

# ZAGAĐENJE

*Skadarskog jezera*





# ZAGAÐENJE SKADARSKOG JEZERA

saradnici:

dr Danijela Šundić  
dr Branko Radujković

Podgorica, decembar 2012

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	4
2. OSNOVNE ODLIKE SKADARSKOG JEZERA.....	5
2.1. Geografska pozicija .....	5
2.2. Dubina jezera.....	5
2.3. Sublakustrični izvori (oka, vrulje).....	5
2.4. Slivno područje Skadarskog jezera .....	5
2.5. Podzemne vode.....	6
2.6. Strujanja vode .....	6
2.7. Temperatura vode.....	7
2.8. Providnost.....	8
2.9. Elektroprovodljivost .....	8
2.10. Vodni bilans Skadarskog jezera .....	8
2.10.1. Osciliranje nivoa vodnog tijela Skadarskog jezera .....	8
2.10.2. Površina i zapremina vodnog tijela Skadarskog jezera.....	8
2.10.3. Prevlažene površine .....	10
3. KLIMATSKE ODLIKE ZETSKO–BJELOPAVLIĆKE RAVNICE .....	11
3.1. Temperatura vazduha .....	11
3.2. Padavine .....	12
3.3. Vjetrovi.....	15
4. IZVORI ZAGAĐENJA SKADARSKOG JEZERA.....	17
4.1. Tačkasti izvori .....	17
4.1.1. Otpadne vode.....	17
4.1.2. Aerozagađenje.....	21
4.2. Disperzni (rasuti) izvori .....	25
4.2.1. Deponija čvrstog otpada KAP–a .....	25
4.2.2. Deponija crvenog mulja KAP–a.....	26
4.2.3. Zagađenje podzemnih voda ispod deponija čvrstog otpada i crvenog mulja KAP–a .....	30
4.2.4. Deponija Željezare Nikšić.....	33
4.2.5. Divlje deponije .....	34

4.2.6. Poljoprivredne površine.....	34
4.2.7. Ostali rasuti izvori zagađenja .....	36
5. ZAGAĐENJE VODE I SEDIMENTA SKADARSKOG JEZERA.....	37
5.1. Opšte fizičko–hemijske odlike vode .....	37
5.2. Hemizam vode.....	42
5.3. Hemizam podzemnih voda .....	49
5.4. Hemizam sedimenta.....	50
6. KVALITET, KLASIFIKACIJA I KATEGORIZACIJA VODE I SEDIMENTA SKADARSKOG JEZERA.....	54
6.1. Trofički status jezera.....	54
6.1.1. Fitoplanktonski organizmi kao bioindikatori trofije.....	56
6.1.2. Akvatične oligohete kao bioindikatori trofije.....	57
6.2. Saprobni status jezera .....	58
6.2.1. Fitoplanktonski organizmi kao bioindikatori saprobnosti.....	58
6.2.2. Akvatične oligohete kao bioindikatori saprobnosti.....	59
6.3. BMWP indeks .....	61
6.4. ASPT indeks.....	62
6.5. WQI indeks .....	63
6.6. IOBL indeks .....	65
7. UTICAJ ZAGAĐENJA NA ŽIVI SVIJET I EVOLUCIJA PROMJENA.....	68
7.1. Ihtiofauna.....	68
7.2. Ornitofauna .....	69
7.3. Fitoplankton.....	71
7.4. Makrofite .....	72
7.5. Makrozoobentos.....	74
7.5.1. Oligohete .....	76
7.6. Bioakumulacija .....	79
7.6.1. Bioakumulacija u makrofitama.....	79
7.6.2. Bioakumulacija u ribama.....	82
8. FAKTORI KOJI UTIČU NA REALIZACIJU IDEALNIH CILJEVA UPRAVLJANJA .....	85
9. ZAKLJUČCI I PREPORUKE .....	87
10. REFERENCE.....	88

## 1. UVOD

Ovaj izvještaj po projektnom zadatku je strukturiran tako da zbirno prikaže dostupne rezultate istraživanja zagađenja Skadarskog jezera, njegovih izvora i puteva širenja, kao i posljedica po živi svijet i stanovništvo.

Projektni zadatak je dio prekograničnog projekta: "Integralno upravljanje ekosistemom Skadarskog jezera – *EMA-PLAN*".

Izvještaj je pripremljen za NVO Green Home, koji realizuje ovaj projekat u partnerstvu sa Istraživačkim centrom za ruralni razvoj iz Albanije.

Projekat je podržan od strane Delegacije Evropske Komisije u Crnoj Gori i Albaniji u sklopu IPA prekograničnog programa Albanija – Crna Gora 2007–2013.

U ovom izvještaju detaljno su obrađeni sledeći aspekti:

- analizirane su osnovne odlike jezerskog ekosistema (hidrološke, hidrografske, klimatske),
- izvršena je identifikacija tačkastih (koncentrisanih) i disperznih (rasutih) izvora zagađenja u jezerskom ekosistemu,
- identifikovane su odlike različitih vrsta otpadnih voda i otpada, koje najvažniji zagađivači generišu,
- analizirane su osnovne fizičko–hemijske odlike jezerske vode i sedimenta kroz duži period,
- analiziran je hemizam vode i sedimenta, kao posledica različitih tipova zagađenja,
- izvršena je identifikacija kvaliteta, kategorizacije i klasifikacije vode i sedimenta u jezeru,
- identifikovan je uticaj zagađenja na živi svijet i analizirana evolucija promjena kroz višegodišnji period,
- izvršena je identifikacija faktora koji utiču na realizaciju ciljeva upravljanja.



## 2. OSNOVNE ODLIKE SKADARSKOG JEZERA

### 2.1. Geografska pozicija

Skadarsko jezero se prostire između Malog Blata na sjeveru (najsjevernija tačka: 42°21'54" N i 19°09'52" E) i izvora Bojane na jugu (najjužnija tačka: 42°03'15" N i 19°30'00"); najzapadnija tačka je kod Rijeke Crnojevića: 42°21'19" N i 19°01'28" E, a najistočnija u blizini Skadra: 42°03'15" N 19°30'00" E. Ono je najveće jezero u jugoistočnoj Evropi, a njegova površina sezonski varira između 360 km<sup>2</sup> i 500 km<sup>2</sup> (po nekim autorima 530 km<sup>2</sup>, pa i 600 km<sup>2</sup>) (Beeton, 1981a). Jezero je dugo 50 km, široko najviše 14 km, a dužina obalne linije je 207 km, pri srednjem vodostaju. Međuzavisnost vodostaja i površine i zapremine jezera prikazana je u tabeli 1.

**Tabela 1.** Površina i zapremina Skadarskog jezera, u zavisnosti od vodostaja (prema Kneževiću, 2009; modifikovano).

Vodostaj (m.n.m.)	Površina (km <sup>2</sup> )	Zapremina (km <sup>3</sup> )
4.60	353.30	1.71
5.25	381.25	1.96
6.37	418.01	2.39
8.55	463.00	3.35
9.82	500.04	3.97

### 2.2. Dubina jezera

Jezero je kriptodepresija, čiji je minimalni vodostaj na oko 5 m iznad nivoa mora. Maksimalna dubina pri tom vodostaju je 8.3 m, a prosječna 5.01 m. Ovo se ne odnosi na dubine sublakustričnih izvora (oka, vrulja), koji mogu da budu duboki i do 60 m. Dubine se mijenjaju sa porastom vodostaja i od njega zavise.

### 2.3. Sublakustrični izvori (oka, vrulje)

Ovi izvori se nalaze na dnu i oko ljevkastih depresija, različite dubine. Najviše ih ima uz sjevernu, sjeverozapadnu i jugozapadnu obalu jezera. Ima ih preko 60 imenovanih, sa poznatim dubinama; brojna oka su neimenovana ili su nepoznate dubine. Najdublja su oka uz jugozapadni rub jezera: 10–60 (80!) m. Izdašnost ovih oka nije dovoljno, ili nije uopšte poznata. Ona varira sezonski i veća je tokom jesenjih kiša i proljećnog perioda topljenja snijega. Procjenjuje se da vrulje i podaviranja donose jezeru prosječno 60 m<sup>3</sup>/s vode (18% ukupnog dotoka) (tabela 2.).

### 2.4. Slivno područje Skadarskog jezera

Slivno područje Skadarskog jezera pripada jadranskom slivu i ima površinu od 5 490 km<sup>2</sup>; od toga u Crnoj Gori oko 4 460 km<sup>2</sup>, a na teritoriji Albanije 1 030 km<sup>2</sup> (karta 1). Dvije najveće rijeke sliva su Zeta (sa svojim pritokama: Gračanica, Mrkošnica,

Grabovik, Bistrica, Glibovac, Moštanica, Obeštica, Smrdan, Sušica, Suvodol, Morava, Rimanić potok, Brestica i Širalija) i Morača (sa svojim pritokama: Ratna rijeka, Požnja, Topli potok, Vrela, Ibrištica, Mrtvica, Melještak, Bogutovski potok, Zeta, vještački kanal Mareze, Sitnica, Javorski potok, Slatina, Koštanica, Sjevernica, Kruševački potok, Mala rijeka, Ribnica i Cijevna).

**Tabela 2.** Vodni bilans Skadarskog jezera (prema Raduloviću, 1997).

<b>VODNI BILANS (m<sup>3</sup>/s)</b>		
<b>Dotok vode</b>	padavine	30
	Morača	210
	Rijeka Crnojevića	9
	Orahovštica	5
	Crmnica	4
	ostali vodotokovi	17
	vrulje, podaviranje	60
		<b>Σ 335</b>
<b>Oticanje vode</b>	Bojana	-320
	isparavanje	-15
		<b>Σ 335</b>

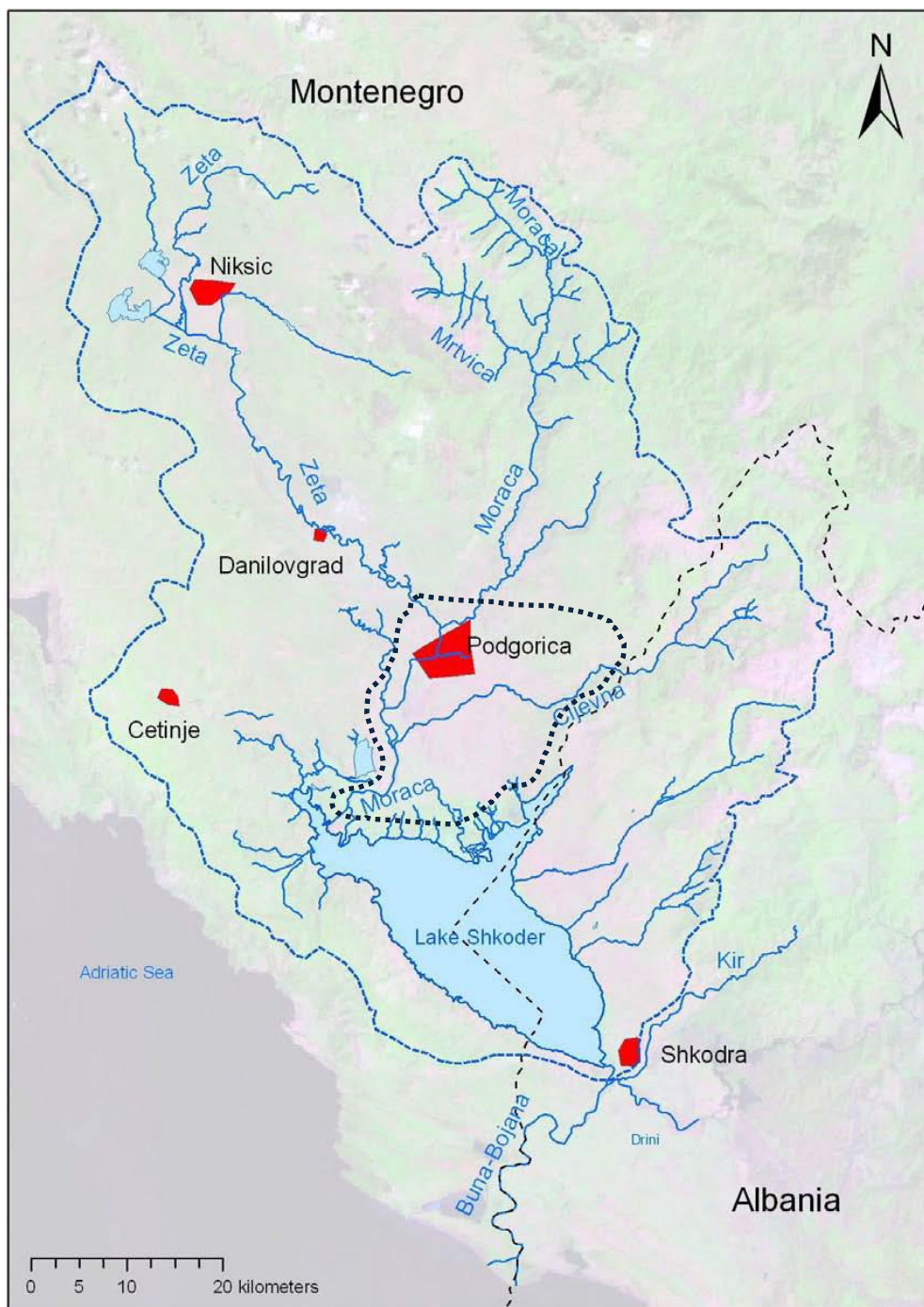
Na južnom obodu Zetske ravnice je niz kraćih vodotoka, koji se direktno ulivaju u Skadarsko jezero: Rujela, Mala i Velika Mrka, Pjavnik, Zetica, Mala Morača, Šegrtnica, Rijeka Crnojevića, Orahovštica, Crmnica, Plavnica, Karatuna i Gostiljska rijeka. Manji i povremeni vodotokovi sa albanske strane jezera su: Proni i Tat, Sica, Proni i Rjolit, Proni i Vraka.

## 2.5. Podzemne vode

Podzemne vode ovog područja obuhvataju ravnice sjeverno od Podgorice i ušća Zete u Moraču, Ćemovsko, Zagoričko, Dinoško, Tološko i Lješko polje, sve do Skadarskog jezera (karta 1.). Površina područja je oko 158.4 km<sup>2</sup>. Debljina vodonosnog sloja ispunjenog vodom se kreće od 20 do 60 m i manja je u sjevernom dijelu. Kote nivoa vode u tom dijelu su na H=35 m.n.m., a u južnom na oko H=10 m.n.m., pa je zato pravac toka vode u podzemnoj izdani od sjevera ka jugu (ka jezeru).

## 2.6. Strujanja vode

Pokreti vodene mase jezera su ili turbulentni, prouzrokovani prilivom vode iz vrulja i pritoka ili su površinski, zavisni od pravca i jačine vjetrova.



**Karta 1.** Sliv Skadarskog jezera (prema Royal Haskoning, 2006; modifikovano): ..... područje podzemnih voda.

## 2.7. Temperatura vode

Prosječne minimalne temperature vode tokom godine variraju između 7.3°C (februar) i 25.4°C (avgust), a prosječne maksimalne između 8.6°C (februar) i 30.1°C (avgust). Relativno visoke temperature su zabilježene u čitavom periodu od maja do septembra (22°C do 30°C) (tabela 22.).



## **2.8. Providnost**

Providnost opada u toplijim mjesecima, zbog povećanja gustine planktonskih populacija. Minimalna providnost je samo oko 0.60 m u avgustu, a maksimalna ide i do 4 m u zimskom periodu (tabela 22.).

## **2.9. Elektroprovodljivost**

U jezeru se izmjerene vrijednosti kreću od 179 do 415  $\mu\text{S}/\text{cm}$  i uklapaju se u vrijednosti propisane za vodu II kategorije. Nisu utvrđena sezonska variranja.

## **2.10. Vodni bilans Skadarskog jezera**

Iz tabele 2. vidi se da je ukupni, prosječni dotok vode u jezero oko 335  $\text{m}^3/\text{s}$ , a da je isto toliko oticanje rijekom Bojanom i isparavanjem sa površine. Godišnje to iznosi preko 10.2  $\text{km}^3$ , što pokazuje da se voda u jezeru izmijeni oko 5 puta (pri normalnom vodostaju od oko 5.5 m.n.m. zapremina jezera je 1.96  $\text{km}^3$  – tabela 1.). Najveću količinu vode dopremaju Morača i ostale tekućice – 73%, zatim vrulje i podaviranja – preko 17% i direktne padavine – oko 9%. Doticaji zavise od sezone, odnosno količine padavina (čije su srednje, mjesečne vrijednosti tokom četiri ljetnja mjeseca ispod 50 mm). Vezano sa tim mijenja se i vodostaj jezera.

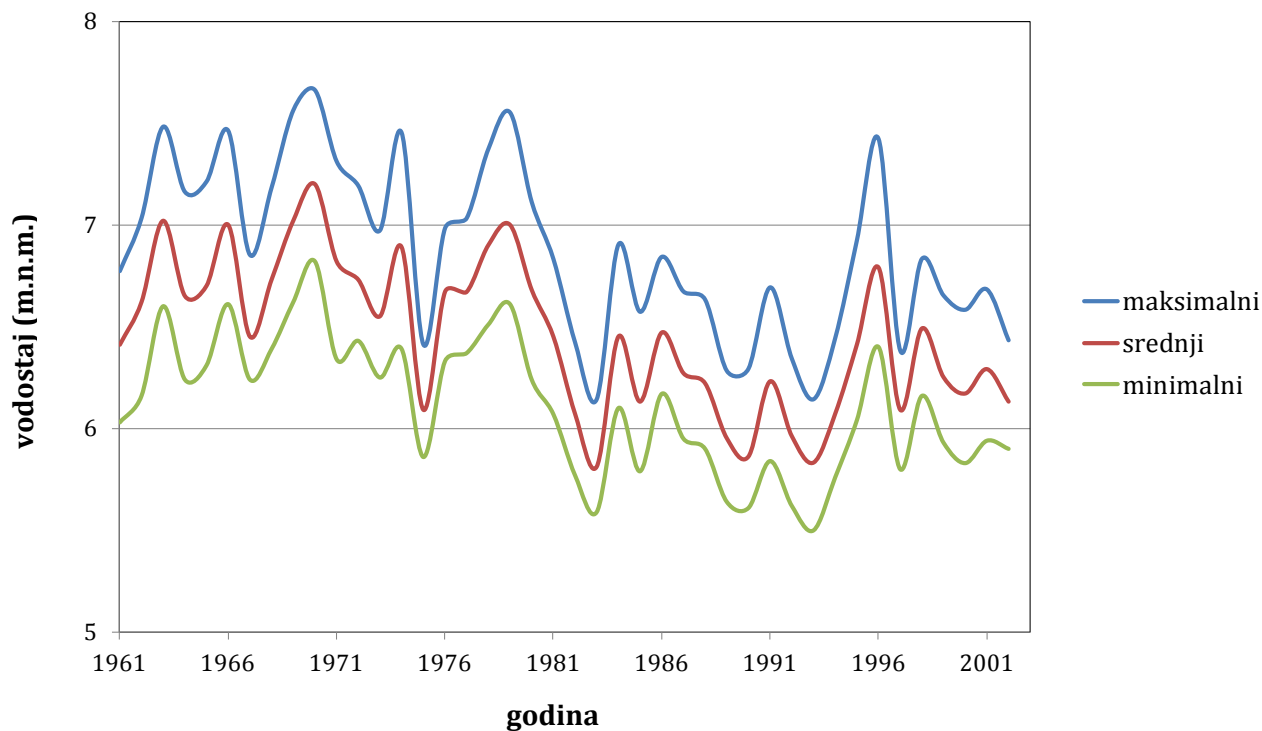
### **2.10.1. Osciliranje nivoa vodnog tijela Skadarskog jezera**

Vodostaj Skadarskog jezera, u posmatranom 40-godišnjem periodu (od 1961. do 2001.) kretao se od minimalnih 4.76 m.n.m. (1985. godine), do maksimalnih 9.86 m.n.m. (1963. godine). Na grafikonu 1. prikazane su prosječne maksimalne, srednje i minimalne vrijednosti vodostaja u pomenutom periodu. Uočljivo je da je vodostaj od 1981. do 2001. niži nego u prethodnom periodu (sa izuzetkom 1996. godine). Ima mišljenja da je to posljedica antropogenog faktora, odnosno izgradnje akumulacija na Zeti i Drimu.

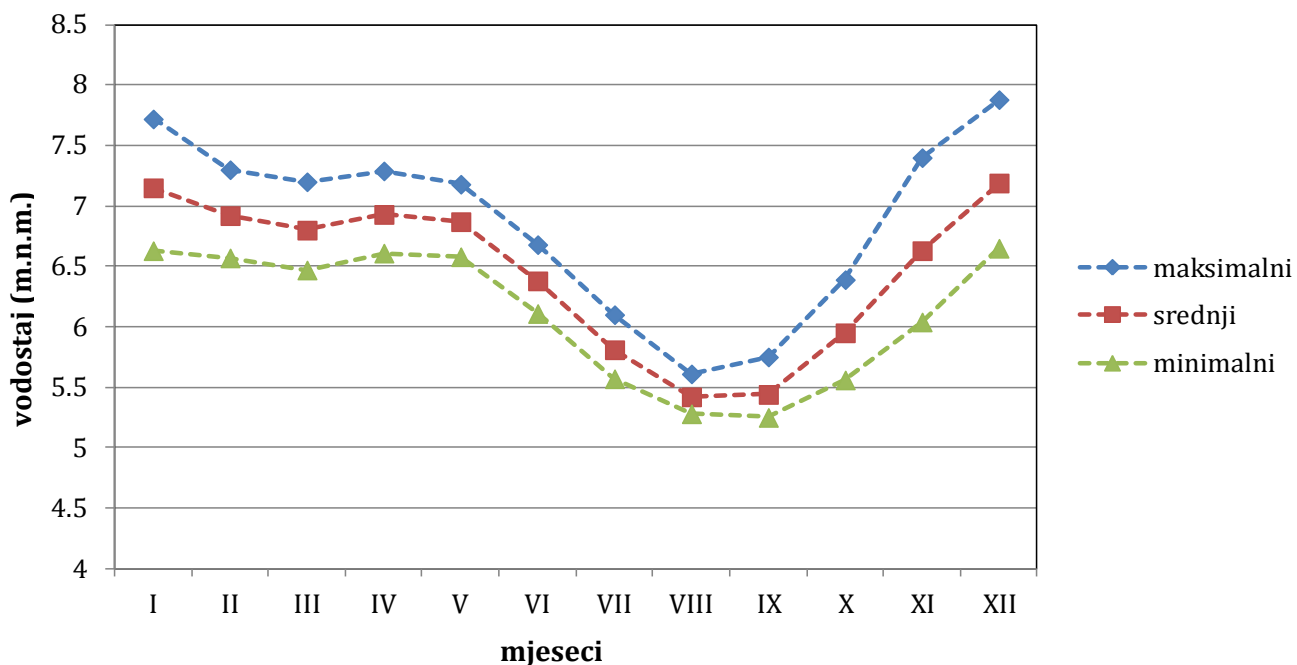
Na grafikonu 2. prikazani su podaci iz mjerenja vodostaja u 40-godišnjem periodu, predstavljeni po mjesecima. Uočava se pravilnost promjene vodostaja u korelaciji sa padavinama, sa faznim kašnjenjem od, otprilike, mjesec dana.

### **2.10.2. Površina i zapremina vodnog tijela Skadarskog jezera**

Površina i zapremina jezera u direktnoj su zavisnosti od njegovog vodostaja. Jasno je da se i jedna i druga povećavaju tokom jesenjeg i zimskog perioda, odnosno povećane precipitacije. U tabeli 1. prikazani su odnosi između vodostaja i površine, odnosno zapremine jezera. Tako pri vodostaju od minimalnih 4.60 m.n.m., površina iznosi oko 353  $\text{km}^2$ , a zapremina 1.71  $\text{km}^3$ . Pri srednjem vodostaju od 5.25 m.n.m. površina iznosi 381.25  $\text{km}^2$ , a zapremina oko 2  $\text{km}^3$ , a pri najvišem vodostaju, površina jezera prelazi 500  $\text{km}^2$ , a zapremina se udvostručuje (3.97  $\text{km}^3$ ).



**Grafikon 1.** Prosječne maksimalne, srednje i minimalne vrijednosti vodostaja Skadarskog jezera, na vodnoj stanici Plavnica, za period: 1961.–2002. (prema Kneževiću, 2009; modifikovano).



**Grafikon 2.** Prosječne maksimalne, srednje i minimalne mjesečne vrijednosti vodostaja Skadarskog jezera, na vodnoj stanici Plavnica, za period: 1961.–2002. (prema Kneževiću, 2009; modifikovano).

### 2.10.3. Prevlažene površine

Ovim terminom su označene one površine zemljišta obalne zone Zetske ravnice, koje su pod povremenim ili stalnim uticajem povišenih voda jezera, i u kojima se javljaju procesi zamočvarivanja, zabarivanja i ogoljavanja tla. Prevlažene površine se mogu podijeliti u četiri zone (Knežević, 2009).

**Zona I** – stalno se nalazi pod vodom; to je zona močvarnog zemljišta i treseta se prostire ispod kote 5.5 m.n.m.; zahvata i manje površine koje se prostiru sjevernim obodom Malog Blata; gotovo cijele godine se nalazi pod vodom ili je voda neposredno ispod same površine zemljišta (u periodu kada zemljište nije plavljeno, podzemne vode se nalaze na dubini manjoj od 1 m, što je uslovljeno minimalnim vodostajem Skadarskog jezera od 4.6 m.n.m.); ova zona je obrasla barskom i močvarnom vegetacijom; zona ima površinu od 6 006 ha (na zonu Skadarskog jezera otpada 5 800 ha, a Malog Blata 206 ha).

**Zona II** – je konstantno plavljena zona; prostire se između 5.5 i 8.0 m.n.m.; zahvata južni obod Malog Blata; to su zemljišta koja su izložena stalnim poplavama tokom godine, jer većim dijelom godine vodostaj Skadarskog jezera varira između ove dvije kote; osnovni tip zemljišta u ovoj zoni je oglejani aluvijum; dubina oglejavanja zavisi od nivoa podzemnih voda koje se kreću od površine zemljišta pa do oko 3 m od površine zemljišta, što je povezano sa promjenama vodostaja Skadarskog jezera i udaljenosti od jezera; udaljavanjem od jezera vegetacija prelazi iz močvarne u prirodne livade, rjeđe oranice; ova zona ima površinu od 4 262 ha (na zonu Skadarskog jezera otpada 4 005 ha, a Malog Blata 257 ha).

**Zona III** – je zona periodičnog plavljenja; ova zonu se nastavlja na zonu II, koja se prostire iznad kote od 8 m.n.m.; poplave u ovoj zoni su periodičnog karaktera (najčešće od novembra do februara); nivo podzemnih voda varira od nekoliko desetina centimetara u jesen i proljeće, pa do 4–5 m u toku ljeta; dominantan tip zemljišta u ovoj zoni je ilovasti aluvijum; površina ove zone je 1 475 ha; vodotoci koji protiču kroz ovo područje se izlivaju iz svojih korita, posebno Morača, i vrše dopunsko plavljenje terena; manji vodotoci (Plavnica, Mala Morača, Tara, Gostiljska rijeka, Plavnik, Svinjiš, Velika i Mala Mrka, izuzev Rujela), se cijelim svojim tokom nalaze u plavnom području Skadarskog jezera.

**Zona IV** – je zona plavljena rijekom Moračom; površina ove zone je 567 ha; duž ove zone obrazuje se plitka podzemna voda koja je najčešće na dubini manjoj od 1 m posmatrajuci od površine zemljišta; na ovom području dešavale su se u prošlosti mnoge hidrografske promjene, uslovljene promjenom pravaca tokova glavnih vodotoka.

Skadarsko jezero spada u plitka, submediteranska jezera, čija se trofogeni zona prostire do samog dna, a trofolitička ili odsustvuje ili je redukovana na mali sloj vode blizu dna. U takvim jezerima su procesi trofije mnogo dinamičniji od saprobnih, pa su ona sklona eutrofikaciji. Tokom toplog dijela godine, pri temperaturama vode od 30°C i više, uz slabu izmjenu i strujanje vodene mase, ovaj proces je još drastičniji.

### 3. KLIMATSKE ODLIKE ZETSKO–BJELOPAVLIĆKE RAVNICE

Obično se za ovaj prostor kaže da ima submediteransku klimu, sa, ponekad, nejasnim opisom tog termina. Zato je bolje da se upotrijebi Köppen-ova klasifikacija, koja je do sad najegzaktnija. Ona se zasniva na hidrotermičkoj analizi–analizi padavina i temperature vazduha, uzimajući u obzir i prosječne vrijednosti i ekstremna odstupanja. Po ovoj klasifikaciji, Zetsko–Bjelopavlićka ravnica je označena kao Csa podtip, koji se odlikuje žarkim i suvim ljetom i blagom i kišovitom zimom. U izvjesnoj mjeri, ovo područje se razlikuje od prave etezijske (sredozemne) klime, jer ima nešto toplija ljeta i malo hladnije zime (Burić & Micev, 2008).

Humidni (vlažni) period počinje od sredine septembra, a završava se krajem aprila, dok se u tipično jadransko–mediteranskoj oblasti (takođe označenoj sa Csa) proteže od sredine oktobra do početka aprila.

Aridni (sušni) i period suvoće počinju oko prvog juna, a završavaju se početkom septembra.

#### 3.1. Temperatura vazduha

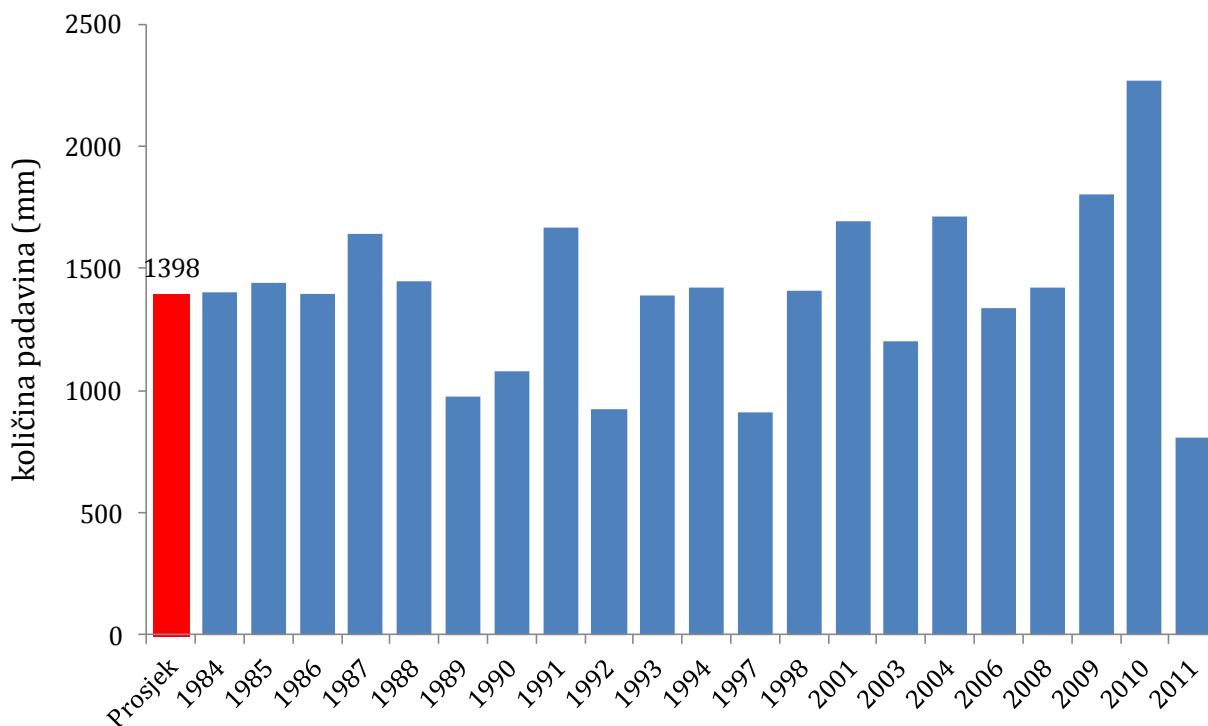
Srednja temperatura se kreće u rasponu od 5°C (januar) do 27°C (avgust); srednja minimalna od 2°C do 21°C (u istim mjesecima), a srednja maksimalna od 8°C do 33°C. Najviša izmjerena temperatura iznosila je 44.8°C, a najniža -10°C. Broj dana sa temperaturom višom od 32°C je 58, a sa nižom od 0°C je 26, u višegodišnjem periodu (tabela 3.)

**Tabela 3.** Vrijednosti temperature vazduha na području Podgorice za period od 2001. do 2012. godine (prema Weatherbase, 2012; modifikovano).

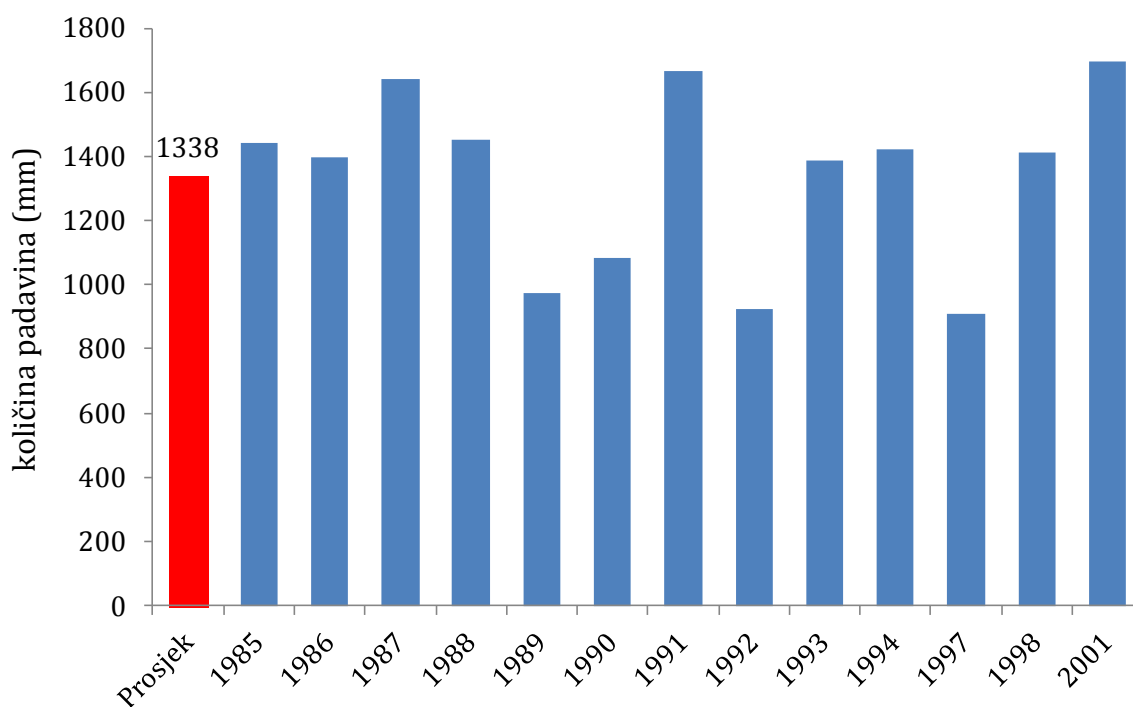
MJESEC	Srednja temperatura (°C)	Srednja maksimalna temperatura (°C)	Srednja minimalna temperatura (°C)	Maksimalna temperatura (°C)	Minimalna temperatura (°C)	t≥32°C (broj dana)	t<0°C (broj dana)
Jan	5	8	2	16	-10		7
Feb	5	9	2	20	-7		9
Mar	10	14	6	26	-3		3
Apr	15	20	10	31	2		
Maj	17	23	12	32	5		
Jun	23	29	18	37	11	9	
Jul	26	32	20	40	13	19	
Avg	27	33	21	41	11	24	
Sep	22	27	17	38	11	6	
Okt	16	21	12	31	5		
Nov	11	15	7	22	-5		1
Dec	7	11	3	17	-7		6
<b>Srednja godišnja temperatura (°C)</b>							<b>15</b>
<b>Srednja maksimalna godišnja temperatura (°C)</b>							<b>20</b>
<b>Srednja minimalna godišnja temperatura (°C)</b>							<b>11</b>
<b>Srednji godišnji broj dana sa t≥32°C</b>							<b>60</b>
<b>Srednji godišnji broj dana sa t&lt;0°C</b>							<b>29</b>

### 3.2. Padavine

Na području Skadarskog jezera, srednja godišnja suma padavina, u periodu od 1950. do 1984. godine iznosi 1 664.50 mm (Knežević, 2000). Maksimalna godišnja srednja vrijednost padavina u tom periodu je izmjerena 1979. godine (2 317.50 mm), a minimalna 1953. godine (869.60 mm).



**Grafikon 3.** Ukupna godišnja količina padavina (mm) na području Podgorice, za period od 1984. do 2011. godine.

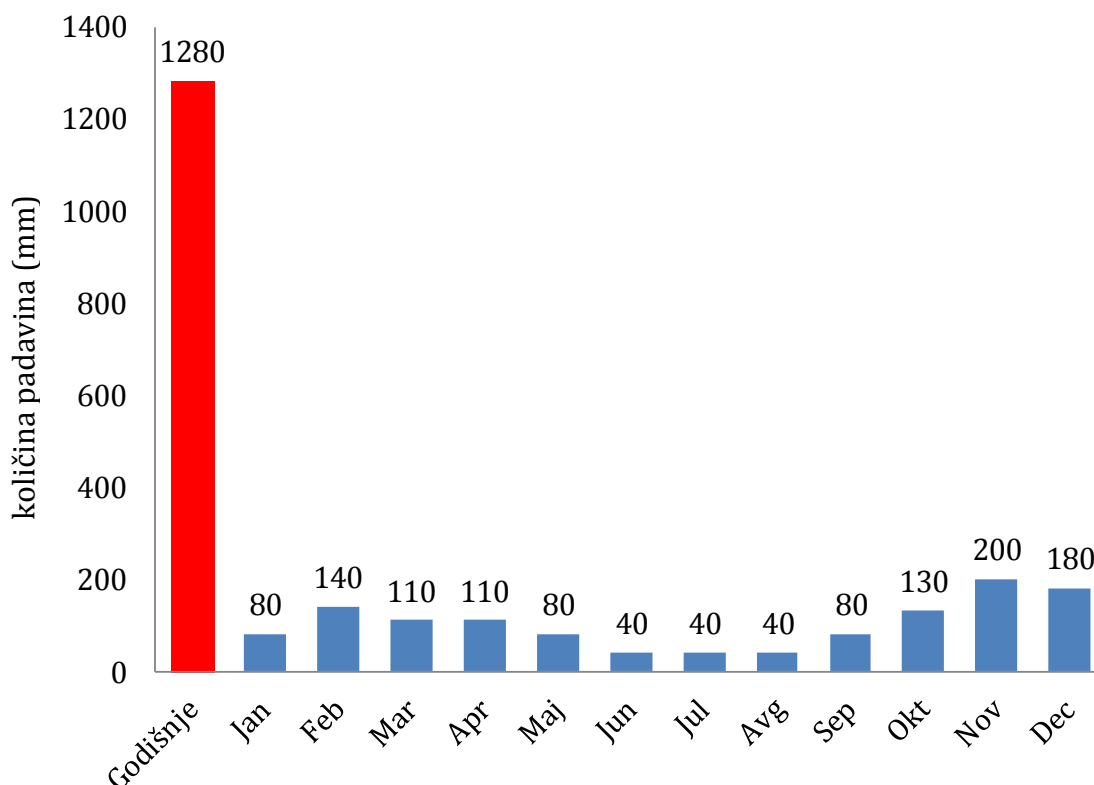


**Grafikon 4.** Ukupna godišnja količina padavina (mm) na području Podgorice, za period od 1985. do 2001. godine.



U periodu od 1984. do 2011. godine prosječna godišnja količina padavina je iznosila 1 398 mm, što predstavlja statistički značajan pad u odnosu na prvi navedeni period (grafikon 3.).

