

Primjena GIS-a u sustavima odvodnje otpadnih voda

» Mladen Kolarek

SAŽETAK. Sustavi odvodnje otpadnih voda često su zanemareni dio infrastrukture određene regije, općine ili grada. Zbog njih vrlo često nastaju problemi u razvoju radi nemogućnosti učinkovitog odgovora sustava odvodnje na potrebe zajednice koje nastaju širenjem stambenih i širenjem industrijskih zona koje u svojim proizvodnim procesima uključuju velike količine otpadnih voda. Osim svoje funkcije odvodnje otpadnih voda, sustavi imaju i vrlo važnu ulogu u sanitarnoj zaštiti regije i veliki utjecaj na zaštitu eko sustava te su odraz civilizacijskog doseg. Razvoj sustava odvodnje, dogradnje sustava ili rekonstrukcije uključuje vrlo zahtjevne radove koji su često i vrlo skupi. Učinkovita evidencija i upravljanje objektima sustava odvodnje, temelj su učinkovitog sustava odvodnje i osnova za sve vrste hidrauličkih analiza te izradu scenarija rekonstrukcija i proširenja sustava. To u konačnici ima za rezultat veću učinkovitost odvodnje, smanjenje pogreške u planiranju i projektiranju sustava te mogućnost boljeg planiranja razvoja zajednice. U ovom radu opisana je primjena geografsko informacijskih sustava koja evidentira i upravlja objektima sustava odvodnje te je glavni i najpotpuniji izvor podataka o sustavu za sve daljnje analize i projekte. Također, prikazana je jedna od programskih podrški za rad nad GIS sustavom odvodnje, njene funkcije i mogućnosti.

KLJUČNE RIJEČI: komunalni informacijski sustavi, sustav odvodnje otpadnih voda, Bentley WasteWater, GIS

> 1. Uvod

U gotovo svim jedinicama lokalne uprave postoje manje ili više razvijeni sustavi odvodnje otpadnih voda. Njihovo održavanje i razvoj neposredno je povezano s djelovanjem lokalne uprave i lokalnih komunalnih poduzeća koji imaju veliki utjecaj na poboljšanje uvjeta života te tehnološki i ekonomski razvoj regije. Upravljanje, održavanje i razvoj takvih sustava uglavnom se povjerava raznim odjelima unutar komunalnih poduzeća koja vode različite evidencije podataka o objektima sustava. Nerijetko je slučaj da se vodi vrlo dobra evidencija korisnika sustava odvodnje u obliku komunalnih informacijskih sustava - KIS (oblik poslovnih informacijskih sustava), ali istovremeno evidencija stanja samog sustava odvodnje i objekata koji ga čine je siromašna i nije u toku s vremenom.

Uobičajen razvoj sustava odvodnje kroz godine kreće od početka izgradnje (uglavnom početkom 20-tog stoljeća, iako ponegdje, u starim jezgrama gradova, još uvijek postoje sustavi iz rimskog doba) u kojoj su se definirali osnovni dijelovi i iz-

gradila jezgra sustava. Tijekom vremena, razvojem područja kako u urbanom, tako i u industrijskom smislu, postojeća jezgra sustava sve je manje zadovoljavala potrebe za odvodnjom otpadnih voda te se raznim manjim intervencijama, nadogradnjama sustava pa čak i većim rekonstrukcijama, nastojala povećati učinkovitost odvodnje sustava. Sve to vrijeme, uspješno ili manje uspješno, vodila se evidencija promjena i stanja objekata sustava te se upravljalo sustavom.

