

Čedo Maksimović

Milorad Andonovski

MERENJE, REGISTROVANJE, REPRODUKCIJA  
I OBRADA PODATAKA O PROTICAJIMA  
POMOĆU ELEKTRONSKE OPREME

### 5.1. UVOD

U prethodnim poglavljima opisane su metode rešavanja hidrauličkih problema vezanih za pouzdano odredjivanje veze između proticaja i *jedne merene dubine*. Prikazana su takodje i moguća rešenja građevinskih adaptacija postojećih objekata i principi projektovanja novih mernih mesta paralelno sa projektovanjem ostalih delova konstrukcije.

U ovom poglavlju obradiće se metode i rešenja za merenje, registrovanje i obradu podataka merenja primenom savremene elektronske opreme. Pretpostavlja se dakle, da je objekat tako projektovan da je za poznavanje proticaja dovoljno merenje jedne dubine. U slučajevima kada je potrebno meriti dve ili više dubina, potrebno je primeniti druga rešenja, koja se ovde ne izlažu.

U zavisnosti od: organizacije evidentiranja količina vode koje su izmerene i načina obrade podataka merenja, zahtevanog stepena tačnosti i drugih faktora, moguće je primeniti nekoliko rešenja za elektronsku komponentu merača protoka.

Prikazaće se opšti principi i mogućnosti rešenja u prvom delu, a na kraju će se dati i primeri rešenja koja je razvio OOUR Merenje i regulacija Instituta "Mihajlo Pupin" iz Beograda.

Želja je autora ovog članka da pored prikaza različitih mogućnosti i rešenja pomognu projektantima i naručiocima

ma oko izbora konfiguracije opreme koja će najviše odgovarati njihovim potrebama.

## 5.2. METODE MERENJA DUBINE

Pošto se pretpostavlja da je proticaj jednoznačno određen jednom dubinom, očigledno je da je za određivanje proticaja neophodno kontinualno meriti dubinu.

Diskontinualno merenje povremenim očitavanjem dubine, koje može zadovoljiti samo kada se dubina sporo menja, ili je period između dva čitanja kratak, se ovde neće razmatrati. Klasični mehanički ili drugi limnografi, pomoću kojih se ostvaruju zapisi promene dubine ( $H$ ) kroz vreme (nivogram), mogu da posluže za merenje proticaja ako se

- a) naknadno preračunava nivogram u hidrogram (proticaj u funkciji vremena), ili
- b) dogradi tako da se elektronskim putem dubina analogno preračunava u proticaj na osnovu poznate linije proticaja  $Q(H)$  i zapisuje.

Prvi način zahteva puno manuelnog rada a kod drugog je potrebno obaviti velike dopunske radove na adaptaciji limnografa pa je često podesnije koristiti druge načine merenja i registrovanja.

Na slici 1. i 2. prikazani su šematski neki od načina merenja dubine sa opisom koji sledi.

Dalje će se razmotriti metode merenja dubine gde se kao rezultat merenja dobija neka električna veličina koja je pogodna za dalji tretman.

Prvi princip merenja (o kome će biti više govora kasnije) bazira se na merenju dubine pomoću kapacitivne sonde urojnene u mereni fluid na mernom objektu.

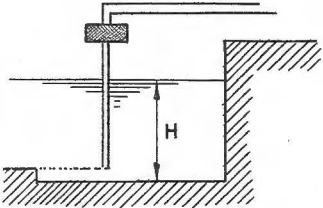
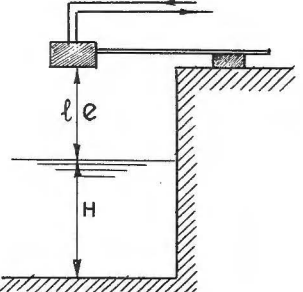
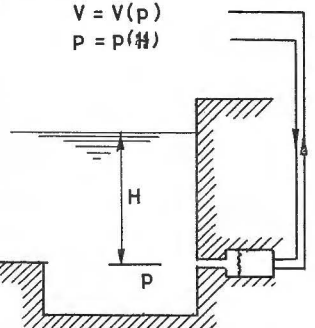
Promena nivoa tečnosti izaziva promenu kapaciteta sonde koja se meri elektronski i pretvara u strujni signal koji odgovara dubini tečnost.