Ako odvojeno posmatramo periode od 1985. do 2001. i od 2002. do 2012. godine, uočićemo da se taj trend nastavlja. Prosječna količina padavina u prvom periodu je iznosila 1 338 mm, a u drugom 1 280 mm (grafikon 4. i 5.).



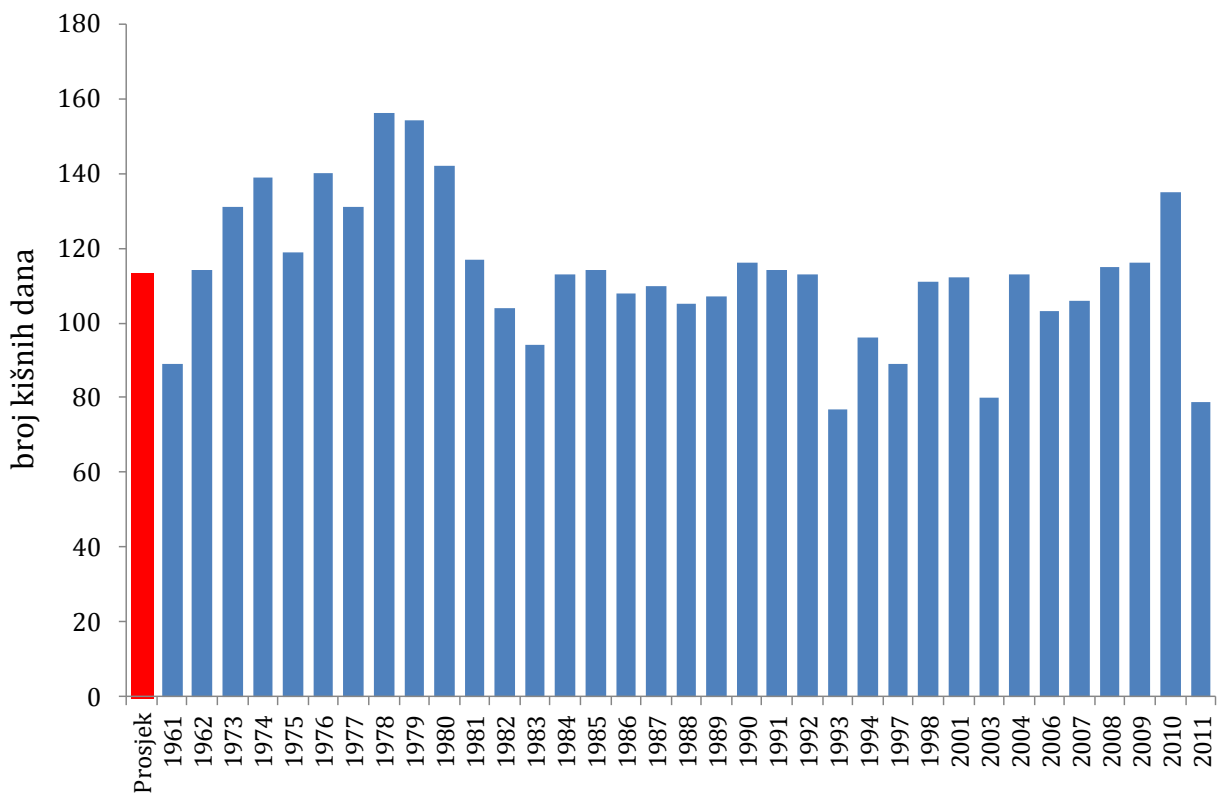
**Grafikon 5.** Prosječna godišnja i mjesečna količina padavina (mm) na području Podgorice, za period od 2002. do 2012. godine (prema Weatherbase, 2012;)

Međutim, nedostatak podataka, može da stvori pogrešnu sliku pa treba otkloniti takav i slične nedostatke prije donošenja zaključaka.

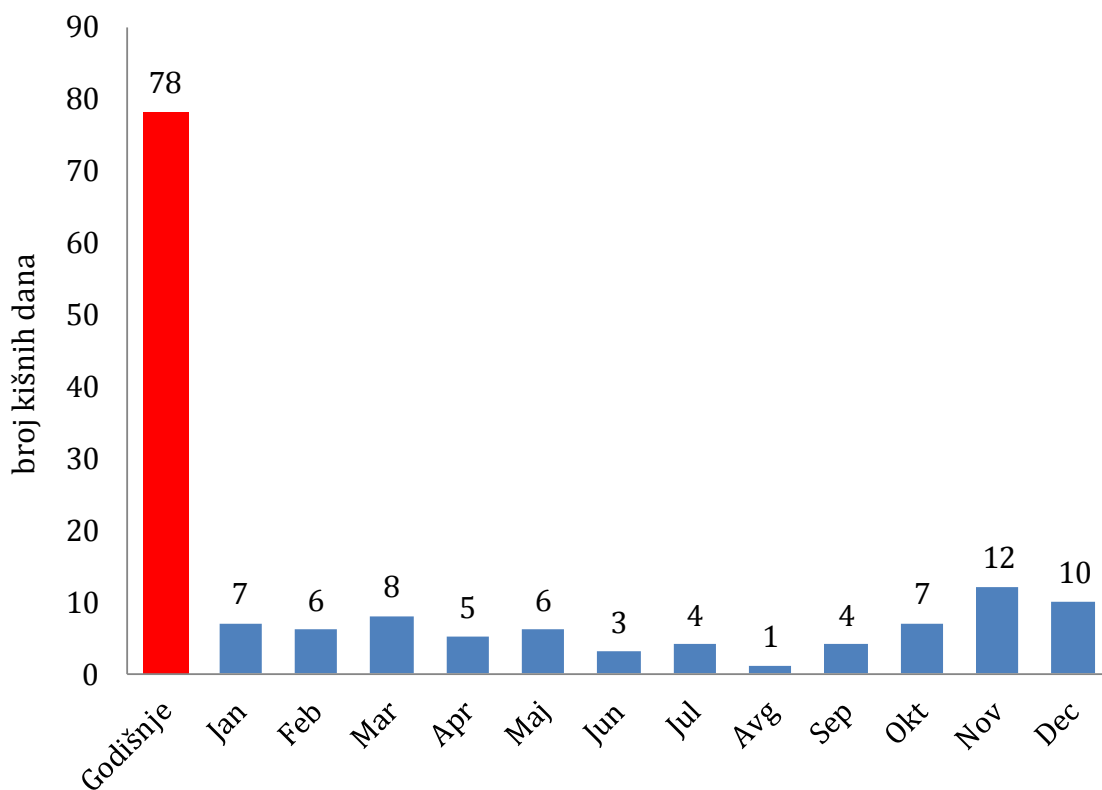
Ukupan broj kišnih dana u periodu osmatranja od 1961. do 2011. godine se kretao od minimalnog 1993. (77; 1389 mm padavina), do maksimalnog, 1978. godine (156; 1 976 mm padavina) (grafikon 6.). Prosječan broj kišnih dana u istom periodu iznosio je 113.2. U periodu od zadnjih 11 godina (2002.–2012), broj kišnih dana se smanjio na 78 (grafikon 7.), iako je 2010. godine bilo 135 kišnih dana, s maksimalnih 2 269 mm padavina.

Najveće prosječne mjesečne količine padavina su bile u novembru i decembru (grafikoni 5., 7. i 8.).

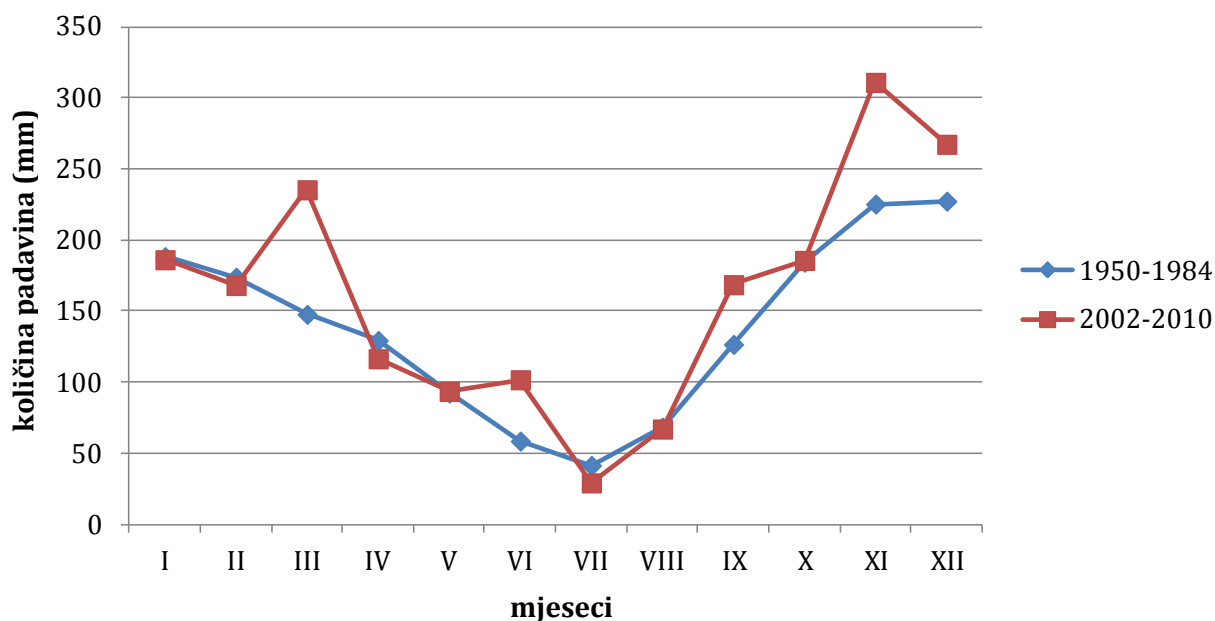
Sa albanske strane prosječna godišnja količina padavina se kreće od 1 750 do 2 500 mm. U unutrašnjosti, na području sliva Skadarskog jezera zabilježena je ekstremna količina padavina od 5 238 mm (1958. godine) i rekordna količina za jedan dan – 420 mm (15. decembra 1963.).



**Grafikon 6.** Ukupan broj kišnih dana na području Podgorice, za period od 1961. do 2011. godine.



**Grafikon 7.** Prosječan broj kišnih dana, godišnje i mjesečno, na području Podgorice, za period od 2002. do 2012. godine (prema Weatherbase, 2012; modificovano).



**Grafikon 8.** Srednje, mjesečne vrijednosti padavina na području Skadarskog jezera, za periode: 1950.–1984. i 2002.–2010. (prema podacima HMZ-a Crne Gore; modifikovano).

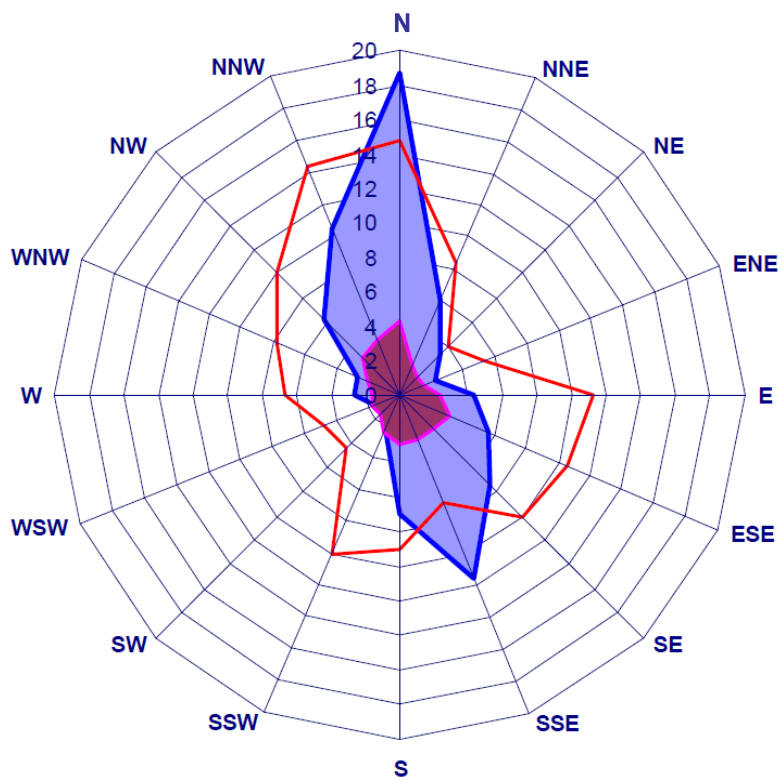
### 3.3 Vjetrovi

Na području Skadarskog jezera duva veći broj vjetrova, od kojih oni iz sjevernih pravaca (N, NNE i NNW) tokom zimskog, a u manjoj mjeri iz južnih (S, SSE) tokom toplog perioda. Iz tabele 4. i grafikona 9. vidi se da sjeverni vjetar (N) ima najveću čestinu (18.7%) i maksimalnu brzinu (14.8 m/s). Poslije njega, najučestaliji su SSE (11.5%) i NNW (10.4%), ali im je maksimalna brzina različita (10.6 m/s i 14.3 m/s).

Vjetrovi imaju značaj za živi svijet jezera, jer izazivaju kretanje i miješanje vodenih masa, čime podstiču aeraciju dubljih slojeva i trofičke i saprobne procese.

**Tabela 4.** Čestina, maksimalna i srednja brzina vjetrova različitih smjerova (N–sjever, S–jug, E–istok, W–zapad) na području opštine Golubovci u periodu od 1993. do 2000. godine (prema Markoviću, 2007; modifikovano).

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
Čestina (%)	18.7	6.0	3.4	2.2	4.3	5.6	7.4	11.5	6.9	2.1	1.4	1.6	2.6	2.6	6.2	10.4
$\bar{X}$ brzina (m/s)	4.3	1.9	1.5	1.5	2.3	3.2	2.8	2.8	2.9	2.3	1.6	1.7	1.6	2.1	3.0	3.5
max brzina (m/s)	14.8	8.3	4.0	5.3	11.2	10.6	10.0	6.7	9.0	10.1	4.4	4.8	6.6	7.8	10.0	14.3



**Grafikon 9.** Ruža vjetrova na području opštine Golubovci u periodu od 1993. do 2000. godine: ■ – čestina vjetra (%), ■ – srednja brzina vjetra (m/s), □ – maksimalna brzina vjetra (m/s) (prema Markoviću, 2007).

## 4. IZVORI ZAGAĐENJA SKADARSKOG JEZERA

Izvori zagađenja se obično dijele na tačkaste i netačkaste (disperzne, rasute).

Tačkasti izvori zagađenja su najčešće industrijski i komunalni ispusti otpadnih voda, pa i ispusti postrojenja za njihovo prečišćavanje, zavisno od stepena prečišćenosti i tehnologije. U ove izvore spadaju i emisije dimnjaka koje doprinose aerozagađenju. Tačkasti izvori su, po pravilu, stacionarni.

Netačkasti (disperzni, rasuti) izvori donose zagađujuće materije sa većih površina, najčešće spiranjem atmosferskim vodama, mada to mogu da budu i drugi mehanizmi kao što su poplave, vjetrovi, poniranje u podzemne vode, navodnjavanje i drugo.

Najvažniji rasuti izvori zagađenja su poljoprivredne površine sa kojih dolaze mineralna đubriva, zaštitna sredstva, biostimulatori i drugo, u integralnom obliku ili u vidu rezidua. Slično zagađenje donose i vode upotrijebljene za navodnjavanje, koje prodiru, kako u površinske, tako i u podzemne vodotokove.

Značajna količina azota, fosfora, amonijaka i metana dolazi sa stočnih farmi, na kojima otpad i ekskrementi nisu zbrinuti, tretirani i/ili reciklirani. Takve farme imaju, najčešće, samo improvizovane površinske odvođe tečnog otpada do prvog vodotoka, rjeđe do lokalne kanalizacije. Odlagališta smeća, nelegalne deponije (ili "divlje deponije"), koje mogu da sadrže toksični i netoksični komunalni otpad, takođe su izvori zagađenja voda. Pošto su neobezbijedene, atmosferske vode ih lako spiraju i odnose.

Saobraćaj je stacionarni i nestacionarni izvor zagađenja. Stacionarni izvori su saobraćajne površine kao putevi, željezničke pruge, ali i njihova izgradnja i održavanje. Nestacionarni izvori su vozila u saobraćaju (avioni, drumska, riječna, jezerska i morska transportna sredstva), koja oslobađaju gasove u vazduh i određene polutante po tlu i vodi.

Nelegalna gradnja, bez priključenja na kanizacioni sistem, sa ili bez septičkih jama, takođe ugrožava životnu sredinu (naročito vode), ponekad više biološkim nego hemijskim agensima (bakterije, paraziti).

### 4.1. Tačkasti (koncentrisani) izvori

#### 4.1.1. Otpadne vode

Otpadne vode mogu da budu komunalne, industrijske, pa i mješovite. Svrstavaju se u tačkaste (koncentrisane) izvore zagađenja, budući da se ispuštaju u vodotoke preko definisanih ispusta. Kod neuređenih sistema ili u slučajevima nepokrivenosti kanalizacijom, otpadne vode se ulivaju preko brojnih površinskih odvoda ili slivanjem sa kosih obala, pa skoro da mogu da budu svrstane u disperzne (rasute) izvore.

U Skadarsko jezero se ulivaju velike količine otpadnih voda, iz Nikšića i Danilovgrada (preko rijeke Zete), Podgorice (preko rijeke Morače), Cetinja i Rijeke Crnojevića (preko Rijeke Crnojevića), Skadra i ostalih manjih mjesta (kanalizacijom, najčešće bez prethodnog tretmana, direktno u jezero).

Godišnje se u jezero unese preko 69 miliona tona raznih otpadnih voda (tabela 5. i tabela 7.), što predstavlja oko 3.45% njegove ukupne zapremine pri vodostaju od 5.25 m.n.m. Ove vode su opterećene uglavnom organskim materijalom; izuzetak čine



otpadne vode Kombinata aluminijuma Podgorica (KAP), Željezare Nikšić, deponije Željezare, pretovarne baze Boksita Nikšić, opterećene najviše neorganskom materijom.

Ove količine variraju i ne mogu se tačno utvrditi, pošto nema dostupnih podataka o obimu proizvodnje u izvjesnom broju industrijskih pogona, pa i čitavih kompanija.

Komunalne otpadne vode Podgorice se tretiraju do izvjesne mjere. Samo oko 50% protoka postojećeg postrojenja za prečišćavanje otpadne vode (PPOV), tretira se potpuno, oko 35% samo primarnim tretmanom, a 15% ispušta u Moraču bez tretmana.

**Tabela 5.** Količina komunalnih i industrijskih otpadnih voda koje se izlivaju u Skadarsko jezero (bez Kombinata aluminijuma Podgorica) (prema Master planu za kanalizaciju i otpadne vode, 2004; prema Katastru zagađivača, 1998; prema Royal Haskoning, 2006; modifikovano).

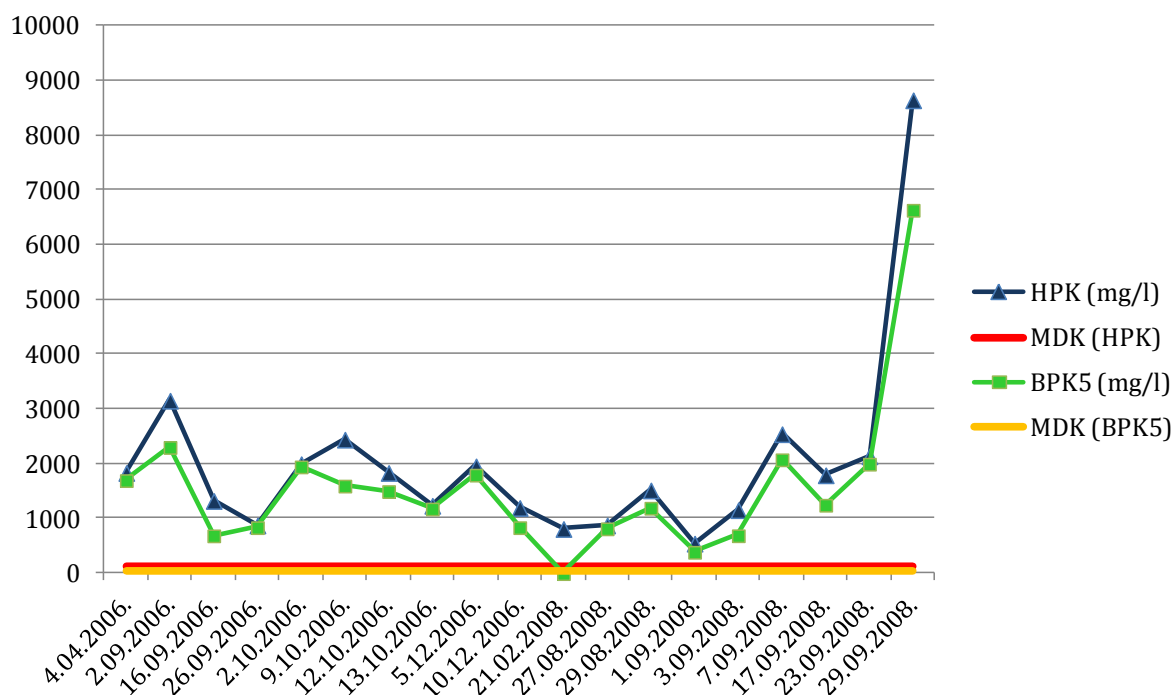
Opština	Glavni izvori otpadnih voda	Količina	
		Dnevno (m <sup>3</sup> )	Godišnje (m <sup>3</sup> )
Podgorica	Komunalne otpadne vode, mljekara, "Plantaže", Duvanski kombinat, Gradska bolnica i dr. industrijska postrojenja	45 706	16 682 690
Danilovgrad	Komunalne otpadne vode, farme svinja, goveda i živine, proizvodnja mermera i dr.	1 048	382 520
Nikšić	Komunalne otpadne vode, Željezara Nikšić, Otpad sa Željezare, Pivara "Trebjesa", Pretovarna baza Boksita, Gradska bolnica, Bolnica Brezovik, ŠIK "Javorak", mljekare, klanica i dr.	34 748	12 683 020
Cetinje i Rijeka Crnojevića	Komunalne otpadne vode, fabrika za preradu ribe	1 516	553 610
Skadar (Albanija)	Komunalne i industrijske otpadne vode	25 000	9 125 000
<b>Ukupno</b>		<b>108 018</b>	<b>39 426 840</b>

Treba imati u vidu da na kanalizacionu mrežu nije priključeno oko 55% stanovništva ove opštine.

Važno je napomenuti da navedeno postrojenje prima veliku količinu otpadnih voda iz vinskog podruma AD Plantaže, sa visokim sadržajem organske supstance (vinska komina i mulj vinske komine), tako da je HPK i BPK<sub>5</sub> i po više hiljada puta veći od MDK (grafikon 10.). To dovodi do kvarova PPOV Podgorica i zastoja u radu.

Od industrijskih postrojenja čije otpadne vode donosi Zeta najvažnija je Željezara Nikšić. Ona proizvodi između 10 i 11 miliona tona otpadne vode godišnje, koje se ispuštaju u rijeke Bistricu ili Gračanicu i dospijevaju u Zetu. Ove vode su opterećene sulfidima, fosfatima (100 puta više od MDK), fenolima (10 puta više od MDK), katjonskim deterdžentima, mastima, uljima i mineralnim uljima. Pored toga imaju

povećanu količinu suspendovanih materija i veći HPK, a znatno manju količinu kiseonika (Katastar zagađivača za sliv Zetske ravnice, 1998).



**Grafikon 10.** Povećane koncentracije HPK i BPK<sub>5</sub> (mg/l) u otpadnim vodama "Plantaža" koje su dovodile do kvarova na PPOV-u Podgorica tokom 2006. i 2008. (prema WYG International, 2011; modifikovano): MDK (HPK)=125 mg/l; MDK (BPK<sub>5</sub>)=25 mg/l.

Rijeka Zeta donosi otpadne vode sa farmi svinja, goveda i živine iz Danilovgrada, opterećene, uglavnom, organskom materijom. Vjerovatno je količina tih otpadnih voda danas veća nego što je data u tabeli 5.

Najveću količinu industrijskih otpadnih voda, 29 835 160 m<sup>3</sup> godišnje (tabela 7.), izbacuje KAP u rijeku Moraču, a ona ih donosi u jezero.

KAP je počeo sa radom 1971. godine, a već 1979. proizvodi 102 000 t primarnog aluminijuma godišnje. Za tu količinu tečnog aluminijuma utroši se 516 000 t boksita, 1 806 000 litara ložnih ulja, 1 689 GWh struje i preko 180 t ostalog materijala godišnje, uz oko 33 000 000 m<sup>3</sup> vode (tabela 6.).

Ova proizvodnja iza sebe ostavi oko 400 000 t godišnje "crvenog mulja" i pomenutu količinu otpadnih voda. Samo u drugom, novom bazenu, površine 220 000 m<sup>2</sup>, već je odloženo oko 4 000 000 t crvenog mulja. Tokom čitavog perioda proizvodnje, deponovano je, takođe, i oko 325 000 m<sup>3</sup> čvrstog otpada, koji, kao i prethodni, uglavnom predstavlja opasni otpad.

Količine i karakteristike otpadnih voda iz različitih proizvodnih pogona KAP-a, date su u tabeli 7. Ove vode su opterećene teškim metalima i njihovim solima, nitratima i nitritima, fluoridima, fenolima, amonijakom, deterdžentima, mastima, mineralnim i drugim uljima.

Grad Skadar sa okolinom generiše preko 9 000 000 t otpadnih voda godišnje, koje su opterećene najviše organskim materijama iz komunalnih sistema i ispuštaju se u jezero bez tretmana (tabela 5.).

Grad Cetinje i Rijeka Crnojevića ispuštaju zajedno oko 553 000 m<sup>3</sup> netretirane otpadne vode godišnje; u Rijeci Crnojevića, pored komunalnih, ispuštaju se male količine industrijskih otpadnih voda (iz fabrike ribljih konzervi).

**Tabela 6.** Neophodne količine sirovina i električne energije za ukupnu godišnju proizvodnju tečnog aluminijuma od 102 000 t (prema Royal Haskoning, 2006; modifikovano).

<b>Sirovine i energija</b>	<b>Količina</b>	<b>Mjerna jedinica</b>
Boksit	515 775	t/godišnje
Električna energija	1 689	GWh/godišnje
Sivo željezo	657	kg
Ložna ulja	1 806 500	litara/godišnje
Ploče obložene metalom	2 400	komada/godišnje
Čelični djelovi	20 363	komada/godišnje
Kaustična soda	26 910	t/godišnje
Ložno ulje	86 771	t/godišnje
Na-sulfid	2 915	t/godišnje
Pečene anode	65 869	t/godišnje
Al-fluorid	3 451	t/godišnje
Kriolit	460	t/godišnje
Katodni blokovi	1 056	t/godišnje
Ugljena pasta	624	t/godišnje
Ca-fluorid	24	t/godišnje
Voda	33 000 000	m <sup>3</sup> /godišnje

**Tabela 7.** Količina i karakteristike otpadnih voda iz različitih proizvodnih pogona KAP-a (prema Royal Haskoning, 2006; Kadović i sar., 2004 i Katastru zagađivača, 1998; modifikovano).

<b>Proizvodni pogoni KAP-a</b>	<b>Količina otpadnih voda (m<sup>3</sup>/godina) (Royal Haskoning, 2006)</b>	<b>Karakteristike otpadnih voda iz KAP-a (Kadović i sar., 2004; Katastar zagađivača, 1998)</b>
Glinica	14 400 000	Natrijum (Na), kalijum (K) kalcijum (Ca), magnezijum (Mg), hloridi (Cl <sup>-</sup> ), nitriti (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ), nitrati (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ), sulfati (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ), fosfati (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ), fluoridi (F <sup>-</sup> ), gvožđe (Fe), aluminijum (Al), kalaj (Sn), bakar (Cu), cink (Zn), amonijak (NH <sub>3</sub> ), fenoli, deterdženti, masti i ulja, mineralna ulja
Elektroliza	1 056 000	
Anoda	3 801 500	
Livnica	3 696 000	
Silumini	30 660	
Kovačnica	1 877 000	
Valjaonica	528 000	
Prerada	2 112 000	
Održavanje	2 334 000	
<b>Ukupno</b>	<b>29 835 160</b>	

U ovom trenutku na području Skadarskog jezera funkcionišu tri postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda:

- Podgorica — kapacitet 55 000 ES
- Virpazar—kapacitet 1 000 ES i
- Rijeka Crnojevića—kapacitet 500 ES
- Postrojenje u Nikšiću nije u funkciji.

Ni za jednu od ovih PPOV ne postoji monitoring funkcionisanja, osim, donekle, za onu u Podgorici.

Planirana je izgradnja četiri nova PPOV:

- Podgorica i KAP—kapaciteta 275 000 ES
- Nikšić—kapaciteta 106 000 ES
- Cetinje i Rijeka Crnojevića—kapaciteta 30 500 ES i
- Danilovgrad—kapaciteta 38 000 ES.

Smatra se da će njihovo funkcionisanje dovesti do znatnog smanjenja pritiska zagađenja na Skadarsko jezero, ali problem može da predstavlja deponovanje mulja iz procesa prečišćavanja.

#### **4.1.2. Aerozagađenje**

Ova vrsta zagađenja nije praćena u pogonima industrije u Nikšiću, već samo na dva mjesta u gradu. Ovdje navodimo rezultate mjerenja u 2008. i 2009. godini samo onih jedinjenja koja su prelazila MDK (u zagradi) za vazduh u gradovima:

- NO<sub>2</sub> – 80 µg/m<sup>3</sup> (40 µg/m<sup>3</sup>)
- Ozon (O<sub>3</sub>) – 130 µg/m<sup>3</sup> (120 µg/m<sup>3</sup>)
- Benzo(a)piren – 1 do 6 µg/m<sup>3</sup> (1 µg/m<sup>3</sup>)
- Dim i čađ – 140 do 200 µg/m<sup>3</sup> (60 µg/m<sup>3</sup>)
- Lebdeće čestice – 220 µg/m<sup>3</sup> (110 µg/m<sup>3</sup>)

Aerozagađenje iz Nikšića vjerovatno ne utiče u velikoj mjeri na zagađenje vazduha i voda Skadarskog jezera, mada može biti transportovano preko površinskih i podzemnih voda.

Emisije aerozagađenja iz KAP-a su izračunate u tonama na godišnjem nivou za sukcesivne godine: 2005., 2006. i 2007. (tabela 8.). Ta količina je varirala od 5 453.04 do 11 437.75 t godišnje.

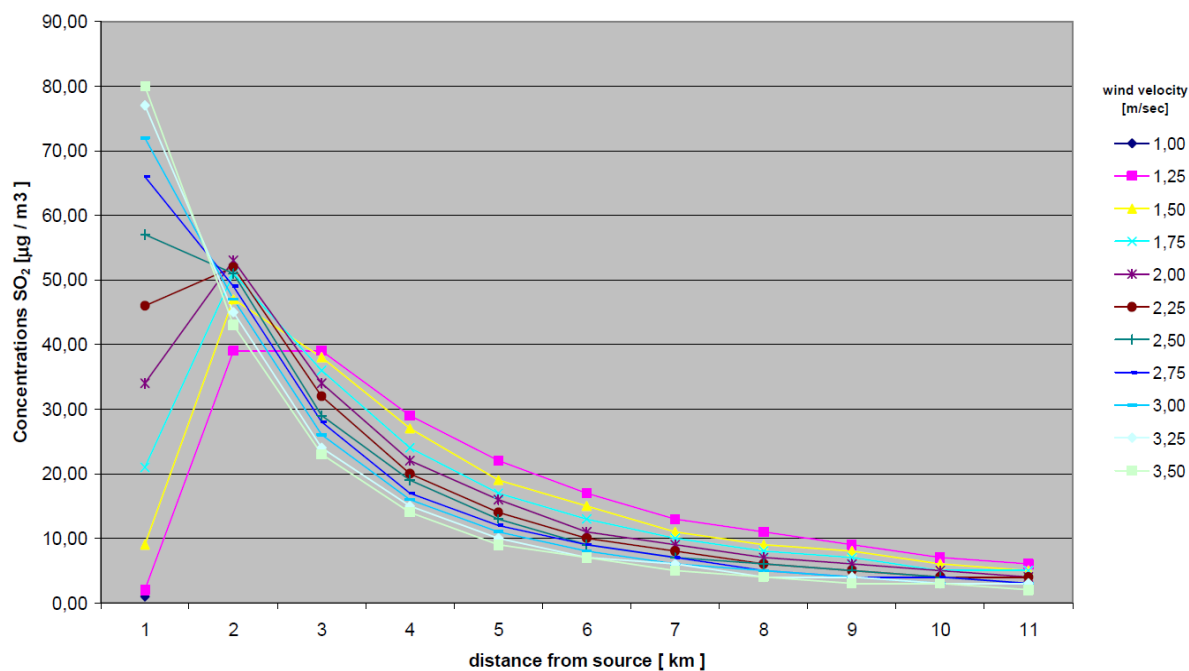
Brzina depozicije aerozagađivača zavisi od brzine i pravca vjetra, razdaljine od izvora, stabilnosti atmosfere i visine dimnjaka (Marković, 2007).

Brzina depozicije za SO<sub>2</sub>, pri konstantnoj vrlo nestabilnoj atmosferi, kreće se od 1 do 80 µg/m<sup>3</sup>, na oko 500 m od izvora, zavisno od brzine vjetra. Na distanci od oko 1 500 m te vrijednosti se kreću od 40 do 52 µg/m<sup>3</sup> (takođe zavisno od brzine vjetra), a na većim udaljenostima depozicija sve manje zavisi od brzine vjetra (grafikon 11. i grafikon 12.)

Pri vrlo stabilnoj atmosferi najveća brzina depozicije je na oko 5 km od izvora zagađenja – 250 do 900 µg/m<sup>3</sup>, zavisno od brzine vjetra (grafikon 13.). Na većim udaljenostima (do 11 km) brzine depozicije se vrlo malo mijenjaju.

**Tabela 8.** Emisije aerozagađivača iz Kombinata aluminijuma Podgorica u 2005., 2006. i 2007. godini godini (prema Markoviću, 2007; modifikovano).

Emitovane materije iz KAP-a	2005 (t/god)	2006 (t/god)	2007 (t/god)
Ukupni azotni oksidi	498.98	421.96	468.23
Ugljen monoksid	1 140.23	7 981.42	2 880.03
Sumpor dioksid	3 699.46	2 645.53	5 997.62
Praškaste materije	114.34	383.31	99.93
Suma teških metala	0.0028	0.0098	0.0098
Hlorovodonik	-	4.26	2.28
Fluorovodonik	0.03	1.26	0.30
<b>Ukupno</b>	<b>5 453.04</b>	<b>11 437.75</b>	<b>9 448.40</b>

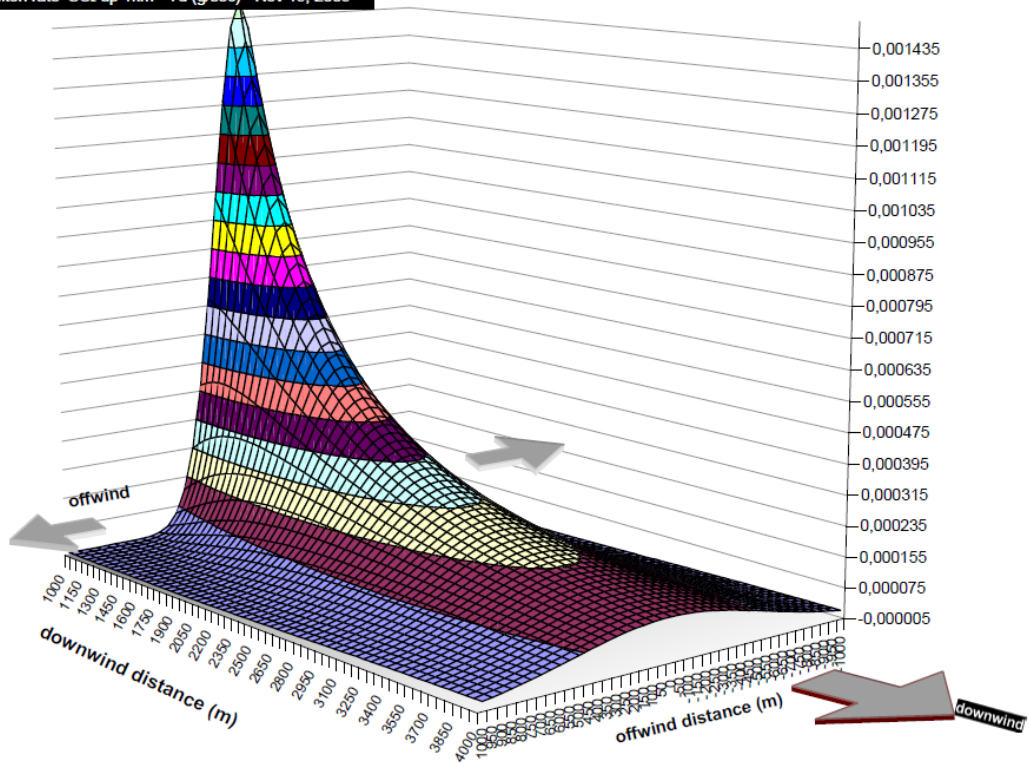


**Grafikon 11.** Promjena brzine depozicije SO<sub>2</sub> sa povećanjem rastojanja od izvora i sa promjenom brzine vjetera a pri konstantno veoma nestabilnoj atmosferi (prema Markoviću, 2007).

