

ULOGA I KONCEPCIJA DISTRIBUTIVNOG HIDRO-INFORMACIONOG SISTEMA ZA PODRŠKU INTEGRALNOM UPRAVLJANJU VODAMA SLIVA DRINE

Dejan DIVAC,
Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi"
Nenad GRUJOVIĆ,
Mašinski fakultet Kragujevac
Branislav ĐORĐEVIĆ,
Građevinski fakultet Beograd

REZIME

Značajan vodni potencijal sliva reke Drine nije u dovoljnoj meri iskorišćen. Veoma važan korak u integralnom upravljanju vodama na slivu reke Drine jeste uvođenje distribuiranog sistema za podršku upravljanju, kao informatičke, tehničke i ekspertske podrške odlučivanju. U radu je prikazana koncepcija savremenog i složenog distributivnog hidro-informacionog sistema, koji obuhvata akviziciju, obradu i arhiviranje podataka, kao i softver koja objedinjuje sve delove sistema. Centralni deo softvera je matematički model sistema i procesa, sa ciljem da korisniku pruži relevantne informacije koje su potrebne za donošenje ekspertske odluke o daljem razvoju i unapređenju sistema ili adekvatnom upravljanju u realnom vremenu.

Ključne reči: hidro-informacioni sistem, integralno upravljanje, softver, baza podataka

SLIV REKE DRINE – VODA I ENERGIJA ZA BUDUĆNOST

Sliv reke Drine je jedan od najvažnijih vodnih i energetskih resursa na Balkanu, ali do sada nije dovoljno stavljen u funkciju. Kao ilustracija vodnosti sliva reke Drine može poslužiti podatak da je površina njenog sliva oko dva puta manja od sliva reke Morave, a prosečni proticaji na ušću su gotovo dva puta veći.

Površina sliva reke Drine je oko 19 570 km². Najveći deo njenog sliva, oko 62%, nalazi se na teritoriji Srbije i Crne Gore (Republika Crna Gora 31,5%, Republika Srbija 30,5%), oko 37% sliva pripada teritoriji Bosne i Hercegovine (najveći deo Republici Srpskoj), dok Republici Albaniji pripada nešto manje od 1% sliva Drine.

Srednja nadmorska visina sliva reke Drine je 934 mnm, a visine se kreću od 75 mnm na ušću, do preko 2500 mnm na najvišim planinama (na primer: Prokletije - 2408 mnm, 2530 mnm, Durmitor - 2522 mnm, Komovi - 2430 mnm). Sastav Pive i Tare je na koti 432 mnm odakle počinje korito reke Drine. Drina sa Tarom dugačka je oko 495 km, a sama Drina oko 345 km.

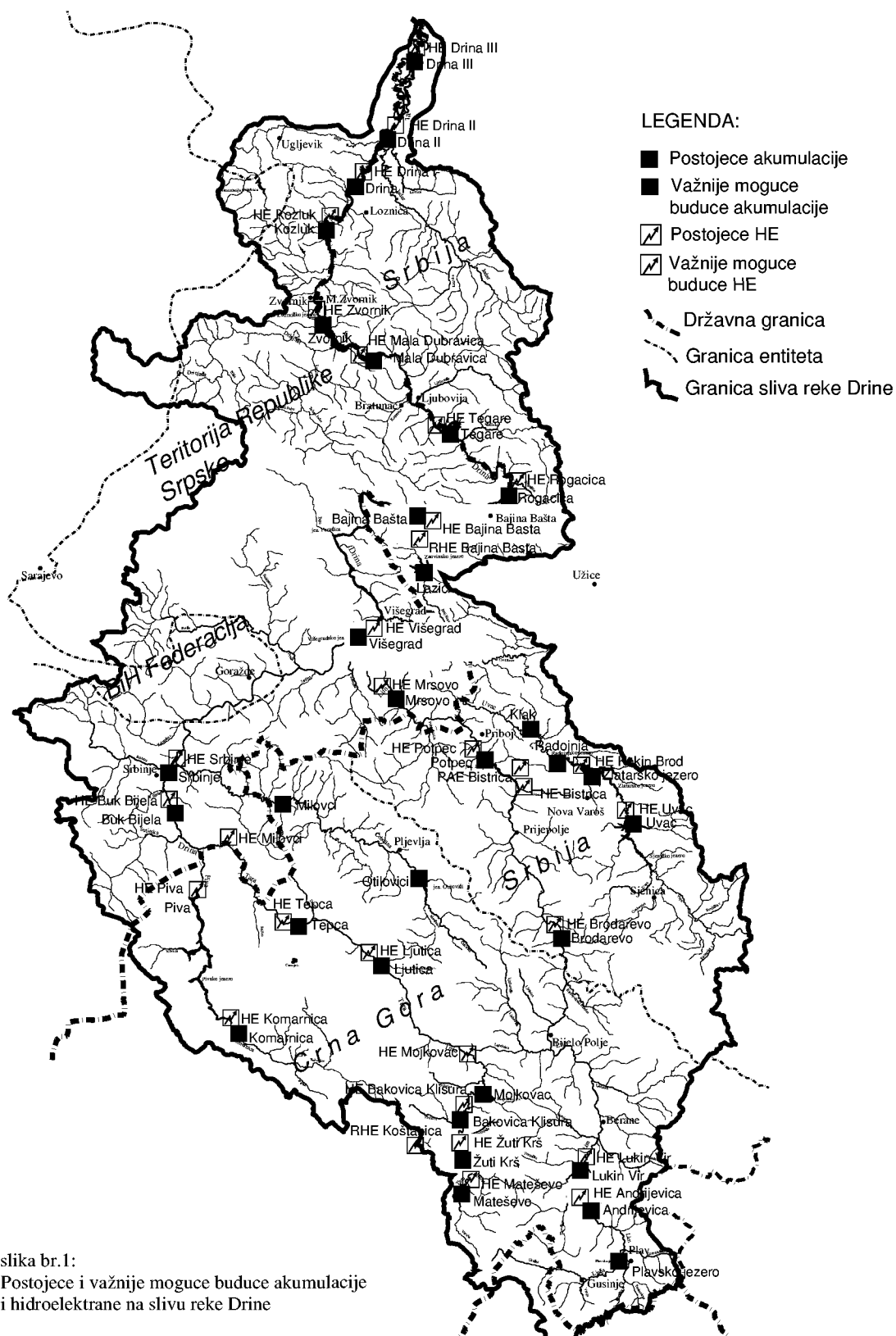
Prosečne višegodišnje padavine na slivu reke Drine iznose oko 1100 mm. One se kreću od 700 mm na severnom i istočnom delu sliva (Badovinci-Sjenica) do 3000 mm na izvorišnom delu Lima na Prokletijama.

Prosečan proticaj reke Drine na ušću je nešto veći od 400 m³/s. Više od 60% proticaja potiče sa teritorije Republike Crne Gore, što je posledica izuzetno velikih padavina, a samim tim i oticaja na ovom prostoru.

Reka Drina ima uglavnom snežno-kišni režim sa obilnim vodama u proleće, usled topljenja snega i od prolećnih kiša, sa izraženim minimumom u avgustu i septembru i neujednačenim (po prostoru i vremenu) jesenjim maksimumom.

Generalno, južni delovi sliva su znatno bogatiji vodom nego centralni i severni. Sa planinskih područja na južnim delovima sliva, koja dobijaju veću količinu padavina, javljaju se specifični oticaji veći od 15 l/s po km². U centralnom delu sliva specifični oticaji se kreću od 10-15 l/s po km², dok se na krajnjem severnom ravničarskom delu sliva specifični oticaj smanjuje i do 2 l/s po km².

Očigledno je da su režimi voda u slivu reke Drine prostorno i vremenski veoma heterogeni. Zbog ove činjenice, u cilju optimalnog korišćenja voda Drine, neophodna je izgradnja velikog broja akumulacija značajnih zapremina. Do sada je u slivu Drine izgrađen



određen broj akumulacija, prvenstveno u energetske svrhe. Najveći deo korisnog akumulacionog prostora je izgrađen u Crnoj Gori (Piva). Ostale akumulacije su, uglavnom, značajne sa stanovišta hidroenergetskog korišćenja voda, ali imaju dosta male koeficijente izravnjanja doticaja (Zvornik, Bajina Bašta, Višegrad i Potpeć) ili kontrolišu relativno male slivne površine sa malim prosečnim proticajima (Uvac, Kokin Brod itd). Sa korisnom zapreminom svih izgrađenih akumulacija na slivu Drine, koja iznosi oko $1600 \times 10^6 \text{ m}^3$, ostvaren je stepen izravnjanja dotoka od svega oko 13 %.

