

VODOOPSKRBA I ODVODNJA OTPADNIH VODA DUBROVNIKA

PRIPREMILI:
Luka Jelić, Davor Stanković,
Hynek Suchy, Emir Mešić

Kvalitetna vodoopskrba i odvodnja za grad neupitne ljepote

Kanalizacijska mreža u gradskoj jezgri jedna je od najstarijih u Europi, a s tehničkim rješenjem i izvedbom zidanih i nadsvođenih prostora jedan od najznačajnijih spomenika dubrovačke kulture

Uvodne naznake

Za život je svakog grada iznimno važna njegova infrastruktura. Takva je tvrdnja vrijedila u prošlosti, a još više vrijedi danas. U najstarije i najosnovnije infrastrukturne sustave pripadaju sustavi vodoopskrbe i odvodnje otpadnih voda. Ti se vodno-komunalni infrastrukturni sustavi smatraju krvotokom svakog grada. Potrebno je usporediti sa svakim gradskim napretkom razvijati i odgovarajuću vodno-komunalnu infrastrukturu. Takav je razvitak, dakle, trajna zadaća. Što je neka urbana sredina veća i složenija, ispunjavanje tog zadatka postaje sve složenije.

Grad Dubrovnik ima dugu i kontinuiranu povijest. Vjeruje se da su grad početkom 7. stoljeća osnovale izbjeglice iz obližnjeg Epidaura, razorenog u prodiru Avara i Slavena. Od tada se grad više ili manje stalno intenzivno razvijao. U početku se vodoopskrba i odvodnja bazirala na jednostavnim i pojedinačnim rješenjima. Međutim, tijekom 14. i 15. stoljeća, u Dubrovniku je započeo razvoj vodno-komunalnih infrastrukturnih sustava, dakle vodoopskrbe i odvodnje koje su se zasnivale na transportu pitke, odnosno otpadne vode kanalima, dijelovi kojih su i danas u funkciji.

Sada usluge vodoopskrbe i odvodnje na gradskom području pruža *Vodovod Dubrovnik d.o.o.*, koji uz grad Dubrovnik pokriva i općine Župa dubrovačka, Dubrovačko primorje i Ston. Na uslužnom je području sedam vodoopskrbnih sustava s godišnjom crpljenom količinom vode od otprilike 9.400.000 m³.

Sustav vodoopskrbe

Povijesni razvoj

U prvim stoljećima postojanja vodoopskrba se stanovništva Dubrovnik zasnivala na cisternama u kojima se skupljala kišnica, ali i, gdje god je bilo moguće, kopanim zdencima – "pučevima". Osim cisterni za pojedine kuće, građene su i javne, čije je korištenje bilo omogućeno svim gradskim stanovnicima.

No s razvojem grada i porastom broja stanovnika povećala se i potreba za vodom što se nije moglo zadovoljiti vlastitim izvorima. Stoga se, posebno u sušnim ljetnim mjesecima, voda dovozila brodovima iz Župe i Rijeke dubrovačke.

Dodatno je povećanje potrebe za vodom uzrokovano razvojem tkalačkih i kožarskih zanata pa se povećala učestalost dopreme brodovima, čak i u manje sušnim mjesecima. Tako je 29. prosinca 1433. bilo određeno da svakodnevno dva broda dopremaju vodu iz Mlina, a u listopadu 1434. bilo je potrebno čak deset brodova.

Dubrovačka Republika zaključila je 1436. ugovor s dva majstora iz Italije koji su se obvezali dovesti vodu sa Šumeta u Dubrovnik i u gradu izgraditi dvije česme

Zbog stalnog povećavanja potrebe za vodom, gradske su vlasti 1436. donijele odluku o gradnji kanala za transport s izvorišta iz zaleđa. Zahvaćena su izvorišta, od kojih je najvažnije Vrelo kod Šumeta, smještena na nadmorskim visinama koje



Trasa staroga dovodnog kanala

omogućuju gravitacijsko tečenje do grada. Iako je u blizini Dubrovnika vodom najizdašniji izvor rijeke Omble, nadmorska visina nije dozvoljavala dotjecanje slobodnim padom do Dubrovnika.

Za gradnju je kanala Dubrovačka Republika 20. lipnja 1436. zaključila ugovor s dva majstora iz Italije koji su se zvali Onofrio da la Cava i Andreucius de Tramonete de Bulbito. Ugovorom, za koji bismo danas rekli da je bio tipa "ključ u ruke", majstori su se obvezali dovesti vodu sa Šumeta u Dubrovnik i u gradu izgraditi dvije česme. U potpisanom dokumentu bili su navedeni odgovarajući "zahtjevi naručitelja" poput najmanje dimenzije kanala, način izvedbe, materijali za ugradnju i sl. Bio je uglavljen i "rok izgradnje" (do kraja listopada 1437.), "jamstveni rok" (godina dana u kojoj je trebalo ukloniti eventualne kvarove i oštećenja) i "obuka osoblja" (uvođenje u posao dva domaća majstora). Uz ugovorenu cijenu (8250 zlatnih mletačkih dukata u obročnim isplatama), Republika je talijanskim majstorima dala i određene poticaje, poput osiguranja stana u gradskom središtu i izjednačavanje s pravima dubrovačkih građana.

Dovodni je kanal proradio 1438. godine. Duljina mu je bila otprilike 11.700 m i sastojao se od nadzemnih i podzemnih dijonica. Prihranjivao se iz više pojedinačnih izvora (Bota, Orahovac, Račevica, Vrelo, Podvrelo i Vrijesna glavica). Na trasi su izgrađeni i rezervoari za spremanje vode i taloženje nečistoće. Iz posljednjeg i najvećeg (rezervoara *Mlini*) punila se velika cisterna u *Minčeti*, iz koje je voda dotjecala do dvije gradske česme. Dovodni je kanal bio od vitalnog značaja za Dubrovnik, pa je brižno čuvan. Propisi su predviđali stroge kazne za krađu vode te oštećenje ili začepljenje kanala, ali i onečišćenje vode. Kapacitet je kanala procijenjen na 70 l/s.

