

# GOK u Projektu optimalizacije kanalizacijskog sustava Zagreb (POKS)

Božidar Deduš, Vesna Rogulja

## Ključne riječi

Glavni odvodni kanal (GOK), Projekt optimalizacije kanalizacijskog sustava (POKS), grad Zagreb, projektno rješenje, optimalna varijanta

## Key words

Main sewer (GOK), sewerage system optimization project (POKS), City of Zagreb, design solution, optimum alternative

## Mots clés

Egout principal (GOK), Projet d'optimisation du système de canalisation (POKS), ville de Zagreb, conception, variante optimale

## Schlüsselworte:

Hauptableitungskanal (GOK), Optimisierungsprojekt des Kanalisationssystems (POKS), Stadt Zagreb, Projektlösung, Optimalvariante

B. Deduš, V. Rogulja

## GOK u Projektu optimalizacije kanalizacijskog sustava Zagreba (POKS)

Prikazano je rješenje GOK-a definirano u POKS-u. Dani su podaci o sadašnjem stanju GOK-a i opis zadataka koji je trebalo riješiti POKS-om. Naznačeni su scenariji, interventne mjere i plan razvoja te iskazan popis problema koji se rješavaju interventnim mjerama. Istaknuta je kompleksnost problematike GOK-a i kako je rješavati. Podrobno je opisana i prikazana optimalna varijanta projektnog rješenja GOK-a u sklopu POKS-a. Zaključno su navedene glavne značajke predloženog rješenja.

B. Deduš, V. Rogulja

## Main sewer solution as presented in the Zagreb sewerage system optimization project

The main sewer (GOK) solution as defined in the sewerage system optimization project (POKS) is presented. Some data about the present GOK condition, and the description of tasks to be accomplished in the scope of the POKS project, are provided. Possible scenarios, emergency measures, and the development plan, are described, and the list of problems to be solved through emergency measures is presented. The complexity of the GOK issue and methods for its solution are discussed. The GOK alternative that is considered to be an optimum solution for the defined POKS program, is presented and described in full detail. Main features of the proposed solution are presented in the final part of the paper.

B. Deduš, V. Rogulja

## L'égout principal dans le Projet d'optimisation du système de canalisation de Zagreb

L'article présente la conception de l'égout principal définie par le projet d'optimisation du système de canalisation de Zagreb. On fournit les indications sur l'état actuel de l'égout principal, ainsi qu'un descriptif des missions qui ont dû être définies par le Projet d'optimisation. On passe en revue les scénarios, les mesures d'intervention, ainsi que le plan de développement et les problèmes traités par des mesures d'intervention. On souligne la complexité de l'égout principal et les mesures propres à résoudre les difficultés. On décrit en détail la variante optimale de la conception de l'égout principal dans le cadre du Projet d'optimisation du système de canalisation de Zagreb. En conclusion, on cite les caractéristiques principales de la conception proposée.

B. Deduš, V. Rogulja

## GOK im Optimisierungsprojekt des Kanalisationssystems von Zagreb (POKS)

Dargestellt ist die Lösung des GOK, definiert im POKS. Vorgelegt sind Angaben über den gegenwärtigen Zustand des GOK und die Beschreibung der Aufgaben die durch das POKS gelöst werden sollten. Es sind Szenarien, interventive Massnahmen und der Entwicklungsplan angedeutet, sowie das Verzeichnis der Probleme angeführt die mit interventiven Massnahmen gelöst werden. Hervorgehoben ist die Vielfältigkeit der GOK-Problematik und Möglichkeiten deren Lösung. Ausführlich ist die Optimalvariante der Entwurfslösung des GOK im Rahmen des POKS beschrieben und dargestellt. Zum Schluss sind die Hauptmerkmale der vorgeschlagenen Lösung angeführt.

Autori: Mr. sc. **Božidar Deduš**, dipl. ing. građ., Dip. HE (Delft); **Vesna Rogulja**, dipl. ing. građ., PRONING DHI, d.o.o., Račkoga 3, Zagreb

## 1 Uvod

“Vodoopskrba i odvodnja Zagreb - sektor Odvodnja”, i Fond grada Zagreba za VPSKG, pokrenuli su krajem 1994. godine prvu etapu Projekta optimalizacije kanalizacijskog sustava grada Zagreba (POKS GZ) – Hidrološko-hidrauličko modeliranje postojećeg stanja. Realizaciju ovog projekta, preuzelo je poduzeće PRONING DHI d.o.o. Zagreb, ekskluzivni zastupnik danskog Hidrauličkog instituta za Hrvatsku i Sloveniju na čelu grupe poduzeća – podizvoditelja. Podizvoditelji i suradnici na pojedinim dijelovima projekta su projektne kuće i pojedinci iz Hrvatske, i to: IPZ d.d., IGH d.d. i VPB d.o.o. dr. O. Bonacci, dr. M. Vodopija te Europe – “DHI” Danska, “VBB Viak” Švedska i SAD – “ADS”.

U sklopu projekta POKS – II. etapa prvi je puta u domaćoj inženjerskoj praksi provedeno opsežno hidrološko-hidrauličko dimenzioniranje kanalizacijskog sustava na temelju niza povijesnih podataka i kompleksnih matematičkih modela.

