

# Obnova Trogirske obale

Jure Radnić, Ivo Barbalić

## Ključne riječi

Trogirska obala, obnova, projekt, izvedba, obalni zid, temeljenje, predopterećenje

## Key words

Trogir frontline, rehabilitation, project, realization, waterfront wall, foundations, precompression

## Mots clés

Quai de Trogir, rénovation, étude, exécution, mur de soutènement, fondation, essai de mise en charge

## Ключевые слова

берег города Трогира, обновление, проект, строительство, береговая стена, закладка фундамента, предварительная нагрузка

## Schlüsselworte:

Uferbefestigung von Trogir, Entwurf, Ausführung, Uferbefestigungsmauer, Gründung, Vorbelastung

J. Radnić, I. Barbalić

Stručni rad

## Obnova Trogirske obale

U radu je opisano rješenje Trogirske obale od mosta prema Čiovu do kule Kamerlengo. Izveden je novi obalni zid iz predgotovljenih olakšanih betonskih elemenata koji je plitko temeljen na kamenom nabačaju debljine 50-150 cm. Istaknuto je značenje investicije i složenost tehničkog zahvata, radi čega su izrađena četiri varijantna rješenja od kojih su dva predviđala sanaciju postojeće obale, a dva izgradnju potpuno nove. Kao povoljnije rješenje odabrana je izgradnja nove obale.

J. Radnić, I. Barbalić

Professional paper

## Trogir waterfront reconstruction

The solution for the Trogir waterfront starting at the bridge and spreading towards Čiovo until the Kamerlengo tower, is described in the paper. The new waterfront wall, built out of prefabricated lightened concrete elements, has shallow foundations made of rip rap 50 to 150 cm in thickness. Considering the significance of the investment and technical complexity of the project four alternative solutions were prepared, two of which for rehabilitation of the existing waterfront and two for construction of the completely new waterfront. The solution involving construction of the new waterfront was finally adopted.

J. Radnić, I. Barbalić

Ouvrage professionnel

## La rénovation du quai à Trogir

L'article décrit la conception du quai de Trogir entre le pont vers Čiovo, jusqu'au beffroi et forteresse Kamerlengo. Un nouveau mur de soutènement a été construit en éléments préfabriqués allégés en béton, fondé à une faible profondeur sur une couche d'enrochement de 50 à 150 cm d'épaisseur. On souligne l'importance de cet investissement, ainsi que la complexité technique de l'intervention, à cause de laquelle quatre variantes ont été développées, dont deux prévoyaient la réfection du quai existant et deux autres la construction d'un quai neuf. Cette dernière solution a été considérée comme plus avantageuse et elle a été retenue.

Ї. Раднич, И. Барбалић

Отраслевая работа

## Обновление берега города Трогира

В работе строительное решение берега города Трогира от моста до острова Чиова до башни Камерленго. Сооружена новая береговая стена из предварительно изготовленных облегченных бетонных элементов, чей фундамент мелко заложен на каменную насыпку толщиной 50-150 см. Подчеркнуто значение инвестиции и сложность технического вмешательства, ради чего разработано четыре варианта решений, два из которых предусматривали санацию существующего берега, два – строительство полностью нового. В качестве более подходящего решения выбрано строительство нового берега.

J. Radnić, I. Barbalić

Fachbericht

## Erneuerung der Uferbefestigung von Trogir

Im Artikel beschreibt man die Lösung der Uferbefestigung von Trogir, von der Brücke nach Čiovo bis zum Turm Kamerlengo. Ausgeführt wurde eine neue Uferbefestigungsmauer aus vorgefertigten erleichterten Betonelementen, flach gegründet auf einer Steinschüttung von 50 - 150 cm Dicke. Betont wird die Wichtigkeit dieser Investierung und die Kompliziertheit des technischen Eingriffs, weswegen vier Lösungsvarianten erarbeitet wurden, wovon zwei die Sanierung der bestehenden und zwei den Bau einer neuen Uferbefestigung vorsahen. Als zusagendere Lösung wurde der Bau einer neuen Uferbefestigung erwählt.

