

## METEOROLOŠKI PROGNOŠTIČKI MODELI U HIDRO-INFORMACIONOM SISTEMU DRINE

Branko SPARAVALO, dipl. meteorolog  
Dispečerski Centar Elektroprivrede Srbije

### REZIME

U radu su prikazane osnovne funkcije prognostičkih meteoroloških sistema i modela koji se mogu koristiti u operativnoj praksi merodavnih institucija. Navedeni su prognostički modeli koji se koriste u DC EPS-u sa prikazom operativnih podataka u slivu r. Drine koji su dostupni u ovom trenutku. Ukazano je na perspektivu razvoja meteoroloških sistema, odnosno meteoroloških prognostičkih modela, gde su posebno potencirani ETA model i ETA-MOS model, kao najperspektivniji za primenu u slivu reke Drine. Dat je opis baze meteoroloških podataka i način komuniciranja između meteoroloških stanica, HM Zavoda, hidroelektrana i drugih učesnika. Na kraju je naznačen tip prognostičkog paketa za automatsko upravljanje sistemom koji treba razviti, kao i neophodna računarska i sistemska podrška koja će sve to pratiti.

**Ključne reči:** meteorološka prognoza, meteorološki prognostički model, operativna prognoza, automatsko upravljanje, meteorološka stanica, sistemska podrška.

### 1. UVOD

Osnovna svrha hidroinformacionog sistema Drina je da omogući:

- optimalno upravljanje sistemom u sadašnjem, budućem i uslovima krajnje izgrađenosti sistema,
- analizu efikasnosti rešenja budućeg razvoja sistema i
- praćenje rada sistema u realnom vremenu.

Proticaji na rečnim tokovima i ostalim objektima kroz koje prolazi voda (tuneli, kanali, cevovodi, prelivi, elektrane i dr.) dobijaju se primenom integralnog simulacionog modela celog sliva, čiji je osnovni ulaz oticaj koji se stvara na međuslivovima primenom fizički zasnovanih modela tipa padavina - oticaj (na primer: SWAT ili SSARR). Ulazne veličine za ovakav

simulacioni model su vrednosti meteoroloških parametara (padavine, temperature, topljenje snega i sl.).

Kada se vrši analiza efikasnosti rešenja budućeg razvoja sistema, ulazne veličine za simulacioni model, mogu biti ostvarene (izmerene) vrednosti meteoroloških parametara, koje su prikupljene u bazu podataka.

Da bi se hidroinformacionim sistemom Drine moglo vršiti optimalno upravljanje u realnom vremenu, tada je neophodno obezbediti prognozu ulaznih meteoroloških veličina za simulacioni model, koji predstavlja okosnicu celog hidroinformacionog sistema.

Uža tema ovog referata je metodologija za prognozu ulaznih meteoroloških veličina prilagođena potrebama i zahtevima simulacionog modela. U principu, ove ulazne meteorološke veličine za simulacioni model se dobijaju primenom specijalizovanih modela za meteorološku prognozu.

Cilj ovog rada je da se prikažu osnovne funkcije prognostičkih meteoroloških modela i sistema, koji se u slivu reke Drine koriste, ili se mogu koristiti u budućnosti, u operativnoj praksi merodavnih institucija, a pre svega DC EPS-a. Pored toga, na bazi sopstvenog iskustva u primeni operativnih modela u slivu reke Drine i šire, zatim saznanja iz savremene literature i drugih naučno-stručnih informacija, predlažu se modeli koji su, prema mišljenju autora ovog rada, najcelishodniji za primenu u veoma složenim hidrometeorološkim, geomorfološkim i drugim uslovima koji vladaju u slivu reke Drine.

### 2. OPERATIVNI HIDROLOŠKI PODACI U SLIVU REKE DRINE DOSTUPNI DC EPS-a

Redovno merenje meteoroloških i hidroloških parametara na slivu Drine je osnov za sve ostale aktivnosti oko prognoze voda.

Izmerene vrednosti sa sliva moraju biti dostupne u što kraćem intervalu. Osim što služe za praćenje trenutnog stanja na slivu i predstavljaju jedan od ulaza u meteorološki i hidrološki model, podaci su od velike važnosti za proces verifikacije i unapređenja prognoza kroz statističko-matematičku obradu i upotrebu za poboljšanje rezultata meteoroloških modela.

Rad hidrološkog simulacionog modela prilagođen je dostupnim podacima na slivu, kako u sadašnjem stanju, tako i u uslovima proširenja broja osmatračkih meteoroloških i hidroloških stanica. Ovde se u budućnosti treba orijentisati na automatske stanice koje nedostaju, a omogućavaju trenutnu informaciju o izmerenim parametrima što je vrlo važno u mnogim slučajevima.

