

RADOVI	Volumen 26	Broj 26	1 — 16	Zagreb, 1991.
--------	------------	---------	--------	---------------

UDK 911.2:551.46/49(497.13)

Izvorni znanstveni rad  
Original scientific paper

## POPLAVA U REGIJI ZAGREB—KARLOVAC—SISAK TIJEKOM STUDENOGA 1990. GODINE

JOSIP RIĐANOVIĆ, VESNA TUSIĆ I LJUDEVIT TROPAN

Na Savi uzvodno od Zagreba izmjereni su novi maksimalni vodostaji. Kod Radeča 879 cm, kod Jesenica na Dolenjskom 578 cm i kod Podsuseda 675 cm.

Na Savi u Zagrebu i nizvodno maksimalni vodostaji bili su mnogo niži od dosad najviših. Takva raspodjela karakterističnih vodostaja uvjetovana je (djelomičnom) izgradnjom hidrotehničkih objekata »Srednje Posavlje« koji su izmijenili geografsko-fizičke uvjete otjecanja. Osnivanjem informacijskih sistema u vodoprivredi omogućeno je prikupljanje relevantnih hidrometeoroloških podataka za izradu pravodobnih prognoza i svrhovitiju obranu od poplave.

*Flood in the Zagreb—Karlovac—Sisak Region, November 1990*

*The new highest water stages have been measured on the river Sava, upstream of Zagreb, at Radeče 879 cm, at Jesenice — Dolenjska 578 cm and at Podsused 675 cm.*

*The water stages, on the river Sava in Zagreb and downstream of Zagreb, were much lower than the highest ones up to now. Such distribution of characteristic water stages is caused by (partial) construction of hydrotechnical structural measures »Srednje Posavlje« which have changed the geographical — physical conditions of the runoff. Information systems in water management enable the collecting of relevant hydrometeorological data for the appropriate flood prediction and flood protection.*

### Uvod

Prošla godina (1990) bila je obilježena izvanrednim meteorološkim i hidrološkim značajkama koje su u Hrvatskoj bile označene kao su-

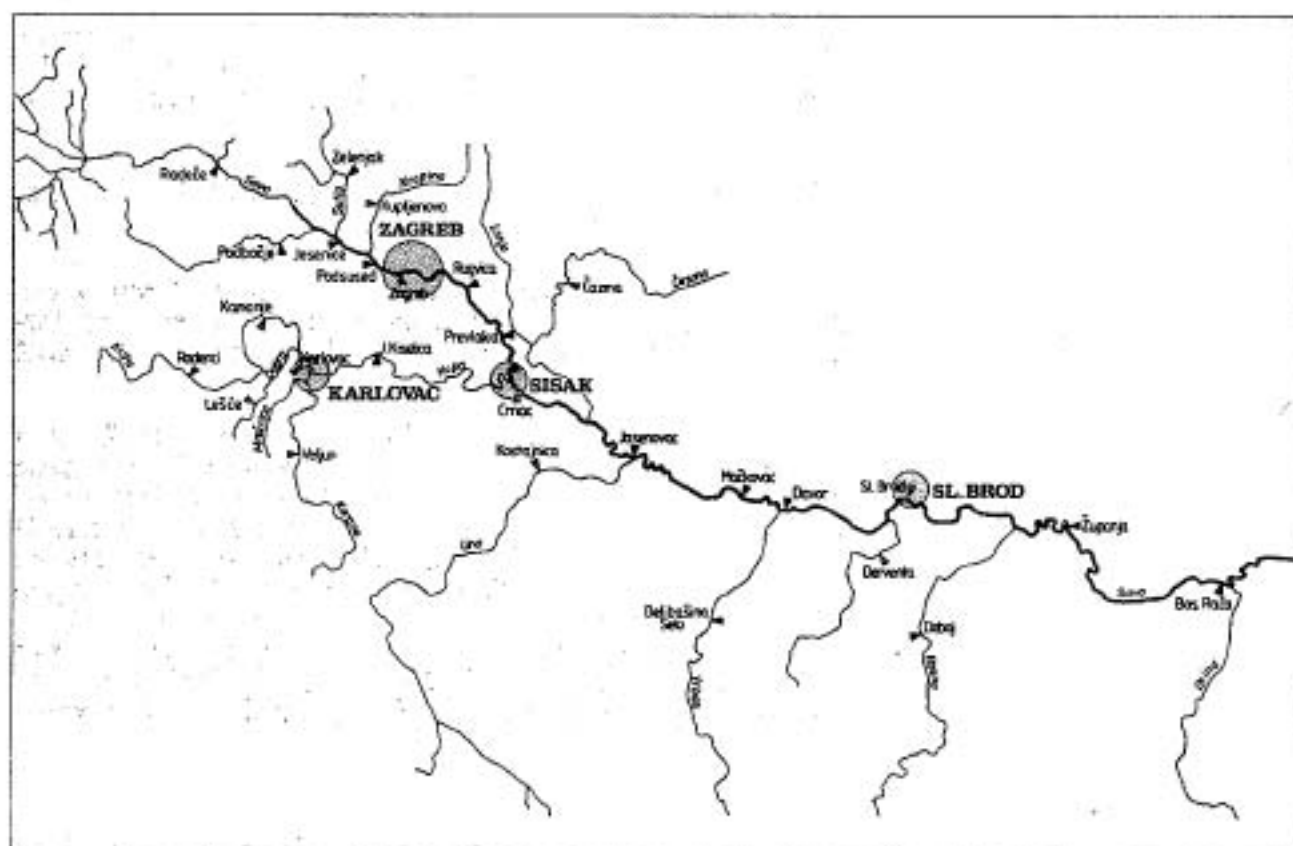
ša. Početkom studenoga te godine nastupile su dijametralno suprotne pojave (Trninić, D., 1991). Visoki val vode na Savi pojavio se u regiji Zagreb, Karlovac i Sisak kao posljedica uzastopnog trodnevnog pa-

danja kiše krajem listopada u Sloveniji. Na poriječju Save u Hrvatskoj nadošli su naglo visoki vodostaji koji su uzrokovali manje poplave Save u regiji Zagreba i Siska, te Kupe, Dobre i Korane u regiji Karlovca.

### Sistemi za prikupljanje hidropodataka

Na poriječju Save u Sloveniji Republički hidrometeorološki zavod (RHZ) u Ljubljani instalirao je sistem automatskih hidrometrijskih stanica. U Sloveniji je postavljeno ukupno 6 automatskih stanica od toga 4 na poriječju Save.