Navedeni sustav ostao je u funkciji do prve polovice 20. stoljeća kada je stari kanal postupno zamijenjen ukopanim cjevovodima. Također je u stari kanal crpkama uvedena i voda s izvora Omble, a 1958. godine to je izvorište postalo glavno. Tada je izgrađena crpna stanica s kapacitetom od 240 l/s te probijen hidrotehnički tunel kroz brdo Srđ i izgrađen



Prikaz vodoopskrbnog sustava Dubrovnika

glavni vodospremnik. To je zapravo i okosnica današnjega vodoopskrbnog sustava grada Dubrovnika.

Postojeće stanje

Na području su Dubrovnika danas u pogonu dva vodoopskrbna sustava: Vodoopskrbni sustav *Dubrovnik* i Vodoopskrbni sustav *Zaton – Orašac – Elafiti*. Glavni su izvori vodoopskrbnog sustava Dubrovnika izvorišta odnosno zahvati Ombla, Vrelo i Račevica, dok se vodoopskrbni sustav za Zaton, Orašac i Elafite zasniva na zahvatu izvorske vode Palata. Zahvaćena se voda ne obrađuje, već se samo dezinficira prije distribucije u vodo-

opskrbnu mrežu.

Glavne su građevine današnjeg vodovoda izgrađene u razdoblju od 1958. do 1980. godine. Danas vodoopskrbni sustav grada Dubrovnika opskrbljuje vodom više od 37.000 stanovnika.

Vodoopskrbni je sustav Dubrovnika podijeljen u dva međusobno povezana, a funkcionalno samostalna sustava. Prvi i veći, koji vodom opskrbljuje grad Dubrovnik, dio naselja Lozica, naselje Bosanka i otok Lokrum te manji koji vodom opskrbljuje područje s naseljima Komolac, dio naselja Čajkovića, Čajkovići, Rožat, Prijedor, Nova Mokošica, Mokošica, Gornje Obuljeno, Petrovo Selo, Pobrežje i Osojnik.

Osnovu vodoopskrbnog sustava Du-

brovnika čini zahvat na izvoru Ombla i CS *Ombla* ($Q_{max} = 520$ l/s). Crpna je stanica izgrađena 1980. i do danas je u funkciji uz povremene rekonstrukcije. Nakon Domovinskog rata rekonstruirane su elektroinstalacije i elektromotorni pogon.

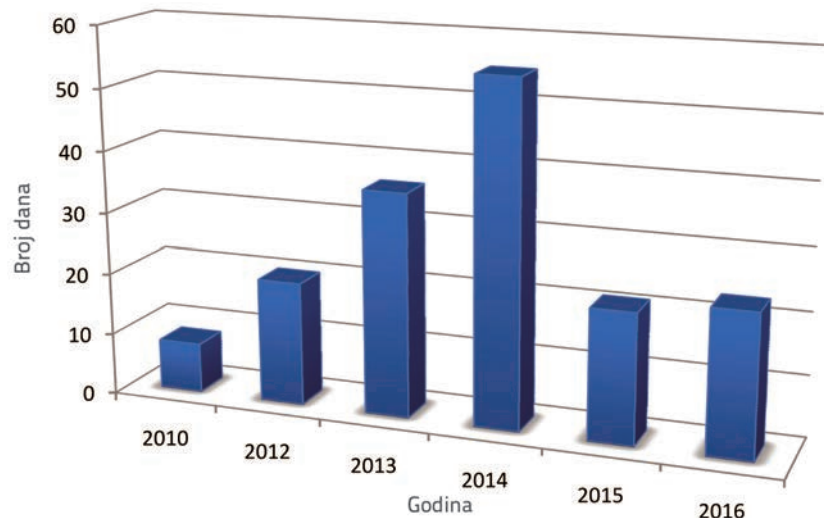
Iz CS *Ombla* voda se transportira čeličnim cjevovodom ($\varnothing 600$ mm) prema hidrotehničkom tunelu ispod brda Srđ, s odvojkom ($\varnothing 400$ mm) za punjenje vodospremnika *Komolac*. U hidrotehničkom tunelu smješten je pravokutni armirano-betonski gravitacijski kanal (dimenzija 55×86 cm, dug 2994 m) kojim voda teče u južnom smjeru i puni vodospremnik *Niska zona*.

Vodospremnik *Niska zona* glavni je vodospremnik grada Dubrovnika. Iz tog se vodospremnika gravitacijski opskrbljuje nisko područje Dubrovnika i puni vodospremnik *Babin kuk*, a dio se vode uz pomoć CS *Visoka zona* crpi u vodospremnik *Visoka zona* iz kojeg se gravitacijski opskrbljuje visoki dio grada. Iz VS *Visoka zona* se s pomoću crpki CS *Srđ* puni VS *Srđ* koji služi za opskrbu naselja Bosanka iznad Dubrovnika.

Uočljivo je da su na području grada Dubrovnika formirane dvije visinske zone. Niži su dijelovi pod utjecajem VS *Niska zona* i obuhvaćaju dijelove Gruža, Ploča i Lapada ispod 50 m n.m. te Pile, Stari grad i Babin kuk. Babin kuk se izravno opskrbljuje iz istoimenog vodospremnika. Viši su dijelovi grada pod utjecajem tlaka iz VS *Visoka zona* i obuhvaća dijelova naselja Gruž, Ploče i Lapad iznad kote 50 m n.m. U sustavu je i nekoliko dodatnih precrpnih stanica koje osiguravaju vodoopskrbu viših područja.

Postojeća vodoopkrbna mreža na području Dubrovnika izgrađena je od različitih materijala, a prema dostupnim podacima prevladavaju azbest-cementne i pocinčane cijevi. Stanje je vodoopkrbne mreže loše zbog uporabljenih materijala i starosti. Stoga su gubici u vodoopskrbi znatni i iznose do 45 %. Mora se ipak istaknuti da ta iznesena veličina sadrži i količine koje se troše za tehničke potrebe funkcioniranja cijelog sustava.

Izvor se Omble nalazi u litici, u selu Komolac, sjeverno od Dubrovnika. Ta se rijeka dijelom opskrbljuje vodom iz rijeke



Broj dana s povišenom mutnoćom na izvorištu Ombla (2010. – 2016.)

Trebišnjice (ponire na prostoru od Trebinja do Serdara), ali i iz vlastitog sliva. Rijeka dubrovačka, što joj je drugi naziv, duga je svega 1250 m i u more utječe sjeverno od Gruške luke, morski utjecaj doseže do brane pokraj izvora.

