

ANALIZA EKSTREMNIH VODA NA SLIVU SKADARSKOG JEZERA

Goran SEKULIĆ
Građevinski fakultet u Podgorici
Mirjana POPOVIĆ, Nevzeta ALILOVIĆ
Zavod za hidrometeorologiju i seizmologiju Crne Gore, Podgorica

REZIME

Rad se bavi ekstremnim vrijednostima protoka – maksimuma i minimuma, kao bitnih elementa za izgradnju objekata zaštite od poplava i za dimenzionisanje ostalih hidrotehničkih objekata na sistemu vodotoka Morača – Skadarsko jezero – Bojana. Korišćene su standardne statističke procedure na nizovima osmotrenih i izračunatih podataka za hidrološke stanice, na kojima su postojali dovoljno dugački nizovi podataka, neophodnih za primjenu metoda matematičke statistike. Zbog njegove važnosti posebno je analiziran i garantovani ekološki protok u profilu hidrološke stanice Podgorica na Morači.

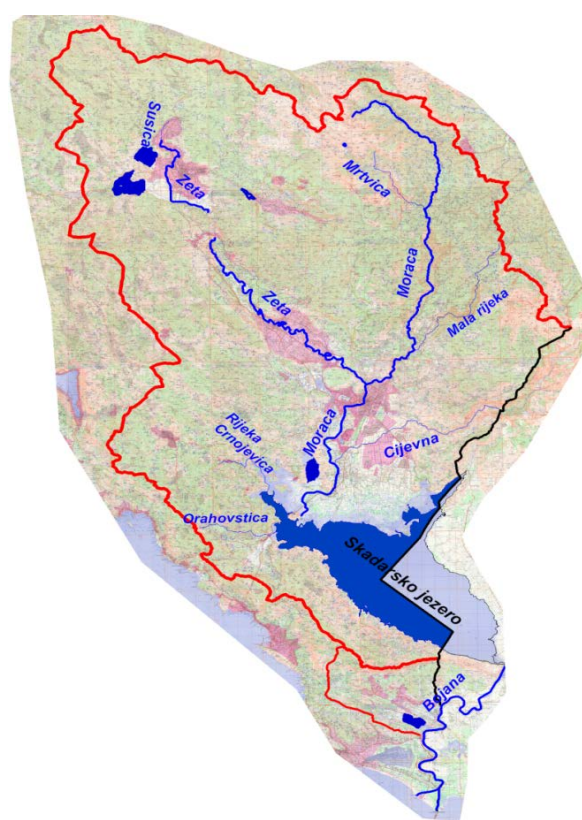
Ključne riječi: ekstremni protoci, statističke metode, mjerne stanice, garantovani ekološki protok

UVOD

Skadarsko jezero je najveći prirodni akvatorij u Crnoj Gori, koji zbog svog velikog vodoprivrednog i ekonomskog značaja zaslužuje posebnu pažnju i izučavanje. Oko 90% ukupnog sliva Jadranskog mora na teritoriji Crne Gore pripada slivu Skadarskog jezera.

Najvažniji pritoka jezera je rijeka Morača sa Zetom i ostalim manjim pritokama, dok se oticanje iz jezera vrši rijekom Bojanom. Bojana dužinom oko 18 km teče kao albanska rijeka, a zatim na potezu dužine od oko 25km, sve do ušća u Jadransko more, predstavlja granični vodotok između Crne Gore i Albanije.

Rijeka Drim, koja teče sa albanske strane i uliva se u Bojanu neposredno poslije njenog isteka iz jezera, ima veliki uticaj na režim vodostaja Skadarskog jezera, tako što pri visokim vodama hidraulički usporava isticanje iz jezera, a pri izuzetno visokim vodama iz Drima djelimično teče prema jezeru.



Slika 1. Sliv Skadarskog jezera, mreža osnovnih vodotoka

Može se reći da fond osnovnih hidroloških podataka i stepen hidrološke izučenosti Skadarskog jezera i rijeka iz njegovog sliva nijesu u skladu sa njihovim značajem i veličinom.

Analiza kvaliteta ulaznih podataka je preduslov za sve buduće aktivnosti vezane za moguću regulaciju režima vodostaja u slivu Skadarskog jezera. U ovom radu su primijenjene standardne statističke procedure na

nizovima osmotrenih i izračunatih podataka za hidrološke stanice na kojima postoje dovoljno dugački nizovi podataka, neophodnih za primjenu metoda matematičke statistike. Radom su se željele prikazati ekstremne vrijednosti protoka – maksimumi i minimumi kao bitni elementi za izgradnju objekata zaštite od poplava i za dimenzionisanje hidrotehničkih objekata na datom sistemu. Posebno je, zbog svoje važnosti, analiziran i garantovani ekološki protok u profilu hidrološke stanice Podgorica na Morači, obzirom da se na njoj planira izgradnja hidroenergetskih objekata sa akumulacijama, što između ostalog, podrazumijeva sezonsko regulisanje protoka

Podaci korišćeni u ovim analizama su isključivo prikupljeni od strane Zavoda za hidrometeorologiju i seizmologiju Crne Gore (ZHMSCG). [11]

1. POKRIVENOST SLIVA MJERNIM STANICAMA

Hidrološke stanice na vodotocima u slivu Skadarskog jezera nalaze se u okviru osnovne mreže ZHMSCG. Ovi vodotoci su u okviru mreže redovnog praćenja vodostaja i mjerenja proticaja od strane ZHMSCG istraženi i bilansno definisani.



Slika 2. Mreža mjernih stanica na slivu Skadarskog jezera

Ostali vodotoci sliva koji su hidrološki istraživani ili su i dalje u osnovnoj mreži, su Koštanica, Mrtvica, Sjevernica, Mala Rijeka, Ribnica, Sitnica i Cijevna kao pritoke Morače, vodotoci Sušica i Gračanica kao pritoke Zete, Rijeka Crnojevića i Orahovštica koje se direktno ulivaju u Skadarsko jezero. Što se tiče samog jezera ono je i u ranijim i u sadašnjim osmatranjima pokriveno sa tri vodomjerne stanice i to: Vranjina, Plavnica i Ckla.

Na rijeci Bojani, kao jedinjoj otoci Skadarskog jezera, ne vrše se mjerenja proticaja, tako da je praktično nemoguće precizno definisanje bilansa Bojane. Vodostaji su na Bojani u prošlosti osmatrani na dvije vodomjerne stanice Fraskanjel i Reč, a trenutno je aktivna samo HS Fraskanjel.

