

Projekt Eko – Kaštelanski zaljev

Špiro Cokarić

Ključne riječi

Projekt Eko–Kaštelanski zaljev, izvedba građevina, potprojekti, kanalizacijski sustav Split – Solin, vodoopskrbni sustav Split, Soline, Kaštela i Trogir

Key words

ECO - Kaštela Bay Project, realization of structures, subprojects, Split-Solin sewerage system, water supply system for Split, Solin, Kaštela and Trogir

Mots clés

PAC - Baie de Kaštela, réalisation des ouvrages, sous-projets, système d'égouts, système d'approvisionnement en eau pour les villes de Split, Solin, Kaštela et Trogir

Ключевые слова

Проект Эко – Каштеланский залив, строительство сооружений, подпроекты, канализационная система Сплит–Солин, система водоснабжения Сплит, Солин, Каштела и Трогир

Schlüsselworte

Projekt Eko - Golf von Kaštela, Ausführung von Bauwerken, Subprojekte, Abwassersystem Split-Solin, Wasserversorgungssystem Split, Solin, Kaštela und Trogir

Š. Cokarić

Projekt Eko - Kaštelanski zaljev

Opisuju se sve građevine iz Projekta Eko – Kaštelanski zaljev koje je izvodio Konstruktor–inženjering. Potanko su opisane građevine iz Potprojekta A – kanalizacijski sustav Split – Solin i Potprojekta C – poboljšanje i dogradnja vodoopskrbnog sustava gradova Splita, Solina, Kaštela i Trogira. U opisima su prikazane građevine sa stajališta njihove namjene i građevinskih svojstava. Posebno su istaknuti problemi kod kojih je trebalo pokazati graditeljsko umijeće i kreativnost.

Š. Cokarić

ECO - Kaštela Bay Project

All structures and facilities realized by Konstruktor-inženjering in the scope of the ECO - Kaštela Bay Project are described. A detailed account is given of the facilities realized in the scope of the Subproject A - Split - Solin Sewerage System and Subproject C - Improvement and Extension of the Water Supply System for Split, Solin, Kaštela and Trogir. The described facilities are presented by placing emphasis on their use and structural properties. Problems for which high construction skill and creativity had to be demonstrated are also described.

Š. Cokarić

PAC - baie de Kaštela

Tous les ouvrages et les installations réalisées par Konstruktor-inženjering dans le cadre du projet PAC - baie de Kaštela sont décrites. L'auteur ensuite fournit un compte rendu détaillé des installations réalisées dans le cadre du Sous-projet A: Système d'égouts Split - Solin, et du Sous-projet C: Aménagement et élargissement du système d'approvisionnement en eau pour les villes de Split, Solin, Kaštela et Trogir. Les ouvrages et les installations décrites sont présentées en se concentrant sur leur utilisation et propriétés structurelles. Les problèmes pour la solution desquels un haut niveau de connaissances techniques et de créativité était nécessaire, sont également décrits.

Ш. Цокарич

Проект Эко–Каштеланский залив

В статье описываются все сооружения из Проекта Эко–Каштеланский залив, которые строил Konstruktor-инженеринг. Детально описаны сооружения из Подпроекта А – канализационная система Сплит–Солин и Подпроекта С - достройка системы водоснабжения городов Сплит, Солин, Каштела и Трогир. В описаниях показаны сооружения с точки зрения их назначения и строительных свойств. Специально подчеркнуты проблемы, в решении которых нужно было показать строительное умение и креативность.

Š. Cokarić

Das Projekt Eko - Golf von Kaštela

Man beschreibt alle Bauwerke aus dem Projekt Eko - Golf von Kaštela die Konstruktor-inženjering ausführte. Detailliert beschreibt man die Bauwerke aus dem Subprojekt A - Abwassersystem Split - Solin und dem Subprojekt C - Verbesserung und Verbreitung des Wasserversorgungssystems der Städte Split, Solin, Kaštela und Trogir. Dargestellt sind die Bauwerke vom Standpunkt deren Bestimmung und Baueigenschaften. Besonders sind die Probleme hervorgehoben bei denen man Baukunst und -Kreativität zeigen musste.

Pregledni rad

Subject review

Ouvrage de syntèse

Обзорная работа

Übersichtsarbeit

Autor: Špiro Cokarić, dipl. ing. građ., glavni inženjer projekta, Konstruktor-inženjering d.d., Svačićeva 4/1, Split

1 Uvod

Integralni projekt zaštite Kaštelanskog zaljeva osim rješenja otpadnih voda obuhvaća dogradnju i poboljšanje vodoopskrbnih sustava gradova Splita, Solina, Kaštela i Trogira.

Projekt se sastoji od tri potprojekta:

1. Potprojekt A – kanalizacijski sustav Split – Solin
2. Potprojekt B – kanalizacijski sustav Kaštela – Trogir
3. Potprojekt C – poboljšanje i dogradnja vodoopskrbnog sustava gradova Splita, Solina, Kaštela i Trogira.

Konstruktor-inženjering izveo je brojne građevine iz potprojekata A i C, a iz okvira projekta B započeo je izvođenje radova na hidrotehničkom tunelu Čiovo.

Ovdje će potanje biti prikazani izvedeni radovi na građevinama iz potprojekata A i C.

2 Potprojekt A – kanalizacijski sustav Split – Solin

U okviru potprojekta A, Konstruktor-inženjering d.d. izveo je radove na sljedećim dijelovima sustava:

- hidrotehnički tunel Stupe sa sabirnim oknom,
- kanalizacijska mreža slijevova Dujmovača – Solin
- uređaj za pročišćavanje otpadnih voda Stupe.