Za potrebe DC EPS-a meteorološki podaci sa sliva su dostupni preko RHMZ Crne Gore (najveći broj stanica), RHMZ Srbije i HM službe Bosne i Hercegovine. Koriste se podaci o: temperaturi, količini padavina, brzini vetra i visini snega sa meteoroloških stanica, kao i podaci o vodostaju tj. proticaju sa hidroloških stanica.

Ove podatke treba proširiti sa podacima o količini vode u snegu.

Trenutno su dostupni podaci sa sledećih meteoroloških stanica sa sliva:

- Lim: Plav, Berane, Bijelo Polje, Prijepolje, Rožaje (Ibar, ali je u blizini sliva)
- Piva: Šavnik, Plužine, Nikšić (u blizini sliva)
- Tara: Kolašin, Mojkovac, Žabljak
- Čehotina: Pljevlja
- Uvac: Sjenica
- Drina: Zlatibor, Bajina Bašta

Potrebno je aktivirati meteorološke stanice: Čemerno, Srbinje (Foča), Višegrad i još poneku sa teritorije BiH, kao i hidrološku stanicu Đurđevića Tara (Tara) na teritoriji Crne Gore.

Koriste se, takođe, podaci o vodostajima-proticajima sa sledećih hidroloških stanica i Hidroelektrana na slivu:

Bijelo Polje (Lim), HE Potpeć (dotok/protok), HE Bistrica (protok), HE Piva (dotok/protok), HE Višegrad (dotok/protok), HE Bajina Bašta (dotok/protok), RHE B.Bašta (pumpanje/protok), HE Zvornik (dotok/protok).

Većina ključnih podataka stiže sa teritorije Crne Gore i dobija se telefonom. Ovde je neophodno da podaci stižu računarskim putem i automatski budu učitani u bazu i hidrološki model.

Automatski prenos podrazumeva i program za kontrolu podataka i eliminisanje i korekciju grubih grešaka, kao i rezervni sistem sa 2 nezavisne veze za slučaj otkaza glavne.

Samo u najgorem slučaju treba predvideti prikupljanje podataka na drugi način i ručni unos u bazu i hidrološki model.

Interval podataka za temperaturu je 3, 6 i 12 sati, a padavina 6, 12 i 24 sata. Potrebno je imati podatke o količini padavina na svakih 1 i 3 sata, kao i trenutni intenzitet padavina, što će omogućiti automatske meteorološke stanice.

Meteorološki podaci sa sledećih stanica su dostupni na svaka 3 sata (količina padavina je dostupna samo na 6 sati): Zlatibor, Sjenica, Pljevlja, Žabljak, Kolašin, Nikšić. Iako Nikšić ne pripada slivu Drine koristi se jer je u blizini, posebno zbog toga što režim padavina odgovara režimu padavina na slivu Pive i Tare. Trenutni osnovni interval za hidrološke prognoze je 6 sati, pa se u tom intervalu i unose prognoze temperatura i padavina, dok se izmerene vrednosti koje su na 12 ili 24 sata dele na šestočasovne intervale u srazmeri prema raspodeli padavina sa stanica koje imaju dostupne šestočasovne intervale.

### 3. PROGNOŠTIČKI METEOROLOŠKI MODELI I SISTEMI

#### 3.1. Prognostički modeli koji se koriste u DC EPS-a

Svrha prognostičkih meteoroloških modela je obezbeđenje prognoze ulaznih meteoroloških veličina za potrebe hidroloških odnosno simulacionih modela. Ulazne veličine za Hidrološki model su osmotni hidrološki podaci na mernim stanicama, a takođe i meteorološke prognoze koje moraju biti date u tačkama/lokacijama postojećih mernih stanica. Potrebno je da model daje prognoze temperatura i padavina na visinama gde nema stanica, ali te lokacije ne bi imale mogućnost verifikacije rezultata već bi služile više za preciznije određivanje visine snežnih padavina tj. granice topljenja snega.

Praksa izrade prognoze za 7 dana unapred u DC EPS je pokazala da nije dovoljno, niti zadovoljavajuće tačno, osloniti se samo na jedan meteorološki model ili sistem, već je poželjno koristiti što više prognostičkih informacija različitih modela kako bi se smanjile greške.