U projektu je primijenjena najsuvremenija metodologija kojom se danas dimenzioniraju najveći kanalizacijski sustavi u Europi i svijetu. Primjena suvremene metodologije omogućila je uvid u niz procesa koji su projektantima kanalizacijskog sustava do sada bili nedostupni.

Kanalizacijski sustav grada Zagreba postoji od 1892. Godine i danas se sastoji od dva nezavisna kanalizacijska sustava fizički odijeljena rijekom Savom pa razlikujemo: kanalizacijski sustav lijeve obale Save (“stari” Zagrebački sustav) i kanalizacijski sustav Desne obale Save (“Novi Zagreb”). Na kanalizaciju je priključeno približno 750.000 stanovnika podijeljenih u 16 (od 17) gradskih četvrti.

Oba kanalizacijska sustava su mješovitog tipa, što znači da se u jednom profilu (kolektoru) zajednički odvođe sve vrste otpadnih voda. Separatni sustav postoji djelomično u podsljemenskoj zoni.

U kanalizacijski sustav grada Zagreba ulijevaju se sljedeći podsljemenski potoci:

- Kuniščak, Jelenovac i Kraljevac
- Medveščak koji tvore potoci Pustodol, Gračanski potok, Ribnjak i Kraljevački potok
- Remetski potok koji tvore Fučkov jarak, Barutanski jarak i Bukovački potok
- Bliznec sa Štefanovcem
- Vugrov potok s Trnavom i Rijekom



Slika. Satelitska snimka Zagreba s GIS slojem glavnih kanalizacijskih kolektora i sekundarne mreže

Potoci hidraulički opterećuju kanalizacijski sustav, a za jačih oborina unose u sustav dodatne količine nanosa. Također, relativno čiste potočne vode hidraulički opterećuju budući uređaj za pročišćavanje i nepotrebno razrjeđuju otpadne vode. Iz tog je razloga razmatrana mogućnost izdvajanja potočnih voda iz kanalizacijskog sustava grada Zagreba.

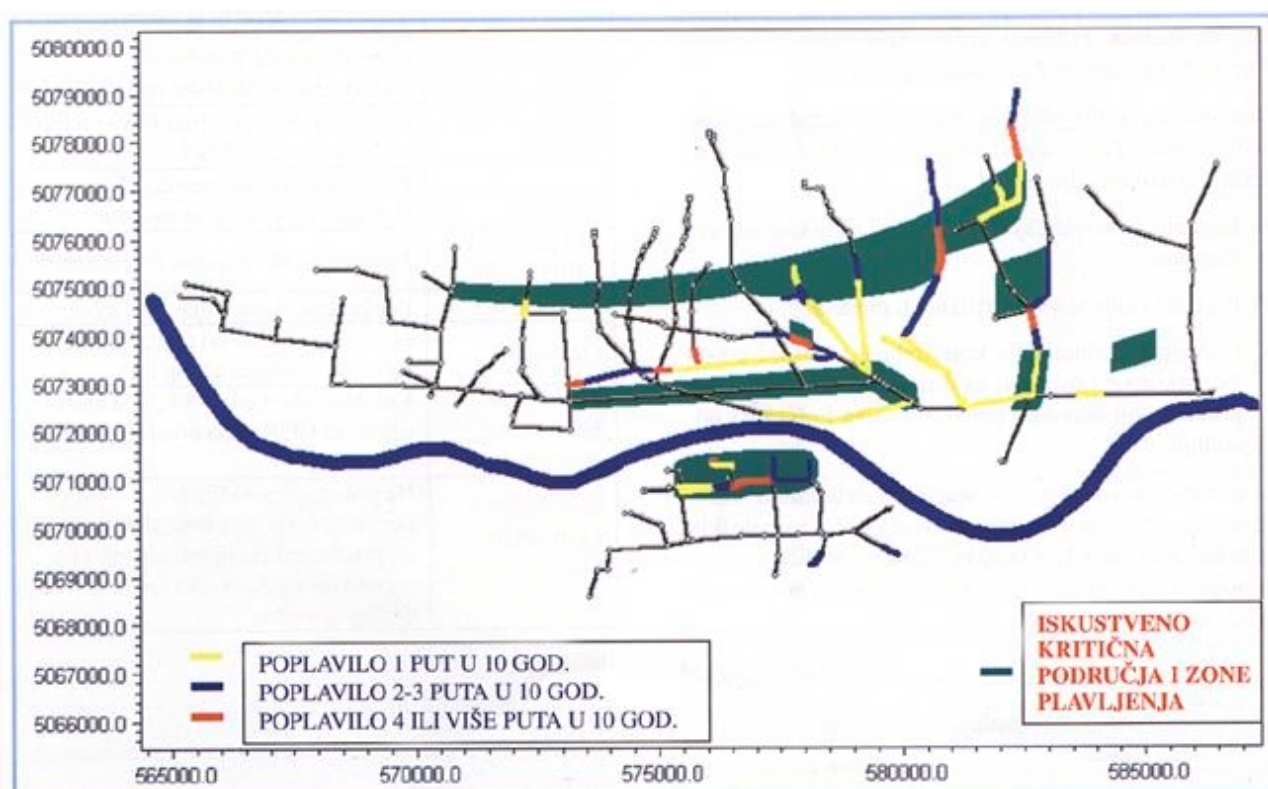
Pritom je potrebno imati na umu sljedeće:

