

MERENJA U PRIRODI I NA HIDROTEHNIČKIM OBJEKTIMA - STANJE, POTREBE I PERSPEKTIVE

Dr Ćedo Maksimović

Građevinski fakultet, Beograd

REZIME

U radu se razmatra trenutno stanje u oblasti merenja za potrebe hidrotehnike: u prirodi, na objektima u izgradnji i na izgrađenim hidrotehničkim objektima (objektima u eksploataciji). Ukazujući na nezadovoljavajuće stanje u raznim oblastima hidrotehnike naglašava se potreba za osavremenjavanjem metode merenja (posebno senzora i mernih instrumenata), objedinjavanjem domaćih razvojnih potencijala, zauzimanjem uloge koja merenju treba da pripada i za brži prelazak na savremene metode praćenja rada i upravljanja hidrotehničkim objektima i procesima koji se u njima obavljaju. Poseban akcenat stavlja se na aktiviranje domaćih resursa i znanja, bržem oslobađanju od zavisnosti od uvoza i doprinosu merenja unapređenju hidrotehnike.

MEASUREMENTS IN THE ENVIRONMENTAL AND ON HYDRAULIC STRUCTURES - STATUS, NEEDS AND PROSPECTS

The paper deals with current status of measurements for water resources and hydraulic engineering needs in the environment, on hydraulic structures under construction and in operation. Underlying the unsatisfactory status in various aspects of hydraulic engineering the needs for modernization of methods of measurements (both sensors and the relevant equipment), integration of domestic resources, finding the proper role for measurements and for quickening of the introduction of the contemporary method of real time process control in various branches of hydraulic engineering. The activating of the domestic know how and its contribution to the advancement of the hydraulic engineering profession is underlined.

1. MERENJA U HIDROTEHNICI - STANJE I POTREBE

1.1. Merenja radi utvrđivanja bilansa i dinamike količine i kvaliteta vode

Merenja u hidrotehnici za razliku od niza drugih disciplina imaju specifičan značaj. Poznavanje kretanja i bilansa (količine, kvaliteta i dinamike) vode predstavlja preduslov uspešnog rešavanja problema u vezi sa vodom i uspešnog vođenja vodoprivrede. Za poznavanje gore pomenutih promena neophodno je kontinualno osmatrati šta se u prirodi dešava, dobijene podatke obrađivati i formirati vremenske serije (slika 1) i na osnovu toga preduzimati tehničke i druge mere bilo za zaštitu

8.

od vode bilo za njeno korišćenje. Tu se pojavljuje prva i možda najznačajnija potreba za merenjem koju bi tradicionalno trebalo da pokrivaju hidrometeorološki zavodi. Broj merenih veličina, prostorni raspored mernih mesta, učestalost i kvalitet merenja, obrada i čuvanje podataka i njihova raspoloživost bi trebalo da su takvi da se rezultati tog merenja mogu neposredno koristiti za izučavanje stanja i rešavanja problema. Realno stanje kod nas je, nažalost, daleko od toga. Shvatajući da su gore postavljeni ciljevi u celini teško dostižni i u razvijenijim zemljama, ipak je u mnogim aspektima u našoj zemlji stanje u ovim oblastima daleko ispod nivoa koji bi se mogao smatrati zadovoljavajućim.

Veličine koje se najčešće mere su:

- A) Pojave u atmosferi: - pravac i brzina vetra,
- temperatura vazduha,
- vlažnost,
- solarna radijacija,
- padavine (posebno značajne kiše) i ostalo,
- B) Dinamika količina i kvaliteta površinskih i podzemnih voda: - nivoi,
- brzine,
- protoci,
- nagibi linije površine vode,
- pokazatelji kvaliteta vode,
- mutnoća,
- vučeni i suspendovani nanos,
- C) Specifična merenja na moru: - struje,
- plima i oseka,
- salinitet i termička stratifikacija,
- talasi i njihove karakteristike,
- nanos i njegovo kretanje,
- kvalitet.

Opšte stanje u pojedinim oblastima karakterišu:

- nedovoljnost, neuniformnost, zastarelost opreme,
- zastarele metode registrovanja prenosa i obrade podataka na bazi primene računara,
- zavisnost od uvoza,
- nedovoljno i ponekad neadekvatno korišćenje podataka,
- nedostatak specijalizovanih merenja za potrebe fundamentalnih istraživanja,
- neredovna kalibracija i zamena neispravne opreme,
- regionalna ograničenost,
- nedovoljna razvijenost primene metode daljinske detekcije i njene povezanosti automatskim merenjima na površini ("ground truth"),
- podaci se ne arhiviraju u baze dostupne korisnicima u formi kompatibilnoj sa računarima.

Pravci budućeg razvoja u ovoj oblasti bi trebalo da se kreću ka otklanjanju gore pomenutih nedostataka i manjkavosti. Za to se u znatnoj meri moraju organizovati domaći potencijali.

Posebno značajno ovde je da se stvori mogućnost angažovanja fleksibilne male firme koja može da nađe ekonomski interes i u povremenom radu i u izradi malih serija.