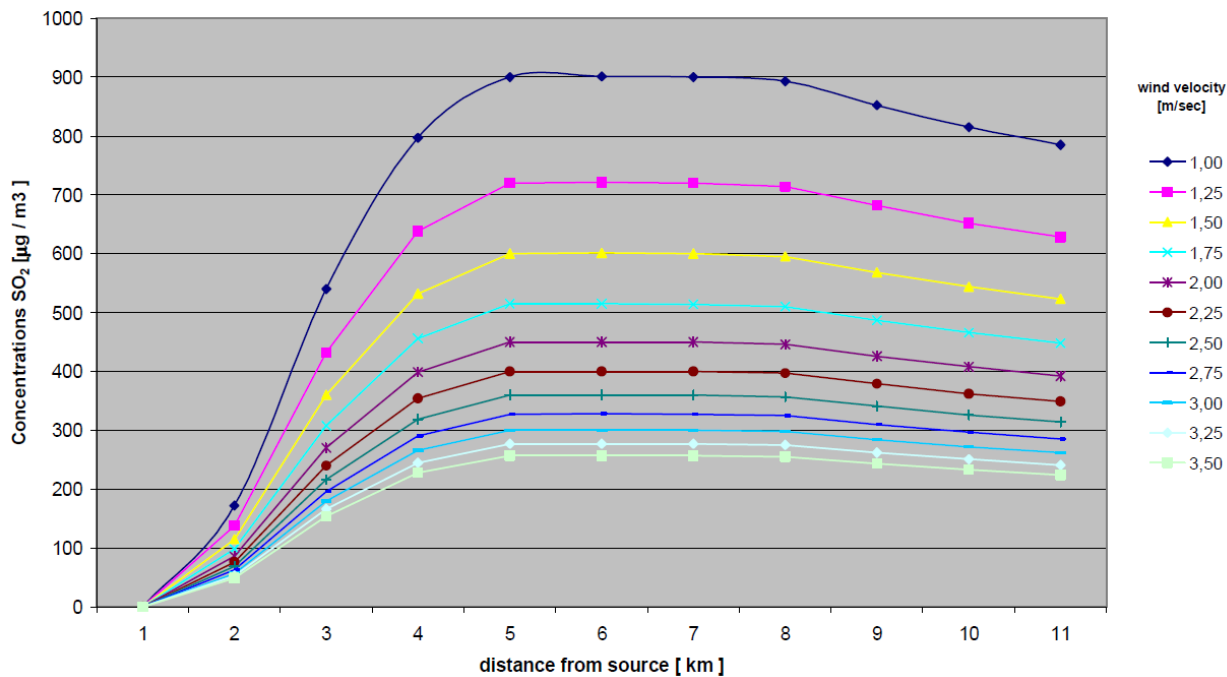
Brzina depozicije praškastih materija pri vrlo nestabilnoj atmosferi je najveća na oko 500 m od izvora i kreće se od 25 do 37 µg/m<sup>3</sup>, zavisno od brzine vjetera.



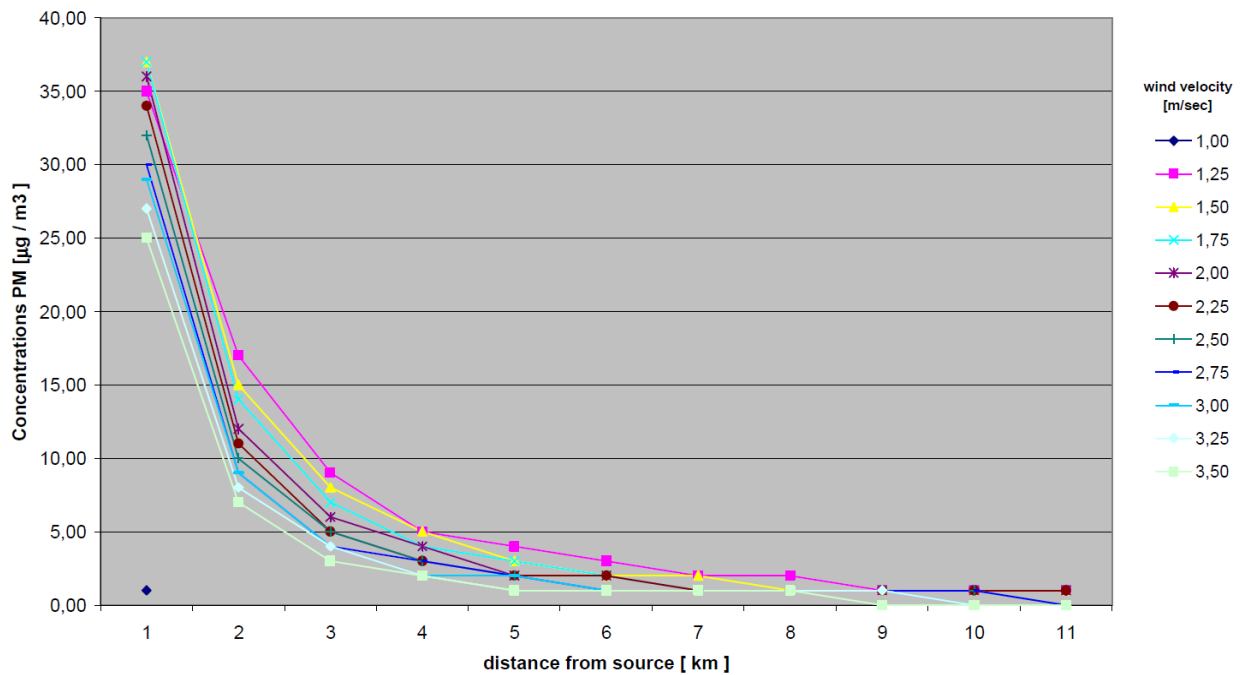
graphic - pollutant deposition rate SO<sub>2</sub> up 1km - Vd (g/sec) - Nov 15, 2005



Grafikon 12. Brzine depozicije SO<sub>2</sub> na rastojanjima većim od 1 km (15. novembar 2005.) (prema Markoviću, 2007).



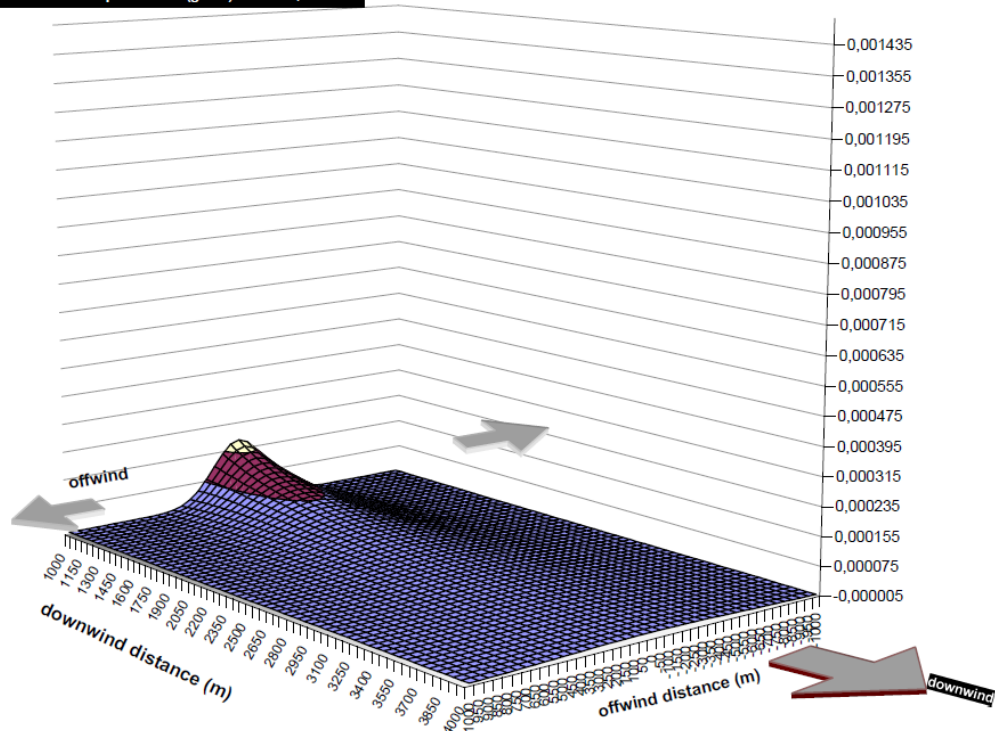
Grafikon 13. Promjena brzine depozicije SO<sub>2</sub> sa povećanjem rastojanja od izvora i sa promjenom brzine vjetrova a pri konstantno stabilnoj atmosferi (prema Markoviću, 2007).



**Grafikon 14.** Promjena brzine depozicije praškastih materija (PM) sa povećanjem rastojanja od izvora i sa promjenom brzine vjetra a pri konstantno veoma nestabilnoj atmosferi (prema Markoviću, 2007).

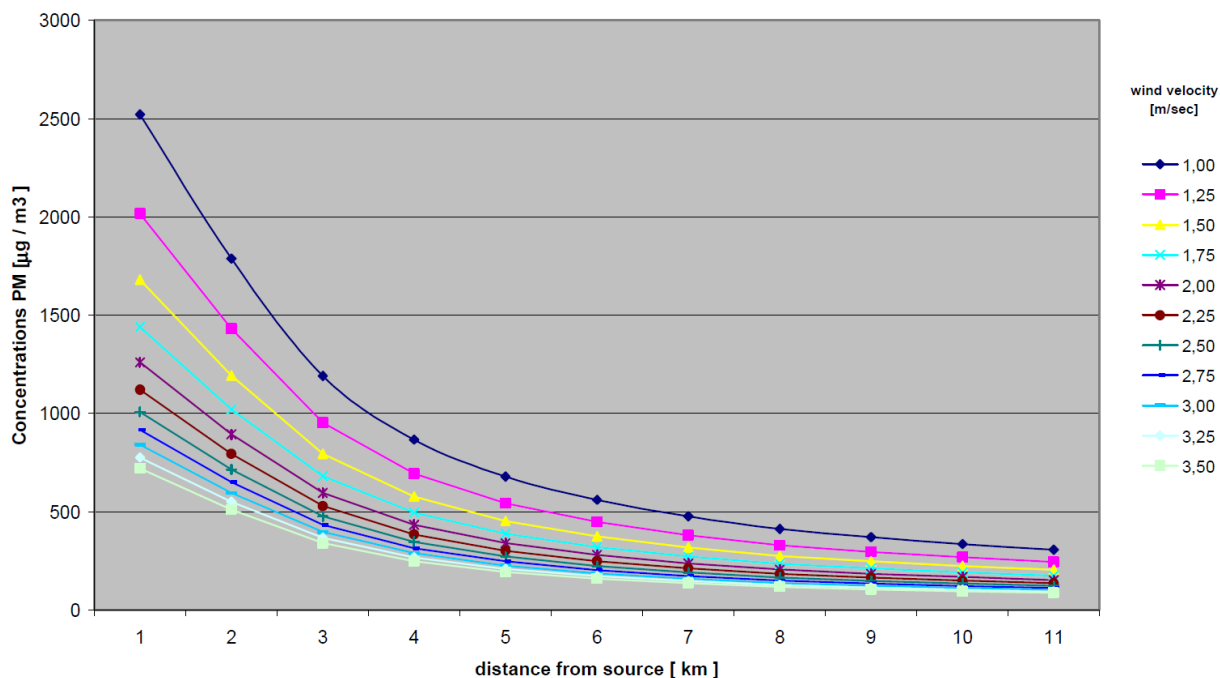
Brzina depozicije zatim naglo pada sa rastojanjem: 7 do 17  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  na 1 500 m i 3 do 8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  na 2 500 m, zavisno od brzine vjetra (Marković, 2007).

graphic - pollutant deponon rate PM up 1km - Vd (g/sec) - Nov 15, 2005



**Grafikon 15.** Brzine depozicije praškastih materija (PM) na rastojanjima većim od 1 km (15. novembar 2005.) (prema Markoviću, 2007).

Na većim rastojanjima brzina depozicije ravnomjerno opada, bez obzira na brzinu vjetra (grafikon 14. i grafikon 15.).



**Grafikon 16.** Promjena brzine depozicije PM sa povećanjem rastojanja od izvora i sa promjenom brzine vjetra a pri konstantno stabilnoj atmosferi (prema Markoviću, 2007).

Pri stabilnoj atmosferi, brzina depozicije praškastih materija se kreće, u zavisnosti od brzine vjetra, na 500 m udaljenosti od izvora, od 700 do 2 500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Sa većim udaljenostima ravnomjerno opada, ali ne ispod 100 do 300  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (na udaljenosti preko 10 km od izvora) (grafikon 16.).

Ova istraživanja su pokazala da polutanti iz dimnjaka industrijskih objekata mogu da budu prenijeti vazдушnim putem na velike udaljenosti i da dodatno ugrožavaju Skadarsko jezero.

## 4.2. Disperzni (rasuti) izvori

Najznačajniji izvori zagađenja ovog tipa su otpad iz KAP-a, takozvani "crveni mulj" i odlagalište čvrstog otpada. Godišnje se proizvede od 278 300 t (prema Kadović i sar., 2004) do 400 000 t (prema CDM, 2012) crvenog mulja. Do sada je, samo u novom bazenu 2, deponovano oko 4 000 000 t.

### 4.2.1. Deponija čvrstog otpada KAP-a

Tokom više decenija rada KAP-a, stvoreno je i oko 325 000  $\text{m}^3$  čvrstog otpada, koji je deponovan na odlagalište i klasifikovan kao opasan otpad, zbog sadržaja fluorida,

poliaromatskih ugljovodonika (PAH), polihlorovanih bifenila (PCB), fenola, kao i nikla, hroma, bakra, kadmijuma, cinka, arsena, žive, cijanida, mineralnih ulja i drugog (tabela 9.).

**Tabela 9.** Maksimalne koncentracije opasnih i štetnih materija (mg/kg) detektovane u zemljištu na području odlagališta čvrstog otpada u KAP-u (prema COWI, 2012; modifikovano): **MDK**–maksimalno dozvoljena koncentracija; **VRK**–visoko rizična koncentracija.

	Koncentracija u otpadu sa odlagališta (mg/kg)	Koncentracija u zemljištu neposredno ispod odlagališta (mg/kg)	Koncentracija u dubljim slojevima zemljišta ispod odlagališta (mg/kg)	MDK za opasne i štetne materije u zemljištu (Pravilnik, Sl. list CG, 18/97) (mg/kg) <sup>1</sup>	MDK za opasne i štetne materije u zemljištu (Dutch Standards, 2000, 2009) <sup>2</sup>	VRK za opasne i štetne materije u zemljištu (Dutch Standards, 2009) <sup>3</sup>
Fluoridi	40494.00 <sup>1,2</sup>	10911.00 <sup>1,2</sup>	6226.00 <sup>1,2</sup>	300.0	500.0	–
Cijanidi	1302.00 <sup>3</sup>	73.10 <sup>3</sup>	3.87	–	–	20.0
PAH	772.60 <sup>1,3</sup>	237.61 <sup>1,3</sup>	86.90 <sup>1,3</sup>	0.6	–	40.0
PCB	459.50 <sup>1,3</sup>	15.67 <sup>1,3</sup>	0.045 <sup>1</sup>	0.004	–	1.0
Arsen (As)	80.70 <sup>1,2,3</sup>	12.50	8.24	20.0	29.0	55.0
Kadmijum (Cd)	556.22 <sup>1,2,3</sup>	1.86 <sup>2</sup>	1.42 <sup>2</sup>	2.0	0.8	12.0
Olovo (Pb)	345.65 <sup>1,2</sup>	48.09	43.88	50.0	85.0	530.0
Živa (Hg)	0.098	22.81 <sup>3</sup>	0.073	1.5	0.3	10.0
Hrom (Cr)	494.39 <sup>3</sup>	404.88 <sup>3</sup>	33.18	50.0	100.0	380.0
Nikl (Ni)	843.94 <sup>1,2,3</sup>	245.01 <sup>1,2,3</sup>	162.02 <sup>1,2,3</sup>	50.0	35.0	210.0
Bakar (Cu)	1273.83 <sup>1,2,3</sup>	182.97 <sup>1,2</sup>	25.70	100.0	36.0	190.0
Cink (Zn)	553.29 <sup>1,2</sup>	210.13 <sup>2</sup>	583.21 <sup>1,2</sup>	300.0	140.0	720.0

U njoj su prikazani rezultati mjerenja koncentracija opasnih i štetnih materija, na samom odlagalištu čvrstog otpada, neposredno ispod njega i u dubljim slojevima zemljišta.

Od 12 parametara, njih 10 u plićim, odnosno 6 u dubljim slojevima, imalo je koncentracije od 1 do 30 puta veće od MDK, a njih 7 veću čak i od visoko rizične (cijanidi, PAH, PCB, živa, hrom, bakar i nikal).

#### 4.2.2. Deponija crvenog mulja KAP-a

”Crveni mulj” je, takođe, klasifikovan kao opasni otpad, zbog visokog prisustva fluorida, arsena, PAH-ova, kadmijuma, olova, gvožđa, hroma, kobalta, nikla, bakra i cinka koji prelaze MDK (tabela 10.).

Količine i karakteristike čvrstog i opasnog otpada iz različitih pogona KAP-a, koji se sada generiše, date su u tabeli 11. Iz nje se vidi da je pH oko 11.5. Međutim, direktna mjerenja pH voda na bazenu crvenog mulja pokazuju da maksimalne vrijednosti mogu da dostignu i 13.85 (Kadović i sar., 2004).

**Tabela 10.** Koncentracije opasnih i štetnih materija (mg/kg) detektovane u zemljištu na području odlagališta "crvenog mulja" u KAP-u (prema CDM, 2012; modifikovano): **MDK**–maksimalno dozvoljena koncentracija; **VRK**–visoko rizična koncentracija.

	Uzorci iz bušotina (mg/kg)	Uzorci površinskog tla (brana + jalovišta) (mg/kg)	MDK za opasne i štetne materije u zemljištu (Pravilnik, Sl. list CG, 18/97) (mg/kg)	MDK za opasne i štetne materije u zemljištu (Dutch Standards, 2000, 2009) (mg/kg)	VRK za opasne i štetne materije u zemljištu (Dutch Standards, 2009) (mg/kg)
Fluoridi	42-251	151-905	300.0	500.0	–
PAH	0.01-2.66	0.2-14.4	0.6	–	40.0
PCB	<0.002-0.17	<0.002-0.09	0.004	–	1.0
Arsen (As)	1.1-75	1.5-12.6	20.0	29.0	55.0
Kadmijum (Cd)	<0.25-1.2	2.8-8	2.0	0.8	12.0
Olovo (Pb)	2.5-37.5	19-65	50.0	85.0	530.0
Živa (Hg)	0.02-0.07	0.01-0.07	1.5	0.3	10.0
Hrom (Cr)	7-83	39-143	50.0	100.0	380.0
Kobalt (Co)	<2.5-28	10-27	50.0	9.0	240.0
Nikl (Ni)	6-79	54-90	50.0	35.0	210.0
Bakar (Cu)	4-20	1-45	100.0	36.0	190.0
Cink (Zn)	<1.25-186	40-141	300.0	140.0	720.0
Gvožđe (Fe)	–	40.6-80.3	2.0	–	–

**Tabela 11.** Količina i karakteristike čvrstog i opasnog otpada iz različitih proizvodnih pogona KAP-a (prema Royal Haskoning, 2006; modifikovano).

Proizvodni pogoni KAP-a	Količina čvrstog i opasnog otpada (t/godina)	Karakteristike čvrstog i opasnog otpada iz KAP-a
Glinica	-čvrsti crveni mulj: 309 168 t	pH>11.5, PAH, PCB, CN <sup>-</sup> , F <sup>-</sup> , sirova nafta, mazut
Elektroliza	-ugljena pjena: 620 t -upotrijebljene anode i katode: 2 950 t -PCB: 25 t	PAH, PCB, Cd, CN <sup>-</sup> , As, Hg, F <sup>-</sup> , ugljena pjena, Al, fenoli
Anoda	-talog od anoda: 17 600 t	PAH, fenoli, Cd, Hg, As
Livnica	-šljaka: 1 800 t -ostalo: 80-120 t	Morinit, azbest
Silumini	-čvrsta Al prašina: 4 230 t	Al, boje, soli
Kovačnica	-cement sa amonijakom: 1 462 t	NH <sub>3</sub>
Valjaonica	-silikatna zemlja: 1 697 t	Si, Al, oksidi Fe, mineralna ulja
Prerada	-silikatna zemlja: 2 274 t	Si, Al, oksidi Fe, mineralna ulja
Održavanje i ostalo	-elektroliza: 25 t -PCR: 50 t	ulja, lubrikanti, transformatorska ulja, piralen (Arachlor 1260; 1254), THB, guma itd.
<b>Ukupno</b>	<b>342 091 t</b>	

Crveni mulj, koji se odlaže u bazene ima tečnu i čvrstu fazu. Tečna nastaje dodavanjem u mulj, koji je suv, oko 15% vode, radi lakšeg transporta kroz 3 km dugu cijev. Pored nje, na površini deponije se zadržavaju atmosferske padavine i voda kojom se vlaži površina suvog mulja, tako da ukupna zapremina tečne faze iznosi 732 898 m<sup>3</sup>. Sastav tečne faze crvenog mulja dat je u tabelama 12. i 13.

**Tabela 12.** Fizičko-hemijske karakteristike tečne faze sa deponije crvenog mulja KAP-a (prema Kadović i sar., 2004; modifikovano).

	$\bar{X}$	Min	Max
pH	12.53	11.59	13.85
EC (mS/cm)	9.54	7.64	12.14
Suspendovane materije (mg/l)	79.00	68.00	90.00
Na (mg/l)	1 118.70	925.50	1 488.80
K (mg/l)	25.35	19.11	31.59
Ca (mg/l)	15.70	6.41	34.83
Mg (mg/l)	64.80	51.98	83.14
Fe (mg/l)	0.51	0.18	0.94
Al (mg/l)	4.00	4.00	4.00
Cn (mg/l)	0.0026	0.0026	0.0026
Cu (mg/l)	0.0036	0.0036	0.0036
Pb (mg/l)	0.00	0.00	0.00
Zn (mg/l)	0.04	0.04	0.04
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	39.70	25.99	65.17
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	53.20	51.74	54.00
F <sup>-</sup> (mg/l)	0.689	0.3974	0.9845

**Tabela 13.** Koncentracije opasnih i štetnih materija (mg/l) u uzorcima otpadnih voda iz bazena crvenog mulja na području KAP-a (prema CDM, 2012; modifikovano): **MDK**–maksimalno dozvoljena koncentracija opasnih i štetnih materija u otpadnim vodama, koje se smiju ispuštati u površinski vodotok.

	Uzorak I	Uzorak II	MDK (Službeni list 45/8; 9/10)
Fluoridi (mg/l)	9.0	3.2	2.0
Cijanidi (mg/l)	0.0044	0.0053	0.005
Arsen (As) (mg/l)	0.015	0.002	0.1
Kadmijum (Cd) (mg/l)	<0.0005	<0.0005	0.01
Olovo (Pb) (mg/l)	<0.001	0.002	0.5
Živa (Hg) (mg/l)	0.0015	0.0019	0.005
Hrom (Cr) (mg/l)	0.002	0.004	0.1
Nikl (Ni) (mg/l)	0.007	0.002	1.25
Bakar (Cu) (mg/l)	0.020	0.013	0.5
Cink (Zn) (mg/l)	0.04	0.02	1.0
Ukupni ugljovodonici (mg/l)	0.02	0.01	0.5
pH	8.2	10.0	6.5–8.5

Pored povećanog pH, uočavaju se samo povećane koncentracije fluorida, natrijuma, kalijuma i suspendovanih materija. Kadović i saradnici (2004) to tumače time što visoko alkalna sredina ne dozvoljava prisutnim metalima da pređu u vodenu fazu. Ovaj prelazak se može, dakle, očekivati ako dođe do razblaženja, odnosno do promjene pH (do 7 ili niže). U svakom slučaju, ni ta površinska voda, ni suvi crveni mulj, ne bi smjeli da budu ispušteni u vodotokove, ni da dospiju u vazduh, jer bi ugrozili zdravlje ljudi, životinja i biljaka i životnu sredinu.

Smatra se da preko procjednih voda, polutanti mogu da penetriraju u tlo, pa i u podzemne vode. Prema CDM-u (2012) ta pretpostavka je ispravna, jer su u bušotinama u samom bazenu i ispod njega, kao i u zemljištu brane i oko nje, nađene značajne koncentracije opasnih i štetnih materija, prodrle u zemljište i podzemne vode (tabela 10. i 14.).

**Tabela 14.** Minimalna i maksimalna koncentracija PCB-a, na lokalitetima u okviru KAP-a (B-17, B-18, B-19, AS-1, AS-2, AS-3) i u neposrednoj okolini (Srpska, Botun, Mahala) u periodu od 1990. do 1996. (prema Royal Haskoning, 2006; modifikovano).

Parametar Lokalitet	PCB (µg/kg)	
	min	max
Piezometar B-17	225	381 100
Piezometar B-18	51	17 310
Piezometar B-19	125	52 280
AS-1	10 490	245 400
AS-2	1 230	73 500
AS-3	14 390	144 900
Srpska	230	469
Botun	452	783
Mahala	125	234

Bušotine su bušene do ispod 30 m ispod nivoa mora, a do podzemne vode stiglo se na različitim nivoima, od 11.7 do 27.1 m ispod nivoa mora. Koncentracije navedenih materija su bile veće 2 do 20 puta od maksimalno dozvoljenih za zemljište. Uporedo su dodati i Dutch standardi, kao maksimalno dozvoljene i vrlo rizične koncentracije (tabela 10.). Koncentracije koje su imali fluoridi, PAH, arsen, kadmijum, olovo, hrom, kobalt, nikl, bakar i gvožđe, prelazile su MDK po našem Pravilniku, a skoro uvijek i po Dutch standardima.

Mjerenja PCB u periodu od 1990. do 1996. godine, u zemljištu unutar KAP-a i u najbližim selima (Srpska, Botun i Mahala) pokazala su povećanu koncentraciju (od 17 do 381 put veću od MDK) unutar kombinata, ali u zemljištu okoline ona je bila ispod te vrijednosti (tabela 14.).

Fina prašina crvenog mulja, ako je suva, može vjetrom da se raznosi na veće udaljenosti, što se događalo i još se ponekad događa. Tada se ona deponuje na obradivo zemljište i preko poljoprivrednih proizvoda može da ugrozi zdravlje stanovništva. Jedna od mjera za sprečavanje vazdušne migracije ove prašine je redovno polivanje vodom bazena sa muljem, ali to znatno povećava količinu vode na njihovoj površini i omogućava stvaranje procjednih voda i njihovu penetraciju u zemljište i podzemne vode.



WYG International (2011) prikazuje zagađenje zemljišta u selima Botun i Srpska (tabela 15.). Od 14 mjerenih parametara, samo njih 4 (olovo, živa, nikal i PAH), su imali koncentraciju veću od MDK: od 1.42 puta (olovo) do 36 puta (PAH). Međutim, kako se radi o visoko toksičnim metalima, njihovim solima i poliaromatičnim ugljovodonicima, ovi rezultati su alarmantni.

**Tabela 15.** Zagađenje zemljišta u selima Botun i Srpska u 2005. godini (prema WYG International, 2011; modifikovano).

Lokalitet Polutant	MDK	Srpska		Botun-Velji brijeg	
		kultivisano	nekultivisano	kultivisano	nekultivisano
Kadmijum (mg/kg)	2	0.71	0.68	0.53	1.47
Olovo (mg/kg)	50	38.97	35.62	34.19	<b>71.22</b>
Živa (mg/kg)	1.5	<b>3.28</b>	<b>2.31</b>	<b>5.28</b>	<b>7.1</b>
Arsen (mg/kg)	20	<2	<2	<2	<2
Hrom (mg/kg)	50	26.96	32.84	27.67	46.99
Nikal (mg/kg)	50	<b>102.1</b>	<b>105.83</b>	<b>147.77</b>	<b>123.42</b>
Fluor (mg/kg)	300	50.09	41.6	23.47	48.75
Zinc (mg/kg)	300	290.75	260.04	215.7	279.65
Bakar (mg/kg)	100	39.33	40.88	35.9	39.56
Kobalt (mg/kg)	50	11.96	12.97	14.1	15.25
PAHs (mg/kg)	0.6	<b>1.49</b>	<b>2.21</b>	<b>4.98</b>	<b>21.72</b>
PCBs (mg/kg)	0.004	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Kongeneri (mg/kg)	0.004	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Mineralna ulja (mg/kg)	-	4.69	3.56	1.32	3.56

#### 4.2.3. Zagađenje podzemnih voda ispod deponija čvrstog otpada i crvenog mulja KAP-a

Zagađenje podzemnih voda je vrlo osjetljivo, obzirom da one snabdijevaju vodom bunare u bližoj i daljoj okolini KAP-a. Ti bunari se koriste i za pijaću vodu, ali uglavnom za navodnjavanje i napajanje stoke. Referentne vrijednosti MDK i visokorizične koncentracije (Dutch standard) za podzemne vode, date su u tabeli 16., a rezultati analiza koncentracija opasnih i štetnih materija u podzemnim vodama ispod bazena crvenog mulja i odlagališta čvrstog otpada, u tabelama 17. i 18.

Očekivano, znatno su uvećane koncentracije fluorida, cijanida, hlorida i žive, a ostali metali i soli, zbog još uvijek visoke vrijednosti pH, nisu bili detektovani.



**Tabela 16.** Referentne vrijednosti za maksimalno dozvoljene koncentracije (MDK) i visoko rizične koncentracije (VRK) opasnih i štetnih materija u podzemnim vodama propisane Pravilnikom o klasifikaciji i kategorizaciji površinskih i podzemnih voda Crne Gore (Sl. list 2/07 od 29/10/2007) u poredjenju sa holandskim standardima (Dutch Standards, 2009).

<b>Parametri (mg/l)</b>	<b>MDK A (Sl. list 2/07)</b>	<b>MDK A1 (Sl. list 2/07)</b>	<b>MDK A2 (Sl. list 2/07)</b>	<b>MDK A3 (Sl. list 2/07)</b>	<b>MDK (Dutch Standards, 2009)</b>	<b>VRK (Dutch Standards, 2009)</b>
<b>Fluoridi</b>	0.05	1.00	1.50	1.70	-	-
<b>Cijanidi</b>	<GD	0.001	0.005	0.005	0.005	1.5
<b>Hloridi</b>	10	20	40	200	100	-
<b>Arsen</b>	0.001	0.010	0.05	0.05	0.01	0.06
<b>Kadmijum</b>	0.00	0.001	0.005	0.005	0.0004	0.06
<b>Olovo</b>	0.001	0.010	0.05	0.05	0.015	0.075
<b>Živa</b>	<GD	<GD	0.0005	0.001	0.00005	0.0003
<b>Hrom</b>	0.00	0.00	0.05	0.05	0.001	0.03
<b>Nikl</b>	0.002	0.002	0.05	0.10	0.015	0.075
<b>Bakar</b>	0.005	0.02	0.05	1.00	0.015	0.075
<b>Cink</b>	0.01	0.05	1.0	5.0	0.065	0.8
<b>Barijum</b>	0.10	0.10	0.7	1.0	0.05	0.625
<b>Gvožđe</b>	0.05	0.10	0.3	1.0	-	-
<b>PAH</b>	<GD	0.0002	0.0002	0.001	-	-
<b>Fenoli</b>	0.0005	0.001	0.005	0.01	0.0002	2.0
<b>Nitrati</b>	10	20	25	50	-	-
<b>Nitriti</b>	<GD	0.003	0.005	0.02	-	-

**Tabela 17.** Koncentracije opasnih i štetnih materija u podzemnim vodama, u bušotinama unutar odlagališta, u junu i novembru 2011. godine (prema COWI, 2012): **As**-arsen; **Cu**-bakar; **Hg**-živa; **Cd**-kadmijum; **Mg**-magnezijum; **Ni**-nikal; **Pb**-olovo; **Zn**-cink; **Cr**-hrom; **V**-vanadijum; **PCB**-polihlorovani bifenili; **PAH**-poliaromatski ugljovodonici; **EC**-elektroprovodljivost.

Lokalitet Parametar (mg/l)	B275		B276		B277		B278	
	Jun	Nov	Jun	Nov	Jun	Nov	Jun	Nov
<b>As (mg/l)</b>	<0.001	<0.001	0.029	0.019	0.002	0.007	<0.001	0.01
<b>Cu (mg/l)</b>	0.0027	0.007	0.0037	0.007	0.057	0.005	<0.0025	0.006
<b>Hg (mg/l)</b>	0.00014	0.0004	0.00014	<0.0001	0.00011	<0.0001	0.00016	<0.0001
<b>Cd (mg/l)</b>	<0.00005	<0.0005	<0.00005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
<b>Mg (mg/l)</b>	0.045	0.016	0.02	0.033	0.025	0.016	0.0278	0.02
<b>Ni (mg/l)</b>	<0.001	0.0015	<0.001	0.0024	<0.001	0.001	<0.001	0.001
<b>Pb (mg/l)</b>	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
<b>Zn (mg/l)</b>	<0.0025	0.008	<0.0025	0.014	0.007	0.008	0.003	0.0099
<b>Cr (mg/l)</b>	0.011	<0.001	0.004	<0.001	0.0027	0.001	0.003	0.002
<b>V (mg/l)</b>	<0.001	0.0015	0.195	0.1	0.004	0.015	0.013	0.062
<b>PCB (mg/l)</b>	<0.000002	<0.000002	<0.000002	<0.000002	<0.000002	<0.000002	<0.000002	<0.000002
<b>PAH (mg/l)</b>	<0.000005	<0.000005	0.00046	<0.000005	0.00021	<0.000005	<0.000005	<0.000005
<b>Fluoridi (mg/l)</b>	<b>0.93</b>	<b>0.67</b>	<b>44</b>	<b>18.8</b>	<b>0.5</b>	<b>0.76</b>	<b>0.75</b>	<b>0.97</b>
<b>Cijanidi (mg/l)</b>	<b>0.011</b>	<0.001	<b>0.112</b>	<b>0.147</b>	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
<b>Hloridi (mg/l)</b>	3.51	3.51	<b>62.12</b>	<b>21.4</b>	5.6	4.5	5.95	4.56
<b>pH</b>	7.46	7.32	<b>9.39</b>	<b>9.59</b>	7.98	8.8	7.6	7.73
<b>EC (µS/cm)</b>	293	299	1447	781	310	272	378	363

**Tabela 18.** Koncentracije opasnih i štetnih materija (mg/l) u podzemnim vodama na području KAP-a: bazeni crvenog mulja (D<sub>1</sub>-D<sub>3</sub>), odlagalište čvrstog otpada (D<sub>4</sub>) i postojeći bunari (prema CDM, 2012 i COWI, 2012; modificirano).

Lokalitet (KAP) Parametri (mg/l)	D <sub>1</sub> bazen crvenog mulja	D <sub>2</sub> bazen crvenog mulja	D <sub>3</sub> bazen crvenog mulja	D <sub>4</sub> odlagalište čvrstog otpada	Postojeći bunari
Fluoridi	80.00	0.16	4.00	108.00	0.062-1.42
Cijanidi	0.0086	0.0028	0.0061	0.297	<0.001
PAH	0.00101	0.000285	<0.0000005	0.006042	<0.000005-0.00034
Arsen (As)	0.0127	<0.001	0.0032	0.0042	<0.001-0.031
Kadmijum (Cd)	<0.0005	<0.0005	<0.0005	0.0006	<0.0005
Olovo (Pb)	0.0030	0.0040	0.0016	0.0030	<0.001-0.022
Živa (Hg)	0.0012	0.0058	0.0064	0.0032	<0.0002-0.005
Hrom (Cr)	<0.001	0.0019	0.0028	0.0028	<0.001-0.0082
Nikl (Ni)	0.0138	0.0080	0.0079	0.019	0.0015-0.0088
Bakar (Cu)	0.0068	0.0017	0.0066	0.021	0.0033-0.0097
Cink (Zn)	0.0033	0.0047	0.0012	0.068	0.016-0.147
Fenoli	—	—	—	—	<0.0005-0.0023
Ukupni ugljovodonici	—	—	—	—	<0.00001-0.0040
Nitrati	—	—	—	—	1.64-8.71
Nitriti	—	—	—	—	<0.003-0.53

#### 4.2.4. Deponija Željezare Nikšić

I "divlja" deponija Željezare Nikšić predstavlja potencijalnog zagađivača Skadarskog jezera. Na nju se odlaže nemetalni tehnološki otpad, u količini od 102 000 t godišnje. Na staroj deponiji (D1) odloženo je 600 000 m<sup>3</sup> svih vrsta nesortiranog otpada, čime je njen kapacitet popunjen. Zato je otvorena druga (D2), 2006. godine; njen kapacitet je procijenjen na 825 000 m<sup>3</sup>. Tabela 19. prikazuje rezultate analize koncentracija polutanata tokom 2006./2007. i 2011. godine na površini obje deponije. Od 13 analiziranih parametara, 9 pokazuje, bar na jednoj od deponija, koncentracije više od MDK. Najviše odstupaju PCB (103 puta veće koncentracije od MDK), bakar (39 puta), PAH (25 puta), cink (15 puta) i kadmijum (preko 13 puta).

I u bušotinama do 10 m u staroj deponiji, 8 parametara prelazi MDK. U novoj deponiji do 10 m dubine, 5 parametara prelazi MDK, a preko 10 m, takav je samo jedan parametar (hrom) (CDM, 2012). To pokazuje da postoji sporiji proces penetracije procjedne vode u zemljište. U vrijeme kiša i topljenja snjegova dolazi do izvjesnog spiranja otpada u rijeku Gračanicu, koja je u vezi sa basenom Zete. Nije isključena mogućnost dospijevanja polutanata iz ovog izvora i do Skadarskog jezera.

**Tabela 19.** Koncentracija polutanata na površini deponije Željezare Nikšić u 2006./2007. i 2011. godini (prema CDM, 2012).

Parametar	2006/2007		2011				MDK (Sl. list, br. 18/97)
	D1 ( $\bar{x}$ )	D2 ( $\bar{x}$ )	D1 ( $\bar{x}$ )	D2 ( $\bar{x}$ )	min	max	
As (mg/kg)	12	12.9	7.6	14.5	5	28	20
Cu (mg/kg)	<b>325</b>	<b>149</b>	<b>135</b>	<b>1 323</b>	31	<b>3 903</b>	100
Zn (mg/kg)	<b>4 500</b>	<b>383</b>	<b>1 566</b>	<b>1 869</b>	267	<b>3 170</b>	300
Cr (mg/kg)	<b>283</b>	<b>192</b>	<b>186</b>	<b>300</b>	<b>124</b>	<b>394</b>	50
Co (mg/kg)	12.4	18	6.2	11.3	5.5	22.7	50
Ni (mg/kg)	<b>124</b>	<b>110</b>	<b>60</b>	<b>172</b>	23	<b>299</b>	50
Cd (mg/kg)	<b>27.5</b>	<b>7</b>	<b>10</b>	<b>11.3</b>	0.8	<b>22</b>	2
Pb (mg/kg)	<b>1 772</b>	<b>303</b>	<b>487</b>	<b>1 314</b>	51	<b>2 615</b>	50
Hg (mg/kg)	0.47	0.275	0.336	0.296	0.08	0.57	1.5
Cijanidi (mg/kg)	-	-	4.69	2.00	1.58	8.96	
$\Sigma$ PAH (mg/kg)	<b>2.39</b>	0.34	<b>6.15</b>	<b>4.22</b>	0.6	<b>14.9</b>	0.6
$\Sigma$ PCB (mg/kg)	<b>0.81</b>	<0.00	<b>0.188</b>	<b>1.49</b>	0.3	<b>5.38</b>	0.052
Ugljovodonici (mg/kg)	-	-	1.33	0.21	<0.01	3.1	

#### 4.2.5. Divlje deponije

U neposrednoj okolini Skadarskog jezera, na području opština Golubovci i Tuzi, postoji petnaestak divljih deponija, na koje se odlaže građevinski otpad, čvrsti komunalni otpad i takozvani "baštenski otpad", sa ukupnom količinom od 12 300 m<sup>3</sup>. U "baštenskom otpadu" često se nalazi i plastična, staklena i papirna ambalaža od toksičnih herbicida i pesticida, sa ostacima istih (tabela 20. i 21.). Iako inspekcije otklanjaju takve deponije, stanovništvo otvara nove, sa istom vrstom otpada.