U drugom slučaju koristi se ultrazvučni senzor koji emituje signal i prima ga nakon njegove refleksije o površinu vode. Merenjem vremena za koje signal od ultrazvučne glave

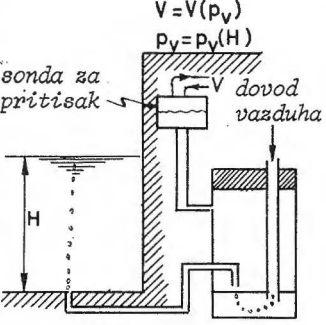
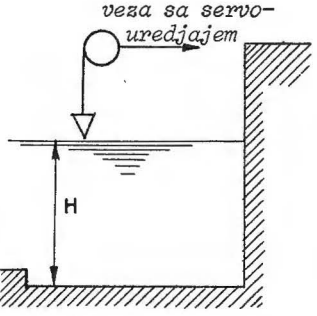
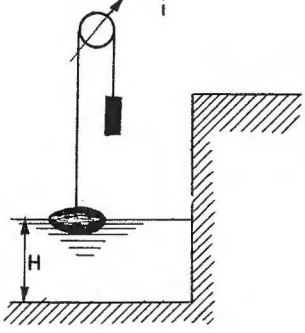
stigne do površine vode i natrag, određuje se dubina vode.

Dubina tečnosti se u trećem slučaju meri posredno pomoću sonde za pritisak. Pritisak se povećava linearno sa dubinom i prenosi se na membranu sonde koja svojom deforma-

Slika 1. Metode merenja dubine

Š e m a	Naziv i objašnjenje	Pogodnosti i nedostaci
	<p>KAPACITIVNA SONDA</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nema pokretnih delova.</li> <li>- Moguća zaštita od korozije.</li> <li>- Jednostavna konfiguracija.</li> <li>- Domaća tehnologija.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><math>e = e(\ell)</math></p> 	<p>ULTRAZVUČNI DAVAČ</p> <p><math>e =</math> broj impulsa u jedinici vremena</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nema direktnog kontakta sa fluidom koji može biti korozivan.</li> <li>- Nema pokretnih delova.</li> <li>- Postiže se solidna tačnost.</li> <li>- Domaća tehnologija.</li> </ul> <p style="text-align: center;"><i>Osetljivost na vlažnost.</i></p>
<p><math>V = V(p)</math> <math>p = p(H)</math></p> 	<p>SONDA ZA PRITISAK</p> <p><math>p =</math> pritisak</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Postiže se velika tačnost</li> </ul> <p style="text-align: center;"><i>Membrana sonde osetljiva na zamuljivanje.</i></p>

Slika 2. Merenje dubine (nastavak)

 <p><math>V = V(p_v)</math> <math>p_v = p_v(H)</math></p> <p>sonda za pritisak</p> <p>dovod vazduha</p> <p>H</p>	<p>PNEUMATSKI NIVOMETAR</p> <p><math>p_v</math> = pritisak vazduha <math>V</math> = napon</p>	<p>Potrebna povremena dopuna gasa. Osetljivo odrzavanje.</p>
 <p>veza sa servo-uredjajem</p> <p>H</p>	<p>POKRETNNA IGLA SA SERVO-UREDJAJEM</p>	<p>Pokretni delovi.</p>
 <p>H</p>	<p>PLOVAK SA POTENCIOMETROM ILI DIGITALNIM UGAONI PRETVARAC "SHAFT ENCODER"</p>	<p>Jednostavnost principa i elektronike (Pokretni delovi)</p>

cijom izaziva promenu neke električne veličine i ista se dalje pojačava i koristi kao indikator dubine tečnosti.

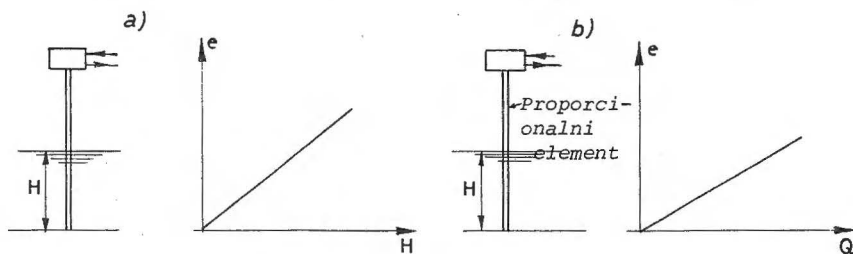
Nepogodnost ove metode je što kod zagadjene vode membrana može da izgubi početnu osetljivost usled taloženja otpadnih materija na njoj.