- Slivovi potoka Kuniščak, Jelenovac i Kraljevac te Remetskog potoka osim što su relativno male površine, već su danas izrazito urbanizirani. Njihova daljnja urbanizacija koja je predviđena gradskim razvojnim planovima dodatno će smanjiti slivove potoka, a time i količine čistih potočnih voda u kanalizacijskom sustavu.
- Vugrov potok u kojeg se danas ulijeva kolektor Sesvete utječe u GOK nizvodno od lokacije budućeg uređaja za pročišćavanje. Budućim rješenjem odvođenja voda iz kolektora Sesvete prema uređaju, Vugrov potok bit će potpuno odvojen od kanalizacijskog sustava.
- Potok Bliznec danas utječe u GOK i u kišnom razdoblju značajno pridonosi njegovim količinama. Rje-

šenje izdvajanja voda potoka Bliznec iz kanalizacijskog sustava bit će razmatrano u okviru poglavlja o rješenju GOK-a.

Glavni brojevi pokazatelji o zagrebačkoj kanalizaciji su:

- Ukupna duljina kolektora 1550 km od toga:
  - Kolektori standardnog poprečnog profila 1337 km
  - Kolektori nestandardnog poprečnog profila 121 km
- Duljina otvorenih kolektora 10 km
- Ukupno revizijskih okana, približno 36.000
- Broj kućnih priključaka, približno 50.000
- Ukupna površina cijelog prirodnog i urbanog sliva, oko 22.000 ha
- Ukupna učvršćena slivna površina lijeve obale danas, oko 1600 ha
- Ukupna učvršćena slivna površina lijeve obale – plan, oko 2100 ha
- Prosječni godišnji protok (1984.-1993.) u GOK-u, oko 180.000.000 m<sup>3</sup>/god



Slika 2. Prikaz zona poplavlivanja iz I etape POKS-a

- Prosječni desetgodišnji (1984.-1993.) protok u GOK-u po komponentama – danas:
  - Stanovništvo i industrija 53 %
  - Potočna voda 36 %
  - Oborinski dotok 6 %
  - Infiltracija 5 %

Gornji su podaci rezultati statističke analize provedene u POKS-u – I. etapa

Današnje stanje izgrađenosti kanalizacijskog sustava ne zadovoljava izgrađenost grada u cjelini. Efekti urbanizacije, koji su svakim danom sve veći, vrlo se brzo ogledaju u količinama oborinskih voda koje ulaze u kanalizacijski sustav, te zajedno sa svim ostalim otpadnim vodama grada Zagreba putuju kanalizacijskim kolektorima i sabirnim kanalima prema glavnom odvodnom kolektoru GOK-u i rijeci Savi.

Danas se redovito javljaju tečenja pod tlakom i poplavlivanja, pa se može sa sigurnošću govoriti o kritičnim zonama, problematičnim kolektorima i poplavnim područjima.

Problematična područja, kako su simulirana na modelu I. etape POKS-a uglavnom se poklapaju s iskustvima stručnjaka sektora odvodnje u smislu zabilježenih akcidenta na sustavu prilikom većih vremenskih nepogoda koje su posljedice velikih i dugotrajnih kiša.

Osnovna ideja Projekta optimalizacije kanalizacijskog sustava grada Zagreba u svojoj je prvoj etapi imala realizaciju nekoliko ciljeva:

- Izgraditi matematički model kanalizacijskog sustava Zagreba.
- Provesti kalibraciju i verifikaciju modela.
- Provesti niz simulacija koje trebaju potvrditi postojeće spoznaje i osigurati uvid u hidrološko-hidrauličke procese koji određuju ponašanje sliva i objekata odvodnje.

Za potrebe provođenja svih unaprijed definiranih aktivnosti, izgrađeno je nekoliko hidrauličkih i hidroloških modela kanalizacijskog sustava Zagreba, različite gustoće podataka čijom smo izgradnjom u mogućnosti analizirati različite scenarije.

*Scenariji – interventne mjere – plan razvoja obuhvaćaju:*

- hitne intervencije na kanalizacijskom sustavu radi poboljšanja efekata rada
- konceptijska rješenja, koja će osigurati sigurno i ekonomično funkcioniranje kanalizacijskog sustava u okvirima planiranog razvoja grada.

Na temelju provedenih simulacija na pojedinačnim povijesnim oborinskim epizodama, uzimajući u obzir sva ograničenja, provedene su sljedeće analize:

- Identificirani su čvorovi (revizijska okna i/ili objekti) na kolektorima podložnim poplavama za različite oborine.
- Identificirane su dionice kolektora koje su podložne plavljenju.
- Identificirane su dionice kolektora podložne usporu, tečenju pod tlakom ili bilo kojem drugom tečenju osim sa slobodnim vodnim licem, za svaku tretiranu kišu pojedinačno.
- Određene su statističke veličine za pojedine dijelove sustava.