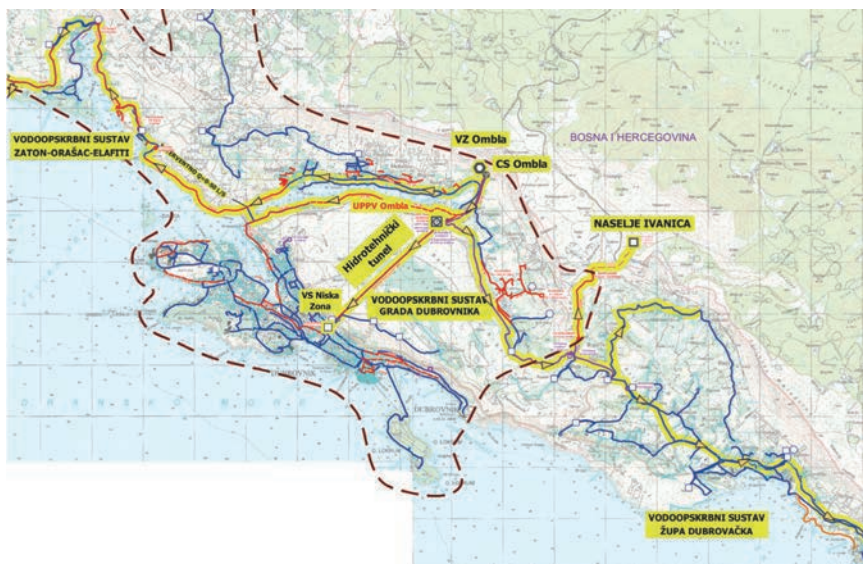
Voda izvire iz četiri izvora na visini od 2 do 3 m.n.v. Izvori su zajaženi branom radi akumuliranja pitke vode i zaštite od utjecaja mora. Izvor se koristi kao glavni zahvat za vodoopkrbni sustav s kojim se opskrbljuje Dubrovnik i područje uz Rijeku dubrovačku. Instalirani je kapacitet zahvata 520 l/s, a voda se zahvaća na koti 2 m.n.v. Godišnja je količina zahvaćene vode gotovo 6,8 milijuna m^3 , odnosno maksimalna dnevna količina vode izvorišta Ombla iznosi 28.000 m^3 /dan.

U sušnom je razdoblju kakvoća vode u skladu s hrvatskim i europskim propisima, ali se mutnoća za jačih oborina znatno povećava i u posljednje četiri godine duže traje

U normalnom sušnom razdoblju kakvoća je vode u skladu s hrvatskom i europskom zakonskom regulativom. Za jačih se oborina znatno povećava mutnoća. Iznimno je ozbiljan problem povećanje i ukupno

trajanje razdoblja mutnoće u posljednje četiri godine. U rujnu 2014. zabilježeno je zamućenje čak do 350 NTU (Nephelometric Turbidity Units – nepelometrijska jedinica zamućenosti), što je maksimalno interno izmjerena vrijednost. Uz mutnoću, zapravo povišen sadržaj suspendiranih tvari, dolazi i do pogoršavanja drugih parametara kvalitete vode, posebno njezine mikrobiološke kvalitete. Broj dana s povećanom mutnoćom vjerojatno raste zbog klimatskih promjena, provedenih istražnih radova od strane HEP-a za potrebe buduće hidroelektrane i potrage za novim izvorima pitke vode u općini Ravne (BiH).

Izvor se Vrelo nalazi na području Šumeta, istočno od Dubrovnika, a voda izvire na koti 109 m n.m. Izvor služi kao lokalni zahvat za vodoopskrbu područja Šumeta i kao dodatni za vodoopkrbni sustav Dubrovnika. Vrelo ima minimalni kapacitet od 3-5 l/s, a maksimalni od gotovo 1000 l/s. Nekad je bio posebno važan za grad, a danas nema značaja za šire područje, ali je glavni zahvat za lokalnu vodoopskrbu. Izvor Račevica se također nalazi na području Šumeta, sjeverozapadno od vodozahvata *Vrelo* od kojeg je udaljen približno 600 m. Koristi se kao lokalni zahvat za vodoopskrbu Šumeta u sklopu vodoopkrbnog sustava Dubrovnika. Minimalna mu se izdašnost procjenjuje na 0,5 l/s.



UPPV *Ombla* i spojevi na vodoopskrbne sustave Zaton i Župa dubrovačka te opskrba naselja Ivanica

Priključenost korisnika na sustav varira od naselja do naselja. Trenutačno je najmanja priključenost na vodoopskrbni sustav u naselju Knežica (50 %), a najveća u užem gradskom području Dubrovnika (98 %).

Količina fakturirane vode u 2011., 2012. i 2013. je iznosila približno 3,8 milijuna m³ na godinu. Od toga je gotovo 60 % (2,3 milijuna m³) otpada na kućanstva, 20 % (0,8 milijuna m³) na privredu te 20 % (0,8 milijuna m³) na hotele i brodove. Jasno je da su učinci turizma također skriveni u potrošnji privrede i kućanstva. Najvažniji problem vodoopskrbnog sustava *Dubrovnik* svakako je povremeno zamučivanje sirove vode na izvorištu *Ombla*. Usto je jedna od kritičnih točaka i hidrotehnički tunel ispod *Srđa* kojim se voda otvorenim betonskim kanalom transportira iz vodocrpilišta *Ombla* prema Dubrovniku. Tunel je u lošem stanju pa povremeno dolazi do odrona kamenja i procjeđivanja vode iz nadsloja. Otvoreni betonski kanal nije vodonepropustan i procjedne bi vode mogle uzrokovati onečišćenje pitke vode.

U vodoopskrbnom su sustavu Dubrovnika zabilježeni i visoki gubici koji iznose do 45 % zahvaćene vode. Razlozi su tako visokih gubitaka starost vodoopskrbnih cjevovoda i materijali koji ne zadovoljavaju suvremene zahtjeve za cjevovode – 13,8 % cjevovoda je od plastičnih cje-

vovoda (PVC i PE), a čak 39 % od azbest-cementnih cijevi (tu je poseban problem otežano održavanje).

