

# Lukobran u uvali Jelsa

---

**Faldić, Tonko**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2014**

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

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:123:051966>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-24**



*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

**SADRŽAJ:**

<b>1. OPIS ZAHVATA.....</b>	<b>2</b>
1.1. UVOD.....	2
1.2. SASTAVNI DIJELOVI ZAHVATA.....	3
<b>2. PODACI O LOKACIJI.....</b>	<b>4</b>
2.1. VALOVANJE U UVALI.....	4
2.2. DUBINE GEOLOGIJA I GEOMEHANIKA DNA.....	5
2.3. VJETROVALNA KLIMA.....	6
2.4. NUMERIČKI MODEL VALOVANJA.....	8
<b>3. IZBOR POLOŽAJA I TEHNIČKOG RJEŠENJA LUKOBRANA.....</b>	<b>10</b>
3.1. IZBOR POLOŽAJA.....	10
3.1.1. Položaj 1.....	10
3.1.2. Položaj 2.....	11
3.1.3. Položaj 3.....	11
3.2. PREDLOŽENE VARIJANTE TEHNIČKOG RJEŠENJA LUKOBRANA.....	13
3.2.1. Varijanta 1-Nasuti lukobran.....	13
3.2.2. Varijanta 2-Nasuti lukobran s pristanom.....	15
3.2.3. Varijanta 3-Kombinirani lukobran .....	16
3.2.4. Varijanta 4-Lukobran na pilotima.....	17
3.2.5. Varijanta 5-Lukobran na stupovima s teškim temeljom.....	19
<b>4. IZVEDBBA ODABRANOG TEHNIČKOG RJEŠENJA.....</b>	<b>21</b>
4.1. IZVEDBA ŠLJUNČANIH STUPNJAKA PDVZ.....	21
4.2. IZVEDBA TEŠKOG TEMELJA.....	23
4.3. IZVEDBA STUPOVA.....	25
4.4. PARAPETI.....	28
4.5. IZVEDBA ZAVRŠNIH ELEMENATA LUKOBRANA.....	29
<b>5. ORGANIZACIJA GRAĐENJA.....</b>	<b>30</b>
<b>6. PRILOZI.....</b>	<b>33</b>
<b>7. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>34</b>
<b>8. LITERATURA.....</b>	<b>35</b>

# 1. OPIS ZAHVATA

## 1.1 UVOD

Uvala Jelsa nalazi se na sjevernoj strani otoka Hvara i izložena je utjecaju valova iz smjera NE-ENE, koje generira bura.

Uvala je lijevkestog oblika koja se od ulaza do dna uvale sužava. Položaj je takav da se velika količina energije valova na ulazu skuplja i fokusira prema dnu uvale.



Slika 1. Položaj uvale Jelsa na otoku Hvaru

Na ulazu u uvalu sa sjeveroistočne strane nalazi se lukobran lga dužine oko 45 metara, a u dnu uvale nalaze se dva manja lukobrana; Punpurela na sjevernoj i Kanun na južnoj strani uvale.

Zaštita od valova iz smjera NE-ENE (bura) već izgrađenim lukobranima nije dovoljna, jer se valovi nakon odbijanja od sjeverozapadne i jugoistočne obale snažno fokusiraju u luci, što lokalnom stanovništvu, a i turistima stvara potencijalnu opasnost od oštećenja brodica na vezovima.



Slika 2. Sadašnje stanje u uvali Jelsa

## 1.2 SASTAVNI DIJELOVI ZAHVATA

Zahvatom je planirano:

- uređenje lukobrana Punpurela koji se zbog lošeg temeljenja osjetno sliježe te je došlo do pucanja i oštećenja konstrukcije, a školjera je s vanjske strane utonula u muljevito dno,
- rekonstrukcija i dogradnja lukobrana Iga s pripadajućim plažama za amortizaciju energije valovanja,
- izgradnja lukobrana Sv. Antonij s pripadajućim plažama,
- ozelenjivanje šetnice.
- dodavanje plutajućih pontona za povećanje broja vezova

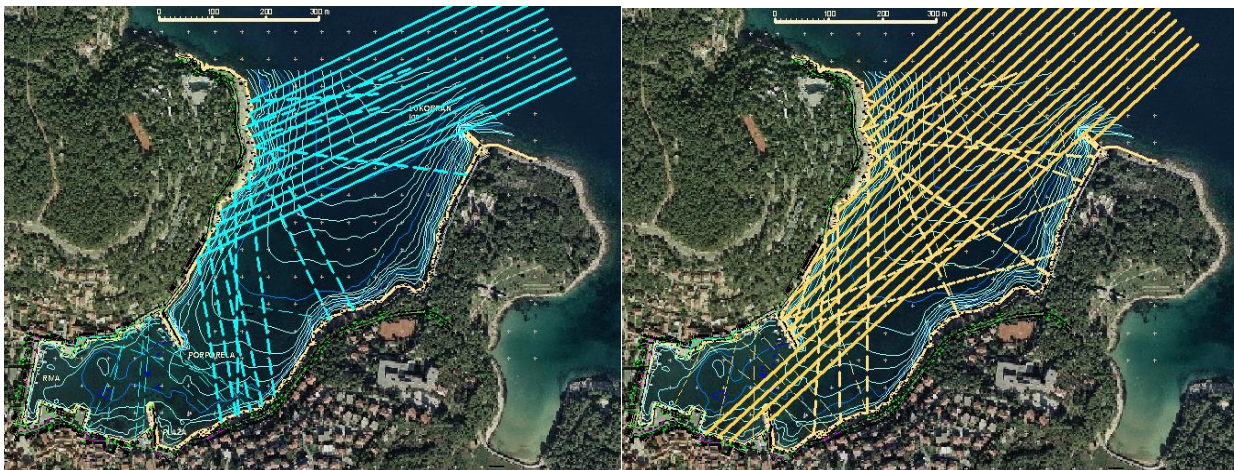


Slika 3. Situacija predmetnog zahvata

## 2. PODACI LOKACIJE ZAHVATA

### 2.1 VALOVANJE U UVALI JELSA

Valovi bure dolaze u uvalu Jelsa pod kutem od  $35^\circ$  iz smjera Makarske do  $45^\circ$  smjera Baške vode. Nailaskom vala na manje dubine na val počinje djelovanje dna te dolazi do refrakcije. Gotovo sva energija ispred uvale obruši se na sjeverozapadnu stranu uvale, gdje dolazi do refleksije srednjem dijelu jugoistočne obale i od koje se dalje odbija prema dnu obale (Rivi). Uz navedene pojave refleksije i refrakcije dolazi do difrakcije uslijed ogibanja valova oko vrhova lukobrana što je jače naglašeno na lgi, a u plićini dolazi do loma vala. Uslijed sudaranja valova koji direktno ulaze u luku i reflektiranih valova dolazi do pojave ukriženog mora što daje dodatnu složenost valnog polja unutar uvale. Navedene pojave mogu se jasno vidjeti za vrijeme puhanja snažne bure.



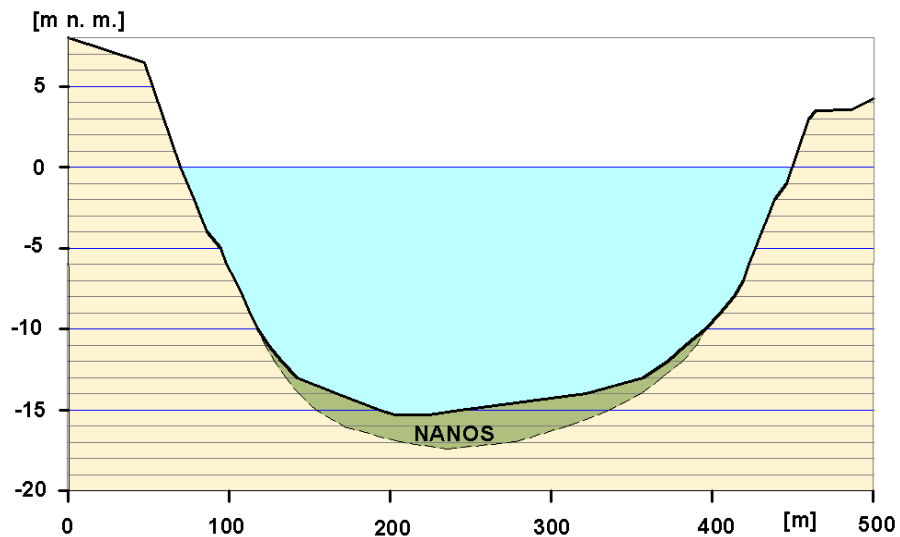
Slika 4. Zrake vala iz smjera Makarska kut  $35^\circ$

Slika 5. Zrake vala iz smjera Baška voda kut  $45^\circ$

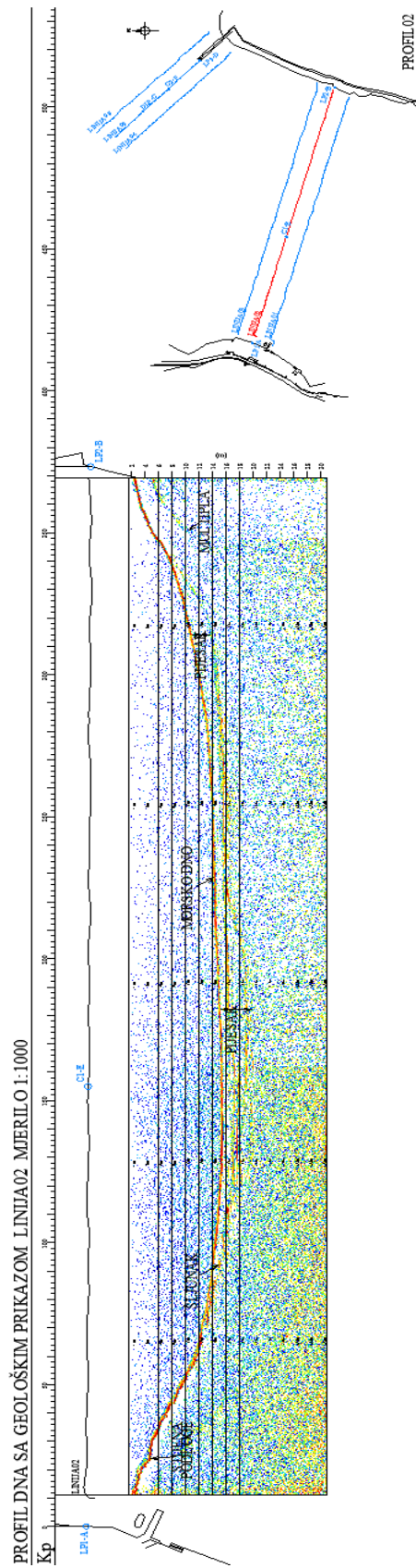
### 2.2 DUBINE, GEOLOGIJA I GEOMEHANIKA DNA

Dubine u uvali detaljno su snimljene, a rezultati geomehaničkih istražnih radova još uvijek se čekaju. Na mjestima varijantnih rješenja položaja lukobrana nacrtani su profili. U podmorju se može očekivati stijenovita geološka građa kao što je slučaj i sa obalom. Na

srednjem dijelu gdje je dno gotovo vodoravno možemo očekivati 5-7 metara muljevitog nanosa. Nosivost dna može se samo pretpostaviti, a način temeljenja obrađen je u nastavku ovog rada. Uz obalu su naslage šljunka, a po sredini pravca budućeg lukobrana je sloj pijeska. Nema pojave žitkog mulja pa je situacija povoljna za temeljenje, no budući da se radi velikim dubinama, veće su dimenzije konstrukcije, a samim time i opterećenja na dno pa je nužno obaviti poboljšanje temeljnog tla.



