

UNIVERZITET CRNE GORE
FILOZOFSKI FAKULTET – NIKŠIĆ
STUDIJSKI PROGRAM GEOGRAFIJA

Zoran Dragović

**SKADARSKO JEZERO – REŽIM VODOSTAJA I
VODOPRIVREDNI PROBLEM**

MASTER RAD

Nikšić, 2023. godina

UNIVERZITET CRNE GORE
FILOZOFSKI FAKULTET – NIKŠIĆ
STUDIJSKI PROGRAM GEOGRAFIJA

**SKADARSKO JEZERO – REŽIM VODOSTAJA I
VODOPRIVREDNI PROBLEM**

MASTER RAD

Mentor: prof. dr Dragan Burić

Kandidat: Zoran Dragović

Br. indeksa: 14/21

Nikšić, 2023. godina

PODACI I INFORMACIJE O STUDENTU

Ime i prezime: Zoran Dragović

Datum i mjesto rođenja: 16.06.1999, Podgorica

Naziv završenog osnovnog studijskog programa i godina završetka studija: osnovni akademski
Studijski program geografija, 2021. godine.

INFORMACIJE O MASTER RADU

Naziv master studija: Master akademski Studijski program geografija

Naslov rada: Skadarsko jezero – režim vodostaja i vodoprivredni problem

Fakultet na kojim je rad odbranjen: Filozofski fakultet–Nikšić

Naučna oblast: Fizička geografija

UDK, OCJENA I ODBRANA MASTER RADA

Datum prijave master rada: xx.08.2023. godine

Datum sjednice vijeća na kojoj je prihvaćena tema:

Mentor: prof. dr Dragan Burić

Komisija za ocjenu/odbranu master rada: prof. dr Dragan Burić

prof. dr Miroslav Doderović

doc. dr Dragoslav Banjak

Lektor:

Datum odbrane:

Datum promocije:

IZJAVA O AUTORSTVU

Kandidat: Zoran Dragović

Na osnovu člana 22. Zakona o akademskom integritetu, ja dolje potpisani

IZJAVLJUJEM

pod punom krivičnom prijavom i materijalnom odgovornošću da je master rad pod nazivom „Skadarsko jezero – režim vodostaja i vodoprivredni problem“ rezultat sopstvenog istraživačkog rada, da nijesam kršio autorska prava i koristio intelektualnu svojinu drugih lica i da je navedeni rad moje originalno djelo.

Nikšić, datum

Potpis studenta:

PREDGOVOR

U modernom dobu, sve veća svijest o očuvanju prirodne ravnoteže i biodiverziteta postavlja pred nauku brojnije i kompleksnije izazove. Jedan od dragocjenih resursa prirode koji zaslužuje posebnu pažnju naše države jeste Skadarsko jezero, najveći akvatorij na Balkanskom poluostrvu. Ovo jezero, smješteno na jugoistoku Crne Gore, nije samo prirodno dobro već i dragocjeni ekosistem koji objedinjuje mnoge naučne discipline u svom istraživačkom spektru. Prekomjernim korišćenjem prirodnih resursa i drugim antropogenim djelovanjem čovjeka na životnu sredinu, savremena civilizacija se suočava sa sve većim vodoprivrednim problemima. U novije vrijeme, zbog klimatskih promjena svjedočimo češćim kolebanjima vodostaja, a i to utiče na kvalitet vode. Još uvijek nije poznatno da li je čovjek glavni uzrok današnjih klimatskih promjena ili su u pitanju varijacije prirodnih faktora, preciznog odgovora nema. Međutim, prevladava mišljenje da je glavni uzročnik savremenih klimatskih promjena čovjek, odnosno njegove aktivnosti, a u prvom redu pretjerano sagorijevanje fosilnih goriva (ugalj, nafta, gas). U svakom slučaju, primjetno je sve češće pojavljivanje ekstremnih temperatura, intenzivnih kiša, povećanje čestine suša, poplava, oluja, toplotnih talasa i drugih nepovoljnih događaja.

Ovaj master rad posvećen je dubljem razumijevanju Skadarskog jezera, prevashodno sa aspekta njegovog hidrološkog režima i ukazivanja na osnovne vodoprivredne probleme. Analiza vodostaja tokom šest decenija, od 1951. do 2010. godine, daće dragocjen uvid u varijabilnost jezerskog nivoa. Istraživanje će obuhvati srednje vrijednosti vodostaja na mjesečnom, sezonskom i godišnjem nivou. Primjenom metoda standarizovanih odstupanja, uradiće se kategorizacija pomenutih vremenskih jedinica, odnosno svrstavanje u jednu od 7 mogućih klasa: normalno, sušno, vrlo sušno, ekstremno sušno, vlažno, vrlo vlažno, ekstremno vlažno. Metodom trenda pokazaće se osnovna razvojna tendencija vodostaja Skadarskog jezera. Kako je vodostaj promjenljiva varijabla, sasvim je prirodno da određeni trend porasta ili pada nivoa vode postoje, ali je ključno pitanje da li je određena tendencija promjena matematičko-statistički značajna ili ne. Iz tog razloga, značajnost tendencije vodostaja ispitaće se pomoću Studentovog testa. Rad će ukazati i na generalne vodoprivredne probleme u slivu Skadarskog jezera, posebno na one degradacije koje su rezultat ljudskih aktivnosti. Kroz pominjanje kvaliteta vode Skadarskog

jezera, cilj je da se probudi svijest građana Crne Gore da se sačuva ovaj prirodni dragulj, jer ne postoji druga alternativa. Naravno, prirodna dobra i njihove ljepote moramo koristiti, turistički i na drugi način ekonomski valorizovati, ali to mora biti održivo, kako bi i buduće generacije imale koristi. Održivo rješenje zahtijeva balans između ekonomije i ekologije. Ako se bude usmjerio fokus samo na ekonomiji i finansijskoj dobiti, uglavnom pojedinaca, postoji ozbiljna prijetnja uništenja Skadarskog jezera, odnosno još jednog negativnog primjera kako ne treba raditi, kao što je slučaj sa npr. Aralskim jezerom. Dakle, negativnih primjera degradacije i uništenja vodenih objekata u okruženju i svijetu ima previše (jezera, rijeka), ima ih i u našoj državi, ali takve radnje treba da nas opemenu šta ne treba raditi.

Master rad se sastoji iz šest poglavlja, svako sa svojim fokusom i doprinosom. U **Uvodu** je predstavljen kontekst istraživanja, naglašavajući značaj Skadarskog jezera u različitim aspektima: od hidrologije i biologije do turizma, od ekologije do antropogeografije. Čitalac će biti upoznat sa istorijatom jezera, njegovom geografskom pozicijom, te osnovnim izazovima sa kojima se istraživači i društvo suočavaju u vezi sa ovim dragocjenim resursom. U sljedećem poglavlju dat je **Pregled dosadašnja istraživanja**. Ovdje se obuhvata širok spektar aspekata, od geografskih karakteristika jezera, preko njegovog hidrološkog sistema, do ekoloških i kulturnih implikacija. Ovaj pregled pomaže u postavljanju osnove za dublje razumijevanje specifičnih pitanja kojima se rad bavi. Treće poglavlje nudi dublji uvid u **Područje istraživanja**, odnosno osnovne geografske karakteristike Skadarskog jezera. Njegova pozicija, površina, oblik i reljef dodatno se analiziraju kako bi se razumjela hidrološka priroda. Takođe, klimatske karakteristike regiona i biodiverzitet jezera se razmatraju kao ključni faktori vodostanja i koji oblikuju životnu sredinu ovog područja.

Pregled osnovnih karakteristika, međutim, ne bi bio potpun bez **Baze podataka i metodologije** koja stoji iza ovog istraživanja. Četvrto poglavlje rasvjetljava ovu oblast, objašnjavajući kako su zvanični podaci o vodostaju sa hidrološke stanice Plavnica bili korišćeni za analizu. Različite statističke metode, kao što su metodi trenda, kliznih srednjaka i standardne devijacije, igraju ključnu ulogu u istraživanju varijacija vodostaja tokom šest decenija. Takođe, primjenom modela Indeksa kvaliteta vode (WQI - Water Quality Index), koristeći SWQI metod, analiziraće se, odnosno izdvojiti klase zagađenosti vode Skadarskog jezera. Nadalje, dat je pokušaj identifikacije zona rizika od poplava. **Rezultati istraživanja** predočeni su u glavnom

petom poglavlju, koje je podijeljeno na više potpoglavlja. Kroz analizu vodostaja i ukazivanje na osnovne vodoprivredne probleme, dat je naglasak na razumijevanje kako prirodnih tako i antropogenih uticaja na vodnost i kvalitet vode Skadarskog jezera. O dobijenim rezultatima diskutovaće se u poslednjem poglavlju, gdje je dat i zaključak istraživanja (**Diskusija i zaključak**). Nastojalo se korišćenje referentnih i novijih istraživačkih radova, koji su popisani na kraju – u spisku **Literature**. Master rad je prevashodno vezan za naučnu oblast Fizička geografija, ali je tematika ili bolje reći problematika interdisciplinarna, pa u tom kontekstu predočeni rezultati mogu biti od koristi za dalja istraživanja. U svakom slučaju, rezultati istraživanja su bazirani na podacima nacionalnih institucija i relevantnoj literaturi, te kao takvi mogu poslužiti za dalja istraživanja i biti od koristi donosiocima odluka, a sve u cilju da se sačuva ovaj dragocjeni vodeni objekat. Kako je Skadarsko jezero granično, da bi se postigao jednino moguć cilj (sačuvati jezeru sa svih mogućih aspekata), neophodna je istinska prekogranična saradnja sa Republikom Albanijom.

Koristim priliku da se zahvalim mojim roditeljima na životnu i studijsku pomoć. Neizmjernu zahvalnost dugujem mom mentoru, rukovodiocu Studijskog programa za geografiju na Filozofskom fakultetu UCG, prof. dr Draganu Buriću, koji je svojom preciznošću i poznavanjem problematike umnogome doprinio kvalitetu ovog master rada, čovjeku koji je tokom i osnovnih i master studija svim studentima pružio nesebičnu pomoć i znanje. Na koristnim sugestijama, takođe, izražavam zahvalnost i poštovanje članovima Komisije, prof. dr Miroslavu Doderoiću i doc. dr Dragoslavu Banjku.

SAŽETAK

Prve civilizacije nastale su pored vode, odnosno u dolinama rijeka i na obalama jezera. Od tada pa do današnjih dana potreba za vodom je sve veća, ali čistih prirodnih voda, kako površinskih tako i podzemnih, sve je manje. Činjenica da se najveći dio rijeka i jezera formira na nacionalnoj teritoriji, kao i podatak da je prosječni specifični oticaj oko 40 l/s/km^2 , može se zaključiti da je Crna Gora izuzetno bogata vodom i taj prirodni resur treba sačuvati od antropogenih pritisaka. Klimatske promjene su realnost, a mnoga istraživanja ukazuju da od njih nijesu pošteđeni ni vodeni objekti. U vezi s tim, cilj ovog master rada je analiza vodostaja Skadarskog jezera i ukazivanje na osnovne vodoprivredne probleme u njegovom slivu. Za potrebe rada korišćeni su podaci o vodostaju za period 1951-2010. godine sa hidrološke stanice (HS) Plavnica. Istraživanje režima proticaja obuhvatilo je mjesečne, sezonske i godišnje vrijednosti, koristeći metod standardizovanih anomalija i trend komponentnu. Kvalitet vode Skadarskog jezera procijenjen je na osnovu podata o fizičko-hemijskim parametrima, takođe sa HS Plavnica. Dobijeni rezultati su pokazali da su promjene nivoa vode Skadarskog jezera evidentne, odnosno da postoji značajan pad vodostaja u periodu 1951-2010. godine. WQI model je pokazao da je kvalitet vode Skadarskog jezera na zadovoljavajućem nivou, je dominiraju klase *odličan* i *vrlo dobar*, a samo je 2017. godine voda jezera bila *dobrog* kvaliteta. najugroženija zona od poplava u propbalju Skadarskog jezera je do kote od 11 mnm. Rizik od poplava i brojni izvori zagađenja su trenutno najozbiljniji vodoprivredni problemi u slivnom području Skadarskog jezera.

Ključne riječi: vodostaj, kvalitet vode, vodoprivredni problemi, Skadarsko jezero.

ABSTRACT

The first civilizations arose near water, in river valleys and on the shores of lakes. From then until today, the need for water is increasing, but clean natural water, both surface and underground, is decreasing. The fact that most of the rivers and lakes are formed on the national territory, as well as the fact that the average specific runoff is about 40 l/s/km², it can be concluded that Montenegro is extremely rich in water and this natural resource should be protected from anthropogenic pressures. Climate change is a reality, and many studies indicate that even water bodies are not spared from it. In this regard, the goal of this master's thesis is to analyze the water level of Lake Skadar and point out the basic water management problems in its basin. For the purposes of the work, water level data for the period 1951-2010 were used from the hydrological station (HS) Plavnica. The research of the flow regime included monthly, seasonal and annual values, using the method of standardized anomalies and the trend component. The water quality of Lake Skadar was assessed based on data on physical and chemical parameters, also from HS Plavnica. The obtained results showed that changes in the water level of Skadar Lake are evident, that is, there is a significant drop in the water level in the period 1951-2010. The WQI model showed that the water quality of Lake Skadar is at a satisfactory level, dominated by excellent and very good classes, and only in 2017 was the water of the lake of good quality. The most vulnerable zone from floods in the Skadar lake area is up to an elevation of 11 mnm. The risk of floods and numerous sources of pollution are currently the most serious water management problems in the watershed area of Lake Skadar.

Keywords: water level, water quality, water management problems, Lake Skadar.

SADRŽAJ:

1. UVOD.....	13
1.1. Hipoteze istraživanja.....	14
1.2. Predmet istraživanja.....	15
1.3. Motiv i cilj istraživanja.....	15
2. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA.....	17
3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA.....	20
3.1. Geografski položaj Skadarskog jezera.....	20
3.2. Fizičko-geografske karakteristike Skadarskog jezera.....	21
4. BAZA PODATAKA I METODOLOGIJA.....	26
5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA.....	30
5.1. REŽIM VODOSTAJA SKADARSKOG JEZERA.....	30
5.1.1. Režim srednjih voda.....	30
5.1.2. Trend srednjih mjesečnih vodostaja.....	34
5.1.3. Trend srednjih sezonskih vodostaja	36
5.1.4. Trend srednjih godišnjih vodostaja.....	37
5.1.5. Standardizovana odstupanja srednjih voda.....	38
5.1.6. Osvrt na ekstremni vodostaj - studija slučaja: decembar 2010.....	44
5.2. OSNOVNI VODOPRIVREDNI PROBLEMI U SLIVU SKADARSKOG JEZERA.....	45
5.2.1. Procjena kvaliteta vode Skadarskog jezera.....	47
5.2.2. Zona rizika od poplava u priobalnom dijelu Skadarskog jezera.....	49
6. DISKUSIJA I ZAKLJUČAK.....	52
7. LITERATURA.....	56

SPISAK SLIKA:

Slika 1. Geografski položaj Skadarskog jezera i lokacija HS Plavnica (Izvor: autor).....	20
Slika 2. Slivno područje Skadarskog jezera (https://www.dinarskogorje.com/slivovi-skadarskog-bazena.html).....	22
Slika 3. Klimadijagram po Valteru i Keppenov Csa podtip klime za Podgoricu (Burić et al., 2014).....	23
Slika 4. Dio pejzaža Skadarskog jezera (https://www.ramsar.org/country-profile/montenegro).....	24
Slika 5. Prosječne vrijednosti vodostaja HS Plavnica i padavina MS Podgorica za period 1951-2010. godine.....	33
Slika 6. Trend srednjih mjesečnih vodostaja na HS Plavnica Skadarskog jezera.....	35
Slika 7. Trend i njegova značajnost srednjih sezonskih vodostaja na HS Plavnica Skadarskog jezera (Značajnost: *** $t < 0,001$, ** $t < 0,01$).....	37
Slika 8. Trend i njegova značajnost srednjih godišnjih vodostaja na HS Plavnica Skadarskog jezera (Značajnost: *** $t < 0,001$).....	38
Slika 9. Standardizovana odstupanja srednjih mjesečnih vodostaja i klizni 10. godišnji srednjaci vodostaja Skadarskog jezera za period 1951-2010.	41
Slika 10. Standardizovana odstupanja srednjih sezonskih vodostaja i klizni 10. godišnji srednjaci vodostaja Skadarskog jezera za period 1951-2010.	43
Slika 11. Standardizovana odstupanja srednjih godišnjih vodostaja i klizni 10. godišnji srednjaci vodostaja Skadarskog jezera za period 1951-2010.	44
Slika 12. Visina vodostaja po podacima nivograma automatske HS Planica (Skadarsko jezero) tokom novembra i decembra 2010. godine (Izvor: ZHMSCG).....	46
Slika 13. Prosječni godišnji kvalitet vode Skadarskog jezera na osnovu SWQI vrijednosti za period 2011-2018. godine	48
Slika 14. Zona između 5-11 mm – najugroženija od poplavnih voda Skadarskog jezera (izvor:Ivan Mijanović)	50

SPISAK TABELA:

Tabela 1. Klasifikacija anomalija vodostaja prema standardnoj devijaciji.....	28
Tabela 2. Kategorizacija kvaliteta površinskih voda prema SWQI.....	29
Tabela 3. Prosječne mjesečne i godišnja vrijednosti vodostaja (H), standardne devijacije (STDEV), koeficijenta varijacije (Cv) i koeficijenta asimetrije (Cs) Skadarskog jezera za period 1951-2010. godine.....	31
Tabela 4. Prosječne sezonske vrijednosti vodostaja (H), standardne devijacije (STDEV), koeficijenta varijacije (Cv) i koeficijenta asimetrije (Cs) Skadarskog jezera za period 1951-2010. godine.....	33
Tabela 5. Značajnost trenda srednjih mjesečnih vodostaja na HS Plavnica Skadarskog jezera.....	36

1. UVOD

Skadarsko jezero, smješteno na jugoistoku Crne Gore, po površini i kao kriptodepresija, predstavlja najveći akvatorij, koji zavrjeđuje istraživačku pažnju sa aspekta mnogih naučnih oblasti - hidrologije, klimatologije, geomorfologije, biologije, antropogeografije, turizma, istorije i drugih. Prostire se na površini od 370 km² do 540 km². Crnogorski dio Skadarskog jezera (blizu 2/3 površine) proglašen je nacionalnim parkom, dok se prostor koji pripada Albaniji (oko 1/3) tretira kao park prirode. Skadarsko jezero karakteriše izuzetna biološka raznovrsnost, stanište brojnih biljnih i životinjskih vrsta, samim tim ono predstavlja ne samo značajan ekosistem već i važan resurs za lokalno stanovništvo i turizam. Valorizacija prirodnih i antropogenih vrijednosti Skadarskog jezera i njegovog priobalja umnogome zavisi i u budućnosti će zavisiti od režima i stepena zagađenosti njegove vode.