Na poriječju Save nizvodno od Radeča do ušća Drine, Javno vodoprivredno poduzeće (JVP) Zagreb »Hrvatska vodoprivreda (bivše Opće vodoprivredno poduzeće (OVP) Zagreb uvelo je 1968. godine sistem za skupljanje hidropodataka i daljninsko upravljanje hidrotehničkim objektima. Nakon poplave Zagreba (1964), Siska i Karlovca (1966) instaliran je UKV radio-sistem kojim je uspostavljena govorna veza na području nadležnosti OVP Zagreb. Tijekom 1990. godine obavljena je rekonstrukcija centralne stanice i razvoj sistema je koncipiran u više podsistema. To su 1. podsistem za prikupljanje hidropodataka (mogućnost 50 perifernih stanica s mjere-



Sl. 1. Pregled lokacije automatskih vodomjernih stanica na poriječju Save u sistemu JVP Hrvatska vodoprivreda

Fig. 1. Spatial distribution of the automatic water stage recorders in the Sava drainage basin in the system of JVP Hrvatska vodoprivreda (Croatian Water Management).

njem 2 parametra, vodostaj i temperatura), 2. podsistem za podatke o promjeni kvalitete vode (mogućnost 15 perifernih stanica s mjerenjem 8 parametara kvalitete vode), 3. podsistem za daljinsko upravljanje hidrotehničkim objektima u sistemu »Srednje Posavlje« (mogućnost upravljanja sa 15 objekata i 10 mjerenja). Predviđena je izgradnja i par dislociranih podsistema. 4. podsistem za daljinsko upravljanje crpnim stanicama (4 podcentra i 45 perifernih stanica) i 5. regionalni podsistemi za obranu od poplave (2—3 podcentra). Prva tri podsistema smještena su u centru Zagreb. Sredinom listopada 1991. godine u službi se nalazilo 26 automatskih vodomjernih stanica (AVS)\*. Izmjereni podaci distribuiraju se određenim hidrometeorološkim službama koje ih upotrebljavaju ponajprije za izradu kratkoročnih hidroloških prognoza nailaska, propagacije i potom za transformaciju odgovarajućeg vala vode. U budućnosti se računa s instaliranjem i funkcioniranjem interaktivnog paketa za obradu podataka i simulaciju upravljanja obranom od poplave. Postoji instalirana oprema za daljinsko upravljanje hidrotehničkim objektima na ustavama Prevlaka i Trebež, kao i operativna iskustva u daljinskom upravljanju s prethodnim procesnim računalom. Vrijedno je spome-

nuti još iskustvo u radu s monitorom za praćenje promjena kvalitete vode na graničnom profilu sa Slovenijom. Na vodomjernoj stanici Jesenice na Dolenjskom prati se preko biomonitora ponašanje riba u vodi tekućice i obavještava centar o pojavi, vrsti i stupnju onečišćenja.

### Tok poplave

Pod utjecajem vlažne i labilne zračne mase iz Alpa i zapadnog Sredozemlja padala je bez prekida tri dana kiša u Sloveniji, sjeverozapadnoj Hrvatskoj i zapadnoj Bosni. Od 31. 10. u 7 sati do 1. 11. u 19 sati palo je tako u različitim dijelovima Slovenije od 120 do 240 mm kiše (Pristov, J., 1991). To je u Sloveniji rezultiralo katastrofalnom poplavom (Kolbezen, M., 1991). Posebno su bili poplavljani dijelovi uz Kamnišku Bistricu u općinama Domžale i Bežigrad (Bat, M., Lipovšek, I., 1991), u dolini Savinje nizvodno od stanice Luče (Meze, D., 1991) i na Savi između Zidanog Mosta i Bregane (Šifrer, M., 1991). Najveći intenzitet padalina (150 mm/dan) bio je na kišomjernoj stanici Luče u poriječju Savinje. U Laškom na Savinji izmjeren je najviši vodostaj, HHW = 690 cm, koji je uvjetovao apsolutno najveću protoku, HHQ = 1490 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup> u nizu 100-godišnje velike vode. U Hrvatskoj visoki vodni val Save prouzročio je manje poplave u trokutu Zaprešić—Podsused—Samobor i izazvao najviše dosad zabilježene vodostaje na hidrometrijskim profilima Save uzvodno od Zagreba (Ridanović, J., Tropan, Lj., 1991).

Prije pregleda slijeda najvažnijih hidropojava potrebno je podsjetiti da se u Zagrebu kod vodostaja

\*Automatska stanica sastoji se od tlačnog limnigrafa (najčešće »Seba«), stanice CUP 8080, modema i uređaja za napajanje. Mjere se vodostaji s podešavajućim ciklusom te temperature svaki sat. Data je mogućnost pretvorbe mjernih u izvedene veličine. Periferna stanica može memorirati izmjerene podatke do 3 dana. Centralna stanica bilježi na traci podatke do 7 dana, a dalje se podaci ručno unose u centralno računalo.

Save 300 cm uvodi redovna, dok se kod vodostaja Save 400 cm proglašava izvanredna obrana od poplave. U Rugvici i nizvodno redovna obrana od poplave započinje kod vodostaja 700 cm, izvanredna kod 800 cm.

Na hidrometrijskom profilu Jesenice 1. 11. 1990. u 15 sati vodostaj je iznosio 331 cm s tendencijom daljeg porasta. Uvedena je redovna obrana od poplave u općinama Samobor, Zaprešić, Podsused, Crnomerec, Trešnjevka i Novi Zagreb. Oko 20 sati pod pritiskom nabujale Save srušen je Jakuševački »crveni« most u Zagrebu, koji je već duže vrijeme bio izvan upotrebe. U 23 sata proglašena je izvanredna obrana od poplave u Zaprešiću i Samoboru. Izgrađeni su »zečji« nasipi u mjestima Ključ blizu ušća Sutle u Savu, Drenju, Zdencima, Javorju, to su naselja u okolici Zaprešića, zatim u Otoku, Vrbovcu, Celinama i Strmecu u općini Samobor.

Najkritičniji dan bio je 2. 11. 1990. za prostor između Zaprešića, Podsuseda i Samobora. Na hidrometrijskom profilu Radeča između 1 i 3 sata zabilježen je vodostaj Save 879 cm! To je najviši vodostaj (HHW) otkad se vrši mjerenje na toj stanici; za 54 cm je nadvisio dosadašnji maksimum (HW) 825 cm izmjeren 23. 9. 1933. U 12 sati toga dana na limnigrafu Jesenice vodostaj je dosegao najvišu vrijednost, HHW=578 cm; za 6 cm je viši od maksimalnog, HW=572 cm, izmjeren 25. 10. 1964. Na hidrometrijskom profilu Podsused zabilježen je u 18 sati također dosad najviši vodostaj, HHW=675 cm; 59 cm viši od maksimalnog vodostaja, HW=616 cm, koji je izmjeren 10. 10. 1964.