Slika 6. Profil dna u pravcu budućeg lukobrana Sv. Antunij

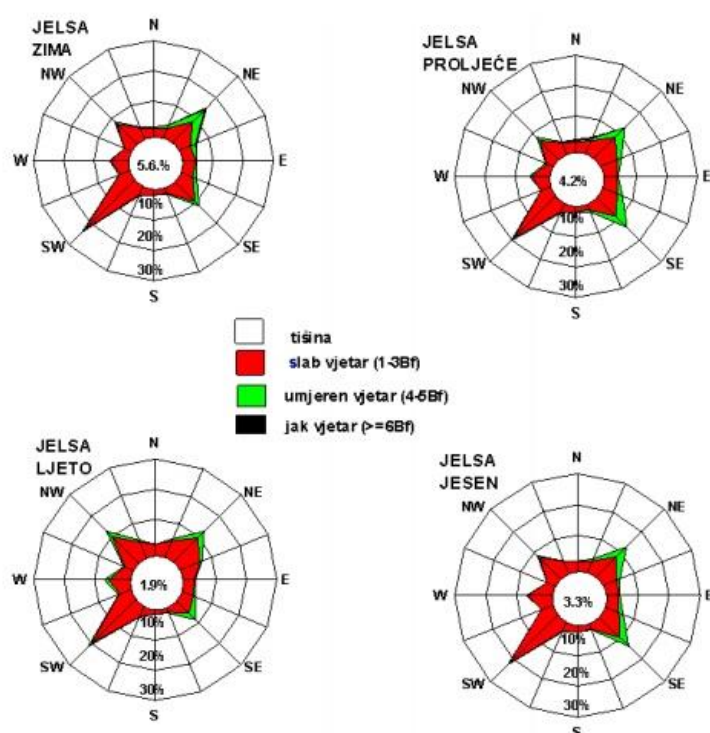


Slika 6. Snimka geološkog profila na mjestu lukobrana



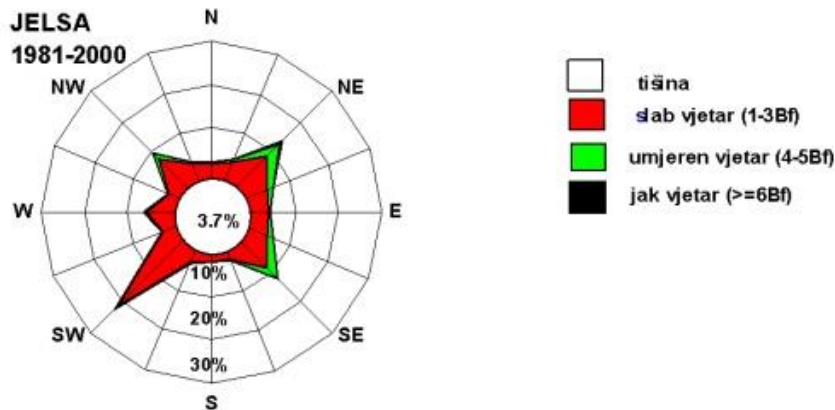
### 2.3. VJETROVALNA KLIMA

Za planiranje i projektiranje pomorskih objekata od posebnog je interesa pojava jakih i olujnih vjetrova te njihova učestalost na određenoj lokaciji. Brzina, odnosno snaga vjetra, i visine (energija) vjetrom generiranih valova su limitirajući meteorološki faktori koji utječu na izbor rješenja zaštite uvale Jelsa. U tom smislu dostupni su nam podaci Državnog hidrometeorološkog zavoda mjereni ameteorološkoj postaji Split - mjerna stanica Marjan i na Meteorološkoj postaji Jelsa.



Slika 7. Sezonska ruža vjetrova za Jelsu

Sezonske ruže vjetra i godišnja ruža su vrlo slične, ali s uočljivim sezonskim promjenama karakterističnim za pojedinu sezonu. Na godišnjoj razini, najčešći vjetar koji se javlja na postaji Jelsa (slika 3.5.) je vjetar SW smjera (21.9 %), a zatim NE (13.4 %) i SE smjera (12.1 %). U Jelsi je tijekom vih sezona (slika 3.6.) najčešći vjetar smjera SW (zima 23.8 %, proljeće 20.2 %, ljeto 21.5 % i jesen 22.2 %). Osim već spomenutog najčešćeg jugozapadnog, SW vjetra, zimi se češće nego ostali vjetrovi javlja vjetar NE smjera (15.2 %), zatim SE smjera (11.8 %); u proljeće SE (13.9 %), zatim NE (12.8 %); ljeti NW i NE s po 12.9 % slučajeva; u jesen SE (13.6 %), potom NE (12.8 %).



Slika 8. Godišnja ruža vjetrova za Jelsu-razdoblje 1981-2000god.

Promatra li se jačina vjetra neovisno o smjeru vjetra može se primijetiti da u Jelsi prevladava vjetar od 1 Bf do 3 Bf (od povjetarca do slabog vjetra) i to u 78.2 % slučajeva. Relativna čestina umjerenog jakog vjetra (4 - 5 Bf) je 17.0 %, a jačeg od 6 Bf je 1.1 %. Jak vjetar ( $\geq 6Bf$ ) na postaji Jelsa je najčešće NE (0.7 %), a rijetko SE (0.2 %). Tišina je rijetka i zastupljena je u 3.7% slučajeva. Potrebno je naglasiti, iako je u Jelsi najčešći vjetar SW smjera, on je uglavnom vrlo slab i rijetko prelazi u umjeren jak vjetar (samo u 1.2 % slučajeva), a nikada nije bio zabilježen kao jak ili olujan vjetar. Čestinu ovoga vjetra vjerojatno treba pripisati smještaju meteorološke postaje i lokalnoj orografiji te ga nije moguće uzeti kao reprezentu za šire područje. S obzirom na prostornu orijentaciju uvale i položaj navedenog zahvata, za predmetni zahvat značajni su vjetrovi I. kvadranta i to bura iz smjera NE i bura iz smjera ENE.

Za potrebe određivanja položaja i duljine lukobrana razmatrana su tri vala. Val bure NE 1. u moru dubine od 50,0 metara predstavlja logičan odabir. No, uslijed efekata smanjenja dubine mora i refrakcije dolazi do promjene visine tog vala ispred mikrolokacije ulaza u gradsku luku stoga je val bure NE 2. u moru dubine 15,0 metara uzet kao mjerodavan. Proračunat je i val bure ENE no taj val zbog ogiba oko vanjskog rta i lukobrana gubi preko 50% na visini u dubokom moru. Stoga se za daljnji proračun usvaja val bure NE 2.  
 $H_{1/3} = H_s = 2,51$  m na ulazu u luku.

1) Val bure NE 1.      2) Val bure NE 2      . 3) Val bure ENE

$H_0 = 3,02 \text{ m}$

$H_0 = 2,51 \text{ m}$

$H_0 = 3,28 \text{ m}$

$L_0 = 62,54 \text{ m}$

$L_0 = 50,56 \text{ m}$

$L_0 = 68,52 \text{ m}$

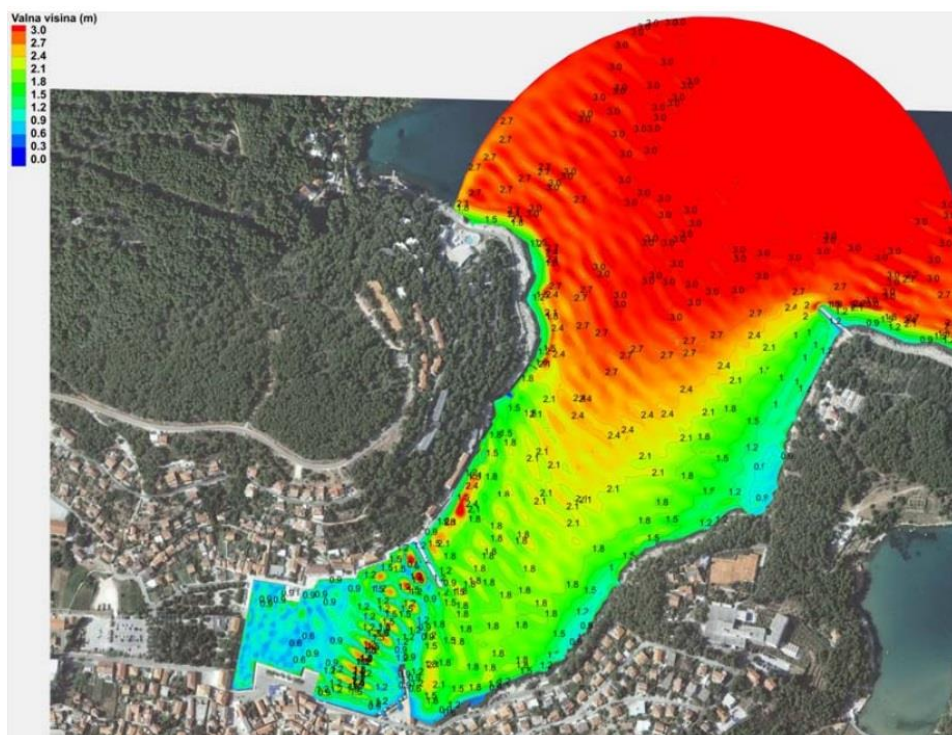
$T = 6,30 \text{ s}$

$T = 5,80 \text{ s}$

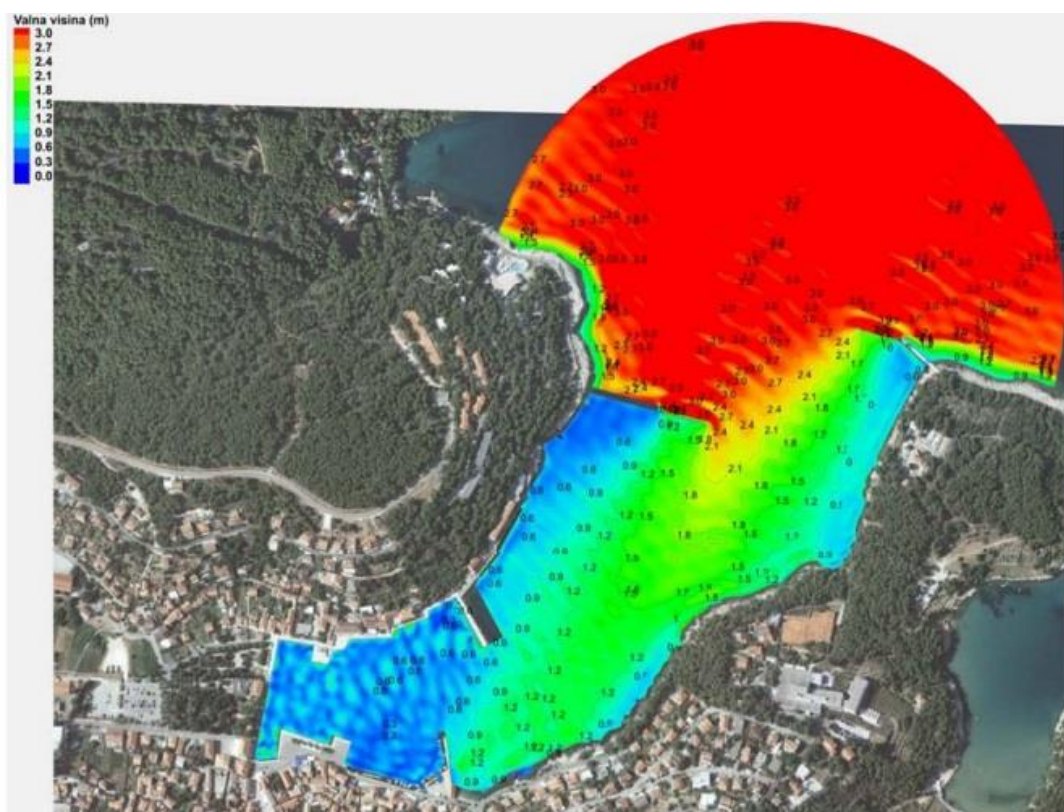
$T = 6,60 \text{ s}$

## 2.4 NUMERIČKI MODEL VALOVANJA

Numerički model valovanja preuzet je iz Idejnog projekta uređenja luke Jelsa. Analiza valnih deformacija dobivena je metodom konačnih elemenata, pomoću numeričkog 2D modela razvijenog pod nazivom CGWAVE. Ovaj način je ustaljen u praksi projektiranja građevinskih konstrukcija. Numeričke simulacije valovanja izvršene su za svu planiranu izgradnju u obalnom pojasu Jelse, za povratne periode od 5 i 100 godina s ciljom pronalaženja optimalnog rješenja.



Slika 9. Polje značajnih valnih visina za simulaciju postojećeg stanja i povratnog perioda 100g iz incidentnog smjera NE 45°



Slika 10. Polje značajnih valnih visina za simulaciju varijantnog rješenja lukobrana Sv. Antonij i povratnog perioda 100g iz incidentnog smjera NE 45°

### 3. IZBOR POLOŽAJA I TEHNIČKOG RJEŠENJA LUKOBRANA

#### 3.1 IZBOR POLOŽAJA LUKOBRANA

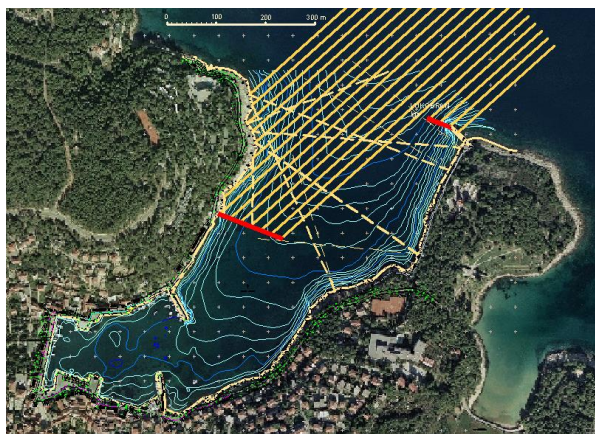
Izrada zaštite jelšanske luke obuhvaća izgradnju lukobrana, pera i plaža na ulazu u luku.

Predložena su različita varijantna rješenja položaja lukobrana i poprečnog presjeka. Položaj oba lukobrana ovisi o dominantnim vjetrovima smjera NE i ENE.

