



IDEJNI PROJEKT
SANACIJE DESNE OBALE RIJEKE DUNAV KOD SOTINA

2.
TEHNIČKI OPIS

PROJEKTANT:

Ivan Radeljak, dipl.ing.građ.

Osijek, siječanj 2009. god.



IDEJNI PROJEKT

SANACIJE DESNE OBALE RIJEKE DUNAV KOD SOTINA

2.1. UVOD

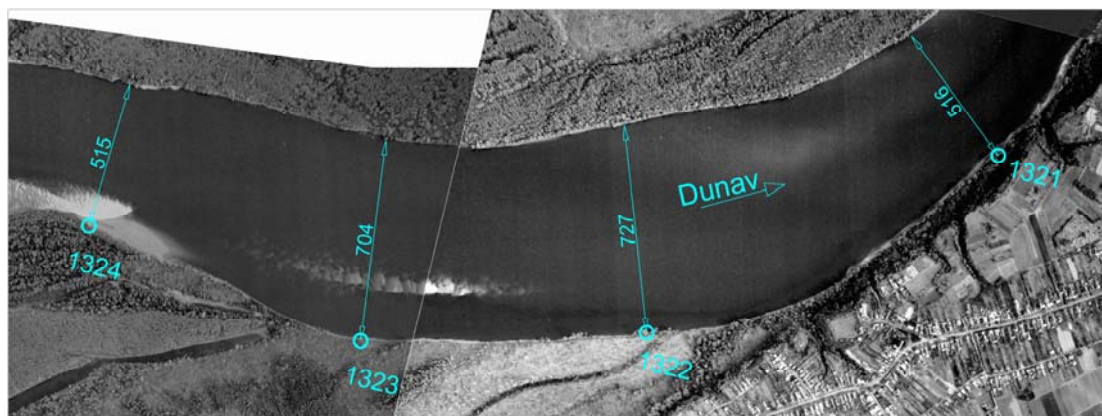
Kao što je u projektnom zadatku navedeno rijeka Dunav kod naselja Sotin kod rkm 1322 prijeti odnošenjem izrazito ruševne desne niske obale što bi za posljedicu moglo imati potkopavanje i urušavanje visoke obale.

Urušavanjem visoke lesne stijene ugrozilo bi naselje Sotin te mjesna crkva. Pored naselja direktno bi bilo ugroženo i arheološko nalazište starog rimskog naselja.



Slika 2/1: Naselje Sotin na visokoj obali

Rijeka Dunav na dionici između rkm 1325 do rkm 1321 teče desnom krivinom. Na dionici između 1324 rkm i 1321 rkm došlo je i do velikog proširenja korita i bifurkacije toka.



Slika 2/2: Ortofoto snimak predmetne dionice s uočljivim proširenjem korita



IDEJNI PROJEKT SANACIJE DESNE OBALE RIJEKE DUNAV KOD SOTINA

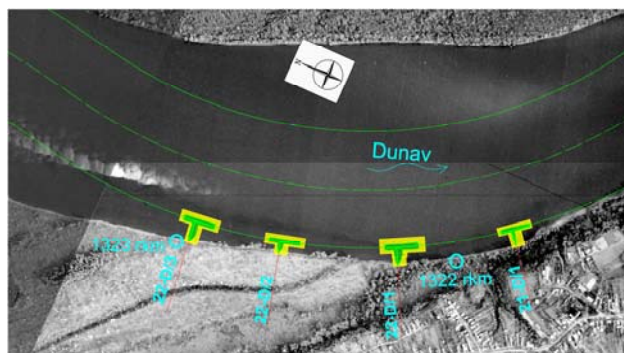
Ovim projektom predloženo se rješenje zaštite obale u vidu regulacijskih objekata koji prema uvjetima na terenu i pravilima struke daju najbolje rezultate te se svojim gabaritima dobro uklapaju u postojeći okoliš. Objektima predloženim unutar ovog projekta osim što će se zaustaviti trend erozije obale tendencija je da se tok odmakne od obale na vodnu stranu te se tako suzi protjecajni profil.

Za potrebe izrade projekta pribavljene su potrebne podloge u vidu karata, topografska karta mjerila 1:25 000 i ortofoto podloga mjerila 1:5 000 te je načinjen geodetski snimak obale i hidrografski snimak korita na dionici predmetnoj dionici.

Prije postavljanja regulacijskih građevina bilo je potrebno odrediti položaj regulacijske linije jer se predložene građevine vežu na regulacijsku liniju. Regulacijska linija unutar ovog projekta posebno je obrađena, vodilo se računa da se paralelna gradnja čija je dužina izrazito velika oko 1120 m postavi na prirodno formiran sprud kako bi se smanjile količine potrebnog materijala za izgradnju, a da se pritom prije svega zadovolje zahtjevi regulacije korita prema pravilima struke i potrebama na terenu.

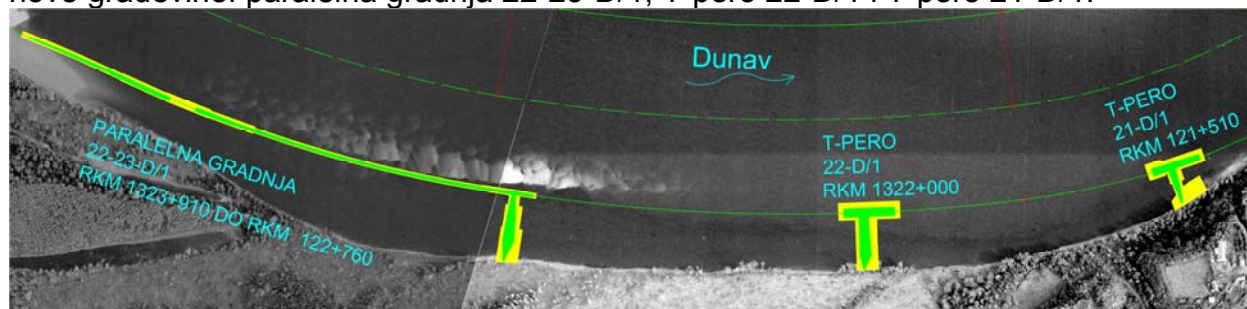
Prilikom izrade ovog projekta korištena je i ranije izrađena projektna dokumentacija koja se bavi regulacijom na predmetnoj dionici a to je: Elaborat o stanju ugrožene obale i prijedlog sanacije desne obale Dunava na rkm 1321 do rkm 1323 kod Sotina, Hidroing d.o.o. Osijek 2006. godine.