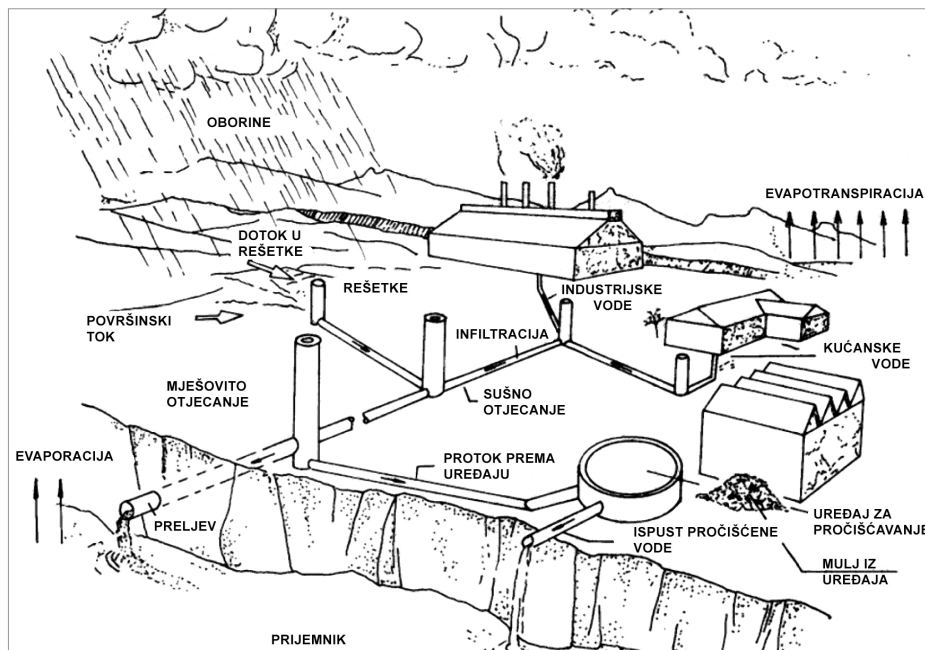
U današnje vrijeme, kada je razvoj regija ubrzan, postojeći način evidentiranja i upravljanja objektima je kamen spoticanja te velika kočnica razvoju modernih i učinkovitih sustava odvodnje otpadnih voda. Upravljanje i evidencija objekata koji čine sustav odvodnje otpadnih voda, njihov oblik i položaj te svojstva koja posjeduju, glavna je zadaća GIS-a odvodnje. Za razliku od komunalnih informacijskih sustava, GIS odvodnje otpadnih voda koncentriraju se prvenstveno na prostornu komponentu sustava i objekte sustava. Zajedno sa svojstvima objekata sustava (atributima) i međusobnu topološku povezanost mrež-

nog tipa, čine sustav koji je sposoban zabilježiti oblik i stanje objekata, upravljati promjenama nad objektima, prikazivati objekte i sustav u cjelini te izvoditi analize i scenarije.

> 2. Sustav odvodnje otpadnih voda

Osnovna zadaća sustava odvodnje otpadnih voda je prikupljanje otpadnih voda na određenom području, kontrolirana odvodnja i ispuštanje natrag u prirodu. Prije ispuštanja otpadne vode moraju biti pročišćene ili barem dovoljno razrijeđene, kako bi zadovoljile propisane ekološke standarde.

U velikoj većini općina i gradova, koji obično čine jedinstvene zatvorene sustave odvodnje, sustavi odvodnje otpadnih voda su, zapravo, kombinirani sustavi odvodnje sanitarnih i oborinskih voda. Zajedno, od kućnog ili industrijskog priključka i slivnika, preko sekundarnog kolektora sve do primarnog (glavnog) kolektora, odvede otpadnu vodu sve do pročištača i ispusta u prijemnik (Slika 1). Sustavu odvodnje na tom putu pomažu, ali i



Slika 1. Sustav odvodnje otpadnih voda

odmažu morfološke karakteristike terena koje su specifične za određeno područje sustava odvodnje. Poznato je da se principi odvodnje otpadnih voda temelje na fizikalnim zakonima toka, uz upotrebu što je manje moguće dodatne energije, kako bi se premostile fizičke prepreke koje stoje na putu prirodnom toku. Zato se sustavi odvodnje uvelike oslanjaju i projektiraju u skladu s morfološkim karakteristikama terena, hidrološkim i geološkim obilježjima regije, utjecajem industrije i urbanizacije područja, utjecajem na ekološki sustav područja te planiranjem budućih potreba i razvoja regije (Milićević i Milićević 2006).

Planiranje i izgradnja sustava odvodnje zasniva se na projektiranju i izgradnji objekata koji omogućuju učinkovitu odvodnju otpadnih voda. Objekti koji čine sustav odvodnje otpadnih voda su svi objekti koji služe za prikupljanje, odvodnju i pročišćavanje otpadnih voda. Osnovni objekti sustava uključuju: slivnike, reviziona okna, preljeve, crpne stanice, ispuste, tlačne vodove, otvorene i zatvorene kanale, uređaje za pročišćavanje otpadnih voda i sve druge objekte sustava. Svi ti objekti posjeduju svoju prostornu, uporabnu i sadržajnu komponentu, međusobno su povezani, a zajedno omogućuju sustavu ispunjenje svoje osnovne zadaće (Halapija i dr. 2008).

