efektivnog privjetrišta za smjer NW



Slika 3.2. Definicija efektivnog privjetrišta za smjer SSW

$\alpha$ [°]	$f_i$ [km]	$\cos(\alpha)$	$f_i * \cos^2(\alpha)$
-45	4.900	0.707	2.450
-39	3.589	0.777	2.168
-33	3.400	0.839	2.392
-27	3.312	0.891	2.629
-21	3.291	0.934	2.868
-15	3.307	0.966	3.086
-9	3.281	0.988	3.201
-3	3.224	0.999	3.215
3	3.381	0.999	3.372
9	3.637	0.988	3.548
15	3.971	0.966	3.705
21	5.017	0.934	4.373
27	5.967	0.891	4.737
33	6.142	0.839	4.320
39	7.608	0.777	4.595
45	18.244	0.707	9.122
<b><math>F_{EFF}</math> [km]</b>	<b>4.210</b>	14.200	59.780

Tablica 3.2. Definicija efektivnog privjetrišta za smjer SSW



Slika 3.3. Definicija efektivnog privjetrišta za smjer SE

$\alpha$ [°]	$f_i$ [km]	$\cos(\alpha)$	$f_i * \cos^2(\alpha)$
-45	3.184	0.707	1.592
-39	3.638	0.777	2.197
-33	4.768	0.839	3.354
-27	6.804	0.891	5.401
-21	8.646	0.934	7.535
-15	28.877	0.966	26.943
-9	32.089	0.988	31.303
-3	67.440	0.999	67.255
3	23.984	0.999	23.918
9	5.942	0.988	5.797
15	4.127	0.966	3.851
21	3.247	0.934	2.830
27	2.793	0.891	2.217
33	2.473	0.839	1.739
39	2.242	0.777	1.354
45	2.070	0.707	1.035
<b>F<sub>EFF</sub> [km]</b>	<b>13.263</b>	14.200	188.323

Tablica 3.3. Definicija efektivnog privjetrišta za smjer SE

## 4. Definiranje parametara dubokovodnog vala

Potrebno je odrediti minimalna vremena trajanja puhanja vjetra za određenu duljinu privjetrišta kako bi se detektiralo stanje potpuno razvijenog mora. Za slučaj kada je vrijeme puhanja kraće od minimalnog potrebnog, ukupna energija vjetra ne može se prenijeti na površinu mora u duljini efektivnog privjetrišta te se usvaja minimalna potrebna duljina privjetrišta. Ako je vrijeme puhanja duže od minimalnog usvaja se efektivno privjetrište. Trajanje vjetra dobiva se na osnovu uzastopnog ponavljanja vjetra u raspoloživom nizu.

Za definiranje minimalnog privjetrišta za zadani vjetar koristi se Wilsonov izraz:

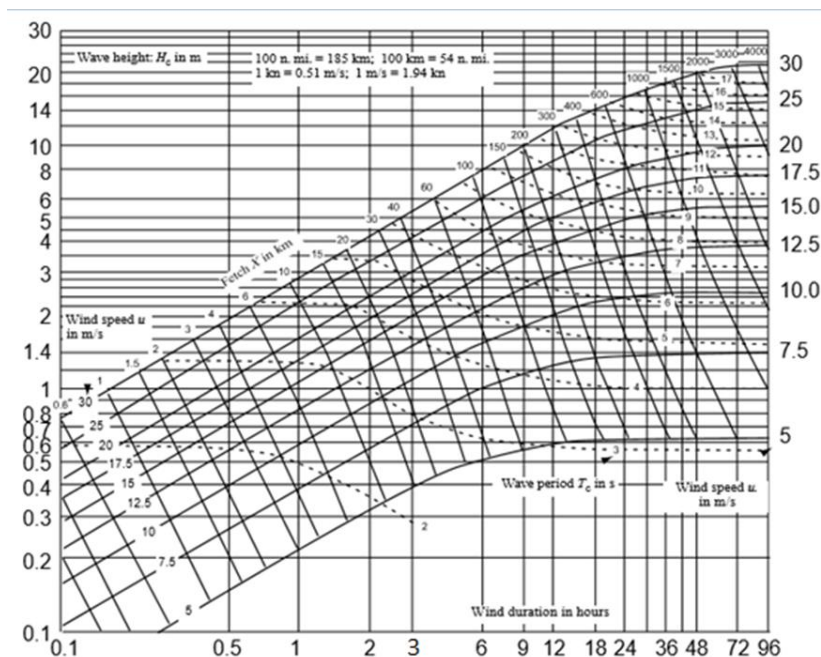
$$X_{\min} = 0,73 \sqrt{\frac{t \cdot U^{0,46} \cdot g^{0,27}}{43}}$$

$t_{\min}$  = minimalno vrijeme puhanja vjetra [s]

$X$  = duljina privjetrišta [m],

$U$  = brzina vjetra [m/s]

Uobičajeni način za definiranje parametara dubokovodnog vala je Groen-Dorrestein nomogram (Slika 4.1) gdje se na temelju ulaznih podataka o vjetru i privjetrištu očitavaju značajna valna visina i period vala.



Slika 4.1. Groen - Dorrestein nomogram



U tablicama 4.1 do 4.3 su prikazani rezultati trajanja uzastopnog puhanja vjetra te definirana privjetrišta i parametri vala. U svim razredima brzine vjetra te za svaki smjer mjerodavna duljina privjetrišta je efektivna.

<b>V [m/s]</b>	1.50	3.30	5.50	8.00	10.80	13.90	17.20
<b>F<sub>EFF</sub> [km]</b>	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16
<b>t<sub>min</sub> [h]</b>	4.51	3.14	2.48	2.09	1.82	1.62	1.47
<b>F<sub>MIN</sub> [km]</b>	22.29	36.64	50.54	64.00	77.32	90.64	103.66
<b>F [km]</b>	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16
<b>H<sub>s</sub> [m]</b>			0.41	0.63	0.87	1.19	1.51
<b>T<sub>s</sub> [s]</b>			2.15	2.51	2.83	2.99	3.29
<b>L<sub>0</sub> [m]</b>			7.22	9.84	12.50	13.96	16.90
<b>n</b>	2699	9428	2823	263	31	3	1

Tablica 4.1. Formiranje uzorka parametara dubokovodnog vala za smjer NW

<b>V [m/s]</b>	1.50	3.30	5.50	8.00	10.80	13.90
<b>F<sub>EFF</sub> [km]</b>	4.21	4.21	4.21	4.21	4.21	4.21
<b>t<sub>min</sub> [h]</b>	2.37	1.65	1.30	1.10	0.96	0.85
<b>F<sub>MIN</sub> [km]</b>	67.71	111.27	153.52	194.39	234.84	275.31
<b>F [km]</b>	4.21	4.21	4.21	4.21	4.21	4.21
<b>H<sub>s</sub> [m]</b>			0.31	0.44	0.62	0.85
<b>T<sub>s</sub> [s]</b>			1.88	1.97	2.19	2.51
<b>L<sub>0</sub> [m]</b>			5.52	6.06	7.49	9.84
<b>n</b>	1193	628	161	85	29	4

Tablica 4.2. Formiranje uzorka parametara dubokovodnog vala za smjer SSW

<b>V [m/s]</b>	1.50	3.30	5.50	8.00	10.80	13.90	17.20	20.70
<b>F<sub>EFF</sub> [km]</b>	13.26	13.26	13.26	13.26	13.26	13.26	13.26	13.26
<b>t<sub>min</sub> [h]</b>	5.48	3.81	3.01	2.54	2.21	1.97	1.78	1.64
<b>F<sub>MIN</sub> [km]</b>	136.33	224.04	309.09	391.38	472.84	554.31	633.93	712.39
<b>F [km]</b>	13.26	13.26	13.26	13.26	13.26	13.26	13.26	13.26
<b>H<sub>s</sub> [m]</b>			0.42	0.68	0.92	1.35	1.63	2.19
<b>T<sub>s</sub> [s]</b>			2.31	2.65	2.98	3.25	3.71	3.98
<b>L<sub>0</sub> [m]</b>			8.33	10.96	13.87	16.49	21.49	24.73
<b>n</b>	2520	4243	3492	2426	1756	861	141	6

Tablica 4.3. Formiranje uzorka parametara dubokovodnog vala za smjer SE

## 5. Dugoročne valne prognoze

Dugoročna valna prognoza provodi se na uzorku značajnih valnih visina  $H_S$  i pripadajućih perioda za smjerove NW, SSW i SE za povratne periode 5, 20, 50 i 100 godina. Problem iznalaženja navedenih parametara vala određenog povratnog perioda svodi se na rješenje problema:

$$P = \frac{1}{T} \cdot \frac{T_m}{n}$$

gdje su:

$P$  = funkcija prekoračenja

$T$  = vrijednost povratnog perioda za koji se traži značajna valna visina,

$T_m$  = -vremenski period mjerenja -povratni period

$n$  = ukupan broj mjerenja u rasponu mjerenja za pojedini smjer

Za definiranje dugoročnih valnih parametara korištene su distribucije Pareto i Gumbel uz best fit postupak do minimizacije kvadrata odstupanja u odnosu na uzoračku statistiku.

Temeljem provedenih analiza parametara dubokovodnog vala definirane su karakteristične valne visine i periodi za povratne periode od 5 do 100 godine za tri incidentna smjera: NW, SSW i SE kako je prikazano u Tablicama 5.1.-5.3..

T	H <sub>s</sub> [m]	H <sub>1/10</sub> [m]	H <sub>1/100</sub> [m]	H <sub>MAX</sub> [m]	T [s]	T <sub>p</sub> [s]
5	1.24	1.57	2.07	2.23	3.040	3.344
20	1.57	1.99	2.62	2.83	3.280	3.608
50	1.80	2.29	3.01	3.24	3.450	3.795
100	2.02	2.57	3.37	3.64	3.580	3.938

Tablica 5.1. Rezultati dugoročne prognoze karakterističnih valnih visina i perioda za smjer NW

T	H <sub>s</sub> [m]	H <sub>1/10</sub> [m]	H <sub>1/100</sub> [m]	H <sub>MAX</sub> [m]	T [s]	T <sub>p</sub> [s]
5	0.650	0.83	1.09	1.17	2.230	2.453
20	0.830	1.05	1.39	1.49	2.360	2.596
50	0.960	1.22	1.60	1.73	2.440	2.684
100	1.080	1.37	1.80	1.94	2.510	2.761

Tablica 5.2. Rezultati dugoročne prognoze karakterističnih valnih visina i perioda za smjer SSW