Tablica 1. Popis prioriternih problema koji se rješavaju interventnim mjerama

Kolektor ili zona grada	Opis problema
Dubrava	Problematičan kolektor, plavljen od GOK-do Trnave i od Maksimirske do Dankovečke
Ravnice	Naročito problematičan i poplavama sklon uzvodni dio i dio između Maksimirske i Branimirove
Medveščak	Poplavama sklon trokut između ulica Radnička-Držičeva-Vukovarska (Plinarsko naselje)
Svetice	Cijeli kolektor plavljen 1989., a dio uz Maksimirsku češće
Tuškanac	Poplavama sklon između Botaničkog vrta i Vukovarske
Mihanovičeva-Branimirova	Poplavama sklon pojas do Držičeve
Vukovarska	Poplavama sklon pojas do Držičeve
Ozaljska	Poplavama sklon od najzapadnije točke do Trešnjevačkog trga
Savica	Kolektor plavljen 1989., ima česti uspor od GOK-a do objekta preljeva u Savu
Ljubljanska-Slavonska	Ne pokazuje površinsko poplavlivanje prilikom simulacija, ali prijavljeni problemi ukazuju na uspor koji od Radničke ima utjecaja daleko uzvodno.

Interventne mjere:

- Rekonstrukcija preljeva Savica.
- Dogradnja kolektora Horvaćanska i rekonstrukcija preljeva Čnomerec.
- Ugradnja internog preljeva Ljubljanska avenija – Horvaćanska, nakon kolektora Kustošak.



- Ugradnja internog preljeva Vukovarska avenija – Slavonska avenija.
- Svetice – Relining ili zamjenski profil od Maksimirske do Branimirove.
- Branimirova – Relining ili zamjenski profil od Međimurske do Miramarske.
- Oporovečka – novi kolektor i rasterećenje Dankovečke
- Ravnice – retencijska cijev (ili retencija) kroz Maksimir.
- Čulinečka – izgradnja novog kolektora i rasterećenje kolektora Dubrava.
- Falerovo šetalište – rekonstrukcija kolektora Črnomerec.

Uvođenjem interventnih mjera nisu sanirani svi problemi u gradu, već samo oni koji ne zahtijevaju konceptijske zahvate većeg tehničko-ekonomskog značenja. Realizacijom interventnih mjera omogućiti će se da se pojave poplava i tlačnog tečenja znatno smanje ne samo na područjima gdje su ona najproblematičnija, već i na onima na kojima nisu poduzete nikakve mjere, čime je ujedno smanjena potreba ukupne investicije za realizaciju konceptijskih rješenja plana razvoja.

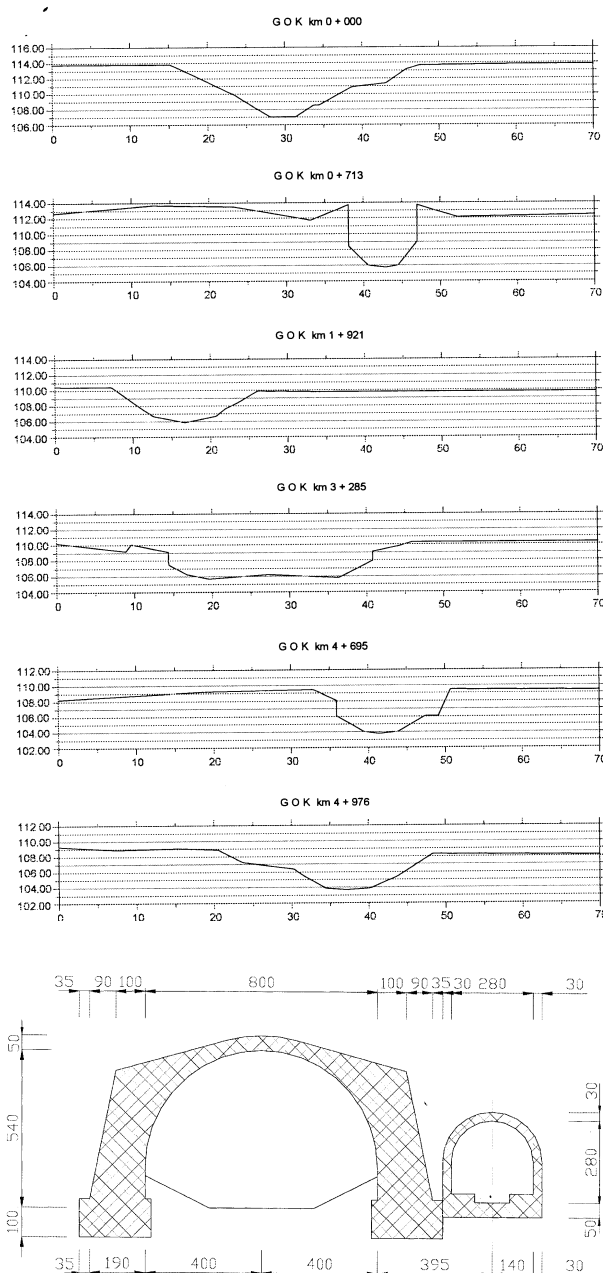
## 2 Glavni odvodni kanal (GOK)

GOK je građen od 1928. do 1930. godine kao “novi glavni odvodni kanal Zagreb-Ivanja Reka. Kanal je položen od zapada prema istoku, a odvaja se od starog kanala Zagreb-Žitnjak u stacionaži 3+200 km i utječe u Savu kod sela Ivanja Reka.

