Hidrološka analiza protoka triju hrvatskih rijeka (Sava, Una, Drava)

Radoš, Frano

Undergraduate thesis / Završni rad

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:
University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy / Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:123:183169

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



Repository / Repozitorij:

FCEAG Repository - Repository of the Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy, University of Split







SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

Z A V R Š N I R A D

Frano Radoš

Split, 2015.

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

Frano Radoš

Hidrološka analiza protoka triju hrvatskih rijeka(Sava,Una,Drava)

Završni rad

Mentor: prof.dr.sc.Vesna Denić-Jukić

Split, 2015.

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY

STUDIJ: **SVEUČILIŠNI PREDDIPLOMSKI STUDIJ**

KANDIDAT: **Frano Radoš**

BROJ INDEKSA: **3914**

KATEDRA: **Katedra za Hidrologiju**

PREDMET: **Hidrologija**

ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD

Tema: **Hidrološka analiza protoka triju hrvatskih rijeka (Sava,Una,Drava)**

Opis Zadatka: Opis krivulje recesije, hidrološka analiza protoka triju hrvatskih rijeka (Sava,Una,Drava)

U Splitu, 11.09. 2015.g

Voditelj završnog rada:

Prof. dr. sc. Vesna Denić-Jukić

S a d r ž a j

Uvod **1**

1. Općenito o krivulji recesije **2**

2. Novi pristup analizi krivulje recesije **4**

3. Hidrološka analiza protoka triju hrvatskih rijeka (Sava, Una, Kupa) u razdoblju od 3 godine (2009. - 2011.) **12**

Zaključak **33**

UVOD

Hidrogram je grafički prikaz protoka u funkciji vremena (izvor, vodotok…). Oblik hidrograma uvjetuju fizičko-geografski te klimatski čimbenici nekog sliva. Oblik krivulje koncentracije ovisi prvenstveno o topografiji terena te o trajanju, intenzitetu i raspodjeli oborina po slivu. Na konkavnost početnog dijela krivulje utječe i kapacitet infiltracije i površinskog zadržavanja na početku pljuska.

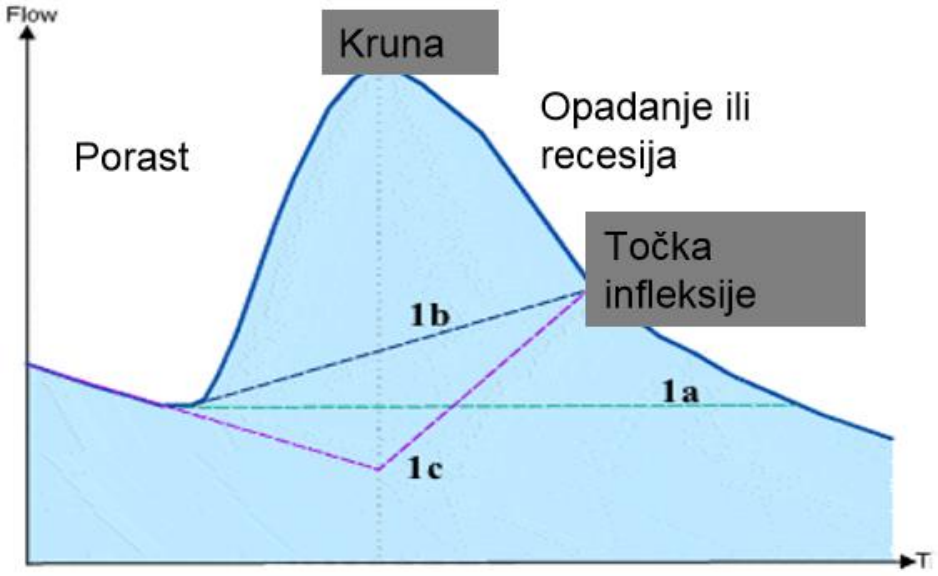
Maksimalni protok se javlja u trenutku kad cijeli sliv sudjeluje u otjecanju, tj. kad na se na izlaznom profilu registrira i voda s najudaljenije točke na slivu. Recesijski dio krivulje je posljedica ocjeđivanja nakon prestanka efektivne oborine. Oblik ovisi o karakteristikama sliva i hidrografske mreže.

U ovom završnom radu proučavat proučavat ćemo recesijski dio krivulje hidrograma protoka, nove metode za analizu krivulje recesije, te ćemo usporediti hidrološku analizu protoka rijeke Save (postaja Stara Gradiška), rijeke Kupe (postaja Brodarci) i rijeke Une (postaja Kostajnica) za razdoblje od 2009. do 2011. godine.

1. OPĆENITO O KRIVULJI RECESIJE

Perkolacija predstavlja proces toka podzemne vode kroz nezasićenu zonu do razine podzemne vode (zasićene zone) a evaporacija i transpiracija predstavljaju prijelaz vode sa sliva u plinovito stanje u atmosferi. Odvija se sa slobodnih vodnih površina, golog tla. Transpiracija je fiziološki proces u kojem voda prolazi kroz pore na lišću, a odvija se tijekom svijetlog dijela dana. Nakon prestanka površinskog otjecanja, dolazi do podzemnog otjecanja koje se ovisno o karakteristikama slivnog područja može održati kroz dulje ili kraće vremensko razdoblje.

Analiza opadajućeg dijela hidrograma otjecanja koji odgovara bezoborinskom razdoblju zove se analiza recesije. Oblik krivulje recesije ovisi o fizičkim karakteristikama sliva i hidrografske mreže. Idealni uvjeti za analizu krivulje recesije su bezoborinsko razdoblje u trajanju nekoliko mjeseci, međutim takvo razdoblje se rijetko pojavljuje. Najjednostavniji uvid u recesiju daju hidrogrami tropskih izvora iz razloga što su kišno i sušno razdoblje strogo odvojeni te je krivulja recesije jasno određena. Upravo suprotno se događa na slivovima triju hrvatskih rijeka (Sava, Kupa, Una) koje ćemo promatrati, gdje bezoborinska razdoblja traju najduže 50-ak dana, a rijetko toliko dugo. Dakle, svaka će oborina uzrokovati manje ili veće poremećaje na recesijskim krivuljama koji se ne mogu otkloniti. Za analizu recesije preporuča se da se analiza obavi na što većem broju recesijskih krivulja, odnosno iz što više godina i za svaku godinu posebno. Veći uzorak omogućava nam dobivanje prosječne recesijske krivulje.



Slika 1. Osnovni dijelovi hidrograma

Francuski fizičar Maillet je 1905. godine nakon dugogodišnjeg iskustva i iscrpnih analiza izveo jedan od najkorištenijh izraza za opisivanje krivulje recesije hidrogramaza vrijeme dugog sušnog razdoblja, eksponencijalnu funkciju oblika:

$$Q(t) = Q_0(t_0) * e^{-a(t-t0)}$$

gdje je:

Q(t) – protok u trenutku (t)

$Q_0(t_0)$ – protok u proizvoljnom trenutku t_0 koji prethodi trenutku t

e – baza prirodnog logaritma

a – koeficijent recesije čija je dimenzija (T^{-1})

$(t-t_0)$ – vrijeme trajanja recesije.

Vrijednosti koeficijenta recesije a ovise o retencijskim karakteristikama podzemnog rezervoara, odnonsno hidrogeološkim karakteristikama vodonosnika i njegovoj geometriji. U praksi se smatra da vrijednostima a reda veličine 10^{-2} odgovara brzo pražnjenje podzemnih kanala i pukotina, dok blaži nagib krivulje pražnjenja reda veličine 10^{-3} ukazuje na pražnjenje iz sitnih pukotina klastičnih ispuna šupljina u podzemlju.

Krivulja recesije se može prikazati u polu-logaritamskom mjerilu sa logaritmima protoka na ordinati i vremenom na apscisi. Ovim mjerilom trebala bi se dobiti recesijska krivulja kao ravna linija, međutim najčešće ona to nije zbog utjecaja padalina koje „remete“ idealnu recesijsku krivulju. U polu-logaritamskom prikazu koeficijent recesije a predstavlja nagib pravca. Što je pravac blaži to je vodonosnik manje propustan (s manjim podzemnim kanalima) . U realnom, prirodnom sustavu, recesijske krivulje su složenog oblika te se sastoje od više pravaca različitih nagiba.

2. NOVI PRISTUP ANALIZI KRIVULJE RECESIJE

Analiza otjecanja tijekom sušnog, odnosno bezoborinskog razdoblja je od iznimne važnosti u dizajnu građevina za zahvat vode, upravljanju vodnim resursima, te o pitanjima zaštite okoliša. U tom kontekstu, krivulja recesije ima značajnu ulogu u hidrološkoj analizi, dajući informacije o protoku tijekom dugog razdoblja suše. U ovom primjeru, krivulja recesije dobiva se izravno svakodnevnom serijom ispitivanja otjecanja koja uzima u obzir visoku varijabilnost u ponašanju pojedinih segmenata recesije. Sami statistički podatci ne ulijevaju nam sigurnost stoga novim metodama izvođenja krivulje recesije želimo doći do što točnijih podataka. Metoda se uspješno primjenjuje na tri važna talijanska porječja na južnim padinama istočnih Alpa.

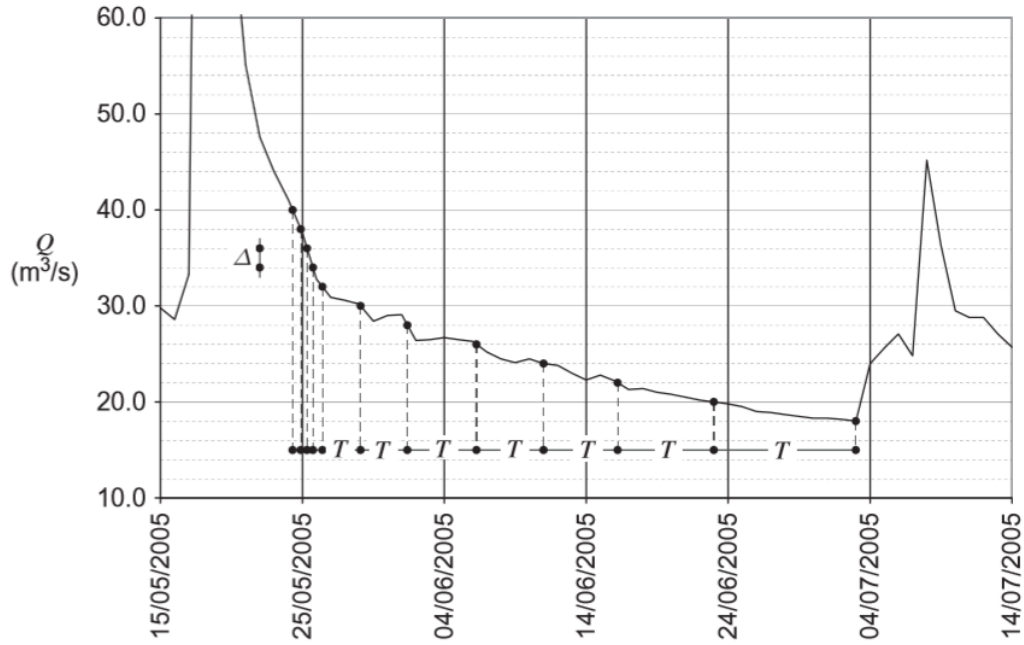
Hidro recesija istražuje odnos skladištenje - ispuštanje koji su ovisni o pretpostavci da predstavljaju proces recesije. Moore (1997), Wittenberg (1994, 1999) i Chapman (1999.), među ostalim, predlažu nekoliko jednadžbi recesije u oba, linearna i nelinearna oblika. Iako eksponencijalna funkcija recesije je prilično stara metoda, ova funkcija se i dalje naširoko koristi i može biti napisana u sljedećem obliku:

$$Qt = Q_0 \exp(-t/\tau) \tag{1}$$

gdje Q_t je protok u vremenu t, Q_0 je početno ispuštanje i τ je mjera recesije u vremenu t, odnosno srednja vrijednost u sustavu podzemnih voda, definirana kao omjer zapremljene vode i protoka; u nekim slučajevima zamijenjen je konstantom recesije, $k = 1 / \tau$. Kod recesijske krivulje tipičnog hidrograma postupno se smanjuje nagib, odnosno τ se postupno povećava. Dakle, recesija pokazuju da se opće nelinearno ponašanje, preko Taylorovog reda, može aproksimirati uslijed segmenata sljedeće jednadžbe. Prijelaz iz jednog segmenta u drugi je uglavnom postupan, tako da, u praksi, čak i pomoću polu logaritamskih grafova, to može biti zahtjevno za odabir točke promjene nagiba, kao i samog nagiba; i zbog aproksimacije u hidrološkom zapisu, trebaju se obradom podataka dobiti približna rješenja.

Za tu svrhu, sljedeći postupak je predložen ovdje, kako bi se definirala recesija u vremenskoj skali τ od promatranih hidrograma. Na slici 2. vidimo da interval istjecanja, Δ, između dvaju susjednih pragova, definirani vrstom istjecanja, moraju biti izabrani dovoljno mali

da bi se ispunila linearnost po Tayloru, ali veći od mjernih pogrešaka. Glavne značajke ispitivanih rijeka (Isonzo, Tagliamento i Brenta, poredane od istoka prema zapadu) su u tablici 1.



Slika 2. Hidrografskih podjela u odvodne razrede tijekom recesije i među-vrijeme dolaska

Dnevni podaci prikupljani su od službenih nacionalnih i regionalnih tijela. Svi bazeni su u alpskom okruženju, u području uglavnom šuma i travnjaka a u manjoj mjeri i škrte, neplodne zemlje. S obzirom na raspoložive podatke za ove rijeke i to da su izložene samo maloj uzvodnoj promjeni, one ne utječe osjetno na brzinu protoka . U odnosu na ovaj skup podataka, pogreška mjerenja je do 1 m^3/s, a protok je izabran u intervalu od 2 m^3/s, kao što je prikazano na slici 1.

River	Isonzo (Soča) at Canale (Kanal)	Tagliamento at Pioverno	Brenta at Sarson
Area (km^2)	1357	1888	1563
Maximum elevation (m a.s.l.)	2864	2780	3184
Average elevation (m a.s.l.)	1095	1164	1256
Outlet elevation (m a.s.l.)	90	227	112
Mean annual precipitation (mm)	2600	1800	1400
Maximum discharge (m^3/s)	2500	3600	2800
Mean annual discharge (m^3/s)	102	70	71
Minimum discharge (m^3/s)	17.1	15.4	17.9
Observation period considered	1923–1943	1952–1975 2004–2006	1923–1953

Tablica 1. Glavne karakteristike ispitivanja triju alpskih rijeka

Cjelokupni volumen vodotoka V koji se ispušta na izlazu sliva se obračunava od početka recesije, za svaki sljedeći protok, prema rekurzivnoj formuli:

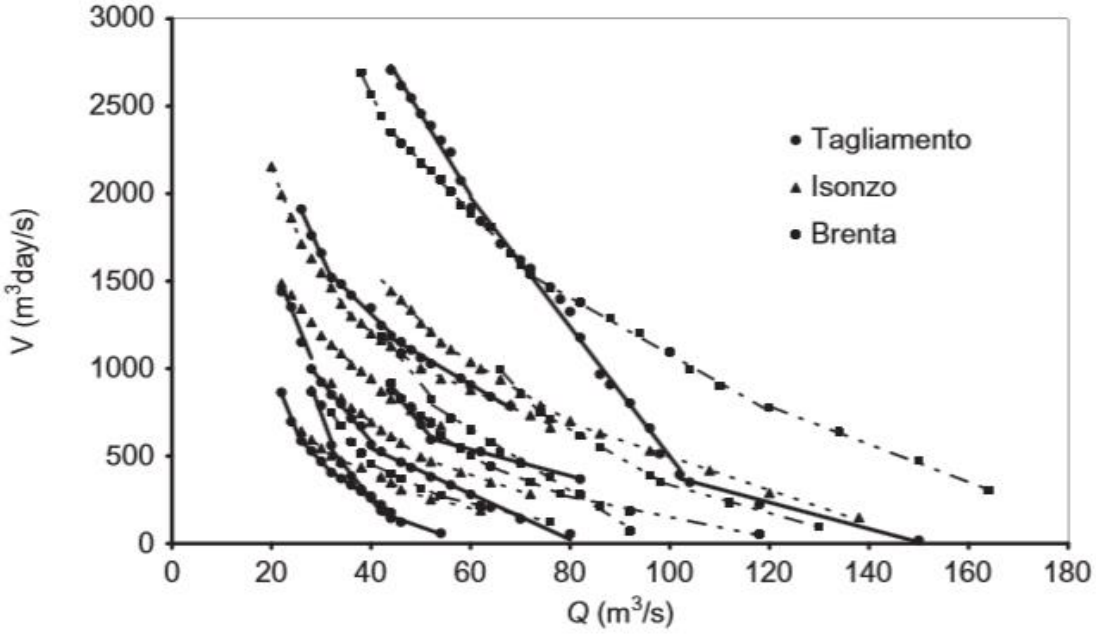
$$V_{Q-\Delta} = V_Q + (Q - \Delta/2) * T \quad (2)$$

pomoću (Q,T) podataka. Na slici 3. vidimo volumene dobivene jednadžbom (2) kao funkcije istjecanja (simboli), promatrajući lokalne ravne linije dokazujemo linearni odnos između količine i istjecanja.