Skadarsko jezero je jedan od najdragocjenijih limnoloških objekata na Balkanskom poluostru, a i šire. Između ostalog, hidrološki značaj jezera je u tome što sakuplja veode jednog značajnog dijela Crne Gore, a zatim ih preko rijeke Bojane odvodi u Jadransko more. Jezero je protočnog karaktera, što znači da ima prirodnu sposobnost samoprečišćavanja, odnosno mnogo veći potencijal korišćenja akumulirane vode za razne potrebe u poređenju sa uvnim jezerima (jezera bez otoka). Biološki značaj je u tome što ima raznovrstan živi svijet, a obaveza društva i države je da sačuva ekosistem skadarskog jezera. Klimatski značaj jezera se ogleda u tome što ono djeluje ublažujuće na ljetnje žege i zimske hladnoće, istina u neposredom priobalnom dijelu. Sama činjenica da se na obodu jezera nalazi Zetska ravnica, ukazuje na značajan poljoprivredni potencijal ovog vodenog tijela.

Jezero i njegov obod bili su jezgro formiranja države Crne Gore (dinastija Crnojevića), tako da se odlikuje sa značajnim kulturno istorijskim nasleđem. Pomenuto, kao i činjenica da se radi o izuzetno lijepom prirodnom pejzažu, ta da se u njegovoj blizini nalazi glavni i najveći grad Crne Gore (Podgorica), a tu su još i Bar i Cetinje, odnosno Skadar u Albaniji, ukazuje na značajan turistički potencijal ovog limnološkog objekta. Dakle, Skadarsko jezero za Crnu Goru, ali i Albaniju, ima višestruki značaj, i to treba sve više isticati i intenzivirati istraživačku

djelatnost. Kvalitetno istraživanje je moguće na osnovu konkretnih podataka, kako bi se buduće aktivnosti vezane za korišćenje, uređenje i zaštitu vode Skadarskog jezera mogle realizovati.

U razvijenim državama, istraživanja ovog tipa dobijaju sve veći značaj (Burić et al., 2023). Shodno tome, ovaj master rad ima za cilj da sagleda hidrološko-klimatsku komponentu Skadarskog jezera, kroz analizu režima vodostaja u periodu 1951-2010. godine, kao i da ukaže na neke osnovne vodoprivredne probleme u crnogorskom dijelu sliva ovog najvećeg limnološkog objekta na Balkanskom poluostrvu.

Master rad je podijeljen na 6 poglavlja. Nakon Uvoda, daće se pregled dosadašnjih istraživanja vezanih za Skadarsko jezero i generalno za hidrološku, klimatsku i ekološku problematiku kod nas, okruženju i svijetu. U trećem poglavlju biće riječi o području istraživanja, koje će sadržati osnovne podatke o geografskom položaju analiziranog lokaliteta i fizičko-geografskim karakteristikama njegovog slivnog područja (geologija, reljef, klima, pritoke i otoke jezera i živi svijet jezera). U narednom poglavlju (Baza podataka i metodologija istraživanja), pomenuće se podaci koji su korišćeni u radu, izvor i vremenski period, kao i korišćene metode. Kako je već pomenuto, za potrebe rada koristiće se podaci sa HS Plavnica, čija je kota "nule" vodomjera na 4,6 m nadmorske visine. Glavni sadržaj master rada biće saopšten u dijelu Rezultati istraživanja. Ovo poglavlje je planirano da obuhvati dva potpoglavlja: Kolebanje vodostaja Skadarskog jezera (1951-2010) i Osnovni vodoprivredni problemi u slivnom području Skadarskog jezera. Oba potpoglavlja biće podijeljena na nekoliko naslova. U 6. poglavlju diskutovaće se o dobijenim rezultatima i daće se zaključna razmatranja. Na kraju će biti predodčen spisak korišćene literature.

1.1. Hipoteze istraživanja

Istraživanje će se fokusirati na analizu i verifikaciju dvije ključne hipoteze:

Prva hipoteza se odnosi na varijabilnost vodostaja jezera i moguće povećanje kolebanja uslijed klimatskih promjena i ljudskih aktivnosti u slivnom području. Ova hipoteza će biti proverena primjenom odgovarajućih matematičko-statističkih metoda i analizom podataka o vodostaju iz prošlosti. Rezultati će ukazati na realno stanje vodostaja jezera i da li postoje

značajne promjene u odnosu na prethodne periode.

Druga hipoteza se odnosi na uticaj urbanizacije, industrijalizacije i drugih ljudskih aktivnosti u slivu Skadarskog jezera na degradaciju životne sredine, posebno kvaliteta vode i rizik od poplava u obalnom pojasu jezera. Istraživanje će obuhvatiti analizu kvaliteta vode, kao i identifikaciju potencijalnih zona rizika od poplava. Ova hipoteza će biti potvrđena ili opovrgnuta na osnovu rezultata detaljnih terenskih istraživanja i analize relevantnih podataka.

Radna pretpostavka je da je kolebanje vodostaja povećano, da je došlo i do promjene stope trenda, ali da se kvalitet vode nije značajno narušen, jer se radi o protočnom jezeru, odnosno mogućnosti prirodne autopurifikacije (obnavljanja) vode. S obzirom na to da obalni pojas ima pretežno ravničarski karakter, sasvim opravdano se može pretpostaviti da postoje zone rizika od velikih voda. Analizirani period od 60 godina je dovoljno dug da se na bazi provjerene metodološke aparature mogu izvesti adekvatni zaključci o eventualnoj promjeni vodostaja i ostalih vodoprivrednih problema Skadarskog jezera.

1.2. Predmet istraživanja

Predmet istraživanja je Skadarsko jezero, odnosno kolebanje vodostaja u 60-godišnjem periodu (1951-2010) i ukazivanje na osnovne vodoprivredne probleme u njegovom slivnom području. Analiza režima vodostaja biće urađena na mjesečnom, sezonskom i godišnjem nivou, a osvrt na vodoprivredne probleme razmatraće se kroz procjenu kvaliteta vode i nekontrolisane i neplanske ljudske aktivnosti, te moguće negativne posledice današnjih klimatskih promjena.

1.3. Motiv i cilj istraživanja

Osnovni motiv za odabir master teme je taj što Skadarsko jezero, po mnogim karakteristikama, predstavlja jedan od najinteresantnijih vodenih biotopa u ovom dijelu Evrope. Osim toga, jezero se odlikuje i sa brojnim prirodnim i kulturnim nasljeđem. Hidrološke, ekološke i sveukupne vrijednosti Skadarskog jezera treba sačuvati, a one će prevashodno zavisiti od klimatskih karakteristika i uticaja čovjeka. Poznato je da su rijeke, ali i jezera, proizvod klimata (Dukić & Gavrilović, 2006). Antropogeni pritisci na vodotoke i jezera su odavno poznati,

uglavnom su negativni, a u posljednje vrijeme su mnogi vodeni objekti, posebno jezera, ugroženi i od klimatskih promjena (Burić et al., 2023). Zato je glavni istraživački cilj master rada utvrđivanje promjena vodostaja Skadarskog jezera u pomenutom 60-godišnjem periodu (1951-2010) i osvrt na glavne vodoprivredne probleme u crnogorskom dijelu njegovog sliva.

2. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

Skadarsko jezero je najveća kriptodepresija na Balkanskom poluostrvu, s obzirom na to da se njegovo dno nalazi ispod nivoa Jadranskog mora, a nivo vode iznad. Površina jezera se nalazi na prosječnoj visini od oko 6 metara iznad nivoa Jadranskog mora, dok je njegova srednja dubina oko 5 metara. U sublakustričkoj vrtači Raduško, izmjerena je maksimalna dubina od 60 metara. Skadarsko jezero se nalazi u Podgoričko-skadarskoj kotlini i ima sveukupni geografski značaj, a za Crnu Goru i izuzetno važnu istorijsku komponentu. Zahvaljujući svojoj geografskoj poziciji, Skadarsko jezero treba da bude jedna od spona povezivanja Crne Gore i Albanije, doprinos društveno-ekonomskog razvoja i sradnje između ove dvije države.

Jezero je okruženo prelijepim pejzažom, uokvireno impresivnim padinama Lovćena, Sutormana, Rumije, Taraboša, Prokletija i ravnima opština Zete, Bara i Skadra. Basen jezera je tektonski predisponiran, a zatim erozivnim procesima morfološki uobličavan (Doderović i dr., 2018). Glavna pritoka Skadarskog jezera je rijeka Morača sa Zetom i Cijevnom, dok najveći dio vode otiče riječnim tokom Bojane, a manji dio se gubi isparavanjem i poniranjem. Rijeka Bojana povezuje jezero sa Jadranskim morem, a rijeka Drim (preko Crnog Drima) ga povezuje sa Ohridskim jezerom (Pešić et al., 2013). U sklopu hidrosistema Skadarskog jezera i rijeke Bojane nalazi se i Šasko jezero, koje je udaljeno oko 16 km od ušća rijeke Bojane (Caković i dr., 2016). Ova bogata hidrološka mreža čini Skadarsko jezero vitalnom tačkom za očuvanje raznovrsnih ekosistema, dok su obalni predjeli, sa svojom raznolikom florom i faunom, jedinstveni prirodni rezervati koji privlače mnoge ljubitelje prirode i turiste.

Skadarsko jezero se razlikuje od ostalih nacionalnih parkova u Crnoj Gori, zbog činjenice da posjeduje bogat ptičji (ornitofauna) i riblji (ihtiofauna) svijet, kao i bujnu vegetaciju močvarnog tipa (Hadžiablahović, 2018). Osim svoje bogate ornitofaune, ihtiofaune i bujne vegetacije močvarnog tipa, Skadarsko jezero se izdvaja i po prisustvu brojnih arheoloških nalazišta, srednjovjekovnih tvrđava, crkava i manastira koji svjedoče o bogatoj kulturnoj i istorijskoj baštini regiona, poput nalazišta starih gradova (npr. Žabljak Crnojevića - prijestonica nekadašnje Zete, Obod - poznat po prvoj štampariji kod južnoslovenskih naroda), tvrđava,

crkava i manastira.

Da bi se bolje razumjela životna sredina Skadarskog jezera, neophodna je prekogranična saradnja Crne Gore i Albanije (Pešić et al., 2018). Međutim, uprkos očuvanju prirodnog ambijenta, prisutni su negativni efekti urbanizacije i industrijalizacije u slivu Skadarskog jezera. Gradovi poput Podgorice i Danilovgrada, kao i manja ruralna naselja, svojim neprečišćenim otpadnim vodama, zajedno s poljoprivrednim aktivnostima na području Zetske ravnice i okolnim područjima, utiču na kvalitet vode jezera (Doderović et al., 2020). Životnu sredinu Skadarskog jezera ugrožavaju i česti požari u njegovom slivnom području, koji se poslednjih decenija dešavaju svake godine (Pešić et al., 2020). Osim antropogenih pritisaka u vidu neplanskih i nekontrolisanih ljudskih aktivnosti, treba računati i na još jedan faktor koji može negativno uticati na kolebanje nivoa vode jezera i njen kvalitet, a to su klimatske promjene. Naime, istraživanja pokazuju da u prethodnih 5-6 decenija u Crnoj Gori postoji značajan trend porasta temperature (Burić et al., 2019), dok se količina padavina, npr. u Podgorici beznačajno smanjuje (Burić & Doderović, 2021). Takođe je uočljivo i povećanje ekstrema - češće se javljaju visoke temperature, sušni dani i jake padavine koje izazivaju poplave (Burić et al., 2016; Burić & Doderović, 2022).

Projektovane klimatske promjene do kraja 21. vijeka za Crnu Goru (Doderović et al., 2020; Burić & Doderović, 2020; Burić & Doderović, 2021), region Balkana (Djurdjevic et al., 2019; Trbić et al., 2022), ali i generalno na području Mediterana (IPCC, 2021), ukazuju na povećanje sušnih perioda i češće ekstremne vremenske situacije, a sve to će povećati varijabilnost vodostaja jezera i vrlo vjerovatno pogoršati kvalitet jezerske vode. Osim klimatskih promjena, evidentni su i antropogeni pritisci, te to skupa utiče na životnu sredinu Skadarskog jezera, a nadalje je to potencijalna prijetnja od invazivnih vrsta biljaka i životinja. Invazivne vrste, koje nisu prirodno prisutne u ovom ekosistemu, mogu narušiti ravnotežu i konkurenciju među autohtonim vrstama, što može imati negativne posljedice na biodiverzitet jezera. Takođe, treba napomenuti da je očuvanje prirodnih staništa od izuzetne važnosti za očuvanje raznovrsne faune i flore. Gubitak močvarnih i šumskih područja može dovesti do smanjenja broja staništa za ptice selice, ribe i druge vrste koje su zavisne od ovih ekosistema (Đurđić, 2015).

U hladnim klimatima, kao što je slučaj na području Himalaja, zbog topljenja lednika,

odnosno većeg priliva sočnice, visoko-planinska jezera pokazuju trend povećanja vodostaja i površine (primjer su brojna jezera Nepala). Sa druge strane, još su brojniji primjeri manjeg ili većeg "povlačenja" jezera (trend smanjenja vodostaja), kako zbog klimatskih promjena (češćih i dugotrajnijih suša) tako i uticaja čovjeka. Negativan primjer uticaja čovjeka je Aralsko jezero u Srednjoj Aziji, čija se površina nekoliko puta smanjila zbog pretjeranog korišćenja voda rijeka Amudarje i Sirdarje za navodnjavanje ogromnih polja pamuka, tako da je proticaj ovih vodotoka postao simboličan na ušću u jezero. Slično se dešava i sa jezerom Čad. Antropogeni uticaj je dominantan faktor zagađenja površinskih i podzemnih voda (Sasakova et al., 2018). U izvještaju Ujedinjenih nacija piše da se oko 80% otpadnih voda ispušta u rijeke, jezera i Svjetsko more bez adekvatnog tretmana (UN, 2017). da bi jezerska i druga prirodna voda mogla da se koristi za piće, kupanje, ribolov, poljoprivredu i druge potrebe, neophodno je pratiti njen kvalitet. Jedan od najčešće korišćenih modela za procjenu kvaliteta površinskih i podzemnih voda je Indeks kvaliteta vode (WQI). Postoji više metoda WQI modela (Rocha et al., 2014; Murariu et al., 2019; Drasovean & Murariu, 2021; Uddin et al., 2023a)), a u našoj državi i regionu dosta se koristi SWQI (Serbian Water Quality Index) (Mladenović-Ranisavljević & Žerajić, 2017; Milijasević-Joksimović et al., 2018; Babić et al., 2019; Doderović et al., 2020; Doderović et al., 2021; Burić et al., 2023).

3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

3.1. Geografski položaj Skadarskog jezera

Skadarsko jezero se nalazi u jugozapadnom dijelu Balkanskog poluostrva, između Crne Gore i Albanije. Prostire se na površini od oko 370 km² pri niskim vodostajima pa do 540 km² za vrijeme visokih voda. Preko jezera ide paralela od 42°10' N širine i meridijan od 19°20' E dužine. Basen jezera nalazi se u najnižem dijelu Podgoričko-skadarske kotline i preko njega se pruža državna granica između Crne Gore i Albanije (slika 1). U Crnoj Gori, jezero pripada teritoriji opština Podgorice (sada Zetskoj opštini), Bara i Cetinja.



Slika 1. Geografski položaj Skadarskog jezera i lokacija HS Plavnica (modifikovao: Zoran Dragović)

Geografski položaj Skadarskog jezera ima izuzetan značaj zbog nekoliko ključnih aspekata. Prvo, jezero se nalazi na granici između Crne Gore i Albanije, što ga čini tranzitnom tačkom između ove dvije države. Ovaj položaj ima geostrateški značaj i trebalo da bude kopča za uspješnu međunarodnu saradnju, posebno kada je u pitanju zaštita životne sredine, upravljanje vodnim resursima i očuvanje biodiverziteta. Drugo, zbog svoje pozicije na Balkanskom poluostrvu, odnosno blizine Jadranskog i Sredozemnog mora, te sjeverne Afrike, jezero je bogato biodiverzitetom i stanište za brojne biljne i životinjske vrste, značajna lokacija za ptice selice. Treće, Skadarsko jezero ima važnu hidrološku ulogu, povezujući se sa Jadranskim morem preko rijeke Bojane i sa Ohridskim jezerom preko rijeke Drim. Zahvaljujući svom povoljno položaju, u davnoj prošlosti pored jezera su išli trgovački karavani, tu je i jezgro nastanka Zete i današnje Crne Gore, tako da lokalitet obiluje značajnim kulturnim nasleđem sa brojnim arheološkim nalazištima i srednjovekovnim građevinama. Sve ovo čini Skadarsko jezero jedinstvenim i važnim prirodnim resursom sa brojnim ekološkim, ekonomskim i kulturnim implikacijama.

3.2. Fizičko-geografske karakteristike Skadarskog jezera

Skadarsko jezero ima površinu od oko 370 do 540 km² i oblika je elipse. Dno basena je ispod nivoa mora, a njegova površina varira između 4,7 m i 10 m nadmorske visine. Prosječne je dubine oko 5 m, a maksimalne i do 60 m (Raduško oko). Basen ovog najvećeg slatkovodnog jezera na balkanskom poluostrvu je tektonski predisponiran, a kasnije je radom spoljašnjih sila, uglavnom kraškom erozijom i abrazijom, morfološki uobličavan. Tako da je današnji reljef basena i okoline jezera rezultat dugotrajnog rada egzogenih i endogenih sila, ali sam basen je tektonsko-kraškog porijekla. Jezero je okruženo Zetskom i Skadarskom ravnicom i planinskim vijencima Lovćena, Sutormana, Rumije, Taraboša, Prokletija (Doderović i dr., 2018).