Za predmetne analize velikih i malih voda u slivu Skadarskog jezera uzeti su u razmatranje podaci sa HS Podgorica (Morača), Plavnica (Skadarsko jezero) i HS Fraskanjel (Bojana).

2. VELIKE VODE – PROCJENE NA OSNOVU POSTOJEĆIH MJERENJA

Tačna ocjena velikih voda veoma je bitna za izgradnju objekata zaštite od poplava i uopšte za dimenzionisanje hidrotehničkih objekata kao i drugih objekata infrastrukture. Velike vode su od posebne važnosti i sa stanovišta sigurnosti i ekonomičnosti izgradnje. Loša procjena a posebno potcijenjene velike vode mogu dovesti do povećanog rizika od plavljenja i rušenja objekata, sa svim drugim nepovoljnim posledicama.

Maksimalni godišnji proticaj podrazumijeva najveću trenutnu vrijednost rječnog proticaja u određenom profilu, registrovanog u toku jedne kalendarske godine. Procjena vrijednosti maksimalnih proticaja, određenih povratnih perioda, po pravilu se vrši korišćenjem statističke analize osmatrenih proticaja na hidrološkim stanicama. Uobičajene metode za analizu ekstremnih hidroloških veličina, široko korišćene u dosadašnjoj praksi bile su metoda godišnjih ekstrema i metoda pikova (POT-serija).

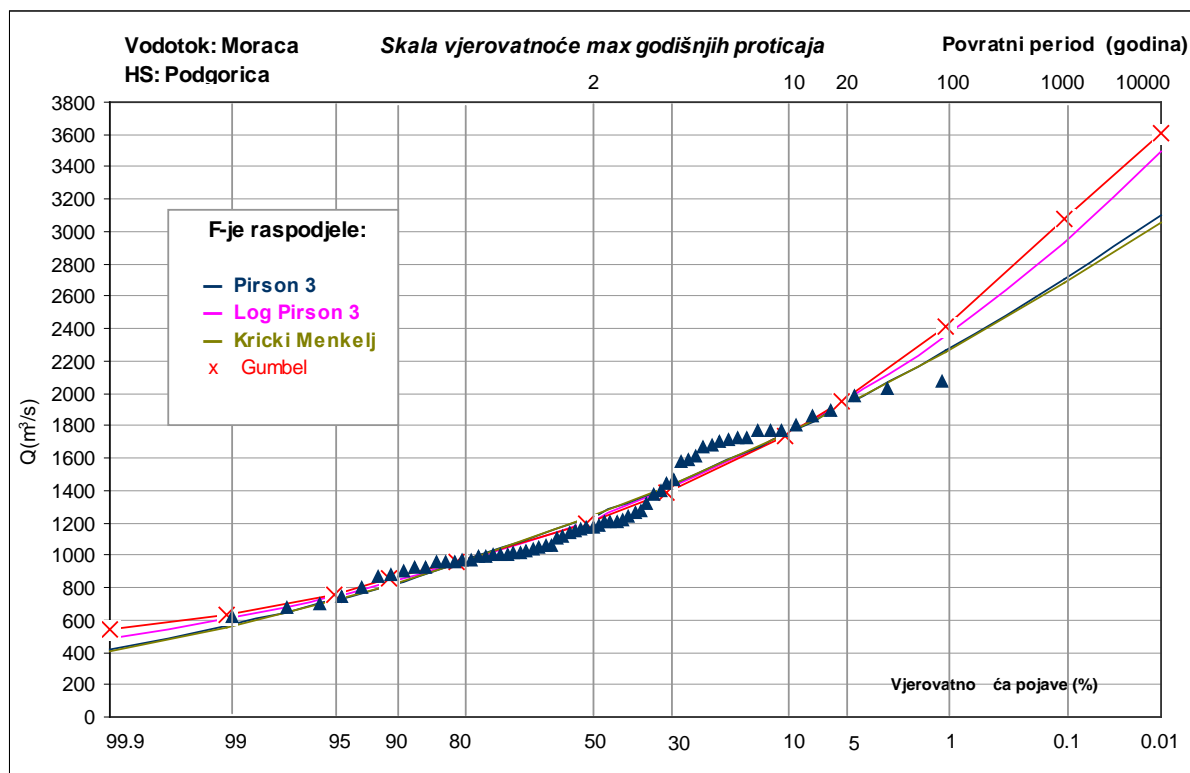
Zbog svoje jednostavnosti i prilagodljivosti raspoloživim podacima za predmetne izučavanje stanica na Morači, Skadarskom jezeru i Bojani korišćena je metoda godišnjih ekstrema. Kao što je poznato ona je zasnovana na statističkoj analizi najvećih opaženih vrijednosti u svakoj godini (jedan

maksimum godišnje) u toku perioda osmatranja od N godina.

- **HS Podgorica**

Procjena vrijednosti velikih voda za rijeku Moraču na HS Podgorica data je na slici 3, preko skale vjerovatnoće maksimalnih godišnjih proticaja.

Raspoloživi niz podataka obuhvatao je period od 1948 do 2012 god. što se može smatrati zadovoljavajućim intervalom za relevantne zaključke. Za ocjenu velikih voda korišćene su funkcije raspodjele Pirson3, logPirson3, Kricki Menkelja i Gumbel. U tabeli 1 date su vrijednosti kvantila za dobijene velike vode po vjerovatnoćama pojave i različitim povratnim periodima



Slika3. Skala vjerovatnoće maksimalnih godišnjih proticaja, HS Podgorica 1948-2012

Tabela 1. Vrijednosti velikih voda prema četiri funkcija raspodjele za HS Podgorica

