

# Izvedbeni projekt uređenja obalnog područja općine Podstrana od ušća rijeke Žrnovnice do lučice u Strožancu

---

**Barnjak, Monika**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2018**

*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:123:056070>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-21**



*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**

# **DIPLOMSKI RAD**

**Monika Barnjak**

**Split, 2018.**

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

**Monika Barnjak**

**Izvedbeni projekt uređenja obalnog područja općine  
Podstrana od ušća rijeke Žrnovnice do lučice u  
Stožancu**

**Diplomski rad**

**Split, 2018.**

## **Izvedbeni projekt uređenja obalnog područja općine Podstrana od ušća rijeke Žrnovnice do lučice u Strožancu**

### ***Sažetak:***

Zadatkom se predviđa izrada projektne dokumentacije za potrebe izvedbe projekta uređenja obalnog pojasa Općine Podstrana, na potezu od ušća rijeke Žrnovnice na zapadu do lučice Strožanac na istoku. Zadatak obuhvaća izradu elaborata vjetrovalne klime, dimenzioniranje dva pera, plaže te troškovnika.

### ***Ključne riječi:***

plaža, pera, vjetrovalna klima, dimenzioniranje, obala, CG Wave, numerički model

## **Implementation project of the coastal area of the Podstrana from the mouth of the river Žrnovnica to the harbor in Strožanac**

### ***Abstract:***

The task is to design project documentation for the implementation of the Coastal Zone Planning Project of the Podstrana, from the mouth of the Žrnovnica River in the west to the Strožanac harbor in the east. The task covers the development of the wind climate, the dimensioning of two dykes, the beach and the cost estimate.

### ***Keywords:***

beach, dykes, wind climate, dimensioning, coast, CG Wave, numerical model

*Zahvaljujem mentoru doc. dr. sc Veljku Srziću na  
pomoći i savjetima pri pisanju ovoga rada  
te mojim roditeljima na podršci tijekom studiranja.*

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

STUDIJ: **DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA**  
KANDIDAT: Monika Barnjak  
BROJ INDEKSA: 635  
KATEDRA: **Katedra za privrednu hidrotehniku**  
PREDMET: Obalno inženjerstvo

**ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD**

Tema: Izvedbeni projekt uređenja obalnog područja općine Podstrana od ušća rijeke Žrnovnice do lučice u Strožancu

Opis zadatka: Zadatkom se predviđa izrada projektne dokumentacije za potrebe izvedbe projekta uređenja obalnog pojasa Općine Podstrana, na potezu od ušća rijeke Žrnovnice na zapadu do lučice Strožanac na istoku. U sklopu predviđene dokumentacije od kandidatkinje se očekuje:

- Izraditi elaborat vjetrovalne klime sa definicijom parametara dubokovodnog vala i analizom valnog polja u zoni obuhvata za mjerodavne smjerove vjetra/vala korištenjem numeričkog modela CG WAVE
- Dimenzionirati kameno pero na istočnom rubu obuhvata
- Dimenzionirati kameno pero na zapadnom rubu obuhvata
- Definirati obalnu liniju plaže u zoni obuhvata
- Propisati tehnologiju i faznost izvedbe predviđenih pera i plaže
- Izraditi troškovnik radova prema prethodnim stavkama

Izraditi grafičke priloge u kojima su sadržani: pregledna situacija obuhvata sa planiranim stanjem, situacijski nacrt, poprečni i uzdužni presjek kamenih pera, poprečni presjeci plaže

U Splitu, 05.03.2018.

Voditelj Diplomskog rada:

Doc. dr. sc. Veljko Srzić

Predsjednik Povjerenstva  
za završne i diplomske ispite:  
Doc. dr. sc. Veljko Srzić

## S a d r Ź a j

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. UVOD .....</b>  | <b>6</b>  |
| <b>2. TEHNIČKI OPIS .....</b>   | <b>7</b>  |
| <b>3. VJETROVALNA KLIMA.....</b>  | <b>9</b>  |
| 3.1. Podaci o vjetru.....   | 9         |
| 3.2. Privjetrišta .....   | 13        |
| 3.2.1. Definiranje efektivnog privjetrišta                                  | 13        |
| 3.3. Parametri dubokovodnog vala: značajna valna visina i period vala ..... | 15        |
| 3.3.1. Provjera stanja postignuća potpuno razvijenog mora                   | 15        |
| 3.4. Dugoročne prognoze .....   | 18        |
| 3.4.1. Gumbelova distribucija   | 18        |
| 3.4.2. Pareto distribucija  | 19        |
| 3.4.3. Smjer S  | 20        |
| 3.4.4. Smjer SE   | 22        |
| 3.4.5. Smjer SW   | 24        |
| 3.5. Zaključak vjetrovalne klime.....                                       | 26        |
| <b>4. NUMERIČKI MODEL VALOVANJA CGWAVE.....</b>                             | <b>28</b> |
| 4.1. Rezultati proračuna za smjer SW.....                                   | 32        |
| 4.2. Rezultati proračuna za smjer S.....                                    | 35        |
| <b>5. DIMENZIONIRANJE POMORSKIH GRAĐEVINA.....</b>                          | <b>37</b> |
| 5.1. Pera.....  | 38        |
| 5.1.1. Pero 1   | 40        |
| 5.1.2. Pero s bujicom Polača  | 41        |
| 5.2. Plaža .....  | 43        |
| <b>6. TEHNIČKO RJEŠENJE IZVEDBE .....</b>                                   | <b>47</b> |

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| 6.1.       | Faza 1 .....  | 47        |
| 6.2.       | Faza 2 .....  | 50        |
| <b>7.</b>  | <b>TROŠKOVNIK RADOVA.....</b>   | <b>53</b> |
| 7.1.       | Faza 1 .....  | 53        |
| 7.2.       | Faza 2 .....  | 58        |
| <b>8.</b>  | <b>ZAKLJUČAK.....</b>   | <b>62</b> |
| <b>9.</b>  | <b>PRILOZI .....</b>  | <b>64</b> |
| 9.1.       | Pregledna situacija M 1:500.....  | 64        |
| 9.2.       | Poprečni profil plaže: 1, 2 i 3 M 1:100 .....   | 64        |
| 9.3.       | Poprečni profil plaže: 4 i 5 M 1:100 .....  | 64        |
| 9.4.       | Pero 1 .....  | 64        |
| 9.4.1.     | Pregledna situacija M 1:200   | 64        |
| 9.4.2.     | Uzdužni presjek M 1:100; Normalni poprečni presjek M 1:50; Faza 1   | 64        |
| 9.4.3.     | Uzdužni presjek pera M 1:100; Normalni poprečni presjek B-B M1:50; Normalni poprečni presjek C-C M 1:50; Normalni poprečni presjek D-D M 1:50; Konačno stanje | 64        |
| 9.5.       | Pero s bujicom Polača .....   | 64        |
| 9.5.1.     | Pregledna situacija M 1:200   | 64        |
| 9.5.2.     | Uzdužni presjek M 1:100; Normalni poprečni presjek B-B M 1:50; Normalni poprečni presjek C-C M 1:50; Faza 1   | 64        |
| 9.5.3.     | Uzdužni presjek M 1:100; Normalni poprečni presjek B-B M 1:50; Normalni poprečni presjek C-C M 1:50; Faza 2   | 64        |
| <b>10.</b> | <b>LITERATURA .....</b>   | <b>65</b> |



## **1. UVOD**

Izvedbeni projekt uređenja obalnog područja općine Podstrana od ušća rijeke Žrnovnice do lučice u Strožancu, dio je predmetnog obuhvata Idejnog projekta Uređenja obalnog područja općine Podstrana od ušća rijeke Žrnovnice do Hotela Lav [1], te kasnije predmetom Glavnog projekta Uređenja obalnog područja općine Podstrana od ušća rijeke Žrnovnice do Hotela Lav [1]. Izvedbeni projekt pomorskih građevina izrađen je uvažavajući rezultate, zaključke, smjernice i tehničke parametre sadržane i prikazane u Idejnom i Glavnom projektu.

Idejnim projektom koncepcijski je riješeno uređenje obalnog područja u Podstrani. Predviđa se uređenje i rekonstrukcija obalne crte (plaža i obalnih konstrukcija), izgradnja šetnice, izgradnja objekata u funkciji plaže i šetnice, izgradnja i rekonstrukcija pristupnih kolnih i kolno-pješačkih prometnica i pješačkih staza od glavne kolne longitudinalne prometnice naselja prema obali, izgradnja parkirališta i izvedba novih infrastrukturnih objekata. Obalno područje općine Podstrana, koje je predmet ovog zahvata, izduženo je u smjeru sjeverozapad-jugoistok; približne je duljine 4,5 kilometara i prosječne širine 30,00 metara.

Prije izrade Idejnog projekta prikupljeni su potrebni podaci i izrađene podloge:

- Batimetrijski premjer i podloga (FGAG)
- Elaborat vjetrovalne klime na području obuhvata (FGAG)
- Izvještaj o obavljenim geomehaničkim istražnim radovima [2]

## 2. TEHNIČKI OPIS

Predmet zadatka ovog rada je izrada projektne dokumentacije za potrebe izvedbe projekta uređenja obalnog pojasa Općine Podstrana, na potezu od ušća rijeke Žrnovnice na sjeverozapadu do lučice Strožanac na jugo-istoku. U sklopu zadatka izrađen je elaborat vjetrovalne klime, temeljem podataka o mjerenim satnim brzinama vjetra i prevladavajućeg smjera za razdoblje od 01.01.2000.-31.12.2009., s mjerne postaje Marjan, Split (izvor DHMZ).

Izradom ruže vjetrova i obradom podataka, utvrđena su tri mjerodavna smjera, i to smjerovi: jug, jugoistok i jugozapad. Dugoročnom prognozom valnih parametara, koristeći Gumbelovu i Pareto distribuciju, dobivene su vrijednosti dubokovodnih parametara vala za povratni period od 5, 20, 50 i 100 godina za mjerodavna privjetrišta 12.92 km (S), 16.07 km (SW) i 10.15 km (SE). Nakon toga provedeno je numeričko modeliranje transformacije valnog polja u softveru SMS- CG WAVE. Analiza transformacije valnog polja u zoni utjecaja morskog dna je izvršena za smjerove: S sa parametrima dubokovodnog vala  $H_s^{100}=2,33$  m i  $T_s^{100}=4,83$  s i SW sa parametrima dubokovodnog vala  $H_s^{100}=2,85$  m i  $T_s^{100}=4,47$  s.

Na području od ušća rijeke Žrnovnice do lučice u Strožancu, nalaze se tri tipa pomorskih građevina i to plaža između dva pera, pero te bujično pero. Izvedba radova se vrši u dvije faze. Prva faza radova podrazumijeva gradnju pera neposredno u blizini ušća rijeke Žrnovnice sa nadvišenjem od 1,00 m od konačne kote krune koja iznosi 1,50 m sa kamenom mase 50 do 200 kg. Potrebno je 6 mjeseci pratiti proces slijeganja te nakon toga prijeći u drugu fazu, budući da će u tom procesu doći do tonjenja velike količine materijala u postojeći materijal na morskom dnu. Nakon završetka procesa slijeganja, može se pristupiti drugoj fazi izgradnje pera. Ukupna dužina pera iznosi 72,00 m, dok je širina pera u kruni 7,00 metara. Prvu fazu izvedbe radova obuhvaća i izrada pera sa bujicom Polača u kojoj je potrebno zamijeniti temeljno tlo u iznosu od 3,0 metra te izgraditi pero kote krune od 2,60 m. Konačna kota krune pera sa bujicom Polača je 1,60 m, dužina je 26,35 m, širina krune iznosi 7,00 m, a primarna obloga bujičnog pera izvodi se sa kamenim blokovima mase 1000-1500 kg.

Na području od ušća rijeke Žrnovnice do lučice u Strožancu predviđa se izgradnja jedne plaže između Pera 1 i bujičnog pera Polača. Projektirana krivolinijska dužina plaže je 230 m, a prosječna širina iznosi 27,00 metara. Površina plaže iznosi oko 6210 m<sup>2</sup>, što obzirom na standard od potrebnih 5-8 m<sup>2</sup> po kupaču, osigurava potreban kapacitet od 700-800 kupača postavljen od strane investitora zahvata. Zbog blagog nagiba dna i dostupnosti materijala, prihranjivanje i formiranje plaže od Pera 1 do bujičnog pera Polača, vrši se frakcijom pijeska  $D_{50}=1,50$  mm ili finijeg.

Troškovnik radova podijeljen je u dvije faze kao i sama izvedba radova. Prva faza se sastoji od pripremnih i zemljanih radova te ukupni troškovi prve faze iznose 2.493.458,28 HRK. Druga faza se sastoji od zemljanih, betonskih, armiranobetonskih, armiračkih i kamenarskih radova. Troškovi druge faze su 1.178.134,01 HRK, dok ukupni troškovi prve i druge faze iznose 3.671.592,29 HRK.








### 3. VJETROVALNA KLIMA




#### 3.1. Podaci o vjetru

Analizirani su podaci Državnog hidrometeorološkog zavoda Republike Hrvatske s meteorološke postaje Split Marjan, koja se nalazi na 122 m n.m., za razdoblje od 1.1.2000.-31.12.2009..

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. Beaufortova ljestvica sadrži 0 – 12 stupnjeva, kojima su pridružene odgovarajuće srednje brzine vjetra (Tablica 3.1).

Tablica 3.1 Beuforova ljestvica vjetra

| 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<br>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<br>1 - 5 km/h   |
| 2      | povjetarac         | vjetrulja se pokreće, lišće treperi, svilena zastava leprša                       | mali valići, kreste valića su još prozime i ne lome se    |  | 1.6 - 3.3 m/s<br>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<br>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<br>20 - 28 km/h |
| 5      | umjeren jak vjetar | njiše veće lisnate grane a i čitava mala stabla                                   | umjereni valovi, puno bijelih krijesti na vrhovima valova |  | 8.0-10.7 m/s<br>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    |  | 10.8-13.8 m/s<br>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                                       |   | 13.9-17.1<br>m/s<br>50 - 61<br>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    |   | 17.2-20.7<br>m/s<br>62 - 74<br>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                           |   | 20.8-24.4<br>m/s<br>75 - 88<br>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          |   | 24.5-28.4<br>m/s<br>88-102<br>km/h  |
| 11 | teška oluja     | čini teške štete, na većem području djeluje razorno                                | ekstremno visoki valovi, sva površina bijela od pjene, vidljivost jako smanjena            |   | 28.5-32.6<br>m/s<br>103-117<br>km/h |
| 12 | orkan           | opustoši čitav jedan kraj  | zrak je ispunjen sa kapljicama vode i pjenom, cijela površina bijena, jako mala vidljivost |  | 32.7-36.9<br>m/s<br>118-133<br>km/h |

Dominantni smjerovi vjetra su bura – NE sa relativnom učestalosti od 29,2% i jugo – SE sa relativnom učestalosti od 22,9%, dok je vladajući smjer NE sa maksimalnom brzinom od 28,4 m/s. U Tablici 3.2 prikaz je svih 16 smjerova sa svojim apsolutnim učestalostima, dok je u Tablici 3.3 prikaz relativnih učestalosti svih 16 smjerova.

Tablica 3.2 Apsolutna tablica kontigencije vjetra

| jač. (Bf)  | 0   | 1   | 2   | 3   | 4     | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   |       |
|------------|-----|-----|-----|-----|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 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 |       |
|            | 0,2 | 1,5 | 3,3 | 5,4 | 7,9   | 10,7 | 13,8 | 17,1 | 20,7 | 24,4 | 28,4 | 32,6 | 36,9 | Zbroj |
| N          | 0   | 0   | 0   | 0   | 170   | 54   | 13   | 1    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 238   |
| NNE        | 0   | 0   | 0   | 0   | 2156  | 1644 | 563  | 104  | 19   | 10   | 0    | 0    | 0    | 4496  |
| NE         | 0   | 0   | 0   | 0   | 3641  | 2453 | 678  | 172  | 49   | 5    | 2    | 0    | 0    | 7000  |
| ENE        | 0   | 0   | 0   | 0   | 390   | 118  | 15   | 3    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 526   |
| E          | 0   | 0   | 0   | 0   | 209   | 15   | 1    | 2    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 227   |
| ESE        | 0   | 0   | 0   | 0   | 1901  | 1243 | 486  | 95   | 1    | 0    | 0    | 0    | 0    | 3726  |
| SE         | 0   | 0   | 0   | 0   | 1919  | 2086 | 1149 | 295  | 29   | 0    | 0    | 0    | 0    | 5478  |
| SSE        | 0   | 0   | 0   | 0   | 226   | 220  | 158  | 42   | 5    | 0    | 0    | 0    | 0    | 651   |
| S          | 0   | 0   | 0   | 0   | 115   | 101  | 72   | 43   | 1    | 0    | 0    | 0    | 0    | 332   |
| SSW        | 0   | 0   | 0   | 0   | 151   | 110  | 56   | 20   | 2    | 0    | 0    | 0    | 0    | 339   |
| SW         | 0   | 0   | 0   | 0   | 217   | 26   | 10   | 1    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 254   |
| WSW        | 0   | 0   | 0   | 0   | 139   | 2    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 141   |
| W          | 0   | 0   | 0   | 0   | 15    | 1    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 16    |
| WNW        | 0   | 0   | 0   | 0   | 4     | 2    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 6     |
| NW         | 0   | 0   | 0   | 0   | 31    | 3    | 2    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 36    |
| NNW        | 0   | 0   | 0   | 0   | 45    | 8    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 53    |
| C          | 438 | 0   | 0   | 0   | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 438   |
|            | 438 | 0   | 0   | 0   | 11329 | 8086 | 3203 | 778  | 106  | 15   | 2    | 0    | 0    | 23957 |

Tablica 3.3 Relativna tablica kontigencije vjetra

| jač. (Bf)  | 0        | 1   | 2   | 3   | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        | 9        | 10       | 11   | 12   |          |
|------------|----------|-----|-----|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------|------|----------|
| 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 |          |
|            | 0,2      | 1,5 | 3,3 | 5,4 | 7,9      | 10,7     | 13,8     | 17,1     | 20,7     | 24,4     | 28,4     | 32,6 | 36,9 | Zbroj    |
| N          | 0        | 0   | 0   | 0   | 7,096047 | 2,254038 | 0,542639 | 0,041741 | 0        | 0        | 0        | 0    | 0    | 9,934466 |
| NNE        | 0        | 0   | 0   | 0   | 89,99457 | 68,62295 | 23,50044 | 4,341111 | 0,793088 | 0,417415 | 0        | 0    | 0    | 187,6696 |
| NE         | 0        | 0   | 0   | 0   | 151,9806 | 102,3918 | 28,30071 | 7,17953  | 2,045331 | 0,208707 | 0,083483 | 0    | 0    | 292,1902 |
| ENE        | 0        | 0   | 0   | 0   | 16,27917 | 4,925492 | 0,626122 | 0,125224 | 0        | 0        | 0        | 0    | 0    | 21,956   |
| E          | 0        | 0   | 0   | 0   | 8,723964 | 0,626122 | 0,041741 | 0,083483 | 0        | 0        | 0        | 0    | 0    | 9,47531  |
| ESE        | 0        | 0   | 0   | 0   | 79,3505  | 51,88463 | 20,28635 | 3,965438 | 0,041741 | 0        | 0        | 0    | 0    | 155,5287 |
| SE         | 0        | 0   | 0   | 0   | 80,10185 | 87,07267 | 47,96093 | 12,31373 | 1,210502 | 0        | 0        | 0    | 0    | 228,6597 |
| SSE        | 0        | 0   | 0   | 0   | 9,433568 | 9,18312  | 6,59515  | 1,753141 | 0,208707 | 0        | 0        | 0    | 0    | 27,17369 |
| S          | 0        | 0   | 0   | 0   | 4,800267 | 4,215887 | 3,005385 | 1,794882 | 0,041741 | 0        | 0        | 0    | 0    | 13,85816 |
| SSW        | 0        | 0   | 0   | 0   | 6,302959 | 4,59156  | 2,337521 | 0,834829 | 0,083483 | 0        | 0        | 0    | 0    | 14,15035 |
| SW         | 0        | 0   | 0   | 0   | 9,057895 | 1,085278 | 0,417415 | 0,041741 | 0        | 0        | 0        | 0    | 0    | 10,60233 |
| WSW        | 0        | 0   | 0   | 0   | 5,802062 | 0,083483 | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0    | 0    | 5,885545 |
| W          | 0        | 0   | 0   | 0   | 0,626122 | 0,041741 | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0    | 0    | 0,667863 |
| WNW        | 0        | 0   | 0   | 0   | 0,166966 | 0,083483 | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0    | 0    | 0,250449 |
| NW         | 0        | 0   | 0   | 0   | 1,293985 | 0,125224 | 0,083483 | 0        | 0        | 0        | 0        | 0    | 0    | 1,502692 |
| NNW        | 0        | 0   | 0   | 0   | 1,878365 | 0,333932 | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0    | 0    | 2,212297 |
| C          | 18,28276 | 0   | 0   | 0   | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0    | 0    | 18,28276 |
|            | 18,28276 | 0   | 0   | 0   | 472,8889 | 337,5214 | 133,6979 | 32,47485 | 4,424594 | 0,626122 | 0,083483 | 0    | 0    | 1000     |

Mjerodavni smjerovi vjetra, s obzirom na geografski položaj i orijentaciju područja obuhvata, su S (oštro), SE (jugo) i SW (lebić).

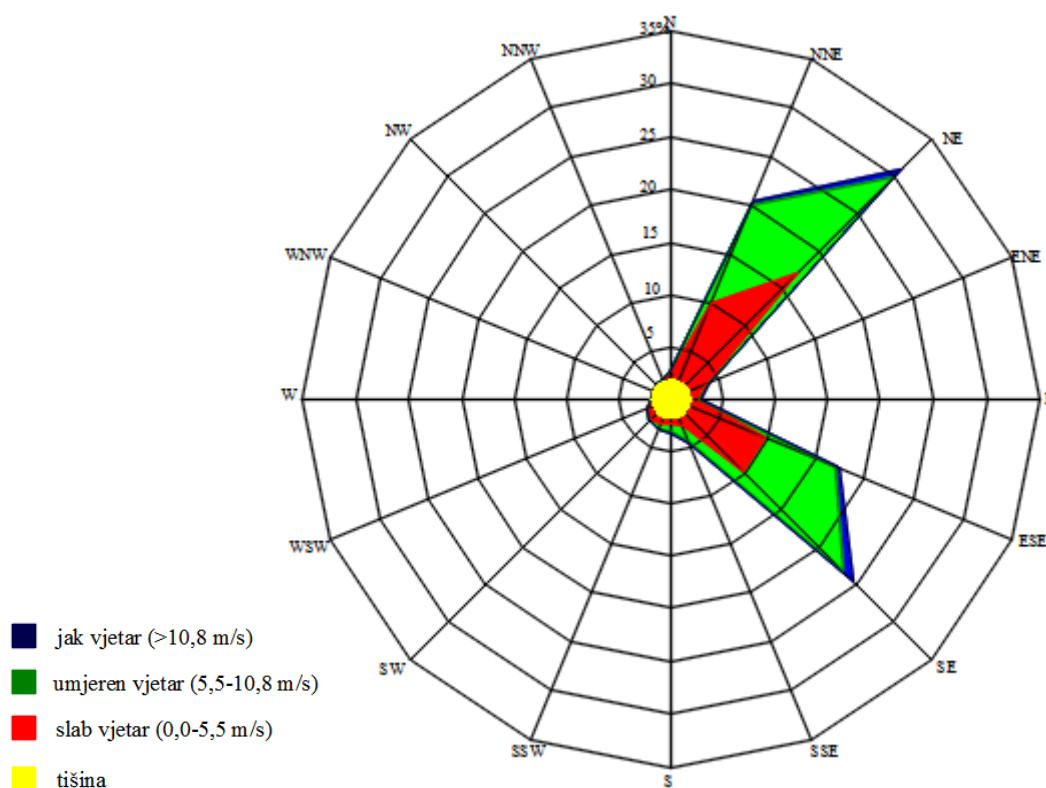
Jugo redovito puše jednoličnom brzinom na prednjoj strani ciklonalnih poremećaja koji prelaze područje Jadrana od zapada prema istoku i stvara velike valove. Oštro ili loštrac je južni vjetar. To je topao i vlažan vjetar koji najčešće ne puše dugo, ali može dostići znatnu jakost. Lebić je obično suh i topao vjetar, koji na Jadranu zapuše poslije juga, kada sredozemna ciklona prijeđe s mora na kopno zapadnog ili središnjeg djela Hrvatske. Uglavnom ne traje dugo, ali

može biti vrlo jak (lebićada). Osobito je opasan zbog "križanja" valova i poplavnog dizanja mora u plitkim lukama koje su otvorene prema jugozapadu.

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 u 23 957 mjerenja. 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.

Ruža vjetrova za razdoblje od 1.1.2000.-31.12.2009., za mjernu postaju Split – Marjan prikazana je na Slici 3.1..