Ta linearnost podrazumijeva postojanost u vrijeme recesije; u stvari, integracijom jednadžbe (1) između dva generička puta t1 i t2 (t1 <t2), kada su istjecanja Q1 i Q2, odnosno prirast cjelokupnog volumena vodotoka koji se ispušta V:

$$V_2 - V_1 = \tau (Q_1 - Q_2) \quad (3)$$

čiji je nagib definiran vremenskom konstantom τ, kao što je prikazano na slici 2. (ravne linije).



Slika. 3. Procjena recesije u vremenskoj skali τ za nekoliko recesijskih događaja; Simboli iz jednadžbe

(2), linije iz jednadžbe (3). Kumulativne količine protoka su izražene u m^3/s po danu, tako da su rezultati τ u danima.

Prema jednadžbi pomoću ravnih linija koje spajaju točke (Q, V) dobivene putem jednadžbe (2) procjenjujemo konstantu τ te dobivamo rezultat približan krivulji potrošnje (Sl. 3).

Zahtjev za podacima pokazuje da, u većini slučajeva, ravne linije prekoračuju jednu klasu pražnjenja, tako da τ možemo pretpostaviti kako je konstantna tijekom većine intervala istjecanja. Ova činjenica pokazuje da je ovo pogodan izbor za intervale istjecanja Δ, a aproksimacijom podataka u ukupnom ponašanju recesije eliminiramo oscilacije. Iz slike 3, može se uočiti da ovaj postupak djeluje kao filter podataka, što odgovara prosječnoj krivulji protoka, kako je definirano kod Tallaksena (1995) i Bako i Hunta (1988). Analiza podataka naglašava da su vrijednosti τ iste klase istjecanja različite za svaki događaj i značajnih su varijacija. Štoviše, promjene u τ događaju se različitim brzinama za različite hidrografske recesije (Sl. 2). Oba ova promatranja podržavaju dokaze o stohastičkoj prirodi recesijskog postupka, kao što je opisano u literaturi (Tallaksen 1995., Kottegoda et al. 2000., Krakauer i Temimi 2011.). Analiza vremena između prolazaka dopušta izvođenje determinističkog MRC na prilično jednostavan i automatski način. Za klasu i-tog istjecanja, imamo maksimalnu vrijednost τ_i , koja dovodi do vremena između prolazaka T_i prema sljedećoj jednadžbi:

$$T_i = \tau_i \, [\ln Q_i - \ln(Q_i - \Delta)] \tag{4}$$

koji daje maksimalno vrijeme dosljednosti u klasi između Q_i i Q_i - Δ. Dakle, MRC je izgrađen zbrojem tih vremena za svaki razred, počevši od t_0 gdje nam je poznata gornja granica najviše klase Q_0. Uzastopne točke u MRC, (t_i, Q_i), za i = 1, 2, ... dobivamo kao:

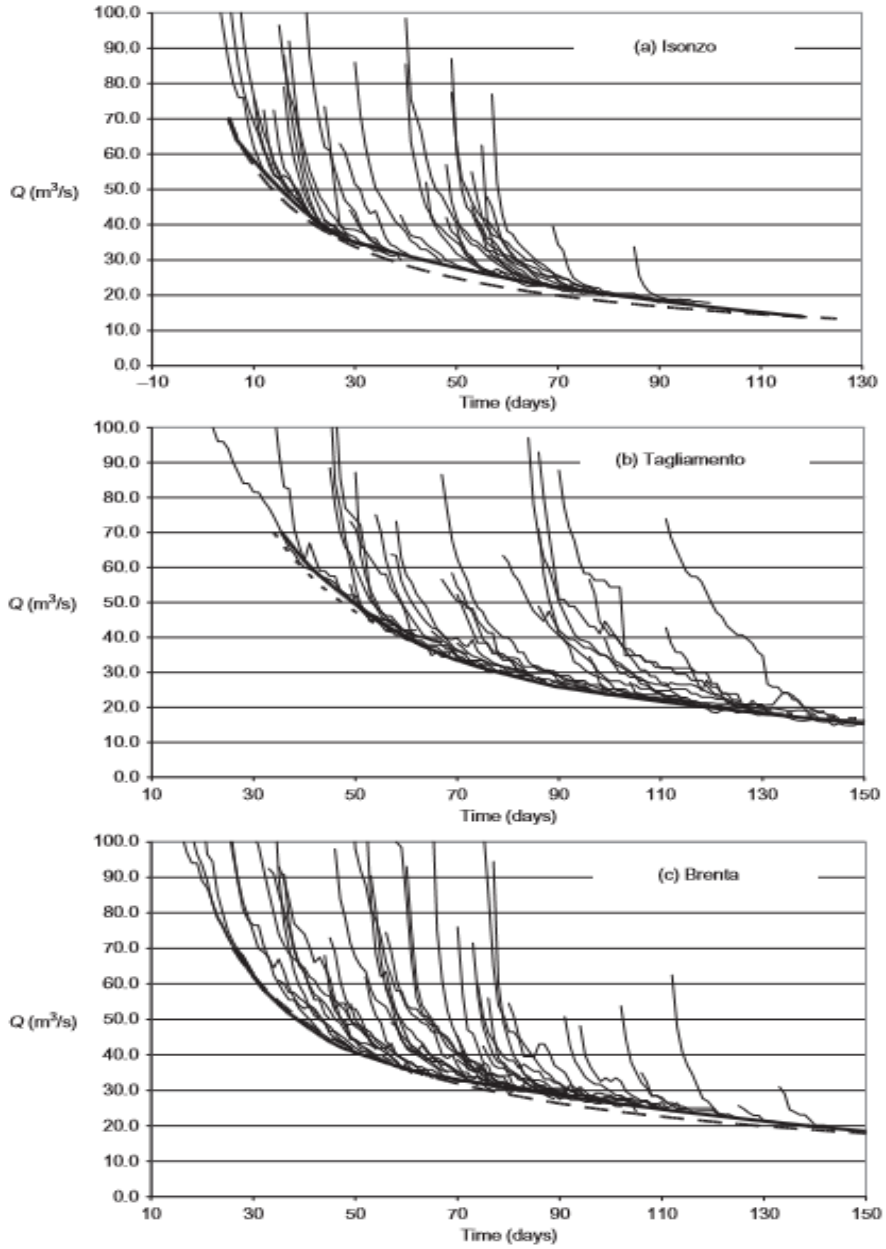
$$Q_i = Q_0 - i\Delta$$

$$t_i = t_0 + \sum_{k=0,1-i} T_k \tag{5}$$

Rezultati primjena ovih metoda su prikazani na slici 4 na tri glavne sjeveroistočne talijanske rijeke. Krivulje dobivene iz jednadžbi (5) preklapaju se s anvelopom pojedinačnih recesija dobivene metodom podudaranja linija, ali bez subjektivne procjene na rezultat pojedinačnih recesija. Iz slike 4, može se primijetiti da se pojedinačne promatrane recesije mogu

ispravno preklapati na kompjutorskom MRC-u, koji kvantitativno uključuje visoku varijabilnost koju susrećemo u recesijskom ponašanju pojedinih segmenata.

Predložena metoda za izvođenje u MRC pokazuje ovisnost dobivene krivulje sa dostupnim uzorcima recesije. Postavlja se pitanje hoće li se dobiti drugačija krivulja s novim podacima recesije. U tom kontekstu, maksimalna vrijednost τ koja se koristi u deterministčkom pristupu za izgradnju MRC treba biti zamijenjena vrijednosti koje će odgovarati razini vjerojatnosti.



Slika 4. Master recesijske krivulje za: (a) rijeku Isonzo na Canale, (b) rijeku Tagliamento na Pioverno, i (c) rijeku Brenta na Sarson: recesija uređena prema metodi podudaranje trake (tanka puna crta); deterministički pristup (podebljano puna crta); stohastički pristup (podebljano isprekidana linija).

Za potrebe analize ovih varijabilnost, vrijeme između dolaska prijelaza, što je izvedeno iz jedne recesijske krivulje, se gleda kao slučajna varijabla. Dakle, za svaki razred istjecanja, lokalna recesijska vremenska skala τ se također pretpostavlja kao slučajna varijabla, karakterizirana distribucijom vjerojatnosti da bi se definirala statistička analiza podataka. S

obzirom na ovdje ispitivane rijeke, eksponencijalna distribucija se čini dobra za opisivanje slučajnosti u τ, u primjeni kod rijeke Tagliamento. Nadalje, eksponencijalna se koristi u analizi vremena zadržavanja u nekoliko fizikalnih procesa i, osobito, u površinskoj hidrologiji. Međutim, bilo koja matična distribucija može biti usvojena bez gubitka općenitosti u konceptualnom postupku. S obzirom na dva parametra eksponencijalne kumulativne distribucijske funkcije (CDF) od τ za svaku klasu istjecanja vrijedi:

$$F(\tau;t_0,\alpha) = 1-\exp\left(\frac{-\tau-t0}{\alpha}\right) \qquad \tau \geq t_0 \qquad (6)$$

procjena raspodjele parametara (parametar mjere, α i minimalna vrijednost, T_0) može se postići metodom momenata prema:

$$\alpha = \sigma(\tau)$$

$$t_0 = \tau^l - \alpha \qquad (7)$$

gdje je τ^l prosječna vrijednost τ i σ(τ) je njegova standardna devijacija.

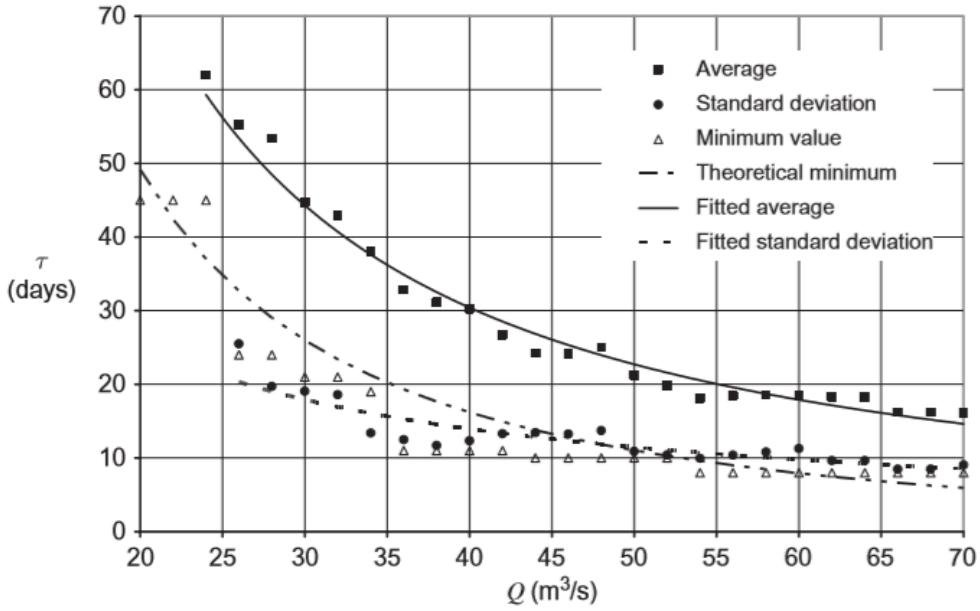
Za sve recesijske primjere, vrijednost τ za svaku klasu istjecanja se ocjenjuje u skladu s postupkom koji je prikazan na slici 3 (jednadžbe (2) i (3)). Prikupljanjem τ vrijednosti za svaku klasu istjecanja, skupljeni uzorak dovodi do procjene statističkih momenata τ^l i σ (τ). Na slici 5, promatrane statistike (prosjek, standardna devijacija i najmanja vrijednost) od τ iskazuju se kao funkcija istjecanja za rijeku Tagliamento, i pokazuju prilično regularan primjer koji može biti adekvatno primjenjen (u ovom slučaju, preko linearnih najmanjih kvadrata na logaritmima) energetskim funkcijama:

$$\tau^l = aQ^b$$

$$\sigma(\tau) = cQ^d \qquad (8)$$

Procijenjene vrijednosti a, b, c i d su navedene u tablici 2 za sve rijeke prikazane u tablici 1, a mogu se koristiti za dobivanje parametara distribucije u jednadžbi (7) kao funkcije istjecanja, u rasponu promatranih vrijednosti istjecanja, otprilike 10 do 100 m3/s.

Slika 5 također izvještava da ponašanje t_0, izračunato iz jednadžbe (7), u usporedbi s promatranim minimumom, pokazuje dovoljno dobro slaganje.



Slika 5. Vremenska recesija razmjera statistike za rijeku Tagliamento na Piovernu, kao funkcija isctjecanja.

	$\bar{\tau}$ (d)			σ (τ) (d)		
	a	*b*	R^2	*c*	*d*	R^2
Isonzo (Soča) at Canale (Kanal)	1039	−1.052	0.962	2448	−1.501	0.764
Tagliamento at Pioverno	3781	−1.307	0.976	351	−0.875	0.845
Brenta at Sarson	2168	−1.159	0.936	3981	−1.483	0.871

Tablica 2. Regresijski koeficijenti u jednadžbi (8).

Postojanje ove minimalne vrijednosti osigurano je pohranom balansirane jednadžbe. Jednadžba (6) može iznijeti vrijednost τ odgovarajući određenoj razini vjerojatnosti P za svaki razred, kao:

$$\tau = t_0(Q) + \alpha(Q) \ln(\frac{1}{1-P}) \quad (9)$$

gdje se CDF parametri t_0 i α mogu promatrati kao poznate funkcije istjecanja, dobivene kombiniranjem jednadžbe (7) i (8).

Postupak temeljem uzorka usvojen u Odjeljku 2 za izvođenje u MRC mora se tumačiti u okvirima ovog stohastičkog pristupa. Umjesto maksimalne vrijednosti iz uzorka, analog populacije predstavljen je ekstremnim vrijednostima razine vjerojatnosti. Imajući u vidu da je

MRC izgrađen prikupljanjem recesijskih segmenata koji pripadaju različitim, samim time i međusobno neovisnim događajima, jednadžba (9) može se primijeniti na svaku klasu pojedinačno, uz pretpostavku iste P vrijednosti. Prema ovoj shemi, iz dnevnog istjecanja Qt, s obzirom na vrijeme t = 0, MRC od dodijeljene vjerojatnosti P je dobiven u jednodnevnim koracima, od ponavljanja postupka opisanog odnosom:

$$Q_{t+1} = Q_t \exp(-\frac{1}{\tau}) \quad (10)$$

gdje je Q_{t+1} srednja vrijednost istjecanja u uzastopnom danu i τ (d), ovisno o istjecanju, dobiva se putem jednadžbe (9).