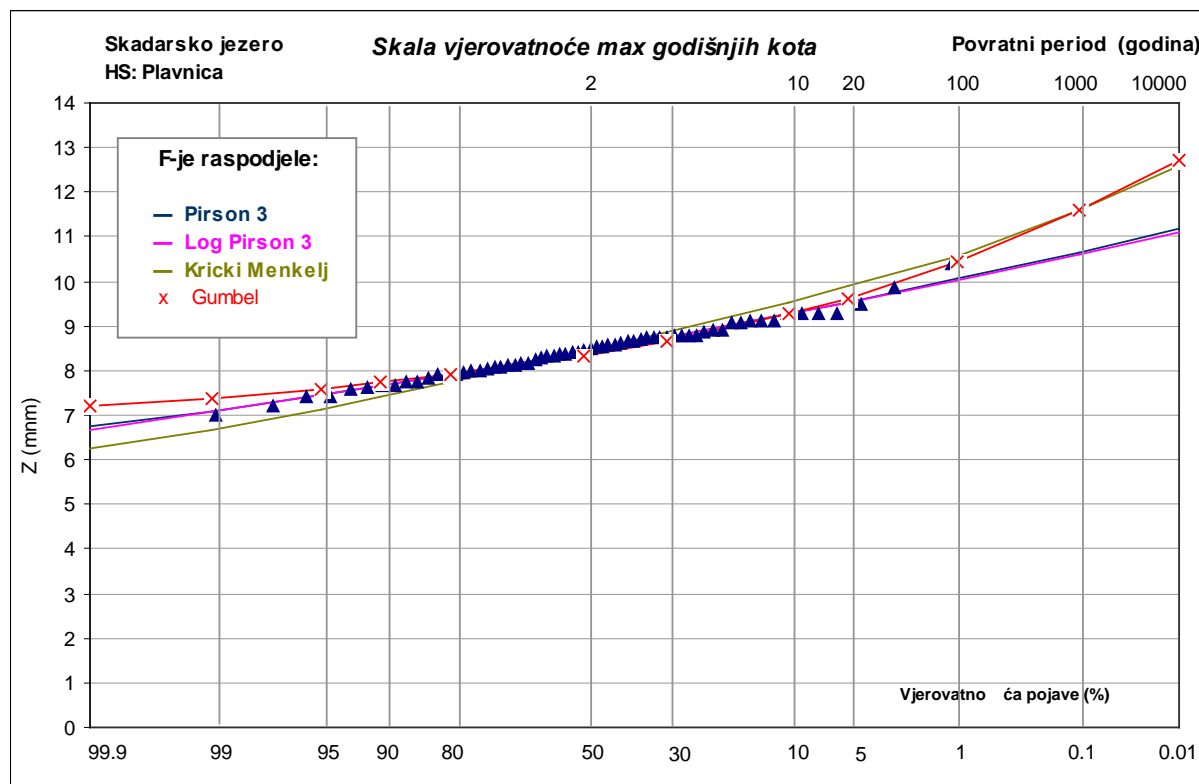
T	P3	LP3	KM	GUM
1.001	417.0	486.5	403.0	538.6
1.010101	562.8	610.8	552.8	634.9
1.052632	720.7	747.3	716.7	754.5
1.111111	816.4	831.7	813.4	854.0
1.25	943.7	946.3	944.6	956.9
2	1223.5	1209.7	1226.1	1198.8
3.333333	1423.3	1408.3	1423.6	1389.6
10	1748.0	1751.6	1749.8	1739.8
20	1919.6	1943.9	1916.8	1946.5
100	2269.7	2361.1	2250.1	2414.6
1000	2707.4	2931.8	2678.9	3077.1
10000	3104.8	3499.8	3054.8	3605.8

Može se vidjeti da najveće vrijednosti kvantila daje Gumbelova funkcija raspodjele.

- **HS Plavnica – Skadarsko jezero**

Za isti niz podataka (1948 – 2012 .god.) ali za vodostaje, za HS Plavnica na Skadarskom jezeru skala vjerovatnoće maksimalnih godišnjih vodostaja data je na slici 4 a vrijednost kvantila u tabeli 2.

Dobijene vrijednosti kvantila po svim raspodjelama do 100-godišnjih maksimalnih kota su približno iste. Za velike povratne periode odnosno male vjerovatnoće 0.1 i 0.01% funkcija logP3 daje najmanje rezultate što za nju inače nije karakteristično.



Slika 4. Skala vjerovatnoće maksimalnih godišnjih kota jezera na HS Plavnica, 1948-2012

Tabela 2. Vrijednosti maksimalnih kota (velikih voda) prema četiri funkcija raspodele za HS Plavnica

T	P3	LP3	KM	GUM
1.001	6.732	6.665	6.244	7.200
1.010101	7.099	7.065	6.662	7.360
1.052632	7.452	7.440	7.118	7.570
1.111111	7.651	7.647	7.405	7.745
1.25	7.90	7.906	7.726	7.922
2	8.414	8.422	8.419	8.340
3.333333	8.754	8.760	8.866	8.669
10	9.275	9.269	9.542	9.273
20	9.537	9.523	9.879	9.630
100	10.052	10.017	10.555	10.437
1000	10.664	10.599	11.610	11.581
10000	11.197	11.102	12.580	12.720