> 3. Geografsko informacijski sustav odvodnje otpadnih voda

Da bi se izgradio GIS odvodnje otpadnih voda, unijeli stvarni podaci sustava i ostvarila funkcionalnost sustava, mora se definirati model podataka na logičkoj razini kako bi se, u što je moguće većoj mjeri, prenio stvaran sustav odvodnje u njegov digitalni oblik. Pri definiranju mo-

dela podataka potrebno je voditi računa o prostornoj komponenti informacijskog sustava kao metodi prikaza položaja objekata sustava, njihovog oblika i međusobnog položajnog odnosa. Nadalje, potrebno je voditi računa o opisnim svojstvima objekata sustava koji će definirati objekte i njihovu funkciju te o povezanosti objekata sustava na topološkoj razini.

Geografsko informacijski sustavi odvodnje pripadaju topologiji mrežnog sustava te su u skladu s tim podijeljeni i definirani osnovni objekti informacijskog sustava odvodnje. Osnovni objekti dijele se na: čvorne objekte (*engl. nodes*), linijske objekte (*engl. links*) i površinske objekte (*engl. polygons*).

Među čvorne objekte spadaju objekti sustava kao što su: reviziona okna, slivnici, crpne stanice, ispusti i dr. Među linijske objekte spadaju objekti sustava kao što su: tlačni vodovi, otvoreni i zatvoreni kanali, preljevi i dr. Površinski se objekti uglavnom odnose na slivne površine koje u model sustava odvodnje unose važan podatak o količini i vremenskoj raspodjeli oborina koje ulaze u sustav odvodnje.

Povezanost objekata sustava ostvaruje se na grafičkoj i topološkoj razini – *spatial network* (Oracle Spatial 2006). Svi objekti sustava će bit prezentirani (čvorni objekti) i povezani (linijski objekti) svojom grafičkom predstavom, a povezanost na topološkoj razini će bit ostvarena i pohranjena kao svojstvo (atribut) svakog objekta sustava. Način izgradnje i zapisa topološke povezanosti objekata interno je svojstvo programske podrške koja upravlja radom sustava, a u novije vrijeme topološku povezanost možemo izgraditi i zapisati unutar baze podataka na standardan način kako je prije opisano (URL-1).

Programska podrška u kojoj će se ostvariti logički model podataka, odnosno izgraditi fizički model i koja će upravljati s GIS-om odvodnje mora biti sposobna grafički i geometrijski prezentirati podatke u potpunom 3D prostoru, biti sposobna raditi u potpunom GIS okruženju, odnosno moći dodavati i mijenjati svojstva objekata, povezivati objekte na topološkoj razini te upravljati i kontrolirati sustav tijekom rada. Pri tome je naglasak na stalnom održavanju sustava (koji treba biti u neprekidnom konzistentnom stanju) i logici sustava koja mora upozoravati na pogrešne podatke i primjenjivati fizikalne zakone sustava odvodnje nad podacima kako bi otkrivala logičke pogreške sustava odvodnje. U tome veliku ulogu ima sposobnost novijih baza podataka da kontroliraju i upravljaju svojom topološkom povezanošću unutar same baze podataka – *persistent topology* (Bentley Institute 2008). Do sada je to bila isključivo zadaća programske podrške koja upravlja radom geografskih informacijskih sustava.

Jedna od programske podrške za rad na geografsko informacijskim sustavima odvodnje otpadnih voda je Bentley WasteWater koja posjeduje navedene mogućnosti za rad nad sustavom.

