

# Neuralni model upravljanja kanalskim sustavima

## Uvod

Ovim se radom analiziraju mogućnosti uvođenja nove tehnologije upravljanja gradskim kanalskim sustavima u Hrvatskoj. Obraduje se također problem potrebe suvremenog pristupa projektiranju kao ključnom uslovu za primjenu racionalnih rješenja. Prezentira se i obrazlaže jednostavni model upravljanja kanalskim sustavom temeljen na neuralnim mrežama a koji može predstavljati prvi korak ka punom operativnom modelu upravljanja kanalskim sustavima u realnom vremenu.

## Kanalski sustavi u hrvatskoj i mogućnosti upravljanja

Kanalski sustavi u većini naših gradova u današnjoj izgrađenosti NE ZADOVOLJAVAJU osnovnim zahtjevima za realizaciju i funkcioniranje modela upravljanja u realnom vremenu, prvenstveno iz nekoliko razloga:

- tradicionalno, kanalski sustavi kao i uređaji za pročišćavanje smatrani su "tvomicamatroškova";
- niske cijene komunalnih usluga te neadekvatno vrednovanje komunalnih službi u organizaciji gradova;
- male financijske mogućnosti komunalnih poduzeća;
- zakonodavna regulativa koja postavlja komunalna poduzeća u povlašten položaj;
- relativno novi koncept upravljanja;

Pored ovih kao i njima indirektno uvjetovanim razlozima, danas vrlo mali broj komunalnih poduzeća uopće i razmišlja o upravljanju kanalskim sustavima, a još manje o upravljanju u realnom vremenu.

Tipično, frustracija nastaje iz razloga položaja komunalnih poduzeća koja su sa jedne strane u povlaštenom - tipično monopolističkom položaju - a istovremeno su cijene komunalnih usluga u nekim sredinama toliko niske da ne zadovoljavaju niti osnovne potrebe funkcioniranja komunalnih službi.

Ulaganja u komunalnu infrastrukturu (cijevi+"betoni") a naročito u opremu (npr. pumpe, i sl.) kanalskih sustava i uređaja za pročišćavanje (kanalizacija) predstavljaju ogroman financijski kapital

Pored potrebe da funkcioniranje kanalizacije u svim svojim elementima bude besprijekorno, efektivno i što jeftinije, trajni problem koji se postavlja pred komunalna poduzeća je i zaštita svih objekata gradske infrastrukture kao i objekata stambenog fonda grada (privatni, državni i ostali oblici vlasništva) koji se nalaze uz objekte kanalizacije.

Kako dolazi do promjena i u zakonskoj regulativi ("Zakon o komunalnim djelatnostima") za očekivati je da će se odnos prema kanalizaciji ubrzo iz temelja promijeniti:

- FINANCIJSKA SREDSTVA za rad i održavanje kanalizacije (mreža + uređaj) biti će pod strogom kontrolom Investitora - koji dugoročno ne mora biti država, već privatna poduzeća koja će sudjelovati u radu ali i dobiti komunalnih poduzeća sve na temelju KONCESIJA;
- KOMUNALNI RIZIK, tj. rizik od direktnih i indirektnih šteta na kanalizaciji morati će biti smanjen na najmanju moguću mjeru, sve temeljem suvremenih projekata i njihovom strogom primjenom.
- RAZVOJ kanalizacije (mreža i uređaj) zahtijevati će reinterpretaciju postojećih ("idejnih") projekata koji su uobičajeno stari 10, 15 i više godina, a ako su i novijeg datuma, vrlo je mali broj ovih projekata temeljeno na novim tehnologijama i znanstvenim dostignućima.

Iz svega gore navedenog, a temeljem iskustava razvoja komunalne problematike u zapadnoj Europi te visoko industrijaliziranim zemljama Skandinavije, očita se nameće potreba edukacije svih nas koji svakodnevno bavimo problemima kanalizacije, a prvenstveno onih koji vode brigu o njenom svakodnevnom funkcioniranju.

## O projektiranju kanalskih sustava

Poseban odnos u lancu funkcioniranja kanalizacije imaju svakako komunalna poduzeća i njihove stručne službe sa jedne strane i PROJEKTANTI sa druge.