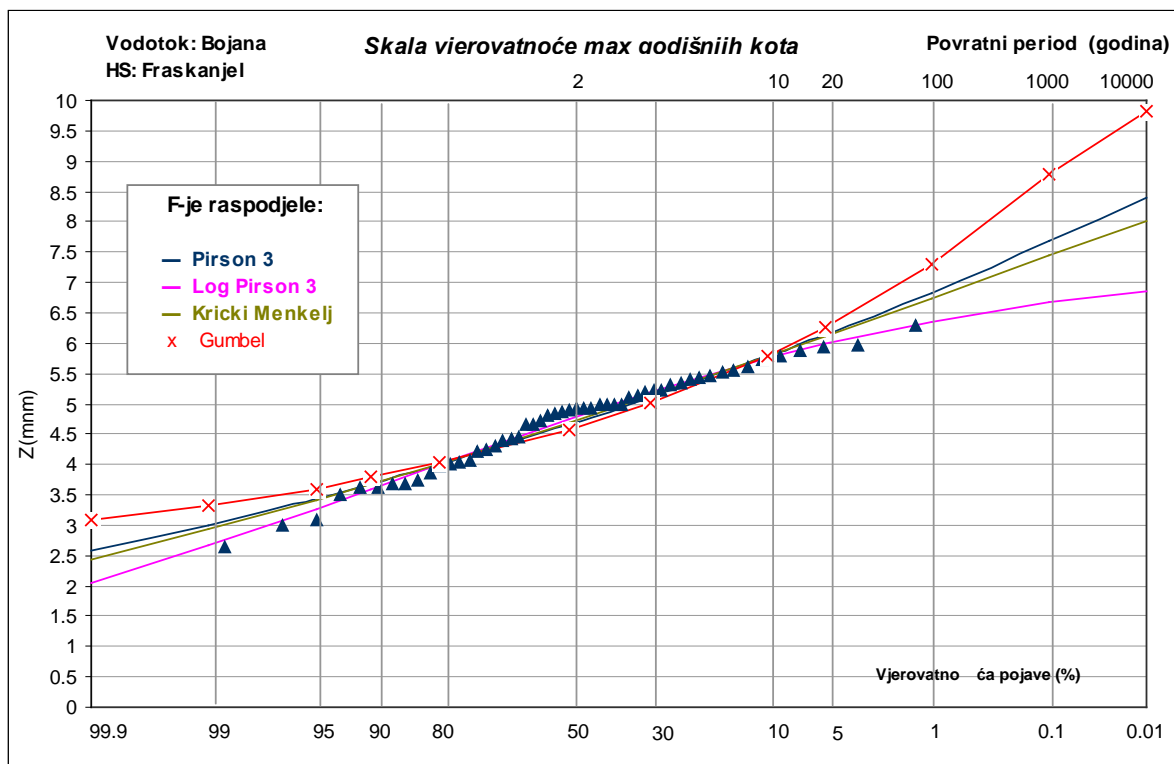
• **HS Fraskanjel – rijeka Bojana**

Za rijeku Bojanu, već je naglašeno, ne postoje podaci mjerenja proticaja pa je jedini raspoloživi podatak za

procjenu velikih voda niz podataka o vodostajima. Raspoloživi niz podataka za HS Fraskanjel odnosi se na period od 1960 -2012. Godine. Skala vjerovatnoće maksimalnih godišnjih vodostaja za taj niz podataka dat je na slici 5 a vrijednost kvantila u tabeli 3.

Uočljivo je da za niz maksimalnih godišnjih kota sa HS Fraskanjel, sa negativnim koeficijentom asimetrije, dobijeni rezultati po logP3 funkciji raspodjele imaju vrlo malu razliku između 100-godišnjih, 1000-godišnjih 10000-godišnjih vrijednosti. Maksimalna vrijednost kvantila dobija se po Gumbelovoj funkciji raspodjele.

Budući projekti, na bilo kojem od navedenih vodotoka, zahtjevaju da se, prije određivanja računskih velikih voda, postojeći nizovi podataka posebno analiziraju u smislu testiranja ulaznih podataka (parametarski i neparametarski testovi), postojanja izuzetaka u nizu, uvođenje još nekih funkcija raspodjele, koje bi možda dale prihvatljivije rezultate i samim tim olakšali izbor mjerodavne velike vode.



Slika 5. Skala vjerovatnoće maksimalnih godišnjih vodostaja rijeke Bojane, HS Fraskanjel, 1960-2012

Tabela 3. Vrijednosti velikih voda (mm) prema četiri funkcije raspodjele za HS Fraskanjel

T	P3	LP3	KM	GUM
1.001	2.570	2.048	2.430	3.100
1.010101	3.010	2.669	2.923	3.310
1.052632	3.445	3.273	3.403	3.600
1.111111	3.693	3.605	3.674	3.806
1.25	4.009	4.010	4.009	4.036
2	4.665	4.763	4.686	4.578
3.333333	5.108	5.198	5.125	5.005
10	5.794	5.757	5.784	5.788
20	6.144	5.990	6.113	6.250
100	6.838	6.359	6.725	7.298
1000	7.672	6.668	7.454	8.780
10000	8.407	6.847	8.019	9.820

Budući projekti, na bilo kojem od navedenih vodotoka, zahtjevaju da se, prije određivanja računskih velikih voda, postojeći nizovi podataka posebno analiziraju u smislu testiranja ulaznih podataka (parametarski i neparametarski testovi), postojanja izuzetaka u nizu, uvođenje još nekih funkcija raspodjele, koje bi možda dale prihvatljivije rezultate i samim tim olakšali izbor mjerodavne velike vode.