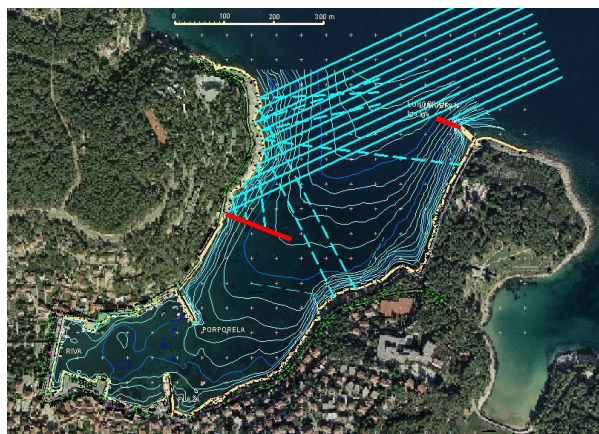
Položaj lukobrana Iga je fiksni pošto se radi o dogradnji postojećeg lukobrana, dok su za položaj lukobrana Sv. Antonij predložena tri moguća položaja.

##### 3.1.1. Položaj 1

Prvi položaj, ujedno i najjužniji, je nešto sjevernije od hotela Jadran te ostavlja velik dio sjeverozapadne obale nezaštićen. Tu dolazi do refleksije koja se onda dalje prenosi u uvalu.



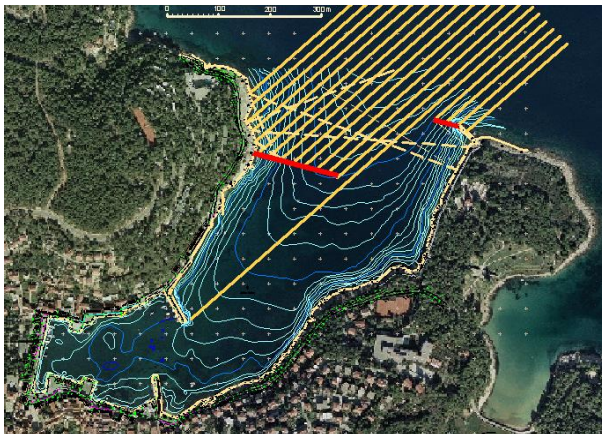
Slika 11. Položaj 1 valovi pod kutem 45°



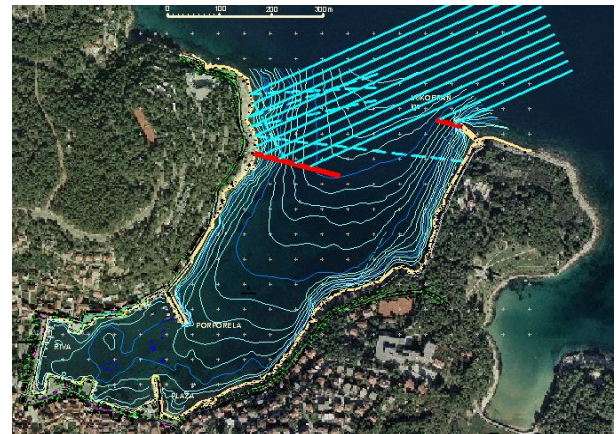
Slika 12. Položaj 1 valovi pod kutem 35°

### 3.1.2. Položaj 2

Drugi položaj, kod kapelice Sv. Antonij, je povoljniji jer je izravnom djelovanju valova izložen znatno manji dio sjeverozapadne obale, te se u uvalu refleksijom unosi manja energija valova.



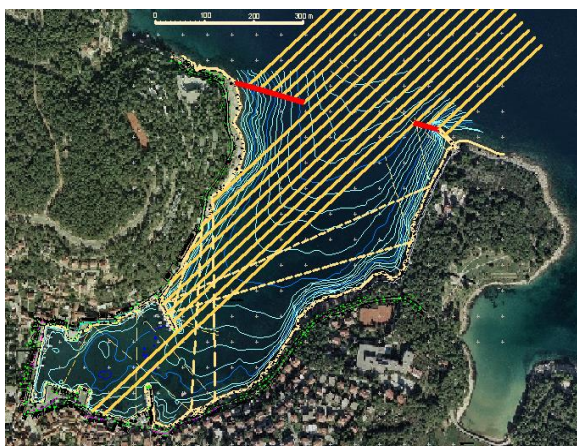
Slika 13. Položaj 2 valovi pod kutem  $45^{\circ}$



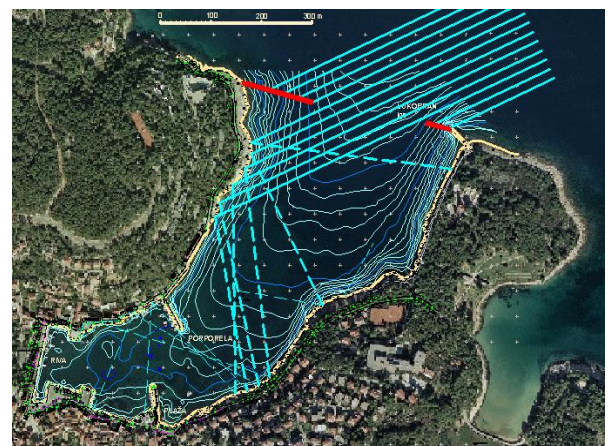
Slika 14. Položaj 2 valovi pod kutem  $35^{\circ}$

### 3.1.3. Položaj 3

Zadnja varijanta je položaj lukobrana na samom ulazu u uvalu smjeru lukobrana Iga. Ovim položajem dio valova prolazi do samog dna uvale, dubine su veće a samim time i dimenzije lukobrana.



Slika 15. Položaj 3 valovi pod kutem  $45^{\circ}$



Slika 16. Položaj 3 valovi pod kutem  $35^{\circ}$

Iz ovog proizlazi da je položaj dva optimalan.

Da bi spriječili refleksiju valova od obale i da bi se poboljšalo stanje valovanja uputno je s vanjske strane postaviti šljunčane plaže.



Slika 17. Plaže s vanjskih strana lukobrana

### 3.2 PREDLOŽENE VARIJANTE TEHNIČKOG RJEŠENJA LUKOBANA

Smanjenjem valovanja u uvali moguća je bolje iskoristivost uvale, te povećanje broja vezova. Uz sjeverozapadnu obalu predviđeno je postavljanje pontonskih gatova za privezivanje i boravak nautičara te za osiguranje vezova za domicilno stanovništvo. Uz jugoistočnu obalu, uz samu obalnu liniju, neznatnim zahvatima i postavljanjem bova dobit će se uređeno sidrište za nautičare.

S vanjske strane novog, a i dograđenog lukobrana Iga predlaže se postava šljunčanih plaža kojim će se amortizirati veći dio energije vala, što je pogodno zbog razvijanja valova velikih visina ispred uvale. U tom smislu poželjno je da konačni izbor jedne od varijanti lukobrana

bude takav da se i na njima smanji refleksija. Također, izborom tehničkog rješenja lukobrana moramo osigurati strujanje mora, a istovremeno i spriječiti prodor energije vala.

Izbor konstrukcije ovisi i o stanju morskog dna te mogućnosti temeljenja. Analizirano je nekoliko varijantnih rješenja sukladno zahtjevima koje moraju ispuniti. Lukobrani su izloženi valovima bure, smjera ENE, visine oko 3m i perioda oko 6s.

Lukobran Sv. Antonij

Ovaj lukobran je u cijelosti novi, a predviđa se izgradnja na mjestu gdje se nalazi kapelica sv. Antonij.

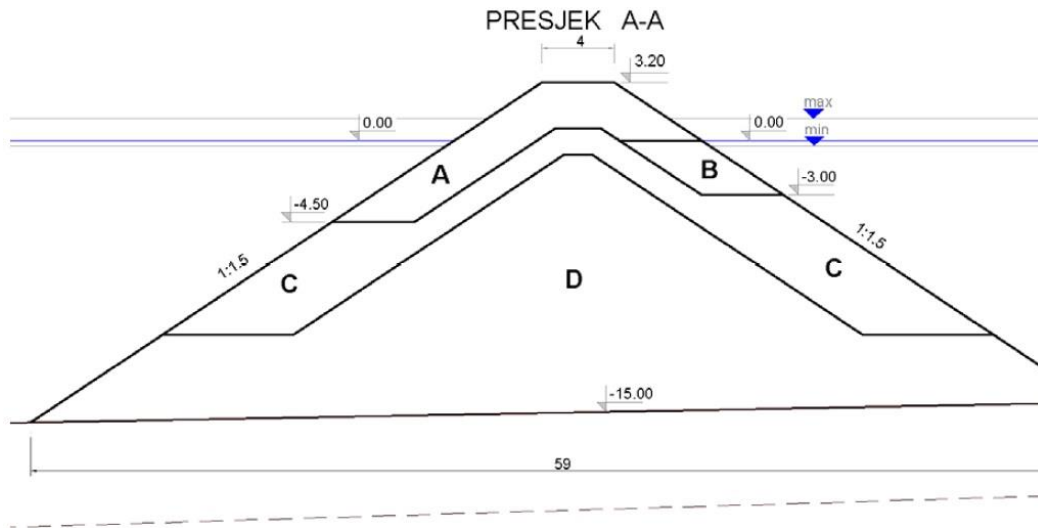
Dužine je oko 150m, postavljen približno okomito na obalnu crtu. Dno je od obale prema sredini uvala u padu sličnom nagibu obale, a prema sredini uvala nagib je sve blaži što nas upućuje na mogućnost pojave debljeg sloja muljvitog nanosa na stjenovitoj podlozi.

### **3.2.1. Varijanta 1- nasuti lukobran**

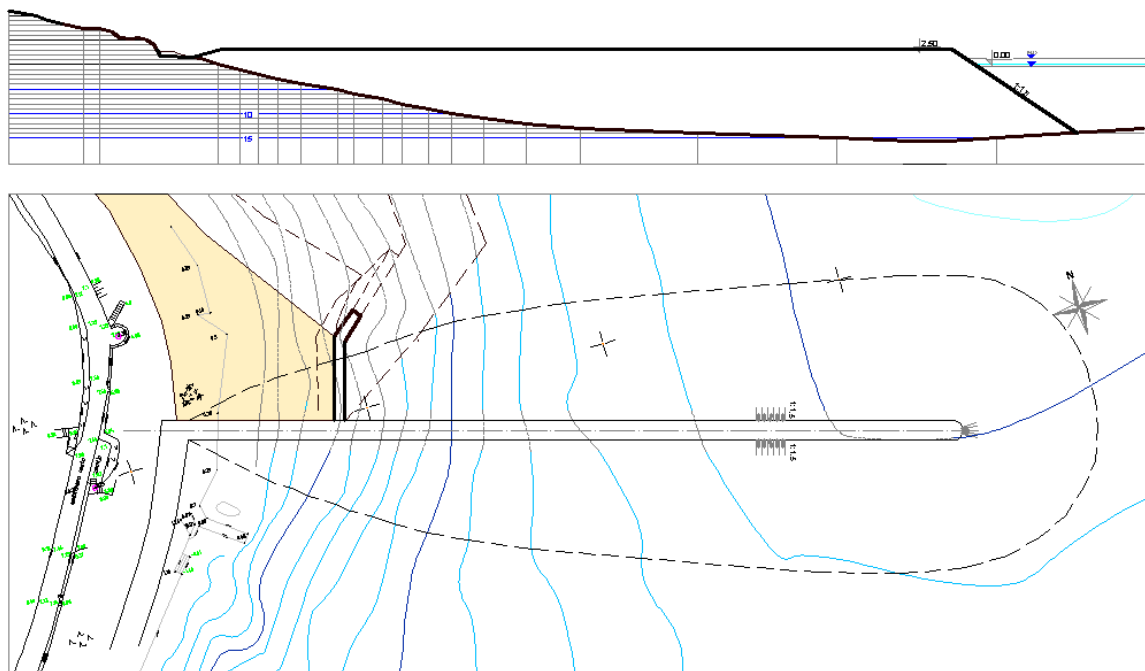
Ovo je najjednostavnija varijanta izvedbe. Glavni nedostaci ovog tipa izvedbe su: ovakav lukobran je u potpunosti nepropustan za morske struje što negativno utječe na kvalitetu mora u uvali, zbog zakošenih strana nagiba nemoguće je pristajanje brodova; zbog dubine na kojoj se nalazi i visine valova koji na njega nailaze ovakav lukobran iziskuje velike količine kamenog materijala. Zbog velikog nanosa mulja možemo očekivati slijeganje.

Dimenzije ovakvog lukobrana su velike. Nalazi se na dubini od oko 15 metara, a s obzirom da se valovi koji nailaze na njega uzdižu dosta visoko, kruna se mora nalaziti na većoj visini. Širina baze iznosi oko 60 metara, pa je s ekološkog stajališta izvedba ovakvog lukobrana neprihvatljiva.