Uobičajeno kod izrade projektne dokumentacije za razvoj kanalizacije počinjemo sa "idejnim" rješenjem kako smo imenovali projekt kojim se "rješavaju sve ili većinu dilema kanalizacije". Ovakvim su projektom definirani uglavnom oni elementi kanalizacije na temelju kojih se prilazi kasnijoj sukcesivnoj izgradnji objekata odnosno "ispravicima" i poboljšanjima prethodnih projekata.

Presudno za izradu projekta kojim se rješava cjelokupni kanalski sustav je razumijevanje problematike kanalizacije u svim elementima njenog funkcioniranja. Dok projektanti po prirodi stvari - a to im je i posao - imaju uvid u moguće opcije rješenja (koja principijelno obuhvaćaju svu kompleksnost kanalizacije), komunalna poduzeća i stručne službe tradicionalno se bore sa svakodnevnim problemima u radu i održavanju objekata kanalizacije te im je područje interesa uže. Da bi se uskladio sadržaj i dinamika razmišljanja ova dva subjekta (projektanti i komunalci) potrebno je da obje strane akceptiraju rezoniranje druge strane i u dogovoru usklade interese i potrebe sa potencijalnim mogućnostima.

Razvojem novih tehnologija nameće iz temelja drugačiji odnos prema **definiranju projektnih zadataka / programa**. Investitor - bio to gradski fond ili komunalno poduzeće, u mogućnosti je ako je toga svjestan- zahtijevati i dobiti bitno kvalitetnije informacije (baze podataka) odnosno adekvatno kvalitetnije rezultate ( od projekta koji se priprema za izradu ) od projekata kakve smo navikli u dosadašnjoj praksi.

### Tipični suvremeni pristup problematici definiranja projektnog zadatka

Danas, kada su nam na raspolaganju najsofisticiraniji inženjerski alati, matematički modeli kao i adekvatna tehnologija mjerenja, prijenosa i obrade podataka, kada govorimo ' o suvremenim projektima kanalizacije, iste nazivamo:

#### HIDROINFORMATIČKA ANALIZA KANALSKOG SUSTAVA I OSNOVE MODELA UPRAVLJANJA KANALIZACIJOM U REALNOM VREMENU I PROSTORU

Ovakav projekt predstavlja kostur budućeg MODELA UPRAVLJANJA KANALSKIM SUSTAVOM nekog grada, sve primjenom najsuvremenijih inženjerskih alata, metodologija, tehnologija i znanja.

Upravljanje KANALSKIM sustavom, vezano je uz razvoj spoznaje da se adekvatnim preusmjeravanjem toka otpadne vode unutar izgrađene mreže kolektora, mogu postići značajne i višestruko korisne uštede na izgrađenom sustavu odvodnje, u razvoju novih dijelova istog sustava, i na poboljšanju kvalitete prirodne okoline (recipijenti, akvatoriji priobalnog mora itd.).

Poznata su iskustva iz Skandinavije gdje su se primjenom modela upravljanja u realnom vremenu, realizirali efekti : **cca 50 % redukcija frekvencije i volumena prelijevanja preko preljeva u recipijent (čime se direktno utiče na kvalitetu recipijenta) i otprilike isto toliko smanjen dotok na uređaj za pročišćavanje.**

**Razvoj novih tehnologija koje su nam već danas dostupne** omogućavaju realno i kompleksno sagledavanje problematike. One omogućavaju i primjenu novih rješenja, koja ubrzo nakon primjene donose znatna poboljšanja. Ona se ogledavaju i u segmentu održavanja kanalskog sustava, povećanja kvalitete vode recipijenta odnosno akvatorija (ako se ispuštanje otpadnih voda vrši u more), a dugoročno predstavljaju racionalan pristup ovom kompleksnom problemu.

Kada je riječ o kanalskim sustavima, **uobičajena praksa** je potpuno zanemarivanje prirode. **Priroda se, od strane projekatnata uobičajeno tretirala kao dio kanalskog sustava** umjesto obratno:

## **Kanalizacija kao dio čovjekovog prirodnog okruženja !!!**

Problematika urbanih cjelina sa aspekta funkcioniranja kanalskih sustava specifična je po nekoliko karakteristika od kojih su povećani dotok u kolektore (uslijed veće količine nepropusnih površina), te povećane brzine tečenja sa znatno višim vrhom protoke najkarakterističniji.

Općeniti je trend u projektiranju postojećih i novih površina, da se uključi što veće količine polupropusnih i propusnih površina, što ima direktanog efekta na smanjenom dotoku u kanalsku mrežu i dalje na uređaj za pročišćavanje.