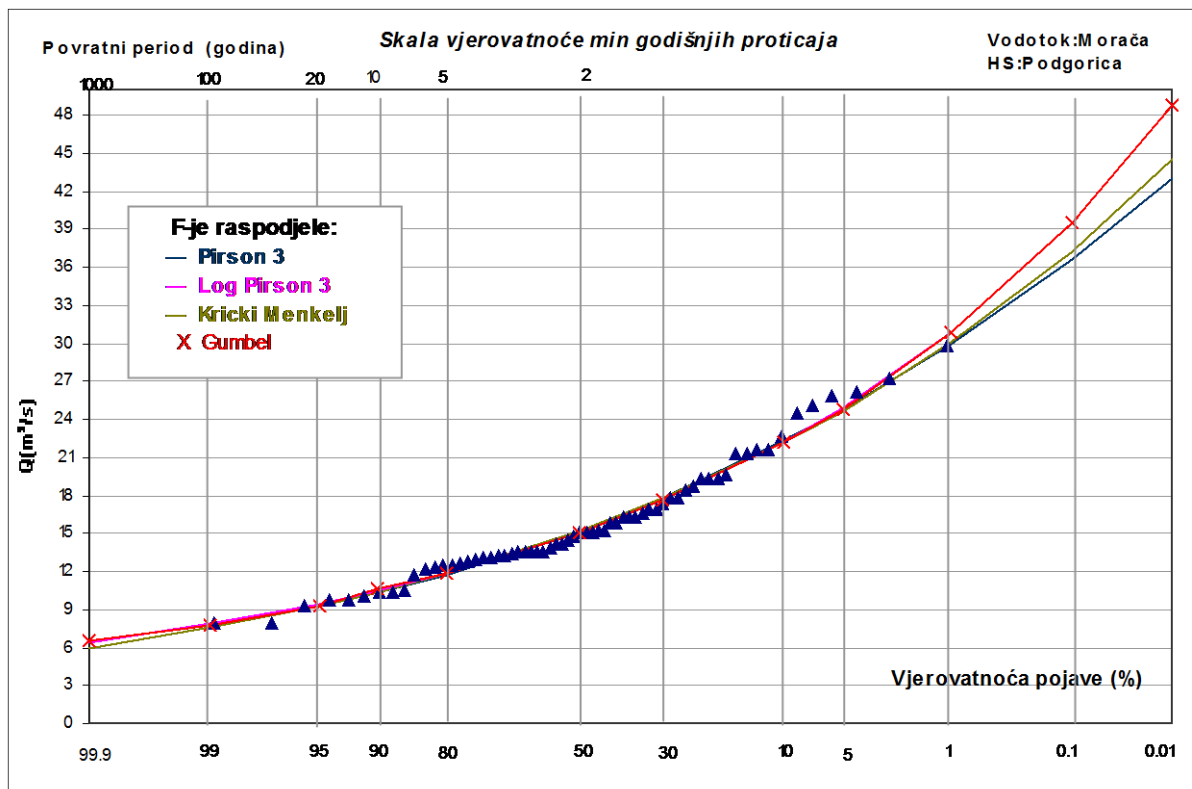
3. ANALIZA MALIH VODA

Režim i karakteristike malih voda vodotoka su veoma važni u svim granama vodoprivrede: snabdijevanje naselja i industrije vodom, ispuštanje otpadnih voda, navodnjavanje, hidroenergetika. Takođe, male vode su posebno bitne kod uređenja riječnih korita. Njihovo poznavanje neophodno je kako bi smo obezbijedili vodu za korisnike koji se nalaze nizvodno od mjesta na kojem se voda koristi za razne potrebe i omogućili povoljne uslove za opstanak biljnog i životinjskog svijeta u vodotocima.

Ove količine neophodno je utvrditi hidrološkim analizama režima vodotoka u kritičnim sušnim periodima. Za iste mjerne stanice kao i kod prethodne analize velikih voda dat je pregled rezultata analize malih voda.

- **HS Podgorica – rijeka Morača**

Rezultati analize malih voda na rijeci Morači, na HS Podgorica dati su na skali vjerovatnoće minimalnih godišnjih proticaja, za period 1948-2012 (slika 6) a vrijednost kvantila u tabeli 4.



Slika 6. Skala vjerovatnoće minimalnih godišnjih proticaja, rijeka Morača, HS Podgorica 1948-2012

Tabela 4. Vrijednosti kvantila malih voda prema četiri funkcija raspodele za HS Podgorica

T	P3	LP3	KM	GUM
1.001	6.584	6.459	5.894	6.476
1.010101	7.796	7.888	7.537	7.730
1.052632	9.322	9.481	9.242	9.289
1.111111	10.334	10.481	10.339	10.584
1.25	11.762	11.857	11.823	11.924
2	15.174	15.109	15.220	15.074
3.333333	17.789	17.645	17.810	17.559
10	22.277	22.206	22.250	22.119
20	24.744	24.856	24.656	24.811
100	29.944	30.842	30.110	30.907
1000	36.692	39.547	37.194	39.535
10000	42.999	48.791	44.602	48.811

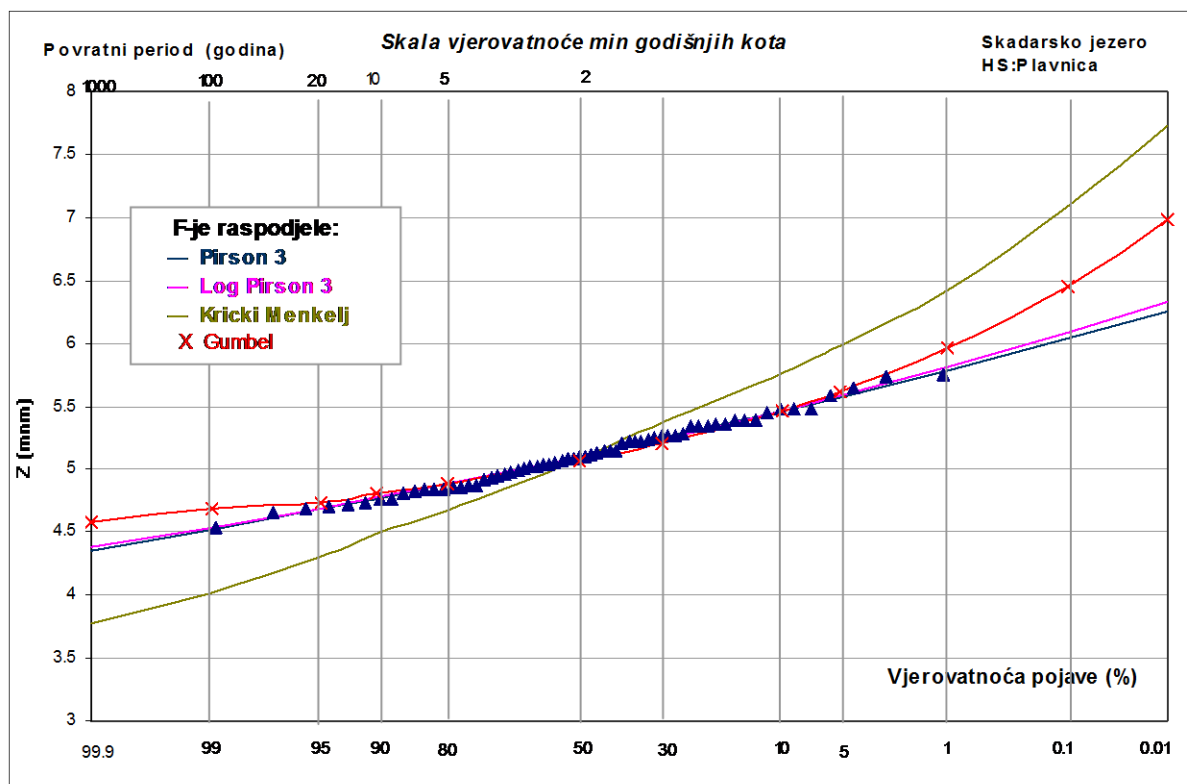
Vidljivo je da su vrijednosti kvantila za logP3 i Gumbelovu f-ju raspodjele praktično iste a i rezultati

u testovima saglasnosti su slični. Ove raspodjele ujedno daju i maksimalne vrijednosti kvantila.

- **HS Plavnica – Skadarsko jezero**

Minimalni vodostaji Skadarskog jezera na HS Plavnica dati su na skali vjerovatnoće minimalnih godišnjih kota (slika 7) za period 1948-2012, a vrijednost kvantila u tabeli 5.

Uz očiglednu malu asimetriju i odsustvo izuzetaka u nizu, raspodjele P3 i logP3 daju praktično iste rezultate. Maksimalne vrijednosti kvantila se dobijaju po Gumbelovoj raspodjeli, dok se raspodjela Kricki-Menkelja može odbaciti za dalje analize jer ne postoji saglasnost između teorijske i empirijske funkcije raspodjele.