Planirane mjere poboljšanja

U *Projektu zaštite voda od onečišćenja na priobalnom području – Potprojekt Dubrovnik*, na temelju razmatranih varijantnih rješenja, predložene su odgovarajuće mjere za rješenje nekih od spomenutih problema odnosno poboljšanje funkcioniranja vodoopskrbnog sustava. Znatno se dio mjera odnosi na gradnju novih i sanaciju ili rekonstrukciju postojećih građevina.

Priprema pitke vode s ultrafiltracijom na izvorištu *Ombla* omogućit će stabilnu i sigurnu vodoopskrbu neovisno o promjenama u kvaliteti sirove vode

Kao što je spomenuto, na širem se području dubrovačke rivijere nalaze tri nepovezana vodoopskrbna sustava od kojih je svaki zasnovan na vlastitom izvorištu. To su vodoopskrbni sustavi Dubrovnika (s izvorištem *Ombla*), Zaton, Orašca i Elafita (s izvorištem *Palata*) te Župe dubrovačke (s izvorištima *Duboka Ljuta* i

Zavrelje). U svim se sustavima zahvaćena voda ne obrađuje, već se samo dezinficira prije distribucije u vodoopskrbnu mrežu. Posljednjih je godina porastao broj incidentnih situacija povremenim povećavanjem mutnoće na izvorištima zahvaćene vode. Posebno je to izraženo na izvoru *Ombla*, glavnom vodozahvatu Dubrovnika. Posebno što je svako pogoršanje kvalitete vode ozbiljan problem za vodoopskrbu stanovništva i turista.

Analizirane su moguće varijante rješenja problema zamučivanja izvorišta pitke vode. Predložena je izgradnja uređaja za pročišćavanje pitke vode na izvorištu *Ombla* s kapacitetom koji bi u slučaju zamučivanja zadovoljio potrebe svih vodoopskrbnih sustava te gradnja transportnih cjevovoda i crpnih stanica za međusobno povezivanje vodoopskrbnih sustava i dopremu prerađene vode.

Pripravljeno je konceptijsko rješenje pripreme i pročišćavanja pitke vode za izvorište *Ombla* s ulaznim podacima:

- potreban kapacitet pročišćene pitke vode kod NTU 10 - 490 l/s
- maksimalna dnevna količina pročišćene pitke vode - 28.000 m³/dan
- godišnja količina pitke vode - 6,8 milijuna m³/god.

Uređaj mora pročititi vodu i s mutnoćom do NTU 350 kod minimalno 50% nominalnog kapaciteta. Kvaliteta pitke vode mora biti sukladna Pravilniku o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (NN 125/13). Za pripremu se pitke vode mogu upotrebljavati brojni tehnološki postupci, ovisno o onečišćenju izvora i traženoj kvaliteti pitke vode. Analizirani su mogući postupci i na kraju je, na osnovu tehničko-tehnoloških zahtjeva i prema dugogodišnjim iskustvima sa sličnim postrojenjima, za pripremu pitke vode odabrana ultrafiltracija. Priprema pitke vode s ultrafiltracijom na izvorištu *Ombla* omogućit će stabilnu i sigurnu vodoopskrbu neovisno o velikim promjenama u kvaliteti sirove vode, što je redovita pojava za intenzivnih oborina. Analizirane su i moguće lokacije postrojenja, a za daljnju je primjenu predložena lokacija *Komolac*.



Vizualizacija uređaja za preradu pitke vode *Ombla*

Uređaj za kondicioniranje pitke vode *Ombla* (u Komolcu) gradit će se u dvije faze. U prvoj će se graditi postrojenje za kondicioniranje vode, zgrada za proširenje sustava za filtriranje, trafostanica, agregat za rezervno napajanje, spremište i interna prometnica, a u drugoj postrojenje za aktivni ugljen, vodospremnik pročišćene vode za Dubrovnik ($V = 1000 \text{ m}^3$) i interna prometnica (za II. fazu).

Dakle, mjere poboljšanja vodoopskrbnog sustava i vodoopskrbe u cijelosti uključuju osiguranje kvalitete pitke vode, opskrbu novih korisnika, rekonstrukcije i smanjivanje gubitaka radi zaštite vodocrpilišta, hidrauličko poboljšanje

funkcioniranja sustava te institucionalno jačanje. Za osiguranje potrebne kvalitete treba, tamo gdje je potrebno, izgraditi uređaje za pročišćavanje pitke vode, ali i rekonstruirati postojeće građevine. Stoga je uz gradnju uređaja *Ombla* predviđena i sanacija hidrotehničkog tunela ispod Srđa te vodospremnika *Niska zona*, ali i gradnja transportnog pravca (cjevovoda, crpnih stanica i sl.) prema vodoopskrbnom sustavu *Zaton*.

Za vodoopskrbu novih korisnika predviđena je gradnja vodoopskrbne mreže Knežica – Šumet – Tor zajedno sa crpnom stanicom i vodospremnikom *Knežica*, dogradnja vodoopskrbne mreže u naseljima Dračevo Selo, Mokošica, Nova Mokošica, Gornje Obuljeno i Rožat te vodoopskrba graničnog prijelaza Brgat. Za rekonstrukciju i sanaciju dijelova vodoopskrbne mreže zbog velikih gubitaka i čestih puknuća predviđene su spojnice lijevano-željeznih cijevi u gradu Dubrovniku, ali i kom-

pletne cjevovodi uz luku Gruž i u Starom gradu te ostali kritični cjevovodi na širem dubrovačkom području. Za hidrauličko je poboljšanje potrebno graditi nove i rekonstruirati postojeće cjevovode te sanirati i nadograditi postojeće crpne stanice. Zato treba izgraditi tlačni cjevovod od CS *Ombla* do VS *Komolac* i glavni cjevovod Komolac – Čajkovići – Donje Obuljeno – Gruž.