Pozitivni efekti primjene suvremenih projektiranih rješenja realiziraju se kroz sve segmente funkcioniranja grada, urbanog i prirodnog okruženja.

Jedan od očiglednih ciljeva projekta koji se opisuje je svakako **nivelacija postojećih rješenja kanalskog sustava** sve u cilju utvrđivanja onih elemenata, postupaka, i scenarija rada kanalizacije koji će :

- a) maksimalno iskoristiti postojeće objekte (sagledavajući njihove svame kako hidrauličke tako i ostale relevantne aspekte funkcioniranja);
- b) smanjiti troškove rada i održavanja;
- c) smanjiti buduća ulaganja u nove kolektore;
- d) smanjiti buduća ulaganja u nove objekte na mreži;
- e) smanjiti frekvenciju i volumen prelijevanja otpadnih voda sa kišnih preljeva; f) smanjiti zagađenje recipijenata i akvatorija priobalnog mora;
- g) smanjiti objekte Uređaja za pročišćavanje otpadnih voda;
- h) smanjiti ulaganja u skupi gradski prostor;

### **CILJEVI PROJEKTA sa aspekta JKP - Komunalac:**

1. Prikupljanje, provjera i obnavljanje velikog broja raznovrsnih PODATAKA o svim elementima kanalskog sustava - do sada uobičajeno nesređeno i pohranjeno na različitim mjestima;
2. Prikupljanje i obrada ISKUSTAVA o radu i održavanju kanalskog sustava grada;
3. OBRADA I POHRANJIVANJE PODATAKA i iskustava (točke 1 i 2) u računar (PC) s ciljem preglednosti, brzine, kvalitete, dostupnosti, sigurnosti kao i mogućnosti simuliranja različitih problema u svezi sa radom i održavanjem cjelokupnog kanalskog sustava. Izrada baza podataka !
4. Provedba niza različitih MJERENJA (KRATKOROČNIH I DUGOROČNIH) karakterističnih fizikalnih veličina o kojima ovisi rad kanalskog sustava;
5. IDENTIFICIRANJE (interpretacija) karakterističnih PROBLEMA u svezi sa normalnim funkcioniranjem kanalskog sustava;
6. UVID U raspoloživa RJEŠENJA problema i odabir najvrednijeg;
7. Smanjenje "komunalnog rizika" (ŠTETE OD NEPRAVILNO PROJEKTIRANOG, IZVEDENOG ILI ODRŽAVANOG KANALSKOG SUSTAVA, NEPREDVIDIVI RIZICI i ostalo) ;
8. MODERNIZIRANJE rada s općim ciljem uštede na što većem dijelu raznovrsnih aktivnosti vezanim uz rad i održavanje kanalskog sustava;
9. UVID I KONTROLA rada svih elemenata pojedinačno i sustava u cjelini;
10. UPRAVLJANJE kanalskim sustavom temeljem prethodno utvrđenih zahtjeva za funkcionalnost i ekonomičnost;

Pojednostavljeno rečeno, temeljem postojećih podataka, izradom ovakvog projekta snimiti će se postojeće stanje, napraviti matematički (digitalni) model kanalskog sustava, izvršiti niz numeričkih

simulacija kojima će se identificirati postojeći problemi i predložiti niz sustavnih mjera kojima će se funkcioniranje kanalskog sustava maksimalno poboljšati.

Poboljšanja moraju biti sagledana sa aspekta onog tko održava (ULAŽE FINANCIJSKA SREDSTVA) kanalski sustav i pripadajuće uređaje (uključivo uređaj za pročišćavanje otpadnih voda), a isto tako i sa aspekta onih koji ga koriste.

Uobičajeno prvi korak u ovakvom programu je izrada matematičkog modela kanalskog sustava kojim će se simulirati rad sustava u različitim hidrološko hidrauličkim uvjetima.