Kanal je sagrađen duljine 7570 m s uzdužnim padom dna  $I = 0,0005$ . Poprečni je profil kanala trapeznog oblika širine dna 2,5 - 6,5 m s nagibom pokosa 1:1,75. Uz kanal je izgrađen i desni – južni nasip koji je ujedno štiti sjevernija područja od poplava rijeke Save.



Slika 3. Glavni odvodni kanal danas



Slika 4. Današnji presjeci GOK-a – gore: otvoreni profili na raznim stacionažama; dolje: zatvoreni profil

U glavni odvodni kanal utječu potoci Bliznec i Štefanovec te Trnava i Vugrov potok.

Kanal je u donjem dijelu dimenzioniran na protok  $66,2 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Na dijelu nizvodno od ušća Vugrova potoka, kako bi se izbjeglo povećanje presjeka kanala, izveden je bočni preljev da bi se dio velikih voda prelio u stare savske rukavce. Također, ni samo ušće nije izgrađeno do kraja, jer uređenje korita Save nije bilo dovršeno. Radi štednje otkupa zemljišta i smanjenja radova na dijelu trase isko-

rišteno je staro korito potoka Blizneca i Štefanovca na duljini od 1900 m.

Osnovu za izgradnju novoga glavnog odvodnog kanala izradili su gradski inženjeri Domačinović i Heinzl. Danas je GOK najveći kolektor zagrebačke kanalizacije. Značenje GOK-a za cjelokupni kanalizacijski sustav jest u činjenici da se s pomoću njega obavlja konačna evakuacija glavnine otpadnih voda s prostora grada na lijevoj obali, prema prijammiku Savi. GOK je za Zagreb i ekološki problem s obzirom na činjenicu da otpadne vode transportira u otvorenom koritu.

Ukupna duljina GOK-a je 9590 m, a ukupna je slivna površina s koje se formira dotok u GOK 220 km<sup>2</sup>.

Na GOK-u se obavljaju stalna mjerenja (hod satnih vrijednosti, srednji dnevni vodostaji) na profilima GOK - OKI (4+896) i GOK – Gamula (2+508) od 1989. god. i mjerenja inicirana POKS-om

Sušni protok u kanalu kreće se od 3 - 4 m<sup>3</sup>/s, a najveći zabilježeni protok je 65 m<sup>3</sup>/s na profilu Gamula.

Trasa GOK-a prolazi istočnim područjem grada koje je osim naselja Kozari bok tipično industrijskog karaktera. Širenjem industrijskih zona i ostalim zahvatima u ovom prostoru, uključivo izgradnjom centralnog uređaja za pročišćavanje otpadnih voda grada Zagreba, nameće se potreba za zatvaranjem GOK-a, što je i prije izrađenim GUP-om grada Zagreba također predviđeno.

GOK će i u budućnosti ostati glavnim kolektorom grada kojim će se evakuirati najveće količine otpadnih voda s gradskog područja lijeve obale Save. Problem zatvaranja GOK-a nije nov, u tu svrhu izrađeno je više studija i analiza, uglavnom s proračunima temeljenim na metodama koje nisu mogle obuhvatiti kompleksnost problematike formiranja dotoka u GOK.

### 2.1 Problematika GOK-a

Kompleksnost problematike GOK-a očituje se u sljedećem:

- GOK je danas završni kolektor kanalizacijskog sustava grada u kojem se skupljaju sve sanitarne, industrijske, oborinske otpadne vode kao i dio potočnih voda centralnog dijela Sljemenskog sliva lijeve obale Save.
- GOK je danas otvoreni kanal u duljini oko 10 km od križanja Slavonske avenije i Heinzelove sve do utoka u Savu, i s obzirom na činjenicu da transportira otpadne vode grada s lijeve obale Save izuzetno je veliki ekološki problem kojeg treba što hitnije riješiti.

- GOK danas prihvaća vode potoka Blizneca sa Štefanovcem kao vode Vugrova potoka.
- Do danas zabilježeni protoci GOK-a, a u današnjoj konfiguraciji kanalizacijskog sustava i prema današnjem stanju izgrađenosti gradskog prostora, variraju u odnosu 1:20 i više, upozoravaju na potrebu argumentiranog i verificiranog rješenja profila u skladu s rješavanjem ukupne problematike kanalizacijskog sustava, CUPOVZ-a te zaštite Save.
- Današnje loše funkcioniranje GOK-a očituje se pri pojavi oborina i malo većeg intenziteta, kada dolazi do uspora u profilima priključka kolektora Savica, Ravnice, Dubrava, Žitnjak i Sesvete. To je posljedica konfiguracije GOK-a, odnosno rješenja priključenja ovih kolektora.
- GOK je u planu razvoja kanalizacijskog sustava, glavni kolektor budućeg kanalizacijskog sustava grada Zagreba s velikim udjelom u upravljačkim mehanizmima i od čijeg funkcioniranja uveliko ovisi sigurnost odvodnje u gradu, ukupna kakvoća odvodnje grada i konačno ekološki balans šireg prostora grada uključivo i prijammika Save.
- GOK je glavni dovodni kanal otpadnih voda grada Zagreba na buduću uređaj za pročišćavanje.