Autori: Prof. dr. sc. **Jure Radnić**, dipl. ing. građ., Sveučilište u Splitu, Građevinski fakultet, Matice hrvatske 15; **Ivo Barbalić**, dipl. ing. građ., Institut građevinarstva Hrvatske, Poslovni centar Split, Matice hrvatske 15

### 1 Općenito

U radu je ukratko prikazano rješenje obnove Trogirske obale od mosta za Čiovo do kule Kamerlengo, u ukupnoj duljini od približno 400 m (slika 1.).



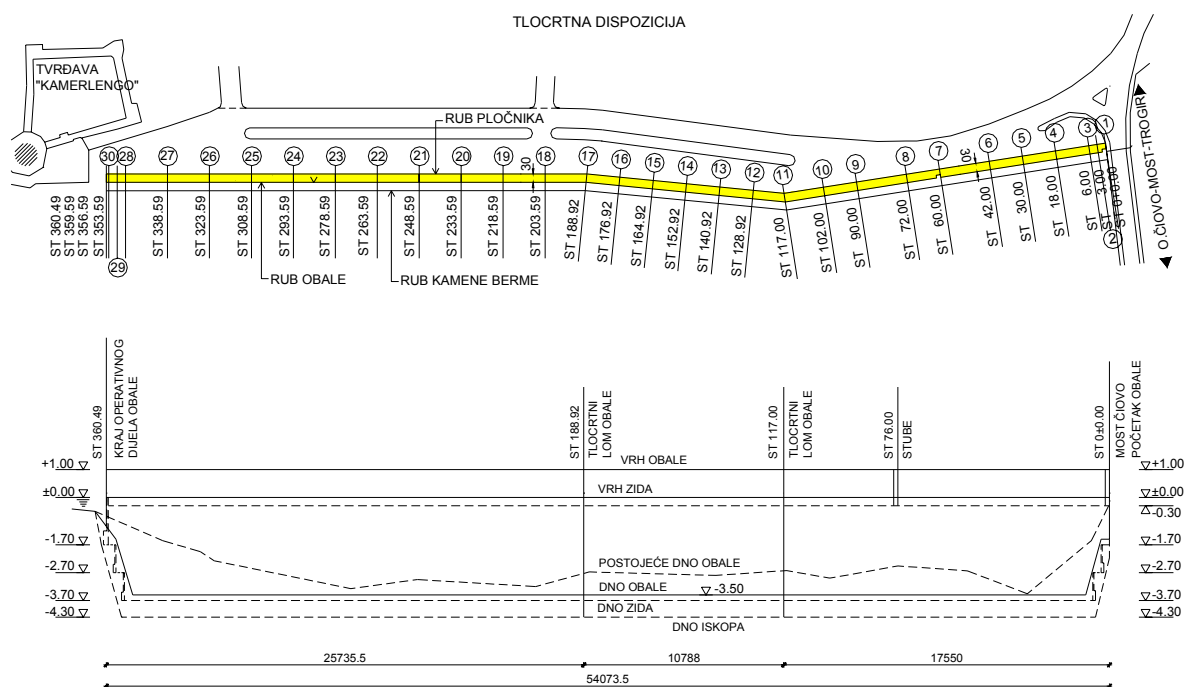
Slika 1. Glavna Trogirska obala



Slika 2. Tipični izgled obale prije sanacije

Na temelju provedenih istražnih radova i analiza, utvrđeno je da je postojeća obala u nezadovoljavajućem stanju i da ju je potrebno hitno sanirati [1], [2], [3]. Nedostaci i oštećenja obale (slika 2.) mogu se svrstati u tri osnovne grupe:

- Obalni zid ne zadovoljava propisima zahtijevane kriterije glede stabilnosti, nosivosti i deformabilnosti.
- Izraženo je erodiranje obalnog zida i prijeti mu opasnost od urušavanja.



Slika 3. Tlocrt i uzdužni presjek obale

- Dio obale neposredno iza obalnog zida ima izražena vertikalna slijeganja i ne zadovoljava uporabne zahtjeve.