Ruža vjetrova je podijeljena na 16 smjerova, od kojih su 8 osnovnih (sjever, sjeveroistok, istok, jugoistok, jug, jugozapad, zapad, sjeverozapad) te 8 sporednih (sjever-sjeveroistok, istok-sjeveroistok, istok-jugoistok, jug-jugoistok, jug-jugozapad, zapad-jugozapad, zapad-sjeverozapad, sjever-sjeverozapad). Brzina vjetra iskazuje se u metrima po sekundi (m/s). Ruža vjetrova daje uvid u relativnu učestalost iznosa brzine vjetra pojedinog smjera. Brzina vjetra prikazuje se u zadanom omjeru na skali uz ružu vjetrova. Smjer vjetra ukazuje na smjer iz kojeg puše vjetar i prikazan je u obliku relativne učestalosti pojedinog smjera u razdoblju mjerenja.



Slika 3.1 Ruža vjetrova za Split od 1.1.2000.-31.12.2009.

## 3.2. Privjetrišta

Privjetrište ili razgon predstavlja udaljenost nad kojom vjetar može nesmetano djelovati na morsku površinu, a ograničeno je postojanjem obalne linije ili veličinom sinoptičkog sustava koje uzrokuje pojavu vjetra. Razgon predstavlja duljinu, gledano po pravcu puhanja vjetra, na kojoj se val razvija.

### 3.2.1. Definiranje efektivnog privjetrišta

Proračun efektivne duljine privjetrišta za sve smjerove provodi se tako što se u svakom od odabranih smjerova postavi centralna zraka koja kao ishodište ima odabranu točku za dobivanje projektnog vala u dubokom moru. Rotacijom od  $6^\circ$  u smjeru kazaljke na satu (do  $-42^\circ$ ) i suprotno od kazaljke na satu (do  $+42^\circ$ ) postavljeni su 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 čime se dobiva i vrijednost duljine efektivnog privjetrišta. Proračun efektivnog privjetrišta napravljen je za tri mjerodavna smjera: S, SE i SW.

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

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

$\alpha_i$ - kut otklona zrake vale u odnosu na zraku smjera za koji se izračunava efektivno privjetrište  
[°]

$F_i$ - duljina privjetrišta zrake otklonjene za kut  $\alpha_i$  (km)

Na Slici 3.2-3.4 prikazane su zrake za tri navedena smjera, a proračun za svaki mjerodavni smjer, prikazan je u tablicama 3.4.-3.6. Efektivna duljina privjetrišta za smjer S iznosi 12,92 km, za SE 10,15 km te za SW 16,07 km.





Slika 3.2 Prikaz privjetrišta za smjer S

Tablica 3.4 Proračun efektivnog privjetrišta za smjer S

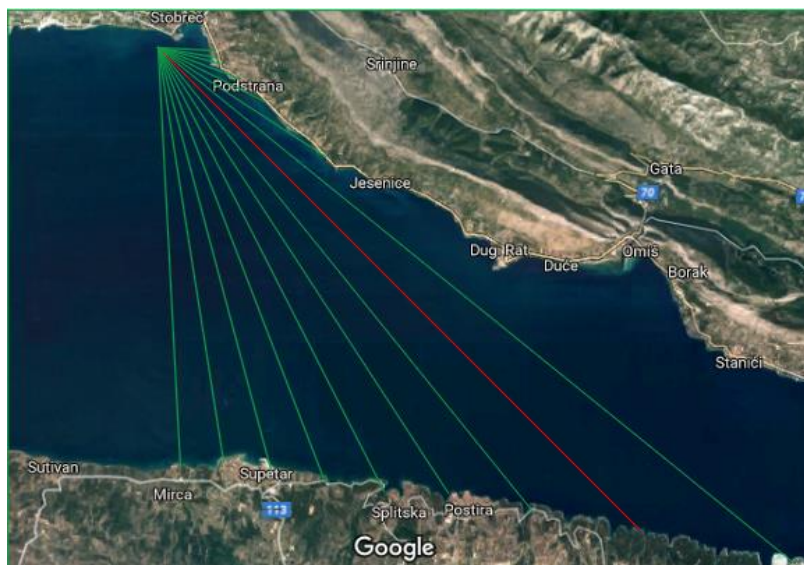
| Kut (°)                 | fi (km)         | cos α  | fi*cos <sup>2</sup> α |
|-------------------------|-----------------|--------|-----------------------|
| 42                      | 20,75           | 0,743  | 11,46                 |
| 36                      | 17,58           | 0,809  | 11,51                 |
| 30                      | 15,11           | 0,866  | 11,34                 |
| 24                      | 14,66           | 0,913  | 12,23                 |
| 18                      | 13,28           | 0,951  | 12,02                 |
| 12                      | 12,46           | 0,978  | 11,92                 |
| 6                       | 12,08           | 0,994  | 11,94                 |
| 0                       | 12,07           | 1      | 12,07                 |
| -6                      | 12,61           | 0,994  | 12,47                 |
| -12                     | 12,50           | 0,978  | 11,96                 |
| -18                     | 12,78           | 0,951  | 11,56                 |
| -24                     | 13,02           | 0,913  | 10,87                 |
| -30                     | 13,34           | 0,866  | 10,00                 |
| -36                     | 19,66           | 0,809  | 12,87                 |
| -42                     | 18,78           | 0,743  | 10,37                 |
| Σ                       |                 | 13,511 | 174,58                |
| <b>F<sub>eff</sub>=</b> | <b>12,92 km</b> |        |                       |



Slika 3.3 Prikaz privjetrišta za smjer SW

Tablica 3.5 Proračun efektivnog privjetrišta za smjer SW

| Kut (°)                 | fi (km)         | cos α  | fi*cos <sup>2</sup> α |
|-------------------------|-----------------|--------|-----------------------|
| 42                      | 11,91           | 0,743  | 6,58                  |
| 36                      | 11,89           | 0,809  | 7,78                  |
| 30                      | 11,86           | 0,866  | 8,90                  |
| 24                      | 12,15           | 0,913  | 10,14                 |
| 18                      | 12,46           | 0,951  | 11,27                 |
| 12                      | 12,76           | 0,978  | 12,21                 |
| 6                       | 19,7            | 0,994  | 19,48                 |
| 0                       | 17,17           | 1      | 17,17                 |
| -6                      | 18,81           | 0,994  | 18,60                 |
| -12                     | 19,49           | 0,978  | 18,64                 |
| -18                     | 20,58           | 0,951  | 18,62                 |
| -24                     | 23,5            | 0,913  | 19,61                 |
| -30                     | 30              | 0,866  | 22,5                  |
| -36                     | 29              | 0,809  | 18,98                 |
| -42                     | 11,88           | 0,743  | 6,56                  |
| Σ                       |                 | 13,511 | 217,07                |
| <b>F<sub>eff</sub>=</b> | <b>16,07 km</b> |        |                       |



Slika 3.4 Prikaz privjetrišta za smjer SE

Tablica 3.6 Proračun efektivnog privjetrišta za smjer SE

| Kut (°)                 | fi (km)         | cos α  | fi*cos <sup>2</sup> α |
|-------------------------|-----------------|--------|-----------------------|
| 42                      | 1,65            | 0,743  | 0,91                  |
| 36                      | 1,73            | 0,809  | 1,13                  |
| 30                      | 1,73            | 0,866  | 1,30                  |
| 24                      | 2,51            | 0,913  | 2,10                  |
| 18                      | 3,44            | 0,951  | 3,11                  |
| 12                      | 5,78            | 0,978  | 5,53                  |
| 6                       | 24,00           | 0,994  | 23,74                 |
| 0                       | 19,65           | 1      | 19,65                 |
| -6                      | 17,22           | 0,994  | 17,03                 |
| -12                     | 15,36           | 0,978  | 14,70                 |
| -18                     | 14,19           | 0,951  | 12,83                 |
| -24                     | 13,48           | 0,913  | 11,25                 |
| -30                     | 12,35           | 0,866  | 9,26                  |
| -36                     | 12,147          | 0,809  | 7,94                  |
| -42                     | 12,18           | 0,743  | 6,73                  |
| Σ                       |                 | 13,511 | 137,21                |
| <b>F<sub>eff</sub>=</b> | <b>10,15 km</b> |        |                       |

### 3.3. Parametri dubokovodnog vala: značajna valna visina i period vala

Potrebno je ispitati stanje potpuno razvijenog mora. Ako se pretpostavi da vjetar puše konstantnom brzinom te da je privjetrište dovoljne dužine da se omogući stanje u kojem je potrošena energija jednaka primljenoj od strane vjetra, dolazi se do pojma potpuno razvijenog mora za koji se parametri vala usvajaju konstantnima.

#### 3.3.1. Provjera stanja postignuća potpuno razvijenog mora

Provjera stanja postignuća potpuno razvijenog mora se može ispitati na više načina. U ovom slučaju korištena je Godina metoda [8].

Godina metoda koristi se sljedećim izrazima za proračun minimalne duljine privjetrišta i minimalnog potrebnog puhanja vjetra za postizanje stanja potpuno razvijenog mora:

$$t_{min} = X^{0,73} \cdot U^{-0,46}$$

$$X_{min} = t^{1,73} \cdot U^{0,63}$$

gdje je:

- $t_{min}$ - minimalno vrijeme puhanja vjetra (h)
- $X_{min}$ - minimalna duljina privjetrišta (km)
- X- duljina privjetrišta (km)
- U- brzina vjetra (m/s)
- t- stvarno vrijeme puhanja vjetra (h)

Nakon odabira željene metode potrebno je iz raspoloživih podataka o vjetru utvrditi trajanje puhanja vjetra pojedinog vjetrovnog događaja. Trajanje puhanja pojedinog vjetra sastavni je dio podataka o vjetru od DHMZ-a sa mjerne postaje Split Marjan. Zbrojeno je uzastopno puhanje svakog mjerodavnog vjetra te je određeno maksimalna vrijednost trajanja puhanja. Za smjer S ta vrijednost iznosi 6 sati, za smjer SE 35 sati te za smjer SW 5 h.

Nakon utvrđenog trajanja puhanja vjetra iz sirovih podataka, ispituje se odnos minimalnog potrebnog puhanja vjetra i stvarnog puhanja vjetra.

Parametri dubokovodnog vala, odnosno valna duljina i valni period, izračunati su na dva načina. Prvi način je preko Godinih izraza, dok je drugi očitavanje iz Groen-Dorrenstein (GD) nomograma. Rezultati su uspoređeni te su odabrani oni očitani iz GD nomograma budući da daju veće vrijednosti valne visine čime se dolazi do većeg stupnja sigurnosti. Iznosi valne visine, valnog perioda te valne duljine za mjerodavne smjerove, prikazani su u Tablicama 3.7-3.9.

**Tablica 3.7 Mjerodavni parametri dubokovodnog vala za smjer S**

| v (m/s)                     | 7,90         | 10,70        | 13,80        | 17,10        | 20,70        |
|-----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>F<sub>eff</sub> (km)</b> | 12,92        | 12,92        | 12,92        | 12,92        | 12,92        |
| <b>t<sub>min</sub> (h)</b>  | 2,50         | 2,18         | 1,94         | 1,75         | 1,61         |
| <b>F<sub>min</sub> (km)</b> | 42,81        | 51,83        | 60,84        | 69,64        | 78,55        |
| <b>F odabrano (km)</b>      | <b>12,92</b> | <b>12,92</b> | <b>12,92</b> | <b>12,92</b> | <b>12,92</b> |
| <b>H<sub>s</sub> (m)</b>    | <b>0,70</b>  | <b>0,91</b>  | <b>1,25</b>  | <b>1,46</b>  | <b>1,65</b>  |
| <b>T<sub>s</sub> (s)</b>    | <b>2,70</b>  | <b>2,95</b>  | <b>3,05</b>  | <b>3,45</b>  | <b>3,90</b>  |
| <b>Lo (m)</b>               | <b>11,38</b> | <b>13,59</b> | <b>14,52</b> | <b>18,58</b> | <b>23,75</b> |

Tablica 3.8 Mjerodavni parametri dubokovodnog vala za smjer SE

| v (m/s)                | 7,90         | 10,70        | 13,80        | 17,10        | 20,70        |
|------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>Feff (km)</b>       | 10,16        | 10,16        | 10,16        | 10,16        | 10,16        |
| <b>tmin (h)</b>        | 2,10         | 1,83         | 1,62         | 1,47         | 1,35         |
| <b>Fmin (km)</b>       | 479,60       | 580,61       | 681,55       | 780,12       | 879,90       |
| <b>F odabrano (km)</b> | <b>10,16</b> | <b>10,16</b> | <b>10,16</b> | <b>10,16</b> | <b>10,16</b> |
| <b>Hs (m)</b>          | <b>0,64</b>  | <b>0,82</b>  | <b>1,16</b>  | <b>1,42</b>  | <b>1,82</b>  |
| <b>Ts (s)</b>          | <b>2,60</b>  | <b>2,80</b>  | <b>3,00</b>  | <b>3,20</b>  | <b>3,60</b>  |
| <b>Lo (m)</b>          | <b>10,55</b> | <b>12,24</b> | <b>14,05</b> | <b>15,99</b> | <b>20,23</b> |

Tablica 3.9 Mjerodavni parametri dubokovodnog vala za smjer SW

| v (m/s)                | 7,90         | 10,70        | 13,80        | 17,10        |
|------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>Feff (km)</b>       | 16,07        | 16,07        | 16,07        | 16,07        |
| <b>tmin (h)</b>        | 2,93         | 2,55         | 2,27         | 2,06         |
| <b>Fmin (km)</b>       | 33,35        | 40,37        | 47,39        | 54,25        |
| <b>F odabrano (km)</b> | <b>16,07</b> | <b>16,07</b> | <b>16,07</b> | <b>16,07</b> |
| <b>Hs (m)</b>          | <b>0,78</b>  | <b>1,05</b>  | <b>1,42</b>  | <b>1,65</b>  |
| <b>Ts (s)</b>          | <b>2,95</b>  | <b>3,10</b>  | <b>3,50</b>  | <b>3,85</b>  |
| <b>Lo (m)</b>          | <b>13,59</b> | <b>15,00</b> | <b>19,13</b> | <b>23,14</b> |

### 3.4. Dugoročne prognoze

Za dugoročne valne prognoze potrebno je na raspolaganju imati dovoljno dug niz. Pod pojmom dovoljno dugog niza smatra se da je niz podataka dovoljno dug da su ostvarene sve moguće realizacije prognozirane varijable. U ovom slučaju, svako daljnje povećanje niza neće dovesti do promjene parametara niza.

Dugoročna valna analiza provodi se na uzorku valnih visina za mjerodavne smjerove i tražene povratne periode. Problem nalaženja navedenih parametara vala određenog povratnog perioda svodi se na rješenje problema pomoću izraza:

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

P- funkcija prekoračenja

T- vrijednost povratnog perioda za koji se traži parametar vala (god)

T<sub>m</sub>- vremenski period mjerenja (god)

n- ukupan broj mjerenja u raspoloživom rasponu mjerenja

Mjereni vremenski niz valne visine i perioda opisan je uzoračkom statistikom u obliku histograma učestalosti, funkcije gustoće ili funkcije distribucije. Za prognozu je potrebna funkcija distribucije ili funkcija prekoračenja – definirane samo za mjerenjima dobivene vrijednosti. Prognozirana vrijednost najčešće je izvan intervala mjerenih vrijednosti. Za prognozu je potrebno naći teorijsku distribuciju koja je dobro prilagođena uzoračkoj statistici.

Postoje mnoge teorijske distribucije, ali u razmatranju ovog problema, korištene su Gumbelova i Pareto distribucija.

#### 3.4.1. Gumbelova distribucija

Gumbelova distribucija dobila je ime po njemačkom matematičaru E. J. Gumbelu. Njegov glavni fokus bio je prvenstveno na primjeni teorije ekstremnih vrijednosti u inženjerskim problemima, posebno u modeliranju meteoroloških fenomena poput godišnjih tokova poplava. Gumbelova distribucija poznata je kao i log-Weibullova, odnosno dvostruka eksponencijalna distribucija.

$$\beta = \sqrt{\frac{\sigma_H^2 \cdot 6}{\pi^2}}$$

$$f(H) = \frac{1}{\beta} \cdot e^{-(z+e^{-z})}$$

$$F(H) = e^{-e^{-\left(\frac{x-\mu}{\beta}\right)}}$$

f(h)- funkcija gustoće

F(H)- funkcija distribucije

$\beta$ - parametar Gumbelove distribucije

### 3.4.2. Pareto distribucija

Pareto distribucija je nazvana po talijanskom inženjeru Vilfredu Paretu, koristila se u opisivanju društvenih, znanstvenih i geofizičkih problema. Pareto je jednoparametarska distribucija s eksponencijalnim repom, koja se inače koristi za predviđanje ekstremnih događaja. Jedini parametar je parametar oblika, a vrijednost  $H_m$  je najmanja pozitivna vrijednost značajne valne visine.

$$E(H) = \frac{\alpha \cdot H_m}{\alpha - 1}$$

$$H_m = \frac{(\alpha - 1) \cdot E(H)}{\alpha}$$

$$\sigma^2(H) = \frac{H_m^2 \cdot \alpha}{(\alpha - 1)^2 \cdot (\alpha - 2)}$$

$$f(H) = \frac{H_m^\alpha \cdot \alpha}{H^{\alpha+1}}$$

$$F(H) = 1 - \left(\frac{H_m}{H}\right)^\alpha$$

f(h)- funkcija gustoće

F(H)- funkcija distribucije

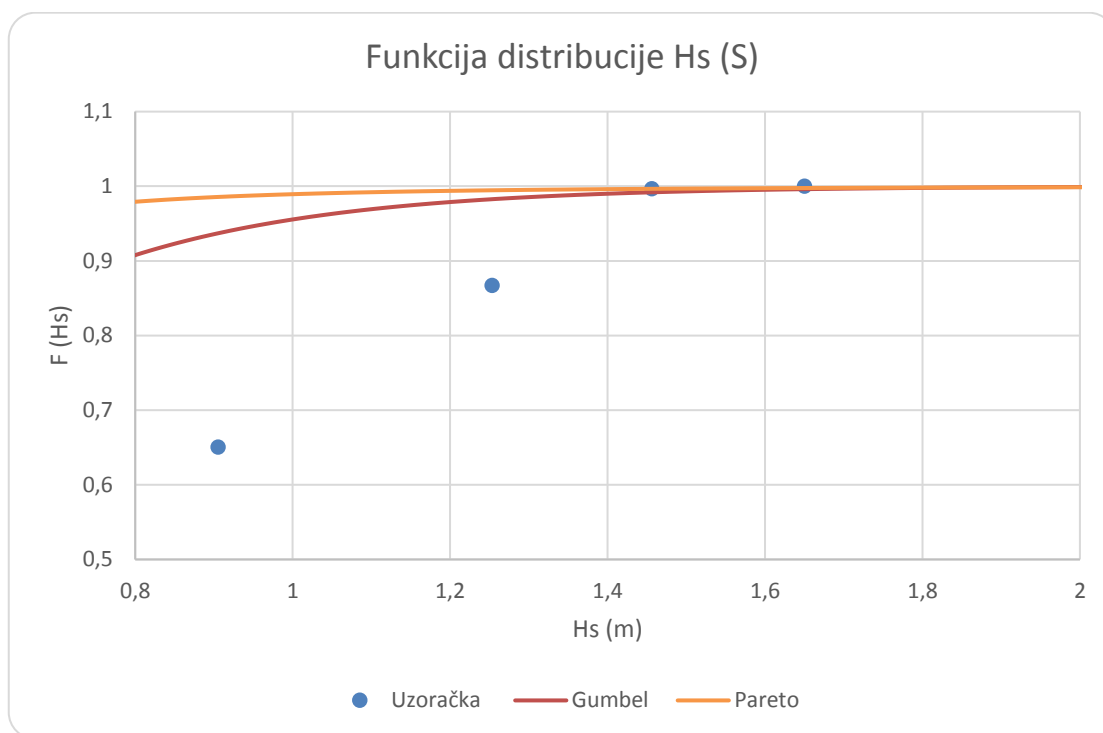
$\alpha$ - parametar Pareto distribucije

U nastavku su prikazani dijagrami na kojima su uzoračka distribucija, Pareto distribucija i Gumbelova distribucija za svaki mjerodavni smjer. Kako bi se dobile što realnije vrijednosti dugoročnih prognoza, potrebno je da teorijske distribucije što bolje prate oblik uzoračke distribucije. To se postiže korekcijom srednje vrijednosti uzorka i standardne devijacije.

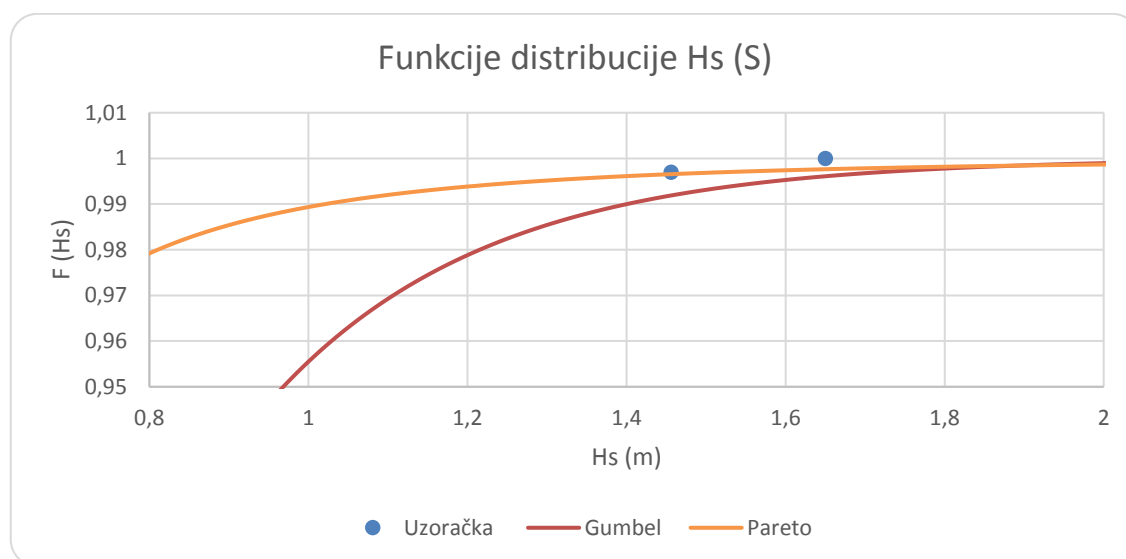
### 3.4.3. Smjer S

Parametri uzoračke distribucije značajne valne visine  $H_s$  za smjer jug, su srednja vrijednost sa iznosom 0,98 m i standardna devijacija 0,0025.

Na slikama 3.5 i 3.6 prikazani su grafovi uzoračke, Pareto i Gumbelove distribucije. Za crtanje Gumbelove distribucije, promijenjeni su parametri uzorka i to srednja vrijednost na 0,181 m te  $\sigma$  na 0,34. Parametri Pareto distribucije su  $H_m$  koji iznosi 0,22 i  $\alpha$  koji iznosi 3.