Iz statističke točke gledišta, MRC može biti definirana kao zbirka jednako vjerojatnih protoka u sušnom razdoblju . U tom smislu, deterministički koncept MRC mora biti izmijenjen. Iako su u fizičkom odnosu istjecanje i skladištenja vode, varijabilnost u početnim i rubnim uvjetima čini njegovu pretragu nerealnom u smislu jedinstvene determinističke funkcije. U radu se analizira proces izgradnje MRC iz dostupnih recesijskih hidrograma. Predložena metoda koristi grube hidrograme izravno, bez potrebe za cenzurom ili prilagodbom, i pruža temeljni MRC. Polazeći od ove analize, predstavljen je stohastički razvoj, kako bi se tretirale nesigurnosti zbog varijabilnosti u pojedinim recesijskim značajkama, mjerne pogreške i uzorkovanje podataka. Kao rezultat ove analize, novog koncepta MRC, proizlazi, da se javljaju jednake vjerojatnosti istjecanja zbog suše, tako naglašavajući granice ugrađene u deterministički pristup na temelju odnosa skladištenje-istjecanje. Data je definicija stupnja pogreške i napravljen je još snažniji MRC, uzimajući izravno u obzir izvore varijabilnosti u fizičkom procesu suše i tijeka proizvodnje. Dakle, racionalno objašnjenje je uvjetovano promatranim raspršivanjem u odnosu između istjecanja i gradijenta istjecanja. Predloženi pristup se također može koristiti kao klasifkacijski kriterij stvarne recesije, što može pomoći u stvaranju još snažnije prognoze prema poznatim postupcima u literaturama. Kriterij opisan ovdje je pogodan za poboljšanje raspodjele vodnih resursa u kontekstu pitanja zaštite okoliša.

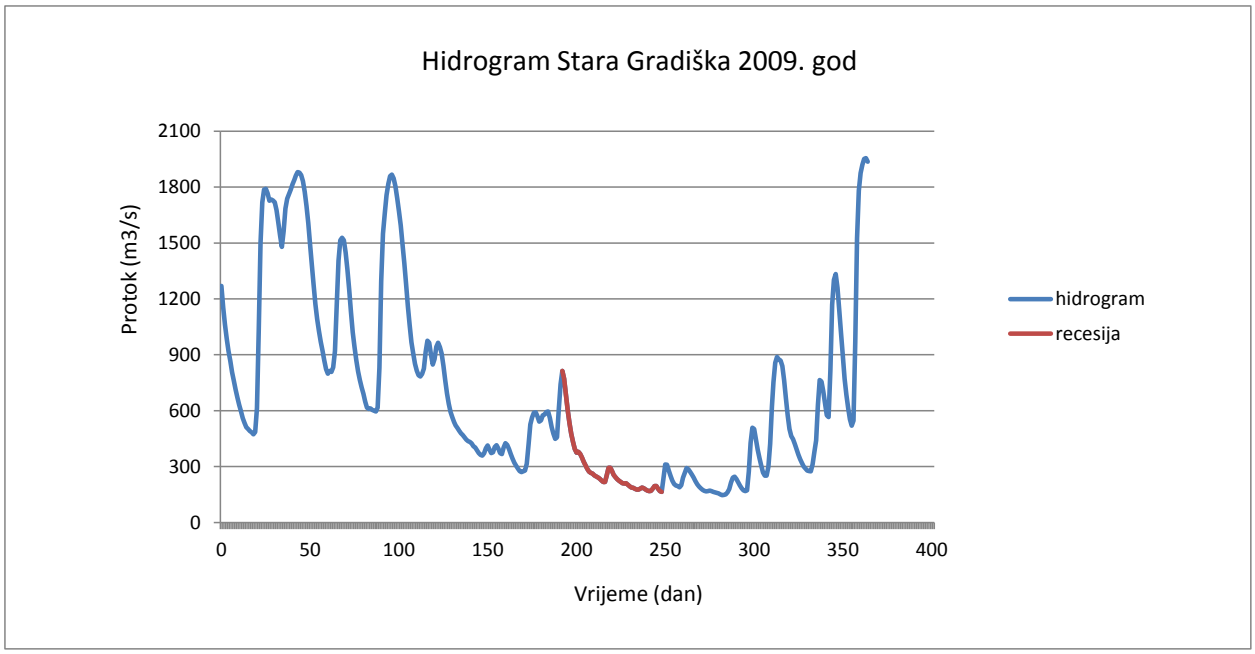
3. HIDROLOŠKA ANALIZA PROTOKA TRIJU HRVATSKIH RIJEKA (SAVA, UNA, KUPA) U RAZDOBLJU 2009. – 2011. GODINE

SAVA - STARA GRADIŠKA 2009

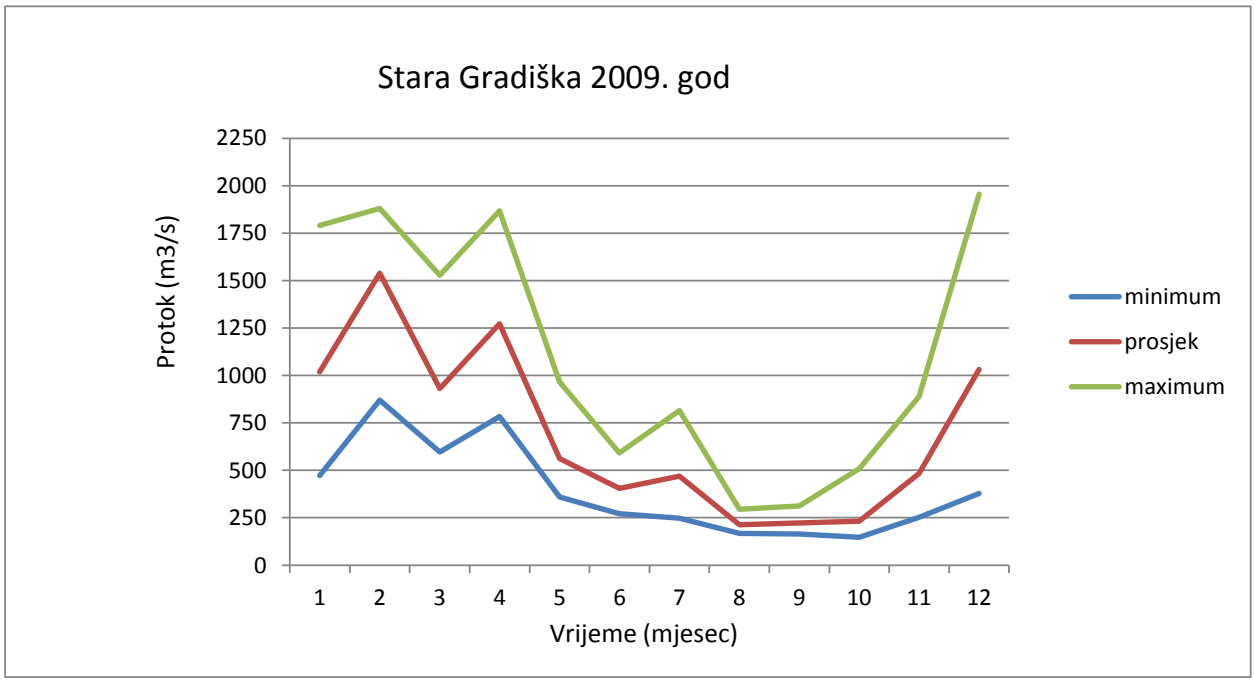
DATUM	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	1269	1676	823	1295	878	392	576	242	182	167	304	378
2	1155	1610	798	1550	943	372	580	235	196	168	268	441
3	1063	1541	813	1657	965	376	593	226	195	171	252	631
4	987	1479	808	1757	942	405	596	217	181	169	252	765
5	920	1564	832	1816	906	415	561	217	169	165	299	757
6	868	1684	920	1859	841	397	511	254	164	162	421	705
7	807	1738	1167	1867	763	372	476	294	236	159	623	639
8	761	1762	1405	1847	693	367	449	294	312	156	754	576
9	713	1787	1514	1804	636	402	457	275	310	151	857	566
10	670	1815	1528	1741	593	425	606	256	279	147	889	814
11	631	1839	1515	1670	565	416	742	243	250	148	875	1169
12	597	1861	1449	1593	539	394	814	232	224	151	870	1302
13	560	1880	1358	1492	521	367	771	224	206	161	840	1333
14	534	1878	1250	1392	507	342	687	217	199	179	763	1260
15	512	1864	1129	1279	493	321	604	210	195	215	667	1139
16	502	1831	1020	1160	479	305	534	209	189	241	575	1015
17	491	1775	941	1060	469	290	476	211	200	246	502	895
18	484	1698	871	967	457	276	432	203	240	234	464	772
19	473	1607	811	907	445	271	394	194	267	216	447	686
20	485	1493	764	852	437	275	375	188	292	198	421	615
21	614	1383	725	815	433	279	380	186	286	184	393	554
22	1030	1275	691	790	424	315	368	181	272	173	365	519
23	1499	1171	649	784	410	417	349	176	257	168	340	547
24	1719	1091	616	797	402	527	326	176	241	173	319	969
25	1787	1027	609	826	388	564	307	182	222	273	301	1526
26	1791	970	612	916	373	589	288	187	205	427	289	1781
27	1766	922	604	976	363	592	273	184	193	509	279	1875
28	1727	870	600	964	359	570	267	177	183	502	276	1920
29	1733		596	901	371	541	262	171	175	446	275	1951
30	1728		616	848	398	548	253	168	170	390	312	1955
31	1719		830		414		247	170		345		1936
DATUM												
MIN	473	870	596	784	359	271	247	168	164	147	252	378
PROSJEK	1019,2	1539,0	931,1	1272,7	561,5	404,1	469,5	212,9	223,0	232,1	483,1	1032,0
MAX	1791	1880	1528	1867	965	592	814	294	312	509	889	1955
DATUM												

2009		
MIN	PROSJEK	MAX
147	692,6	1955
10.10.2009.		30.12.2009.

Tablica 3. Količina protoka rijeke Save na mjernoj postaji Stara Gradiška u razdoblju od 1.1.2009. do 31.12.2009.



Slika 6. Hidrogram otjecanja rijeke Save na postaji Stara Gradiška za 2009. godinu

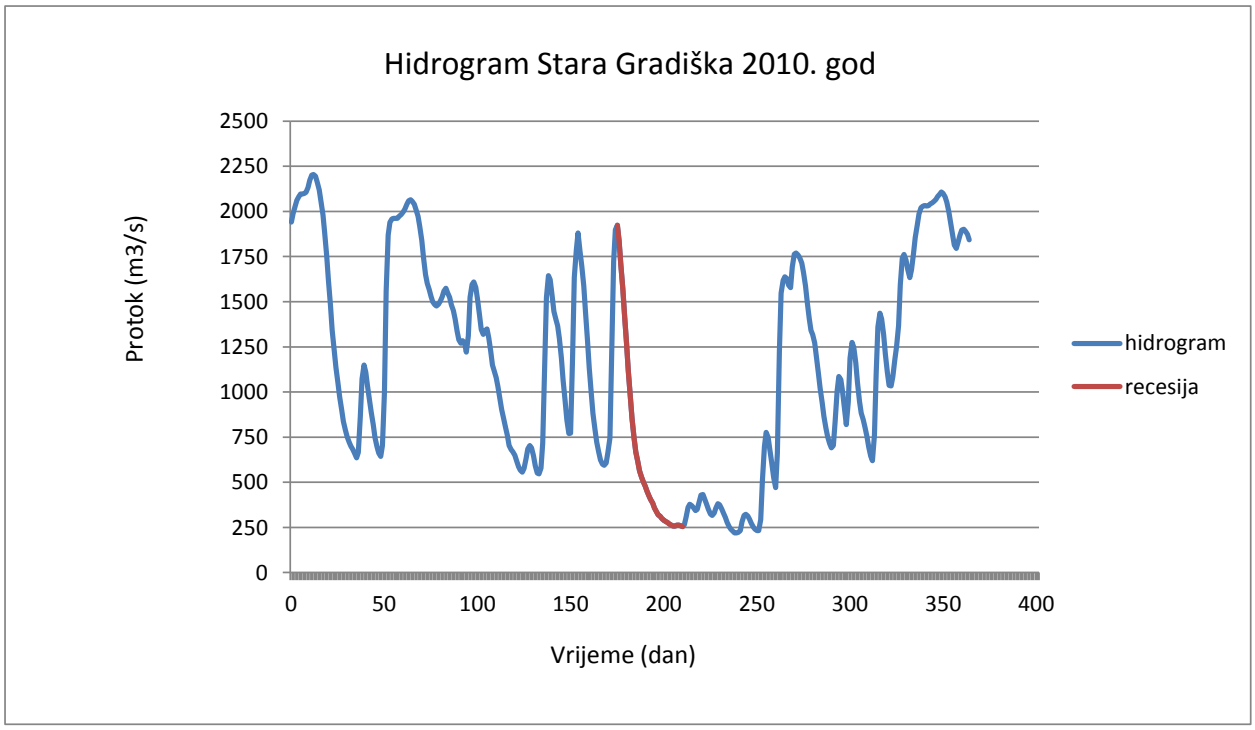


Slika 7. Minimalni, maksimalni te prosječni mjesečni protok rijeke Save na postaji Stara Gradiška za 2009. godinu

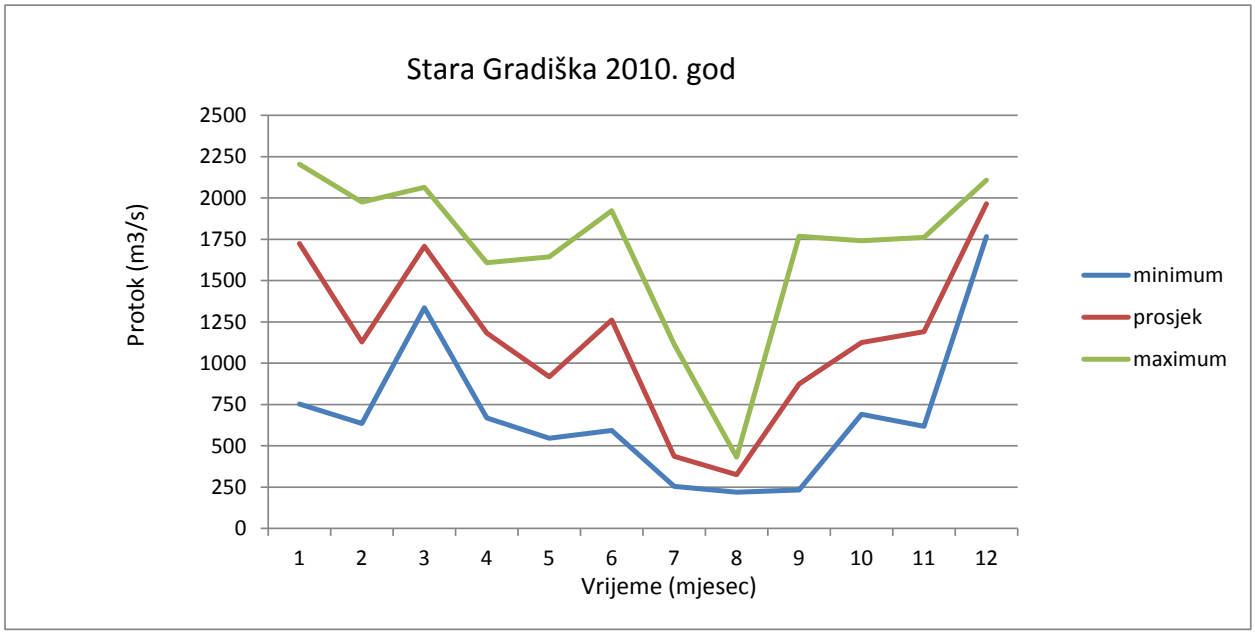
SAVA - STARA GRADIŠKA 2010												
DATUM	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	1941	722	1983	1289	649	1193	1116	306	317	1742	1051	1766
2	1988	700	1996	1270	620	1635	975	361	322	1714	948	1855
3	2029	681	2012	1284	586	1785	853	379	313	1662	882	1924
4	2062	660	2039	1271	567	1881	746	370	296	1587	846	1985
5	2083	635	2059	1221	556	1777	669	359	273	1498	805	2020
6	2096	666	2065	1310	577	1699	614	344	253	1407	752	2029
7	2097	865	2055	1524	631	1588	564	350	240	1341	696	2033
8	2100	1073	2040	1595	685	1443	529	392	233	1317	645	2030
9	2106	1150	2010	1609	703	1284	503	429	233	1272	619	2031
10	2133	1109	1973	1580	691	1134	478	432	292	1194	761	2041
11	2173	1033	1916	1515	646	994	452	407	512	1102	1101	2047
12	2202	954	1840	1426	592	880	425	377	698	1020	1361	2055
13	2205	887	1745	1346	551	793	404	349	777	941	1436	2067
14	2195	820	1651	1319	546	722	384	325	748	865	1404	2083
15	2162	748	1601	1339	578	667	357	317	678	800	1318	2095
16	2119	697	1566	1349	716	624	337	329	601	753	1210	2108
17	2056	663	1530	1301	1154	600	320	357	527	715	1108	2099
18	1980	643	1500	1225	1524	594	312	382	471	691	1036	2081
19	1879	703	1484	1150	1644	606	299	375	660	704	1034	2051
20	1752	999	1476	1118	1622	665	290	353	1222	834	1084	1998
21	1617	1560	1485	1080	1530	744	283	331	1548	1003	1179	1939
22	1481	1869	1501	1031	1446	1199	277	306	1618	1086	1251	1871
23	1341	1940	1527	962	1402	1724	269	279	1638	1069	1367	1814
24	1232	1959	1558	903	1367	1898	262	255	1629	1002	1593	1795
25	1137	1961	1574	852	1297	1924	257	240	1592	903	1743	1829
26	1051	1961	1549	808	1189	1837	257	229	1577	820	1761	1869
27	973	1961	1523	759	1066	1705	262	220	1693	947	1730	1897
28	902	1975	1482	704	951	1570	263	219	1763	1187	1677	1901
29	836		1451	682	846	1424	260	223	1769	1275	1633	1891
30	789		1405	669	770	1266	255	233	1758	1248	1676	1873
31	753		1336		772		264	282		1162		1843
DATUM												
MIN	753	635	1336	669	546	594	255	219	233	691	619	1766
PROSJEK	1724,8	1128,4	1707,5	1183,0	918,5	1261,8	436,6	326,1	875,0	1124,5	1190,2	1965,2
MAX	2205	1975	2065	1609	1644	1924	1116	432	1769	1742	1761	2108
DATUM												

2010		
MIN	PROSJEK	MAX
219	1154,0	2205
28.8.2010.		13.1.2010.

Tablica 4. Količina protoka rijeke Save na mjernoj postaji Stara Gradiška u razdoblju od 1.1.2010. do 31.12.2010.