1.2. Merenja za potrebe fundamentalnih i primenjenih istraživanja u hidrotehnici

Ova grupa merenja pokriva vrlo široku oblast. U principu ovakva istraživanja predstavljaju motornu snagu svake struke. Stepennjihove razvijenosti i aktivnosti na njima pokazatelj su vitalnosti i napredovanja, i obrnuto, nedostatak ovakvih istraživanja vodi stagnaciji, nazadovanju i neretko degradaciji struke.

U oblastima gde se struka razvija i napreduje potrebu za ovakvim istraživanjima nameće svakodnevno rešavanje razvojnih i konkretnih praktičnih problema.

Merenja u hidrotehnici za ove potrebe odvijaju se i u laboratoriji i na terenu.

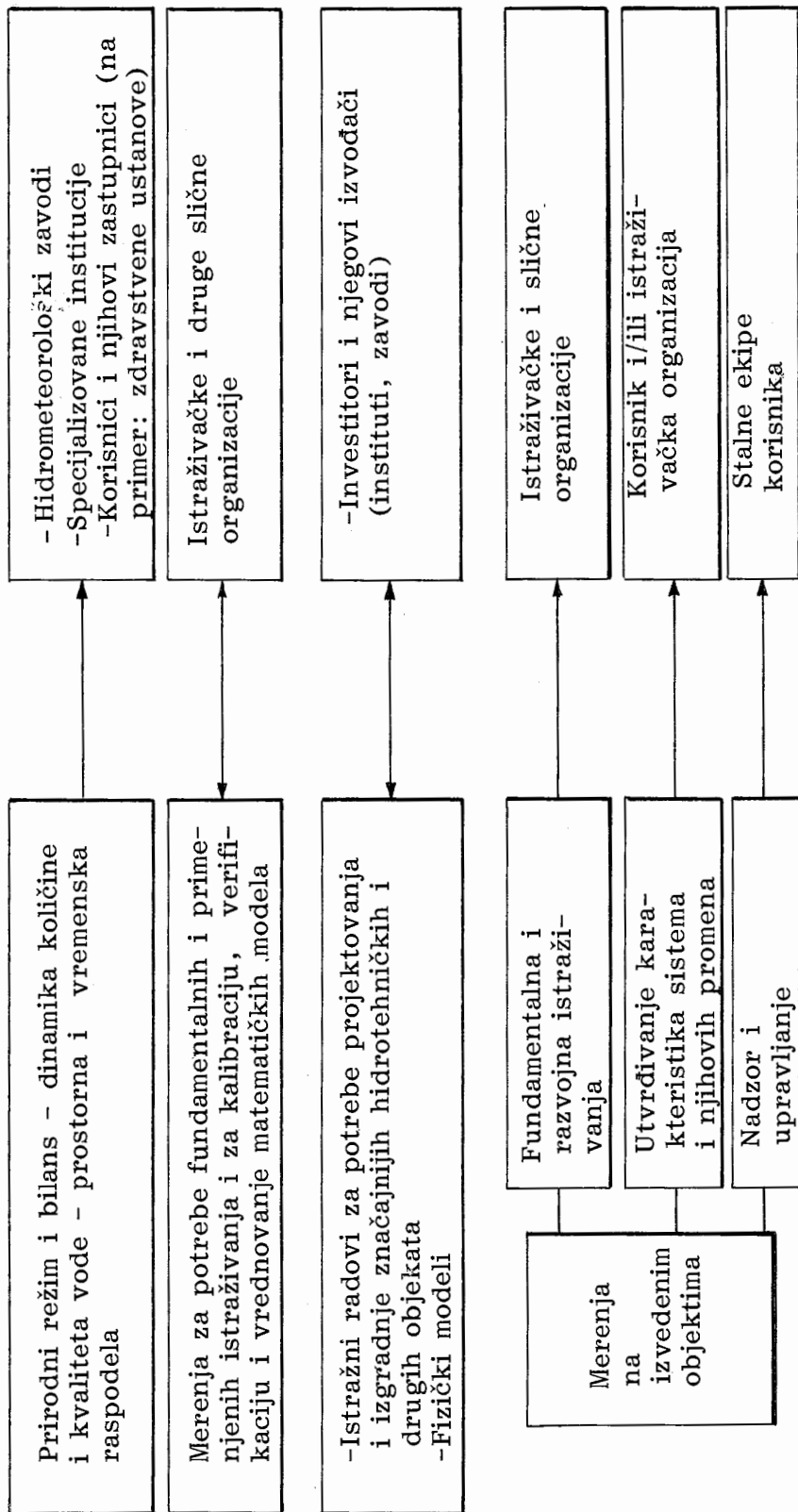
Za dobijanje potpunih informacija o procesu koji se izučava neophodno je meriti, sem veličina koje se standardno smatraju hidrotehničkim (nivo, brzina, protok, pritisak i slično), još i čitav niz drugih veličina (temperatura, koncentracija druge faze u dvofaznim tokovima, adsorpcija druge faze i sl.). Neki primeri za ova istraživanja su:

- struktura polja osrednjenih brzina dvodimenzionalnih i trodimenzionalnih tokova;
- struktura turbulencije;
- interakcija fluida i druge faze u dvofaznim tokovima (nanos, rastvorene hemikalije, itd.);
- interakcija fluida i čvrste konture (konstrukcija, mašina, itd.);
- fizičke osnove veza između padavina i oticanja;
- transportni i drugi procesi u izučavanju rasprostranjenja i bilansiranja zagađivača u površinskim i podzemnim vodama.

