

Idejni projekt marine Dugi Rat

Ruszkowski, Jan

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:237:956718>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-20**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Civil Engineering,
University of Zagreb](#)



Građevinski fakultet
Sveučilište u Zagrebu
ZAVOD ZA HIDROTEHNIKU



Idejni projekt marine Dugi Rat

Diplomski rad

Student: Jan Ruzkowski

JMBAG: 0082055377

Mentor: izv. prof. dr.sc. Dalibor Carević

Zagreb, rujan 2023.

Sadržaj

1. Podloge	3
1.1. Uvod	3
1.2. Lokacija	3
1.3. Povijest	3
1.4. Prostorni obuhvat	5
1.5. Postojeće stanje	6
1.6. Opis planiranog zahvata	6
2. Proračuni mehaničke otpornosti i stabilnosti konstrukcija	11
2.1. Proračun nasipnog dijela lukobrana	11
2.1.1. Proračun granulacije i debljine primarnog i sekundarnog sloja primarnog lukobrana prema Hudsonovoj formuli	11
2.1.1.1. Granulacija primarnog sloja	11
2.1.1.2. Debljina primarnog sloja	14
2.1.1.3. Granulacija sekundarnog sloja	16
2.1.1.4. Debljina sekundarnog sloja	16
2.1.1.5. Proračun debljine i granulacije filtarskog sloja lukobrana	16
2.2. Proračun stabilnosti obalnog zida	19
2.2.1. Kontrola stabilnosti na rotaciju oko točke 1	19
2.2.2. Kontrola stabilnosti na klizanje	27
2.2.3. Kontrola nosivosti tla	28
2.2.4. Kontrola stabilnosti na rotaciju oko točke 1 (potresna situacija)	29
2.2.5. Kontrola stabilnosti na klizanje (potresna situacija)	30
2.2.6. Kontrola nosivosti tla (potresna situacija)	31
3. Proračuni funkcionalnosti	32
3.1. Proračun visine krune nasipnog lukobrana	32
3.2. Visina i dubina obalnog zida	34
3.2.1. Dubina obalnog zida	34
3.2.2. Visina zida	35

4. Tehnički opis	36
5. Troškovnik	38
6. Popis Literature	45
POPIS SLIKA	45
POPIS TABLICA	45
7. Nacrti	46

1. Podloge

1.1. Uvod

Predmet idejnog projekta je prenamjena kompleksa (bivše) tvornice ferolegura „Dalmacija“ u naselju Dugi Rat za sadržaje potrebne naselju (javni i društveni sadržaji), ugostiteljsko turističku namjenu, luku nautičkog turizma i luku otvorenu za javni promet. Time se otvara nova razvojna perspektiva općine, osiguravaju radna mjesta i kompletiraju sadržaji naselja.

Prostornim planom uređenja Općine Dugi Rat planirana je izgradnja marine kategorije pet sidara sa 350 vezova u moru uz izgradnju fiksnih plutajućih gatova.

Idejni projekt izrađen je u skladu s Prostornim planom uređenja Općine Dugi Rat i poštujući pravilnik o razvrstavanju i kategorizaciji luke nautičkog turizma, ali i ostale važeće zakone, propise i pravila struke.

1.2. Lokacija

Općina Dugi Rat smještena je duž obale Jadranskog mora, otprilike 15 kilometara jugoistočno od Splita i 5 kilometara zapadno od Omiša. U tri različita naselja - Dućama, Dugom Ratu i Jesenicama - živi više od 7000 stanovnika, od kojih se većina bavi turizmom. Značajan gospodarski napredak ovog područja ostvaren je početkom 20. stoljeća kroz izgradnju "Tvornice", postrojenja za proizvodnju karbida i cijanamida u Dugom Ratu. Ova tvornica se nalazila na južnom dijelu naselja Dugi Rat i zauzimala je površinu od 180 000 četvornih metara.

1.3. Povijest

Povijest Dugog Rata duboko je ukorijenjena u svoju industrijsku prošlost, koja je ostavila trajan trag na njegov identitet i razvoj. Prije izgradnje tvornice „Dalmacija“, ovaj prostor bio je posvećen vinogradarstvu, koje je procvjetalo nakon što su francuski vinogradi drugom polovicom 19. stoljeća pretrpjeli ozbiljne štete od bolesti filoksere. Dalmatinsko vinogradarstvo tada je doživjelo nagli uspon. Međutim, s obnovom francuskih vinograda krajem tog stoljeća, potražnja za dalmatinskim vinom počela je opadati.

U tom trenutku, don Frane Ivanišević, ugledni sumještatin, uvjerio je stanovnike obližnjih Jesenica da prodaju svoja zemljišta na Dugom Ratu za izgradnju tvornice. Ovaj korak bio je od vitalnog značaja za zajednicu, jer je osigurao radna mjesta i obrazovanje za njihovu djecu. Talijansko društvo SUFID (*Societa per utilizzazione delle forze idrauliche della Dalmazia*) otkupilo je zemljište na Dugom Ratu i 1912. godine izgradilo hidroelektranu u Kraljevcu, koja je opskrbljivala tvornicu električnom energijom. Tvornica je počela s radom 1914. godine kao postrojenje za proizvodnju karbida i cijanamida. Ova proizvodnja, koja se odvijala u šest peći na izuzetno visokim temperaturama od 3500

°C - 4000 °C, rezultirala je stvaranjem karbida koji se nakon toga pretvarao u cijanamid pomoću dušika. Tvornica je dnevno proizvodila impresivnih 80 tona karbida, s godišnjim kapacitetom od oko 25.000 tona cijanamida.



Sl. 1 Tvornica karbida i cijanamida u Dugom Ratu, oko 1915 [1]

Početak 20. stoljeća, u sklopu postrojenja tvornice, cijanamid se mljeo u „Crnoj kući,“ koja se nalazila neposredno uz spavaonice radnika, a sitni prah raznošen vjetrom od tamo je onečišćavao okoliš. Iz tih spavaonica se kasnije razvilo naselje Dugi Rat. Godine 1929., koncesiju nad tvornicom izgubilo je talijansko društvo SUFID, a tvornica je prešla u francusko vlasništvo pod imenom La Dalmatienne. Ulagalo se i u razvoj radničkog naselja, uključujući izgradnju kina, sportskih terena, kuglane, crkve i bolnice zahvaljujući djelovanju sindikata. U blizini tvornice izgrađena je i luka s dvjema dizalicama za brodove do 30 000 tona, a kupovalo se novo zemljište za širenje. Tijekom tog razdoblja, tvornica je modernizirala svoju proizvodnju, uključujući nabavku nove peći za proizvodnju ferolegura i prenamjenu postojeće peći za istu svrhu. Također je izgrađen plinovod koji je opskrbljivao i stanovništvo u okolici.

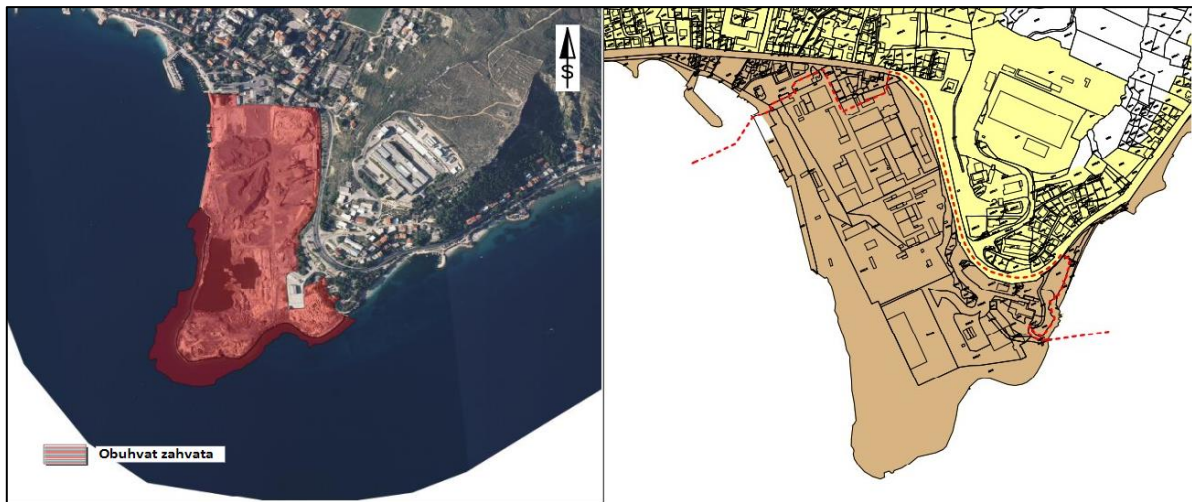


Sl. 2 Gornji sloj peći za proizvodnju ferolegura, druga polovica XX. st

Nakon Drugog svjetskog rata, tvornica je pala pod vlasništvo Talijana, a potom i NDH, pri čemu su Nijemci okupirali tvornicu i postavili mine kako bi je uništili u slučaju povlačenja. Srećom, lokalni ilegalci su onesposobili mine i sačuvali tvornicu. Nakon rata, tvornica je prešla u državno vlasništvo i nastavila sa proizvodnjom. Tijekom 1952. godine, izgrađen je vodovod iz Suhog Potoka, a od 1953. godine uvedena je naplata električne energije stanovništvu, koja je prethodno bila besplatna. Tijekom 70-ih godina, tvornica se isključivo posvetila proizvodnji ferolegura zbog konkurencije na tržištu umjetnih gnojiva i razvoja petrokemijske industrije, što je rezultiralo smanjenim značajem karbida i cijanamida. Uz to, tvornica se proširila na proizvodnju elektromehaničkih proizvoda u suradnji s tvrtkom Iskra iz Kranja i pogonom za tekuće plinove u suradnji s Montkemijom iz Zaprešića. [1]

1.4. Prostorni obuhvat

Prema prostorno-planskoj dokumentaciji površina obuhvata zauzima površinu od oko 205.000 m². Navedeni prostorni obuhvat prikazan je u nastavku (Sl. 3). Područje zahvata je tvornički krug bivše tvornice ferolegura Dalmacija d.d., a dio lokacije je pomorsko dobro. Lokacija se nalazi u samom naselju Dugi Rat na području općine Dugi Rat u Splitsko-dalmatinskoj županiji. Na zapadnoj i južnoj strani lokacija je omeđena morem, na istočnoj strani državnim cestom (D8), a na sjevernoj strani građevinama koje su se nekada koristile za potrebe rada tvornice.



Sl. 3 Satelitska snimka obuhvata zahvata i slika obuhvata PPUO Dugi Rat [1]

1.5. Postojeće stanje

Tvornica je 2000. godine prestala s radom i srušena 2009., a sav materijal od rušenja starih zgrada i pogona zajedno sa troskom iz proizvodnje bacan je u more zadnjih 30 godina. Ukupno je u tom periodu odbačeno oko 1.670.000 m³ troske i ostalih materijala. Ukupna dužina obalne linije je oko 1.250 m, a dužina obalne linije odložene troske je oko 1.000 m. Obalna linija je neizgrađena, osim u sjeverozapadnom dijelu gdje se nalazi prostor za privez brodova (bivša luka) koji se koristio za potrebe tvornice.

1.6. Opis planiranog zahvata

Planirani zahvat provodi se u tri faze. Prva faza obuhvaća pripremu terena, iskop nasipanog materijala za oblikovanje akvatorija i za temeljni nasip lukobrana, druga faza obuhvaća izgradnju obale, lukobrana, hotela i istovremeno izgradnju sportsko-rekreacijskog centra. U trećoj fazi se provodi izgradnja prometnica, parkinga, servisnog centra te uređenje cijelog kopnenog dijela. Svi potrebni dijelovi marine određuju se po pravilniku o razvrstavanju i kategorizaciji luke nautičkog turizma

Prva faza:

- Opsežni radovi iskopa troske nasipane kao otpadni materijal tvornice za oblikovanje akvatorija marine.
- Radovi nasipavanja iskopane troske za izgradnju jezgre lukobrana

Druga faza:

- Izgradnja lukobrana
- Izgradnja obale
- Izgradnja hotela
- Izgradnja sportsko-rekreacijskog centra – oblikovanje plaže unutar sportsko rekreacijskog centra, izgradnja restorana i barova, izgradnja sportskih terena i šetnica.

U trećoj fazi provodi se izgradnja:

- Prometnica
- Parkinga
- Servisnog centra sa brodom dizalicom i hangarom
- Šetnica oko hotela
- Uređenje zelenih površina

Podjela akvatorija

Akvatorij se dijeli na privezni dio koji se nalazi na unutarnjoj strani lukobrana i na obalnoj strani i operativni dio obale na sjevernom dijelu luke. Privezni dio izvodi se kao vertikalni zid od betonskih blokova duljine 3.5 m naslaganih cijelom duljinom akvatorija ukupne duljine 1170 m. Na priveznoj obali planirana je šetnica širine 9 m na lukobranu i 7 m na obalnoj strani. Operativni dio obale nalazi se na sjevernom dijelu marine uz servisni dio. Izvodi se kao vertikalni zid od betonskih blokova u dužini od 24m.

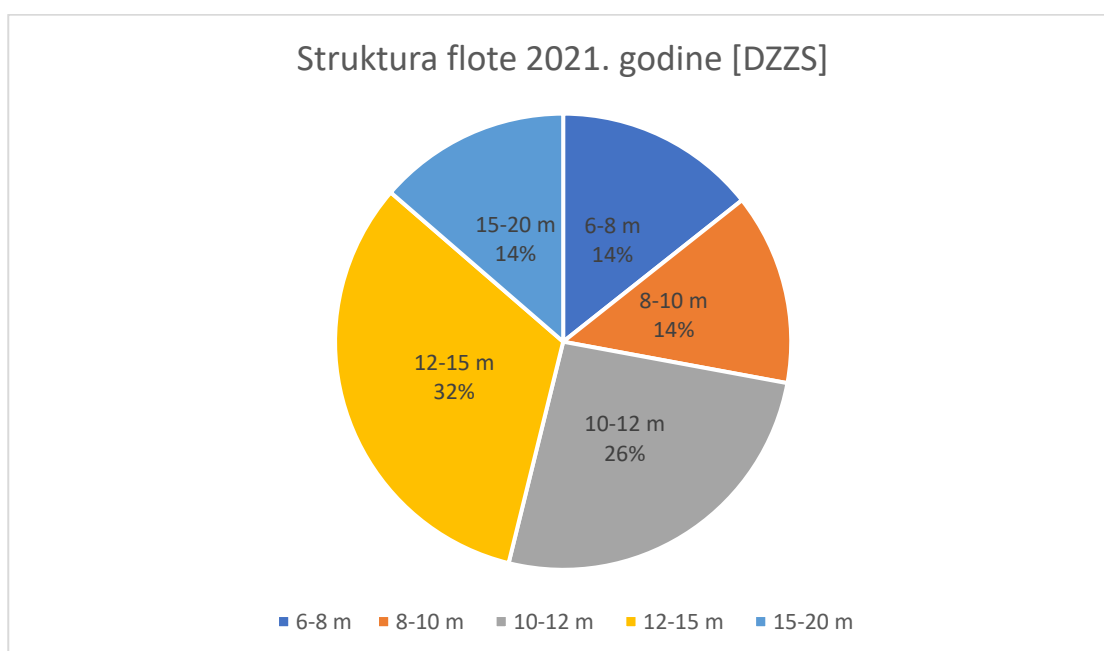
Gatovi i staze

U akvatoriju površine oko 90000,00 m² predviđen je smještaj za 441 plovilo uz izgradnju sedam plutajućih gatova širine 3m i različitih duljina (Tablica 1). Gatovi su izgrađeni od plutajućih betonskih pontona dimenzija 14.5 x 3,00 x 0.85 m i 13 x 3,00 x 0.85 m. Postavljeni su okomito na novoizgrađenu priveznu obalu te su odmaknuti od sjevernog dijela, na kojem se nalazi operativna obala. Na priveznoj obali od lukobrana su predviđeni vezovi za brodove do 20 m te katamarane i super jahte po potrebi.