Budući da se radi o prilično složenom tehničkom zahtvu i značajnoj investiciji, nametnula se potreba iznalaženja optimalnog rješenja obnove obale. Stoga su u idejnom projektu [4] izrađena četiri varijantna rješenja koja su ušla u uži izbor za realizaciju: dva su predviđala sanaciju postojeće obale i dva izgradnju nove. Kako je odnos cijena realizacije povoljnije varijante sanacije postojeće obale i povoljnije varijante izgradnje nove obale bio svega 1:1,28, a nova obala ima više prednosti (kvalitetnije, tehnički pouzdanije i trajnije rješenje; mogućnost realizacije više obale i pristajanja većih plovila; ne sužava se postojeći morski kanal i dr.), investitor je za izvođenje usvojio varijantu s novom armiranobetonskom obalom, uključujući i rekonstrukciju kamene šetnice u širini otprilike 3,0 m.

## 2 Opis rješenja

### 2.1 Tlocrt i uzdužni presjek obale

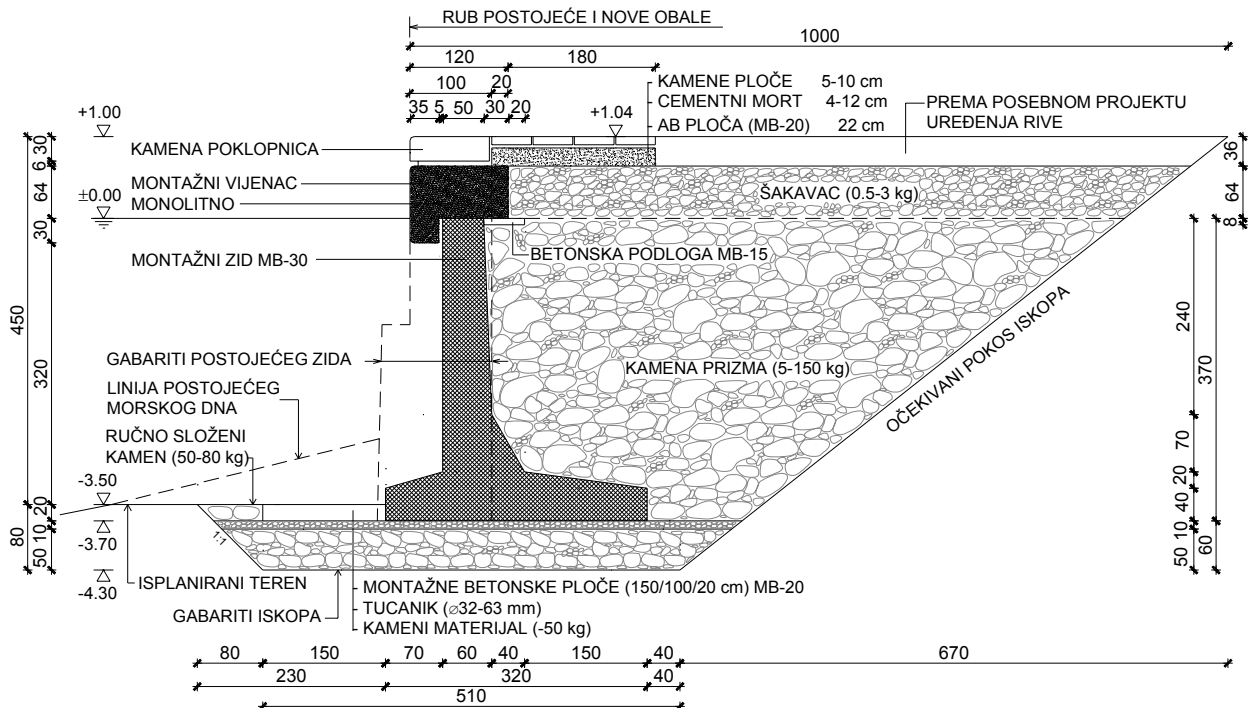
Tlocrtna dispozicija i uzdužni presjek obale prikazani su na slici 3.

U tlocrtnoj dispoziciji obala se proteže u tri segmentna pravca koja su pod međusobnim blagim kutom križanja. Kod toga tlocrtna linija vijenca nove obale u potpunosti odgovara postojećoj.