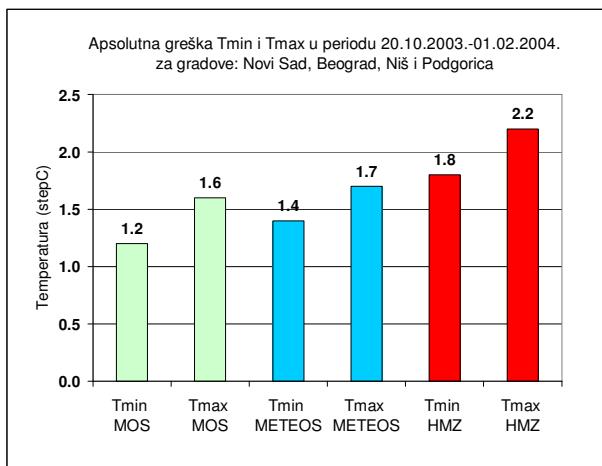
Trenutno se u DC EPS koriste prognostički produkti sledećih modela:

GFS, NOGAPS (NGP) – Američki, ECMWF – (European Center for Medium Range Weather Forecast), MOS ECMWF – MOS sistem koji je razvila Meteomedia-Švajcarska, DWD, GME – Nemački, UKMO – Britanski i ETA – varijanta modela koji se koristi u firmi METEOS. HM Zavod ima svoju varijantu ETA modela, ali je bolje rezultate pokazala ova prva.

Navedene informacije se sintetizuju u 2 odvojene prognoze padavina i temperatura, obično sa minimalnim i maksimalnim očekivanim padavinama, a takođe i sa 2 varijante raspodele temperature sa visinom.

Za obezbeđivanje meteoroloških prognoza bi svakako trebalo koristiti bar 3 različita modela/sistema tj. praktično 3 nezavisna rezultata od kojih bi 2 automatski ulazila u hidrološki model, dok bi treći bio rezultat korekcije meteorologa.

Generalno, najbolju statistiku tj. tačnost od tkzv. automatskih prognoza nemaju produkti nijednog modela ponaosob već sistem MOS (Model Output Statistics) koji se može razviti za bilo koji model i set raspoloživih stanica. Trenutno se u DC EPS koristi prognoza MOS ECMWF koja je pokazala najbolju preciznost.



Slikal.1: Verifikacija prognoze minimalnih i maksimalnih temperatura vazduha za 1 dan

Na slici 1 je data verifikacija prognoza minimalne i maksimalne temperature za jedan dan unapred HM Zavoda Srbije, METEOS-a i EC MOS automatske prognoze za 4 grada: Novi Sad, Beograd, Niš, Podgorica u periodu od 20. oktobra 2003. do 01. februara 2004. Sa grafika se vidi znatno bolja tačnost EC MOS i METEOS prognoza temperatura.

Uobičajeno je da meteorolog vrši korekciju prognoziranih vrednosti iz modela kako bi se dobila još preciznija prognoza. Meteorolog može vrlo malo da doprinese poboljšanju tačnosti prilikom korekcije MOS prognoze za 2 dana unapred za više lokacija, ali je zato već nakon toga, u periodu od 3 do 7 dana bolja korekcija meteorologa koja se pravi na osnovu rezultata više modela. Generalno, tačnost svih vrsta prognoza opada sa udaljavanjem od početnog termina i nakon otprilike 7 dana tačnost je približno ista kao ako bi prognozu predstavljale srednje višegodišnje klimatološke vrednosti za pojedine dane.

### 3.2. Perspektiva razvoja prognostičkih meteoroloških sistema u DC EPS-a

Cilj DC EPS-a je da se kroz bazu podataka i matematičko-statističku obradu automatizuje izdavanje prognoza i da se sistem MOS primeni na više modela i dobije nešto poput MULTI-MOS sistema. Razvoj takvog sistema zahteva dosta vremena i sredstava, tako da se trenutno treba osloniti na postojeće prognoze, ali i planirati unapređenja i ulagati u razvoj i poboljšanje prognoza kroz pojedinačne MOS sisteme.

MOS ECMWF produkti se mogu kupiti i to može biti jedan od sistema za prognozu.

Drugi automatski sistem bi takođe trebalo da bude MOS, ali baziran na ETA modelu. Naime, korišćenje sirovih rezultata ETA modela nije poželjno zbog većih grešaka. Zato je potrebno da se primeni sistem MOS (Model Output Statistics).

ETA model za ograničenu oblast se može instalirati na Cluster računaru u Centru Upravljanja Drinom. ETA meteorološki prognostički sistem bi preuzimao 2 puta dnevno početne i granične uslove nekog od globalnih meteo modela (Američki AVN se najčešće koristi jer je besplatno dostupan) i startovao prognozu sa početnim vremenom u 00 i 12 UTC svakog dana. Prognoze bi bile dostupne oko 8 sati nakon početnog vremena i bile bi dostupne za 5 dana unapred.