Određene štetne, pa i opasne materije, mogu da, spiranjem tih deponija, dospiju u jezero. Ukupne godišnje količine takvog otpada nisu poznate, i vrlo se teško mogu procijeniti.

#### 4.2.6. Poljoprivredne površine

Plavljenje, spiranje ili navodnjavanje poljoprivrednih površina, najvažnijih rasutih izvora zagađenja, dovodi do unošenja fertilizatora, pesticida, herbicida, biostimulatora i drugih jedinjenja u vode, površinskim ili podzemnim tokovima.

U Zetskoj ravnici obrađuje se oko 9 000 ha zemljišta, odnosno oko 4 000 ha vinograda i voćnjaka (najvećim dijelom A.D. Plantaže) i oko 5 000 ha ostalih kultura. Ne postoje precizni podaci o količini upotrijebljenih mineralnih đubriva, ali procjenjujemo da je to oko 2 970 t godišnje. Poljoprivreda upotrijebi i oko 80 t godišnje herbicida, insekticida, fungicida i pesticida. Dobar dio navedenih hemikalija (od kojih su neke

otrovi III i IV kategorije), migrira u jezero. Ukupna plavljena površina poljoprivrednog zemljišta se procjenjuje na oko 5 000 ha, a količina upotrijebljene vode za navodnjavanje na oko 1 500 000 m<sup>3</sup> godišnje.

**Tabela 20.** Divlje deponije na području opštine Golubovci

<b>LOKACIJA</b>	<b>Vrsta otpada</b>	<b>Kapacitet odlagališta (m<sup>3</sup>)</b>
1. Ljajkovići – mjesto Tamnik	Građevinski otpad i šut, kabasti otpad, baštenski otpad, čvrsti komunalni otpad	190
2. Na obali Morače lokalni put Ljajkovići – Botun	Građevinski otpad i šut, čvrsti komunalni otpad, baštenski otpad, kabasti otpad, otpadne gume	1 100
3. Naselje Mitrovići – ušće rijeke Cijevne u rijeku Moraču	Građevinski otpad i šut, baštenski otpad, čvrsti komunalni otpad, kabasti otpad, otpadne gume	500
4. Lokacija sa lijeve strane putnog pravca Cijevna – kuće Rakića	Građevinski otpad i šut, baštenski otpad, staklo, čvrsti komunalni otpad, otpadni materijal od plastike, otpadne gume, kabasti otpad	2 000
5. Naselje Golubovci – mjesto Daljevac	Građevinski otpad i šut, čvrsti komunalni otpad, baštenski otpad, kabasti otpad	170
6. Naselje Balabani – Marmulja	Građevinski otpad i šut, čvrsti komunalni otpad, baštenski otpad, kabasti otpad	210
7. Korovića murva	Građevinski otpad i šut, čvrsti komunalni otpad, baštenski otpad, kabasti otpad	230
8. Naselje Mataguži – lokacija u mjestu Stari Viganj	Građevinski otpad i šut, čvrsti komunalni otpad	500
9. Naselje Vukovci – pored Vukovačkog mosta na rijeci Morači	Građevinski otpad i šut, čvrsti komunalni otpad	1200
<b>Ukupno</b>		<b>6 100 m<sup>3</sup></b>

**Tabela 21.** Divlje deponije na području opštine Tuzi

<b>LOKACIJA</b>	<b>Vrsta otpada</b>	<b>Kapacitet odlagališta (m<sup>3</sup>)</b>
1. GO Tuzi, naselje Šipčanik, u blizini vinograda	Zemljani iskopi, šut, komunalni otpad, granje (homogenizovano)	1100
2. GO Tuzi, naselje Šipčanik, kod starog bunara	Šut, zemljani iskopi, komunalni otpad	250
3. GO Tuzi, naselje Elezovići, u blizini vinograda	Šut, komunalni otpad, dio otpada je zarastao biljkama	750
4. GO Tuzi, put Tuzi-Dinoša u blizini mosta	Zemljani iskopi, šut, komunalni otpad, granje-homogenizovano	3 000
5. GO Tuzi, put Tuzi-Dinoša ispred privatnih kuća	Zemljani iskopi i šut, velika količina tige	500
6. GO Tuzi, put Tuzi-Dinoša preko puta auto servisa	U dužini od oko 200m zemljani iskopi i šut	500
7. GO Tuzi, naselje Sukuruć, kod crpne pumpe	Šut, komunalni otpad, zemljani iskop, malo baštenskog otpada	100
<b>Ukupno</b>		<b>6 200 m<sup>3</sup></b>

#### **4.2.7. Ostali rasuti izvori zagađenja**

Izduvni gasovi vozila, spiranje saobraćajnica, septičke jame i atmosferska kanalizacija mogu da budu značajni izvori zagađenja voda. U ovom trenutku ne raspolažemo preciznim podacima o tim izvorima zagađenja u okolini Skadarskog jezera, ali bi trebalo da oni nađu svoje mjesto u budućim planovima upravljanja.

## 5. ZAGAĐENJE VODE I SEDIMENTA SKADARSKOG JEZERA

### 5.1. Opšte fizičko–hemijske odlike vode

U ovom poglavlju razmatrani su podaci dobijeni na osnovu rezultata ISML (2001), Rakočević (2006; 2012), Royal Haskoning (2006), Šundić (2007), HMZ (2010) i Šundić & Radujković (2012).

Tokom 2001., 2005. i 2010., pored osnovnih, praćeni su i neki parametri koji se odnose samo na hemizam površinskih voda.

U decembru 2001. godine temperatura vode u Skadarskom jeziku se kretala od 6°C na Plavnici do 8.9°C na desnom ušću Morače (tabela 25.). Providnost jezerske vode u tom periodu se kretala od 1.5 m do 2.6 m. Vrijednost pH (7.9 – 8.25) je bila u dozvoljenim granicama za vodu A<sub>2</sub>CK<sub>2</sub> klase. Koncentracija kiseonika je bila najniža na desnom ušću rijeke Morače (8.1 mg/l), a najveća u Virpazaru (11.5 mg/l). Minimalna saturacija je zabilježena na desnom ušću Morače (85%), dok su na lokalitetima Plavnica i Virpazar zabilježene vrijednosti od 147%, odnosno 145%, što je povećano u odnosu na maksimalno dozvoljene vrijednosti. Elektroprovodljivost se kretala od 240 do 364 μS/cm. Koncentracija ukupnog azota je u Virpazaru iznosila 0.7 mg/l, dok je na ostalim lokalitetima bila manja od 0.5 mg/l. Koncentracija ukupnog fosfora je na svim istraživanim lokalitetima bila manja od 0.05 mg/l (tabela 25.).

U periodu 2003.–2004. godine zapažaju se razlike u temperaturi vode Skadarskog jezera u zavisnosti od perioda mjerenja. Minimalna temperatura vode je zabilježena u decembru (4.4°C), a maksimalna u julu (30.1°C). Najveća prosječna temperatura vode je izmjerena u junu (28.7°C), a najniža u decembru (6.48°C), pri čemu je prosječna temperatura za zimski period iznosila 8°C, a za ljetnji 24.5°C (tabela 22.).

U avgustu je zabilježena minimalna vrijednost providnosti od 0.6 m, a u maju maksimalna vrijednost od 4 m. Prosječne vrijednosti ovog parametra su bile najveće u zimskim mjesecima novembar (2.7 m) i decembar (2.87 m). U zimskom periodu godine je gustina fitoplanktona mala (Rakočević, 2006), što utiče na povećanu providnost. Prosječna providnost tokom ljetnjih mjeseci je tokom 80-tih godina je iznosila 2.5 m (Beeton, 1981b), što je znatno veće u odnosu na ljetnji prosjek u 2003. godini (0.8 m) (tabela 22.).

Minimalne vrijednosti pH su se kretale od 7.6 (maj, avgust, oktobar) do 8.0 (decembar), a maksimalne od 8.2 (april) do 8.9 (avgust). Srednja vrijednost pH se kretala od 7.9 (februar) do 8.4 (decembar).

U Skadarskom jezeru je tokom 2003.-2004. konstatovana visoka koncentracija rastvorenog kiseonika. Minimalne koncentracije kiseonika kretale su se od 5.7 mg/l (avgust) do 10.39 mg/l (mart), a maksimalne od 9.08 mg/l (septembar) do čak 14 mg/l (mart). Prosječne vrijednosti ovog parametra u istraživanom periodu su se kretale od 8.19 mg/l (septembar) do 11.69 mg/l (mart).

Saturacija vode kiseonikom se kretala od 67% do 162%. Koncentracija kiseonika i zasićenje vode kiseonikom bili su najveći u hladnom periodu godine (Rakočević, 2006).

Minimalne vrijednosti elektroprovodljivosti su se kretale od 179 do 255 μS/cm, a maksimalne od 285 do 404 μS/cm. Prosječne vrijednosti ovog parametre su bile najniže u avgustu (238 μS/cm), a najveće u decembru (298 μS/cm).

**Tabela 22.** Opšte fizičko-hemijske karakteristike vode Skadarskog jezera u periodu 2003.–2004. (prema Rakočević, 2006; 2012) (**t**–temperatura vode; **Secchi**–providnost; **EC**–elektroprovodljivost; **TN**–ukupni azot; **TP**–ukupni fosfor).

	2003									2004		
		Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	Feb	Mar	Apr
<b>t (°C)</b>	$\bar{X}$	23.97	28.70	28.46	28.60	20.41	13.55	11.23	6.48	8.10	13.80	15.49
	<b>min</b>	22.00	24.90	23.90	25.40	17.80	12.00	9.90	4.40	7.30	11.60	14.00
	<b>max</b>	25.60	29.90	30.10	28.80	21.90	14.80	12.30	10.80	8.60	15.30	17.00
<b>Secchi (m)</b>	$\bar{X}$	2.37	1.67	1.34	1.23	1.72	2.10	2.70	2.87	2.13	2.73	2.46
	<b>min</b>	1.00	1.00	0.80	0.60	0.80	1.20	2.00	2.00	1.20	2.00	1.90
	<b>max</b>	4.00	2.80	2.50	2.20	3.50	3.50	3.50	3.50	3.00	3.50	3.50
<b>pH</b>	$\bar{X}$	8.2	8.1	8.2	8.3	8.1	8.0	8.00	8.4	7.9	8.3	8.2
	<b>min</b>	7.6	7.7	7.8	7.6	7.8	7.6	7.7	8.0	7.8	7.9	7.8
	<b>max</b>	8.4	8.4	8.4	8.9	8.3	8.4	8.3	8.7	8.0	8.6	8.2
<b>O<sub>2</sub> (mg/l)</b>	$\bar{X}$	9.26	9.29	8.83	8.76	8.19	9.80	10.27	10.93	9.57	11.69	10.88
	<b>min</b>	7.30	7.60	5.80	5.70	6.99	8.50	8.60	10.00	9.00	10.39	10.00
	<b>max</b>	9.93	11.90	11.00	11.70	9.08	11.40	11.50	11.60	11.00	14.00	12.00
<b>EC (µS/cm)</b>	$\bar{X}$	249	260	251	238	257	263	288	298	258	248	250
	<b>min</b>	210	199	199	191	207	197	254	255	179	238	206
	<b>max</b>	365	378	404	415	371	310	366	303	333	285	310
<b>TN (mg/l)</b>	$\bar{X}$	0.18	0.66	0.62	0.48	0.36	0.18	0.28	0.15	0.15	0.16	0.16
	<b>min</b>	0.15	0.16	0.16	0.15	0.15	0.15	0.20	0.15	0.15	0.15	0.15
	<b>max</b>	0.34	1.32	1.10	0.85	0.70	0.33	0.60	0.15	0.15	0.20	0.20
<b>TP (mg/l)</b>	$\bar{X}$	0.012	0.026	0.025	0.019	0.012	0.010	0.005	0.005	0.005	0.005	0.010
	<b>min</b>	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
	<b>max</b>	0.040	0.060	0.041	0.035	0.024	0.018	0.008	0.006	0.005	0.005	0.032

Koncentracija ukupnog azota se kretala od 0.15 do 1.32 mg/l (tabela 22.). Prosječne vrijednosti ovog parametra su bile najveće u junu – 0.66 mg/l. Prosječna godišnja koncentracija azota je, u istraživanom periodu, iznosila 0.40 mg/l (Rakočević, 2006), što je duplo više u odnosu na koncentraciju iz 80-tih godina, kada je iznosila 0.20 mg/l (Beeton, 1981).

Koncentracija ukupnog fosfora se kretala od 0.005 do 0.06 mg/l (tabela 22.). Srednja godišnja koncentracija je iznosila 0.012 mg/l (12 µg/l), što po OECD kriterijumima (OECD, 1982) svrstava Skadarsko jezero u mezotrofna jezera (Rakočević, 2006; 2012).

Vrijednosti fizičko–hemijskih parametara praćenih tokom tokom 2004. godine dati su u tabeli 23. Svi ovi parametri su se kretali u dozvoljenim granicama za vodu II kategorije odnosno A<sub>2</sub>CK<sub>2</sub> klase, kako je definisana voda Skadarskog jezera prema Uredbi o klasifikaciji i kategorizaciji površinskih i podzemnih voda (Sl. list br. 2/07 od 29.10. 2007.) (Šundić, 2007; Šundić & Radujković, 2012).

Tokom istraživanog perioda maksimalna temperatura vode od 30.5°C je zabilježena u junu, na Plavnici (Sj<sub>6</sub>), a minimalna u oktobru na lokalitetu desno ušće Morače (Sj<sub>3</sub>) i iznosila je 13.3°C. Temperatura se u junu kretala od 29.1°C na lokalitetu



Sj<sub>3</sub> do 30.5°C na lokalitetu Sj<sub>6</sub>. Tokom avgusta minimalna temperatura je zabilježena na lokalitetu Sj<sub>3</sub> (25.4°C), a maksimalna od 28.6°C, na lokalitetu Raduš (Sj<sub>12</sub>). U oktobru 2004. godine temperatura se kretala od 13.3°C, na lokalitetu Sj<sub>3</sub>, do 19.7°C, na lokalitetu Sj<sub>6</sub>.

**Tabela 23.** Opšte fizičko-hemijske karakteristike vode Skadarskog jezera u periodu 2004.–2005. (prema Šundić, 2007; Šundić & Radujković, 2012) (Sj<sub>2</sub>–Kamenik; Sj<sub>3</sub>–Vranjina (desno ušće Morače); Sj<sub>5</sub>–sredina jezera; Sj<sub>6</sub>–Plavnica; Sj<sub>12</sub>–Raduš; t–temperatura vode; Secchi–providnost; EC–elektroprovodljivost; RP–redoks potencijal; TN–ukupni azot; TP–ukupni

	2004						2005				
		Sj <sub>2</sub>	Sj <sub>3</sub>	Sj <sub>5</sub>	Sj <sub>6</sub>	Sj <sub>12</sub>	Sj <sub>2</sub>	Sj <sub>3</sub>	Sj <sub>5</sub>	Sj <sub>6</sub>	Sj <sub>12</sub>
t (°C)	jun	29.8	29.1	29.3	30.5	29.6	24.9	19.7	25.9	26.0	26.2
	avg	28.0	25.4	27.9	27.1	28.6	27.4	27.0	26.9	26.8	27.8
	okt	16.0	13.3	18.5	19.7	16.9	16.8	15.8	19.0	19.4	18.3
Secchi (m)	jun	3.0	3.0	3.0	2.0	3.0	2.6	0.9	1.4	1.0	2.0
	avg	0.9	1.5	0.9	1.0	1.2	2.0	2.4	1.1	1.5	1.2
	okt	1.8	3.0	1.8	1.6	2.5	2.0	2.2	1.6	1.6	2.0
pH	jun	8.45	8.55	8.63	8.37	8.64	8.47	8.64	8.79	8.33	8.75
	avg	8.6	8.08	8.60	7.62	8.79	8.28	8.54	8.72	8.36	8.55
	okt	8.44	8.47	8.95	8.55	8.68	7.94	8.17	8.68	8.24	8.62
O <sub>2</sub> (mg/l)	jun	7.55	8.20	9.02	8.35	8.91	8.00	9.02	9.00	6.92	8.60
	avg	9.88	10.05	9.62	8.05	10.50	8.05	9.54	7.95	7.80	8.65
	okt	9.91	10.10	11.20	8.66	11.15	10.14	10.00	11.62	8.35	10.50
O <sub>2</sub> (%)	jun	97.0	88.0	118.0	111.0	116.0	95.0	99.3	101.0	86.3	103.0
	avg	121.2	113.5	117.5	71.5	133.2	96.9	102.4	99.0	96.0	97.5
	okt	102.9	95.9	117.6	93.6	116.0	106.5	97.8	124.4	92.2	110.1
EC (μS/cm)	jun	265	236	229	235	224	257	263	243	251	238
	avg	232	299	206	229	155	270	269	259	205	229
	okt	269	267	229	229	259	277	283	228	244	236
RP (mV)	jun	-87	-92	-96	-83	-97	-68	-76	-86	-62	-83
	avg	-104	-72	-107	-44	-116	-60	-74	-82	-64	-73
	okt	-60	-61	-87	-64	-80	-51	-63	-95	-70	-92
TP (mg/l)	jun	-	-	-	-	-	0.016	0.015	0.010	0.022	0.010
	avg	-	-	-	-	-	0.019	0.030	0.016	0.011	0.021
	okt	-	-	-	-	-	0.010	0.010	0.010	0.220	0.010
TN (mg/l)	jun	-	-	-	-	-	0.500	0.420	0.650	0.600	0.690
	avg	-	-	-	-	-	0.720	0.600	0.420	0.400	0.200
	okt	-	-	-	-	-	0.500	0.200	0.200	0.200	0.300

Providnost se kretala od 0.9 m u avgustu na lokalitetima sredina jezera (Sj<sub>5</sub>) i Kamenik (Sj<sub>2</sub>), pa do 3 m u junu na lokalitetima Sj<sub>12</sub>, Sj<sub>5</sub>, Sj<sub>2</sub> i Sj<sub>3</sub>, i u oktobru na lokalitetu Sj<sub>3</sub>.

Tokom 2004. godine, voda istraživanih lokaliteta pokazivala je blago baznu reakciju. Vrijednost pH se kretala od 7.62 na lokalitetu Sj<sub>6</sub> u avgustu, do 8.95 na lokalitetu Sj<sub>5</sub> u oktobru.

Minimalna vrijednost redoks potencijala zabilježena je na lokalitetu Sj<sub>12</sub> u avgustu i iznosila je -116 mV, a maksimalna na lokalitetu Sj<sub>6</sub> u istom mjesecu iznosila je -44 mV.

Koncentracija rastvorenog kiseonika u vodi se kretala od minimalnih 7.55 mg/l na lokalitetu Sj<sub>2</sub> u junu mjesecu, pa do maksimalnih 11.20 mg/l na lokalitetu Sj<sub>5</sub> u oktobru.

Zasićenost kiseonikom je bila najmanja u avgustu, na lokalitetu Sj<sub>6</sub> i iznosila je 71.5%, a najveća u istom mjesecu na lokalitetu Sj<sub>12</sub> i iznosila je 133.2 %.

Elektroprovodljivost vode na istraživanim lokalitetima tokom 2004. godine, se kretala od 155  $\mu$ S/cm na lokalitetu Sj<sub>12</sub> u avgustu, do 299  $\mu$ S/cm u istom mjesecu na lokalitetu Sj<sub>6</sub>.

Vrijednost osnovnih fizičko-hemijskih parametara u vodi Skadarskog jezera za 2005. godinu, je, takođe, prikazana u tabeli 23. Svi parametri, sem saturacije na jednom i pH na nekoliko istraživanih lokaliteta, su bili u dozvoljenim granicama.

U junu se temperatura kretala od 19.7°C, na lokalitetu Sj<sub>3</sub>, pa do 26.2°C, na lokalitetu Sj<sub>12</sub>. Variranja temperature u avgustu mjesecu nisu velika, od 26.8°C na lokalitetu Sj<sub>6</sub>, do 27.8°C na lokalitetu Sj<sub>12</sub>. Tokom oktobra, temperatura se kretala u granicama od 15.8°C na lokalitetu Sj<sub>3</sub> do 19.4°C na lokalitetu Sj<sub>6</sub>.

Maksimalna providnost je zabilježena je na lokalitetu Sj<sub>2</sub> u junu (2.6 m), a najmanja od 0.9 m u istom mjesecu na lokalitetu Sj<sub>3</sub>.

Maksimalna vrijednost pH od 8.79 je zabilježena na lokalitetu Sj<sub>5</sub> u junu mjesecu, a minimalna od 7.94 na lokalitetu Sj<sub>2</sub> u oktobru, što ukazuje da je tokom 2005. godine voda Skadarskog jezera na istraživanim lokalitetima pokazivala bazičnu reakciju. Treba napomenuti da je pH vrijednost na pozicijama Sj<sub>12</sub> (u junu i oktobru), Sj<sub>5</sub> (u junu, avgustu i oktobru) i Sj<sub>3</sub> (u junu) blago povećana u odnosu na maksimalno dozvoljenu vrijednost od 8.5 za vode A<sub>2</sub>CK<sub>2</sub> klase, koja je propisana Uredbom o kategorizaciji voda Crne Gore.

Minimalna vrijednost redoks potencijala zabilježena je na lokalitetu Sj<sub>5</sub> u oktobru (-95 mV), a maksimalna vrijednost od -51mV na lokalitetu Sj<sub>2</sub> u oktobru.

Koncentracija rastvorenog kiseonika u vodi kretala se od 6.92 mg/l na lokalitetu Sj<sub>6</sub> u junu, pa do 11.62 mg/l na lokalitetu Sj<sub>5</sub> u oktobru.

Maksimalna zasićenost kiseonikom je zabilježena na lokalitetu Sj<sub>5</sub> u oktobru i iznosila je 124.4%, što je blago povećano u odnosu na MDK za ovaj parametar, a minimalna na lokalitetu Sj<sub>6</sub> u oktobru i iznosila je 92.2%.

Elektroprovodljivost vode se kretala od 205  $\mu$ S/cm, na poziciji Sj<sub>6</sub>, u avgustu, do 283  $\mu$ S/cm, na poziciji Sj<sub>3</sub> u oktobru.

Koncentracija nitrata tokom juna mjeseca kretala se od 0.42 mg/l na lokalitetu Sj<sub>3</sub>, pa do 0.69 mg/l na lokalitetu Sj<sub>12</sub>. U avgustu, maksimalna koncentracija ovog parametra je zabilježena na lokalitetu Sj<sub>2</sub> (0.72 mg/l), a minimalna na lokalitetu Sj<sub>12</sub> (0.20 mg/l). U oktobru je izmjerena maksimalna koncentracija nitrata od 0.50 mg/l na lokalitetu Sj<sub>2</sub>, dok minimalna koncentracija iznosi 0.20 mg/l, na lokalitetima Sj<sub>5</sub> i Sj<sub>6</sub>.

U junu mjesecu maksimalna koncentracija fosfata zabilježena je na lokalitetu Sj<sub>6</sub> i iznosila je 0.022 mg/l, a minimalna na lokalitetima Sj<sub>12</sub> i Sj<sub>5</sub> i iznosila je 0.01 mg/l. U

avgustu, koncentracija fosfata se kretala od 0.011 mg/l na lokalitetu Sj<sub>6</sub> do 0.03 mg/l, na lokalitetu Sj<sub>3</sub>. U oktobru je na lokalitetu Sj<sub>6</sub> zabilježena koncentracija fosfata od 0.22 mg/l, dok je na ostala četiri lokaliteta bila 0.01 mg/l.

I prema podacima CETI-ja iz 2005. godine (Royal Haskoning, 2006), zapaža se da su se osnovni fizičko-hemijski parametri u vodi kretali u dozvoljenim granicama za vodu II klase, kako je, prema Uredbi o klasifikaciji i kategorizaciji voda, definisana voda Skadarskog jezera (tabela 24. i tabela 26.).

**Tabela 24.** Maksimalno dozvoljene koncentracije (MDK) za fizičko-hemijske karakteristike prirodnih voda A<sub>1</sub> i A<sub>2</sub> klase ("Službeni list Crne Gore", br. 2/07 od 29.10.2007.).

Parametar	Jedinica mjere	MDK u vodi	
		A <sub>1</sub> klasa	A <sub>2</sub> klasa
Temperatura vode	°C	9-12	30
Mutnoća	NTU	5	5
Elektroprovodljivost	μS/cm	400	600
Suspendovane materije	mg/l	<10	20
pH	-	6.8-8.5	6.5-8.5
Nitrati	mg/l	20	25
Nitriti	mg/l	0.003	0.005
Fluoridi	mg/l	1	1.5
Rastvoreno gvožđe	mg/l	0.1	0.3
Mangan	mg/l	0.005	0.01
Bakar	mg/l	0.02	0.05
Cink	mg/l	0.05	1
Bor	mg/l	1	1
Berilijum	mg/l	0.001	0.005
Kobalt	mg/l	0.001	0.010
Nikal	mg/l	0.002	0.050
Arsen	mg/l	0.010	0.050
Kadmijum	mg/l	0.001	0.005
Ukupni hrom	mg/l	0.000	0.05
Olovo	mg/l	0.010	0.05
Živa	mg/l	< od GD*	0.0005
Barijum	mg/l	0.1	0.7
Cijanidi	mg/l	0.001	0.005
Sulfati	mg/l	20	50
Hloridi	mg/l	20	40
Fosfati	mg/l	0.02	0.05
Fenoli	mg/l	0.001	0.005
Ukupna mineralna ulja	mg/l	0.01	0.05
PAHs	mg/l	0.0002	0.0002
Ukupni pesticidi	mg/l	< od GD*	0.001
HPK	mg/l	2	4
Saturacija O <sub>2</sub>	%	80-110	80-120
BPK <sub>5</sub>	mg/l	3	4
Amonijum jon	mg/l	0.02	0.05
TOC	mg/l	1	2
Ukupni koliformi 37°C	ind/1ml	10	500
Fekalni koliformi	ind/100ml	20	2000
Fekalne streptokoke	ind/100ml	20	1000

U proljeće, tokom 2005. godine, temperatura jezerske vode se kretala od 13.2°C na Karuču do 23.2°C na lokalitetu Biševina. Na istom lokalitetu je pH vrijednost bila najniža (7.63), dok je na Kameniku zabilježena najveća pH vrijednost (8.25). Koncentracija kiseonika se kretala od 8.46 do 10.02 mg/l, a saturacija od 79.8% do 115.4%. Elektroprovodljivost je, takođe, bila u dozvoljenim granicama i kretala se od 225 do 240  $\mu$ S/cm. Biološka potrošnja kiseonika, koja se kretala od 1.22 do 3.57 mg/l i hemijska potrošnja kiseonika koja se kretala od 0 do 3.2 mg/l, su bile u dozvoljenim granicama, budući da je MDK za vodu II kategorije 4 mg/l.

U tabeli 27. su date vrijednosti fizičko-hemijskih karakteristika vode tokom januara 2010. godine. Temperatura vode se kretala od 5.5°C (Plavnica) do 7.5°C (sredina jezera). Vrijednost pH je bila ujednačena na gotovo svim lokalitetima i kretala se od 8.0 do 8.2. Prema ovim podacima, koncentracija kiseonika je bila povećana u istraživanom periodu i kretala se od 12.7 mg/l na Plavnici do 14.5 mg/l na Starčevoj Gorici. Elektroprovodljivost se kretala od 253  $\mu$ S/cm (sredina jezera) do 308  $\mu$ S/cm (desno ušće Morače). Biološka potrošnja kiseonika, koja se kretala od 1.5 do 3.2 mg/l i hemijska potrošnja kiseonika koja se kretala od 1.1 do 2.9 mg/l, su bile u dozvoljenim granicama.

## 5.2. Hemizam vode

Pored osnovnih fizičko-hemijskih parametara (tabela 22. i tabela 23.) u vodi Skadarskog jezera, tokom 2001., 2005 i 2010., praćen je i hemizam vode, odnosno koncentracije teških metala, nitrata, nitrita, amonijum jona, hlorida, cijanida, fosfata, pesticida, deterdženata, poliaromatskih ugljovodonika i polihlorovanih bifenila. Za 2010. godinu postoje i podaci o sadržaju fekalnih i koli bakterija.

U 2001. godini svi hemijski parametri u vodi su se kretali u dozvoljenim granicama. Koncentracija nitrita je bila manja od 0.005 mg/l, nitrata od 0.1 mg/l, a amonijum jona od 0.01 mg/l (tabela 25). Koncentracija hlorida je bila najniža na desnom ušću Morače (3 mg/l), a najveća u Vučkom Blatu – 6.8 mg/l. Koncentracija cijanida je na svim pozicijama bila manja od 0.02 mg/l, a fenola od 0.1 mg/l. Koncentracija aluminijuma u vodi se kretala od 0.034 mg/l (Plavnica) do 0.063 mg/l (desno ušće Morače). Koncentracija kalcijuma se kretala od 47.5 do 67.5 mg/l. Koncentracije bakra, kadmijuma, cinka nisu prelazile maksimalno dozvoljene koncentracije ni na jednom od istraživanih lokaliteta.

Ni tokom 2005. godine hemijski parametri u vodi nisu odstupali od maksimalno dozvoljenih koncentracija za vodu II kategorije propisanih Uredbom. Koncentracija nitrita je bila manja od 0.005 mg/l, koliko je MDK za ovaj parametar. Koncentracija nitrata se kretala od 2.9 mg/l na Kameniku do 4.1 mg/l na Karuču. Koncentracija amonijum jona se kretala od 0.034 mg/l do 0.087 mg/l. Koncentracija hlorida je bila ujednačena na svim lokalitetima (4.1 – 4.59 mg/l) i bila je za oko deset puta niža od MDK (Tabela 24.).

**Tabela 25.** Fizičko-hemijske karakteristike vode Skadarskog jezera tokom decembra 2001. godine (prema IMSL, 2001; modifikovano) (**t**-temperatura vode; **Secci**-providnost; **EC**-elektroprovodljivost; **TP**-ukupni fosfor; **TN**-ukupni azot; **NO<sub>2</sub>-N**-nitriti; **NO<sub>3</sub>-N**-nitrati; **NH<sub>4</sub><sup>+</sup>**-amonijum jon; **Cl<sup>-</sup>**-hloridi; **CN**-cijanidi; **Al**-aluminijum; **Ca**-kalcijum; **Cu**-bakar; **Si**-silicijum; **K**-kalijum; **Cd**-kadmijum; **Zn**-cink).

	2001				
	Desno ušće Morače	Raduš	Vučko blato	Plavnica	Virpazar
<b>t (°C)</b>	8.9	9	7.8	6	8.7
<b>Secci (m)</b>	2	1.5	2.6	1.5	2
<b>pH</b>	8.1	8.2	8.2	7.9	8.25
<b>O<sub>2</sub> (mg/l)</b>	8.1	9.2	11.1	11.2	11.5
<b>O<sub>2</sub> (%)</b>	85	90	110	147	145
<b>EC (μS/cm)</b>	263	265	270	240	364
<b>TN (mg/l)</b>	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.7
<b>TP (mg/l)</b>	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
<b>NO<sub>2</sub>-N (mg/l)</b>	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
<b>NO<sub>3</sub>-N (mg/l)</b>	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (mg/l)</b>	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
<b>Cl<sup>-</sup> (mg/l)</b>	3	4.3	6.8	3.4	6
<b>CN (mg/l)</b>	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
<b>Fenoli (mg/l)</b>	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
<b>Al (mg/l)</b>	0.063	0.048	0.052	0.034	0.035
<b>Ca (mg/l)</b>	67.5	56.5	47.5	54	75
<b>Cu (mg/l)</b>	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
<b>Si (mg/l)</b>	1.1	1.1	1.1	1.98	1.65
<b>K (mg/l)</b>	<5	<5	<5	<5	<5
<b>Cd (mg/l)</b>	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025
<b>Zn (mg/l)</b>	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2

Koncentracije teških metala su se kretale u dozvoljenim granicama i nisu prelazile MDK. Koncentracija žive je prilično neodređena, budući da je na svim lokalitetima konstatovano da je manja od 0.002 mg/l, a MDK za ovaj metal je 0.0005 mg/l (tabela 24.). Imamo sličnu situaciju i sa mjerenjima deterđženata i pesticida, kao i nekih drugih parametara za koje su date neodređene vrijednosti (tabela 26.). Koncentracija ukupnog ugljenika u vodi je bila najniža na lokalitetu Biševina – 0.9 mg/l, a najveća – 2.8 mg/l na lokalitetu Kamenik, na kome je prešla MDK od 2 mg/l.

**Tabela 26.** Fizičko-hemijske karakteristike vode Skadarskog jezera u proljećnoj sezoni u 2005. (prema CETI 2005; Royal Haskoning, 2006) (**t**-temperatura vode; **EC**-elektroprovodljivost; **BPK<sub>5</sub>**-biološka potrošnja kiseonika; **HPK**-hemijska potrošnja kiseonika; **NO<sub>2</sub>-N**-nitriti; **NO<sub>3</sub>-N**-nitrati; **NH<sub>4</sub><sup>+</sup>**-amonijum jon; **Cl**-hloridi; **CN**-cijanidi; **SO<sub>4</sub>**-sulfati; **PO<sub>4</sub>**-fosfati; **F**-fluoridi; **Na**-natrijum; **K**-kalijum; **Ca**-kalcijum; **Mg**-magnezijum; **As**-arsen; **Cu**-bakar; **B**-bor; **Zn**-cink, **Pb**-olovo; **Cr**-hrom; **F**-gvožđe; **Mn**-mangan, **Cd**-kadmijum; **Hg**-živa; **Mo**-molibden; **Ba**-barijum; **Ni**-nikal; **Se**-selen; **PAH**-poliaromatski ugljovodonici; **PCB**-polihlorovani bifenili; **TOC**-ukupni organski ugljenik.

Lokalitet Parametar	2005			
	Desno ušće Morače	Karuč	Biševina	Kamenik
t (°C)	20.5	13.2	23.2	21.9
pH	7.83	7.78	7.63	8.25
O <sub>2</sub> (mg/l)	9.64	8.46	10.02	9.42
O <sub>2</sub> (%)	105.1	79.8	115.4	106.7
EC (µS/cm)	239	225	240	237
BPK <sub>5</sub> (mg/l)	3.57	1.22	1.71	2.29
HPK (mg/l)	1.6	0	3.2	0.8
NO <sub>2</sub> -N (mg/l)	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	3.4	4.1	3.3	2.9
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	0.05	0.087	0.034	0.076
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	4.1	4.24	4.59	4.10
CN <sup>-</sup> (mg/l)	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	6.31	8.22	6.95	13.29
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Fenoli (mg/l)	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
F <sup>-</sup> (mg/l)	0.031	0.004	0.05	0.03

Lokalitet Parametar	2005			
	Desno ušće Morače	Karuč	Biševina	Kamenik
Na (mg/l)	1.40	1.63	1.90	2.51
K (mg/l)	0.34	0.27	0.2	0.197
Ca (mg/l)	38.88	37.81	36.8	37.7
Mg (mg/l)	4.28	4.98	8.32	8.77
As (mg/l)	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cu (mg/l)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
B (mg/l)	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Zn (mg/l)	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Pb (mg/l)	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cr (mg/l)	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Fe (mg/l)	0.07	0.07	0.07	0.06
Mn (mg/l)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Cd (mg/l)	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Hg (mg/l)	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Mo (mg/l)	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Ba (mg/l)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Ni (mg/l)	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Se (mg/l)	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Deterdženti (mg/l)	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Pesticidi (µg/l)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
PAH (µg/l)	<0.1	0.03	<0.01	<0.01
PCB (µg/l)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
TOC (mg/l)	1.03	1.9	0.9	2.8

U 2010. godini, hemizam vode Skadarskog jezera je, takođe, bio u skladu sa propisanim karakteristikama za površinske vode A<sub>2</sub> klase. Koncentracija nitrata, nitrita, hlorida, sulfata je bila znatno niža u odnosu na MDK (tabela 27. i tabela 24.). Koncentracija fenola i deterdženata je, na gotovo svim lokalitetima, bila manja od 0.001 mg/l. Količina ukupnih fekalnih koliforma se kretala od 1 individue do 231 individue na 100 ml vode, što je znatno manje u odnosu na MDK (2 000 ind/100 ml). Količina koli bakterija se kretala od 7 ind/100 ml na lokalitetu sredina jezera, pa do 1 420 ind/100 ml na lokalitetu desno ušće Morače. Ova vrijednost je za oko 3 puta veća u odnosu na MDK za navedeni parametar (tabela 24.).

**Tabela 27.** Fizičko-hemijskih karakteristika vode Skadarskog jezera u januaru 2010. godine (prema HMZ, 2010) (**Sj<sub>3</sub>**–Vranjina; **Vir**–Virpazar; **Sj<sub>6</sub>**–Plavnica; **Sj<sub>2</sub>**–Kamenik; **Sj<sub>5</sub>**–Sredina jezera; **SG**–Starčeva Gorica; **ŽC**–Žabljak Crnojevića; **t**–temperatura vode; **EC**–elektroprovodljivost; **BPK<sub>5</sub>**–biološka potrošnja kiseonika; **HPK**–hemijska potrošnja kiseonika; **NO<sub>2</sub>-N**–nitriti; **NO<sub>3</sub>-N**–nitrati; **NH<sub>4</sub><sup>+</sup>**–amonijum jon; **Cl<sup>-</sup>**–hloridi; **SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>**–sulfati; **PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>**–fosfati; **Na**–natrijum; **K**–kalijum; **Ca**–kalcijum; **Mg**–magnezijum; **Fe**–gvožđe.