Što se tiče hidroloških karakteristika, treba istaći da Skadarsko jezero odvodnja veći dio južne Crne Gore i sjeverozapadne krajeve Albanije, uz granicu sa našom državom. Na osnovu prikazane mape (slika 2), pomoću metoda milimetarske hartije (u nedostatku planimetra) dobijeno je da sliv Skadarskog jezera zahvata površinu od oko 5 500 km². Već je pomenuto da je njegova glavna pritoka rijeka Morača sa Zetom i Cijevnom, a otoka rijeka Bojana. Rijeka Morača izvire na Moračkim planinama na sjevru Crne Gore, odnosno nastaje spajanjem

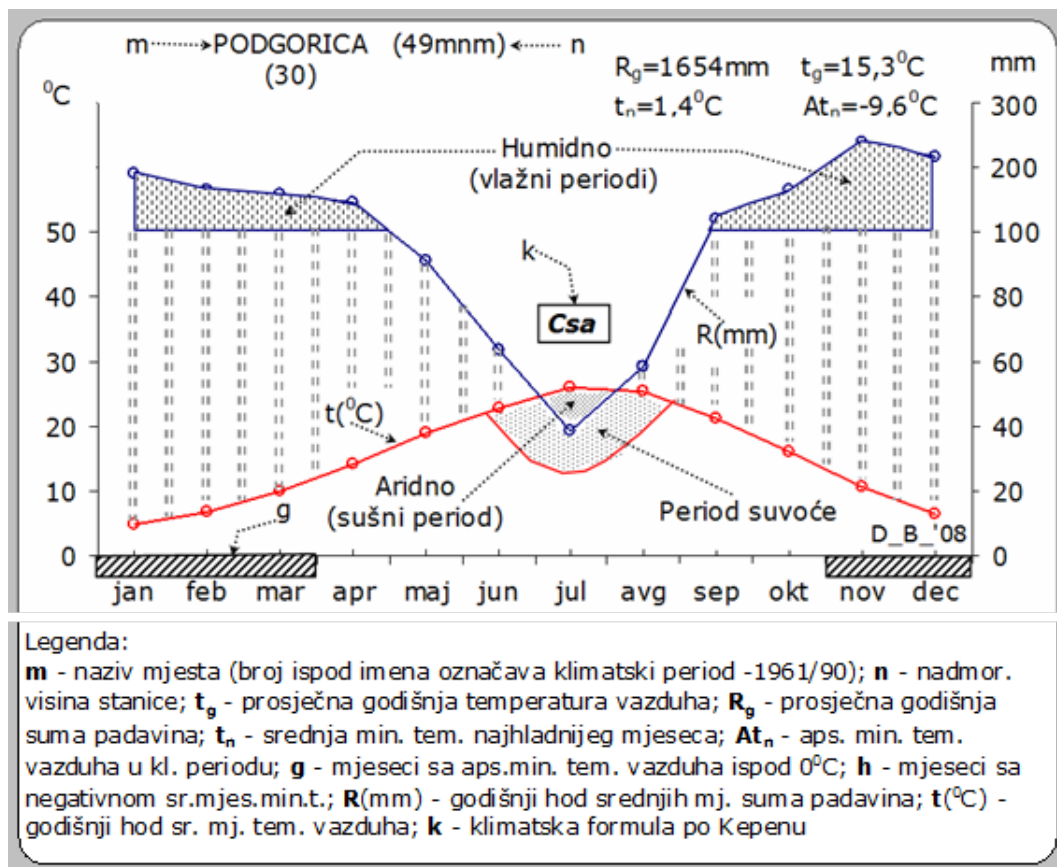
Javorskog i Rzačkog potoka ispod planine Rzač. Prema podacima Zavoda za hidrometeorologiju i seizmologiju Crne Gore (ZHMSCG), dužina toko Morače do ušća u Skadarsko jezero je oko 113 km. Najveće desne pritoke Morače su Zeta i Mrtvica, a lijeve Cijevna i mala rijeka. površina sliva Morače čini nešto preko 50% od ukupnog sliva Skadarskog jezera. Prosječni godišnji proticaj Morače na profilu HS Podgorica, za period 148-2015. godina, iznosi $158 \text{ m}^3/\text{s}$. Rijeka Morača, dakle, unosi u jezero najveću količinu vode, ali jezero se hrani i podzemnim putem, preko sublakustrijskih izvora ili vrela.



Slika 2. Slivno područje Skadarskog jezera

(<https://www.dinarskogorje.com/slivovi-skadarskog-bazena.html>)

Kada su klimatske karakteristike u pitanju, treba istaći da se Skadarsko jezero nalazi u zoni mediteranske klime, a to znači da su geografski položaj, nadmorska visina i blizina Jadranskog i Sredozemnog mora, dominantni klimatski faktori (Burić et al., 2013). Uži obalni pojas ima tipične mediteranske karakteristike – blage i kišovite zime i topla i sušna ljeta. Ipak, zbog udaljenosti od Jadrana od oko 20-25 km, širi pojas oko jezera, gdje slabi uticaj vodene sredine, mediteranska klima je blago modifikovana, a to znači da su ljeta još toplija, a zime malo hladnije u odnosu na užu priobalnu zonu. Prema podacima meterološke stanice Podgorica, za period 1961-1990. godine (slika 3), prosječna godišnja teperatura vazduha je oko $15,3^{\circ}\text{C}$, a količina padavina oko 1654 mm (Burić et al., 2014). Prema podacima ZHMSCG, prosečna temperatura vode u januaru iznosi oko 7°C , a u julu i avgustu oko 27°C (<http://www.meteo.co.me/page.php?id=79>).



Slika 3. Klimadijagram po Valteru i Kepenov Csa podtip klime za Podgoricu (Burić et al., 2014)

Skadarsko jezero je poznato po bogatom biodiverzitetu. Podaci ukazuju da je na području Nacionalnog parka Skadarsko jezero evidentirano ukupno 1 396 taksona iz 131 porodice i 88

rodova. U strukturi biodiverziteta dominiraju mediteransko-submediteranska (28,7%) i evroazijska (24,9%) grupa. Kod vaskularnih biljaka utvrđeno je da su najbrojnije hemikriptofite (33,6%) i terofite (32,4%). Posebna karakteristika vaskularne flore sliva Skadarskog jezera je visok procenat endemičnih vrsta. Generalno, u flori područja Skadarskog jezera zabilježeno je 40 vrsta i podvrsta koje su endemične, te 42 vrste subendemične na Balkanskom poluostrvu. Analizom vegetacije Skadarskog jezera utvrđeno je prisustvo 134 biljne zajednice razvrstane u 65 saveza, 48 redova i 30 klasa. Na području Nacionalnog parka Skadarsko jezero postoji 50 taksona vaskularnih biljaka zaštićenih na nacionalnom i međunarodnom nivou i 23 evropska prirodna tipa staništa (Hadžiablahović, 2018). Jezero je poznato i po ptičjem (ornitofauna) i ribljem (ihtiofauna) svijetu, kao i bujnoj vegetaciji močvarnog tipa. Jezero je dom za oko 281 vrstu ptica, uključujući mnoge selice koje ga koriste za gnježđenje ili odmor tokom migracija. Takođe, jezero je stanište za 48 vrsta riba, uključujući endemske i autohtone vrste koje su specifične samo za ovo jezero, zatim za oko 50 vrsta sisara (jedini vodeni predstavnik je vidra), brojni su vodozemci, gmizavci i insekti. Raznovrstan je biljni svijet u jezeru i u njegovom okruženju (Nacionalni parkovi Crne Gore, 2023). Sva dobra koja su vezana za Skadarsko jezero, a to su izuzetne prirodne ljepote (slika 4), bogat biodiverzitet i istorijsko nasleđe, neophodno je sačuvati.



Slika 4. Dio pejzaža Skadarskog jezera (<https://www.ramsar.org/country-profile/montenegro>)

Pomenute i mnoge druge fizičko-geografske karakteristike, kao i bogato kulturno-istorijsko nasleđe, Crnogorski dio jezera sa priobaljem, površine 40 000 ha, 1983. godine proglašen je nacionalnim parkom, a 1995. godine našlo se na Ramsarskoj listi pod rednim brojem 784, kao izuzetno važno močvarno područje površine oko 20 000 ha (<https://www.ramsar.org/country-profile/montenegro>). Život i dalja evolucija jezera umnogome će zaviszi od promjene vodostaja i kvaliteta njegove vode, a o tome će biti više riječu u poglavlju Rezultati.

4. BAZA PODATAKA I METODOLOGIJA

Za potrebe rada korišćeni su zvanični podaci ZHMSCG, sa hidrološke stanice Plavnica, čija je kota "nule" vodomjera na 4,6 m nadmorske visine. Takođe, sa HS Plavnica korišćeni su i podaci o kvalitetu vode. za vodostaj su korišćeni podaci za period 1951-2010, a za kvalitet vode za period 2011-2018. godine.

Osim analize i sinteze, istraživanje u okviru navedene teme realizovano je primjenom sledećih metoda:

- metod trenda;
- metod 10-godišnjih kliznih srednjaka;
- metod standardizovanih devijacija;
- metod Indeksa kvaliteta vode (WQI - Water Quality Index)

Da bi se mogle koristiti pomenute metode, prvo je trebalo pripremiti podatke. Postupak pripreme podataka prvo je uključivao provjeru podataka, u smislu da li nedostaju podaci i da li postoji eventualnih nelogičnosti u datoj vremenskoj seriji. Nedostajućih podataka nije bilo. Grafičkom metodom je utvrđeno da ne postoje nelogičnosti u nizovima, kako za mjesečne tako i za sezonske i godišnje vrijednosti. Naime, kako su korišćeni srednji mjesčni podaci za vodostaj, praksa je pokazala da se eventualne nelogičnosti na dnevnom nivou, gotovo anuliraju kada se radi sa prosječnim vrijednostima. Ovakve dnevne nelogičnosti, npr pogrešno unijet podatak u bazu, stručnjaci ZHMSCG lako uočavaju. Dakle, treba prihvatiti da su podaci validni. Na osnovu mjesečnih podataka, dobijene su srednje sezonske i srednje godišnje vrijednosti vodostaja. Skraćena oznaka za vodostaj je slovo "H", a jedinica mjere centimetri (H, cm).

Metod trenda je analitički pristup koji omogućava identifikaciju i kvantifikaciju dugoročnih promjena u podacima tokom određenog vremenskog razdoblja. U kontekstu istraživanja vodostaja Skadarskog jezera u analiziranom 60-godišnjem periodu, ovaj metod se primjenjuje kako bi se otkrili opšti smjer i intenzitet promjena vodostaja tokom tog vremena,

odnosno da pokaže opštu razvojnu tendenciju u jednom ili drugom pravcu, padu ili porastu nivoa vode. Metod trenda uključuje sljedeće korake:

1. **Grafički prikaz podataka:** Početni korak uključuje grafički prikaz, u konkretnom slučaju vodostaja tokom 60-godišnjeg perioda. Na grafikonu će biti označene godine na x-osi i odgovarajuće vrijednosti vodostaja na y-osi.

2. **Linearna regresija:** Metod trenda obično uključuje primjenu linearne regresije na podatke. Linearna regresija pokušava pronaći pravu liniju koja najbolje odgovara promjenama vodostaja tokom vremena. Ta linija se naziva regresijskom linijom ili trend linijom.

3. **Proračun nagiba regresijske linije:** Nagib regresijske linije odražava brzinu promjene vodostaja tokom vremena. Pozitivan nagib ukazuje na rast vodostaja, a negativan na opadanje nivoa vode. Za proračun trenda korišćena je jednačina najmanjih kvadrata (Vukadinović, 1981).

4. **Ispitivanje statističke značajnosti:** Da bi se utvrdila statistička značajnost dobijenih rezultata, primjenjuju se odgovarajuće statističke metode, kao što su t-testovi ili analize varijance. Za potrebe ovog rada, značajnost trenda je ispitana pomoću Studentovog testa, koji uzima u obzir ukupan broj elemenata niza umanjenog za 2 ($n-2$ stepeni slobode) i koeficijenta determinacije (R^2), prema sledećem obrazcu (Haan, 1977):

$$t = R \sqrt{\frac{n-2}{1-R^2}} = \frac{b_1}{s \sqrt{SS_x}}$$

gdje je:

b_1 – koeficijent linearne regresije, s – standardna devijacija,

SS_x - sume kvadrata nezavisno promenljive (vreme u analizi trenda).

5. **Grafički prikaz trenda:** Konačni korak uključuje grafički prikaz regresijske linije na istom grafikonu s originalnim podacima. To omogućava jasno vizualiziranje opšteg smjera promjene vodostaja tokom analiziranog razdoblja.

Primjena metoda trenda na vodostaju Skadarskog jezera jasno će pokazati šta se dašava sa nivoom vode u posmatranom period, da su promjene pozitivne (rast vodostaja) ili negativne (pad

vodostaja). Vodostaj je dinamička varijabla, a u uslovima mediteranske klime sa prilično izraženim kolebenjem. To znači da rezultat trenda sam po sebi ne znači mnogo, niti dobijena vrijednost ukazuje da li je to mnogo, malo ili uobičajeno. Zato će Studentov test pokazati da li su dobijene stope trenda vodostaja Skadarskog jezera značajne ili ne.

Metod 10-godišnjih kliznih srednjaka: Ovom metodom su analizirane promjene srednjih vodostaja jezera tokom perioda od po 10 godina. Korišćenjem ovog pristupa, omogućava se dobijanje uvida u kolebanja vodostaja na dekadnom nivou u dužem vremenskom period. Klizni srednjak za svakih 10 godina predstavlja prosječnu vrijednost vodostaja tokom tog perioda, čime se smanjuju kratkoročne fluktuacije i ističu dugoročne promjene. Prosječne 10-godišnje vrijednosti se računaju za svaku godinu unaprijed, tzv. *korak +1*. Ova analiza pomaže u identifikaciji periodičnih varijacija ili postupnih promjena tokom dužih vremenskih intervala, doprinoseći cjelovitijem razumijevanju dinamike vodostaja Skadarskog jezera tokom analiziranog 60-godišnjeg perioda.

Metod standardizovanih devijacija: Ovaj metod se koristi za analizu varijabilnosti vodostaja Skadarskog jezera tokom analiziranog 60-godišnjeg perioda. Standardna devijacija je statistička mjera raspršenosti podataka oko njihove srednje vrijednosti (tabela 1). Kada se primjeni na vodostaje jezera, ovaj metod omogućava procjenu koliko su ti vodostaji varirali u odnosu na njihov prosječni nivo. Veća standardna devijacija, bez obzira na predznak (+ ili -), ukazuje na veću fluktuaciju vodostaja, dok manja ukazuje na stabilnije vodostaje.

Tabela 1. Klasifikacija anomalija vodostaja prema standardnoj devijaciji

Standardizovano odstupanje	Klasa vodostaja
> 3	Ekstremno vodno
2 – 3	Vrlo vodno
1 – 2	Vodno
-1 – 1	Normalno
-1 – (-2)	Malovodno
-2 – (-3)	Vrlo malovodno
< -3	Ekstremno malovodno

Ova analiza pomaže u razumijevanju prirode i intenziteta promjena vodostaja Skadarskog jezera tokom vremena i njihovog uticaja na ekosistem jezera i okolne oblasti. Najjednostavnije,

ovaj metod je korišten za kategorizaciju vodostaja za datu vremensku jedinicu na osnovu jasno utvrđenih granica klasa. Metod je u širokom primjeni u oblasti klimatologije i hidrologije, a sadrži 7 klasa.

Metod Indeksa kvaliteta vode, preciznije WQI model (WQI - *Water Quality Index*): WQI model je široko korišćen način za procjenu kvaliteta površinskih i podzemnih voda. Međutim, još uvijek nije razvijen univerzalni metod ovog modela, jer ih postoji nekoliko desetina varijanti. Prije gotovo 30. godina (početkom 1990-ih) Srbija i Crna Gora razvile su originalni način proračuna WQI za procjenu kvaliteta površinskih i podzemnih voda. Procedura računanja je prilično složena, jer uzima u obzir 10 parametara koji pokazuju fizičko-hemijske i mikrobiološke karakteristike vode: zasićenost kiseonikom, biohemijska potrošnja kiseonika za 5 dana, amonijumov jon, pH vrijednost, ukupni oksidi azota, ortofasati, suspendovane čvrste čestice, temperature vode, električna provodljivost i koliformne bakterije. Upravo zbog komplikovane procedure računanja, Agencija za zaštitu životne sredine Republike Srbije nedavno je modelirala kalkulator za proračun WQI, nazvavši ga SWQI (*Serbian Water Quality Index*). Kategorizacija vrijednosti SWQI svrstana je u nekoliko klasa (tabela 2):

Tabela 2. Kategorizacija kvaliteta površinskih voda prema SWQI

Klasa kvaliteta vode	SWQI vrijednost
Odličan	90-100
Veoma dobar	84-89
Dobar	72-83
Loš	39-71
Veoma loš	0-38

Kroz kombinaciju više različitih parametara, ovaj metod omogućava da se vrednuje stepen zagađenja vode jezera. Rezultat ovog indeksa omogućava lakšu interpretaciju i upoređivanje stanja vode tokom različitih perioda ili sa drugim vodenim tijelima.

5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

5.1. REŽIM VODOSTAJA SKADARSKOG JEZERA

Jedna od glavnih karakteristika Skadarskog jezera je sezonsko variranje nivoa vode, koje nastaje kao rezultat uticaja mediteranske klime, odnosno promjenljivim dotokom vode prevashodno rijeke Moračene, njegove glavne pritoke. Takođe, značajan uticaj na nivo vode ovog vodenog tijala ima i njegova otoka, rijeka Bojana, čije je oticanje u Jadransko more dijelom ograničeno za vrijeme velikih voda. Naime, hidrološki gledano, jezero je indirektno povezano sa Drimom, koji, napajajući Bojanu, zaustavlja njene uzvodne tokove i utiče na oticanje vode iz jezera. Za potrebe ovog rada korišćeni su podaci sa HS Plavnica, za period 1951-2010. godine. Kota "nule" Skadarskog jezera na ovom mjernom mjestu (Plavnica) je na 4,56 mm.