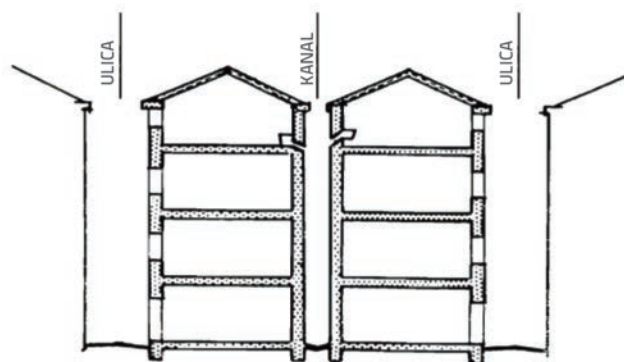
Institucionalno jačanje podrazumijeva osnivanje sustava za upravljanje gubicima u vodoopskrbnom sustavu, osnivanje DMA zona (eng. District Metered Area), sustavni nadzor i analizu gubitaka u sustavu, aktivno traženje puknuća, nabavu mjerne opreme te uvođenje te primjenu IWA (eng. *International Water Association*) metodologije u analizi gubitaka vode.

Ukupna se investicijska vrijednost svih mjera procjenjuje je na gotovo 171 milijuna kuna.

Valja svakako istaknuti da su uz spomenute zahvate na vodoopskrbnom sustavu Dubrovniku predviđeni i postupci na drugim vodoopskrbnim sustavima kojima upravlja *Vodovod Dubrovnik* koji, između ostalog, obuhvaća gradnju crpilišta Imotica i priključenje naselja Imotica na sustav Moševići – Visočani, vodoopskrbu naselja Majkovi-Dubravica i graničnog prijelaza Brgat te naselja Ivanica (II.faza), rekonstrukciju i poboljšanje mreže u na-



Hidrotehnički tunel kroz Srđ – postojeće stanje



Shematski prikaz klončine



Kanal u staroj gradskoj jezgri

seljima Štikovica i Vrbica, ali i cjelovitu rekonstrukciju cjevovoda VS Zaton 1 – VS Orašac 1

Sustav odvodnje otpadnih voda

Povijesni razvoj

Dubrovnik je bio među rijetkim srednjovjekovnim gradovima koji je vrlo rano, već od 13. stoljeća, brinuo o poboljšanju higijensko-zdravstvenih prilika i to ne samo na užem gradskom području nego na cijelom području Republike. Kanalizacijska se mreža u staroj gradskoj jezgri razvijala od 13. do 16. stoljeća, a zahvaljujući arheološkim istraživanjima poznati su njezini osnovni obrisi. Inače je već prije 1328. odlučeno da se u gradskom središtu popločaju ulice, a tada se također donose i odredbe o uređenju i održavanju sabirnih jama i odvodnih kanala. Već je 1272. kodificiran statut u kojem se daju smjernice za gradnju septičkih jama i kanala za odvod nečistoća. Izričito je propisano da septičke jame u gradu moraju biti pokrivene odnosno smještene pod kućama ili ulicama.

Prvi su kanali najvećim dijelom bili smješteni u prostoru između dviju kuća i nazivali su se klončinama (gatti). U početku su kanali bili otvoreni, no 1376. donesena je uredba da se blokovi kuća zidaju bez međuprostora, a kuće koje su ga već posjedovale morale su s te strane zazidati prozore. Tako se naime htjelo spriječiti zatrpavanje kanala nabacivanjem smeća. Poslije su otvoreni kanali u klončinama uglavnom pokriveni.

Nije poznat početak gradnje glavnih kanala, ali se zna da je glavna je gradska kanalizacija prolazila sredinom Straduna i da su se smjerovi dijelili prema istoku i zapadu

Nije poznat početak gradnje glavnih kanala u koje se slijevali kanali sporednih ulica ili klončina. Gradnja je svakako nastupila prije 1399. godine kada se spominje postojanje glavnog kanala koji je odvodio nečist od Vrata Pustijerne do obale. Glavna je gradska kanalizacija prolazila sredinom današnje glavne ulice Placa (Stradun) i to tako da su se smjerovi dijelili u dva pravca – prema istoku i zapadu, počevši od današnje poprečne ulice Celestina Medovića. Ta je regulacija provedena već 1436. godine. Zapadni se tok sve do početka osamdesetih godina prošlog stoljeća, kada je izgrađena crpna stanica *Pile*, izljevao u more kod tvrđave Bokar, dok se istočni tok izljevao u more u gradsku luku sve do 2004., kada je pušten u pogon obalni pogon i crpna stanica *Stari grad*.

Kanalizacijska mreža u jezgri Dubrovnika jedna od najstarijih u Europi. Ujedno je prema tehničkom rješenju i izvedbom zidanih i nadsvođenih prostora jedan od najznačajnijih spomenika dubrovačke kulture. Kanali su služili za mješovitu odvodnju i većinom su zidani od kamenih blokova s vezivom od gline ili mješavine gline i vapna. Ovisno o veličini, bili su pokriveni kamenim pločama ili kamenim svodom. Oborinske vode slijevale su se u

klončine i na taj način ispirale i odvodile zaostalu nečistoću, kao što su i ulijevanjem u glavnu kanalizaciju na određenim mjestima ispirale fekalne kanale. Tako izgrađena kanalizacijska mreža i danas je u funkciji, iako je u trošnom stanju i u većem dijelu ispunjena talogom.

Postojeće stanje

Već je rečeno da na području stare gradske jezgre postoji kanalizacijska mreža s mješovitom odvodnjom i da je gradnja započela krajem 14. stoljeća. No ta je kanalizacijska mreža po svom obuhvatu relativno mala. Na ostalom mnogo većem dijelu primijenjen je razdjelni način odvodnje tako je uglavnom izgrađena kanalizacijska mreža za odvodnju sanitarnih otpadnih voda.

Poslije je bilo predviđeno zadržavanje takvog koncepta odvodnje. Dakle, primijenjen je razdjelni način, pa se otpadne vode stanovništva i iz gospodarskih djelatnosti prikupljaju i odvođe zasebnom kanalskom mrežom prema lokaciji jedinstvenog uređaja za pročišćavanje otpadnih voda. Pročišćene se otpadne vode, posredstvom podmorskog ispusta, ispuštaju u obalno more. Jedino je na području stare gradske jezgre bilo predviđeno zadržavanje mješovitog načina odvodnje, što je ponajprije uvjetovano povijesnim razvojem.