Lokalitet Parametar	2010						
	Sj <sub>3</sub>	Vir	Sj <sub>6</sub>	Sj <sub>2</sub>	Sj <sub>5</sub>	SG	ŽC
t (°C)	6.5	6.2	5.5	6.7	7.5	6.8	6.2
pH	8.0	8.0	8.0	8.0	8.2	8.1	8.0
O <sub>2</sub> (mg/l)	14.1	12.9	12.7	13.7	14.5	14.5	14.0
O <sub>2</sub> (%)	115	104	101	114	121	119	113
EC (µS/cm)	308	294	282	271	253	276	277
BPK <sub>5</sub> (mg/l)	2.1	2.5	2.7	2.4	1.5	2.9	3.2
HPK (mg/l)	1.1	1.6	2.9	2.0	1.2	2.0	2.5
NO <sub>2</sub> -N (mg/l)	0.004	0.008	0.006	0.003	0.003	0.002	0.004
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	1.25	<0.01	0.29	<0.01	0.17	0.14	<0.01
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	0.10	0.09	0.19	0.09	0.08	0.02	0.08
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	5.3	5.4	6.9	5.5	7.2	5.6	4.1
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	12.9	7.0	7.6	5.5	6.5	5.9	6.9
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	0.04	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04
Fenoli (mg/l)	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Na (mg/l)	2.2	2.4	3.4	2.1	2.4	2.3	2.1



Lokalitet Parametar	2010						
	Sj <sub>3</sub>	Vir	Sj <sub>6</sub>	Sj <sub>2</sub>	Sj <sub>5</sub>	SG	ŽC
K (mg/l)	0.6	0.6	1.1	0.5	0.6	0.6	0.7
Ca (mg/l)	49.6	45.3	43.4	40.8	39.4	42.6	43.2
Mg (mg/l)	7.5	9.1	8.8	9.0	7.4	8.4	8.1
Fe (mg/l)	0.07	0.08	0.05	0.06	0.06	0.08	0.20
Deterdženti (mg/l)	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.05	<0.001	<0.001
Ukupne fekalne bakterije (ind/100 ml vode)	111	18	231	-	-	1	28
Ukupne koli bakterije (ind/100 ml vode)	1 420	90	416	-	7	10	79
Aerobne žive bakterije (ind/1 ml vode)	36	15	67	15	58	42	194

Zapaža se da su se gotovo svi fizički i hemijski parametri, u različitim istraživanim periodima kretali u dozvoljenim granicama za vodu A<sub>2</sub> klase.

Hemijski parametri, koji skreću pažnju svojom značajnom koncentracijom i količinom i koji svakako utiču na ubrzavanje procesa eutrofikacije u jezeru su nutrijenti azot i fosfor.

Tokom 80-tih godina prosječna godišnja koncentracija azota, kako je već istaknuto, iznosila je 0.20 mg/l, što je dvostruko manje u odnosu na recentne podatke.

**Tabela 28.** Procijenjeno opterećenje Skadarskog jezera neorganskim azotom (IN), u periodu od 2001. do 2010., u tonama (prema Đuraškoviću, 2012).

Godina	Pozicija	Kamenik	Vranjina	Virpazar	Sredina jezera	Starčevo	Ckla	Prosjek (godišnji)
2001		708	757	818	607	1053	482	737
2002		451	917	2303	528	365	464	838
2003		1048	624	862	676	653	560	737
2004		396	740	8119	519	342	229	1724
2005		1049	1263	1064	333	894	634	873
2006		733	1304	804	477	686	642	774
2007		1323	1310	1182	600	1032	608	1009
2008		206	398	435	107	117	194	243
2009		139	463	173	64	230	64	189
2010		93	636	92	171	56	9	176
Prosjek		615	841	1585	408	543	389	730

Procijenjena prosječna količina azota koja dospijeva u jezero, za desetogodišnji period (2001. – 2010.) iznosi 730 t.

Najmanja količina je utvrđena u 2010. godini – 176 t, a najveća u 2004. godini – 1 724 t (Đurašković, 2012). Ako posmatramo prosječno opterećenje po lokalitetima zapaža se da je najmanje na lokalitetu Ckla – 389 t, a najveće u Virpazaru – 1 585 t (tabela 28.).

Kada je orto-fosfor u pitanju, procijenjena prosječna godišnja količina koja dospijeva u jezero je znatno manja i iznosi 105 t (tabela 29). Najmanja količina orto-fosfora je konstatovana u 2003. godini – 8 t, a najveća u 2004. godini – 594 t. Lokaliteti Ckla i sredina jezera su imali najmanje prosječno opterećenje od 28 t, a u Virpazaru je utvrđeno najveće opterećenje kada je fosfor u pitanju – 458 t.

Za utvrđivanje trofičkog statusa u jezerima odnos azota i fosfora je od izuzetne važnosti. Kada je TN/TP odnos > 15 jezera su limitirana količinom fosfora; kada je TN/TP odnos < 7 limitirana su količinom azota; kada se TN/TP odnos kreće između 7 i 15, smatra se da limitirajući faktori mogu biti ili fosfor ili azot, ili oba ova nutrijenta zajedno (OECD, 1982).

Odnos ukupnog azota prema ukupnom fosforu (TN/TP) u Skadarskom jezeru se kretao od 22 – 26, u toplom periodu godine, dok je na godišnjem nivou odnos TN/TP bio 33 (Rakočević, 2006). Ovakav odnos TN/TP u Skadarskom jezeru ukazuje da je fosfor limitirajući nutrijent. Zapaženo je evidentno povećanje odnosa ova dva nutrijenta, u odnosu na rezultate iz 80-tih godina, kada je TN/TP odnos bio 6, što ukazuje da je postojao značajan deficit azota u odnosu na količinu fosfora u jezeru, odnosno da je tada azot bio limitirajući faktor.

Ako posmatramo odnos ovih nutrijenata kroz desetogodišnji period od 2001. do 2010. godine zapazimo da ne postoji neka određena pravilnost, niti jasno definisan trend njihovog povećanja ili smanjenja (tabela 30). Vrijednosti ovog odnosa variraju u zavisnosti od lokaliteta i godine. Na osnovu rezultata prikazanih u pomenutoj tabeli možemo jedino zaključiti da je u većini slučajeva TN/TP odnos bio veći od 15, što još jednom potvrđuje da je danas fosfor limitirajući nutrijent u Skadarskom jezeru.

Konstantno povećanje upotrebe azotnih vještačkih đubriva na području Zetske ravnice, svakako da je uticalo na povećanje količine ovog nutrijenta u jezeru, što se značajno odrazilo i na trofički status samog jezera.

**Tabela 29.** Procijenjeno opterećenje Skadarskog jezera orto-fosforom (o-P) u tonama, u periodu od 2001. do 2010., u tonama (prema Đuraškoviću, 2012).

Godina \ Pozicija	Kamenik	Vranjina	Virpazar	Sredina jezera	Starčevo	Ckla	Prosjek (godišnji)
2001	17	57	83	77	36	84	59
2002	0	20	809	0	16	0	141
2003	7	23	14	0	3	0	8
2004	50	36	3366	53	36	24	594
2005	132	22	95	30	33	13	54
2006	22	46	33	30	35	30	33
2007	41	25	63	31	17	45	37
2008	28	36	90	29	57	57	49
2009	28	35	24	19	27	21	25
2010	17	15	6	8	213	11	45
<b>Prosjek</b>	<b>34</b>	<b>31</b>	<b>458</b>	<b>28</b>	<b>47</b>	<b>28</b>	<b>105</b>

**Tabela 30.** Odnos prosječnih vrijednosti neorganskog azota i orto-fosfora (TIN/To-P) u Skadarskom jezeru, u periodu od 2001. do 2010. (prema Đuraškoviću, 2012).

Godina \ Pozicija	Rijeka Crnojevića	Kamenik	Vranjina	Virpazar	Sredina jezera	Starčevo	Ckla
2001	3	41	13	10	9	29	6
2002	10	–	45	3	–	22	–
2003	8	151	28	62	–	188	–
2004	10	8	21	2	10	10	10
2005	9	8	57	11	11	27	49
2006	14	33	28	24	16	19	22
2007	10	32	53	19	19	63	14
2008	12	7	11	5	4	2	3
2009	13	5	13	7	3	9	3
2010	5	5	42	16	22	0.3	1

### 5.3. Hemizam podzemnih voda

Praćenje fizičko-hemijskih osobina i koncentracija polutanata u podzemnim vodama Zetske ravnice nije kontinuirano, već se vrši sporadično i prema potrebi. U tabeli 31. su prikazane prosječne i maksimalne koncentracije različitih opasnih materija u podzemnim vodama na različitim lokacijama ovog područja, uporedo sa vrijednostima MDK.

**Tabela 31.** Srednje i maksimalne vrijednosti različitih hemijskih parametara u podzemnim vodama Zetske ravnice, na različitim pozicijama, u periodu od 1990. do 1996. (prema Royal Haskoning, 2006; modifikovano): MDK–maksimalno dozvoljene koncentracije prema Uredbi o klasifikaciji i kategorizaciji voda (Sl. list br. 2/07); \*-MDK prema Dutch Standards, 2009.

Pozicija		I	II	III	IV	MDK
pH	$\bar{X}$	7.30	8.24	7.20	7.46	6.5–8.5
	max	7.70	12.31	7.50	7.55	
F <sup>-</sup> (mg/l)	$\bar{X}$	0.125	1.44	0.26	0.329	1.5
	max	1.10	51.56	1.07	2.660	
PCB (µg/kg)	$\bar{X}$	1.923	1.98	0.58	0.149	0.01*
	max	20.12	78.10	2.01	0.743	
PAH (µg/kg)	$\bar{X}$	1.386	4.23	2.91	0.425	0.2
	max	9.46	198.10	11.90	1.730	
Fenoli (µg/kg)	$\bar{X}$	0.50	2.90	1.20	0.75	5.0
	max	2.10	12.60	2.30	1.55	

Prosječne vrijednosti pH su se kretale od 7.20 do 8.24, a maksimalne od 7.50 do čak 12.31, što je povećano u odnosu na MDK. Prosječna koncentracija fluorida se kretala od 0.125 do 1.44 mg/l. Njihova maksimalna koncentracija je bila povećana na

lokalitetima II (51.56 mg/l) i IV (2.66 mg/l) u odnosu na dozvoljenu – 1.5 mg/l. Kako za koncentraciju PCB u podzemnim vodama ne postoje MDK u našem pravilniku o vodama, korišćeni su holandski standardi. Prema ovim referentnim vrijednostima i prosječne i maksimalne koncentracije polihlorovanih bifenila su premašile maksimalno dozvoljene koncentracije na sva četiri lokaliteta. Prosječna koncentracija se kretala od 0.149 µg/kg (IV) pa do 1.98 µg/kg (II), što je oko 200 puta veće u odnosu na MDK. Kada su maksimalne koncentracije u pitanju te razlike su još drastičnije. Maksimalne vrijednosti su se kretale od 0.743 µg/kg, što je 74 puta veće u odnosu na MDK, pa do čak 78.1 µg/kg, što je 7 810 puta veće u odnosu na MDK.

Koncentracija poliaromatskih ugljovodonika je, takođe, bila znatno veća od dozvoljene na svim lokalitetima. Srednje koncentracije su se kretale od 0.425 do 4.23 µg/kg, što je od 2 do 20 puta veće u odnosu na MDK. Maksimalna koncentracija PAH-ova se kretala od 1.73 do 198.1 µg/kg (990 puta veća vrijednost od dozvoljene), što znatno prevazilazi MDK.

Kada su fenoli u pitanju može se konstatovati da se njihova prosječna koncentracija kretala u dozvoljenim granicama (0.5–2.9 µg/kg). Najveća koncentracija ovog polutanta i jedino odstupanje zabilježeno je na lokalitetu II – 12.6 µg/kg (tabela 31. i tabela 16.).

#### **5.4. Hemizam sedimenta**

Sediment igra značajnu ulogu u akvatičnim ekosistemima, budući da on predstavlja izvor organske i neorganske materije, ali u njemu završava i većina polutanata koji su antropogenog porijekla (Hynes, 1983; Jones & Mulholland, 2000). Takođe, u sedimentu se pored trenutnih polutanata mogu naći i ostaci ranijih zagađivača (Danielopol, 1989; Giere, 1993; Lafont et al., 1996), pa je, analizom sedimenta, moguće detektovati dugoročno zagađenje u nekom ekosistemu (Lehman et al., 1997).

U periodu od 1993. do 1996. godine praćene su koncentracije teških metala, mineralnih ulja, poliaromatskih ugljovodonika, polihlorovanih bifenila, u sedimentu, na različitim pozicijama u Skadarskom jezeru (tabela 32.).

Kako u Crnoj Gori još uvijek ne postoji Uredba koja bi definisala maksimalno dozvoljene koncentracije različitih polutanata u sedimentu, korišćeni su holandski standardi (Dutch Standards, 2000; 2009).

Koncentracija bakra (Cu) u sedimentu se kretala od 0.40 mg/kg u Crnom Žaru do 19.40 mg/kg na lijevom ušću Morače i nije prelazila maksimalno dozvoljenu koncentraciju (MDK). Koncentracija kadmijuma (Cd) je na svim istraživanim pozicijama je bila povišena u odnosu na MDK koja, za ovaj metal, iznosi 0.80 mg/kg. Koncentracija hroma (Cr) se kretala od 4.60 mg/kg (desno ušće Morače) do 8.60 mg/kg (lijevo ušće Morače), što je u dozvoljenim granicama. Na svim istraživanim pozicijama koncentracija olova (Pb) nije prelazila MDK od 85.00 mg/kg, budući da se kretala od 12.40 mg/kg (Crni Žar) do 30.00 mg/kg (lijevo ušće Morače). Najveća koncentracija cinka (Zn) u sedimentu je zabilježena na lijevom ušću Morače i iznosila je 14.60 mg/kg, što je u dozvoljenim granicama, dok je najmanja koncentracija ovog metala zabilježena na lokalitetima Crni Žar, Podhum i Plavnica (1.00 mg/kg). Koncentracije nikla (Ni) i aluminijuma (Al) su se kretale u dozvoljenim granicama. Kiselost sedimenta se kretala

od 6.67 na Plavnici do 7.54 na desnom ušću Morače. Koncentracija poliaromatskih ugljovodonika (PAH) se kretala u dozvoljenim granicama i bila znatno niža od MDK koja iznosi 40 000 µg/kg, kao i koncentracija polihlorovanih bifenila, čija je MDK 1 000 µg/kg.

**Tabela 32.** Koncentracija različitih polutanata u uzorcima sedimenta iz Skadarskog jezera u periodu od 1993. do 1996. godine (prema Royal Haskoning, 2006.)

Lokalitet Parametar	Desno ušće Morače	Lijevo ušće Morače	Crni Žar	Podhum	Raduš	Plavnica	Murići
<b>Cu (mg/kg)</b>	3.40	19.40	0.40	0.70	1.00	0.80	1.00
<b>Cd (mg/kg)</b>	<b>0.92</b>	<b>1.66</b>	<b>1.06</b>	<b>1.30</b>	<b>1.30</b>	<b>1.06</b>	<b>1.20</b>
<b>Cr (mg/kg)</b>	4.60	8.60	6.40	6.40	6.40	8.60	6.46
<b>Pb (mg/kg)</b>	14.90	30.00	12.40	12.80	13.20	14.00	14.40
<b>Mn (mg/kg)</b>	264.00	400.00	120.00	296.00	450.00	274.00	440.00
<b>Fe (mg/kg)</b>	1221.67	5738.93	12.00	16.00	294.00	60.59	144.00
<b>Zn (mg/kg)</b>	2.40	14.60	1.00	1.00	1.70	1.00	1.40
<b>Ni (mg/kg)</b>	7.00	4.00	4.00	5.60	2.00	5.20	6.00
<b>Al (mg/kg)</b>	1.28	0.44	1.87	8.02	2.80	1.86	5.62
<b>F (mg/kg)</b>	19.18	35.03	31.62	83.23	32.83	41.41	78.74
<b>pH</b>	7.54	7.17	7.35	6.87	6.86	6.67	6.81
<b>SiO<sub>2</sub> (mg/kg)</b>	675.00	125.00	500.00	200.00	600.00	350.00	313.00
<b>Mineralna ulja (mg/kg)</b>	20.00	10.00	10.00	10.00	20.00	10.00	10.00
<b>PAH (µg/kg)</b>	0.30	0.50	1.00	0.20	0.00	0.90	0.10
<b>PCB (µg/kg)</b>	0.80-17.89	1.76-100.70	0.00	0.013	0.00	0.12-1.90	0.00

Iako za pojedine polutante (Mn, Fe, F, SiO<sub>2</sub>) konstatovane u jezerskom sedimentu, tokom navedenog perioda, ne postoje definisane vrijednosti o maksimalno dozvoljenim koncentracijama, zapaža se da su njihove koncentracije znatno veće u sedimentu (i do nekoliko stotina hiljada puta), nego u vodi. Mn, Fe i SiO<sub>2</sub> su porijeklom iz rude boksit, koja je glavna sirovina u Kombinat Aluminijuma. Godišnja količina ove rude, koja se upotrijebi u procesu proizvodnje aluminijuma je 515 775 t (tabela 6.).

Najniža koncentracija mangana (Mn) je zabilježena na lokalitetu Crni Žar – 120.00 mg/kg, što je 30 000 puta veća koncentracija od one u vodi, a najveća na lokalitetu Raduš – 450.00 mg/kg (90 000 puta veća koncentracija u odnosu na vodu). Ipak, daleko najveća razlika u koncentraciji Mn u sedimentu u odnosu na vodu, zabilježena je u Murićima. Na ovom lokalitetu koncentracija u sedimentu je veća preko 700 000 puta, budući da je u vodi izmjereno svega 0.0006 mg/kg (Royal Haskoning, 2006). I kada je gvožđe (Fe) u pitanju imamo sličnu situaciju. Iz tabele 32. se vidi da je koncentracija ovog polutanta znatno veća na desnom (1 221.67 mg/kg) i lijevom ušću Morače (5 738.93 mg/kg) u odnosu na ostale lokalitete u jezeru. Ako uporedimo koncentracije Fe u sedimentu i vodi, zapaža se da je njegova koncentracija u sedimentu veća od 375 puta (Crni Žar), pa do čak 163 969 puta (lijevo ušće Morače). Koncentracija fluorida u sedimentu se kretala od 19.18 mg/kg (desno ušće Morače) do 83.23 mg/kg (Podhum) i na svim pozicijama bila nekoliko hiljada puta veća u odnosu na vodu. Najniža koncentracija silicijum dioksida (SiO<sub>2</sub>) u sedimentu je utvrđena na lokalitetu lijevo ušće Morače – 125.00 mg/kg, što je oko 60 puta više u odnosu na vodu, dok je najveća koncentracija zabilježena na lokalitetu desno ušće Morače – 675.00 mg/kg, što je oko 300 puta veća koncentracija od one u vodi.

Ovo ukazuje na činjenicu da i male koncentracije polutanata, koje stalno stižu u jezero, mogu da predstavljaju ozbiljan problem, s obzirom na njihovo konstantno taloženje u sedimentu, čime se njihova koncentracija amplifikuje.

Analize sedimenta tokom 2005. godine, takođe su ukazale na prisustvo teških metala: Zn, Cu, Pb, Cd, Ni i Cr, za koje se smatra da su najznačajniji polutanti u Skadarskom jezeru (Filipović, 1983; 1997; 2002), kao i različitih poliaromatičnih ugljovodonika, u sedimentu Skadarskog jezera.

**Tabela 33.** Koncentracija teških metala i poliaromatičnih ugljovodonika (PAH) u uzorcima sedimenta iz Skadarskog jezera u 2005. godini (prema Šundić & Radujković, 2012).

Lokaliteti	Sj <sub>2</sub>	Sj <sub>3</sub>	Sj <sub>5</sub>	Sj <sub>6</sub>	Sj <sub>12</sub>
<b>TEŠKI METALI</b>					
Zn (mg/kg)	87.23	55.42	62.47	48.61	66.38
Cu (mg/kg)	10.36	25.52	27.71	17.96	27.03
Pb (mg/kg)	49.4	43.27	46.67	40.23	48.6
Cd (mg/kg)	<b>1.01</b>	0.1	0.1	0.12	0.14
Ni (mg/kg)	<b>90.84</b>	<b>113.27</b>	<b>136.12</b>	<b>63.46</b>	<b>127.31</b>
Cr (mg/kg)	86.02	64.66	60.53	43.82	52.39
<b>PAH</b>					
Naftalin [µg/kg]	57.0	19.7	16.5	21.2	-
Acenaftilen [µg/kg]	10.0	10.0	10.0	10.0	-
Acenaften [µg/kg]	20.5	2.0	3.0	10.0	-
Fluoren [µg/kg]	5.5	3.3	3.6	2.4	-
Fenantren [µg/kg]	42.5	23.9	28.1	15.2	-
Antracen [µg/kg]	10.0	2.3	2.8	10.0	-
Fluoranten [µg/kg]	26.5	22.3	32.2	8.8	-
Piren [µg/kg]	20.0	17.6	25.8	6.6	-
Benzo(a)antracen [µg/kg]	17.5	20.7	26.3	4.2	-
Hrizen [µg/kg]	20.5	27.3	29.9	7.0	-
Benzo(b)fluoranten [µg/kg]	29.0	46.3	46.1	10.0	-
Benzo(k)fluoranten [µg/kg]	18.0	20.7	23.3	5.2	-
Benzo(a)piren [µg/kg]	17.0	27.2	32.2	5.2	-
Indeno.1.2.3-cd piren [µg/kg]	35.5	34.0	31.8	11.4	-
Dibenz(ah)antracen [µg/kg]	5550.0	2040.0	11.5	2780.0	-
Benzo(ghi)perilen [µg/kg]	24.5	36.5	37.0	12.4	-
<b>Ukupna koncentracija PAHova</b>	<b>5904.0</b>	<b>2353.8</b>	<b>360.1</b>	<b>2919.6</b>	-

Najveća koncentracija cinka u sedimentu je zabilježena na poziciji Sj<sub>2</sub> i iznosila je 87.23 mg/kg (tabela 33.), što je u dozvoljenim granicama, dok je najmanja koncentracija ovog metala zabilježena na poziciji Sj<sub>6</sub> i iznosila je 48.61 mg/kg. Koncentracije bakra su se takođe kretale u dozvoljenim granicama i gotovo da su bile ujednačene na svim istraživanim pozicijama, osim Sj<sub>2</sub>, gdje je zabilježena najmanja koncentracija ovog metala od 10.36 mg/kg. Koncentracija olova se kretala od 40.23 mg/kg, na poziciji Sj<sub>6</sub>, pa do 49.4 mg/kg na poziciji Sj<sub>2</sub>, što je u dozvoljenim granicama. Koncentracija kadmijuma na poziciji Sj<sub>2</sub> od 1.01 mg/kg je blago povećana u odnosu na tolerantnu granicu, koja za ovaj metal iznosi 0.8 mg/kg.

Koncentracije nikla na pozicijama Sj<sub>12</sub> (127.31 mg/kg), Sj<sub>5</sub> (136.12 mg/kg) i Sj<sub>3</sub> (113.27 mg/kg), višestruko prelaze tolerantnu koncentraciju, koja iznosi 35 mg/kg, ali su još uvijek ispod visoko rizične koncentracije. Koncentracija hroma se kretala od 43.82 mg/kg (Sj<sub>6</sub>), pa do 86.02 mg/kg (Sj<sub>2</sub>).

Na pozicijama Sj<sub>5</sub>, Sj<sub>2</sub>, Sj<sub>3</sub> i Sj<sub>6</sub> konstatovano je više različitih poliaromatičnih ugljovodonika u sedimentu, prisutnih u različitim koncentracijama. Na poziciji Sj<sub>5</sub> najveću koncentraciju je imao benzo(b)-fluoranten sa 46.1 µg/kg, a najmanju antracen - 2.8 µg/kg. Poliaromatični ugljovodonik dibenz(ah)antracen na pozicijama Sj<sub>2</sub>, Sj<sub>3</sub> i Sj<sub>6</sub> ima koncentracije od 5 550 µg/kg, 2 040 µg/kg i 2 780 µg/kg, koje su višestruko veće od koncentracija ostalih PAH na tim pozicijama. Na pozicijama Sj<sub>2</sub> i Sj<sub>6</sub> najmanju koncentraciju ima fluoren – 5.5 µg/kg, odnosno 2.4 µg/kg, dok je acenaften imao najmanju koncentraciju od 2 µg/kg, na poziciji Sj<sub>3</sub> (tabela 33.). Na lokalitetu Raduš PAH-ovi nisu konstatovani u sedimentu, ni u ranijim ni u sadašnjim istraživanjima. Ukupna koncentracija poliaromatičnih ugljovodonika u sedimentu Skadarskog jezera, ne prelazi dozvoljenu granicu, koja iznosi 40 000 µg/kg (40 mg/kg).

Polihlorovani bifenili spadaju u veoma perzistentne polutante. Vrijeme njihovog poluraspada, u zavisnosti od klase, se kreće od 3 do oko 38 godina (Sinkkonen & Paasivirta, 2000).

U šestogodišnjem periodu (1990.–1996.) u sedimentu Skadarskog jezera poliaromatski ugljovodonici nisu utvrđeni. Koncentracija polihlorovanih bifenila, ni u ovom periodu istraživanja nije prelazila MDK koja iznosi 1 000 µg/kg. Prosječna koncentracija ovog polutanta se kretala od 0.004 do 11.76 µg/kg, a maksimalna od 0.18 do 528.4 µg/kg (tabela 34.).

**Tabela 34.** Koncentracija PCB-a i PAH-a u uzorcima sedimenta iz Skadarskog jezera u periodu od 1990. do 1996. godine (prema Royal Haskoning, 2006.)

Parametar	PCB (µg/kg)		PAH (µg/kg)	
	$\bar{X}$	max	$\bar{X}$	max
<b>Lokalitet</b>				
<b>Vranjina</b>	0.004	0.18	0.00	0.00
<b>Lijevo ušće Morače</b>	1.76	100.70	0.00	0.00
<b>Plavnica</b>	0.12	1.25	0.00	0.00
<b>Sredina jezera</b>	11.76	528.40	0.00	0.00

Koncentracije PAH-ova i PCB-a su bile veće u podzemnim vodama u odnosu na MDK, što nije bio slučaj sa njihovim sadržajem u jezerskom sedimentu. Najvjerovatniji razlog male koncentracije ovih polutanata u sedimentu je protočnost jezera, budući da se jezerska voda izmijeni oko 5 puta u toku godine, što ima za posljedicu promjenu hemizma površinskog sloja sedimenta, odakle se obično uzimaju uzorci za analizu, dok se ovi polutanti talože i akumuliraju u dubljim slojevima.

Ovakvo stanje sedimenta u Skadarskom jezeru je vjerovatno posljedica značajnog zagađenja porijeklom od komunalnih i industrijskih otpadnih voda, koje dopijevaju u jezero u velikim količinama (tabela 5. i tabela 7.). Najozbiljniji izvor zagađenja Skadarskog jezera jesu, svakako, otpadne vode, koje nastaju u toku tehničko-tehnoloških procesa u Kombinat aluminijuma Podgorica (Filipović, 1997; 2002; Radulović, 1997; Šundić & Radujković, 2012). Ove vode sadrže toksične i opasne materije (tabela 7.), čija količina je gotovo jednaka količini otpadnih voda iz ostalih izvora zagađenja.



## 6. KVALITET, KLASIFIKACIJA I KATEGORIZACIJA VODE I SEDIMENTA SKADARSKOG JEZERA

### 6.1. Trofički status jezera

Skadarsko jezero je plitko jezero. u kome je trofogeni zona veća od trofolitičke i po svojoj morfologiji odgovara jednom eutrofnom jezeru. Uprkos tome, sve do sedamdesetih godina dvadesetog vijeka smatralo se oligotrofnim (Petković, 1971). U tom periodu postojala je ravnoteža između procesa trofije i saprobnosti. Mjera trofije je odnos između biomase i prometa autotrofnih organizama (oligotrofija, mezotrofija, eutrofija i hipertrofija), dok je saprobnost odnos između biomase i prometa heterotrofnih organizama, odnosno sposobnost vodenog sistema da razgradi organsku materiju (ksenosaprobnost, oligosaprobnost,  $\beta$ -mezosaprobnost,  $\alpha$ - mezosaprobnost i polysaprobnost). Ukoliko se bilo koji od ova dva procesa pomjeri u korist onog drugog, dolazi do narušavanja ravnoteže. U Skadarskom jezeru se saprobnost pomjerila u korist trofije, zbog velike količine nutrijenata, što je dovelo do pojave eutrofikacije.

Eutrofikacija predstavlja intenziviran proces akumulacije velike količine nutrijenata, prije svega soli azota i fosfora, u jednom vodenom sistemu, što povećava primarnu produkciju, odnosno količinu organske supstance u njemu. Proces eutrofikacije je praćen povećanjem biomase algi, makrofita, smanjenjem količine kiseonika u vodi, kao i smanjenjem providnosti vode.



**Slika 1.** Zarastanje Skadarskog jezera (foto: D. Šundić, 2008.).



Negativan antropogeni uticaj je glavni uzročnik intenziviranja ovog procesa u Skadarskom jezeru. On se ogleda u velikoj količini otpadnih, kako komunalnih, tako i industrijskih voda (preko 69 miliona m<sup>3</sup>/godišnje), koje rijekom Moračom i podzemnim vodama dospijevaju u jezero, donoseći veliku količinu organske materije. Poljoprivredna aktivnost u Zetskoj ravnici, koja podrazumijeva upotrebu vještačkih mineralnih đubriva, takođe, negativno utiče i pospješuje eutrofikaciju jezera.



**Slika 2.** Zarastanje Skadarskog jezera (foto: D. Šundić, 2008.).

Biološki kvalitet vode i sedimenta u Skadarskom jezeru, zatim specifičan uticaj određenih kontaminirajućih materija, predviđanje rizika i posljedica određenih procesa i toksičnih polutanata, je utvrđen primjenom bioindikatorskih metoda, koje podrazumijevaju upotrebu živih organizama kao pokazatelja stanja životne sredine.

Za utvrđivanje trofičkog nivoa vode jezera i njenog kvaliteta korišćeni su fitoplanktonski organizmi, koji su prva karika u lancu ishrane i osjetljivi su na promjene spoljašnje sredine i akvatične oligohete, koje su bentoski organizmi.

### 6.1.1. Fitoplanktonski organizmi kao bioindikator trofije

Vrijednosti trofičkog indeksa baziranog na providnosti (TSI–Secchi) ukazuju da se Skadarsko jezero u periodu od juna do septembra nalazi na eutrofnom, a u ostalom dijelu godine na mezotrofnom stupnju, dok srednja, godišnja vrijednost od 50.34 ukazuje na eutrofne uslove (tabela 35.).

**Tabela 35.** Vrijednosti indeksa trofije u Skadarskom jezeru tokom 2003. i 2004. godine, dobijene na osnovu providnosti, koncentracije hlorofila i ukupnog fosfora (prema Rakočević, 2006).

	2003./2004.											
	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	Feb	Mar	Apr	$\bar{X}$
<b>TSI (Secchi)</b>	48.63	53.36	56.55	58.06	53.72	46.89	45.83	47.69	49.49	45.9	47.37	50.34
<b>TSI (chl <i>a</i>)</b>	52.50	54.60	58.04	65.24	51.77	51.00	49.49	44.91	40.41	44.49	54.82	52.16
<b>TSI (TP)</b>	34.89	43.38	48.42	45.52	34.86	30.18	27.36	27.36	27.36	28.42	33.89	35.60

Trofički indeks baziran na koncentraciji hlorofila *a* (TSI–chl *a*) ukazuje na mezotrofne uslove u hladnijem periodu godine (novmbar–mart) i eutrofne uslove u ostalim mjesecima, s tim što je u avgustu mjesecu utvrđena vrijednost indeksa od 65.24, što ukazuje na izrazitu eutrofiju (tabela 36.).

**Tabela 36.** Referentne vrijednosti za indeks trofije uz odgovarajući trofički stupanj.

<b>TSI (indeks trofije)</b>	<b>Trofični stupanj</b>
< 40	Oligotrofija
40-50	Mezotrofija
50-60	Eutrofija I
60-80	Eutrofija II
> 80	Hipertrofija

Srednja, godišnja vrijednost ovog indeksa ukazuje, takođe, na eutrofne uslove u Skadarskom jezeru. Vrijednosti trofičkog indeksa, dobijene na osnovu koncentracije fosfora u vodi (TSI–TP), ukazuju na mezotrofne uslove od juna do avgusta i oligotrofne od septembra do maja. Srednja, godišnja vrijednost ovog indeksa ukazuje na oligotrofiju. Ove vrijednosti vjerovatno ne odražavaju pravi trofički nivo u jezeru, budući da se oko 80% fosfora nalazi u vezanom obliku (u obliku fosfata) u jezerskom sedimentu (Karaman & Beeton, 1981). Ljeti, kada je temperatura vode povećana, intenzivirana je bakterijska razgradnja, što uslovljava smanjenje koncentracije kiseonika u vodi i utiče na oslobađanje nutrijenata iz sedimenta, pa su i vrijednosti ovog indeksa u ljetnjim mjesecima bile povećane i ukazivale na mezotrofiju (tabela 35. i tabela 36.). Prosječne godišnje vrijednosti trofičkih indeksa: TSI (Secchi) i TSCI (chl *a*) se nalaze na granici između mezotrofije i eutrofije, pa je možda realnije jezero svrstati u mezo–eutrofni tip. Tome u prilog ide i činjenica da je prosječna koncentracija hlorofila *a* u Skadarskom jezeru, u istraživanom periodu, iznosila 5.9 µg/l, što ga svrstava u mezotrofni tip jezera (Rakočević–Nedović & Hollert, 2005). Zapaženo je da su

vrijednosti sva tri indeksa najveće u avgustu, kada je nivo vode najniži, temperatura najveća, što uslovljava bujanje fitoplanktona, uz priliv velike količine nutrijenata.

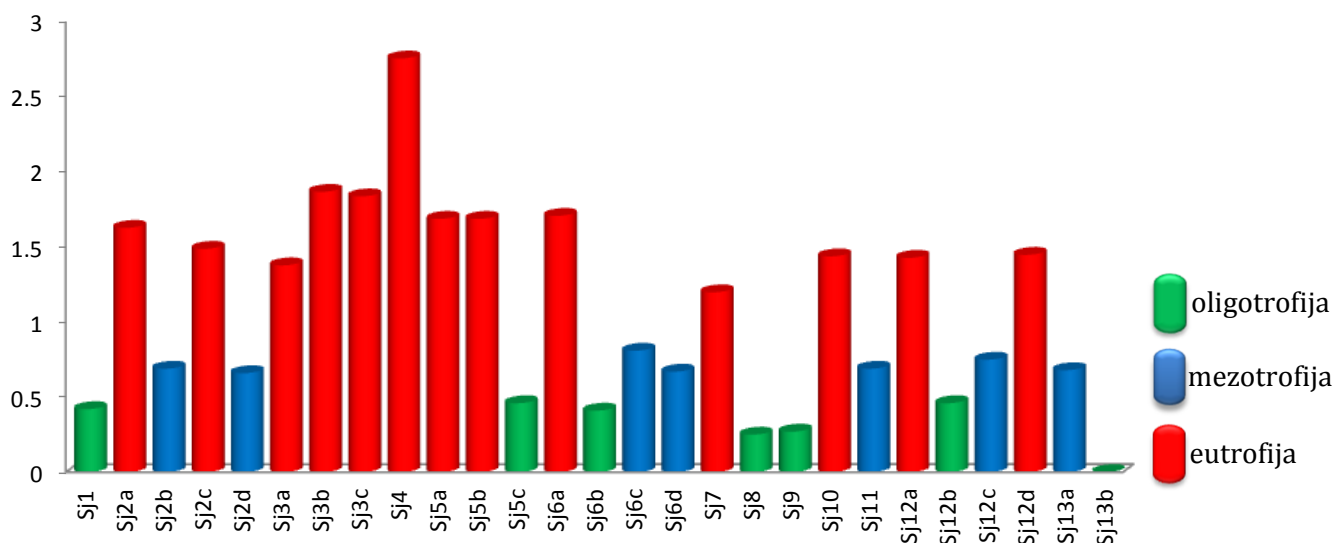
### 6.1.2. Akvatične oligohete kao bioindikator trofije

U Skadarskom jezeru postoje 22 vrste oligoheta (Šundić et al., 2011a; Šundić et al., 2011b), od kojih su njih 20 indikatorske (Šundić & Radujković, 2012).

U zavisnosti od trofičkih uslova u jezerima, populacije oligoheta mogu da postanu izuzetno brojne, rijetke ili da u potpunosti iščeznu (Milbrink, 1983). Pored indeksa trofije, koji uzima u obzir kako sastav zajednice oligoheta, tako i njihovu brojnost, za definisanje nivoa trofije značajni su i učešće i odnos indikatorskih grupa oligoheta: eutrofnih, mezotrofnih i oligotrofnih (Lang & Lang-Dobler, 1980).

Analizom bentosnih oligoheta utvrđeno je da se jezero nalazi na mezo-eutrofnom stupnju, što zavisi od sezone i pozicije uzorkovanja.

Na većini istraživanih pozicija (13) vrijednosti indeksa trofije ukazuju na eutrofiju. Na 7 pozicija je utvrđena mezotrofija, a na preostalim 6 oligotrofija (grafikon 17.).



**Grafikon 17.** Nivo trofije Skadarskog jezera u periodu od 2004. do 2007., dobijen na osnovu vrijednosti trofičkog indeksa (TC) korišćenjem akvatičnih oligoheta kao bioindikatora (prema Šundić & Radujković, 2012).

Na istraživanim pozicijama koje su pod direktnim uticajem rijeke Morače, koja sa sobom nosi veliku količinu otpadnih voda, kako komunalnih tako i industrijskih (tabela 5. i tabela 7.), uočene su povećane vrijednosti trofičkog indeksa. Bentosne populacije oligoheta izložene su negativnom uticaju opasnih materija, kao što su fluoridi, mineralna ulja, polihlorovani bifenili, poliaromatski ugljovodonici, kao i druge organske i neorganske supstance, koje usled neadekvatnog odlaganja, akcidenata i namjernog izlivanja, dospijevaju u Moraču i podzemne vode Zetske ravnice i preko njih u jezero.

Povećane vrijednosti indeksa trofije zabilježene su i na pozicijama koje se nalaze u tresetnoj zoni jezera, koja je veoma bogata organskom materijom. Na istraživanim pelagičnim lokalitetima, koji su van uticaja rijeka iz okolnog slivnog područja, i sublakustričnih izvora konstatovane su niže vrijednosti indeksa trofije, koje ukazuju na mezotrofiju.