Slika 7. Skala vjerovatnoće minimalnih godišnjih vodostaja Skadarskog jezera, HS Plavnica, 1948-2012

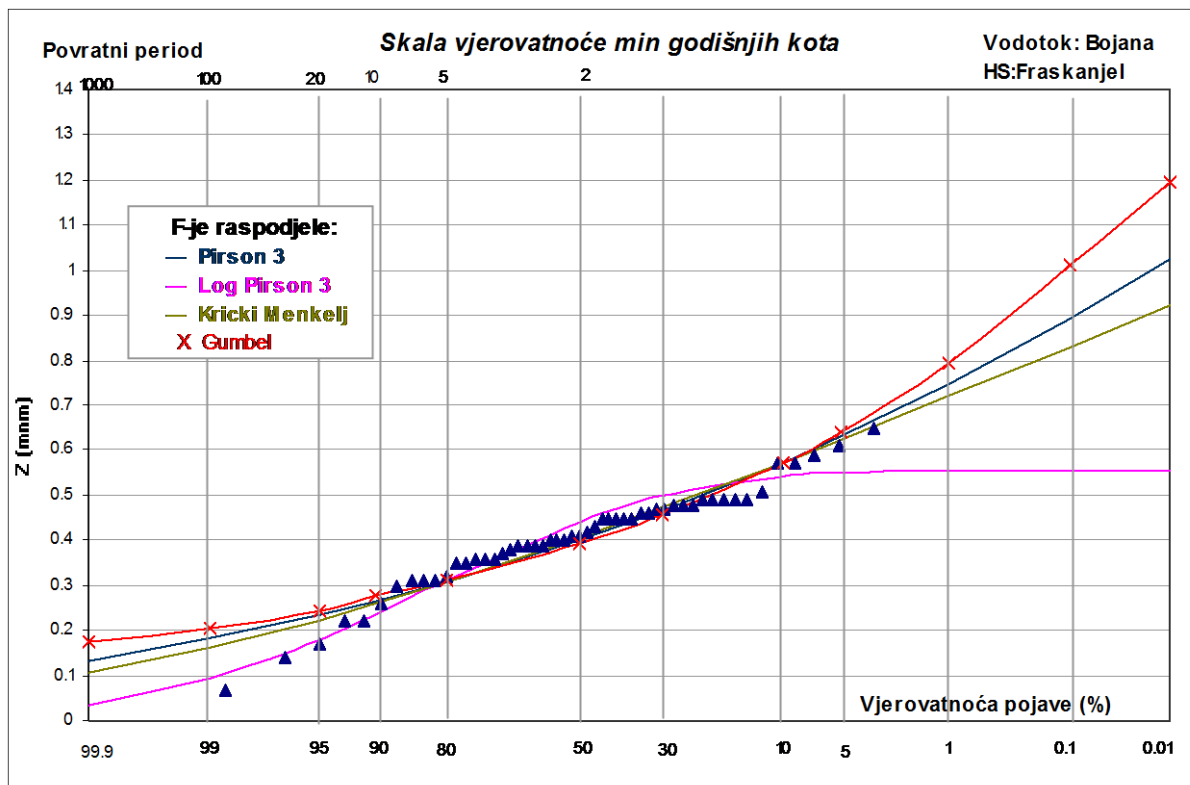
Tabela 5. Vrijednosti kvantila minimalnih vodostaja (mm) Skadarskog jezera prema četiri funkcija raspodele za HS Plavnica

T	P3	LP3	KM	GUM
1.001	4.357	4.380	3.770	4.577
1.010101	4.523	4.537	4.019	4.680
1.052632	4.680	4.687	4.312	4.736
1.111111	4.768	4.771	4.485	4.810
1.25	4.877	4.877	4.666	4.886
2	5.098	5.095	5.082	5.064
3.333333	5.243	5.240	5.364	5.205
10	5.463	5.465	5.773	5.464
20	5.573	5.579	5.977	5.616
100	5.787	5.806	6.420	5.962
1000	6.039	6.080	7.084	6.451
10000	6.256	6.323	7.731	7.060

- **HS Fraskanjel**

Skala vjerovatnoće minimalnih godišnjih vodostaja na rijeci Bojani na HS Fraskanjel, za period mjerenja 1960-2012, data je na slici 8 a vrijednost kvantila u tabeli 6.

Zbog negativnih koeficijenata asimetrije i najvjerovatnije postojanja izuzetaka u nizu mjerenih podataka, funkcija logP3 daje praktično iste rezultate za $T=10, 20, 100, 1000$ i 10000 g. što je neprihvatljivo. Kao što već navedeno, za neke konkretne namjene (projektovanja), prije određivanja mjerodavnih malih voda, postojeći nizovi podataka se moraju posebno analizirati u smislu testiranja ulaznih podataka (parametarski i neparametarski testovi), postojanja izuzetaka u nizu, kao i uvođenje u analizu još nekih funkcija raspodjele koje su prilagođene analizi malih voda.



Slika 8. Skala vjerovatnoće minimalnih godišnjih vodostaja rijeke Bojane, HS Fraskanjel, 1960-2012

Tabela 6. Vrijednosti kvantila minimalnih vodostaja (mm) prema četiri funkcija raspodele za HS Fraskanjel

T	P3	LP3	KM	GUM
1.001	0.134	0.036	0.105	0.173
1.010101	0.182	0.093	0.161	0.205
1.052632	0.234	0.178	0.222	0.245
1.111111	0.265	0.235	0.259	0.278
1.25	0.307	0.310	0.306	0.312
2	0.400	0.440	0.406	0.392
3.333333	0.466	0.498	0.473	0.455
10	0.573	0.541	0.574	0.571
20	0.630	0.550	0.623	0.639
100	0.746	0.556	0.720	0.794
1000	0.892	0.557	0.829	1.013
10000	1.024	0.558	0.923	1.195

4. ODREĐIVANJE GARANTOVANOG EKOLOŠKOG PROTOKA NA RIJECI MORAČI

Garantovani ekološki protok urađen je za hidrološku stanicu Podgorica na Morači, zbog njenog budućeg planiranog hidroenergetskog korišćenja i uticaja na sistem Skadarskog jezera i njegov biljni i životinjski svijet.