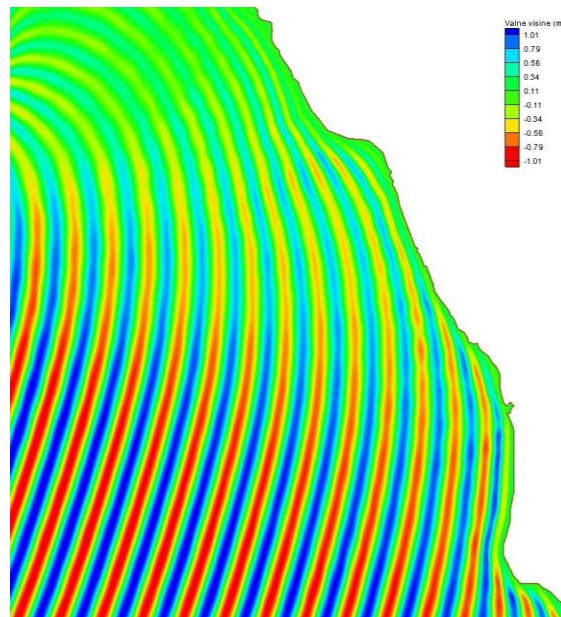
T	H <sub>s</sub> [m]	H <sub>1/10</sub> [m]	H <sub>1/100</sub> [m]	H <sub>MAX</sub> [m]	T [s]	T <sub>p</sub> [s]
5	2.090	2.65	3.49	3.76	4.280	4.708
20	2.380	3.02	3.97	4.28	4.620	5.082
50	2.580	3.28	4.31	4.64	4.850	5.335
100	2.720	3.45	4.54	4.90	5.020	5.522

Tablica 5.3. Rezultati dugoročne prognoze karakterističnih valnih visina i perioda za smjer SE

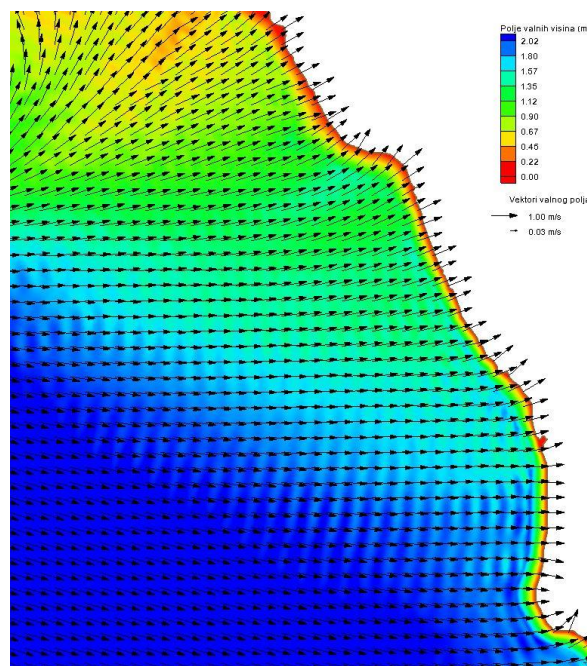
## 6. Analiza valnog polja

U nastavku su prikazani rezultati analize valnog polja za incidentne smjerove NW i SE s ciljem identifikacije svojstva valnog polja u zoni utjecaja morskog dna.

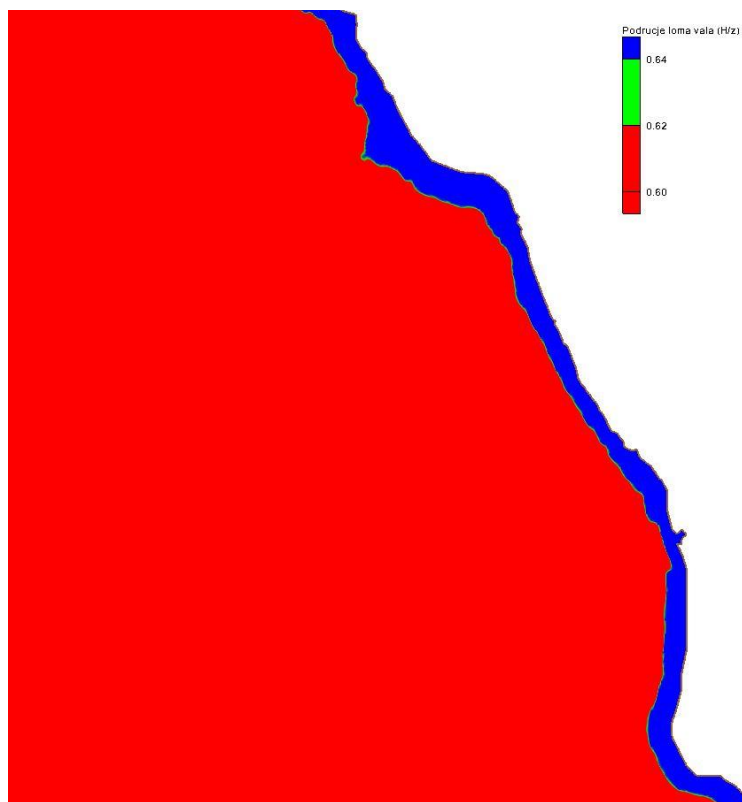
### Incidentni smjer NW



Slika 6.1. Prikaz značajne valne visine za incidentni smjer NW i povratni period 100 godina – uža zona obuhvata

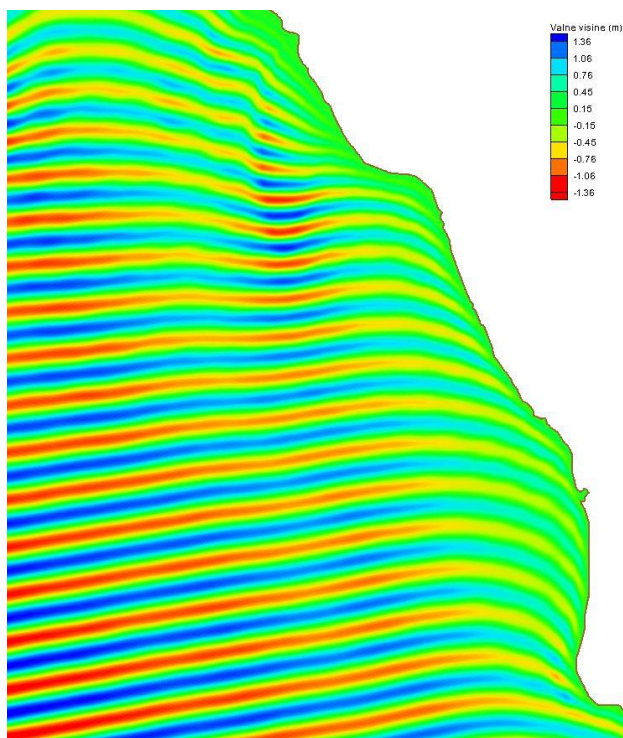


Slika 6.2. Prikaz polja vrijednosti značajne valne visine za incidentni smjer NW i povratni period 100 godina – uža zona obuhvata

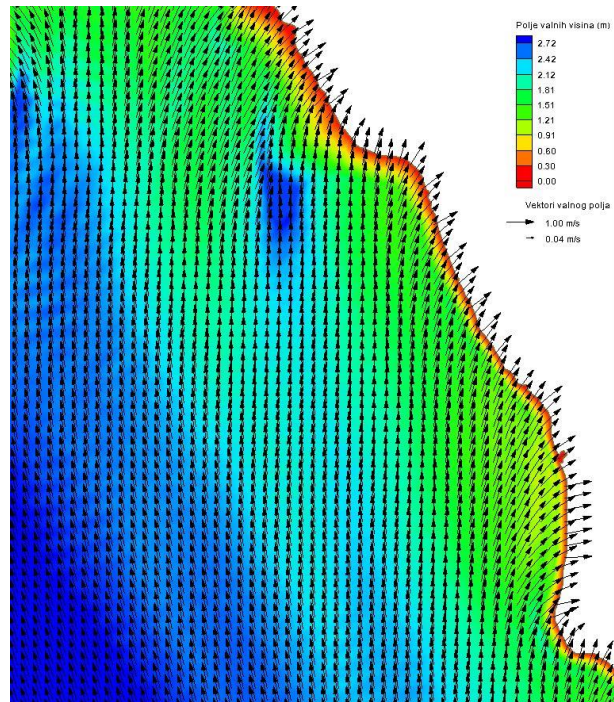


Slika 6.3. Prikaz područja ostvarenja loma vala za incidentni smjer NW i povratni period 100 godina – uža zona obuhvata

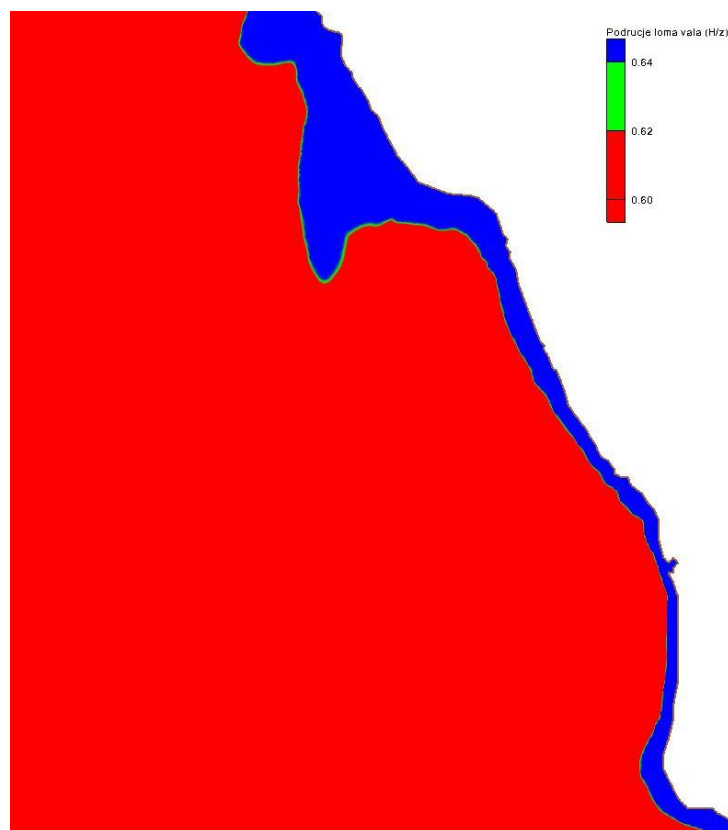
### Incidentni smjer SE



Slika 6.4. Prikaz značajne valne visine za incidentni smjer SE i povratni period 100 godina – uža zona obuhvata



Slika 6.5. Prikaz polja vrijednosti značajne valne visine za incidentni smjer SE i povratni period 100 godina – uža zona obuhvata



Slika 6.6. Prikaz područja ostvarenja loma vala za incidentni smjer SE i povratni period 100 godina – uža zona obuhvata

Vidljiv je utjecaj refrakcije koja rezultira smanjenjem vrijednosti valne visine u odnosu na duboko more. Valovi incidentnog smjera NW i SE se usvajaju kao mjerodavni iako imaju povoljan kut ulaska. Valovi drugog i trećeg kvadranta imaju nepovoljniji kut ulaska ali zbog duljine privjetrišta imaju značajno manje valne visine.