Nagli porast vodostaja Save (u Radeču za 22 sata 590 cm!) i njenih pritoka uvjetovao je izlivanje vode iz korita tekućica i poplavu u trokutu Zaprešić—Podsused—Samobor. Oko 7 sati 2. 11. 1990. preplavljeni su nasipi u mjestu Ključ, kod mjesta Drenje i Javorje u okolici Zaprešića, potom je probijen nasip u Otoku Samoborskom i naselje je ubrzo zaokruženo vodom. Mjesta uz Savu i desnu pritoku Rakovicu duž kojih nije bilo izgrađenih nasipa dospjela su također pod vodu. To su Savršćak, Celine, Medsave, Vrbovec i dio Strmeća. Visina vode u tim naseljima iznosila je i do 1 metar! Sjeverno od Save između ušća Sutle i Krapine najteže je bilo na mjestu gdje je rječica Lužnica probila nasip i preplavila jedan kolosijek magistralne željezničke pruge Zagreb—Ljubljana. Kolodvorska ulica u Zaprešiću bila je pod vodom i oko 15 sati započela je evakuacija stanovništva iz pedesetak kuća tog dijela grada. U mjesnim zajednicama Drenju, Zdencima i Javorju stanovnici su čekali pomoć na balkonima i tavanima jer su prizemni i podrumski dijelovi kuća bili pod vodom. Voda se izlila na duljini od tri kilometra i potopila livade i polja do dubine od tri metra. Toga dana u 14 sati i 45 minuta zatvoren je podsusedski most za sav promet. U 15 sati i 30 minuta otvoren je spojni nasip u širini 60 m s dubinom 1,5 m u kanalu Sava—Odra i tako je skrenut dio visokoga vodnog vala Save u Odransko polje da bi se izbjegla katastrofa u nizvodnom Zagrebu. U 17 sati vodostaj Save na hidrometrijskom profilu Rugvica iznosio je 715 cm pa je uvedeno stanje redovne obrane od poplave u općinama Velika Gorica, Dugo Selo i Ivanić-Grad. U 21 sat

i 45 minuta zatvorena je ustava Črnc na kanalu Lonja—Strug. U 22 sata vodostaj u Rugvici dosegnuo je 813 cm pa je proglašen stupanj izvanredne obrane od poplave. Istodobno je otvorena ustava Prevlaka s kojom je usmjeren znatan dio savske vode u kanal Lonja—Strug i tako je smanjena mogućnost poplave Siska.

Ohrabrujuća promjena nastupa 3. 11. 1990. kad je zabilježen pad vodostaja Save u Zagrebu i na uzvodnim hidrometrijskim profilima. U 7 sati i 30 minuta zatvoren je proboj nasipa na spoju stare Samoborske ceste i Zagrebačke obilaznice. Kanal Sava—Odra i dalje funkcionira, ali se zbog velike količine skrenute vode Odra razlila i potopila dio gospodarskih zgrada i kuća u naselju Čička Poljana. Kod vodostaja Save u Zagrebu 334 cm (18 sati) prestalo je prelijevanje Save u kanal Odra. Nizvodno od Zagreba vodostaji Save su međutim u stalnom porastu. U 18 sati 3. 11. 1990. na hidrometrijskom profilu Rugvica zabilježen je maksimalni vodostaj, HW=935 cm; 9 cm je niži od dosad najvišeg, HHW=944 cm, koji je izmjereno 26. 10. 1964. U općinama Velikoj Gorici (od Zablatja prema Stručcu), Dugom Selu i Ivanić-Gradu (od Rugvice prema Prevlaci) hitno su dograđeni zemljani nasipi za obranu od poplave. Na tom dijelu uzdužnog profila Save stanje je vrlo teško jer su vodostaji dosegli visinu krune obrambenih nasipa pa su uloženi veliki naponi da se zaštiti ponajprije stanovništvo a onda i njihova imovina.

Na hidrometrijskim profilima u Rugvici, Zagrebu, Podsusedu, Jesenicama i Radeču 4. 11. 1990. vodostaji su i dalje u opadanju. Nizvod-

no od Rugvice prema Sisku vodostaji su nasuprot u porastu, te je proglašena izvanredna obrana od poplave i provedene su preventivne mjere za prihvaćanje toga visokog vodnog vala.

Na hidrometrijskom profilu Crnac 5. 11. 1990. izmjereno je u 13 sati maksimalni vodostaj, HW=723 cm. To je za 194 cm niži od dosad najvišeg vodostaja, HHW=917 cm, koji je bio zabilježen 7. 10. 1974. Najteže je stanje toga dana bilo na dijelu uzdužnog profila Save između Rugvice i Siska. U 15 sati na limnigrafu u Jesenicama na Dolenjskom vodostaj Save je opao na 299 cm, pa se ukidaju mjere redovne obrane od poplave u općinama Zatrešić i Samobor.

Na hidrometrijskom profilu Jasenovac tijekom 6. 11. 1990. dosegla je Sava maksimalni vodostaj, HW=729 cm, i tu su još na snazi mjere za obranu od poplave. Istodobno je vodostaj Save na hidrometrijskom profilu Rugvica iznosio 699 cm te je ukinuta redovna obrana od poplave u općinama Velikoj Gorici, Dugom Selu i Ivanić-Gradu. U 10 sati zatvorena je ustava Prevlaka na kanalu Lonja—Strug.

Visoki vodni val na Savi i njenim pritokama početkom studenoga 1990. na taj je način splasnulo i 6. 11. okončan je u široj regiji Zagreba.

Visoki vodni val Save početkom studenoga 1990. godine u regiji Zagreb—Karlovac—Sisak specifična je hidrometeorološka pojava koja bi zahtijevala iscrpnu analizu geografsko-fizičkih uvjeta otjecanja vode (Šterc, S., 1979) i brojnih drugih parametara (Šegota, T., 1984).

## Metoda rada

Režim vode u prirodi vremenski je slijed stanja vode koji se određuje pojedinim hidroveličinama. To su prostorni parametri koji obilježavaju mjesto (lokaciju), parametri kvantitete i parametri kvalitete.

Na početku je potrebno razmotriti kvantitativne odnose karakterističnih vodostaja na odabranim automatskim vodomjernim stanicama (sl. 1). Za određivanje režima otjecanja vode upotrijebljeni su di-

jagrami vodostaja. To su nivogrami koji upućuju na promjene u visini otjecanja vode. Dat je i hidrogram ili dijagram protoka koji pokazuje količinu vode što otječe koritom rijeke (Riđanović, J., 1989). Izračunata je i predočena krivulja dnevnih protoka na posebnom hidrogramu za hidrometrijske profile u Radeču i Zagrebu (sl. 5).

Na temelju vodostaja (W) dobivene su maksimalne protoke (HQ) za tipične hidrometrijske profile (tab. 1).

## Rezultati

Tab. 1. Najviši vodostaji (HW) i najveće protoke (HQ) Save u razdoblju od 1. 11. do 7. 11. 1990.

Tab. 1. The highest water stage (HW) and the highest water discharge (HQ) of the river Sava. Period between Nov. 1, and Nov. 7, 1990.

Hidrometrijski profil	HW u cm	Dan	HQ u m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>	Dan
Radeče	879	2. 11.	2 877	2. 11.
Jesenice	578	2. 11.		
Podsused	675	2. 11.		
Zagreb	392	2. 11.	2 090	2. 11.
Rugvica	935	3. 11.		
Prevlaka	676	3. 11.		
Crnac	723	5. 11.		
Jasenovac	729	6. 11.	1 630	6. 11.

Iz raspodjele najviših vodostaja (HW) i najvećih protoka (HQ) Save u razdoblju od 1. 11. do 7. 11. 1990. proizlaze ovi zaključci:

1. Visoki val vode na Savi početkom studenoga 1990. godine u široj regiji Zagreba uvjetovao je pojavu dosad najviših vodostaja (HHW) na hidrometrijskim profilima uzvodno od Zagreba (sl. 2, **nivogram 1**).