Elaborat o stanju ugrožene obale i prijedlog sanacije desne obale Dunava na rkm 1321 do rkm 1323 kod Sotina obuhvaća međutim kraću dionicu od predmetne. Tako su u navedenom elaboratu predložene sljedeće građevine na potezu od rkm 1321 do rkm 1323:



T-pero 21-D/1, T-pero 22-D/1, T-pero 22-D/2 i T-pero 22-D/3

Pošto predmetni projekt obuhvaća dužu dionicu Dunava tako su unutar ovog projektnog rješenja uvidom u dužu trasu i detaljnom analizom na predmetnoj dionici predložene nove građevine: paralelna gradnja 22-23-D/1, T-pero 22-D/1 i T-pero 21-D/1.



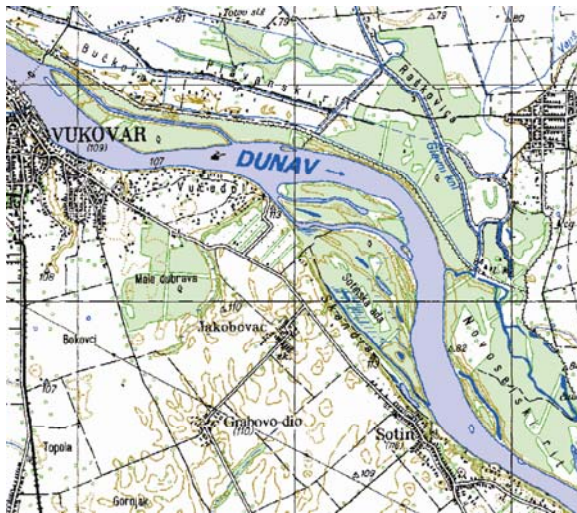
Osim ranije navedenog elaborata za potrebe izrade ovog projekta korištena je i druga ranije izrađena projektna dokumentacija koja obrađuje rijeku Dunav kao i ostala dostupna literatura koja će biti spomenuta u narednim poglavljima.



IDEJNI PROJEKT SANACIJE DESNE OBALE RIJEKE DUNAV KOD SOTINA

2.2. OPIS LOKACIJE

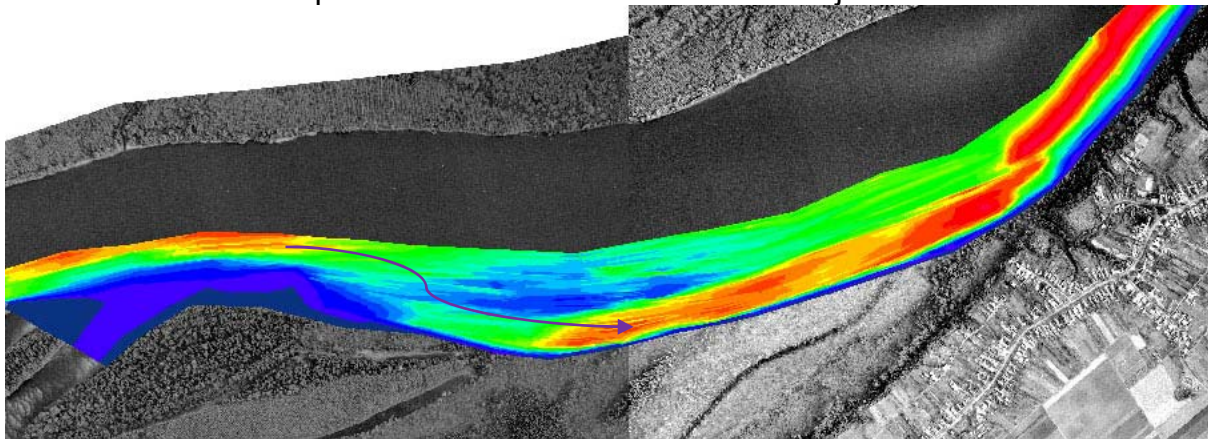
Područje koje je obrađeno ovim projektom je rijeka Dunav od 1321 rkm do 1325 rkm kod Sotina. Na predmetnoj dionici rijeka teče u desnoj krivini gdje je na konkavnoj desnoj obali smješteno naselje Sotin. Ovu dionicu možemo okarakterizirati kao krivolinijsku gdje rijeka iz lijeve prelazi u desnu krivinu. Od Vukovara rkm 1333 pa do cca rkm 1319 riječni tok blago meandrira te se predmetna dionica nalazi usred tog meandra. Uvidom u kartografske prikaze te uvidom u stanje na terenu uočava se značajno proširenje proticajnog profila. Terenskim obilascima utvrđena je također i značajna erozija desne obale koja je posljedica prebacivanja riječnog toka iz lijeve krivine u desnu pod samu obalu.



Slika 2/3 Širi obuhvat predmetne dionice



Slika 2/4: Erozija desne obale



Slika 2/5: Raspored dubina

Iz svega ranije navedenog nameće se potreba za rješavanje problema koji se dešavaju na predmetnoj dionici u smislu izgradnje regulacijskih objekata kojima bi se zaštitila i stabilizirala obala te tok rijeke Dunav odmaknuo od ugrožene obale. Regulacijske građevine koje pružaju adekvatno rješenje problema su paralelana građevina i T-pera. Tehničko rješenje sa projektiranim objektima će biti detaljnije obrađeno u nastavku.