U ovom trenutku najvažniji vid korišćenja vodnih resursa na slivu reke Drine predstavlja korišćenje njenog hidroenergetskog potencijala. Do sada je na slivu reke Drine izgrađeno 8 hidroelektrana (HE Uvac, HE Kokin Brod, HE Bistrica, HE Piva, HE Višegrad, HE Bajina Bašta, RHE Bajina Bašta i HE Zvornik) koje imaju ukupnu instalisanu snagu od 1932 MW i prosečnu godišnju proizvodnju od 6350 GWh. Trenutno se za potrebe vodosnabdevanja stanovništva na prostoru sliva reke Drine koristi oko $3,5\text{--}4 \text{ m}^3/\text{s}$. Kapaciteti industrijskih postrojenja koji za potrebe snabdevanja vodom svojih pogona koriste vode sa sliva reke Drine su oko $5 \text{ m}^3/\text{s}$. Zbog slabog stepena izgrađenosti hidromeliorativnih sistema, danas se za potrebe navodnjavanja na slivu reke Drine koriste male količine voda. Slično važi i za ostale korisnike voda (ribarstvo, turizam i rekreacija, i dr.).

Na slivu Drine moguće je izgraditi značajne nove hidroenergetske kapacitete (oko 2500 MW instalisane snage), koji bi omogućavali dodatnu godišnju proizvodnju električne energije veću od 7500 GWh/god. Izgradnja ovih hidroenergetskih objekata podrazumeva izgradnju velikih akumulacija, pomoću kojih bi se formirala dodatna korisna zapremina od oko $2000 \times 10^6 \text{ m}^3$, čime bi se omogućilo: navodnjavanje oko 60 000 – 120 000 hektara poljoprivrednog zemljišta u Srbiji (Mačva, Srem) i Bosni i Hercegovini (Semberija), vodosnabdevanje više od 2 000 000 ljudi (kao i strategijski važna alternativa snabdevanja vodom Beograda), snabdevanje vodom industrijskih postrojenja u Srbiji, Bosni i Hercegovini i Crnoj Gori, smanjenje rizika od poplava na čitavom slivu Drine i delu sliva Save, kao i poboljšanje kvaliteta vode, naročito u letnjem periodu.

INTEGRALNO UPRAVLJANJE VODAMA SLIVA DRINE JE IMPERATIV

Višenamensko korišćenje voda reke Drine predstavlja osnov razvoja celokupnog slivnog područja, a i šire. Ali

i pored toga što predstavlja jedan od najvažnijih vodnih i energetske resursa na Balkanu, sliv reke Drine do sada nije dovoljno iskorišćen.

Naime, izgradnja akumulacija je skopčana sa velikim brojem problema koji nisu samo tehničke prirode (socijalni problemi, problemi zaštite životne sredine, i sl.), tako da i pored dugogodišnjih aktivnosti na određivanju optimalnog načina iskorišćavanja vodnog potencijala reke Drine i dalje postoje mnoga nerešena pitanja perspektivnog korišćenja njenih voda, koji usporavaju ili, čak, onemogućavaju dalje aktivnosti na realizaciji, pre svega, energetske objekata, čija je izgradnja u ovom trenutku od vitalnog značaja.

Ideje koje su razmatrane pre 50 godina kroz projekte u vezi sa slivom reke Drine uglavnom su aktuelne i danas, ali samo sa tehničkog stanovišta. Svi planovi, projektantska i upravljačka rešenja bili su vezani za korišćenje hidroenergetskog potencijala, i u najvećoj meri izrađeni na centralistički način, bez vodjenja računa o posebnim regionalnim interesima. Sada se ovaj region nalazi na granici tri entiteta sa često različitim problemima i sukobljenim interesima. Bosna i Hercegovina (Republika Srpska) poseduje višak energije, dok u Crnoj Gori postoji značajan deficit. Srbiji je potrebno preusmeravanje voda ka vodom siromašnom slivu reke Morave, dok se potrebe za energijom povećavaju. U slivu reke Drine postoje i određene ekološke "vruće tačke" koje predstavljaju potencijalnu opasnost za životnu sredinu (Termoelektrana "Pljevlja", fabrika celuloze u Beranama, hemijska industrija u Goraždu, fabrike aluminijuma u Zvorniku i Glinici, kao i Viskoza iz Loznice). Na slivu Drine nalazi se reka Tara sa velepnim kanjonom i nacionalnim parkom koji je priznao UNESCO. Pored toga, Crna Gora je sebe, ustavom, proglasila za ekološku državu. U tom svetlu, posebno se ističu sledeća nerešena pitanja: izgradnja akumulacija na Tari i prevođenje dela voda iz Tare u Moraču, prevođenje dela voda Uvca i Lima u sliv Zapadne Morave, pitanje načina korišćenja srednjeg toka Drine u Srbiji, kompleksno korišćenje donjeg toka Drine i dr.

Činjenica je da budući razvoj na slivu Drine nije jednoznačno definisan, zato što postoji neusklađenost interesa različitih subjekata: vlade Srbije, Crne Gore, Bosne i Hercegovine (Republike Srpske i Federacije BiH), elektroenergetske kompanije koje proizvode električnu energiju korišćenjem hidropotencijala drinskog sliva a imaju plasman na različitim područjima, lokalne samouprave i komunalna

preduzeća, privredni subjekti, različite organizacije za očuvanje prirodnih vrednosti i dr.

Nesumnjivo je da se uređenju režima voda na ovom prostoru mora u budućnosti posvetiti izuzetna pažnja. Pri tom je jedini ispravan pristup da se čitavo ovo područje tretira kao jedinstvena vodoprivredna celina, jer se jedino tako mogu obezbediti maksimalni efekti višenamenskog korišćenja voda. Ovo je u potpunosti u saglasnosti sa principima koji važe u zemljama Evropske Unije, odnosno sa ciljevima Okvirne Direktive o Vodama 2000/60/EC (ODV). Principi ODV primenjuju se u zemljama Evropske Unije gde se sliv definiše kao osnovna celina koja će biti razmatrana u okviru svih planskih aktivnosti po pitanju voda. Možemo se nadati da će usvajanjem istih principa za upravljanje vodama na slivu Drine, sve države i stanovništvo regiona imati koristi i biti bolje pripremljeni za ekonomsku i društvenu integraciju sa Evropom.

CILJEVI I MOGUĆI EFEKTI RAZVOJA I PRIMENE DISTRIBUIRANOG HIDRO-INFORMACIONOG SISTEMA

Može se reći da je strategijski cilj izrade i primene distribuiranog Hidro-Informacionog Sistema Drina ("HIS Drina") stvaranje uslova za optimalno upravljanje vodnim resursima i rešavanje postojećih i potencijalnih konflikata u regionu u vezi neusklađenosti interesa i razvojnih projekata u različitim državama, lokalnim zajednicama, kompanijama i drugim subjektima na slivu Drine. Na taj način će se pružiti transparentna i nezavisna pomoć prilikom upravljanja slivom, uskladiće se zahtevi u pogledu proizvodnje električne energije, vodosnabdevanja, navodnjavanja i ostalih namena, uz smanjenje rizika od poplava i poboljšanje kvaliteta vode.

Detaljni ciljevi razvoja i primene ovakvog sistema su sledeći:

- Pružanje informacija u realnom vremenu o stanju vodnih resursa na slivu Drine zainteresovanim subjektima, odnosno promovisanje sistema za osmatranje i informisanje o vodama sa pristupom preko Interneta.
- Podrška procesu odlučivanja na distribuirani način u okviru upravljanja slivom reke Drine, uspostavljanjem i promovisanjem sistema za koordinaciju i saradnju između lokalnih, regionalnih i nacionalnih (prekograničnih) subjekata.