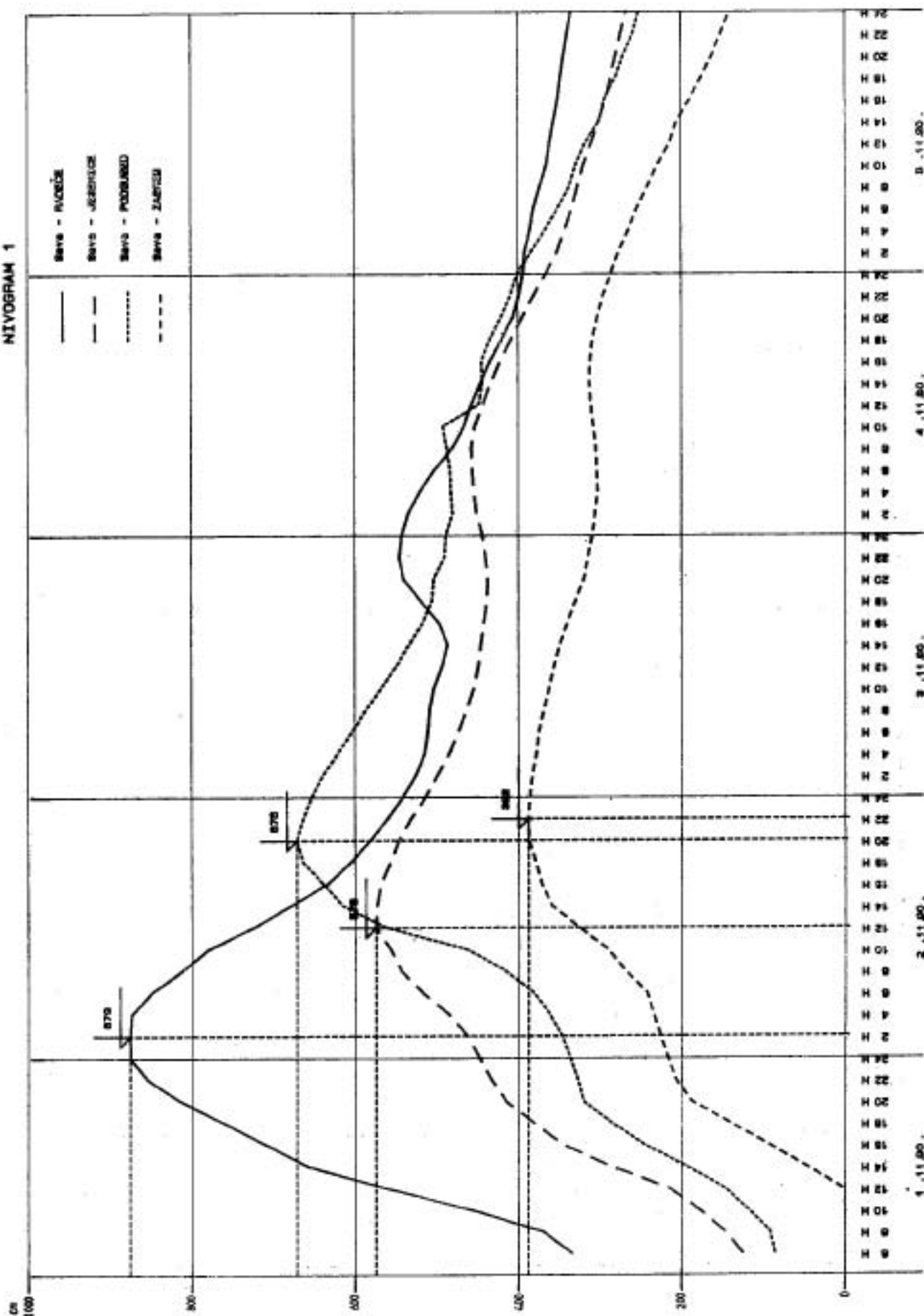
— U Radeču Sava je 2. 11. dosegla najveću visinu, HHW=879 cm, za 54 cm bio je viši taj vodostaj od prijašnjega apsolutnog maksimuma 825 cm (23. 9. 1933);

— u Jesenicama na Dolenjskom navedenog dana na Savi je zabilježen dosad najviši vodostaj, HHW=578 cm, za 6 cm je nadvisio prijašnji apsolutni maksimum 572 cm (25. 10. 1964);

— na vodomjernoj stanici Podsused Sava je 2. 11. 1990. dosegla također ekstremno najviši vodostaj, HHW=675 cm, 59 cm viši od prije najvišeg vodostaja 616 cm (10. 10. 1980).

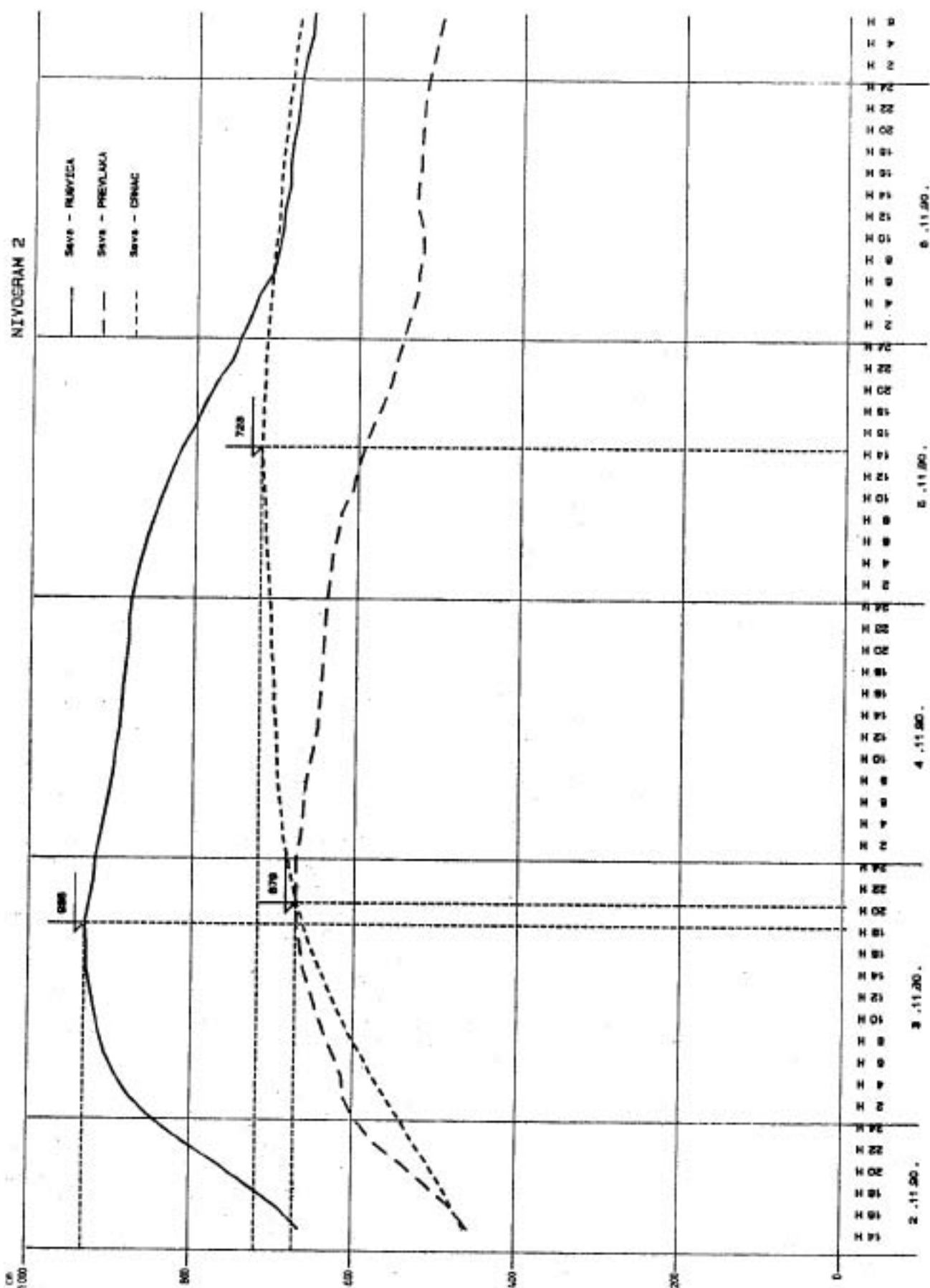
2. U Zagrebu i nizvodno tijekom visokog vala vode na Savi početkom studenoga 1990. godine maksimalni