5.1.1. Režim srednjih voda

Prosječni godišnji vodostaj (Hsr) Skadarskog jezera za posmatrani period (1951-2010) iznosi 201,6 cm. Najveći je u decembru (Hsr = 277,9 cm), a uobičajeno najmanji vodostaj jezera je u septembru (Hsr = 90,8 cm). Ovakav režim vodostaja u toku prosječne godine je direktna posledica klimatskih karakteristika, odnosno pluviometrijskog režima u njegovom slivnom području. Područje hranjenja vodom Skadarsko jezero ima topla i sušna ljeta, kada je, dakle, mala količina padavina, odnosno najmanja u toku godine, ali je zato veliko isparavanje. Početak sezone kiša je obično vezan za kraj septembra, početak oktobra. Međutim, tokom septembra je i dalje prilično toplo i veliko isparavanje, zemljište veoma siromašno podzemnom vodom, pa septembarske kiše nemaju značajniji uticaj na povećanje vodostaja jezera. Najveći dio vode od septembarskih kiša zasićuje osušeno zemljište, a vrlo mali procenat otiče u jezero. To znači da se i u septembru nastavlja ljetnji negativan bilans voda: gobic (isparavanje i poniranje u zemljište) su veći od priliva (primarno unos vode rijekom Moračom). Tek od oktobra počinje da raste vodostaj Skadarskog jezera, jer se povećava količina padavina u njegovom slivu, zemljište postaje sve zasićenije atmosferskom vodom, zbog nižih temperatura smanjuje se isparavanje,

tako da veći dio padavina otiče u jezero preko rijeke Morače i drugih pritoka. Treba istaći da se jezero vodom hrani i od padavina koje se izluče na površinu njegove akvatorije, ali u odnosu na dotok preko rijeke Morače to su zanemarljive količine.

Porast nivoa vode Skadarskog jezera traje od oktobra pa sve do decembra (tabela 3). Novembar je mjesec koji je najbogatiji kišom u sluvu Skadarskog jezera, generalno. Ali, najviši prosječni mjesečni vodostaj je vezan za decembar, jer i dalje postoji velika količina padavina, a istovremeno zbog nižih temperatura isparavanje je manje nego u novembru. Već od januara vodostaj Skadarskog jezera počinje polako da opada i to traje saključno sa martom. Međutim, u aprilu imamo ponovo povećanje vodostaja, istina neznatno, svega prosjhečno oko 4 cm u odnosu na mart. Objašnjenje za ovaj sekundarni maksimum vodostaja u aprilu (primarni je u decembru) vrlo je vjerovatno u vezi sa topljenjem sniježnog pokrivača u gornjim planinskim djelovima sliva rijeke Morače i drugih pritoka. Naime, padavine koje se tokom zime izlučuju u obliku snijega, jednim periodom ne učestvuju u hranjenje proticaja Morače, jer se zadržavaju u vidu sniježnog pokrivača. Ova pojava naziva se nivalna retencija. Tek u martu i posebno u aprilu sniježni pokrivač počinje da se topi pa imamo hranjenje proticaja morače dodatno i sniježnicom, odnosno vodom otopljenog snijega u višim planinskim predjelima.

Tabela 3. Prosječne mjesečne i godišnja vrijednosti vodostaja (H), standardne devijacije (STDEV), koeficijenta varijacije (Cv) i koeficijenta asimetrije (Cs) Skadarskog jezera za period 1951-2010. godine

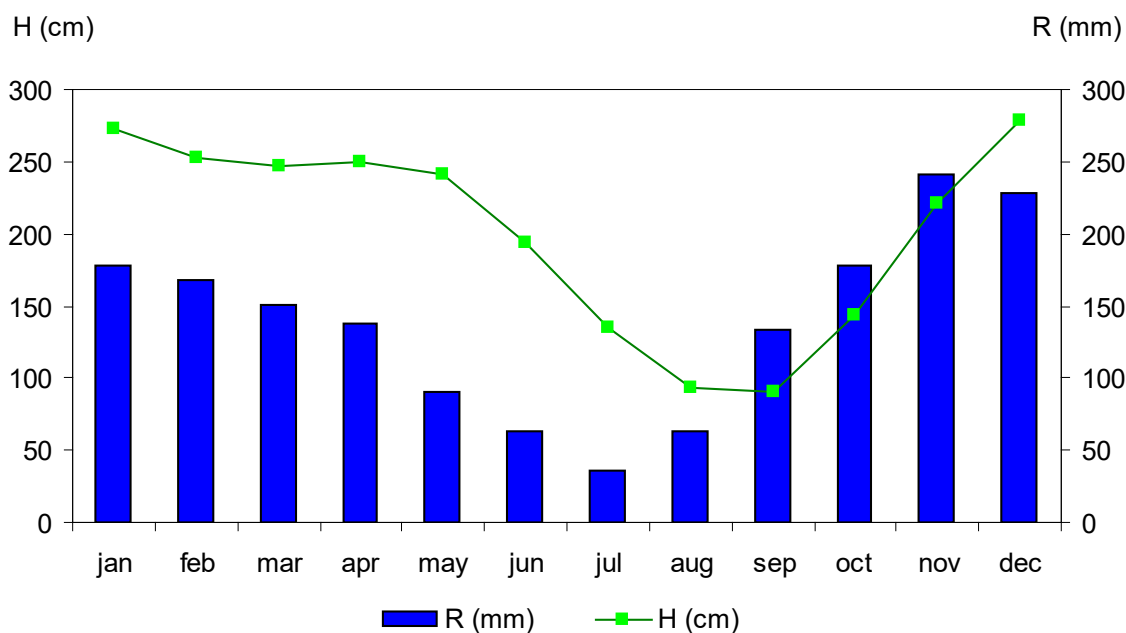
Parametri vodostaja	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec	god
H _{srn} (cm)	273.0	252.4	246.3	250.3	241.7	193.7	134.9	93.7	90.8	144.1	220.6	277.9	201.6
STDEV (cm)	80.1	77.9	78.2	65.9	65.6	60.7	44.4	34.6	43.3	75.4	84.4	78.0	47.4
Cv	0.29	0.31	0.32	0.26	0.27	0.31	0.33	0.37	0.48	0.52	0.38	0.28	0.23
Cs	0.17	0.17	0.23	0.42	0.36	0.40	0.57	0.73	0.82	1.10	0.45	0.48	0.37

Uobičajeno ili tzv. normalno kolebanje vodostaja Skadarskog jezera na godišnjem nivou je 47,4 cm. Ovaj parametar, koji se naziva i standardna devijacija, pokazuje da je normalno kolebanje najveće tokom novembra, 84,4 cm, a najmanje u avgustu, 34,6 cm. Odnos između prosječno najvećeg i najmanjeg mjesečnog kolebanja je 1:2,4, što znači da je uobičajeno kolebanje nivoa vode Skadarskog jezera više nego duplo veće u novembru nego u avgustu mjesecu.

Veoma dobar pokazatelj kolebanja proticaja rijeka i vodostaja jezera je koeficijent varijacije (C_v). Ovaj parametar pokazuje odstupanje normalne devijacije od prosječnog proticaja ili vodostaja. Tošić & Crnogorac (2005) daju kriterijume za klasifikaciju (rangiranje) vodenih tijela prema varijacijama nivoa vode. Na osnovu definisanih pragova, autori razlikuju 4 grupe rijeka: I grupa - rijeke sa malim kolebanjem ($C_v < 0,5$), II – rijeke sa umjerenim kolebanjem (0,51-0,65), III – rijeke većeg kolebanja (0,65-0,80) i IV – rijeke velikog kolebanja ($C_v > 0,80$). Ako ovu klasifikaciju primjenimo za kolebanje nivoa akvatorije, možemo zaključiti da Skadarsko jezero na godišnjem nivou spada u grupu jezera sa malim kolebanjem, jer je $C_v = 0,23$. I mjesečne vrijednosti koeficijenta varijacije ukazuju da se radi o malom kolebanju. Izuzetak je jedino mjesec oktobar, kada je prosječna vrijednost C_v oko 52%, što ukazuje da se radi o umjerenom kolebanju. Potrebno je naglasiti da se prethodno pomenuto odnosi na prosječne mjesečne i godišnje vrijednosti vodostaja i koeficijenta varijacije, a ne na ekstreme, pa dobijene rezultate treba u tom kontekstu posmatrati. Na to upućuje činjenica da je koeficijent asimetrije (C_s) na godišnjem nivou 0,37, što upućuje da je u pitanju srednja asimetričnost kolebanja vodostaja Skadarskog jezera. Naime, prema gradaciji, $C_s < 0,1$ ukazuje da nema asimetrije grupisnja podataka, C_s od 0,1 do 0,25 ukazuje na malu statističku asimetriju, C_s od 0,25 do 0,50 na srednju a kada je C_s 0,50 i više u pitanju je jaka asimetričnost. Na mjesečnom nivou, C_s je preko 0,50 u periodu jul-oktobar. Prosječna vrijednost za oktobar je čak 1,10, što ukazuje na izrazitu asimetričnost nivoa vode Skadarskog jezera.

Dosadašnja analiza jasno pokazuje da je vodostaj Skadarskog jezera prevashodno u funkciji padavina. Na grafičkom prilogu se to jasno uočava (slika 5). Na osnovu podataka meteorološke stanice (MS) Podgorica, novembar je mjesec najbogatiji padavinama (241,3 mm), a prosječno najviši vodostaj se javlja u decembru. Kako je već pomenuto, velika količina padavina izlučuje se i u decembru, kada je zbog nižih temperatura smanjeno isparavanje, pa otuda činjenica da se najveći prosječni mjesečni vodostaj (decembar) javlja sa zakašnjenjem u odnosu na najkišniji mjesec (novembar). Nadalje, jul je mjesec sa najmanjom količinom padavina u Podgorici (36,1 mm), a prosječno najniži vodostaji registruju se u avgustu i septembru. Ovdje se javlja kašnjenje od gotovo dva mjeseca, a ono je u vezi sa malim prilivom vode u basen jezera i dalje velikim isparavanjem sa njegove akvatorije i svivnog područja. Upoređujući vrijednosti srednjemesečnih proticaja i sjednjemesečnih suma padavina, za period 1951-2010. godine, uočava se izvjesni

paralelizam, a određeni neparalelizam između ova dva elementa, kasnije registrovanje prosječno najvećeg i najmanjeg mjesečnog vodostaja u odnosu na padavine, prevashodno je u vezi sa intenzitetom evapotranspiracije, režimom i oblikom padavina.



Slika 5. Prosječne vrijednosti vodostaja HS Plavnica i padavina MS Podgorica za period 1951-2010. godine

U skladu sa mjesečnim vrijednostima su i rezultati na nivu sezona. Najveći prosječni vodostaj je zimi, 267,6 cm, a najmanji ljeti, 140,7 cm (tabela 4). Tokom prelaznih godišnjih doba, prolječna vrijednost srednjeg vodostaja Skadarskog jezera je 246,1 cm, a jesenja 151,8 cm. Zimi je i najveće uobičajeno kolebanje, 65,9 cm, a ljeti najmanje, 45,4 cm. Međutim, koeficijen varijacije je najveći tokom jeseni, 0,38 ili 38%.

Tabela 4. Prosječne sezonske vrijednosti vodostaja (H), standardne devijacije (STDEV), koeficijenta varijacije (Cv) i koeficijenta asimetrije (Cs) Skadarskog jezera za period 1951-2010. godine

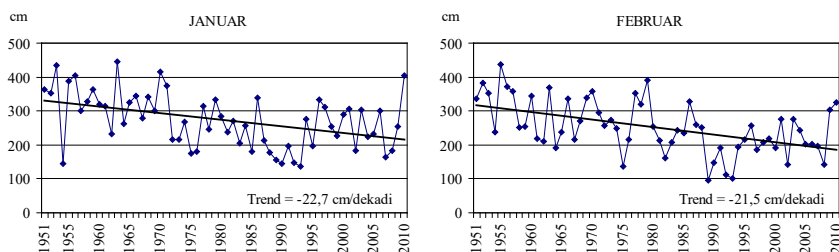
Parametri vodostaja	zima	proljeće	ljetno	jesen
H _{sr} (cm)	267.6	246.1	140.7	151.8
STDEV (cm)	65.9	64.7	45.4	58.0
Cv	0.25	0.26	0.32	0.38
Cs	0.35	0.34	0.52	0.91

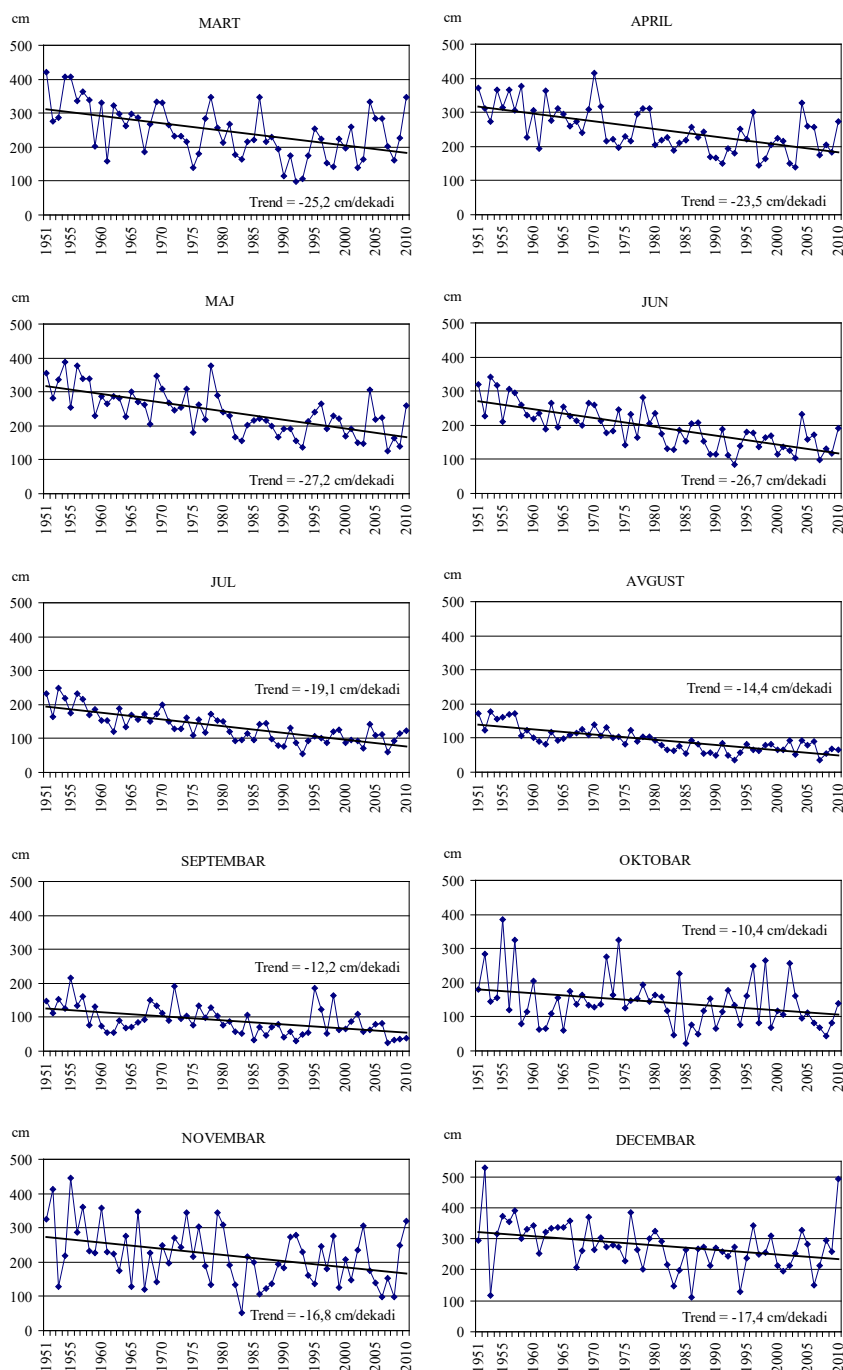
Praksa je pokazala da je koeficijent varijacije pouzdanija mjera kolebanja u odnosu na standardnu devijaciju, što ukazuje da su tokom jeseni najizrazitije varijacije vodostaja Skadarskog jezera.

5.1.2. Trend srednjih mjesečnih vodostaja

Trend komponenta pokazuje osnovnu razvojnu tendenciju datog parametra, u ovom slučaju vodostaja Skadarskog jezera. U kontekstu savremenih klimatskih promjena, ali i uticaja antropogenog faktora na regionalnom i lokalnom nivou, ovo je najbolji pokazatelj promjena vodostaja Skadarskog jezera u dugogodišnjem periodu. Naime, međugodišnja kolebanja meteoroloških i hidroloških veličina (proticaja, vodostaja, padavina), kako na mjesečnom tako i na godišnjem nivou, realnost su, posebno za područja mediteranske klime. Zato je bitno vidjeti kakva je osnovna razvojna komponenta u dugogodišnjem periodu, da li je pozitivna ili negativna. Čak i u tom slučaju, kada se utvrdi da li je pozitivna ili negativna tendencija, nije naročiti pokazatelj promjena ukoliko se ne ispita statistička značajnost. U konkretnom slučaju, treba očekivati da linija trenda vodostaja Skadarskog jezera pokazuje određeni pravac, pozitivan (rast) ili negativan (pad) vodostaj, što je sasvim normalno za period od 60. godina (1951-2010), ali to nije mjerodavan pokazatelj ukoliko se ne ispita da je takva tendencija značajna ili ne. Zato su u nastavku proračunate ne samo vrijednosti trenda već i njegove značajnosti.