- Povećanje efikasnosti prilikom zajedničkog (grupnog) donošenja odluka na slivu Drine, korišćenjem softverskih alata (simulacija, optimizacija, predviđanja i vizuelizacija) kao praktičnog sredstva podrške tokom pregovora.
- Praktične preporuke, usmerene ka krajnjim korisnicima, u vezi konkretnih pitanja, planiranja i upravljanja vodnim resursima u fazi razvoja sistema.
- Doprinos ostvarenju standarda preciziranih evropskom "Okvirnom direktivnom o vodama" i "Konvencijom UN o zaštiti i korišćenju prekograničnih vodotoka i međunarodnih jezera";
- Edukacija stručnog kadra, putem distribucije rezultata razvoja i primene sistema za podršku odlučivanju u vidu naučnih i stručnih publikacija.
- Ostvarivanje obaveštenosti, razumevanja i učešća javnosti u procesu upravljanja i zaštiti vodnog okruženja.

Izradom i primenom "HIS Drina" kao inteligentnog sistema za podršku odlučivanju, koji će se koristiti za upravljanje vodnim resursima na slivu reke Drine na integralan način, omogućiće se relativno brzo i efikasno donošenje odluka u definisanju i koordinaciji razvoja, kao i operativnom upravljanju vodama na slivu Drine.

Kratkoročno, omogućiće se optimalno upravljanje u sadašnjem stanju izgrađenosti (elektroenergetske kompanije u različitim državama, sa različitim interesima, u uslovima veoma izražene neravnomernosti prirodnih doticaja i potreba konzuma).

Dugoročno, stvoriće se uslovi za višenamensko korišćenje voda na slivu reke Drine, kako za angažovanje ovog veoma atraktivnog hidropotencijala za proizvodnju električne energije, tako i za upotrebu vode i za druge namene, uz smanjenje rizika i neizvesnosti u vezi sa prekograničnim vodnim resursima (zagađenje, odbrana od poplava, uzvodne odnosno nizvodne konkurentne namene i dr.).

Jedan od bitnih efekata je jačanje industrijskog sektora, modernizacija i povećanje produktivnosti industrije u regionu. Sistem za podršku odlučivanju, sposoban da analizira uticaje i promene količina i kvaliteta voda na slivu Drine, biće od velike pomoći donosiocima odluka na svim nivoima (lokalni, regionalni, državni i prekogranični) prilikom usaglašavanja politike modernizacije i povećanje industrijske produktivnosti.

Generalno, "HIS Drina" bi trebalo da postane informaciono-upravljački sistem, posvećen potrebama svakoga ko donosi odluke ili razume i ocenjuje posledice odluka, koje mogu da utiču na vodoprivredu i okruženje na slivu Drine. Pojedinaac koji donosi odluke može biti funkcioner na lokalnom, odnosno državnom nivou, rukovodilac komunalnog preduzeća, rukovodilac iz privrede, državni administrator, pripadnik regionalne organizacije, komercijalni ili akademski konsultant koji je savetnik bilo kog od ovih subjekata ili građanin kao privatno lice koje želi da učestvuje u procesu odlučivanja.

Potencijalni efekti su, dakle, fizičke, ekonomske ili društvene posledice preduzetih ili nepreduzetih aktivnosti. Aktivnosti koje se razmatraju mogu obuhvatiti izgradnju fizičkih objekata, promene prakse upravljanja, odnosno promene politike, zakona ili propisa.

U najvećem broju slučajeva, donosioci odluka na sub-nacionalnim nivoima (gde se inače često donose neposredne odluke), imaju skromne mogućnosti i pozdraviće gotovo svaki podatak koji može da rasvetli potencijalnu korist, izdatke i rizike u vezi sa razmatranim aktivnostima. U stvari, prvi korak za mnoge lokalne funkcionere može biti jednostavno pokušaj da se utvrdi koji su informacioni resursi na raspolaganju.

"HIS Drina" bi mogao biti od suštinskog značaja za unapređenje upravljanja prekograničnim vodama. Jedna od osnovnih prepreka kod aktivnosti prekograničnog upravljanja je raspoloživost pouzdanih podataka. Sa "HIS Drina" kao pomoćnim sredstvom za usaglašavanje, razne strane zainteresovane za upravljanje slivom Drine biće podsticane da razmenjuju podatke o aspektima upravljanja vodama. Tako će se ostaviti malo prostora za politički motivisane sukobe. Sa jasno preciziranim, kvantifikovanim i prezentiranim interesima (što takođe može da podrži distribuirani "HIS Drina") biće jednostavnija saradnja i potraga za zajedničkom platformom na planu upravljanja vodama sliva Drine.

Konačno, iskustva i stručna saznanja stečena tokom razvoja i primene "HIS Drina" moći će da se prošire i iskoriste za prekogranično upravljanje vodama na drugim slivovima Balkana.

AKTUELNI SVETSKI TRENDovi

Proces donošenja odluka se sastoji od dva međusobno povezana procesa: prikupljanja podataka i simulacije.

Kvalitet donete odluke zavisi od oba procesa koji se iz tog razloga moraju posmatrati potpuno ravnopravno.

Prikupljanje podataka kao i njihova obrada i sistematizacija intenzivno se menjaju poslednjih decenija. Veliki napredak u informacionim tehnologijama diktira promene u načinima prikupljanja i obrade podataka, stvarajući nove i efikasnije metode. Današnji trend je centralizacija podataka (ne i fizička centralizacija) u velike baze podataka poput NWISWeb (National Weather Information System) koja objedinjuje sve hirmeteorološke podatke sa prostora SAD, ili pojedinačnih nacionalnih baza na nivou država Evropske unije. Pored hidrometeoroloških podataka, na raspolaganju su i National Streamflow Information Program (NSIP), sa detaljnim podacima o stanjima na svim vodotokovima kao i National Elevation Dataset (NED) sa detaljnim digitalnim zapisom čitave oblasti koju pokriva SAD. Preciznost i broj podataka u ovim bazama može se najbolje videti iz njihovih specifikacija. Nacionalna baza za hidrometeorološke podatke raspolaže sa preko 1.500.000 mernih mesta širom SAD-a koja vrše merenja padavina, temperatura, protoka, nivoa podzemnih voda, kvaliteta voda itd. Pored ovih merenja detaljno su dati i podaci o mernim mestima: vreme postavljanja, vreme rada, tip senzora i sl. Sama baza se fizički sastoji od 48 manjih baza koje su ovim projektom objedinjene kroz zajednički interfejs i aplikacije ka krajnjem korisniku. Sadržaj ove baze se može povezivati sa NED bazom podataka koja sadrži celokupnu teritoriju SAD-a u obliku digitalnih mapa preciznosti od 30m do 10m za upotrebu u naučnim istraživanjima. Po potrebi, moguće je dobiti i preciznije podatke.

Što se Evropske unije tiče, uglavnom su ovo nacionalne baze podataka, na nivou država, koje još uvek funkcionišu nezavisno jedna od druge. Naravno, u skladu sa procesima integracije, i informacioni sistemi koji se tiču istraživanja u oblastima gazdovanja vodenim resursima teže ka objedinjavanju. Neke zemlje, poput Grčke, do pre nekoliko godina nisu imale svoje nacionalne baze podataka, i zbog potreba saradnje sa ostalim članicama bile su primorane da ih projektuju i implementiraju. Grčka nacionalna baza podataka National Data Bank of Hydrological & Meteorological Information (NDBHMI) sadrži preko 450.000.000 merenja od kojih su najstarija iz 1895. godine.

Simulacija predstavlja drugi bitan deo u procesu donošenja odluka koji nije moguć bez kvalitetno pripremljenih podataka. Pošto simulacija velikog sliva

kao jednog objekta praktično nije izvodljiva, potrebno je razviti nove modele ali i metode povezivanja postojećih modela koji opisuju različite fizičke, ekonomske, sociološke i informatičke pojave u eksploataciji vodenih resursa.

U Evropi je tokom poslednjih par decenija razvijen veliki broj simulacionih modela koji opisuju procese u eksploataciji slivova. Takođe, napisan je i veliki broj aplikacija koje se koriste pri modeliranju i simuliranju pojava u slivovima. Neke od ovih aplikacija su usko specijalizovane i verovatno će se još dugo koristiti od strane malog broja stručnjaka koji imaju posebne zahteve u pogledu softvera. Sa druge strane potreban je veliki napor da se za širi krug stručnjaka obezbede unificirani softverski paketi koji bi obezbedili interoperabilnost u pogledu ulaznih podataka, modela, procesa simulacije i rezultata.