2.1 Hidrotehnički tunel Stupe sa sabirnim oknom

2.1.1 Opći podaci

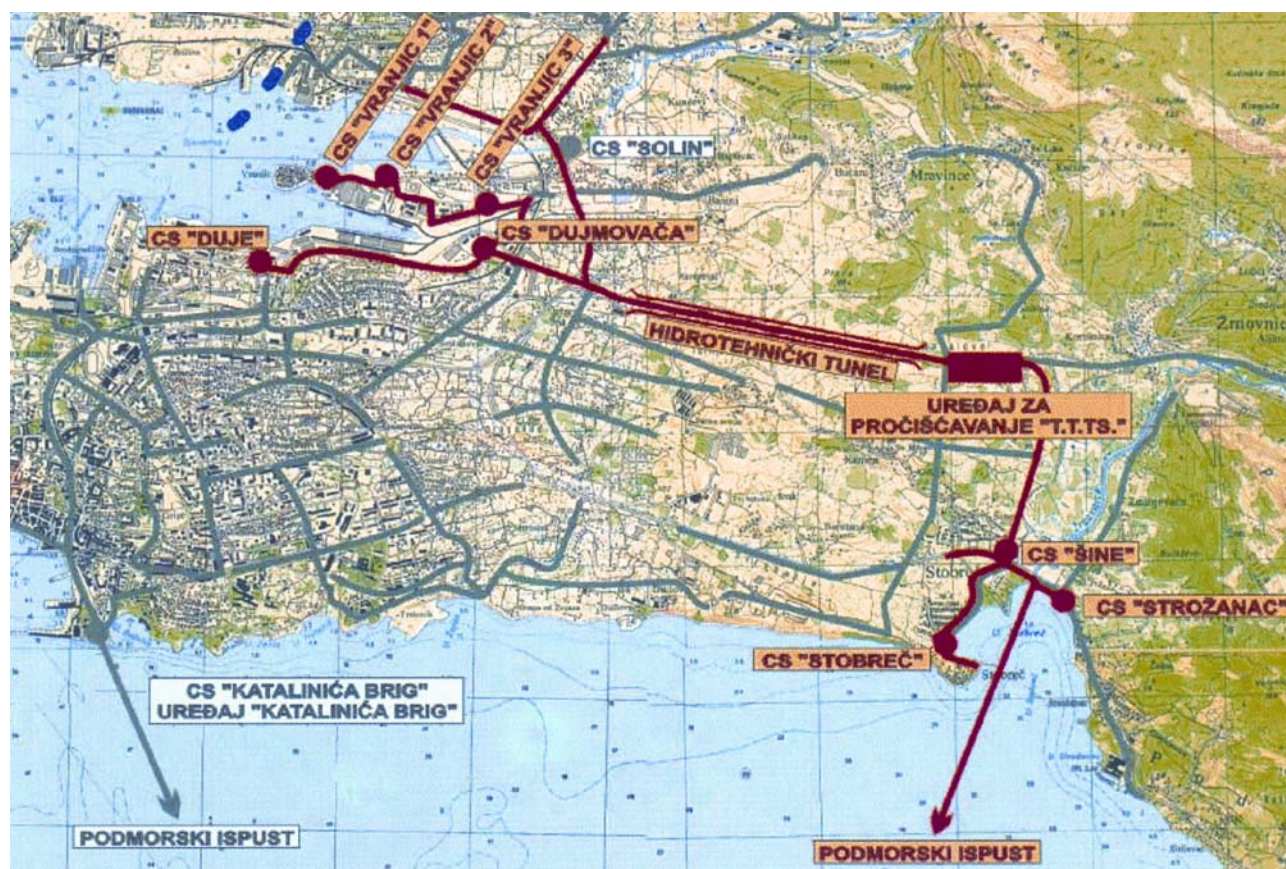
Hidrotehnički tunel s pripadajućim dijelovima izgrađen je radi gravitacijskog transporta otpadnih voda sjevernog sliva Splita i Solina do uređaja za mehaničko pročišćavanje otpadnih voda Stupe.

Ugovorna je obveza izgradnja sljedećih građevina:

Sabirno okno u koje se prikupljaju vode iz 3 smjera i na siguran ih način usmjerava u dvije cijevi promjera 1 200 mm, u kojima će tečenje biti slobodnim vodnim licem. Unutar građevine ugrađena u 2 leptirasta zatvarača promjera 1 200 mm kojima se može zatvoriti dotok u pojedinu cijev za slučaj kontrole ili eventualnog popravka cijevi.

Kanalizacijski cjevovod od sabirnog okna do tunela Stupe s tri kontrolna okna čine dvije paralelne kanalizacijske cijevi promjera 1 200 mm, duljine 2×290 m.

Hidrotehnički tunel Stupe ima osnovnu funkciju omogućiti prolaz kanalizacijskim cijevima do uređaja za pročišćavanje otpadnih voda. Duljina tunela je 2 512 m. Poprečni presjek, ovisno o karakteristikama stijenske mase, ima ploštinu od 16,78 m² do 17,96 m². Takvim poprečnim presjekom osiguran je prostor za postavljanje kanalizacijskog ko-



Slika 1. Shema prve etape izgradnje kanalizacijskog sustava Split - Solin

lektora s dvije cijevi promjera 1 200 mm, slobodni profil za prolaz vozila za održavanje gabarita $2,5 \times 2,2$ m iznad betonskog kolnika, prostor za smještaj vodovodnih cijevi promjera 700 mm i hidrantske mreže promjera 150 mm na desnoj strani tunela, prostor za smještaj električnih, telefonskih i ostalih vodova na lijevoj strani tunela te prostor za smještaj električne rasvjete u kaloti tunela. Uzdužni je nagib tunela 1 ‰.



Slika 2. Završni radovi oko portala tunela Stupe

Zapadna portalna građevina omogućava pješački ulaz u tunel sa zapadne strane i služi za smještaj dvaju ventilatora za provjetranje tunela, za spuštanje tereta do razine kolnika u tunelu te za okretište vozila održavanja.

Transformatorska stanica Mostine 4 služi za napajanje električnom energijom dijela tunela, ventilatora, sabirnog okna i dijela okolnoga gradskog područja.

Istočna portalna građevina izvedena kao klasični tunelski portal omogućava, s pristupne prometnice u krugu uređaja za pročišćavanje Stupe, pristup u tunel vozilima za održavanje.