Odabir ovog programa izuzetno je važan kod definiranja problematike koja se analizira. Naime postoje različiti modeli različitih mogućnosti i namjena. Uobičajeno za hidrološko - hidrauličke analize kanalskih sustava poželjno je da model bude :

- a) **DETERMINISTIČKI MODEL** - sa aspekta stohastike;
- b) **DISTRIBUIRANI MODEL** - sa aspekta uvažavanje prostora;
- c) **NESTACIONARAN MODEL** - sa aspekta uvažavanja dimenzije vremena, dinamike;
- d) **FIZIKALNO UTEMELJEN MODEL** - sa aspekta parametara koji opisuju ponašanje sustava;

Dalja realizacija programa (upravljanje i upravljanje u realnom vremenu) ovisi o afinitetima i potrebama investitora i uvelike je određen i financijskim mogućnostima investitora. Posebnu pažnju potrebno je obratiti na aspekte dugoročne koristi od potrebnih ulaganja.

UPRAVLJANJE, te kasnije UPRAVLJANJE U REALNOM VREMENU nadgradnja je o kojoj ćemo sve više biti prisiljeni razmišljati, a i ubrzo primjenjivati.

Kako su ovakva rješenja i skupa, moguće je sustavno početi primjenu jednostavnijih modela da bi se realizacijom sustava mjerenja i prijenosa podataka, izradom matematičkih modela te ostalom infrastrukturom modela polako prelazilo na kompleksnije modele upravljanja.

## **Ekspertni sustavi i neutralne mreže**

Ekspertni sustavi (ES) su vjerojatno najuspješniji primjer komercijalne primjene umjetne inteligencije. Njihova mogućnost da riješe kompleksne probleme, opravdaju preporuke i dokumentiraju kompleksne procese, učinile su da ES postanu nezamjenjivim u velikom broju primjena, naročito kao sustavi za obrazlaganje i donošenje odluka. Oni međutim imaju i svoja ograničenja kao npr. zamarajući i jednolična priroda akvizicije znanja;

- nemogućnost ES da dinamički poboljšavaju svoje ponašanje;
  - nepredvidivo ponašanje kada se postave pitanja koja su izvan područja obrađene ekspertize;
- NEURALNE MREŽE** omogućavaju rješenja ovakvih problema. Njihove su tipične karakteristike :
- Treniranje na temelju iskustvenog pamćenja;
  - Mogućnost dinamičkog prilagođivanja promjenama okoline;
  - Mogućnost uopćavanja na temelju specifičnih primjera;
  - Tolerancija temeljem poremećenih ili slučajnih ulaznih podataka;
  - Mogućnosti u otkrivanju kompleksnih odnosa između ulaznih varijabli;

## **O neuralnim mrežama**

Neuralna mreža je naziv za vrlo specifičnu tehnologiju obrade podataka, inspiriranu istraživanjima o funkcioniranju ljudskog nervnog sustava i samog mozga. Kao i druge tehnologije za obradu podataka, na nivou hardvera - dakle računara - i ova tehnologija prima ulazne podatke, obrađuje ih i proizvodi izlazne rezultate.

Međutim ono po čemu se ova tehnologija razlikuje od ostalih je upravo ono što ju i karakterizira po svom izvoru - a to je oponašanje svog uzora - **BIOLOŠKIH ORGANIZAMA I SUSTAVA** :

## **KLASIFIKACIJA I PREPOZNAVANJE UZORAKA te FUNKCIONALNA SINTEZA.**

Čime se bavi KLASIFIKACIJA I PREPOZNAVANJE UZORAKA ? Prvenstveno pronalaženjem sličnih ili istih parametara i/ili atributa pojedinih cjelina, definiranjem njihovih različitosti, mogućnost ocjene stanja pojedinih sustava na temelju kvalitete ulaznih parametara a u cilju donošenja određenih odluka, itd.

Većina odluka donesena je na temelju PRETHODNOG ISKUSTVA. Ovo je bitno iz razloga što će naš model biti izgrađen na određenom broju podataka prikupljenih kroz određeni vremenski period i na temelju kojeg će se provesti adekvatno učenje o ponašanju sustava.

FUNKCIONALNA SINTEZA se kao aktivnost sastoji od definiranja funkcijskog odnosa između većeg broja ulaznih podataka i jednog ili više izlaznih rezultata. Ovakvo učenje uključuje višestruke nelinearne relacije, pa su tipični primjeri primjene neuralnih mreža kroz funkcionalne sinteze u npr. filtriranju šuma iz EKG signala, predviđanje potrošnje prirodnog plina i njegove cijene, procjenjivanje grešaka itd.

Smatra se međutim u znanstvenim i inženjerskim krugovima da se kombinacijom neuralnih mreža kao

pred-procesora i ekspertnih sustava temeljenih na pravilima, mogu postići najbolji rezultati.