Hidrološki i hidraulički modeli nalaze primenu u nekoliko tipova simulacija. U planiranju odbrane od poplava od ovih modela se zahteva da omoguće dugoročno predviđanje nivoa voda kao i procene nastale štete u hipotetičkim poplavama. Ovi modeli se uglavnom zasnivaju na rešavanju St. Vennant-ove jednačine o prostiranju talasa u poplavnim vodama. Najpoznatiji modeli su MIKE11 (DHI), iSIS (HRW) i SOBEK (WL/Delft). Kao poseban tip simulacije javlja se predviđanje poplava u realnom vremenu koje se odnosi na periode od 0-3 dana i zasniva se ne na hipotetičkim serijama, već na podacima koji se u realnom vremenu prikupljaju sa mernih stanica. Bitan element ovih modela je izračunavanje uticaja u realnom vremenu koje uzima u obzir sve detalje koji utiču na oticanje voda (vegetacija, zemljište, građevine). Glavni predstavnici su Delft Flood Early Warning System (Delft FEWS), MIKE FLOW (DHI) i FLOODWORKS (HRW). Sledeća grupa modela je namenjena simulaciji oticanja voda kako u prirodi, tako i u urbanoj sredini i njihova najčešća upotreba je u određivanju kapaciteta raznih tipova odvodnih sistema. Pošto su namenjeni za simuliranje kompleksnih sistema, ovi modeli su takođe dosta složeni i uglavnom modularni. Najpoznatiji su MOUSE (DHI), SOBEK (Delft) i INFOWORKS (HRW). Simulacija toka podzemnih voda se oslanja na modele koji koriste zakon o održanju mase i Darcy-jev zakon i koji kao ulazne podatke imaju velike serije padavina. Najčešće korišćen model je MODFLOW koji je razvijen od strane US Geological Survey i dostupan je za javnu upotrebu. Najveći broj softverskih paketa koristi upravo ovaj model za simuliranje podzemnih voda. Često se ovaj model koristi u sprezi sa drugim modelima za potrebe simulacije prostiranja zagađenja,

ili recimo u slučaju Available Resource Methodology (ARM) metodologije kao dopuna modelu tečenja površinskih voda.

Modeli za simuliranje kvaliteta voda uglavnom se koriste u analizi prostiranja zagađenja. Oslanjajući se na dugoročne vremenske serije generisane najčešće Monte Carlo metodom, i često uzimajući u obzir i biološke parametre, daju prognozu prostiranja zagađenja i njegovog uticaja na sredinu. Poslednjih nekoliko godina napušta se koncept da se ovi modeli koriste samo u analiziranju prostiranja otpadnih voda, već se u obzir uzimaju širi ekološki i sociološki aspekti. Najjednostavniji 1D i tačkasti modeli čine grupu koja se koristi u simuliranju koncentrisanih izvora zagađenja. Kod ovih modela je proces transporta obrađen sa malo detalja, ali su zato kompleksne simulacije brze i daju opštu sliku o trendu prostiranja zagađenja. Nešto složeniji su modeli koji opisuju prostiranje zagađenja kroz rečne tokove, kao što su iSIS i MIKE11, uzimajući u obzir sve detalje hidrauličkih pojava. Puno pažnje se poklanja i simuliranju uticaja otpadnih voda koje dospevaju kroz ušća reka u priobalnu zonu velikih jezera i mora. Ovo mogu biti 1D, 2D i 3D modeli i najpoznatiji su TELEMAC (Electricite de France), QUESTS (WRc) i MIKE (DHI). Konačno, modeli koji opisuju proces pretvaranja padavina u oticaj mogu se dopuniti i detaljima o zagađenjima, tako da se mogu simulirati pojave poput koncentrisanja pesticida sa obradivih površina u rečnim tokovima. Softverski paketi koji ih koriste su najčešće zasnovani na GIS-u poput paketa POPPIE (WRc).

Aktuelna istraživanja na nivou EU pokušavaju da objedine sve procese koji utiču na kvalitet vode u okvirima sliva i da ih analiziraju na integralnom nivou. Jedan od takvih projekata je EUROCAT koji koristi integrisane modele jezera i sliva, i obuhvata rečne tokove, podzemne vode i eroziju.

Ekološki modeli se u najvećem broju slučajeva oslanjaju na principe modeliranja kvaliteta voda. Pored modela za opisivanje uticaja zagađenja tokom prostiranja na okolinu, i matematičkih modela habitata, posebnu grupu čine modeli zasnovani na velikim bazama podataka. Ovi modeli vrše statističku obradu velikog broja zabeleženih podataka o biološkim, hemijskim i srodnim merenjima koji se čuvaju u bazama podataka kao što je RIVPAC baza u Velikoj Britaniji.

Ekonomske modeli se baziraju na rezultatima simulacija prethodnih modela vršeći vrednovanje rezultata u ekonomskom smislu. Jedan od primera je MDSF

projekat (Modelling and Decision Support Framework) koji objedinjuje razne tipove simulacija i omogućava njihovu detaljnu analizu, između ostalog i u ekonomskom smislu.

Obzirom da vodeni resursi ne poznaju granice, oduvek je postojala potreba za međunarodnom saradnjom pri njihovoj eksploataciji. Evropski prostori su dobar primer deljenja ovih resursa, poput reke Dunav. Postoji veliki broj inicijativa da se poboljša kooperacija u upravljanju vodenim resursima od kojih je najaktuelnija ranije spomenuta Water Framework Initiative. Ova inicijativa, između ostalog, diktira integraciju na svim nivoima, kako na nivou sistema prikupljanja podataka, tako i na nivou simulacija i donošenja odluka.

Jedan od primera integracije informacionih sistema koji čuvaju podatke relevantne za istraživanja vezana za vodene resurse jeste i EUROWATERNET mreža koja propisuje standarde za povezivanje baza podataka na prostoru EU koje čuvaju merenja a rekama i jezerima. Ova mreža je pokušaj da se objedine srodni podaci koji su distribuirani unutar nacionalnih centara pojedinih država, i da se agenciji European Environment Agency olakša sticanje uvida u kvantitet i kvalitet voda.

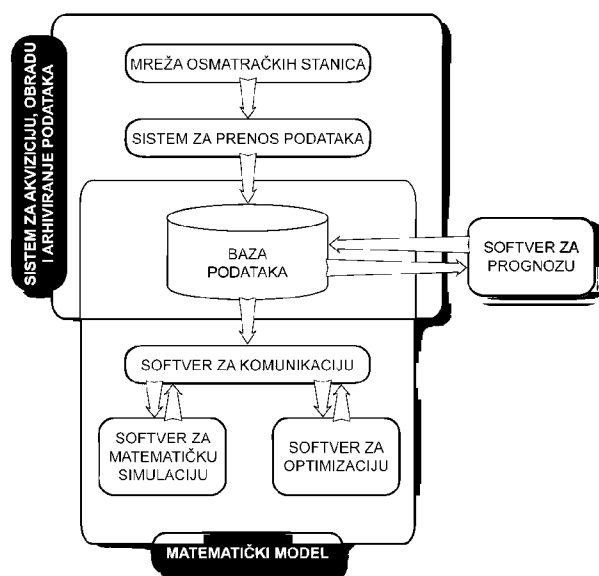
U pogledu simulacionih modela jasno je da su ih evropske zemlje dugi niz godina nezavisno razvijale i da pored nekih sličnosti postoje i velike razlike čak i u samom pristupu rešavanju problema. Pošto uticaj na vodene resurse u jednoj državi vrlo lako može uticati na čitav niz drugih država, usaglašavanje ovih modela je neophodno i često isplativije nego započinjanje procesa istraživanja sa potpuno novim metodama. Najnoviji projekat HarmonIT pokrenut je u okviru FP5 sa ciljem da se definiše jedinstvena arhitektura informacionih rešenja vezanih za simulacije u oblastima eksploatacije vodenih resursa.

Integrirani modeli slivova moraju omogućiti simulaciju: procesa pretvaranja padavine u oticaj, erozije, površinskih i podzemnih tokova, kvaliteta voda, ekoloških procesa i ekonomskih efekata. Postojeći modeli se razlikuju u mnogo čemu, počevši od primenjenih metoda pa do zahteva za različitim ulaznim podacima. Neki od koraka za približavanje Generic Framework Water Architecture arhitekturi koja je u skladu sa WFD su: prerađivanje postojeće dokumentacije, reverzni inženjering modela, prevođenje koda u nove programske jezike, reinženjering podataka prevođenjem u nove standardizovane formate, prestrukturiranje zbog bolje kompatibilnosti kao i

proširenje softverskih platformi na kojima se može vršiti simulacija.