Pristupna cesta dužine 290 m za pristup sabirnom oknu i zapadnoj portalnoj građevini izgrađena je s priključkom na postojeću cestu.

2.1.2 Izvođenje radova

Pripremni radovi ispred oba portala tunela obuhvaćali su: izgradnju transformatorskih stanica od 400 kVA, ventilatorskih stanica 60 kVA, kompresorskih stanica $16 \text{ m}^3/\text{min}$. Izgrađeni su i ostale pomoćne građevine.

Pred portalima su bile postavljene stabilne crpke sa spremnicima za crpenje otpadnih voda i kišnice. Voda se crpila u postojeće oborinske kanale.

Za potrebe radova na dva je napadna mjesta izgrađena pristupna cesta od postojeće asfaltirane ceste na TTTS-u do istočnog portala tunela u duljini od 720 m i širini 6 m, te makadamska gradilišna cesta od istočnog portala tunela do odlagališta smeća *Karepovac* u duljini od oko 1 100,0 m i širini 6 m.

Iskopi i osiguranje u tunelu izvodili su se s dvaju napadnih mjesta u punom profilu u 3 smjene.

Bušenje u tunelu izvodilo se hidrauličnim bušaćim strojem s dvije grane.

Za bušenje se primjenjivao kružni zalom sa središnjom bušotinom profila 100 mm i paralelnim bušotinama. Dubina bušenja, ovisno o kategoriji stijenske mase i tipu podgrade, bila je 2,75 - 2,40 - 2,00 ili 1,65 m.

Za miniranje tunela upotrebljavali su se neelektrični *nonel* upaljači, *amonal V* ojačani i *gurit* za konturne bušotine.

Pri planiranju miniranja vodilo se računa da (zbog eksplozije) brzina oscilacija čestica tla u blizini pojedinih građevina ne prijeđe dopuštene granice.

Tijekom iskopa tunela na međusobnoj udaljenosti od 300 m napravljena su proširenja u kojima se materijal ukrcavao na dampere za izvoz iz tunela. Ukrcaj materijala na mjestu iskopa tunela obavljao se utovarivačem.

Ukrcaj materijala s privremenog odlagališta i odvoz na odlagalište obavljao se rovokopačem i damperskim vozilima.

Mlazni beton zaštite iskopa ugrađivao se torkret aparatom za suhi postupak, a mlazni beton projektirane podgrade aparatom za mokri postupak.

Prijevoz smjese mlaznog betona od betonare do mjesta ugradnje u tunelu obavljao se automiješalicama, čije su dimenzije omogućavale ulazak u tunel ispod ventilacijskih cijevi.

Organizacija izvođenja radova stvaranjem tehnološke veze "iskop – mlazni beton završne obloge" omogućila je istodobni iskop i primarno osiguranje iskopa na jednoj strani tunela i ugradnju mlaznog betona završne obloge na suprotnoj strani tunela. Takvim organizacijskim rješenjem pospješjen je iskop tunela.

Da bi se sačuvalo projektirano dno od raskvašenosti, betonirana je podnožna ploča tijekom iskopa tunela 2 do 4 puta na mjesec, a u težim tipovima tunelskog osiguranja odmah.

Kanalizacijske su se cijevi u tunelu (AC cijevi promjera 1 200 mm) postavljale uz pomoć portalne konstrukcije s dizalicom koja se elektromotornim pogonom kretala po čeličnom kolosijeku. Za sprječavanje pojave uzgona cijevi u svježoj betonskoj masi uporabljena je posebna konstrukcija s jarmovima koji su preko teške cijevne skele bili uprti u kalotu tunela.

Svakodnevni rad na 40 metara duljine tunela organizacijski je bio podijeljen na dvije cjeline od po 20 metara tako da su se na jednoj cjelini postavljale cijevi i obavljalo betoniranje obloge oko cijevi, a na drugoj su se postavljali oplata, armatura i betonirao kolnik iznad cijevi postavljenih prethodni dan.

Rad je bio organiziran 24 sata na dan tako što se tijekom dana postavljala oplata, armatura i cijevi, dok se tijekom noći betoniralo.

Stroj za izvedbu mlaznog betona “mokrim” postupkom adaptiran je u crpku za beton i uspješno je iskorišten za izvođenje betonskih radova u tunelu.

Osnovne količine izvedenih radova:

- zapadni predusjek: iskopi 12 946 m³, zaštita iskopa mlaznim betonom debljine 7 i 10 cm izvršena je na 1 558 m², ugrađeno je 6 282 kg armaturne mreže za armiranje mlaznog betona i 3 740 kg za zaštitu pokosa;
- istočni predusjek: iskopi 8 840 m³, zaštita iskopa mlaznim betonom debljine 7 i 10 cm izvršena je na 1 694 m², ugrađeno je 6 978 kg armaturne mreže za armiranje mlaznog betona i 1 440 kg za zaštitu pokosa. Za zaštitu pokosa ugrađeno je i 225 komada sidara;
- tunelski iskopi činili su ukupno 42 328 m³, od čega je V. tunelska kategorija 2,6%, IV. 15% i III. 82,4%. Za osiguranje tunela ugrađeno je mlaznog betona na više od 29 000 m² ploštine (debljina 10, 15 i 20 cm), zatim 132 t armaturne mreže, 100 komada čeličnih lukova (35,6 t), 784 čelične platice (6,1 t) i 4 550 komada raznih sidara. Za betoniranje podnožne ploče utrošeno je 730 m³ betona;
- u zapadnom je predusjeku postavljeno 2 × 290 m cijevi promjera 1 200 mm, a u tunelu 2 × 2 512 m. Za zaštitu ovih cijevi ugrađeno je ukupno oko 6 000 m³ betona.

2.2 Kanalizacijska mreža slijevova Dujmovača – Solin

Izgradnja sustava kanalizacijske mreže slijevova Dujmovača – Solin, s obzirom na veliki broj lokacija izvedbe radova, zahtijevala je upotrebu brojnih sredstava rada i radne snage te koordinaciju svih aktivnosti.