> 4. Bentley WasteWater

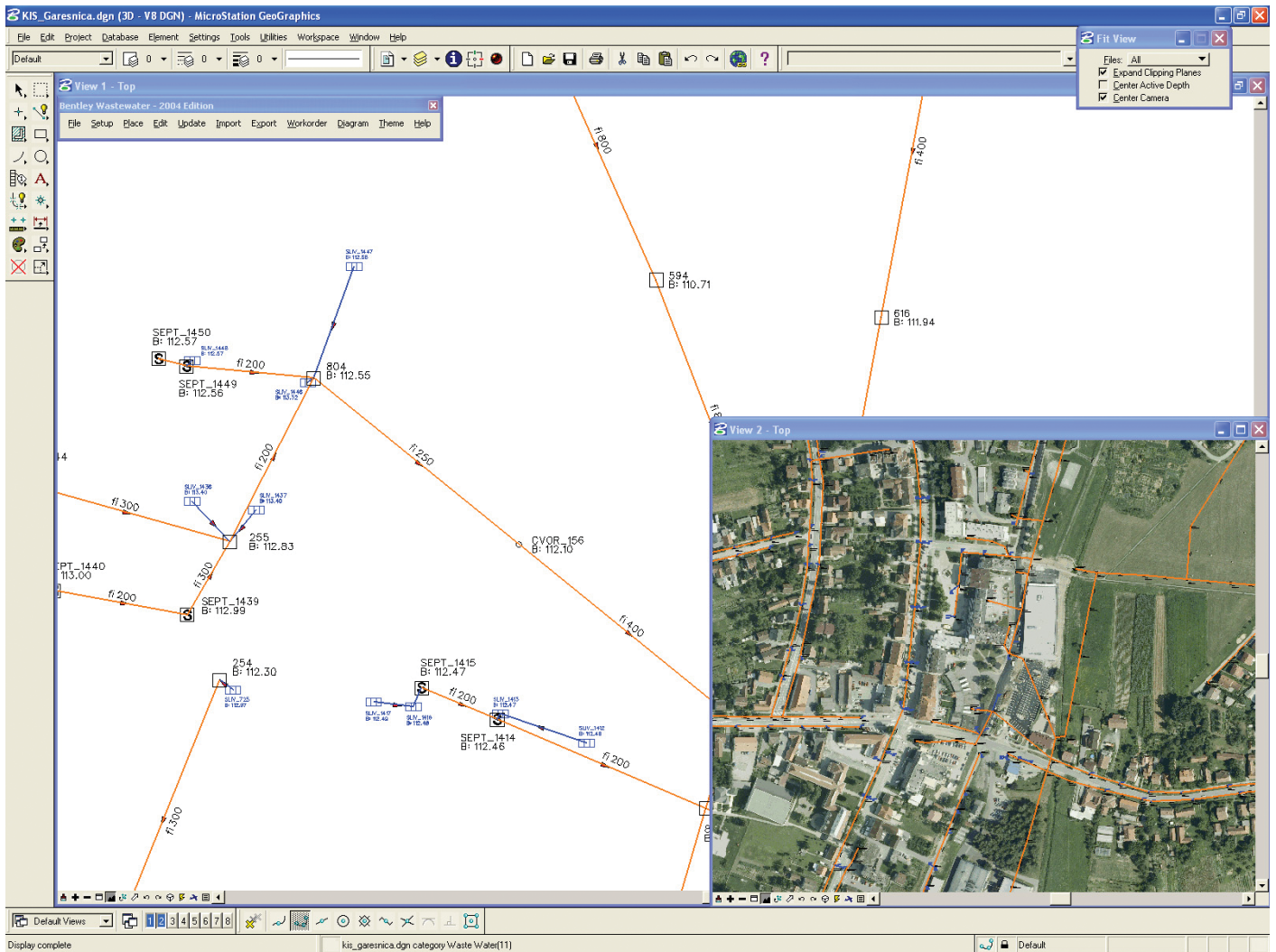
Tvrtka Bentley Systems, Inc. (URL-2) najpoznatija je po svojoj CAD aplikaciji MicroStation koja već više od 20 godina postojanja dokazuje svoju uporabnu vrijednost, ponajviše u upravljanju podacima u 3D prostoru i njihovoj vizualizaciji. Primjenu MicroStationa danas možemo vidjeti najviše u poslovima vezanim za geodeziju, fotogrametriju, graditeljstvo, strojarstvo, elektrotehniku i dr.

Tijekom godina razvoja prema GIS-u, tvrtka Bentley Systems, Inc. odlučila je razvijati svoje geoprostorno okruženje bazirano upravo na MicroStation-u CAD platformi, spajajući ponajbolje iz ta dva svijeta. Danas postoji potpuno GIS okruženje - Bentley Map, koje je svojim izgledom i načinom rada vrlo slično CAD aplikaciji, a mogućnostima u potpunosti zadovoljava potrebe modernog GIS-a.