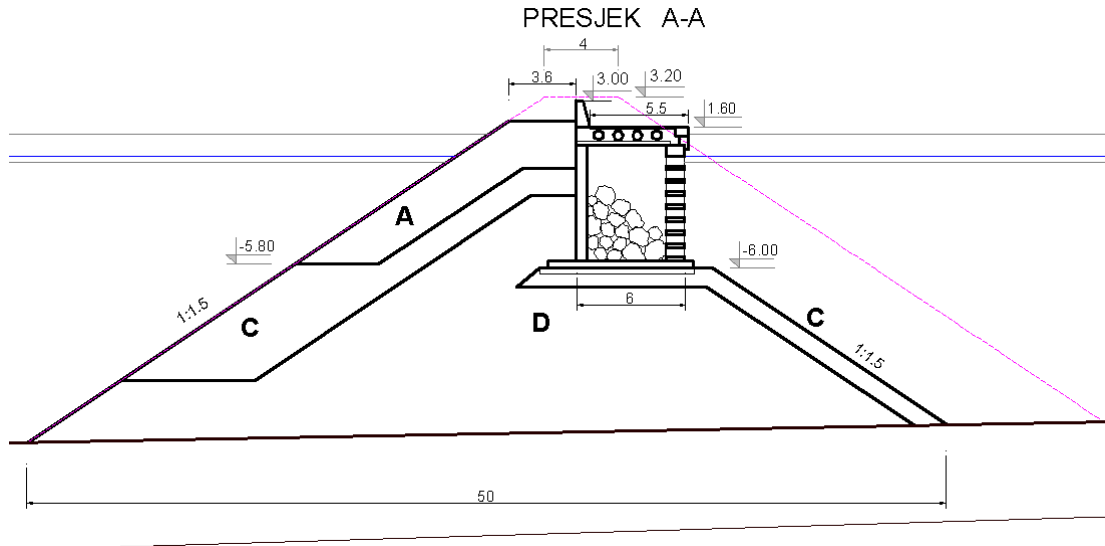
Slika 18. Poprečni presjek kroz nasuti lukobran



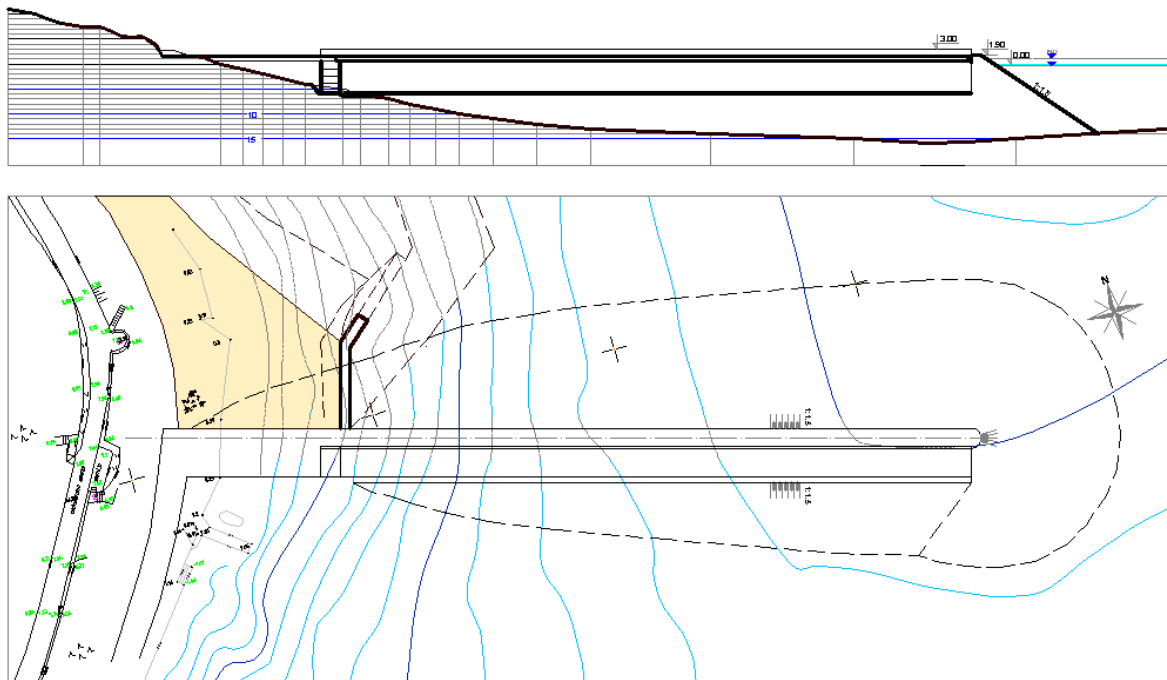
Slika 19. Situacija s uzdužnim presjekom lukobrana

### 3.2.2. Varijanta 2- nasuti lukobran s pristanom

Ova varijanta je nešto povoljnija nego varijanta 1. Ukupni volumen nasutog materijala se smanjuje, a istovremeno se omogućava pristajanje brodova s unutarnje strane. Još uvijek nisu uklonjeni nedostaci velikog pokrivanja dna i nepropusnosti za morske struje.



Slika 20. Poprečni presjek nasutog lukobrana s pristanom

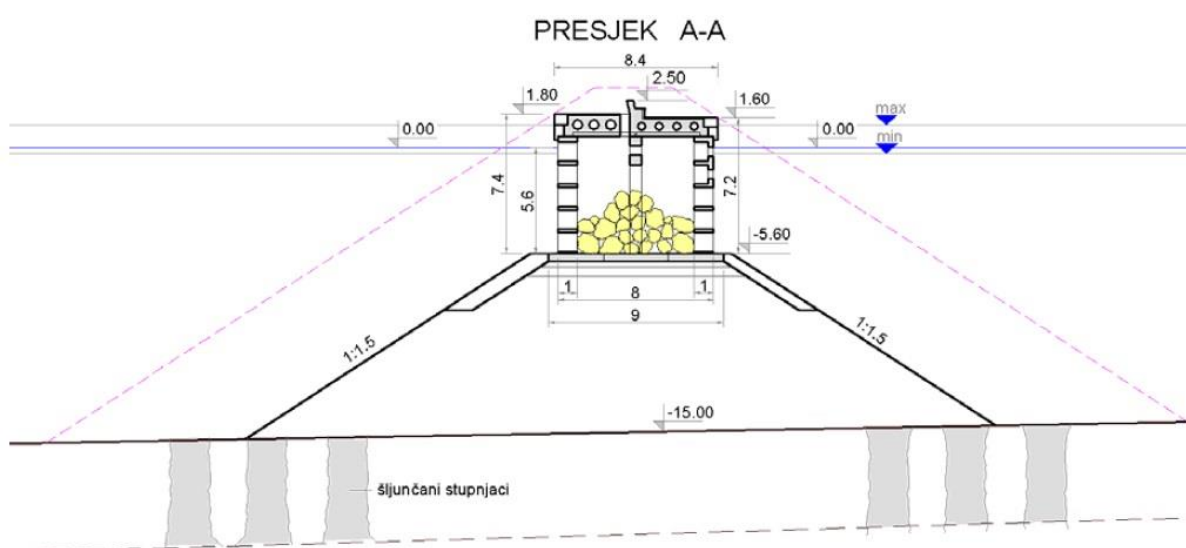


Slika 21. Situacija s uzdužnim presjekom lukobrana

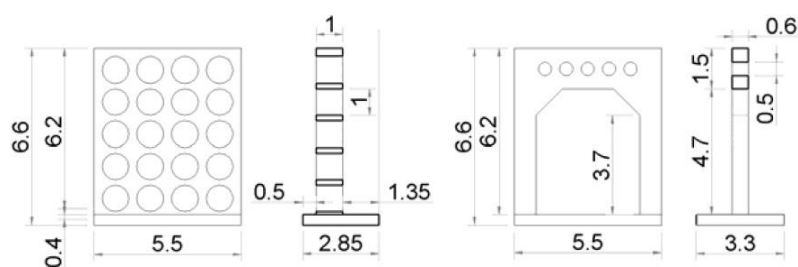
### 3.2.3. Varijanta 3- kombinirani lukobran

Ovakav tip lukobrana omogućuje pristajanje brodova s unutarnje i vanjske strane. Gornji dio lukobrana je perforiran zbog strujanja mora. Na uređeni nasip postavljaju se gotovi moduli čiji se unutrašnji prostor popunja kamenim blokovima. Kruna lukobrana betonira se u suhim uvjetima, a oblikovana je kao klupa tako da je moguć boravak i odmor s pogledom na Hvarski kanal i uvalu Jelsa.

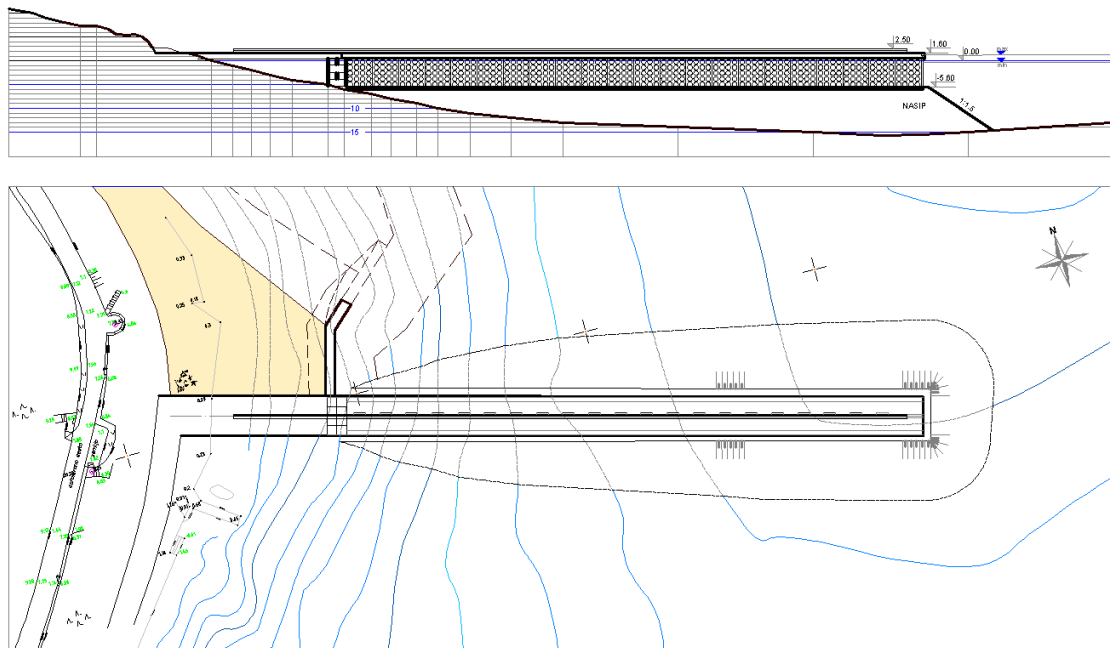
Ovakav tip lukobrana pogodniji je od prethodnih varijanti zbog omogućavanja bolje cirkulacije mora, manjeg prekrivanja morskog dna i manjeg utroška materijala iz iskopa.



Slika 22. Poprečni presjek kombiniranog lukobrana



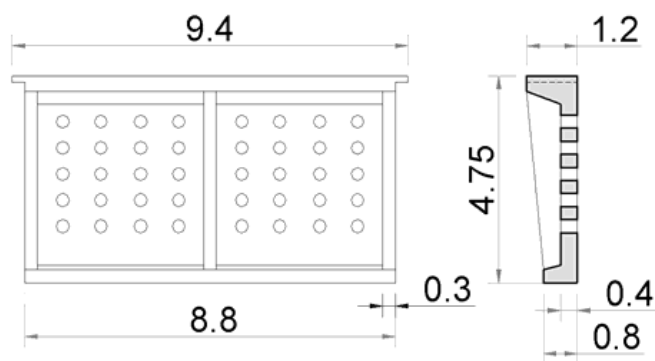
Slika 23. Gradivi elementi lukobrana



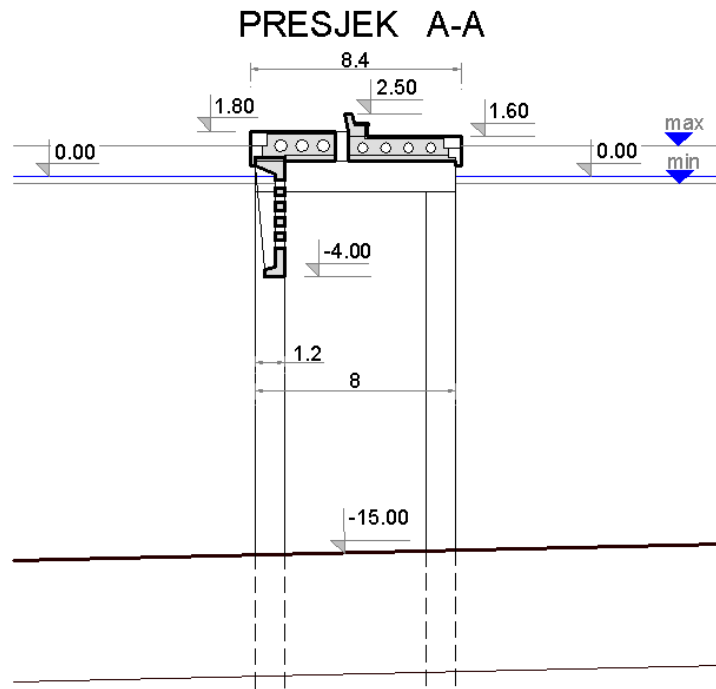
Slika 24. Situacija s uzdužnim presjekom lukobrana