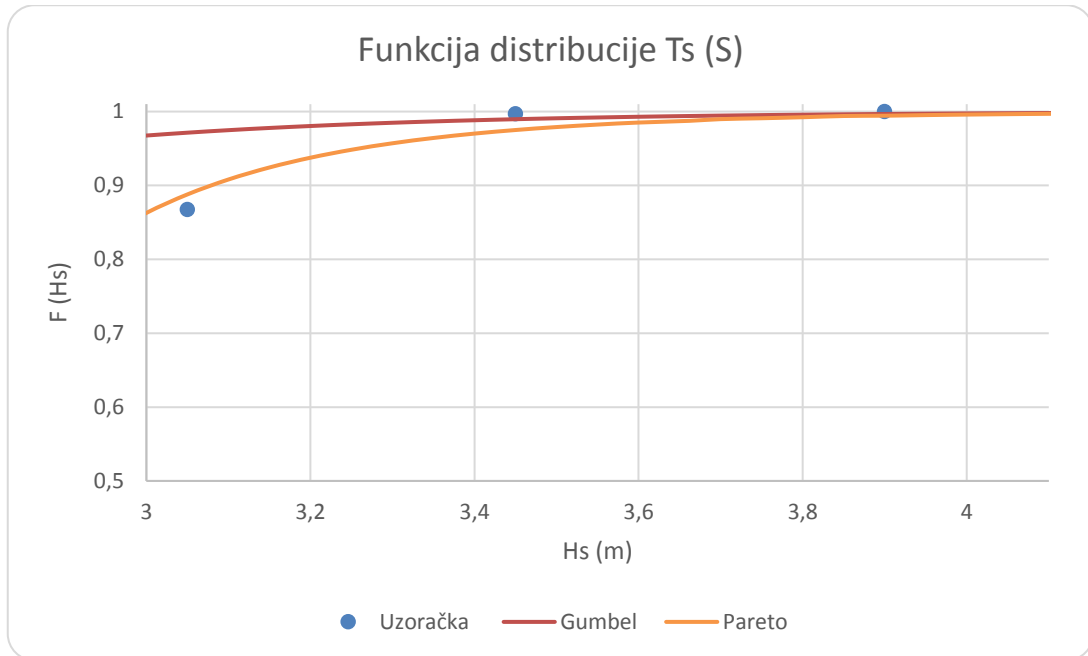
Slika 3.5 Prikaz funkcija distribucije za  $H_s$  (S)



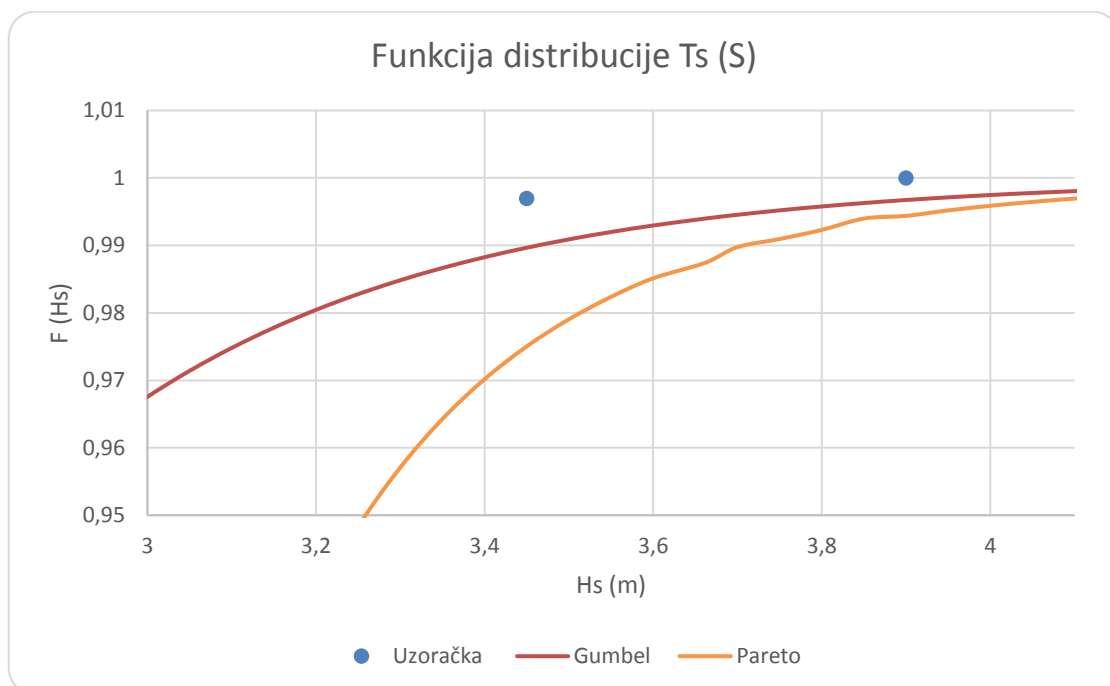
Slika 3.6 Prikaz repa funkcija distribucije za  $H_s$  (S)

Parametri uzoračke distribucije valnog perioda  $T_s$  za smjer jug, su srednja vrijednost sa iznosom 2,95 s i standardna devijacija 0,0037.

Na slikama 3.7 i 3.8 prikazani su grafovi uzoračke, Pareto i Gumbelove distribucije. Za crtanje Gumbelove distribucije, promijenjeni su parametri uzorka i to srednja vrijednost na 1,67 s te  $\sigma$  na 0,5. Parametri Pareto distribucije su  $H_m$  koji iznosi 2,5 i  $\alpha$  koji iznosi 12.



Slika 3.7 Prikaz funkcija distribucije za  $T_s$  (S)



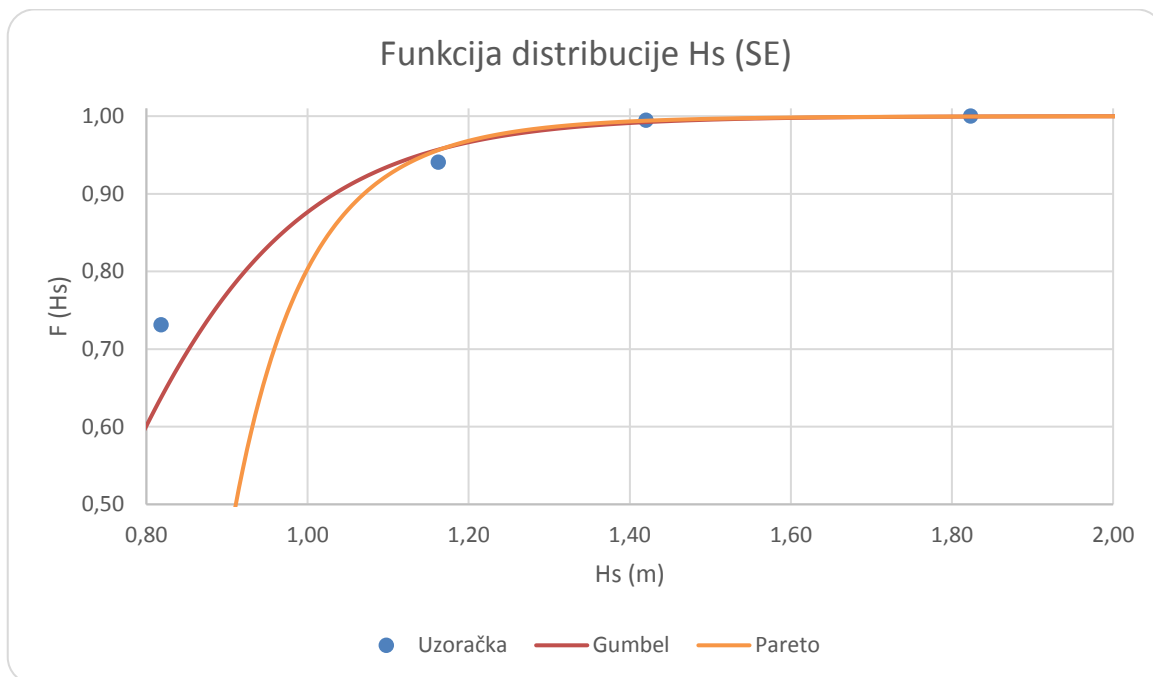
Slika 3.8 Prikaz repa funkcija distribucije za  $T_s$  (S)



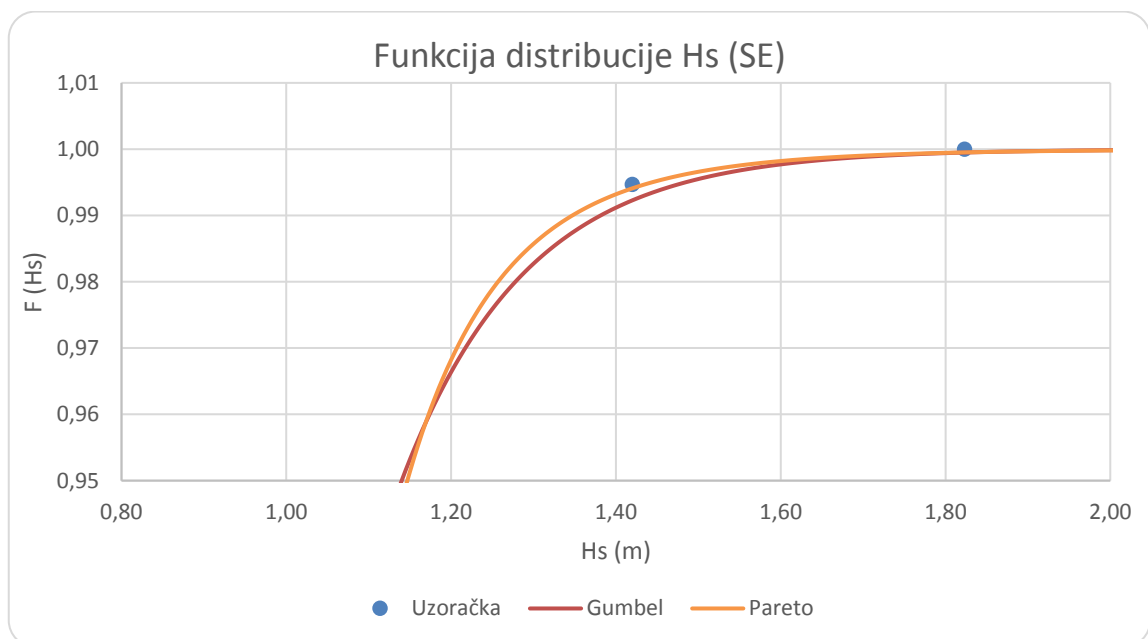
### 3.4.4. Smjer SE

Parametri uzoračke distribucije značajne valne visine  $H_s$  za smjer jugoistok, su srednja vrijednost sa iznosom 0,86 m i standardna devijacija 0,00025.

Na slikama 3.9 i 3.10 prikazani su grafovi uzoračke, Pareto i Gumbelove distribucije. Za crtanje Gumbelove distribucije, promijenjeni su parametri uzorka i to srednja vrijednost na 0,7 m te  $\sigma$  na 0,19. Parametri Pareto distribucije su  $H_m$  koji iznosi 0,85 i  $\alpha$  koji iznosi 10.



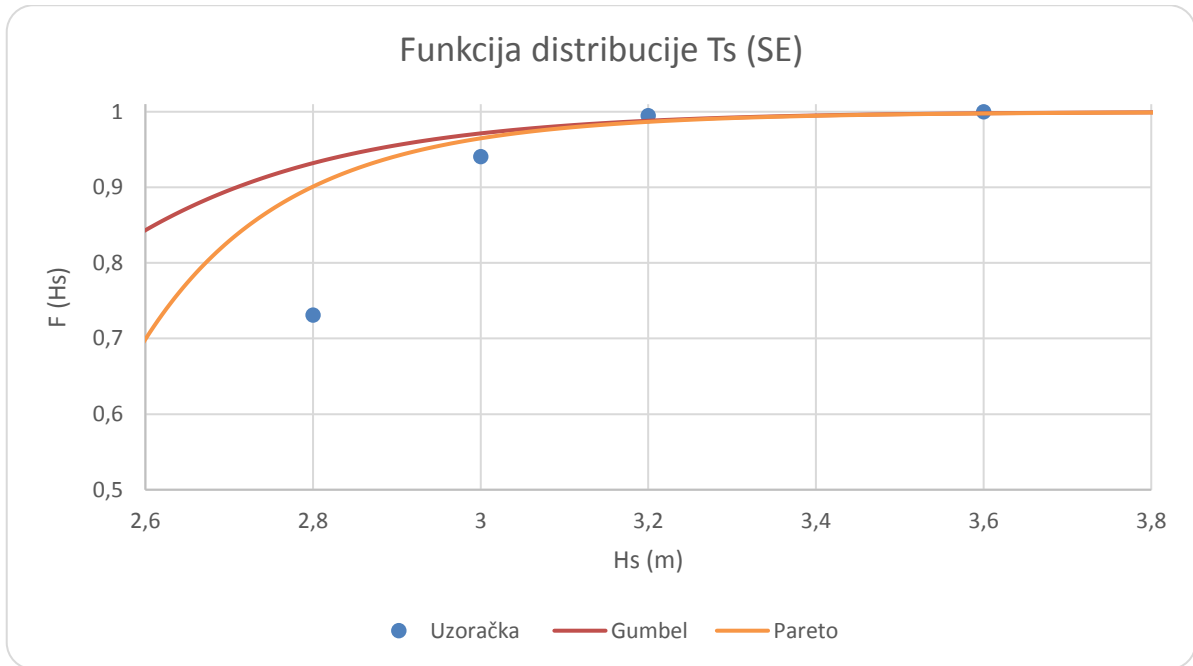
Slika 3.9 Prikaz funkcija distribucije za  $H_s$  (SE)



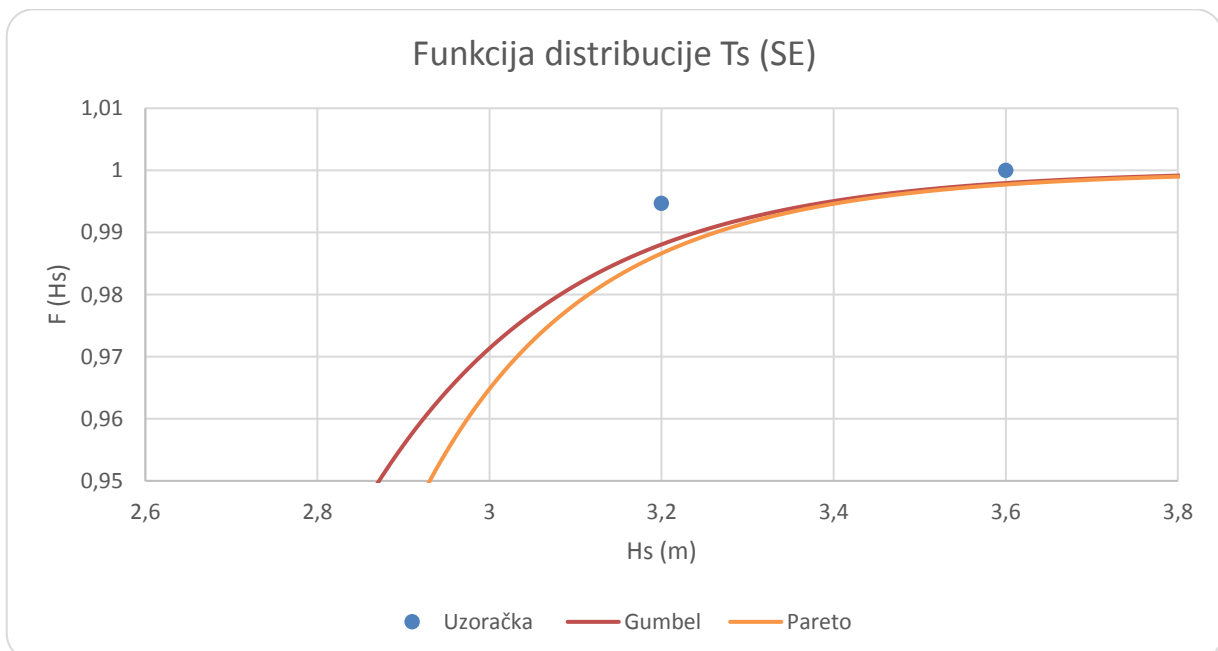
Slika 3.10 Prikaz repa funkcija distribucije za  $H_s$  (SE)

Parametri uzoračke distribucije valnog perioda  $T_s$  za smjer jugoistok, su srednja vrijednost sa iznosom 2,80 s i standardna devijacija 0,00016.

Na slikama 3.11 i 3.12 prikazani su grafovi uzoračke, Pareto i Gumbelove distribucije. Za crtanje Gumbelove distribucije, promijenjeni su parametri uzorka i to srednja vrijednost na 2,20 s te  $\sigma$  na 0,29. Parametri Pareto distribucije su  $H_m$  koji iznosi 2,40 i  $\alpha$  koji iznosi 15.



Slika 3.11 Prikaz funkcija distribucije za  $T_s$  (SE)

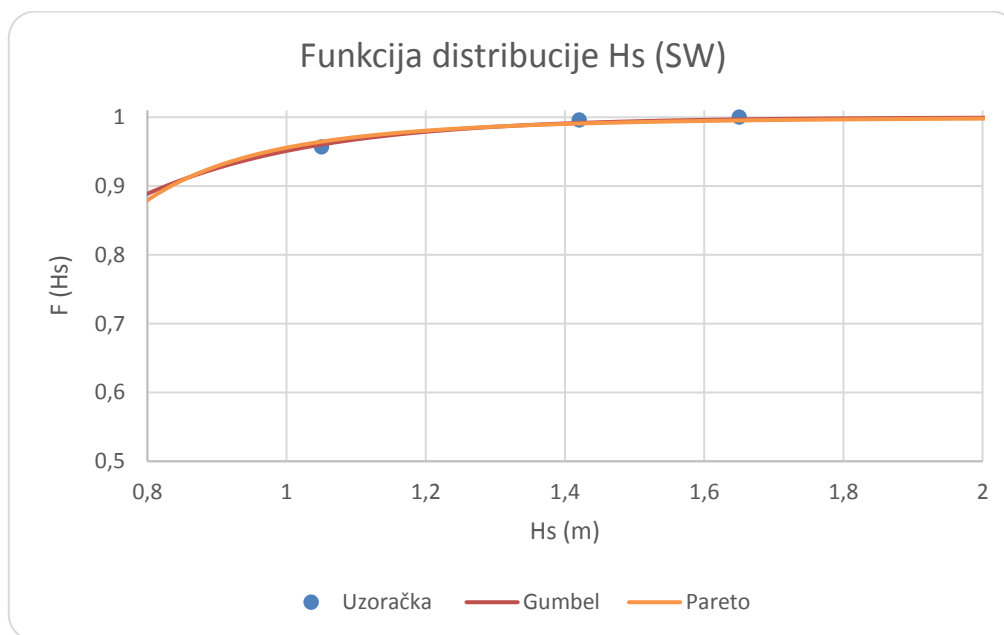


Slika 3.12 Prikaz repa funkcija distribucije za  $T_s$  (SE)

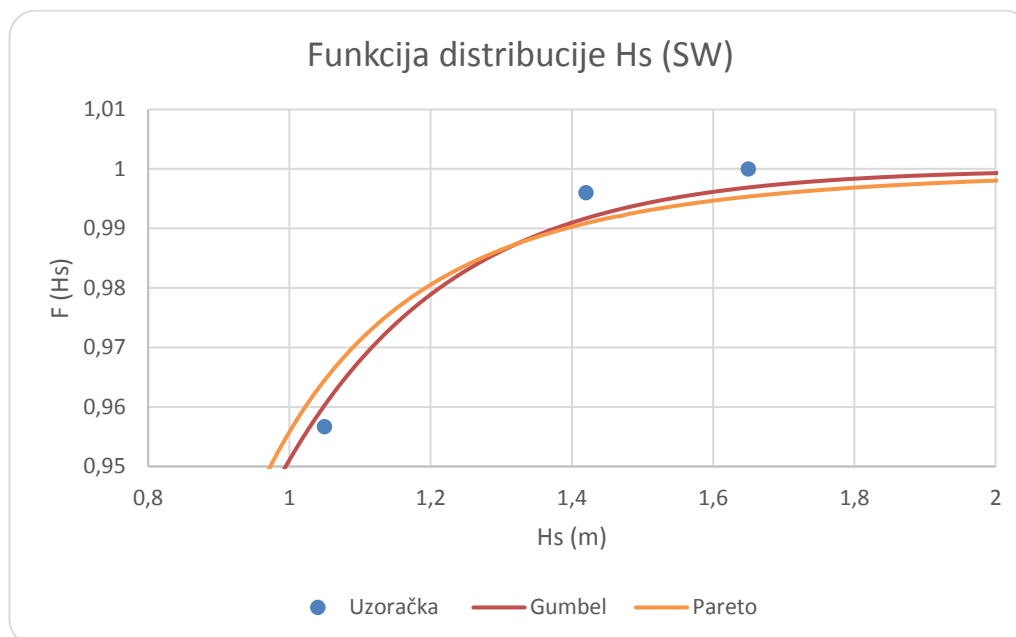
### 3.4.5. Smjer SW

Parametri uzoračke distribucije značajne valne visine  $H_s$  za smjer jugozapad, su srednja vrijednost sa iznosom 0,83 m i standardna devijacija 0,00019.

Na slikama 3.13 i 3.14 prikazani su grafovi uzoračke, Pareto i Gumbelove distribucije. Za crtanje Gumbelove distribucije, promijenjeni su parametri uzorka i to srednja vrijednost te  $\sigma$  na 0,3. Parametri Pareto distribucije su  $H_m$  koji iznosi 0,50 i  $\alpha$  koji iznosi 4,5.



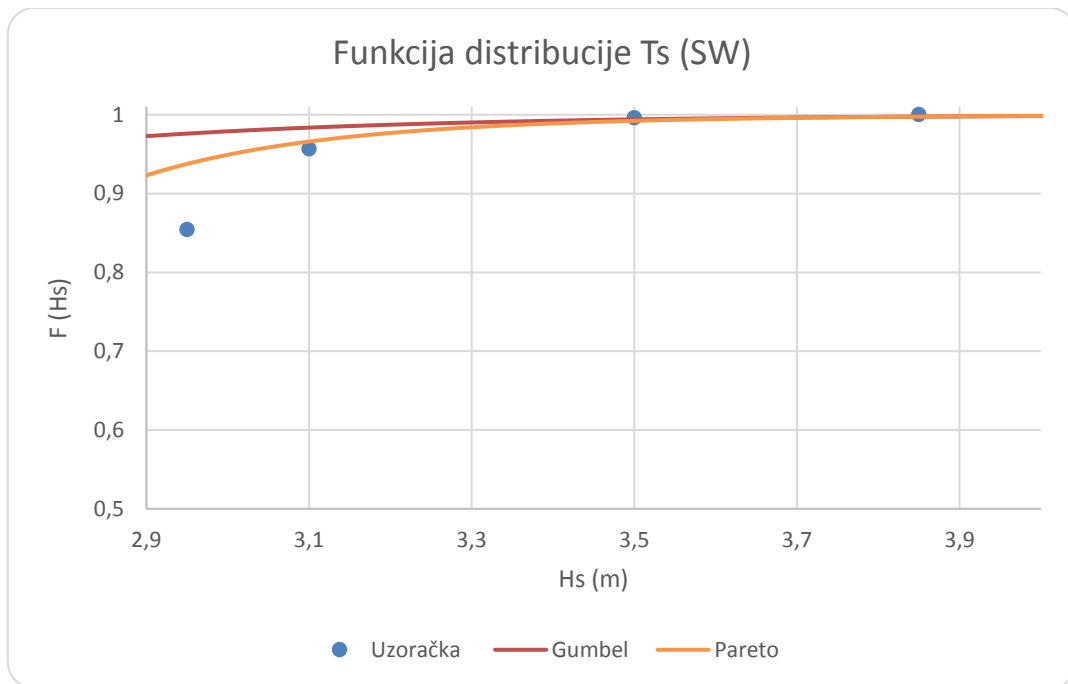
Slika 3.13 Prikaz funkcija distribucije za  $H_s$  (SW)



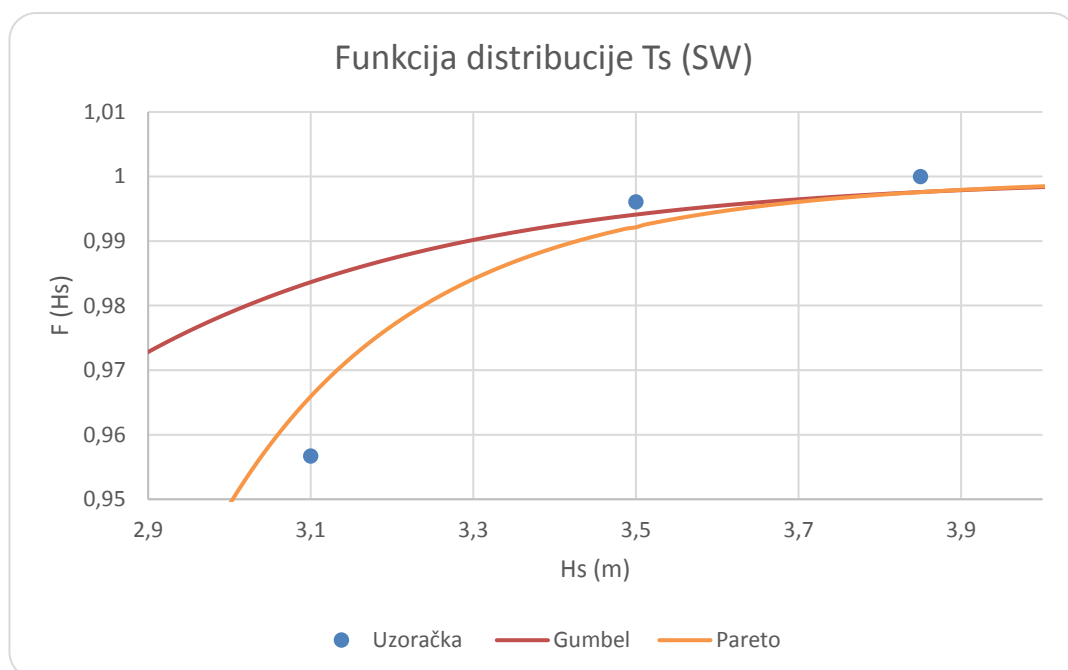
Slika 3.14 Prikaz repa funkcija distribucije za  $H_s$  (SW)

Parametri uzoračke distribucije valnog perioda  $T_s$  za smjer jugoistok, su srednja vrijednost sa iznosom 2,99 s i standardna devijacija 0,00018.

Na slikama 3.15 i 3.16 prikazani su grafovi uzoračke, Pareto i Gumbelove distribucije. Za crtanje Gumbelove distribucije, promijenjeni su parametri uzorka i to srednja vrijednost na 1,50 s te  $\sigma$  na 0,50. Parametri Pareto distribucije su  $H_m$  koji iznosi 2,35 i  $\alpha$  koji iznosi 12,20.



Slika 3.15 Prikaz funkcija distribucije za  $T_s$  (SW)



Slika 3.16 Prikaz repa funkcija distribucije za  $T_s$  (SW)

### 3.5. Zaključak vjetrovalne klime

Obradom sirovih podataka o vjetru za razdoblje od 1.1.2000.-31.12.2009. s mjerne postaje Split – Marjan te proračunom efektivnih privjetrišta, utvrđen je najveći utjecaj vjetrova smjera S, SE i SW.