Slika 8. Hidrogram otjecanja rijeke Save na postaji Stara Gradiška za 2010. godinu



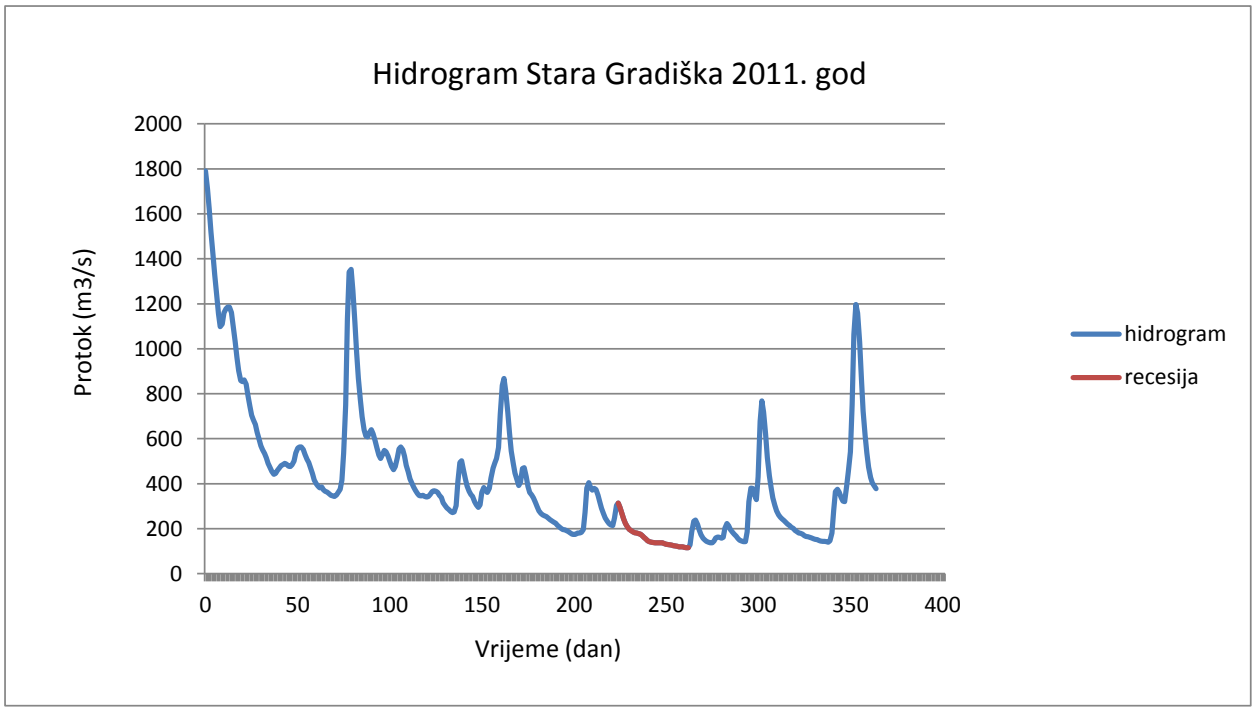
Slika 9. Minimalni, maksimalni te prosječni mjesečni protok rijeke Save na postaji Stara Gradiška za 2010. godinu

SAVA - STARA GRADIŠKA 2011

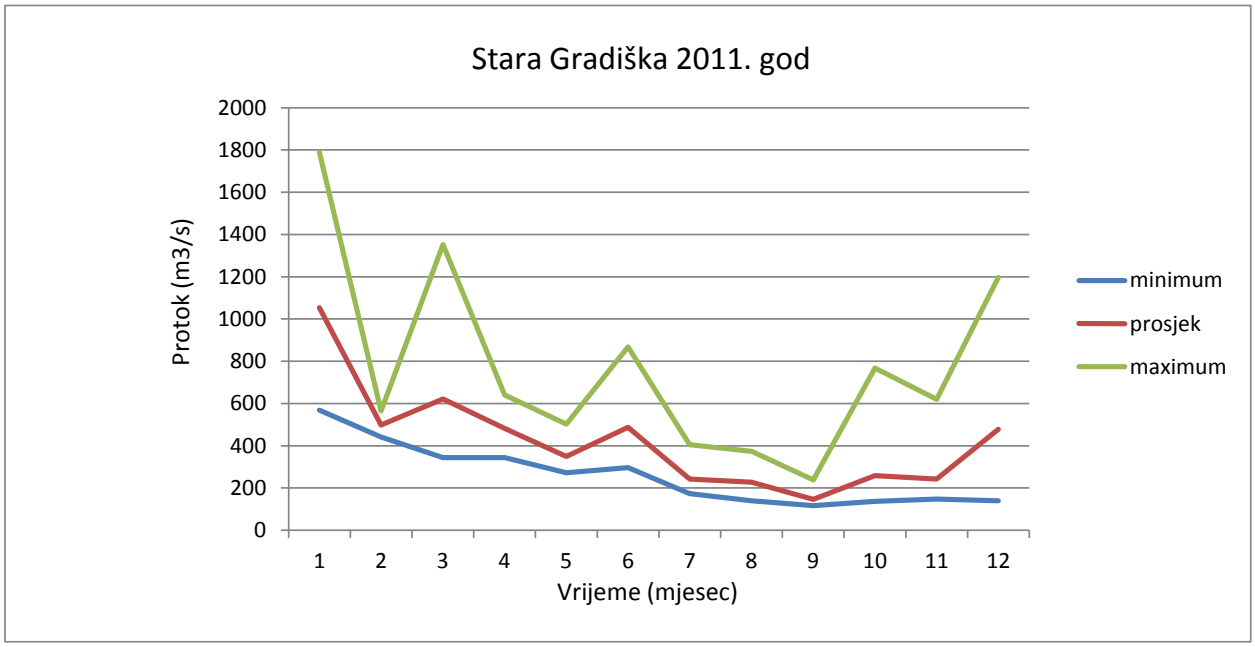
DATUM	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	1790	551	416	640	341	383	279	374	139	140	620	145
2	1710	534	400	622	343	369	268	349	138	137	516	144
3	1620	515	389	592	352	361	262	319	137	137	435	144
4	1518	491	382	561	365	379	258	291	137	145	383	142
5	1418	471	386	528	369	427	254	267	138	159	337	140
6	1328	455	373	512	367	469	248	248	138	163	304	146
7	1236	442	366	528	361	492	240	233	134	162	280	181
8	1156	446	363	548	348	513	235	223	131	158	262	281
9	1098	458	356	542	338	561	230	217	130	162	252	365
10	1110	470	349	523	315	710	224	214	128	203	244	376
11	1160	480	346	500	302	837	216	247	127	223	236	363
12	1178	485	344	478	292	868	208	304	125	213	228	339
13	1185	490	350	462	286	810	201	314	124	196	221	323
14	1185	487	361	476	277	719	196	295	122	185	214	321
15	1161	478	375	515	272	626	195	267	120	176	207	390
16	1101	477	417	554	275	546	191	242	120	167	201	456
17	1030	484	537	563	303	490	187	223	119	157	193	542
18	962	501	749	551	409	447	181	208	117	149	187	751
19	903	537	1131	522	495	418	176	198	116	145	181	1064
20	859	559	1342	482	502	392	174	191	116	142	180	1197
21	854	564	1353	452	464	406	176	186	128	143	176	1158
22	861	563	1260	422	421	467	181	182	187	186	170	1030
23	843	552	1117	401	390	471	181	181	234	321	166	872
24	794	530	983	385	367	432	183	179	238	380	164	724
25	744	508	869	370	352	388	196	176	219	379	162	615
26	704	494	772	356	344	361	273	170	194	353	159	537
27	684	472	698	347	321	350	381	162	173	330	156	474
28	663	444	639	346	306	337	405	154	158	430	153	428
29	629		612	348	295	317	383	147	150	677	151	403
30	597		608	344	307	297	372	143	144	768	148	389
31	569		629		361		379	140		718		378
DATUM												
MIN	569	442	344	344	272	297	174	140	116	137	148	140
PROSJEK	1053,2	497,8	621,7	482,3	349,7	488,1	243,0	227,2	146,0	258,2	242,9	478,0
MAX	1790	564	1353	640	502	868	405	374	238	768	620	1197
DATUM												

2011		
MIN	PROSJEK	MAX
116	424,3	1790
19.9.2011.		1.1.2011.

Tablica 5. Količina protoka rijeke Save na mjernoj postaji Stara Gradiška u razdoblju od 1.1.2011. do 31.12.2011.



Slika 10. Hidrogram otjecanja rijeke Save na postaji Stara Gradiška za 2011. godinu



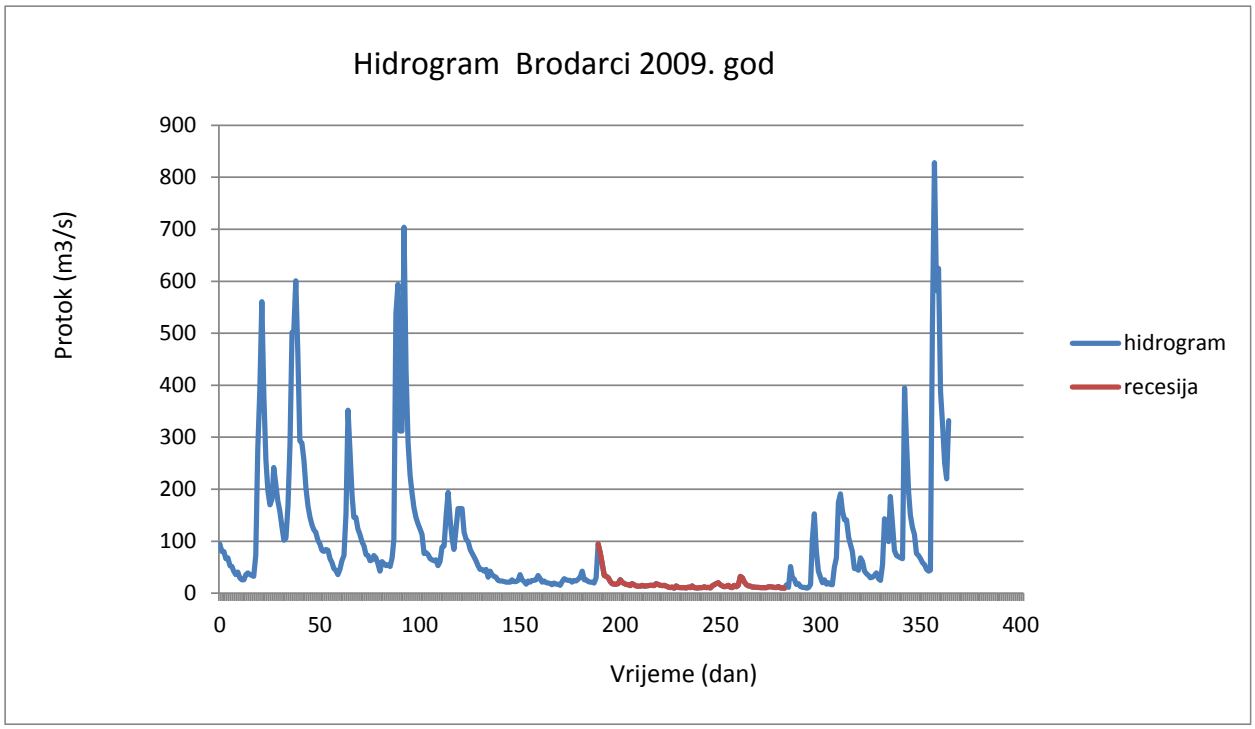
Slika 11. Minimalni, maksimalni te prosječni mjesečni protok rijeke Save na postaji Stara Gradiška za 2011. godinu