U januaru mjesecu, trend srednjih vodostaja Skadarskog jezera pokazuje liniju pada, odnosno smanjenja nivoa vode. Prosječno, u ovom mjesecu nivo Skadarskog jezera smanjuje se po stopi od -22,7 cm po dekadi. Negativan trend registruje i februar, -21,5 cm po dekadi. Generalno, proračuni trenda su pokazali da svi mjeseci u godini pokazuje smanjenje prosječnog vodostaja (slika 6). Najmanji trend pada vodostaja registruje oktobar (-10,4 cm/dekadi), a najveće smanjenje dobijeno je za maj (-17,2 cm/dekadi).





Slika 6. Trend srednjih mjesečnih vodostaja na HS Plavnica Skadarskog jezera

Na osnovu prethodnih podataka moglo bi se zaključiti da su rezultati trenda srednjih mjesečnih vodostaja Skadarskog jezera zabrinjavajući, jer svaki mjesec registruje tendenciju smanjenja nivoa vode. Da se radi o zabrinjavajućem smanjenju vodostaja u posmatranom 60-godišnjem periodu, pokazali su i proračuni značajnosti. Prema Studentovom testu, svi mjeseci registruju značajan trend pada vodostaja. U periodu januar-septembar, trend pada srednjih mjesečnih vodostaja značajan je na najvišem nivou rizika hipoteze, $t < 0,001$ (test prihvatanja

hipoteze na 99,9% nivou). Za oktobar mjesec je dobijena značajnost na nivou rizika od $t < 0,05$, odnosno na nivou prihvatanja hipoteze od 95%, a za novembar i decembar za $t < 0,01$ ili 99% nivo prihvatanja hipoteze (tabela 5).

Tabela 5. Značajnost trenda srednjih mjesečnih vodostaja na HS Plavnica Skadarskog jezera

Mjesec	Trend (cm/dekadi)	Značajnost trenda
jan	-22.7	***
feb	-21.5	***
mar	-25.2	***
apr	-23.4	***
maj	-27.2	***
jun	-26.7	***
jul	-19.1	***
avg	-14.4	***
sep	-12.2	***
okt	-10.4	*
nov	-16.8	**
dec	-17.4	**

Značajnost: *** $t < 0,001$, ** $t < 0,01$,

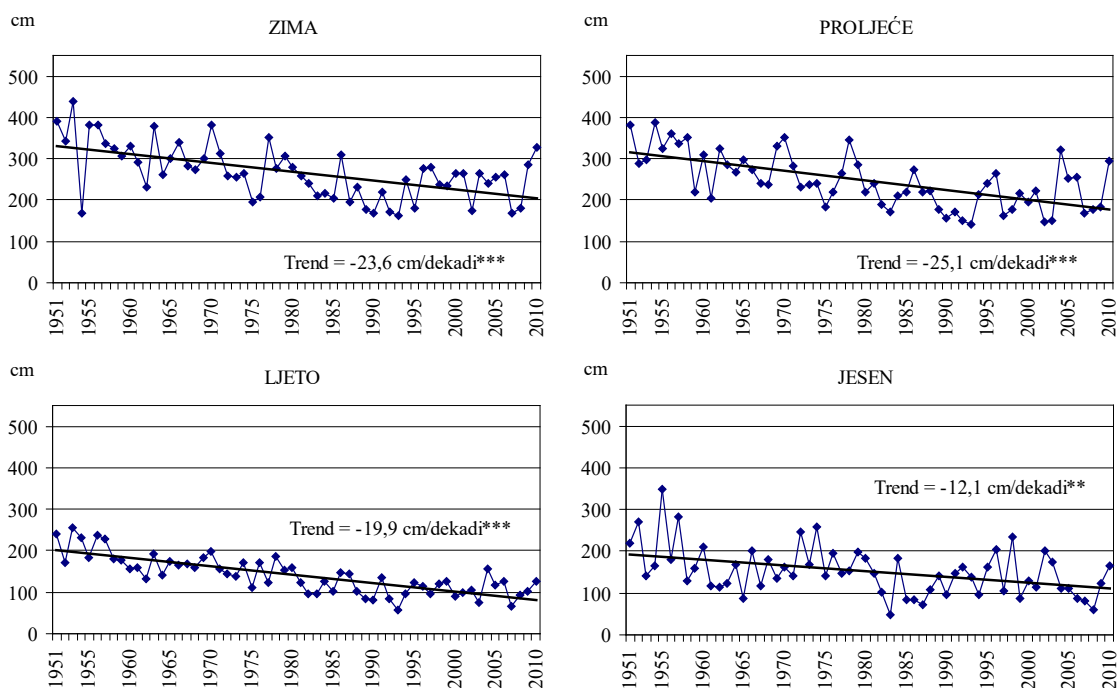
* $t < 0,05$.

5.1.3. Trend srednjih sezonskih vodostaja

S obzirom na to da je trend mjesečnih vodostaja Skadarskog jezera negativnog znaka, sasvim je logično da će takvu tendenciju pokazati i na sezonskom nivou. Proračuni treba da pokažu vrijednost i značajnost tendencije na sezonskom nivou. Treba pomenuti da u hidrometeorološkim proračunima zima obuhvata period od 1. decembra prethodne godine do kraja februara tekuće, proljeće od 1. marta do 31. maja, ljeto tri cijela ljetnja mjeseca (1. jun - 31. avgust) i jesen septembar, oktobar i novembar. Dakle, kada su u pitanju sezonski vodostaji, radi se o aritmetičkoj sredini vrijednosti za tri mjeseca datog godišnjeg doba.

Srednji vodostaji tokom zime se smanjuju po stopi trenda od 23,6 cm po dekadi. Studentov test je pokazao da je pomenuto smanjenje značajno na najvišem nivou prihvatanja hipoteze, $t < 0,001$. U proljećnoj sezoni srednji vodostaj skadarskog jezera pokazuje trend od -25,1 cm po dekadi, i to smanjenje je statistički značajno na nivou od 99,9% prihvatanja hipoteze. Vrijednost trenda je manja u ljetnjem periodu (-19,9 cm po dekadi), a li je i to smanjenje značajno na

najvišem nivou prihvatanja hipoteze (slika 7). Tokom jesenje sezone negativan trend srednjeg vodostaja je značajan na nižem nivou od 99% prihvatanja hipoteze ($t < 0,01$). Smanjenje vodostaja Skadarskog jezera je najveće tokom proljeća, a najmanje u jesen, ali sva četiri godišnja doba pokazuju snažan negativan trend.



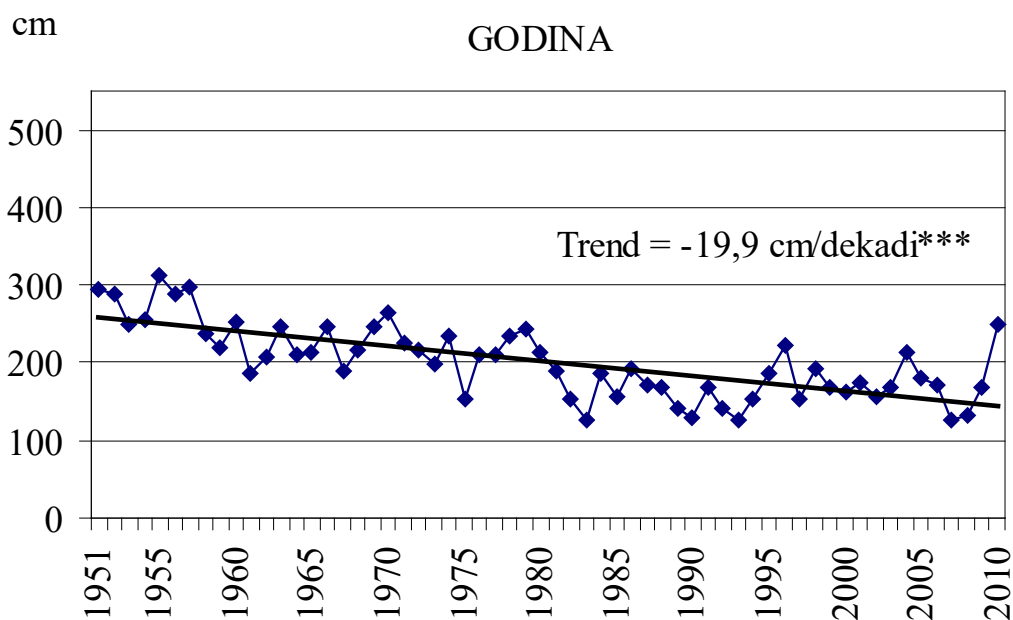
Slika 7. Trend i njegova značajnost srednjih sezonskih vodostaja na HS Plavnica Skadarskog jezera (Značajnost: *** $t < 0,001$, ** $t < 0,01$)

5.1.4. Trend srednjih godišnjih vodostaja

Promjene vodostaja Skadarskog jezera na godišnjem nivou, na osnovu podataka HS Plavnica za period 1961-2010. godine, pokazuju da se nivo vode ovog najvećeg i najznačajnijeg limnološkog objekta u Crnoj Gori smanjuje po stopi trenda od 19,9 cm po dekadi. Pomenuta vrijednost trenda zadovoljava uslove značajnosti Studentovog testa na nivo rizika prihvatanja hipoteze od $t < 0,001$ (slika 8).

Analizirajući prethodne rezultate, definitivno se može zaključiti da se vodostaj Skadarskog jezera značajno i zabrinjavajuće smanjivao tokom posmatranog 60-godišnjeg perioda. Na godišnjem i sezonskom nivou, negativan trend je rezultat pada vodostaja tokom svih 12 mjeseci

u godini. Međutim, udio mjesečnog trenda u sezonskom i godišnjem je različit. Drugim riječima, statistički posmatrano, najveći doprinos smanjenju zimskog vodostaja je rezultat izrazitijeg pada tokom januara i februara. Ili, najveći doprinos negativnom ljetnjem trendu vodostaja Skadarskog jezera, rezultat je najintenzivnijeg smanjenja tokom juna mjeseca. Godišnja negativna i značajna vrijednost trena vodostaja Skadarskog jezera, prevashodno je rezultat izrazitog smanjenja u periodu januar-jun, kada je vrijednost mjesečne tendencije preko 20 cm po dekadi.



Slika 8. Trend i njegova značajnost srednjih godišnjih vodostaja na HS Plavnica Skadarskog jezera (Značajnost: *** $t < 0,001$)

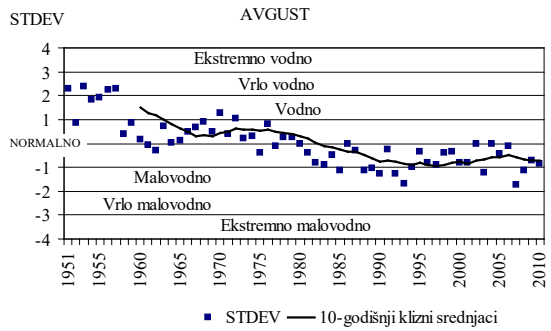
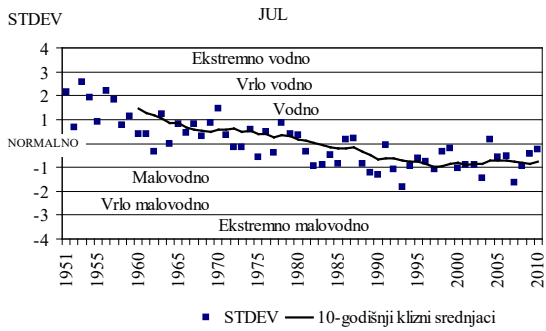
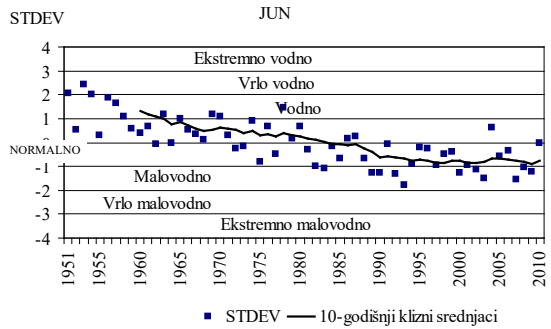
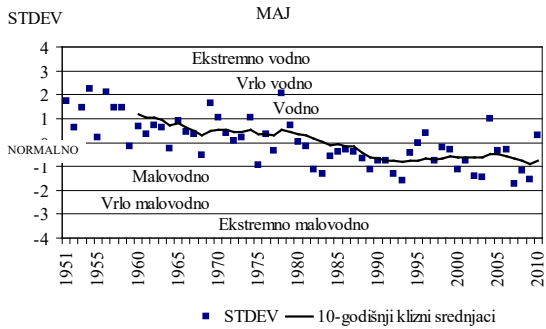
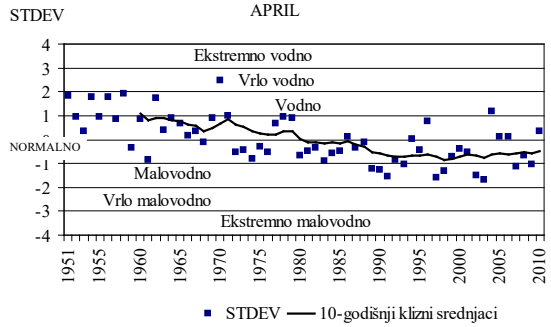
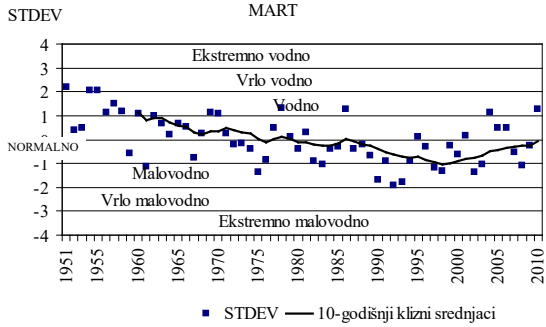
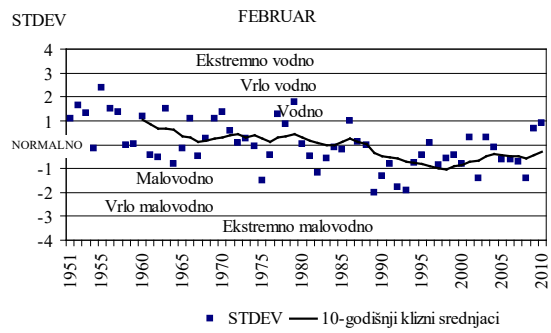
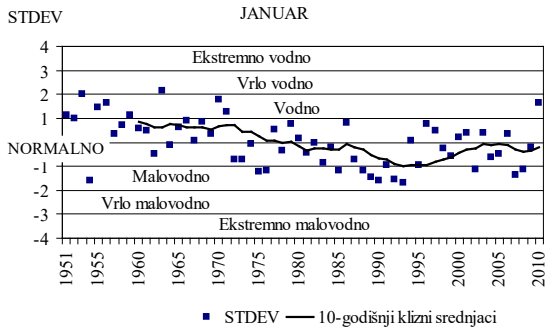
5.1.5. Standardizovana odstupanja srednjih voda

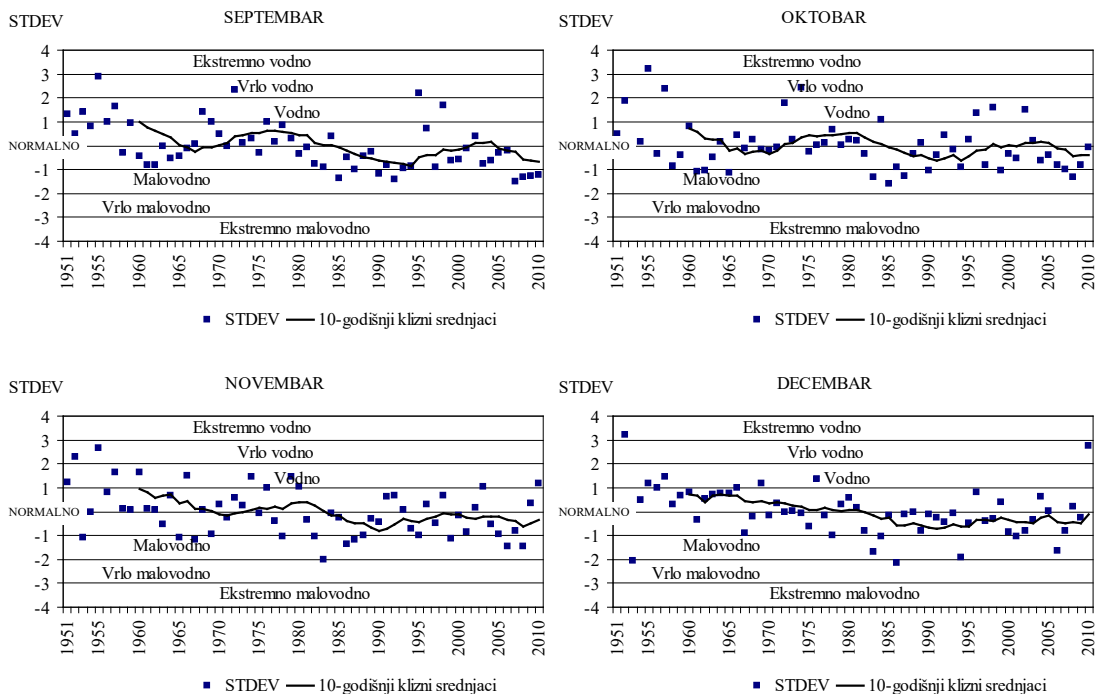
Klasifikacija srednjih vodostaja (mjesečnih, sezonskih i godišnjih) urađena je pomoću standardne devijacije (STDEV). Sva odstupanja u granicama od -1 do +1 STDEV u statistici se smatraju dozvoljenim, odnosno u granicama normalnih anomalija. U periodu od 60. godina (1951-2010), tzv. normalnih odstupanja u januaru mjesecu bilo je tokom 38 godina ili u 63,3% slučajeva. Tokom 12 godina ili u 20% slučajeva srednji januarski vodostaj Skadarskog jezera pripadao je klasi malih voda. Intersentatno da ni jedan januar u periodu od 60 godina nije pripadao klasama vrlo malovodno i ekstremno malovodno. Skadarsko jezero je u januaru tokom 8 godina bilo vodno, odnosno u pogledu visine vodostaja pripadalo klasi sa odstupanjima od 1

do 2 STDEV, što čini 13,3% slučajeva. Samo tokom 2 godine Skadarsko jezero je imalo vodostaj u klasi veoma vodno ili u 3,3% slučajeva, a to se desilo 1953. i 1963. godine. Dakle, kada je u pitanju ekstremna vodnost i ekstremna malovodnost, prema metodu STDEV srednji vodostaj u januaru nikada nije pripadao pomenutim klasama. Ovo potvršuju i klizni 10-godišnji srednjaci, s pomjerajem od jedne godine, koji su se tokom čitavog perioda kretali u granicama od -1 do +1 STDEV.