Slijev Dujmovača pokriva sjeveroistočni dio splitskog poluotoka i može se podijeliti na dva dijela: zapadni i središnji niski dio slijeva koji se ne može gravitacijski priključiti na sabirno okno na Mostinama i istočni dio koji to može. Kanalska mreža niskog dijela slijeva sustavom kanala i tlačnih cjevovoda precrcpljuje otpadne vode iz CS Duje u CS Dujmovača, koja sve otpadne vode s područja navedenog slijeva crpi u sabirno okno na Mostinama.

Slijev Solin obuhvaća područje grada Solina, a pripadaju mu još naselja Klis, Klis Kosa, Dugopolje i Koprivno. Rijeka Jadro kao prirodni recipijent razdvaja slijev Solina na dva slijevna područja. Otpadne vode s desne obale Jadra prikupljaju se u postojeći CS Solin s tri glavna kolektora.

U spletu mreže slijeva Dujmovača-Solin izgrađene su sljedeće građevine:

- crpna stanica (CS) Dujmovača,

- tlačni cjevovod (T-5) od CS Dujmovača do sabirnog okna tunela Stupe, gravitacijski kolektor (K-52) i pripadajuća infrastruktura,
- CS Duje s tlačnim cjevovodom T-4, preljev P-1, gravitacijski kanal K-41 i pripadajuća infrastruktura,
- gravitacijski kanal K-51, preljev P-2 i P-3 i pripadajuća infrastruktura,
- tlačni cjevovod (T-6) od CS Solin do spojnog okna na gravitacijskom kolektoru K-63, gravitacijski kolektor (K-63) i pripadajuća infrastruktura,
- glavni kolektor slijeva Solin - pravac Kaštela K-61 i pripadajuća infrastruktura,
- glavni kolektor slijeva Solin - pravac Klis K-62 i pripadajuća infrastruktura.

2.2.1 CS Dujmovača

Crpna stanica Dujmovača središnja je građevina slijeva Dujmovača. Otpadne vode iz crpne stanice tlačnim se cjevovodom T-5 promjera 700 mm provode prema hidrotehničkom tunelu Stupe (L = 786,50 m).

U crpnu stanicu otpadna se voda dovodi gravitacijskim kanalima koji se spajaju u spojnom oknu: kanalom K-51 (izveden AC cijevima 800 mm i L = 1 722,50 m) i kanalom K-52 (izveden AC cijevima 300 - 600 mm i L = 325,00 m).



Slika 3. Crpna stanica Dujmovača

Kapacitet je crpne stanice, za konačno stanje, u sušnom razdoblju 405,00 l/s, a 840,00 l/s u kišnom razdoblju. Za oba režima dotjecanja izveden je jedinstveni crpni bazen veličine 350,00 m³.

Ukupna tlocrtna ploština crpne stanice sa svim građevinama jest 361,00 m².

Crpna stanica i crpni bazen ukopana je armiranobetonska građevina dimenzija 13,00 × 13,10 m. Kota bazena je 4,90 m n.m., dok je kota uređenog terena oko +5,00 m n.m.

Zasunska komora je odvojeni dio ukopane armiranobetonске građevine crpne stanice dimenzija $13,60 \times 5,65$ m, u kojem su smještene teške armature.

Nadzemna je manipulativna građevina dimenzija $13,60 \times 14,05$ m, svijetle visine 5,50 m. U njoj je mosna dizalica za izvlačenje crpki iz bazena i druga potrebna oprema.

Prostorija s dizelskim agregatom namijenjena je potrebama rezervnog napajanja crpne stanice, kao sigurnost u slučaju incidentnog prestanka napajanja električnom energijom.

Uvjeti izvedbe ove građevine bili su vrlo specifični zbog velike dubine crpnog zdenca (10-12 m) i vrlo visokog nivoa podzemne vode.

Geotehničke karakteristike tla uvjetovale su složenu zaštitu građevne jame koja se u konačnici sastoji od dijafragme, bušenih pilota i injekcijske zavjese.

Radi potpunijeg uvida u problematiku zaštite građevne jame CS Dujmovače navodimo nekoliko podataka: iskop unutar dijafragme iznosio je $6\,500\text{ m}^3$, ugrađeno je 570 m^3 betona MB-30, izgrađene naglavne grede 60×60 cm (55 m^3), ugrađena armatura teška 85 000 kg, geotehnička sidra oko 1 950 m, iskop bušotina za pilote oko 165 m, beton i glinobeton pilota oko 120 m^3 i utrošak injekcijske smjese oko 380 000 kg.

Pristup građevini omogućen je novoizvedenom asfaltnom prometnicom. Čitava se građevina nalazi na uređenom platou ploštine $2\,600\text{ m}^2$ (betonske staze i zelenilo) koji je ograđen zidovima visine do 80 cm i željeznom ogradom. Za potrebe građevine i hortikulture izgrađen je vodovod DN 100 s hidrantskom mrežom.

2.2.2 Tlačni cjevovod CS-a Dujmovača (T-5) i gravitacijski kolektor K-52 s pripadajućom infrastrukturom

Tlačnim se cjevovodom T-5 sva otpadna voda sakupljena u bazenu CS Dujmovače transportira do sabirnog okna, odnosno do hidrotehničkog tunela Stupe.

Cjevovod je izveden PEHD cijevima promjera 700 mm u duljini $L = 786,50$ m i položen je u trupu ceste. Na dionici tlačnog cjevovoda izvedeno je i ugrađeno ukupno 6 zračnih ventila na razmaku 100-130 m, a spajanje PEHD cijevi obavljeno je čeonim elektrozavarivanjem.

S druge strane, gravitacijski kolektor K-52 prati paralelno tlačni cjevovod u duljini od 325 m na nešto većoj dubini i dovodi otpadnu vodu lokalne mreže do crpnog bazena. Izveden je azbestcementnim cijevima promjera 300-600 mm koje povezuju ukupno 12 revizijskih okana. Izvedba radova tekla je otežano zbog većeg broja podzemnih instalacija i potrebe privremene regulacije prometa.