Elegantije rešenje je da se ETA model operativno vrti u drugoj instituciji, HM Zavodu ili privatnoj meteorološkoj firmi (što se već radi), a zatim da se odande preuzimaju gotovi prognostički podaci.

Predlog za HISD je da se koriste dve vrste MOS prognoza i jedna prognoza meteorologa.

ECMWF MOS prognoze se mogu kupiti i dostupne su za sledeće lokacije: Kolašin, Žabljak, Nikšić, Pljevlja, Zlatibor i Sjenica.

Potrebno je razviti ETA MOS sistem za prethodno navedene i sve postojeće stanice na slivu koje imaju svakodnevno dostupne operativne podatke.

### 3.3. Meteorološki prognostički ETA model

Meteorološki prognostički ETA model su definisali i razvijali naši profesori Fedor Mesinger i Zaviša Janjić.

ETA model je razvijen u saradnji Instituta za meteorologiju Univerziteta u Beogradu i Nacionalnog meteorološkog centra SAD iz Vašingtona.

Naziv dolazi od vertikalne eta koordinate koja se koristi u modelu, a njena definicija je originalna ideja Prof. Mesingera.

Instaliran je na gotovo svim poznatim, većim kompjuterima i superkompjuterima kao i na grafičkim radnim stanicama, ali i na malo jačim ličnim računarima PC (od jednog PC do Cluster sistema).

U NMC SAD u Vašingtonu model se koristi operativno (dva puta dnevno) od sredine 1993. godine, a takođe se koristi i za eksperimentalne i istraživačke svrhe.

ETA model se koristi u svetu u preko trideset meteoroloških institucija za istraživanja, a u šest institucija se koristi i za računanje operativne prognoze vremena.

Opšte karakteristike ETA modela:

- Model za ograničenu oblast i može se primeniti na proizvoljnu oblast.
- Model sa primitivnim jednačinama;
- Prognostičke promenljive su: prizemni pritisak (Ps), virtuelna temperatura (Tv), specifična vlažnost (q), komponente vetra (u i v) i turbulentna kinetička energija (Q2). Prizemna polja uključuju prizemnu i potencijalnu temperaturu, vlažnost tla i akumulirane padavine;
- Koristi metod mreže tačaka
- Ima ugrađenu specijalnu tehniku za sprečavanje razdvajanja rešenja
- Vertikalna koordinata je  $\eta$  (eta) koordinata, kao generalizacija  $\sigma$  (sigma) koordinate sa stepenastom prezentacijom planina.
- U horizontalnoj advekciji model ima ugrađenu kontrolu nelinearne kaskade energije
- Vremensko diferenciranje je eksplicitno sa rascepljivanjem
- Za planetarni granični sloj koristi se Melor-Jamada parametrizaciona šema nivoa 2.5

- Za "prizemni" sloj se koristi Melor-Jamada parametrizaciona šema nivoa 2 sa plitkim dinamičkim turbulentnim slojem na dnu
- Bočna difuzija je četvrtog reda sa dufuzionim koeficijentom koji zavisi od deformacije i turbulentne kinetičke energije;
- Prizemni procesi, kao što su isparavanje, sneg, topljenje, hidrologija i dr., su uključeni
- Uključene su padavine velikih razmera i modifikovana Bets-Miler-Janjić konvekciona šema za plitku i duboku konvekciju
- Radijaciona šema je NMC, verzija GLAS (GLAS - Goddard Laboratory for Atmospheric Sciences)

Produkti drugih modela se mogu jednostavno kupiti, a jedan deo se može preuzimati besplatno preko Interneta uz prethodnu registraciju korisnika. Treba samo odabrati parametre i lokacije, tj. geografske koordinate. Neophodni parametri su: temperatura i količina padavina, a tome se mogu dodati svi drugi parametri koje zahteva hidrološki model.

### 3.4. Razvoj ETA-MOS prognostičkog sistema na stanice u slivu Drine :

Primenom ETA-MOS sistema u slivu Drine dobiće se sledeće:

- poboljšaće se prognoze tj. izlazni rezultati ETA modela navedenom metodom
- poboljšanja parametara koji će biti smernica za dalji rad na poboljšanju prognoza
- dobiće se korisnički interfejs koji će omogućiti samostalni rad na daljem poboljšanju prognoza korišćenjem NEURO mreža i višestrukih linearnih regresija.

Za dalja poboljšanja prognoza je posebno bitno projektovati i razviti NEURO mrežu koja će sama sebe učiti na budućim slučajevima koji će biti skladišteni u bazi i na taj način sa vremenom povećavati tačnost prognoza.