Na uzdužnom presjeku je prikazano da je obalni vijenac na čitavoj duljini obale na koti +1,0 m u odnosu na apsolutnu razinu mora ( $\pm 0,00$ ). Kota vijenca nove obale nešto je viša od postojeće, ali takva da osigurava prirodnu odvodnju rive prema moru. Kota uređenog morskog dna uz obalni zid na dominantnom je dijelu obale  $-3,5$  m. Jedino se uz rubove obale, u duljini od otprilike 12 m, dubina obale postupno smanjuje do prirodnog dna. Izgradnjom nove obale, postojeće morsko dno uz obalu produbljuje se za približno 50-70 cm.

### 2.2 Poprečni presjek

Karakteristični poprečni presjek obale prikazan je na slici 4. Glavni konstruktivni element obale, obalni zid, sastoji se od predgotovljenih laganoarmiranih betonskih elemenata  $\perp$  presjeka. Zid je neposredno oslonjen na tucanički izravnavaјуći sloj debljine 10 cm, ispod kojeg je nosivi temeljni kameni nabačaj debljine 50 cm. Berma ispred zida zaštićena je od erozije montažnim betonskim pločama u širini 1,5 m. Pokos berme ispred ploča oblikovan je i zaštićen većim, ručno složenim kamenjem. Neposredno iznad glavnih montažnih elemenata zida je kontinuirana naglavna greda, koja ima funkciju njihova povezivanja i ukrućivanja. Dio presjeka grede izvodi se montažno, a ostali dio monolitno. Prostor iza zida zasipa se zdravom kamenom prizmom. Za izvedbu kamenog pločnika obale u širini od 3 m, upotrijebljene su postojeće kamene poklopnice (vijenac) i kamene ploče. One su naslonjene na armiranobetonsku podlogu koja ima funk-



Slika 4. Karakteristični presjek obale

ciju izjednačavanja slijeganja pločnika. U potpunosti se poštuje postojeći vez i raspored kamenih poklopnica i ploča, što je bio zahtjev Zavoda za zaštitu spomenika kulture.

#### Učesnici u realizaciji projekta

|                    |  |
|--------------------|--|
| Projekt:           | IKON d.o.o. Split                              |
| Projektant:        | prof. dr. sc. Jure Radnić,<br>dipl. ing. građ. |
| Revizija projekta: | IGH Zagreb, PC Split                           |
| Revident:          | mr. sc. Marko Smoljanović,<br>dipl. ing. građ. |
| Izvedba:           | “Pomgrad d.d.” Split                           |
| Glavni inženjer:   | Petar Šimičić, dipl. ing. građ.                |
| Nadzor:            | IGH Zagreb, PC Split                           |
| Nadzorni inženjer: | Ivo Barbalić, dipl.ing.građ.                   |

### 2.3 Glavni nosivi element zida

Tipični element obalnog zida visine je 3,7 m, širine 3,2 m i duljine 3 m. Usvojene su nešto veće izmjere poprečnog presjeka zida radi njegove veće trajnosti i manjeg utroška armature. Svi su elementi međusobno razmaknuti 2 cm, radi nesmetanog deformiranja od skupljanja i temperaturnih promjena. Međusobna veza predgotovljenih elemenata riješena je na uobičajen način, sustavom utor-pero, koji osigurava zajednički pomak susjednih elemenata. Oblik poprečnog presjeka zida prilagođen je zahtjevima stabilnosti, nosivosti tla i racionalnosti rješenja.

Elementi su montirani plovnom dizalicom na prethodno pripremljenu podlogu. Predviđeno je predopterećenje kamene podloge od najmanje 0,1 MPa u trajanju od najmanje 48 sati prije same montaže.

Elementi su u vrhu povezani naglavnom gredom koja je dilatirana svakih 24-30 m.

### 2.4 Temeljenje

Na osnovi rezultata istražnih radova [2], predviđeno je plitko temeljenje obalnog zida na kamenom nabačaju debljine 50 cm. U odnosu na temeljenje na pilotima, prednost je dana plitkom temeljenju zbog njegove nedvojbene racionalnosti. Kako istražni radovi nisu bili temeljiti, te na osnovi nekih spoznaja o dijelovima sanirane obale oštećene u II. svjetskom ratu, računalo se s priličnom vjerojatnošću odstupanja od predviđenih uvjeta temeljenja (prisutnost pilota, pojava većih naslaga mulja i sl.). Zato je ostavljena mogućnost promjene načina temeljenja obalnog zida pri izvedbi radova [5].