KUPA - BRODARCI 2009

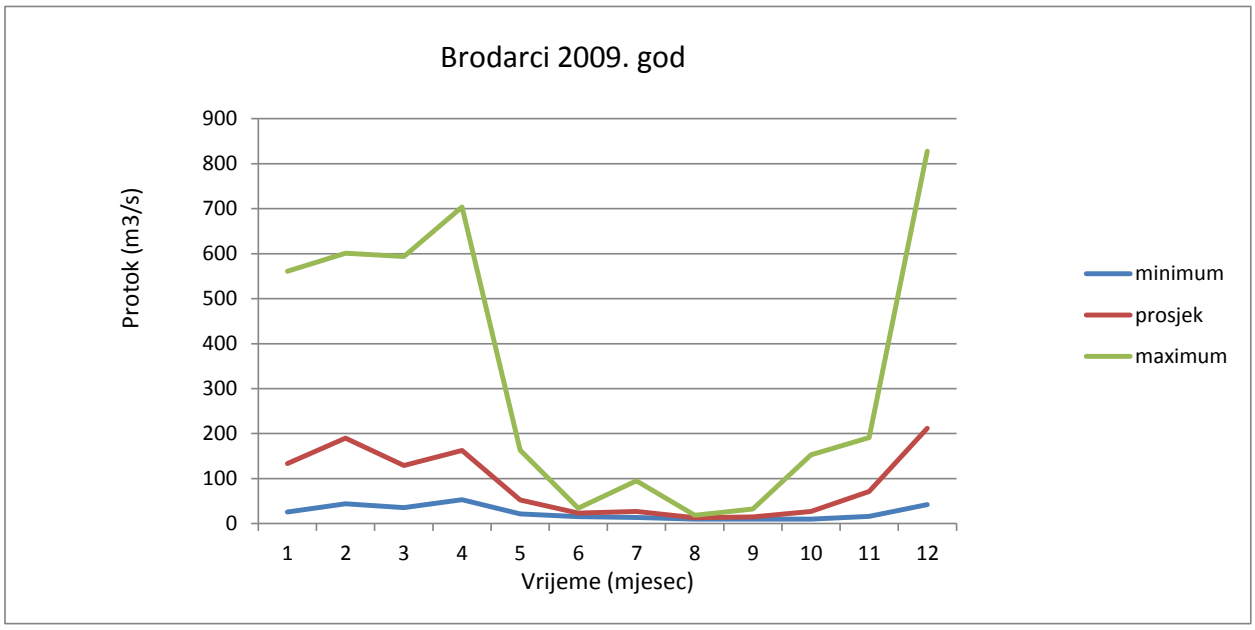
DATUM	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	95,1	129	35,7	312	163	25,7	42,4	13,5	11	10,5	20,3	99,5
2	80,4	102	45,9	312	163	22,3	25,7	14,1	11,4	12,4	16,9	186
3	80,4	106	62,5	704	117	17,7	25,7	14,7	10,1	12,4	16,1	136
4	66,4	168	72,3	427	104	23,4	22,3	15,4	14,1	11,9	49,5	82,5
5	68,3	285	153	289	99,5	21,3	21,3	15,4	16,1	11,4	68,3	72,3
6	53,1	502	352	226	84,5	24,5	21,3	14,7	18,5	10,5	175	70,3
7	51,3	502	271	191	76,3	24,5	19,4	18,5	20,3	12,9	191	68,3
8	42,4	601	188	165	70,3	25,7	29,6	16,9	16,1	10,1	158	66,4
9	35,7	462	146	146	62,5	34,1	95,1	15,4	14,1	10,1	141	395
10	40,7	293	146	134	53,1	28,2	78,3	14,7	12,4	9,75	141	285
11	29,6	289	124	124	45,9	21,3	56,8	15,4	13,5	16,1	108	194
12	25,7	256	113	113	45,9	23,4	34,1	13,5	15,4	11,4	95,1	150
13	25,7	202	99,5	76,3	42,4	20,3	32,5	11,9	11,4	51,3	80,4	127
14	35,7	168	90,9	78,3	45,9	19,4	29,6	10,5	10,5	31	47,7	113
15	39	146	74,3	74,3	31	18,5	22,3	11,9	15,4	26,9	47,7	76,3
16	35,7	131	72,3	66,4	42,4	16,1	18,5	9,75	12,4	16,9	44,2	72,3
17	34,1	122	62,5	64,4	35,7	19,4	17,7	14,1	15,4	18,5	68,3	66,4
18	32,5	117	64,4	62,5	32,5	17,7	17,7	11,4	32,5	12,9	60,6	58,7
19	72,3	102	72,3	64,4	31	17,7	18,5	11	29,6	11,4	42,4	54,9
20	278	95,1	68,3	53,1	24,5	15,4	25,7	10,5	21,3	11,4	37,3	45,9
21	390	82,5	56,8	60,6	23,4	22,3	21,3	10,5	16,1	9,75	34,1	42,4
22	561	80,4	42,4	88,7	23,4	28,2	18,5	10,1	14,1	10,5	29,6	44,2
23	378	84,5	60,6	90,9	22,3	25,7	16,9	11,9	13,5	16,9	31	516
24	256	82,5	56,8	148	21,3	24,5	16,1	11	11,9	102	34,1	828
25	196	66,4	53,1	194	21,3	24,5	14,7	14,1	11,9	153	39	582
26	170	58,7	54,9	141	21,3	21,3	18,5	11	11,4	80,4	28,2	625
27	181	47,7	51,3	104	25,7	24,5	16,1	10,1	11,4	42,4	24,5	387
28	242	44,2	68,3	84,5	22,3	23,4	14,1	10,1	10,5	31	54,9	324
29	210		104	122	22,3	26,9	13,5	10,5	10,5	20,3	143	251
30	178		537	163	24,5	31	13,5	11	11	25,7	106	220
31	158		594		35,7		15,4	12,4		17,7		332
DATUM												
MIN	25,7	44,2	35,7	53,1	21,3	15,4	13,5	9,75	10,1	9,75	16,1	42,4
PROSJEK	133,6	190,2	128,8	162,6	52,7	23,0	26,9	12,8	14,8	26,8	71,1	212,0
MAX	561	601	594	704	0	34,1	95,1	18,5	32,5	153	191	828
DATUM												

2011		
MIN	PROSJEK	MAX
9,75	87,3	828
16.8.2009.		24.12.2009.

Tablica 6. Količina protoka rijeke Kupe na mjernoj postaji Brodarci u razdoblju od 1.1.2009. do 31.12.2009.



Slika 12. Hidrogram otjecanja rijeke Kupe na postaji Brodarci za 2009. godinu



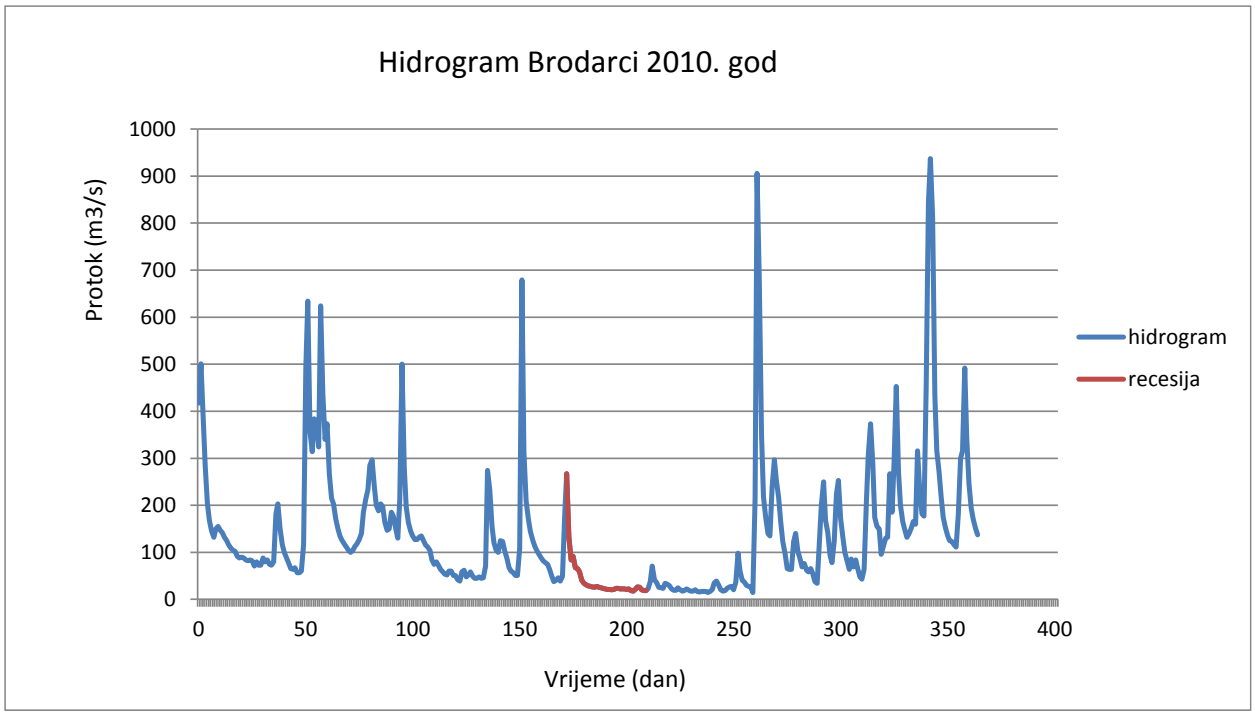
Slika 13. Minimalni, maksimalni te prosječni mjesečni protok rijeke Kupe na postaji Brodarci za 2009. godinu

KUPA - BRODARCI 2010

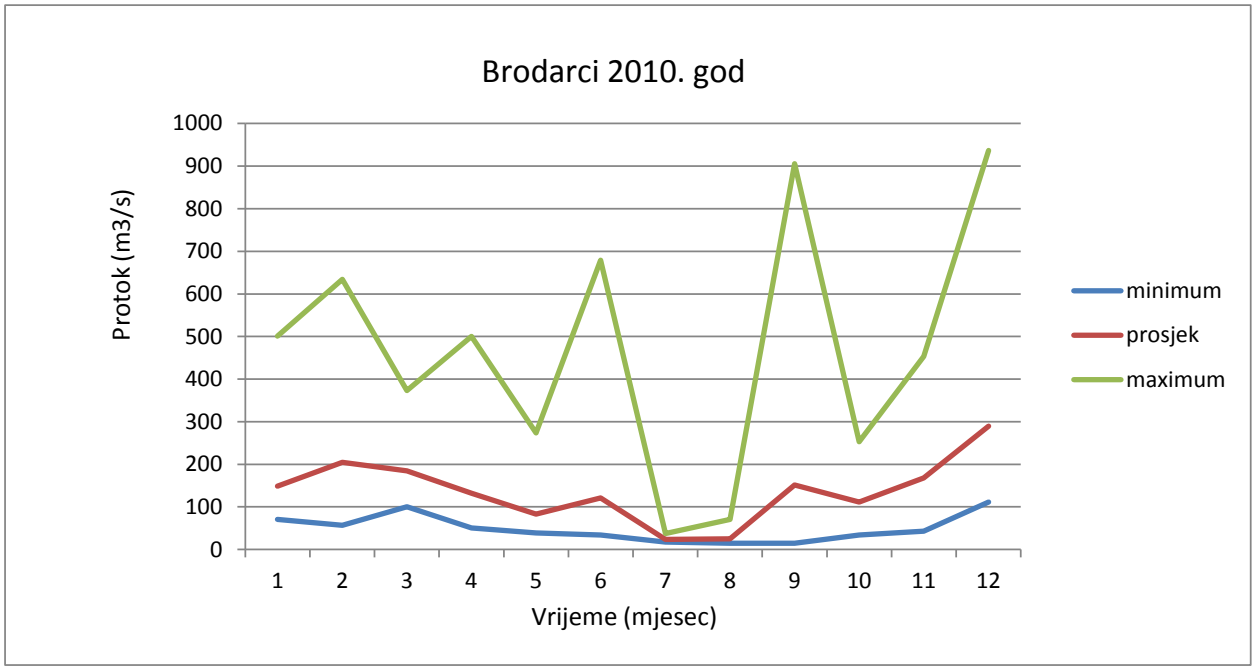
DATUM	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	417	79,9	340	185	50,6	679	31,3	70,6	30,1	123	63,6	166
2	501	83,8	373	177	41,8	315	28,9	41,8	20,3	98	85,8	160
3	398	74,3	267	152	39	209	27,7	35,1	17,7	65,3	68,8	316
4	285	72,5	215	130	58,6	171	26,6	25,5	18,5	63,6	83,8	230
5	203	79,9	203	212	61,9	145	25,5	24,4	23,3	63,6	65,3	182
6	168	182	171	500	47,6	127	27,7	23,3	26,6	123	47,6	177
7	145	203	150	282	52,1	113	25,5	33,8	27,7	140	43,2	453
8	132	150	135	197	58,6	104	24,4	32,5	20,3	102	63,6	843
9	150	116	125	163	49,1	95,9	23,3	28,9	36,4	85,8	206	937
10	155	100	118	145	44,6	87,8	22,3	22,3	98	68,8	308	813
11	147	87,8	111	135	44,6	81,9	21,3	19,4	60,2	76,1	373	433
12	142	78	104	127	47,6	78	21,3	19,4	40,4	61,9	289	315
13	132	65,3	100	127	44,6	74,3	20,3	24,4	36,4	58,6	174	271
14	125	63,6	104	132	46,1	63,6	21,3	20,3	30,1	65,3	155	215
15	116	67,1	113	135	70,6	49,1	23,3	17,7	27,7	55,3	150	174
16	109	56,9	118	125	274	37,7	23,3	18,5	25,5	37,7	95,9	152
17	104	56,9	127	116	233	40,4	22,3	22,3	14,7	33,8	113	135
18	102	60,2	140	111	155	46,1	22,3	19,4	215	111	130	125
19	91,8	116	185	104	120	39	22,3	17,7	906	200	132	123
20	87,8	492	212	83,8	104	49,1	21,3	17,7	679	250	267	116
21	89,8	634	233	74,3	100	179	22,3	20,3	351	168	185	111
22	87,8	356	285	79,9	125	267	18,5	16,9	218	142	289	182
23	83,8	314	297	72,5	123	132	17,7	15,4	174	93,9	453	300
24	81,9	384	240	63,6	104	83,8	21,3	16,9	140	78	271	316
25	83,8	377	200	58,6	87,8	91,8	26,6	16,9	135	123	200	492
26	81,9	324	188	53,7	67,1	67,1	25,5	16,9	240	224	166	344
27	70,6	624	203	52,1	60,2	65,3	20,3	14,7	297	253	147	246
28	79,9	435	197	60,2	56,9	58,6	18,5	16,9	253	171	132	194
29	72,5		163	60,2	50,6	40,4	18,5	21,3	218	132	140	171
30	72,5		147	50,6	50,6	33,8	22,3	35,1	163	100	152	152
31	87,8		150		109		37,7	39		81,9		137
DATUM												
MIN	70,6	56,9	100	50,6	39	33,8	17,7	14,7	14,7	33,8	43,2	111
PROSJEK	148,5	204,8	184,3	132,2	83,1	120,8	23,6	24,7	151,4	111,3	168,3	289,7
MAX	501	634	373	500	274	679	37,7	70,6	906	253	453	937
DATUM												

2010		
MIN	PROSJEK	MAX
14,7	136,3	937
27.8.2010.		9.12.2010.

Tablica 7. Količina protoka rijeke Kupe na mjernoj postaji Brodarci u razdoblju od 1.1.2010. do 31.12.2010.



Slika 14. Hidrogram otjecanja rijeke Kupe na postaji Brodarci za 2010. godinu



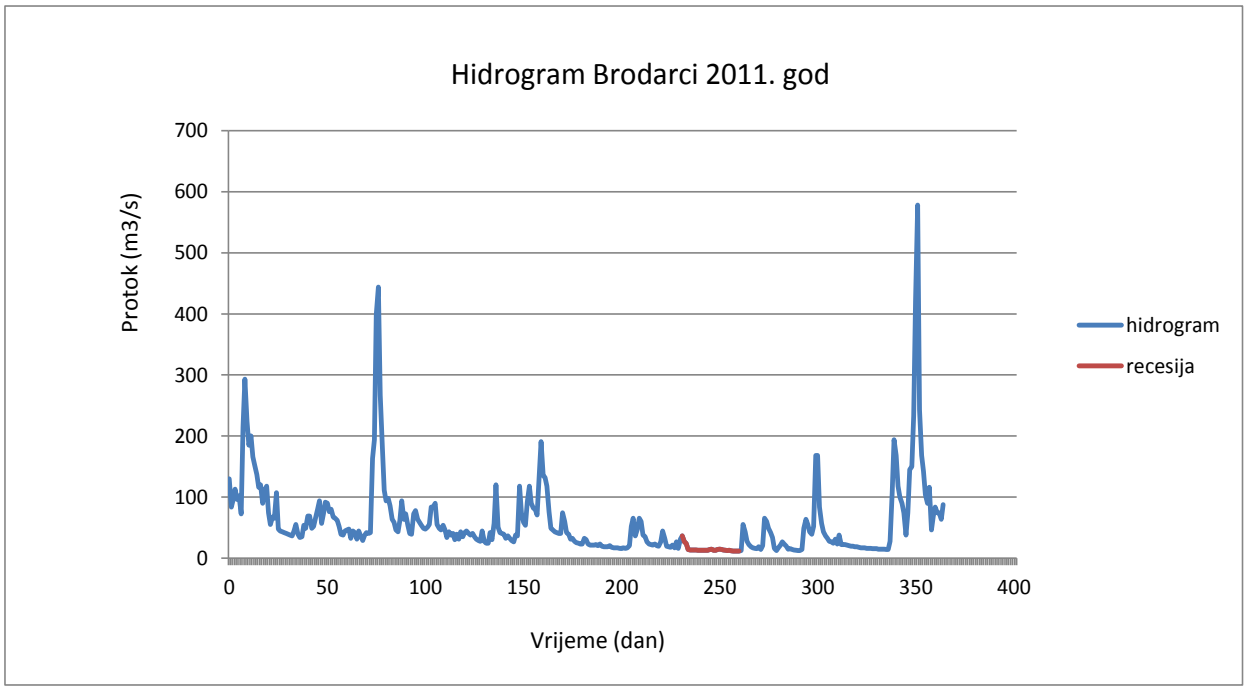
Slika 15. Minimalni, maksimalni te prosječni mjesečni protok rijeke Kupe na postaji Brodarci za 2010. godinu