Parametar/smjer	SE	NW	Jedinica
$H_s^{100}$	2,72	2,02	(m)
$H_{sd}^{100}$	1,81	1,35	(m)
$H_{sd}^{100}/H_s^{100}$	0,67	0,67	(m)
$H_{1/10}^{100}$	3,45	2,57	(m)
$H_{d1/10}^{100}$	2,30	1,72	(m)
$H_{1/100}^{100}$	4,54	3,37	(m)
$H_{d1/100}^{100}$	3,02	2,25	(m)
$H_{max}^{100}$	4,90	3,64	(m)
$H_{dmax}^{100}$	3,26	2,43	(m)

Tablica 6.1. Prikaz vrijednosti valnih visina na predmetnoj lokaciji

Dijeljenjem valnih visina na užem području obuhvata s valnim visinama dubokovodnog vala dobije se koeficijent transformacije vala koji iznosi 0,67 za oba incidentna smjera. Dubokovodni val pomnožen s ovim koeficijentom predstavlja valnu visinu na lokaciji lukobrana.

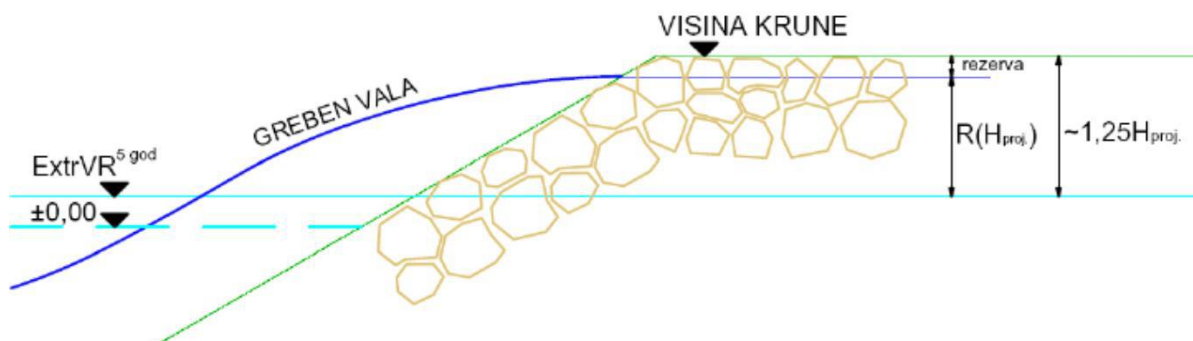
## 7. Dimenzioniranje nasutog lukobrana

Parametar/smjer	SE	NW	Jedinica
$H_s^{100}$	2,72	2,02	(m)
$H_{sd}^{100}$	1,81	1,35	(m)
$H_{sd}^{100}/H_s^{100}$	0,67	0,67	(m)
$H_{1/10}^{100}$	3,45	2,57	(m)
$H_{d1/10}^{100}$	2,30	1,72	(m)
$H_{1/100}^{100}$	4,54	3,37	(m)
$H_{d1/100}^{100}$	3,02	2,25	(m)
$H_{max}^{100}$	4,90	3,64	(m)
$H_{dmax}^{100}$	3,26	2,43	(m)

Tablica 7.1. Prikaz vrijednosti valnih visina na predmetnoj lokaciji

### Visina krune

Potrebna visina krune nasutog lukobrana određuje se po kriteriju vjerojatnosti prelijevanja, gdje se za uporabnu krunu predviđa manja vjerojatnost prelijevanja. Visina krune računa se zbrajanjem dosega projektnog vala, ekstremno visoke morske razi te rezerve (Slika 7.1.).



Slika 7.1. Prikaz položaja visine krune

Za određivanje visine uspinjanja vala uzet je projektni val  $H_{sd}$  povratnog perioda od 100 godina. Iz grafa (Slika 8.2.) se iščitava sjecište vrijednosti  $H/gT^2$  s krivuljom za hrapavu površinu nagiba pokosa 1:1.75.



Vrijednost  $H/gT^2$  :

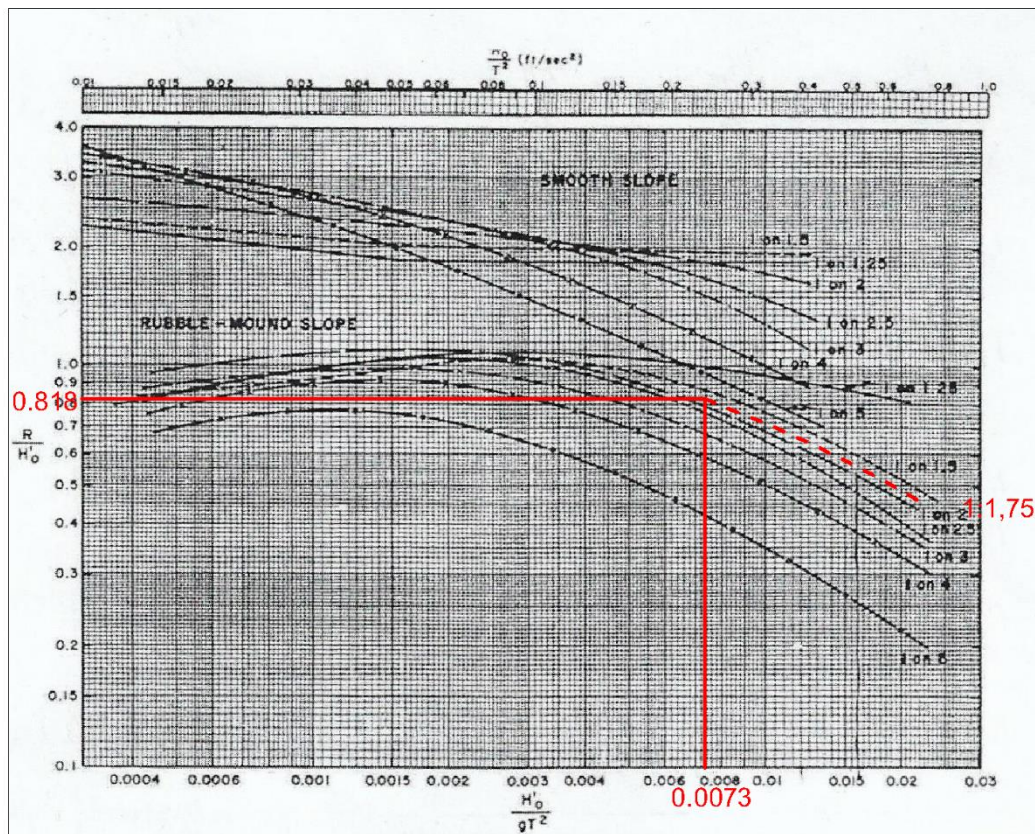
$$\frac{H_{sd}^{100}}{gT^2} = \frac{1,81}{9,81 \cdot 5,02^2} = 0,0073$$

Očitana vrijednost:

$$\frac{R}{H} = 0,818$$

$$R = 0,818 \cdot H = 0,818 \cdot 1,81 = 1,48 [m]$$

Visina uspinjanja vala iznosi 1,48 m.



Slika 7.2. Dijagram valnog uspinjanja

Za plimu se usvaja visina od 0,9 m a za rezervu 0,5 m.

$$\text{VISINA KOTE KRUNE} = 0,9 + 1,48 + 0,5 = 2,88 \text{ m}$$

Provedenim proračunom definira se minimalna potrebna visina kote krune na koti +2,88 (m)

## Težina kamenog bloka školjere

Presjek troslojnog nasutog lukobrana sastoji se od najkrupnije primarne obloge A na kruni i vanjskom pokosu, manje krupne sekundarne obloge B, te filterskog sloja C. Slojevi se slažu filterskim pravilom čime se sprječava izvlačenje sitnijeg materijala iz jezgre.

Težina blokova primarne obloge računa se prema Hudsonovom izrazu. Hudsonov izraz izveden je temeljem ravnoteže bloka na pokosu izloženog statičkim i dinamičkim silama.

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

Pri čemu je:

$H_{proj}=2,30 \text{ m}$  - visina dubokovodnog vala stogodišnjeg povratnog perioda

$\alpha$  - kut nagiba pokosa ( $1:1.75 \rightarrow \alpha=30^\circ$ )

$\rho_{obl}$  - gustoća obloge ( $2600\text{kg/m}^3$ )

$\rho_m$  - gustoća mora ( $1030\text{kg/m}^3$ )

$KD$  - koeficijent uklještenja (2.8)

Type of outer covering elements	Number of layers	Type of placing	Breakwater side $K_D^{1)}$		Breakwater end $K_D$		Slope
			Breaking waves <sup>5)</sup>	Non-breaking waves <sup>5)</sup>	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 <sup>2)</sup>	5.8	7.0	1.3	2.3	1 : 3
					2.1	4.2	1 : 1.5 bis 1 : 3
Tetrapode	2	random	7.0	8.0	5.3	6.4	1 : 1.5 bis 1 : 3
					5.0	6.0	1 : 1.5
					4.5	5.5	1 : 2
Antifer Block	2	random	8.0	-	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 <sup>3)</sup>	31.8 <sup>3)</sup>	8.0	16.0	1 : 2 <sup>4)</sup>
					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.

Tablica 7.2. Vrijednosti koeficijenta uklještenja

$$G_A = \frac{2600 \cdot 9,81 \cdot 2,30^3}{2,8 \cdot \left(\frac{2600}{1030} - 1\right)^3 \cdot \text{ctg} 30} = 18068 [N]$$

Za nagib pokosa 1:1.75 za incidentni val visine 2,30 (m) potrebno je osigurati ugradnju kamena težine 18068 N.

Sloj	Težina elementa	Izračunate veličine (N)	Masa elemenata (kg)
A	W ± 25%	18068,00	1500 do 2200
B	W/2 ± 30%	9034,00	700 do 1100
C	W/10 ± 25%	1806,80	140 do 230
D	Opći kameni nasip		0,5 do 200