STRUKTURA DISTRIBUIRANOG HIDRO-INFORMACIONOG SISTEMA SISTEMA ZA PODRŠKU ODLUČIVANJU

Distribuirani sistem za podršku upravljanju vodama sliva reke Drine sastoji se od više delova koje su u međusobnoj interakciji: softver za povezivanje dispergovanih sistema za merenje, akviziciju i arhiviranje podataka, simulacioni model, optimizacioni softver, prognostički model, baza podataka, korisnički interfejs, softver za povezivanje i komunikaciju subjekata na slivu.



Slika 2: Opšta struktura distribuiranog hidro-informacionog sistema Drina

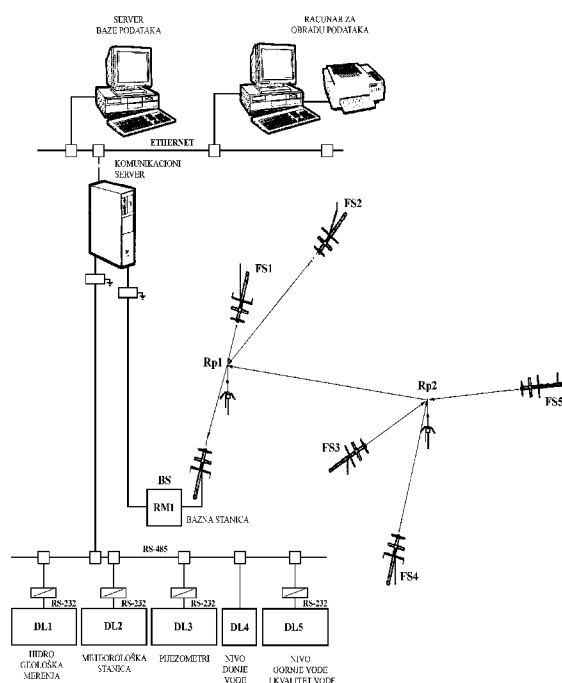
Hidro-informacioni sistem Drina omogućava regionalno informatičko povezivanja u oblasti upravljanja vodama na osnovu iskustava i aktuelnih dostignuća informacione tehnologije, uključujući uklapanje međunarodnih standarda koji se odnose na organizaciju i modeliranje podataka u hidrologiji na bazi GIS platforme.

Kompleksni simulacioni, optimizacioni i prognostički model je sredstvo za proces odlučivanja koje će pomoći korisnicima da ocene posledice različitih scenarija upravljanja odnosno planiranja u raznim hidrološkim, klimatskim, ekonomskim, zakonskim i političkim ograničenjima, a takođe i pružiti modalitete saradnje.

Sistem za merenje, akviziciju i arhiviranje podataka

Sistem za akviziciju, prenos i arhiviranje podataka je zapravo informacioni sistem u realnom vremenu, koji ima ulogu da se prikupe i sistematizuju relevantni hidrološki, meteorološki, geomorfološki, urbani, poljoprivredni i ostali podaci o slivu.

Savremen sistem za merenje, akviziciju i arhiviranje relevantnih veličina generalno čine sledeći segmenti: mreža stanica za osmatranje, sistem za prenos podataka i baza podataka. Za potrebe upravljanja u realnom vremenu neophodno je obezbediti *on-line* podatke.



Slika 3: Primer kompleksne konfiguracije sistema akvizicije i arhiviranja podataka

Mreža stanica treba da omogući automatsko prikupljanje, obradu, arhiviranje i distribuciju neophodnih podataka. Radi se o sledećim informacijama: meteorološke (temperature vazduha, padavine, vlažnost vazduha, isparavanje, vetar, i slične pojave), hidrološke i hidrogeološke veličine (vodostaji, proticaji, nanos, nivoi podzemnih voda, kvalitativne komponente površinskih i podzemnih voda i dr.), podaci o korišćenju vode (zahtevane i isporučene količine vode, zahtevana i ostvarena proizvodnja energije i dr.), podaci o performansama sistema (krive isticanja, performanse elektrana i dr.). Pošto se radi o veoma

raznovrsnim podacima potrebno je opremiti merne stanice sa novim tipovima senzora a postojeće osavremeniti. Pored toga, mora se efikasno rešiti problem akvizicije datih merenja.

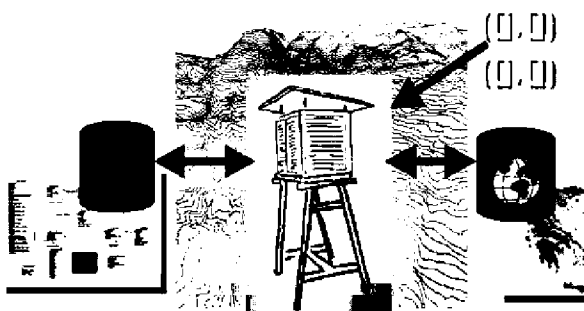
Sistem za prenos podataka je u direktnoj funkciji mreže stanica za prikupljanje podataka, ali mora biti usklađen i sa drugim relevantnim činiocima (geomorfološke odlike terena, klimatski faktori i sl.). Problem prenosa podataka može se rešiti na više načina, ali su zahtevi za brojem, brzinom i tačnošću na visokom nivou koji često klasične metode nisu u stanju da zadovolje. Najpre, potrebno je uvesti nove, automatizovane merne stanice, koje se lako mogu integrisati sa data loggerima, računarima i telekomunikacijskom opremom. Naravno, postojeće stanice je potrebno osavremeniti i automatizovati, omogućujući im time da postanu deo informacione mreže.

Kada se govori o prikupljanju podataka na velikim slivovima, mora se imati u vidu da se radi o prostorno distribuiranim sistemima i da ne postoji rešenje bazirano na samo jednoj tehnologiji koje će moći da odgovori potrebama platforme. U ovakvim situacijama potrebno je iskoristiti raznovrsna tehnička rešenja, kako nova, tako i osavremeniti postojeća. Mnogo parametara utiče na izbor tehnologije za prenos podataka, na primer: pristupačnost terena, udaljenost od izvora energije, udaljenost od komunikacionih linija, vrsta merenja i sl. Na polju akvizicije podataka danas je široko prihvaćena upotreba radio modema, mreže mobilne telefonije, pa čak i korišćenje energetske vodova u svrhe prenosa podataka.

Drugi sloj u procesu automatskog prikupljanja podataka čine komunikacioni serveri čija je uloga da vrše jednosmernu ili čak i dvosmernu razmenu podataka sa mernim stanicama. Najčešće ovi serveri predstavljaju interfejs ka računarskim LAN ili WAN mrežama u odgovarajućim centrima.

Konačno, poslednji sloj se sastoji od servera baza podataka na kojima se podaci arhiviraju. Ovi serveri mogu primati podatke sa većeg broja komunikacionih servera, pa i međusobno komunicirati zbog potreba razmene podataka ili dupliranja podataka radi sigurnosti. Krajnji korisnik kroz različite aplikacije može pristupiti podacima kao da se radi o samo jednom izvoru podataka što značajno olakšava proces istraživanja. Naravno, serveri baza podataka mogu podatke primati i iz drugih izvora da bi se omogućila dopuna baze istorijskim podacima.

U cilju povezivanja dispergovanih sistema za merenje, akviziciju i arhiviranje podataka na slivu Drine, neophodna je odgovarajuća softverska platforma. Softver treba da omogućiti da dobijene informacije iz mreže osmatračkih stanica budu relevantni podaci u bazi podataka i da kao takvi budu redovno ažurirani, obrađeni i raspoloživi. U tom smislu, softver za obradu treba da omogućiti efikasnu interakciju sa bazom podataka, kao i da bude primeren zahtevima i potrebama modela, odnosno da sadrži logičku kontrolu osmotrenih podataka prilikom interakcije sa bazom.