Tablica 1 Raspored pontona

Naziv gata	Duljina [m]	Broj Pontona [kom]	Duljina pontona [m]
G1	130	10	13
G2	174	12	14.5
G3	174	12	
G4	174	12	
G5	174	12	
G6	174	12	
G7	174	12	

Podaci o poslovanju luka nautičkog turizma 2021. preuzeti su s Državnog zavoda za statistiku za određivanje strukture flote u predmetnoj marini (Sl. 4). Prema vrsti plovila koja posjećuju luke nautičkog turizma na morskoj obali Hrvatske odredile su se dimenzije i zastupljenost određene kategorije veza (Tablica 2).

**Sl. 4** Struktura flote 2021. godine na području Splitsko - dalmatinske županije

Tablica 2 *Struktura flote u marini*

Kategorija veza	Duljina plovila [m]	Veličina veza [m]	Broj vezova	Zastupljenost [%]
III	6 - 8	3.4 x 10	50	11%
IV	8 - 10	4 x 11	80	18%
V	10 - 12	4.4 x 13	96	22%
VI	12 - 15	5.5 x 16	114	26%
VII	15 - 20	6 x 20	96	22%
Katamarani	<20	20 x 10	5	1%

Lukobran

Lukobran je predviđen da ide paralelno s linijom izgrađene obale cijelom duljinom. Posebnost kod ovog projekta je da bi se za jezgru lukobrana koristilo što više otpadnog materijala ostavljenog od bivše tvornice. Koristilo bi se oko 660000 m³ troske umjesto općeg kamenog nasipa što bi smanjilo cijenu izgradnje marine za oko 30%. Lukobran sa strane otvorenog mora bi bio tipa nasip, dok bi unutarnja strana lukobrana bila vertikalni zid zbog mogućnosti vezivanja većih brodova. Proračunata je veličina obloga prema pravilima struke koristeći Hudsonovu formulu za izračun primarne obloge.

Kopneni dio marine

Kopneni dio marine površine oko 113000,00 m² predviđen je za smještaj potrebnih objekata i plaže.

Hotelske građevine

Hotelske građevine su tlocrtnog oblika raznih tetromina. Građevine su armirano betonske konstrukcije. Građevine se sastoje od prizemlja i dvije etaže. Građevine 1 i 2 su površine 1600 m², građevina 3 je 1200 m², a građevina 4, 1230 m².

Operativni dio marine

Operativni dio marine zauzima površinu od 5250 m² u kojoj se nalaze hangar, servis te asfaltna prometna površina.

Hangar nudi uslugu suhog veza u luci za manja plovila unutar površine od 1630 m², dok visina hangara iznosi 12 m. Unutar navedene površine nalazi se prostorija za pranje plovila.

Prometne površine

Za potrebe marine potrebna je izgradnja pristupne ceste i prometnice unutar marine čija je ukupna širina 6 m. Ukupno je 343 parkirnih mjesta u luci veličine 2.5 x 5.0 m kako bi se zadovoljili uvjeti za dobivanje 5 sidara za luku nautičkog turizma, na jednoj veliko parkirnoj površini u pozadini iza hotela.

Šetnice

Šetnice kroz cijelu površinu zahvata su širine 7 metara i obložene kamenom oblogom, dok je šetnica na lukobranu širine 8.9 metara i napravljena od armiranog betona.

Turistička ponuda u marini

Turističku ponudu u marini nude dva ugostiteljska objekta, trgovina s rezervnim dijelovima i prehrambena trgovina. Pročelja navedenih građevina izgrađena su od kamena kako bi se uklopila u autohtonu arhitekturu grada.

Ugostiteljski objekt u blizini mora sastojati se od dvije nadzemne etaže visine 3 metra, dok se svi ostali navedeni objekti sastoje od jedne nadzemne etaže pravokutnog tlocrtnog oblika. Površine navedenih objekata prikazani su u (Tablica 3), ali se mogu vidjeti i u situaciji, kao i njihov raspored u marini.

Tablica 3 Prikaz površina unutar glavnog ugostiteljskog objekta u marini

Ugostiteljski objekt (restoran + caffe bar) – tlocrtne površine 555 m ²	
Površine kuhinje	100 m ²
Površina unutarnje blagavaonice	310 m ²
Površina terase 1. kat	320 m ²
Površina caffe bara – unutarnji dio	200 m ²
Površina caffe bara - terasa	130 m ²
Površina WC - a	30 m ²

Priključci na struju i vodu

Po pravilniku kategorizaciji luke [4] marina pet sidara mora omogućiti:

- Priključak na vodu svakih pet vezova, ukupno 88 priključaka
- Priključak za struju (220V) svaka tri veza, ukupno 147 priključaka
- Priključak za struju (380V) na 2% vezova, ukupno 9 priključaka

2. Proračuni mehaničke otpornosti i stabilnosti konstrukcija

2.1. Proračun nasipnog dijela lukobrana

2.1.1. Proračun granulacije i debljine primarnog i sekundarnog sloja primarnog lukobrana prema Hudsonovoj formuli

2.1.1.1. Granulacija primarnog sloja

Težina stabilnih blokova primarne obloge "A" proračunava se prema Hudsonovoj formuli (Jednadžba 1). Izvedena je temeljem ravnoteže obložnog bloka na pokosu izloženog statičkim i dinamičkim silama: vlastita težina, uzgon, hidrodinamički uzgon, sila otpora bloka u struji silaznog vala, inercijalna sila, sila trenja na pokosu, reakcija podloge i sila od strujanja mora u jezgri lukobrana. Težina blokova "A" označava se kod uniformne obloge od umjetnih betonskih blokova s G_A . Kod kamene obloge (kamenometne, jer se kamen ne istresa nego se "polaže" s pažnjom) koja ne može biti uniformna t.j. može varirati u težini $\pm 25\%$, izračunava se težina 50%-tnog bloka $G_{50\%A}$. To predstavlja težinu bloka 50%-tne zastupljenosti na granulometrijskoj krivulji ugrađenih blokova. Raspon mase ugrađenih kamenih blokova u odnosu na proračunatu veličinu $G_{50\%A}$ je: $G_{A,\min} = 0,75 G_{50\%A}$ i $G_{A,\max} = 1,25 G_{50\%A}$. Taj raspon gradacije vrijedi kako za trup, tako i za glavu lukobrana. Hudsonova formula za stabilnost obloge u valnoj klimi reprezentiranoj projektnom valnom visinom H_{proj} računa se prema donjem izrazu. [2]

$$G_A^{50\%} = \frac{\rho g H_{proj}^3}{KD \left(\frac{\rho_{obl}}{\rho_m} - 1 \right)^3 ctga} [N] \quad \text{Jednadžba 1}$$

Gdje je :

$G_A^{50\%}$ [N] težina bloka primarne obloge 50%-tne zastupljenosti na granulometrijskoj krivulji materijala za oblogu pokosa uz raspon granulacije od $0,75G_A^{50\%}$ do $1,25G_A^{50\%}$

$\rho_m = 1026 [kg/m^3]$ gustoća mase mora

$\rho_{obl} = [kg/m^3]$ gustoća mase materijala obloge: kamen vapnenac $2600 [kg/m^3]$, beton $2400 [kg/m^3]$

$K_D \equiv K_{D=0}$ eksperimentalni koeficijent obloge za 0 do 5%-tno oštećenje ovisan o tipu obložnih blokova (Tablica 5)

$H_{proj} [m] = H_{1/10}^{100g} = 1,27 H_s^{100g}$

Prema gore navedenoj Jednadžbi 1, granulacija primarnog sloja trupa za nelomljene valove dobivena je kao:

$$G_A^{50\%} = \frac{2600 \cdot 9,81 \cdot (1,27 \cdot 2,20)^3}{4 \left(\frac{2600}{1026} - 1 \right)^3 \cdot (1,5:1)} = 33339,87 [N]$$

Značajna valna visina povratnog perioda od 100 godina preuzeta je iz provedene numeričke analize valovanja (Tablica 4) iz Studije vjetrovalne klime i režima strujanja mora na području luke nautičkog turizma Dugi Rat za vjetrove iz Sektora 3 (smjerovi vjetra SW, WSW, W) na lokaciji T8 (Sl. 5) iz studije te iznosi 2,20 m. [3]



Sl. 5 Prikaz izloženosti lokacije, privjetrišta i lokacije mjerodavne za proračun

Tablica 4 Očitane vrijednosti deformiranih značajnih i maksimalnih valnih visina iz matematičkog modela u kontrolnim točkama za smjer valova iz sektora III (SW-WSW-W)

Sektor III (SW – WSW – W); t.j. pomenat (W)
Pučinski val u T8; spektar
H_s^{100g} [m]
2,2

Prema istoj gore navedenoj Jednadžbi 1, dobivena je granulacija primarnog sloja glave za nelomljene valove kao:

$$G_A^{50\%} = \frac{2600 \cdot 9,81 \cdot (1,27 \cdot 2,20)^3}{3,2 \left(\frac{2600}{1026} - 1 \right)^3 \cdot (1,5:1)} = 41674,84 \text{ [N]}$$

Eksperimentalni koeficijenti obloge $K_D \equiv K_{D=0}$, iz gornje Hudsonove formule za proračun težine bloka $G_{50\%A}$ stabilne uskograduirane prirodne kamenometne primarne obloge na vanjskom pokosu nasipnog nepreljavnog lukobrana, uz 0 do 5% -tno oštećenje dani su u (Tablica 5). Gradacija je tada od $0,75 G_{50\%A}$ do $1,25 G_{50\%A}$. U tablici su dani i koeficijenti obloge K_D za tipove umjetnih betonskih blokova koja služi za proračun težine bloka G_A primarne uniformne umjetne betonske obloge. [2]

Prilikom proračuna granulacije primarne obloge za glavu za nelomljene valove je iz (Tablica 5) koeficijent K_D uzet s vrijednošću 3,2, a za trup s vrijednošću 4. Za tip vanjske obloge odabrana je kamena obloga (školjera)(eng. *angular rubble*), za broj slojeva odabrana su 2 sloja, a tip slaganja je nasumični.

Tablica 5 Eksperimentalni koeficijenti obloge $K_D \equiv K_{D=0}$ za proračun težine bloka G_A stabilne uniformne ili uskograduirane primarne obloge prema Hudsonovoj formuli neprijelevnih nasipnih lukobrana po kriteriju da nema ostećenja [2]

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

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

2.1.1.2. Debljina primarnog sloja

Debljina primarnog sloja obloge (Jednadžba 2) ne može biti manja od 2 elementa kamena u sloju, a izračunava se na način [2]:

$$t = n \cdot k_{\Delta} \sqrt[3]{\frac{G_A}{\gamma_{obl}}} \quad \text{Jednadžba 2}$$

gdje je:

$t[m]$ debljina sloja primarne obloge

n broj blokova u sloju primarne obloge (uglavnom $n=2$)

k_{Δ} koeficijent sloja prema (Tablica 6)

$G_A [N]$ težina bloka primarne obloge

$\gamma_{obl} [kg/m^3]$ zapremninska težina materijala obloge: kamen vapnenac 26.000 $[N/m^3]$, beton 24.000

$[N/m^3]$

Niže dolje je prikazan proračun debljine sloja primarne obloge za nelomljene valove za trup:

$$t = 2 \cdot 1,00 \sqrt[3]{\frac{33339,87}{2600 \cdot 9,81}} = 2 \cdot 1,00 \sqrt[3]{\frac{33339,87}{25506}} = 2,19 [m]$$

a za glavu nasipa:

$$t = 2 \cdot 1,00 \sqrt[3]{\frac{41674,84}{2600 \cdot 9,81}} = 2 \cdot 1,00 \sqrt[3]{\frac{41674,84}{25506}} = 2,36 [m]$$

Odabrali ćemo veću vrijednost od ove dvije i zaokružiti na veći broj radi kasnije lakše izvedbe pa je odabrana debljina primarne obloge 2,4 m.

Koeficijent sloja odabran je prema (Tablica 6). Za tip obloge odabran je kameni materijal (školjera)(eng. *Quarrrystone*), broj slojeva je 2, slaganje je nasumično i očitani koeficijent sloja je 1,00.

Tablica 6 Koeficijenti sloja k_{Δ} i poroziteti $p[\%]$ ranih primarnih podloga [2]

Armor Unit	n	Placement	Layer Coefficient k_{Δ}	Porosity (P) %
Quarrrystone (smooth) ¹	2	Random	1.02	38
Quarrrystone (rough) ²	2	Random	1.00	37
Quarrrystone (rough) ²	>3	Random	1.00	40
Quarrrystone (parallepiped) ⁶	2	Special	--	27
Cube (modified) ¹	2	Random	1.10	47
Tetrapod ¹	2	Random	1.04	50
Quadripod ¹	2	Random	0.95	49
Hexipod ¹	2	Random	1.15	47
Tribar ¹	2	Random	1.02	54
Dolos ⁴	2	Random	0.94	56
Toskane ⁵	2	Random	1.03	52
Tribar ¹	1	Uniform	1.13	47
Quarrrystone ⁷	Graded	Random	--	37

¹ Hudson (1974).

² Carver (1983).

³ Hudson, (1961a).

⁴ Carver and Davidson (1977).

⁵ Carver (1978).

⁶ Layer thickness is twice the average long dimension of the parallelepiped stones. Porosity is estimated from tests on one layer of uniformly placed modified cubes (Hudson, 1974).

⁷ The minimum layer thickness should be twice the cubic dimension of the W_{50} riprap. Check to determine that the graded layer thickness is ≥ 1.25 the cubic dimension of the W_{max} riprap (see eqs. 7-123 and 7-124 below).