Maksimalne vrijednosti  $H_s$  za smjer S je 1,65 m, za SE 1,82 m i za SW 1,65 m. Maksimalna vrijednost  $T_s$  za smjer S iznosi 3,9 s, za SE 3,6 s, a za SW 3,85 s.

Dugoročnom prognozom, koristeći Gumbelovu i Pareto distribuciju, dobivene vrijednosti dubokovodnih parametara vala za povratni period od 5, 20, 50 i 100 godina, prikazane su tabelarno za oba smjera u Tablicama 3.10 i 3.11.

**Tablica 3.10 Parametri dubokovodnog vala za PP 5, 20, 50 i 100 godina po Gumbelovoj distribuciji**

|                 | S    | SE   | SW   |                 | S    | SE   | SW   |
|-----------------|------|------|------|-----------------|------|------|------|
| $H_s^5$ (m)     | 1,54 | 1,87 | 1,43 | $T_s^5$ (s)     | 3,66 | 3,99 | 3,39 |
| $H_s^{20}$ (m)  | 1,90 | 2,08 | 1,76 | $T_s^{20}$ (s)  | 4,20 | 4,31 | 3,93 |
| $H_s^{50}$ (m)  | 2,15 | 2,21 | 1,97 | $T_s^{50}$ (s)  | 4,56 | 4,51 | 4,29 |
| $H_s^{100}$ (m) | 2,33 | 2,32 | 2,13 | $T_s^{100}$ (s) | 4,83 | 4,67 | 4,56 |

**Tablica 3.11 Parametri dubokovodnog vala za PP 5, 20, 50 i 100 godina po Pareto distribuciji**

|                 | S    | SE   | SW   |                 | S    | SE   | SW   |
|-----------------|------|------|------|-----------------|------|------|------|
| $H_s^5$ (m)     | 1,21 | 1,88 | 1,47 | $T_s^5$ (s)     | 3,83 | 4,07 | 3,50 |
| $H_s^{20}$ (m)  | 1,62 | 2,16 | 2,00 | $T_s^{20}$ (s)  | 4,30 | 4,46 | 3,92 |
| $H_s^{50}$ (m)  | 1,92 | 2,36 | 2,45 | $T_s^{50}$ (s)  | 4,64 | 4,74 | 4,22 |
| $H_s^{100}$ (m) | 2,61 | 2,54 | 2,85 | $T_s^{100}$ (s) | 4,91 | 4,97 | 4,47 |

Odabrane vrijednosti dubokovodnih parametara, valne visina i perioda za potrebe projektiranja pera i plaže, prikazane su u Tablici 3.12.

**Tablica 3.12 Odabrane vrijednosti parametara dubokovodnog vala**

|                 | S    | SE   | SW   |                 | S    | SE   | SW   |
|-----------------|------|------|------|-----------------|------|------|------|
| $H_s^5$ (m)     | 1,54 | 1,87 | 1,47 | $T_s^5$ (s)     | 3,66 | 3,99 | 3,50 |
| $H_s^{20}$ (m)  | 1,90 | 2,08 | 2,00 | $T_s^{20}$ (s)  | 4,20 | 4,31 | 3,92 |
| $H_s^{50}$ (m)  | 2,15 | 2,21 | 2,45 | $T_s^{50}$ (s)  | 4,56 | 4,51 | 4,22 |
| $H_s^{100}$ (m) | 2,33 | 2,32 | 2,85 | $T_s^{100}$ (s) | 4,83 | 4,67 | 4,47 |

Za projektiranje pera kao projektni val uzima se  $H_s^{100}$ , dok se za projektiranje plaže u obzir uzima  $H_s^5$ . Za smjerove S i SE, mjerodavni su parametri po Gumbelovoj distribuciji jer su vrijednosti  $H_s^5$  veće nego po Pareto distribuciji, a veće vrijednosti  $H_s^5$  stvaraju veće opterećenje na konstrukciju plaže. Uvidom u tablicu 3.12, vidljiv je odabir mjerodavne distribucije i to one sa manjim iznosima  $H_s^{100}$  (S i SE), ali povećanjem odabrane težine kamenih blokova u fazi

projektiranja pera, povećava se koeficijent sigurnosti te se opravdava izbor odabranih parametara.

#### 4. NUMERIČKI MODEL VALOVANJA CGWAVE

SMS je grafičko sučelje za jednodimenzionalno, dvodimenzionalno ili trodimenzionalno hidrodinamičko modeliranje. Primarne aplikacije SMS-a uključuju izračunavanje valnih visina i brzine strujanja i za stacionarne i za dinamičke uvjete. CG WAVE je jedan od podržanih modela dostupnih za upotrebu unutar SMS-a.

CGWAVE je dvodimenzionalni numerički model zasnovan na iterativnom rješavanju parcijalne eliptične jednadžbe blagog nagiba (1), koji je razvijen na University of Maine u suradnji s U.S. Army Corps of Engineers-Waterways Experiment Station, s ciljem dobivanja mjerodavnog valnog polja. Geometrija područja modeliranja opisana je trokutnim konačnim elementima, a za rješenje rubnog problema korištena je metoda konačnih elemenata. CGWAVE se koristi za simulaciju i procjenu visina valova u lukama, marinama, u zoni otvorenih obala, otoka, fiksnih i plivajućih objekata. Jednadžba uključuje sve oblike transformacije vala u priobalju kao što je difrakcija, refrakcija, uplićavanje, refleksija, utjecaje disipacije energije valova uslijed trenja, lom vala u plitkoj vodi, kao i efekte nelinearne disperzije amplituda vala. Ulazni parametri za CG WAVE su smjer incidentnog vala, period vala i valna visina ili spektralna kombinacija ovih parametara.

Primijenjenim numeričkim modelom, nakon zadavanja rubnih uvjeta i područja proračuna, rješava se eliptična parcijalna diferencijalna jednadžba blagog nagiba:

$$\nabla \times (CCg\nabla\emptyset) + k^2CCg\emptyset = 0 \quad (1)$$

gdje je:

$\emptyset(x, y)$  - funkcija razine mora,

$\sigma$  - frekvencija vala,

$C(x, y)$  - brzina faze vala:

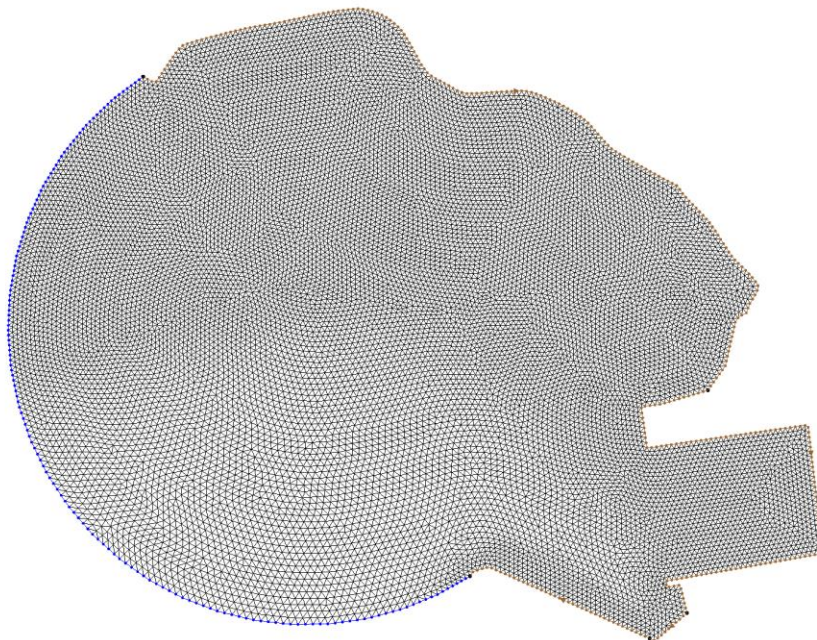
$$C(x, y) = \left(\frac{\sigma}{k}\right)$$

$Cg(x, y)$  - grupna brzina valova:

$$Cg(x, y) = \left(\frac{\partial\sigma}{\partial k}\right)$$

$k(x, y)$  - valni broj.

Područje modela se učitava u tekstualnom obliku, koji sadrži koordinate točaka ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ) te predstavlja geodetsku podlogu, odnosno batimetriju dna i obalnu liniju. Rubni uvjeti se određuju definiranjem područja obuhvata modela. Odredi se linija obale na kojoj se zadaju koeficijenti refleksije, a otvorena granica mora zadaje se segmentom kružnice.



**Slika 4.1 Diskretizacija područja konačnim elementima za područje općine Podstrana od ušća rijeke Žrnovnice do lučice u Strožancu**

CGWAVE izračunava svojstva koja ilustriraju karakteristike valova u obalnom području. Mreža konačnih elemenata u CGWAVE modelu ovisi o valnoj duljini, a valna duljina je funkcija dubine i perioda valova. Potrebno je definirati najmanji konačni element kako bi se u obzir mogle uzeti i valne komponente zadanog spektra sa najmanjom valnom dužinom, odnosno minimalno 8 do 10 točaka po valnoj dužini je potrebno za pravilno definiranje domene. Petnaest točaka po valnoj duljini je idealan broj točaka, a deset ili više točaka po valnoj duljini daju najbolju razlučivost valnih duljina. Diskretizacija područja konačnim elementima za područje obuhvata od ušća rijeke Žrnovnice do lučice u Strožancu, prikazana je na slici 4.1.

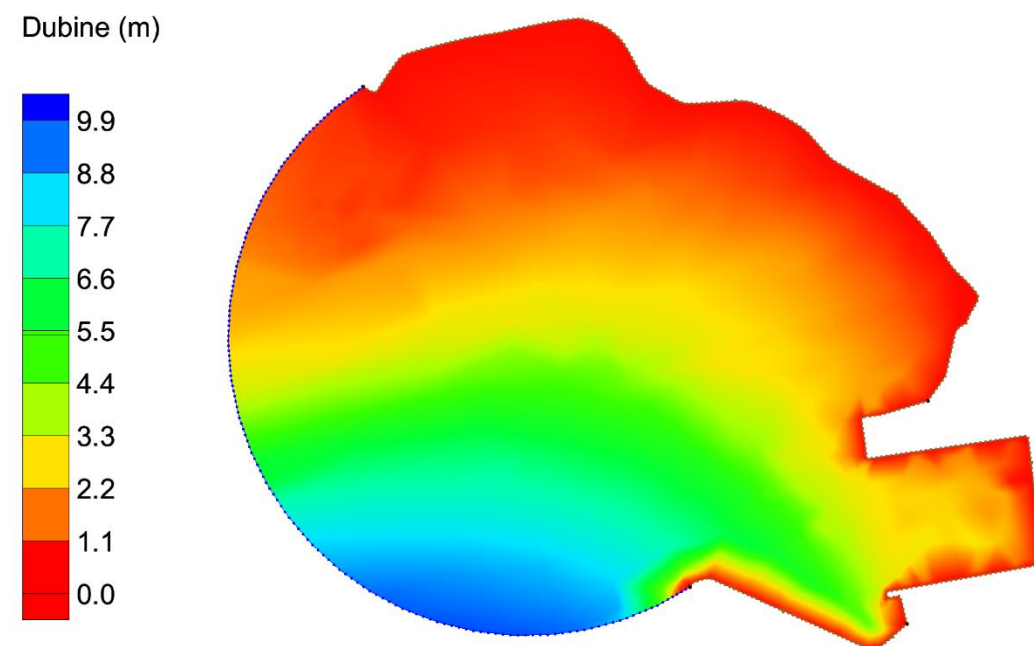
Ulazni parametri značajnog vala mogu se zadati na dva načina: kao monokromatski val te kao spektralni. Ako se val zadaje kao monokromatski, ulazni podatci su amplituda vala  $a$ , period vala  $T$  i smjer dolaska vala, a ako se val zadaje kao spektralni, u obzir se uzima valna visina  $H_s$ , valni period  $T_s$  te parametri odabranog spektra. Odabrani spektar je *JONSWAP* čiji su parametri spektralni koeficijent disperzije  $\gamma$  i koeficijent direkcijske disperzije  $nn$ . Za proračun je korišten spektralni koeficijent disperzije koji iznosi 3.3, a koeficijent direkcijske disperzije iznosi 20.



Ovako definirani energetski spektar razlaže se na željeni broj monokromatskih komponenti po smjeru i frekvenciji. Rješenja se dobivaju iterativnim postupkom, koji ima dva kriterija konvergencije, kriterij točnosti i kriterij broja iteracija. Kada se postigne jedan od dva kriterija, proračun se zaustavlja.

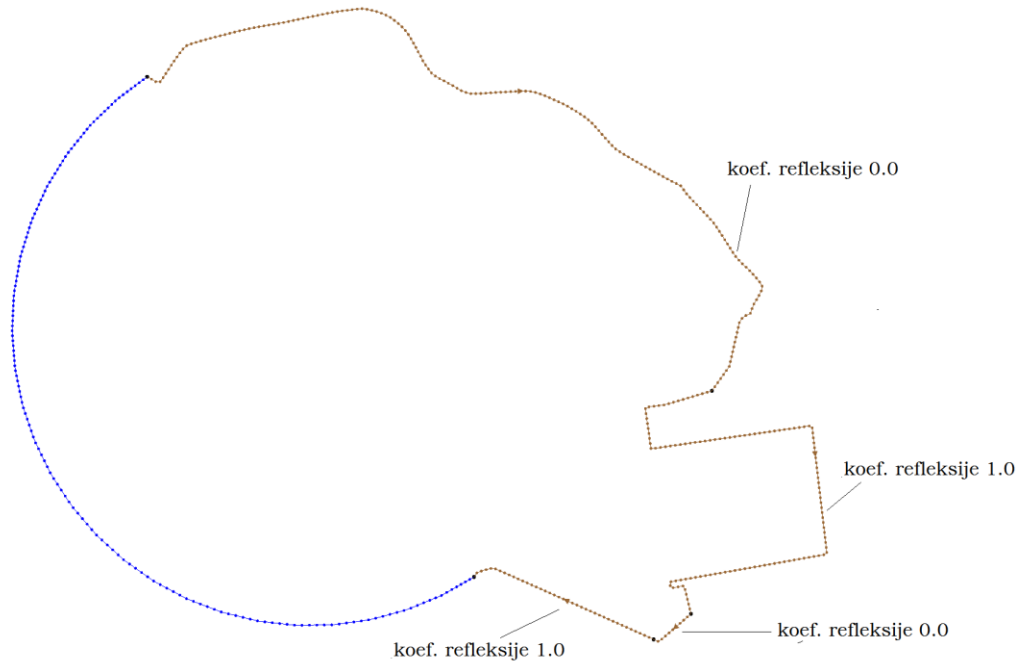
Za obalno područje općine Podstrana od ušća rijeke Žrnovnice do lučice u Strožancu, proračun je napravljen za valove iz smjera S i SW. Val iz smjera SE nije uzet u obzir budući da zbog položaja obale, val generiran vjetrom iz smjera jugoistoka, ne rezultira većim valnim visinama neposredno uz obalnu crtu. Proračun je napravljen za vrijednost valnih visina i valnih perioda stogodišnjeg povratnog perioda, koji su definirani u Zaključku elaborata vjetrovalne klime ovog rada.

Na slici 4.2 prikazan je batimetrijski prikaz područja obuhvata koji se pruža do skoro 10 m dubine.



**Slika 4.2** Batimetrijski prikaz područja općine Podstrana od ušća rijeke Žrnovnice do lučice u Strožancu

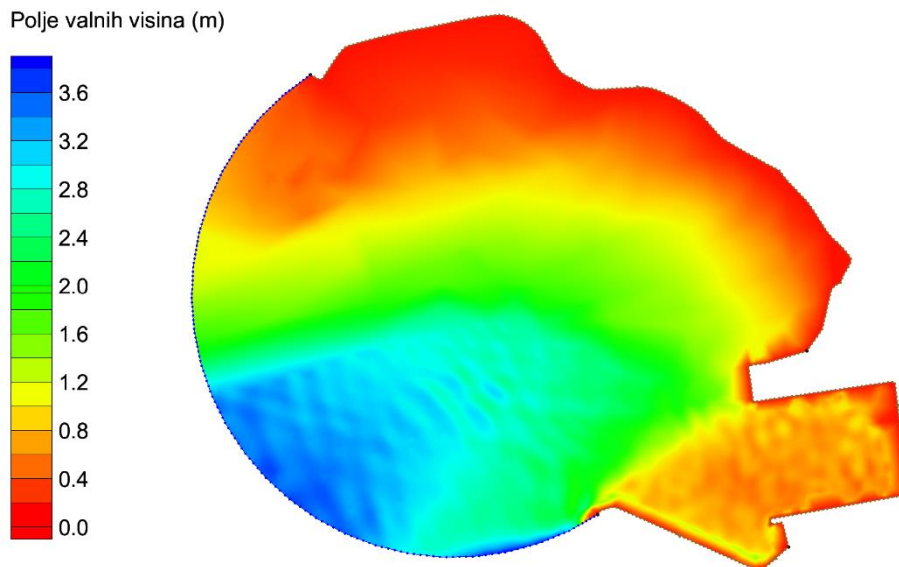
Na slici 4.3 prikazani su koeficijenti refleksije obale. Koeficijent refleksije na južnoj i istočnoj strani iznose 1,0 (totalna refleksija) zbog postojanja pristana za manje brodove. Na cijelom ostalom području, koeficijent refleksije iznosi nula, budući da dolaskom vala na obalu, dolazi do potpunog prijenosa energije.



Slika 4.3 Koeficijenti refleksije obale

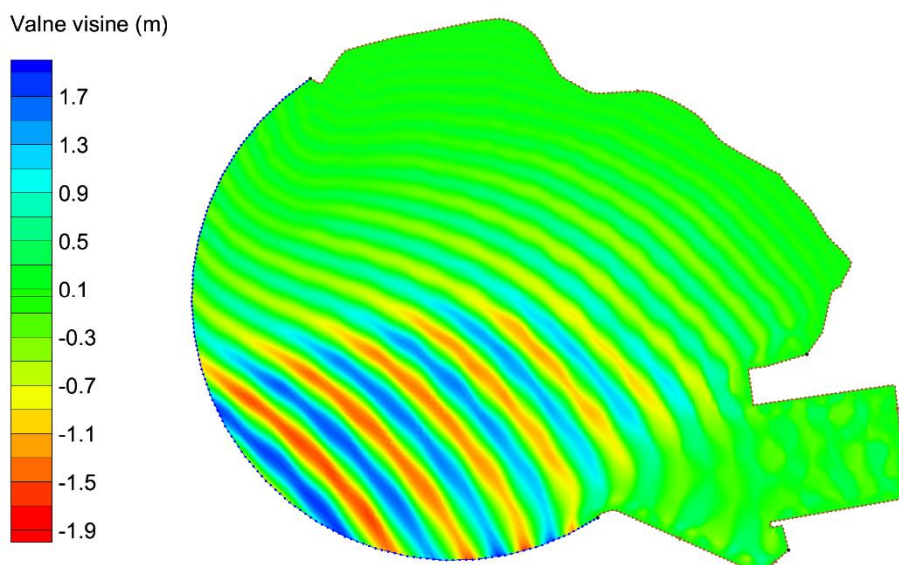
#### 4.1. Rezultati proračuna za smjer SW

Polje valnih visina valova pokazuje maksimalnu visinu koja se javlja na mjestu iznad razine mora. Na slici 4.4 prikazano je polje valnih visina za smjer SW.

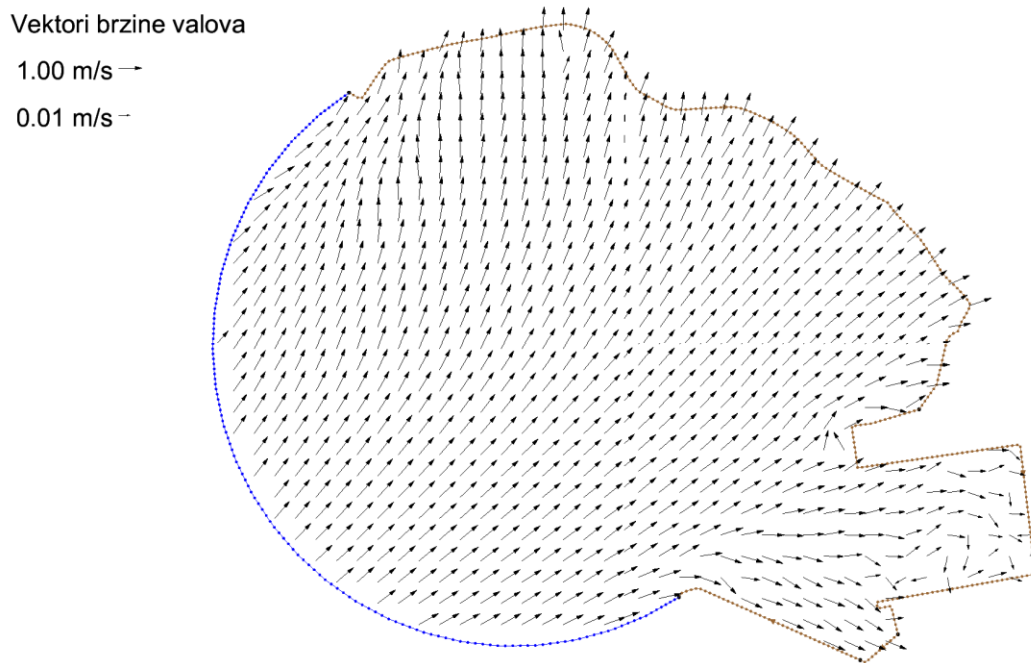


Slika 4.4 Polje valnih visina za smjer SW;  $H^{100}=2,85$  m,  $T^{100}=4,47$  s

Valne visine pokazuju visinu površine morske razine u određenom vremenu. Na slici 4.5 prikazane su valne visine za smjer SW. Na slici 4.6 prikazani su vektori brzina valova za smjer SW.



Slika 4.5 Valne visine za smjer SW,  $H^{100}=2,85$  m,  $T^{100}=4,47$  s



Slika 4.6 Vektori brzina valova za smjer SW,  $H^{100}=2,85$  m,  $T^{100}=4,47$  s

Lom vala će se dogoditi kada se prekorači strmost vala, odnosno omjer valne visine i valne duljine. U CGWAVE modelu, postoje dvije metode za primjenu loma valova. Za praktične probleme, preporuča se napraviti neprekidnu simulaciju, a zatim primijeniti  $H/d$  ograničenje (obično između 0,6 i 0,9) kako bi se izračunate visine valova promijenile do granice (recimo  $H/d \approx 0.77$ ). Drugi, stroži pristup je pokretanje modela u nelinearnom načinu. To zahtijeva nekoliko iteracija i preporučuje se za posebne probleme i istraživačke radove. U ovom slučaju koristio se prvi način, odnosno područje loma vala određuje se iz kriterija omjera visine vala i dubine, a kriterij loma iznosi  $H/d \approx 0.77$ . S obzirom na pogreške procjene parametara i približna rješenja modela, za područje loma vala uzima se područje  $H/d = 0.65 - 0.90$  unutar kojeg će doći do loma vala. Prikaz područja loma vala za smjer SW prikazan je na slici 4.7..