Tablica 7.3. Mase elemenata slojeva

### Debljina slojeva

Minimalna debljina slojeva nasutog lukobrana dobiva se slaganjem najmanje dva bloka u sloju ( $n \geq 2$ ), a proračunava se kao:

$$t_{sloja} = n \cdot \sqrt[3]{W / (\rho_k \cdot g)}$$

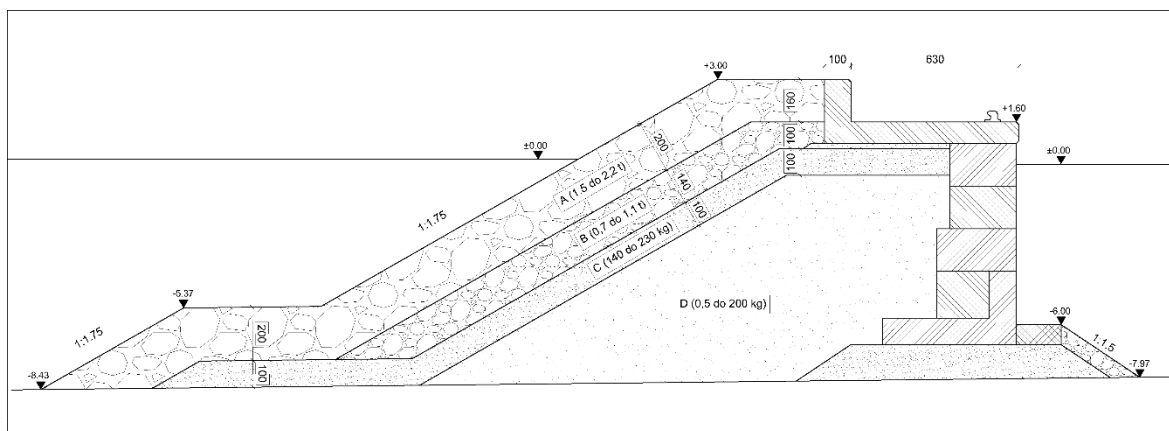
$$t_{sloja} = 2 \cdot \sqrt[3]{18068 / (2600 \cdot 9,81)}$$

$$t_{sloja} = 1,78 [m]$$

Debljina slojeva (m)	
A	2
B	1.4
C	1

Tablica 7.3. Debljine slojeva

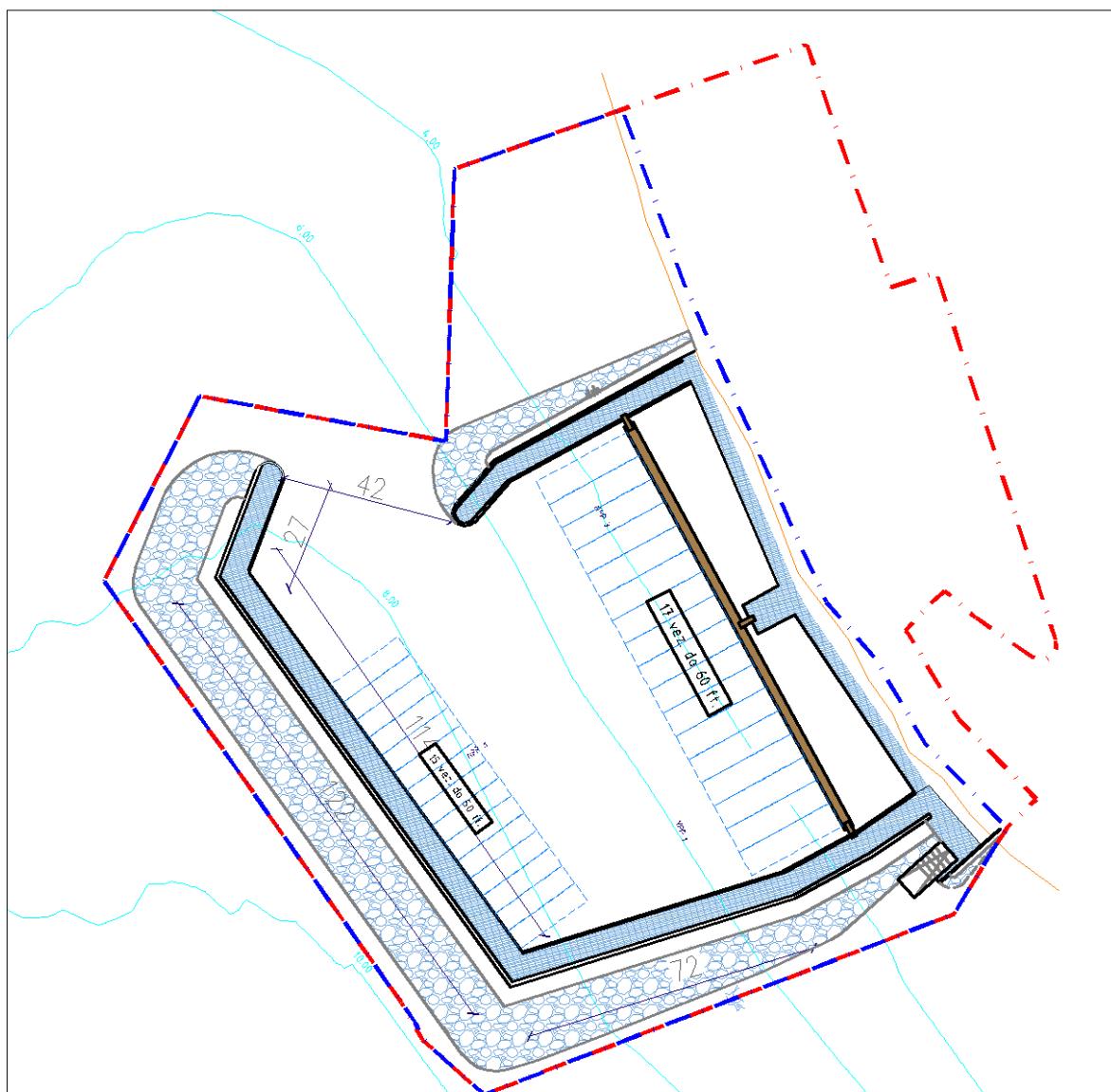
## Prijedlog rješenja



Slika 7.3. Prikaz izabranog rješenja

Postavljena je primarna obloga A s vanjske strane lukobrana u debljini od 2 m te sekundarna obloga B u debljini od 1 m. Filterski sloj C postavljen je u debljini od 0,4 m. Širina krune primarne obloge iznosi 4 m te se nalazi na koti +3.00 m. Nagib vanjskog pokosa iznosi 1:1.75 dok je s unutrašnje strane vertikalni zid koji omogućuje privez brodova.

## Situacijski prikaz



Slika 7.4. Situacijski prikaz predloženog rješenja

## 8. Dimenzioniranje lukobrana tipa zid

Parametar/smjer	SE	NW	Jedinica
$H_s^{100}$	2,72	2,02	(m)
$H_{sd}^{100}$	1,81	1,35	(m)
$H_{sd}^{100}/H_s^{100}$	0,67	0,67	(m)
$H_{1/10}^{100}$	3,45	2,57	(m)
$H_{d1/10}^{100}$	2,30	1,72	(m)
$H_{1/100}^{100}$	4,54	3,37	(m)
$H_{d1/100}^{100}$	3,02	2,25	(m)
$H_{max}^{100}$	4,90	3,64	(m)
$H_{dmax}^{100}$	3,26	2,43	(m)

Tablica 8.1. Prikaz vrijednosti valnih visina na predmetnoj lokaciji

Za projektni val je uzeta srednja vrijednost gornje stotine valnih visina u stogodišnjem povratnom periodu. Lukobran je projektiran na nepovoljno stanje opterećenja gdje je dol vala s unutarnje strane lukobrana dok je s vanjske strane brijeg vala. Linearna aproksimacija dinamičkog tlaka izračunata je preko Sainflou rješenja.

Parametri vala:

- Visina projektnog vala  $H_{des} = H_{d1/100}^{100} = 3,02[m]$

-Dubina ispred lukobrana  $d = 6,1[m]$

-Period projektnog vala  $T = 5,02[s]$

-Duljina dubokovodnog vala  $L_0 = \frac{gT_0^2}{2\pi} = \frac{9,81 \cdot 5,02^2}{2\pi} = 39,35m$

-Duljina vala ispred lukobrana dobiva se iterativnim postupkom:

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right) = \frac{9,81 \cdot 5,02^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi \cdot 6,1}{L}\right)$$

$$L = 32,53[m]$$

-Izdizanje morske razine kod stojnog vala:

$$\Delta H = \frac{\pi H^2}{L} \cot h(kd)$$

$$\Delta H = \frac{\pi \cdot 3,02^2}{32,53} \cot h\left(\frac{2\pi \cdot 6,1}{32,53}\right)$$

$$\Delta H = 1,07[m]$$

$$h_w = H_{des} + \Delta H = 3,02 + 1,07$$

$$h_w = 4,09[m]$$

### Karakteristike vala s unutrašnje strane lukobrana:

Za određivanje valne visine unutar luke korišten je diagram difrakcije s upadnim kutem vala od  $180^\circ$ . Točka na kojoj se određuje valna visina udaljena je 70 m od glave lukobrana te zatvara kut od  $56.5^\circ$  s linijom pružanja lukobrana.

$$\frac{r}{L} = \frac{70}{32,53} = 2,15$$

$$\beta = 56.5^\circ$$

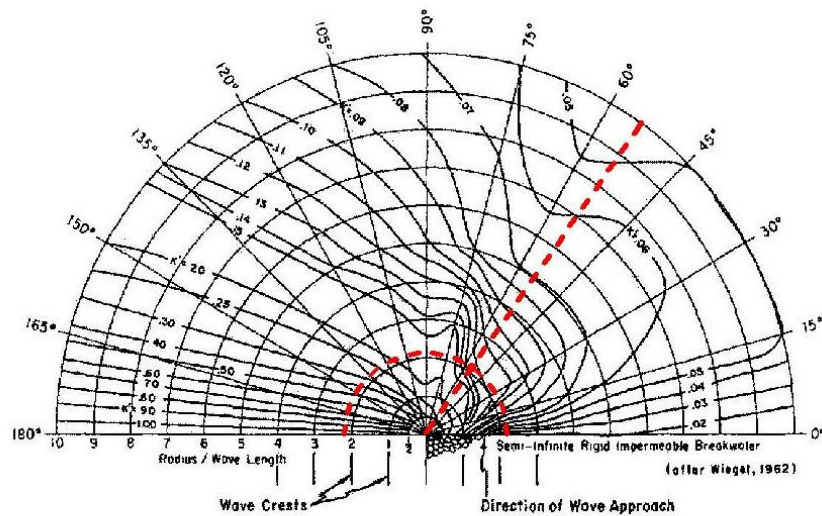


Figure 2-39. Wave Diffraction Diagram -  $180^\circ$  Wave Angle

Slika 8.1. Dijagram difrakcije za kut upada vala  $180^\circ$

Očitani koeficijent difrakcije:  $K_d = 0.125$

Valna visina unutar luke:

$$H' = H \cdot K_d = 3,02 \cdot 0,125$$

$$H' = 0,38[m]$$

Uspinjanje vala:

$$\Delta H' = \frac{\pi H^2}{L} \cot h(kd)$$

$$\Delta H' = \frac{\pi \cdot 0,38^2}{32,53} \cot h\left(\frac{2\pi \cdot 6,1}{32,53}\right)$$

$$\Delta H' = 0,02[m]$$

### Proračun tlakova koji djeluju na lukobran:

$p_1$  – tlak na lukobran u srednjoj razini mora

$p_2$ - tlak na visini krune lukobrana

$p_3$ - tlak na dubini nožice obalnog zida

$p_b$ - bazni uzgon na dodirnoj plohi s tlom

$p_u$ - diferencijalni uzgon na dodirnoj plohi s tlom

$p_{st}$ - statički tlak s vanjske strane lukobrana

$p_{st}$ -statički tlak s unutrašnje strane lukobrana

$$p_1 = \rho g h_w = 1,03 \cdot 9,81 \cdot 4,09$$

$$p_1 = 41,28 [kPa]$$

$$p_2 = \left(1 - \frac{f_v}{h_w}\right) \cdot p_1 = \left(1 - \frac{2,1}{4,09}\right) \cdot 41,28$$

$$p_2 = 20,06 [kPa]$$

$$p_3 = \rho g \left( \frac{1}{\cosh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)} \cdot H_{des} + \Delta H \right) = 1,03 \cdot 9,81 \cdot \left( \frac{1}{\cosh\left(\frac{2\pi \cdot 6,6}{32,53}\right)} \cdot 3,02 + 1,07 \right)$$