2.1.1.3. Granulacija sekundarnog sloja

Sekundarna obloga B kod dubokovodnih lukobrana se nalazi u većim dubinama ($D \geq 1,5 H_{proj}$)

Javlja se i na podmorskoj površini unutrašnjeg pokosa lukobrana, ali u našem slučaju se sa unutarnje strane lukobrana javlja vertikalni zid. Izrađuje se na isti način kao primarna obloga. Težina bloka sekundarne obloge računa se prema (Jednadžba 3)

$$G_B = \frac{G_A}{2} [N]$$

Jednadžba 3

Granulacija sekundarne obloge za trup lukobrana iznosi:

$$G_B = \frac{33339,87}{2} = 16669,94 [N]$$

a za glavu lukobrana:

$$G_B = \frac{41674,84}{2} = 20837,42 [N]$$

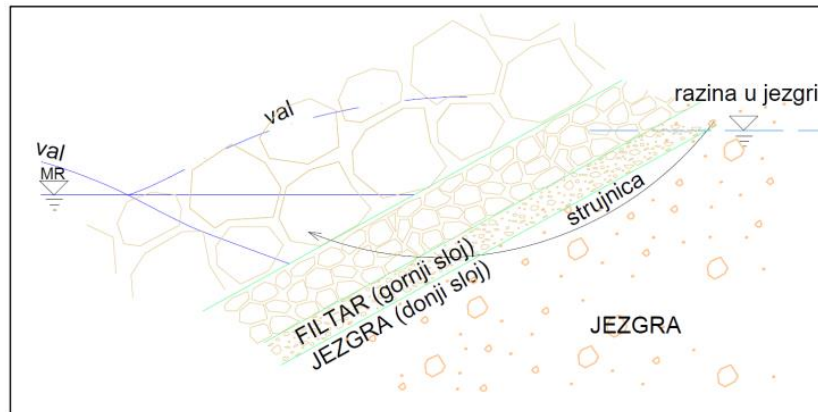
Odabrana vrijednost u ovom slučaju je 21000 N odnosno 2100 kg.

2.1.1.4. Debljina sekundarnog sloja

Debljina sekundarnog sloja također ne može biti manja od 2 elementa u sloju.

2.1.1.5. Proračun debljine i granulacije filtarskog sloja lukobrana

Proračun debljine i granulacije filtarskih slojeva potreban je zbog pojave ispiranja sitnih čestica nasipa. Posljedica tog ispiranja je smanjenje volumena jezgre lukobrana, snižavanje krune i povećanje prelijevanja. Za sprječavanje ispiranja ugrađuje se jedan ili više slojeva filtra po filtarskom pravilu. Filtarskim pravilom se definira princip da najsitnija zrna materijala ispod filtra (jezgra) ne mogu biti strujanjem vode izvučena kroz najveće šupljine filtra (primarna i sekundarna obloga). Kod nasipnih lukobrana strujanje vode je izazvano brijegom vala koji se uspinje po pokosu te podiže razinu podzemne vode u nasipu iznad mirne razine (MR). Razina podzemne vode ostaje stalno iznad MR zbog usporenog istjecanja iz nasipa uslijed hidrauličkih otpora procjeđivanju. Kad je na pokosu dol morska razina je ispod razine u nasipu te nastaje visinska razlika. Ona za trajanja dola vala pokreće stalno strujanje podzemne vode kao na (Sl. 6). Kako kod realnih valova dol traje dulje od brijega ima dosta vremena za uspostavu podzemnog strujanja. Smjer strujanja je prema vanjskom pokosu, ali i prema lučkoj strani gdje je razina u luci stalno niža od razine u nasipu. [2]

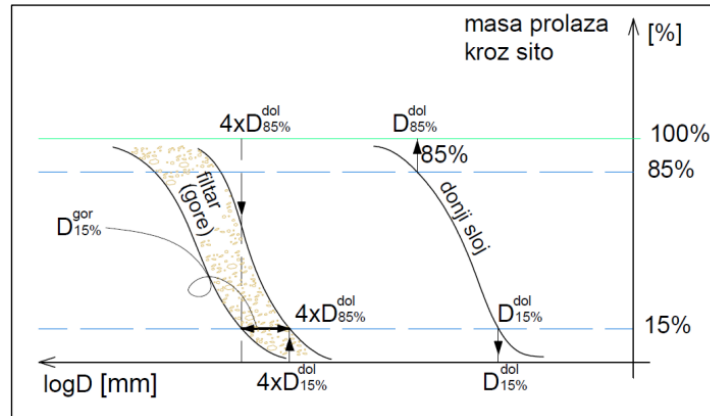


Sl. 6 Principijelni prikaz strujanja mora unutar nasipnog lukobrana čija se intencija ispiranja sitnih čestica jezgre sprečava filtrom [2]

Granulometrijska krivulja usko građuiranih filtra lukobrana (gornji sloj) prema Terzagiju (Sl. 7) mora se nalaziti u sljedećem granulometrijskom području:

$$4 \times D_{85\%}^{donje} \geq D_{15\%}^{gornje} \geq 4 \times D_{15\%}^{donje}$$

Jednadžba 4



Sl. 7 Određivanje granulometrijske krivulje filtra prema Terzagiju [2]

S obzirom na gore navedeni postupak potrebno pretpostavljena je granulometrijska krivulja za nasipni materijal trosku (roza krivulja) (Sl. 8) koja odražava profil materijala troske za koji su potrebna dodatna istraživanja kako bi se ustanovila točna granulometrijska krivulja. Očitane su vrijednosti karakterističnih veličina koje iznose:

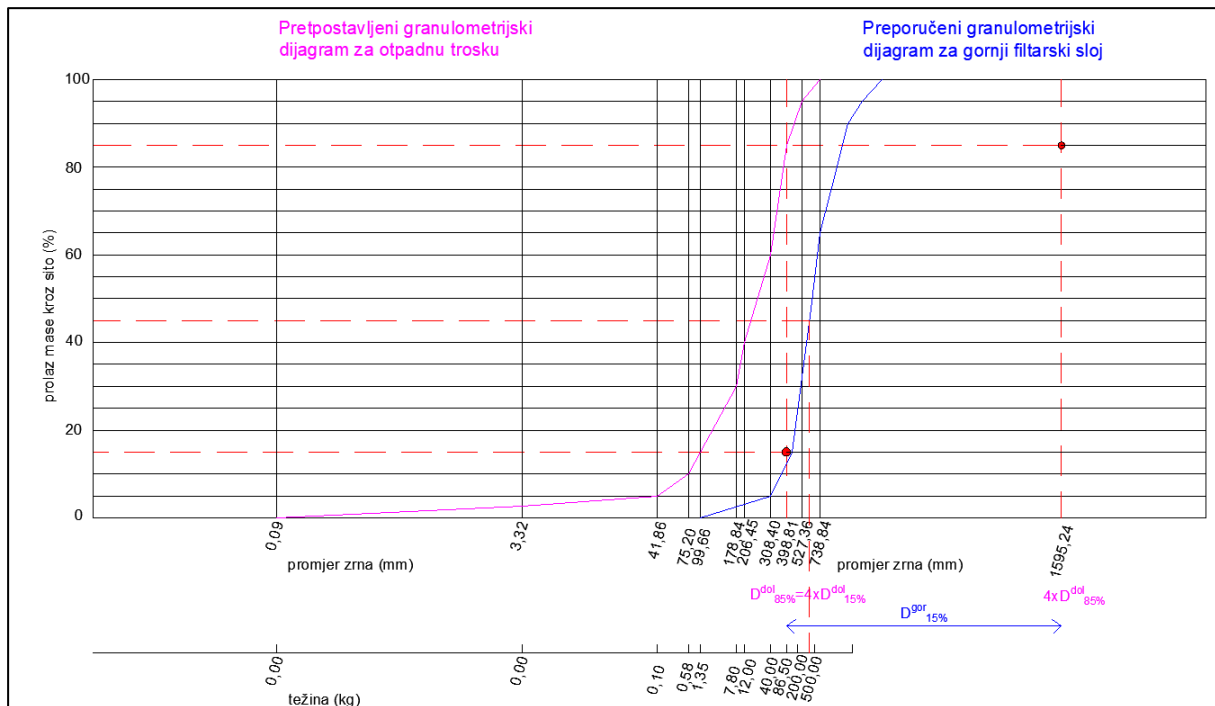
$$D_{15\%}^{dol} = 99,66 [mm]$$

$$4 \times D_{15\%}^{dol} = 398,64 [mm]$$

$$D_{85\%}^{dol} = 398,81 [mm]$$

$$4 \times D_{85\%}^{dol} = 1595,24 [mm]$$

Budući da se preporučeni granulometrijski dijagram za gornji filtarski sloj mora nalaziti između vrijednosti navedenih u (Jednadžba 4), to područje je određeno između vrijednosti 398,64 mm i 1595,24 mm te je između tih dviju granicu provučena granulometrijska krivulja (plava krivulja) uz odstupanje $\pm 25\%$. (Sl. 8)



Sl. 8 Pretpostavljeni granulometrijski dijagram za trosku(roza krivulja) i preporučeni granulometrijski dijagram za gornji filtarski sloj (plava krivulja)

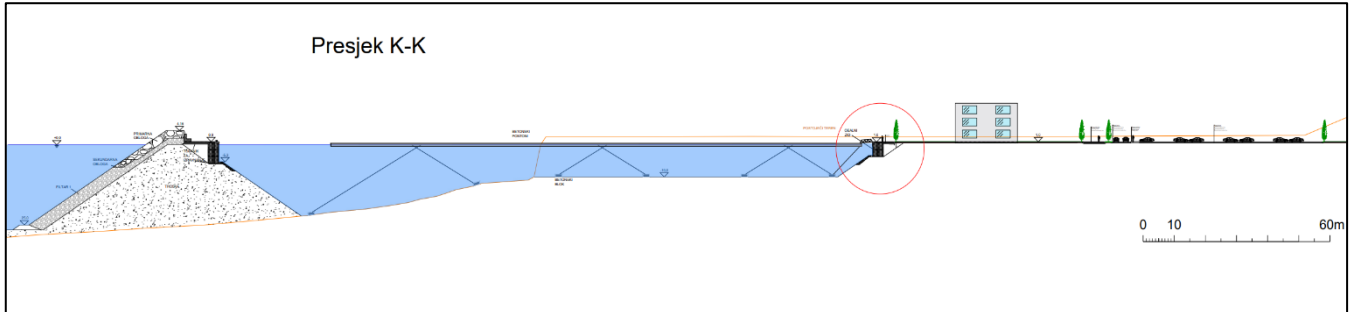
Proračun debljine filtera 1 provodi se po (Jednadžba 2) odnosno:

$$t = n \cdot k_{\Delta} \sqrt[3]{\frac{G_c}{\gamma_{obl}}} = 2 \cdot 1,00 \sqrt[3]{\frac{4467}{2600 \cdot 9,81}} = 2 \cdot 1,00 \sqrt[3]{\frac{4467}{25506}} = 1,12 [m]$$

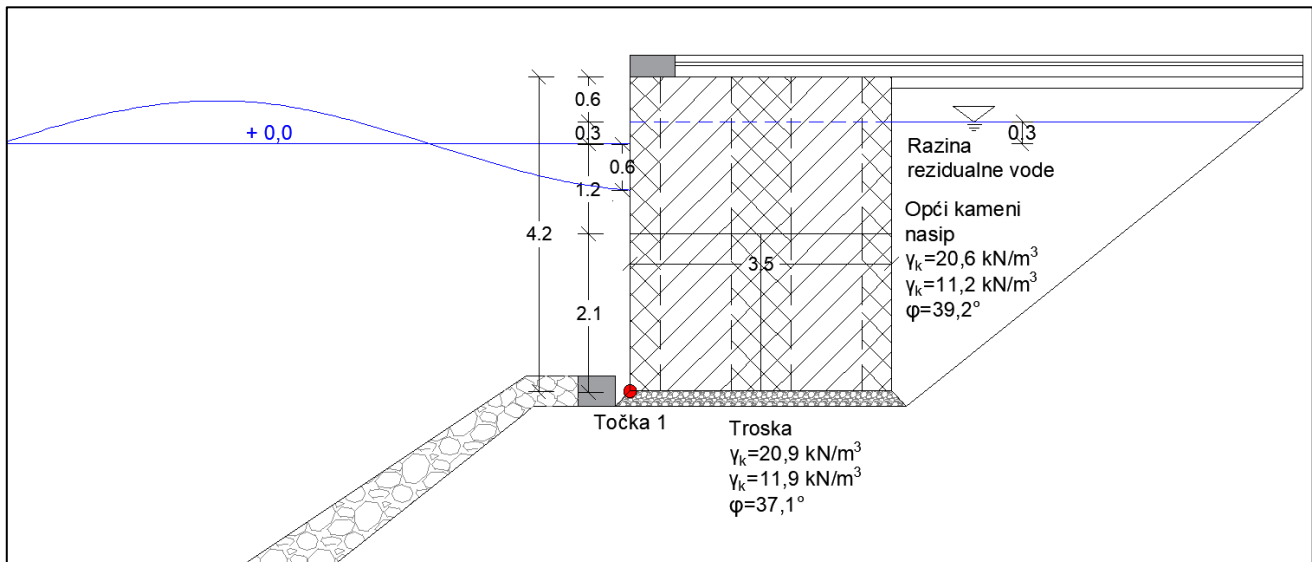
pri čemu je vrijednost $G_c = 4467 N$ dobivena kao $G_A/10$ prema izrazu da granulacije filtera i iznosi otprilike desetinu težine primarne obloge.

2.2. Proračun stabilnosti obalnog zida

Kontrolu stabilnosti provodi se prema ravnotežnom graničnom stanju EQU (prevrtanja) i prema graničnom stanju GEO+STR (klizanje i nosivost temeljnog tla). Proračun će se izvoditi po metru dužnom zida.



Sl. 9 Prikaz pozicije proračuna na presjeku K-K



Sl. 10 Shematski prikaz obalnog zida i rezidualne vode

2.2.1. Kontrola stabilnosti na rotaciju oko točke 1

Kontrola stabilnosti na rotaciju se provodi izjednačavanjem momenata od stalnih i promjenjivih stabilizirajućih (povoljnih) djelovanja, sa momentima od stalnih i promjenjivih destabilizirajućih (nepovoljnih) djelovanja oko točke 1 koja se nalazi na nožici obalnog zida.