### 3.2.4. Varijanta 4- lukobran na pilotima

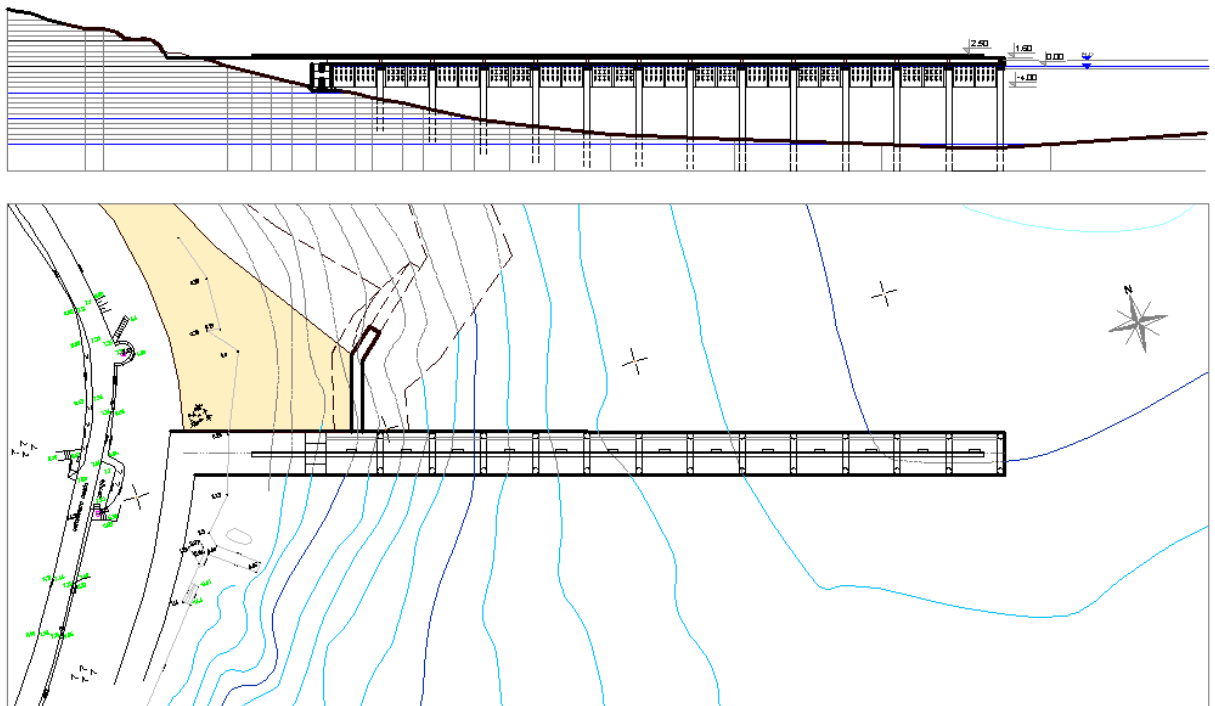
Lukobran se oslanja na AB stupove postavljenim u parovima, dijametra oko 1.20 m. Stupovi su ubušeni u stjenovito dno, a povezani su spojnim gredama. Problem je izvedbe ovakvih stupova zbog velike dubine na kojoj se nalazi stjenovito dno. Između stupova oslanja se perforirani parapet koji sprječava prolaz valova, a propušta struje. Na ovako formiranim okvirima betoniraju se kruna i valobran lukobrana.



Slika 25. Parapet



Slika 26. Poprečni presjek lukobrana

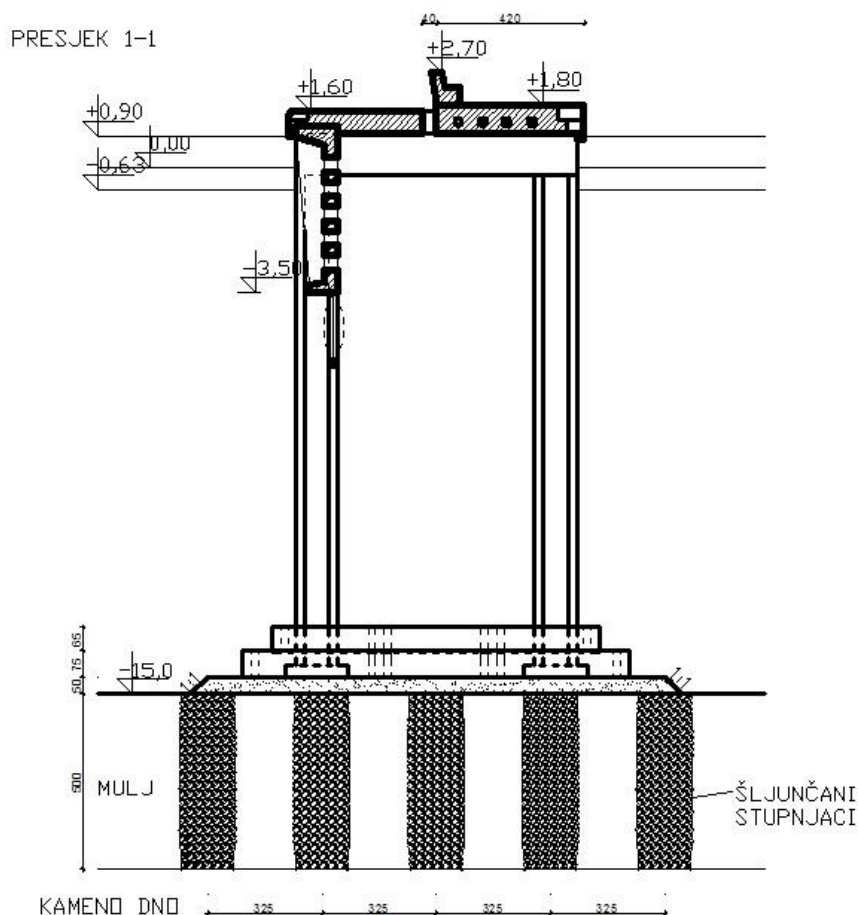


Slika 27. Situacija s uzdužnim presjekom lukobrana

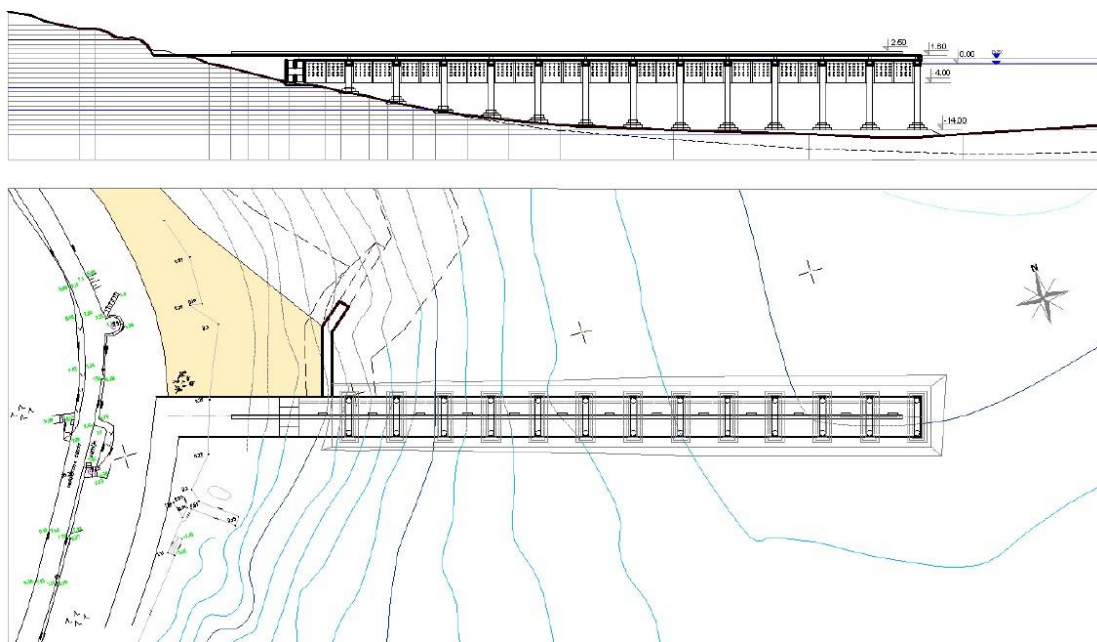
### 3.2.5. Varijanta 5- lukobran na stupovima s teškim temeljom

Ova varijanta slična je prethodnoj a razlikuju se u tome da kod ove varijante stabilnost na prevrtanje osiguravaju teški AB sanduci ispunjeni betonom.

Problem kod ovakvog tipa lukobrana je slabo nosivo tlo tj. nanos mulja na stjenovitom dnu. Poboljšana nosivost može se dobiti izvedbom šljunčanih stupnjaka tlocrtno postavljenim ispod AB sanduka čija će izvedba detaljnije biti objašnjena u nastavku. Na tako poboljšanom tlu radi se podloga od tucanika u debljini od 0.5m na koju dolaze dva AB sanduka u koje se umeću šuplji AB stupovi promjera 1.20m. Sanduci se ispunjavu betonom kao i stupovi do određene razine da bi osigurali stabilnost. Na tako formiranim stupovima izvodi se spojna greda, te valobran i kruna lukobrana. Između stupova oslanja se parapet koji omogućava strujanje mora ali ne propušta valove. Kao dodatna zaštita od valova može se objesiti perforirano platno na kraju kojeg visi uteg u obliku valjka.



Slika 28. Poprečni presjek lukobrana



Slika 29. Situacija lukobrana s uzdužnim presjekom

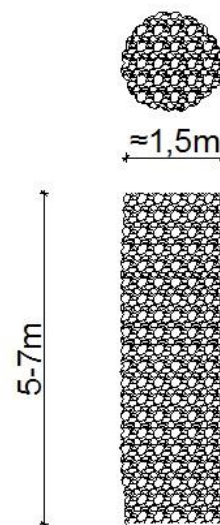
## 4. IZVEDBA ODABRANOG TEHNIČKOG RJEŠENJA

U ovom poglavlju kvalitativno je opisana izvedba odabranog tehničkog rješenja, lukobrana na stupovima s teškim temeljom.

### 4.1. Izvedba šljunčanih stupnjaka postupkom dubinskog vibracijskog zbijanja

Zbog slabe nosivosti temeljnog tla sugerira se poboljšanje temeljnog tla izvedbom šljunčanih stupnjaka. Očekivani nanos mulja na dnu je 5-7m, a očekivani promjer stupnjaka oko 1.5m.

Osnovno obilježje ovih postupaka je prilagođavanje specifičnim uvjetima temeljnog tla i optimalno iskorištavanje postojećih fizikalno mehaničkih svojstava tla. Bitno je napomenuti da je ovakav način poboljšanja temeljnog tla znatno jeftiniji od uobičajenih postupaka poput zamjene temeljnog tla i sl. Vrijeme izvedbe je kratko, a daljnji radovi mogu se nastaviti odmah po završetku poboljšanja tla.



Slika 30. Izgled stupnjaka

Ovim postupcima iskorišteni su postojeći resursi tla, a zbog ugradnje prirodnih materijala ekološki su vrlo povoljni.

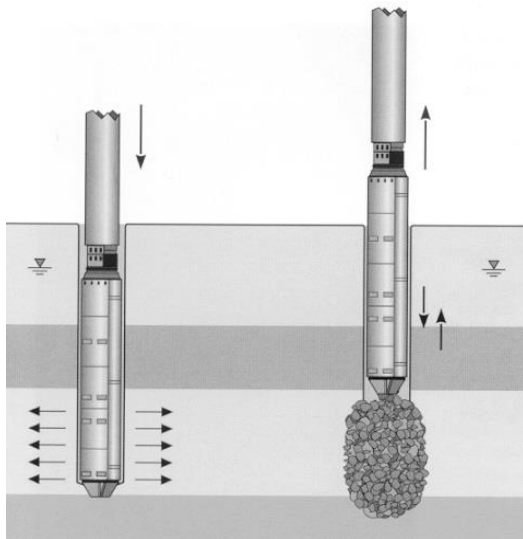
Cilindar je dug oko 20m zbog velike dubine na kojoj se izvode stupnjaci, a promjera oko 1m dok je očekivani promjer izvedenih stupnjaka oko 1.5 m i visina oko 6m. Podizanje cilindra tokom izvedbe vrši se s dvije međusobno fiksirane barže na kojim se nalaze dizalice.

Prilikom zabijanja cilindra u muljevitno dno predviđeno je otežavanje cilindra postavom teškog betonskog bloka na njegov vrh.