IDEJNI PROJEKT

SANACIJE DESNE OBALE RIJEKE DUNAV KOD SOTINA

2.3. TEHNIČKO RJEŠENJE

2.3.1. OPIS RJEŠENJA

Obzirom na probleme uočene na predmetnoj dionici što je opisano u uvodnom dijelu, u nastavku je dan prijedlog rješenja. Ovim projektom predlaže se izgradnja slijedećih regulacijskih građevina.

- T-pero 21-D/1
- T-pero 22-D/1
- paralelna gradnja 22-23-D/1

Paralelna gradnja i T-pera fiksirat će projektiranu regulacijsku liniju te će zajedno sa T-perima nizvodno utjecati na sužavnje proticajnog profila u smislu formiranja nove linije obale na regulacijskoj liniji. Na ovaj način postižu se pozitivni efekti u riječnom toku, smanjenjem širine dobit će se povoljnije dubine za potrebe plovidbe isto tako pomicanjem linije obale zaštitit će se erozijom ugrožena visoka obala. Pozitivni efekti regulacijskih građevina dugotrajni su jer se radi prirodnom formiranju nove linije obale taloženjem riječnog materijala između regulacijskih građevina koje sa na poslijetku potpuno utapaju u okoliš. Projektom je predviđeno da se građevine rade od prirodnog materijala (lomljeni kamen, fašinsko pruće, refulirani pijesak iz rijeke) čime se postiže bolje uklapanje objekata u okoliš.

2.3.2. OPIS GRAĐEVINA

Paralelna građevina

Paralelne građevine su regulacijske građevine čija je uzdužna os paralelna sa regulacijskom linijom, a protežu se od postojeće obale i čine novu obalnu liniju. U našem slučaju detaljnim analizama utvrđeno je da bi se umjesto klasične paralelne građevine na predmetnoj dionici boljom pokazala posebno oblikovana paralelna građevina. Projektirana paralelna građevina se sastoji od krila koje je uzdužno postavljeno na regulacijsku liniju i velike je dužine cca 1120 m i tijela (traverze) koje veže uzdužno krilo na obalu omeđujući prostor između obale i paralelne građevine. Na ovaj način dobiven sa tri strane omeđen prostor. Mišljenja smo da se unutar ovako zatvorene cjeline ostvaruju bolji uvjeti za otaloženje riječnog nanosa te da bi se proces brže odvijao. Paralelna gradnja na svom uzvodnom dijelu imat će otvor od 60 m u uzdužnom krilu položenom na regulacijsku liniju, čime će se ostvariti tečenje u omeđenom prostoru pri vodostajima koji su ispod krune građevine. Objekt je sastavljen od temeljnog madraca kamenog nabačaja (tijelo i krilo). Poprečni profil krila paralelne građevine sastoji se od krune širine 2 m na koti SNV+1 m, nagiba pokosa prema obali 1:1, a prema vodi 1:1.5. Poprečni profil tijela sastoji se od krune širine 2 m, uzvodnog pokosa u nagibu 1:1 i nizvodnog pokosa u nagibu 1:2. Ispod građevine izvodi se temeljni madrac. Madrac ispod tijela izvodi se na uzvodnoj strani u širini 1h (h - dubina vode ispod krune pera) od ureza u dno uzvodne kosine u nagibu 1:1. Sa nizvodne strane madrac se izvodi u širini 2 h od ureza kosine u nagibu 1:2 u dno.



IDEJNI PROJEKT

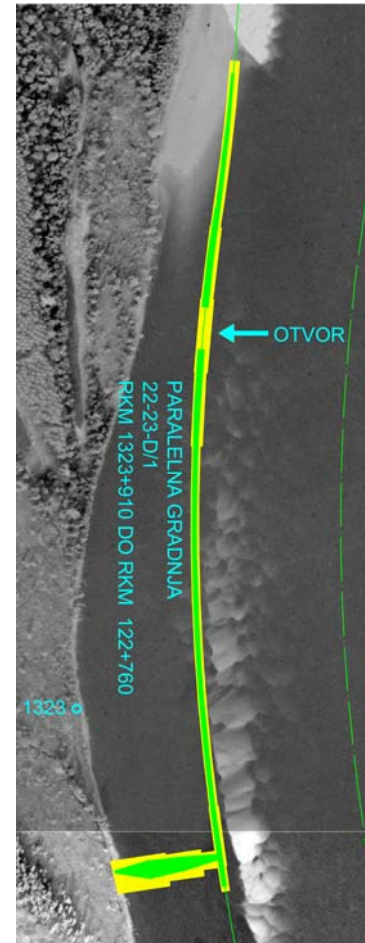
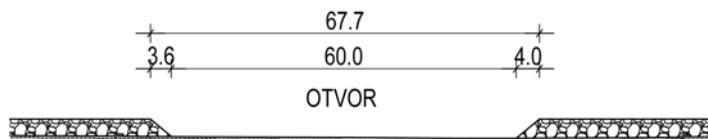
SANACIJE DESNE OBALE RIJEKE DUNAV KOD SOTINA

Madrac krila sa vodne strane od osi izvodi se od ureza vodnog pokosa 1:1.5 sa dnom u širini 2 h, a prema obali madrac se izvodi od ureza kosine 1:1 sa dnom u širini 1 h.

Stabilizacijski madrac se izvodi od geotekstila TIP-400 gr/m² kazetiranog fašinskim kobama Ø25 cm na rasteru 2.5*2.5 m koji se potapa lomljenim kamenom Ø15-30 cm u debljini sloja 30 cm.

Uzdužno krilo i tijelo paralelne građevine izvodi se od lomljenog kamena Ø20-40 cm. Nakon postignute kote i oblika gradnje, a kada se pojavi vodostaj ispod kote SNV, vrši se roliranje - ručno slaganje kamena uz pomoć čekića na kruni i pokosima gradnje do kote SNV.