Za kontrolu stabilnosti na rotaciju potrebna su sva djelovanja prisutna na obalnom zidu, a ona su:

Stalna nepovoljna djelovanja:

P_{Hy} [kN/m] Horizontalni pritisak od tla

U [kN/m] Uzgon obalnog zida

Stalna povoljna djelovanja:

G [kN/m] Težina obalnog zida

P_{Vy} [kN/m] Vertikalna sila od trenja na kontaktu zid-tlo

Promjenjiva nepovoljna djelovanja:

P_{val} [kN/m] Pritisak od dola vala

P_{rez} [kN/m] Pritisak od rezidualne vode

P_{Hq} [kN/m] Horizontalni pritisak od površinskog opterećenja

Promjenjiva povoljna djelovanja:

Q [kN/m] Promjenjivo vertikalno opterećenje

P_{Vq} [kN/m] Vertikalna sila od trenja od promjenjivog opterećenja na kontaktu zid-tlo

Kontrola stabilnosti se izvodi za trajne i prolazne situacije koristeći njima odgovarajuće parcijalne faktore sigurnosti – LC1

Tablica 7 Jednadžba kombinacija djelovanja sa parcijalnim faktorima sigurnosti (EN 1997-1)

GRANIČNO STANJE NOSIVOSTI – LS1	
Stalna ili promjenjiva proračunska situacija – LC1	$Ed = f \left(\sum_j (\gamma_{G,j} \cdot G_{k,j}) + \gamma_p \cdot P_k + \gamma_Q \cdot Q_{k,1} + \sum_{i>1} (\gamma_Q \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}) \right)$

Tablica 8 Jednadžba kombinacija djelovanja sa parcijalnim faktorima sigurnosti za potresnu situaciju (EN 1997-1)

GRANIČNO STANJE NOSIVOSTI – LS1	
Potresna proračunska situacija – LC3	$Ed = f \left(\sum_j (\gamma_{G,j} \cdot G_{k,j}) + P_k + \sum_{i>1} (\psi_2 \cdot Q_{k,i} + \gamma_1 \cdot A_{Ed}) \right)$

Tablica 9 Parcijalni koeficijenti sigurnosti za kontrolu prevrtanja

Djelovanje	Simbol	Vrijednost
Stalno Nepovoljno ^a	γ_{Gdst}	1,1
Povoljno ^b	γ_{Gdst}	0,9
Promjenjivo Nepovoljno ^a	γ_{Gdst}	1,5
Povoljno ^b	γ_{Gdst}	0
^a Destabilizirajuće ^b Stabilizirajuće		

Kontrola stabilnosti na rotaciju oko točke 1 za ovaj slučaj:

$$E_d(P_{Hy}, U, P_{val}, P_{Hq}) \leq E_d(G, P_{V\gamma}, Q, P_{Vq})$$

Ulazni parametri korišteni u proračunu dobiveni su iz iskustvenih vrijednosti i karakteristika materijala i oni su:

$$q = 5 \text{ [kN/m}^2\text{]} - \text{promjenjivo opterećenje na obalni zid}$$

$$\gamma_1 = 20,6 \text{ [kN/m}^3\text{]} - \text{jedinična težina općeg kamenog nasipa iza obalnog zida}$$

$$\gamma_1' = 11,2 \text{ [kN/m}^3\text{]} - \text{efektivna težina uronjenog općeg kamenog nasipa iza obalnog zida}$$

$$\varphi_{d1} = 33,12^\circ - \text{proračunski kut trenja općeg kamenog nasipa}$$

$$\gamma_1 = 20,9 \text{ [kN/m}^3\text{]} - \text{pretpostavljena jedinična težina troske ispod obalnog zida}$$

$$\gamma_1' = 11,9 \text{ [kN/m}^3\text{]} - \text{pretpostavljena efektivna težina uronjene troske ispod obalnog zida}$$

$$\gamma_b = 25 \text{ [kN/m}^3\text{]}$$

$$\varphi_{d2} = 31,18^\circ - \text{pretpostavljeni proračunski kut trenja troske}$$

$$H_{dol} = H_{max}^{100g} = 0,6 \text{ [m]} - \text{iskustvena vrijednost vala unutar zaštićenog područja}$$

$$\frac{H_{max}}{L_{max}} = \frac{1}{30} \quad L_{max} = 30 \cdot 0,3 = 9 \text{ [m]}$$

$$\delta_d = \varphi_{d1} = 33,12^\circ$$

$$\alpha = 90^\circ$$

$$\beta = 0^\circ$$

$$K_h = 0,11 - \text{potresni koeficijent za horizontalni smjer}$$

2.2.1.1. Proračun horizontalnih pritisaka na zid od tla P_{Hy} i P_{Hq}

2.2.1.1.1. Vertikalno naprežanje u tlu iza zida σ_{vy}'

$$\sigma_{vy}' = \int_0^y \gamma' dy$$

$$\sigma_{vy}'(0,9) = 0$$

$$\sigma_{vy}'(0,3) = 0,6 \cdot 20,6 = 12,36 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$\sigma_{vy}'(-3,6) = 3,6 \cdot 11,2 + 12,36 = 52,68 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

2.2.1.1.2. Proračun horizontalnih pritisaka na zid od tla p_{ay} i p_{aq}

$$K_a = \frac{\sin^2(\alpha + \varphi_d)}{\sin^2(\alpha) \cdot \sin(\alpha - \delta_d) \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi_d + \delta_d) \cdot \sin(\varphi_d - \beta)}{\sin(\alpha - \delta_d) \cdot \sin(\alpha + \beta)}} \right]^2}$$

$$K_a = \frac{\sin^2(123,12^\circ)}{1^2 \cdot \sin(90^\circ - 33,12^\circ) \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(55,22^\circ) \cdot \sin(33,12^\circ)}{\sin(90^\circ - 33,12^\circ) \cdot 1}} \right]^2} = 0,28$$

$$p_{ay}(y) = \sigma_{vy}'(y) \cdot K_a \cdot \cos(90 - \alpha + \delta_d)$$

$$p_{ay}(0,9) = 0$$

$$p_{ay}(0,3) = 12,36 \cdot 0,28 \cdot \cos(31,12^\circ) = 2,96 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$p_{ay}(-3,6) = 52,68 \cdot 0,48 \cdot \cos(31,12^\circ) = 12,62 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$p_{aq} = q \cdot K_a \cdot \cos(90 - \alpha + \delta_d)$$

$$p_{aq} = 5 \cdot 0,28 \cdot \cos(31,12^\circ) = 1,2 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$P_{Hy}^1 = \frac{2,96 \cdot 0,6}{2} = 0,89 \text{ [kN/m]}$$

$$P_{Hy}^2 = 2,96 \cdot 3,6 = 10,66 \text{ [kN/m]}$$

$$P_{Hy}^3 = \frac{(12,62 - 2,96) \cdot 3,6}{2} = 17,39 \text{ [kN/m]}$$

$$P_{Hy} = 28,94 \text{ [kN/m]}$$

$$h_1 = 3,8 \text{ m}$$

$$h_2 = 1,8 \text{ m}$$

$$h_3 = 1,2 \text{ m}$$

$$h = \frac{3,8 \cdot 0,89 + 1,8 \cdot 10,66 + 1,2 \cdot 17,39}{28,94} = 1,5 \text{ m}$$

$$P_{Hq} = 1,2 \cdot 4,2 = 5,04 \text{ [kN/m]}$$

$$h = 2,1 \text{ m}$$

2.2.1.2. Proračun vertikalnih naprezanja između zida i tla (trenje) P_{vy} i P_{vq}

$$P_{vy} = P_{Hy} \cdot \tan(90^\circ - \alpha + \delta_d)$$

$$P_{vq} = P_{Hq} \cdot \tan(90^\circ - \alpha + \delta_d)$$

$$P_{vy}^1 = 0,89 \cdot \tan(22,1^\circ) = 0,36 \text{ [kN/m]}$$

$$P_{vy}^2 = 10,66 \cdot \tan(22,1^\circ) = 4,32 \text{ [kN/m]}$$

$$P_{vy}^3 = 17,39 \cdot \tan(22,1^\circ) = 7,06 \text{ [kN/m]}$$

$$P_{vy} = 11,74 \text{ [kN/m]}$$

$$P_{vq} = 5,04 \cdot \tan(22,1) = 2,05 \text{ [kN/m]}$$

2.2.1.3. Proračun horizontalnih pritisaka na zid od vode

2.2.1.3.1. Proračun djelovanja na zid od valova P_{val}

$$P_1 = \frac{\rho \cdot g \cdot H_{dol}}{ch\left(\frac{2\pi d}{L_{dol}}\right)} = \frac{(1,025 \cdot 9,81 \cdot 0,6)}{ch\left(\frac{2\pi \cdot 3,3}{9}\right)} = 1,2 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$P_x = \rho g H_{dol} = 1,025 \cdot 9,81 \cdot 0,6 = 6,04 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$P_{val}^1 = \frac{6,04 \cdot 0,9}{2} = 2,72 \text{ [kN/m]}$$

$$P_{val}^2 = 1,2 \cdot 2,7 = 3,24 \text{ [kN/m]}$$

$$P_{val}^3 = \frac{(6,04 - 1,2) \cdot 2,7}{2} = 6,53 \text{ [kN/m]}$$

$$P_{val} = 12,49 \text{ [kN/m]}$$

$$h_1 = 2,9 \text{ m}$$

$$h_2 = 1,35 \text{ m}$$

$$h_3 = 1,8 \text{ m}$$

$$h = \frac{2,9 \cdot 2,72 + 1,35 \cdot 3,24 + 1,8 \cdot 6,53}{12,49} = 1,92$$

2.2.1.4. Proračun djelovanja rezidualne vode

$$p_{rez} = \rho g h_{rez}$$

$$p_{rez} = 1 \cdot 9,81 \cdot 0,3 = 2,94 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$P_{rez}^1 = \frac{2,94 \cdot 0,9}{2} = 1,32 \text{ [kN/m]}$$

$$P_{rez}^2 = 2,94 \cdot 2,7 = 7,94 \text{ [kN/m]}$$

$$P_{val} = 9,26 \text{ [kN/m]}$$

$$h_1 = 2,7 \text{ m}$$

$$h_2 = 1,35 \text{ m}$$

$$h = \frac{2,9 \cdot 1,32 + 1,35 \cdot 7,94}{9,26} = 1,57 \text{ m}$$

2.2.1.5. Proračun dodatnog horizontalnog opterećenja od tla uslijed potresa $P_{HYE(D)}$

$$k_v = 0,5 \cdot k_h = 0,5 \cdot 0,11 = 0,055$$

$$\tan(\theta) = \frac{\gamma}{\gamma'} \cdot \frac{k_h}{1 - k_v} = \frac{20,6}{11,2} \cdot \frac{0,11}{1 - 0,055} = 0,214$$

$$\theta = 12,18^\circ$$

$$K_{AE} = \frac{\sin^2(\alpha + \varphi_d - \theta)}{\cos(\theta) \cdot \sin^2(\alpha) \cdot \sin(\alpha - \delta_d - \theta) \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi_d + \delta_d) \cdot \sin(\varphi_d - \beta - \theta)}{\sin(\alpha - \delta_d - \theta) \cdot \sin(\alpha + \beta)}} \right]^2}$$

$$K_{AE} = \frac{\sin^2(90^\circ + 33,12^\circ - 12,18^\circ)}{1^2 \cdot \sin(90^\circ - 33,12^\circ - 12,18^\circ) \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(55,22^\circ) \cdot \sin(20,94^\circ)}{\sin(90^\circ - 33,12^\circ - 12,18^\circ) \cdot 1}} \right]^2} = 0,59$$

$$P_{HYE(S+D)} = \frac{1}{2} \gamma_{sr} H^2 K_{AE} \cos(\delta_d) \cdot (1 - k_v)$$

$$P_{HYE(S+D)} = \frac{1}{2} \cdot 15,9 \cdot 4,2^2 \cdot 0,59 \cdot \cos(33,12^\circ) \cdot (1 - 0,055) = 65,49 \text{ [kN/m]}$$

$$\Delta P_{HYE} = P_{HYE(S+D)} - P_{HY}$$

$$\Delta P_{HYE} = 65,49 - 28,94 = 36,55 \text{ [kN/m]}$$

$$h = 2,1 \text{ [m]}$$

2.2.1.6. Proračun dodatnog horizontalnog opterećenja od inercije zida uslijed potresa

$$G_{HE} = G \cdot k_h$$

$$G_{HE} = 4,2 \cdot 3,5 \cdot 25 \cdot 0,11 = 40,43 \text{ [kN/m]}$$

$$h = 2,1 \text{ [m]}$$

2.2.1.7. Proračun dodatnog opterećenja od vode uslijed potresa

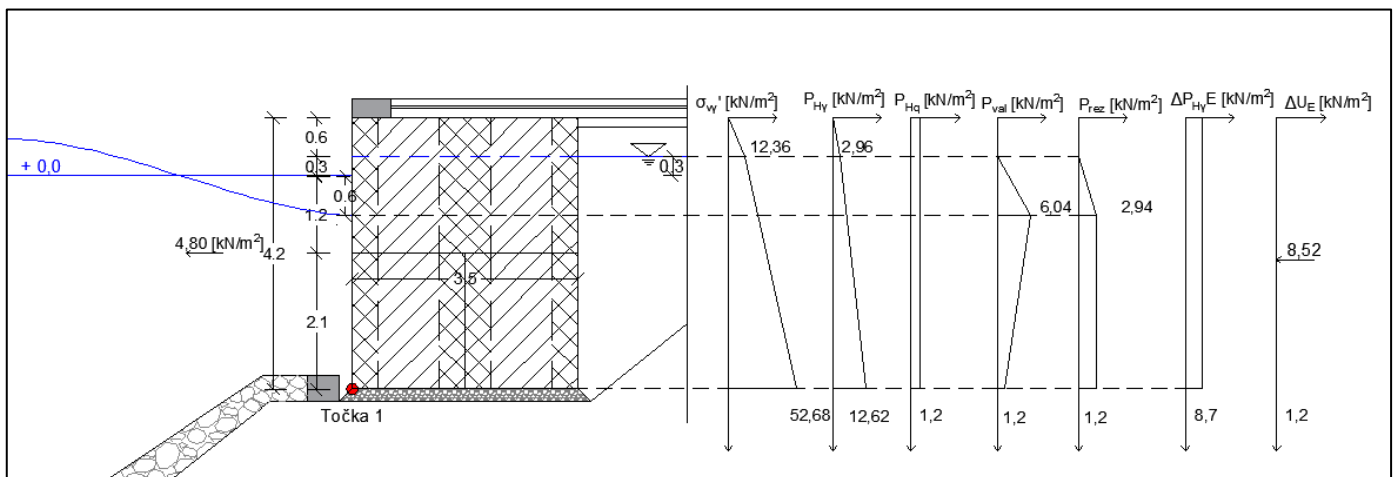
$$\Delta U_E = \frac{7}{12} k_h \gamma_w H^2$$

$$\Delta U_E^L = \frac{7}{12} \cdot 0,11 \cdot 10,25 \cdot 2,7^2 = 4,80 \text{ [kN/m]}$$

$$\Delta U_E^D = \frac{7}{12} \cdot 0,11 \cdot 10,25 \cdot 3,6^2 = 8,52 \text{ [kN/m]}$$