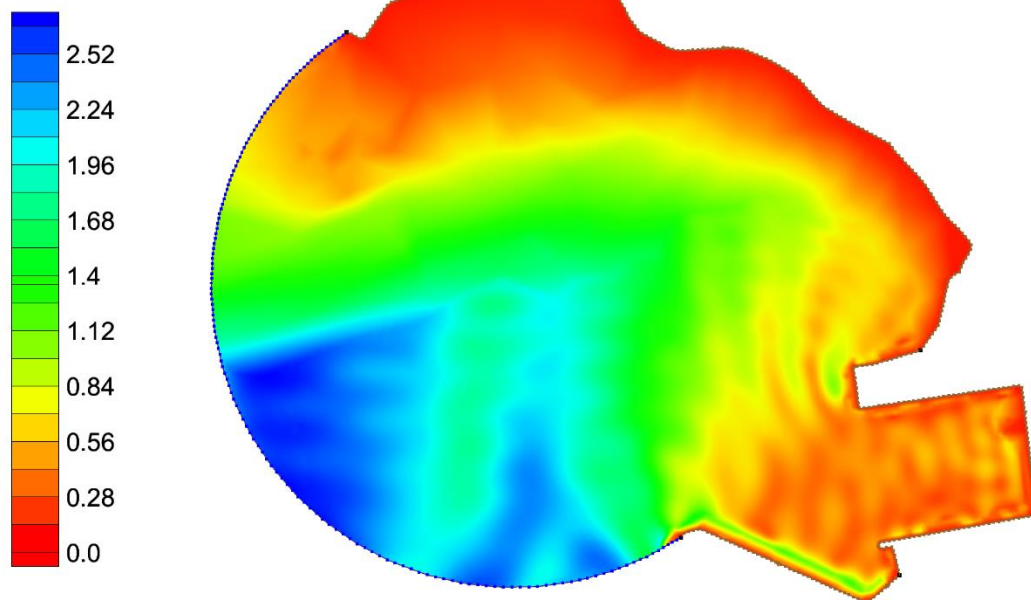


Slika 4.7 Područje loma vala za smjer SW,  $H^{100}=2,85$  m,  $T^{100}=4,47$  s

## 4.2. Rezultati proračuna za smjer S

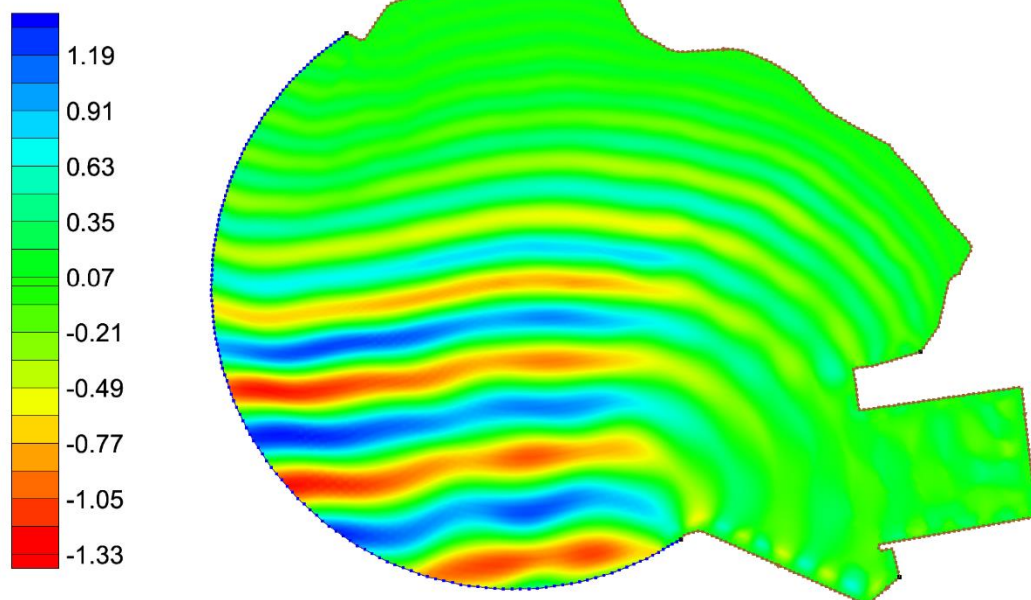
U nastavku su prikazani rezultati proračuna za smjer S: polje valnih visina, valne visine, vektori brzine valova te područje loma vala.

Polje valnih visina (m)



Slika 4.8 Polje valnih visina za smjer S,  $H^{100}=2,33$  m,  $T^{100}=4,83$  s

Valne visine (m)

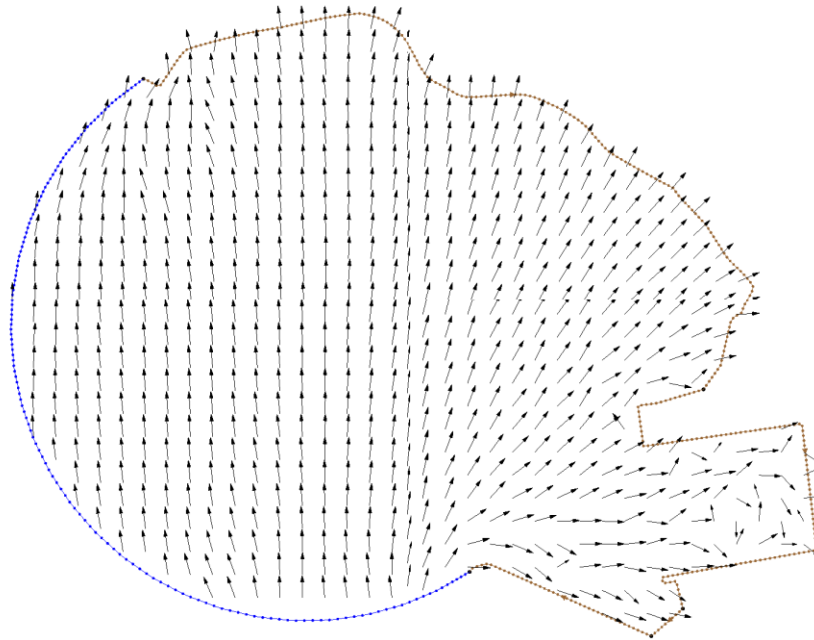


Slika 4.9 Valne visine za smjer S,  $H^{100}=2,33$  m,  $T^{100}=4,83$  s

Vektori brzine valova

1.00 m/s →

0.01 m/s ←

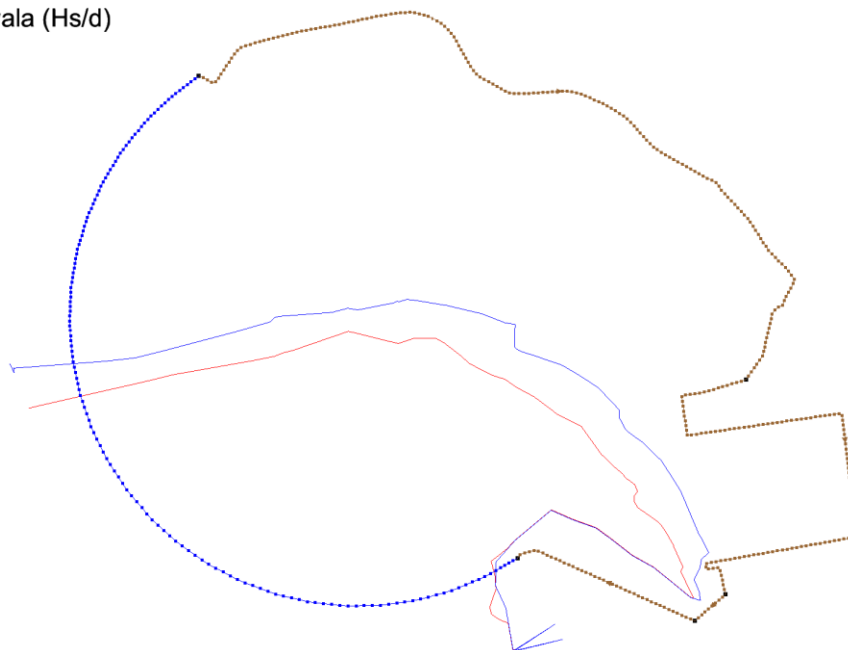


Slika 4.10 Vektori brzina valova za smjer S,  $H^{100}=2,33$  m,  $T^{100}=4,83$  s

Područje loma vala (Hs/d)

— 0.9

— 0.65



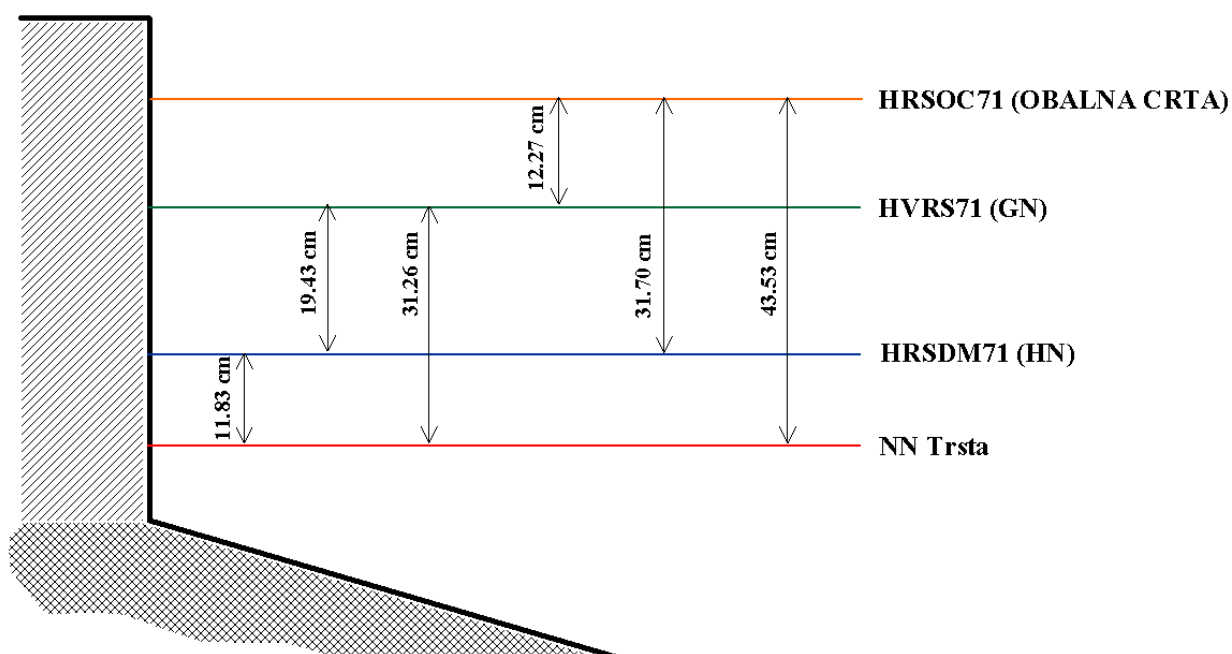
Slika 4.11 Područje loma vala za smjer SW,  $H^{100}=2,33$  m,  $T^{100}=4,83$  s

## 5. DIMENZIONIRANJE POMORSKIH GRAĐEVINA

Na području od ušća rijeke Žrnovnice do lučice u Strožancu, nalaze se tri kategorije pomorskih građevina i to plaža, pero te bujično pero.

Za mjerodavnu razinu mora kojom je definirana obalna crta, a u odnosu na koju se definira lice plaže, usvaja se srednja razina mora na koti 0,45 m, relativno u odnosu na NN Trsta. Uvidom u Sliku 5.1. za podatke sa mareografske postaje Split, obalna crta nalazi se na koti 0,4353 m u odnosu na NN Trsta. Usvojena vrijednost od 0,45 m predstavlja vrijednost sa točnošću od  $10^{-2}$  m u užem smislu.

MAREOGRAF SPLIT - luka



Slika 5.1 Shematski prikaz relativnih odnosa referentnih visinskih datuma na mareografskoj postaji Split

Osnovni ulazni parametar za dimenzioniranje građevina u obalnom pojasu je valna visina, odnosno djelovanje valova na građevine iskazano kao sila (opterećenje) u funkciji valne visine. Parametri vala (značajna valna visina, valna duljina i period) su prikazani u poglavlju 3.5 ovog rada.



## 5.1. Pera

Pera su jednostavne konstrukcije izrađene od neobrađenog kamena. Nasuta pera primjenjuju se za sve vrste tla na dnu, pa čak i za mulj. Takva pera zahtijevaju dosta održavanja, ali su vrlo otporna na djelovanje valova, dok ih nevrijeme može oštetiti, ali ne i potpuno srušiti čime ne gube svoju osnovnu funkciju. S velikim dubinama, nasuta pera postaju skupe konstrukcije jer im cijena raste gotovo kao kvadrat visine. Pera se sastoje od središnje jezgre (sitniji kameni nasip) i obloga (postavljeni krupni kameni ili umjetni betonski blokovi) i služe kao oslonci materijalu odnosno kao stabilizacija plaža. Za izgradnju pera ovim projektom propisuje se vapnenačka stijena s obzirom na podneblje i dostupnost. U vanjskom zaštitnom sloju kameni blokovi svojom masom suprotstavljaju se djelovanju valova i sukladno tomu određena im je potrebna masa, odnosno težina na suhom. Težina kamenog bloka na suhom u zaštitnom sloju (školjeri) računa se prema Hudsonovoj formuli [9]:

$$W = \frac{\rho_K \cdot g \cdot (Hs^{100})^3}{K_D \cdot \left(\frac{\rho_K}{\rho_M} - 1\right)^3} \cdot \tan \alpha [N] \quad (2)$$

gdje je:

$\rho_K = 2500 \text{ kg/m}^3$  - gustoća kamena

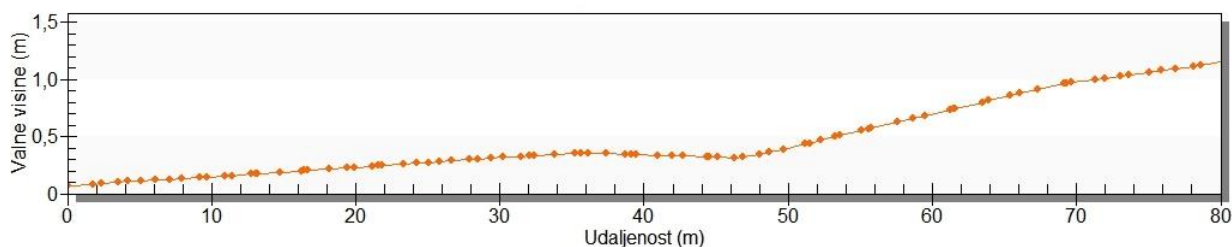
$\rho_M = 1025 \text{ kg/m}^3$  - gustoća mora

$Hs^{100}$  – značajna visina vala stogodišnjeg povratnog perioda

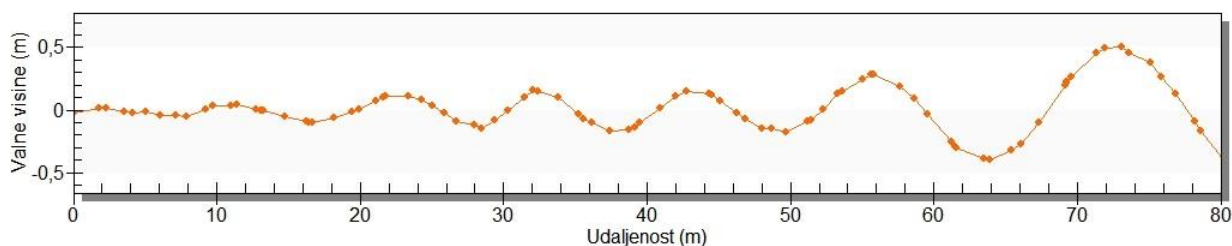
$K_D=2.8$  – koeficijent uklještenja blokova

nagib  $\alpha = 1: 1,5$

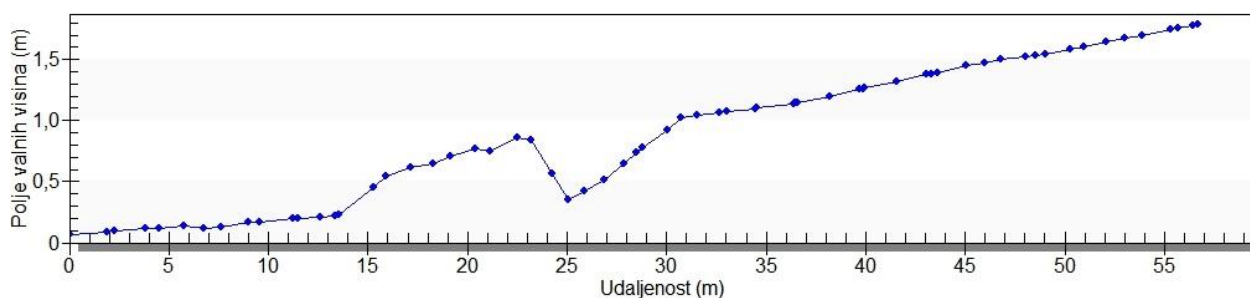
$\tan \alpha = 0,67$



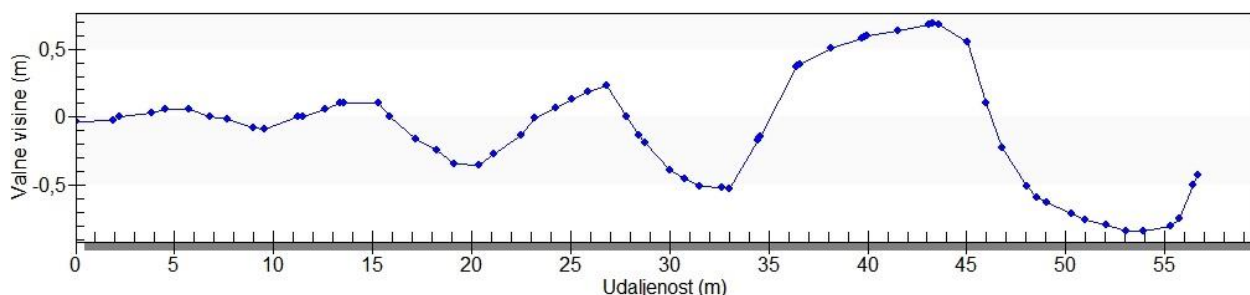
Slika 5.2 Profil polja valnih visina PERO 1 (SW)



Slika 5.3 Profil valnih visina PERO 1 (SW)



Slika 5.4 Profil polja valnih visina POLAČA (SW)



Slika 5.5 Profil valnih visina POLAČA (SW)

Veličina blokova u zaštitnom sloju za Pero 1, računa se za val visine 1,16 m, dok se za bujično pero računa za val visine 1,0 m. Visine valova su određene iz računalnog programa SMS, na udaljenosti 5-10 metara od vrha pera. Mjerodavni smjer je SW budući da se prilikom puhanja vjetra iz smjera jugozapada ostvaraju veće valne visine. Prikaz profila polja valnih visina i profila visina prikazan je na slikama 5.2-5.5.

Prema Hudsonovoj formuli (2), izračunata težina kamenog bloka na suhom za Pero 1 iznosi 3073,94 N, odnosno masa 313,65 kg, a odabrana masa blokova zaštitnog sloja je 300-600 kg, dok je za bujično pero, prema istoj formuli (2), dobivena vrijednost mase blokova od 200,74 kg. Odabrana masa blokova zaštitnog sloja pera sa bujicom Polača je 1000-1500 kg zbog loše kvalitete tla i mogućnosti gubljenja i tonjenja materijala u mulju.

### 5.1.1. Pero 1

Pero 1 se nalazi u blizini ušća rijeke Žrnovnice. Na mjestu planiranog pera već se nalazi improvizirano pero u obliku kamenog nabačaja kojeg je more dijelom raznijelo i koje je utonulo u muljevito dno. Budući da je tlo jako muljevito i puno nanosa iz rijeke koje je teško ukloniti da bi se temeljilo na čvrstoj podlozi, pero će se raditi u dvije faze. Na slici 5.6 prikazano je improvizirano pero koje je utonulo u muljevito dno.

Visina krune pera računa se po sljedećoj formuli:

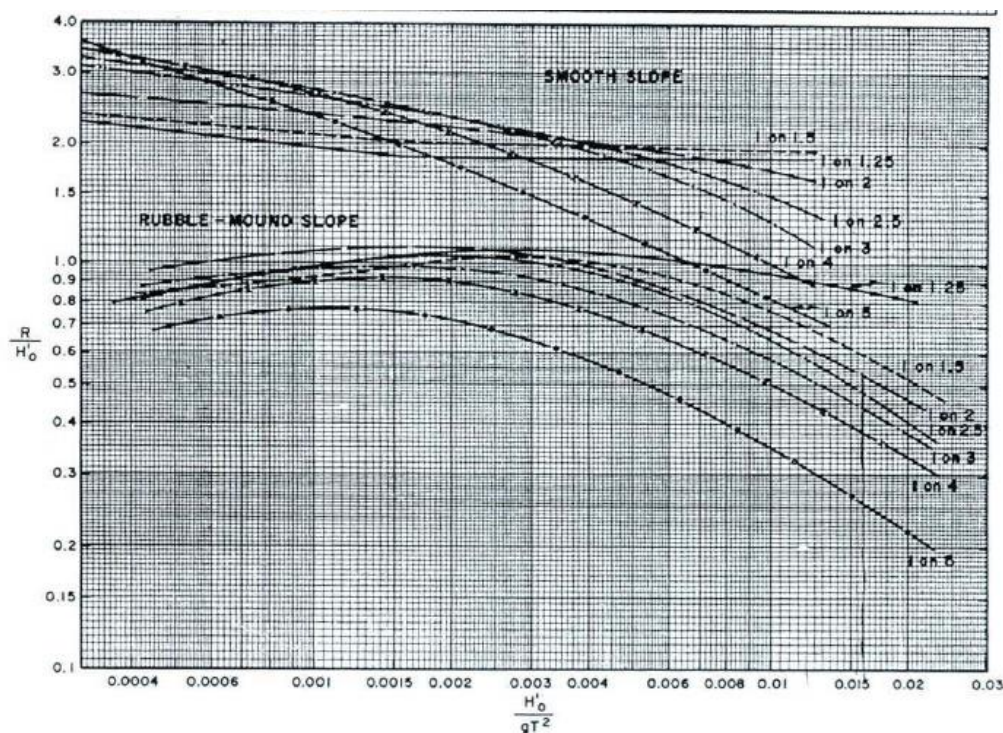
$$h_K = d + R + \Delta \quad (3)$$

gdje je:

$d$  - GN - HVRS71- srednja razina mora, geodetska nula, iznosi 0,3126 m u odnosu na NN Trsta

$R$  – visina uspinjanja vala

$\Delta$  - vrijednost izdizanja morske razine za vrijeme plime, 0,30-0,90 m; odabrano 0,60 m



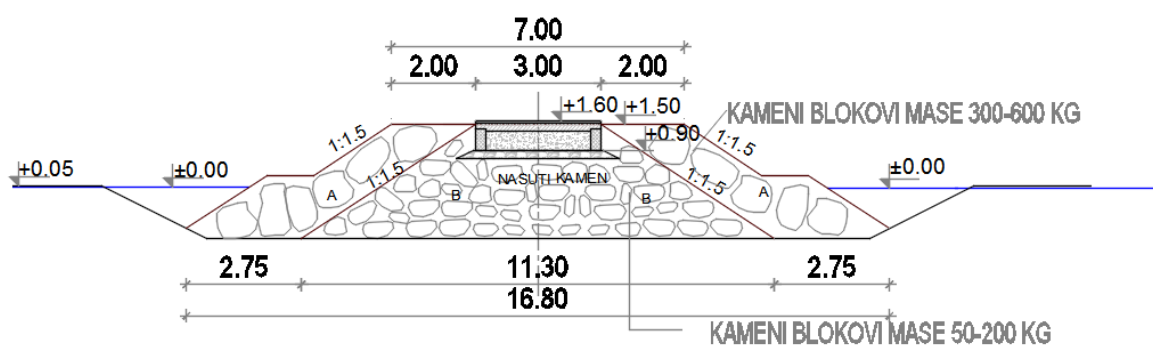
Graf 5.1 Izdizanje vala na glatkom i hrapavom nagibu

Na bočnoj udaljenosti 10 do 15 metara od pera, val koji dolazi na pero iznosi 0,50 metara, dok se visina uspinjanja vala očita pomoću Grafa 5.1 te iznosi 0,55 m. Konačna visina krune pera iznosi 1,46 metara te se zbog koeficijenta sigurnosti odabire vrijednost +1,50 m n.m.



Slika 5.6 Postojeće stanje na mjestu budućeg Pera 1

U prvoj fazi potrebno je nasuti kamen mase 50 do 200 kg u nagibu 1:1,2 s kotom krune 2,50 m n.m.. Nakon izvedbe prve faze, potrebno je pratiti proces slijeganja 6 mjeseci, nakon čega se pristupa konačnom uređenju pera i izvođenje faze dva. Ukupna dužina pera je 72,00 metra. Opločanje se na kruni pera, po izvedbi druge faze, izvodi u dužini od 45,00 metara, kamenim pločama na AB pločama kvadratnog tlocrta stranice 3,00 metra, a ukupna širina popločanog dijela pera je 3,00 metara. Armiranobetonski okvir se oslanja na krupni tucanik ( $D_{50} = 128$  mm) debljine 20 cm. Kota opločenog dijela je 1,60 m n.m., a na ostalom dijelu kota krune je 1,50 m n.m.. Na slici 5.7 prikazan je poprečni presjek konačnog izgleda Pera 1.