KUPA - BRODARCI 2011

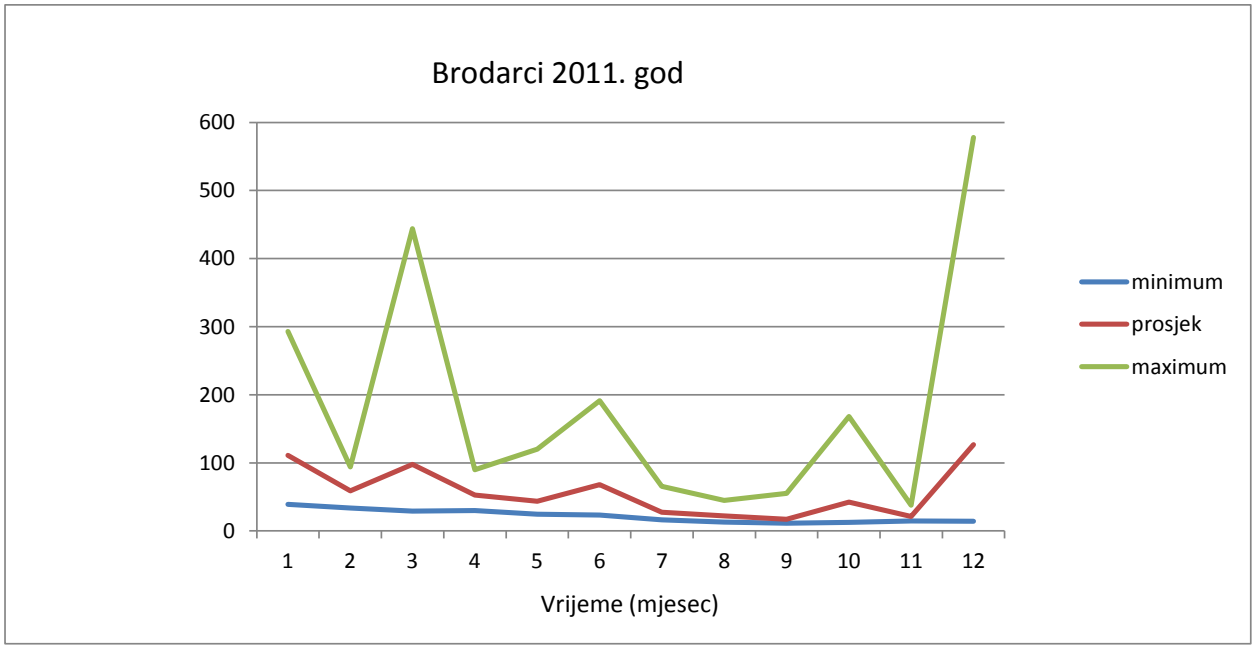
DATUM	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	130	37,7	44,6	72,5	41,8	53,7	32,5	35,1	12,9	65,3	36,4	14,7
2	83,8	36,4	46,1	53,7	44,6	91,8	30,1	26,6	12,9	60,2	32,5	14,1
3	95,9	44,6	47,6	40,4	40,4	118	23,3	23,3	14,1	49,1	27,7	14,1
4	113	55,3	32,5	39	37,7	89,8	21,3	22,3	14,7	41,8	26,6	27,7
5	95,9	39	44,6	72,5	40,4	81,9	21,3	21,3	12,9	33,8	24,4	107
6	102	33,8	41,8	78	35,1	79,9	21,3	23,3	12,9	16,1	31,3	194
7	72,5	35,1	31,3	63,6	31,3	70,6	22,3	20,3	14,1	12,4	23,3	168
8	215	53,7	44,6	58,6	28,9	135	20,3	19,4	14,7	16,9	37,7	118
9	293	49,1	36,4	53,7	27,7	191	23,3	26,6	14,1	21,3	22,3	100
10	224	68,8	28,9	49,1	44,6	135	19,4	44,6	13,5	26,6	22,3	89,8
11	185	68,8	37,3	47,6	27,7	132	18,5	32,5	12,9	23,3	22,3	74,3
12	200	49,1	41,8	50,6	24,4	118	18,5	19,4	12,4	19,4	21,3	37,7
13	166	52,1	40,4	55,3	24,4	76,1	18,5	18,5	12,9	14,7	20,3	74,3
14	152	65,3	41,8	83,8	41,8	49,1	20,3	17,7	11,9	15,4	19,4	145
15	137	79,9	163	83,8	30,1	46,1	17,7	21,3	11,4	14,1	19,4	150
16	116	93,9	194	89,8	56,9	43,2	16,9	16,9	11,4	13,5	18,5	233
17	120	56,9	399	55,3	120	41,8	16,9	26,6	11,4	12,9	18,5	421
18	89,8	72,5	444	49,1	50,6	40,4	16,9	16,1	11,4	12,4	17,7	578
19	111	91,8	267	46,1	41,8	40,4	16,1	31,3	12,4	12,4	16,9	243
20	118	89,8	182	53,7	40,4	74,3	16,1	36,4	55,3	14,1	16,9	168
21	74,3	76,1	111	46,1	39	60,2	16,9	26,6	43,2	49,1	16,9	142
22	55,3	79,9	93,9	33,8	32,5	41,8	16,1	33,8	27,7	63,6	16,1	104
23	67,1	67,1	98	43,2	36,4	39	16,9	14,1	22,3	55,3	16,1	89,8
24	65,3	65,3	85,8	37,7	32,5	31,3	20,3	13,5	18,5	43,2	16,1	116
25	107	61,9	63,6	40,4	28,9	32,5	52,1	13,5	16,9	39	15,4	46,1
26	47,6	52,1	58,6	30,1	26,6	27,7	65,3	13,5	16,1	52,1	15,4	68,8
27	44,6	39	46,1	39	37,7	25,5	36,4	13,5	15,4	168	15,4	83,8
28	43,2	37,7	43,2	31,3	36,4	24,4	46,1	12,9	18,5	168	14,7	74,3
29	41,8		61,9	43,2	118	23,3	65,3	12,9	14,1	83,8	14,7	74,3
30	40,4		93,9	35,1	74,3	23,3	60,2	12,9	20,3	56,9	14,7	63,6
31	39		63,6		58,6		37,7	12,9		43,2		87,8
DATUM												
MIN	39	33,8	28,9	30,1	24,4	23,3	16,1	12,9	11,4	12,4	14,7	14,1
PROSJEK	111,1	59,0	97,7	52,5	43,6	67,9	27,3	21,9	17,1	42,5	21,0	126,5
MAX	293	93,9	444	89,8	120	191	65,3	44,6	55,3	168	37,7	578
DATUM												

2011		
MIN	PROSJEK	MAX
11,4	57,5	578
15.9.2011.		18.12.2011.

Tablica 8. Količina protoka rijeke Kupe na mjernoj postaji Brodarci u razdoblju od 1.1.2011. do 31.12.2011.



Slika 16. Hidrogram otjecanja rijeke Kupe na postaji Brodarci za 2011. godinu

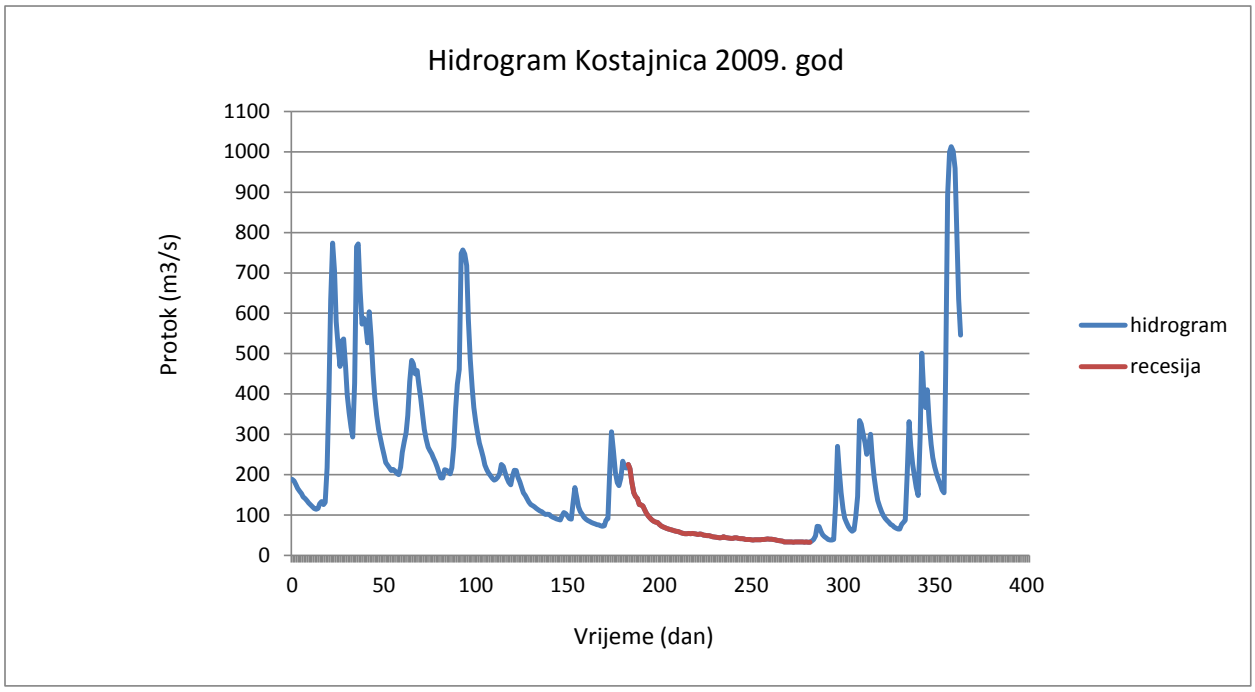


Slika 17. Minimalni, maksimalni te prosječni mjesečni protok rijeke Kupe na postaji Brodarci za 2011. godinu

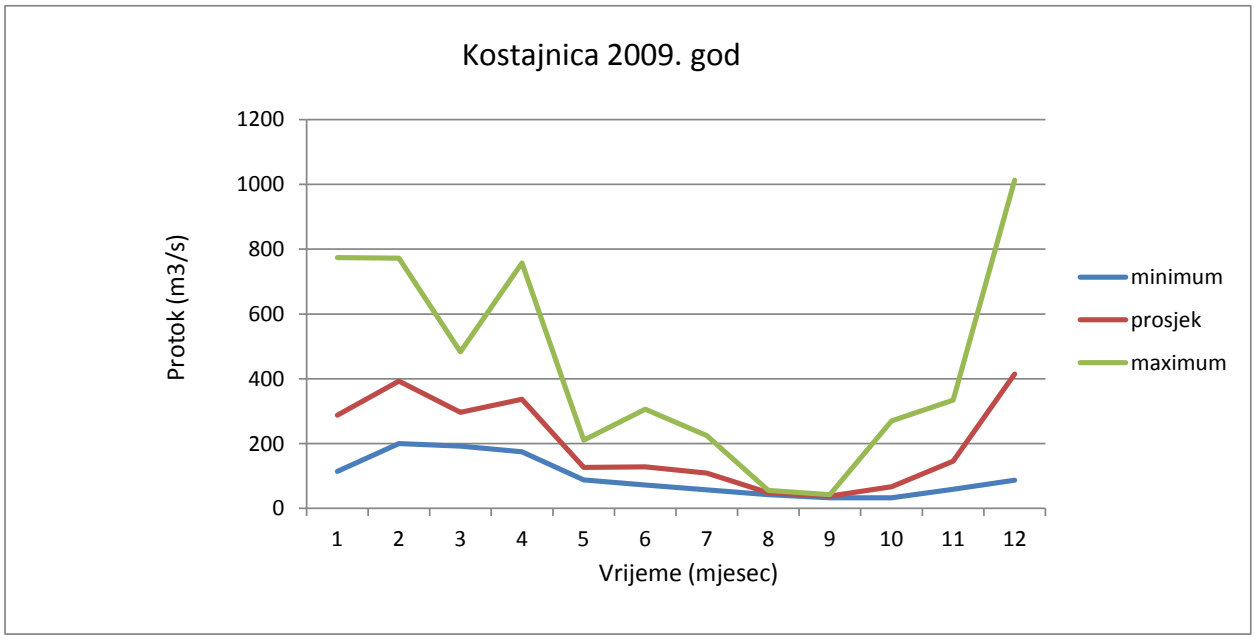
UNA - KOSTAJNICA 2009												
DATUM	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	188	353	218	424	195	90,7	219	55,5	42,2	32,7	64,7	86,7
2	184	317	255	461	211	89,3	216	54,5	41,5	32,8	59,4	200
3	175	293	281	748	210	128	225	53,6	41	32,9	63	331
4	166	427	304	757	194	168	215	53,2	40,9	33,3	94,1	271
5	159	765	346	747	182	143	181	54,3	39,2	32,9	146	225
6	153	772	430	718	167	120	155	53,8	38,9	32,8	334	194
7	145	655	483	585	155	108	146	54,3	38,9	32,6	325	168
8	141	573	475	485	148	101	141	53,7	38,6	32,9	301	148
9	135	588	450	415	139	94,2	126	52,5	38	32,7	279	292
10	130	573	458	366	132	89,6	125	51,4	38,2	32,4	250	501
11	125	527	424	330	126	86,4	122	53,1	38,3	35,2	273	406
12	120	604	389	301	123	83,9	112	51,9	38,3	39,5	300	366
13	116	539	347	278	120	81,7	104	50,4	38,4	48,3	242	410
14	114	452	312	261	116	79,5	97,1	49,5	39,2	71,6	194	329
15	116	393	287	243	113	77,7	91,6	48,8	39,1	70,9	159	275
16	128	347	268	224	110	75,9	87,6	48,8	40,1	59,2	136	242
17	133	312	260	212	108	75	84,2	47,7	40,5	50,9	121	219
18	126	292	252	203	104	73,3	81,8	46,2	39,7	46,3	108	201
19	131	269	240	198	101	71,9	81,1	45,3	39,6	42,4	98,9	189
20	217	248	231	191	102	73,2	76,6	44,6	39,1	39,4	91,4	177
21	414	230	218	186	101	87,2	72,9	44,2	38,5	38	86,2	162
22	632	223	203	188	97,1	90,8	70,3	43,6	37,5	37,7	81,9	155
23	774	216	192	194	94,3	216	68,5	43,9	36,3	39,3	76,8	464
24	704	210	192	203	92,5	306	66,4	46,2	35,7	126	73,6	894
25	579	213	212	225	90,4	259	64,8	44	35,3	270	70,1	1000
26	518	209	211	220	88,6	206	63,4	43,1	33,4	213	67,3	1013
27	468	203	208	204	87,7	180	62,4	42,5	33,2	155	64,9	1002
28	531	200	202	192	96,9	173	60,8	42	33	115	65,4	959
29	536		217	181	106	192	59,7	42,1	32,9	92,4	76,4	808
30	469		269	175	103	233	58,8	43,4	32,9	80,8	82,2	635
31	398		364		97,8		57,5	43,6		70,8		546
DATUM												
MIN	114	200	192	175	87,7	71,9	57,5	42	32,9	32,4	59,4	86,7
PROSJEK	287,9	393,0	296,7	337,2	126,2	128,4	109,4	48,4	37,9	66,8	146,1	415,1
MAX	774	772	483	757	211	306	225	55,5	42,2	270	334	1013
DATUM												

2010		
MIN	PROSJEK	MAX
32,4	198,2	1013
10.10.2009.		26.12.2009.

Tablica 9. Količina protoka rijeke Une na mjernoj postaji Kostajnica u razdoblju od 1.1.2009. do 31.12.2009.