$$h_{\Delta U_E}^L = 2,7 \cdot 2 = 1,35 \text{ [m]}$$

$$h_{\Delta U_E}^D = 3,6 \cdot 2 = 1,8 \text{ [m]}$$



SI. 11 Prikaz karakterističnih djelovanja na obalni zid

2.2.1.8. Proračun uzgona U

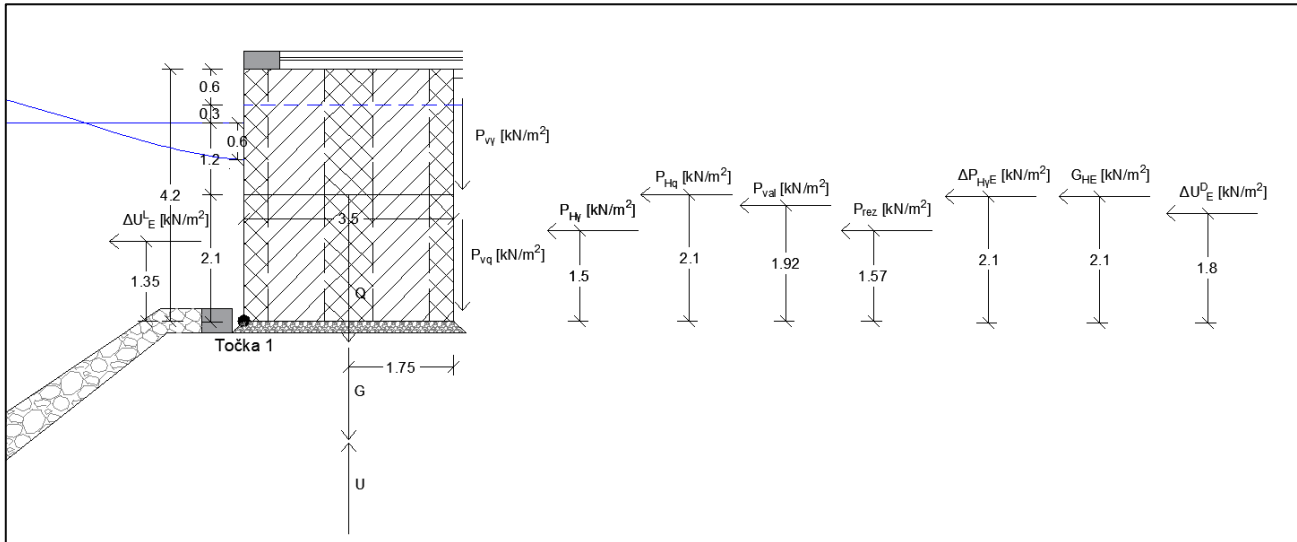
$$U = \gamma_W \cdot V_{ef}$$

$$U = ((2,1 + 1,2) \cdot 3,5 \cdot 1) \cdot 10,25 = 118,39 \text{ [kN/m]}$$

2.2.1.9. Proračun težine obale

$$G = V \cdot \gamma_b$$

$$G = (3,5 \cdot 4,2 \cdot 1) \cdot 25 = 367,5 \text{ [kN/m]}$$



Sl. 12 Prikaz djelovanja na obalni zid

Kontrola stabilnosti na rotaciju oko točke 1

$$Ed(P_{Hy}, U, P_{val}, P_{Hq}, P_{rez}) \leq Ed(G, P_{vy}, Q, P_{vq})$$

Parcijalni koeficijenti sigurnosti su:

$$\gamma_{Gdst} = 1,1$$

$$\gamma_{Gstb} = 0,9$$

$$\gamma_{Qdst} = 1,5$$

$$\gamma_{Qstb} = 0$$

$$Ed(P_{Hy}, U, P_{val}, P_{Hq}, P_{rez}) = (P_{Hy} \cdot 1,65 + U \cdot 1,75) \cdot 1,1 + (P_{val} \cdot 2,24 + P_{Hq} \cdot 2,4 + P_{rez} \cdot 1,57) \cdot 1,5 =$$

$$(40,32 \cdot 1,65 + 118,39 \cdot 1,75) \cdot 1,1 + (6,42 \cdot 2,24 + 5,04 \cdot 2,4 + 9,26 \cdot 1,57) \cdot 1,5 =$$

$$= 238,03 \text{ [kNm/m']}$$

$$E_d(G, P_{V\gamma}, Q, P_{Vq}) = (G \cdot 1,75 + P_{V\gamma} \cdot 3,5) \cdot 0,9 + (Q \cdot 1,75 + P_{Vq} \cdot 3,5) \cdot 0 =$$

$$(367,5 \cdot 1,75 + 16,38 \cdot 3,5) \cdot 0,9 + 0 = 630,41 \text{ [kNm/m']}$$

$$238,03 \leq 630,41$$

Zadovoljava kontrolu stabilnosti na rotaciju

2.2.2. Kontrola stabilnosti na klizanje

$$E_d(P_{H\gamma}, P_{val}, P_{Hq}, P_{rez}) \leq R_d(F_{tr})$$

Parcijalni koeficijenti sigurnosti su kroz konstrukciju:

$$\gamma_{Gdst} = 1,35$$

$$\gamma_{Gstb} = 1,0$$

$$\gamma_{Qdst} = 1,5$$

$$\gamma_{Qstb} = 0$$

Parcijalni koeficijenti sigurnosti kroz tlo su:

$$\gamma_{Gdst} = 1,0$$

$$\gamma_{Gstb} = 1,0$$

$$\gamma_{Qdst} = 1,3$$

$$\gamma_{Qstb} = 0$$

$$E_d(P_{H\gamma}, P_{val}, P_{Hq}, P_{rez}) = P_{H\gamma} \cdot 1,0 + (P_{val} + P_{Hq}) \cdot 1,3 + P_{rez} \cdot 1,5 =$$

$$40,32 + (6,42 + 5,04) \cdot 1,3 + 9,26 \cdot 1,5 = 69,08 \text{ [kN/m]}$$

$$R_d = \sum V_d \cdot \tan(\delta_d)$$

$$\delta_d = \tan^{-1}\left(\frac{\tan(40^\circ)}{1,25}\right) = 33,87^\circ$$

$$\sum V_d = (G + P_{V\gamma}) \cdot 1 + Q \cdot 0 + P_{vq} \cdot 0 - U \cdot 1,35 =$$

$$367,5 + 16,38 - 118,39 \cdot 1,35 = 224,05 \text{ [kN/m]}$$

$$R_d = 224,05 \cdot \tan(33,87^\circ) = 150,39 \text{ [kN/m]}$$

$$69,08 \leq 150,39$$

Zadovoljava kontrolu na klizanje

2.2.3. Kontrola nosivosti tla

$$E_d(V_d) \leq R_d(q'_f \cdot A')$$

Stalna nepovoljna djelovanja: $G, P_{V\gamma}, P_{H\gamma}$

Stalna povoljna djelovanja: U

Promjenjiva nepovoljna djelovanja: $P_{val}, P_{Hq}, P_{Vq}, Q, P_{rez}$

Promjenjiva povoljna djelovanja: -

$$H_b = P_{H\gamma} + P_{Hq} + P_{val} =$$

$$40,32 + 5,04 + 6,42 = 51,78 \text{ [kN/m]}$$

$$V_d = G + P_{V\gamma} + P_{Vq} - U =$$

$$367,5 + 16,38 + 2,05 - 118,39 = 267,54 \text{ [kN/m]}$$

$$M_A(H) = P_{H\gamma} \cdot 1,65 + P_{val} \cdot 2,24 + P_{Hq} \cdot 2,4 + P_{rez} \cdot 2,1 =$$

$$40,32 \cdot 1,65 + 6,42 \cdot 2,24 + 5,04 \cdot 2,4 + 9,26 \cdot 2,1 = 112,46 \text{ [kNm/m]}$$

$$M_A(V) = G \cdot 1,75 + P_{V\gamma} \cdot 3,5 + P_{Vq} \cdot 3,5 - U \cdot 1,75$$

$$= 367,5 \cdot 1,75 + 16,38 \cdot 3,5 + 2,05 \cdot 3,5 - 118,39 \cdot 1,75 = 500,45 \text{ [kNm/m]}$$

$$l_A = \frac{M_A(V) - M_A(H)}{V_d} = \frac{500,45 - 112,46}{267,54} = 1,52 \text{ [m]}$$

$$l_B = \frac{B}{2} - l_A = \frac{3,5}{2} - 1,52 = 0,23 \text{ [m]}$$

$$B' = B - 2l_B = 3,5 - 2 \cdot 0,23 = 3,04 \text{ [m]}$$

$$A' = B' \cdot L = 3,04 \cdot 1 = 3,04 \text{ [m]}$$

$$m = \frac{2 + \frac{B'}{L'}}{1 + \frac{B'}{L'}} = \frac{2 + \frac{3,04}{1}}{1 + \frac{3,04}{1}} = 1,25$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan(\varphi_{d2}) = 2 \cdot (21,06 - 1) \cdot \tan(31,8^\circ) = 24,28$$

$$L' = \infty$$

$$S_\gamma = 1 - 0,3 \frac{B'}{L'} = 1$$

$$c' = 0$$

$$i_\gamma = \left[1 - \frac{H_b}{V_d + A'c'ctg(\varphi_{d2})} \right]^{m+1} = \left[1 - \frac{51,78}{267,54 + 3,04 \cdot 0 \cdot ctg(31,18^\circ)} \right]^{1,25+1} = 0,62$$

$$q_f' = c' \cdot N_c \cdot b_c \cdot S_c \cdot ic + q' \cdot N_q \cdot b_q \cdot S_q \cdot i_q + \frac{1}{2} \gamma' \cdot b' \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot S_\gamma \cdot i_\gamma =$$

$$\frac{1}{2} \cdot 11,9 \cdot 3,04 \cdot 24,28 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,62 = 272,29 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$R_d = q_f' \cdot A' = 272,29 \cdot 3,04 = 827,76 \text{ [kN/m]}$$

$$E_d(V_d) \leq R_d(q_f' \cdot A')$$

$$267,54 \text{ [kN/m]} \leq 827,76 \text{ [kN/m]}$$

Zadovoljava kontrolu na slom temeljnog tla

Kontrola stabilnosti (POTRESNA SITUACIJA)

2.2.4. Kontrola stabilnosti na rotaciju oko točke 1 (potresna situacija)

$$Ed(P_{Hy}, U, P_{val}, P_{Hq}, P_{rez}, \Delta P_{HyE}, G_{HE}, \Delta U_E) \leq Ed(G, P_{V\gamma}, Q, P_{Vq})$$

Parcijalni koeficijenti sigurnosti su:

$$\gamma_{Gdst} = 1,1$$

$$\gamma_{Gstb} = 0,9$$

$$\gamma_{Qdst} = 0$$

$$\gamma_{Qstb} = 0$$

$$Ed(P_{Hy}, U, P_{val}, P_{Hq}, P_{rez}) = (P_{Hy} \cdot 1,65 + U \cdot 1,75) \cdot 1,1 + (P_{val} \cdot 2,24 + P_{Hq} \cdot 2,4 + P_{rez} \cdot 1,57) \cdot$$

$$0 + \gamma_i \cdot (\Delta P_{HyE} \cdot 2,1 + G_{HE} \cdot 2,1 + \Delta U_E^L \cdot 1,35 + \Delta U_E^D \cdot 1,8) =$$

$$(40,32 \cdot 1,65 + 118,39 \cdot 1,75) \cdot 1,1 + 1,0 \cdot (36,55 \cdot 2,1 + 40,43 \cdot 2,1 + 4,80 \cdot 1,35 + 8,52 \cdot 1,8) =$$

$$= 484,56 \text{ [kNm/m']}$$

$$Ed(G, P_{V\gamma}, Q, P_{Vq}) = (G \cdot 1,75 + P_{V\gamma} \cdot 3,5) \cdot 0,9 + (Q \cdot 1,75 + P_{Vq} \cdot 3,5) \cdot 0 =$$

$$(367,5 \cdot 1,75 + 16,38 \cdot 3,5) \cdot 0,9 + 0 = 630,41 \text{ [kNm/m']}$$

$$484,56 \leq 630,41$$

Zadovoljava kontrolu stabilnosti na rotaciju

2.2.5. Kontrola stabilnosti na klizanje (potresna situacija)

$$E_d(P_{Hy}, P_{val}, P_{Hq}, P_{rez}, \Delta P_{HyE}, G_{HE}, \Delta U_E) \leq R_d(F_{tr})$$

Parcijalni koeficijenti sigurnosti su kroz konstrukciju:

$$\gamma_{Gdst} = 1,35$$

$$\gamma_{Gstb} = 1,0$$

$$\gamma_{Qdst} = 0$$

$$\gamma_{Qstb} = 0$$

Parcijalni koeficijenti sigurnosti kroz tlo su:

$$\gamma_{Gdst} = 1,0$$

$$\gamma_{Gstb} = 1,0$$

$$\gamma_{Qdst} = 0$$

$$\gamma_{Qstb} = 0$$

$$\begin{aligned} E_d(P_{Hy}, P_{val}, P_{Hq}, P_{rez}, \Delta P_{HyE}, G_{HE}, \Delta U_E) \\ = P_{Hy} \cdot 1,0 + (P_{val} + P_{Hq}) \cdot 0 + P_{rez} \cdot 0 + \Delta P_{HyE} + G_{HE} + \Delta U_E^L + \Delta U_E^D = \end{aligned}$$

$$40,32 + 36,55 + 40,43 + 4,80 + 8,52 = 130,62 \text{ [kN/m]}$$

$$R_d = \sum V_d \cdot \tan(\delta_d)$$

$$\delta_d = \tan^{-1} \left(\frac{\tan(40^\circ)}{1,25} \right) = 33,87^\circ$$

$$\sum V_d = (G + P_{Vy}) \cdot 1 + Q \cdot 0 + P_{vq} \cdot 0 - U \cdot 1,35 =$$

$$367,5 + 16,38 - 118,39 \cdot 1,35 = 224,05 \text{ [kN/m]}$$

$$R_d = 224,05 \cdot \tan(33,87^\circ) = 150,39 \text{ [kN/m]}$$

$$130,62 \leq 150,39$$

Zadovoljava kontrolu na klizanje

2.2.6. Kontrola nosivosti tla (potresna situacija)

$$E_d(V_d) \leq R_d(q'_f \cdot A')$$

Stalna nepovoljna djelovanja: $G, P_{V\gamma}, P_{H\gamma}$

Stalna povoljna djelovanja: U

Promjenjiva nepovoljna djelovanja: $P_{val}, P_{Hq}, P_{Vq}, Q, P_{rez}$

Promjenjiva povoljna djelovanja: -

Potresna: $\Delta P_{H\gamma E}, G_{HE}, \Delta U_E$

$$H_b = P_{H\gamma} + (P_{Hq} + P_{val}) \cdot 0 + 1,0 \cdot (\Delta P_{H\gamma E} + G_{HE} + \Delta U_E^L + \Delta U_E^D) =$$