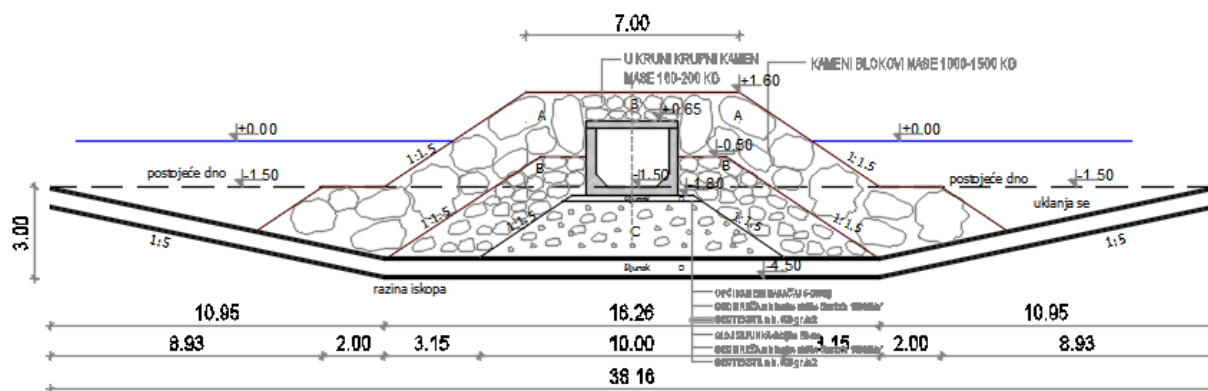


Slika 5.7 Poprečni presjek Pera 1 (Faza 2)

### 5.1.2. Pero s bujicom Polača

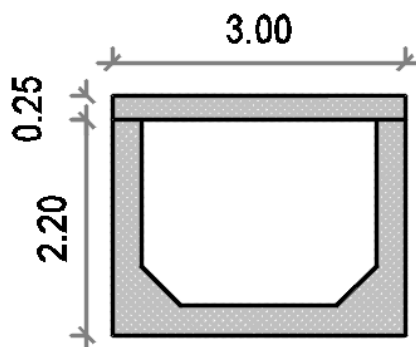
Bujično pero Polača se nalazi na južnom rubu plaže, kojim se bujične vode odvede u more. Za tu potrebu na tom dijelu predviđa se izgradnja AB bujičnog kanala Polača, pravokutnog poprečnog presjeka, koji na rubu plaže ulazi u pero od kamenog nabačaja i dalje se spušta prema moru gdje se bujične vode ispuštaju. Pero se izvodi bez opločanja na površini. Ukupna duljina pera je 26,35 m, a izgrađuje se od dvije frakcije neobrađenog kamena. Opći kameni nasip u unutrašnjosti poprečnog presjeka se izvodi frakcijom 5-200 kg. Na opći kameni nasip naslanja se sloj B, odnosno frakcija mase 100-200 kg u unutrašnjem dijelu poprečnog presjeka, dok se primarna obloga izvodi kamenim blokovima mase 1000-1500 kg. Pero se izvodi sa nagibom

pokosa od 1:1,5, a širina pera u kruni je 7,00 m. Visina krune je izračunata na isti način kao kod Pera 1, po izrazu (3). Visina uspinjanja vala iznosi 0,67 m za valnu visinu 0,61 m, a konačna visina krune je +1,60 m n.m.. Poprečni presjek bujičnog pera prikazan je na slici 5.8.



Slika 5.8 Poprečni presjek pera s bujicom Polača (Faza 2)

AB kanal bujice, „U“ poprečnog presjeka s betonskim poklopcem prikazan je na slici 5.9.



Slika 5.9 Poprečni presjek AB bujičnog kanala

## 5.2. Plaža

Na području od ušća rijeke Žrnovnice do lučice u Strožancu predviđa se izgradnja jedne plaže između Pera 1 i pera s bujicom Polača. Projektirana krivolinijska dužina plaže je 230 m, a prosječna širina iznosi 27,00 metara. Površina plaže iznosi oko 6210 m<sup>2</sup>, što obzirom na standard od potrebnih 5-8 m<sup>2</sup> po kupaču, osigurava potreban kapacitet od 700-800 kupača postavljen od strane investitora zahvata.

Mnogi istraživači su mjerili oblik lica plaže ovisno o krupnoći i ostalim parametrima žala, te predlažu slijedeću empirijski dobivenu formulu:

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

gdje je:

$z$  – profil lica plaže relativno u odnosu na razinu mora (0,45 m n.m. u odnosu na NN Trsta) (m n.m.)

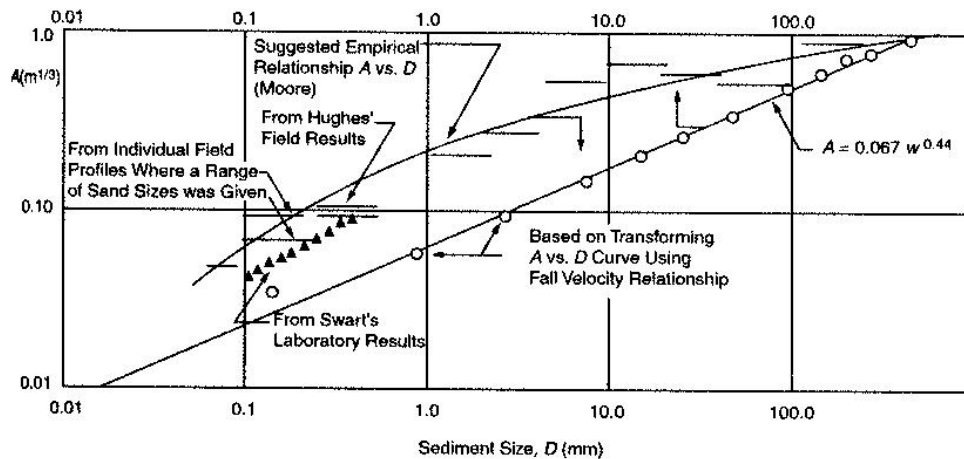
$A$  - je parametar lica plaže, ovisan je o granulaciji zrna nasipnog materijala, očita se iz Deano-ovog dijagrama na slici 5.11 (m<sup>1/3</sup>),  $A=0,214 \text{ m}^{1/3}$

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

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

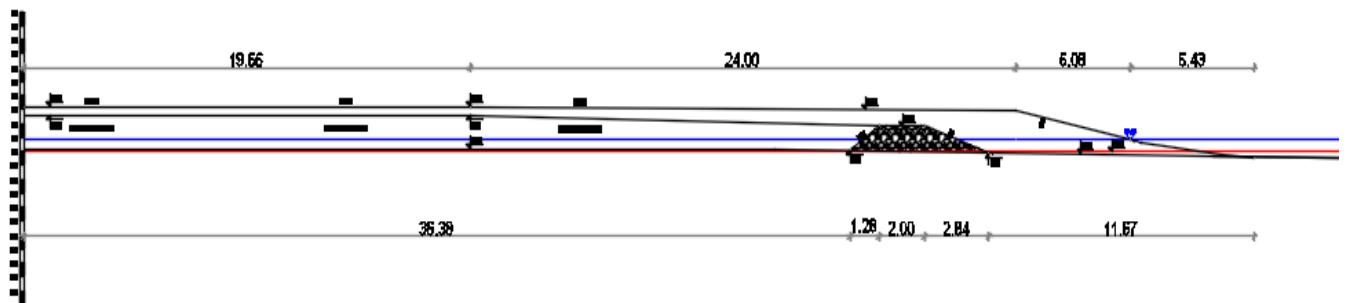


Slika 5.10 Oznake prema Deanu



Slika 5.11 Deanov dijagram

Način izgradnje plaže, veličina zrna i tehnologija izvođenja definirani su primarno stanjem na terenu. Na tom području uočena je jako mala dubina, uzrokovana blagim nagibom morskog dna. Zbog blagog nagiba te dostupnosti materijala, nasipanje plaže od Pera 1 do bujičnog pera Polača, vrši se frakcijom pijeska  $D_{50}=1,50$  mm. Frakcija pijeska nasipa se nad zemljani nasip do kote + 1,60 m n.m. te nad kamenim nasipom u linearnom padu do kote +1,50 m n.m. Nagib lica plaže od kote +1,50 m n.m. do mjerodavne morske razine +0,45 m n.m. izvodi se u nagibu 1:5, što je prikazano na slici 5.12.



Slika 5.12 Poprečni presjek 1

Za potrebe tehničkog rješenja izvedbe plaža ovdje će se definirati nekoliko termina i oznaka:

- ŽD – oznaka za točke koje povezuju liniju presjecišta lica plaže sa dnom
- OC – oznaka za točke koje povezuju liniju presjecišta pokosa plaže za srednjom razinom mora 0,45 m n.m.
- Kpo – oznaka za presjecište pokosa kamenog nasipa plaže i postojećeg terena sa strane prema šetnici
- Kpm – oznaka za presjecište pokosa kamenog nasipa plaže i postojećeg terena sa strane prema moru
- Ko – oznaka za liniju krune kamenog nasipa plaže prema šetnici
- Km – oznaka za liniju krune kamenog nasipa plaže prema moru
- LZ - oznaka za točke ruba zemljanog nasipa (kota +1,60 m n.m.)
- LC - oznaka za točke ruba nasipa plaže (kota +1,50 m n.m.), od ove linije kreće lice plaže prema obalnoj liniji i moru

Koordinate karakterističnih točaka presjeka prikazane su u tablici 5.1-5.5.

**Tablica 5.1 Presjek 1**

| TOČKA | Koordinata X | Koordinata Y |
|-------|--------------|--------------|
| LZ1   | 6384540.2536 | 4818643.7736 |
| Kpo1  | 6384556.4339 | 4818639.5662 |
| Ko1   | 6384557.6727 | 4818639.2441 |
| Km1   | 6384562.3569 | 4818638.0261 |
| Kpm1  | 6384559.6083 | 4818638.7408 |
| LC1   | 6384563.4796 | 4818637.7341 |
| OC1   | 6384568.3980 | 4818636.4552 |
| ŽD1   | 6384573.6510 | 4818635.0865 |

**Tablica 5.2 Presjek 2**

| TOČKA | Koordinata X | Koordinata Y |
|-------|--------------|--------------|
| LZ2   | 6384553.3300 | 4818679.9752 |
| Kpo2  | 6384570.9044 | 4818669.3721 |
| Ko2   | 6384572.1203 | 4818668.6386 |
| Km2   | 6384573.8327 | 4818667.6054 |
| LC2   | 6384574.9030 | 4818666.9597 |
| Kpm2  | 6384576.4357 | 4818666.0350 |
| OC2   | 6384579.4068 | 4818664.2424 |
| ŽD2   | 6384584.2617 | 4818661.3134 |

**Tablica 5.3 Presjek 3**

| TOČKA | Koordinata X | Koordinata Y |
|-------|--------------|--------------|
| LZ3   | 6384605.4139 | 4818732.5364 |
| Kpo3  | 6384617.2504 | 4818715.8890 |
| Ko3   | 6384618.1485 | 4818714.6257 |
| Km3   | 6384619.3075 | 4818712.9957 |
| LC3   | 6384620.1767 | 4818711.7732 |
| Kpm3  | 6384621.4127 | 4818710.0385 |
| OC3   | 6384623.0508 | 4818707.7309 |
| ŽD3   | 6384629.0014 | 4818699.3616 |



Tablica 5.4 Presjek 4

| TOČKA | Koordinata X | Koordinata Y |
|-------|--------------|--------------|
| LZ4   | 6384677.2187 | 4818763.0498 |
| Kpo4  | 6384680.8896 | 4818750.3670 |
| Ko4   | 6384681.5680 | 4818748.0232 |
| Km4   | 6384682.1241 | 4818746.1020 |
| LC4   | 6384682.7329 | 4818743.9988 |
| Kpm4  | 6384683.7367 | 4818740.5307 |
| OC4   | 6384684.0060 | 4818739.5993 |
| ŽD4   | 6384689.7321 | 4818719.8203 |

Tablica 5.5 Presjek 5

| TOČKA | Koordinata X | Koordinata Y |
|-------|--------------|--------------|
| LZ5   | 6384720.6999 | 4818768.8600 |
| Kpo5  | 6384721.9875 | 4818759.7198 |
| Ko5   | 6384722.3655 | 4818757.0363 |
| Km5   | 6384722.7502 | 4818754.3054 |
| LC5   | 6384722.8537 | 4818753.5706 |
| Kpm5  | 6384723.5247 | 4818748.8076 |
| OC5   | 6384723.5813 | 4818748.4035 |
| ŽD5   | 6384726.9289 | 4818724.6411 |

U prilogu 9.1. nalazi se pregledna situacija u mjerilu 1:1500, gdje su vidljive sve karakteristične točke po presjecima od 1 do 5.

## 6. TEHNIČKO RJEŠENJE IZVEDBE

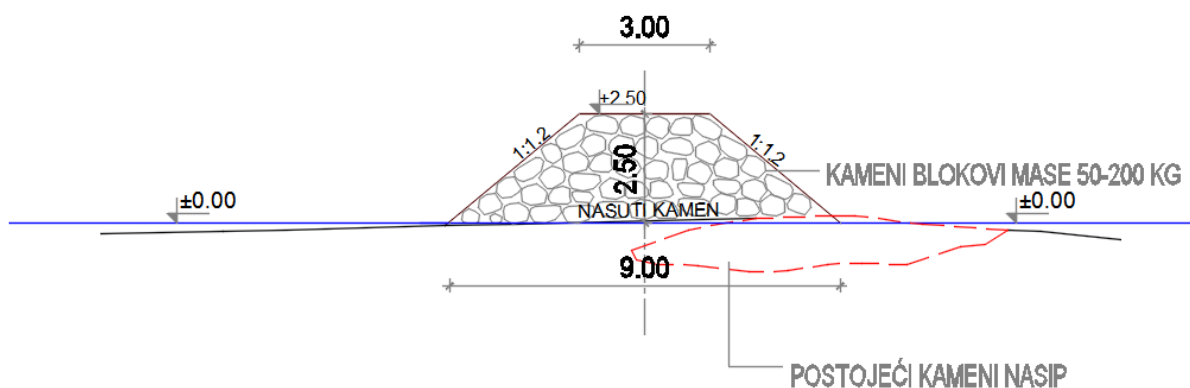
Na mjestu izvođenja radova potrebno je osigurati pristupni put za strojeve težine 13-20 tona te prostor ograditi ogradom. Budući da je temeljno tlo muljevito i nestabilno, kao što je navedeno u Izvještaju o geotehničkim istražnim radovima [2] te zbog veličine zahvata izgradnje, radovi će se obavljati u dvije faze.

Prvoj fazi prethode pripremni radovi koji obuhvaćaju iskolčenje položaja građevina, odnosno sve geodetske radove za definiranje položaja budućih pomorskih građevina. Unutar prve faze radova gradi se Pero 1 i bujično pero Polača, što je opisano u narednim poglavljima. Nakon bujičnog pera Polača nasipa se zemljani zasip, koji se nalazi između LZ i ruba šetnice. Zasipanje se izvodi od ruba šetnice do pokosa kamenog nasipa izvedenog u nagibu 1:1,5. Nakon zasipanja zemljanog nasipa, radi se kameni nasip u moru koji sprječava prodiranje zemljanog materijala iz nasipa u more.

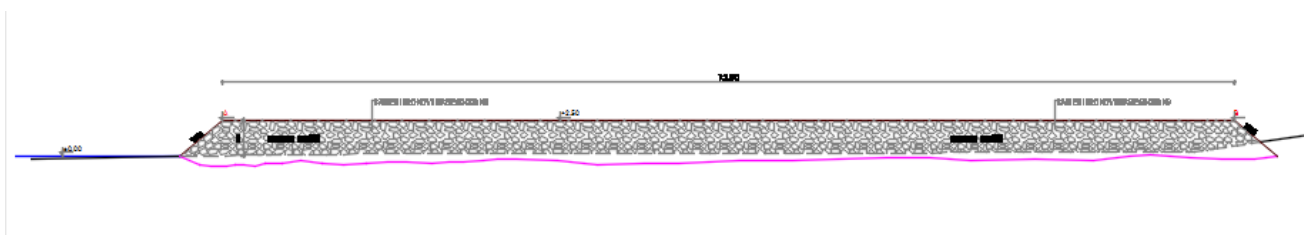
U drugoj fazi radova, Pero 1 i bujično pero Polača se formiraju do svojih konačnih dimenzija, izvodi se šetnica na Peru 1, zatim se razastire plodna zemlja u visini sloja 0,30 m te se formira lice plaže refuliranjem pijeska s morskog dna.

### 6.1. Faza 1

Faza 1 obuhvaća radove na Peru 1 i peru sa bujicom Polača. Na mjestu planiranog Pera 1 već se nalazi improvizirano pero koje je utonulo u muljevito tlo zbog nekontroliranog nasipanja u more zemljanog materijala kojeg su morske struje i valovi još više proširile po mjestu zahvata. Prema Izvještaju o geotehničkim istražnim radovima [2], na području zahvata se ispod nasutog materijala nalaze kvartarne naslage, proluvijalni sedimenti koji se pojavljuju u formi pješčano-muljevitih materijala s primjesama šljunka. Materijal se sastoji od šljunka, pijeska, kršja i blokova vapnenca i lapora. Materijal je pri dnu pomiješan sa žitkim muljem (glinoviti prah), a površinski sloj podmorskog područja čini nasip u formi žitkog mulja. Iz tih razloga, pero se izvodi u dvije faze. U prvoj se fazi nasipa kamen mase 50 do 200 kg u nagibu 1:1,2 s kotom krune 2,50 m n.m., a dužina pera iznosi 72,00 m. Nadvišenje se izvodi jedan metar u odnosu na konačnu kotu, a definirano je tako što se proračunalo opterećenje u fazi eksploatacije na krunu pera. Širina krune se izvodi nasipanjem u širini od 3,00 metra. Prikaz prve faza pera je na slici 6.1 i 6.2.

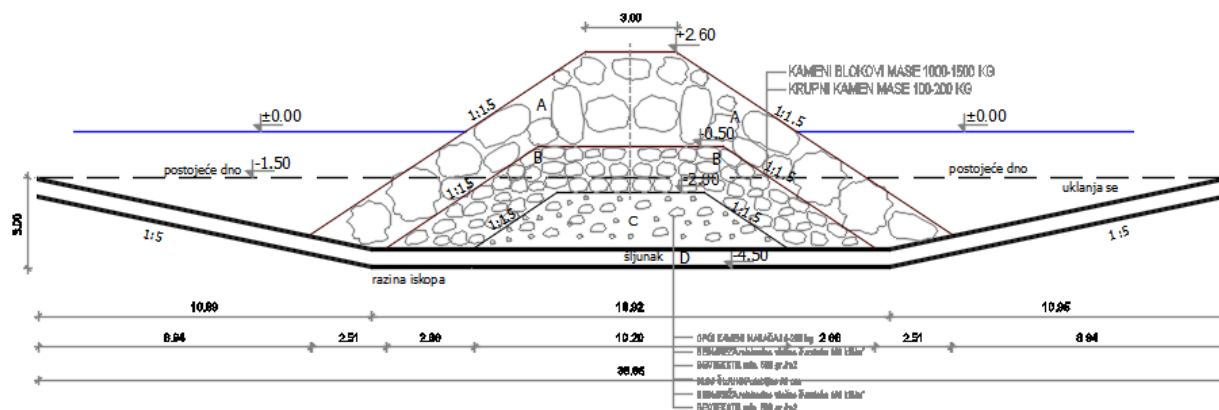


Slika 6.1 Poprečni presjek Pera 1 u prvoj fazi izvedbe

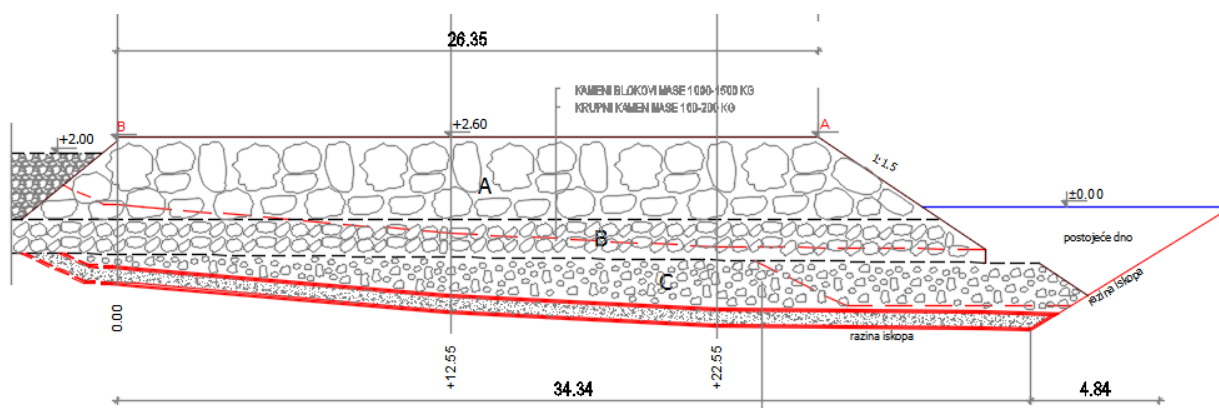


Slika 6.2 Uzdužni presjek Pera 1 u prvoj fazi izvedbe

Prije izvođenja pera sa bujicom Polača, potrebno je izvesti uklanjanje temeljnog tla lošije nosivosti. Temeljno tlo ispod pera sastoji se pretežito od mulja i niskoplastične gline te se uklanja u dubini od 3,00 m s nagibom 1:5 od vanjskih kontura pera. Na temeljno tlo stavlja se geotekstil (minimalne mase  $500 \text{ g/m}^2$ ) te geomreža (minimalna vlačna nosivost  $150 \text{ kN/m}'$ ). Na tu podlogu nanosi se sloj šljunka ( $D_{\max} = 64 \text{ mm}$ ) debljine 50 cm na koji se polaže geotekstil i geomreža (jednakih karakteristika kao i u donjem sloju). Nužno je voditi računa da kod postavljanja geotekstila i geomreže minimalna duljina preklopa bude 1,00 m. U prvoj fazi, bujično pero Polača izrađuje se od tri sloja. Jezgra pera se izvodi od općeg kamenog nasipa – sloj C mase kamena 5-200 kg. Frakcija označena slovom B je neobrađeni kamen mase 100-200 kg, na koje se postavlja zaštitni sloj od kamenometa mase 1000-1500 kg. Pero se izvodi sa nagibom pokosa od 1:1,5, a širina pera u kruni je 7,00 m. Na slici 6.3 prikazan je poprečni presjek, a na slici 6.4 prikazan je uzdužni presjek pera s bujicom Polača u prvoj fazi izvođenja.



Slika 6.3 Poprečni presjek pera s bujicom Polača – 1. faza



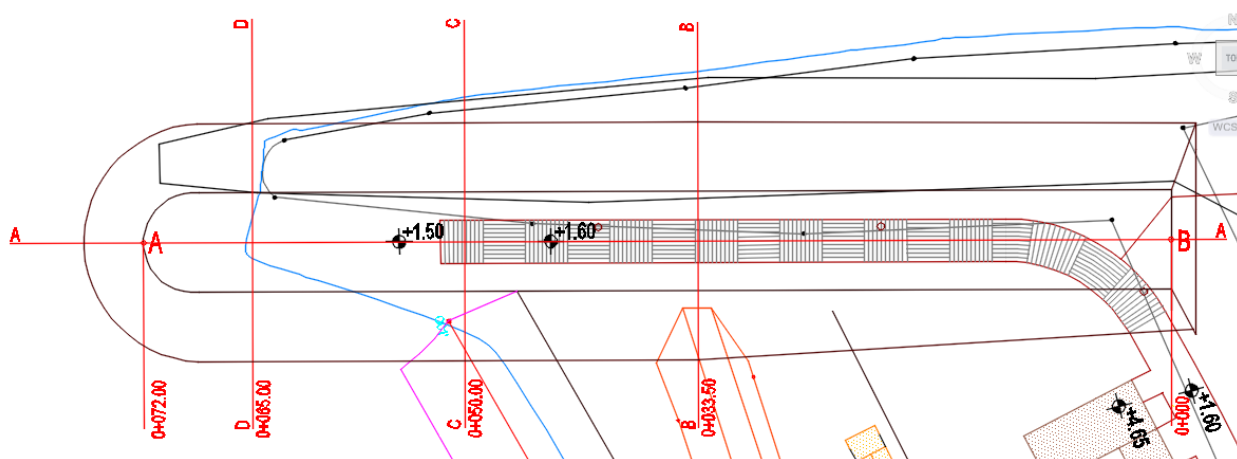
Slika 6.4 Uzdužni presjek pera sa bujicom Polača u prvoj fazi izvedbe

U prvoj fazi izvodi se i zemljani nasip s kopna od ruba šetnice na koji će se naslanjati kameni nasip u moru. Zemljani nasip se izvodi zbog loše nosivosti temeljnog tla, odnosno morskog dna, i nasipa se do kote +1,40 m n.m. (kota 1,30 m n.m. + 10 cm nadvišenja zbog slijeganja) na strani prema šetnici, koji se spušta do kote +0,90 m n.m. Širina zemljanog nasipa je promjenjiva po presjecima, a kreće se između 40 i 15 metara. Nakon ugradnje zemljanog nasipa, potrebno ga je zbiti do postizanja modula stišljivosti minimalno  $M_s=20$  MPa. Za materijal nasipa predviđa se odgovarajući miješani materijal sa maksimalnim promjerom kamena manjim od 20 cm uz materijal koji je uklonjen ispod bujičnog pera Polača.