Bentley WasteWater je nadogradnja GIS okruženja (nadogradnja Bentley Map-a) koji je specijaliziran za rad nad sustavima odvodnje otpadnih voda (Slika 2).

Bentley WasteWater omogućava korisniku:

- kreiranje fizičkog modela podataka i unos podataka,
- povezivanje podataka na geometrijskoj i topološkoj razini,
- izgradnju topološkog mrežnog sustava,
- promjenu geometrijskih i atributnih



Slika 2. Bentley WasteWater aplikacija

svojstva objekata sustava,

- kontrolu podataka na topološkoj razini i provjeru logike sustava,
- osnovnu hidrauličku analizu sustava,
- izradu shema i dijagrama objekata i mreže sustava,
- tematski grafički prikaz podataka,
- razmjenu podataka s drugim platformama.

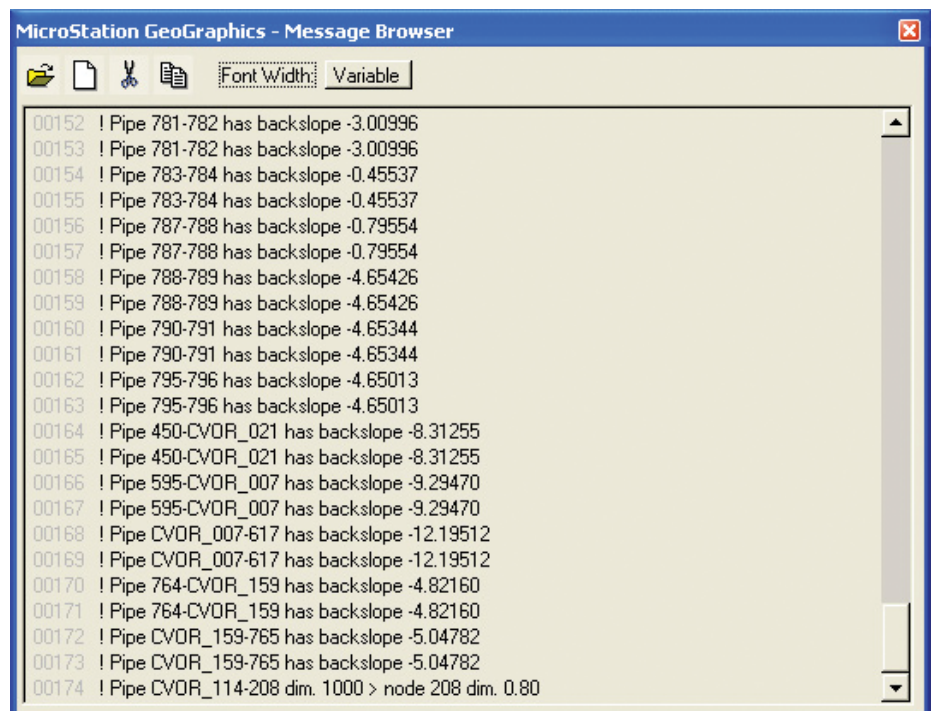
Bentley WasteWater smješta objekte sustava u 3D prostor, što u kombinaciji sa svojstvima objekata i topološkoj povezanosti objekata omogućava informacijskom sustavu simulaciju fizikalnih zakona nad sustavom odvodnje. Ta osobina kontrolira sustav u svakome trenutku njegovog rada, odnosno umanjuje mogućnost geometrijske i logičke pogreške tijekom rada te pruža osnovnu hidrauličku analizu sustava.

Kontrola podataka, odnosno kontrola topološke povezanosti i logike cjelokupnog sustava, cjelovita je i stalna tijekom rada nad podacima, što pridonosi konzistentnosti sustava. Onemogućava korisniku unos neispravnih i nelogičnih podataka, odnosno upozorava korisnika na mogućnost pogreške u sustavu (Slika 3).