Slika 4: Princip uključivanja jedne merne stanice u distribuiran sistem

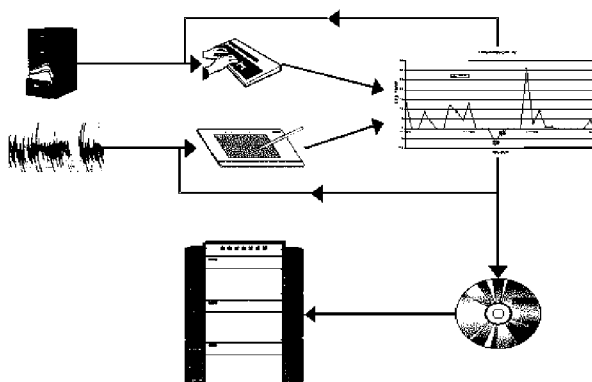
Baza podataka

Svi podaci koji se koriste u hidroinformacionom sistemu Drina su svrstani u kategorije i smešteni u jedinstvenu bazu podataka koja prevashodno ima za cilj da servisira potrebe modela. Baza podataka sadrži sledeće informacije:

- podaci o konfiguraciji sistema
- performanse svih objekata (postojećih i mogućih budućih) relevantnih za formiranje simulacionog modela hidrosistema Drina (krive površine i zapremine akumulacija, kote preliva i zahvata, kapaciteti zahvatnih i prelivnih objekata i dr.);
- reljef, hidrografska mreža, vegetacija, zemljište
- hidrometeorološke stanice i merna mesta
- hidrološki podaci (nivoi vode na stalnim vodomernim stanicama, rezultati povremenih hidrometrijskih merenja proticaja, zavisnosti između vodostaja i proticaja, serije srednje dnevni vrednosti proticaja i dr.).
- meteorološki podaci (dnevne vrednosti suma padavina, temperatura vazduha, napona vodene pare, vlažnosti vazduha, sume isparavanja sa slobodne vodene površine, visine snežnog pokrivača i dr.)

Pri preslikavanju jednog realnog sistema, kao što je hidrosistem Drina, u informacioni, prvi korak svakako je predstavljao izbor odgovarajućeg modela podataka, pomoću koga se najefikasnije mogu opisati procesi i stanje u sistemu. Kao najprikladniji odabran je relacioni model. U relacionoj bazi podaci su, na konceptualnom nivou, memorisani u formi dvodimenzionalnih relacija (tabela), kojima se pristupa pomoću sistema za upravljanje relacionim bazama podataka (RDBMS - Relation Database Management System).

Pristup podacima je omogućen na različite načine ali ne i njihova izmena (dodavanje, brisanje, ažuriranje). Na primer, pomoću odgovarajućeg interfejsa možemo pretraživati bazu i razmenjivati podatke. Sa druge strane, simulacioni model koristi bazu podataka kao informacionu podršku, odnosno, kao nosioca svih relevantnih podataka potrebnih za njegov rad, pri čemu su, u okviru softvera simulacionog modela, urađene posebne procedure za povezivanje sa bazom i učitavanje podataka iz baze. Međutim, izmene podataka u bazi je moguće sprovesti samo direktnim pristupom bazi podataka, od strane administratora baze podataka i drugih korisnika sa pravom pristupa.



Slika 5: Proces popunjavanja baze istorijskim podacima.

Konverzija podataka (ručni unos u bazu podataka ili konverzija i preuzimanje postojećih podataka iz nekog drugog formata) je najintenzivniji izvor grešaka u postupku formiranja baze podataka. Predviđene su posebne programske provere podataka (ekstremne vrednosti, prostorne i vremenske konzistentnosti, nazivi objekata, koordinate i pripadajuće vremenske serije itd.). Integritet podataka na nivou baze podataka se realizuje primenom "ključeva" (*foreign keys*).

Simulacioni model

Generalno, zadatak matematičke simulacije sistema i procesa u njemu je da korisniku pruži relevantne informacije koje su potrebne za donošenje ekspertske odluke: da pojedinačno vrednuje široku lepezu mogućih odluka vezanih za projektovanje daljeg razvoja sistema i/ili odluka vezanih za upravljanje sistemom u normalnim i vanrednim uslovima, kako bi se sagledale eventualne posledice ukoliko se te odluke primene na realnom sistemu.

Simulacioni model je osnovni deo kompleksnog softvera i predstavlja jezgro distribuiranog sistema za podršku integralnom upravljanju vodama sliva reke Drine. Simulacioni model predstavlja skup objekata u kome su objedinjene pripadajuće funkcije, matematičke transformacije i podaci. Raspoloživi podaci o svim objektima i merenim veličinama nalaze se u bazi podataka (podaci o objektima, geografskom položaju, fizičkim karakteristikama, hidro-meteorološki podaci i dr.). Modeliranje je proces izbora aktivnih objekata uz dopunu i modifikovanje podataka preuzetih iz baze.

Prenos vode između pojedinih entiteta u simulacionom modelu se vrši saglasno pravilima ugrađenim u proračunske softverske module, a uslovljen je prirodnim zakonima i usvojenim pravilima prenosa prema definisanim zahtevima. Radi se o modeliranju formiranja proticaja od padavina uzimanjem u obzir uticaj snega, reljefa i zemljišta, modeliranju tečenja kroz prirodne vodotoke u skladu sa morfološkim performansama, modeliranju promena uslova tečenja u funkciji vremena, modeliranju složenih upravljačkih kriterijuma (prioriteti i ograničenja zahteva i isporuka u funkciji parametara stanja sistema) i sl.

Optimizacija i estimacija parametara sistema

Primenom simulacionog modela, relativno se lako dolazi do rešenja koja su posledica raspoloživih podataka u bazi podataka i niza parametara koje sam korisnik definiše za konkretne željene uslove. Ovakva koncepcija pruža mogućnost izrade niza varijantnih simulacija čija rešenja kroz pravilnu komparaciju i tumačenje predstavljaju osnovu za zaključke i ekspertske odlučivanje. Po svojoj prirodi, pretraživanje varijantnih rešenja sa jasnim ciljanim kriterijumima izbora ili finog podešavanja parametara nije ništa drugo do proces optimizacije.

Imajući u vidu koncepciju simulacionog modela, jasno je da se radi o složenom, nelinearnom sistemu, sa puno

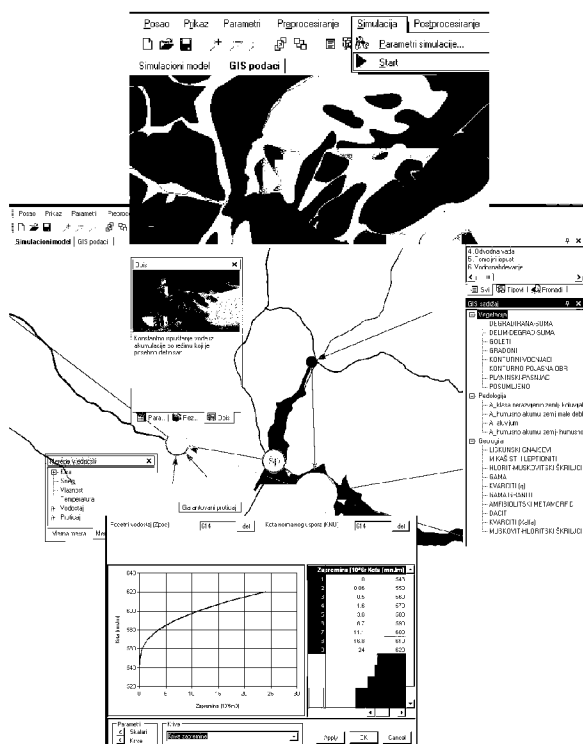
diskontinuiteta, što upućuje na potrebu da se za ovakav zadatak predvidi poseban softverski sistem zasnovan na najsavremenijim postupcima optimizacije nelinearnih sistema kakav je na primer metod *BFGS*, u kombinaciji sa najsavremenijim dostignućima u oblasti algoritama veštačke inteligencije kakvi su genetički algoritmi, neuronske mreže i *fuzzy* logika. Sve ovo predstavlja ljusku oko simulacionog modela koji je razvijan tako da se ovakva nadogradnja nadovezuje bez ikakvih korekcija u njegovoj funkcionalnosti.