Takođe, ni u februaru nije bilo ekstremnih slučajeva (ekstremno malovodnih i ekstremno vodnih godina). Samo je februar 1955. godine ocjenjen kao vrlo vodan u pogledu srednjeg vodostaja Skadarskog jezera, a februar 1989. i 1993. godine kao vrlo malovodan, ali na donjoj granici te klase. Tokom svih ostalih godina srednji februarski vodostaji Skadarskog jezera pripadali su klasama vodno, malo vodni i najviše u granicama hidrološke normale (ukupno 39 godina ili 65% slučajeva). Međutim, prvi 10-godišnji klizni srednjak za februar mjesec (dekada 1951-1960) ulazi u klasu vodno, a nakon toga pokazuje tendenciju pada, da bi od kraja 1980-ih godina se spustio ispod hidrološke normale, odnosno bio konstantno sa negativnim odstupanjem.

Slični rezultati dobijeni su i za ostale mjesece - gotovo bez ekstremnih slučajeva u jednom ili drugom pravcu i sa najvećom čestinom u klasi normalnog odstupanja. Same su oktobar 1995. godine i decembar 1952. godine imali srednji mjesečni vodostaj koji je pripadao klasi ekstremno vodno (odstupanja viša od 3 STDEV). Skadarsko jezero je bilo vrlo vodno u: martu 3 puta, i to u prvoj dekadi (1951, 1954. i 1955. godine), aprilu 1 put (1970), maju 3 puta (1954, 1956. i 1978), junu 3 puta (1951, 1953. i 1954), julu 3 puta (1951, 1953. i 1956), avgustu 4 puta (1951, 1953, 1956. i 1957), septembru 3 puta (1955, 1972. i 1995), oktobru 2 puta (1957. i 1974), novembru 2 puta (1952. i 1955) i decembru 1 put (2010). Vrlo malovodni bili su samo oktobar 1983. i decembar 1953. i 1986. godine (slika 9). U većini slučajeva, povećana vodnost Skadarskog jezera registrovana je početkom posmatranog perioda, uglavnom tokom 1950-ih godina, a mala vodnost najčešće tokom 1980-ih i početkom 1990-ih godina, kada se klizni 10-godišnji srednjaci spuštaju ispod linije hidrološke normale. Ima varijacija, ali opšta slika je zaista takva.





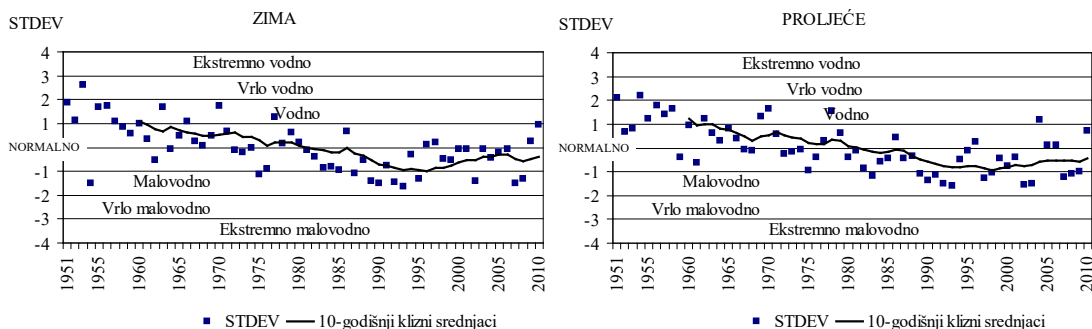
Slika 9. Standardizovana odstupanja srednjih mjesečnih vodostaja i klizni 10. godišnji srednjaci vodostaja Skadarskog jezera za period 1951-2010.

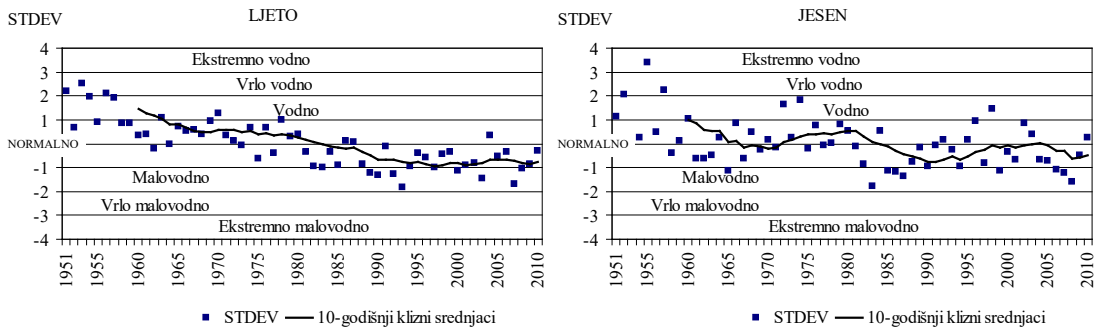
Pomenuta činjenica (povećana vodnost početkom posmatranog perioda, a mala vodnost najčešće tokom 1980-ih i početkom 1990-ih godina) se vjerovatno može dovesti u vezu savremenih klimatskih promjena, ali ne treba isključiti ni činjenicu cikličnih promjena, odnosno varijacija prirodnih faktora, kao što su atmosfrske oscilacije. U svakom slučaju, kada se posmatra period 1951-2010, moglo bi se zaključiti da je od 1980-ih godina počela faza pada nivoa vode Skadarskog jezera. U nastavku je data analiza STDEV na sezonskom i godišnjem nivou. Svakako, za obje vremenske jedine odstupanja su odraz mjesečnih promjena.

Srednji zimski vodostaji sa odstupanjima od -1 do +1 STDEV bili su najčešći u periodu 1951-2010. godine, ukupno 39 puta su registrovani. Ekstremno malih voda i vrlo malih voda Skadarskog jezera nije bilo u posmatranom periodu. Nije bilo ni ekstremno velikih voda. Tokom 11 godina ili u 18,3% slučajeva zimi je vodostaj Skadarskog jezera pripadao malovodnoj klasi, a u 15,0% slučajeva (9 godina) vodnoj klasi, sa odstupanjima između +1 i +2 STDEV. U zimu 1953. godine Skadarsko jezero bilo je vrlo vodno, sa odstupanjem srednjeg vodostaja od 2,60 STDEV. I tokom proljeća srednji vodostaji Skadarskog jezera nijesu pripadali klasama ekstremno malih voda i vrlo malih voda, kao ni klasi ekstremno velikih voda (ekstremno vodno). U 20% slučajeva (12 godina) bilo je malovodno, a u 15% (9 godina) vodno. Skadarsko jezero je tokom proljeća

1951. i 1954. godine imalo je srednje vodostaje koji su pripadali klasi vrlo vodno. U ove dvije godine registrovani su najviši srednji prolječni proticaji na Skadarskom jezeru: 381,9 cm (1951) i 387,7 cm (1954).

Ljeto je godišnje doba sa najmanje padavina u slivu Skadarskog jezera, tako da je normalno stanje da su vodostaji i najniži. Za period 1951-2010. godine, prosječni vodostaj Skadarskog jezera ljeti je 140,7 cm, što je skoro duplo niži nego zimi (267,6 cm). Ipak, standardizovana odstupanja su pokazala da su ljeti promjene vodostaja Skadarskog jezera najmanje, jer su čak u 71,7% slučajeva (43 od 60 godina) kolebanja nivoa vode bila u granicama hidrološke normale. Ljeti je malovodnih godina bilo 10, a vodnih 4. Tokom 3 godine (1951, 1953. i 1956. godine) ili u 5% slučajeva, srednji ljetni vodostaji Skadarskog jezera pripadali su klasi vrlo vodno. Jesen je jedino godišnje doba kada je registrovan jedan ekstreman slučaj visine nivoa vode Skadarskog jezera, a to se desilo 1955. godine. Pomenute godine srednji jesenji vodostaj Skadarskog jezera pripadao je klasi ekstremno vodno, sa odstupanjima od 3.39 STDEV u odnosu na hidrološku normalu. Tokom 1952. i 1957. godine srednji nivo vode Skadarskog jezera pripadao je klasi vrlo vodno, a tokom 5 godina bilo je vodno (odstupanje između +1 i +2 STDEV). Sa druge strane, malih voda (klasa malovodno) bilo je ukupno tokom 9 godina, ali veoma malih i ekstremno malih voda Skadarskog jezera nije bilo u posmatranom 60-godišnjem periodu (slika 10).

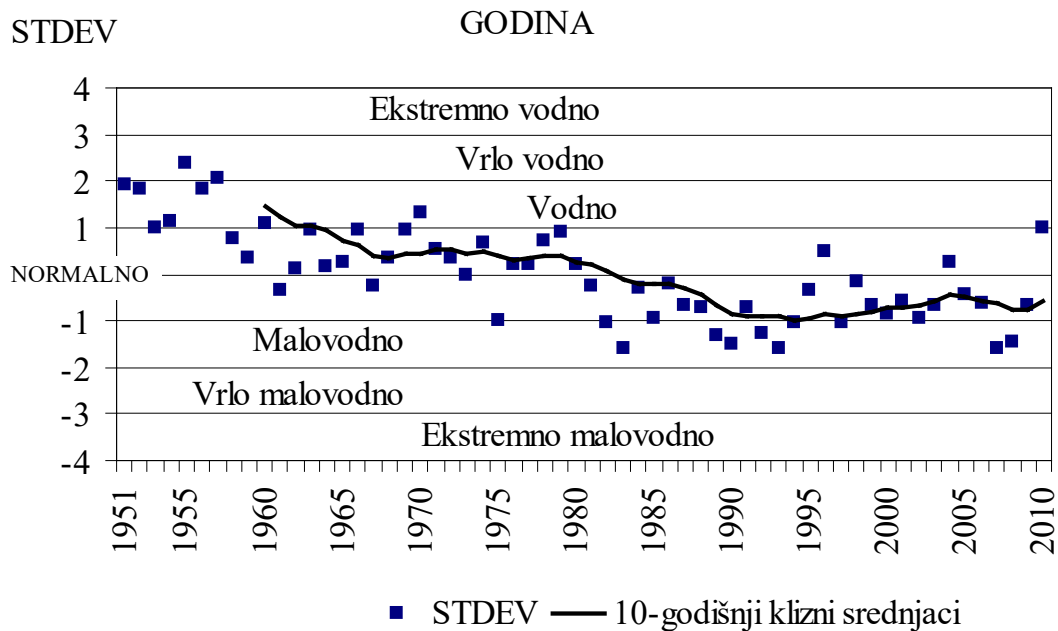




Slika 10. Standardizovana odstupanja srednjih sezonskih vodostaja i klizni 10. godišnji srednjaci vodostaja Skadarskog jezera za period 1951-2010.

Kada su u pitanju klizni 10-godišnji srednjaci, sa grafičkih priloga se jasno može uočiti da postoji opšta tendencija smanjenja srednjih sezonskih vodostaja Skadarskog jezera u posmatranom 60-godišnjem periodu (1951-2010). Ovakavo stanje, koje pokazuje pad nivo vode Skadarskog jezera, jeste zabrinjavajuće, ali bi bilo pogrešno zaključiti da ovom limnološkom objektu prijeti nestanak, jer, nažalost, nijesmo raspolagali podacima poslije 2010. godine.

Na godišnjem nivou, srednji vodostaji Skadarskog jezera u periodu 1951-2010. nikada nijesu pripadala klasama ekstremno malovodno, vrlo malovodno i ekstremno vodno. U granicama hidrološke normale (± 1 STDEV) bilo je ukupno 40 godina (66,7% slučajeva). Srednji godišnji nivo Skadarskog jezera je tokom 11 godina (18,3%) pripadao klasi malih voda. Iznad opsega uobičajenog odstupanja (tzv. normalno odstupanje) bilo je ukupno 9 godina, a od toga se 7 godina svrstava u klasi vodno, a dvije (1955. i 1957. godina) pripadaju klasi vrlo vodno. Generalno posmatrano, dominacija godina sa srednjim vodostajem iznad hidrološke normale prisutna je u prvoj polovini posmatranog perioda (1951-1980), dok se u drugom 30-godišnjem periodu (1981-2010) češće registruju negativne anomalije - vodostaji niži od hidrološke normale. Ovu činjenicu jasno pokazuju klizni 10-godišnji srednjaci (slika 11).

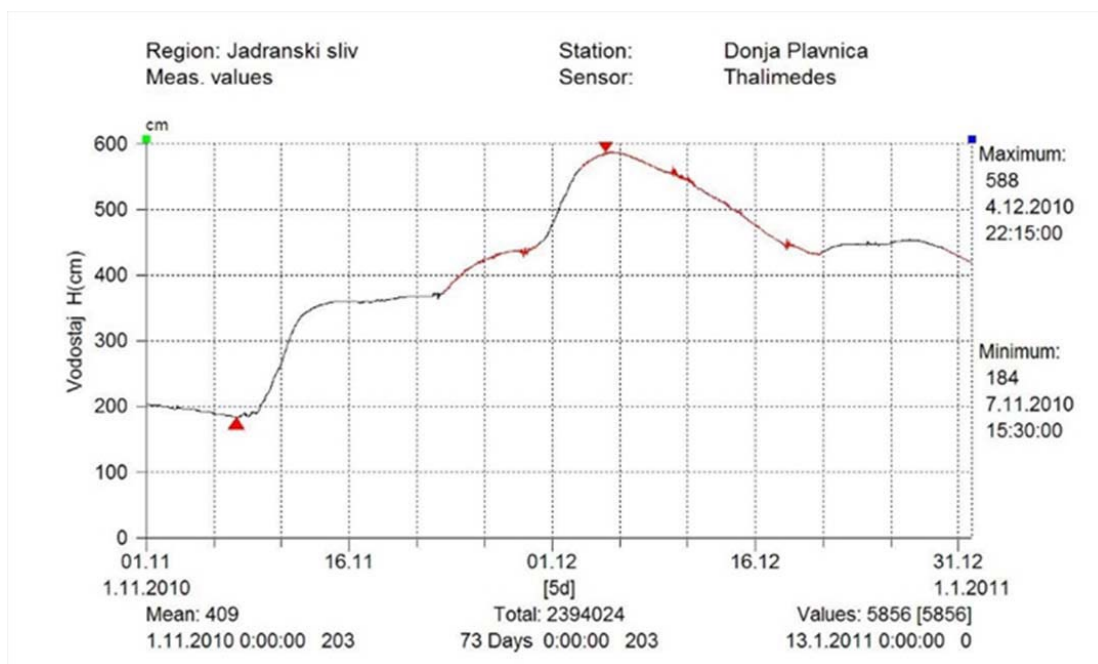


Slika 11. Standardizovana odstupanja srednjih godišnjih vodostaja i klizni 10. godišnji srednjaci vodostaja Skadarskog jezera za period 1951-2010.

5.1.6. Osvrt na ekstremni vodostaj - studija slučaja: decembar 2010.

U prethodnom dijelu prikazani su rezultati istraživanja srednjih vodostaja Skadarskog jezera, a kako je već pomenuto, prosječne vrijednosti jesu dobar statistički pokazatelj, ali ne ukazuju na ekstremne situacije, npr. na dnevne ekstreme. Primjera radi, srednji godišnji vodostaj Skadarskog jezera za 2010. godinu iznosio je 248,1 cm, što je svega 46,5 cm iznad hidrološke normale za cijeli period (1951-2010). Međutim, 2010. godina ostaće zapamćena iz dva razloga. Tokom ove godine tri puta su registrovane poplave u regionu Skadarskog jezera, što je najveća dosadašnja čestina poplava uopšte u Crnoj Gori. Drugi razlog po čemu će se pamti 2010. godina jeste taj da su početkom decembra registrovane poplave ne samo u regionu Skadarskog jezera već i u mnogim djelovima Crne Gore, koje su bile najekstremnije u instrumentalnom periodu. Burić i dr. (2016) navode podatak da je Crnu Goru tokom novembra i početkom decembra 2010. godine pogodila serija ciklona, koji su usloveli obimne padavine. Obimnih padavina bilo je i u januaru i većem dijelu decembra. U svakom slučaju, 2010. godina je po ukupnim padavinama u samom vrhu instrumentalnih mjerenja. Tako je, na primjer u Crkvicama, na padinama Orjena, koje se smatraju i najkišnijim mjestom u Evropi, 2010. godine izmjerena količina padavina od 9079 mm, što predstavlja apsolutni godišnji rekord od 1949. godine.

Pomenuti autori (Burić i dr., 2016) dali su detaljnu sinoptičku analizu i istakli da su za period od 30 sati, "od 7^h 30. novembra do 13^h 1. decembra, gotovo sve meteorološke stanice u južnim i centralnim krajevima registrovale preko 100 lit/m² padavina", a najviše kiše palo je na Cetinju (384 mm), mjestu koje je u prosječnoj godini padavinama najbogatije gradsko naselje na prostoru nekadašnje SFRJ i Crkvicama (719 mm)". Krajem novembra pomenute godine u višim planinskim predjelima padao je snijeg, koji je formirao sniježni pokrivač od 10 do 50 cm, ali je početkom decembra topla južna struja uslovlila njegovo topljenje. Jaka kiša u kombinaciji sa naglim topljenjem sniježnog pokrivača u gornjim (planinskim) djelovima slivova rijeka, dovela je do intenzivnog priliva atmosfere vode u jezera i korita rijeka. Kao posledica toga, desio se ubrzani porast vodostaja na mnogim hidrološkim objektima, što je izazvalo nezapamćene poplave u ravničarskom području oko donjeg toka Morače i priobalju Skadarskog jezera. Poplava je bilo i u drugim djelovima Crne Gore, ali su najekstremnije bile upravo u priobalju Skadarskog jezera, kao i na području Nikšićkog polja. Prema podacima HS Plavnica, 20. septembra vodostaj Skadarskog jezera iznosio je svega 30 cm, a nakon toga počinje polako, ali konstantno da raste. Intenzivnije rast počinje oko 10. novembra, kada je vodostaj iznosi oko 200 cm. Svakodnevnice kiše su uslovlile da je 1. decembra nivogram registrovao vodostaj od 512 cm, a 2. decembra dostigao je 553 cm (slika 12). Nivo vode nastavio je dalje da raste, tako da je 4. decembra krajem dana dostigao vrijednost od 588 cm, i to je apsolutno najviši vodostaj Skadarskog jezera koji je do sada izmjern. Treba pomenuti da je značajnu negativnu ulogu imao jak južni vjetar, koji je na udare dostizao i olujnu brzinu (40-83 km/h). Negativno ulogu jer je jaka jugovina otežavala oticanje rijeke Bojane, a time i pražnjenje Skadarskog jezera. Pomenuti autori zaključuju da su glavni faktori koji su doveli do katastrofalnih poplava početkom decembra 2010. godine sljedeći: dugotrajne i obimne padavine koje su opteretile hidrološki sistem, naglo topljenje sniježnog pokrivača i jaka jugovina koja je otežavala pražnjenje jezera preko rijeke Bojane, jer je pad ovog vodotoka veoma mali.