## 6.2. Saprobni status jezera

Saprobioška evaluacija Skadarskog jezera izvršena je na osnovu sastava fitoplanktonske zajednice i zajednice akvatičnih oligoheta, odnosno na osnovu vrijednosti saprobnog indeksa. Na osnovu indikatorskih vrsta, u periodu od 2003. do 2007. godine, izračunat je saprobni indeks (Pantle & Buck, 1955) koji predstavlja kvantifikaciju saprobnog stanja voda jezera. Na osnovu ovog indeksa utvrđen je saprobni nivo i kategorija istraživanih voda, prema klasifikaciji koju je dao Liebmann (1962). Uporedo sa ovim podacima, data je i zvanična klasifikacija, odnosno kategorizacija za istraživani ekosistem, propisana Uredbom Zakona o vodama ("Službeni list Crne Gore", br. 2/07 od 29.10.2007.). Prema ovoj Uredbi vode se dijele na 3 grupe: 1) vode koje se mogu koristiti za piće i prehrambenu industriju, 2) vode koje se mogu koristiti za uzgoj ribe i školjki i 3) vode za kupanje. U okviru svake od ove tri grupe postoje klase. Tako se prva grupa dijeli na četiri klase: A – vode koje se u prirodnom stanju, uz eventualnu dezinfekciju, mogu koristiti za piće, A<sub>1</sub> – vode koje se poslije jednostavnog fizičkog postupka prerade i dezinfekcije mogu koristiti za piće, A<sub>2</sub> – vode koje se mogu koristiti za piće nakon odgovarajućeg kondicioniranja (koagulacija, filtracija i dezinfekcija), A<sub>3</sub> – vode koje se mogu koristiti za piće nakon tretmana koji zahtijeva intenzivnu fizičku, hemijsku i biološku obradu sa produženom dezinfekcijom, hlorinacijom, koagulacijom, flokulacijom, dekantacijom, filtracijom, apsorbcijom na aktivnom uglju i dezinfekcijom ozonom ili hlorom. Vode za uzgoj ribe i školjki dijele se na tri klase: S – vode koje se mogu koristiti za uzgoj plemenitih vrsta riba (Salmonidae), Š – vode koje se mogu koristiti za uzgoj školjki i C – vode koje se mogu koristiti za uzgoj manje plemenitih vrsta riba (Cyprinidae). I na kraju treća grupa voda, koje se mogu koristiti za kupanje, dijeli se na dvije klase: K<sub>1</sub> – odlične i K<sub>2</sub> – zadovoljavajuće. Pored klasa, uredbom su definisane i kategorije voda, kojih ima tri i koje ispunjavaju sledeće uslove: 1) kategorija I odnosi se na slatke vode klase A<sub>1</sub>, S, K<sub>1</sub>, a ako su u pitanju slane vode uzima se u obzir klasa Š; 2) kategorija II se odnosi na klase A<sub>2</sub>, C, K<sub>2</sub>; 3) kategorija III se odnosi na vode klase A<sub>3</sub>, kao i druge vode koje su van klase i koriste se za druge namjene.

### 6.2.1. Fitoplanktonski organizmi kao bioindikatori saprobnosti

Na osnovu bioindikatorskih vrsta planktonskih algi, u Skadarskom jezeru je tokom 2003. i 2004. godine utvrđen  $\beta$ -mezosaprobnost stupanj vode, na većini istraživanih pozicija, tokom sve četiri sezone (proljeće, ljeto, jesen, zima) (Rakočević, 2006). Vrijednosti saprobnog indeksa su se kretale od 1.5 do 2.4 (tabela 37.). Ovakve vrijednosti indeksa ukazuju da je jezero umjereno opterećeno organskom materijom, odnosno da je jezerska voda II kategorije. Iako se gotovo svi istraživani lokaliteti nalaze

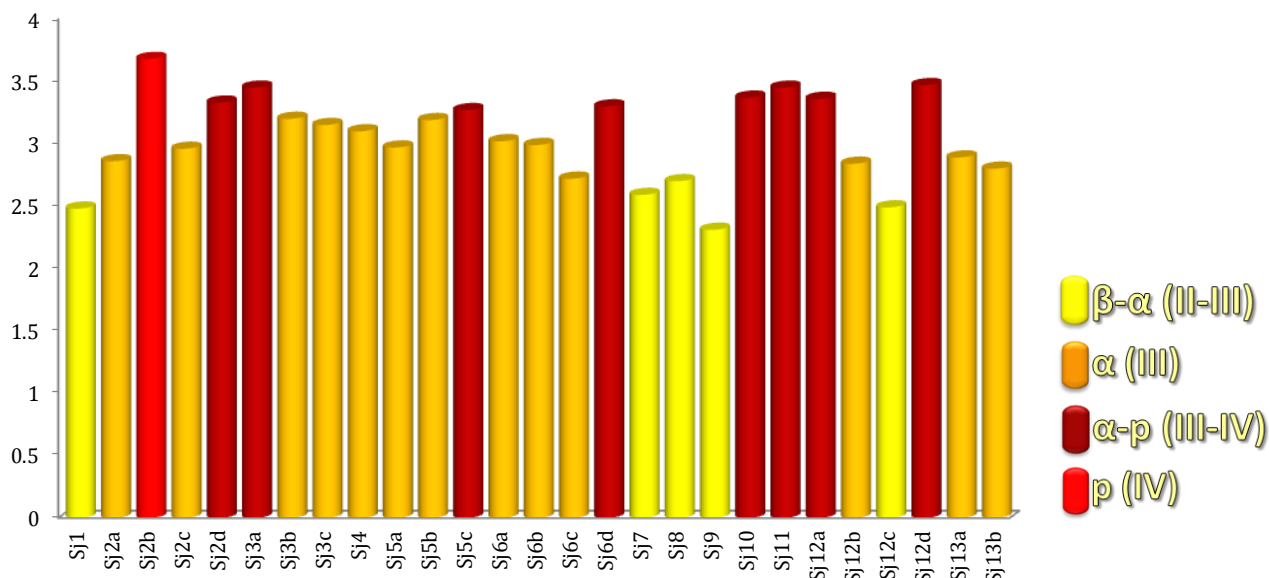
na  $\beta$ -mezosaprobnom stupnju, na pojedinim lokalitetima su konstatovane nešto veće vrijednosti ovog indeksa tokom cijele godine.

**Tabela 37.** Srednje sezonske vrijednosti saprobnog indeksa u Skadarskom jezeru tokom 2003. i 2004. godine (prema Rakočević, 2006) ( $T_1$ -Raduš,  $T_2$ -sredina I,  $T_3$ -lijevo ušće Morače,  $T_4$ -Virpazar,  $T_5$ -Vučko blato,  $T_6$ -desno ušće Morače,  $T_7$ -Petrova punta,  $T_8$ -sredina II,  $T_9$ -Plavnica,  $T_{10}$ -Karuč;  $\square$ -oligosaprobnost (I),  $\square$ -oligosaprobnost- $\beta$ -mezosaprobnost (I-II),  $\square$ - $\beta$ -mezosaprobnost (II),  $\square$ - $\beta$ - $\alpha$ -mezosaprobnost (II-III)).

	Saprobni Indeks (SI)									
	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$T_5$	$T_6$	$T_7$	$T_8$	$T_9$	$T_{10}$
<b>Proljeće</b>	1.91	2.00	1.90	2.10	2.00	1.54	1.81	1.80	2.00	1.50
<b>Ljeto</b>	1.95	2.00	2.15	2.40	2.08	1.80	1.92	1.94	2.13	1.65
<b>Jesen</b>	1.81	1.91	2.10	2.20	2.05	1.70	1.80	1.81	2.00	1.51
<b>Zima</b>	1.80	1.90	1.50	2.00	2.00	1.50	1.81	1.83	1.80	1.42

Najveća vrijednost je utvrđena na poziciji Virpazar, gdje je konstatovana  $\beta$ - $\alpha$ -mezosaprobnost (II-III kategorija vode), što znači da u vodi postoji kritično zagađenje. U ovom slučaju, ono je najvjerojatnije posljedica otpadnih voda iz naselja Virpazar. Najniže vrijednosti saprobnog indeksa konstatovane su na Karuču tokom cijele godine. Evidentno je da su vrijednosti ovog indeksa blago povećane u proljećnom i ljetnjem periodu, a smanjene u jesenjem i zimskom periodu.

### 6.2.2. Akvatične oligohete kao bioindikatori saprobnosti



**Grafikon 18.** Saprobni nivo vode Skadarskog jezera u periodu od 2004. do 2007., dobijen na osnovu vrijednosti saprobnog indeksa (SI) korišćenjem akvatičnih oligoheta kao bioindikatora ( $\beta$ - $\alpha$ — $\beta$ -mezosaprobnost- $\alpha$ -mezosaprobnost;  $\alpha$ — $\alpha$ -mezosaprobnost;  $\alpha$ -p— $\alpha$ -mezosaprobnost-polisaprobnost; p—polisaprobnost; I, II, III, IV—kategorije vode) (prema Šundić & Radujković, 2012).



Saprobioški status u akvatičnim ekosistemima zavisi od kvalitativnog sastava zajednice oligoheta, i od njihove brojnosti (Uzunov et al., 1988). Usled povećanog organskog zagađenja može doći do redukcije broja osjetljivih vrsta oligoheta i redukcije diverziteta, zatim porasta broja vrsta koje su tolerantne na zagađenje, kao i do porasta brojnosti kompletne zajednice oligoheta na štetu ostalih članova u zoobentosu.

Na osnovu bioindikatorskih vrsta akvatičnih oligoheta, u Skadarskom jezeru su, u periodu od 2004. do 2007. godine, utvrđeni različiti saprobni nivoi (grafikon 18.).

Na osnovu vrijednosti saprobnog indeksa, saprobni nivo se kretao u rasponu od  $\beta$ - $\alpha$ -mezosaprobnosti (pozicije Sj<sub>1</sub>, Sj<sub>7</sub>, Sj<sub>8</sub>, Sj<sub>9</sub> i Sj<sub>12c</sub>) do polisaprobnosti (pozicija Sj<sub>2b</sub>). Na ostalim pozicijama većinom je konstatovana  $\alpha$ -mezosaprobnost, a na manjem broju pozicija  $\alpha$ -mezosaprobnost-polisaprobnost (tabela 38).

Prema Uredbi o klasifikaciji i kategorizaciji voda Skadarskog jezera je svrstana u II kategoriju (A<sub>2</sub> C K<sub>2</sub>).

**Tabela 38.** Vrijednosti saprobnog indeksa (Pantle & Buck, 1954), nivo saprobnosti, kategorizacija (Liebmann, 1962) i klasifikacija voda Skadarskog jezera prema Uredbi o klasifikaciji i kategorizaciji površinskih i podzemnih voda ("Službeni list Crne Gore", br. 2/07 od 29.10.2007.): SI (saprobnost indeks), o (oligosaprobnost), o- $\beta$  (oligosaprobnost- $\beta$ -mezosaprobnost),  $\beta$  ( $\beta$ -mezosaprobnost),  $\beta$ - $\alpha$  ( $\beta$ -mezosaprobnost- $\alpha$ -mezosaprobnost),  $\alpha$  ( $\alpha$ -mezosaprobnost),  $\alpha$ -p ( $\alpha$ -mezosaprobnost-polisaprobnost), p (polisaprobnost) (prema Šundić & Radujković, 2012; modifikovano).

Vodeni ekosistem	Lokalitet	SI	Nivo saprobnosti	Kategorija vode	Klasa (kategorija) vode prema Uredbi Zakona o vodama
Skadarsko jezero	Sj <sub>1</sub>	2.48	$\beta$ - $\alpha$	II-III	A <sub>2</sub> C K <sub>2</sub> (II)
	Sj <sub>2a</sub>	2.86	$\alpha$	III	
	Sj <sub>2b</sub>	3.68	p	IV	
	Sj <sub>2c</sub>	2.96	$\alpha$	III	
	Sj <sub>2d</sub>	3.33	$\alpha$ -p	III-IV	
	Sj <sub>3a</sub>	3.45	$\alpha$ -p	III-IV	
	Sj <sub>3b</sub>	3.20	$\alpha$	III	
	Sj <sub>3c</sub>	3.15	$\alpha$	III	
	Sj <sub>4</sub>	3.10	$\alpha$	III	
	Sj <sub>5a</sub>	2.97	$\alpha$	III	
	Sj <sub>5b</sub>	3.19	$\alpha$	III	
	Sj <sub>5c</sub>	3.27	$\alpha$ -p	III-IV	
	Sj <sub>6a</sub>	3.02	$\alpha$	III	
	Sj <sub>6b</sub>	2.99	$\alpha$	III	
	Sj <sub>6c</sub>	2.72	$\alpha$	III	
	Sj <sub>6d</sub>	3.30	$\alpha$ -p	III-IV	
	Sj <sub>7</sub>	2.59	$\beta$ - $\alpha$	II-III	
	Sj <sub>8</sub>	2.70	$\beta$ - $\alpha$	II-III	
	Sj <sub>9</sub>	2.31	$\beta$ - $\alpha$	II-III	
	Sj <sub>10</sub>	3.37	$\alpha$ -p	III-IV	
Sj <sub>11</sub>	3.45	$\alpha$ -p	III-IV		
Sj <sub>12a</sub>	3.36	$\alpha$ -p	III-IV		
Sj <sub>12b</sub>	2.84	$\alpha$	III		
Sj <sub>12c</sub>	2.49	$\beta$ - $\alpha$	II-III		
Sj <sub>12d</sub>	3.47	$\alpha$ -p	III-IV		
Sj <sub>13a</sub>	2.89	$\alpha$	III		
Sj <sub>13b</sub>	2.80	$\alpha$	III		

Na pozicijama koje se nalaze na ušću ili su pod uticajem rijeke Morače, konstatovani su  $\alpha$ -mezosaprobnost, prelaz između  $\alpha$ -mezosaprobnosti u polisaprobnost, kao i polisaprobnost, koja je utvrđena upravo na poziciji koja se nalazi na samom ušću. Važno je napomenuti da je ovakve saprobne nivoe u vodi pratila povećana gustina populacija onih vrsta koje su indikatori izrazitog organskog opterećenja, kao što su *Limnodrilus hoffmeisteri* i *Potamothrix hammoniensis* (Šundić & Radujković, 2012). Gustina populacije ovih vrsta je bila različita na istraživanim pozicijama što je uslovalo i različite vrijednosti saprobnog indeksa (2.31–3.68) (tabela 38).

Zapaža se da su ovako dobijene vrijednosti saprobnog indeksa, a samim tim i saprobnog stupnja u jezeru veće u odnosu na vrijednosti dobijene upotrebom planktonskih algi kao bioindikatora i u odnosu na zvaničnu klasifikaciju i kategorizaciju voda. S obzirom da su oligohete bentosni organizmi koji naseljavaju sediment, pretpostavljamo da su ove vrijednosti saprobnog indeksa posljedica intenziviranog procesa taloženja u samom sedimentu.

### 6.3. BMWP indeks

Sediment Skadarskog jezera pored akvatičnih Oligochaeta, naseljavaju i druge bentoske grupe (Gastropoda, Bivalvia, Insecta, Crustacea, Nematoda) koje se, takođe, upotrebljavaju kao bioindikator kvaliteta vode i sedimenta.

BMWP indeks je pokazatelj kvaliteta vode nekog ekosistema, a izračunava se na osnovu prisustva različitih indikatorskih grupa makrozoobentosa. Vrijednosti ovog indeksa u Skadarskom jezeru su se kretale od 8 do 47 (tabela 39.), što ukazuje da je kvalitet vode slab, odnosno da je voda zagađena organskom materijom (tabela 40.).

**Tabela 39.** Vrijednost BMWP indeksa u Skadarskom jezeru tokom 2004., 2005. i 2007. godine (BMWP–Biological Monitoring Working Party; Sj<sub>13</sub>–Virpazar; Sj<sub>11</sub>–Petrovo).

	BMWP indeks						
	2004			2005			2007
	proljeće	ljetno	jesen	proljeće	ljetno	jesen	proljeće
Sj <sub>12</sub>	31	32	28	28	41	43	18
Sj <sub>13</sub>	–	–	–	–	–	–	33
Sj <sub>5</sub>	24	29	24	32	37	46	–
Sj <sub>2</sub>	31	35	24	29	26	36	15
Sj <sub>3</sub>	<b>11</b>	32	21	34	<b>8</b>	29	23
Sj <sub>6</sub>	24	29	24	47	34	38	16
Sj <sub>11</sub>	–	–	–	–	–	–	18

Najniže vrijednosti ovog indeksa zabilježene su na desnom ušću rijeke Morače (Sj<sub>3</sub>) u proljeće 2004. godine (11) i ljetno 2005 (8), što ukazuje na veoma zagađenu vodu prema referentnim vrijednostima (tabela 40.). Vrijednosti indeksa na ostalim pozicijama, u trogodišnjem periodu, su se kretale u opsegu koji ukazuje na prisutno organsko zagađenje u vodi.

**Tabela 40.** Referentne vrijednosti BMWP indeksa.

Vrijednost BMWP indeksa	Kvalitet vode
> 151	vrlo čista
100–150	čista
51–99	srednje čista
16–50	zagađena
0–15	veoma zagađena

#### 6.4. ASPT indeks

ASPT indeks (Armitage et al., 1983) je, takođe, pokazatelj kvaliteta vode, a izračunava se na osnovu brojnosti različitih makrozoobentoskih grupa. Vrijednosti indeksa su se kretale od 2.66 do 4.00 (tabela 41.), što ukazuje da se kvalitet jezerske vode kreće od izuzetno slabog do srednjeg.

**Tabela 41.** Vrijednost ASPT indeksa u Skadarskom jezeru tokom 2004., 2005. i 2007. godine (ASPT–Average Score Per Taxon).

	ASPT indeks						
	2004			2005			2007
	proljeće	ljetno	jesen	proljeće	ljetno	jesen	proljeće
Sj <sub>12</sub>	3.44	3.20	3.50	3.11	3.41	3.58	3.00
Sj <sub>13</sub>	–	–	–	–	–	–	3.30
Sj <sub>5</sub>	3.00	<b>3.62</b>	3.00	<b>4.00</b>	3.36	<b>3.83</b>	–
Sj <sub>2</sub>	3.44	3.50	3.00	3.22	<b>2.88</b>	3.27	3.00
Sj <sub>3</sub>	<b>2.75</b>	3.20	3.50	3.40	<b>2.66</b>	<b>3.62</b>	3.28
Sj <sub>6</sub>	3.42	3.22	3.00	<b>3.61</b>	<b>3.77</b>	<b>3.80</b>	3.20
Sj <sub>11</sub>	–	–	–	–	–	–	3.00

Tokom 2004. godine najniža vrijednost indeksa (2.75), koja indicira izuzetno slab kvalitet vode (tabela 42.) zabilježena je na desnom ušću Morače, u proljećnom periodu, a najviša vrijednost (3.62) u ljetnjem periodu, koja ukazuje na srednji kvalitet jezerske vode, na poziciji nedaleko od Vranjine. U jesenjem periodu je konstatovan slab kvalitet vode na svim pozicijama.

**Tabela 42.** Referentne vrijednosti ASPT indeksa.

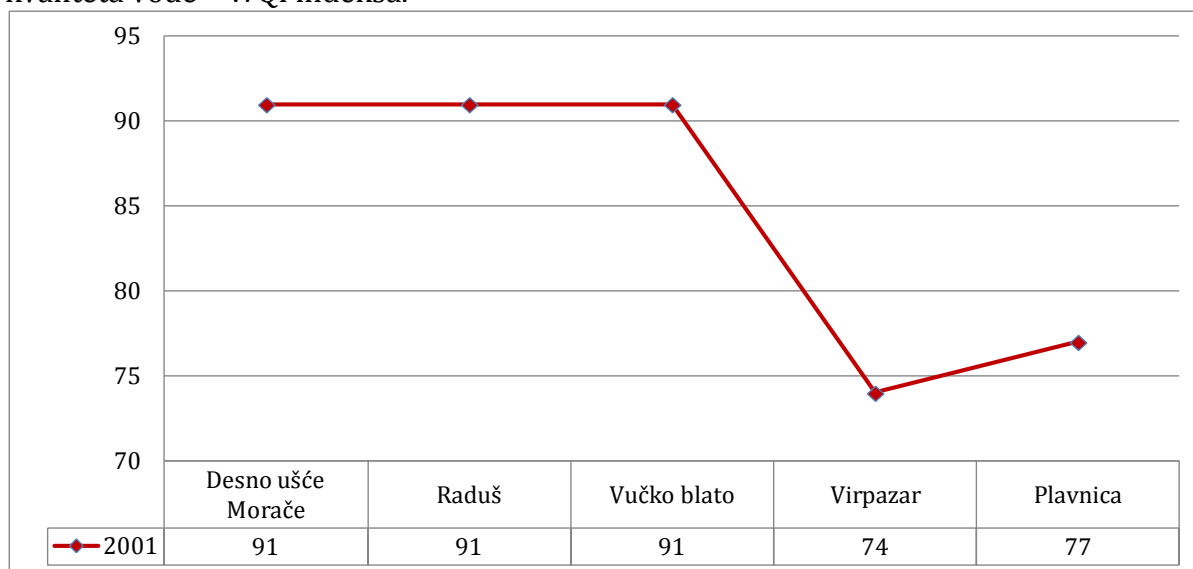
Vrijednost ASPT indeksa	Biološki kvalitet vode
4.81–5.40	vrlo dobar
4.21–4.80	dobar
3.61–4.20	srednji
3.01–3.60	slab
< 3	izuzetno slab



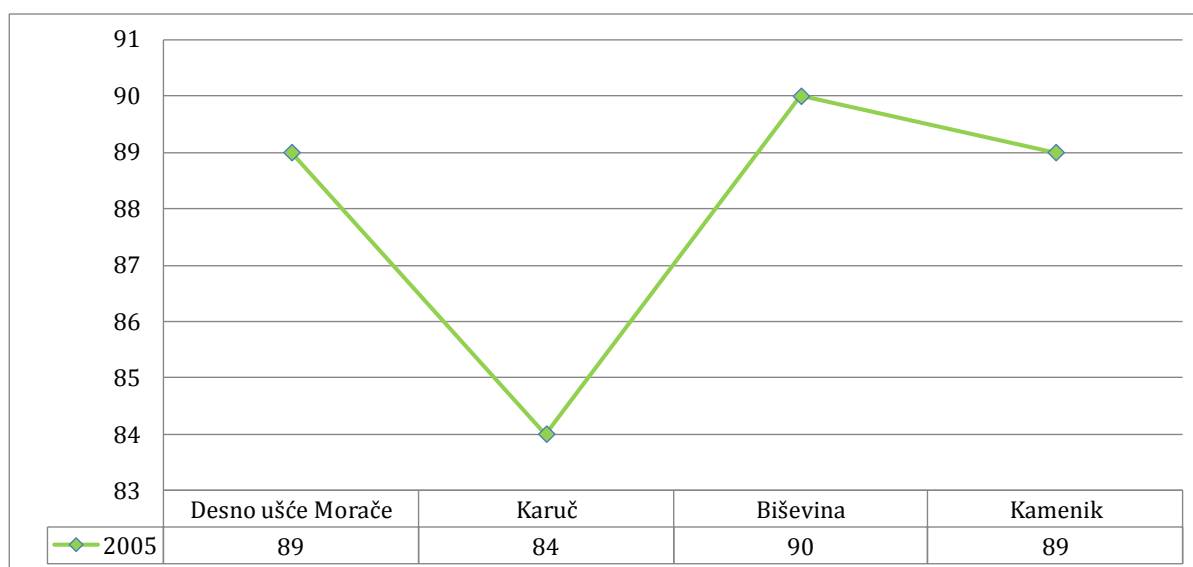
Tokom 2005. godine utvrđene su nešto drugačije vrijednosti ovog indeksa, a samim tim i kvaliteta vode. Naime, najniže vrijednosti indeksa (2.66 i 2.88), koje ukazuju na izrazito slab kvalitet vode su utvrđene u ljetnjem periodu na desnom ušću rijeke Morače i u blizini Kamenika. U istom periodu je na Plavnici utvrđen srednji kvalitet vode. U jesenjem periodu iste godine na većini lokaliteta je utvrđen srednji kvalitet vode. ASPT indeks je najveću vrijednost imao u proljećem periodu (4.00), na poziciji nedaleko od Vranjine. U proljeće 2007. godine na svim pozicijama konstatovan je slab kvalitet jezerske vode.

## 6.5. WQI indeks

Pored navedenih bioloških indikatora, evaluacija kvaliteta vode u Skadarskom jezeru, izvršena je i na osnovu fizičko-hemijskih indikatora. Kvantifikovanje različitih vrijednosti fizičko-hemijskih parametara u vodi je izvršeno izračunavanjem indeksa kvaliteta vode – WQI indeksa.



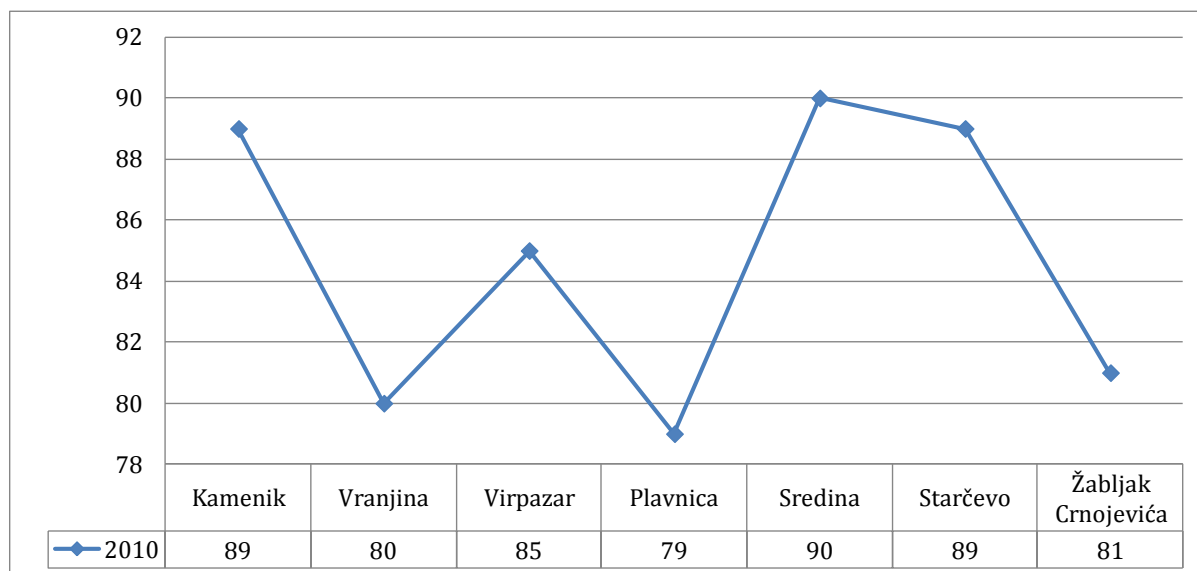
**Grafikon 19.** Vrijednosti indeksa kvaliteta vode (WQI) u Skadarskom jezeru u 2001. godini.



**Grafikon 20.** Vrijednosti indeksa kvaliteta vode (WQI) u Skadarskom jezeru u 2005. godini.

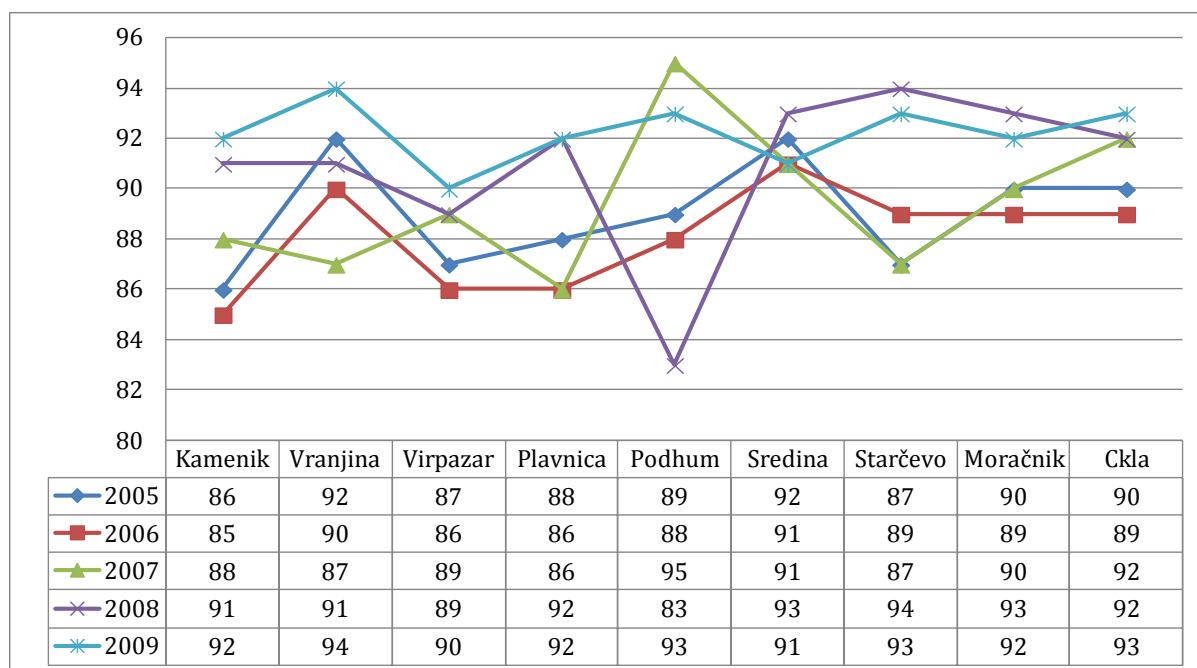
Vrijednosti WQI indeksa su praćene u periodu od 2001. do 2009. godine. Prema ovom indeksu može se konstatovati da je jezerska voda, na većini istraživanih lokaliteta, u navedenom periodu, bila veoma dobrog kvaliteta. Naime, tokom 2001. godine najniže vrijednosti indeksa su zabilježene u Virpazaru i Plavnici (74 i 77) što ukazuje na dobar kvalitet (grafikon 19.). To su ujedno i najniže vrijednosti indeksa za cijeli period.

Na ostalim pozicijama tokom 2001. vrijednost indeksa je iznosila 91, što ukazuje na odličan kvalitet vode (tabela 43.).



**Grafikon 21.** Vrijednosti indeksa kvaliteta vode (WQI) u Skadarskom jezeru u 2010. godini.

Tokom 2005. godine najniža vrijednost indeksa (84) je zabilježena na Karuču, a najviša (90) na lokalitetu Biševina, što indicira vrlo dobar, odnosno odličan kvalitet vode (grafikon 20.).



**Grafikon 22.** Vrijednosti indeksa kvaliteta vode (WQI) u Skadarskom jezeru u periodu od 2005. do 2009. godini (prema Đuraškoviću, 2010; modifikovano).

Na lokalitetima Plavnica, Žabljak Crnojevića i Vranjina tokom 2010. godine utvrđen je dobar kvalitet vode, a na svim ostalim pozicijama vrlo dobar (grafikon 21.).

Komparativna analiza WQI indeksa za petogodišnji period (2005.–2009.) ukazuje da je na većini istraživanih lokaliteta, u gotovo cijelom periodu, kvalitet vode bio vrlo dobar, odnosno odličan (grafikon 22. i tabela 43.). Prema podacima Agencije za životnu sredinu Crne Gore, srednja vrijednost ovog indeksa za Skadarsko jezero, u 2011. godini, iznosila je 85, što, takođe, ukazuje na vrlo dobar kvalitet jezerske vode.

**Tabela 43.** Referentne vrijednosti indeksa kvaliteta vode (WQI).

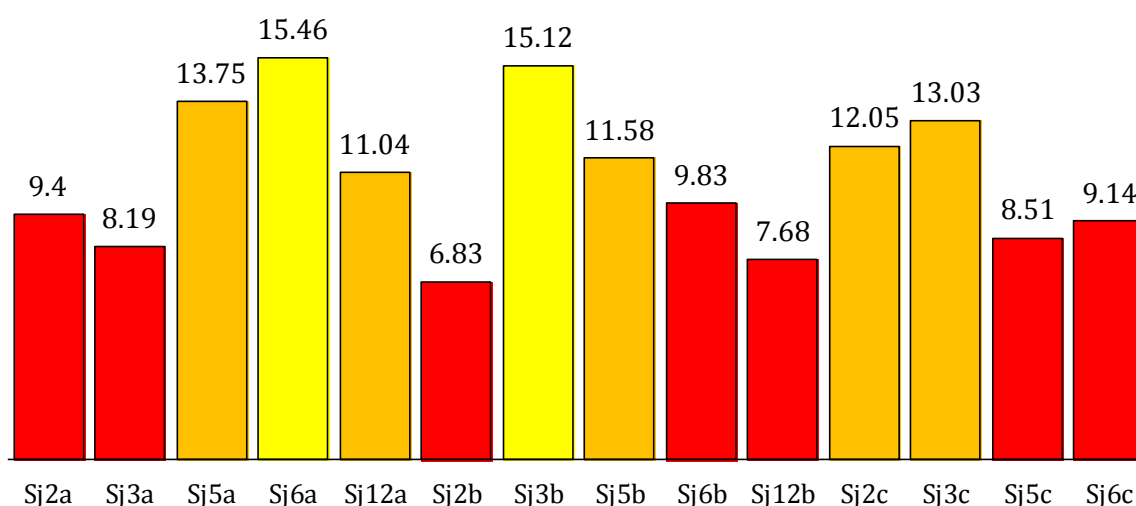
Vrijednost WQI indeksa	Kvalitet vode
90–100	odličan
84–89	vrlo dobar
72–83	dobar
39–71	loš
0–38	veoma loš

Budući da se na osnovu fizičko–hemijskih analiza, i vrijednosti indeksa, koje iz njih proizilaze, može odrediti samo trenutna koncentracija i frakcija datog polutanta, ali ne i koliki mu je toksični rizik po ekosistem, smatramo ih nepouzdanim pokazateljima pravog stanja vode Skadarskog jezera.

## 6.6. IOBL indeks

Biološki kvalitet sedimenta u Skadarskom jezeru je utvrđen izračunavanjem IOBL indeksa (Oligochaete Index of Sediment Bioindication in Lakes) (AFNOR, 2005).

### IOBL



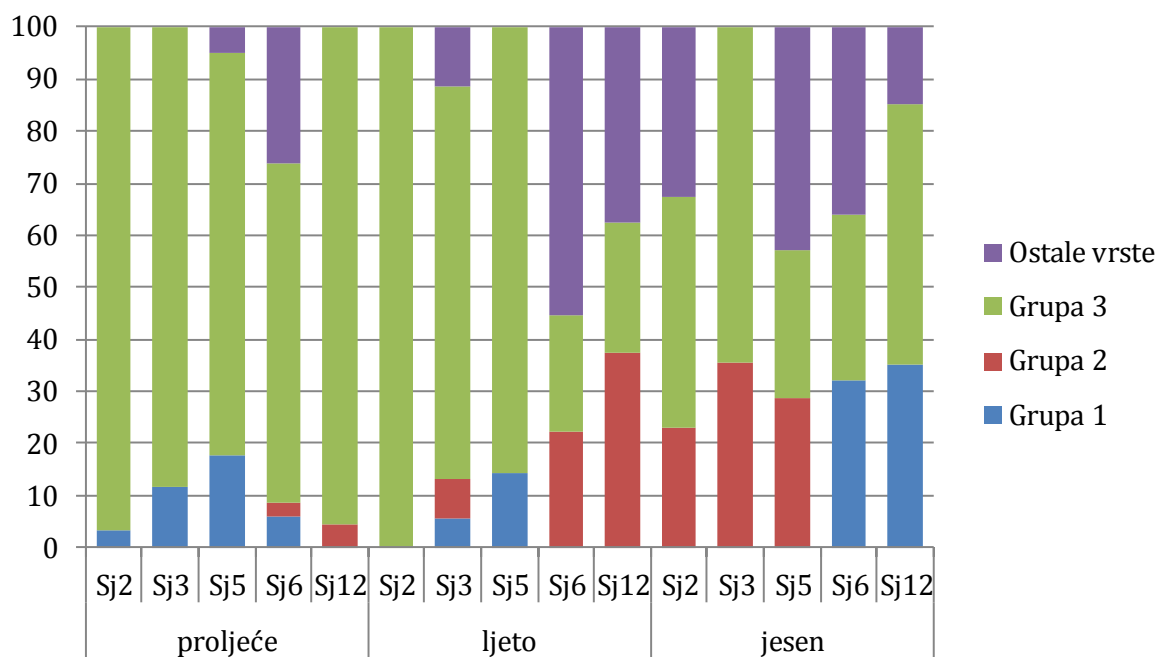
**Grafikon 23.** Vrijednosti IOBL indeksa na istraživanim pozicijama u Skadarskom jezeru tokom 2005. godine (a-proljeće, b-ljeto, c-jesen): ■ – umjeren kvalitet sedimenta; ■ – loš kvalitet sedimenta, ■ – izuzetno loš kvalitet sedimenta (prema Šundić & Radujković, 2012).

Budući da akvatične oligohete naseljavaju jezerski sediment i da su sa njim u stalnoj interakciji, one reaguju i na promjene u sedimentu, koje su uzrokovane različitim polutantima.

To su pokazale i vrijednosti IOBL indeksa na istraživanim pozicijama u Skadarskom jezeru. Naime, na osnovu vrijednosti ovog indeksa utvrđene su tri kategorije kvaliteta sedimenta u jezeru: izuzetno loš, loš i umjeren kvalitet. Vrijednosti ovog indeksa razlikovale su se u zavisnosti od istraživanog perioda, kao i od pozicije uzorkovanja. Najniže vrijednosti IOBL indeksa karakterišu one pozicije koje su izložene uticaju rijeke Morače, budući da ona donosi u jezero veliku količinu otpadnih voda, kako industrijskih, tako i komunalnih iz okolnog područja (tabela 5. i tabela 7.).

IOBL indeks imao je najveće vrijednosti u proljećnom periodu – 15.46, na poziciji Sj<sub>6</sub> (Plavnica) i u ljeto – 15.12, na poziciji Sj<sub>3</sub> (desno ušće Morače). Ovakve vrijednosti ukazuju na umjeren kvalitet sedimenta na ovim pozicijama. Na pozicijama Sj<sub>12</sub> i Sj<sub>5</sub> u proljećnom periodu utvrđen je loš kvalitet sedimenta, budući da su vrijednosti IOBL indeksa bile 11.04, odnosno 13.75. Loš kvalitet sedimenta je konstatovan i na pozicijama Sj<sub>2</sub> (12.05) i Sj<sub>3</sub> (13.03), u jesenjem periodu (grafikon 23.).

Pored IOBL indeksa, evaluacija kvaliteta sedimenta u Skadarskom jezeru je izvršena i na osnovu zastupljenosti tri grupe indikatorskih vrsta oligoheta koje imaju različitu toleranciju prema zagađenju. Na gotovo svim istraživanim pozicijama dominirale su vrste iz grupe 3, koje su indikatori visokog stepena zagađenja sedimenta (grafikon 24).



**Grafikon 24.** Zastupljenost vrsta oligoheta (%) koje imaju različitu toleranciju prema zagađenju sedimenta: Grupa 1 - osjetljive vrste, ne tolerišu zagađenje; Grupa 2 - vrste koje su indikatori prirodne distrofije ekosistema; Grupa 3 - vrste koje tolerišu zagađenje, indikatori visokog stepena organskog opterećenja (prema Šundić & Radujković, 2012; modifikovano).

U proljećnom i ljetnjem periodu je evidentna dominacija vrsta iz grupe 3, s tim da u ljetnjem periodu, na poziciji Sj<sub>12</sub>, vrste iz grupe 2 imaju nešto veće učešće (37.50%), u odnosu na vrste iz grupe 3 (25.00%), dok vrste iz grupe 1 odsustvuju. Na poziciji Sj<sub>6</sub>, u istom periodu, vrste iz grupe 2 i grupe 3 su podjednako zastupljene, sa po 22.22%. U jesenjem periodu vrste iz grupe 2 i 3 su, takođe, bile podjednako zastupljene, sa po 28.57%, na poziciji Sj<sub>5</sub> kao i vrste iz grupe 1, odnosno 3, na poziciji Sj<sub>6</sub>. Njihovo učešće u sedimentu je 32%. Vrste iz grupe 3 su bile prisutne na svim pozicijama tokom jesenjeg perioda, što nije slučaj sa vrstama iz preostale dvije grupe (grafikon 24).