NIVOGRAM 1



Sl. 2. Novi maksimalni vodostaji na Savi uzvodno od Zagreba u razdoblju od 1. 11. do 5. 11. 1990, nivogram 1

Fig. 2. The new highest water stage on the river Sava upstream of Zagreb. Period between Nov. 1, and Nov. 5, 1990, nivogram 1.

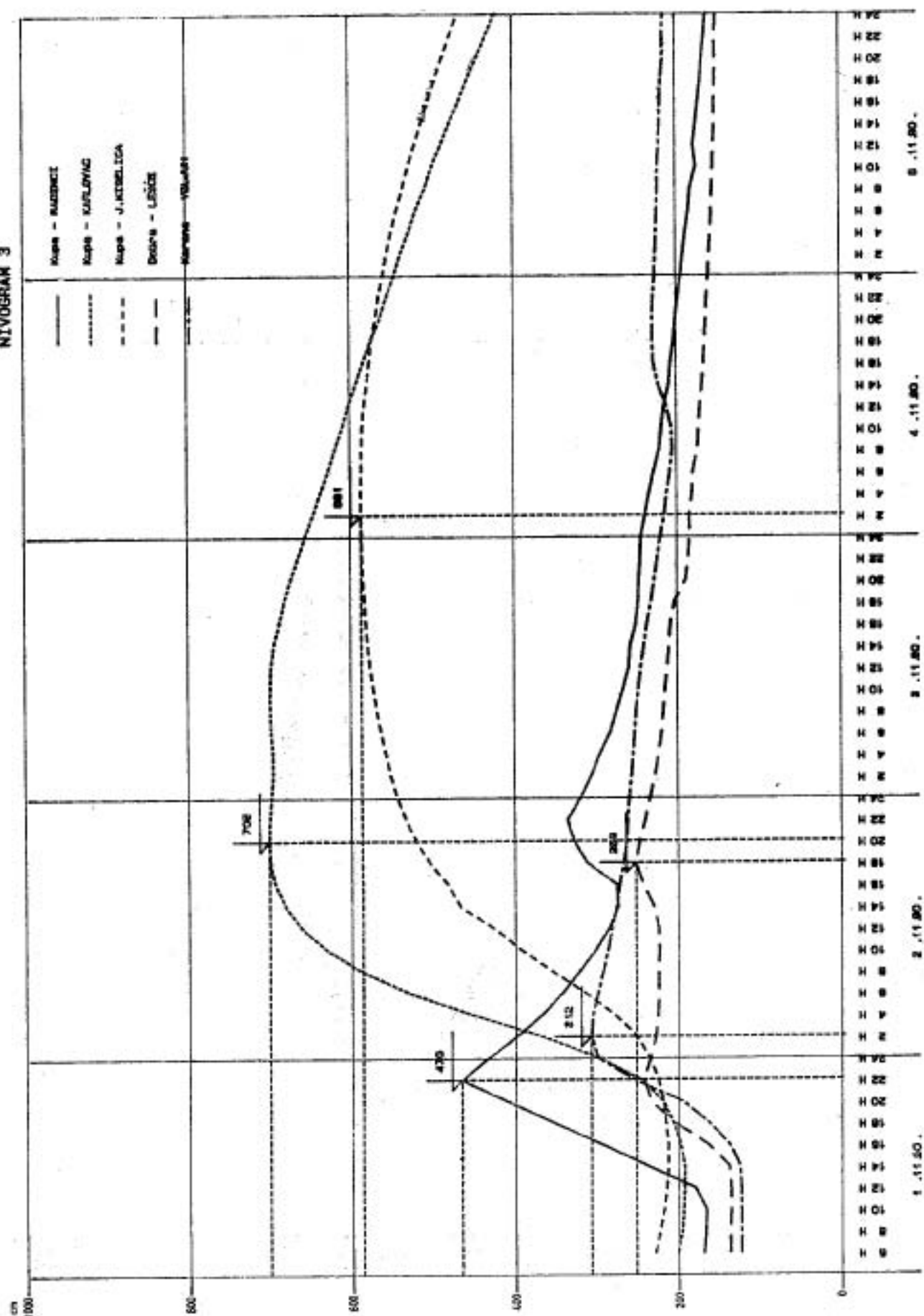


Sl. 3. Karakteristični vodostaji na Savi nizvodno od Zagreba u razdoblju od 2. 11. do 6. 11. 1990, nivoogram 2

Fig. 3. Characteristic water stages on the river Sava downstream of Zagreb. Period between Nov. 1, and Nov. 5, 1990, nivoogram 2.



NIVOGRAM 3



Sl. 4. Karakteristični vodostaji na tekućicama u regiji Karlovca u razdoblju od 1. 11. do 5. 11. 1990, nivogram 3.

Fig. 4. Characteristic water stages on streamflows in the region of Karlovac. Period between Nov. 2, and Nov. 6, 1990, nivogram 3.