Važno je takođe napomenuti da će se prvo pristupiti izgradnji uzdužnog krila paralelne gradnje. Izgradnjom krila postići će se povoljniji uvjeti za izgradnju tijela prema obali. Naime izgradnjom krila na regulacijskoj liniji osigurat će se smanjena brzina tečenja na profilu izgradnje tijela.



T-pera

T pera ili traverze su regulacijske građevine koje se grade od obale prema rijeci u svrhu sužavanja proticajnog presjeka rijeke, odnosno fiksiranja obale na regulacijskim linijama rijeke.

T-pero sastoji se od korijena pera, temeljnog madraca pera, tijela i krila pera. Poprečni profil tijela pera sastoji se od krune širine 2 m, uzvodnog pokosa u nagibu 1:1, nizvodnog pokosa u nagibu 1:2. Poprečni profil krila sastoji se od krune širine 2 m, pokosa 1:1.5 prema vodi, a prema obali pokosa u nagibu 1:1. Krilo pera položeno je na regulacijskoj crti, a predviđena dužina krila je 90 m (30 m uzvodno i 60 m nizvodno). Kota krune krila izvodi se horizontalno na kotu SNV+1 m, a kruna tijela pera se izvodi u padu 1:300 prema obali.

Korijen pera izvodi se na obali, sa uzvodne strane od osi pera u dužini 15 m, a sa nizvodne strane od osi pera u dužini 30 m. Korijen pera se izvodi tako da se proteže od točke infleksije, odnosno prijelaza pokosa u dno korita do kote srednje vode SV te se od kote SV ukopava 2 m u obalu (zasjek).



IDEJNI PROJEKT

SANACIJE DESNE OBALE RIJEKE DUNAV KOD SOTINA

Korijen T-pera 21-D/1 projektiran je u nešto većoj dužini od standardne (45 m), njegova dužina je 80 m odnosno 20 m na uzvodnu stranu te 60 m na nizvodnu stranu. Razlog ovakvom rješenju je konfiguracija terena na lokaciji i želja za stabilizacijom obale u većoj dužini.

Stabilizacijski ili temeljni madrac izvodi se ispod tijela i krila pera. Madrac ispod tijela pera izvodi se na uzvodnoj strani u širini $1h$ (h - dubina vode ispod krune pera) od ureza u dno uzvodne kosine u nagibu 1:1. Sa nizvodne strane madrac se izvodi u širini $2h$ od ureza kosine u nagibu 1:2 u dno.

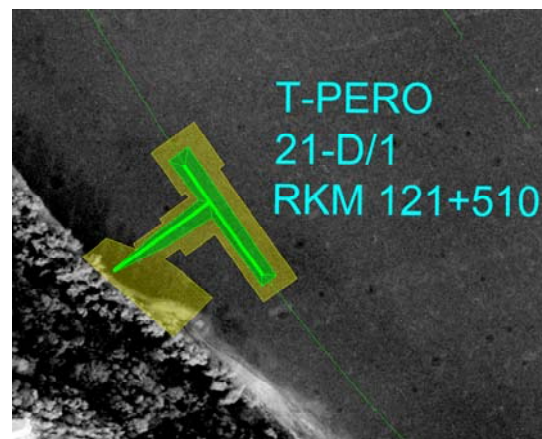
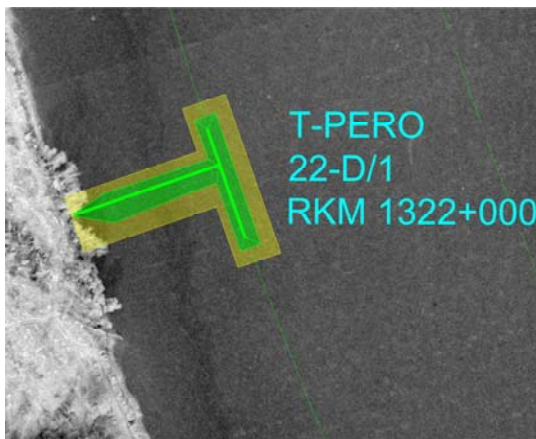
Madrac krila sa vodne strane od osi izvodi se od ureza vodnog pokosa 1:1.5 sa dnom u širini $2h$, a prema obali madrac se izvodi od ureza kosine 1:1 sa dnom u širini $1h$.

Na oba kraja krila (uzvodnom i nizvodnom), gledajući od osi T-pera, madrac se izvodi u širini $2h$ od ureza kosine u nagibu 1:1.5 sa dnom.

Stabilizacijski madrac za ukorijenjenje T-pera izvodi se od geotekstila TIP-400 gr/m^2 kazetiranog fašinskim kobama $\text{Ø}25$ cm na rasteru 2.5×2.5 m koji se potapa lomljenim kamenom $\text{Ø} 20-40$ cm u debljini sloja 40 cm. Od točke infleksije (točke prijelaza kosine u dno) do kote SNV kamen se ugrađuje sa plovnih objekata, a od kote SNV do 2 m iza visoke obale (zaštita visoke obale) kamen se ugrađuje ručno, sa obale, slaganjem.

Stabilizacijski madrac tijela i krila T-pera izvodi se od geotekstila TIP-400 gr/m^2 kazetiranog fašinskim kobama $\text{Ø}25$ cm na rasteru 2.5×2.5 m koji se potapa lomljenim kamenom $\text{Ø}15-30$ cm u debljini sloja 30 cm.

Tijelo i krila pera izvode se od lomljenog kamena $\text{Ø}20-40$ cm.