Na osnovu vrijednosti IOBL indeksa, zaključuje se da je na većini istraživanih pozicija u Skadarskom jezeru, u proljećnom periodu utvrđen loš kvalitet sedimenta (grafikon 23). Na pozicijama na kojima su vrijednosti IOBL indeksa bile najniže, svojom brojnošću su dominirale vrste *Limnodrilus hoffmeisteri* i *Potamothrix hammoniensis* (Šundić & Radujković, 2012), koje tolerišu povećanu koncentraciju organske materije (i koje su indikatori zagađenog sedimenta). Dominacija vrsta iz grupe 3, u cijelom istraživanom periodu, na svim istraživanim pozicijama, koje su prema Lafontu (2007) indikatori visokog stepena zagađenosti ekosistema, potvrđuje stanje u jezerskom sedimentu..

U ljetnjem periodu su utvrđene izuzetno niske vrijednosti IOBL indeksa, što ukazuje na izuzetno loš biološki kvalitet sedimenta (grafikon 23). Da je kvalitet sedimenta zaista narušen na pozicijama Sj<sub>2</sub>, Sj<sub>12</sub> i Sj<sub>6</sub>, potvrdili su i rezultati proučavanja toksičnosti sedimenta Skadarskog jezera dobijeni primjenom kontaktnih testova na makrofitama (*Myriophyllum aquaticum* test i *Lemna* test). Primjenom pomenutih testova uočena je inhibicija rasta *Myriophyllum aquaticum* od 17% na sedimentu sa pozicije Sj<sub>12</sub> i 21% na sedimentu sa pozicije Sj<sub>2</sub>, kao i inhibicija rasta *Lemna* sp. od 20% na sedimentu sa pozicije Sj<sub>6</sub> (Stešević et al., 2007).

U jesenjem periodu su najniže vrijednosti IOBL indeksa zabilježene na pozicijama Sj<sub>5</sub>, Sj<sub>12</sub> i Sj<sub>6</sub>, što indicira izuzetno loš kvalitet sedimenta, dok je na preostale dvije pozicije Sj<sub>2</sub> i Sj<sub>3</sub> kvalitet sedimenta bio loš. Na većini pozicija sa lošim kvalitetom sedimenta dominirale su vrste koje su indikatori povećane količine organske materije, među kojima se svojom brojnošću ističe vrsta *Psammoryctides barbatus*, koja je čest stanovnik jezera u kojima odsustvuje stratifikacija i koja su bogata organskom materijom (Milbrink, 1973).

Važno je napomenuti da sediment u Skadarskom jezeru može i dalje da vrši mineralizaciju organske materije i time jezerski ekosistem, koji je evidentno ugrožen negativnim antropogenim pritiscima, i dalje održava u ekološkoj ravnoteži. Na to ukazuju vrijednosti IOBL indeksa koje su se kretale od 6.83 do 15.46, koje pored trenutnog kvaliteta sedimenta, označavaju i njegov metabolički potencijal. Umjereni potencijal ima sediment kod koga je  $6.1 \leq \text{IOBL} \leq 10$ , jak potencijal ima sediment kod koga je  $10.1 \leq \text{IOBL} \leq 15$  i veoma jak potencijal ima sediment kod koga je  $\text{IOBL} > 15$  (Lafont et al., 2010).

## 7. UTICAJ ZAGAĐENJA NA ŽIVI SVIJET I EVOLUCIJA PROMJENA

Unutar jednog vodenog sistema, biocenoze se mijenjaju ukoliko se mijenjaju i uslovi sredine u njemu. Još u XIX vijeku primijećeno je da su neke vrste manje otporne, a druge pak izuzetno tolerantne prema zagađenju prisutnom u vodenoj sredini. Već tada se počelo sa kreiranjem koncepta o bioindikatorskim organizmima, koji je danas uveliko razvijen.

Toksičnost polutanata u vodi i sedimentu nije moguće utvrditi utvrditi prostim mjerenjem njihove koncentracije, već se mora uzeti u obzir njihova dostupnost za živi svijet, kada su u pitanju zagađivači kao što su teški metali, odnosno stepen njihove razgradnje i uticaj na živi svijet, kada je organska materija u pitanju.

Analizom bioindikatorskih organizama Skadarskog jezera utvrđene su strukturno-funkcionalne promjene unutar njihovih zajednica, koje su odraz ekološkog stanja u jezerskom ekosistemu.

### 7.1. Ihtiofauna

**Tabela 44.** Indikatorske odlike pojedinih vrsta riba iz Skadarskog jezera, kada je u pitanju saprobnost (*S*-saprobnost valenca) i odlike njihovih populacija u 2001. godini u poređenju sa ranijim periodom, od prije 30 godina (prema Marić, 1995; 2001; modifikovano).

Vrsta ribe	<i>S</i>	Odlike populacije
<i>Alburnoides ohridanus</i> (ukljevica)	<b>o</b>	rijetka vrsta, populacija stabilna
<i>Alburnus scoranza</i> (ukljeva)	<b>β</b>	jako brojna populacija, ali oscilira
<i>Alosa fallax</i> (kubla)	<b>β</b>	populacija relativno stabilna
<i>Anguilla anguilla</i> (jegulja)	<b>β-α</b>	evidentan trend smanjenja brojnosti populacije
<i>Barbus rebeli</i> (jadranska mrena)	<b>β</b>	rijetka vrsta, populacija stabilna
<i>Carassius gibelio</i> (kinez)	<b>β-α</b>	jako brojna, populacija malo oscilira
<i>Chondrostoma ohridanum</i> (ohridski skobalj)	<b>o-β</b>	vrlo rijetka vrsta, zbog prelova
<i>Cobitis ohridana</i> (vijun)	<b>β</b>	rijetka vrsta, populacija stabilna
<i>Ctenopharyngodon idella</i> (bijeli amur)	<b>?</b>	brojnost populacije opada
<i>Cyprinus carpio</i> (šaran)	<b>β</b>	evidentan trend smanjenja brojnosti populacije
<i>Gasterosteus gymnurus</i> (bodonja)	<b>β</b>	rijetka vrsta, populacija stabilna
<i>Gobio skadarensis</i> (skadarska mrenica)	<b>β-α</b>	rijetka vrsta, populacija stabilna
<i>Hypophthalmichthys molitrix</i> (bijeli tolstolobik)	<b>?</b>	evidentan trend smanjenja brojnosti populacije
<i>Hypophthalmichthys nobilis</i> (sivi tolstolobik)	<b>?</b>	brojnost populacije opada
<i>Liza ramada</i> (cipol balavac)	<b>?</b>	migratorna vrsta
<i>Mugil cephalus</i> (skakavica)	<b>?</b>	migratorna vrsta
<i>Pachychilon pictum</i> (šaradan)	<b>o-β</b>	brojna vrsta, populacija stabilna
<i>Perca fluviatilis</i> (grgeč)	<b>β</b>	brojna vrsta, evidentan porast populacije
<i>Phoxinus phoxinus</i> (gaovica)	<b>o</b>	rijetka vrsta, populacija stabilna
<i>Rhodeus amarus</i> (gaovčica)	<b>β-α</b>	rijetka vrsta, populacija stabilna

Vrsta ribe	S	Odlike populacije
<i>Rutilus albus</i> (bijeli brcač)	$\beta$	brojna vrsta, populacija stabilna ili u blagom porastu
<i>Rutilus prespensis</i> (žutalj. brona)	$\beta$	brojna vrsta, evidentan porast populacije
<i>Salaria fluviatilis</i> (riječna slingurica)	$\beta$	rijetka vrsta, populacija stabilna
<i>Salmo farioides</i> (potočna pastrmka)	$x-o$	populacija konstantno rijetka
<i>Salmo marmoratus</i> (glavatica)	$o$	populacija rijetka, prisutne samo pojedinačne jedinke, razlog-prelov
<i>Scardinius erythrophthalmus</i> (crvenperka)	$\beta$	brojna vrsta, evidentan porast populacije
<i>Squalius platiceps</i> (skadarski klen)	$\beta$	brojna vrsta, populacija stabilna
<i>Telestes montenegrinus</i> (mekiš)	$\beta$	prisutne samo pojedinačne jedinke u sublakuštričnim izvorima

U Skadarskom jezeru je, do danas, poznato 50 vrsta riba, što se može konstatovati na osnovu radova različitih autora (Knežević, 1981; Marić, 1995; Bianco & Kottelat, 2005; Miller & Šanda, 2007 i Kovačić & Šanda, 2007).

Tokom istraživanja u 2001. godini konstatovano je samo njih 29. Evidentno je da su neke populacije jezerskih vrsta riba promijenile svoje odlike u odnosu na period od prije trideset godina. Dinamika promjena koja se ogleda u smanjenju ili povećanju brojnosti neke populacije, je bila različita za različite vrste (tabela 44.).

Naime, populacije deset vrsta imale su trend smanjenja brojnosti, dok je kod četiri vrste uočen trend povećanja brojnosti populacije. Ipak za najveći broj vrsta, njih dvanaest, konstatovana je stabilnost u populaciji.

Za većinu ovih vrsta analizirane su saprobne valence i utvrđena su njihova indikatorska svojstva. Najveći broj vrsta je indikator  $\beta$ -mezosaprobno i  $\beta$ - $\alpha$ -mezosaprobno stupnja. Vrijednost saprobnog indeksa, dobijena na osnovu riblje populacije kao bioindikatora iznosila je 1.93 (Marić, 2001), što ukazuje na  $\beta$ -mezosaprobni stupanj u vodi Skadarskog jezera, odnosno da se radi o vodi II kategorije, koju karakteriše umjereno zagađenje.

Svakako da su ovi podaci podložni promjenama, ako uzmemo u obzir činjenicu da se radi o podacima od prije desetak godina, kao i da u Skadarskom jezeru još uvijek nije sprovedeno jedno detaljno i sveobuhvatno istraživanje ihtiofaune, radi utvrđivanja promjena u populacijama i procjene ribljeg fonda.

## 7.2. Ornitofauna

Skadarsko jezero je jedno od 5 najznačajnijih zimovališta za ptice u Evropi. U periodu od 1991. do 2009. ovdje je u prosjeku zimovalo 150 000 jedinki (Saveljić, 2009). Zapaža se da je u periodu od 1991. do 1999. postojala nešto veća stabilnost u broju jedinki, u odnosu na kasniji period, kada su kolebanja brojnosti znatno izraženija i veća (tabela 45.). Maksimalan broj jedinki je utvrđen 1999. godine, kada je na jezeru prebrojano 250571 ptica, a najniži u 2006. godini – 32 918 jedinki. Uprkos evidentnom smanjenju broja jedinki, kriterijum o broju zimujućih ptica u vlažnim zonama, koji

propisuje Ramsarska konvencija nije narušen, budući da prema njemu taj broj treba da bude  $\geq 20\ 000$ .

**Tabela 45.** Rezultati zimskog prebrojavanja ptica – IWC (International Water Census) na Skadarskom jezeru u periodu od 1991. do 2009. godine (prema Saveljiću, 2009).

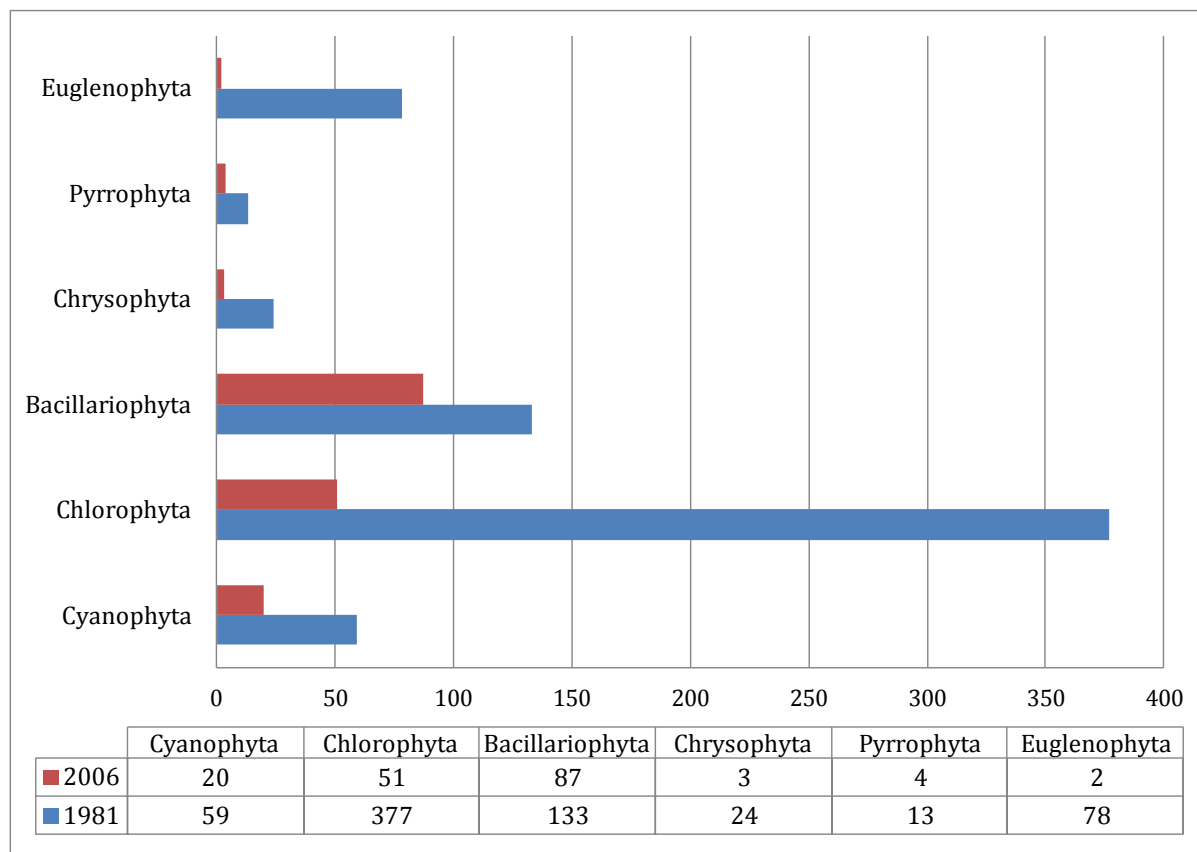
Godina	Broj jedinki
1991	150 846
1992	178 765
1993	222 792
1994	160 119
1995	207 469
1996	192 190
1997	164 616
1998	244 313
1999	250 571
2000	96 977
2001	nije bilo brojanja
2002	nije bilo brojanja
2003	nije bilo brojanja
2004	85 727
2005	35 114
2006	32 918
2007	107 620
2008	148 697
2009	49 259

Postoje indicije da se u Skadarskom jezeru smanjio broj indikatorskih vrsta ptica (*Phalacrocorax pygmeus*, *Aythya nyroca*, *Aythya ferina*, *Pelecanus crispus* i *Ardea cinerea*) (Saveljić, 2009), ali kako fluktuacija brojnosti njihovih populacija nema određenu pravilnost, nemoguće je se sa sigurnošću utvrditi koji faktori i u kojoj mjeri dovode do ovih promjena. Očigledno je da ukupno stanje kvaliteta životne sredine u ovom ekosistemu, koje je najvećim dijelom posljedica antropogenog djelovanja, utiče i na veoma osjetljivu grupu, kao što su ptice. Najveći negativan antropogeni uticaj imala je izuzetno duga sezona lova koja je trajala od polovine avgusta do polovine marta, iako je danas Prostornim planom posebne namjene Nacionalnog parka "Skadarsko jezero", dokumentom usvojenim 2001. godine, od strane Skupštine Republike Crne Gore, predviđena zabrana lova na ptice u zoni Nacionalnog parka "Skadarsko jezero". Pored ribolovaca, lovaca, krivolovaca, razvoj turizma je, takođe, uticao na uznemiravanje ove grupe organizama. I među prirodnim faktorima ima onih koji mogu negativno da se odraze na ornitofaunu. To su: promjena klime, koja može da utiče na stanje zimujućih populacija, na dolazak, odlazak i boravak ptica na Skadarskom jezeru, (budući da je 90% njegove ornitofaune pokretno) i fluktuacija nivoa jezerske vode koja direktno utiče na ekologiju gniježdenja.



### 7.3. Fitoplankton

U fitoplanktonskoj zajednici Skadarskog jezera su se desile značajne kvalitativno-kvantitativne promjene u poslednjih tridesetak godina. Zapaža se trend smanjenja broja vrsta svih razdjela algi u odnosu na ranija istraživanja.



**Grafikon 25.** Komparativni prikaz broja vrsta različitih fitoplanktonskih grupa u Skadarskom jezeru (prema Petković, 1981; Rakočević, 2006).

Naime, prema ranijim istraživanjima (Petković, 1981) u Skadarskom jezeru su dominirale zelene alge (Chlorophyta) sa 377 različitih vrsta (grafikon 25.). Danas ovaj razdio algi broji 51 vrstu (Rakočević, 2006), što je značajan pad u odnosu na prethodni period. Silikatne alge (Bacillariophyta) su danas zastupljene sa 87 vrsta, dok je ranije taj broj iznosio 133. Smanjenje broja vrsta je zapaženo i kod Cyanophyta, Pyrrophyta, Chrysophyta i Euglenophyta.

Nasuprot smanjenju broja vrsta, gustina populacije fitoplanktona se povećala u odnosu na ranije istraživani period od 3 do čak 20 puta na nekim lokalitetima (tabela 46.). Gustina populacije je, u ranijem periodu, bila najmanja na lokalitetu Raduš –  $0.25 \times 10^6$  ind/l, a najveća na lokalitetu sredina II –  $0.65 \times 10^6$  ind/l. Prema poslednjim istraživanjima (Rakočević, 2006), na lokalitetu lijevo ušće Morače, gustina fitoplanktona je najmanja –  $1.3 \times 10^6$  ind/l, dok je najveća na lokalitetu Raduš –  $4.9 \times 10^6$  ind/l. Porast brojnosti algi u Skadarskom jezeru je posljedica povećane koncentracije i količine nutrijenata u jezeru u odnosu na raniji period.

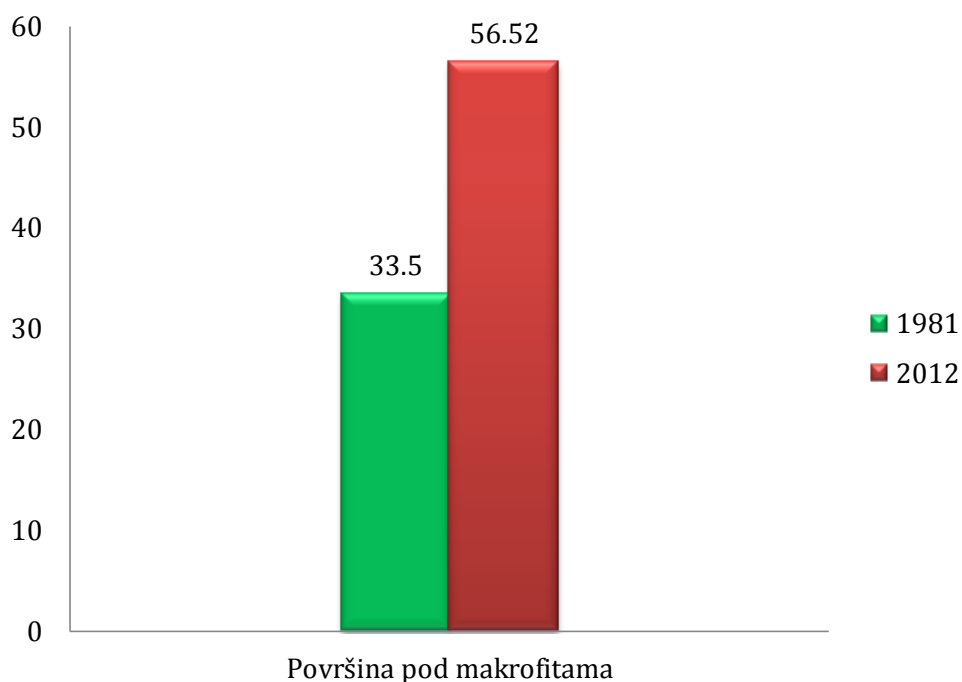
**Tabela 46.** Ukupna brojnost fitoplanktona Skadarskog jezera (ind/l) u različitim periodima istraživanja (prema Rakočević, 2006).

Lokaliteti	Ukupna brojnost fitoplanktona u Skadarskom jezeru (ind/l)	
	(Petković, 1981)	(Rakočević, 2006)
<b>Raduš</b>	0.25 x 10 <sup>6</sup>	4.9 x 10 <sup>6</sup>
<b>Sredina I</b>	0.26 x 10 <sup>6</sup>	2.7 x 10 <sup>6</sup>
<b>Lijevo ušće Morače</b>	0.42 x 10 <sup>6</sup>	1.3 x 10 <sup>6</sup>
<b>Petrovo</b>	0.36 x 10 <sup>6</sup>	2.3 x 10 <sup>6</sup>
<b>Sredina II</b>	0.65 x 10 <sup>6</sup>	3.4 x 10 <sup>6</sup>
<b>Plavnica</b>	0.32 x 10 <sup>6</sup>	1.7 x 10 <sup>6</sup>

#### 7.4. Makrofite

Zajednica vodenih makrofita u Skadarskom jezeru je bolje razvijena u sjevernom dijelu jezera, budući da je jezersko dno sa sjeverne strane ravno i da se blago spušta ka južnoj i jugozapadnoj obali koja je strma. Makrofite Skadarskog jezera, posebno submerzne, imaju značajnu ulogu u kruženju nutrijenata u njemu.

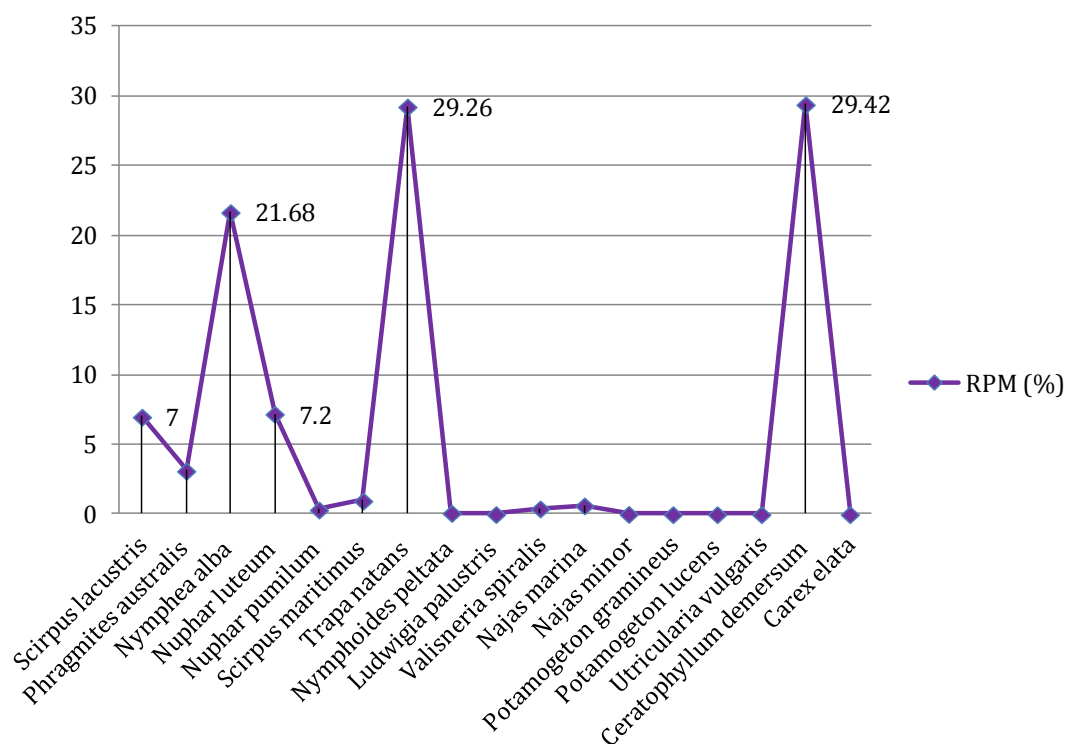
Zajednica makrofita Skadarskog jezera je, kao i ostali živi svijet jezera, doživjela promjene u posljednjih trideset godina. Naime, površina pod makrofitskom vegetacijom nekada je iznosila 33.5 km<sup>2</sup> (Ristić & Vizi, 1981), dok je danas znatno veća i približno iznosi 56.52 km<sup>2</sup> (grafikon 26.).



**Grafikon 26.** Površina pod makrofitama (km<sup>2</sup>) u Skadarskom jezeru u 1981. i u 2012. godini.

Ovaj podatak je dobijen na osnovu procjene, budući da nema dovoljno istraživanja na osnovu kojih bi se tačno mogle utvrditi kvalitativno–kvantitativne promjene u ovoj zajednici.

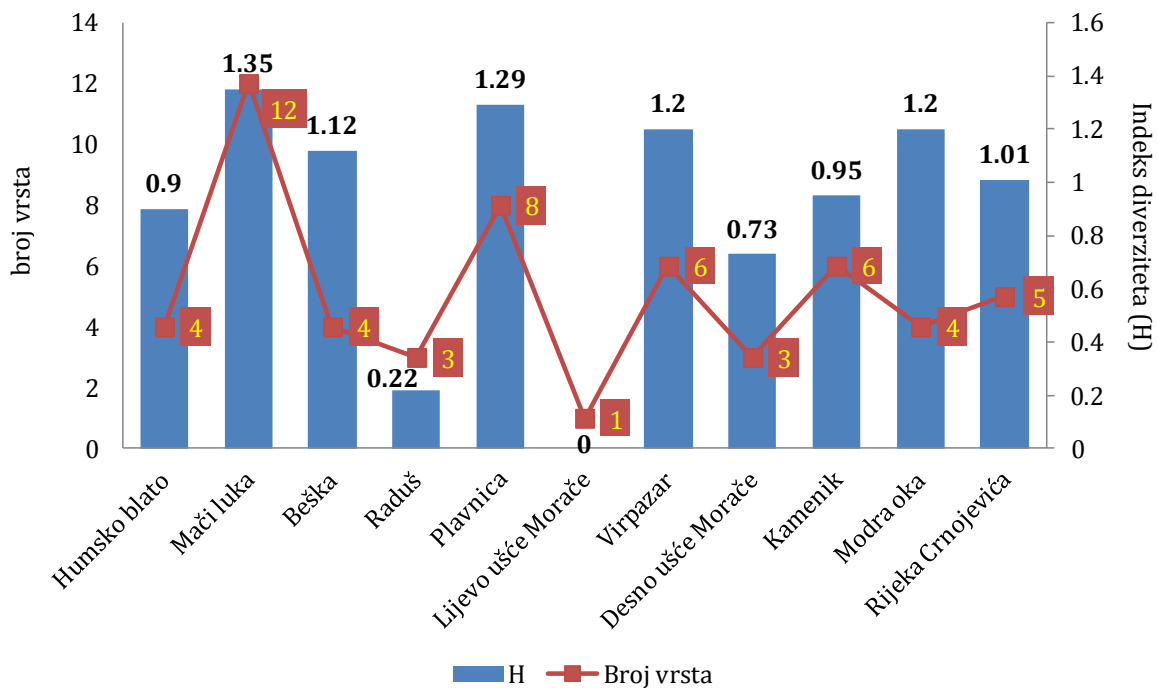
U Skadarskom jezeru je do danas poznato 164 vrste makrofita. Tokom istraživanja u 2006. godini (jul–septembar) konstatovano je 17 vrsta na jedanaest različitih pozicija (Katnić, 2007). Vrijednosti RPM indeksa koji označava relativni kvantitet, tj. dominantnost neke vrste u zajednici (Kohler & Janauer, 1995) se kretala od 0 do 29.42%. Vrsta *Ceratophyllum demersum* je dominirala u ovom periodu istraživanja (29.42%). Druga po dominantnosti je vrsta *Trapa natans* (29.26%), zatim slijede *Nymphaea alba* sa 21.68%, *Nuphar luteum* sa 7.2% i *Scirpus lacustris* sa 7% (grafikon 27.).



**Grafikon 27.** Indeks relativnog kvantiteta vrsta makrofita u Skadarskom jezeru – RPM (%) (prema Katnić, 2007; modifikovano).

Vrste koje su dominirale u makrofitskoj zajednici: *Ceratophyllum demersum*, *Trapa natans*, *Nymphaea alba*, *Nuphar luteum* i *Scirpus lacustris* predstavljaju indikatore eutrofne sredine, odnosno organskog opterećenja (Stojanović et al., 1998).

Vrijednost indeksa diverziteta se kretala od 0 na lijevom ušću Morače, pa do 1.35 na lokalitetu Mači luka. Upravo na ovom lokalitetu je broj vrsta bio najveći – 12, dok je na lokalitetu lijevo ušće Morače utvrđena samo jedna vrsta u istraživanom periodu (grafikon 28.).



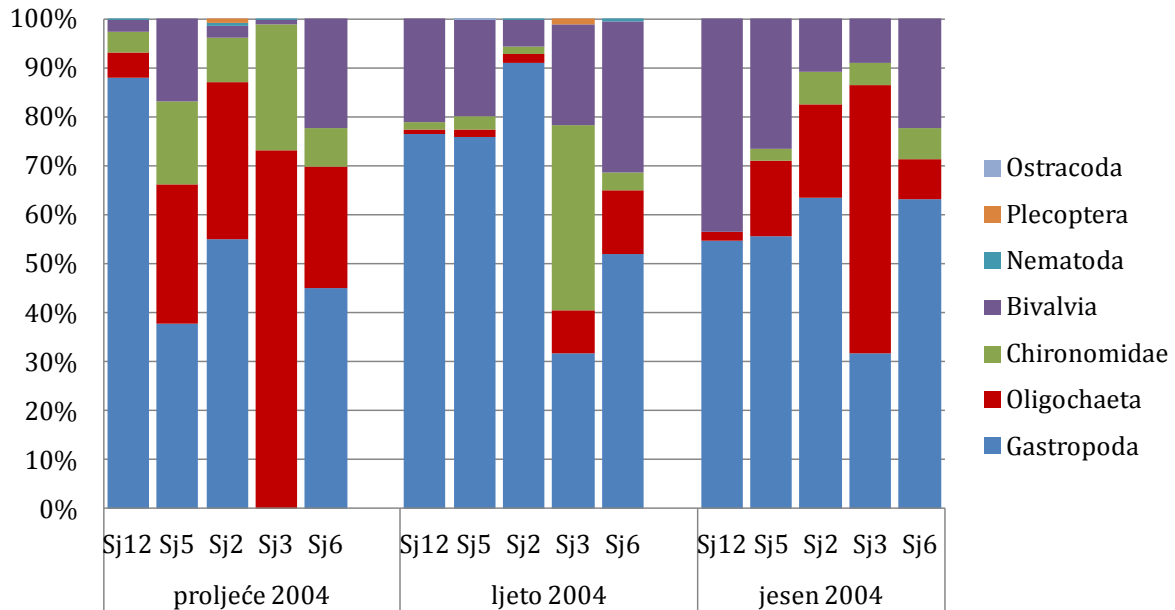
**Grafikon 28.** Indeks diverziteta (H) i broj vrsta makrofita na istraživanim lokalitetima u Skadarskom jezeru (prema Katnić, 2007; modificirano).

## 7.5. Makrozoobentos

U bentoskoj fauni Skadarskog jezera prisutne se različite grupe organizama: **Gastropoda** (Bithynidae, Hydrobiidae, Lymnaeidae, Neritidae Physidae, Planorbiidae, Thiaridae, Valvatidae, Viviparidae), **Oligochaeta** (Naidinae, Tubificinae, Lumbriculidae, Lumbricidae), **Bivalvia** (Dreissenidae, Sphaeridae, Unionidae), **Insecta** (Chaoboridae, Chironomidae, Coleoptera, Neuroptera, Plecoptera, Tabanidae, Trichoptera), **Nematoda**, **Hirudinea**, **Crustacea** (Amphipoda, Ostracoda) i **Turbellaria**.

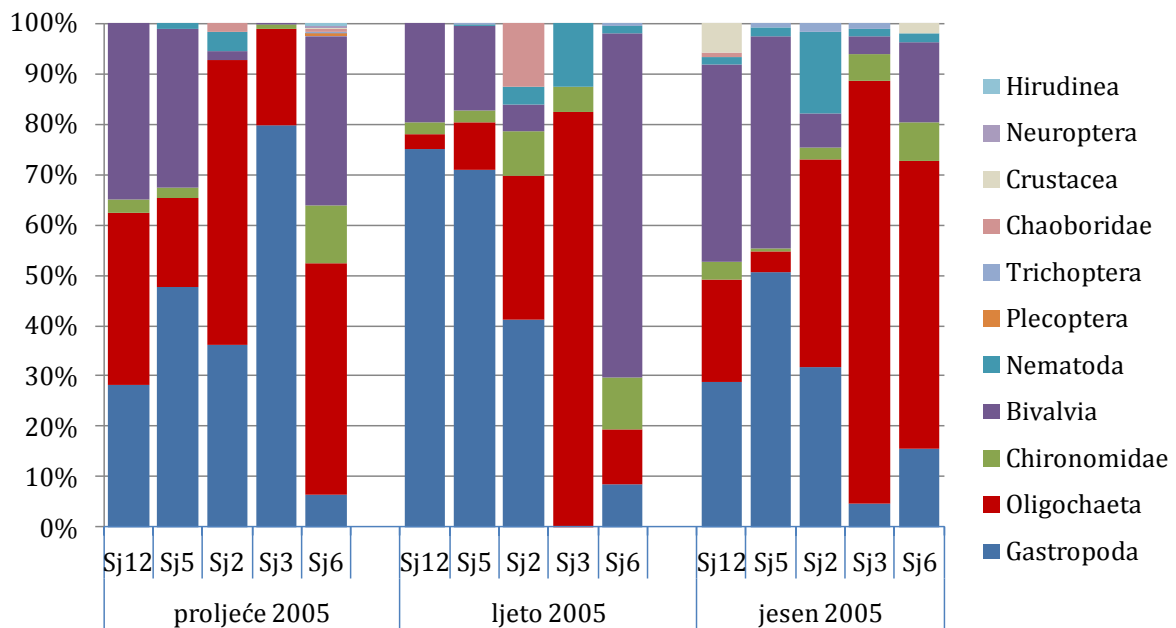
U periodu od 2004. do 2007. godine zapažene su kvalitativno–kvantitativne razlike u fauni dna Skadarskog jezera.

Naime, u 2004. godini, u svim sezonama, na gotovo svim istraživanim lokalitetima, dominirale su Gastropoda sa procentualnim učešćem od 30% pa do čak 90% (grafikon 29.) (Šundić & Karaman, 2004). Izuzetak je jedino desno ušće Morače, na kome su, u proljećnoj sezoni, dominirale Oligochaeta sa preko 70%. Takođe se zapaža da su Gastropoda, Oligochaeta i Chironomidae tri dominantne grupe u jezeru tokom 2004. godine. Oni pripadaju III grupi makrozoobentoskih organizama, koja toleriše organsko zagađenje (Sharpe et al., 2002), pa se smatraju indikatorima istog.



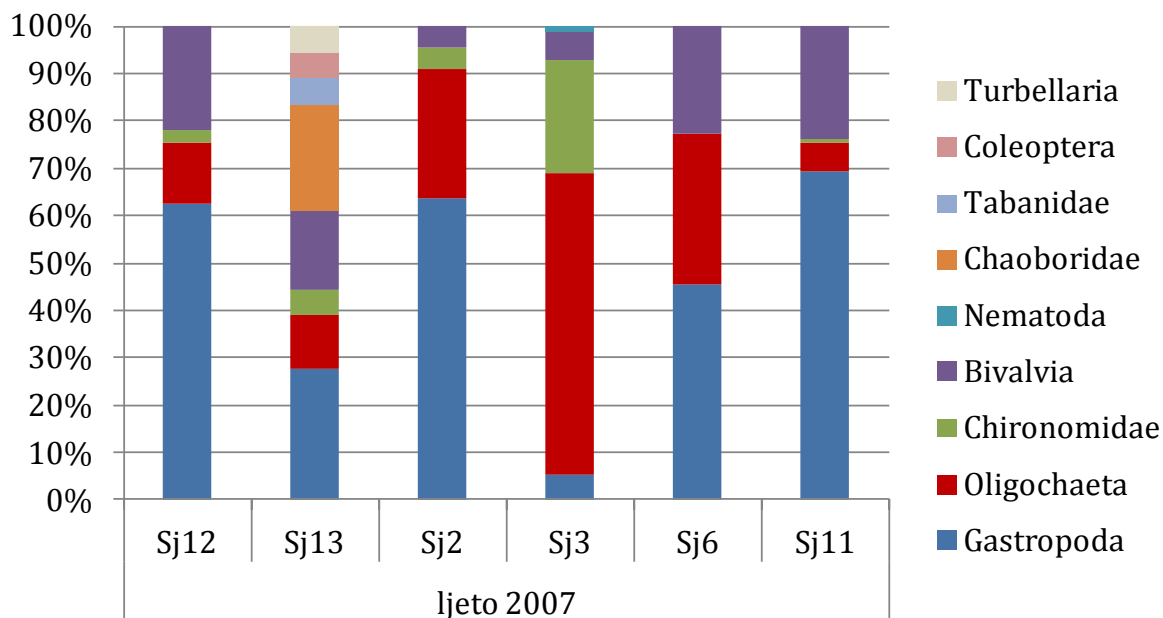
**Grafikon 29.** Procentualno učešće (%) različitih bentoskih grupa u sedimentu Skadarskog jezera tokom 2004. godine.

U 2005. godini u bentoskoj zajednici se, takođe, zapaža dominacija Oligochaeta, Gastropoda i Chironomidae-a, s tim da je tokom ove godine u sedimentu Skadarskog jezera bilo prisutno više različitih makrozoobentoskih grupa u odnosu na 2004. godinu (grafikon 30.) (Šundić et al., 2005). Zapaža se da je procentualno učešće insekatskih grupa, koje pripadaju I grupi makrozoobentoskih organizama i koje su osjetljive prema zagađenju, izrazito malo u zajednici. Evidentno je da je došlo do redukcije brojnosti ovih indikatora čistih voda u korist indikatora III grupe.



**Grafikon 30.** Procentualno učešće (%) različitih bentoskih grupa u sedimentu Skadarskog jezera tokom 2005. godine.

Sličan kvalitativno–kvantitativni sastav bentoske zajednice je utvrđen i u 2007. godini. Kao što je prikazano na grafikonu 31., Gastropoda i Oligochaeta su ponovo dominirali u zajednici na gotovo svim lokalitetima. Njihovo procentualno učešće se kretalo od 40% do čak 90%.