Pri izvedbi šljunčanih stupnjaka šuplji cilindar se zabija u mulj do određene dubine, te se s površine puni određenom količinom šljunka i pomoću dizalice polagano povlači prema površini. Uz to cijelo se vrijeme vibrira vibratorima postavljenim na sam cilindar. Uslijed povlačenja i djelovanja sile teže vrata u obliku šiljka na dnu cilindra otvaraju se i šljunak se

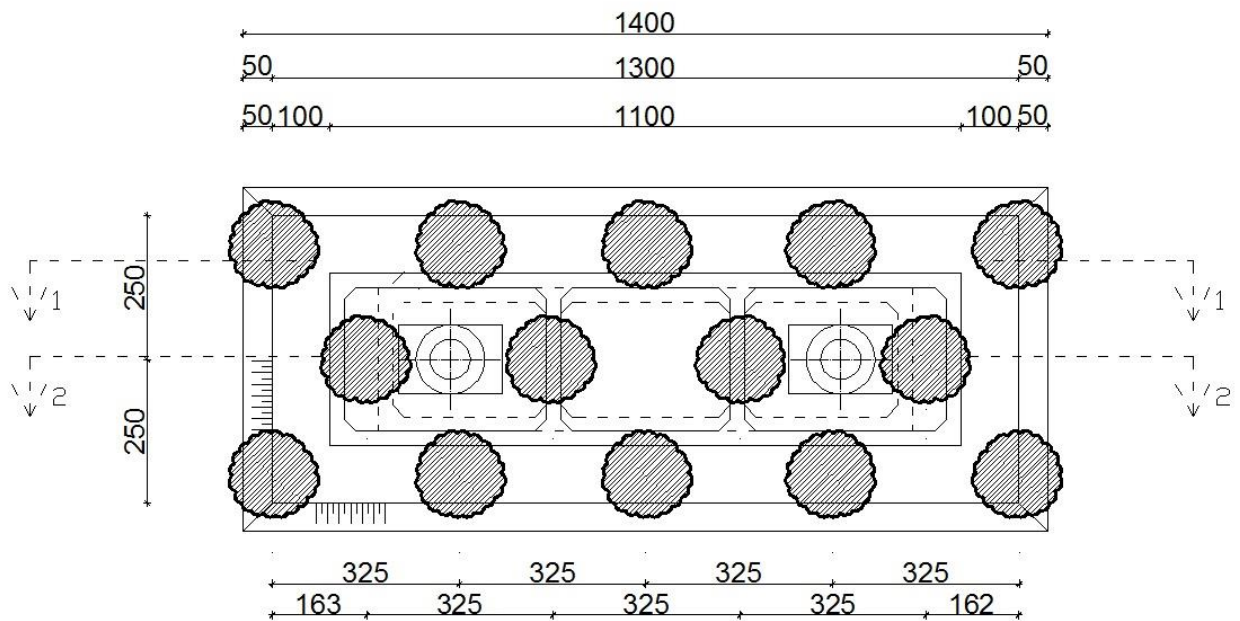


istresa u muljevito dno i rasprostire formirajući tako stupnjak nešto većeg promjera nego li je cilindar. Ovaj postupak se ponavlja dok se ne dostigne odgovarajuća visina stupnjaka.



Slika 31. Shema izvođenja stupnjaka

Zajedno s okolnim tlom ovakav zrnasti materijal ugrađen na opisani način, ima veću krutost i veći otpor smicanju. Ovakvo izvedeni nosivi elementi povećavaju nosivost temeljnog tla, smanjuju slijeganja i diferencijalna slijeganja koja su često ograničavajući parametar pri projektiranju temeljenja. Zbog velike vodopropusnosti šljunčanih stupnjaka dolazi do ubrzanja vremena konsolidacije i povećanja posmične čvrstoće temeljnog tla.

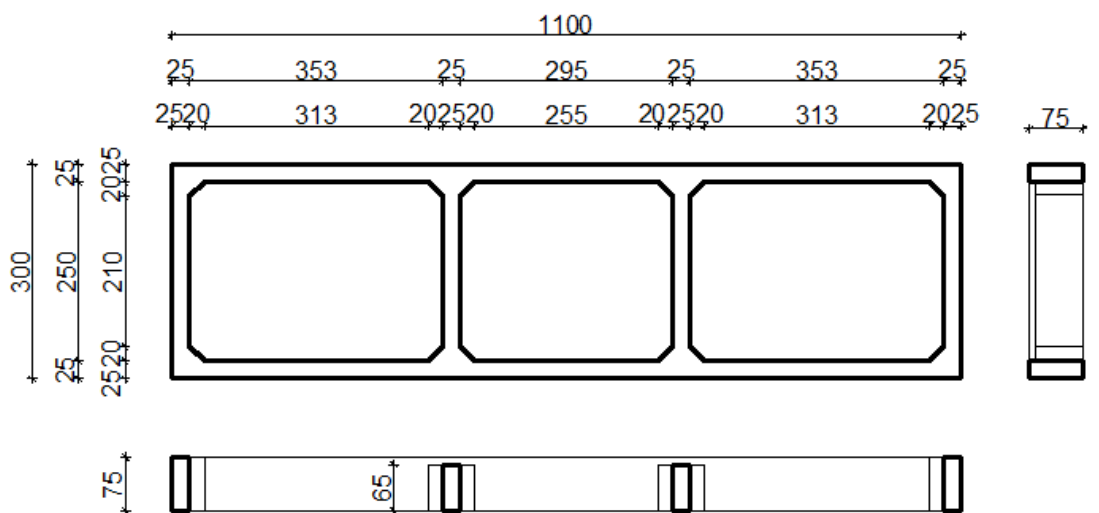


Slika 32. Tlocrt šljunčanih stupnjaka ispod temeljnog nasipa

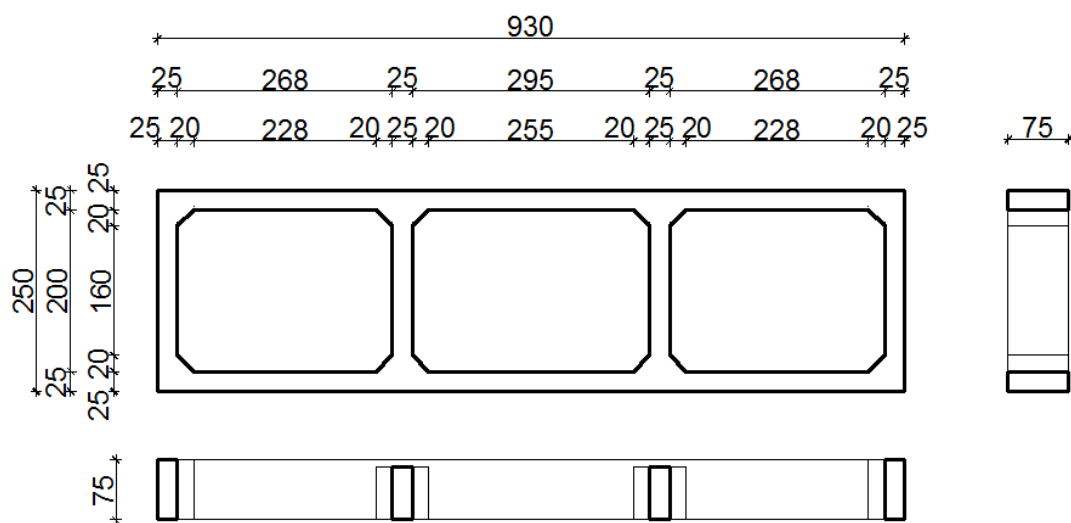
### 4.2. Izvedba teškog temelja

Da bi osigurali stabilnost lukobrana na prevrtanje uslijed nailaska valova i djelovanja potezne sile privezanih brodova izvodimo teški temelj u obliku šupljih armiranobetonskih sanduka. Stabilnost je osigurana niskim težištem ovakvih temelja.

Temelj se sastoji od dva armiranobetonska sanduka različitih dimenzija koji naliježu jedan u drugog. Zbog postizanja veće krutosti i omogućavanja međusobnog nalijezanja sanduci imaju dva poprečna rebra. Stijenke sanduka obostrano su armirane, a zbog utjecaja mora zaštitni sloj betona je debljine 7cm i minimalni razred betona C35/45.

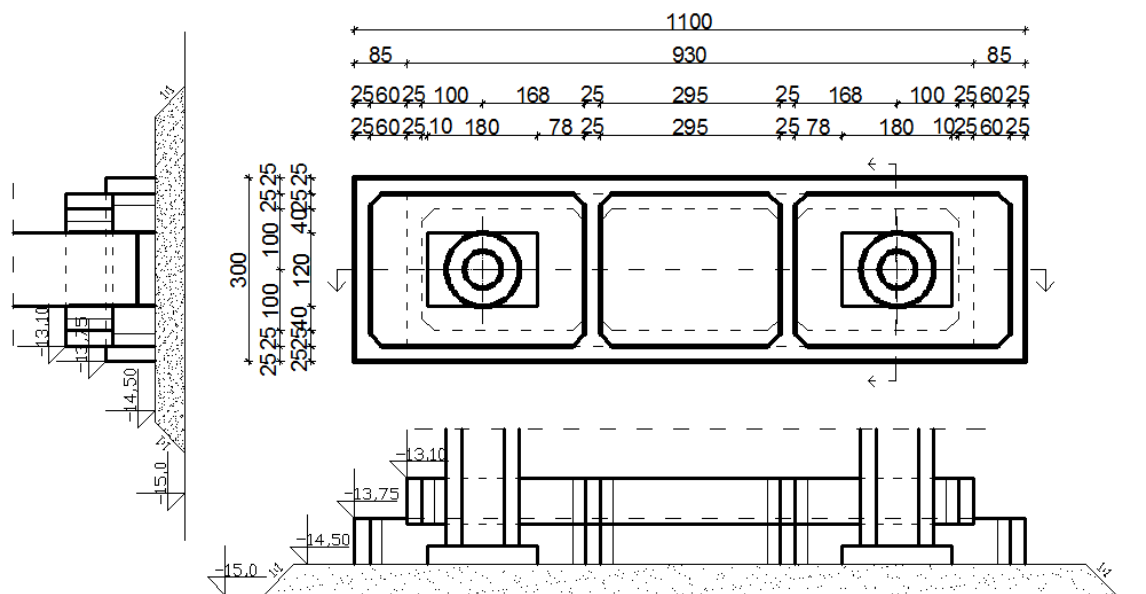


Slika 33. Tlocrt i presjek donjeg sanduka



Slika 34. Tlocrt i presjek gornjeg sanduka

Gotovi sanduci dovode se na gradilište, te se polažu na pripremljenu podlogu od tucanika debljine 0.5 m. U tako pripremljene temelje postavljaju se šuplji betonski stupovi s temeljnom stopom. Da bi postigli monolitizaciju AB sanduka i stupova sve skupa se betonira.



Slika 35. Položaj stupova u sanducima

### 4.3. Izvedba stupova

Visina stupova iznosi oko 14m, promjera su 1.20m, a debljina stijenke je 30cm. Zbog postizanja bolje vlačne čvrstoće potrebno je armiranje stupova. Stupovi se postavljaju u parovima, a spojeni su naglavnom gredom poprečnog presjeka 1.20x1.20m. Svaki stup ima temeljnu stopu radi boljeg nalijeganja u prethodno postavljene AB sanduke.

Izvedba stupova vrši se na licu mjesta u segmentima po 3m.

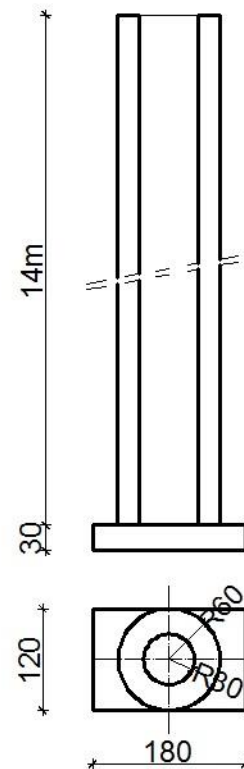
Istovremeno je izvođenje dvaju paralelna stupa koji će kasnije biti povezani spojnim gredom na vrhu.

Izvođenje se vrši s dvije barže koje su međusobno fiksirane da bi spriječili pomake uslijed gibanja na moru. Na baržama se nalaze dizalice koje stupove spuštaju u more nakon što je pojedina faza betonirana.

Kao unutrašnju oplatu stupa koristit će se PVC cijevi vanjskog promjera 60cm koje nakon betoniranja ostaju u konstrukciji. PVC cijevi bit će postavljene u jednom komadu kako bi pojednostavnili izvedbu. Da nebi došlo do deformacije cijevi uslijed njihove velike visine potrebno je izraditi vertikalnu čeličnu vodilicu koja će tokom betoniranja biti postavljena unutar cijevi i tako spriječavati eventualnu deformaciju izvedenog stupa. Vanjska oplata promjera je 1.20m, a sastojat će se od dva dijela koji će se po potrebi sklapati i rasklapati. Skidanje oplata i daljnja izvedba moguća je kad beton dosegne min 70% čvrstoće, što ovisno o temperaturama pri kojim se betonira iznosi od 24-48h. Za ubrzavanje stvrdnjavanja betonu dodajemo aditive.

Pošto će se stupovi nalaziti u moru minimalni razred čvrstoće betona je C35/45. Zbog negativnog djelovanja mora na armaturu potrebno je izvesti zaštitni sloj betona u debljini od 7 cm.