Prognostički sistem ETA-MOS za stanice na slivu Drine bi mogao biti urađen za 1 godinu i obuhvatao bi sledeće radnje:

- Definisane granice oblasti ETA modela za deo južne Evrope koji obuhvata Balkansko i Apeninsko poluostrvo, deo Alpa i zapadnog Sredozemlja.
- Određivanje horizontalne i vertikalne rezolucije i niz drugih parametara koji se nadalje neće operativno menjati.
- Priprema izlaznih rezultata ETA modela za period prethodne dve godine (2001-2003)

- Koristiće se verzija ETA modela koja će biti operativna na slivu
- Broj nivoa izlaznih rezultata potrebnih za projekat su: prizemlje, 1000mb, 925mb, 850mb, 700mb, 500mb i 300 mb.
- Parametri: Temperatura, Relativna vlažnost, Vetar - smer i brzina, Padavine, Geopotencijal, Konvekcija,....
- Izvršiće se odabir mernih stanica sa sliva na kojima će se primeniti projekat, a koji imaju dostupne podatke bar za poslednje 2 godine.
- Pravljenje nizova mogućih prediktora i očitanih veličina (poređenje svih veličina iz synop meteorološkog izveštaja sa merne stanice i onih dostupnih iz modela)
- Kontrola izlaznih rezultata
- Za sve gradove-merne stanice na slivu napraviće se statistika-verifikacija za ETA-model
- Nalaženje optimalne korelacije.
- Rangiranje parametara po tačnosti i pouzdanosti.
- R2 analiza i F test matematičke analize svih mogućih prediktora (izlaza iz modela).
- Za sve merne stanice na slivu napraviće se optimizacija izbora prediktora na osnovu prethodnih analiza.
- Pisanje transformacionih funkcija radi linearizacije problema da bi se primenile višestruke linearne regresije.
- Dobijanje MOS rezultata tj. izlaznih veličina (prediktanata) za sve gradove-merne stanice na slivu
- Priprema korisničkog interfejsa sa pogodnim konfiguracionim fajlovima radi lakšeg korišćenja celog softvera.
- Ovaj interfejs omogućava laku promenu prediktora bez promene u kodu programa.
- Primena « obučenih » (naučenih) fajlova (iz Neuro mreže i višestrukih linearnih regresija) na sve merne stanice na slivu.
- Poređenje rezultata ETA-MOS i čisto ETA prognoza.
- Prikaz statističkih pokazatelja i stepena poboljšanja za odabrani period
- Testiranje-verifikacija rezultata na odabranom periodu
- Testiranje-verifikacija rezultata na tekućim rezultatima modela

Ovde je bitna baza osmotrenih podataka za merne stanice za koje se izrađuje MOS kao i isti niz prognoza odgovarajućeg ETA modela. Matematičkim metodama se ovi rezultati usklađuju imajući u vidu preko 100

meteoroloških parametara koje daje prognostički model i na taj način se dobijaju znatna poboljšanja sirovih izlaznih rezultata modela.

- ETA-MOS će dati sledeće izlazne veličine (prediktante):
- T - Temperatura u terminu,
- Tmin - minimalna dnevna,
- Tmax – maksimalna dnevna,
- Td - temperatura tačke rose,
- RH - Relativna Vlažnost,
- ff - srednja brzina vetra,
- fx - maksimalni udar vetra (za stanice koje daju izveštaj o tome),
- dd - smer vetra,
- N - ukupna oblačnost,
- WW - tip vremena u terminu,
- RR3, RR6, RR12 - ukupne padavine za 3, 6 i 12 sati,
- PRRany - verovatnoća pojave bilo kakvih padavina,
- PRRstra - verovatnoća pojave stratiformskih padavina,
- PRRconv - verovatnoća pojave konvektivnih padavina,
- PRRrain - verovatnoća pojave kiše,
- PRRsnow - verovatnoća pojave snega,
- Pff - verovatnoća pojave srednjeg (10min) vetra jačeg od 10, 15, 20 m/s,
- Pfx - verovatnoća pojave maksimalnog udara vetra jačeg od 15, 20, 25 m/s(za stanice koje daju izveštaj o tome),
- PRES - Pritisak,
- SUN - Dužina trajanja dnevnog osunčavanja (za stanice koje daju izveštaj o tome)

Poželjno je da hidrološki model ima uprošćeni ulaz meteoroloških parametara, gde bi ulazne vrednosti bile baš u mernim tačkama i eventualno na nekoliko kritičnih lokacija koje bi bile dostupne iz modela. Ovaj odabir bi bio u zavisnosti od samog hidrološkog modela, visinskih zona u njemu i slično.