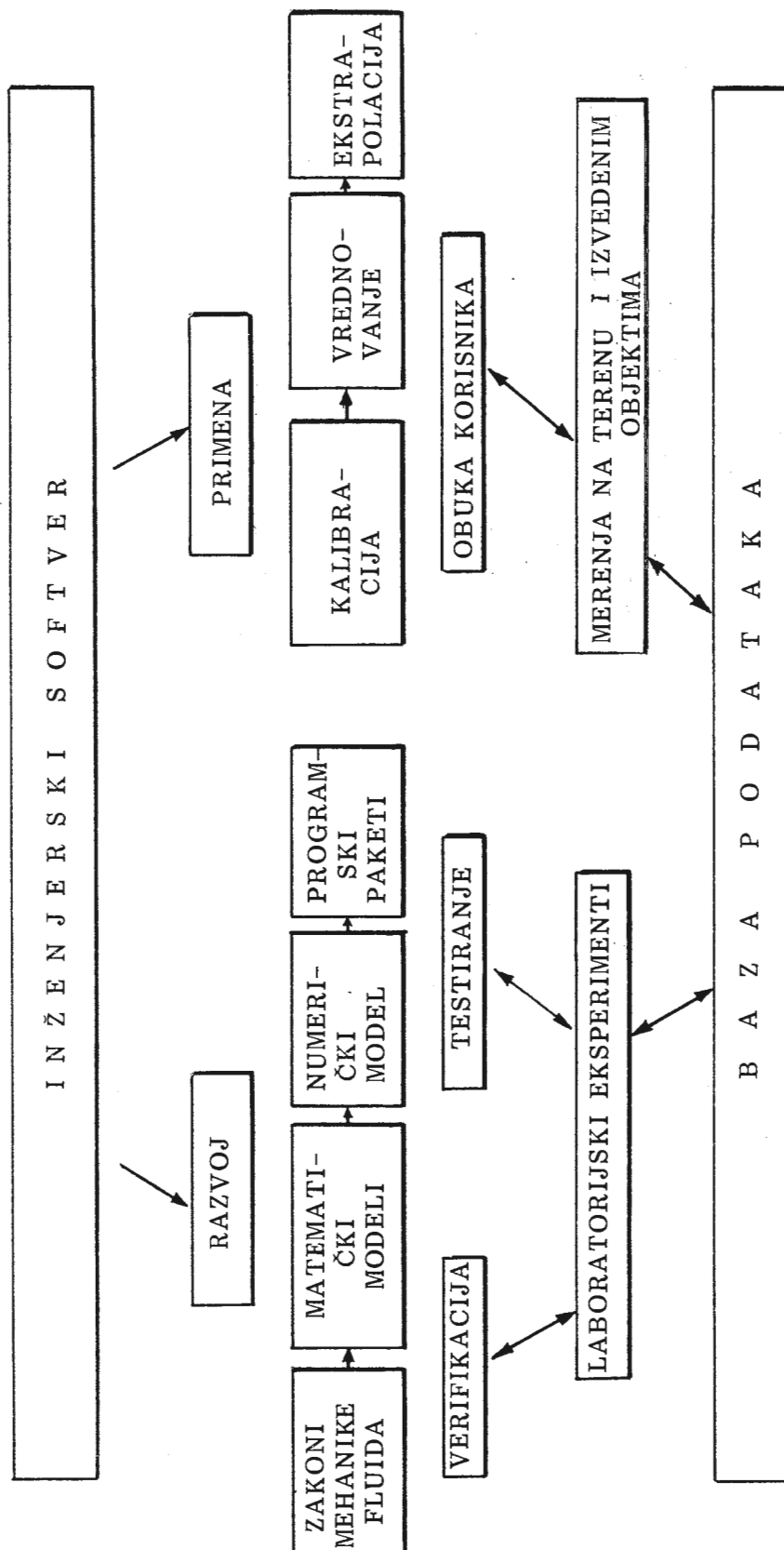
Nažalost, uvidom u stanje ovih istraživanja u našoj zemlji mora se konstatovati da je broj, sadržaj, fizička zasnovanost, obim i kompletnost ovakvih istraživanja na relativno niskom nivou. Bez pogovora se može prihvatiti da je neadekvatno finansiranje ove delatnosti ključni razlog za takvo stanje. Dobar deo odgovornosti snose ipak i nosioci istraživanja u istraživačkim centrima što se kroz redovne aktivnosti ova istraživanja zapostavljaju, a prioritet daje drugim poslovima koji su rutinskiji, jednostavniji, uhodaniji i finansijski isplativiji. Rezultat je često površnost, neadekvatna rešenja i gubljenje koraka u odnosu na druge razvijene centre u čitavom nizu disciplina. Značajna

IZVRŠIOCI

GRUPACIJA MERENJA



Slika 1. Osnovne grupe merenja u hidrotehnici i njihovi realizatori



Slika 2. Interakcija laboratorijskih i terenskih merenja i softvera u raznim fazama njegovog razvoja

promena u ovoj oblasti može da se desi onog trenutka kada entuzijazam koji pojedince drži prilikom rada na kvalifikacionim radovima - magistrature, doktorati (posebno ako rade u nekom razvijenom centru) preostane i nakon odbrane teze.