$$40,32 + 36,55 + 40,43 + 4,80 + 8,52 = 130,62 \text{ [kN/m]}$$

$$V_d = G + P_{V\gamma} + P_{Vq} - U =$$

$$367,5 + 16,38 + 2,05 - 118,39 = 267,54 \text{ [kN/m]}$$

$$M_A(H) = P_{H\gamma} \cdot 1,65 + P_{val} \cdot 2,24 + P_{Hq} \cdot 2,4 + P_{rez} \cdot 2,1 =$$

$$40,32 \cdot 1,65 + 6,42 \cdot 2,24 + 5,04 \cdot 2,4 + 9,26 \cdot 2,1 = 112,46 \text{ [kNm/m]}$$

$$M_A(V) = G \cdot 1,75 + P_{V\gamma} \cdot 3,5 + P_{Vq} \cdot 3,5 - U \cdot 1,75$$

$$= 367,5 \cdot 1,75 + 16,38 \cdot 3,5 + 2,05 \cdot 3,5 - 118,39 \cdot 1,75 = 500,45 \text{ [kNm/m]}$$

$$l_A = \frac{M_A(V) - M_A(H)}{V_d} = \frac{500,45 - 112,46}{267,54} = 1,52 \text{ [m]}$$

$$l_B = \frac{B}{2} - l_A = \frac{3,5}{2} - 1,52 = 0,23 \text{ [m]}$$

$$B' = B - 2l_B = 3,5 - 2 \cdot 0,23 = 3,04 \text{ [m]}$$

$$A' = B' \cdot L = 3,04 \cdot 1 = 3,04 \text{ [m]}$$

$$m = \frac{2 + \frac{B'}{L'}}{1 + \frac{B'}{L'}} = \frac{2 + \frac{3,04}{1}}{1 + \frac{3,04}{1}} = 1,25$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan(\varphi_{d2}) = 2 \cdot (21,06 - 1) \cdot \tan(31,8^\circ) = 24,28$$

$$L' = \infty$$

$$S_\gamma = 1 - 0,3 \frac{B'}{L'} = 1$$

$$c' = 0$$

$$i_\gamma = \left[1 - \frac{H_b}{V_d + A' c' \text{ctg}(\varphi_{d2})} \right]^{m+1} = \left[1 - \frac{130,62}{267,54 + 3,04 \cdot 0 \cdot \text{ctg}(31,18^\circ)} \right]^{1,25+1} = 0,22$$

$$q_f' = c' \cdot N_c \cdot b_c \cdot S_c \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot b_q \cdot S_q \cdot i_q + \frac{1}{2} \gamma' \cdot b' \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot S_\gamma \cdot i_\gamma =$$

$$\frac{1}{2} \cdot 11,9 \cdot 3,04 \cdot 24,28 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 0,22 = 96,62 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$R_d = q_f' \cdot A' = 96,62 \cdot 3,04 = 293,72 \text{ [kN/m]}$$

$$E_d(V_d) \leq R_d(q_f' \cdot A')$$

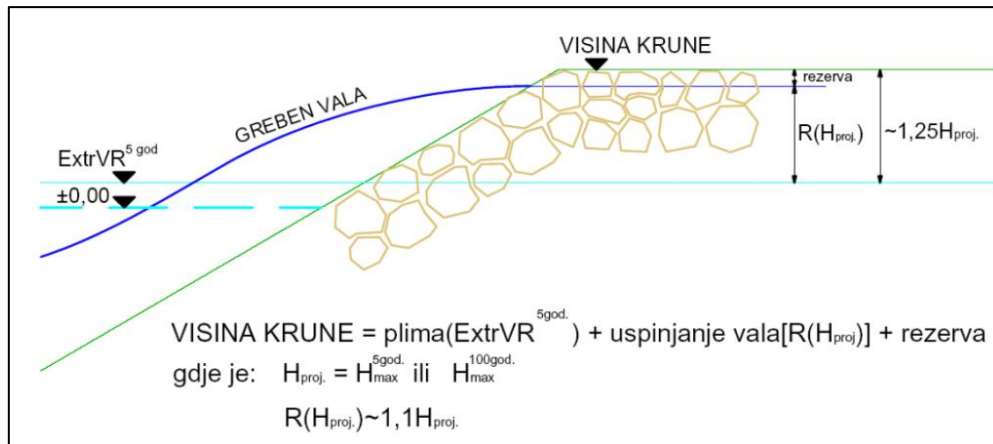
$$267,54 \text{ [kN/m]} \geq 293,72 \text{ [kN/m]}$$

Zadovoljava kontrolu na slom temeljnog tla

3. Proračuni funkcionalnosti

3.1. Proračun visine krune nasipnog lukobrana

Za uporabnu krunu treba predvidjeti malu vjerojatnost prelijevanja dok kod zaštitne krune ta vjerojatnost može biti veća. Učestalost i količina dopuštenog prelijevanja ovisi o funkcijama uporabne krune, no i o sigurnosti obloge kod prelijevanja. Visina krune lukobrana, po kriteriju prelijevanja, izračunava se zbrajanjem dosega projektnog vala ($H_{proj} = H_{max}^{5god}$) na vanjskom pokosu i ekstremno visokog morskog raza 5-godišnjeg povratnog razdoblja. To u jadranskim uvjetima približno iznosi $1,25H_{proj}$ iznad 5-godišnjeg visokog morskog raza (Sl. 13). Za lukobrane s kamenom oblogom maksimalna visina uspinjanja vala na pokosu iznosi $R(H_{proj}) \sim 1,1H_{proj}$. Po kriteriju tehnologije gradnje može se dogoditi da će visina krune biti viša od onog što se izračuna po kriteriju prelijevanja. Naime kruna jezgre mora biti iznad SVVŽR a na njenu visinu dodaju se još filtri i obloga, pa se visina krune lukobrana dobije zbrajanjem visine jezgre i debljina filtara i obloge. To može biti više od visine krune po kriteriju prelijevanja. [2]



Sl. 13 Određivanje visine krune nasipnog lukobrana [2]

Lukobran je primarno izložen valovima iz Sektora 3 te se kao projektna valna visina uzela:

$$H_{proj} = H_{max}^{5god}$$

Odnosno iz Studije vjetrovalne klime i režima strujanja mora na području luke nautičkog turizma Dugi Rat (Tablica 10) pozicija T8:

$$H_{max}^{5god} = 2,7 \text{ m}$$

Tablica 10 Očitane vrijednosti deformiranih značajnih i maksimalnih valnih visina iz matematičkog modela u kontrolnim točkama za smjer valova iz sektora III (SW-WSW-W)

Sektor III (SW – WSW – W); t.j. ponenat (W)
Pučinski val u T8; spektar
H_{max}^{5god} [m]
2,7

Uspinjanje vala je određeno kao:

$$R(H_{proj}) \sim 1,1H_{proj}$$

Jednadžba 5

Odnosno:

$$R(H_{proj})(H_{max}^{5god}) \sim 1,1 \cdot 2,7 = 2,97 \text{ m}$$

Visina krune se računa po izrazu sa (Sl. 13):

$$VISINA KRUNE = plima (ExtrVR^{5god}) + uspinjanje vala[R(H_{proj})] + rezerva \quad \text{Jednadžba 6}$$

odnosno:

$$VISINA KRUNE = 0,3 + 2,97 + 0,2 = 3,47 \text{ m} = 3,5 \text{ m}$$

Vrijednost plime uzeta je kao iskustvena s iznosom od 0,3 m, a rezerva iznosi 0,2 m.

3.2. Visina i dubina obalnog zida

Potrebno je proračunati visinu i dubinu obalnog zida unutar zaštićenog akvatorija. Operativna obala treba svojom visinom onemogućiti prelijevanje mora na obalni plato. Dubinu zida ćemo računati samo za operativni obalu koja se nalazi na lukobranu, jer je samo tamo namijenjeno pristajanje brodova. Maksimalni valovi na mjestu zida imaju parametre visine $H_{max} = 2 \cdot H_s = 2 \cdot 0,3 = 0,6 \text{ [m]}$. Kota plime iznosi $ExtrVR^{5g} = +0,3 \text{ [m]}$.

3.2.1. Dubina obalnog zida

$$D_z = T + Z_0 + Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4$$

$T = 3,9 \text{ [m]}$ – gaz mjerodavne jedrilice

$Z_0 = 0,5 \text{ [m]}$ – apsolutna rezerva

$Z_1 = 0,6 \text{ [m]}$ – rezerva zbog valova u luci

$Z_2 \sim 0 \text{ [m]}$ – rezerva zbog brzine broda $0,025 \cdot v \text{ (km/h)}$

$Z_3 = 0,5 \text{ [m]}$ – rezerva za preciznost (bageriranja ili nasipavanja)

Dubina zida:

$$D_z = 3,9 + 0,5 + 0,6 + 0,5$$

$$D_z = 5,5 \text{ [m]}$$

3.2.2. Visina zida

$$V_z = \text{ExtrVR}^{5g} + \Delta H^c + H_c + r$$

$$\text{ExtrVR}^{5g} = +0,3 \text{ [m]} - \text{plima}$$

$$H_c = 2 \cdot H_{dol} = 2 \cdot 0,6 = 1,2 \text{ [m]} - \text{visina vala (totalna refleksija - clapotis)}$$

$$r = 0,1 \text{ [m]} - \text{rezerva}$$

$$\Delta H^c = \frac{\pi(H^c)^2}{4L} \text{cth} \frac{2\pi d}{L} \left[1 + \frac{3}{4\text{sh}^2 \frac{2\pi d}{L}} - \frac{1}{4\text{ch}^2 \frac{2\pi d}{L}} \right] = 0,015 \text{ [m]}$$

$$V_z = 0,3 + 0,015 + 0,6 + 0,1 = 1,015 \sim 1 \text{ [m]}$$

4. Tehnički opis

Lukobran se planira izgraditi cijelom dužinom kao nasipni lukobran. Izradnja nasipnog lukobrana započinje nasipavanjem otpadne troske trapeznog oblika do kote -7,9 m s nagibima pokosa 1:1,5. Gradnja se vrši parcijalno s kopna, a parcijalno s mora. Prilikom gradnje s mora, kameni materijali i troska se kopnenim putem transportiraju do obale gdje se utovaruju na transportna plovila (maone, platforme, prevrtaljke ili klapete) koje tegljači tegle na mjesto ugradnje. Ugradnja jezgre obavlja se sipanjem s plovila od dna do kote -7,9 m. Smjer nasipavanja je od korijena lukobrana prema glavi. Ostali podmorski dio i nadmorski dio jezgre ugrađuje se kopnenom mehanizacijom (damperima) s krune jezgre sipanjem s čela te stoga visina krune jezgre treba biti iznas SVVŽR. Širina krune jezgre je oko 5 m što osigurava dovoljnu širinu za vožnju po njoj. Jezgra čini najveći dio presjeka i planira se koristiti troska kao većinski dio materijala za izradu iste te nije otporna na djelovanje valova i stoga se oblaže. Filter i obloge se na mjesto ugradnja transportiraju isto kao jezgra, a ugrađuju se plovnom dizalicom, tako da se prati ugradnja jezgre na 30 do 50 m zaostatka. Jezgra bez obloge ne može dugo stajati zbog mogućnosti oštećenja od valova. Debljina filtera iznosi 1,1 m. Nagib pokosa filtera je 1:1,5, a masa 50%-tnog bloka je 500 kg. Filtarski sloj nalazi se između obloge i jezgre. Složen je po filtarskom pravilu, a funkcija mu je da spriječi ispiranje sitnijih frakcija jezgre kroz velike šupljine u primarnoj oblozi. Za filter se upotrebljava gore navedeni kameni materijal, a postavlja se većim čeličnim koševima obješenim na ruku dizalicu. Krana obloge do kote +3,50 m ugrađuje se zadnja od glave prema korijenu lukobrana, radi prolaza kopnene mehanizacije po kruni. Primarna obloga ima funkciju zaštite sitnijih unutarnjih slojeva lukobrana od hidrodinamičkog djelovanja valova. Grubo je hrapava jer se izvodi od velikih kamenih elemenata postavljenih na pokos u nagibu 1:1,5 s pažljivim slaganjem. Na taj način se dobije izgled jednoličnog pokosa od nepravilno složenih blokova, metarske hrapavosti i velike poroznosti. Budući da su blokovi od prirodnog kamena, primarna obloga se naziva školjera. Težina 50%-tnog bloka školjere iznosi 4,2 t, dok je debljina primarne obloge lukobrana 2,4 m. Sekundarna obloga se javlja na površini pokosa ispod primarne obloge, a postavlja se na isti način kao i primarna obloga osim što je manje težine i ona iznosi 2,1 t. Obloge se, zavisno o krupnoći materijala, ugrađuju grabilicom ili svaki blok zasebno kako bi se postigla ciljana geometrija i uklještenost blokova. Obalni zid s lučke strane priveza gradi se od šupljih armirano betonskih blokova. U šupljine se naknadno stavljaju armaturni koševi te se zalijevaju betonom klase C35/45. Obalni zid sastoji se od 3 bloka složenih jedan na drugi, prvi blok se oslanja na tucanik za izravnanje granulacije 20-32 mm, drugi blok na prvi i treći blok na drugi. Tucanik ispod prefabriciranih blokova služi kako bi se dobila ravna struktura na koju će biti položeni blokovi. Blokovi se slažu po principu naizmjeničnog slaganja po dužoj i kraćoj stranici kako bi se dobila uklještena struktura. Širina obalnog zida lukobrana je 3,5 m. Dimenzija jednog bloka $3,5 \times 1,75$ m. Prostor za šupljine je širok 0,9m. Blokovi se izvode na obali kao prefabricirani elementi, a polažu se kopnenom ili plovnom dizalicom u more prema predviđenom nacrtu do dubine -5,3 m. Kod nožice obalnog zida se postavlja betonski blok čuvar dimenzija $0,5 \times 0,4$ m i dužine 1 m kao zaštita od

erozije naročito od djelovanja struje brodskog vijka. Na blok čuvar se s lučke strane nastavlja kamenometna obloga granulacija 50-150 kg s nagibom vanjskog pokosa 1:1,5 i unutarnjeg 1:1. Iznad prefabriciranih blokova se betonira ploča za monolitizaciju debljine $d=0,4$ m i širine 9,9 m (primarni lukobran) koja se iznad blokova oslanja direktno na njih, a iznad općeg kamenog nasipa se oslanja na sloj tucanika debljine $d=0,30$ m koji kao i prethodno služi za izravnjanje. Ploča se izvodi u oplati od betona C35/45. Nakon izgradnje cijelog tijela lukobrana, pristupa se izgradnji valobranskog zida „L“ profila koji ima funkciju pridržanja školjere s vanjske strane, ali i šetnice s osvjetljenjem s unutarnje strane lukobrana. Zid „L“ profila se izvodi kao armiranobetonski element klase betona C35/45 s najvišom kotom na +3,35 m te hodnom plohom na +1,9 m. Udaljenost hodne plohe od rive iznosi 0,9 m, a širina hodne plohe iznosi 1,5 m. Na rubovima armiranobetonske ploče predviđena je ugradnja kamenih poklopnica dimenzija $0,4 \times 1,2$ m koje služe za privez brodova s lučke strane. Ugrađuju se ručno u cementni mort. Lukobran se oprema polerima od nehrđajućeg čelika, a postavljaju se prema razmacima iz nacрта. Ukupno je na primarnom lukobranu izvedeno 6 mornarskih stepenica od nehrđajućeg čelika za slučaj da netko padne u more. Obalni zid unutar marine se izvodi od prefabriciranih betonskih blokova koji se izvode i postavljaju na identičan način kao i kod nasipnog lukobrana. Dimenzije blokova su iste kao i kod lukobrana, $3,5 \times 1,75$ m. Dimenzije šupljina su 0,9 m, a u njih se postavljaju armaturni koševi koji se naknadno zalijevaju betonom. Iznad blokova se u oplati izvodi armiranobetonska ploča za monolitizaciju debljine 0,2 m klase betona C35/45 širine 5,7 m na koju se još slažu kamene poklopnice koje čine šetnicu. Na obalni zid se nastavlja armiranobetonska ploča debljine 0,2 m klase betona C35/45 koja završava s rubnim kamenom. Iza rubnog kamena se izvodi sloj humusa debljine 0,3 m na koji se zasađuje hortikultura odnosno predviđa se zeleni pojas sa sadnjom trave i drveća. Priobalni dio šetnice treba pomno urediti kako bi ambijentalno bio ugodan za korištenje i šetnju budući da se sklopu kompleksa planira izgraditi turističko naselje te će se navedena šetnica koristiti za rekreaciju korisnika navedenog naselja. Pontonski gatovi se izvode od pontona širine 3,00 m na koti +0,7 m iznad srednje razine mora koji su sidrenim lancima vezan za sidrene blokove dimenzija $2 \times 0,8$ m. Pontonski gatovi se pružaju okomito na obalu te je pristupnim mostovima povezan s obalom.