Pri rješavanju navedene problematike bilo je potrebno:

- osigurati, u okviru planiranog razvoja grada, zadovoljavajuće funkcioniranje kanalizacijskog sustava u kojem GOK ima dominantnu ulogu
- osigurati zadovoljavajuće funkcioniranje kanalizacijskog sustava na istočnom području grada (prvenstveno se misli na nizvodne dijelove kolektora Savica, Ravnice, Dubrava, Žitnjak i budućeg kolektora Čulinečka)
- spriječiti poplavljanje područja uz GOK vodama iz GOK-a
- definirati profil zatvorenog GOK-a u funkciji rješenja kanalizacijskog sustava i budućeg CUPOVZ-a
- osigurati kontinuirani dotok otpadne vode na buduću CUPOVZ
- iz ukupnog toka otpadne vode odvojiti "oborinsku" i potočnu vodu i odvesti je direktno u Savu.

### 2.2 Rješenje GOK-a u sklopu POKS-a

GOK je danas otvoreni kanal, "cloaca maxima" grada Zagreba, ekološki i civilizacijski neadekvatni dio ukupnog kanalizacijskog sustava grada Zagreba. Zatvaranje GOK-a sastavni je dio projekta infrastrukturnih objekata za izgradnju CUPOVZ-a. Ključni problemi u projektu GOK-a jesu:

- Provođenje ukupnih količina otpadnih voda nizvodno prema CUPOVZ-u bez uskih grla i uspora ili poplavlivanja.
- Definiranje funkcionalnih elemenata (objekata) i rada u funkciji kanalizacijskog sustava ali i uređaja za pročišćavanje.
- Dimenzioniranje zatvorenog profila GOK-a.
- Izdvajanje potočnih voda Blizneca i pritoka iz dotoka na uređaj za pročišćavanje uz osiguranje uvjeta "Hrvatskih voda" za osiguranje provođenja stogodišnjeg reduciranog vodnog vala Blizneca.

U POKS-u je napravljeno nekoliko varijanti rješenja GOK-a, ovdje je predstavljena ona koja je ocijenjena "optimalnom".

Objekti koji čine jedinstveni sustav GOK-a u projektu POKS-a su:

### 1. Zatvoreni profil GOK-a.

Na potezu od križanja Slavonske avenije s Heinzelovom do buduće preljevne građevine GOK je zatvoren.

Funkcija je ovog kolektora da u novom zatvorenom profilu dopremi otpadne vode grada od raskrižja Slavonske avenije s Heinzelovom do buduće preljevne građevine.