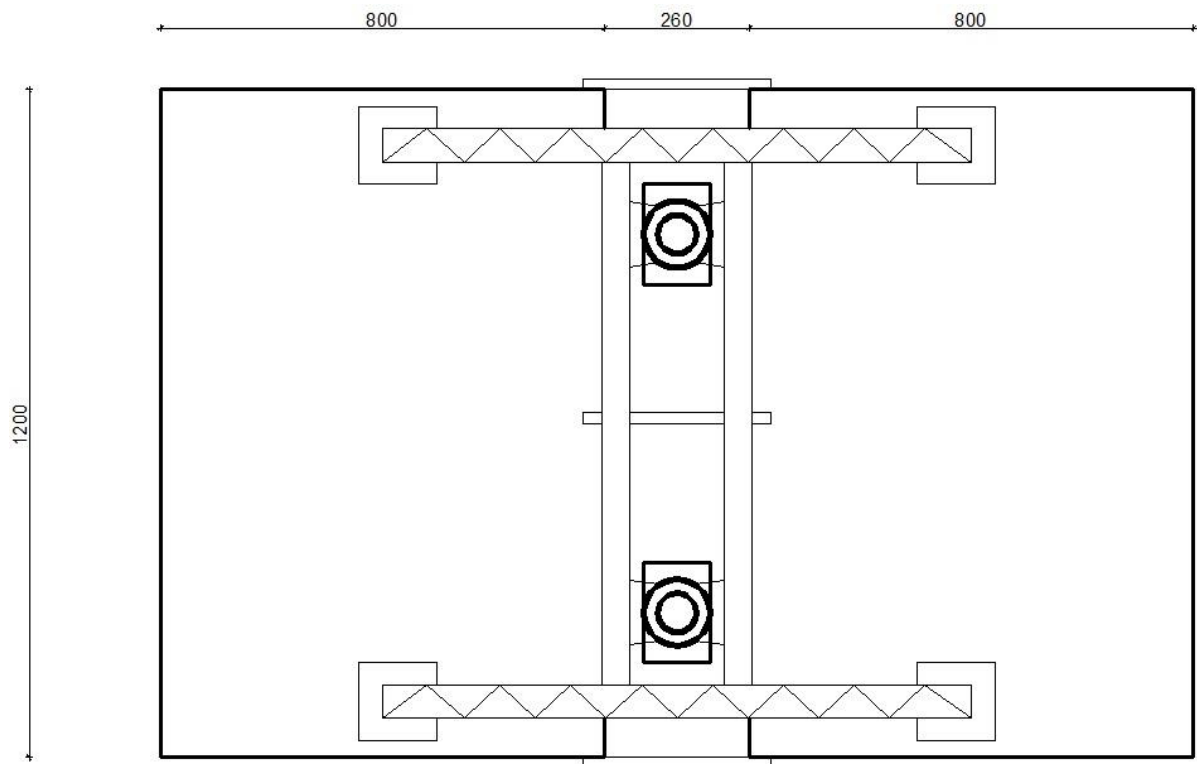
Nakon postizanja željene čvrstoće stup se dalje uranja u more do razine od koje je moguće betoniranje sljedećeg segmenta pridržavajući ga dizalicama. Ovaj postupak se ponavlja dok



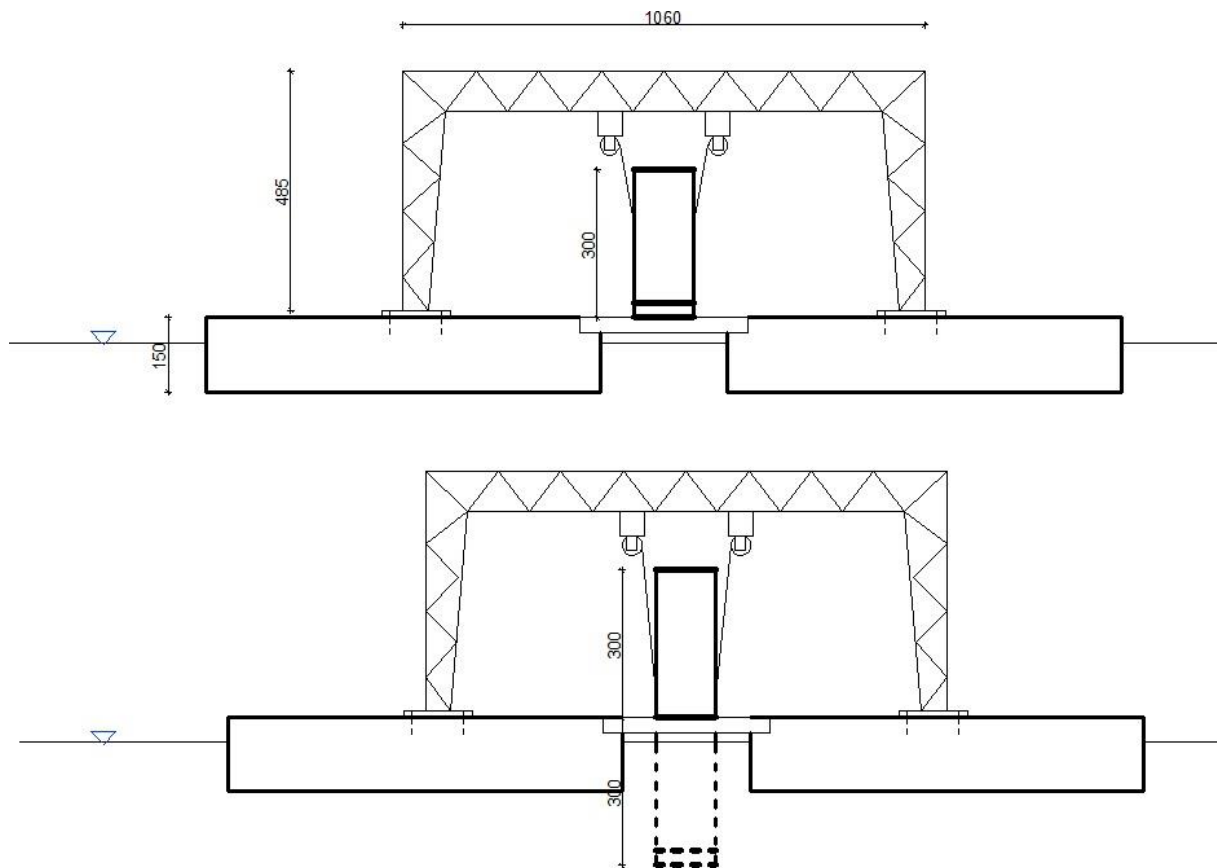
Slika 36. Stup

ne postignemo traženu visinu stupa. Očekivano vrijeme izvođenja dvaju stupova s spojnom gredom je oko 15 dana.

Betoniranje stupova vršit će se pumpom s plovila i pritom zbijati uranjajućim vibratorima od temeljne stope prema vrhu u segmentima.

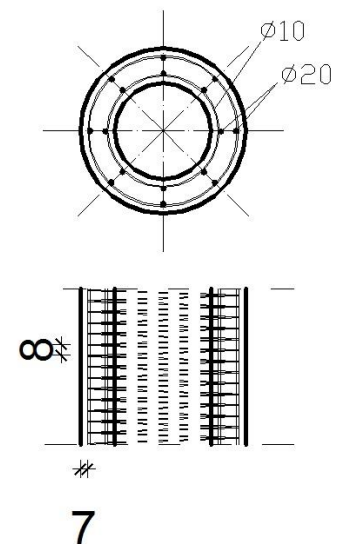


Slika 37. Tloct barži



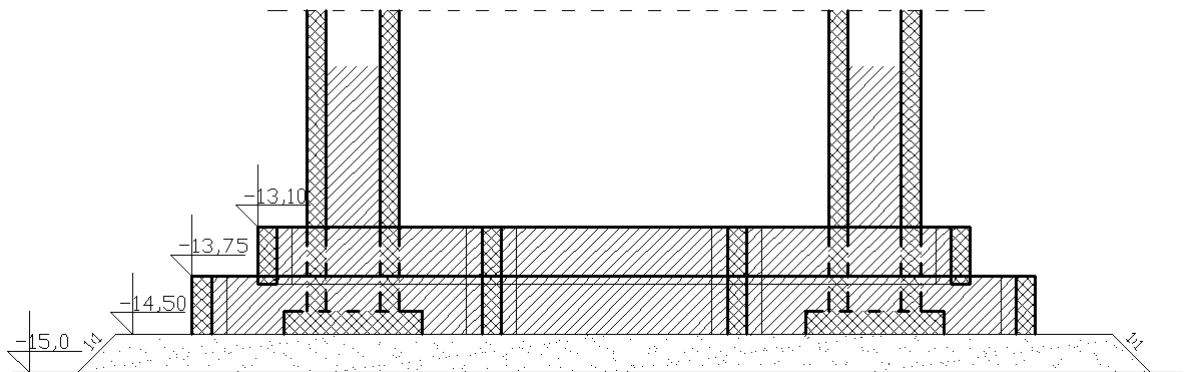
Slika 38. Shematski prikaz betoniranja stupova

Zbog pojave vlačnih naprezanja stupu je potrebno armiranje. Glavna armatura je predviđena  $8\phi 20$ , a pomoćna armatura predviđena je kao spiralna armatura  $\phi 10$ . Ove dimenzije armature navedene su kao kvalitativne te ih je potrebno dodatno proračunati. Nastavljanje armature biti će svako dva izvedena segmenta tj. svako cca 6m. Preklop armature mora biti veći od  $20\phi$ .



Slika 39. Armatura stupa

Nakon što su izvedeni, stupovi se smještaju u prethodno postavljene AB sanduke redosljedom od glave lukobrana prema obali. Stupovi se betoniraju zajedno s AB sanducima i to tako da razina betona u stupovima bude nešto viša u odnosu na betonirane temelje.



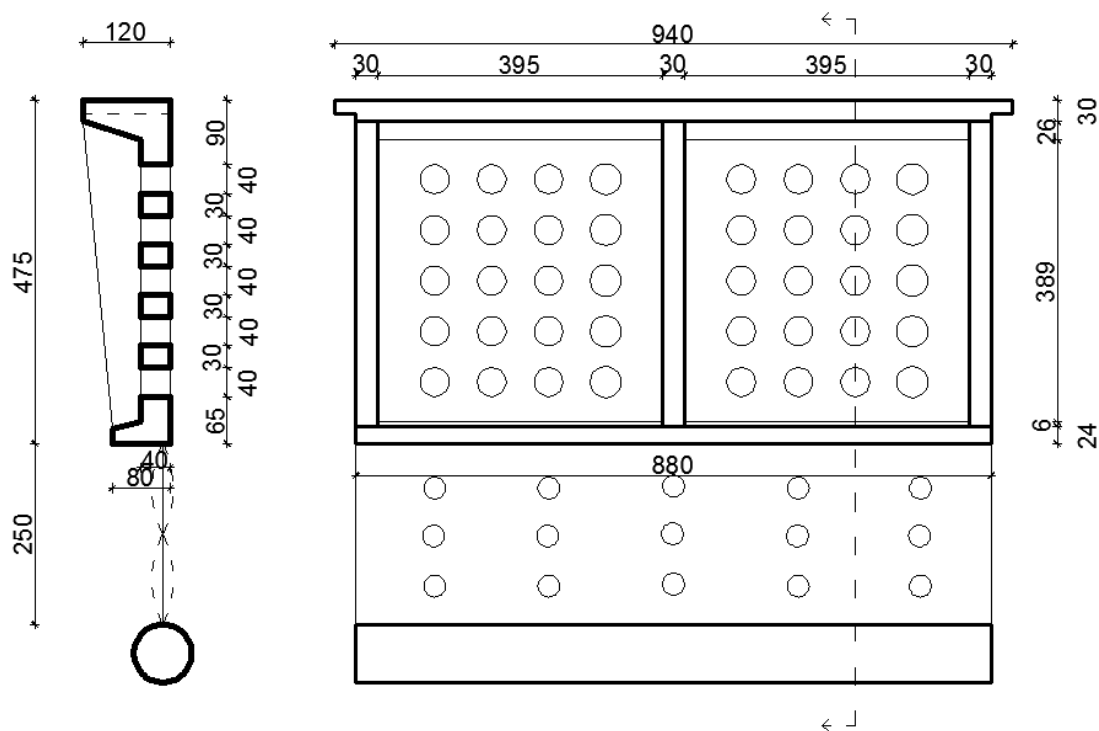
Slika 40. Monolitizacija stupa i AB sanduka

#### 4.4. Parapeti

Parapeti su montažni elementi koji se dovoze na gradilište i montiraju nakon što su stupovi postavljeni, a spojne grede betonirane. Perforirani su da bi omogućili strujanje mora, a istovremeno spriječili prodor energije vala. Svojim se rubnim krilima oslanjaju na spojne grede, a kasnije se monolitiziraju zajedno sa dijelom krune lukobrana. Zbog postizanja bolje krutosti imaju jedno poprečno rebro.

U slučaju da parapeti nisu dovoljni u vidu zaštite od prodora energije vala, nudi se opcija postavljanja perforiranih platna koji su obješeni o parapet. Da bi spriječili pretjerano gibanje platna uslijed valovanja na njegovom kraju predviđa se postavljanje betonskog cilindričnog utega.