Dodatni problem je također bio vrlo visok nivo podzemne vode. Zbog blizine nasipa željezničke pruge dio kanala duljine 120 m bilo je potrebno obostrano zaštititi podgradnom konstrukcijom.

2.2.3 CS Duje s tlačnim cjevovodom T-4, preljev P1, gravitacijski kanal K-41 i pripadajuća infrastruktura

CS *Duje* locirana je na predjelu Kopilica. Otpadna voda se tlačnim cjevovodom T-4 crpi do sabirnog okna RO-51 na gravitacijskom kanalu K-51 kojim se otpadna voda odvodi do CS Dujmovače.

Tlačni cjevovod T-4 položen je u cesti u duljini od $L = 325,00$ m, a izveden je PEHD cijevima DN 500 mm s ukupno 3 zračna ventila i mjeračem protoka. Paralelno s cjevovodom T-4 u zajedničkom je rovu i gravitacijski kanal K-41 koji skuplja otpadnu vodu lokalne mreže te je odvodi do preljeva P1. Kanal je izveden azbestcementnim cijevima 300 mm duljine 177,00 m s ukupno 5 revizijskih okana. Preljev P1 je u dijelu postojećeg vrlo aktivnog kanala 275×200 cm koji prikuplja svu otpadnu vodu zapadnog dijela slijeva Dujmovača.

Potom, u zajedničkom rovu spomenutih kanala izgrađen je i novi vodovod DN 200 u duljini 230,00 m te položene cijevi kabelske kanalizacije.

CS Duje se sastoji od podzemne i nadzemne građevine sa sadržajem prostorija sličnim kao i u CS Dujmovača. Ukupna tlocrtna ploština stanice s nadzemnom građevinom jest $182,10\text{ m}^2$. Tlocrtna dimenzije su $10,70 \times 10,00$ m i $9,30 \times 7,00$ m, a najveća visina iznad nivelete je 4,30 m. Kota dna bazena je na 1,10 m n.m., veličina bazena 120 m^3 .

Sastav tla na lokaciji crpne stanice Duje zahtijevao je složenu zaštitu građevne jame koja se sastoji se od armiranobetonskih i glinobetonskih pilota

I za ovu je crpnu stanicu bilo potrebno izvesti pristupnu cestu i plato ploštine $1\,150\text{ m}^2$.

2.2.4 Gravitacijski kanal K-51, kišni preljevi P2 i P3 te pripadajuća infrastruktura

Kanal K-51 je glavni kolektor zapadnog dijela slijeva CS Dujmovača kojim se odvođe otpadne vode sa slijevnog područja CS Duje i područja sjeverno i južno uz Solinsku cestu u CS Dujmovača. Otpadne vode prikupljaju se dijelom gravitacijski, a dijelom crpenjem iz CS Duje (preko tlačnog cjevovoda T-4).

Kanal K-51 položen je u trupu južnoga kolničkog traka Solinske ceste čitavom duljinom od $1\,722,50$ m, a izveden je azbestcementnim cijevima promjera 800 mm. Na čitavoj je dionici kanala ukupno 45 revizijskih okana. U zajedničkom rovu kanala K-51 izgrađen je novi vodovod

DN 200 duljine 1 300,00 m te ugrađene cijevi za telekomunikacijski kabel.

Preljev P2 lociran je južno od Solinske ceste, a funkcija mu je prikupiti otpadne vode mješovitog tipa koje, nakon razrjeđivanja, usmjerava u kanal K-51. Višak preljevnih voda postojećim se kanalom ispušta u more u Sjevernoj luci. Izveden je kao armiranobetonska konstrukcija dimenzija $19,20 \times 1,40$ do $5,50$ m i visine $2,80$ do $4,30$ m. Uza sam preljev su dovodni kolektori promjera 900 mm, duljine 39,00 m, promjera 800 mm, duljine 27,00 m i 700 mm, duljine 20,00 m. Međusobno su povezani revizijskim oknima dubine i do 7 m.

Preljev P3 lociran je južno od Solinske ceste, neposredno uz gradsku prometnicu. Kao i prethodni, tako i ovaj preljev treba razrijeđenu vodu usmjeriti u kanal K-51, dok se višak vode odvodi preko lateralnog kanala u more.

Građevina je armiranobetonska konstrukcija tlocrtnih dimenzija $19,00 \times 2,00$ do $5,30$ m i visine $2,90$ do $3,60$ m. Uza sam preljev P3 izgrađen je dovodni armiranobetonski kanal 130×180 cm, duljine 30,00 m te odvodni armiranobetonski kanal od preljeva ispod ceste 120×140 cm, duljine 30,00 m.

Kod obaju preljeva radovi su bili otežani zbog postojeće kanalizacije koja se morala raznim premoštenjima preusmjeriti. Sve vrijeme rada promet je tekao jednim kolničkim trakom uz regulaciju prometa semaforima.

2.2.5 Tlačni cjevovod CS Solin (T-6), gravitacijski kolektor K-63 i pripadajuća infrastruktura

Ovim tlačnim cjevovodom transportiraju se fekalne otpadne vode iz CS Solin do priključnog okna RO-63, a dalje gravitacijskim kanalom K-63 do sabirnog okna na području Mostina. Tlačni je cjevovod izveden PEHD cijevima DN 560 mm, u duljini 988,35 m, a gravitacijski kanal K-63 s azbestcementnim cijevima 700 mm, duljine 310,00 m. Na dionici tlačnog cjevovoda postavljeno je 5 zračnih ventila i mjerač protoka, a na dionici gravitacijskog kanala K-63 ukupno 11 revizijskih okana.

