

**PRILOG HIDROLOŠKOJ ANALIZI NISKIH VODOSTAJA****A contribution to the hydrological analysis of low water levels**

DUŠAN TRINIĆ

Republički hidrometeorološki zavod SR Hrvatske, Zagreb

Primljeno 22. svibnja 1989, konačno 20. lipnja 1989.

**Sažetak:** Zadnjih godina svjedoci smo vrlo čestih pojava niskih vodostaja i malih voda, kako na našim rijekama tako i na rijekama u Evropi pa i na nekim rijekama u svijetu. U ovom radu analizirani su niski vodostaji u funkciji riječnog transporta, a poznato je, kakve sve probleme u sigurnosti i efikasnosti riječnog transporta izazivaju niski vodostaji. Predmet analiziranja bili su niski vodostaji koji su registrirani na rijeci Savi kod Galdova u periodu od 1. XI 1988. do 28. II 1989. godine. Po svojim karakteristikama ovi niski i dugotrajni vodostaji imali su karakteristike vrlo rijetke hidrološke pojave. Uzrok pojave ovako niskih vodostaja bio je izraziti deficit oborina koji je bio u XI 1988, a naročito u I i II mjesecu 1989. godine.

**Ključne riječi:** male vode, Sava kod Galdova, statistička analiza hidroloških podataka

**Abstract:** In last years we have been witness to very frequent occurrences of low water levels and low flows, on Yugoslav rivers, the rivers of Europe and even rivers elsewhere in the world. In this paper the low water levels are analyzed as they relate to river transport; the problems made by low water levels for river transport safety and efficiency are well known. The subject of this study is the low water levels recorded on the Sava River at Galdovo in the period from Nov. 1, 1988 to Feb. 28, 1989. By their characteristics these low and long lasting water levels had the characteristics of a very rare hydrological phenomenon. The cause for the occurrence of such low water levels was a marked precipitation deficit in November 1988, and especially in January and February 1989.

**Key words:** low flows, Sava River at Galdovo, statistical analysis of hydrological data

**1. UVOD**

Predmet našeg analiziranja su podaci o vodostajima sa hidrološke stanice Galdovo na rijeci Savi, koja je osnovana 1850. godine. U arhivi Republičkog hidrometeorološkog zavoda SR Hrvatske nalaze se podaci od 1876. godine, a u Banci hidroloških podataka (u daljnjem tekstu BHP) pohranjeni su podaci od 1947. godine. Osnovna statistička analiza obuhvatila je analizu trenda minimalnih vodostaja u II mjesecu kao i vjerovatnoću pojave minimalnih vodostaja u II mjesecu. Slične analize prikazane su i u radovima: Bonacci i Trinić, 1986, i Trinić, 1984.

**2. ANALIZA NISKIH VODOSTAJA**

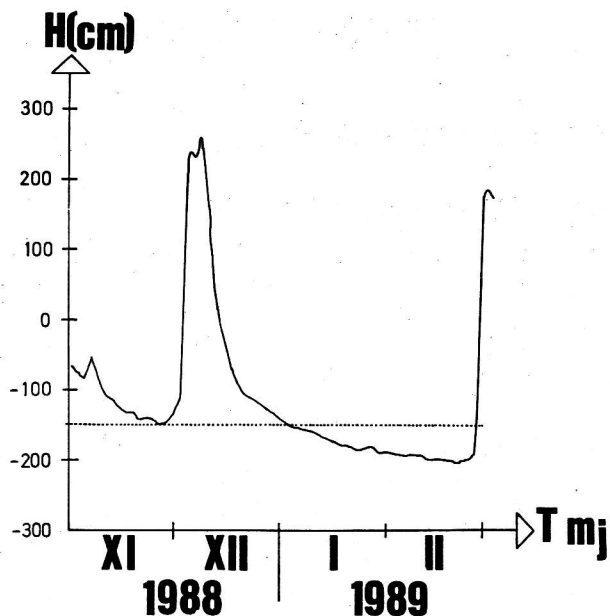
Znamo da, režim vodostaja rijeke Save ima dva minimuma: zimski i izrazitiji ljetno-jesenski. Ove godine, točnije 20. II 1989. godine, na Savi kod Galdova registriran je apsolutno najniži vodostaj od  $-208$  cm (period obrade: 1947– I, II 1989. god.). Na slici 1 prikazan je nivogram Save kod Galdova u periodu: 1. XI 1988 – 28. II 1989. godine.

Na slici je posebno naznačen vodostaj od  $-150$  cm, odnosno to je ona razina vode kod koje brodovi počinju ploviti sa minimalnim gazom. U XI mjesecu 1988. godine imali smo 2 dana sa vodostajem od  $-150$  cm (26. i 27. XI), a u I i II mjesecu imali smo čak 53 dana sa vodostajem nižim od  $-150$  cm (od 4. I do 25. II 1989. godine). U tom periodu, točnije 20. II 1989. godine registriran je i apsolutno najniži vodostaj od  $-208$  cm. Do tada apsolutno najniži vodostaj od  $-208$  cm. Do tada apsolutno najniži vodostaj od  $-204$  cm registriran je u X mjesecu 1985. godine. U tabeli 1 prikazano je pet najnižih vodostaja Save kod Galdova u II mjesecu i godini (period obrade: 1947–1989\*).