$$p_3 = 26,58 [kPa]$$

$$p_{st} = \rho g \cdot d_v = 1,03 \cdot 9,81 \cdot 6,6$$

$$p_{st} = 66,69 [kPa]$$

$$p_{st}' = \rho g h' = 1,03 \cdot 9,81 \cdot 6,24$$

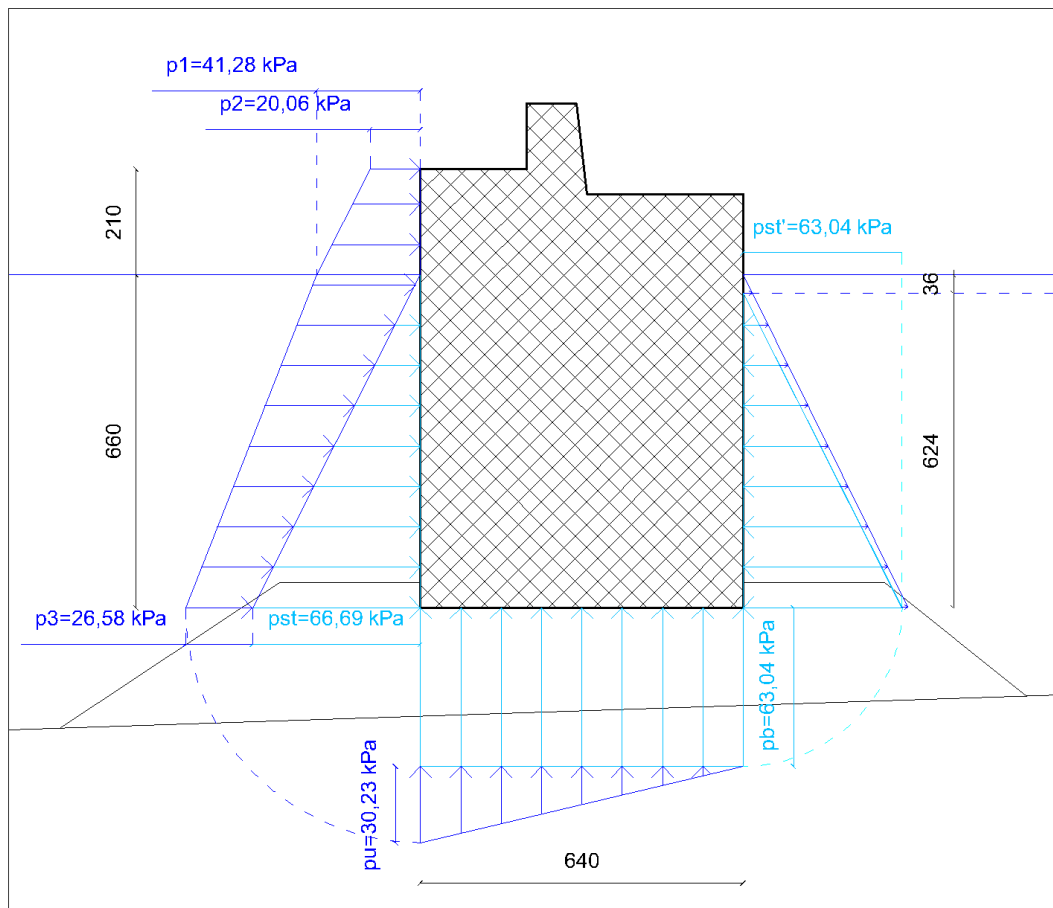
$$p_{st}' = 63,04 [kPa]$$

$$p_b = p_{st}' = 63,04 [kPa]$$

$$p_u = p_3 + (p_{st} - p_{st}') = 26,58 + 66,69 - 63,04 = 30,23 [kPa]$$

$p_1$	41,28 (kPa)
$p_2$	20,06 (kPa)
$p_3$	26,58 (kPa)
$p_{st}$	66,69 (kPa)
$p_{st}'$	63,04 (kPa)
$p_b$	63,04 (kPa)
$p_u$	30,23 (kPa)





Slika 8.2. Prikaz tlakova koji djeluju na lukobran

Hidrostatski tlak s unutrašnje strane umanjen je za vrijednost hidrodinamičkog tlaka vala što predstavlja nepovoljno opterećenje u pogledu klizanja i prevrtanja lukobrana. Diferencijalni uzgon pojavljuje se kao posljedica razlike tlakova na nožicama lukobrana.

**Proračun sila koje djeluju na lukobran:**

$$F_{din} = \frac{p_1 + p_3}{2} d_v + \frac{p_1 + p_2}{2} f_v$$

$$F_{din} = \frac{41,28 + 26,58}{2} \cdot 6,6 + \frac{41,28 + 20,06}{2} \cdot 2,1$$

$$F_{din} = 288,35 [kN]$$

$$F_{st} = \frac{p_{st} \cdot d}{2} = \frac{66,69 \cdot 6,6}{2}$$

$$F_{st} = 220,07 [kN]$$

$$F_{st}' = \frac{p_{st}' \cdot d'}{2} = \frac{63,04 \cdot 6,24}{2}$$

$$F_{st}' = 196,68 [kN]$$

$$F_m = A \cdot \gamma_b = 55,51 \cdot 2,6 \cdot 9,81$$

$$F_m = 1415,84 [kN]$$

$$F_b = B_v \cdot p_b' = 6,4 \cdot 63,04$$

$$F_b = 403,47 [kN]$$

$$F_u = B_v \cdot \frac{p_u}{2} = 6,4 \cdot \frac{30,23}{2}$$

$$F_u = 96,74 [kN]$$

### Sila uzrokovana vezom broda:

Pri određivanju sile kojom brod djeluje na pristan uzeti su sljedeći podaci:

$$v_{vj} = 20,7 \text{ m/s} \quad (\text{brzina vjetra})$$

$$L = 15 \text{ m} \quad (\text{duljina broda})$$

$$h = 3,5 \text{ m} \quad (\text{prosječna visina broda})$$

$$\alpha = 8,67^\circ \quad (\text{kut koji os broda zatvara s okomicom na smjer vjetra})$$

$$C = 0,92 \quad (\text{koeficijent napadne hidrodinamičke sile optjecanja})$$

$$\rho_{zr} = 1,27 \text{ kg/m}^3 \quad (\text{gustoća zraka})$$

Površina broda na koju vjetar djeluje jednaka je projekciji broda u smjeru djelovanja vjetra:

$$A = L_{br} \cdot \cos \alpha^\circ \cdot h_{br} = 15 \cdot \cos(8,67) \cdot 3,5$$

$$A = 51,9 \text{ m}^2$$

Sila kojom brod djeluje na pristan računa se prema sljedećem izrazu:

$$F_{br} = C \cdot A \cdot \frac{\rho_{zr} \cdot v_{vj}^2}{2}$$

$$F_{br} = 0,92 \cdot 51,9 \cdot \frac{1,29 \cdot 20,7^2}{2}$$

$$F_{br} = 13,20 \text{ kN}$$

### Kontrola na klizanje:

Koeficijent sigurnosti na klizanje predstavlja omjer stabilizirajućih i destabilizirajućih sila. Stabilizirajuće sile su sila težine lukobrana ( $F_m$ ), te sila hidrostatičkog tlaka s unutrašnje strane lukobrana ( $F_{st}'$ ). Destabilizirajuće sile su sila hidrodinamičkog tlaka ( $F_{din}$ ), sila hidrostatičkog tlaka s vanjske strane lukobrana ( $F_{st}$ ), sila baznog uzgona ( $F_b$ ), sila diferencijalnog uzgona ( $F_u$ ) te sila od broda ( $F_{br}$ ). Pri računanju koeficijenta sigurnosti na klizanje, korišteni su parcijalni koeficijenti sigurnosti  $\gamma_w$  (parcijalni koeficijent valovanja) i  $\gamma_s$  (parcijalni koeficijent klizanja).

$$K_S^{kl} = \frac{f_f \cdot (F_m - F_b - \gamma_w \cdot F_u)}{\gamma_w (F_{din} + F_{st} - F_{st}' + F_{br})} = \frac{0,6 \cdot (1415,84 - 403,47 - 1,25 \cdot 96,74)}{1,25(288,35 + 220,07 - 196,66 + 13,20)}$$
$$K_S^{kl} = 1,01 \geq 1$$

Koeficijent sigurnosti na prevrtanja je veći od jedan te zadovoljava uvjet.

### Kontrola na prevrtanje:

Kontrola na prevrtanje vrši se oko točke A na nožici lukobrana. Koeficijent sigurnosti za prevrtanje je omjer stabilizirajućeg i destabilizirajućeg momenta oko točke A. Stabilizirajući moment tvori sila težine lukobrana dok destabilizirajući moment tvore sile dinamičkog tlaka te sile baznog i diferencijalnog uzgona.

$$M_u = F_u \cdot 4,27 = 96,74 \cdot 4,27 = 412,75 [kNm]$$

$$M_m = F_m \cdot 3,26 = 1415,84 \cdot 3,26 = 4615,63 [kNm]$$

$$M_b = F_b \cdot 3,2 = 403,47 \cdot 3,2 = 1291,10 [kNm]$$

$$M_{st} = F_{st} \cdot 2,2 = 220,07 \cdot 2,2 = 484,16 [kNm]$$

$$M_{st}' = F_{st}' \cdot 2,08 = 196,66 \cdot 2,08 = 409,01 [kNm]$$

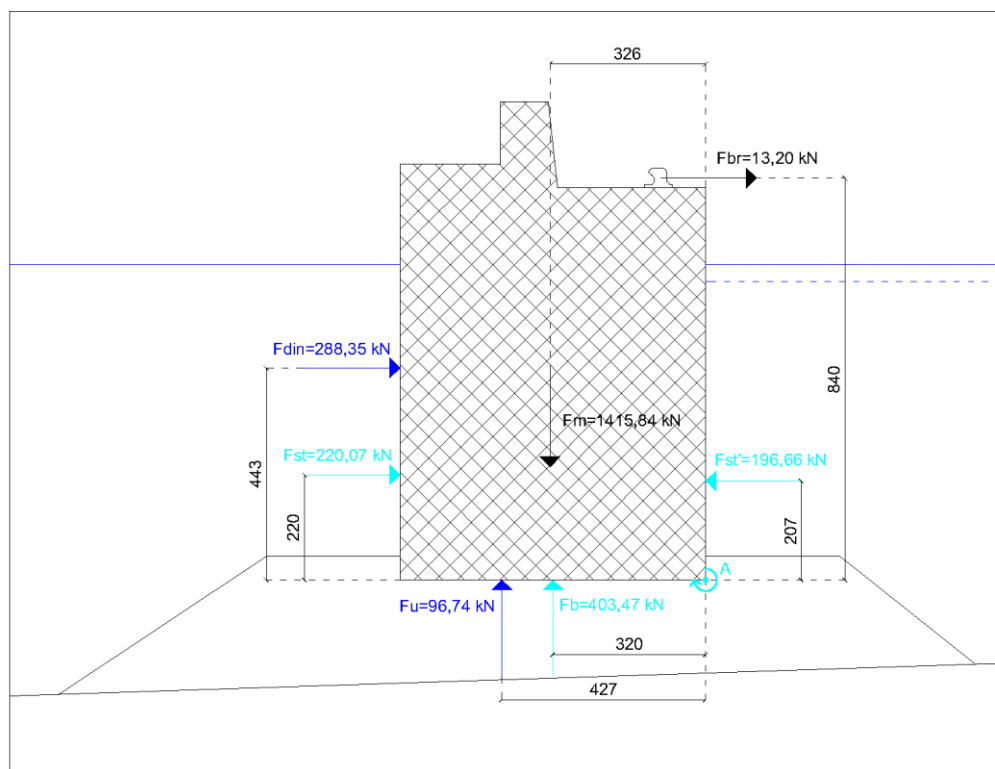
$$M_{din} = F_{din} \cdot 4,43 = 288,35 \cdot 4,43 = 1277,39 [kNm]$$