U sadašnjem je trenutku kanalizacijski sustav s crpnim stanicama te uređajem za mehaničko (prethodno) pročišćavanje otpadnih voda i podmorskim ispustom ispod brda Petke izgrađen samo djelomično. Tako još uvijek i na užem području



Lokacija postojećeg UPOV-a Lapad



Unutrašnjost postojećeg UPOV-a Lapad

Dubrovnik odvodnja otpadnih voda nije riješena za Gospino polje i za Sveti Jakov. Usto neke ulice u Dubrovniku nemaju ili tek djelomično imaju riješenu odvodnju otpadnih voda. Od izvangradskih odnosno satelitskih naselja, odvodnju otpadnih voda nemaju mnoga naselja: Komolac, Čajkovići, Knežica, Šumet, Čajkovića, Bosanka, Stara Mokošica, Lozica, Pobrežje, Osojnik, Orašac, Trsteno, Brsečine, Elafitski otoci (Koločep, Lopud i Šipan) te otok Lokrum. Trenutačno se gradi kanalizacijska mreža u gradskim dijelovima Sustjepan i Solitudo odnosno naseljima Prijedor, Obuljeno, Mokošica, Glavica i Zaton.

Iako je sustav kanalizacije (ako se izuzme stara gradska jezgra) projektiran i izgrađen kao razdjelni, ipak uslijed pogrešnih priključaka i slabe izgrađenosti oborinske kanalizacije, dijelom funkcionira kao mješoviti.

Na kanalizacijskoj je mreži približno 7700 priključaka, a broj se priključenih ekvivalentnih stanovnika procjenjuje na 30.000 ES. Procjenjuje se također da priključenost na kanalizacijski sustav iznosi približno 70 % . A kanalizacijska mreža pokriva samo uže područje Dubrovnik i Mokošicu.

Otpadna voda užega dubrovačkog područja završava na uređaju za pročišćavanje otpadnih voda na Lapadu. Postojeći uređaj za pročišćavanje otpadnih voda je (nepotpunog) mehaničkog stupnja pročišćavanja. Deklarirani je kapacitet UPOV-a 50.000 ES.

Pročišćavanje počinje s ugrađenom grubom automatskom rešetkom za

uklanjanje otpada većih dimenzija. Slijedi tzv. kominutor koji bi trebao usitnjavati otpad da ne stvara probleme u daljnjem tretmana otpadnih voda, ali nije u funkciji. Voda teče kroz kanal s mjeracem protoka prije nego što dođe do aeriranog pjeskolova i mastolova za uklanjanje pijeska, masti i ulja. Prijamnik obrađenih otpadnih voda je more. Tunelom ispod brda Petke i podmorskim ispustom (profila 800 mm i dužine 1500 m) otpadne se vode ispuštaju u otvoreno more na dubini 100 m. Inače je, a to je i očekivano za prethodno čišćenje, učinkovitost pročišćavanja otpadnih voda na UPOV-u u smanjivanju tereta onečišćenja prema parametrima BPK i KPK (biološka i kemijska potrošnja kisika) vrlo mala. Stoga pročišćene vode iz UPOV-a više ne ispunjavaju tražene uvjete propisane hrvatskim i europskim zakonodavstvom.

Tunelom ispod Petke i
podmorskim ispustom
otpadne se vode ispuštaju u
otvoreno more na dubini 100
m, ali te pročišćene vode ne
ispunjavaju propisane uvjete

Prijamnik je pročišćenih otpadnih voda obalno more koje je manje osjetljivo područje. Za predviđenu veličinu sustava odvodnje i pročišćavanje otpadnih voda, prema važećim propisima potrebna je primjena I. i II. stupnja pročišćavanja.

Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda izgrađen je 1985. godine, ali bi zbog istrošenosti svakako bila potrebna zamjena strojarne opreme i elektroinstalacija te kompletna sanacija građevine.

Dodatni je problem i velik porast dotoka u kišnom razdoblju. Velik je problem što je gradnja sustava odvodnje oborinskih voda zaostajala za izgradnjom sustava sanitarnih otpadnih voda. Zbog toga, kao i lošeg stanja malobrojnih kanala oborinske odvodnje, dolazi do velikoga dodatnog opterećenja sanitarnih kanala oborinskim vodama. Stoga se pojavljuju pojedini problemi kao što su mjestimična poplavljanja ulica, izlivanje u obalno more (na mjestima gdje postoje havarijski preljevi), ali i materijalne štete.

Dodatan problem predstavlja i mjestimično prodiranje mora u kanalizacijsku mrežu. To je uočljivo u suvremenoj kanalizacijskoj mreži, uglavnom na trasama obalnih kolektora i lokacijama postojećih havarijskih preljeva i ispusta, ali i u drevnoj kanalizacijskoj mreži starog dijela grada. Prodiranje mora u sustav kanalizacije svakako treba spriječiti ili barem znatno smanjiti, ne samo radi smanjenja potrošnje električne energije za povratno crpljenje, već i zbog njihovog agresivnog djelovanja na dijelove kanalizacijskog sustava i nepovoljno djelovanje na postupak pročišćavanja otpadnih voda (posebno u budućnosti kada će trebati dograditi biološki stupanj pročišćavanja).

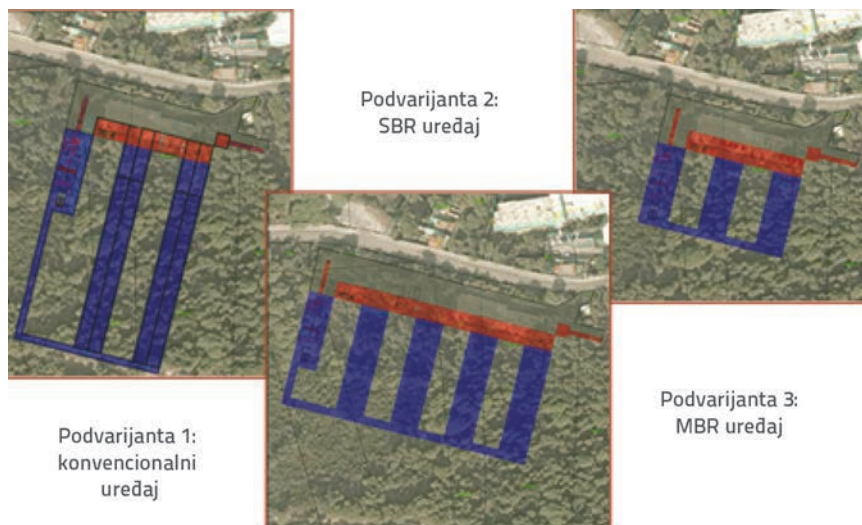
Posebno je složena problematika kanalizacijskog sustava stare gradske