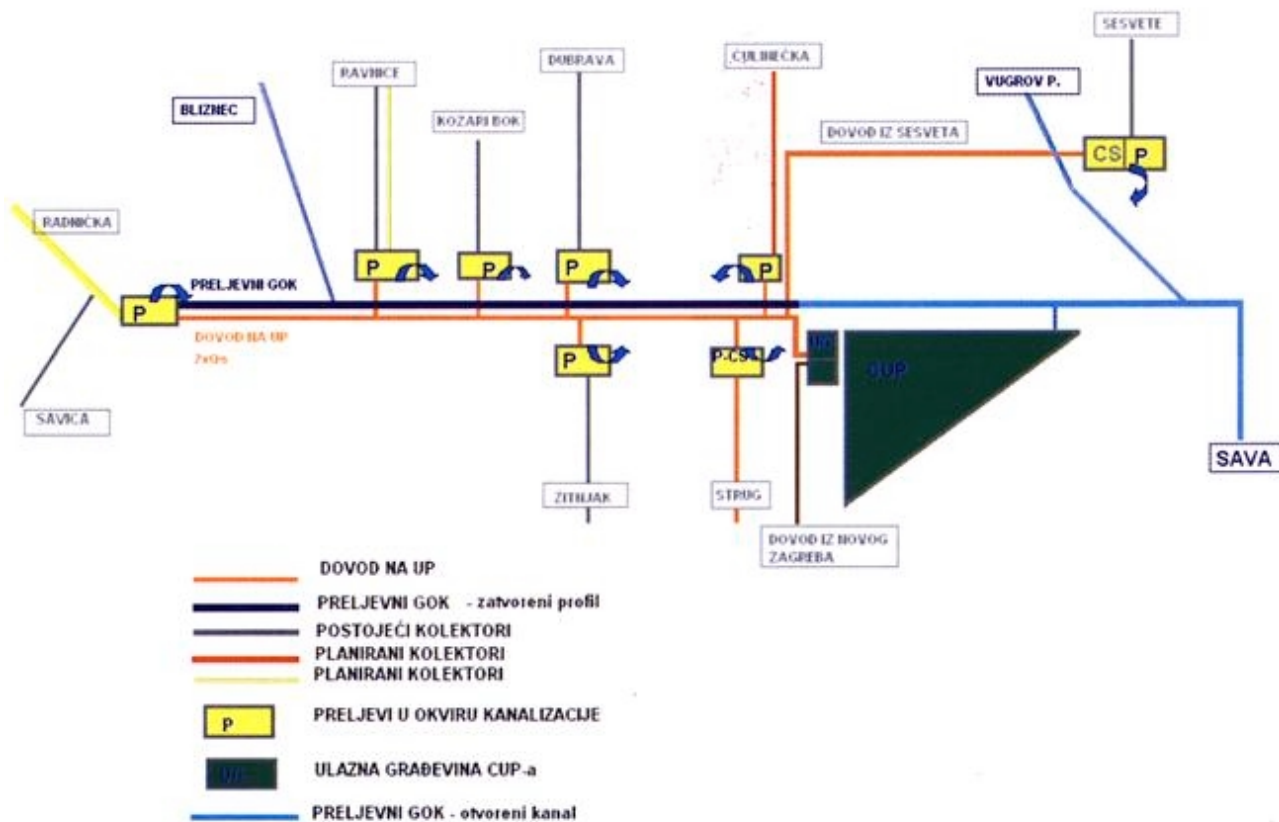
### 2. Preljev radnička

Lokacija ovog objekta je na dionici GOK-a između ušća kolektora Savica i potoka Blizneca.

Funkcija ovog objekta je da u kišnom razdoblju, odvaja najzagađenije dijelove otpadnih voda koje se potom transportiraju na CUPOVZ od manje zagađenih i dovoljno razrijeđenih koje se kroz preljevni kanal ispuštaju zajedno s vodama Blizneca i preljevnih voda ostalih, na GOK priključenih kolektora, direktno u Savu.

### 3. Preljevni GOK od preljeva Radnička do uređaja

Ovaj kanal transportira preljevne vode s preljeva Radnička zajedno s vodama Blizneca i preljevnih voda s preljeva na kolektorima Ravnice, Dubrava, Žitnjak, Kozari bok i Čulinečka nizvodno u Savu bez pročišćavanja. Kanal je predviđen kao zatvoren, ali se njegovu zatvaranju može pristupiti etapno.



Slika 5. Projektno rješenje GOK-a iz POKS-a – optimalna varijanta

#### 4. Dovod na uređaj za pročišćavanje od preljeva Radnička do uređaja

Funkcija je dovodnog kanala transport u zatvorenom profilu najzagađenije otpadne vode od preljevne građevine na CUPOVZ. Ovaj objekt uključuje i prigušnicu iza preljeva.

#### 5. Ušće Blizneca u preljevni GOK

Funkcija je ovog objekta uvođenje voda Blizneca u preljevni GOK

#### 6. Preljevne građevine na kolektorima Ravnice, Dubrava Žitnjak, Kozari bok, Čulinečka i Strug, te spoj kolektora Sesvete

Funkcija je ovih objekata rasterećenje razrijeđenih otpadnih voda iz kolektora u preljevni GOK, te upuštanje najzagađenijih otpadnih voda u dovodni kanal uređaja za pročišćavanje.

#### 7. Otvoreni kanal od uređaja do ušća u Savu

Funkcija je kanala transport "čistih" voda (preljevni oborinskih voda iz GOK-a, voda Blizneca, preljevni oborinskih voda iz kolektora nizvodno od ušća Blizneca, a prije CUPOVZ-a, i konačno efluenta nakon pročišćavanja).



Slika 6. Potok Bliznec – gore: ušće u GOK danas, dolje: novo rješenje neposredno iza preljeva

### 2.3 Dimenzioniranje GOK-a

Prije svega trebalo je definirati kriterije prema kojima će pojedini objekti biti dimenzionirani. Prvi kriterij koji je trebalo definirati jest količina vode koja će se dovodnim kanalom dovoditi na uređaj za pročišćavanje. U sušnom razdoblju to je sušni protok  $Q_s$ , dok se u kišnom razdoblju na uređaj dovodi protok u iznosu  $n \times Q_s$ , pri čemu je za daljnje projektiranje potrebno odrediti veličinu parametra  $n$ . Prema Vodopravnim uvjetima za izradu dokumentacije za građenje središnjeg uređaja za pročišćavanje, na uređaj će se dovoditi dvostruki sušni protok, pri čemu je kod rasterećenja oborinskih voda potrebno uzimati u obzir vodni režim Save kao recipijenta u postojećem i planiranom stanju uređenosti. Rasterećenje oborinskih voda provesti iznad kritičnog protoka, a za proračun kritičnog protoku usvojiti uobičajene kriterije primjenjivane u EU. Protok od kritičnog do dvostrukog sušnog zadržati u retencijskim spremnicima čija se izgradnja može planirati u idućim etapama. Što to konkretno znači za rješenje GOK-a? Za sadašnje stanje uređenosti, do izgradnje HE Strelečko Sava se tretira kao "manje osjetljivo područje" pa će se preko oborinskih rasterećenja u Savu prelijevati protok iznad  $2Q_s$ . Nakon izgradnje HE Strelečko, Sava postaje "osjetljivo područje", pa je potrebno protok od kritičnog do dvostrukog sušnog zadržati u retencijskim spremnicima. Taj je problem moguće riješiti na dva načina. Prvi, izgradnjom određenog broja retencijskih prostora na području grada i drugi, dovodom kritičnog protoka do lokacije uređaja, izgradnjom retencijskog spremnika pred uređajem ili u skladu s praksom u EU povećanjem kapaciteta mehaničkog dijela uređaja na  $Q_{krit}$ .