Direktan kontakt sonde sa mernim fluidom može se izbeći (kao u prilogu 4) tako što se posredno meri pritisak vazduha u izdvojenom sudu (koji zavisi od dubine). Pomoćni sud se mora permanentno snabdevati malom količinom gasa pod pritiskom.

U petom primeru nivo tečnosti se određuje pomoću pokretne igle sa servo uređajem koji pomera iglu i prati nivo vode. Položaj igle kada se zatvori koło struje (pri kontaktu) je indikator dubine vode.

Klasični način merenja dubine pomoću plovka može na nekoliko načina da se modifikuje radi dobijanja električnog signala proporcionalnog dubini. Na skici je prikazan potencijometar koji je u direktnom kontaktu sa obrtnom osovinom nosača trake plovka. Sličan način može se primeniti i za direktno dobijanje digitalnog signala ukoliko je to pogodnije za daljinski prenos.

Kod svih prethodnih metoda bilo je moguće da se dobije linearna veza između merene dubine i neke električne veličine. Moguće je međutim dobiti linearnu vezu između proticaja i neke veličine ako se u tečnost unese tzv. "proporcionalni element" čija je geometrija ili funkcija takva da je podešeno poznatoj liniji proticaja  $Q(H)$  (slika 3)



Slika 3. Primer linearne veze između: (a) dubine ( $H$ ) i merene električne veličine ( $e$ ), i (b) linearne veze između proticaja ( $Q$ ) i ( $e$ )

### 5.3. MERENJE PROTICAJA MERENJEM JEDNE DUBINE POMOĆU KAPACITIVNE SONDE

U svim slučajevima merenja proticaja na bazi merenja jedne dubine vrlo je važno dobiti pouzdan i kontinualan podatak koji se može višestruko obradljivati, registrovati, reprodukovati ili prenositi na daljinu. Jedan od načina merenja dubine na mernom objektu koji zadovoljava sve te uslove je merenje dubine - nivoa, pomoću kapacitivnog nivo-metra. Ovaj princip je relativno jednostavan, nema pokretnih delova, vrlo je robustan i prilagodljiv teškim uslovi-ma koji se mogu pojaviti na mernim objektima.

Osnova ovog principa merenja je merenje kapaciteta koji stvara merna sonda i mereni medijum na mernom mestu. Sonda je obično metalni cilindrični provodnik obložen izolatorskom presvlakom. On čini jednu elektrodu merenog kapaciteta, a druga elektroda je mereni medijum. Veličina merenog kapaciteta je direktno srazmerna uronjenosti sonde u merni medijum

$$C = \epsilon_r \cdot K \cdot H$$

gde je:  $C$  - mereni kapacitet,

$\epsilon_r$  - dielektrična konstanta izolatorske pres-  
vlake,

$K$  - konstanta koja zavisi od geometrije kapa-  
citivne sonde,

$H$  - dubina uronjenosti kapacitivne sonde u  
mereni medijum (dubina koja se meri).

U Institutu "Mihajlo Pupin" OOUR Merenje i regulacija, već dugi niz godina su razradjivani sistemi za precizno i pouzdano elektronsko merenje kapaciteta sonde i pretvaranje u standardni električni strujni signal koji se može lako obradljivati na više načina i prenositi na daljinu.

Najnovija elektronska rešenja omogućavaju vrlo precizno merenje kapaciteta sonde na mernom objektu u uslovima kada se temperatura okoline spušta čak ispod  $0^{\circ}\text{C}$ , pa do vrlo visokih temperatura (do  $60^{\circ}\text{C}$ ), u uslovima visoke vlažnosti ambijenta (kada pada kiša ili sneg), kada je mereni

medijum vrlo agresivan pa i eksplozivan. Omogućeno je da se neprekidno meri i registruje proticaj ovom metodom i u uslovima kada nema napajanja električnom energijom iz lokalne mreže.