Prognostički modeli

Softver za prognostiku treba da omogući povezivanje sistema Drina sa geografski širim, informatičkim sistemima za meteorološku prognozu. Povezivanje treba da se vrši u smislu kompletiranja podataka dobijenih informacijama iz mreže osmatračkih stanica na slivu Drine sa ostalim relevantnim podacima na susednim prostorima, kao i u smislu povezivanja regionalnih prognoza iz drugih centara sa meteorološkom prognozom na slivu. Na taj način bi se simulacioni model hidrosistema Drina snabdevao svim potrebnim podacima koji utiču na formiranje oticaja (padavine, temperatura i sl.). Softver za prognostiku treba da omogući efikasnu interakciju sa bazom podataka, kao i da bude primeren potrebama simulacionog modela.

Vizuelizacija i korisnički interfejs

Potpuna kontrola nad procesima nalazi se u interakciji korisnika sa softverskim paketom. Iako je softverskim rešenjima omogućen veliki automatizam u procesu modeliranja, sa druge strane, korisnik može da utiče na niz raznih parametara i da na taj način interaktivno analizira problem. U cilju efikasnog i udobnog korišćenja realizovan je jedinstven korisnički interfejs, koji služi kao posrednik između korisnika i softvera za simulaciju. U pitanju je moderan softver, grafički orijentisan, koji preko niza različitih ekrana i dijaloga, na interaktivan i intuitivan način vodi korisnika kroz proces simulacije. Na sledećim slikama vide se neki od dijaloga i ekrana koji se mogu javiti u procesu simulacije. Program predstavlja standardnu Windows aplikaciju - omogućena je primena uobičajenih alatki u okviru tog okruženja (clipboard, korišćenje i setovanje izlaznih uređaja i dr.). Razvojno okruženje je najsavremenija softverska tehnologija koja se oslanja na SQL server baze podataka, .NET porodicu programskih jezika, ADO tehnologiju za povezivanje sa bazom podataka i čitav niz ActiveX komponenti koje sačinjavaju programski paket.



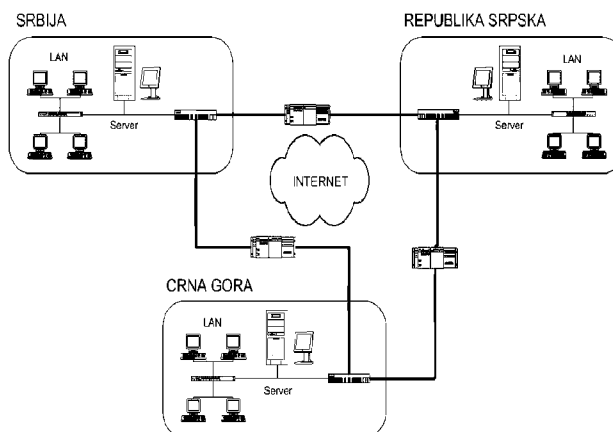
Slika 6: Prikaz dijaloga u procesu simulacije

Softversko okruženje za povezivanje i komunikaciju subjekata na slivu

Upravljanje resursima sliva reke Drine, posmatrajući sa strane administracije, vrši se iz više centara. Iz tog razloga potrebno je izraditi koncepciju i definisati protokole za povezivanje različitih subjekata administracije i odlučivanja, što bi omogućilo distribuiranje informacija i aplikacija unutar zajedničkog informatičkog okruženja. Potrebno je razviti softversku podršku za komunikaciju i integrisanje informacionog sistema na regionalnom nivou u sadejstvu sa više korisnika.

Imajući u vidu procese integracije i na ovom polju upravljanja resursima, potrebno je proanalizirati i u što je moguće efikasnije implementirati standarde EU. Na ovaj način bi se stvorila otvorena arhitektura za buduće međunarodne projekte.

Postoji više pristupa projektovanju arhitekture ovakvih sistema koji se međusobno razlikuju po otvorenosti, vrstama telekomunikacionih kanala, proširivosti, modularnosti, sigurnosti. Na slici 7 data je jedna od mogućih konfiguracija u kojoj sva tri sistema imaju lokalnu kontrolu nad infrastrukturom i podacima.



Slika 7: Moguća konfiguracija regionalnog informacionog sistema.

U konkretnom primeru Internet se koristi kao međusobna veza (zbog svih svojih prednosti), što zahteva određenu detaljniju analizu sigurnosti sistema iako danas postoji veliki broj proverenih rešenja na polju sigurnosti kako sistema, tako i podataka u njemu.

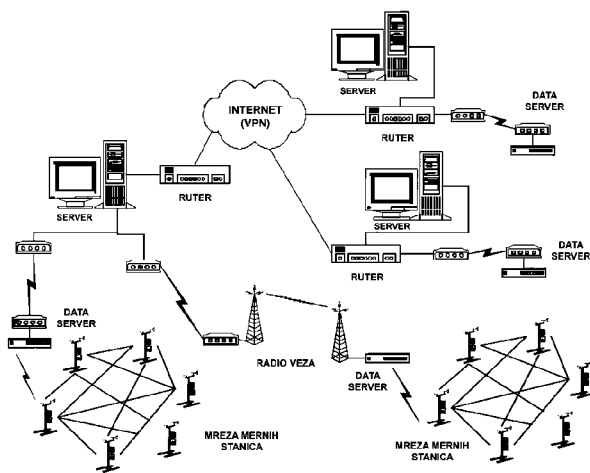
Pored povezivanja administrativnih subjekata, potrebno je izraditi i softversku platformu za povezivanje sistema za merenje, akviziciju i arhiviranje podataka na slivu. Ova platforma treba da omogući da se u budućem razvoju konektuju svi dispergovani sistemi za merenje, akviziciju i arhiviranje neophodnih podataka.

SOFTVERSKA PLATFORMA

Sistem za podršku upravljanju vodama sliva reke Drine se sasvim prirodno, zbog razuđenosti subjekata koji su korisnici ili upravljači vodnim resursima, može i mora prostorno rasporediti. Ukoliko se na većem broju lokacija nalaze računarski resursi, ili se upravljanje fizičkim ili logičkim resursima vrši istovremeno na više mesta, ili su podaci raspoređeni na više mesta, onda se u informatičkoj tehnologiji takav sistem naziva distribuiranim računarskim sistemom. Motivi za projektovanje i realizaciju distribuiranih računarskih sistema mogu se naći u tehnološkim i ekonomskim aspektima: odnos cena-karakteristika je povoljniji za mrežu računara nego za velike, centralizovane sisteme. Pored toga cena prenosa podataka se stalno snižava. Najbolji dokaz atraktivnosti i efikasnosti distribuiranih računarskih sistema je intezitet rasta zastupljenosti Internet tehnologije u svim oblastima koja je istovremeno i najprirodnije okruženje za razvoj i primenu ovakve vrste sistema. Na slici 4 je ilustrovan

tipičan primer jednog od lokaliteta koji je pokriven lokalnom računarskom mrežom koja uključuje i niz punktova sa kojih se vrši automatska akvizicija podataka koji se arhiviraju u bazu, dok je sama lokalna mreža putem Interneta povezana sa proizvoljnim brojem sličnih informacionih čvorova sa kojima saučestvuje u distribuiranom sistemu.

Distribucija hardvera koji funkcioniše u sistemu se izvodi uz pomoć telekomunikacionih mreža i lokalnih računarskih mreža. Kako sistem čine fizički i logički resursi, a to su procesori, memorije, diskovi odnosno, datoteke i procesi, upravljanje je činilac koji objedinjuje i koordinira funkcionalnost celovitog sistema. Upravljanje može biti sprovedeno centralizovano, hijerarhijski i potpuno autonomno, zavisno od konkretnog slučaja. Sama činjenica da postoji više korisnika sistema za podršku upravljanju, neminovno znači distribuiranje podataka. Zavisno od potreba i mogućnosti mogu se primeniti dva procesa: replikacija ili distribuiranje kopija i particioniranje ili fragmentiranje podataka. Ideja distribucije podataka potpuno je podređena poboljšanju performansi i povećanju pouzdanosti sistema.