Slika 18. Hidrogram otjecanja rijeke Une na postaji Kostajnica za 2009. godinu

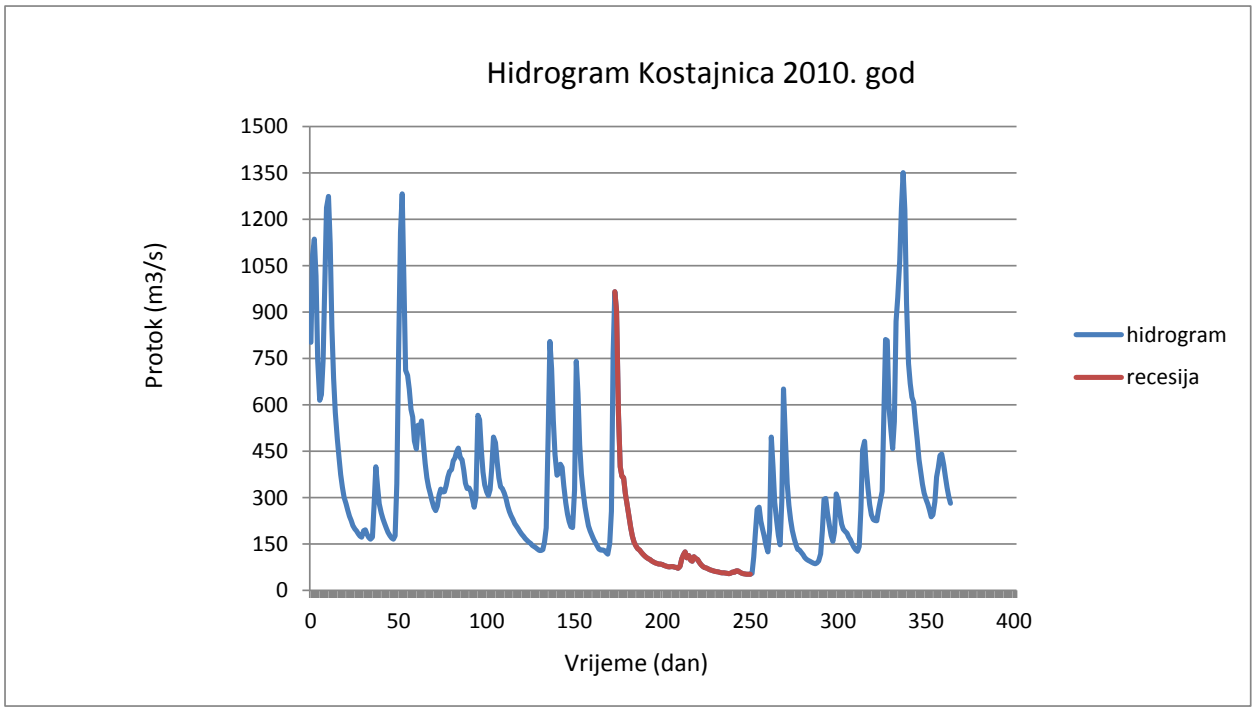


Slika 19. Minimalni, maksimalni te prosječni mjesečni protok rijeke Une na postaji Kostajnica za 2009. godinu

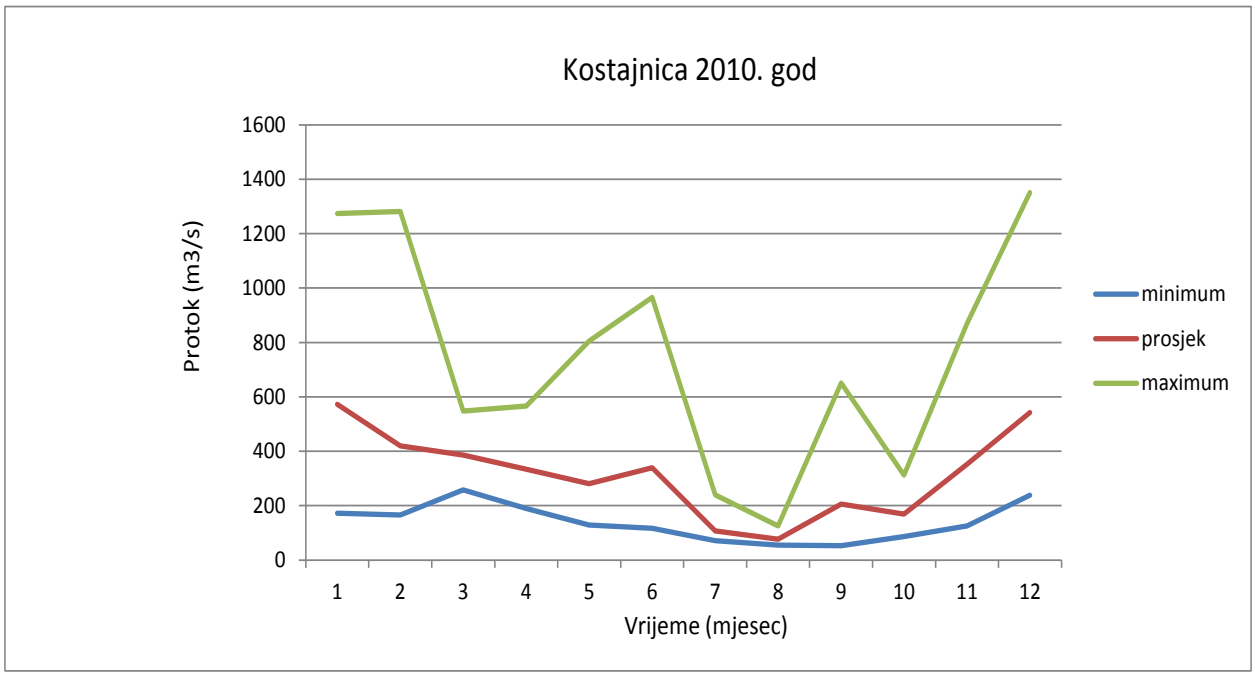
UNA - KOSTAJNICA 2010												
DATUM	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	802	196	483	331	181	741	239	115	63,4	229	191	948
2	1086	181	457	319	175	638	203	125	59,3	194	185	1066
3	1136	171	534	295	168	471	175	105	56,2	167	172	1237
4	1016	166	518	269	162	377	156	113	54,2	147	164	1351
5	742	172	548	301	157	313	143	97,8	53	133	151	1230
6	615	279	481	566	152	270	135	94,2	52,6	131	140	927
7	633	400	411	552	146	238	131	109	52,3	124	131	734
8	745	337	364	456	142	209	124	104	52,3	115	126	669
9	991	280	334	382	138	192	117	99,9	55	106	142	625
10	1237	251	313	341	134	177	111	90,9	108	101	263	608
11	1274	232	290	318	129	164	106	83,7	189	97,5	455	547
12	1121	216	268	307	129	154	103	77,9	263	94,3	482	484
13	849	201	258	326	132	144	99,8	74,1	269	90,7	392	423
14	686	188	273	397	157	134	95,2	72,6	224	87,8	329	383
15	575	177	308	496	202	130	91,9	70,1	199	86,4	277	344
16	491	169	328	478	510	131	89,1	67,2	175	88,7	244	315
17	431	166	318	415	805	129	87	64,7	147	95,7	229	294
18	374	177	319	364	717	123	85,5	63,1	125	118	226	279
19	334	345	339	335	551	117	85,3	61,5	195	192	225	260
20	301	810	366	329	439	152	83,3	60,6	496	295	259	238
21	280	1159	384	315	372	256	80,7	59,3	400	297	287	244
22	259	1282	391	297	379	765	79	58,2	285	251	320	287
23	240	1001	419	274	408	966	77	57,3	224	210	568	367
24	226	712	428	255	398	905	76,4	56,5	178	178	811	397
25	210	695	448	242	339	565	77,3	56,1	147	158	808	436
26	199	650	460	229	283	400	76,6	55,4	289	189	593	441
27	192	585	429	216	247	369	75,6	54,6	651	312	517	406
28	183	561	423	208	222	364	74,1	56,2	482	292	458	368
29	176		390	200	206	314	71,6	60	346	248	546	332
30	172		347	190	203	274	77,9	58,6	275	214	870	303
31	193		329		325		102	63,4		198		282
DATUM												
MIN	172	166	258	190	129	117	71,6	54,6	52,3	86,4	126	238
PROSJEK	573,2	420,0	385,7	333,4	280,9	339,4	107,4	76,9	205,5	169,0	352,0	542,7
MAX	1274	1282	548	566	805	966	239	125	651	312	870	1351
DATUM												

2011		
MIN	PROSJEK	MAX
52,3	314,7	1351
8.9.2010.		4.12.2010.

Tablica 10. Količina protoka rijeke Une na mjernoj postaji Kostajnica u razdoblju od 1.1.2010. do 31.12.2010.



Slika 20. Hidrogram otjecanja rijeke Une na postaji Kostajnica za 2010. godinu



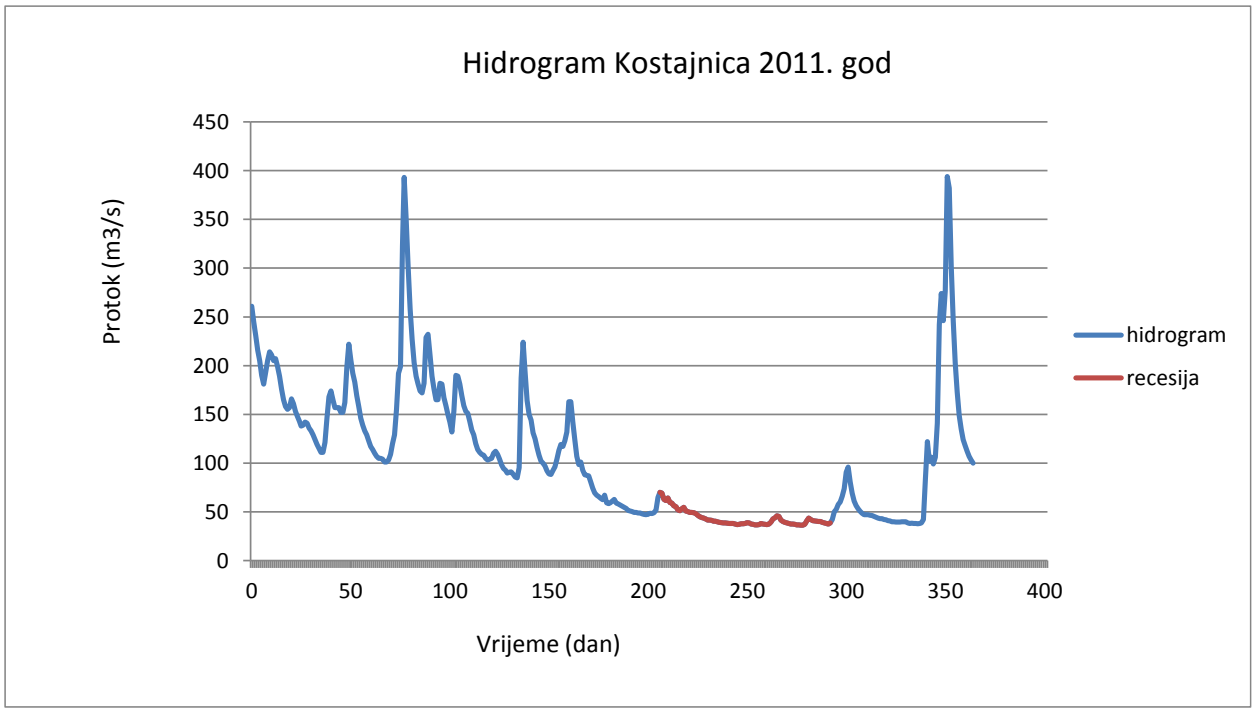
Slika 21. Minimalni, maksimalni te prosječni mjesečni protok rijeke Une na postaji Kostajnica za 2010. godinu

UNA - KOSTAJNICA 2011

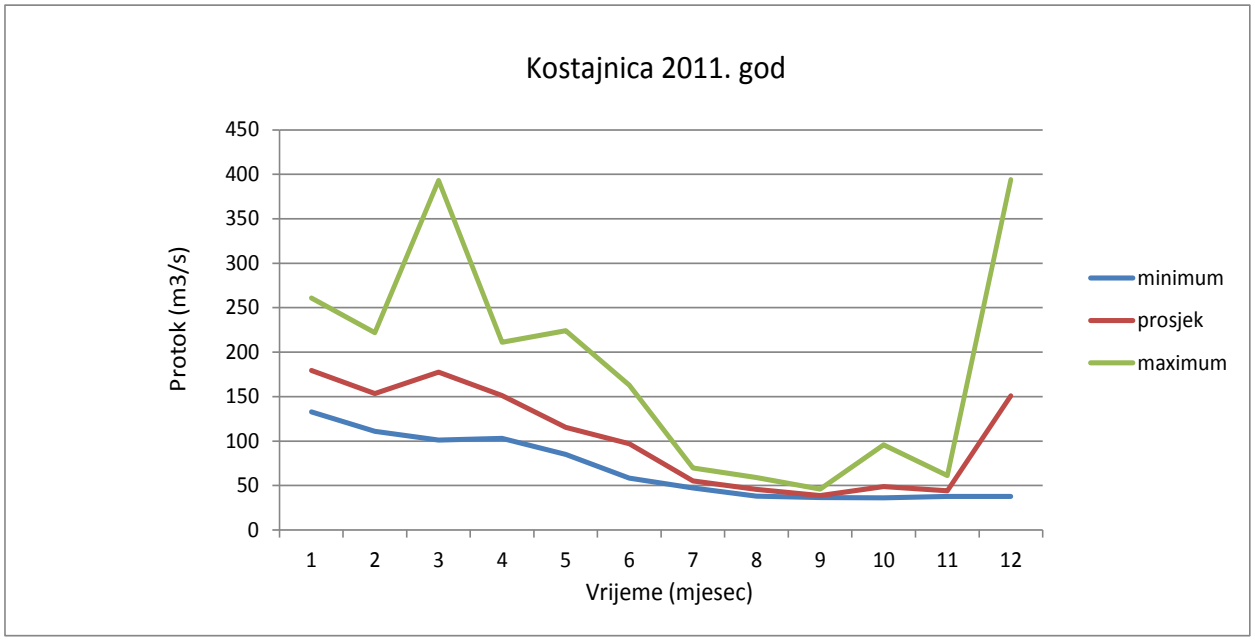
DATUM	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	261	129	123	211	104	88,4	59,3	59,1	37,9	37,4	61,1	38,1
2	245	124	117	189	105	92,4	61	56	37,4	37,1	56,2	38
3	231	119	114	176	110	96,2	62,6	55,6	36,9	36,6	53,2	37,8
4	216	115	110	165	112	104	58,9	51,9	37,1	36,5	50,6	38
5	205	111	107	165	109	113	58	51,1	37,7	36,3	48,6	38,6
6	190	111	105	182	104	119	57	53,2	37,8	36,2	47,1	42,1
7	181	121	105	181	98,1	117	55,8	54,7	37,9	37,3	47,1	83,6
8	193	146	104	167	94,5	123	54,5	50,8	38,9	40,6	46,9	122
9	205	168	101	159	92,6	132	53,4	50,1	38,6	43,7	46,5	102
10	214	174	101	150	89,8	163	51,4	49,4	37,6	42	46,1	106
11	211	165	103	142	90,6	163	50,9	49,5	37,1	40,8	45,2	99,1
12	205	157	109	132	90,8	142	50,1	49,1	36,5	40,7	44,3	106
13	207	157	120	153	88,7	124	49,5	48,1	36,5	40,5	43,7	141
14	199	157	129	190	85,6	107	49,3	46,4	37	40,1	43,1	242
15	189	152	155	189	84,9	98,4	48,9	44,9	38	40	42,9	274
16	176	152	192	181	95,4	101	48,7	44	37,4	39,2	42,2	246
17	165	162	199	169	187	92,8	48	43,6	37,1	38,5	41,9	277
18	158	198	323	159	224	88	47,3	42,6	37	37,9	41	394
19	155	222	393	153	193	87,3	47,1	41,6	37,4	37,5	40,6	382
20	157	206	350	151	164	86,8	47,7	41,4	39,4	38,6	39,9	302
21	166	192	301	143	150	80,7	48,4	41,1	42,8	42,1	39,9	246
22	161	183	258	134	144	74,3	48,1	40,5	43,8	49,9	39,6	203
23	153	169	227	129	131	69,5	49,1	40,4	46	52,7	39,4	173
24	148	158	203	120	125	67	51,6	39,9	45,2	57,5	39,6	149
25	143	146	189	114	116	65,5	64,9	39,2	41,6	60	39,9	135
26	138	139	181	111	108	63,9	69,9	39	40,1	65,9	39,9	124
27	139	133	174	109	102	62,3	69,1	38,6	39,3	73,9	39,7	118
28	142	129	172	108	100	67	62,6	38,7	38,6	90,7	38,5	112
29	141		182	105	96,9	59,2	61,7	38,3	38,1	95,8	37,9	107
30	136		229	103	92,1	58,5	64,1	38,1	37,5	80,7	38,4	103
31	133		232		88,8		59,6	38		69,2		100
DATUM												
MIN	133	111	101	103	84,9	58,5	47,1	38	36,5	36,2	37,9	37,8
PROSJEK	179,5	153,4	177,7	151,3	115,4	96,9	55,1	45,6	38,8	48,9	44,0	150,9
MAX	261	222	393	211	224	163	69,9	59,1	46	95,8	61,1	394
DATUM												

2011		
MIN	PROSJEK	MAX
36,2	104,6	394
6.10.2011.		18.12.2011.

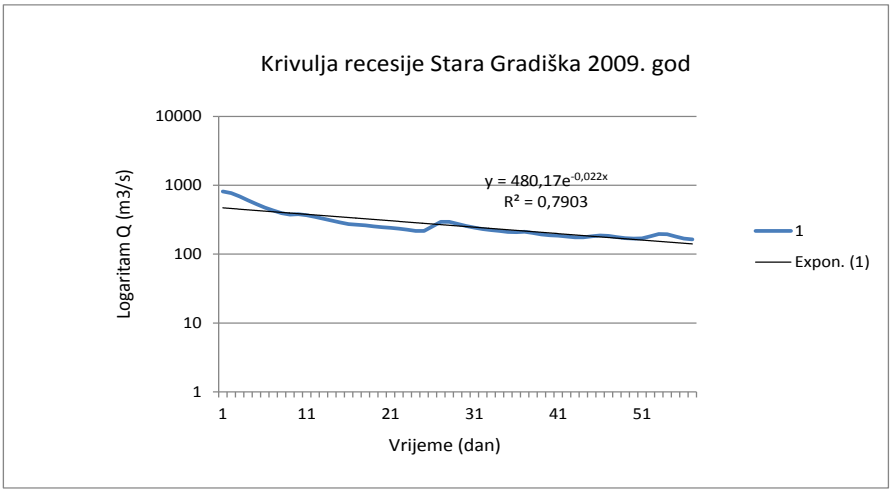
Tablica 11. Količina protoka rijeke Une na mjernoj postaji Kostajnica u razdoblju od 1.1.2011. do 31.12.2011.