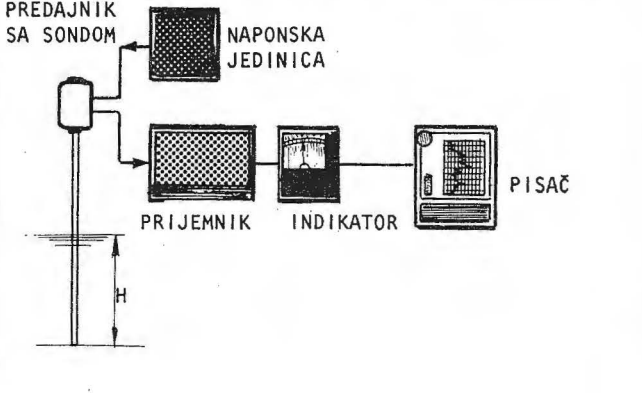


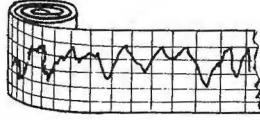
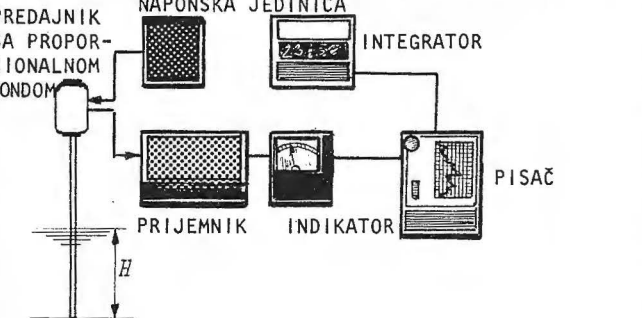
Primer takvog rešenja je merni objekat u pogonu DTD kod Sente.

U svim slučajevima merenja proticaja merenjem jedne dubine obzirom da je u opštem slučaju nelinearna zavisnost  $Q=f(H)$ , potrebno je obraditi dopunski električni merni signal o kapacitetu - dubini - da bi se dobio linearni signal o proticaju. U Institutu "Mihajlo Pupin" razvijeno je nekoliko elektronskih rešenja - generatora funkcija - kojima se linearizuje signal o dubini preko poznate funkcije  $Q=f(H)$  i dobija se kontinualni električni signal o proticaju, kojim se može slati i na daljinu i obradljivati u svakom trenutku.

Električni strujni signal se može prikazati na mernom instrumentu, što je pogodno za očitavanje trenutnog proticaja, može se zapisivati kontinualno na pisaču (tako da se ima uvidjaj u proticaj u dužem vremenskom periodu) ili, obradivanjem na integratoru, može se dobiti informacija o ukupno protekloj količini tečnosti u nekom vremenskom periodu. Ovaj se električni strujni signal može slati na relativno velike daljine, bez uticaja na tačnost, i tako omogućiti prikupljanje podataka o proticaju iz više mernih objekata na jednom komandnom, kontrolnom mestu. Takodje je moguće pretvoriti analogni signal u digitalni (preko A/D konvertora) pa upisivanjem na magnetne trake da se memorišu informacije o proticaju, stim da se posle u bilo koje vreme mogu reprodukovati i obradljivati na računaru.

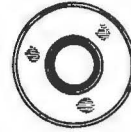
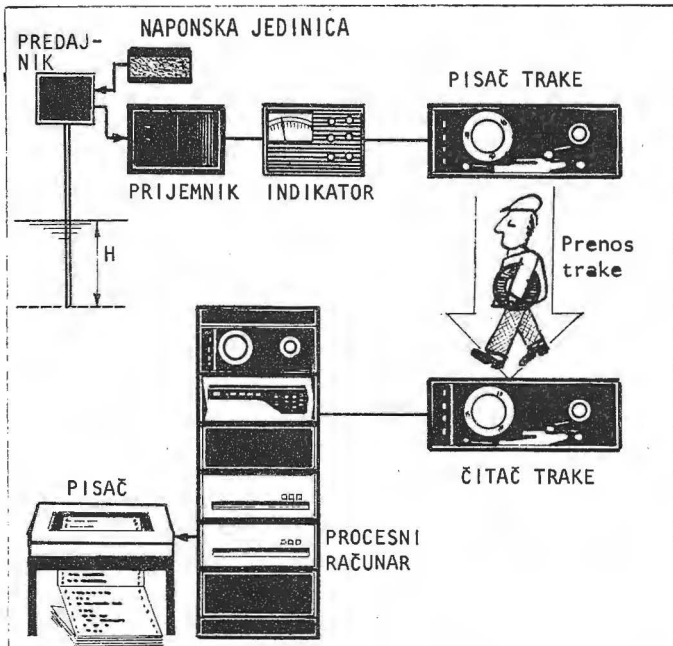
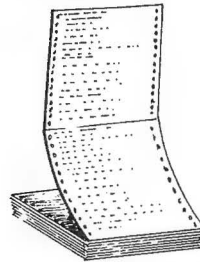
Kao što se vidi iz izloženog najvažnije je pretvoriti pouzdano fizičku veličinu-proticaj- u električnu veličinu-strujni signal- a korišćenje ovog signala je vrlo raznoliko i dozvoljava vrlo velike mogućnosti obrade standardnim uhdanim rešenjima.