Pristup koji se ovdje obrađuje ne isključuje ovakvu kombinaciju već otvara mogućnost za njenu kasniju realizaciju.

### **Neuralni model upravljanja kanalskim sustavom**

Model upravljanja kakav se ovdje obrazlaže temeljen je na neuralnim mrežama. Ovakav model predstavlja vrlo jednostavnu interpretaciju kombinacije niza iskustava i dostupnih mjerenja.

Dakle, preduvjet za realizaciju ovakvog jednostavnog modela jesu mjerna mjesta sa adekvatnom opremom, telemetrijske pripremljen ("istreniran") iskustveni modeli temeljen na neuralnim mrežama.

Na jednostavnom (za sada hipotetskom) primjeru - kanalskom sustavu sastojecem od osam cijevi, jednom pumpnom stanicom i pripadajućem tlačnom cjevovodu, kišnom preljevu i ispusnoj građevini na ulazu na uređaj za pročišćavanje, te dva kišomjera na pripadajućem slivu i jednim mjernim mjestom (brzina, protoka) - analizirano je ponašanje sustava temeljem historijski poznatih podataka o ponašanju istog sustava.

Model upravljanja prvo se "istrenira" sa historijskim podacima, na temelju kojega motor modela - neuralne mreže - provode učenje o ponašanju predmetnog sustava, pronalazeći određeni uzorak ponašanja.

Karakteristično za neuralne mreže je da se donesena rješenja uzimaju sa određenim stupnjem nesigurnosti. Govorimo o tzv. "mekoj logici" gdje svi rezultati nisu explicite' iskazani u svojoj vrijednosti već kao postotak vjerojatnosti događanja.

Tipični algoritam sa sastoji od sljedećih elemenata :

#### **PREMISE ( ako ):**

K1 = A<sub>j</sub>, A<sub>j</sub> element (A<sub>i</sub>, i = 1,2,...,j, j+1,...,n) ili

K2 = B<sub>j</sub>, B<sub>j</sub> element (B<sub>i</sub>, i = 1,2,...,j, j+1,...,n) ili

K3 = ...ili

... ili

Kn = ...

+(i)

MM1 = C<sub>j</sub>, C<sub>j</sub> element (C<sub>i</sub>, i = 1,2,...,j, j+1,...,n)

MM2 = D<sub>j</sub>, D<sub>j</sub> element (D<sub>i</sub>, i = 1,2,...,j, j+1,...,n)

MM3 = ...

...

MMn = ...

+(i)

ITD.

**ZAKLJUČCI ( onda vrijedi ):**

P = Z1 ili

P = Z2 ili

itd.,

zatim WWTP =  $Q_j$ ,  $Q_j$  element ( $Q_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, j, j+1, \dots, n$ )

WWTP =

itd.

U prethodno navedenom algoritmu, vrijedi :

K1, K2 itd. Kišomjeri sa sustavom telemetrijskog prijenosa podataka;

MM1, MM2, itd. Mjerna mjesta na mreži za mjerenje brzine odnosno protoke sa su stavom telemetrijskog prijenosa podataka;

A, B, C i D Podaci mjereni na sensorima - mjernim mjestima - telemetrijski obrađeni u kontrolno - upravljačkom centru kanalizacije;

P Preljev ( ili Pumpna stanica ili bilo koji drugi objekt na mreži );

Z1, Z2 itd. Logička ili numerička vrijednost (ako ju je moguće mjeriti) vezana uz rad preljeva;

WWTP Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda - U.P.;

$Q_j$  Vrijednosti dotoka na uređaj za pročišćavanje ( na ispustu kanalizacije );