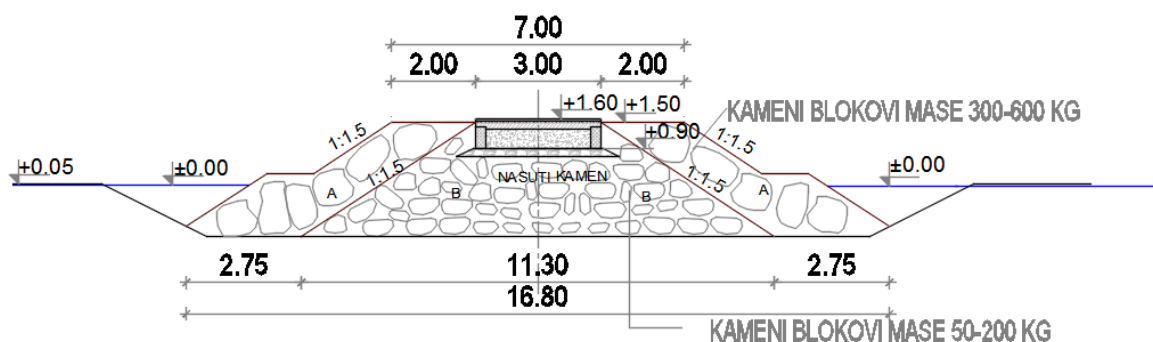
Formiranje kamenog nasipa vrši se sa zemljanog nasipa, a po postavljanju geotekstila. Kameni nasip sprječava kontakt zemlje iz materijala zemljanog nasipa sa morem. Na taj način se sprječava zamuljenje mora i ispiranje zemljanog materijala. Visina krune je +0,90 m n.m. od NN Trsta, dok širina krune iznosi 2,00 metra. Nagib prema zemljanom materijalu iznosi 1:1,15 dok je na drugoj strani 1:3. Na pokosu kamenog nasipa prema obali, potrebno je postaviti geotekstil kako bi se spriječio prodor zemlje kroz tijelo nasipa u more. Krajevi kamenog nasipa izvode se po završetku svih radova na Peru 1 i bujičnom peru Polača.

## 6.2. Faza 2

Nakon prve faze, potrebno je do 6 mjeseci pratiti proces slijeganja Pera 1 te nakon toga izravnati podlogu budući da će u tom procesu doći do tonjenja velike količine materijala u mulj. Nakon izravnavanja utonule prve faze ugrađuju se kamene blokovi mase 300 do 600 kg u završnom zaštitnom sloju sa nagibom pokosa od 1:1,5 sa obje strane (prema rijeci Žrnovnici i prema plaži). Dužina pera, kao i u prvoj fazi, iznosi 72,00 m, a popločenje se izvodi po završetku druge faze i to na koti +1,60 m n.m. u dužini od 45 metara. Popločenje se vrši na način da se vrši nasipanje krupnije frakcije u debljini od 20 cm do kote +0,90 m n.m. ( $D_{50}=128$  mm) te se onda postavlja AB okvir kvadratnog oblika, visine 50 cm i debljine 25 cm. Unutrašnjost AB okvira potrebno je ispuniti tucanikom gustoće  $2600 \text{ kg/m}^3$  sa udjelom pornog prostora od 40%, u visini od 45 cm. Potrebno je sačekati završetak procesa slijeganja tucanika u betonskom okviru te pristupiti betoniranju. Betonira se u debljini od 15 cm te se na takvu podlogu postavlja cementni mort i kamene ploče za popločenje debljine 5,00 cm. Na slici 6.5 prikazan je tlocrt Pera 1 po završetku druge faze, a na slici 6.6 prikazano je Pero 1 u presjeku B-B, na stacionaži 0+033,50 od referentne točke B.

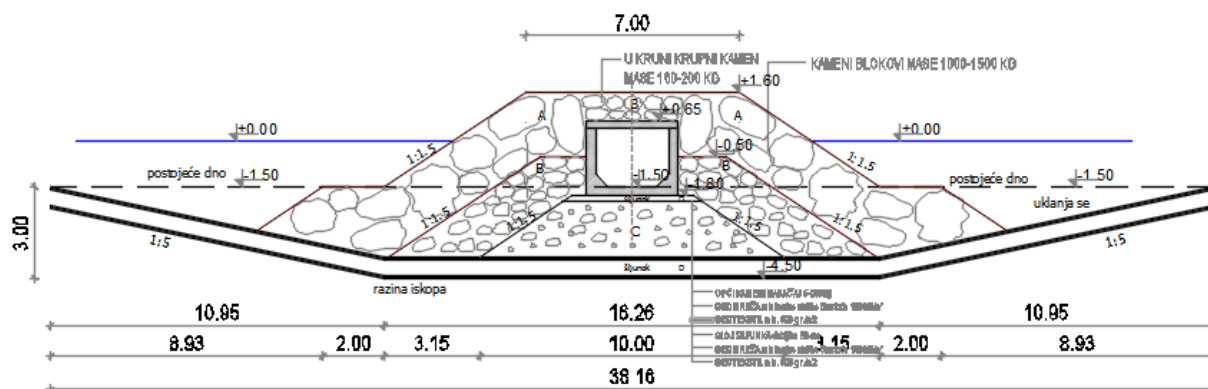


Slika 6.5 Tlocrt Pera 1 nakon druge faze izvedbe

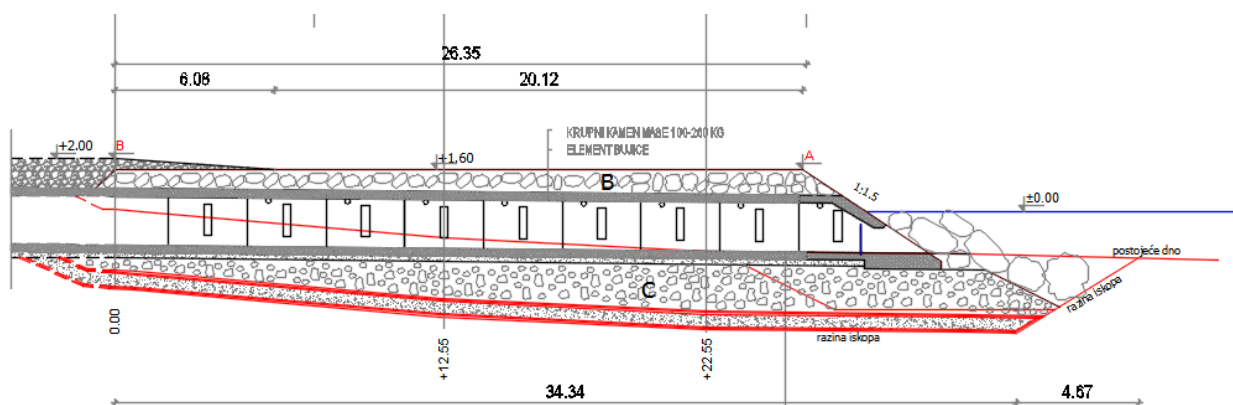


Slika 6.6 Poprečni presjek Pera 1 nakon druge faze

U drugoj fazi izvedbe pera s bujicom Polača, na temeljni sloj od općeg kamena, odnosno jezgru nasipa, nanosi se izravnavajući sloj šljunka ( $D_{\max} = 64 \text{ mm}$ ) minimalne debljine 20 cm na koji se polažu predgotovljeni AB elementi korita bujice koji su „U“ poprečnog presjeka sa betonskim poklopcem. Nakon postavljanja predgotovljenih armirano betonskih ploča, dovršava se jezgra pera sa krupnim kamenom mase 100-200 kg na koju se nastavlja školjera sa kamenim blokovima mase 1000-1500 kg. Na slici 6.7 je poprečni presjek pera sa bujicom Polača nakon završetka gradnje, a na slici 6.7 prikazan je uzdužni presjek.



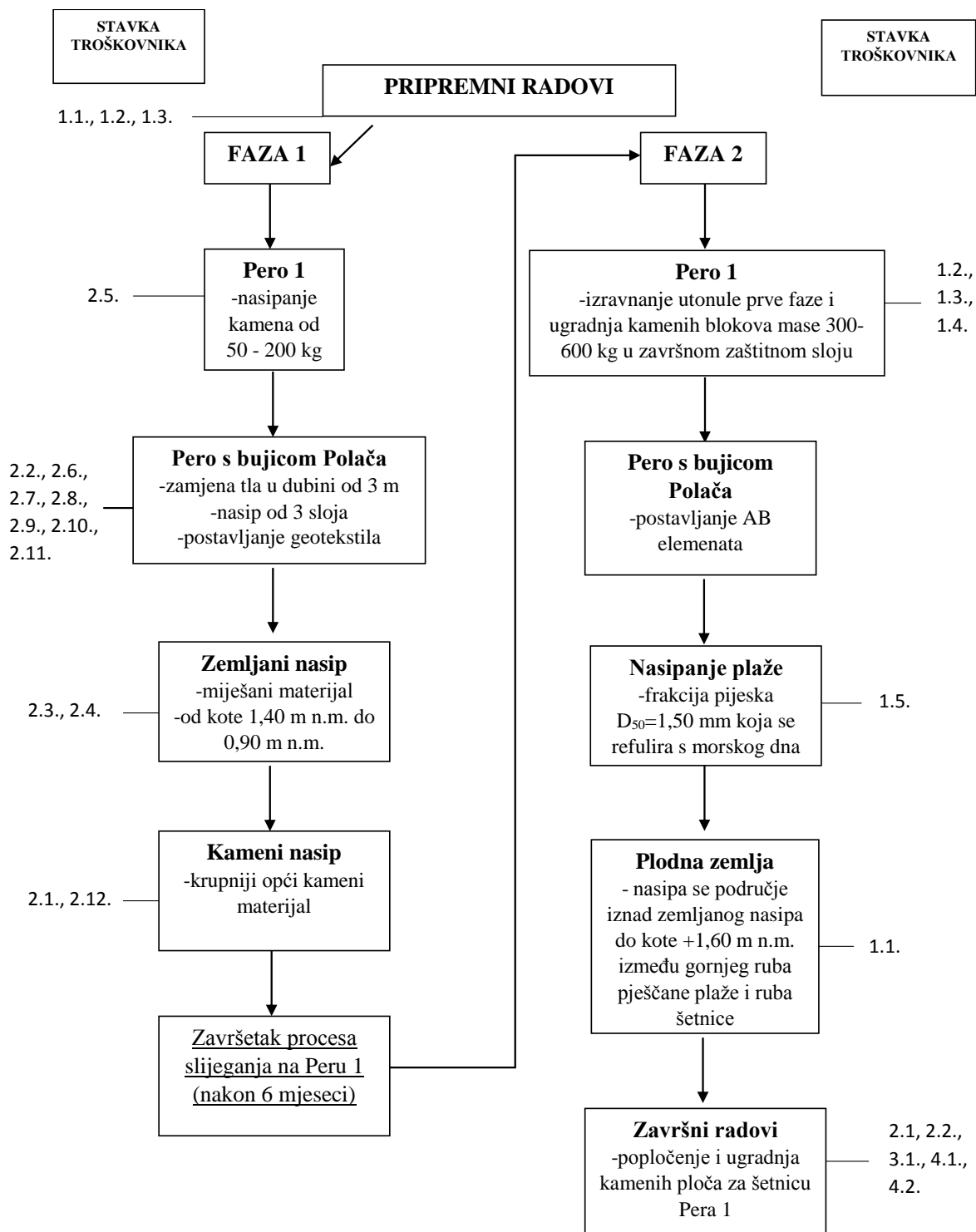
Slika 6.7 Poprečni presjek pera s bujicom Polača



Slika 6.8 Uzdužni presjek pera s bujicom Polača nakon druge faze gradnje

Po završetku kamenog nasipa i zemljanog nasipa, nasipa se područje iznad zemljanog nasipa do kote +1,60 m n.m. slojem plodne zemlje (humusa) između gornjeg ruba pješčane plaže i ruba šetnice. Područje iznad krune kamenog nasipa, nasipa se materijalom koji se koristi za nasipanje plaže do kote +1,50 m n.m. u neposrednoj blizini mora. Za nasipanje plaže koristi se frakcija pijeska  $D_{50}=1,50 \text{ mm}$  koja se refulira s morskog dna. Zbog male dubine, refuliranje se vrši strojno, odnosno refulerom koji se obično naziva plutajućim bagerom ili usisnim bagerom. Budući da se radi o malim dubinama, predviđeno je izvođenje uređajem za refulaciju, za dubine do 3 m. Potrebna količina pijeska  $D_{50}=1,50 \text{ mm}$  iskopava se jaružalom za refulaciju na obuhvatu

površine 12.782,22 m<sup>2</sup> u sloju 0,50 m. Prijelaz sa kote +1,60 m n.m. na kotu +1,50 m n.m. izvodi se u blagom nagibu. Dijagram toka faze 1 i faze 2 prikazan je u nastavku.



## 7. TROŠKOVNIK RADOVA

### 7.1. Faza 1

| R. Br.    | OPIS STAVKE   | JED. MJERE | KOLIČINA | JED. CIJENA | IZNOS          |
|-----------|---|------------|----------|-------------|----------------|
| <b>1.</b> | <b>PRIPREMNI RADOVI</b>   |            |          |             |                |
| 1.1.      | Iskolčenje položaja građevina obuhvaća sve geodetske radove za mjerenje položaja budućih pomorskih građevina te mjerenje za vrijeme građenja i na kraju kod tehničkog prijema. Veći dio objekata je postavljen u sadašnjem priobalnom moru, pa se predviđa specifično mjerenje prilagođeno tim uvjetima. Položajne točke dane su u tehničkom opisu i naznačene su u grafičkim priložima (nacrtima). Stavka se odnosi na iskolčenje plaže u području obuhvata. | kom        | 1        | 2000,00     | <b>2000,00</b> |
| 1.2.      | Iskolčenje položaja građevina obuhvaća sve geodetske radove za mjerenje položaja budućih pomorskih građevina te mjerenje za vrijeme građenja i na kraju kod tehničkog prijema. Veći dio objekata je postavljen u sadašnjem priobalnom moru, pa se predviđa specifično mjerenje prilagođeno tim uvjetima. Položajne točke dane su u tehničkom opisu i naznačene su u grafičkim priložima (nacrtima). Stavka se odnosi na iskolčenje pera u području obuhvata.  | kom        | 2        | 2000,00     | <b>4000,00</b> |



|                                 |   |        |   |   |                 |
|---------------------------------|---|--------|---|---|-----------------|
| 1.3.                            | Prikupljanje, razvrstavanje i odlaganje kamenog materijala sa sadašnje obale, te pripremanje za ugradnju u buduće građevine. Nakon odlaganja procjenjuje se prikupljena količina te usklađuje (korigira) dobava planiranih količina materijala za kameni i zemljani nasip, školjeru i žalo. | paušal | - | - | 30000,00        |
| <b>PRIPREMNI RADOVI UKUPNO:</b> |   |        |   |   | <b>36000,00</b> |

| R. Br. | OPIS STAVKE   | JED. MJERE     | KOLIČINA | JED. CIJENA | IZNOS            |
|--------|---|----------------|----------|-------------|------------------|
| 2.     | <b>ZEMLJANI RADOVI</b>  |                |          |             |                  |
| 2.1.   | Dobava i ugradnja na plaži nešto krupnijeg općeg kamenog materijala u zaštitni nasip po trasi gornjeg ruba lica plaže. Bočno, uz kosinu budućih pera zatvara se kameni nasip prema obali tvoreći tako zatvorenu kazetu unutar koje će se deponirati iskopani materijal s dna ispod budućih pera i materijal iz iskopa. Prema projektu kruna nasipa je na koti +0,90 m n.m. (od Trščanske nule) širine 2,00 metra. Unutarnja kosina je u nagibu 1:1.5, a vanjska je u nagibu 1:3. Nasip se izvodi dovozom materijala i nasipanjem s čela. Da bi se vozilo sigurno kretalo po kruni, nasut će se kruna širine 4,50 metara s odgovarajuće strmijim vanjskim nasipom oko 1:1.5. Prije izrade lica plaže vanjska strana nasipa će se vratiti u nagib 1:3 i kruna u širinu 2,00 metra. Stavka se obračunava po m <sup>3</sup> potpuno dovršenog nasipa. | m <sup>3</sup> | 1944,00  | 120,00      | <b>233280,00</b> |

|      |  |                |         |        |                  |
|------|--|----------------|---------|--------|------------------|
| 2.2. | Iskop materijala nezadovoljavajuće nosivosti ispod bujice Polača do razine koja odgovara traženoj nosivosti (prema grafičkim priložima). Iskop izvesti u nagibu 1:5. Materijal se iskapa strojno jaružalom.  | m <sup>3</sup> | 600,11  | 75,00  | <b>45008,25</b>  |
| 2.3. | Utovar, prijevoz i ugradnja materijala iskopa iz prethodne stavke u prostor između općeg kamenog nasipa i ruba šetnice na Plaži 1. Materijal se ugrađuje na dijelovima plaže na kojima nije predviđena izgradnja objekata zbog lošijih geomehaničkih svojstava. Prije nasipanja postaviti geotekstil na pokos općeg kamenog nasipa prema šetnici.  | m <sup>3</sup> | 600,11  | 45,00  | <b>27004,95</b>  |
| 2.4. | Nabava, dovoz i ugradnja materijala za zasip iza kamenog nasipa iz stavke 2.1. na plaži 1. Nasipa se do kote 1,40 m n.m. (kota 1,30 m n.m. + 10 cm nadvišenja zbog slijeganja). Za materijal nasipa predviđa se odgovarajući miješani materijal sa maksimalnim promjerom kamena manjim od 20 cm. Zasipanje se izvodi od ruba šetnice do pokosa kamenog nasipa izvedenog u nagibu 1:1,5. U cijenu se računa nabava, dovoz i ugradnja do kote 1,40 m n.m.. Obračun količine je u m <sup>3</sup> za materijal u zbijenom stanju (nakon slijeganja). Ukupna količina potrebna za nasip iznosi 8.785,00 m <sup>3</sup> umanjuje se za količinu iz stavke 2.3.. Po ugradnji izvesti zbijanje do postizanja modula stišljivosti | m <sup>3</sup> | 8184,89 | 120,00 | <b>982186,80</b> |

|      |  |              |         |        |                  |
|------|--|--------------|---------|--------|------------------|
|      | minimalno $M_s=20$ MPa. Prije nasipanja postaviti geotekstil na pokos općeg kamenog nasipa prema šetnici.  |              |         |        |                  |
| 2.5. | Nabava, dovoz i ugradnja kamenog materijala mase 50 - 200 kg u Pero 1. U $1,00 \text{ m}^3$ sadržano je 1,7 tona kamenog materijala zbog udjela pornog prostora. Nasipa se do kote +2,50 m n.m. čime se temeljno tlo predopterećuje.   | $\text{m}^3$ | 1080,00 | 240,00 | <b>259200,00</b> |
| 2.6. | Nabava, dovoz i ugradnja kamenog materijala mase 5 - 200 kg u bujicu Polača. U $1 \text{ m}^3$ sadržano je 1,7 tona kamenog materijala zbog udjela pornog prostora.  | $\text{m}^3$ | 317,19  | 120,00 | <b>38062,80</b>  |
| 2.7. | Nabava, dovoz i ugradnja kamenog materijala mase 100 - 200 kg u bujicu Polača. U $1 \text{ m}^3$ sadržano je 1,7 tona kamenog materijala zbog udjela pornog prostora.  | $\text{m}^3$ | 565,21  | 140,00 | <b>79129,40</b>  |
| 2.8. | Dobava i ugradnja slaganjem kamenih blokova mase 1000 do 1500 kg u školjeru na bujici Polača. Obračun po $\text{m}^3$ pravilno složene školjere.<br>Napomena:<br>Veći blokovi se u kamenolomima kupuju u tonama. Kad se slože u školjeru tada se mora izračunati efektivna masa odnosno volumen kamena ovisno o šupljikavosti. Postotak šupljina se kreće od 30% do 40%. Prosječno je 35%. | $\text{m}^3$ | 1330,71 | 450,00 | <b>598817,70</b> |

|       |  |                |         |       |                     |
|-------|--|----------------|---------|-------|---------------------|
| 2.9.  | Dobava i ugradnja drobljenog kamenog materijala , veličina zrna do 32 mm, u sloj između geotekstila ispod bujice Polača u debljini 0,50 m.   | m <sup>3</sup> | 513,83  | 95,00 | <b>48813,38</b>     |
| 2.10. | Postavljanje 500 gramskog geotekstila ispod bujice Polača. Stavka se odnosi na nabavku i ugradnju. Izvesti po završetku uklanjanja temeljnog tla lošijih geomehničkih svojstava, a prije nasipanja kamenog materijala. Osigurati preklop od 1 m.             | m <sup>2</sup> | 3100,00 | 19,00 | <b>58900,00</b>     |
| 2.11. | Postavljanje geomreže ispod bujice Polača. Stavka se odnosi na nabavku i ugradnju. Izvesti po završetku uklanjanja temeljnog tla lošijih geomehničkih svojstava i postavljanja donjeg sloja geotekstila, a prije nasipanja kamenog materijala.               | m <sup>2</sup> | 3100,00 | 25,00 | <b>77500,00</b>     |
| 2.12. | Postavljanje 300 gramskog geotekstila na pokos općeg kamenog nasipa prema šetnici. Stavka se odnosi na nabavku i ugradnju. Izvesti po završetku općeg kamenog nasipa, a prije nasipanja područja od nasipa do šetnice. Osigurati preklop od minimalno 65 cm. | m <sup>2</sup> | 735,00  | 13,00 | <b>9555,00</b>      |
|       | <b>ZEMLJANI RADOVI UKUPNO:</b>   |                |         |       | <b>2.465.906,58</b> |

## REKAPITULACIJA 1. FAZA

|                     |                  |
|---------------------|------------------|
| 1. PRIPREMNI RADOVI | 36.000,00 HRK    |
| 2. ZEMLJANI RADOVI  | 2.457.458,28 HRK |

---

Ukupno: **2.493.458,28 HRK**

## 7.2. Faza 2

| R. Br. | OPIS STAVKE   | JED. MJERE     | KOLIČINA | JED. CIJENA | IZNOS            |
|--------|---|----------------|----------|-------------|------------------|
| 1.     | <b>ZEMLJANI RADOVI</b>  |                |          |             |                  |
| 1.1.   | Nabava, dovoz i razastiranje plodne zemlje u debljini 30 cm na plaži 1 između gornjeg ruba žala i južnog ruba šetnice. Obračun je po m <sup>3</sup> .   | m <sup>3</sup> | 845,00   | 140,00      | <b>118300,00</b> |
| 1.2.   | Nabava, dovoz i strojna ugradnja slaganjem kamenih blokova mase 300 do 600 kg u školjeru (sloj A+B) na Peru 1. Obračun po m <sup>3</sup> školjere.<br>Napomena:<br>Veći blokovi se u kamenolomima kupuju u tonama. Kad se slože u školjeru tada se mora izračunati efektivna masa odnosno volumen kamena ovisno o šupljikavosti. Postotak šupljina se kreće od 30% do 40%. Prosječno je 35%. U cijenu se računa udaljenost kamenoloma, način prijevoza i način ugradnje, tako da se cijena kreće u širem rasponu. U obračunu se obično uzima prosječna. Ugrađuje se po okončanju procesa slijeganja, cca. 6 mjeseci po izvođenju stavke 2.6 Zemljanih radova prve faze. | m <sup>3</sup> | 1003,68  | 450,00      | <b>451656,00</b> |
| 1.3.   | Nabava, dovoz i ugradnja krupnijeg drobljenca (šakavca) D <sub>50</sub> = 64 mm, u armiranobetonske okvire na dijelu Pera 1 gdje se popločava. Površina drobljenca je na koti 1,35 m n.m. Obračun je po m <sup>3</sup> . Izvesti zasipanjem iz kamiona.   | m <sup>3</sup> | 50,63    | 95,00       | <b>4809,38</b>   |

|                                |  |       |         |       |                     |
|--------------------------------|--|-------|---------|-------|---------------------|
| 1.4.                           | Nabava, dovoz i ugradnja krupnog tucanika $D_{50} = 128$ mm za potrebe oslanjanja armiranobetonskih okvira na dijelu Pera 1 gdje se popločava. Obračun je po $m^3$ . Izvesti zasipanjem iz kamiona i izravnati.  | $m^3$ | 31,50   | 95,00 | <b>2992,50</b>      |
| 1.5.                           | Izrada nasipa na licu buduće plaže 1 refuliranjem pijeska s morskog dna u okolišu plaže. Refuliranje se izvodi strojno. Zbog male dubine predviđeno je izvođenje uređajem za refulaciju, za dubine do cca 3 m. Iskop jaružalom za refulaciju izvesti na obuhvatu površine $12.782,22 m^2$ u sloju 0,5 m. Prosječna transportna udaljenost cca 100 m. | $m^3$ | 6391,11 | 75,00 | <b>479332,88</b>    |
| <b>ZEMLJANI RADOVI UKUPNO:</b> |  |       |         |       | <b>1.057.090,76</b> |

| R. Br. | OPIS STAVKE  | JED. MJERE | KOLIČINA | JED. CIJENA | IZNOS           |
|--------|--|------------|----------|-------------|-----------------|
| 2.     | <b>BETONSKI I ARMIRANOBETONSKI RADOVI</b>  |            |          |             |                 |
| 2.1.   | Izrada, doprema i ugradnja predgotovljenih armiranobetonskih okvira za popločavanje dijela pera. Okviri su vanjskih dimenzija 3x3 metra, visine 0,50 metara i debljine stranica 0,25 metara. Volumen betona jednog okvira je $1,375 m^3$ . Ukupno je 15 okvira. Beton je C 35/45, XS3, prema specifikacijama iz projekta. Okviri se postavljaju na podlogu drobljenca tako da im je kota gornjeg ruba 1,45 m n.m. Armatura je prema statičkom proračunu i iskazana je u posebnoj stavci. Obračun je po $m^3$ . | $m^3$      | 20,63    | 1350,0      | <b>27843,75</b> |

|   |  |                |       |        |                  |
|---|--|----------------|-------|--------|------------------|
| 2.2.  | Dobava i ugradnja podložnog betona za opločenje na Peru 1.<br>Beton je razreda čvrstoće C 30/37 i ugrađuje se unutar prethodno postavljenih armiranobetonskih okvira. Debljina betona je 15 cm. Ugrađuje se ručno uz ravnanje letvom. Obračun je po m <sup>3</sup> . | m <sup>3</sup> | 20,25 | 950,00 | <b>19237,50</b>  |
| <b>BETONSKI I ARMIRANOBETONSKI RADOVI UKUPNO:</b> |  |                |       |        | <b>47.081,25</b> |

| R. Br.                          | OPIS STAVKE   | JED. MJERE | KOLIČINA | JED. CIJENA | IZNOS            |
|---------------------------------|---|------------|----------|-------------|------------------|
| 3.                              | <b>ARMIRAČKI RADOVI</b>   |            |          |             |                  |
| 3.1.                            | Dobava, čišćenje, izrezivanje, savijanje, unutrašnji transport, postavljanje, povezivanje armature armiranobetonskih okvira za popločavanje na perima. Dimenzije šipki su prema specifikaciji i nacrtima u dokumentaciji. Armira se armaturom tipa B 500A ili B 500B (prema TPBK) u obliku šipki. Prosječna količina armature je 120 kg/m <sup>3</sup> . Obračun po kg ugrađene i primljene armature. | kg         | 2475,6   | 7,50        | <b>18567,00</b>  |
| <b>ARMIRAČKI RADOVI UKUPNO:</b> |   |            |          |             | <b>18.567,00</b> |

| R. Br. | OPIS STAVKE   | JED. MJERE     | KOLIČINA | JED. CIJENA | IZNOS           |
|--------|---|----------------|----------|-------------|-----------------|
| 4.     | <b>KAMENARSKI RADOVI</b>  |                |          |             |                 |
| 4.1.   | Nabavka, dovoz i ugradnja kamenih ploča za popločenje Pera 1. Opločenje izvesti bijelim kamenim pločama sa obližnjeg kamenoloma 30 x slobodno x 5 | m <sup>2</sup> | 135,00   | 400,00      | <b>54000,00</b> |

|      |   |    |       |       |                  |
|------|---|----|-------|-------|------------------|
|      | cm debljine, prema arhitektonskom projektu. Ugradnja ploča u cementni mort na pripremljenu podlogu iz stavke 3.2.. Fuge spajati "živo na živo". Bočne stranice prema zelenim površinama, plaži 1 i na peru potrebno je zarubiti i ožbukati bijelim cementnim mortom (1:3). Na mjestima za montažu rasvjete ostaviti otvore u kamenom popločenju. Obračun po m <sup>2</sup> ugrađenog kamena |    |       |       |                  |
| 4.2. | Strojno brušenje vanjskih rubova opločene površine pod kutom od 45°. Izvesti glodalicom - 2 cm smušanog ruba. Izvodi se cijelom dužinom ruba. Obračun po dužini.  | m' | 93,00 | 15,00 | <b>1395,00</b>   |
|      | <b>KAMENARSKI RADOVI UKUPNO:</b>  |    |       |       | <b>55.395,00</b> |