5. Troškovnik

Redni broj	OPIS STAVKE	jed. mjera	količina	jedinična cijena	ukupno
1.	LUKOBAN NASIPNI DIO				
1.1	Pripremni radovi				
1.1.1	Izrada elaborata iskolčenja, iskolčenje, obilježavanje i osiguranje osnovnih točaka i pravaca građevine te kontrole u tijeku izvođenja radova. Prije izgradnje projektiranog zahvata potrebno je geodetski snimiti profil terena zbog ustanovljenja stvarnog postojećeg stanja i obračuna izvedenih radova.	kpl	1,00		0,00 €
1.2	Zemljani radovi				
1.2.1	Dobava i izrada općeg kamenog nasipa podloge lukobrana zrna težine 0,1 do 500 kg, pod morem, s kopna i/ili plovnog objekta, u nagibima i dubinama prema projektu. U cijeni je sav materijal, rad na dopremi i strojnoj ugradnji materijala, grubo planiranje, ronioc te plovilo. Obračun po m ³ stvarno ugrađenog materijala u zbijenom (prirodno) stanju	m ³	14500,00		0,00 €
1.2.2	Dobava i izrada kamenog nasipa filtarskog sloja obloge lukobrana, zrna težine 100 do 1000 kg, pod morem, s kopna i/ili plovnog objekta, u nagibima i dubinama prema projektu. U cijeni je sav materijal, rad na dopremi i strojnoj ugradnji materijala, ronioc te plovilo. Obračun po m ³ stvarno ugrađenog materijala u zbijenom (prirodno) stanju	m ³	67800,00		0,00 €
1.2.3	Dobava i ugradnja čistog kamenog nasipa zrna 50 do 150 kg, koji se ugrađuje pod morem kao zaštitni kamenomet nasute podloge i nožice lukobrana, u nagibima i dubinama prema projektu. U cijeni sav rad na dopremi i ugradnji materijala, ronioc i plovilo. Obračun po m ³ stvarno ugrađenog materijala u zbijenom (prirodno) stanju	m ³	1860,00		0,00 €

1.2.4	<p>Dobava i ugradnja sloja kamenometa za podrađavanje temelja ispod hodnih ploha i prefabriciranih blokova lukobrana.</p> <p>Karakteristike materijala: čist kamen, atestiran na postojanost na koroziju od morske vode, veličine zrna 16-32 mm. Materijal se ugrađuje dijelom strojno te dijelom ručno pod morem.</p> <p>U jediničnoj cijeni obračunat je sav rad i materijal na dobavi, dopremi, ugradnji i finom planiranju temeljnog kamenometa od čistog kamenog materijala te rad ronioaca. O</p>	m ³	3250,00		0,00 €
1.2.5	<p>Dobava i ugradnja čistog kamenog nasipa (školjere) zrna 2300- 4500 kg, koji se ugrađuje pod morem i iznad mora kao zaštitni kamenomet nasute obloge i nožice lukobrana, u nagibima i dubinama prema projektu. U cijeni sav rad na dopremi i ugradnji materijala, ronioac i plovilo. Obračun po m³ stvarno ugrađenog materijala u zbijenom (prirodno) stanju</p>	m ³	16560,00		0,00 €
1.3	Betonski i armirano betonski radovi				
1.3.1	<p>Dobava, doprema i postavljanje pod morem betonskih prefabriciranih blokova lukobrana.</p> <p>Tri su bloka po visini lukobrana. Prvi se postavlja na temeljni kamenomet, a drugi blok na prvi te treći na drugi. U uzdužnom smjeru lukobrana blokovi se slažu na razmaku od 5 cm. Blokovi su prethodno izvedeni u pogonu dobavljača s betonom minimalnog razreda čvrstoće min C35/45 s min. 400 kg cementa otpornog na djelovanje morske vode i razreda izloženosti XS3 i XF2. Kvaliteta svih ugrađenih materijala mora biti potvrđena atestom. U blokove prilikom betoniranja u pogonu potrebno je ugraditi i kuke za podizanje. Kuke za podizanje uračunati su u cijeni. Obračun se vrši po m³ ugrađenog betona</p>	m ³	4694,81		0,00 €

1.3.2	<p>Betoniranje armiranobetonske ploče "in situ" nad morem iznad prefabriciranih blokova. Po obodu je potrebno predvidjeti naknadnu ugradnju kamenih poklopnica. Beton je minimalnog razreda čvrstoće C35/45 s minimalno 350 kg cementa po m³, razreda izloženosti XS3. Neposredno prije betoniranja potrebno je vodom i zrakom pod pritiskom od 200 bara temeljito očistiti gornju horizontalnu plohu prethodno postavljenih prefabriciranih betonskih blokova iznad kojeg se izvodi ovaj nadmorski dio lukobrana. Ovaj rad je potrebno izvršiti neposredno prije betoniranja svih kampada nadmorskog dijela lukobrana. U jediničnoj cijeni je uključena priprema betona, transport do mjesta ugradbe, ugradnja, obrada i njegovanje betona. Također su obuhvaćeni troškovi izrade, postavljanja, učvršćivanja, premještanja i demontiranja oplata kao i svi pomoćni radovi te prethodno navedeno čišćenje betonskih ploha. Obračun se vrši po m³ ugrađenog betona.</p>	m ³	1840,00		0,00 €
1.3.3	<p>Betoniranje "in situ" nad morem armirano betonskog valobranog zida. A.B. zid se izvodi prema dužinama iz projekta. Prije samog betoniranja potrebno je nanijeti premaz S/N veze. Beton je minimalnog razreda čvrstoće C35/45 s minimalno 350 kg cementa po m³, razreda izloženosti XS3. U jediničnoj cijeni je uključena priprema betona, transport do mjesta ugradbe, S/N veza, ugradnja, obrada i njegovanje betona. Također su obuhvaćeni troškovi izrade, postavljanja, učvršćivanja, premještanja i demontiranja oplata kao i svi pomoćni radovi. Obračun se vrši po m³ ugrađenog betona</p>	m ³	1472,00		0,00 €

1.3.4	Izvedba na kopnu i ugradnja pod morem betonskih blokova čuvara radi zaštite od podlokavanja. Blok čuvar planiran je kao prefabricirani, visine 40 cm, postavlja se pri dnu s unutarnje strane lukobrana, a sve u skladu s nacrtom dokumentacijom. Beton je minimalnog razreda čvrstoće C35/45 s min 400 kg/m ³ cementa. U jediničnoj cijeni je uključena priprema betona, transport do mjesta ugradbe, ugradnja i obrada te potrebna armatura. Također su obuhvaćeni svi troškovi izrade, postavljanja, učvršćivanja, premještanja i demontiranja oplata kao i svi pomoćni radovi, prijevoz blokova te ronionci i postavljanje na položaj pod morem. Obračun se vrši po m ³ ugrađenih blokova čuvara	m ³	92,00		0,00 €
1.4	Keramičarski radovi				
1.4.1	Dobava, klesanje, doprema i zidanje novim prirodnim kamenim blokovima I. klase, poklopnica debljine 40 cm i širine 120 cm. Dužina poklopnica je promjenjiva, od 60 do 100 cm. Vidljive površine poklopnica površinski se obrađuju (grubo štokanje) te im se vanjski rub zaobljuje. Širina fuge je 1,5 cm, a fuga je iz bijelog cementa. Postavljaju se u cementni mort. U cijeni je sav rad i potreban pomoćni materijal, cementni mort i fugiranje. Obračun po m ³ ugrađenog kamena	m ³	230,00		0,00 €
1.5	Razni radovi i oprema				
1.5.1	Dobava, transport i montaža lijevano željeznih polera nosivosti 200 kN s ankerima. Materijal polera mora biti iz modularnog ljeva NL 70 te poler mora posjedovati valjani atest. U cijeni je sav rad i materijal polera i ankera.	kom	92,00		0,00 €
1.5.2	Dobava i montaža mornarskih stepenica od nehrđajućeg čelika tip 316 (s dodatkom molibdena), prema detalju iz izvedbenog projekta. U cijeni je sav potreban rad na izradi, dopremi i montaži te sav potreban materijal. Obračun po komadu postavljenih stepenica.	kom	13,00		0,00 €

1.5.3	<p>Dobava, izrada i ugradnja prstena za privez od nehrđajućeg čelika tip 316 (s dodatkom molibdena). Privezni su prsteni promjera 16 cm, izvedeni od okruglih šipki promjera 20 mm, sa sidrenom šipkom dužine 25 c m koja se pod kutom od 45 stupnjeva prema vertikali ugrađuje u lukobran s unutarnje strane, na visini 10 c m ispod obalnog ruba. Nakon bušenja rupe pod kutom u istu se ulijeva epoksidna smola ili slični materijal za pričvršćenje te utiskuje sidrena šipka prstena. Sidrenu je šipku potrebno prethodno "nazubiti" radi postizanja boljeg otpora na čupanje. U jediničnoj je cijeni obuhvaćen sav materijal i rad potreban za izradu i ugradnju prstena.</p>	kom	184,00		0,00 €
2	OBALA I PONTONSKI GAT				
2.1	Pripremni radovi				
2.1.1	<p>Izrada elaborata iskolčenja, iskolčenje, obilježavanje i osiguranje osnovnih točaka i pravaca građevine te kontrole u tijeku izvođenja radova. Prije izgradnje projektiranog zahvata potrebno je geodetski snimiti profil terena zbog ustanovljenja stvarnog postojećeg stanja i obračuna izvedenih radova</p>	kpl	1,00		0,00 €
2.2	Zemljani radovi				
2.2.1	<p>Dobava i ugradnja čistog kamenog nasipa zrna 50 do 150 kg, koji se ugrađuje pod morem kao zaštitni kamenomet nasute podloge i nožice obale, u nagibima i dubinama prema projektu. U cijeni sav rad na dopremi i ugradnji materijala, ronion i plovilo. Obračun po m³ stvarno ugrađenog materijala u zbijenom (prirodno) stanju</p>	m ³	14500,00		0,00 €

2.2.2	Dobava i ugradnja sloja kamenometa za podravnanje temelja ispod hodnih ploha i prefabriciranih blokova obale. Karakteristike materijala: čist kamen, atestiran na postojanost na koroziju od morske vode, veličine zrna 16-32 mm. Materijal se ugrađuje dijelom strojno te dijelom ručno pod morem. U jediničnoj cijeni obračunat je sav rad i materijal na dobavi, dopremi, ugradnji i finom planiranju temeljnog kamenometa od čistog kamenog materijala te rad ronioca. Obračun po m ³ postavljenog kamena u zbijenom (prirodno) stanju.	m ³	3250,00		0,00 €
2.3	Betonski i armirano betonski radovi				
2.3.1	Betoniranje betonskog obalnog zida iznad mora. Po obodu je potrebno predvidjeti naknadnu ugradnju kamenih poklopnica. Beton je minimalnog razreda čvrstoće C35/45 s minimalno 350 kg cementa po m ³ , razreda izloženosti XS3. U jediničnoj cijeni je uključena priprema betona, transport do mjesta ugradbe, ugradnja, obrada i njegovanje betona. Također su obuhvaćeni troškovi izrade, postavljanja, učvršćivanja, premještanja i demontiranja oplata kao i svi pomoćni radovi. Obračun se vrši po m ³ ugrađenog betona	m ³	3665,81		0,00 €
2.3.2	Betoniranje armiranobetonske ploče "in situ" nad morem koja se nastavlja na obalni zid. Beton je minimalnog razreda čvrstoće C35/45 s minimalno 350 kg cementa po m ³ , razreda izloženosti XS3. U jediničnoj cijeni je uključena priprema betona, transport do mjesta ugradbe, ugradnja, obrada i njegovanje betona. Također su obuhvaćeni troškovi izrade, postavljanja, učvršćivanja, premještanja i demontiranja oplata kao i svi pomoćni radovi te prethodno navedeno čišćenje betonskih ploha. Obračun se vrši po m ³ ugrađenog betona.	m ³	425,00		0,00 €

1.3.4	Izvedba na kopnu i ugradnja pod morem betonskih blokova čuvara radi zaštite od podlokavanja. Blok čuvar planiran je kao prefabricirani, visine 40 cm, postavlja se pri dnu s unutarnje strane lukobrana, a sve u skladu s nacrtnom dokumentacijom. Beton je minimalnog razreda čvrstoće C35/45 s min 400 kg/m ³ cementa. U jediničnoj cijeni je uključena priprema betona, transport do mjesta ugradbe, ugradnja i obrada te potrebna armatura. Također su obuhvaćeni svi troškovi izrade, postavljanja, učvršćivanja, premještanja i demontiranja oplata kao i svi pomoćni radovi, prijevoz blokova te ronionci i postavljanje na položaj pod morem. Obračun se vrši po m ³ ugrađenih blokova čuvara	m ³	100,00		0,00 €
2.4	Keramičarski radovi				
2.4.1	Dobava, klesanje, doprema i zidanje novim prirodnim kamenim blokovima I. klase, poklopnica debljine 30 cm i širine 60 cm. Dužina poklopnica je promjenjiva, od 60 do 100 cm. Vidljive površine poklopnica površinski se obrađuju (grubo štokanje) te im se vanjski rub zaobljuje. Širina fuge je 1,5 cm, a fuga je iz bijelog cementa. Postavljaju se u cementni mort. U cijeni je sav rad i potreban pomoćni materijal, cementni mort i fugiranje. Obračun po m ³ ugrađenog kamena.	m ³	350,00		0,00 €
2.5	Razni radovi i oprema				
2.5.1	Dobava, transport i montaža pontonskih gatova. U cijeni je uključen sav rad i materijal (pontonski sidreni sustav i elektroinstalacijski blokovi). Obračun po m' pontona.	m'	1174,00		0,00 €
2.5.2	Dobava i montaža mornarskih stepenica od nehrđajućeg čelika tip 316 (s dodatkom molibdena), prema detalju iz izvedbenog projekta. U cijeni je sav potreban rad na izradi, dopremi i montaži te sav potreban materijal. Obračun po komadu postavljenih stepenica.	kom	13,00		0,00 €

6. Popis Literature

1. Strategije cjelovitog oporavka obalnih brownfield područja (2023.-2024.)
<https://cbr.grad.hr/hr/tvornica-dugi-rat/> [Pristupljeno 05.06.2023]
2. Tvornica karbida i ferolegura Dalmacija – Dugi Rat
<https://tehnika.lzmk.hr/dalmacija-tvornica-karbida-i-cijanamida-dugi-rat/> [Pristupljeno 05.06.2023.]
3. Općina Dugi Rat, Dokument: Prostorni plan uređenja Dugi Rat
Dostupno: <https://www.dugirat.hr/ppuo-dugi-rat/> [Pristupljeno 05.06.2023.]
4. Carević D., Pršić M. *Pomorske građevine dio 3*. Zagreb: Web skripta, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet; 2022.
5. Studija vjetrovalne klime i režima strujanja mora na području Luke nautičkog turizma Dugi Rat, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet; 2022.