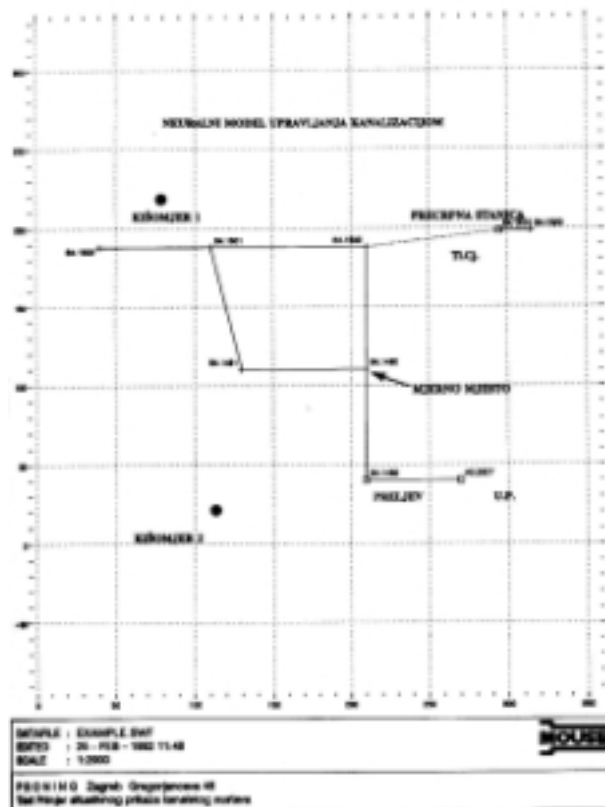
Kad se sustav na ovom modelu "istrenira" temeljem postojećih historijskih podataka, prilazi se njegovom kalibriranju odnosno verificiranju. Svaki novi događaj naknadno se "utrenira" kako bi model radio sa većom sigurnošću.

Tipični je algoritam dakle svojstven i pravim kompleksnim ekspertnim sustavima: Nakon definiranja premisa - vrši se provjera sličnosti sa poznatim historijski zapisanim i obrađenim slučajevima - pa se postavlja hipoteza - ZAKLJUČAK - koja se obrazlaže i vrednuje adekvatnim numeričkim pokazateljem ( vjerojatnost istinitosti odnosno poklapanja sa zapisanim vrijednostima).

Kako je analizirani kanalski sustav isključivo hipotetski i izuzetno simplificiran model, isti treba shvatiti samo kao model za prezentaciju ove problematike.

Za izradu pravog modela temeljenog na neuralnim mrežama, potrebna je uska suradnja projektanta i iskusnih stručnjaka, uključivo radnika sa terena, dakle iz Komunalnog poduzeća.

Na sljedećoj slici predstavljena je konfiguracija modela koji se analizira neuralnim mrežama.



## Pregled grupa mjerenih podataka (premise) i relevantnih zaključaka:

### PODACI O MJERENJIMA SA KIŠOMJERA:

- kišomjer 1 izmjerio u prvih 20 min kiše ukupno 5 mm
- kišomjer 1 izmjerio u prvih 20 min kiše ukupno 8 mm
- kišomjer 1 izmjerio u prvih 20 min kiše ukupno 10 mm
- kišomjer 1 izmjerio u prvih 20 min kiše ukupno 15 mm
- kišomjer 1 izmjerio u prvi 20 min kiše ukupno više od 30 mm
- kišomjer 2 izmjerio u prvih 20 min kiše ukupno 5 mm
- kišomjer 2 izmjerio u prvih 20 min kiše ukupno 8 mm
- kišomjer 2 izmjerio u prvih 20 min kiše ukupno 10 mm
- kišomjer 2 izmjerio u prvih 20 min kiše ukupno 15 mm
- kišomjer 2 izmjerio u prvih 20 min kiše više od 30 mm

### PODACI O MJERENJIMA PROTOKE NA KANALSKOJ MREŽI:

- na mjernom mjestu 1 izmjerena protoka 1,0 m<sup>3</sup>/s
- na mjernom mjestu 1 izmjerena protoka 1,4 m<sup>3</sup>/s
- na mjernom mjestu 1 izmjerena protoka od 1,8 m<sup>3</sup>/s
- na mjernom mjestu 1 izmjerena protoka 2,3 m<sup>3</sup>/s
- na mjernom mjestu 1 izmjerena protoka veća od 2,5 m<sup>3</sup>/s

### TIPIČNI ZAKLJUČCI:

#### PRELJEV:

PRELJEV NEĆE EVAKUIRATI (PRELJEVATI) OTPADNU VODU U RECIPIJENT  
 PRELJEV ĆE EVAKUIRATI (PRELJEVATI) OTPADNU VODU U RECIPIJENT  
**DO TOK NA UREĐAJ ZA PROČIŠĆAVANJE:**

OČEKIVANI dotok na WWTP 2,5 m<sup>3</sup>/s  
OČEKIVANI dotok na WWTP 3,0 m<sup>3</sup>/s  
OČEKIVANI dotok na WWTP 4,0 m<sup>3</sup>/s  
OČEKIVANI dotok na WWTP 5,0 m<sup>3</sup>/s  
OČEKIVANI dotok na WWTP veći od 6 m<sup>3</sup>/s