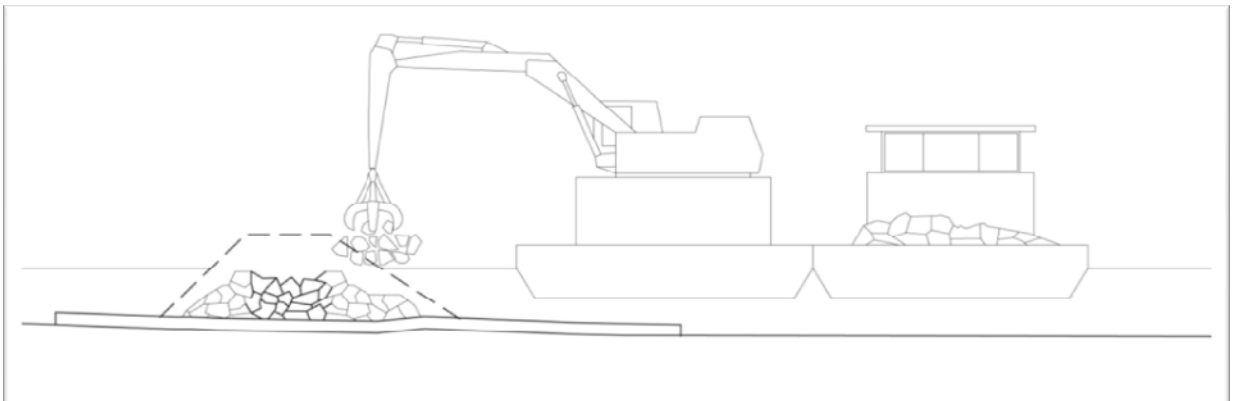
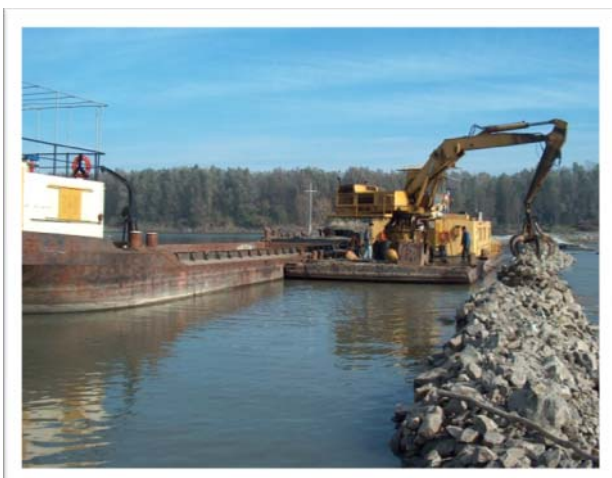
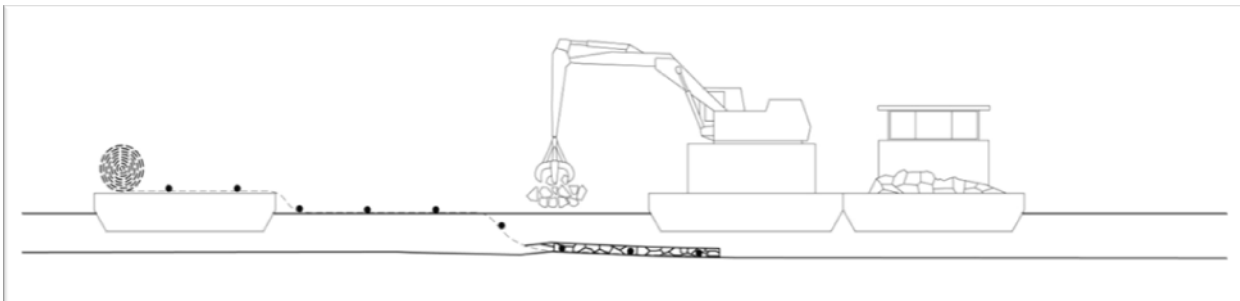




IDEJNI PROJEKT

SANACIJE DESNE OBALE RIJEKE DUNAV KOD SOTINA

2.4. TEHNOLOGIJA IZGRADNJE





IDEJNI PROJEKT

SANACIJE DESNE OBALE RIJEKE DUNAV KOD SOTINA

Radovi na izgradnji građevina započinju raščišćavanjem lokacije izgradnje objekta. Prilikom raščišćavanja terena potrebno je posjeći i ukloniti stabla na mjestu izvedbe ukorijenjenja objekta. Nakon raščišćavanja, teren se poravnava te se vrši geodetsko i hidrografsko snimanje profila korita i obale sa ucrtavanjem snimljenog stanja na profile iz projektne dokumentacije. Ovaj snimak služi kao "nulto stanje" koje služi za obračun radova. Prilikom snimanja vrši se iskolčenje osi i pravca tijela objekta. Nakon toga se izvodi ukorijenjenje objekta u vidu stabilizacijskog madraca od geotekstila, fašinskih koba vezanih paljenom žicom i lomljenog kamena frakcije \varnothing 20/40 cm. Predviđen je geotekstil TIP-400 gr/m², koji se dobavlja u rolama, a tijekom ugradbe se prošiva sa preklapom od 50 cm. Fašinske kobe \varnothing 20 cm posebno se izrađuju te pripreme na obali u dužini 4 m. Kobe se tijekom ugradnje međusobno povezuju na raster 2.5 x 2.5 m te pričvršćuju na geotekstil pomoću paljene žice.

Ukorijenjenje objekata djelomice se izvodi na suhom, a djelomice sa plovnih objekata. Izvedba stabilizacijskog madraca - ukorijenjenja ide od obale prema vodi. Dio madraca koji se izvodi na suhom radi se tako da se geotekstil ručno postavi i međusobno prošije te se ručno postavljaju kobe na predviđenom rasteru. Na tako izvedeni madrac ugrađuje se strojno lomljeni kamen frakcije \varnothing 20/40 cm bagerom a, kašikom se poravnava. Veće neravnine se ručno roliraju da se dobije ravnomjerna površina. Dio madraca na vodi izvodi se na plovnim objektima posebno prilagođenim za tu vrstu radova. Na plovnom objektu - splavi pripremi se geotekstil i fašinske kobe, paljena žica te stroj za prošivanje geotekstila. Započne se sa šivanjem madraca. Kako napreduje šivanje i ugradnja koba tako se madrac spušta na površinu vode. Na taj se način izvede madrac predviđene površine, koji pluta na površini vode.