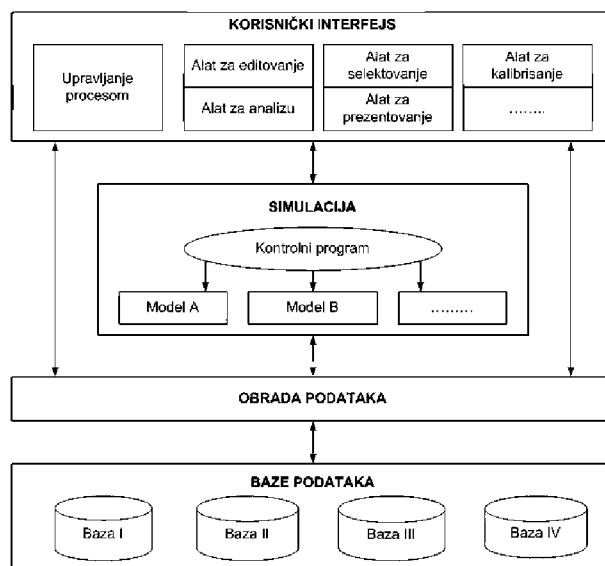
Slika 8: Distribuirani sistem

Stepen spreznjanja distribuiranog sistema zavisi pre svega od odnosa subjekata korisnika sistema i saglasno standardnoj klasifikaciji može se kretati od umereno spregnutog (klijent server arhitektura) do slabo spregnutog (autonomni sistemi u mreži LAN/WAN), mada nije isključena upotreba i lokalnih snažno spregnutih podsistema (na primer moćan multiprocesorski računar za potrebe simulacija velikih sistema sa velikim brojem izračunavanja).

Imajući u vidu neke nedostatke distribuiranih sistema (teži razvoj i obuka personala u poređenju sa centralnim sistemom, manju moć lokalnog sistema u odnosu na snažni centralni računar, jedinična cena se ne smanjuje sa uvećanjem broja korisnika i sl.) bez sumnje je prevaga na strani prednosti koje ovakav sistem donosi: smanjivanje ukupnih troškova (lokalna obrada podataka, lokalno memorisanje podataka), modularnost softvera (povezivanje sa međunarodnim standardima, povoljnije vreme projektovanja, razvoja i održavanja softvera), prilagodljivost i proširivost, pouzdanost i raspoloživost.

Konfiguracija distribuiranog računarskog sistema nameće korišćenje javne telekomunikacione mreže. Pošto sam sistem nije namenjen za javnu upotrebu (najvećim delom) onda se privatnost mreže može ostvariti upotrebom VPN (Virtual Private Network) što rezultuje sasvim zadovoljavajućim korišćenjem postojeće telekomunikacione infrastrukture uz puno ekonomsko opravdanje.

Svi trendovi u svetu i EU vode ka harmonizaciji metoda modeliranja, vršenja simulacija i analiziranja rezultata. Iz tog razloga potrebno je razvijati softverski sistem sa ciljem omogućavanja regionalnog informatičkog povezivanja u oblasti upravljanja vodenim resursima.



Slika 9: Preporuka Generic Framework Water projekta (modularizacija zasnovana na funkcionalnosti)

Ovakav pristup je potreban kako za aplikaciju, tako i za sisteme arhiviranja. Baze podataka moraju predvideti arhiviranje GIS sadržaja kao što su digitalne mape,

profili kanala, vegetacija itd. Takođe, potrebno je obezbediti dvosmernu vezu sa postojećim platformama i bazama podataka na međunarodnom nivou. Potrebno je implementirati nove tehnologije poput XML razmene podataka, Web servisa, SOAP protokola i srodnih tehnologija.

ZAKLJUČAK

Veoma važan korak u integralnom upravljanju vodama na slivu reke Drine jeste uvođenje distribuiranog sistema za podršku upravljanju, kao informatičke, tehničke i ekspertske podrške odlučivanju. Naime, odlučivanje u vezi upravljanja vodama i investiranju na bazi vodnih resursa, osim za manje slivove na organizaciono kompaktnim teritorijama, dominantno u budućnosti neće biti centralističko, već će se sprovoditi na bazi šireg konsenzusa u regionu (državnih uprava, lokalnih samouprava, multinacionalnih kompanija, nevladinih organizacija i dr.). U takvim okolnostima, put do odluke je težak i spor, naročito ako bi se zasnivao samo na ustaljenim metodama izrade studijske i tehničke dokumentacije.

Činjenica je da veoma snažan vodni resurs drinskog sliva nije dovoljno stavljen u službu ljudi koji žive na ovim prostorima, uglavnom zato što faktori odlučivanja nisu mogli da prepoznaju i usklade zajednički interes.

Distribuirani sistem za podršku upravljanju vodama sliva reke Drine jeste način da se dinamičnije i efikasnije uspostavi dijalog svih relevantnih subjekata na slivu, i to u svim fazama odlučivanja, od strategijskog planiranja investicija do operativnog upravljanja u eksploataciji, kao i na svim nivoima angažovanja, od merenja i prikupljanja informacija do složenih dokaznih postupaka u pravnim procedurama.

LITERATURA

- [1] Goodman Alvin S., Principles of Water Resources Planning, Prentice – Hall, 1984.
- [2] Wurbs R.A., Reservoir Simulation and Optimization Models, Global Climate Change Response Program, Denver, Colorado, August 1991.
- [3] J.G. Arnold, S.L. Neitschn, J.R. Kiniry, J.R. Williams, SWAT -Soil and Water Assessment Tool Users Manual, , Texax 2001.
- [4] Prohaska S., Ristić V., Hidrologija I deo, hidro-teteorologija, hidrometrija i vodni režim, Beograd 2003.

- [5] Divac D., Grujović N., Milovanović M., Nov simulacioni model za bilansnu analizu vodoprivrednih sistema – metodologija, softver i primena, Monografija Upravljanje vodnim resursima Srbije 99, Institut za vodoprivredu Jaroslav Černi, Beograd, 1999.
- [6] Guy Hart-Davis, Visual Basic for Applications 6, Sybex 1999.
- [7] Prosise, J.: Programming Microsoft® .NET Microsoft Publishing, Redmond, 2003.
- [8] Ballinger, K.: .NET Web Services: Architecture and Implementation, Addison-Wesley, Boston, 2003.
- [9] Foggon, D., Maharry, D., Ullman, C., Watson, K.: Programming Microsoft® .NET XML Web Services, Microsoft Publishing, Redmond, 2003.
- [10] Miller, J., Ragsdale, S.: Common Language Infrastructure Annotated Standard, Addison-Wesley, Boston, 2003.
- [11] Chand, M., Talbot, D.: Applied ADO.NET: Building Data-Driven Solutions, Apress Publishing, Berkeley, 2003.
- [12] Alapati, S.: Expert Oracle9i Database Administration, Apress Publishing, Berkeley, 2003.
- [13] Campesato, O.: Fundamentals of Svg Programming: Concepts to Source Code, Charles River Media, 2003.
- [14] Blind, M.W., Adrichem, B., Groenendijk, P.: Generic Framework Water: An open modeling system for efficient model linking in integrated water management - current status, EuroSim 2001, Delft, 2001.
- [15] Blind, M.W., Adrichem, B., Groenendijk, P.: Generic Framework for hydro-environmental modelling, HydroInformatics 2000, Cedar Rapids, 2000.
- [16] Maidment, D. R.: ArcHydro GIS for Water Resources, ESRI Press, Redlands, 2002.
- [17] Struve, J., Westen, S., Millard, K., Fortune, D.: Harmonit - State of the Art Review, London, 2002
- [18] Autodesk® WHIP!®, www.autodesk.com
- [19] Institut J. Černi: Hidro-informacioni sistem Drina, Simulacioni model – prva faza, softver i studija, Beograd, 2003.
- [20] Planska, tehnička i studijska dokumentacija vezana za Hidrosistem Drina (više desetina naslova različitih autora i institucija)

THE ROLE AND CONCEPT OF A DISTRIBUTED HYDRO INFORMATION SYSTEM SUPPORTING
INTEGRATED WATER MANAGEMENT IN THE DRINA RIVER BASIN

by

Dejan DIVAC

The Jaroslav Černi Institute for the Development of Water Resources

Nenad GRUJOVIĆ

Faculty of Mechanical Engineering, Kragujevac

Branislav ĐORĐEVIĆ

Faculty of Civil Engineering, Belgrade

Summary

The significant hydro potential of the Drina River is not utilized to its full extent. A very important step towards integrated water management in the Drina River basin is the establishment of a distributed system to aid management as an information, technical and expert decision-making support tool. The paper presents the concept of a modern and complex distributed hydro information system, which includes data acquisition, processing and archiving, as well as software for the

integration of system components. The central software component is a mathematical model of the system and the process, aimed at providing the user with relevant information for expert decision-making on the further development and improvement of the system or adequate management in real time.

Key words: hydro information system, integrated management, software, database.

Redigovano 15.05.2004.