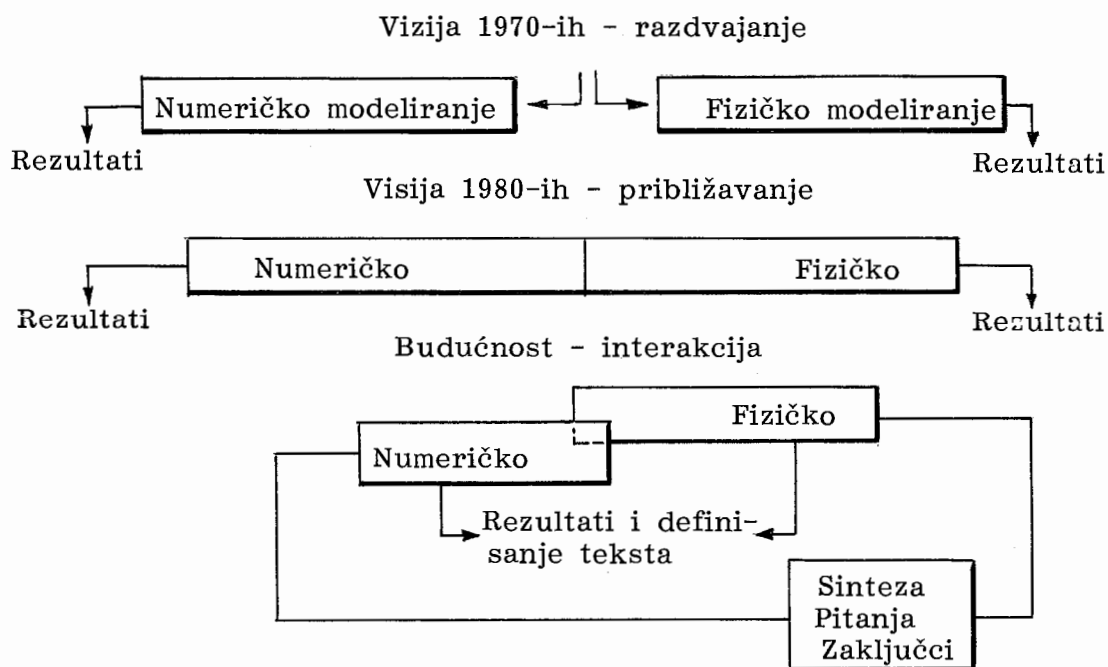
Mnogima je, nažalost, rad na fundamentalnim ili primenjenim istraživanjima u okviru rada na tezi ujedno i jedini u karijeri.

Napredak u ovoj oblasti moguć je i kod kombinacije merenja sa programima za računare (softvera) u različitim fazama njegovog razvoja. Na slici 2. prikazane su faze u razvoju inženjerskog softvera (iz knjige Radojković, Obradović Maksimović, 1987) i interakciji sa merenjima.

Kao što se iz slike vidi merenja u laboratoriji i na terenu imaju nezamenljivu ulogu u razvoju kvalitetnog softvera. Nažalost, ovo se često zaboravlja i tako da se i pri razvoju i korišćenju programa radi bez pouzdanih podataka. Obrazloženje da je proračun obavljen računarnom dugo se smatralo dovoljnim.

Vremena se ipak menjaju i savremeni razvoj tehničkih disciplina u svetu se kreće takvim pravcima da ozbiljnu perspektivu imaju samo one istraživačke organizacije koje su u stanju da objedine rad na sopstvenim eksperimentima ili na pouzdanim - verifikovanim bazama podataka sa verifikovanim softverskim paketima za jasno definisane oblasti.

Na slici 3. iz rada J.Cunge-a (1987) prikazana je promena odnosa merenja i softvera u različitim periodima. Realno je očekivati da će vreme koje dolazi doneti drukčiji odnos prema merenjima i da će ona u ozbiljnim istraživačkim centrima dobiti na značaju. Stručnjaci koji se bave razvojem opreme i merenjima treba da za to imaju rešenja.