### DIJAGNOSTICIRANJE GREŠKE:

MJERNO MJESTO 1 POKAZUJE POGREŠNE PODATKE / VJEROJATNA GREŠKA MJERENJA

Pored gore navedenih premisa, u ovisnosti o kompleksnosti kanalizacije (mreža + uređaj) kao i o dostupnosti mjerenih podataka - TELEMETRIJA - mogući su naravno i finiji opisi elemenata sustava, mjerenih veličina kao i reakcija istih elemenata temeljem adekvatnih ulaznih veličina.

MOGUĆI SLUČAJEVI U RELANOM VREMENU I PROSTORU:

slučaj 1 :

- **kišomjer 1 izmjerio u prvih 20 min kiše ukupno 5 mm**
  - kišomjer 1 izmjerio u prvih 20 min kiše ukupno 8 mm
  - kišomjer 1 izmjerio u prvih 20 min kiše ukupno 10 mm
  - kišomjer 1 izmjerio u prvih 20 min kiše ukupno 15 mm
  - kišomjer 1 izmjerio u prvi 20 min kiše ukupno više od 30 mm
  
  - **kišomjer 2 izmjerio u prvih 20 min kiše ukupno 5 mm**
  - kišomjer 2 izmjerio u prvih 20 min kiše ukupno 8 mm
  - kišomjer 2 izmjerio u prvih 20 min kiše ukupno 10 mm
  - kišomjer 2 izmjerio u prvih 20 min kiše ukupno 15 mm
  - kišomjer 2 izmjerio u prvih 20 min kiše više od 30 mm
  
  - **na mjernom mjestu 1 izmjerena protoka 1,0 m<sup>3</sup>/s**
  - na mjernom mjestu 1 izmjerena protoka 1,4 m<sup>3</sup>/s
  - na mjernom mjestu 1 izmjerena protoka od 1,8 m<sup>3</sup>/s
  - na mjernom mjestu 1 izmjerena protoka 2,3 m<sup>3</sup>/s
  - na mjernom mjestu 1 izmjerena protoka veća od 2,5 m<sup>3</sup>/s
  
  - **PRELJEV NEĆE EVAKUIRATI (PRELJEVATI) OTPADNU VODU U RECIPIJENT**
  - **PRELJEV ĆE EVAKUIRATI (PRELJEVATI) OTPADNU VODU U RECIPIJENT**
  - **OČEKIVANI dotok na WWTP 2,5 m<sup>3</sup>/s**
  - OČEKIVANI dotok na WWTP 3,0 m<sup>3</sup>/s
  - OČEKIVANI dotok na WWTP 4,0 m<sup>3</sup>/s
  - OČEKIVANI dotok na WWTP 5,0 m<sup>3</sup>/s
  - OČEKIVANI dotok na WWTP veći od 6 m<sup>3</sup>/s
- MJER. MJ. 1 POKAZUJE POGREŠNE PODATKE / VJEROJ. GREŠKA MJERENJA

slučaj 2 :

- kišomjer 1 izmjerio u prvih 20 min kiše ukupno 5 mm
- kišomjer 1 izmjerio u prvih 20 min kiše ukupno 8 mm
- kišomjer 1 izmjerio u prvih 20 min kiše ukupno 10 mm

kišomjer 1 izmjerio u prvih 20 min kiše ukupno 15 mm  
**kišomjer 1 izmjerio u prvih 20 min kiše ukupno više od 30 mm**  
kišomjer 2 izmjerio u prvih 20 min kiše ukupno 5 mm  
kišomjer 2 izmjerio u prvih 20 min kiše ukupno 8 mm  
kišomjer 2 izmjerio u prvih 20 min kiše ukupno 10 mm  
kišomjer 2 izmjerio u prvih 20 min kiše ukupno 15 mm  
**kišomjer 2 izmjerio u prvih 20 min kiše više od 30 mm**