Kao i kod ostalih kanala, otežavajuću okolnost predstavljale su postojeće instalacije koje često nisu bile u skladu s položajem ucrtanim u shemama instalacija. Zbog položaja tlačnog cjevovoda (najvećim dijelom ide paralelno uz brzu cestu od Solina do iza rotora) i skučenosti radnog prostora, bilo je vrlo teško obavljati montažu PEHD cijevi koje su spajane elektrozavarivanjem.

2.2.6 Glavni kolektor slijeva Solin-pravac Kaštela (K-61)

Ovaj gravitacijski kolektor prihvaća fekalnu otpadnu vodu iz zapadnog dijela Solina i odvodi je prema CS Solin. Duljina kanala je 1 158,10 m, a izveden je azbestcementnim cijevima promjera 400 mm. Na trasi kanala izgrađeno je ukupno 25 revizijskih armiranobetonskih okana.

Pri izvedbi radova otežavajuća su okolnost u dinamici radova bili arheološki nalazi.

2.2.7 Glavni kolektor slijeva Solin-pravac Klis (K-62)

Gravitacijski kanal K-62 prikuplja fekalne otpadne vode pripadajućih sjevernih područja Solina, Klisa i Dugopolja koje se dalje odvođe prema CS Solin. Kanal je izveden u kolniku javne ceste duljine 681,10 m azbestcementnim cijevima 400 mm. Posebno je pri izvedbi ovog kanala bila otežavajuća okolnost velik broj arheoloških nalaza.

Osnovne količine izvedenih radova su: iskopi $65\ 000\ \text{m}^3$, nasipi $55\ 000\ \text{m}^3$, betoni $10\ 700\ \text{m}^3$, armatura $370\ 000\ \text{kg}$, asfalt $24\ 000\ \text{m}^2$, kanalizacijske cijevi $7\ 000\ \text{m}$ i polaganje ostalih cijevi za instalacije vode, elektroenergije i HT instalacija $15\ 800\ \text{m}$.

2.3 Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda Stupe

Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda Stupe (UPOV) središnja je građevina kanalizacijskog sustava Split-Solin. Do njega se transportiraju sve prikupljene otpadne vode iz pripadajućeg slijeva i na njemu se pročišćavaju prije ispuštanja kroz podmorski ispust u more.



Slika 4. Zgrade uređaja za pročišćavanje otpadnih voda Stupe

Nabrojiti ćemo najvažnije izgrađene građevine:

2.3.1 Pristupne prometnice i plato UPOV-a

Glavni dovodni kanal kućanskih i industrijskih otpadnih voda spajan je azbestcementnim cijevima promjera 1 200 mm iz hidrotehničkog tunela Stupe duljine $L = 20$ m.

Sanitarni je sabirnik od azbestcementnih cijevi promjera 700 mm (lokalni dovod) duljine $L = 550,00$ m.

Stanica za prihvat sadržaja septičkih jama i sličnih sadržaja otpadnih voda i gustotekućeg mulja i njihovu obradu locirana je na južnom rubu područja UPOV-a, na lako prilaznoj poziciji za posebna vozila-cisterne kojima se takvi sadržaji dovoze na obradu. Tlocrtna je ploština iznosi $100\ \text{m}^2$.

Zgrada automatskih rešetaka i aeriranog pjeskolova i mastolova s pratećim servisno-upravnim prostorijama locirana je u središnjem dijelu prostora zahvata, u produžetku dovoda iz hidrotehničkog tunela.

U prvom dijelu otpadne vode protječu kroz automatske fine rešetke (10 mm razmak štapova) te kroz vrlo fine rešetke (2 mm razmak štapova). Izdvojeni otpadni materijal s rešetki izdvaja se i odlaže u spremnike smještene u prostorijama južnog aneksa zgrade. Nakon rešetaka otpadne vode protječu kroz bazene aeriranog pjeskolova i mastolova, gdje se na površinu vode izdvajaju masnoće (pospješeno upuhivanjem zraka), a na dno bazena talože se mineralne čestice teže od vode. Izdvojeni se pijesak vadi i ispire na separatoru i također odlaže u južnom aneksu zgrade. Izdvojene se masnoće crpkom vraćaju na početak dovodnog kanala ispred finih rešetaka, kako bi se na njima izdvojile lijepljenjem za krupnije otpadne čestice.

U sjevernom dvokatnom aneksu zgrade smještene su upravne i servisne prostorije, garderobe osoblja koje poslužuje UPOV, te osoblja koje radi na kolektorskoj mreži dijela Splita, administrativne prostorije i laboratorij. Tlocrtna je površina 610 m².

Zgrada biofiltra locirana je na sjevernoj strani područja UPOV-a, iza glavne zgrade. Na biofiltre dovodi se sav neugodnim mirisima zagađeni zrak iz stanice za sadržaje septičkih jama, iz prostora rešetaka i mastolova i pjeskolova i iz prostorija gdje su kontejneri s otpadom s rešetaka i pjeskolova na pročišćavanje. Nakon prolaska kroz biofiltre zrak se slobodno ispušta u atmosferu. Tlocrtna je ploština 610 m².

2.3.2 Transformatorska i agregatska stanica (TS) Stupe

Transformatorska i agregatska stanica (TS) Stupe 20 kV, za redovitu i izvanrednu opskrbu UPOV-a električnom energijom, locirana je sa sjeverne strane područja UPOV-a iza glavne zgrade. Tlocrtna ploština je 120 m².

Osim glavnih građevinskih radova izvedeni su i svi završni uključujući i hortikulturno uređivanje površina s automatskim navodnjavanjem.

Osnovne količine izvedenih radova: 110 000 m³ iskopa, 22 000 m³ nasipa, ugrađeno je 6 400 m³ betona i 250 000 kg razne armature, a asfaltirano 9 500 m².

Zemljani radovi obavljali su se miniranjem i upotrebom rovokopača.

Građevine su kombinacija monolitne i polumontažne gradnje.

Glavni građevni materijali dovozili su se iz stalnoga proizvodnog pogona na Sirobuji.

Osim odgovarajuće oplote za betoniranje sustava, rabila se sljedeća mehanizacija: bušilice za minske bušotine,

rovokopači, damperi, toranjske dizalice, autodizalice, kompresori, crpke, bušilice za beton, pile za beton i kombi vozilo.