Potapanje geotekstila kazetiranog kobama vrši se plovnim bagerom. Madrac se potapa količinom kamena koja je dovoljna da se madrac spusti na dno, nakon toga se ugrađuje ostala potrebna količina kamena da bi se dobio sloj projektirane debljine. Kamen se ugrađuje po širini neposredno nad madracem kako ne bi došlo do oštećenja geotekstila. Ugrađivanje se vrši pažljivo i jednakomjerno po površini madraca.

Prema redosljedu izgradnje prvo se radi izgradnja ukorijenjenja te zatim slijedi izvedba stabilizacijskog madraca T-pera koji se izvodi ispod tijela i krila pera. Stabilizacijski madrac ispod tijela objekta slične je konstrukcije kao i madrac za ukorijenjenje, a izvodi se sa plovnih objekata. Stabilizacijski madrac se izrađuje od geotekstila TIP-400 gr/m², kazetiranih fašinskih koba \varnothing 20 cm na rasteru 2.5 x 2.5 m i lomljenog kamena \varnothing 15/30 cm koji se ugrađuje u sloju debljine 30 cm. Na tako potopljen madrac izvodi se tijelo objekta od lomljenog kamena iz plovnih objekata sa plovnim bagerom. Tijelo objekta izvodi se od lomljenog kamena \varnothing 20/40 cm. Tijekom radova na izgradnji tijela mora se kontinuirano pratiti geometrija profila položajno i visinski.

Radovi su završeni kada nadzorni inženjer, temeljem izrađenog geodetskog snimka, utvrdi da je postignuta geometrija profila položajno i visinski. Nakon postignute kote i oblika objekta, a kada se pojavi vodostaj SNV, vrši se roliranje (ručno slaganje kamena uz pomoć čekića) po kruni i pokosima objekta, u visini 1 m ispod kote krune. Osim pokosa i krune T-pera roliranje se vrši i na ukorijenjenju svih objekata do kote SNV.



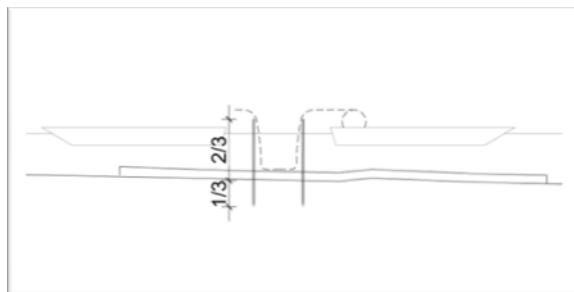
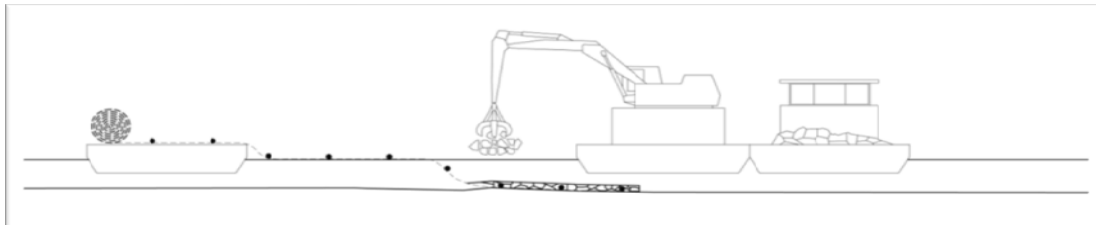
IDEJNI PROJEKT

SANACIJE DESNE OBALE RIJEKE DUNAV KOD SOTINA

Druge moguće tehnologije izgradnje

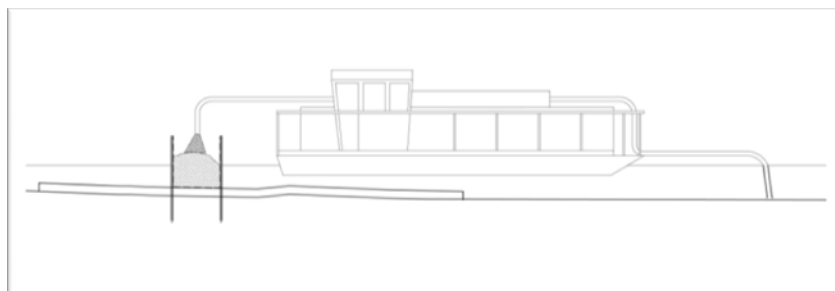
Osim odabrane tehnologije izgradnje, tradicionalne i najčešće primjenjivane, za paralelnu gradnju kao i za ostale regulacijske objekte moguće je primijeniti i neke druge tehnologijama za postizanje istog cilja. Unutar ovog projekta dat će se i prijedlog drugih mogućih izvedbi regulacijskih građevina. Ovom prilikom neće se detaljno opisivati dane tehnologije, ovdje će biti dani kratki opisi popraćeni skicama. Predložene tehnologije valjalo bi isprobati na manje zahtjevnim građevinama. Mišljenja smo da je predmetna paralelna gradnja dobar primjer na kojemu bi se moglo isprobati nove tehnologije jer se radi o uzdužnom objektu koji se polaže uzduž spruda gdje su dubine male. Navedeni uvjeti čine dobar poligon za isprobavanje novih tehnologija kojima bi se nastojalo smanjiti troškove izgradnje uz zadržavanje istih efekata regulacije.