na mjernom mjestu 1 izmjerena protoka 1,0 m<sup>3</sup>/s

na mjernom mjestu 1 izmjerena protoka 1,4 m<sup>3</sup>/s

na mjernom mjestu 1 izmjerena protoka od 1,8 m<sup>3</sup>/s

na mjernom mjestu 1 izmjerena protoka 2,3 m<sup>3</sup>/s

na mjernom mjestu 1 izmjerena protoka veća od 2,5 m<sup>3</sup>/s

**PRELJEV NEĆE EVAKUIRATI (PRELJEVATI) OTPADNU VODU U RECIPIJENT**

**PRELJEV ĆE EVAKUIRATI (PRELJEVATI) OTPADNU VODU U RECIPIJENT**

OČEKIVANI dotok na WWTP 2,5 m<sup>3</sup>/s

OČEKIVANI dotok na WWTP 3,0 m<sup>3</sup>/s

OČEKIVANI dotok na WWTP 4,0 m<sup>3</sup>/s

OČEKIVANI dotok na WWTP 5,0 m<sup>3</sup>/s

OČEKIVANI dotok na WWTP veći od 6 m<sup>3</sup>/s

**MJER. MJ. 1 POKAZUJE POGREŠNE PODATKE / VJEROJ. GREŠKA MJERENJA**

## **Zaključak**

Očiti i brojni problemi još će dugo onemogućavati racionalno gospodarenje kanalskim sustavima.

**GOSPODARENJE sustavima kanalizacije**, prvenstveno ekonomsko gospodarenje, podrazumijeva **KONTROLU** odnosno **UPRAVLJANJE** nad kanalskim sustavima. Kako kontrola podrazumijeva **INFORMACIJE**, kao ključni i temeljni problem pojavljuje se problem prikupljanja, prijenosa, obrade, valoriziranja te pohranjivanja relevantnih informacija i podataka.

Sirova se informacija u svom digitalnom obliku "enkapsulira" u matematičkim modelima, procesira da bi obrađena dala adekvatni i korisni rezultat, te oživotvori u materijalnim objektima.

Ovaj proces nužno je dugotrajan i skup. Kako izrada modela upravljanja zahtjeva i niz drugih premisa, **MJERENJE KARAKTERISTIČNIH VELIČINA** na kanalskom sustavu (pala oborina, brzine i protoke u mreži, itd.) u ovom je trenutku najbitnije za prikupljanje one baze podataka koja će kasnije poslužiti za izradu kvalitetnog modela, kalibraciju i valorizaciju samog modela. Ovo je slučaj u 99 % kanalskih sustava u Hrvatskoj.

Druga poruka ovog rada odnosi se na **NUŽNOST KONTINUIRANE EDUKACIJE** svekolikog stručnog kadra okupljenog oko problematike kanalizacije s ciljem upoznavanja sa novim tehnologijama i dostignućima znanosti. Na taj će se način od projekata dobivati one najkvalitetnije rezultate koje će se adekvatno / racionalno moći iskoristiti, dakle primijeniti i koristiti.

Kako je međutim u domaćoj praksi još uvijek uobičajen tradicionalni pristup rješavanju kanalizacione problematike (temeljen na klasičnim inženjerskim alatima i znanstvenim dostignućima relativno starim i napuštenim), potrebno je odmah, počevši od Fakulteta pa do samih komunalaca, provesti informiranje i obuku, sve u vidu "radionica" (engl. "workshop"), seminara, konferencija te drugih oblika edukacije, kako domaćih tako i u suradnji sa strancima.

Nadalje, i kao posljednja poruka ovog rada, predlaže se, a u cilju postepene primjene koncepta upravljanja kanalskim sustavima, izrada jednostavnih, NA ISKUSTVU TEMELJENIH NEURALNIH MODELA UPRAVLJANJA. Ovi su modeli jednostavni za korištenje a pružaju brzu i relativno

pouzdanu informaciju. Svaki model se mora izgraditi za svoj kanalski sustav, sa pripadajućim podacima i informacijama.

### **Popis literature**

1. Danish Hydraulic Institute : "MOUSE online technical specification for SCADA system interface" Horsholm 1993., Denmark
2. Božidar Dcduš : "Modeli Upravljanja komunalnim sustavima infrastrukture u realnom vremenu - Vodovod i Kanalizacija", 1. stručni skup sekcije za vodoopskrbu i odvodnju, Krapinske Toplice, 1993.
3. J. Bo Nielsen, Sten Lindberg, Poul Harremoes : "Model based on-line control of sever systems" IAVPRC Vorkshop, Banff, Canada 1993.
4. Vard System Group, Inc. : "Neural Network Shell Program" USA, 1991.