#### 4. BAZA PODATAKA

Odabir baze osmotrenih i prognostičkih meteoroloških i hidroloških podataka je vrlo važan faktor i mora biti dobro usklađen i povezan sa platformama na kojima rade meteorološki i hidro modeli. Treba imati u vidu da će baza biti vrlo obimna i značajno rasti sa vremenom, a da će joj se često pristupati sa raznim zahtevima.

Do sada razvijani meteorološki modeli rade prvenstveno na Unix, Linux operativnim sistemima, a trebalo bi

imati u vidu i stabilnost i besplatno korišćenje nekih SQL-Linux baza podataka. Prethodno rečeno ni u kom slučaju ne ograničava dalje realizacije u pogledu izbora operativnog sistema i odgovarajuće SQL baze podataka.

Ovakve baze meteoroloških podataka dobro funkcionišu u sprezi sa meteorološkim modelima.

Dakle, mogla bi biti sačinjena SQL baza osmotrenih i prognoziranih podataka kojoj bi pristupao hidrološki model. Takve baze već funkcionišu u meteorološkom sektoru privatnih i državnih meteoroloških službi.

U bazu podataka bi se svakodnevno slivale izmerene vrednosti meteoroloških i hidroloških parametara sa sliva, kao i prognoze meteorologa, EC MOS, i ETA MOS prognoze koje bi činile ulaz u hidrološki model.

Hidrološki model bi se automatski punio podacima i startovao prognozu u određeno vreme, a izlazni izveštaji bi bili prilagođeni različitim korisnicima.

Rezultati takvih hidroloških simulacija tj. prognoza bi se takođe smeštali u istu bazu i bili dostupni za paralelna i kasnija korišćenja u razne svrhe – verifikaciju, istraživanja i druge potrebe.

Pristup bazi i prognozama bi bio omogućen svim autorizovanim korisnicima putem Internet mreže.

Baza će omogućiti redovnu verifikaciju meteoroloških i hidroloških prognoza na način i metodama koje budu naknadno određene za nekoliko ključnih parametara: prognoza padavina, prognoza temperatura, prognoza dotoka na određenim profilima.

## 5. KOMUNIKACIJA

Za komunikaciju između meteoroloških stanica, HM Zavoda, Hidroelektrana, meteoroloških firmi i svih drugih učesnika u hidroinformacionom sistemu treba koristiti već postojeću i razvijenu INTERNET strukturu. U pogledu moguće primene komunikacionih tehnologija, zavisno od konkretnih potreba, na raspolaganju stoje danas dostupne i široko podržane tehnologije kakve su na primer mobilna telefonija, bežične računarske mreže i u krajnjem slučaju satelitske komunikacije.

Svaki učesnik i korisnik informacija bi obezbedio INTERNET vezu, a centar hidroinformacionog sistema sliva Drine (ili više centara) bi morao da ima dve nezavisne linije, tj. Internet veze za slučaj otkaza one glavne.

Ne treba se odreći ni postojećih komunikacionih veza u okviru Elektroprivrede čime bi bili svedeni na minimum

mogući prekidi u komunikacijama i nepravovremeno stizanje podataka.

## 6. PROGRAMSKI PAKET ZA AUTOMATSKO UPRAVLJANJE SISTEMOM ZA PROGNOZU VODA

Program bi imao ulogu automatskog preuzimanja osmotrenih i prognostičkih podataka, kontrole mogućih grešaka, skladištenje u bazu, unos u hidro model, startovanje istog i generisanje izlaznih izveštaja.

Sastavni deo ovog paketa bi bio SISTEM ZA GRAFIČKI I TABELARNI PRIKAZ i

GEOGRAFSKI INFORMACIONI 2D - 3D sistem kao podrška za prikaz osmotrenih i prognostičkih rezultata.

Hidrološki model bi se startovao 2 puta dnevno, u vremenskom koraku od 6 sati jer bi tako bili dostupni i meteorološki podaci, a i zbog drugih pogodnosti. Prognostički period bi bio 7 dana.

## 7. RAČUNARSKA I SISTEMSKA PLATFORMA

Svi poslovi bi se obavljali na više umreženih računara. Posebni računari se svakako moraju izdvojiti za meteorološki model (ukoliko bude potrebe), a svakako za prijem meteo prognoza modela, zatim za komunikaciju i bazu podataka. Računarska platforma mora biti adekvatna, brza, sa dovoljno memorije i uz duplirani računarski sistem za slučaj otkaza glavnog. U obzir treba uzeti i moguću instalaciju tzv. klaster mašine tj. više personalnih računara namenski umreženih za potrebe paralelnog procesiranja. Ovakva koncepcija sistema omogućava značajno skraćivanje vremena potrebnog za numeričke proračune u okviru meteorološkog modela, jer se proces proračuna "paralelizuje".