### 2.5 Gradiva

Upotrijebljena su gradiva koja zadovoljavaju sve zahtjeve važećih propisa i pravila struke. Posebno se vodilo računa vodonepropusnosti betona i zaštiti armature od korozije.

### 2.6 Proračuni

Svi su proračuni provedeni sukladno propisima koji su na snazi i pravilima struke. Između ostalog, obalni je zid provjeren na opterećenja plovilima, od prometa na obali, hidrodinamičkog djelovanja mora i na seizmičke utjecaje.

## 3 Problematika izvedbe

Sukladno očekivanju, pri izvođenju radova ustanovljena su odstupanja u odnosu prema pretpostavljenim uvjetima temeljenja duž velikog dijela duljine zida. Na jednom dijelu obale naišlo se na drvene pilote i nešto lošiju kvalitetu temeljnog tla i na većoj dubini od očekivane (1-1,5 m). Stoga je na ovom potezu obale korigirano projektno rješenje temeljenja obalnog zida koje je opisano u nastavku.



Slika 5. Polaganje geotekstilne mreže



Slika 6. Predopterećenje kamenog nabačaja betonskim blokovima



Pogled na obnovljenu obalu s Čiovskog mosta

Nakon iskopanog sloja mulja i slabo zbijenoga nenosivog nasipa, do kote prihvatljivo zbijenog tla, ugrađene su geotekstilne mreže (slika 5.). Njihova je najvažnija funkcija sprječavanje prodora mulja u temeljni kameni nabačaj.

Nakon položenih geotekstilnih mreža, ponovno je predviđeno klasično rješenje temeljenja s kamenim nasipom, ali ovdje debljine 1,0-1,5 m. Zbog nepovoljnih je uvjeta temeljenja povećano predopterećenje (prednapon) temeljne podloge za 50% u odnosu na ono predviđeno projektom (slika 6.). Također je povećano i vrijeme trajanja predopterećenja. Pri tome je praćeno slijeganje tla (vrha betonskih blokova) od trenutka nanošenja čitavog opterećenja. Predopterećenje je uklonjeno nakon "smirivanja" slijeganja podloge (prosječno nakon 2-3 dana).

Izvedba obalnog zida nakon dovršenja temeljne podloge, kao i ostalih elemenata obale, tekla je na predviđen način i bez većih teškoća. Izmjerena slijeganja obalnog zida u razdoblju od 6 mjeseci nakon njegova dovršenja bila su u očekivanim granicama (maksimalno 1-2 cm) i u fazi smirivanja.

Nakon izvedbe obalnog zida i šetnice, uređen je širi pojas rive. Može se reći da je rekonstrukcija Trogirske obale izvršena uspješno, a čitava riva dobro izgleda (slika 7.). Valja istaknuti činjenicu da je riva nakon rekonstrukcije prepuna posjetitelja.

## IZVORI

- [1] Geometar d.o.o. Split: *Geodetska podloga obalnog pojasa i snimka obale u Trogiru od Čiovskog mosta do kule Kamerlengo*, Split 1992.
- [2] Geocon d.o.o. Split: *Obala u Trogiru od mosta Čiovo do kule Kamerlengo*, Izvještaj o geomehaničkom istražnim radovima (projektant Mate Plepel, dipl. ing. građ.), Split 1992.
- [3] IMI Design d.o.o. Split: *Obala u Trogiru od mosta Čiovo do kule Kamerlengo*, Geostatičke analize stabilnosti zida (projektant Mate Plepel, dipl. ing. građ.), Split 1992.
- [4] IKON d.o.o. Split: *Obala u Trogiru od mosta Čiovo do kule Kamerlengo*, Idejni projekt rekonstrukcije (projektant prof. dr. sc. Jure Radnić, dipl. ing. građ.), Split 1993.
- [5] IKON d.o.o. Split: *Obala u Trogiru od mosta Čiovo do kule Kamerlengo*, Izvedbeni projekt (projektant prof. dr. sc. Jure Radnić, dipl. ing. građ.), Split 1993.