Radovi su se obavljali u blizini voda, iskopi su bili otežani u kišnom razdoblju, a posebnu specifičnost činila je izrada križnih armiranobetonskih ploča bazena pjeskolova i mastolova.

3 Potprojekt C – poboljšanje i dogradnja vodoopskrbnog sustava gradova Splita, Solina, Kaštela i Trogira

Iz potprojekta C *Konstruktor - inženjering* d.d. izveo je radove na sljedećim dijelovima sustava:

- grupa građevina na lokaciji Kunčeva Greda
- CS Solin i podsustav Sv. Kajo
- podsustav Kaštel Sućurac
- rekonstrukcija vodoopskrbne mreže na području grada Trogira.

3.1 Grupa građevina na lokaciji Kunčeva Greda

U poboljšanju vodoopskrbnog sustava Split-Solin-Kaštela-Trogir su i radovi na grupi građevina na lokaciji Kunčeva Greda koji se sastoje od: zahvatne građevine koja ima zadatak da regulira preusmjeravanje potrebne količine vode za gradove Solin, Kaštela i Trogir iz Splitskog kanala u novi dovod (Ø 1 200) i stari kaštelanski kanal, zatim crpne stanice Kunčeva Greda koja preko novog dovoda (Ø 1 200) prima vodu i tlači je do vodospreme Sutikva nova (kapaciteta 5 000 m³) preko tlačnog cjevovoda (Ø 800 mm, duljine 600 m) iz koje se zatim distribuira u mrežu niske zone Solina opskrbnim cjevovodom (Ø 600/400 mm, duljine 1 500 m). Crpnom stanicom voda se tlači i u smjeru preostalog dijela Solina te Kaštela i Trogira.



Slika 5. Građevine na lokaciji Kunčeva Greda

U spletu gore navedenih projektiranih građevina obavljani su neki specifični i tehnički zahtjevni radovi, i to:



Slika 6. Situacija vodoopskrbnog sustava gradova Splita, Solina, Kaštela i Trogira

1. Spoj zahvatne građevine na Splitski kanal, preko kojeg se opskrbljuje veći dio grada Splita. Izgrađen je uglavnom u noćnim satima jer ni u jednom trenutku nije smjelo doći do prekida vodoopskrbe.
2. Prolaz cjevovoda Ø 1 200 ispod kaštelanskog kanala – pri izvedbi moralo se proći ispod kaštelanskog kanala promjera 2 000 (800) mm koji je u vrlo lošem stanju i u funkciji, što se obavljalo ručnim iskopom i podgrađivanjem u dionicama od 50 cm u rovu na dubini od 4,00 m, duljine 2,5 m.
3. Tunel ispod splitskog i Dioklecijanova kanala - za potrebe izvedbe cjevovoda (Ø 800, Ø 600 i Ø 400 mm) između vodospremnika Sutikva nova i CS Kunčeva Greda. Tunel ispod Splitskog i Dioklecijanova kanala duljine je 9,00 m i ploštine presjeka 11,00 m². Specifičnost tunela je u tome što prolazi samo 50 cm ispod Dioklecijanova kanala (starog više od 1 700 godina) i ispod Splitskog kanala. Oba su kanala sve vrijeme morali biti u funkciji jer čine 70% potreba za vodom grada Splita. Pri izvedbi tunela (a radi zaštite kanala) najprije je izbetoniran zapadni portal tunela, a zatim je započela izvedba sistema *pipe-roof* ("zaštitni kišobran"). Rupe su bušene uz istodobno

uvlačenje cijevi Ø 110 mm, kroz koje se svod injektirao betonom. Nakon toga izbetoniran je istočni portal tunela te se započelo s iskopima. Iskop se obavljao u dionicama duljine oko 1,2 m, i to ručno (pneumatskim čekićem), hidrauličnim čekićem težine 150 kg te hidrauličnim prešama uz stalno praćenje pomaka u tlu. Pošto bi se iskopala određena dionica, postavila bi se armatura te zaštita armature torkretom (suhi postupak). Tijekom obavljanja poslova na tunelu, a posebno pri iskopu, bilo je mnogo problema (gubitak vode iz kanala, urušavanje materijala itd...), no ni u jednom trenutku nije došlo do ugrožavanja ljudskih života, vodoopskrbe, kao ni same građevine.

Konstruktor je iskopao 30 000 m³ materijala u širokom iskopu te 25 000 m³ u rovovima, ugrađeno je 6 000 m³ betona, 500 000 kg betonskog čelika, 10 000 m³ raznih frakcija kamenog agregata, 6 000 m³ asfaltnog zastora.

Iskopi su se obavljali jaružalima s hidrauličkim čekićem, a ukrcaj i odvoz jaružalima sa žlicom i kamionima na odlagalište udaljeno 12 km. Oplata, beton i armatura su se na svim građevinama ugrađivali toranjnim dizalicama, osim na oknima cjevovoda gdje su se ugrađivali bagerom.

3.2 CS Solin i podsustav Sv. Kajo

U okviru ovog projekta *Konstruktor-inženjering* d.d. izveo je građevinske radove:

- crpne stanice Solin i Sv. Kajo tlocrtnih dimenzija $6,90 \times 7,70$ m,
- vodospremnik Sv. Kajo kapaciteta 2×500 m³,
- cjevovodi podsustava Sv. Kajo.

Pri iskopu za ove cjevovode naišlo se na arheološke nalaze uzduž cijele trase cjevovoda i na velik broj postojećih instalacija. Zbog toga je radove trebalo izvoditi u manjim dionicama i trasu usklađivati sa stanjem na terenu.

Rad na cjevovodu kroz naselje bio je posebno zahtjevan zbog vrlo male širine ulice (3 m) otežanog pristupa i velikoga uzdužnog nagiba ulice, pa je iskorištena prikladna mehanizacija (minibager i minidamperi).