Izbor systemske platforme nije jednoznačan proces obzirom na sve parametre koji se mogu uzeti u obzir pre početka realizacije softverskog projekta. Najmanje ograničenja nameću rešenja koja su orijentisana na platformsku nezavisnost. Istovremeno takva orijentacija nameće najsloženije zahteve pred razvojni tim, ponekad ih nije moguće prevazići bez formiranja posebnih verzija. Generalno, orijentacija na standardne programske jezike i SQL baze podataka, obezbeđuje visok stepen portabilnosti između dve moguće ciljne platforme: Linux i Windows operativnih sistema.

Prema dosadašnjim iskustvima, Linux – Windows kombinacija operativnih sistema je dobro rešenje, pri čemu bi svakako na Linux platformi radio meteorološki

model, obavljala komunikacija i bila instalirana baza podataka, dok bi personalne stanice korisnika imale Windows okruženje i klijentske aplikacije razvijene u okviru najsavremenije .NET softverskim tehnologije.

### 8. ZAKLJUČAK:

Sistem meteoroloških prognoza u slivu reke Drine treba razviti na široko kompatibilan način i u osnovnim koracima koji će omogućiti što pre operativnu primenu, a zatim laku nadogradnju i razna prilagođavanja po potrebi.

U operativnoj upotrebi je važno da učestvuju najmanje dva meteo modela. Dva različita pristupa bi omogućila bolje rezultate sa vremenom, ali i podigla sigurnost kod ključnih odluka. Naime, pri odlučivanju je bitna svaka dodatna informacija i prognoza koja može pomoći kod opredeljenja pri planiranju rada elektrana.

Od meteo prognoza koristila bi se svakako:

- Prognoza METEOROLOGA koja bi spojila rezultate 4-5 prognostičkih meteoroloških modela. Ovo je vrlo važno za period od 4 do 7 dana kada je MOS prognoza sve manje tačnosti.

- EC-MOS prognoza

- ETA-MOS prognoza

Ceo sistem meteoroloških i hidroloških osmatranja, zatim obezbeđivanja meteoroloških prognoza i hidroloških simulacija i prognoza mora biti automatizovan sa dva paralelna sistema i jednim razvojnim koji će omogućiti intervenciju korisnika u operativnoj praksi, ali i doradivanje i usavršavanje delova sistema.

### LITERATURA

- [1] Janjić, Z. I., 1984: Non-linear advection schemes and energy cascade on semi-staggered grids. *Mon. Wea. Rev.*, 112, 1234-1245.
- [2] Mesinger, F., 1977: Forward-backward scheme, and its use in a limited area model. *Contrib. Atmos. Phys.*, 50, 200-210.
- [3] Betts, A. K., 1986: A new convective adjustment scheme. Part I: Observational and theoretical basis. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 112, 677-691.
- [4] Betts, A. K., and M. J. Miller, 1986: A new convective adjustment scheme. Part II: Single column tests using GATE wave, BOMEX, ATEX and Arctic air-mass data sets. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 112, 693-709.
- [5] Betts, A. K., F. Chen, K. E. Mitchell, and Z. I. Janjić, 1997: Assessment of land surface and boundary layer models in two operational versions of the NCEP Eta model using FIFE data. *Mon. Wea. Rev.*, 125, 2896-2916.
- [6] Chen, F., K. Mitchell, J. Schaake, Y. Xue, H.-L. Pan, V. Koren, Q. Y. Duan, M. Ek and A. Betts, 1996: Modeling of land surface evaporation by four schemes and comparison with FIFE observations. *J. Geophys. Research*, 101, 7251-7268.
- [7] Fels, S. B., and M. D. Schwarzkopf, 1975: The simplified exchange approximation: A new method for radiative transfer calculations. *J. Atmos. Sci.*, 32, 1475-1488.
- [8] Janjić, Z. I., 1990: The step-mountain coordinate: physical package. *Mon. Wea. Rev.*, 118, 1429-1443.
- [9] Janjić, Z.I ., 1994: The step-mountain Eta coordinate model: further developments of the convection, viscous sublayer, and turbulence closure schemes. *Mon. Wea. Rev.*, 122, 927-945.
- [10] Lacis, A. A., and J. E. Hansen, 1974: A parameterization of the absorption of solar radiation in the earth's atmosphere. *J. Atmos. Sci.*, 31, 118-133.
- [11] Mellor, G. L., and T. Yamada, 1974: A hierarchy of turbulence closure models for planetary boundary layers. *J. Atmos. Sci.*, 31, 1791-1806.
- [12] Mellor, G. L., and T. Yamada, 1982: Development of a turbulence closure model for geophysical fluid problems. *Rev. Geophys. Space Phys.*, 20, 851-875.
- [13] Zhao, Q., and F. H. Carr, 1997: A prognostic cloud scheme for operational NWP models. *Mon. Wea. Rev.*, 125, 1931-1953.
- [14] Zhao, Q., T. L. Black, M. E. Baldwin, 1997: Implementation of the cloud prediction scheme in the Eta model at NCEP. *Wea. Forecasting*, 12, 697-712.
- [15] Black, T., 1994: The new NMC mesoscale Eta model: description and forecast examples. *Wea. Forecasting*, 9, 265-278.
- [16] Mesinger, F., 1984: A blocking technique for representation of mountains in atmospheric models. *Riv. Meteor. Aeronaut.*, 44, 195-202.
- [17] Mesinger, F., and T. L. Black, 1992: On the impact of forecast accuracy of the step mountain (eta) vs. sigma coordinate. *Meteor. Atmos. Phys.*, 50, 47-60.