POPIS SLIKA

Sl. 1 Tvornica karbida i cijanamida u Dugom Ratu, oko 1915 [1].....	4
Sl. 2 Gornji sloj peći za proizvodnju ferolegura, druga polovica XX. st	5
Sl. 3 Satelitska snimka obuhvata zahvata i slika obuhvata PPUO Dugi Rat [1]	6
Sl. 4 Struktura flote 2021. godine na području Splitsko - dalmatinske županije.....	8
Sl. 5 Prikaz izloženosti lokacije, privjetrišta i lokacije mjerodavne za proračun	12
Sl. 6 Principijelni prikaz strujanja mora unutar nasipnog lukobrana čija se intencija ispiranja sitnih čestica jezgre sprečava filtrom [2].....	17
Sl. 7 Određivanje granulometrijske krivulje filtra prema Terzagiju [2].....	17
Sl. 8 Pretpostavljeni granulometrijski dijagram za trosku(roza krivulja) i preporučeni granulometrijski dijagram za gornji filtarski sloj (plava krivulja).....	18
Sl. 9 Prikaz pozicije proračuna na presjeku K-K	19
Sl. 10 Shematski prikaz obalnog zida i rezidualne vode	19
Sl. 11 Prikaz karakterističnih djelovanja na obalni zid	25
Sl. 12 Prikaz djelovanja na obalni zid	26
Sl. 13 Određivanje visine krune nasipnog lukobrana [2]	33

POPIS TABLICA

Tablica 1 Raspored pontona	8
Tablica 2 Struktura flote u marini	9
Tablica 3 Prikaz površina unutar glavnog ugostiteljskog objekta u marini.....	10
Tablica 4 Očitane vrijednosti deformiranih značajnih i maksimalnih valnih visina iz matematičkog modela u kontrolnim točkama za smjer valova iz sektora III (SW-WSW-W).....	13

Tablica 5 Eksperimentalni koeficijenti obloge $KD \equiv KD = 0$ za proračun težine bloka GA stabilne uniformne ili uskograduirane primarne obloge prema Hudsonovoj formuli neprijelevnih nasipnih lukobrana po kriteriju da nema ostećenja [2]	14
Tablica 6 Koeficijenti sloja $k\Delta$ i poroziteti $p[\%]$ ranih primarnih podloga [2]	15
Tablica 7 Jednadžba kombinacija djelovanja sa parcijalnim faktorima sigurnosti (EN 1997-1)	20
Tablica 8 Jednadžba kombinacija djelovanja sa parcijalnim faktorima sigurnosti za potresnu situaciju (EN 1997-1).....	20
Tablica 9 Parcijalni koeficijenti sigurnosti za kontrolu prevrtanja.....	21
Tablica 10 Očitane vrijednosti deformiranih značajnih i maksimalnih valnih visina iz matematičkog modela u kontrolnim točkama za smjer valova iz sektora III (SW-WSW-W).....	33

7. Nacrti

Zoniranje



Zona	Boja	Površina [m2]
Marina	Green	140000
Hotelska zona	Yellow	32000
Parkirna zona	Blue	26000
Servisna zona	Cyan	5500
Zona plaže	Magenta	46000

Idejni projekt luke turističko - nautičkog
kompleksa Dugi rat

Situacija
Mjerilo 1:2000

Datum:
rujan 2023.

Student: Jan Ruszkowski
Mentor: dr.sc. Dalibor Carević

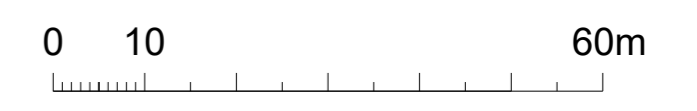
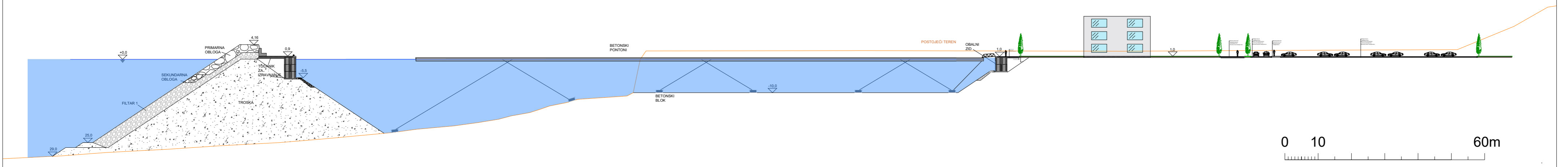


Kategorija veza	Duljina plovila [m]	Veličina veza [m]	Broj vezova	Zastupljenost [%]
III	<8	3.4 x 10	50	0.11
IV	8-10	4.0 x 11	80	0.18
V	10-12	4.4 x 13	96	0.22
VI	12-15	5.5 x 16	114	0.26
VII	15-20	6.0 x 20	96	0.22
KATAMARANI	<20	20 x 10	5	0.01
		UKUPNO	441	

- Restoran P=144m², terasa 60m² (R)
- Coffee bar 20m², terasa 144m² (C)
- Teren za tenis 255m² (T)
- Teren za odbojku 128m² (O)
- Parking, 52 mjesta (P)

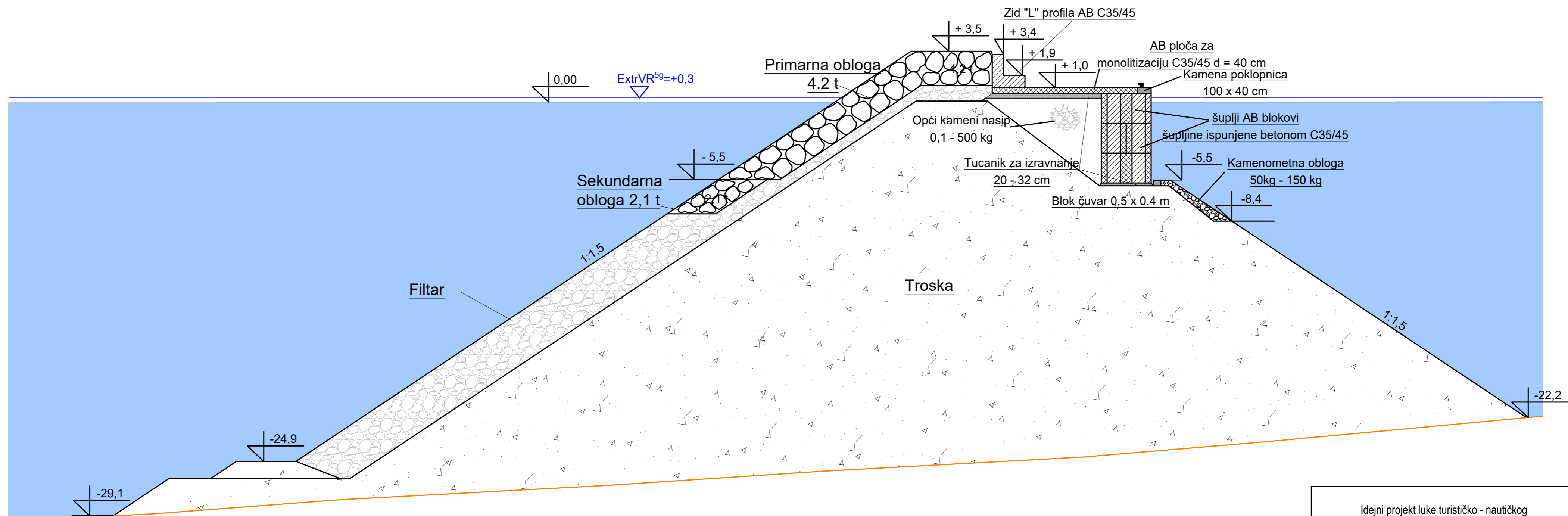
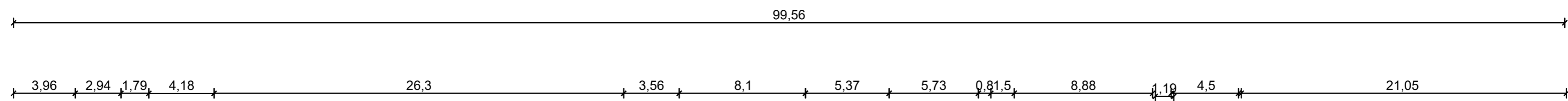
Idejni projekt luke turističko - nautičkog kompleksa Dugi rat	
Situacija Mjerilo 1:2000	Datum: rujan 2023.
Student: Jan Ruszkowski Mentor: dr.sc. Dalibor Carević	

Presjek K-K



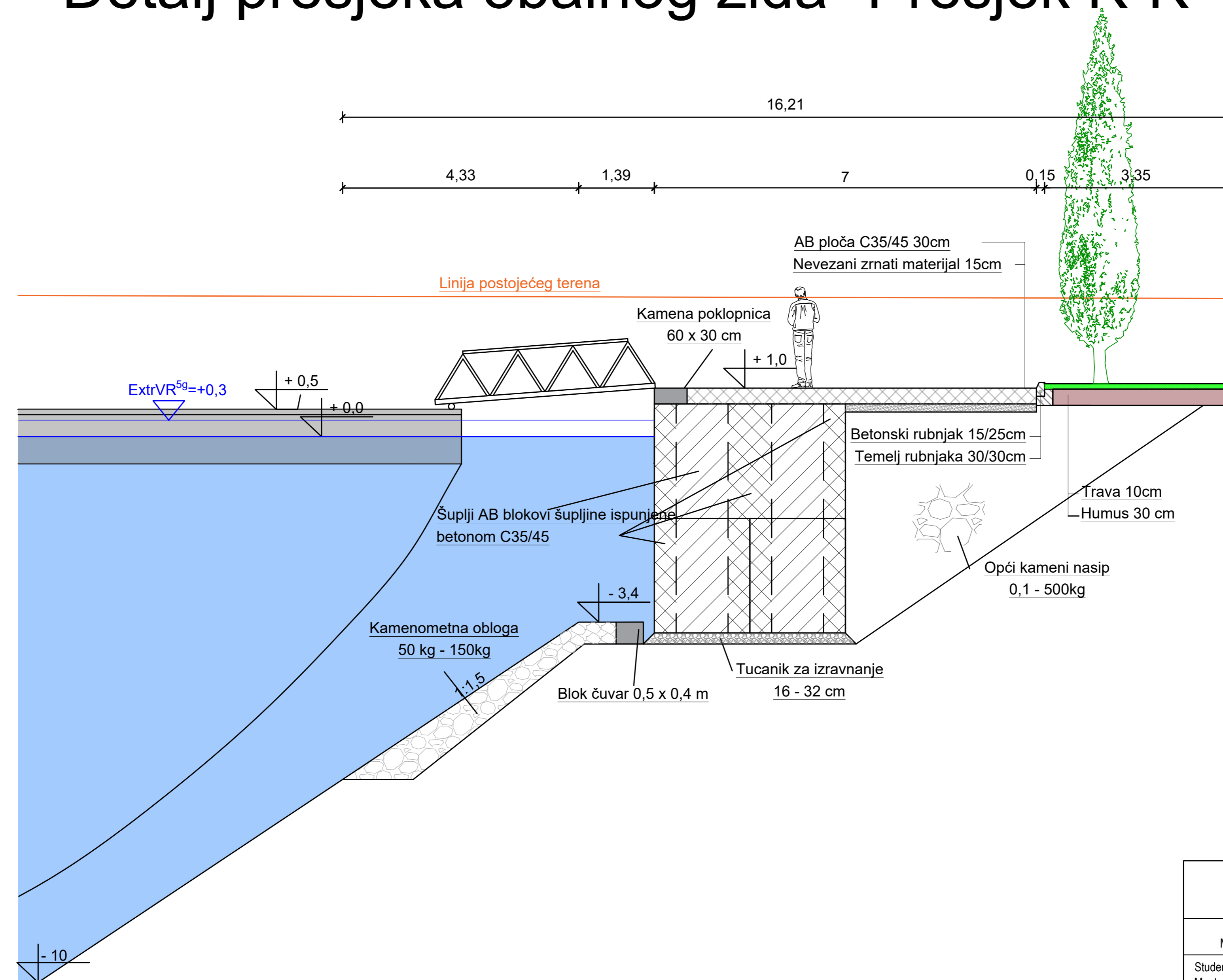
Idejni projekt luke turističko - nautičkog kompleksa Dugi rat	
Situacija Mjerilo 1:2000	Datum: rujan 2023.
Student: Jan Ruszkowski Mentor: dr.sc. Dalibor Carević	

Detalj presjeka lukobrana "Presjek K-K"



Idejni projekt luke turističko - nautičkog kompleksa Dugi rat	
Situacija Mjerilo 1:2000	Datum: rujan 2023.
Student: Jan Ruszkowski Mentor: dr. sc. Dalibor Carević	

Detalj presjeka obalnog zida "Presjek K-K"



Idejni projekt luke turističko - nautičkog kompleksa Dugi rat	
Situacija Mjerilo 1:2000	Datum: rujan 2023.
Student: Jan Ruszkowski Mentor: dr.sc. Dalibor Carević	