Zakon o vodama Crne Gore ("S.l.ist Crne Gore", br.22/08 od 02.04.2008) nije decidan u proračunu i pravilnom odabiru garantovanog ekološkog protoka, već ostavlja obrađivaču dosta široku mogućnost u pogledu njegovog izračunavanja.

U dosadašnjoj praksi najčešće se za garantovani protok usvajala vrijednost $0.1 \cdot Q_{sr}$, eventualno $0.15 \cdot Q_{sr}$, ne vodeći računa o kojem se periodu godine radi. Razlog ovakve prakse najčešće je bio zbog

jednostavnosti njegovog određivanja kao što se na taj način dobijaju manje vrijednosti proticaja koji se mora obezbijediti nizvodnim korisnicima.

U konkretnom slučaju, korišćena je nova GEP metoda (Garantovani Ekološki Protok), koju su razvili prof. B. Đorđević i T. Dašić [3]. Metoda se zasniva se na primjeni tri parametra:

- Prosječni višegodišnji protok na profilu brane, odnosno mjesta zahvatanja vode \bar{Q}
- Mala mjesečna voda obezbijedenosti 95%, $\bar{Q}_{95\%}^{\min mjes}$
- Mala mjesečna voda obezbijedenosti 80%, $\bar{Q}_{80\%}^{\min mjes}$

Usvajaju se dvije vrijednosti garantovanog ekološkog protoka $Q_{ekol.gar}$ (za hladni i topli dio godine) prema slijedećim relacijama [3]:

Period oktobar – mart (hladni dio godine)

$$\bar{Q}_{ekol.gar} = \begin{cases} 0.1 \times \bar{Q} & \text{za } Q_{95\%}^{\min mjes} \text{ ili } Q_{95\%}^{\min 30} \leq 0.1 \times \bar{Q} \\ Q_{95\%}^{\min mjes} \text{ ili } Q_{95\%}^{\min 30} & \text{za } 0.1 \times \bar{Q} < Q_{95\%}^{\min mjes} \text{ ili } Q_{95\%}^{\min 30} < 0.15 \times \bar{Q} \\ 0.15 \times \bar{Q} & \text{za } Q_{95\%}^{\min mjes} \text{ ili } Q_{95\%}^{\min 30} \geq 0.15 \times \bar{Q} \end{cases}$$

Period april – septembar (topli dio godine)

$$\bar{Q}_{ekol.gar} = \begin{cases} 0.15 \times \bar{Q} & \text{za } Q_{80\%}^{\min mjes} \text{ ili } Q_{80\%}^{\min 30} \leq 0.15 \times \bar{Q} \\ Q_{80\%}^{\min mjes} \text{ ili } Q_{80\%}^{\min 30} & \text{za } 0.15 \times \bar{Q} < Q_{80\%}^{\min mjes} \text{ ili } Q_{80\%}^{\min 30} < 0.25 \times \bar{Q} \\ 0.25 \times \bar{Q} & \text{za } Q_{80\%}^{\min mjes} \text{ ili } Q_{80\%}^{\min 30} \geq 0.25 \times \bar{Q} \end{cases}$$

4.1. Obezbijedenost minimalnih mjesečnih proticaja, HS Podgorica na Morači

Za određivanje garantovanog minimuma na profilu HS Podgorica, prethodno je pripremljena raspodjela obezbijedenosti minimalnih mjesečnih proticaja (tabela 7) i konstruisan grafik obezbijedenosti minimalnih mjesečnih proticaja (slika 9).

Konačno garantovani protok za profil Podgorica na Morači iznosi:

Period oktobar – mart:

$$\bar{Q}_{95\%}^{\min mjes} = 11.6 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$0.1 \times \bar{Q} = 15.8 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$0.15 \times \bar{Q} = 23.6 \text{ m}^3/\text{s}$$

Kako je $\bar{Q}_{95\%}^{\min mjes} < 0.1 \times \bar{Q}$ to za period [oktobar - mart] GEP treba usvojiti: $Q_{ekol.gar} = 15.8 \text{ m}^3/\text{s}$.

Period april – septembar :

$$\bar{Q}_{80\%}^{\min mjes} = 12.3 \text{ m}^3/\text{s}$$

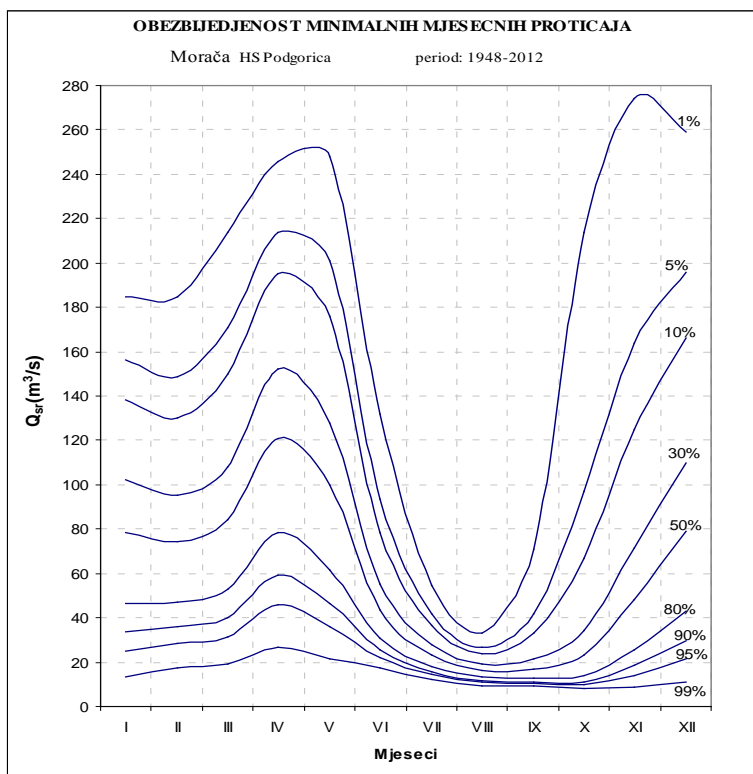
$$0.15 \times \bar{Q} = 23.6 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$0.25 \times \bar{Q} = 39.4 \text{ m}^3/\text{s}$$

Kako je $\bar{Q}_{80\%}^{\min mjes} < 0.15 \times \bar{Q}$ to za period [april - septembar] GEP treba usvojiti: $Q_{ekol.gar} = 23.6 \text{ m}^3/\text{s}$.