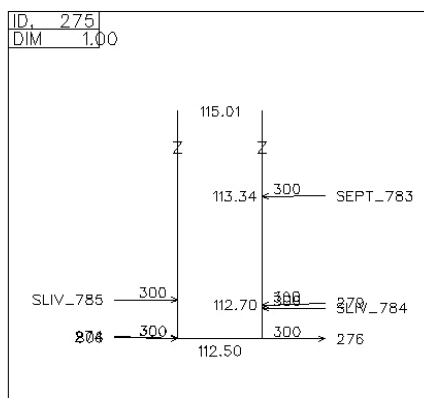
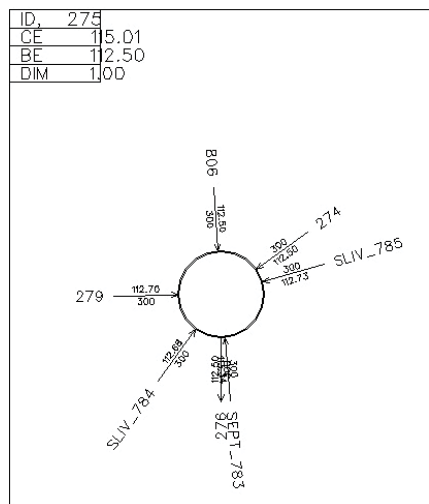
Osim rada nad objektima sustava, Bentley WasteWater pruža mogućnost automatizirane izrade shema i dijagrama

objekata sustava (Slika 4 i Slika 5). Tematska grafička prezentacija objekata sustava također je prisutna i omogućava korisniku veću preglednost te tematsko grafičko prikazivanje različitih tipova objekata sustava odvodnje. Također, prisutna je mo-

gućnost povezivanja pojedinog objekta sustava s raznim »vanjskim« dokumentima te video zapisima inspekcije (Slika 6). Korisniku to pruža potpuni uvid i kontrolu nad objektom sustava te omogućava njegovo upravljanje.



Slika 3. Upozorenja i pogreške u sustavu odvodnje

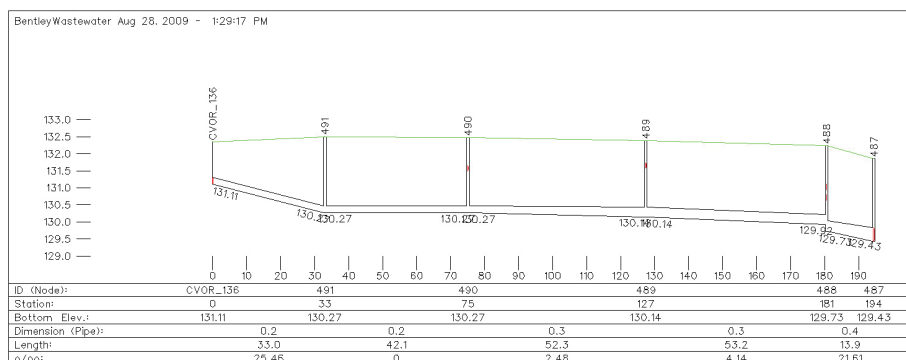


Slika 4. Automatizirana izrada shematskog prikaza revizionog okna

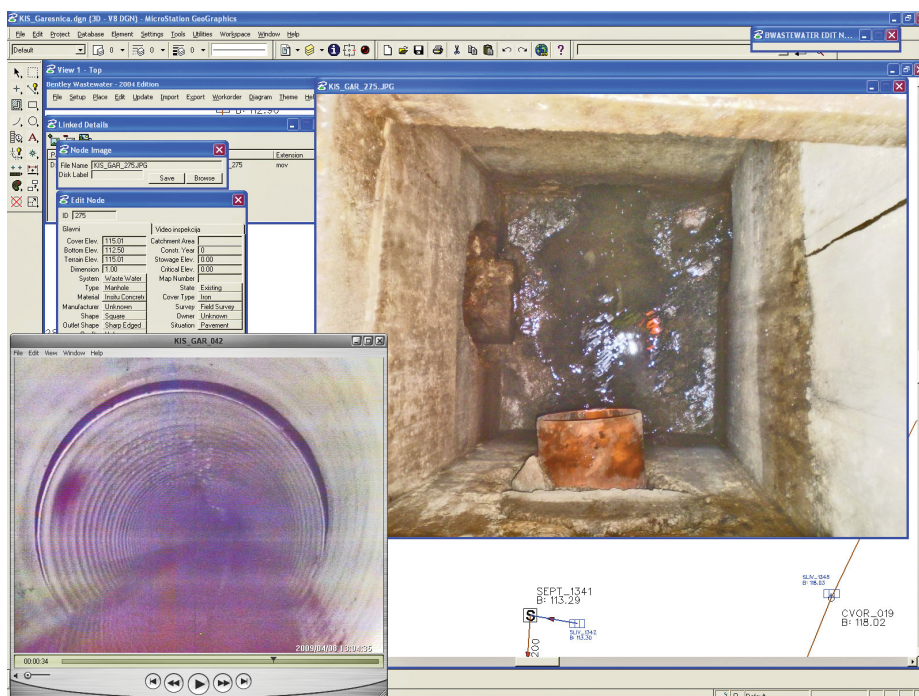
U Bentley WasteWater aplikaciji prisutna je sva funkcionalnost GIS okruženja pa je moguće izvršavati razne prostorne i atributne upite, preklapati različite setove prostornih podataka te izvršavati prostorne analize. Sve rezultate moguće je prikazivati u tabličnom obliku, u obliku izvještaja i izraditi sve vrste kartografskih prikaza.