$$M_{br} = F_{br} \cdot 8,4 = 13,20 \cdot 8,4 = 89,76 [kNm]$$

Koeficijent sigurnosti na prevrtanje:

$$K_S^{pr} = \frac{(M_m - M_b - M_{br})}{\gamma_0} = \frac{(4615,63 - 1291,1 - 110,88)}{1,3}$$

$$K_S^{pr} = 1,12$$



Slika 8.3. Prikaz sila koje uzrokuju moment u točki A

### Geotehnički uvjet:

Stvarna naprezanja računaju se na plohi širine veće od širine lukobrana zbog raspodjele opterećenja na temeljno tlo. Stvarno naprezanje tvore vertikalne sile i moment oko točke C.

$$B_c = B_v + 2d_b = 6,4 + 2 \cdot 2,05$$

$$B_c = 10,5 [m]$$

$$M_u = F_u \cdot 1,07 = 96,74 \cdot 1,07 = 103,51 [kNm]$$

$$M_m = F_m \cdot 0,06 = 1415,84 \cdot 0,06 = 84,95 [kNm]$$

$$M_{st} = F_{st} \cdot 4,25 = 220,07 \cdot 4,25 = 935,30 [kNm]$$

$$M_{st}' = F_{st}' \cdot 4,12 = 196,66 \cdot 4,12 = 810,24 [kNm]$$

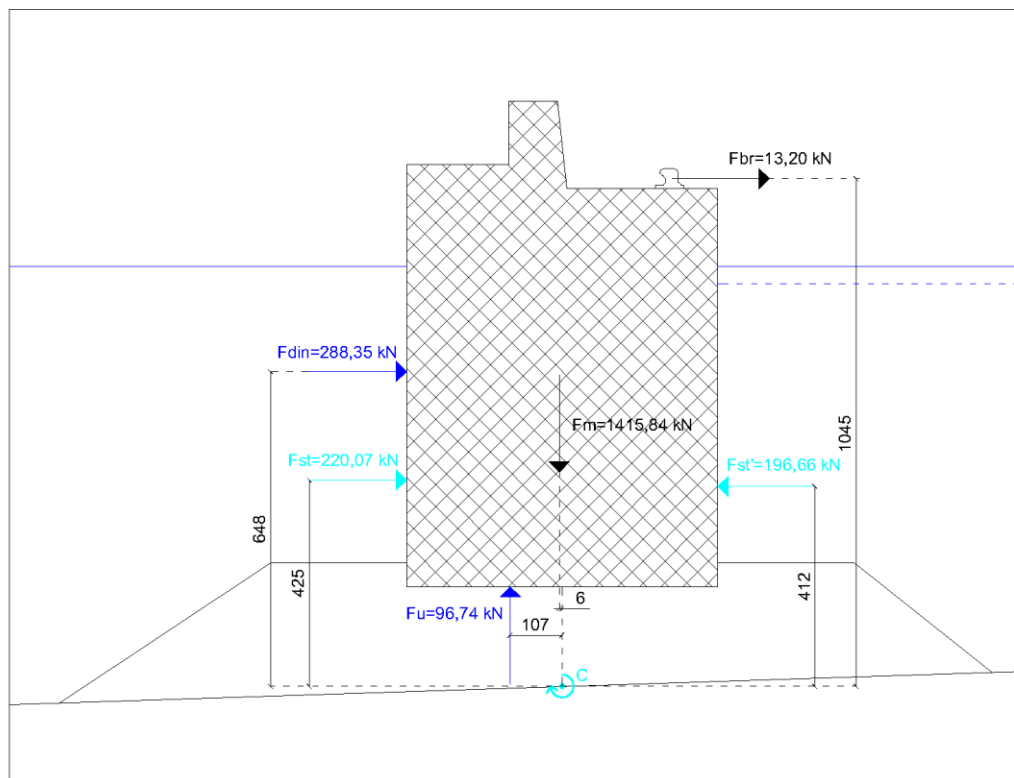
$$M_{din} = F_{din} \cdot 6,48 = 288,35 \cdot 6,48 = 1868,51 [kNm]$$

$$M_{br} = F_{br} \cdot 10,45 = 13,20 \cdot 10,45 = 137,94 [kNm]$$

$$\sum M_c = 2150,07 [kN]$$

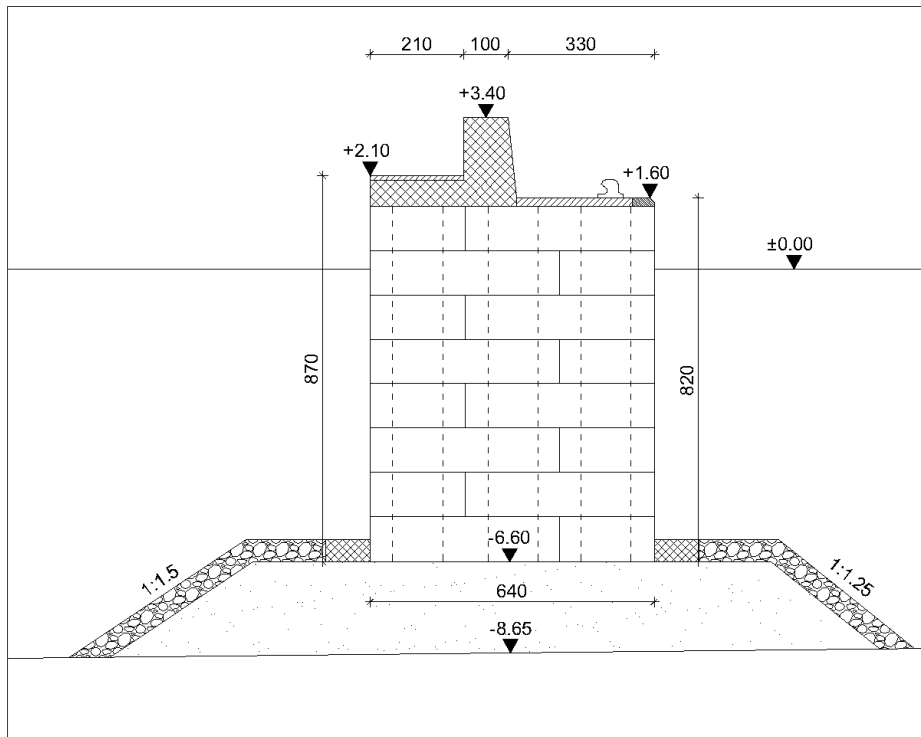
$$\sigma_c = \frac{F_v}{B_c} + \frac{6M_c}{B_c^2} = \frac{915,63}{10,5} + \frac{6 \cdot 2150,07}{10,5^2}$$

$$\sigma_c = 204,21 [kPa]$$



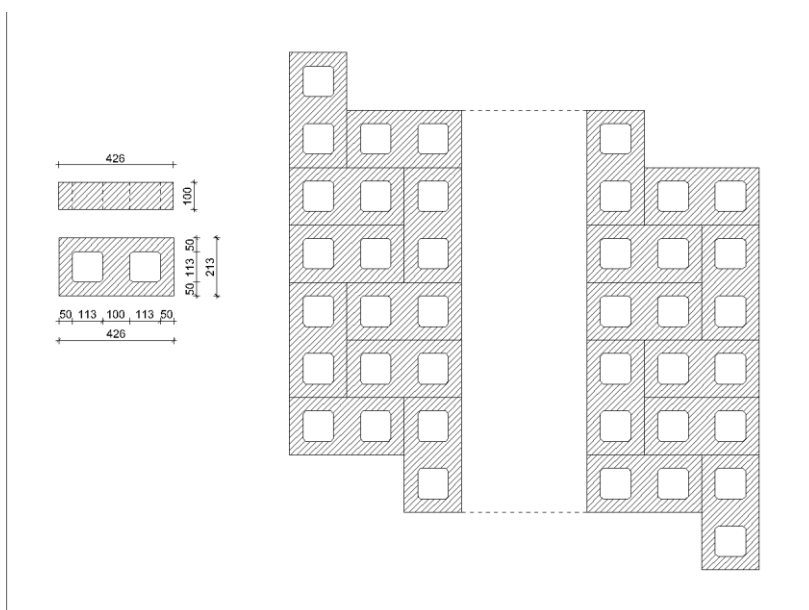
Slika 8.4. Prikaz sila koje uzrokuju moment u točki C