Slika 12. Visina vodostaja po podacima nivograma automatske HS Planica (Skadarsko jezero) tokom novembra i decembra 2010. godine (Izvor: ZHMSCG)

Katastrofalne decembarske polave su nanijele veliku materijalnu štetu, jer su izazvale erozivne procese, ugrozile su naselja i infrastrukturu, oštetile nekoliko kuća, mostova, puteva, ali i pokazale odnos čovjeka prema životnoj sredini. Naime, poplave su izbacile u priobalnoj zoni Skadarskog jezera i drugih vodenih objekata ogromnu količinu smeća. Nažalost, ljudski nemar u samoproglašenoj ekološkoj državi bio je vidljiv na svakom koraku.

5.2. OSNOVNI VODOPRIVREDNI PROBLEMI U SLIVU SKADARSKOG JEZERA

Jedan od osnovnih vodoprivrednih problema u slivnom području Skadarskog jezera, generalno u Crnoj Gori, jeste nemar čovjeka prema životnoj sredini. To se odnosi na nelegalno odlaganje smeća na mjestima koja nijesu za to namijenjena, nekontrolisanu sječu šuma, namjerno izazivanje požara i druge vidove zagađenja životne sredine. Značajan vodoprivredni problem u slivu Skadarskog jezera predstavljaju i poplave, posebno u priobalnom dijelu ovog limnološkog objekta. U vezi s tim, u nastavku ćemo se osvrnuti na dva vodoprivredna problema, možda i najznačajnija, a to su: zagađenje vode Skadarskog jezera i zone rizika od poplava.

5.2.1. Procjena kvaliteta vode Skadarskog jezera

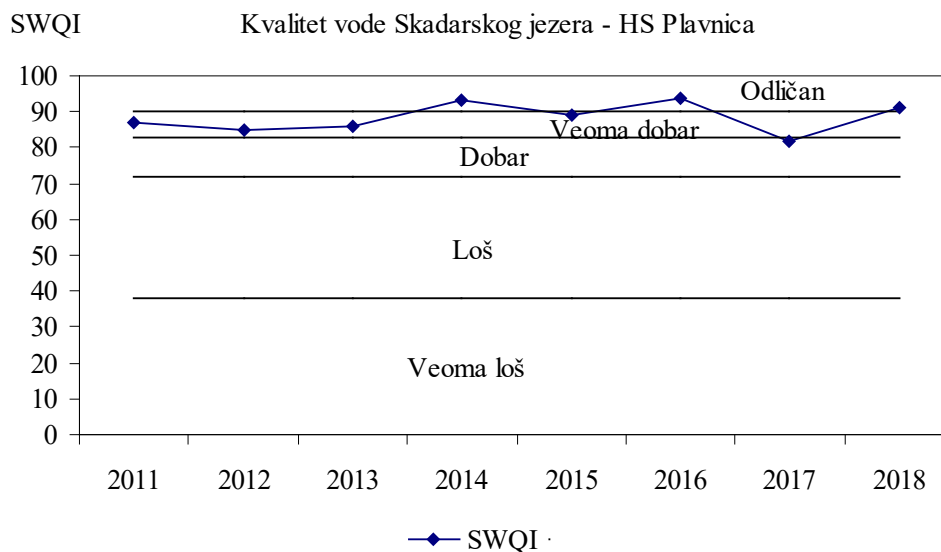
Kvalitet vode jezera, rijaka i izdani je dobar pokazatelj ekološkog stanja u slivnom području datog hidrološkog objekta. Naravno, nije jedini pokazatelj, jer se može desiti da je voda nekog jezera zagađena zbog npr. ispusta otpadnih industrijskih voda, a da u slivnom području nema drugih značajnijih vodoprivrednih problema. Za procjenu kvaliteta vode Skadarskog jezera korišćeni su podaci sa HS Plavnica za period 2011-2018, jer su za taj period dostupni izvještaji na sajt Zavoda za hidrometeorologiju i seizmologiju Crne Gore (ZHMSCG). Na osnovu uzoraka vode sa HS Plavnica, ZHMSCG daje podatke o nekim bitnim fizičko-hemijskim i mikrobiološkim parametrima. Da bi procijenili kvalitet vode Skadarskog jezera, korišćen je Indeks kvaliteta vode ili WQI model (Water Quality Indexe). Agencija za zaštitu životne sredine Republike Srbije kreirala je kalkulator za izračunavanje WQI, nazvavši ga Srpski indeks kvaliteta vode ili SWQI¹.

Da bi se izračunao ovaj indeks, potrebni su podaci o 10 parametara fizičko-hemijskog i biološkog kvaliteta vode: zasićenost kiseonikom (%), biohemijska potrošnja kiseonika u trajanju od 5 dana (BPK₅ u mg/l), amonijum jon (mg/l), pH vrijednost, ukupni oksidi azota (mg/l), ortofosfati (mg/l), suspendovane materije (mg/l), temperatura (°C), elektroprovodljivost (µS/cm) i koliformne bakterije (MPN u 100 ml). Unošenjem vrijdnosti 10 pomenutih parametara za svaku godinu posebno, kalkulator izračunava SWQI, a zatim se dobijena vrijednost svrstava u odgovarajuću klasu kvaliteta vode. Dakle, svih 10 parametara objedinjuju se u jedan indikator kvaliteta vode, čija se vrijednost kreće od 0 do 100. Drugim riječima, WQI je jednostavan broj koji pokazuje kvalitet površinskih voda i kao takav je veoma pogodan za poređenja kako u prostoru tako i u vremenu.

Na osnovu prosječnih godišnjih vrijednosti 10 pomenutih parametara, SWQI za 2011. iznosi 87, što odgovara klasi kvaliteta vode *vrlo dobar*. Voda Skadarskog jezera je i naredne dije godine (2012. i 2013) pripadala ovoj klasi, sa vrijednostima SWQI od 85 i 86. Za narednu 2014. godinu dobijena je vrijednost SWQI od 93, što prema gradaciji predstavlja *odličan* kvalitet vode. Za 2015. godinu malo je pogoršan kvalitet vode, jer je vrijednost indeksa iznosila 89 (klasa *vrlo dobar*), da bi 2016. voda Skadarskog jezera pono bila ocijenjena kao *odličnog* kvaliteta prema

¹ <http://www.sepa.gov.rs/index.php?menu=20163&id=8012&akcija=showExternal>

ovom pokazatelju (SWQI = 94). Najniža vrijednost SWQI dobijena je za 2017. godina (82), pa je kvalitet vode Skadarskog jezera ocijenjen kao *dobar*. Prema kategorizaciji, 2018. godine je voda Skadarskog jezera pripadala klasi odličnog kvaliteta, jer je dobijena vrijednost SWQI od 91 (slika 13).



Slika 13. Prosječni godišnji kvalitet vode Skadarskog jezera na osnovu SWQI vrijednosti za period 2011-2018. godine

Na osnovu prethodne analize moglo bi se zaključiti da je kvalitet vode Skadarskog jezera zadovoljavajući, tim prije što u posmatranom 8-godišnjem periodu, prema vrijednosti SWQI, nije pripadao *vrlo lošoj* i *lošoj* klasi. Postoje međugodišnje varijacije kvaliteta vode, koje su uobičajena pojava i kod drugih vodenih objekata. Primjera radi, ispitujući kvalitet vode rijeke Morače, Doderović et al. (2020) ističu da su međugodišnje varijacije najvjerojatnije u vezi sa promjenama količine otpadnih voda iz naselja i poljoprivrednih izvora, ali i sa nelegalnim odlaganjem smeća i drugog otpada duž toka rijeke i u samom njenom koritu. Jednim dijelom te varijacije mogu biti i u vezi sa količinom padavina. Naime, manja količina padavina pogoršava kvalitet vode, jer je manji priliv atmosfertske vode u jezerski basen, i obratno. U svakom slučaju, kvalitet vode Skadarskog jezera je na zadovoljavajućem nivou, a u prvom redu to je zahvaljujući činjenici da se radi o protočnom jezeru. Međutim, to ne znači da u slivnom području ovog značajnog akvatorija ne samo u Crnoj Gori već i na Balkanu ne postoje vodoprivredni problemi i mnogi izvori zagađenja. Glavni izvori zagađenja vode Skadarskog jezera su: otpadne vode iz naselja i industrijskih objekata na području Podgorice, Danilovgrada, Nikšića i Cetinja, pesticidi

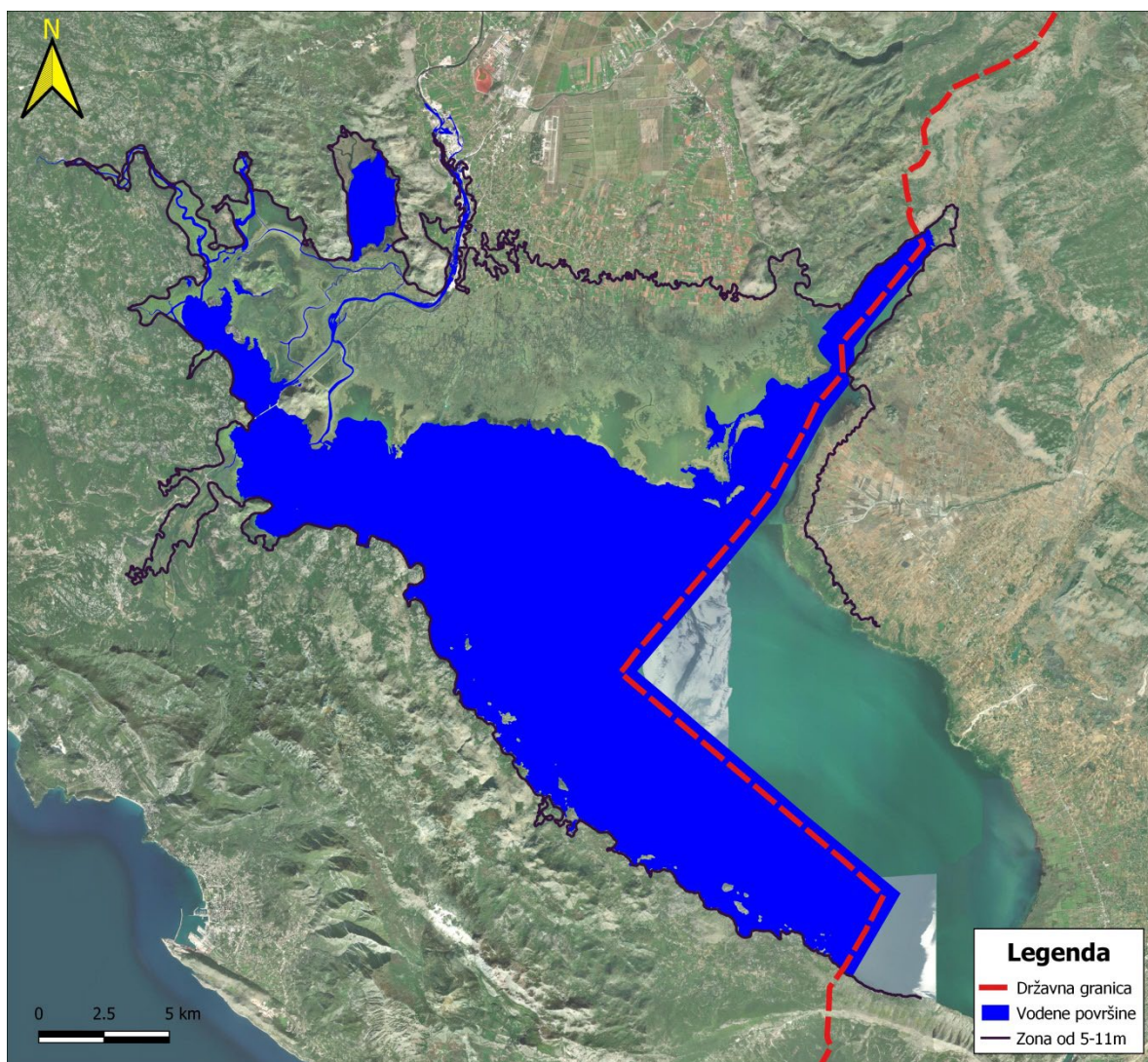
i druge hemikalije koje se koriste za potrebe poljoprivrede, prevashodno na području Zetske i Bjelopavličke ravnice, ali i na plantažama Agrokobinata „13. Jul" i nelegalne deponije smeća. Ovo su ozbiljni ekološki problemi koji čekaju na rješenja.

5.2.2. Zona rizika od poplava u priobalnom dijelu Skadarskog jezera

Manje ili veće poplave u priobalju Skadarskog jezera registrovane su nekoliko puta (Uprava za vode, 2017), a već pomenute krajem 2010. godine bile su najekstremnije. U eri savremenih klimatskih promjena, u budućnosti treba očekivati povećanu čestinu i poplava i suša. U svakom slučaju, zona oko Skadarskog jezera je jedno od najrizičnijih, odnosno najugroženijih područja od poplava u Crnoj Gori.

U uvodnom dijelu je pomenuto da je kota nule HS Plavnica na 4,56 mnm, a maksimalni registrovani vodostaj Skadarskog jezera iznosio je 588 cm. To znači da su poplave krajem 2010. godine dostigle kotu od 10,44 mnm. Ne uzimajući u obzir računanje povratnih perioda, odnosno vjerovatnoću hiljadugodišnjih i dužih perioda, koji bi pokazali mogućnost još većih vodostaja od maksimalno registrovanog, moglo bi se zaključiti da je zona između 5-11 mnm oko Skadarskog jezera ekstremno ugrožena od poplava. Pravo da tu zonu nazovemo ekstremno ugroženom, daje nam činjenica da je nivo vode Skadarskog jezera već dostigao kotu od skoro 11 mnm, i to u bliskoj prošlosti (krajem 2010. godine).

Za potrebe master rada, dakle, zokružena je kota od 11 mnm kao granica zone oko Skadarskog jezera koja je najugroženija od poplava. Izdvajanje ove zone ima veliki praktični značaj, prije svega u pogledu izgradnje kuća i drugih objekata i preduzimanja određenih mjera regulacije Skadarskog jezera. Koristiće GIS aplikacije, na slici 14 izdvojena je izohipsa od 11 mnm i definisana zona koja je najugroženija od poplava, odnosno područje između kote nule HS Plavnica (zaokruženo na 5 mnm) i 11 mnm. Proračuni su pokazali da izdvojena zona zahvata površinu od oko 144,8 km² ili 14 480 ha zemljišta.



Slika 14. Zona između 5-11 mnm – najugroženija od poplavnih voda Skadarskog jezera (izvor: Ivan Mijanović)

Jedna od najpoznatijih mjera upravljanja površinskim vodenim objektima jeste podizanje nasipa. Drugim riječima, kako bi se uklonio ili smanjio rizik od poplava u zoni Skadarskog jezera, neophodno je izgraditi nasipe ne samo duž obala njegove akvatorije već i duž donjeg toka njegove pritoke rijeke Morače i gotovo duž cijelog toka njegove otoke rijeke Bojane. Unošenje velike količine riječnog nanosa zasipa dno jezerskog basena i može dovesti do podizanja nivoa vode. Da bi se smanjilo unošenje nanosa u basen jezera, potrebno je povremeno čistiti donji dio korita rijeke Morače. Sa druge strane, da bi se omogućilo nesmatano pražnjenje jezera, potrebno je povremeno čistiti i korito njegove otoke rijeke Bojane. Dakle, ovo su osnovne mjere koje bi trebalo preduzeti kako bi se uklonio ili pak smanjio rizik od poplava. Izgradnjom nasipa i čišćenjem korita pritoka (ne samo rijeke Morače već i drugih) i otoke, dobile bi se značajne površine obradivog zemljišta i to kvalitetnog boniteta. U svakom slučaju, generalno upravljanje

Skadarskim jezerom, trebalo bi da podrazumijeva tri osnovna vodoprivredna zadatka, a to su: korišćenje, uređenje i zaštita ne samo ovog limnološkog objekta već i njegovih glavnih pritoka i otoke. Prva mjera koju bi donosioci odluka trebalo da donesu je potpuna zabrana izgradnje kuća i industrijskih postojenja u zoni do kote od 11 mnm. Razumije se da je veoma složen proces planiranja i preduzimanja određenih mjera u pogledu regulacije sistema Skadarskog jezera, proces koji bi zahtijevao multidisciplinarni pristup, odnosno uključivanje stručnjaka različitih profila. Na kraju ovog segmenta rada, nije suvišno pomenuti opšte poznati stav, a to je da prije svake intervencije u prostoru treba razmotriti eventualne posledice djelovanja. Kada je Skadarsko jezero u pitanju, to bi značilo da se prilikom planiranja i izvođenja bilo kojih vodoprivrednih i drugih radova u njegovom čitavom slivnom području, moraju sagledati moguće implikacije planiranih radnji na vodni režim ovog limnološkog objekta.