Slika 3. Odnos numeričkih i fizičkih modela u poslednje dve decenije i predviđanje za narednu (iz rada Cunge-a (1987))

FAZA U REALIZACIJI SLOŽENOG HIDROTEHNIČKOG SISTEMA I OBJEKTA	EKSPERIMENTALNA IZUČAVANJA - MERENJA	ANALITIČKE I NUMERIČKE METODE RADA
1. OPŠTA PRETHODNA RAZMATRANJA	<ul style="list-style-type: none"> -PRIMENJENA I FUNDAMENTALNA EKSPERIMENTALNA I STRAZIVANJA. UPOZNAVANJE FIZIČKIH KARAKTERISTIKA PROCESA, -KOMBINOVANJE SA MATEMATIČKIM MODELOM -VERIFIKACIJA MODELA. 	<p>RAZVOJ SLOŽENIH METODA PRORAČUNA. KALIBRACIJA I VERIFIKACIJA MODELA NA OPŠTIM EKSPERIMENTIMA, PREDIKCIJA DUGOROČNIH TENDENCIJA.</p>
2. PRELIMINARNA ISTRAŽIVANJA I PROJEKTOVANJA	<ul style="list-style-type: none"> -PRIKUPljanJE I PRELIMINARNA OBRADA HIDROLOŠKIH, METEOROLOŠKIH, HIDRODINAMIČKIH, GEOLOŠKIH I DRUGIH PODLOGA 	<p>OBRADA MERENIH PODATAKA, PRIMENA RAZVIJENIH I VERIFIKOVANIH METODA PRORAČUNA NA KONKRETNE USLOVE.</p>
3. PROJEKTOVANJE	<ul style="list-style-type: none"> -FIZIČKI MODELI DELOVA SISTEMA KOJI SE NE MOGU ANALITIČKI REŠAVATI, -FIZIČKI MODELI DELOVA SISTEMA KOJI SE REŠAVAJU KOMBINOVANJEM SA MATEMATIČKIM MODELIMA; -SPECIFIČNA ISTRAŽIVANJA I PROVERA RADA DELOVA SISTEMA I CELINE. 	<p>DIMENZIONISANJE, OPTIMIZACIJA, SIMULACIJA RADA SISTEMA U FAZI IZGRADNJE, REDOVNOG KORIŠĆENJA, NEREDOVNIH I HAVARIJSKIH STANJA.</p>
4. IZGRADNJA I EKSPERIMENTI ZA VREME GRADENJA	<ul style="list-style-type: none"> -PRAĆENJE KOREKTNOSTI I POUZDANOSTI IZGRADNJE I OSTVARENJA PRETPOSTAVLJENIH USLOVA, -VERIFIKACIJA MERNE I REGULACIONE OPREME. 	<ul style="list-style-type: none"> -KOREKCIJE GRANIČNIH USLOVA, -PROVERA REZULTATA PRORAČUNA NA DELIMIČNO ZAVRŠENOM OBJEKTU, -DALJA RAZRADA I DOPUNA MODELA ZA KONKRETNE USLOVE.
5. PROBNI POGON	<ul style="list-style-type: none"> -MERENJA RADI ODREĐIVANJA OSTVARENIH KARAKTERISTIKA OPREME, DELOVA I CELOG SISTEMA, -PROVERA FUNKCIONISANJA U REDOVNIM I NEREDOVNIM USLOVIMA. 	<ul style="list-style-type: none"> -KOREKCIJE GRANIČNIH USLOVA NA OSNOVU REZULTATA MERENJA NA ZAVRŠENOM OBJEKTU, -IZRADA ALGORITMA EKSPLOATACIJE, -DINAMIČKA SIMULACIJA
6. EKSPLOATACIJA SISTEMA	<ul style="list-style-type: none"> -MERENJE RADI UPRAVLJANJA (MANUELNO I AUTOMATSKO) -MERENJA RADI PROVERE TEHNIČKE I EKONOMSKE EFIKASNOSTI SISTEMA, -EKSPERIMENTI NA ZAVRŠENOM SISTEMU. 	<ul style="list-style-type: none"> -IZVLAČENJE ZAKLJUČAKA O POUZDANOSTI MATEMATIČKOG MODELA U EKSPLOATACIJI, -PROŠIRENJE MOGUĆNOSTI MODELA
7. ADAPTACIJA I DOGRADNJA	<p>PROMENE KARAKTERISTIKA SISTEMA SA VREMENOM I PROŠIRENJA SISTEMA;</p>	<p>OPTIMIZACIJA EKSPLOATACIJE</p>
8. PRESTANAK KORIŠĆENJA SISTEMA	<p>FINALNE KARAKTERISTIKE SISTEMA</p>	<p>EKONOMSKE I TEHNIČKE ANALIZE MOGUĆNOSTI I OPRAVDANOSTI DALJEG RADA</p>

Slika 4. Merenja za potrebe projektovanja i izgradnje složenog hidrotehničkog objekta i njihova interakcija sa proračunima

1.3. Merenja za potrebe projektovanja, izgradnju i puštanje u rad složenih hidrotehničkih objekata

Izgranji složenog hidrotehničkog objekta ili sistema (hidroelektrana, irigacioni sistem, regionalni vodovod) treba da prethode i da je prati niz istražnih radova, modelskih ispitivanja, merenja na objektu, itd.

Neka od tih merenja po svom karakteru spadaju u fundamentalna ili razvojna ukoliko se tokom projektovanja ili izgradnje utvrdi da određeni problem mora da se ispita tako da rezultat ima opšti značaj.

Pokušaj da se merenja iz ove grupacije sistematizuju prikazan je na slici 4.