jezgre koja iz više razloga ne udovoljava suvremenim sanitarnim kriterijima. Naime, zbog otežanog čišćenja i velikog smanjivanja propusne moći, kanalizacijom se dovoljno učinkovito ne odvede oborinske vode s prometnih površina pa se često poplavljaju pojedine gradske ulice. Dolazi do začepeljivanja pojedinih kanala i do izbijanja otpadne vode na površinu pločnika, što uz estetske neugodnosti predstavlja i higijensku opasnost. S druge strane, sanacija postojeće kanalizacijske mreže predstavlja posebno težak i složen građevinski zahvat jer je sedam stoljeća stara kanalizacija nominalno spomenik kulture "nulte" kategorije pa nije moguće postojeće kanale srušiti odnosno zamijeniti s novima. Posebno i zato što se konzervatorskim smjernicama zahtijeva konzervaciju postojećega kanalizacijskog sustava, uz nužne popravke i manje rekonstrukcije.

Stoga se može zaključiti da će daljnji razvoj sustava odvodnje biti usmjeren prema izgradnji biološkog uređaja za pročišćavanje otpadnih voda, daljnjoj izgradnji i širenju kanalizacijske mreže na nepokrivena područja, sanaciji i rekonstrukciji postojećih kanala i cjevovoda te crpnih stanica, posebno zbog morskih prodora i nedozvoljenih priključaka oborinskih voda te rješavanja problematike kanalizacijske mreže Staroga grada, odnosno rješenjima koja bi omogućila suvremen sustava odvodnje na tom specifičnom području.

Planirane mjere poboljšanja

U okviru već spominjanog *Potprojekta Dubrovnik*, analizirano je nekoliko varijanti koje se u osnovi razlikuju prema lokaciji uređaja za pročišćavanje otpadnih voda (i pripadajućom konfiguracijom kanalizacijske mreže), primijenjenoj tehnologiji pročišćavanja te rješenjima obrade i odlaganja mulja. Zbog skućenog prostora na pojedinim lokacijama (ponajprije lokaciji postojećeg uređaja *Lapad*) potrebna je gradnja uređaja za pročišćavanje otpadnih voda u tunelima. Pritom je potrebno odrediti najprikladnije tehnologije za obradu i



UPOV *Lapad* – varijante tlocrtnog rješenja

odlaganje mulja. Jedna od konvencionalnih tehnologija, bazirana na procesu aktivnog mulja u suspendiranoj fazi s naknadnim taloženjem, a takvi procesi imaju niže troškove pogona i održavanja, ali zahtijevaju veću površinu i veće troškove gradnje. Jedna od suvremenijih tehnologija, primjerice korištenje membrana za separaciju mulja ili imobilizirane biomase, zahtijeva manju površinu pa time i niže troškove, ali uzrokuje i veće troškove pogona i održavanja.

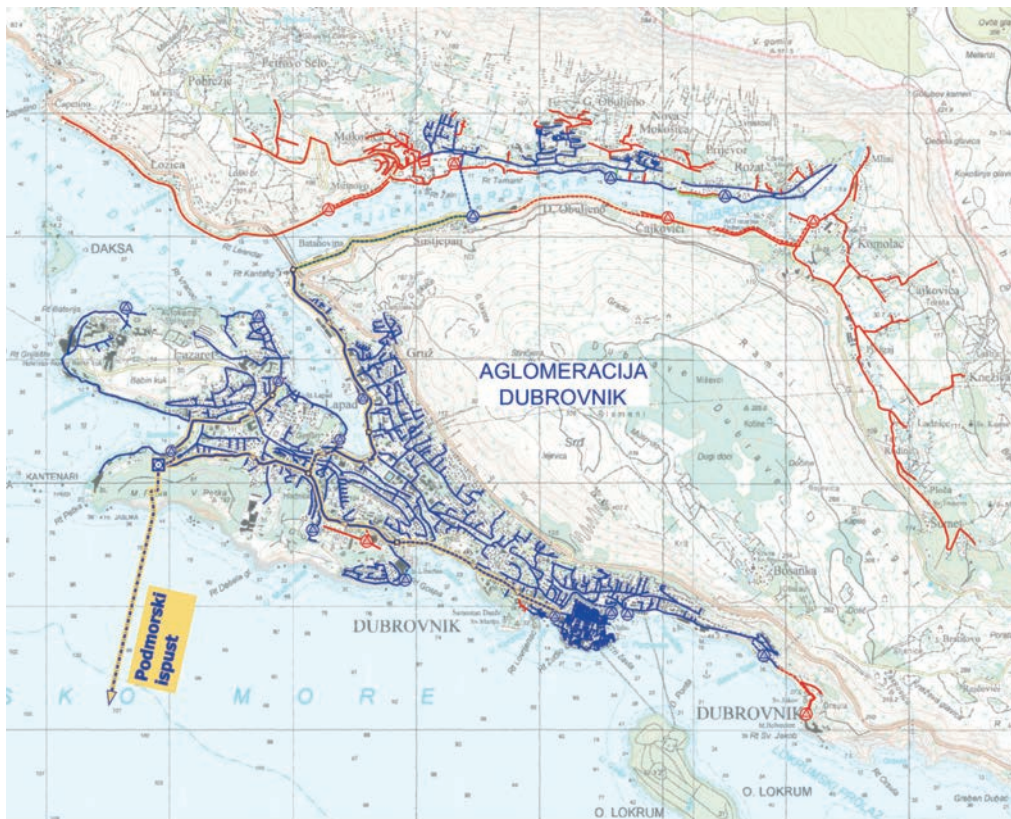
Predviđena je gradnja potpuno novoga mehaničkoga prethodnog pročišćavanja i napuštanje (rušenje) starog te dogradnju biološkog pročišćavanja. Za studiju su obrađena tri tehnološka postupka koja se trenutačno najčešće koriste za pročišćavanje komunalnih otpadnih voda, ali to ne znači da nisu mogući i drugi slični tehnološki postupci. Predviđeni su CAS – "konvencionalni" protočni sustav sa sekundarnom taložnicom, SBR – šaržni biološki reaktor i MBR – membranski biološki reaktor.