- [18] Mesinger, F., Z. I. Janjić, S. Nikčević, D. Gavrilo and D. G. Deaven, 1988: The stepmountain coordinate: model description and performance for cases of alpine lee cyclogenesis and for a case of an Appalachian redevelopment. *Mon. Wea. Rev.*, 116, 1493-1518.
- [19] Rogers, E., D. G. Deaven, and G. J. DiMego, 1995: The regional analysis system for the operational Eta model: Original 80 km configuration, recent changes, and future plans. *Wea. Forecasting*, 10, 810-825.
- [20] Rogers, E., T. L. Black, D. G. Deaven, G. J. DiMego, and others, 1996: Changes to the operational "early" Eta analysis/forecast system at the National Centers for Environmental Prediction. *Wea. Forecasting*, 11, 391-413.
- [21] Internal NCEP References Black, T. L., 1988: The step-mountain, Eta coordinate Regional Model: A documentation. NWS/NMC Washington, 47pp [Available from NCEP, 5200 Auth Road, Camp Springs, MD 20746].
- [22] Black, T. L., D. Deaven and G. DiMego, 1993: The step-mountain Eta coordinate model: 80-km 'early' version and objective verifications. Technical Procedures Bulletin, No. 412, NOAA/NWS, 31 pp. [Available from National Weather Service, Office of Meteorology, 1325 East-West Highway, Silver Spring, MD 20910]
- [23] Dey, C. H., 1996: The WMO format for storage of weather product information and the exchange of weather product messages in gridded binary (GRIB) format. Office Note 388, NOAA/NWS/NCEP. [Available from NCEP, Room 101, 5200 Auth Road, Camp Springs, MD 20746.]
- [24] Rogers, E., T. Black, D. Deaven, G. DiMego, Q. Zhao, Y. Lin, N. W. Junker, and M. Baldwin, 1995: Changes to the NMC operational Eta model analysis/forecast system. Technical Procedures Bulletin No. 423, NOAA/NWS, 60 pp. [ National Weather Service, Office of Meteorology, 1325 East-West Highway, Silver Spring, MD 20910 ]
- [25] Treadon, R. E., 1993: The NMC Eta Model post processor: A documentation. NMC Office Note 394, NOAA/NWS, 44 pp. [Available from NCEP, Room 101, 5200 Auth Road, Camp Springs, MD 20746.]

## WEATHER FORECAST MODELS OF THE DRINA HYDRO INFORMATION SYSTEM

by

Branko SPARAVALO  
Electric Power Industry of Serbia Dispatch Center

### Summary

The paper discusses the basic functions of weather forecast systems and models that may be applied in routine operations of relevant institutions. Forecast models used by the EPIS DC are presented, including field information from the Drina River basin available at this time. The prospects of weather system development, that is of weather forecast models, are indicated with special emphasis on the ETA model and the ETA-MOS model, being the most promising for the Drina River basin. The weather database is described, as

well as the method of communication between the weather stations, the Hydro-meteorological Institute, hydroelectric power plants, and other parties involved. Finally, the type of forecast package for automatic system management to be developed is described, as well and the necessary computer and system support.

Key words: weather forecast, weather forecast model, operational forecast, automated control, weather station, system support.

Redigovano 18.05.2004.