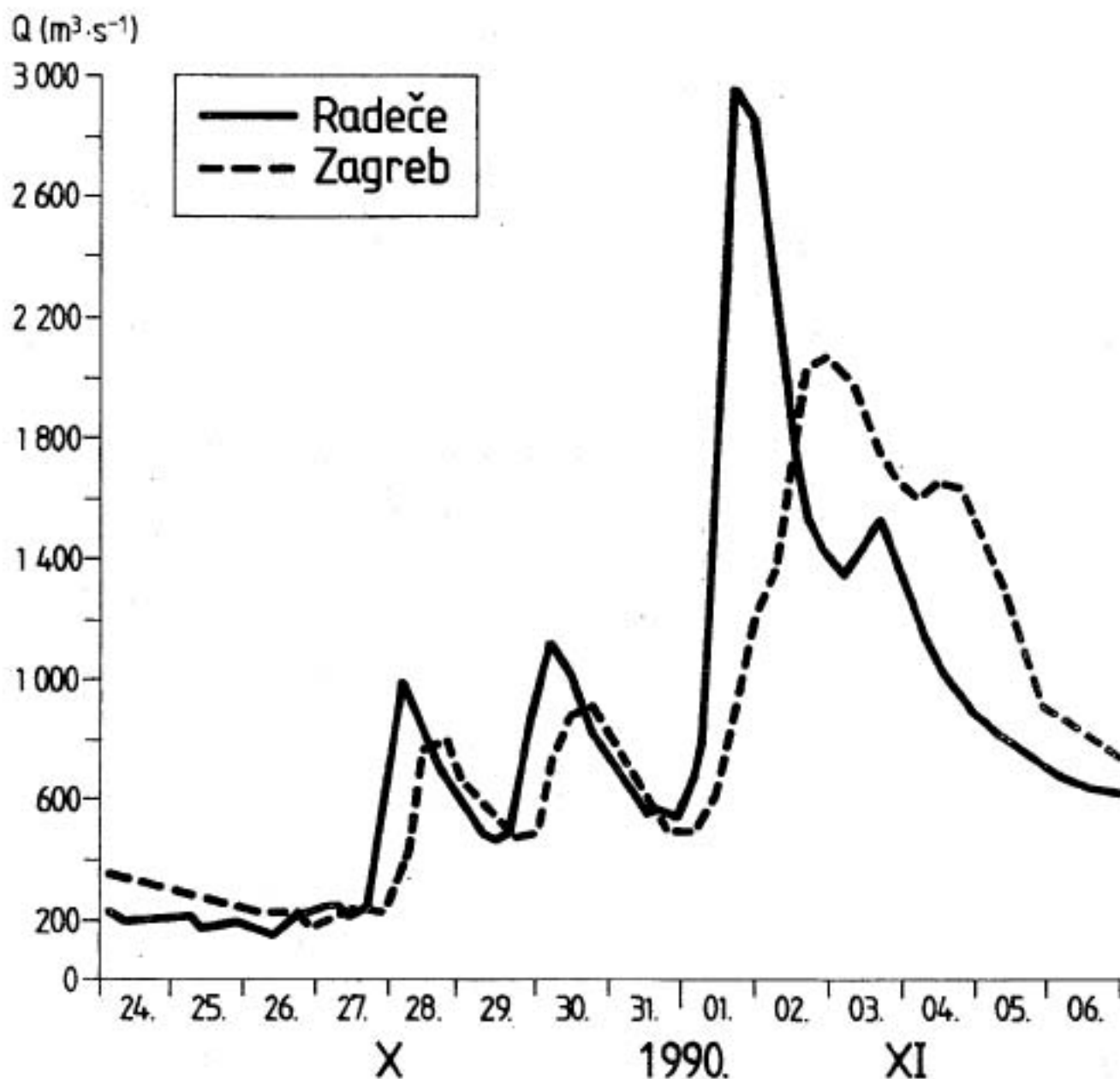
vodostaji (HW) bili su znatno niži od dosad najviših (HHW) (sl. 3, nivogram 2).

— U Zagrebu je 2. 11. 1990. HW iznosio 392 cm, dok je HHW 514 cm izmjeren 26. 10. 1964. Vodostaj je tada bio niži za 122 cm;

— u Rugvici je 3. 11. 1990. izmjeren HW 935 cm, a HHW 944 cm je zabilježen 26. 10. 1964. Vodostaj je ovom zgodom bio niži za 9 cm;

— na stanici Crnac 5. 11. 1990. izmjeren je HW=723 cm, a 7. 10. 1974. najviši vodostaj, HHW iznosio je 917 cm. Vodostaj je sada bio niži za 194 cm;

— i u Jasenovcu Sava je 6. 11. 1990. u 4 sata dosegla maksimalni vodostaj, HW=729 cm, a HHW 907 cm je zabilježen 18. 1. 1970. Dakle i u Jasenovcu je vodostaj bio niži za 178 cm.



Sl. 5. Dnevni hidrografi Save 1990. na hidrometrijskim profilima kod Radeča i Zagreba

Fig. 5. Hydrographs of daily discharges 1990: Sava (Radeče) and Sava (Zagreb).

3. Iz raspodjele dnevnih protoka u razdoblju od 24. 10. 1990. do zaključno 6. 11. 1990. očito je da je visoki val vode na Savi u široj regiji Zagreba trajao od 1. 11. do 6. 11. 1990. s izrazitom kulminacijom 2. 11. kada je i obujam protoka vode dostigao vrhunac na hidrometrijskom profilu Radeče (sl. 5). Još se jednom potvrdilo da je hidrometrijski profil u Radeču reprezentativan i odlučujući za predviđanje hidroloških parametara u Zagrebu (Riđanović, J., 1968).

Takva raspodjela vodostaja posebice protoka upućuje na važne promjene u geografsko-fizičkim uvjetima otjecanja (Srebrenović, D., 1986) koje su uzrokovane izgradnjom hidrotehničkih objekata na Savi (Šterc, S., 1980) i pritokama u široj regiji Zagreba (Riđanović, J., Počakal, M., 1983).

### Sistem »Srednje Posavlje«

Kompleksni vodoprivredni problemi rješavaju se danas sistemskim pristupom ponajprije na poriječjima tekućica. U sklopu složenih višenamjenskih sustava ulaze i sistemi za zaštitu od poplave. Sistem za zaštitu od poplave može se definirati kao skup zaštitnih objekata i zahvata koji su u izvršavanju svoje namjene međusobno povezani, s tim da su veze među njima manje ili više (ne)poznate. Osim fizičkog dijela sistema koji se sastoji od zahvata za retardaciju i uskladištenje vode (retencije, akumulacije, rasteretni bazeni), objekata za preusmjeravanje vode (upusne i ispusne ustave, preljevi i sl.), kanala i tekućica te zaštitnih objekata (nasipa, zidova i drugo), u cjelovit sistem za zaštitu od poplave

uključuje se i informacijski (pod)sistem za praćenje stanja vode u zaštitnom (fizičkom) sistemu, kao i (pod)sistem za daljinsko prenošenje podataka do objekata za upravljanje odnosno gospodarenje vodom (Petraš, J., Tropan, Lj., Tusić, V., 1991).

U Hrvatskoj se još od 1972. godine izvodi složeni sistem za zaštitu od poplave Srednjeg Posavlja.

Sistem »Srednje Posavlje« obuhvaća sedam retencija s ukupnim volumenom  $1809 \times 10^6 \text{ m}^3$ , tri otečna kanala dužine 178,7 km, devet preljeva i jedanaest ustava za upravljanje s poplavnom vodom, 40,9 km novih nasipa i 311,5 km rekonstruiranih nasipa za zaštitu od poplave. Prirodna hidrografska mreža, posebice korita tekućica u kojima su limitirane protoke velike vode, također su cjeloviti dio sistema.