## Prijedlog rješenja



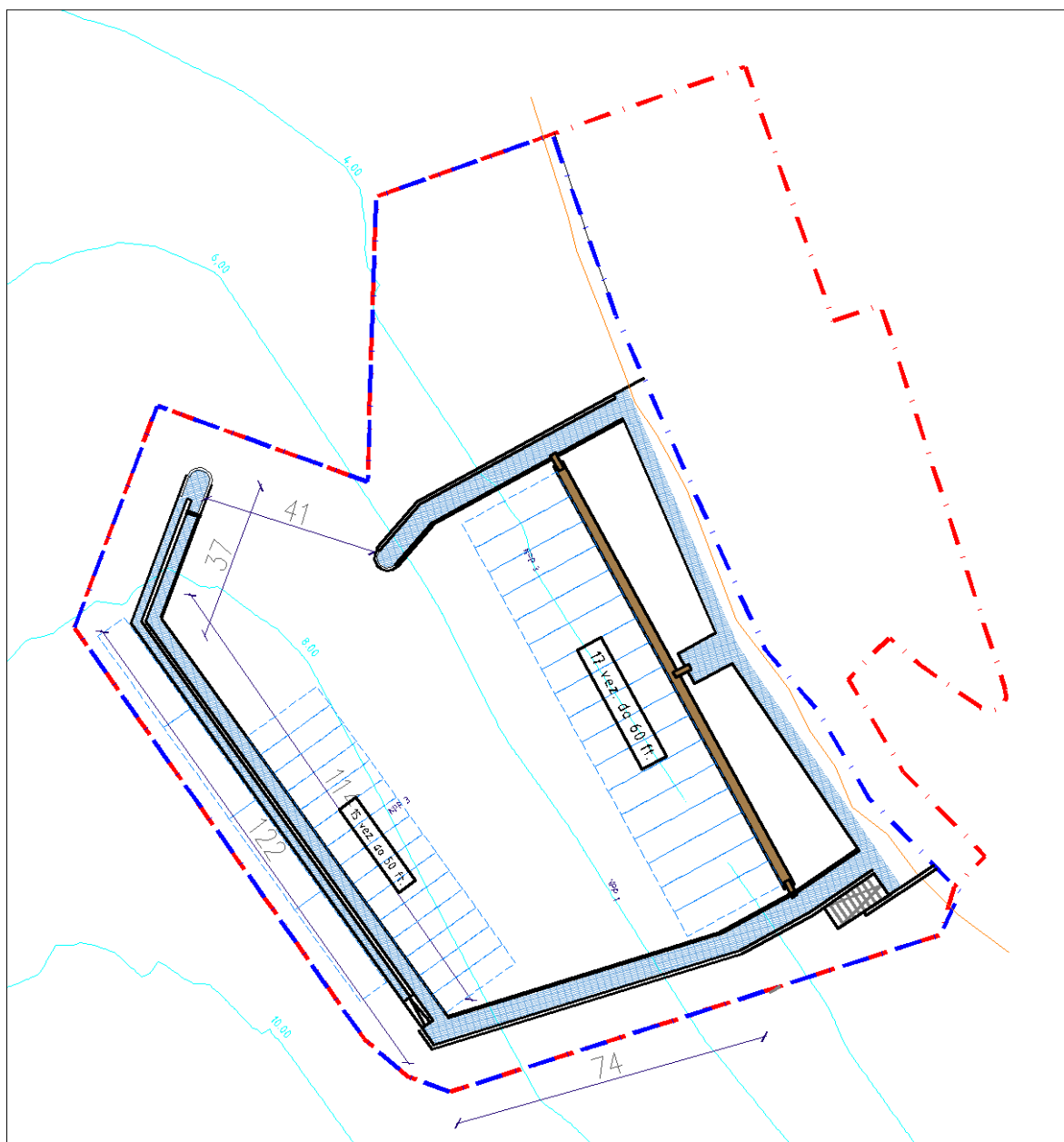
Slika 8.5. Prikaz izabranog rješenja za lukobran tipa zid

Lukobran je izgrađen od blokova dimenzija 4.26 x 2.13 x 1.00 m. Blokovi sadrže šupljine dimenzija 1.13 x 1.13 m, predviđene za postavljanje armature te monolitiziranje konstrukcije. Šupljine se poklapaju u smjeru visine lukobrana te se nakon postavljanja armature ispune betonom. Blokovi su složeni prema rasporedu sa slike:



Slika 8.6. Shema polaganja blokova

## Situacijski prikaz rješenja



Slika 8.4. Situacijski prikaz predloženog rješenja

## 9. Zaključak

Provedenom analizom vjetrovalnih podataka dana su dva rješenja lukobrana. Cilj je objekta omogućiti privez plovila s unutrašnje strane te povoljne vjetrovalne i maritimne uvjete, uz osiguravanje dugotrajnosti objekta.

Rješenje nasutog lukobrana sastoji se od jezgre, filterskog sloja te primarne i sekundarne obloge s vanjske strane, nagiba pokosa od 1:1.75. S unutrašnje strane lukobrana je vertikalni zid koji omogućava pristajanje i privez brodova. Jezgra se nasipava općim kamenim nasipom, na koji dolazi filterski sloj debljine 1 m. Primarna obloga izvedena je u debljini od 2 m, a sekundarna obloga u debljini od 1.4 m. Slojevi su slagani filterskim pravilom kako bi se spriječilo izvlačenje materijala kroz slojeve. Kruna nasipa široka je 4m te se nalazi na koti +3.00 m. Operativna obala odijeljena je od krune nasipa parapetnim zidom, a nalazi se na visini od +1.6 m te je izvedena u širini od 6.3 m. Dubina s unutrašnje strane iznosi 6.00 m.

Rješenje lukobrana tipa zid predlaže konstrukciju izvedenu slaganjem šupljih blokova dimenzija 2.13 x 4.26 x 4.26 m. Blokovi su slagani na način da se šupljine vertikalno preklapaju. Nakon postavljanja blokova, u šupljine se polaže armatura te se šupljine ispune betonom kako bi se konstrukcija monolitizirala. Lukobran je postavljen na dubini od 6.6 m. Kota vanjske obale lukobrana iznosi +2.1 m, a unutrašnje +1.6 m. Između vanjske i unutarnje obale nalazi se parapetni zid, debljine 1 m na koti +3.4 m, koji osigurava zaštitu od prelijevanja te pruža zaštitu unutrašnje obale.



## 10. Literatura

- Burcharth, Hans F. Design of rubble mound structures breakwaters. Dostupno na: [https://vbn.aau.dk/ws/portalfiles/portal/57368787/Design\\_of\\_Rubble\\_Mound\\_Structures\\_Breakwaters.pdf](https://vbn.aau.dk/ws/portalfiles/portal/57368787/Design_of_Rubble_Mound_Structures_Breakwaters.pdf)
- Litingen, Hans. (1987). Breakwater Engineering. *Interdisciplinary Science Reviews*, 12 (1), str.41.-str.55. doi. 10.1179/030801887789799240
- Takahashi, Shigeo. (2002). *Design of Vertical Breakwaters*. Japan: Port and airport research institute.
- Nastavni materijali s kolegija Pomorske građevine, Preddiplomski stručni studij Građevinarstvo, Fakulteta građevinarstva, arhitekture i geodezije u Splitu.

## **11.Prilozi**

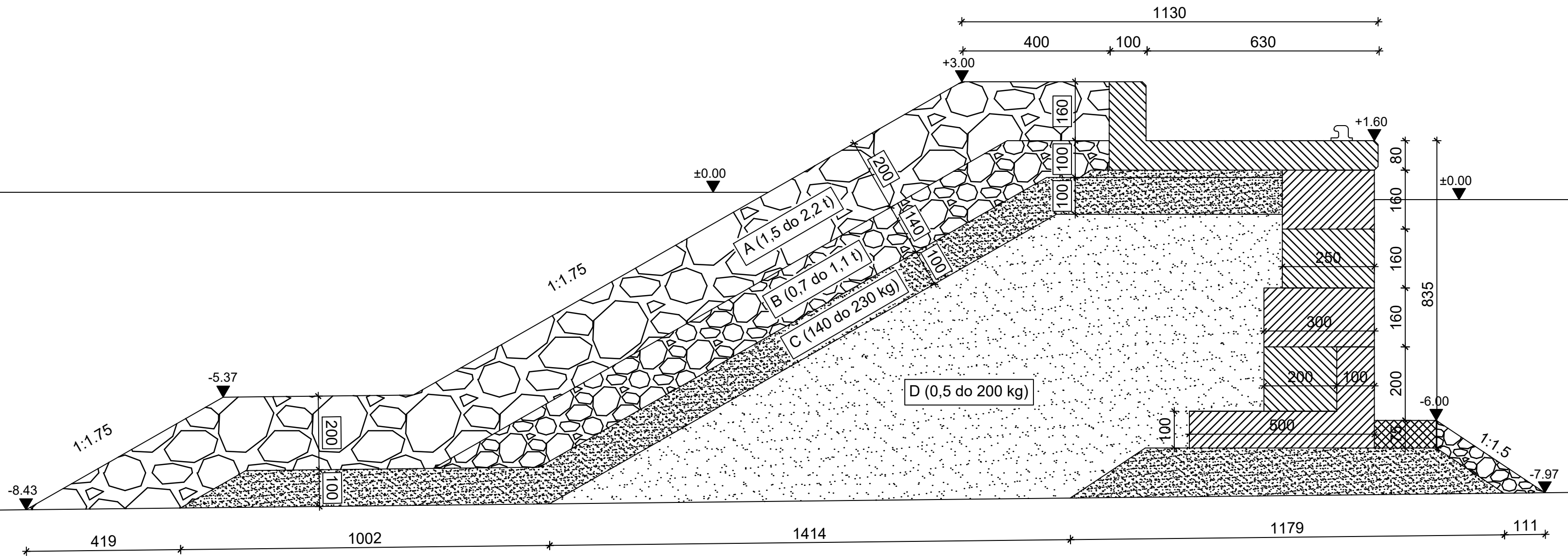
11.1 Prijedlog rješenja nasutog lukobrana


11.2 Situacijski prikaz nasutog lukobrana

11.3 Prijedlog rješenja lukobrana tipa zid

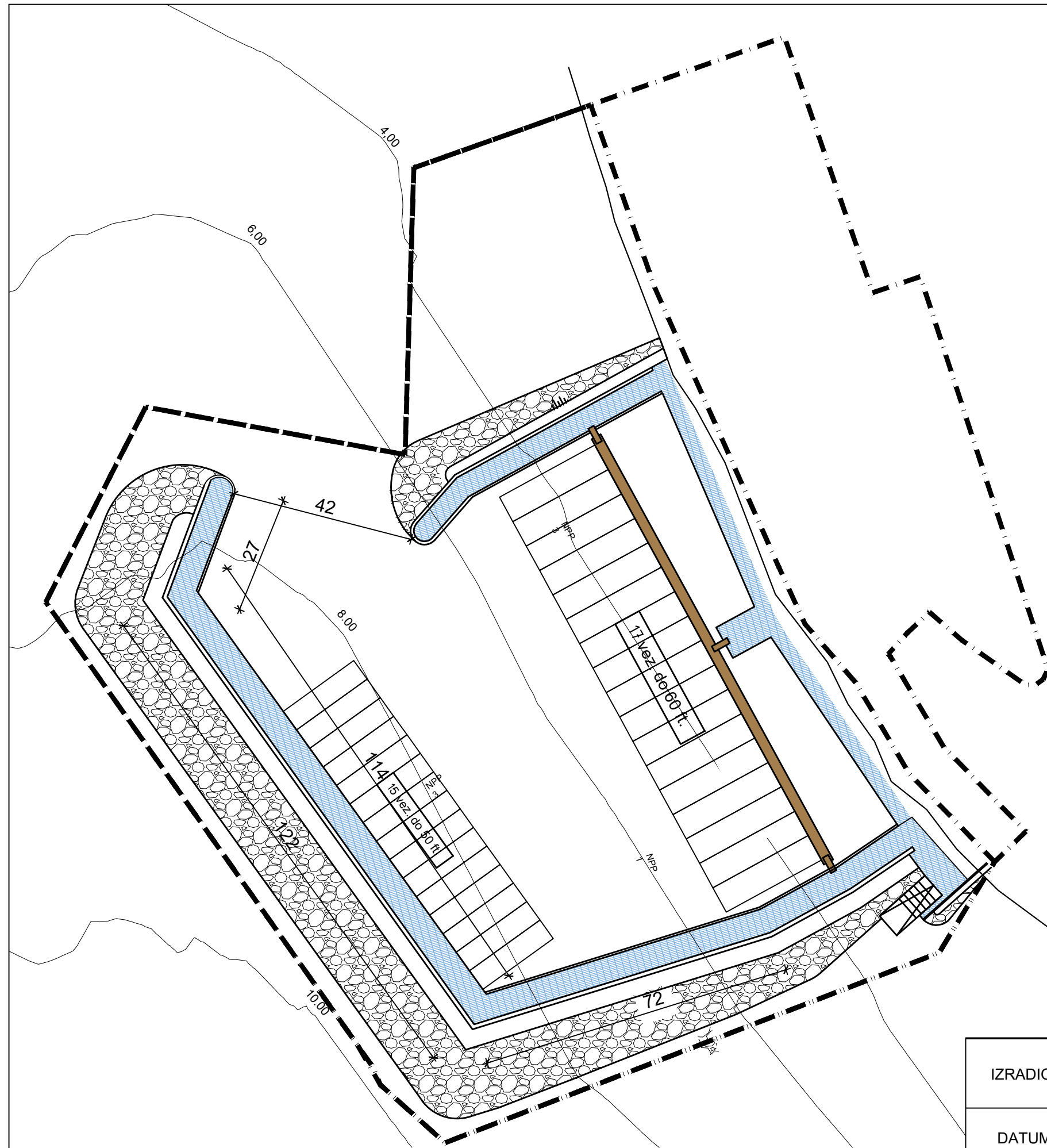
11.4 Situacijski prikaz lukobrana tipa zid