TEHNOLOGIJA 1

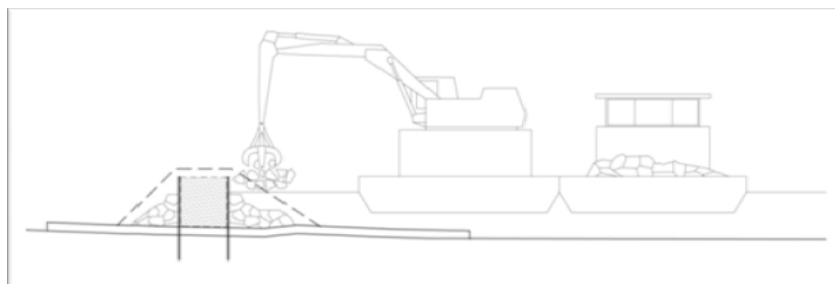


1. Izvođenje stabilizacijskog madraca

2. Pobijanje „kolaca“ te postavljanje geotekstila između njih



3. Refuliranje pijeska na geotekstil postavljen između kolaca. Izrada jezgre od pijeska.



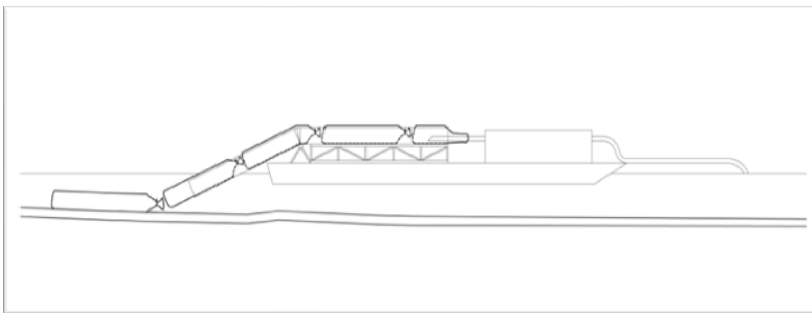
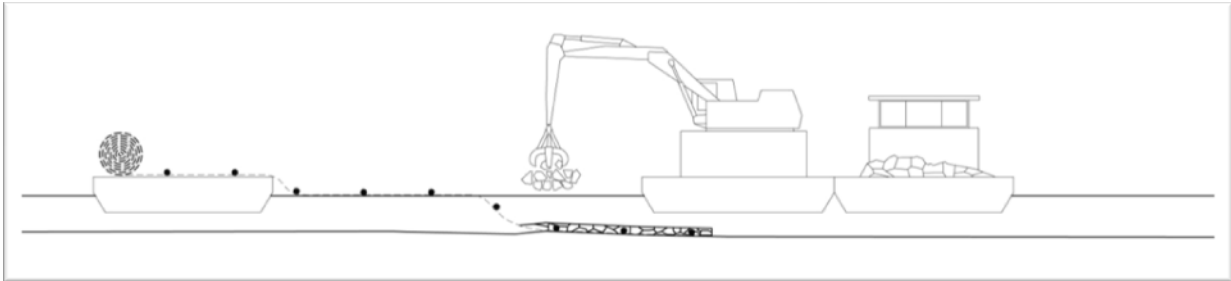
4. Formiranje tijela objekta oblogom lomljenim kamenom preko izvedene jezgre.



IDEJNI PROJEKT

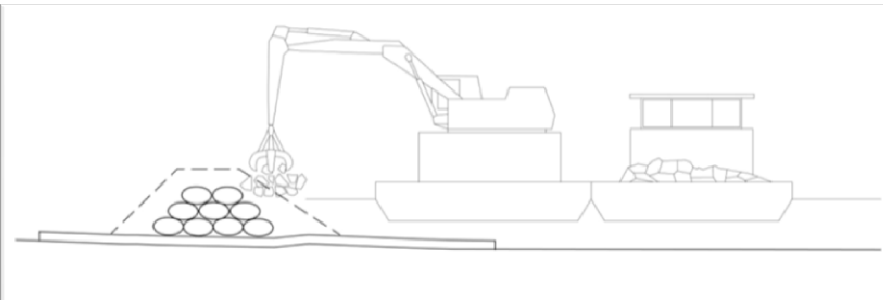
SANACIJE DESNE OBALE RIJEKE DUNAV KOD SOTINA

TEHNOLOGIJA 2



1. Izvođenje stabilizacijskog madraca

2. Polaganje „vreća“ ili „tuljaka“ puljenih pijeskom uz pomoć ciklona na ranije postavljene stabilizacijski madrac. Formiranje jezgre.