I u ovoj grupaciji se, nažalost, može konstatovati da se čak i kod vrlo složenih i skupih objekata dešava da investitor "štedi" na ispitivanjima, a posebno kada se posao na projektovanju i izvođenju radova ugovara "po sistemu inženjering", gde je izvođač radova destimulisan da ulaže u merenja. Repertoar promašaja, loših rešenja, nesigurnih objekata i njihovih delova, skupih naknadnih radova zbog prethodnih promašaja je veoma raznovrstan. Groteskno zvuči izjava jednog od projekatana iz "renomirane" projektantske kuće da su nabavili personalne računare i da će ubuduće "postići znatne uštede jer su istražni radovi skupi" u geotehnici.

U ovu grupu merenja treba usvrstati i ona koje bi trebalo obaviti na sistemu koji je bio u korišćenju tokom određenog perioda i kome predestoji rekonstrukcija ili dogradnja. Poznavanje karakteristika sistema pre njegove rekonstrukcije moguće je postići jedino merenjem ključnih veličina na samom objektu (hrapavost cevovoda, karakteristike crpki, kapacitet objekata, itd.).

1.4. Merenja za potrebe upravljanja radom složenih hidrotehničkih sistema

Hidrotehnički sistemi postaju sve kompleksniji sa zaoštavanjem problema i sve većeg raskoraka između naraslih potreba za vodom i sve manjih raspoloživih količina odgovarajućeg kvaliteta.

Pouzdan i ekonomičan rad tako složenog sistema zahteva da se već u fazi projektovanja sistem analizira i pripremi za upravljanje. Sastavni deo projekta bi morala da bude analiza dinamičkog ponašanja (dinamičkih karakteristika) sistema i na osnovu toga projekat neophodnog broja mernih mesta za potrebe nadzora nad radom i upravljanja sistemom. Bez obzira da li će se upravljanje radom sistema obavljati manuelno (zastarelo) poluautomatski, automatski (bez ili sa primenom računara) neophodno je da se rad sistema prati kontinualno ili u diskretnim vremenskim intervalima.

Rezultat analize dinamičkih karakteristika sistema na složenom matematičkom modelu treba da bude pretočen u upravljački model koji normalno radi sa pojednostavljenim karakteristikama sistema. Upravljanje sistemom zahteva poznavanje stanja sistema koje karakterišu podaci o:

- vrednostima neophodnih merenih veličina (protok, pritisak, nivo, temperatura),
- stanja regulacionih i kontrolnih organa (otvoren/zatvoren zatvarač, crpka uključena/isključena, itd.).

Prenos podataka o merenim veličinama i stanjima do kontrolnog - upravljačkog centra može se obaviti kablovima, ili radio vezama (na velikim rastojanjima koriste se i sateliti).

U poslednje vreme za prikupljanje i obradu podataka i vođenje procesa koriste se računari. Na slici 5. šematski je prikazan jedan takav sistem na objektu hidroelektrane, a na slici 6. za vodovodni sistem.

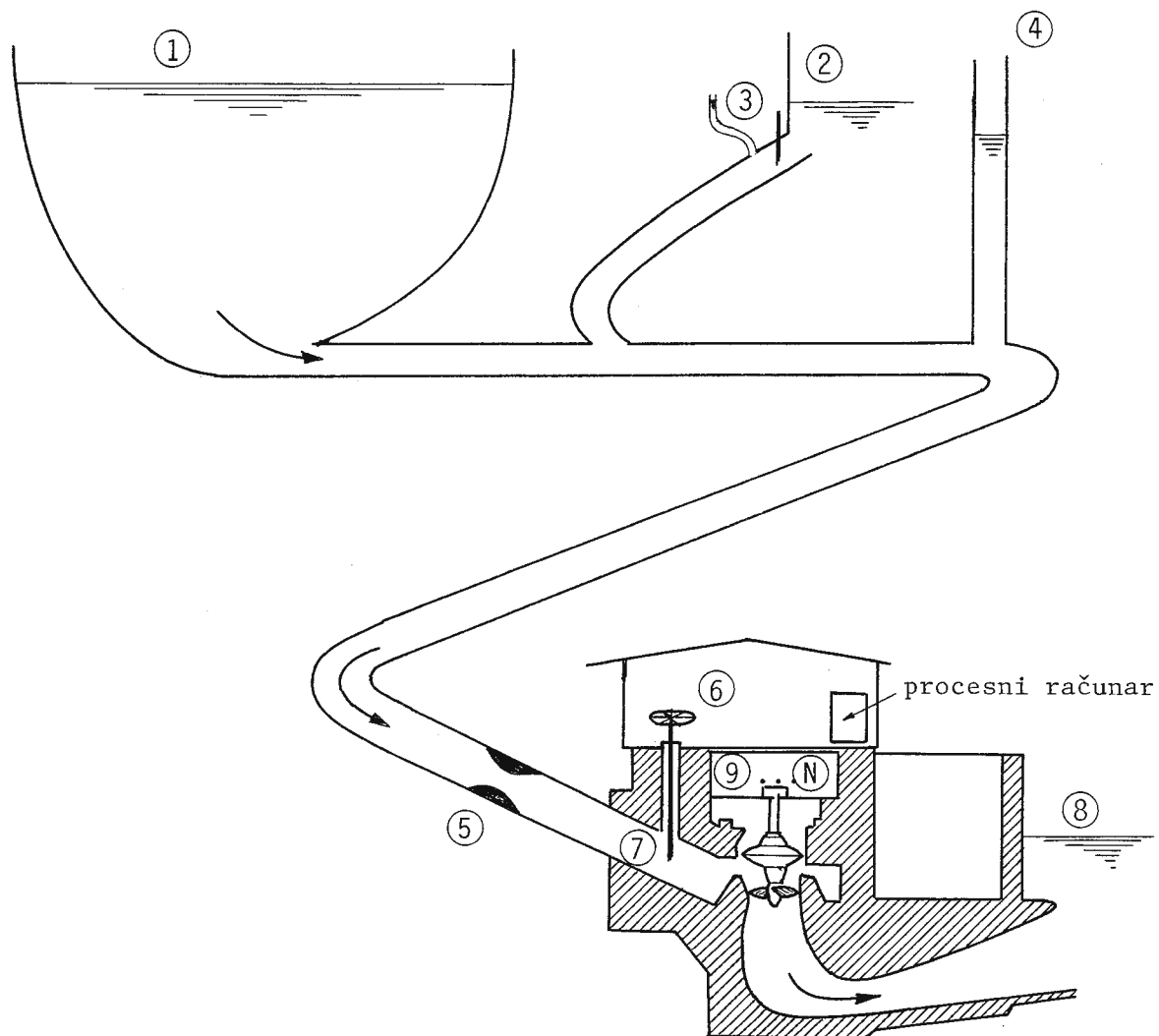
Ovde se neće ulaziti u detalje konfiguracije prenosnih puteva i računarske opreme nego će se ukazati na neophodnost obezbeđenja pouzdanosti informacija o merenim hidrodinamičkim veličinama za dugačak vremenski period.