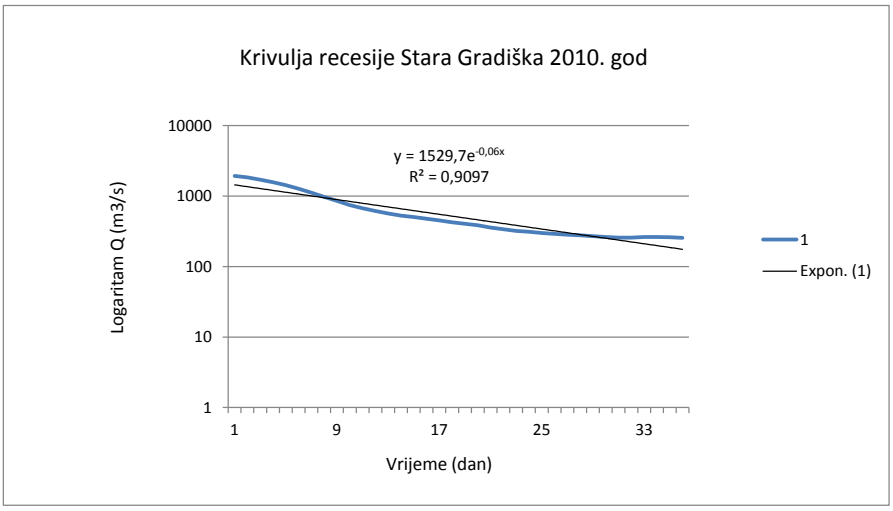


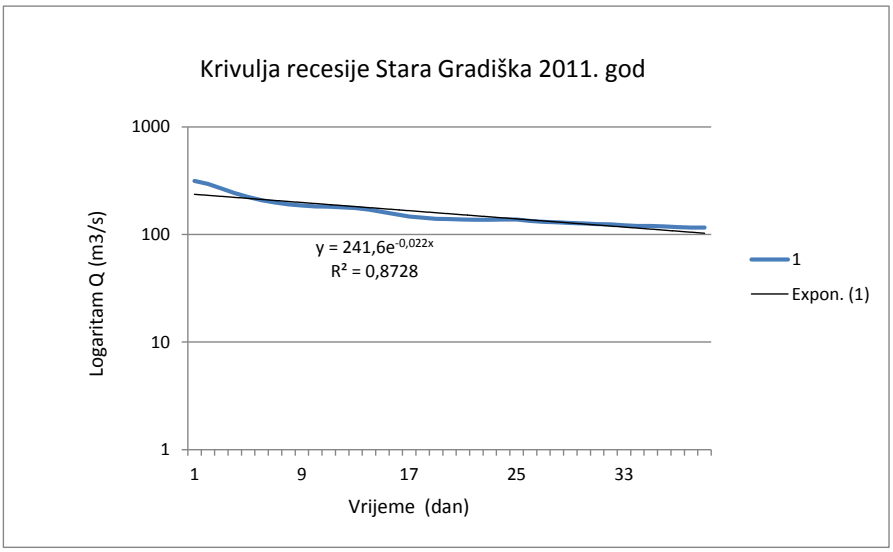
Slika 22. Hidrogram otjecanja rijeke Une na postaji Kostajnica za 2011. godinu



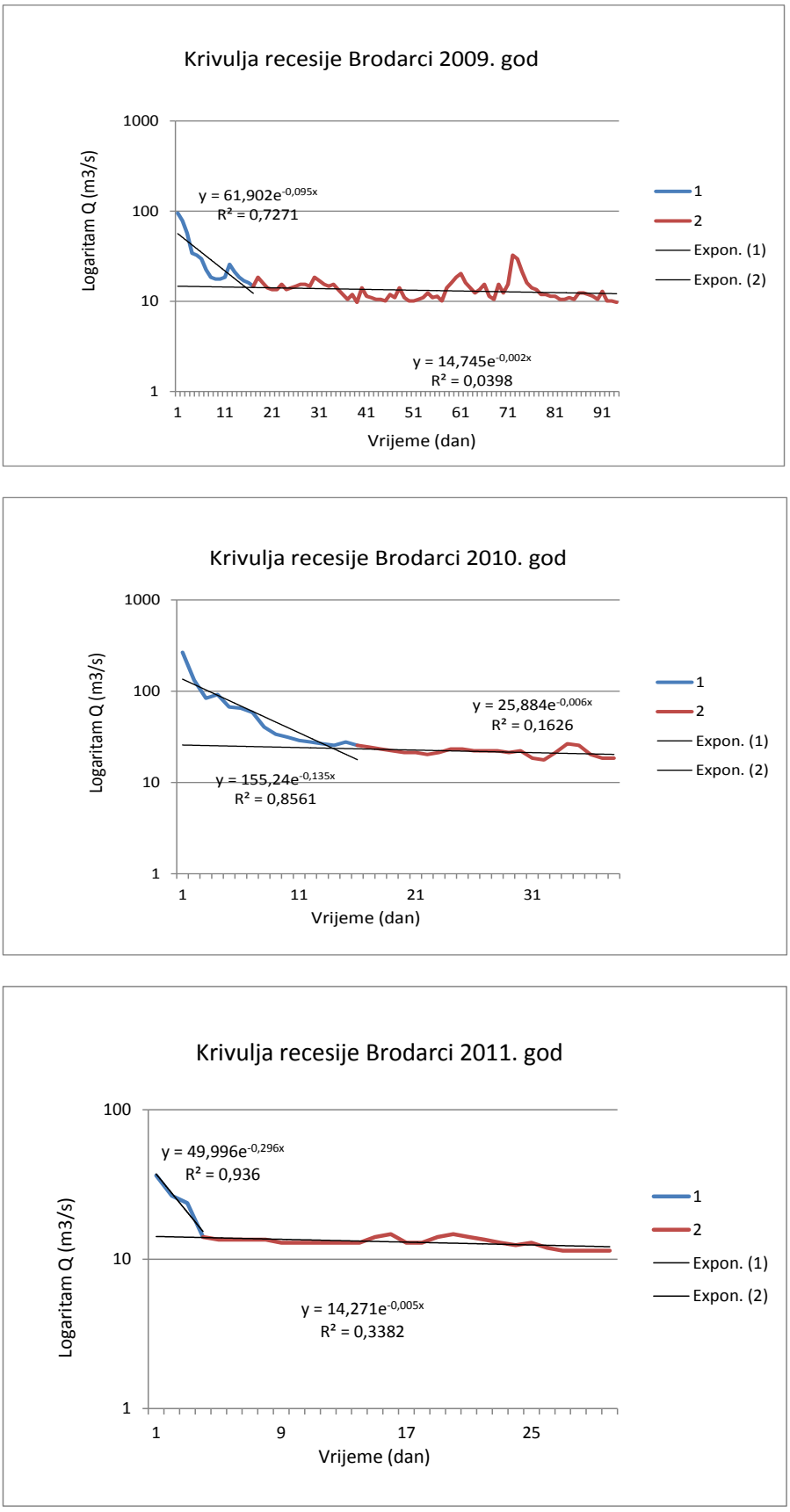
Slika 23. Minimalni, maksimalni te prosječni mjesečni protok rijeke Une na postaji Kostajnica za 2011. godinu



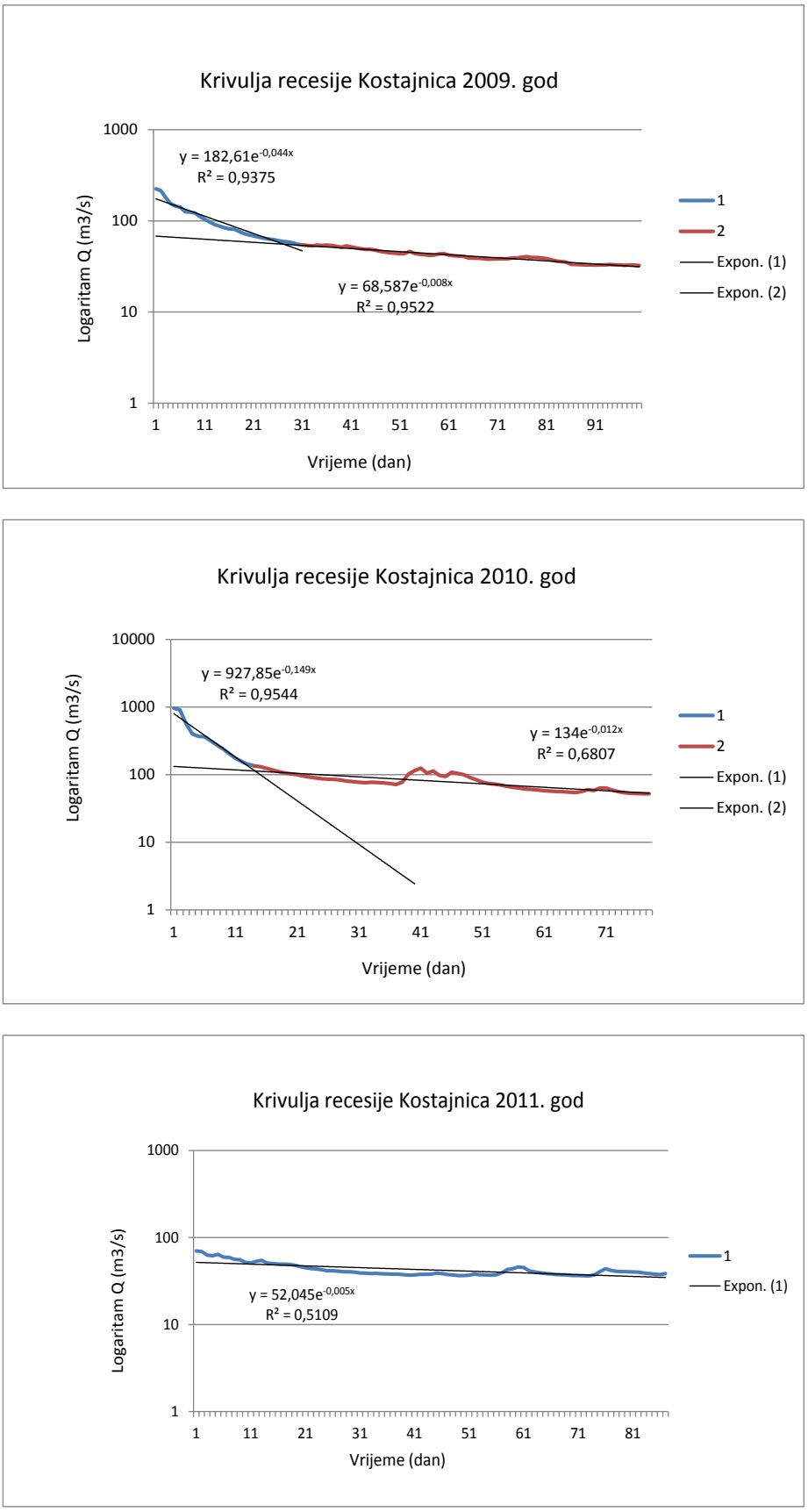




Slika 24. Krivulje recesije – rijeka Sava (Stara Gradiška)



Slika 25. Krivulje recesije – rijeka Kupa (Brodarci)



Slika 26. Krivulje recesije rijeke Une (Kostajnica)

ZAKLJUČAK

U ovom radu je napravljena hidrološka analiza na mjernim stanicama rijeka Save, Kupe i Une. Analiza je napravljena na temelju podataka srednjih dnevnih protoka za 2009., 2010. i 2011. godinu. Mjerne stanice na kojima je obavljena analiza su: Stara Gradiška (Sava), Brodarci (Kupa) i Kostajnica (Una).

Ako se promatraju maksimalni i minimalni protoci za sve tri godine vrlo je lako uočiti da se maksimalni protoci svih triju rijeka javljaju 2010. godine, Kupe i Une u siječnju, a Save u prosincu. Zanimljivo da se minimalni protoci kod svih triju rijeka pojavljuju u različitim mjesecima, Save u rujnu 2011., Kupe u kolovozu 2009., a Une početkom listopada 2009. godine. Općenito, da se primjetiti velika razlika u količini protoka između Save i druge dvije rijeke gdje maksimalni protok Save iznosi 2205 m^3/s, a Kupe i Une 937 m^3/s, te 1351 m^3/s. Tu razliku vidimo i kod minimalnih protoka gdje je za Savu izmjereno 116 m^3/s , a za Kupu i Unu 32,4 m^3/s, odnosno 9,5 m^3/s.

	2009.	2010.	2011.
Sava (Stara Gradiška)	$a_1 = 0{,}022$	$a_1 = 0{,}06$	$a_1 = 0{,}022$
Kupa (Brodarci)	$a_1 = 0{,}002$	$a_1 = 0{,}006$	$a_1 = 0{,}005$
	$a_2 = 0{,}095$	$a_2 = 0{,}135$	$a_2 = 0{,}296$
Una (Kostajnica)	$a_1 = 0{,}008$	$a_1 = 0{,}012$	$a_1 = 0{,}005$
	$a_2 = 0{,}044$	$a_2 = 0{,}149$	

Tablica 1. Prikaz koeficijenata recesije za mjerne stanice koje se analiziraju u ovom radu za 2009. – 2011. god – mjerna jedinica za a je sec^{-1}.

Vrijednosti koeficijenta recesije a ovise o retencijskim karakteristikama podzemnog rezervoara, odnonsno hidrogeološkim karakteristikama vodonosnika i njegovoj geometriji. U praksi se smatra da vrijednostima a reda veličine 10^{-2} odgovara brzo pražnjenje podzemnih kanala i pukotina, dok blaži nagib krivulje pražnjenja reda veličine 10^{-3} ukazuje na pražnjenje iz sitnih pukotina klastičnih ispuna šupljina u podzemlju.

Ta razlika se vidi i u našem primjeru, gdje vidimo kako se recesijska razdoblja svih triju rijeka razlikuju. Kod rijeke Save recesija najkraće traje te je koeficijent recesije za jedan red veličine veći od koeficijenata Une i Kupe, što smo mogli i pretpostaviti s obzirom na geografsko područje gdje se nalaze ove rijeke. Razlika između rijeka Kupe i Une je što recesija kod Une traje duže i pojavljuje se kasnije (od kolovoza do početka listopada), a kod Kupe traje oko mjesec dana (u kolovozu) izuzev 2009. kad je recesija trajala puna 3 mjeseca. Zanimljivo je i da Kupa ima manji koeficijent recesije koji je te 2009. iznosio svega $a=0,002$.

Literatura

[1] Virgilio Fiorotto & Elpidio Caroni, A new approach to master recession curve analysis, Taylor & Francis, 2013. godina

[2] Vesna Denić-Jukić, Predavanja – jedinični hidrogram, 2013. godina

[3] Ana Lovrić, Diplomski rad , 2015. Godina

[4] Ranko Žugaj, Hidrologija, Rudarsko-geološko-naftni fakultet Zagreb, 2000. godina