6. DISKUSIJA I ZAKLJUČAK

Skadarsko jezero je najvažniji slatkovodni objekat Crne Gore, a stiče se utisak da u našoj državi to nije u dovoljnoj mjeri prepoznato. Ova najveća kriptodepresija na Balkanu ima ogroman hidrološki, turistički, vodoprivredni, generalno ekološki i ekonomski značaj za Crnu Goru. Master rad pod nazivom „Skadarsko jezero – režim vodostaja i vodoprivredni problemi” imao je za cilj da upravo ukaže na taj značaj. Bilo kakva priča o održivom razvoju Skadarskog jezera je nemoguća bez analize režima vodostaja i ukazivanja na neke osnovne vodoprivredne probleme, a to su bili i ključni istraživački zadaci ovog master rada. Režim vodostaja je analiziran za period 1951-2010. godine, na mjesečnom, sezonskom i godišnjem nivou. S obzirom na dostupnost podataka, procjena kvaliteta vode Skadarskog jezera ispitana je za period 2011-2018. Za potreba rada definisan je gornji prag na osnovu registrovanih ekstremno velikih voda Skadarskog jezera krajem 2010. godine. Rezultati istraživanja su pokazali sljedeće:

1. U odnosu na kotu "nule", prosječni mjesečni vodostaj Skadarskog jezera, za period 1951-2010. godine, kreće se od 90,8 cm u septembru do 277,9 cm u decembru. Na godišnjem nivou, prosječni nivo vode Skadarskog jezera je na 201,6 cm iznad nulte linije vodomjera ili na 6,58 mnm.

2. Uobičajeno ili tzv. normalno kolebanje vodostaja Skadarskog jezera je tokom novembra (84,4 cm) skoro 2,5 puta veće u odnosu na avgust (34,6 cm). Na godišnjem nivou, sva odstupanja koja se kreću u granicama $\pm 47,4$ cm (ili ± 1 STDEV) u odnosu na hidrološku normalu, pripadaju opsegu tzv. normalnog kolebanja, a takvih varijacija bilo je najviše u posmatranom 60-godišnjem periodu.

3. Prema klasifikaciji, međugodišnja kolebanja nivoa akvatorije Skadarskog jezera ukazuju da ono pripada grupi jezera sa malim kolebanjem, jer je koeficijent varijacija (Cv) 0,23. I mjesečne vrijednosti CV ukazuju da se radi o malom kolebanju, osim u oktobru za koji je dobijena prosječna vrijednost Cv oko 52%, što ukazuje da se radi o umjerenom kolebanju. Takođe, prosječna godišnja vrijednost koeficijenta asimetrije (Cs) na godišnjem nivou, od 0,37,

upućuje da je u pitanju srednja asimetričnost kolebanja vodostaja Skadarskog jezera. Na mjesečnom nivou, Cs je preko 0,50 u periodu jul-oktobar, što odgovara klasi umjerene asimetričnosti, a jedino je za oktobar dobijena vrijednost Cs od 1,10, što ukazuje na izrazitu asimetričnost nivoa vode Skadarskog jezera.

4. U periodu od 1951. do 2010. godine, trend srednjih mjesečnih vodostaja je negativnog znaka, što znači da postoji tendencija pada nivoa vode tokom svih 12 mjeseci. Najmanji pad nivoa voda registruje oktobar (-10,4 cm/dekadi), a najveći mjesec maj (-27,2 cm/dekadi). Zabrinjava činjenica da su negativne vrijednosti trenda vodostaja Skadarskog jezera, dobijene pomoću jednačine najmanjih kvadrata, statistički značajne na najvišem nivou prihvatanja hipoteze po Studentovom testu. Takođe, značajan je i trend pada srednjih sezonskih i godišnjih vodostaja. Na godišnjem nivou, vodostaj Skadarskog jezera se smanjivao po stopi trenda od 19,9 cm/dekadi u periodu 1951-2010.

5. Da se radi o tendenciji opšteg smanjenja srednjeg vodostaja Skadarskog jezera, kako na mjesečnom tako i na sezonskom i godišnjem nivou, pokzali su i klizni 10-godišnji srednjaci. Na osnovu 10-godišnjih kliznih srednjaka i standardizovanih odstupanja (STDEV) zaključuje se da je vodnost Skadarskog jezera bila povećana početkom posmatranog perioda, a da od kraja 1980-ih i početka 1990-ih godina počinje faza malih voda. Ovakvo stanje (pad nivo vode Skadarskog jezera), kako je već pomenuto jeste zabrinjavajuće, ali bi bilo pogrešno zaključiti da ovom limnološkom objektu prijeti nestanak, jer, nažalost, nijesmo raspolagali podacima poslije 2010. godine.

6. U master radu je dat osvrt na jedan ekstremni slučaj, preciznije na najkstermniju visoku vodu Skadarskog jezera koja je registrovana početkom decembra 2010. godine. Kao rezultat višednevnih padavina i opterećenja hidrološkog sistema, ali i nekontrolisanog puštanja vode u sistemu hidroelektrana u dolini albanske rijeke Drim, 4. decembra 2010. godine vodostaj Skadarskog jezera dostigao je vrijednost od 588 cm, što predstavlja apsolutni maksimum u instrumentalnom periodu (od 1948. godine). Izdizanje nivoa vode Skadarskog jezera dovelo je do katastrofalnih decembarskih polava ne samo u priobalju jezera već i na drugim lokacijama. Poplave su nanijele veliku materijalnu štetu, ali i pokazale nemar i nekulturu čovjeka prema životnoj sredini, jer su izbacile na vidjelo ogromnu količinu smeća. Nažalost, ljudski nemar u

samoproglashenoj ekološkoj državi bio je vidljiv na svakom koraku.

7. Koristeći WQI model, odnosno SWQI metod, utvrđeno je da voda Skadarskog jezera zadovoljavajućeg kvaliteta. U posmatranom 8-godišnjem periodu (2011-2018), prosječne vrijednosti SWQI bile su u osegu klasa *vrlo dobar* i *odličan*. Izuzetak je 2017. godina, za koju procjenjeno da je kvalitet vode jezera pripadao klasi dobrog kvaliteta. U svakom slučaju, ohrabljuje činjenica da kvalitet vode Skadarskog jezera nije pripadao *vrlo lošoj* i *lošoj* klasi kvaliteta. Važan uticajni pozitivni faktor kvaliteta vode predstavlja činjenica da je Skadarsko jezero protočno, odnosno da ima mogućnost obnavljanja vode. Dobar kvalitet vode Skadarskog jezera ne znači da u njegovom slivnom području ne postoje vodoprivredni problemi, u prvom redu brojni izvori zagađenja.

8. Na osnovu "nulte" crte vodomjera i maksimalno zabilježenog vodostaja Skadarskog jezera, definisana je kota od 11 mm kao prag do koga postoji najveći rizik od poplava. Do pomenute visine trebalo bi u potpunosti zabraniti urbanističke aktivnosti (izgradnju kuća i drugih objekata). Regulacija Skadarskog jezera čeka na realizaciju, a jedna od najpoznatijih mjera zaštite je podizanje nasipa duž obalske linije. Na taj način zona ugroženosti od poplava mogla bi se iskoristiti kao plodno obradivo zemljište.

Rezultati predočeni u master radu pokazali su da u periodu 1951-2010. postoji trend smanjenja vodostaja Skadarskog jezera. Vjerovatno se uočene promjene nivoa vode mogu dovesti u vezu sa savremenim klimatskim promjenama, ali ne treba isključiti ni činjenicu cikličnih promjena prirodnih faktora, u prvom redu varijacija atmosferskih oscilacija. Vodostaji površinskih voda (rijeka i jezera) su u funkciji padavina, a za isti posmatrani period (1951-2010) postoji beznačajan trend smanjenja padavina u Crnoj Gori (Burić i dr., 2011). Sa druge strane, tokom posmatranog perioda temperatura vazduha pokazuje značajan porast (Burić et al., 2019). Podsjetimo, Skadarsko jezero pokazuje značajan trend smanjenja vodostaja. Šta ovo znači? Naime, promjene padavina su beznačajne, ali značajno zagrijavanje je dovelo do povećanog isparavanja vode, a kao krajnji rezultat imamo značajno smanjenje vodostaja. Osnovni nedostatak ovog rada je taj što nijesu uključeni podaci o vodostaju poslije 2010. godine. Osim rizika od poplava, ključni vodoprivredni problemi u slivnom području Skadarskog jezera su izvori zagađenja. Glavni izvori zagađenja vode Skadarskog jezera i njegove najvažnije pritoke

(rijeke Morače) su: otpadne vode iz naselja i industrijskih objekata na području Podgorice, Danilovgrada, Nikšića i Cetinja, pesticidi i druge hemikalije koje se koriste za potrebe poljoprivrede, prevashodno na području Zetske i Bjelopavličke ravnice, ali i na plantažama Agrokobinata „13. Jul" i nelegalne deponije smeća. Ovo su ozbiljni ekološki problemi koji zahtijevaju promjenu svijesti naših građana i koji čekaju na rješenja (Doderović et al., 2020; Burić et al., 2023).

7.LITERATURA

1. Burić, D., Ducić, V., & Mihajlović, J. (2014). The climate of Montenegro: Modifiers and types - part two. *Bulletin of the Serbian Geographical Society*, 94(1), 73-90. <https://doi.org/10.2298/GSGD1401073B>
2. Burić, D., Ducić, V., & Doderović, M. (2016). Poplave u Crnoj Gori krajem 2010. godine sa osvrtom na kolebanje proticaja Morače. *Glasnik Odjeljenja prirodnih nauka, CANU*, 47-64. <https://www.researchgate.net/publication/343935126>
3. Burić, D., Dragojlović, J., Penjišević-Sočanac, I., Luković, J. & Doderović, M. (2019). Relationship Between Atmospheric Circulation and Temperature Extremes in Montenegro in the Period 1951–2010. *Climate Change Adaptation in Eastern Europe*, pp. 29-42. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-03383-5_3
4. Burić, D., & Doderović, M. (2020). Projected temperature changes in Kolašin (Montenegro) up to 2100 according to EBU-POM and ALADIN regional climate models. *IDŐJÁRÁS*, 124(4), 427-445. <http://doi.org/10.28974/idojaras.2020.4.1>
5. Burić, D., & Doderović, M. (2021). Changes in temperature and precipitation in the instrumental period (1951- 2018) and projections up to 2100 in Podgorica (Montenegro). *International Journal of Climatology*, 41(S1), 133-149. <https://doi.org/10.1002/joc.6671>
6. Burić, D., & Doderović, M. (2022). Trend of Percentile Climate Indices in Montenegro in the Period 1961–2020. *Sustainability*, 14(19), 12519, pp. 18. <https://doi.org/10.3390/su141912519>
7. Burić, D., Mijanović, I., Doderović, M., Mihajlović, J. & Trbić, G. (2023). “Assessment of the Environmental Quality of Lake Skadar and Its Urban Surroundings in Montenegro”. *European Journal of Geography*, 14(2), 76-87. <https://doi.org/10.48088/ejg.d.bur.14.2.076.087>
8. Babić, G., Vuković, M., Voza, D., Takić, L., & Mladenović-Ranisavljević I. (2019). Assessing Surface Water Quality in the Serbian Part of the Tisa River Basin. *Polish*

- Journal of Environmental Studies, 28(6), 4073–4085.
<https://doi.org/10.15244/pjoes/95184>
9. Caković, D., Dragičević, S., Karaman, M., Kasom, G., Mrdak, D., Rakočević, J., Saveljić, D. & Šundić, D. (2016). Prilog studiji zaštite za Šasko jezero i okolinu. NGO Green Houme, Podgorica. <https://docplayer.fr/89775718-Prilog-studiji-zastite-za-sasko-jezero-i-okolinu.html>
 10. Doderović, M., Mijanović, I., Burić, D., & Milenković, M. (2020). Assessment of the water quality in the Moraca River basin (Montenegro) using water quality index. *Bulletin of the Serbian Geographical Society*, 100, 67-81. <https://doi.org/10.2298/GSGD2002067D>
 11. Doderović, M., Burić, D., & Popović, Lj. (2018). *Hidrologija kopna*. Univerzitet Crne Gore.
 12. Doderović, M., Burić, D., Ducić, V., & Mijanović, I. (2020). Recent and Future Air Temperature and Precipitation Changes in the mountainous north of Montenegro. *Journal of the Geographical Institute "Jovan Cvijić", Serbian Academy of Sciences and Arts*, 70(3), 189-201. <https://doi.org/10.2298/IJGI2003189D>
 13. Doderović, M., Burić, D., Mijanović, I., & Premović, M. (2021). Analysis of River Water and Air Pollution—Pljevlja as a “Hot Spot” of Montenegro. *Sustainability*, 13, 5229. <https://doi.org/10.3390/su13095229>
 14. Drasovean, R., & Murariu, G. (2021). Water Quality Parameters and Monitoring Soft Surface Water Quality Using Statistical Approaches. In: Promising Techniques for Wastewater Treatment and Water Quality Assessment Moujdin A. and Summers J. K. (Ed.). *IntechOpen*, 1–17. <https://doi.org/10.5772/intechopen.97372>
 15. Đurđić, S. (2015): *Zaštita prirode*. Univerzitet u Beogradu, Geografski fakultet, Beograd.
 16. Djurdjevic, V., Trbić, G., Krzic, A., & Bozanic, D. (2019). Projected Changes in Multi-day Extreme Precipitation Over the Western Balkan Region. In W. Leal Filho, G. Trbić, & D. Filipovic (Eds.), *Climate Change Adaptation in Eastern Europe: Managing Risks and Building Resilience to Climate Change*, pp. 15–28. https://doi.org/10.1007/978-3-030-03383-5_2
 17. Hadžiablahović, S. (2018). The Diversity of the Flora and Vegetation of Lake Skadar/Shkodra. In: Pešić, V., Karaman, G. & Kostianoy, A. (eds). *The Skadar/Shkodra*

- Lake Environment. The Handbook of Environmental Chemistry, vol 80. Springer, Cham, pp. 203-238. [https:// doi.org/10.1007/698_2018_236](https://doi.org/10.1007/698_2018_236)
18. Haan, C.T. (1977). *Statistical Methods in Hydrology*. Wiley & Sons, ISBN-10081381510x
 19. IPCC. Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press. 2021. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM_final.pdf
 20. Murariu, G., Iticescu, C., Murariu, A., Rosu, B., Munteanu, D., & Buruiana, D. L. (2019). Assessment of Water Quality State Dynamics Using Adaptive Filtering Methods and Neural Networks Approaching. Case study - Danube River in Galati area. *Revista de Chimie*, 70(6), 1914–1919. <https://doi.org/10.37358/RC.19.6.7246>
 21. Mladenović-Ranisavljević, I. I., & Žerajić, S. A. (2017). Comparison of different models of water quality index in the assessment of surface water quality. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 15, 665–674. <https://doi.org/10.1007/s13762-017-1426-8>
 22. Milijasević-Joksimović, D., Gavrilović, B., & Lovic-Obradović, S. (2018). Application of the water quality index in the Timok River basin (Serbia). *Journal of the Geographical Institute "Jovan Cvijić", SASA*, 68(3), 333–344. <https://doi.org/10.2298/IJGI180610007M>
 23. Nacionalni parkovi Crne Gore (2023). *Svjetska baza podataka zaštićenih područja - WDPA* - <https://www.protectedplanet.net/16385>. Pristupljeno 25. 06.2023. <https://nparkovi.me/np-skadarsko-jezero/>
 24. Pešić, V., & Glöer P. (2013). "A new freshwater snail genus (Hydrobiidae, Gastropoda) from Montenegro, with a discussion on gastropod diversity and endemism in Skadar Lake". *ZooKeys*, 281, 69-90. <https://doi.org/10.3897/zookeys.281.4409>
 25. Pešić, V., Karaman, G.S., Kostianoy, A.G., & Vukašinović-Pešić, V. (2018).

- Conclusions: Recent Advances and the Future Prospects of the Lake Skadar/Shkodra Environment. In: Pešić, V., Karaman, G., Kostianoy, A. (eds). *The Skadar/Shkodra Lake Environment. The Handbook of Environmental Chemistry*, vol 80. Springer, Cham. pp. 481-500. https://doi.org/10.1007/698_2018_274
26. Pešić, V., Kostianoy, A.G., & Soloviev, D.M. (2020). The impact of wildfires on the Lake Skadar/Shkodra environment. *Ecologica Montenegrina*, 37, 51-65. <http://dx.doi.org/10.37828/em.2020.37.7>
27. Rocha, F. C., Andrade, E. M., & Lopes, F. B. (2014). Water quality index calculated from biological, physical and chemical attributes. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187, 4163. <https://doi.org/10.1007/s10661-014-4163-1>
28. SEPA. (2023). Agencija za zaštitu životne sredine Republike Srbije. Pristupljeno: 10.07.2023. <http://www.sepa.gov.rs/index.php?menu=6&id=8007&akcija=showXlinked>
29. Sasakova, N., Gregova, G., Takacova, D., Mojzisoava, J., Papajova, I., ... & Kovacova, S. (2018). Pollution of Surface and Ground Water by Sources Related to Agricultural Activities. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2, 1–11. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2018.00042>
30. Trbić, G., Djurdjević, V., Popov, T., Savić, S., & Burić, D. (2022). Projections of Climate Changes in the Vrbas River Basin, *Herald*, 26, 1-25. <https://www.researchgate.net/publication/365616535>
31. Tošić, R., Crnogorac, Č. (2005). *Praktikum iz hidrologije (I-dio – Potamologija)*. Geografsko društvo Republike Srpske, Banja Luka.
32. UN. (2017). *Wastewater: The Untapped Resource*. The United Nations World Water Development Report 2017. <https://www.unep.org/resources/publication/2017-un-world-water-development-report-wastewater-untapped-resource>
33. Uddin, M. G., Nash, S., Rahman, A., & Olbert, A. I. (2023a). A sophisticated model for rating water quality. *Science of The Total Environment*, 868, 161614. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.161614>
34. Uprava za vode. (2017). *Strategija upravljanja vodama*. Vlada Crne Gore, Ministarstvo poljoprivrede i ruralnog razvoja. <https://www.gov.me/dokumenta/d5953b00-3220-48b7->

[a5b8-28f4f26dbe23](#)

35. Vukadinović, S. (1981). *Elementi teorije verovatnoće i matematičke statistike*. Privredni pregled, Beograd.