U tablici 2. prikazane su veličine sušnog protoka po pojedinim preljevima i kritični protok na temelju kritičnog intenziteta od 7,5 l/s/ha.

Tablica 2. Sušni i kritični protoci

Preljev	$Q_{krit}$ m <sup>3</sup> /s	$Q_s$ m <sup>3</sup> /s	$2Q_s$ m <sup>3</sup> /s
Žitnjak	0,5	0,05	0,1
Sesvete	2,1	0,3	0,6
Čulinečka	1,1	0,2	0,4
Dubrava	1,4	0,3	0,5
Ravnice	1,4	0,2	0,3
Radnička	13,6	3,6	7,2
Ukupno	20,1	4,5	9,0

Iz tablice se može uočiti da su na nivou ove projektne dokumentacije može govoriti o  $Q$  kritičnom u iznosu od  $4 \times Q_s$ .

Kako je izgradnja retencijskih prostora na području grada zahtjevnija s gledišta prostora, investicije i održavanja, predlaže se dovod  $Q_{krit}$  do lokacije uređaja, zadržavanje



u spremniku prije uređaja ili mehaničko pročišćavanje na uređaju.

Dovod  $Q_{krit}$  do uređaja može se riješiti varijantno.

### 3 Zaključak

GOK je u POKS-u definirao završni dio kanalizacijskog sustava grada Zagreba i istovremeno osigurao racionalne preduvjete za učinkovit rad uređaja za pročišćavanje za različite hidrološko-hidrauličke i uvjete zagađenja.

Glavne značajke predloženog rješenja su:

- Zatvaranje GOK-a izvesti izgradnjom podzemnog kolektora odgovarajućeg profila. Dimenzije novog GOK-a od Slavonske avenije do ušća kolektora Savica su 10 x 3,5 m, od kolektora Savica do novog preljeva u profil 10 x 4 m.
- Izgraditi preljev "Radnička" na GOK-u na dionici nizvodno od utoka kolektora Savica, a prije današnjeg utoka Blizneca u GOK (preporuka: bliže Savici).

### IZVORI

- [1] Deduš, B.; Pavleković, M.: *The Zagreb Integral Sewerage Project – "POKS GZ"*, Seventh International Conference on Urban Storm Drainage (7.ICUSD), Proceedings, Hanover, Germany, 9 – 13 September 1996.
- [2] Deduš, B.; Rogulja, V.; Pavleković, M.; Raguž, D.: *The Zagreb sewerage system optimisation project – Phase II*; 2<sup>nd</sup> DHI Software User Conference 9 – 11 June 1997. Copenhagen, Denmark
- [3] Deduš, B.: *Water as crucial argument for sustainable development of the city of Zagreb with case study: "Zagreb Sewerage system optimisation project"*; Symposium "Water, the city and urban-planning" April 10 – 11 1997. UNESCO – Paris France;
- [4] Deduš, B.; Rogulja, V.; Raguž, D.: *Rainfall-Runoff analysis for the Zagreb Sewerage Optimisation project*; Use of historical rainfall series for hydrological modelling – Third Int. Workshop on Rainfall in Urban Areas – Pontresina (Switzerland) 4 – 7 December 1997. (under IHP UNESCO programme)
- [5] Deduš, B.; Pavleković, M.: *Application of a novel approach to sewer system analysis*; European Water Pollution Control, Volume 7, number 5, 1997.
- [6] Deduš, B.; Rogulja, V.: *Upravljanje u realnom vremenu na zagrebačkoj kanalizaciji*; Odvodnja i Prociscavanje otpadnih voda – Karlovac 98. Bjelolasica
- [7] Deduš, B.; Rogulja, V.: *Utjecaj i veza kanalizacijskih sustava i uređaja za pročišćavanje otpadnih voda – suvremena iskustva s primjerom projekta optimalizacije kanalizacijskog sustava grada Zagreba (POKS)*, Konferencija "Suvremene tehnologije pročišćavanja pitkih i otpadnih voda" – Primošten 23.-27. Lipnja 1999.
- [8] *Projekt Optimalizacije Kanalizacijskog sustava grada Zagreba – I. etapa*, Deduš B. – PRONING DHI d.o.o. Zagreb – sažetak, 1996.
- [9] *Projekt Optimalizacije Kanalizacijskog sustava grada Zagreba – II. etapa*, Deduš B. – PRONING DHI d.o.o. Zagreb – sažetak, 1998.