Slika 4. ŠEMA KONFIGURACIJA ZA MERENJE I REGISTRACIJU PODATAKA

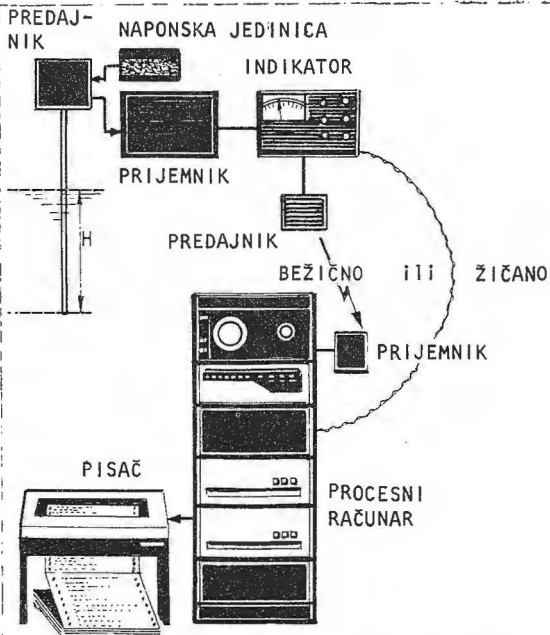
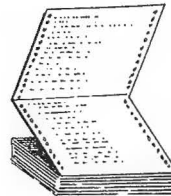
š e m a	Dobijeni rezultat
<p>PREDAJNIK SA SONDOM</p>  <p>NAPONSKA JEDINICA</p> <p>PRIJEMNIK</p> <p>INDIKATOR</p> <p>PISAČ</p> <p><math>H</math></p> <p>A. <i>Merenje i registrovanje nivoa</i></p>	<p>NIVOGRAM <math>H=H(t)</math> za dobijanje hidrograma i zapremine protekle vode potrebno je:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- očitavanje podataka sa trake;</li> </ul>  <ul style="list-style-type: none"> <li>- sračunavanje</li> <li>- sračunavanje proticaja;</li> <li>- obrada podataka o proticajima.</li> </ul>
<p>PREDAJNIK SA SONDOM</p>  <p>NAPONSKA JEDINICA</p> <p>PRIJEMNIK</p> <p>GENERATOR FUNKCIJE <math>H=Q</math></p> <p>INDIKATOR</p> <p>PISAČ</p> <p>INTEGRATOR</p> <p><math>H</math></p> <p>B. <i>Merenje i registrovanje proticaja</i>  B.1. <i>Linija proticaja se generiše elektronski.</i></p>	<p>a) Zapremina protekle vode.</p> <p>b) <math>HIDROGRAM Q=Q(t)</math></p> 
<p>PREDAJNIK SA PROPORCIONALNOM SONDOM</p>  <p>NAPONSKA JEDINICA</p> <p>PRIJEMNIK</p> <p>INDIKATOR</p> <p>PISAČ</p> <p>INTEGRATOR</p> <p><math>H</math></p> <p>B.2. <i>Linija proticaja se obezbedjuje proporcionalnom sondom.</i></p>	<p>Isto kao kod B.1.</p>



Slika 5.

MAGNETNA TRAKA  
SA PODACIMALISTING SA  
SVIM POTREBNIM  
PODACIMA

B.3. Registracija na medij pogodan za povezivanje sa računarem

LISTING SA  
SVIM POTREBNIM  
PODACIMA

B.4. Prenos podataka od mesta merenja do računara obavlja se telemetrijski na jedan od dva načina.