Iz podataka tabele 1 se vidi da je do 1989. godine najniži vodostaj u II mjesecu registriran 1982. godine i iznosio je »samo«  $-132$ , tako da ga je vodostaj od 20. II 1989. godine od  $-208$  cm nadmašio za čak 76 cm.

**2.1. Analiza trenda minimalnih vodostaja**

Identifikacija trenda u seriji minimalnih vodostaja Save kod Galdova u II mjesecu rađena je primjenom teorije



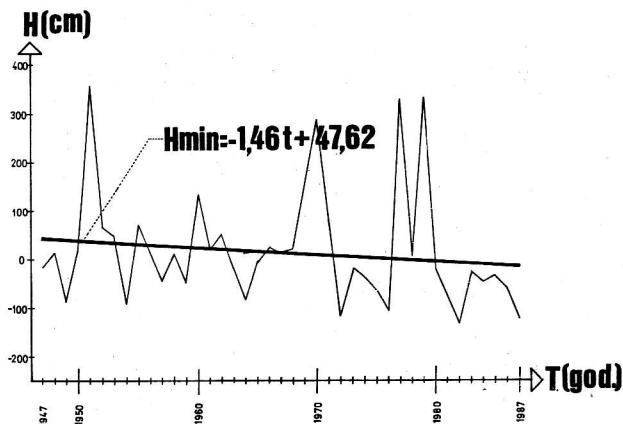
Slika 1. Nivogram rijeke Save kod Galdova u periodu: 1. XI 1988 – 28. II 1989. godine.

Fig. 1. Water level graph of Sava river at Galdovo for the period Nov. 1, 1988 to Feb. 28, 1989.

najmanjih kvadrata, uz pretpostavku da je trend u srednjoj vrijednosti serije linearan. Na slici 2 prikazan je trend minimalnih vodostaja u II mjesecu (period obrade: 1947–1987. godine) iz kojeg se vidi tendencija snižavanja vodostaja.

## 2.2. Vjerojatnost pojave minimalnih vodostaja

Interesantno je pogledati rezultate analize vjerojatnoće pojave minimalnih vodostaja Save kod Galdova u II mjesecu (period obrade: 1947–1987. godina). Prema rezultatima te analize registrirani vodostaj od  $-208$  cm (20. II 1989. g.) ima vjerojatnoću pojave od 0,2% (povratni period 500 godina). Dakle, radi se o vrlo rijetkoj hidrološkoj pojavi. Na slici 3 prikazane su empirijske i teoretska krivulja vjerojatnoće (krivulja Gumbela) sa naznačenim vjerojatnoćama vodostaja od 0,1%, 1,2% i 10%.



Slika 2. Prikaz trenda minimalnih vodostaja Save kod Galdova u II mjesecu.

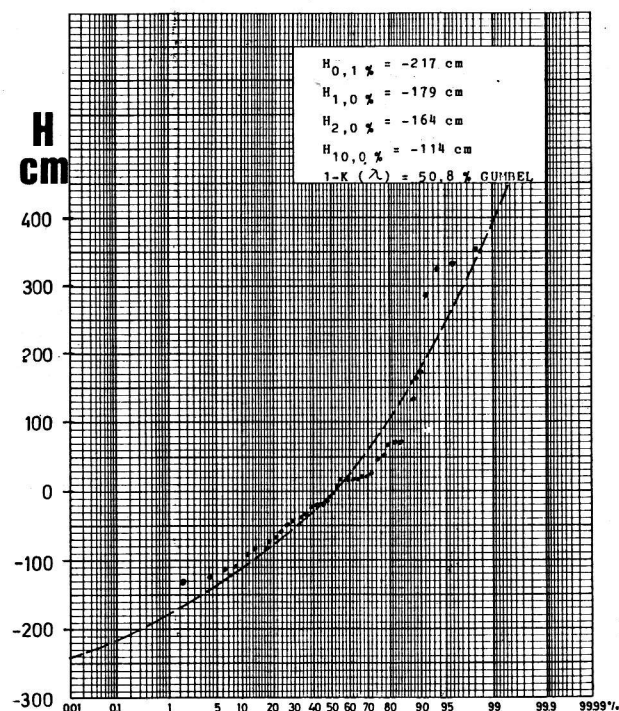
Fig. 2. Presentation of the minimum water level trends on Sava River at Galdovo in February.

Tabela 1. Pet najnižih vodostaja Save kod Galdova u II mjesecu i godini.

Table 1. Five lowest water levels of Sava River at Galdovo for February and the year.