Sa sistemom se štiti šest većih gradova (Zagreb, Karlovac, Sisak, Jasenovac, Dubica, Gradiška) i mnogo manjih poljoprivrednih naselja. Naročito je važno što se tim sistemom brani 558 300 ha poljoprivrednih površina. Sistem nadalje utječe povoljno na zaštitu od poplave u nizvodnim dijelovima Save, tako da se potrebni zaštitni zahvati u tom dijelu poriječja svode samo na potrebu izvođenja 346,1 km novih nasipa uz Savu i njene desne pritoke Drinu i Kolubaru, te na rekonstrukciju 660,8 km postojećih obrambenih nasipa.

Realizacija sistema obrane od poplave Srednjeg Posavlja u cijelosti je opsežan i tešak zadatak. Zbog opsežnosti radova predviđena je etapna izgradnja. U prvoj etapi trebali su do 1985. godine biti izvedeni svi glavni konstitutivni dijelovi

sistema, a do 2000. godine planirano je bilo da sistem bude u potpunosti dovršen. Pojavom ekonomske krize 80-ih godina u Jugoslaviji reducirana su ulaganja u radove zaštite od poplave te se moralo odustati od planirane dinamike izvedbe sistema. U današnjoj fazi izgrađenosti dostignut je planirani stupanj od 99,9% osiguranja Zagreba od poplave Save, to znači da je Zagreb zaštićen od 1000-godišnje velike vode. Na ostalim dijelovima poplavnog terena planirani stupanj osiguranja još nije dostignut, iako je stanje zaštite znatno povoljnije nego prije izvedbe sistema do sadašnjeg stanja izgrađenosti.

Radi stvaranja uvjeta za optimalno upravljanje sa sistemom, kako u postojećem tako i njegovu budućem stanju, upravo se sada proširuje vodoprivredni informacijski sistem i sistem daljinskog upravljanja objektima za gospodarenje vodom. Izrađuje se simulacijski model poriječja Save koji će biti podržan spomenutim informacijskim sistemom. Model je zamišljen tako da se na osnovi informacija o hidrološkom ulazu u realan sistem matematički obrađuju hidrološke, hidrauličke, kao i druge karakteristike otjecanja s ukupnog poriječja Save, i to pod pretpostavkom različitih operativno-upravljačkih odluka.

Model bi dakle trebao služiti za testiranje mogućih upravljačkih odluka i odabir najboljih među njima. Tako sastavljen simulacijski model obavljao bi trostruku zadaću: 1. poboljšanim metodama proračunavao bi rasprostiranje poplavnih valova i omogućavao određivanje efekata varijantnih tehničkih rješenja zaštite od velike vode, 2. služio bi za prognozu nailaska po-

plavnih valova, a time i kao osnova na kojoj bi se bazirala služba najave i upozorenja opasnosti od poplave i 3. upotrebljavao bi se kao osnova za operativno upravljanje sistemom za zaštitu od poplave na čitavom poriječju Save.

### **Hidrometeorološki i vodoprivredni informacijski sistemi**

Na temelju specifičnih potreba predviđa se u skladu s razvojem tehnologije i tehnike formiranje informacijskih sistema. Za vodu i njezine zalihe interesantni su i potrebni u daljoj fazi razvoja naše društvene zajednice hidrometeorološki i vodoprivredni informacijski sistemi.

Hidrometeorološki informacijski sistem (HMIS) treba biti potpun, tehnički i ekonomski optimalan, elastičan i pouzdan sistem za skupljanje, obradu, raspolaganje i prijenos podataka; zatim, sposoban da osigurava pravodobne i kvalitetne informacije o utvrđenom i predviđenom stanju; nadalje, otvoren i elastičan u pristupu svim korisnicima; napokon, povezan s HMIS na međunarodnoj i nacionalnoj razini, ali i s drugim srodnim informativnim sistemima koji rade sa HM informacijama.

HMIS omogućava bolje korištenje HM uvjeta radi postizanja društvene koristi i bolju zaštitu od nepovoljnih HM uvjeta radi izbjegavanja ili smanjenja društvene štete. Izravne štete od oluje praćene tučom, koja je u kolovozu 1987. godine zahvatila pojedine dijelove Slavonije, nekoliko su puta veće od ulaganja potrebnih za izgradnju efikasnog sistema za obranu od tuče.

Za specifične i sve veće potrebe vodoprivrede uvedeni su vodoprivredni informacijski sistemi (VIS).

Kao osnovne funkcionalne komponente VIS mogu se izdvojiti:

- sistem za prikupljanje vodoprivrednih podataka i informacija,
- vodoprivredna informacijska baza,
- sistem za distribuciju i korištenje vodoprivrednih informacija.

Integralni informacijski sistem vodoprivrede Hrvatske sačinjavat će ovi informacijski podsistemi:

- hidrološki, meteoroloških podataka, tehno-matematičkih aplikacija, upravljanja hidrološkim sistemom, korisnika vode, vodoprivrednog održavanja, poslovni, vodoprivrednih JVP i za obradu i pretraživanje teksta.

Hijerarhija organizacije VIS jednaka je organizaciji vodoprivredne djelatnosti u Hrvatskoj — na razini republike, vodnih područja i na razini slivova odnosno poriječja.

Cjelovitost VIS postići će se osiguravanjem zajedničkih osnova, koje se ostvaruju: kompatibilnom (spojnom) opremom, softwareom istih mogućnosti (a kod istih računala istom razinom softwarea), zajedničkim sistemom šifriranja, istom strukturom ulaznih podataka, istim osnovnim izlaznim podacima, istom strukturom baze podataka (a kod različitih računala istom strukturom zajedničkog fonda podataka), zajedničkom dokumentacijom i standardima.

Upravo se sada realiziraju osnovne funkcije VIS Hrvatske jer je nabavljen dio opreme i dio je vlastitih stručnjaka angažiran na neposrednim zadacima i poslovima.

Pritom je dinamika realizacije znatno usporena zbog ratnih agresivnih djelovanja na Hrvatsku.

Cilj je stvaranja takvih sistema da u dotičnom prostoru omoguće najracionalnije gospodarenje vodom koje će biti optimalno usklađeno s njezinim režimom. Uspostavom određenih odnosa sa susjednim državama i republikama na graničnim tekućicama, na moru i na širokom hidrometeorološkom planu moći će se utjecati na smanjenje šteta od gospodarskih i drugih katastrofa. Na taj će se način i Republika Hrvatska uključiti izravno u ostvarenje programa »Dekade za smanjenje šteta od prirodnih katastrofa« koji je 1987. godine proglasila Generalna skupština UN za razdoblje 1990—1999.

## Zaključak

Poplava u regiji Zagreb—Karlovac—Sisak početkom studenoga 1990. uzrokovana je visokim vodnim valom Save iz Slovenije koji se pojavio naglo nakon dugoga sušnog razdoblja. Specifičnosti tog vala vode ogledaju se u raspodjeli vodostaja i količini protoke na karakterističnim hidrometrijskim profilima Save u regiji Zagreba i Siska, te Kupe, Dobre i Korane u regiji Karlovca.

1. Novi maksimalni vodostaji zabilježeni su na Savi uzvodno od Zagreba (sl. 2 — nivogram 1), i to: a) kod Radeča je Sava 2. 11. dosegla visinu od 879 cm. To je 54 cm više od dosadašnjega apsolutnog maksimuma iz 1933, b) kod Jesenica na Dolenjskom spomenutog dana na Savi je izmjeren vodostaj 578 cm. Za 6 cm je nadvisio prijašnji apsolutni maksimum iz 1964. i

c) kod Podsuseda Sava je 2. 11. 1990. dosegla ekstremno najviši vodostaj, 675 cm. To je za 59 cm više od prije najvišeg vodostaja iz 1980.