Tabela 7. Raspodjela obezbijedenosti minimalnih mjesečnih proticaja

Mesec	Obezbedenost P(%)								
	1%	5%	10%	30%	50%	80%	90%	95%	99%
I	217	165	140	98.4	75	46.7	36	29	19.6
II	190	148	129	94.1	73.9	47.9	37.2	29.8	18.8
III	220	171	148	107	83.6	53.5	41.2	32.7	20.3
IV	284	225	197	146	116	79	63.4	52.5	36.4
V	254	199	172	125	98.9	64.1	49.9	39.9	25.2
VI	121	92.4	79.2	56.4	44.1	29.6	24.3	20.9	16.5
VII	52.9	41.8	36.7	28	23.3	17.7	15.7	14.4	12.8
VIII	31.8	26.5	24	19.4	16.6	13	11.5	10.4	8.74
IX	66.3	44.2	35	21.6	16.1	12.3	11.7	11.5	11.5
X	186	106	75	33.2	19.9	14	13.6	13.6	13.6
XI	236	161	129	75.5	49.4	23.1	15.5	11.6	7.92
XII	321	215	170	101	70	43.3	37.3	34.9	33.3



Slika 9. Obezbijeđenost minimalnih mjesečnih proticaja HS Podgorica 1948-2012

5. ZAKLJUČAK

Kvalitet hidroloških mjerenja na glavnim vodotocima sliva Skadarskog jezera očigledno nije u skladu sa značajem ovih vodotoka i posebno njihovim mogućim potencijalom za korišćenje. Čak i na mjernim mjestima na kojima su obavljena relativno uredna osmatranja vodostaja (H), dosta su rijetko i neredovno mjereni protoci (Q), posebno u zonama većih vrijednosti. Posljedica toga je da su krive protoka $Q = f(H)$ na nekim stanicama dosta neažurne (krive protoka se kod deformabilnih korita mijenjaju tokom vremena, te ih treba mjerenjima stalno ažurirati). Posebno nedostaju mjerenja u višim zonama nivoa / protoka, tako da su krive u tim zonama najčešće ekstrapolovane na dosta velikom potezu, što umanjuje njihovu pouzdanost. Ukoliko se zna da se značajan dio vodnog bilansa ostvaruje upravo u periodima velikih voda, nepouzdanost krivih protoka u zonama visokih vodostaja / protoka znatno relativizira pouzdanost hidroloških podataka na slivu Skadarskog jezera. Slična situacija je i sa malim vodama, koje nemaju ništa manji značaj za planiranje i buduće korišćenje

predmetnih vodotoka. Primjenjena GEP metoda za profil HS Podgorica na rijeci Morači pokazala se primjerenom, operativnom i jednostavnom shodno raspoloživim bazama hidroloških podataka,. Njena primjena se zasniva na primjeni manjeg broja parametara, koji se mogu dobiti analizom raspoloživih hidroloških serija koje postoje na skoro svim vodotocima u slivu.

Orientacione vrijednosti proticaja rijeke Bojane, preuzete iz postojećih elaborata, mogu se davati samo na nivou grube procjene.

Iz svega navedenog jasno je da ako se žele rješavati problemi u slivu Skadarskog jezera i rijeke Bojane procjena njihovih bilansa bi se morala zamijeniti stvarnim (izmjerenim) bilansom. Navedeni nedostaci, sasvim sigurno će biti i osnovni problem budućih aktivnosti vezanih za izradu studija i projekata vezanih za vodni režim sliva Skadarskog jezera. Ovo govori o tome da se u potpunosti ne shvata značaj ovog akvatorijuma kao primarnog razvojnog resursa države i kao jednog od ključnih ekoloških faktora, koji se

uspješno može štititi i valorizovati samo ako se dobro upoznaju i količine i kvalitet voda.

LITERATURA

- [1] B. Radojičić, Vode Crne Gore, Podgorica, 2005.
- [2] B.Đorđević, G.Sekulić, M.Radulović. M.Šaranović, Vodni potencijali Crne Gore , CANU, Podgorica, 2010.
- [3] Đorđević B. i T. Milanović (2011): Određivanje potrebnih protoka nizvodno od brana i rečnih vodozahvata, Vodoprivreda, vol. 43, br. 4-6, str. 151-164, 2011
- [4] Garantovani ekološki protok kao ključna mera zaštite voda, Zbornik radova "Zaštita voda 2000", Mataruška Banja
- [5] M.Bošković, M.Popović, N.Aliilović, Prilog o geogenezi Skadarskog jezera, njegovim prirodnim i rashodnim komponentama i istorijatu aktivnosti na njegovoj regulaciji.Ohrid, 2010.
- [6] Radulović M., Sekulić G. (2010): Inženjersko-geološki uslovi izgradnje brane i akumulacije „Andrijevo“ i njihov uticaj na životnu sredinu, Posebno izdanje Mitropolije Crnogorsko – primorske , 2010. Podgorica.
- [7] S. Jovanović: Primena metoda matematičke statistike u hidrologiji, Beograd, 1987
- [8] S.Prohaska, V.Ristić, Hidrologija kroz teoriju i praksu, Beograd, 2009
- [9] Srebrenović, D. Primijenjena hidrologija. Zagreb : Tehnička knjiga,1986.
- [10] V. Vukmirović: Analiza verovatnoće pojave hidroloških veličina, Građevinski fakultet i Naučna knjiga, Beograd,1990.
- [11] Zavod za hidrometeorologiju i seizmologiju Crne Gore, Arhivska dokumentacija Hidrološkog sektora

ANALYSIS ON THE EXTREME WATER ON THE SKADAR LAKE CATCHMENT AREA

by

Goran SEKULIĆ
Faculty of Civil Engineering, Podgorica
Mirjana POPOVIĆ, Nevzeta ALILOVIĆ
Institute of Hydrometeorology and Seismology of Montenegro, Podgorica

Summary

The paper deals with the extreme values of flow - maximums and minimums, as vital elements for the construction of facilities for flood protection and sizing of hydraulic structures on the watercourses system Morača - Skadar Lake - Bojana. Values were analyzed using standard statistical procedures on a series of observed and calculated data for hydrological stations that have existed long enough series of data

necessary for the application of methods of mathematical statistics. Because of his special importance is analyzed and guaranteed ecological flow for profile on the hydrological station Podgorica, on Morača river.

Key words: extreme flows, statistical methods, measurement stations, environmental flow

Redigovano 08.11.2016.