### 5.5. PREGLED NAČINA I OPREME ZA MERENJE, REGISTROVANJE I OBRADU PODATAKA MERENJA

Konfiguracija merne opreme, kao što je već naglašeno, može se izvesti na nekoliko različitih načina u zavisnosti od:

- broja mernih mesta i njihovog rastojanja,
- načina obrade podataka merenja,
- željenog stepena automatske obrade mernih podataka,
- raspoloživog energetskog izvora.

Na stranama koje slede daje se šematski prikaz nekoliko mogućih konfiguracija komponenata opreme. Prve dve slike odnose se samo na kontinualno merenje jedne dubine neophodne za određivanje proticaja (princip limnigrafa). Ostale slike prikazuju konfiguracije koje omogućuju dobijanje proticaja. Šeme se baziraju na kapacitivnoj sondi za merenje dubine ali se slična rešenja mogu postići i sa ostalim načinima merenja.

Na slici 3.A. prikazano je merenje i registracija podataka o dubinama. Ovo najviše liči na klasični limnigraf.

Podaci o proticaju, njegovoj promeni kroz vreme i protokloj zapremini dobijaju se naknadnom obradom podataka zapisanih na papirnoj traci.

Baš to čitanje trake može da predstavlja problem iz sledećih razloga:

- podaci su nedovoljno jasni ako su varijacije u proticaju brze a kretanje trake sporo;
- uzimanje podataka sa trake je monoton i zamoran posao;
- moguć je veliki broj slučajnih i "namernih" grešaka.

Na slici 4.(B.1) prikazan je način kod koga se poznata funkcija proticaja  $Q=Q(H)$  elektronskim putem generiše tako da se kao rezultat dobija električni signal proporcionalan proticaju.

Podatak o proticaju se pokazuje na indikatoru a integracijom proticaja kroz vreme dobija se

$$\int_{t_0}^t Q dt = V$$

zapremina vode protekle od trenutka  $t_0$  (početak merenja) Trajan zapis o proticaju ostaje na traci, a periodičnim očitavanjem podataka na integratoru dobijaju se podaci od interesa za korisnike.

Uprošćavanje (i pojeftinjenje) elektronske konfiguracije (slika 4. B.2) se postiže ako se upotrebi tzv. "proporcionalni element" koji daje signal proporcionalan proticaju, te je izostavljen generator funkcija.

Na kraju se prikazuje metod automatske obrade koja se tek odnedavno primenjuje a sastoji se u tome što:

a) podaci o proticaju (ili nivou) zapisuju se na nekakav medij sa koga se podaci mogu reprodukovati za ulaz u računar (slika 5. B.3);

b) podaci telemetrijski prenose direktno u računar žičanim ili bežičnim putem.

Ovi podaci se obradjuju na računaru i štampaju kao pisani dokument a mogu se trajno sačuvati na traci ili disku računara.

Očigledno je da se ovaj metod može primeniti tamo gde i inače postoji procesni računar, ili postoji mogućnost korišćenja tuđeg računara, koji već radi na upravljanju ili kontroli proizvodnje pa mu dopunski rad ne predstavlja znatno opterećenje.

Prikazani su samo neki od mogućih metoda da bi se ilustrovale mogućnosti. Definitivan izbor metode će zavisiti od niza faktora nakon njihovog detaljnijeg proučavanja.

## 5.6. UMEMTO ZAKLJUČKA

Prikazivanjem metoda merenja dubine, pretvaranja merene dubine u električni signal, njegovo pojačavanje, preliminarna obrada i zapisivanje, želelo se postići pregled tretmana jedne merene veličine (jedne dubine) u cilju dobijanja informacije o proticaju.

Sasvim sličan postupak može se primeniti kada se umesto jedne mere dve ili više dubina, sa tim što se još jednom naglašava neophodnost da je pre projektovanja elektronske opreme neophodno precizno definisanje hidrauličkih uslova, jer nikakav elektronski računar bez obzira na njegovu savršenost ne može nadoknaditi pogrešno ili neprecizno postavljanje zavisnosti između hidrauličkih veličina.

Uputno je još jednom skrenuti pažnju na potrebu da je proticaj potrebno meriti:

- a) pre projektovanja krupnijih objekata i sistema,
- b) posle puštanja sistema u rad.

Pri projektovanju objekta projektovati i merni objekat i to njegove gradjevinske gabarite i hidrauličke zavisnosti.