Da bi se ovo postiglo neophodno je obezbediti sledeće:

- projektom predvideti uređena merna mesta za stalna i povremena merenja;
- projektom obezbediti pristup mernim mestima u fazi eksploatacije objekta kao i mogućnost privremene promene režima rada radi omogućenja priključenja merača, njegovog održavanja i kontrole, kalibracije i po potrebi zamene;
- za određen broj merača mora se obezbediti merno mesto za alternativni način merenja radi obavljanja povremene kalibracije stalno ugrađenog merača;
- kadrove za pravilno rukovanje opremom i korišćenje podataka (obuka i provera obučenosti);
- uredno vođenje evidencije, formiranje i čuvanje baze podataka;
- osvežavanje i zamenu dotrajale opreme novijom, modernijom.

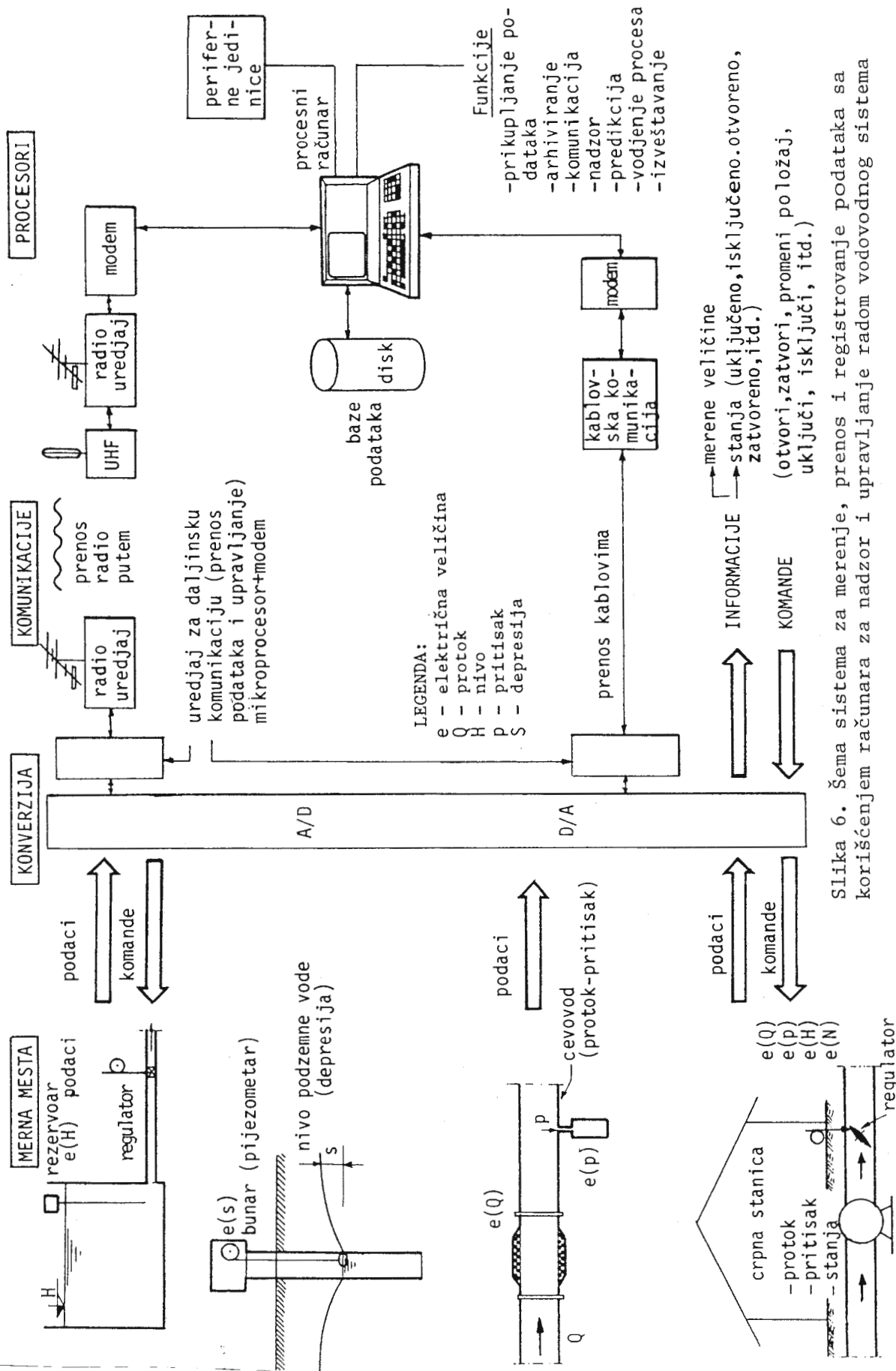
Nažalost ponovo se mora konstatovati da u velikom broju hidrotehničkih sistema upravljanje se bazira na vrlo nepouzdanim podacima, da se ugrađuje neodgovarajuća oprema o kojoj se nakon ugradnje ne vodi računa, da osoblje ne poznaje rad sa opremom a nisu retki slučajevi i njenog namernog kvarenja.