Sustav odvodnje, opisan u Bentley WasteWateru i upravljani pomoću njega, cjelovit je način evidencije stvarnog

stanja objekata sustava. Također, pruža mogućnost upravljanja promjenama nad objektima sustava, kao što su: izdavanje radnih naloga za sanaciju ili rekonstrukciju, praćenje stanja objekta kroz vrijeme, praćenje svih promjena nad pojedinim objektom te uključivati ostale zabilježbe o objektu sustava. On je ujedno cjelovit i održavan skup podataka o sustavu odvodnje i njegovoj funkciji, čime postaje glavni izvor podataka o sustavu odvodnje kod



Slika 5. Automatizirana izrada uzdužnih profila cjevovoda



Slika 6. Svojstva objekta, fotografija i video zapis inspekcije revizionog okna

hidrauličkih analiza i izrada projekata sanacija, rekonstrukcija i proširenja sustava.

> 5. Zaključak

Izgradnjom ovakvog sustava za pojedino komunalno poduzeće, postojeći podaci o sustavu odvodnje objedinili bi se i digitalizirali, neposredno na terenu bi se utvrdilo stvarno stanje objekata i sustava u cjelini, izradio bi se način upravljanja objektima te omogućile analize sustava. Za razvoj regije to bi bio značajan korak naprijed zbog mogućnosti »predviđanja« reakcije sustava na sve vrste simuliranih utjecaja na sustav, kao što su: utjecaj velikih i/ili dugotrajnih oborina, ispuštanje opasnih tvari u sustav, utjecaj proširenja sustava odvodnje na postojeće stanje te vrlo važan izvor podataka za projektiranje optimalnih rješenja na sustavu koje će poboljšati njegovu učinkovitost (URL-3). Također, nezaobilazan je faktor prilikom planiranja veličine i kapaciteta izgradnje uređaja za pročišćavanje otpadnih voda.

Razvoj ovakvog sustava usmjeren je ka dobivanju stvarnih vrijednosti o učinkovitosti protoka sustava, odnosno, svojevrsnom kalibriranju sustava – SCADA (*engl. Supervisory Control And Data Acquisition*). Povezivanjem mjernih stanica, postavljenih na specifičnim mjestima, s geografsko informacijskim sustavom, omogućiti će upravljanje sustavom u stvarnom vremenu, praćenje učinkovitosti sustava s obzirom na stvaran utjecaj te mogućnost signaliziranja i »predviđanja« potencijalnih opasnosti od izlivanja ili utjecaja kemijski opasnih tvari u sustavu.

> Literatura

- » Bentley Institute (2008): Bentley Geospatial Administrator XM Edition, Bentley Institute Course Guide.
- » Halapija H., Piskor, D., Radeljić, I. (2008): Prostorni informacijski sustavi odvodnje – sinergija geodezije, građevine i informatike, Zbornik radova I. simpozija ovlaštenih inženjera geodezije: Hrvatska geodezija – izazovi struke u 21. stoljeću, HKAIG – Razred inženjera geodezije, Opatija, 24.-26. listopada.
- » Milićević, S., Milićević, D. (2006): Integral management of the urban waste water disposal systems, Hidrozavod, Beograd.
- » Oracle Spatial (2006): Topology and Network Data Models – 10g Release 2, Oracle Users Guides and References.
- » URL-1: <http://www.oracle.com/> (14.09.2009.).
- » URL-2: <http://www.bentley.com/> (15.09.2009.).
- » URL-3: <http://www.haestad.com/> (18.09.2009.).