Za prolaz cjevovoda ispod prometnice ("stara magistrala") bilo je potrebno zatvoriti promet cestom, a zbog važnosti prometnice izvedba se morala dovršiti u najkraćem mogućem roku. Cijeli je posao obavljen, unatoč nepovoljnim vremenskim uvjetima, danonoćnim radom u 4 dana tako da su nakon iskopa na pripremljenu podlogu postavljena dva montažna armiranobetonska elementa dimenzija $2,10 \times 2,50 \times 5,15$ m.



Slika 7. Radovi na vodospremi CS Solin i podsustavu Sv. Kajo

3.3 Podsustav Kaštel Sućurac

Na podsustavu Kaštel Sućurac, *Konstruktor-inženjering* je obavio radove na vodospremniku Kaštel Sućurac kapaciteta 3 000 m³.

3.4 Rekonstrukcija vodoopskrbne mreže na području grada Trogira

Na rekonstrukciji vodoopskrbne mreže na području grada Trogira, *Konstruktor – inženjering* d.d. izveo je:

- dio tlačnog cjevovoda DN 400 mm na dionici: CS Kaštel Štafilić-vodospremnik Pantana duljine 70 m,
- dio tlačnog cjevovoda DN 600 mm na dionici: CS Kaštel Štafilić - vodospremnik Pantana (posljednja dionica prije vodospremnika) duljine 1 000 m,
- opskrbeni cjevovod od vodospremnika Pantana u smjeru Trogira DN 700 mm (dionica od vodospremnika do Jadranske turističke ceste) ukupne duljine 265 m,
- opskrbeni cjevovod od prijelaza Jadranske turističke ceste do spoja na postojeću vodoopskrbnu mrežu Trogira DN 400 ukupne duljine 155 m,
- prolaz cjevovoda ispod Jadranske turističke ceste
- rekonstrukciju cjevovoda unutar zasunske komore vodospremnika Pantana.

4 Zaključak

U radu su opisani radovi koje na građevinama iz potprojekata vezanih uz kanalizacijske sustava Splita i Solina i dogradnji vodoopskrbnih sustava Splita i okolnih gradova izvodio *Konstruktor-inženjering*.

U potprojektu kanalizacijskih sustava Splita i Solina izvedeni su hidrotehnički tunel Stupe sa sabirnim oknom, kanalizacijska mreža slijevova Dujmovača i Solin te uređaj za pročišćavanje otpadnih voda Stupe. Detaljno su prikazani svi dijelovi pojedinih građevina i njihova izvedba te problemi s kojima su se graditelji sretali tijekom građenja.

U potprojektu kojim je poboljšana postojeći vodoopskrbni sustav opisani su izvedeni radovi na grupi građevina na lokaciji Kunčeva Greda, gdje su posebno zahtjevni projektanski i građevinski radovi bili na spoju zahvatne građevine na Splitski kanal, prolazu cjevovoda Ø 1 200 ispod Kaštelanskog kanala te tunelu ispod Splitskog i Dioklecijanovog kanala). Opisani su i radovi na crpnim stanicama Solin i Sv. Kajo, vodospremniku Sv. Kajo i cjevovodima podsustava Sv. Kajo. U Kaštel Sućurcu izvedeni su radovi na velikom vodospremniku, a rekonstruirana je i vodoopskrbna mreža na području grada Trogira. Tu je izveden dio tlačnog cjevovoda na dionici CS Kaštel Štafilić do vodospremnika Pantana, opskrbeni cjevovod od vodospremnika Pantana prema Trogiru, opskrbeni cjevovod od Jadranske turističke ceste do spoja na vodoopskrbnu mrežu Trogira, prolaz cjevovoda ispod Jadranske turističke ceste te rekonstruiran cjevovod u zasunskoj komori vodospremnika Pantana.

Sve se opisane građevine uspješno rabe već gotovo godinu dana.

LITERATURA

- [1] Andročec, V.; Ivančić, B.: *Projekt EKO-Kaštelanski zaljev*, Građevinar 55 (2003) 7, 377-381
- [2] Tedeschi, S.: *Zaštita priobalnog mora Splita, Solina, Kaštela i Trogira*, Građevinar 55 (2003) 8, 443-448
- [3] Ivančić, B.: *Iskustva iz rada na Projektu EKO-Kaštelanski zaljev*, Građevinar 55 (2003) 9, 507-512
- [4] Čajkušić, Z.: *Poboljšanje i dogradnja vodoopskrbnog sustava Split-Solin-Kaštela-Trogir*, Građevinar 55 (2003) 10, 569-574
- [5] Ravlić, N.: *Optimizacija projekta prve etape kanalizacijskog sustava Split-Solin*, Građevinar 55 (2003) 11, 713-722
- [6] Čatlak, Z.: *Izgradnja prve etape kanalizacijskog sustava Split-Solin*, Građevinar 56 (2004) 1, 1-10
- [7] Lakoš, P.: *Izvedba hidrotehničkog tunela Stupe*, Građevinar 56 (2004.) 2, 61.-68.
- [8] Bojanić, D.: *Proračun koncentracije eksplozivnih plinova u kanalizacijskom tunelu Stupe*, Građevinar 56 (2004) 3, 127-135
- [9] Ravlić, N.; Čatlak, Z.: *Kanalizacijski sustav Split-Solin - od ideje do realizacije*, Građevinar 56 (2004) 4, 191-197
- [10] Reić, P.: *Kanalizacijski sustav Kaštela-Trogir*, Građevinar 56 (2004) 5, 259-265
- [11] Mihelčić, D.; Lalić, R.: *Vodoopskrbni sustav Split-Solin-Kaštela-Trogir*, Građevinar 56 (2004) 6, 329-339
- [12] Reić, N.: *Sustav daljinskog nadzora i upravljanje u Projektu Eko-Kaštelanski zaljev*, Građevinar 56 (2004) 7, 399-408
- [13] *** *Zaključno o Projektu Eko-Kaštelanski zaljev*, Građevinar 56 (2004) 8, 467-474