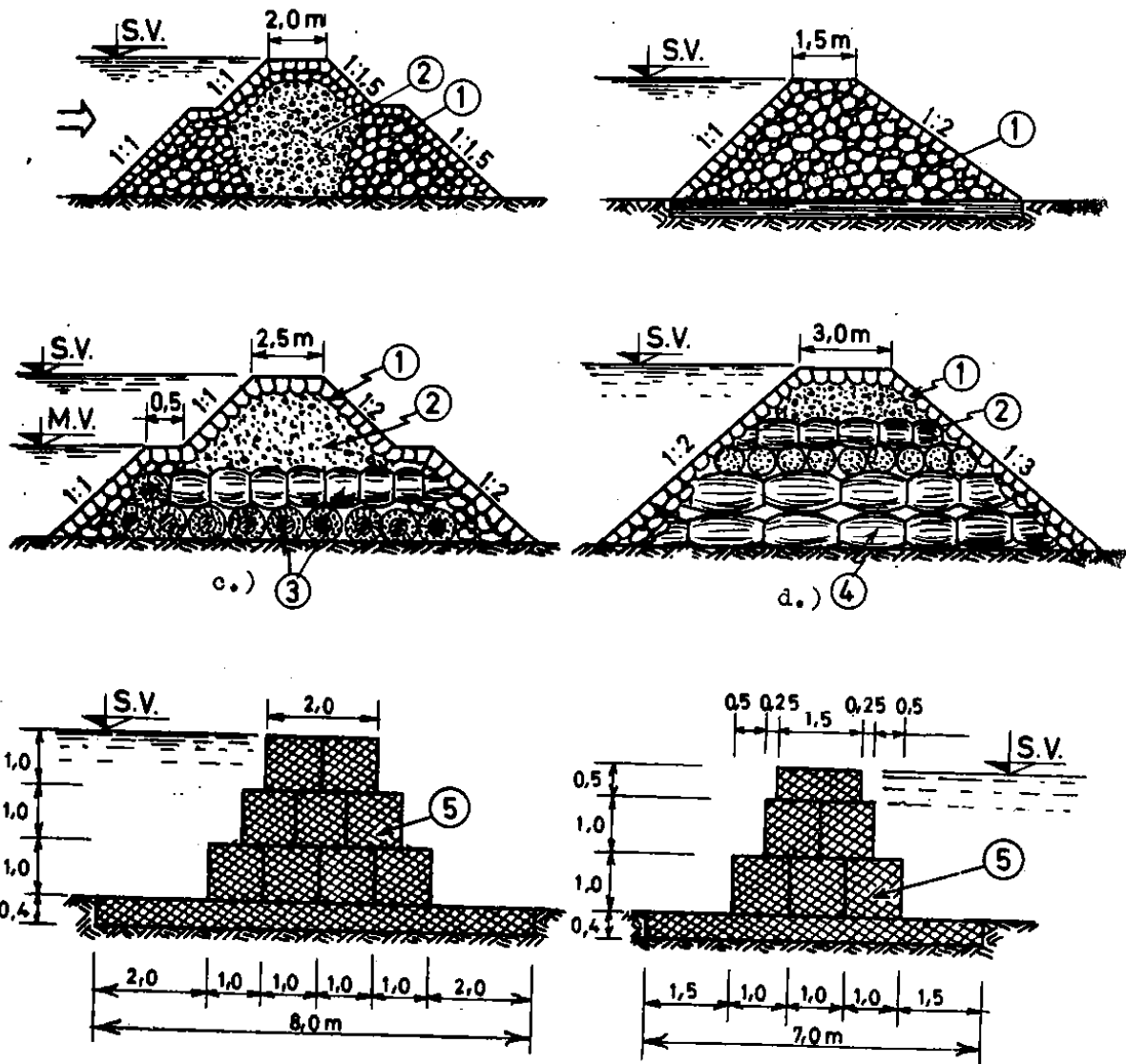


4. Formiranje tijela objekta oblogom lomljenim kamenom preko izvedene jezgre.



IDEJNI PROJEKT SANACIJE DESNE OBALE RIJEKE DUNAV KOD SOTINA

Uz opisane dvije moguće tehnologije moguće su i mnoge druge kao i formiranje različitih vrsta poprečnih presjeka. U Nastavku će biti dan prikaz primjenjivih rješenja prikazan kroz karakteristične poprečne presjeka. Prikazi su dani prema literaturi: „Regulacija reka“, 4.izdanje, Građevinski fakultet Beograd 1991.

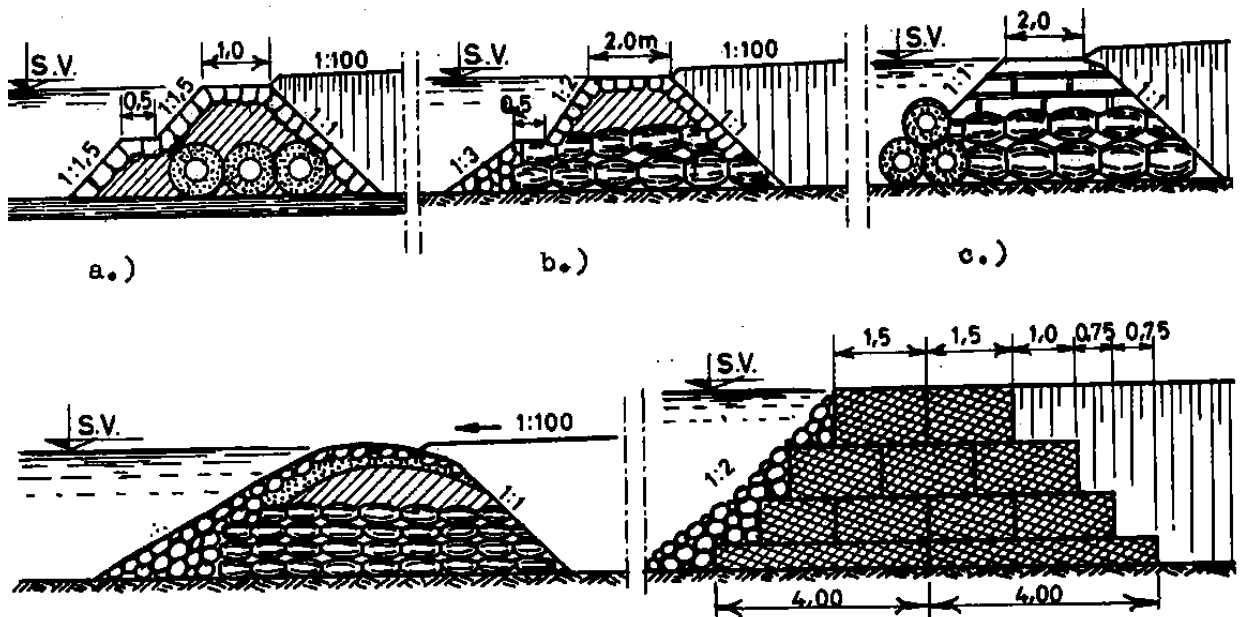


Opis poprečnih presjeka:

- Građevina od kamenog nabačaja sa jezgrom od šljunka
 - Građevina sa čistim kamenim nabačajem
 - Građevina od punjenih fašina šljunak i kamena
 - Građevina od fašina, šljunaka i kamena
 - Građevina od gabonia
- 1-kamen, 2-šljunak, 3-punjene fašine, 4-fašine, 5-gabioni



IDEJNI PROJEKT SANACIJE DESNE OBALE RIJEKE DUNAV KOD SOTINA



Opis poprečnih presjeka:

- Građevina od kamena na splavi od fašina
- Građevina od punjenih fašina sa ispunom od šljunka i oblogom od kamena
- Građevina od fašina i punjenih fašina
- Građevina od fašina sa lakšom oblogom od kamena
- Objekt od gabiona sa oblogom od kamena