Ovakav način zaštite još uvijek se testira na umanjenim modelima i simuliranim uvjetima valovanja.



Slika 41. Parapet s obješenom PVC zavjesom

#### 4.5. Izvedba završnih elemenata lukobrana

Nakon što su navedeni elementi lukobrana izvedeni na spojne grede polažu se Omnia ploče debljine 25 cm duž cijelog lukobrana. Zatim se zidaju obložnice pridržane oplatom s vanjske strane. Tako uzidane obložnice služit će nam i kao oplata za betoniranje krune lukobrana, koja se betonira na licu mjesta. Duž krune moguće je postaviti cijevi promjera 30ak cm u svrhu smanjenja težine.

Završni dio izvođenja lukobrana predstavlja postavljanje obloge na hodnim i sjedećim površinama, bitava i bokobrana na unutarnjoj i vanjskoj strani lukobrana, rasvjete i ormarića s priključcima za vodu i električnu energiju.



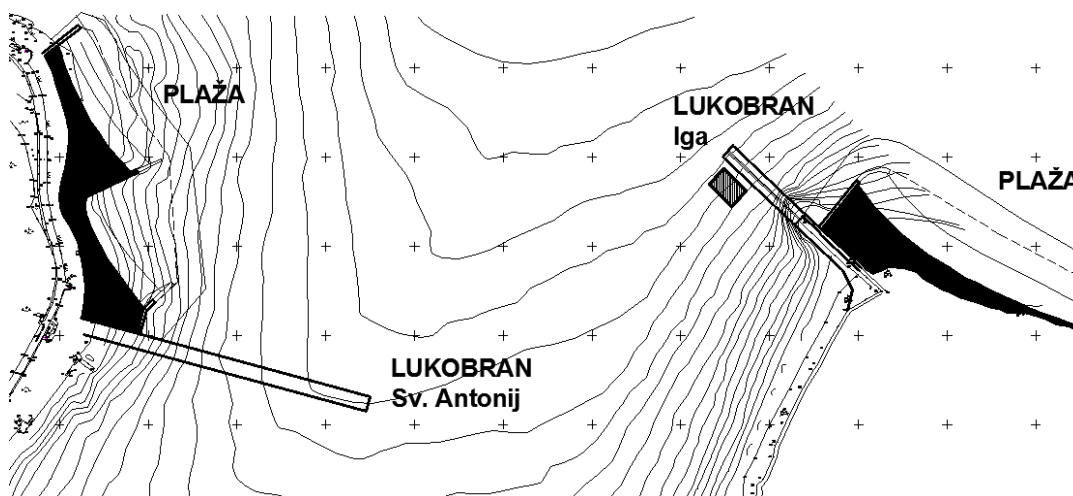
## 5. ORGANIZACIJA GRAĐENJA

Organizacija građenja bitna je stavka u cijelokupnom procesu izvedbe nekog objekta. U ovom slučaju nakon provedenih svih istražnih radova i odabira mehanizacije započinjemo sa stabilizacijom temeljnog tla. Temeljno tlo sastoji se od nanosa mulja debljine oko 6 metara koji se nalazi na stjenovitoj podlozi. Jako je bitan odabir metode stabilizacije temeljnog tla budući da se radi na dubini od 15ak metara. Odabrana je metoda izvedbe šljunčanih stupnjaka. Promjer stupnjaka iznosit će oko 1,5 m, a visina je jednaka visini nanosa mulja. Predlažemo izvedbu na rasteru prikazanim na sl. 29. Tehnologija izvedbe opisana je u poglavlju 4.1.

Nakon poboljšanja temeljnog tla izvodi se temeljni nasip od tucanika debljine 0,5m na kojeg će biti položeni teški temeljni sanduci. Sanduci se betoniraju na obali te se baržama dovode na mjesto i polažu. Temelj se sastoji od dva sanduka tako da gornji naliježe u donji, veći sanduk koji se kasnije ispunjaju betonom.

U tako položene sanduke smještaju se stupovi na razmaku od 10m. Zbog svoje velike visine stupove je potrebno izvoditi u dubljem moru po principima opisanim u stavci 4.3.

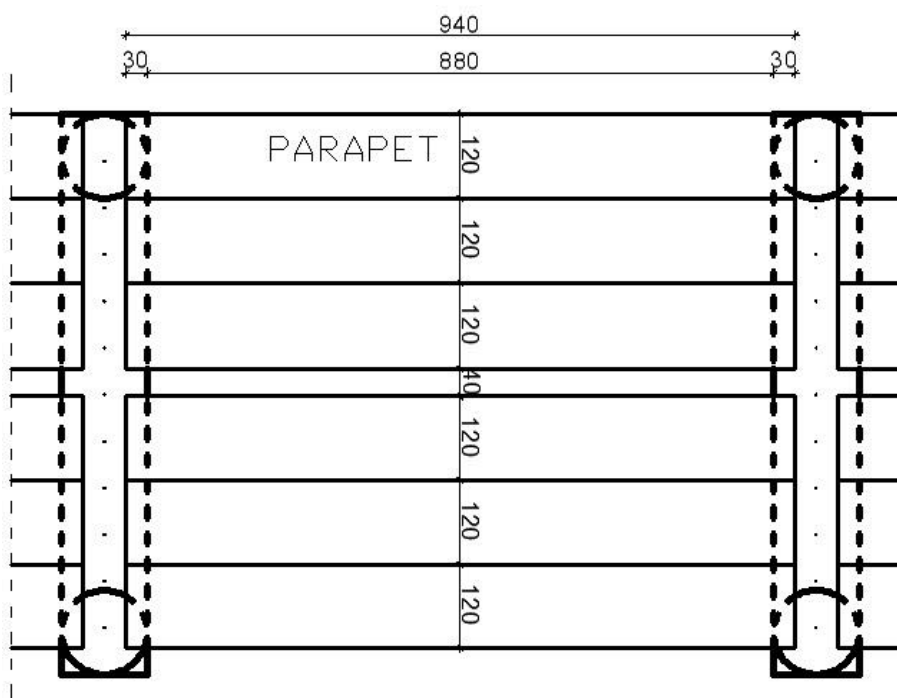
Predlažemo betoniranje stupova u zavjetrini lukobrana Iga. Izvedeni stupovi s naglavnom gredom dopremaju se na mjesto polaganja u temeljne sanduke. Nakon što je pojedini par stupova položen na mjesto betoniraju se sanduci i ispunjaju betonom kako bi postigli monolitizaciju. Redoslijed izvedbe stupova je od glave lukobrana prema obali.



Slika 42. Prikaz predloženog mjesta izvedbe stupova

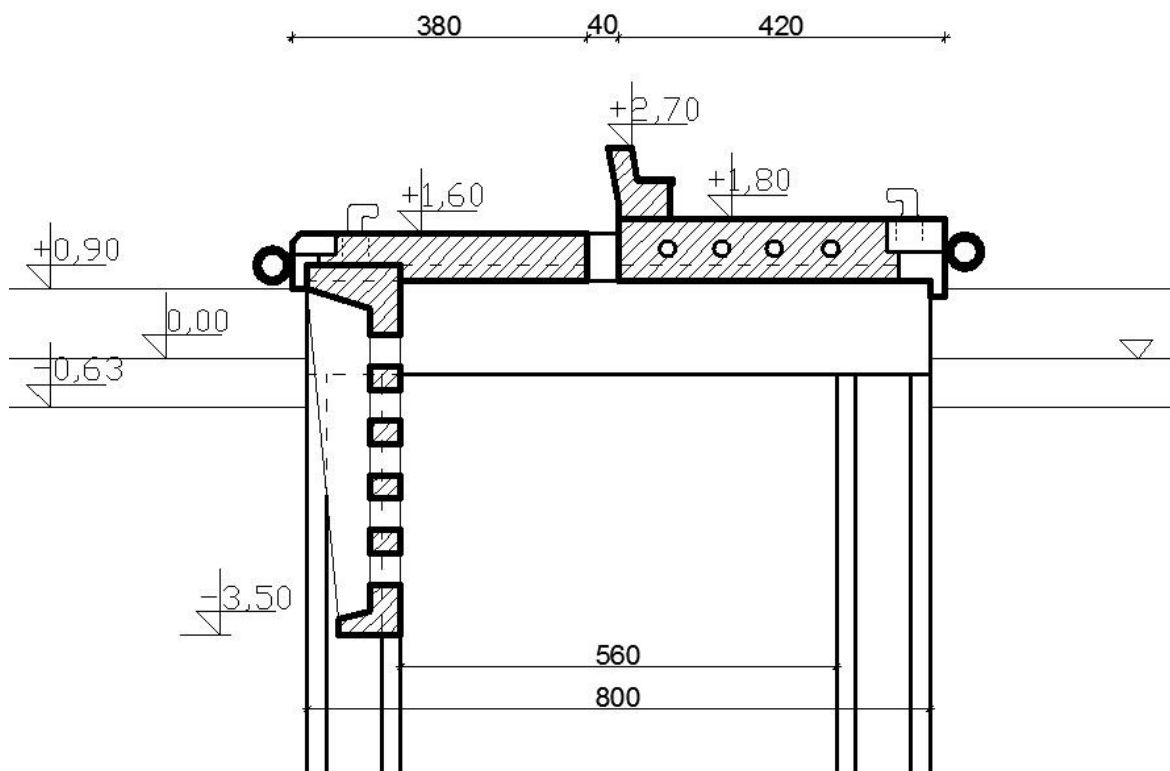
Između svakog para stupova na razmaku od 10m oslanjaju se predgotovljeni parapeti. Svojim rubnim krilima parapeti se oslanjaju na naglavne grede. Parapeti su perforirani elementi koji spriječavaju prodor energije vala u uvalu. Zbog velike težine ograničeni smo visinom samih parapeta. U slučaju da postoji mogućnost prolaza dijela vala i njegove energije ispod parapeta, predlaže se postavljanje PVC zavjese koja visi na donjem dijelu parapeta. Zavjesa je perforirana i na svom kraju ima uteg oblika valjka koji ograničava gibanje.

U razini parapeta duž lukobrana na spojne grede polažemo Omnia ploče deljine oko 25cm. Ove ploče služe nam i kao donja oplata prilikom betoniranja krune lukobrana. Na unutarnjem i vanjskom licu lukobrana zidaju se kamene obložnice. Pridržavaju se oplatom. Ovako položene Omnia ploče i uzidane obložnice čine oplatu za betoniranje krune lukobrana. Kruna se betonira u dva dijela ostavljajući po sredini poprečnog presjeka rupe kroz koje će se procijeđivati val koji udara u valobran.



Slika 43. Polaganje Omnia ploča

Betoniranje valobrana zadnja je faza betoniranja. Valobran je izveden tako da unutrašnje strane formira površinu sa sjedenje. Završni dio izvedbe lukobrana je postavljanje hodne obloge i obloge na sjedećim površinama, postava bitava, rasvjete i ormarića s priključcima za vodu i električnu energiju.



Slika 44. Završni izgled lukobrana

Armirano betonski sanduci, parapeti i Omnia ploče zbog jednostavnije izvedbe bit će izvedeni na nekim od lokalnih betonara. Budući da su ovo elementi velikih dimenzija otežan je pristup transportnim vozilima do obale, gdje će se dalje morskim putem odvoziti do mjesta odlaganja i ugradnje. Najizglednija je izvedba montažnih elemenata u nekoj od lokalnih betonara ili na zakupljenoj površini u Starom Gradu. Elementi će se prevoziti morskim putem do Jelse, a ukrcaj elemenata u plovilo najlakše je izvesti u trajektnoj luci.

Po dolasku u Jelsu elementi će se odlagati na unaprijed pripremljen nasip na mjestu budućih plaža odakle će biti uzimani tokom gradnje.

## **6. PRILOZI**

## **7. ZAKLJUČAK**

U smislu ekološki najpovoljnijeg rješenja predlaže se izvedba lukobrana na stupovima na opisan način. Da bi izvedba bila efektivna poželjno je imati na raspoloaganju bar dva plovna objekta s dizalicama koji će omogućiti viši stupanj organizacije građenja tj. istodobno izvođenje različitih građevinskih radova što će u konačnici dovesti do skraćanja vremena izvedbe i smanjenja troškova. Također, za izvedbu pojednih radova neophodna je plovna betonara. Sve dimenzije navedene su kao kvalitativne te je potreban detaljni proračun za utvrđivanje konačnih dimenzija.

## 8. LITERATURA

- (1) Prof.dr.sc. Mijo Vranješ, Idejni projekt uređenja luke Jelsa,FGAG Split 2013.
- (2) Prof.dr.sc. Mijo Vranješ, Elaborat za ocjenu o potrebi procjene utjecaja na okoliš izgradnje zaštite jelšanske luke, FGAG Split 2013.
- (3) Robert Gotić, Ivan Gotić, Temeljenje na poboljšanom tlu, Građevinar 53,Geotehnički fakultet Varaždin 2001.
- (4) Leo Babić, Pomorski objekti u betonu