R. br.	$H_{\min}$ (cm) II mj.	Godina	$H_{\min}$ (cm) Godina	Godina (mj)
1.	-208	1989*	-208	1989* (II)
2.	-132	1982	-204	1985 (X)
3.	-124	1987	-196	1983 (VIII)
4.	-116	1972	-183	1987 (IX)
5.	-109	1976	-168	1986 (X)

\* Napomena: Analizirani podaci samo za I i II mj. 1989. g.



Slika 3. Vjerojatnost pojave minimalnih vodostaja Save kod Galdova u II mjesecu.

Fig. 3. Minimum water level occurrence probability for Sava river at Galdovo in February.

## 3. ZAKLJUČAK

Prema rezultatima istraživanja može se zaključiti da je dugotrajni period niskih vodostaja u II mjesecu 1989, sa minimalnim vodostajem od  $-208$  cm vrlo rijetka hidrološka pojava (vjerojatnoća od 0,2%). Nije potrebno posebno naglašavati što za riječno brodarstvo znače ovako niski i dugotrajniji vodostaji. Ove godine, niskim vodostajima pridružile su se i skoro svakodnevne magle pa je plovidba Savom bila na nekim sektorima sasvim obustavljena. Općenito rečeno, poznata je važnost poznavanja režima i karakteristika malih voda za: snabdijevanje naselja i industrije vodom, plovidbu, kvalitetu voda, hidro, termo i nuklearne elektrane, navodnjavanje itd. Zbog svega navedenog istraživanjima niskih vodostaja, odnosno malih voda, treba posvetiti još veću pažnju.

## \* NAPOMENA:

Vodostaj je razlika u vertikalnom smislu, između razine vode i nekog određenog (nultog) položaja. Iz navedenog slijedi da je vodostaj uvjetna (relativna) veličina. Ako kota »0« mjernog uređaja ima svoju apsolutnu kotu, onda se relativne oscilacije vodostaja mogu pretvoriti u apsolutne. Na starijim hidrološkim stanicama kota »nule« se postavlja na kotu prosječnog vodostaja (»normala«), tako da su svi vodostaji, koji su viši od prosječnog pozitivni (iznad »normale«), a oni koji su niži od prosječnog negativni (ispod »normale«). U novije vrijeme, kod osnivanja hidrološke stanice početak (»nula«) vodomjera se u principu postavlja ispod najniže opažene razine vode, da bi svi očitani vodostaji bili pozitivni.

Razina vode – vodostaj se mjeri na rijekama, jezerima i moru. Mjeri se vodomjernom letvom i limnigrafom (instrument koji kontinuirano, najčešće grafički registrira promjene razine vode u vremenu).

Inače, prva zabilježena mjerenja razine vode obavljena su na Nilu u Egiptu. Dativaju iz perioda 3500–3000 g. prije n. e. U Jugoslaviji prvi zapisi o vodostaju datiraju iz 1787. godine, kada su registrirani visoki vodostaji Save na vratima tvrđave u Staroj Gradišci.

## LITERATURA

- Bonacci, O. i D. Trninić, 1986: The Prediction of Changes in the Groundwater Levels in the Neighbourhood of Zagreb, Proceedings, XIII Conference of the Danube Countries on Hydrological Forecasts, Belgrade, 16–19. 09. 1986, 133–139.
- Bonacci, O. i D. Trninić, 1986: Analiza uzroka i prognoza promjena vodostaja Save i nivoa podzemnih voda u okolici Zagreba, Vodoprivreda, 18, 95–101.
- Ocokoljić, M., 1983: Izdašnost voda SR Srbije (van teritorije SAP) i primjeri njihovog štetnog djelovanja. Zbornik radova Savjetovanja o atmosferskim i riječnim elementarnim nepogodama. Beograd, 17–29. 09. 1983, 493–505.
- Srebrenović, D., 1986: Primijenjena hidrologija, Tehnička knjiga, Zagreb, 509.
- Trninić, D., 1984: Prilog hidrološkoj analizi malih voda, Građevinar, 36, 397–404.
- Trninić, D., 1986: Analiza izdašnosti malih voda u slivu rijeke Save, Zbornik radova II kongresa o vodama Jugoslavije, Ljubljana, 27–29. 10. 1986, 341–346.
- Zelenhasić, E., 1985: Analiza malih rečnih voda, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 107.
- Zelenhasić, E., 1986: Stohastička analiza malih rečnih voda, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, Novi Sad, 173.

## SUMMARY

The subject of analysis was a hydrological episode of low water levels on the Sava River at Galdovo in the period from Nov. 1, 1988. to Feb. 28, 1989 (Fig. 1). After these data on Feb. 20, 1989. absolutely lowest water level on the Sava River at Galdovo of –208 centimeters was recorded. Up to then the absolute lowest water levels for February and for the year are represented (processed period: 1947 to 1989). In Fig. 2 the minimum water level trend for February (processed period: 1947 to 1987) demonstrates a tendency of water level lowering. Based on the results of minimum water level occurrence probability for February the recorded water level of –208 centimeters has an occurrence probability of 0.2 percent (a recurrence period od 500 years!). Fig. 3 shows the empirical curves and the theoretical probability curve (Gumbel's curve).