Sa druge strane podaci o bilansu vode, o karakteristikama sistema i njegovih komponenti daju se proizvoljno. Mora se ipak naglasiti da izuzetak predstavljaju hidroelektrane gde je stanje u tom pogledu znatno bolje mada ne i uvek zadovoljavajuće.



- ①, ②, ③, ④, ⑧ merenje nivoa vode
 ⑤ merenje protoka
 ③, ⑥ regulacioni uređaji
 ⑦ stepen otvorenosti regulacionog uređaja
 ⑨ ⑩ merenje veličina koje definišu rad postrojenja (pritisak, snaga, temperatura, broj obrtaja, itd.)

Slika 5. Merna mesta i regulacioni uređaji na hidroenergetskom postrojenju sa računarskim vođenjem procesa



Slika 6. Šema sistema za merenje, prenos i registrovanje podataka sa korišćenjem računara za nadzor i upravljanje radom vodovodnog sistema

U ovoj oblasti hidrotehnike i stručnjacima koji u njoj rade predstoji ozbiljno preispitivanje postojeće prakse i njeno sistematsko unapređenje. To zahteva i novu opremu, više znanja i istrajnosti i nove ljude spremne da u toj oblasti rade ozbiljno na bazi domaće tehnologije i znanja.

3. ZAKLJUČCI

Prikazom stanja koje odražava subjektivnu procenu autora članka želelo se ukazati na oblasti primene i mogućnosti poboljšanja merenja u hidrotehnici.

Očigledno je da je oblast vrlo široka i da nije kvalitetno pokrivena. Značajno poboljšanje moguće je postići kvalitetnijim radom i boljom koordinacijom aktivnosti stručnjaka hidrotehničke, elektro, mašinske, tehnološke i drugih struka.

Primarni pravci razvoja trebalo bi da budu sledeći:

- razvoj novih i usavršavanje postojećih domaćih senzora za merenja na električnom principu ili sa električnim izlaznim signalom i odgovarajuće opreme;
- rigoroznija kontrola kvaliteta onih delova projekta koji obrađuju oblast dinamičke analize, sistema merenja i upravljanja;
- dopunska obuka stručnjaka za rad u specifičnim uslovima hidrotehničkih sistema;
- obezbeđenje pravog mesta merenju u svim ranije pobrojanim oblastima;
- uvođenje savremenih sistema telemetrijskog prenosa podataka, njihove obrade i korišćenje računara za vođenje procesa;
- obezbeđenje uslova da sistem radi i posle njegovog puštanja u pogon.

Prethodno pobrojane aktivnosti zahtevaju i nove ljude koji će osvežiti struku.

BIBLIOGRAFIJA

1. Radojković, M., Obradović, D., Maksimović, Č. (1987), Projektovanje vodovodnih i kanalizacionih sistema primenom računara, Materijali za Seminar 22-25. septembra. Nova Gorica.
2. Cunge, J. (1987), Numerical Hydraulics Modelling - Late '80s Context and cross-roads, Proceedings of XXII IAHR Congress, Lausanne, septembar, Publ. EPFL & Water Resources Publications.