PRIJEDLOG RJEŠENJA  
NASUTOG LUKOBRANA  
Mj. 1:100



IZRADIO: IVAN RADIĆ	 SVEUČILIŠTE U SPLITU, GRADEVINSKO-ARHITEKTONSKI FAKULTET 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117	
DATUM: rujan, 2021.		
SADRŽAJ PRILOGA: PRIJEDLOG RJEŠENJA NASUTOG LUKOBRANA	MJERILO: 1:100	BR. PRILOGA: 11.1

SITUACIJSKI PRIKAZ  
 NASUTOG LUKOBRANA  
 Mj. 1:1000



IZRADIO: IVAN RADIĆ

DATUM: rujan, 2021.



SVEUČILIŠTE U SPLITU,  
 GRAĐEVINSKO-ARHITEKTONSKI FAKULTET  
 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15  
 MB 3149463, tel: + 385 (0)21 303333, fax: + 385 (0)21 465117

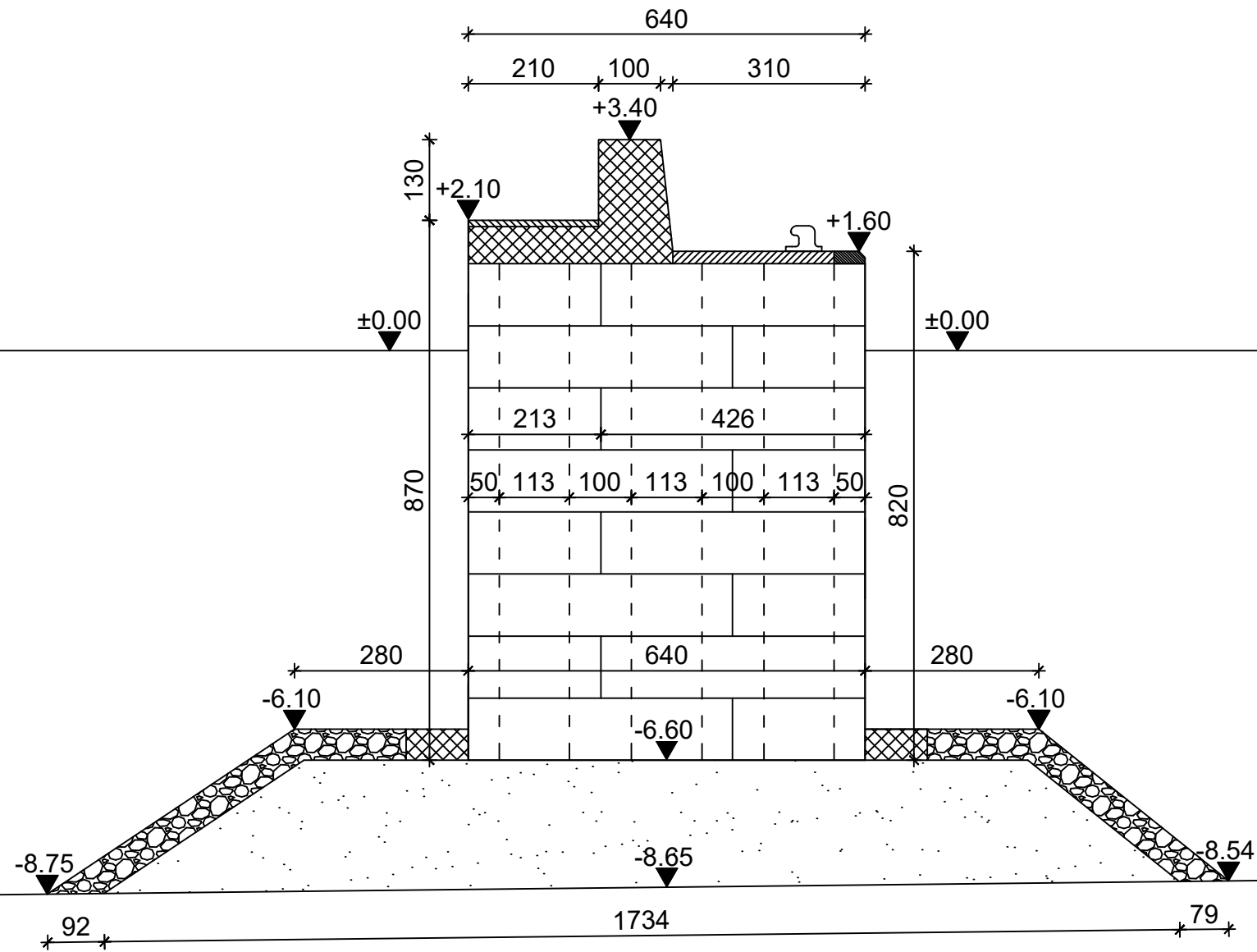
SADRŽAJ PRILOGA:

SITUACIJSKI PRIKAZ NASUTOG LUKOBRANA

MJERILO:  
 1:1000

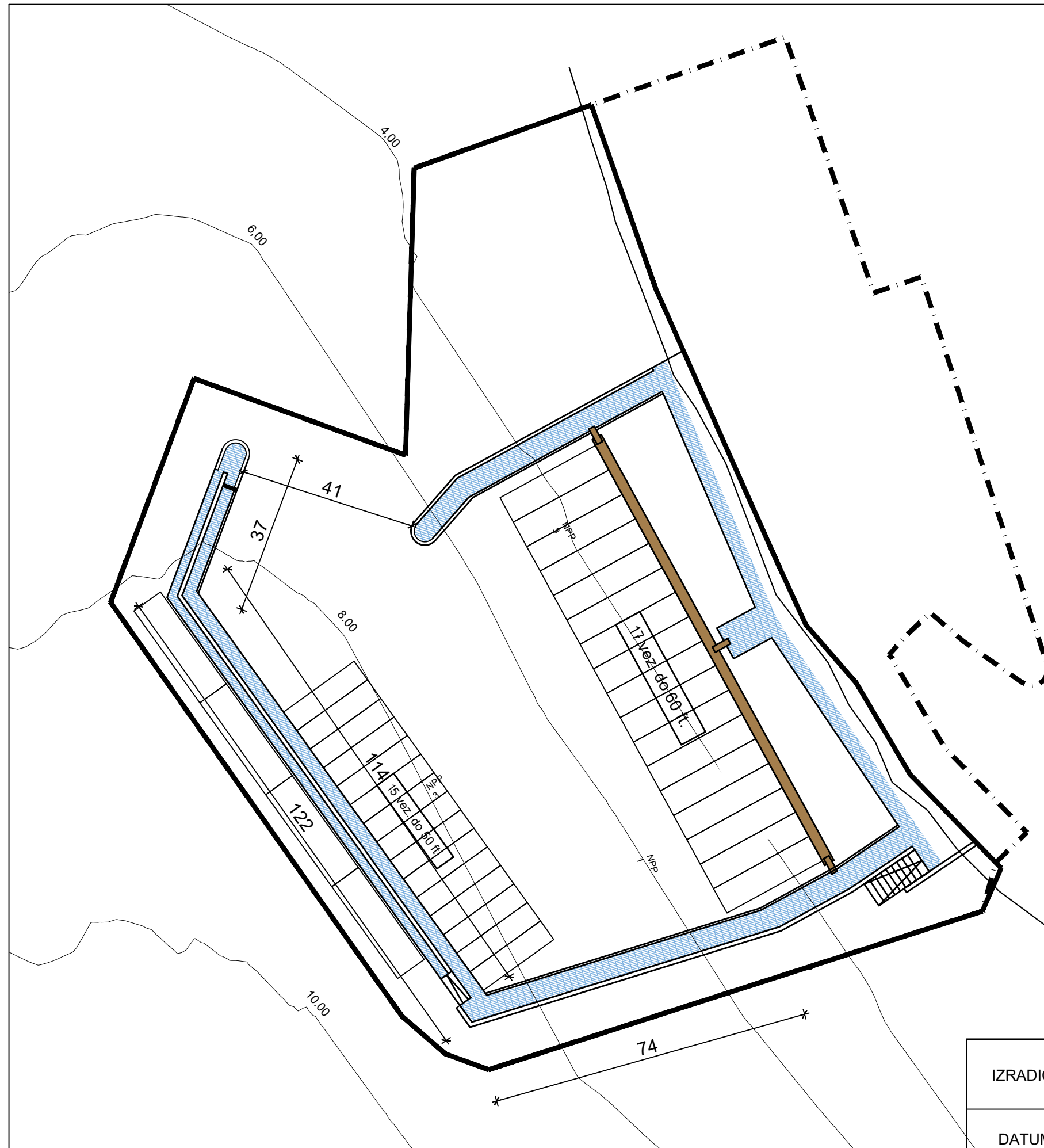
BR. PRILOGA:  
 11.2


PRIJEDLOG RJEŠENJA  
 LUKOBRANA TIPA ZID  
 Mj. 1:100



IZRADIO: IVAN RADIĆ	 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU,          GRAĐEVINSKO-ARHITEKTONSKI FAKULTET          21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15          MB 3149463, tel: + 385 (0)21 303333, fax: + 385 (0)21 465117</p>	
DATUM: rujan, 2021.		
SADRŽAJ PRILOGA: PRIJEDLOG RJEŠENJA LUKOBRANA TIPA ZID	MJERILO: 1:100	BR. PRILOGA: 11.3

SITUACIJSKI PRIKAZ  
 LUKOBRANA TIPA ZID  
 Mj. 1:1000



IZRADIO: IVAN RADIĆ	 SVEUČILIŠTE U SPLITU, GRAĐEVINSKO-ARHITEKTONSKI FAKULTET 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463, tel: + 385 (0)21 303333, fax: + 385 (0)21 465117	
DATUM: rujan, 2021.		
SADRŽAJ PRILOGA: SITUACIJSKI PRIKAZ LUKOBRANA TIPA ZID	MJERILO: 1:1000	BR. PRILOGA: 11.4