Nastoji se zadržati sadašnja koncepcija i konfiguracija odvodnog sustava s lokacijom mjesta postojećeg uređaja na Lapadu, a obrada bi se mulja obavljala na lokaciji Zaton-Orašac

Općenito se protežira zadržavanje postojeće koncepcije i konfiguracije odvodnog sustava, dakle transport prikupljenih otpadnih voda prema lokaciji postojećeg uređaja za pročišćavanje otpadnih voda na području Lapada, a obrada mulja (anaerobna stabilizacija te solarno sušenje mulja uz pomoć otpadne topline iz procesa stabilizacije) obavljala bi se na lokaciju Zaton-Orašac uz postojeći UPOV *Zaton-Orašac*. Konačna odluka o primjeni takve varijante međutim još nije donesena, s obzirom da i dalje najveći problem ostaje obrada i konačno odlaganje mulja. U trenutku pisanja ovog teksta, dodatno se razmatra obrada i odlaganje mulja na drugim lokacijama.

Dakle, mjere poboljšanja sustava odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda uključuju sanaciju i rekonstrukciju postojećih građevina odvodnje, gradnju novih građevina, pročišćavanje otpadnih voda i odlaganje mulja te nabavu opreme za redovito održavanje sustava.

Svrha je sanacije i rekonstrukcije postojećih građevina osiguravanje potrebne funkcionalnosti, odnosno strukturne sigurnosti u slučaju oštećenih kanala i crpnih stanica te potrebnoga hidrauličkog kapaciteta za prihvati i transport sadašnjih i budućih količina otpadnih voda. Također je potrebno osigurati traženu vodonepropusnost (sprječavanje izlaženja otpadne vode iz sustava).



Sustav odvodnje i pročišćavanja Dubrovnika – planirano stanje

va i sprječavanje ulaznja (infiltracije) podzemne ili morske vode. Stoga je predviđena sanacija niza crpnih stanica (*Zlatni potok, Ploče, Pile, Sustjepan, Mokošica, Gruž, Batala, Gimani i Lapad*), sifonskog prolaza kanalizacije ispod Rijeke dubrovačke, niza tlačnih cjevovoda (iz crpnih stanica *Sustjepan i Lapad*) kao i niza kanala (u ulicama F. Supila, kralja P. Krešimira, branitelja Dubrovnika, N. Tesle, Obali S. Radića i Lapadskoj obali te kanalima u staroj gradskoj jezgri). Nove će se građevine odvodnje graditi i radi pokrivanja kanalizacijskom mrežom dosad nepokrivenih dijelova grada i priključivanja novih korisnika kanalizacijskog sustava. U to je uključena gradnja kanalizacijskih mreže u nizu naselja ili dijelova naselja (Lozica, Nova Mokošica, Mokošica, Donje Obuljeno, Gornje Obuljeno, Prijedor, Rožat, Čajkovići, Komolac, Sveti Jakov, Gospino Polje i samom Dubrovniku). Pročišćavanje će se otpadnih voda i konačno rješenje problema mulja provoditi zbog zaštite prirodnog prijamnika

od onečišćenja. Zato je predviđena izgradnja potpuno novoga mehaničkoga prethodnog pročišćavanja i napuštanje starog te dogradnja biološkog pročišćavanja. U sve je to uključen hidrotehnički tunel, podmorski ispušt i rješavanje odlaganja mulja. Kapacitet je novog uređaja približno 70.000 ES. Komunalno društvo *Vodovod Dubrovnik* u sklopu projekta nabavit će dodatnu opremu koja je nužna za redovito održavanje i pogon sustava odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda. Ukupna je investicijska vrijednost navedenih mjera procijenjena na približno 303 milijuna kuna. Prethodna se procjena odnosi na trenutno najizgledniju varijantu lokacije uređaja *Lapad*. Konačna odluka o primjeni određene varijante još nije donesena, s obzirom da i dalje najveći problem ostaje obrada i konačno cjelovito odlaganje mulja. Sada se razmatraju i dodatne opcije vezane za obrade i odlaganje mulja, a potencijalna je i lokacija planiranoga regionalnog centra za obradu otpada.

Valja istaknuti da su osim spomenutih zahvata na sustavu odvodnje i pročišćavanja predviđeni i zahvati (daljnja gradnja kanalizacijske mreže) na sustavu otpadnih voda *Zaton – Orašac* s kojim također upravlja *Vodovod Dubrovnik*.

Zaključak

Razvoj suvremenog sustava vodoopskrbe te sustava odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda Dubrovnika, koji su se počeli graditi prije više stotina godina, i danas traje. Potrebno ga je stalno usklađivati sa sadašnjim i budućim potrebama (i zahtjevima EU direktiva). Postojeći infrastrukturni vodni sustavi, uslijed korištenja i drugih utjecaja, podvrgnuti su procesu starenja i trošenja, a određeni dijelovi postojećih sustava više ne posjeduju dovoljni hidraulički kapacitet uslijed promijenjenih uvjeta u odnosu na one na koje su prvotno dimenzionirani. Postoji, dakle, stalna potreba iznalaženja i realizacije odgovarajućih tehničkih rješenja.

Potrebni su zahvati mnogobrojni, a njihova realizacija zahtjeva vrijeme i znatna financijska sredstva. Tehničkim rješenjima koncipiranim u studiji izvodljivosti određeni su pojedini zahvati i mjere koji su u tehničkom i operativnom smislu usklađeni sa standardima Europske unije, a gospodarski i poslovno su održivi i socijalno prihvatljivi u hrvatskim uvjetima. Opisani se zahvati namjeravaju prijaviti za sufinanciranje iz EU fondova. Za jedan od najurgentnijih zahvata – osiguravanje kvalitete pitke vode – nije se moglo čekati dovršetak studije izvodljivosti i predaja aplikacije. Stoga je za postrojenje za pripremu pitke vode *Ombla* proveden natječaj za projektiranje i gradnju, a u međuvremenu su započeli i radovi.