2. U Zagrebu i nizvodno tijekom visokog vala vode na Savi početkom studenoga 1990. maksimalni vodostaji (HW) bili su znatno niži od HHW, dosad najviših vodostaja (sl. 3 — **nivogram 2**).

3. Protoke povratnog perioda većeg od 100 godina bile su na Savi kod Radeča (sl. 5), Sori kod Suhe, Kamniškoj Bistrici kod Kamnika i Savinji kod Laškog. Na Savi kod Jesenica na Dolenjskom vodni val bio je 50-godišnjeg povratnog perioda.

Poplavom su bili zahvaćeni ravnica i nizinski predjeli uz Savu i njene pritoke u regiji Zagreb—Karlovac—Sisak gdje uopće nisu postojali ili su djelomično izgrađe-

ni vodoprivredni objekti. Najveća površina pod vodom bila je u prostoru između Zaprešića—Podsuseda—Samobora. Gradovima Zagrebu, Karlovcu i Sisku nije pričinjena veća šteta jer je stavljen u upotrebu djelomice izgrađen sistem obrane od poplave — Srednje Posavlje.

Sistemi za prikupljanje relevantnih hidrometeoroloških podataka omogućuju izradu pravodobnih prognoza. Integralni vodoprivredni informacijski sistemi kao specifični korisnici prethodnih informacija stvaraju se poradi upravljanja sistemima, među kojima se ističu zaštitni vodoprivredni sistemi.

Visoki val vode na Savi početkom studenoga 1990. godine u regiji Zagreb—Karlovac—Sisak po svom obujmu i posljedicama važan je detalj u sklopu stoljetnih promjena vode.

## Literatura

- Bat, M., Lipovšek, I. 1991: Učinki poplave 1990 ob Kamniški Bistrici v občinah Domžale in Bežigrad. Ujma 1991, broj 5, 29—34. Ljubljana.
- IZVJEŠTAJ Vodoprivredne radne organizacije Zagreb o izvršenju redovne i izvanredne obrane od poplave u vremenu 1. II. — 6. II. 1990. godine na rijeci Savi i pritokama na području OOUR-a (rukopis).
- Kolbzen, M., 1991: Hidrološke značilnosti novembrske visoke vode leta 1990. Ujma 1991, broj 5, 16—18. Ljubljana.
- Meze, D., Ujma 1990 v Gornji Savinjski dolini, med Lučami in Mozirsko kotlinico. Ujma, broj 5, 39—50. Ljubljana.
- Petraš, J., Tropan, Lj., Tusić, V., 1991: Zadaci vodoprivrednih organizacija u provođenju zaštite od elementarnih nepogoda. Savjetovanje u Crikvenici — Elementarne nepogode, ekološke katastrofe, tehničke nesreće i njihov utjecaj na profit poduzeća, 1991.
- Pristov, J., 1991: Raspored padavin in njihov vpliv na poplave. Ujma, broj 5, 10—15. Ljubljana.
- Riđanović, J., 1968: Hidromorfološke značajke Zagrebačke okolice. Radovi 7, 39—50. Zagreb.
- Riđanović, J., Počakal, M., Hidrogeografske značajke poplavnih terena na poriječju Save u regiji Zagreba. Zbornik saveznog simpozija o metodologiji geografskog proučavanja prirodnih nepogoda, 140—143. Ljubljana.
- Riđanović, J., 1989: Hidrogeografija, 221. Školska knjiga. Zagreb.
- Riđanović, J., Tropan, Lj., 1991: Visoki vodni val in poplave Save 1990 na širem območju Zagreba. Ujma, br. 5, 89—93. Ljubljana.
- Srebrenović, D., 1986: Primijenjena hidrologija, 509. Tehnička knjiga. Zagreb.
- Šegota, T., 1984: Fluktuacije vodostaja Save u Zagrebu. Radovi 19, 13—22. Zagreb.
- Šifrer, M., 1991: Poplave ob Savi med Zidanim Mostom in Bregano. Ujma, broj 5, 81—88. Ljubljana.
- Šterc, S., 1979: Osnovne fizičko-geografske karakteristike poriječja Save između Radeča i Siska. Radovi 14, 47—59. Zagreb.
- Šterc, S., 1980: Kanal Sava-Odra-Sava kao objekt obrane Zagreba od poplave. Geografski glasnik 41—42, 97—116. Zagreb.
- Trninić, D., 1991: Hidrološka analiza malih i velikih voda u 1990. g. Izvanredne meteorološke i hidrološke prilike 1990. g. u Republici Hrvatskoj, 61—70. Zagreb.

## Summary

### FLOOD IN THE ZAGREB — KARLOVAC — SISAK REGION, NOVEMBER, 1990

by

Josip Riđanović, Vesna Tusić and Ljudevit Tropan

1. The new highest water stages were measured on the river Sava, upstream of Zagreb, (Fig. 2.) as follows.

a) water stage at Sava (Radeče) reached 879 cm, on Nov. 2, 1990. The last absolute maximum from 1933 was overtopped by 54 cm.

b) water stage at Sava (Jesenice — Dolenjska), on the same day, reached 578 cm. The earlier absolute maximum from 1964 was overtopped by 6 cm.

c) at Sava (Podsused) the extremely highest water stage (HHW) of 675 cm was recorded on Nov. 2, 1990. It was 59 cm higher than the former highest one from 1980.

2. At Sava (Zagreb) and downstream of Zagreb, at the beginning of November and during the high flood wave, the highest water stages (HW) were markedly lower than HHW, the highest one up to now (Fig. 3).

3. At Sava (Radeče) (Fig. 5), Sora (Suha), Kamniška Bistrica (Kamnik), and at Savinja (Laško), there were discharges of the return period (HHQ) greater than the 100-year. At Sava (Jesenice — Dolenjska) the flood wave had the character of the 50-year return period.

The lowland area, by the river Sava and its tributaries, in the Zagreb — Karlovac — Sisak region, without or partly constructed hydrotechnical structural measures, was affected by flood. The largest inundated territory was the area between Zaprešić, Podsused and Samobor. Since the partly constructed system of flood protection »Srednje Posavlje« came into operation, the cities of Zagreb, Karlovac and Sisak were not badly damaged.

According to its scale and consequences, the river Sava high flood wave of November 1990, in the Zagreb — Karlovac — Sisak region is a distinctive detail in the complex of the hundred — year water changes, i.e. the highest flood in the last century.

Dr. Josip Riđanović, red. prof.

Geografski odjel PMF

Hrvatska, 41000 Zagreb

Marulićev trg 19.

Vesna Tusić, dipl. ing.

Ljudevit Tropan, dipl. ing.

Hrvatska vodoprivreda

Hrvatska, 41000 Zagreb,

Avenija Vukovar 220.

Recenzenti:

Prof. dr. Tomislav Šegota

Prof. dr. Andrija Bognar