**REKAPITULACIJA 2.FAZA**

|                                       |                  |
|---------------------------------------|------------------|
| 1. ZEMLJANI RADOVI                    | 1.057.090,76 HRK |
| 2. BETONSKI I ARMIRANOBETONSKI RADOVI | 47.081,25 HRK    |
| 3. ARMIRAČKI RADOVI                   | 18.567,00 HRK    |
| 4. KAMENARSKI RADOVI                  | 55.395,00 HRK    |

---

Ukupno: **1.178.134,01 HRK**

**REKAPITULACIJA**

|         |                  |
|---------|------------------|
| 1. FAZA | 2.493.458,28 HRK |
| 2. FAZA | 1.178.134,01 HRK |

---

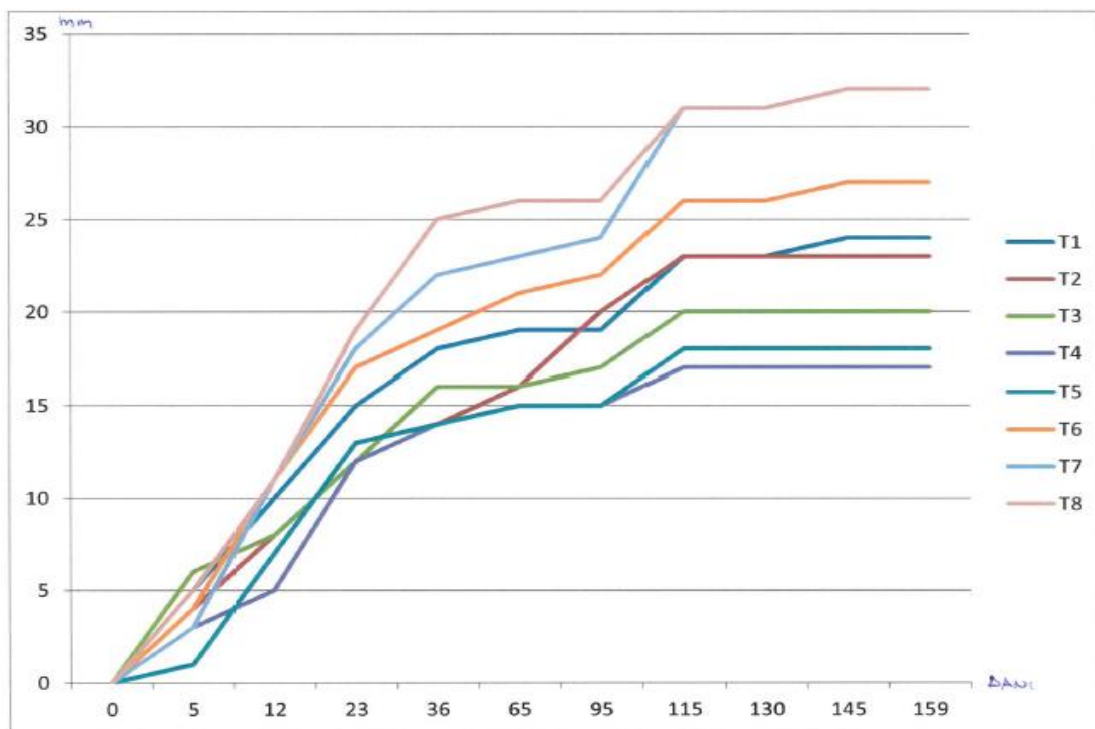
Ukupno: **3.671.592,29 HRK**



## 8. ZAKLJUČAK

Temeljem podataka o mjerenju satnih brzina vjetra i prevladavajućeg smjera za razdoblje od 01.01.2000.-31.12.2009., s mjerne postaje Marjan, Split (izvor DHMZ) te izradom ruže vjetrova, dominantni vjetrovi na područje obuhvata su vjetrovi iz smjera juga, jugozapada i jugoistoka. Numerički model valovanja izrađen je za smjerove jug i jugozapad. Val iz smjera SE nije uzet u obzir budući da zbog položaja obale, val generiran vjetrom iz smjera jugoistoka, ne rezultira većim valnim visinama neposredno uz obalnu crtu. Ulazni podatci za CG WAVE određeni su analizom dubokovodnih parametara vala pomoću Pareto i Gumbelove distribucije, a oni iznose za smjer S:  $H_s^{100}=2,33$  m i  $T_s^{100}=4,83$  s i SW:  $H_s^{100}=2,85$  m i  $T_s^{100}=4,47$  s.

Na području od ušća rijeke Žrnovnice do lučice u Strožancu izvode se bujično pero, obično stabilizacijsko pero te plaža između dva pera. Radovi su predviđeni u dvije faze. U prvoj fazi izvodi se Pero 1 sa širinom krune 3,00 m, visinom 2,50 m, širinom u nožici 9,00 m te dužinom 72,00 m. Pero 1 se predviđa na već postojećem improviziranom peru koje je utonulo u mulj. Zbog postojanja improviziranog pera i mogućnosti tonjenja materijala, potrebno je sačekati 6 mjeseci kako bi završio proces slijeganja te pristupiti drugoj fazi rada na Peru 1. Budući da se trenutno na terenu izvodi faza 2, na slici 8.1 prikazan je dijagram slijeganja u vremenu na osam mjernih točaka, gdje je vidljivo da je vremenski period i manji od 6 mjeseci, bio dovoljan za završetak slijeganja.



Slika 8.1 Dijagram slijeganja na Peru 1 nakon izvedbe prve faze radova

Prva faza izvedbe radova obuhvaća i izradu pera sa bujicom Polača. Potrebno je zamijeniti temeljno tlo do dubine od 3,00 m te postaviti geotekstil i geomrežu, budući da je prema Izvještaju o geotehničkim istražnim radovima [2], na području zahvata materijal pri dnu pomiješan je sa žitkim muljem zbog kojeg može doći do gubitka materijala. Bujično pero se gradi do kote 2,60 m u prvoj fazi, dok mu konačna kota iznosi 1,60 m, a dužina bujičnog pera iznosi 26,35 m.

Plaža, koja se nalazi između dva pera, ima površinu oko 6210 m<sup>2</sup>, čime osigurava potreban kapacitet od 700-800 kupača postavljen od strane investitora zahvata. Za nasipanje plaže koristi se frakcija pijeska D<sub>50</sub>=1,50 mm koja se refulira s morskog dna.

Ukupni troškovi radova iznose 3.671.592,29 HRK i obuhvaćaju radove prve i druge faze pomorskih građevina. Ovim radom nije obuhvaćen projekt pomorskih površina, krajobraznog uređenja, vodovoda, odvodnje kao i projekt bujice, što inače obuhvaća Izvedbeni projekt Obalnog područja Podstrana [1].

## **9. PRILOZI**

### **9.1. Pregledna situacija M 1:500**

### **9.2. Poprečni profil plaže: 1, 2 i 3 M 1:100**

### **9.3. Poprečni profil plaže: 4 i 5 M 1:100**

### **9.4. Pero 1**

#### **9.4.1. Pregledna situacija M 1:200**

#### **9.4.2. Uzdužni presjek A-A M 1:100; Normalni poprečni presjek M 1:50; Faza 1**

#### **9.4.3. Uzdužni presjek A-A M 1:100; Normalni poprečni presjek B-B M 1:50; Normalni poprečni presjek C-C M 1:50; Normalni poprečni presjek D-D M 1:50; Konačno stanje**

### **9.5. Pero s bujicom Polača**

#### **9.5.1. Pregledna situacija M 1:200**

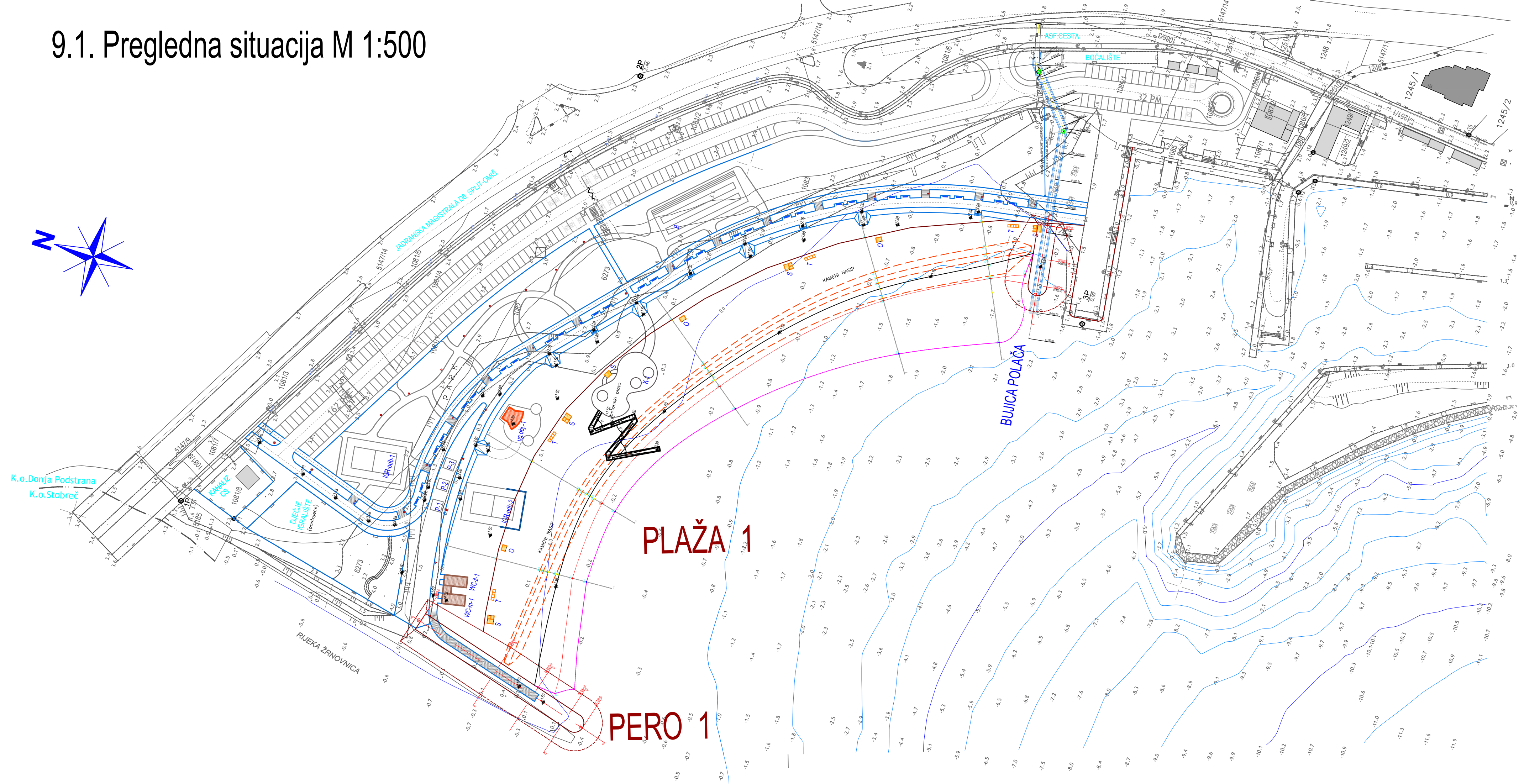
#### **9.5.2. Uzdužni presjek A-A M 1:100; Normalni poprečni presjek B-B M 1:50; Normalni poprečni presjek C-C M 1:50; Faza 1**

#### **9.5.3. Uzdužni presjek A-A M 1:100; Normalni poprečni presjek B-B M 1:50; Normalni poprečni presjek C-C M 1:50; Konačno stanje**

## 10. LITERATURA

- [1.] Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, *Uređenje obalnog područja općine Podstrana od ušća rijeke Žrnovnice do Hotela Lav*, Općina Podstrana, Izvedbeni i glavni projekt, 2016
- [2.] Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, *Izveštaj o geotehničkim istražnim radovima za potrebe uređenja obalnog pojasa od ušća rijeke Žrnovnice do hotela Le Meridien Lav (...)*, Split, 2012
- [3.] Srzić V., (2016/2017), *Zapisi sa predavanja: Obalno inženjerstvo*, FGAG Split
- [4.] Briggs M. J., Donnell B. P., Demirbilek Z., *How to Use CGWAVE with SMS: An Example for Tedious Creek Small Craft Harbor*, US Army Corps of Engineers, 2004
- [5.] Conran S.L., *The usage of CGWAVE in SMS: Users guide*, Department of civil and environmental engineering, 2005
- [6.] Pernat Ž., *Modeliranje valovanja zasnovano na rješavanju jednadžbe blagog nagiba*, Split, 2008
- [7.] Maleš P., *Rješenje stabilizacije plaže primjenom numeričkog modela*, FGAG Split, 2017
- [8.] Goda Y., *Random Seas and Design of Maritime Structures*, World Scientific, 2000
- [9.] Telford T., *Breakwaters, Coastal Structures and Coastlines: Proceedings of the International Conference Organized by the Institution of Civil Engineers and Held in London, UK on 26-28 September 2001*, N. W. H. Allsop, Institution of Civil Engineers (Great Britain), 2002

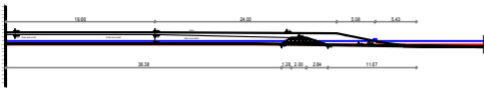
# 9.1. Pregledna situacija M 1:500



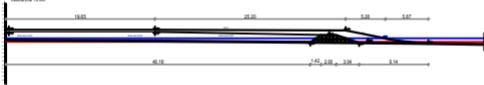
|  |   |                   |                          |
|--|---|-------------------|--------------------------|
| FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE<br>SVEUČILIŠTA U SPLITU<br>Matice hrvatske 15 21000 Split |   |                   |                          |
| DIPLOMSKI RAD  |   |                   |                          |
| Tema rada:   | Izvedbeni projekt uređenja obalnog područja općine Podstrana od ušća rijeke Žrnovnice do lučice u Strožancu |                   |                          |
| Sadržaj:   | 9.1. PREGLEDNA SITUACIJA  |                   |                          |
| Studentica:<br>Monika Bernjak, 635   | Mentor:<br>doc.dr.sc. Veljko Sroć, dipl.ing.građ.   | mjerilo:<br>1:500 | datum:<br>Srijanj, 2018. |

## 9.2. Poprečni profil plaže 1, 2 i 3, M 1:100

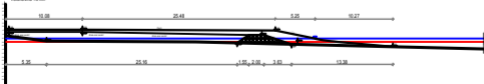
PLAŽA 1 - PRESJEK 1-1  
Veličina zrna 1,5 mm



PLAŽA 1 - PRESJEK 2-2  
Veličina zrna 1,5 mm



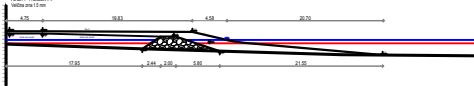
PLAŽA 1 - PRESJEK 3-3  
Veličina zrna 1,5 mm



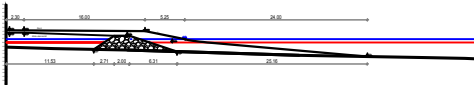
|  |  |        |  |
|--|--|--------|--|
| INSTITUT ZA VEŠTAČENJE I PROJEKTOVANJE<br>INŽENJERSKI BUREAU IZ OBLASTI<br>GRAĐEVINARSTVA I<br>PROMETA NEKRETNIM PRAVIMA |  |        |  |
| Projekat: Izrada projekata za izradu projekata i izvođenje radova na izgradnji objekata i uređenju prostora              |  |        |  |
| Datum: 15.12.2023.   |  |        |  |
| Izradio:   |  | Datum: |  |
| Proverio:  |  | Datum: |  |

### 9.3. Poprečni profil plaže 4 i 5, M 1:100

PLAŽA 1 - PRESJEK 44  
 Vešćina zrna 1.5 mm

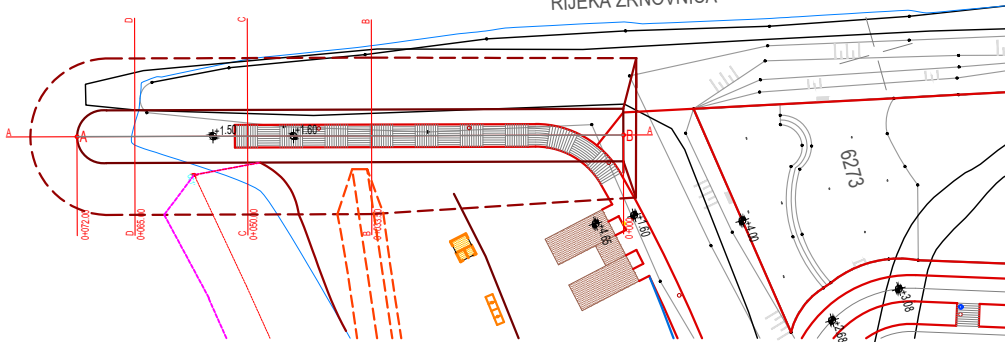


PLAŽA 1 - PRESJEK 55  
 Vešćina zrna 1.5 mm



|  |                           |          |
|--|---------------------------|----------|
| PROJEKT IZ OBLASTI GRAĐEVINARSTVA I VEŠTAČENJE ZA OBLASTI GRAĐEVINARSTVA I VEŠTAČENJE<br>INŽINJERSTVO ZA OBLASTI<br>10000, BEOGRAD, BULGARSKA<br>1999. |                           |          |
| DPL-001/001/002  |                           |          |
| Datum:<br>1999.  | Naziv i opis objekta:     | Izvršio: |
| 1999.  | 10000, BEOGRAD, BULGARSKA | 1999.    |
| 1999.  | 10000, BEOGRAD, BULGARSKA | 1999.    |

# RIJEKA ŽRNOVNICA



KOORDINATE TOČAKA:

A: X=6383083.414 Y=4818972.653

B: X=6383156.109 Y=4818972.872

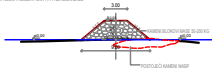
|  |   |  |
|--|---|--|
| FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE<br>SVEUČILIŠTA U SPLITU<br>Miklova tržnica 15 21000 Split |   |  |
| DIPLOMSKI RAD  |   |  |
| Ime rada:  | Izvedbeni projekt uređenja obalnog područja općine Podstrana od ušća rijeke Žrnovnice do lažice u Strožanac |  |
| Sadržaj:   | 9.4.1. PREGLEDNA SITUACIJA  |  |
| Stučačica:<br>Monika Benjak, GDS   | Mentor:<br>doc.dr.sc. Veljko Šarić, dipl.ing.grad.  | Priloga:<br>1:200<br>Splat, Split, 2018. |



9.4.2. Izodčni presek A-A, M 1:100; Normalni poprečni presek, M 1:50; Faza I

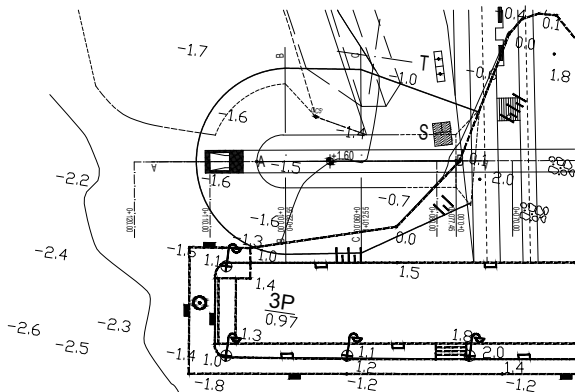


NORMALNI POPREČNI PRESEK PEDA I, I. FAZA IZGRADNJE  
M 1:50



|   |             |        |
|---|-------------|--------|
| Projekt: IZVODNI PRESEK (Faza I, II, III) - IZGRADNJA<br>OBRADBA: IZVODNI PRESEK (Faza I, II, III) - IZGRADNJA<br>Datum: 15.12.2023 |             |        |
| Izvršitelj:   |             |        |
| Projektant:   | Izvršitelj: |        |
| Datum:  | Datum:      | Datum: |
| Mesto:  | Mesto:      | Mesto: |





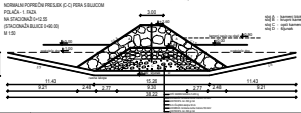
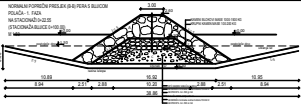
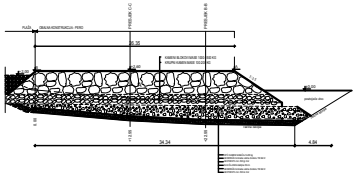
KOORDINATE TOČAKA:

A: X=6381786.5825 Y=4818584.0152

B: X=6381812.6400 Y=4818587.8969

|   |   |              |
|---|---|--------------|
| FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE<br>SVEUČILIŠTA U SPLITU<br><small>Milice Anušić 15 21000 Split</small> |   |              |
| DIPLOMSKI RAD   |   |              |
| Tema rada:  | Izvedbeni projekt uređenja obalnog područja općine Podstrana od ušća rijeke Žrnovnice do lučice u Strobanju |              |
| Sadržaj:  | 9.5.1. PREGLEDNA SITUACIJA  |              |
| Suplement:  | Mentor:   | Korisnik:    |
| Marija Banjak, GDS  | doc. dr. sc. Veljko Šest, dipl. ing. građ.  | 1:200        |
|   |   | Šest/V       |
|   |   | Split, 2018. |

0.5.2. Izdatni presjek A-A, M 1:100; Normalni poprečni presjek B-B, M 1:50; Normalni poprečni presjek C-C, M 1:50; Faza I



- 100 : kamni blokovi mase 100x100x40 kg
- 101 : beton kamni mase 100x100x40 kg
- 102 : beton kamni mase 100x100x40 kg
- 103 : beton

|  |  |  |
|--|--|--|
| Projekt: 0.5.2. Izdatni presjek A-A, M 1:100; Normalni poprečni presjek B-B, M 1:50; Normalni poprečni presjek C-C, M 1:50; Faza I |  |  |
| Lokacija: ...  |  |  |
| Izdavao: ...   |  |  |
| Dizajnirao: ...  |  |  |
| Nacrtao: ...   |  |  |
| Datum: ...   |  |  |