**Grafikon 31.** Procentualno učešće (%) različitih bentoskih grupa u sedimentu Skadarskog jezera u 2007. godini.

### 7.5.1. Oligohete

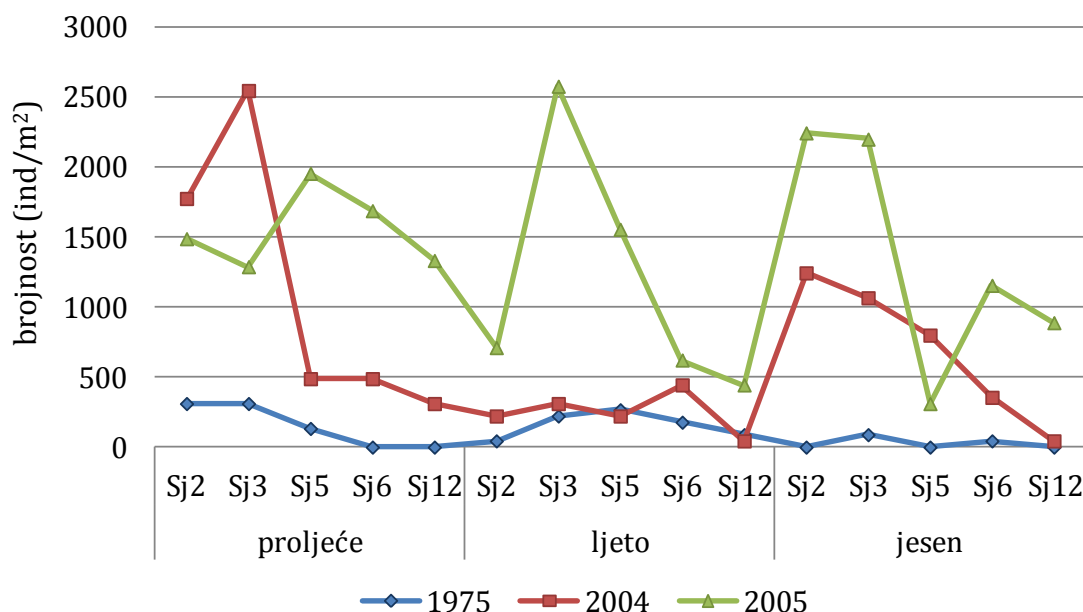
Komparativnom analizom brojnosti i biomase akvatičnih oligoheta u različitim sezonama tokom 1975., 2004. i 2005. zapažaju se značajne razlike. Naime, i kada je brojnost i biomasa ovih organizama u pitanju, evidentan je trend porasta kroz tridesetogodišnji period (grafikon 32).

U proljećnoj sezoni 1975. godine, abundancija oligoheta se kretala od 0 (Sj<sub>6</sub>, Sj<sub>12</sub>) do 311.08 ind/m<sup>2</sup> (Sj<sub>2</sub>, Sj<sub>3</sub>). U istoj sezoni, u 2004. godini, minimalna gustina populacije je iznosila 311.08 ind/m<sup>2</sup> (Sj<sub>12</sub>), a maksimalna 2 547.0 ind/m<sup>2</sup> (Sj<sub>3</sub>). U 2005. godini brojnost oligoheta, u proljećnoj sezoni, se kretala od 1 288.83 ind/m<sup>2</sup> (Sj<sub>3</sub>) do 1 955.49 ind/m<sup>2</sup> (Sj<sub>5</sub>).

U ljetnjoj sezoni 1975. godine, oligohete su bile najbrojnije na poziciji Sj<sub>5</sub> (266.64 ind/m<sup>2</sup>), dok je najmanja brojnost utvrđena na poziciji Sj<sub>2</sub> (44.44 ind/m<sup>2</sup>). U istom periodu u 2004. godini, brojnost oligoheta se kretala od 44.44 ind/m<sup>2</sup> (Sj<sub>12</sub>) do 444.44 ind/m<sup>2</sup> (Sj<sub>6</sub>). U 2005. godini je zabilježena znatno veća brojnost u odnosu na prethodne godine. Ona se kretala od 444.44 ind/m<sup>2</sup> (Sj<sub>12</sub>) do 2 577.67 ind/m<sup>2</sup> (Sj<sub>3</sub>).

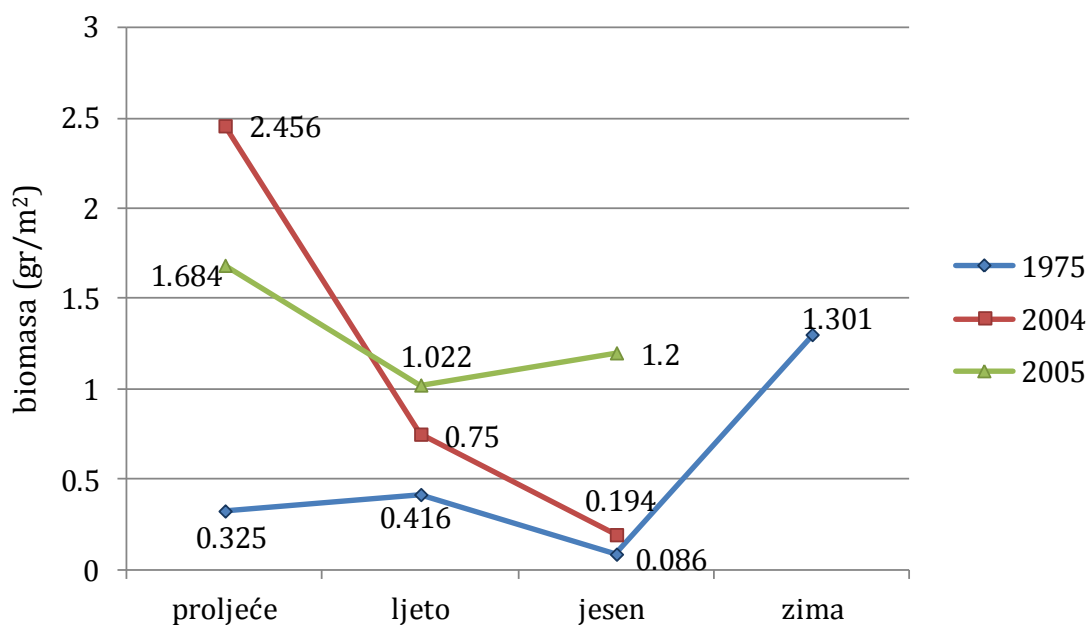
U jesenjoj sezoni 1975. godine bio je evidentan pad brojnosti u odnosu na prethodne dvije sezone. Na tri lokaliteta oligohete uopšte nisu konstatovane, dok je na preostala dva njihova brojnost bila izuzetno niska: 44.44 ind/m<sup>2</sup> (Sj<sub>6</sub>) i 88.88 ind/m<sup>2</sup> (Sj<sub>3</sub>). U istom periodu 2004. godine minimalna brojnost je iznosila 44.44 ind/m<sup>2</sup> (Sj<sub>12</sub>), a

maksimalna 1 244.44 ind/m<sup>2</sup> (Sj<sub>2</sub>). U 2005. godini abundancija oligoheta se kretala u opsegu od 311.08 ind/m<sup>2</sup> (Sj<sub>5</sub>) do 2 244.40 ind/m<sup>2</sup> (Sj<sub>2</sub>).



**Grafikon 32.** Ukupna brojnost oligoheta (ind/m<sup>2</sup>) na istraživanim lokalitetima u Skadarskom jezeru tokom 1975., 2004. i 2005. godine (prema Karaman & Nedić, 1981; Šundić, 2007; Šundić & Radujković, 2012; modifikovano).

Rezultati istraživanja broja vrsta i ukupnog broja individua oligoheta u Skadarskom jezeru ne ukazuju na pravilnost sezonskih promjena. Ovo govori o mogućem uticaju hidrografskih i meteoroloških faktora, kao i zagađenja, na dinamiku brojnosti oligoheta.



**Grafikon 33.** Ukupna biomasa oligoheta (gr/m<sup>2</sup>) u Skadarskom jezeru tokom 1975., 2004. i 2005. godine (prema Karaman & Nedić, 1981; Šundić, 2007; modifikovano).

Ipak, može da se konstatuje veliki porast broja individua na istraživanim pozicijama u poređenju sa rezultatima istraživanja iz 1975. godine (Karaman & Nedić, 1981).

Sa porastom brojnosti u tridesetogodišnjem periodu konstatovano je i povećanje biomase oligoheta.

**Tabela 47.** Vrste oligoheta Skadarskog jezera sa izraženim indikatorskim odlikama prema fizičko-hemijskim odlikama vode i sedimenta (prema Šundić & Radujković, 2012; modifikovano): (+)=pozitivna korelacija, (-)=negativna korelacija.

<b>NAIDIDAE</b> <b>Naidinae</b>	<b>Fizički i hemijski parametri vode i sedimenta</b>
1. <i>Dero obtusa</i>	(+): pH, O <sub>2</sub> (mg/l), O <sub>2</sub> (%) (u vodi) (-): acenaften, Cd i Zn (u sedimentu)
2. <i>Nais barbata</i>	(-): Hg i fenoli (u vodi)
3. <i>N. communis</i>	(+): NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , Mn, rastvoreno Fe, nitriti (u vodi); ukupna koncentracija PAH (u sedimentu) (-): F (u sedimentu)
4. <i>N. elinguis</i>	(+): elektroprovodljivost, redoks potencijal (u vodi) (-): O <sub>2</sub> (mg/l), O <sub>2</sub> (%) (u vodi); acenaften, Cd i Zn (u sedimentu)
<b>Tubificinae</b>	
5. <i>Aulodrilus plurisetus</i>	(+): elektroprovodljivost u vodi, temperatura vode, redoks potencijal (-): O <sub>2</sub> (mg/l), O <sub>2</sub> (%) (u vodi)
6. <i>Ilyodrilus templetoni</i>	(+): HPK, mutnoća, suspendovane materije, Mn, rastvoreno Fe, temperatura i redoks potencijal (u vodi); Cd i mineralna ulja (u sedimentu) (-): O <sub>2</sub> (mg/l), O <sub>2</sub> (%) (u vodi); acenaften, Cd i Zn (u sedimentu)
7. <i>Isochaetides michaelsoni</i>	(-): Hg i fenoli (u vodi)
8. <i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	(+): azot, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (u vodi); acenaften, benzo(ghi)-perilen (u sedimentu) (-): dibenz(ah)-antracen (u sedimentu)
9. <i>L. udekemianus</i>	(+): HPK, mutnoća, suspendovane materije, Mn, rastvoreno Fe (u vodi); Cd i mineralna ulja (u sedimentu) (-): O <sub>2</sub> (mg/l), O <sub>2</sub> (%) (u vodi)
10. <i>Potamothrix hammoniensis</i>	(+): temperatura, nitrati, elektroprovodljivost (u vodi); Zn, Cu, acenaften, benzo(ghi)-perilen (u sedimentu) (-): dibenz(ah)-antracen (u sedimentu)
11. <i>Psammoryctides albicola</i>	(+): HPK, mutnoća, suspendovane materije, Mn, rastvoreno Fe, nitriti (u vodi); Cd i mineralna ulja (u sedimentu) (-): O <sub>2</sub> (mg/l), O <sub>2</sub> (%) (u vodi)
12. <i>Tubifex tubifex</i>	(+): temperatura, redoks potencijal, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (u vodi); Hg, benzo(k)-fluoranten, benzo(a)piren, piren, fluoranten (u sedimentu) (-): O <sub>2</sub> (mg/l), O <sub>2</sub> (%) (u vodi)



U 1975. godini biomasa oligoheta u Skadarskom jezeru se kretala od 0.086 gr/m<sup>2</sup> u jesenjem periodu pa do 1.301 gr/m<sup>2</sup> u zimskom periodu godine. Za 2004. i 2005. godinu ne postoje vrijednosti za zimski period godine, jer nije bilo istraživanja. U 2004. biomasa je bila najmanja u jesen – 0.194 gr/m<sup>2</sup>, a najveća u proljeće 2.456 gr/m<sup>2</sup>. U 2005. godini biomasa oligoheta je bila najveća, takođe u proljeće, i iznosila 1.684 gr/m<sup>2</sup>, a najmanja u ljetnjem periodu godine – 1.002 gr/m<sup>2</sup>.

Analizom oligohetne zajednice u Skadarskom jezeru, zapaža se prisustvo 20 indikatorskih vrsta. Pored toga što predstavljaju indikatore trofije i saprobnosti (poglavlje 6.), pojedine vrste (njih 12) su pokazale određena indikatorska svojstva i prema fizičkim i hemijskim karakteristikama vode i sedimenta ovog jezera (tabela 47.).

Budući da živi organizmi reaguju promjenom brojnosti, biomase i/ili sastava vrsta na promjene u ekosistemu i registruju trajne, dugoročne posljedice zagađenja, možemo ih smatrati indikatorima kapaciteta sredine da primi određena opterećenja. Živi organizmi akvatičnih ekosistema predstavljaju integratore svih događaja u ekosistemu, bilo da se radi o prirodnim ili vještačkim promjenama.

Na osnovu navedenog se može zaključiti da oligohete i drugi makrozoobentoski organizmi, kao i ostali živi svijet Skadarskog jezera, o kome je bilo riječi u ovom poglavlju, predstavljaju dobre indikatore stanja životne sredine.

## **7.6. Bioakumulacija**

Jedan od načina da se utvrdi i kvantifikuje uticaj zagađujućih materija na neki ekosistem jeste praćenje njegovog efekta na živi svijet kroz procese bioakumulacije i biokoncentracije.

Bioakumulacija predstavlja akumuliranje toksičnih i štetnih supstanci iz vode i sedimenta nekog ekosistema u živim organizmima. Biokoncentracija predstavlja povećanje akumulirane koncentracije nekog polutanta kroz lanac ishrane. Što je organizam složeniji, odnosno ako se nalazi na višem stupnju u lancu ishrane, koncentracija akumuliranog polutanta u njemu je znatno veća. Koncentracije polutanata u vodi ili sedimentu mogu da budu naizgled niske i da ne prelaze MDK, ali nakon akumulacije od strane živog svijeta, njihove koncentracije, usled navedenih procesa, postaju rizične po živi svijet i uopšte vodeni ekosistem.

### **7.6.1. Bioakumulacija u makrofitama**

U periodu od 1990. do 2005. godine vršena su mjerenja koncentracije teških metala, PAH-ova, PCB-a, mineralnih ulja, masti u makrofitama Skadarskog jezera.

U periodu od 1990. do 1996. minimalne koncentracije PCB-a u uzorcima makrofita su se kretale od 0.007 µg/kg, na Plavnici i Grmožuru, do 1.22 µg/kg na desnom ušću Morače, a maksimalne od 0.225 µg/kg, na Vranjini, do 11 040 µg/kg na desnom ušću Morače (tabela 48.). Zapaža se da su koncentracije ovog polutanta bile najveće u makrofitama desnog ušća Morače. Na lokalitetu lijevo ušće Morače minimalna koncentracija PCB-a je bila oko 9 puta veća u odnosu na koncentraciju istog polutanta u vodi, a maksimalna čak 427 puta veća u odnosu na vodu. I na lokalitetu Plavnica je

utvrđeno povećanje koncentracije ovog polutanta u makrofitama i do 78 puta u odnosu na vodu. Analizom makrofita na desnom ušću Morače utvrđeno je najveće povećanje koncentracije ovog polutanta u odnosu na njegovu koncentraciju u vodi (od 135 do čak 1 226 puta).

**Tabela 48.** Akumulacija PCB-a ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) u uzorcima makrofita iz Skadarskog jezera u periodu od 1990. do 1996. godine (prema Royal Haskoning, 2006.)

Parametar	PCB ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	
	min	max
Vranjina	0.005	0.225
Lijevo ušće Morače	0.038	1.710
Desno ušće Morače	1.220	11.040
Plavnica	0.007	0.315
Sredina jezera	0.025	1.125
Raduš	0.019	0.855
Grmožur	0.007	0.315

U periodu od 1993. do 1996. godine praćena je koncentracija većeg broja polutanata u makrofitama Skadarskog jezera na više različitih pozicija. Iz tabele 49. se zapaža da je koncentracija fluorida u makrofitama bila najveća i da se kretala 105 mg/kg na Radušu do 1 206 mg/kg na lokalitetu Crni Žar. Koncentracija silicijum dioksida je takođe bila značajna i kretala se od 66.67 mg/kg (lijevo ušće Morače) do 203.04 mg/kg (Murići).

**Tabela 49.** Akumulacija polutanata (mg/kg) u uzorcima makrofita iz Skadarskog jezera u periodu od 1993. do 1996. godine (Royal Haskoning, 2006.)

Lokalitet	Desno ušće Morače	Lijevo ušće Morače	Crni Žar	Podhum	Raduš	Plavnica	Murići
Parametar							
Cu (mg/kg)	0.37	0.34	0.05	0.05	0.38	0.17	0.01
Cd (mg/kg)	2.65	1.49	0.92	1.05	2.49	1.12	2.76
Cr (mg/kg)	1.15	0.67	0.26	0.19	0.89	0.43	0.64
Pb (mg/kg)	110.15	27.59	25.71	28.92	82.46	52.51	56.44
Mn (mg/kg)	1.32	1.49	0.00	0.00	1.27	0.00	0.21
Fe (mg/kg)	0.22	0.09	0.29	0.23	0.63	0.15	0.25
Zn (mg/kg)	24.40	17.60	25.30	12.90	34.30	34.20	23.90
Ni (mg/kg)	1.76	0.87	0.09	0.21	0.13	0.00	0.21
Al (mg/kg)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F (mg/kg)	176.00	675.00	1 206.00	360.00	105.00	441.00	318.00
SiO <sub>2</sub> (mg/kg)	110.84	66.67	128.94	165.85	79.60	128.78	203.04
PAH ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
PCB ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	1.22–11.04	0.04–1.71	0.00	0.007–0.313	0.02–0.855	0.07–0.315	0.00
Ulja i masti (mg/kg)	64.00	375.00	91.00	160.00	39.00	331.00	102.00
Mineralna ulja (mg/kg)	88.26	80.25	40.59	0.00	221.10	77.27	42.71

Koncentracija olova se kretala od 25.71 mg/kg (Crni Žar) do 110.15 mg/kg (desno ušće Morače), a cinka od 12.90 mg/kg (Podhum) do 34.3 mg/kg (Raduš). Ulja i masti su detektovani, takođe, u većim koncentracijama (39 mg/kg – Raduš do 375 mg/kg – lijevo ušće Morače). Značajna je i koncentracija mineralnih ulja: 40.59 mg/kg (Crni Žar) do 221.1 mg/kg (Raduš). Ostali polutanti su bili prisutni u znatno manjim koncentracijama, dok su PAH-ovi bili detektovani samo u Murićima u koncentraciji od 0.01 µg/kg.

Koncentracije polutanata koje su nađene u makrofitama Skadarskog jezera dobijaju na značaju tek kada se uporede sa njihovom koncentracijom u vodi. Iz tabele 50. se vidi da su koncentracije pojedinih polutanata bile i do nekoliko desetina hiljada puta veće u odnosu na koncentracije u vodi mjerene u periodu od 1993. do 1996. godine (Royal Haskoning, 2006). Povećanje koncentracije kadmijuma se kretalo od 836 (Crni Žar) do 13 800 puta (Murići), a olova od 2 142 (Crni Žar) do 10 307 puta (Raduš). Znatno je povećana i koncentracija cinka u makrofitama u odnosu na vodu (od 7 166 puta u Podhumu do čak 57 000 puta na Plavnici). Najveća amplifikacija koncentracije u makrofitama u odnosu na vodu odnosi se na fluoride, čija koncentracija je povećana na lokalitetu Crni Žar čak 80 400 puta.

**Tabela 50.** Odnos između koncentracije polutanata u makrofitama i u vodi Skadarskog jezera, u periodu od 1993. do 1996. godine (prema Royal Haskoning, 2006; modifikovano): – polutant nije detektovan u makrofitama, \*-polutant nije detektovan u vodi.

Lokalitet Parametar	Desno ušće Morače	Lijevo ušće Morače	Crni Žar	Podhum	Raduš	Plavnica	Murići
<b>Cu</b>	246	226	50	100	380	283	100
<b>Cd</b>	<b>2 944</b>	<b>1 354</b>	<b>836</b>	<b>10 500</b>	<b>2 766</b>	<b>1 120</b>	<b>13 800</b>
<b>Cr</b>	287	74	43	38	148	71	1 280
<b>Pb</b>	<b>10 013</b>	<b>2 299</b>	<b>2 142</b>	<b>4 131</b>	<b>10 307</b>	<b>7 501</b>	<b>8 062</b>
<b>Mn</b>	136	160	–	–	254	–	350
<b>Fe</b>	6	2	9	115	25	94	11
<b>Zn</b>	<b>9 760</b>	<b>11 000</b>	<b>19 461</b>	<b>7 166</b>	<b>22 357</b>	<b>57 000</b>	<b>18 384</b>
<b>Ni</b>	293	174	18	210	130	–	105
<b>Al</b>							
<b>F</b>	<b>11 733</b>	<b>45 000</b>	<b>80 400</b>	<b>21 176</b>	<b>7 000</b>	<b>17 640</b>	<b>21 200</b>
<b>SiO<sub>2</sub></b>	51	32	143	123	76	54	101
<b>PAH</b>	–	–	–	–	–	–	*
<b>PCB</b>	610–1 227	40–427	–	*	*	70–79	–
<b>Ulja i masti</b>	29	163	151	100	18	165	12
<b>Mineralna ulja</b>	240	184	123	–	*	264	67

U 2005. godini praćena je koncentracija nekoliko polutanata u makrofitama. Koncentracija žive, koja se kretala od 0.25 mg/kg (Biševina) do 0.33 mg/kg (desno ušće Morače) je bila veća u odnosu na koncentraciju izmjerenu u vodi na istim pozicijama od 130 do 250 puta (tabela 51.). Koncentracija PAH-ova u makrofitama, u istom periodu, se kretala od 0.003 do 0.006. Budući da na ovim pozicijama u tom periodu nisu konstatovani PAH-ovi u vodi, koncentracije u makrofitama smo uporedili sa MDK ovog polutanta u vodi, i zapazili da su one veće 15, odnosno 30 puta u makrofitama.

**Tabela 51.** Akumulacija polutanata (mg/kg) u uzorcima makrofita iz Skadarskog jezera u 2005. godini (prema Royal Haskoning, 2006).

Lokaliteti Parametar (mg/kg)	2005.		
	Biševina	Karuč	Desno ušće Morače
Živa (Hg)	0.25	0.26	0.33
PAH	0.006	0.003	0.003
PCB + kongeneri	<0.005	<0.005	<0.005
PCB	<0.001	<0.001	<0.001

### 7.6.2. Bioakumulacija u ribama

Tokom 2001. i 2005. godine u uzorcima ribe iz Skadarskog jezera analiziran je sadržaj teških metala (Pb, Cd, As, Cr, Ni, Al, Mn) i polihlorovanih bifenila.

Kod različitih vrsta riba utvrđeni su različiti polutanti, u različitim koncentracijama. Koncentracije teških metala detektovanih u tkivu riba Skadarskog jezera date su u tabeli 52. Zapaža se da su olovo, kadmijum i arsen imali najmanje koncentracije u svim istraživanim vrstama riba. U uzorcima riba utvrđene su nešto veće koncentracije mangana, aluminijuma i gvožđa. Najniža koncentracija mangana (0.07 mg/kg) detektovana je u tkivu šarana, a najveća u tkivu jegulje (3.1 mg/kg). U tkivu kineza je utvrđena najmanja koncentracija aluminijuma (0.8 mg/kg), dok je najveća koncentracija od 4 mg/kg detektovana u tkivu žutog brca. Koncentracija gvožđa se kretala od 0.03 mg/kg (jegulja) do 5.3 mg/kg (žuti brca).

**Tabela 52.** Akumulacija teških metala (mg/kg) u uzorcima riba iz Skadarskog jezera u 2001. godini (prema Royal Haskoning, 2006).

Teški metali (mg/kg)	MDK za teške metale u tkivu riba (Wyse et al., 2003)	<i>Cyprinus carpio</i> (šaran)	<i>Carassius gibelio</i> (kinez)	<i>Perca fluviatilis</i> (grgeč)	<i>Rutilus prespensis</i> (žuti brca, brona)	<i>Anguilla anguilla</i> (jegulja)
Pb	0.12	0.00	0.00	0.00	0.042	0.03
Cd	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	-
As	12.60	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	-
Cr	0.73	0.21	0.12	0.11	0.02	<0.10
Ni	0.60	2.70	0.05	0.09	0.00	0.01
Fe	146.00	2.75	4.50	2.25	5.30	0.03
Al	13.80	1.01	0.80	3.50	4.00	2.80
Mn	3.52	0.07	0.15	0.75	1.55	3.10

Koncentracije ostalih polutanata su bile relativno niske, izuzimajući nikel, koji je u tkivu šarana nađen u koncentraciji od 2.7 mg/kg, što je 4.5 puta veća koncentracija od dozvoljene. Može se zaključiti da nijedan od teških metala detektovanih u ribama nisu prelazili granične doze koje je propisala Internacionalna agencija za atomsku energiju

(Wyse et al., 2003). Pored teških metala, u tkivu riba Skadarskog jezera detektovani su i polihlorovani bifenili u različitoj koncentraciji, zavisno od vrste ribe. Najmanja koncentracija ovog polutanta je nađena u tkivu grgeča – 35.45 µg/kg, a najveća u tkivu crvenperke – 200.4 µg/kg (tabela 53.).

**Tabela 53.** Koncentracija PCB-a (µg/kg) u tkivu različitih vrsta riba iz Skadarskog jezera i povećanje koncentracije u odnosu na onu u vodi jezera (prema Rastall et al., 2004).

Vrsta	PCB (µg/kg)	Povećanje koncentracije PCB-a ribi, u odnosu na MDK za vodu (ANZECC & ARMCANZ, 2000)
<i>Cyprinus carpio</i> -šaran	44.80	149
<i>Carassius gibelio</i> -kinez	39.80	132
<i>Perca fluviatilis</i> -grgeč	35.45	118
<i>Rutilus prespensis</i> -žuti brćak. brona	50.20	167
<i>Rutilus rutilus</i> -bodorka	80.10	267
<i>Alburnus scoranza</i> -ukljeva	103.5	345
<i>Scardinius erythrophthalmus</i> -crvenperka	200.4	668

**Tabela 54.** Koncentracija PCB-a (µg/kg) u uzorcima različitih vrsta riba iz Skadarskog jezera u periodu od 1978. do 2005. godine (prema Royal Haskoning, 2006; modifikovano; \*-koncentracije mjerene nakon akcidenta u KAP-u, 2004).

Godina	1978	1990	1992	1996	1998	2001	2004	2005
	Booke et al., 1981	CETI, 2005						
<i>Cyprinus carpio</i> (šaran)	3.00	0.138	6.21	713.00	2.68	0.00	-	0.019 <0.01 <0.01
<i>Carassius gibelio</i> (kinez)	-	-	-	-	-	0.00	-	-
<i>Perca fluviatilis</i> (grgeč)	-	-	-	-	-	-	-	<0.01
<i>Anguilla anguilla</i> (jegulja)	-	0.092	41.00	2 200.00	1.30	-	-	0.015 0.022 0.068
<i>Alburnus scoranza</i> (ukljeva)	-	0.912	4.14	498.00	5.40	0.00	-	0.007 <0.001
<i>Scardinius knezevici</i> (ljolja)	-	-	-	-	-	-	0.656*	<0.001 0.009
<i>Squalius cephalus</i> (klen)	-	-	-	-	-	-	-	0.037 0.014 0.016
<i>Rutilus prespensis</i> (žuti brćak, brona)	-	-	-	-	-	-	-	0.01
<i>Salmo sp.</i> (pastrmka)	-	-	-	-	-	-	0.744*	-

Kako bi izvršili kvantifikaciju ovih koncentracija, uporedili smo ih sa MDK za polihlorovane bifenile u vodi (ANZECC & ARMCANZ, 2000), koja iznosi 0.3 µg/kg. Kroz procese bioakumulacije i biokoncentracije količina ovih polutanata u tkivu riba povećala se i do nekoliko stotina puta (od 118 puta – grgeč do 668 puta – crvenperka).

Analizom bioakumulacije PCB-a od strane riba Skadarskog jezera, kroz duži period, od 1978. do 2005. godine, ne može se utvrditi jasan trend povećanja ili smanjenja njihove koncentracije, zbog oskudnosti podataka.

Kao što se vidi iz tabele 54. kod svega 5 vrsta riba, od istraživanih devet, detektovan je PCB u tkivu. Zapaža se da su najveće koncentracije ovog polutanta izmjerene 1996. godine, kada je u tkivu ukljeve detektovano 498 µg/kg PCB-a, šarana 713 µg/kg, a kod jegulje čak 2 200 µg/kg. Tokom 2001. ovaj pollutant uopšte nije detektovan. U 2004. godini, nakon akcidenta u KAP-u, koncentracije PCB-a od 0.656 µg/kg i 0.744 µg/kg utvrđene su u tkivu ljolje i pastrmke. Koncentracije ovih polutanata u 2005. godini su niže u odnosu na MDK (0.3 µg/kg) za polihlorovane bifenile u jezerskoj vodi.

Pojedini polutanti su detektovani i u različitom biološkom materijalu, porijeklom iz naselja sa područja Skadarskog jezera (tabela 55.). Njihove koncentracije uglavnom nisu prelazile MDK za datu vrstu biološkog materijala, sem u jajima, u kojima je utvrđena koncentracija PCB-a od 451.8 µg/kg, a MDK je 300 µg/kg (Sl. glasnik RS 28/11, 2012). Poliaromatski ugljovodonici su detektovani samo u goveđem mesu. Njihova srednja koncentracije iznosila je 0.12 µg/kg, a maksimalna 0.45 µg/kg.

**Tabela 55.** Akumulacija PCB-a i PAH-a (µg/kg) u različitom biološkom materijalu sa područja Skadarskog jezera u periodu od 1990. do 1996. godine (prema Royal Haskoning, 2006).

BIOLOŠKI MATERIJAL	PCB (µg/kg)		PAH (µg/kg)	
	$\bar{x}$	max	$\bar{x}$	max
Ljudsko mlijeko	0.001	0.006	-	-
Kravlje mlijeko	3.89	69.9	-	-
Jaja	207.60	<b>451.8</b>	-	-
Šaran	2.68	713.0	-	-
Jegulja	1.30	2200.0	-	-
Ukljeva	5.40	498.6	-	-
Goveđe meso	2.89	18.6	0.12	0.45

## **8. FAKTORI KOJI UTIČU NA REALIZACIJU IDEALNIH CILJEVA UPRAVLJANJA**

Realizacija Plana upravljanja zavisi od izvjesnog broja uslova i činilaca, uglavnom na državnom nivou. To se odnosi na čitav sistem institucija, pri čemu je međusektorska saradnja od ključne važnosti. Treba navesti činioce koji zavise najviše od političke volje:

- vladina politika u domenu životne sredine,
- institucionalni kapaciteti,
- primjena zakona i odgovornost u primjeni,
- međusektorska saradnja,
- finansijska podrška,
- uključenje zainteresovanih institucija, zajednica i pojedinaca (stakeholders) u sve faze izrade i primjene plana

### **8.1. Prirodni faktori unutrašnjeg porijekla**

- a. Prirodna eutrofikacija
- b. Fluktucija populacija fito i zooplanktona i bakterija
- c. Zarastanje jezera
- d. Erozija
- e. Fluktucija vodenog režima

### **8.2. Vještački faktori unutrašnjeg porijekla**

- a. Uticaj hidroloških intervencija na populacije riba, ptica i ostali živi svijet
- b. Uticaj ostalih čovjekovih aktivnosti na zagađenje i eutrofikaciju
- c. Uticaj ljudskih aktivnosti na samom jezeru (saobraćaj, zimovnici, eksploatacija vode i treseta, turizam)
- d. Prelov ribe, ilegalni ribolov i lov
- e. Deforestacija plavljenih šuma
- f. Alohtone invazivne vrste
- g. Preizgrađenost na obali

### **8.3. Prirodni faktori spoljašnjeg porijekla**

- a. Erozija obala i sliva
- b. Poplave
- c. Zemljotresi
- d. Klimatske promjene i njihov uticaj na jezero i živi svijet
- e. Dinamika obalne vegetacije i šuma
- f. Požari u obalnim šumama

#### **8.4. Spoljašnji faktori vještačkog porijekla**

- a. Zagađenje
  - Otpadne vode
  - Čvrsti otpad
  - Spiranje poljoprivrednih površina
  - Spiranje saobraćajnica
  - Infrastrukturalna izgradnja (putevi, željeznica)
  - Saobraćaj
- b. Eksploatacija ruda, treseta, kamena i šljunka
- c. Neplanska gradnja, preizgrađenost i zauzimanje obale
- d. Izmjena pejzaža

#### **8.5. Faktori koji proizilaze iz legislative ili tradicije**

Postojeća legislativa pokriva najvažnije oblasti koje će tretirati plan upravljanja i monitoring plan Skadarskog jezera. Međutim, primjena zakona u praksi nije dovoljno efikasna, što je pitanje inspekcijskih službi i rada na razvoju svijesti šire populacije o značaju zajedničkih napora na održivom pristupu, očuvanju i eksploataciji jezera. Vjerovatno će da bude potrebno da se donosu podsticajne mjere za razvoj organske poljoprivrede, održivog turizma, održive gradnje i slično.



## 9. ZAKLJUČCI I PREPORUKE

Ovaj dokument jasno ukazuje na vrlo velike pritiske, koje komunalni i industrijski izvori zagađenja vrše na ekosistem Skadarskog jezera, a time i na stanovnike njegovih obala i zaleđa i na njihov socijalni i ekonomski status. Kako je to prekogranični fenomen, potrebna je čvršća povezanost, kako institucija, tako i građanskih asocijacija obje zemlje u cilju očuvanja i održivog upravljanja ovim jedinstvenim i za obje zemlje važnim resursom.

Integralni plan upravljanja treba da bude izrađen u skladu sa principima održivog razvoja i zakona Crne Gore, Albanije i EU.

Pored upravljanja zagađenjem i njegovog praćenja, Plan treba da obezbijedi zaštitu cjelokupnog vodnog resursa, vodnog režima i balansa, biodiverziteta i privrednih aktivnosti. Plan treba da obezbijedi kontrolu nelegalne gradnje, divljih deponija, cjelokupnog saobraćaja i saobraćajnica; upravljanje kulturnim nasljeđem i edukacijom stanovništva. Takođe treba da obezbijedi tijesnu saradnju institucija iz obje države.

## 10. REFERENCE

- AFNOR, 2005. Qualité de l'eau – Détermination de l'indice oligochètes de bioindication lacustre (IOBL). Norme Française NF T 90-391.
- ANZECC & ARMCANZ, 2000. Australian and New Zealand guidelines for fresh and marine water quality. National Water Quality Management Strategy Paper No 4, Australian and New Zealand Environment and Conservation Council & Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand, Canberra, October 2000. <http://www.deh.gov.au/water/quality/nwqms/>
- Armitage, P.D., Moss, D., Wright, J.F. & Furse, M.T. 1983. The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. *Water Research*, 17: 333–347.
- Beeton, A.M. 1981a. Physical conditions of Lake Skadar and its basin. In: Karaman & Beeton, 1981. (Eds.). *The Biota and Limnology of the Lake Skadar*. Institut za biološka i medicinska istraživanja u SRCG, Biološki zavod, Titograd; Smithsonian institution, Washington, D.C., USA: 15–17.
- Beeton, A.M. 1981b. Water masses, thermal conditions and transparency of Lake Skadar. In: Karaman & Beeton, 1981. (Eds.). *The Biota and Limnology of the Lake Skadar*. Institut za biološka i medicinska istraživanja u SRCG, Biološki zavod, Titograd; Smithsonian institution, Washington, D.C., USA: 38–55.
- Bianco, P.G. & Kottelat, M. 2005. *Scardinius knezevici*, a new species of rudd from Lake Skadar, Montenegro (Teleostei: Cyprinidae). *Ichthyol. Explor. Freshwat.* 6 (3): 231–238.
- Booke, H.E., Jacobi, G.Z., Imhof, M. & Knežević, B. 1981. Notes on lake Skadar carp (*Cyprinus carpio*). I. Polymorphic isoenzymes. II Pharyngeal tooth formula. III PCB and DDT levels. In: Karaman & Beeton, 1981. (Eds.). *The Biota and Limnology of the Lake Skadar*. Institut za biološka i medicinska istraživanja u SRCG, Biološki zavod, Titograd; Smithsonian institution, Washington, D.C., USA: 335–340.
- Burić, D. & Micev, S. 2008. Kepenova podjela klima u Crnoj Gori prikazana klima dijagramima po Valteru. URL: <http://www.meteo.co.me/publikacije/Kepen.pdf>
- CDM, 2012. Istraživanje terena i pripremna studija za remedijaciju industrijskih deponija u Crnoj Gori. Pripremljeno za: Ministarstvo održivog razvoja i turizma Crne Gore (za Agenciju za zaštitu životne sredine). Broj projekta 88431: 141 p.
- COWI, 2012. Procjena uticaja na životnu sredinu remedijacije odlagališta čvrstog otpada u Kombinat Aluminijuma Podgorica. Pripremljeno za: Ministarstvo održivog razvoja i turizma Crne Gore. Broj projekta A024110: 99 p.
- Danielopol, D.L. 1989. Groundwater fauna associated with riverine aquifers. *Journal of the North American Benthological Society*, 8: 18–35.
- Dutch Standards, 2000. Dutch Target and Intervention Values, 2000 (the New Dutch List). Esdat Environmental Database Management Software, 51 p. <http://www.esdat.net/>
- Dutch Standards, 2009. Dutch Target and Intervention Values, 2009 (the New Dutch List). Esdat Environmental Database Management Software, 57 p. <http://www.esdat.net/>
- Đurašković, P. 2010. Water quality index – WQI, as tool of water quality assessment. *BALWOIS 2012 (25–29 May)*, Ohrid, Republic of Macedonia, 5 p.
- Đurašković, P. 2012. Estimation of the pollution load transfer through the Skadar lake water system. *BALWOIS 2012 (28 May–2 June)*, Ohrid, Republic of Macedonia, 8 p.

- Filipović, S. 1983. Mikroelementi u vodama i nekim organizmima Skadarskog jezera i njegovim pritokama. Teza. Univerzitet u Beogradu, 168 p.
- Filipović, S. 1997. Estimation of pollution sources in the aluminium combine, through some components of subterranean waters in immediate environment. *CANU, Scientific Meeting*, Podgorica, 44: 341–354.
- Filipović, S. 2002. Effects of pollution on Skadar Lake and its most important tributaries. The Shkodra/Skadar Lake Project, *Conference report*, 2000: 9–20.
- Giere, O. 1993. Meiobenthology. The Microscopic Fauna in Aquatic Sediments. *Springer-Verlag*, Berlin, Heidelberg, 328 p.
- HMZ CG, 2010. Izvještaj o kvalitetu vode Skadarskog jezera u uslovima januarske poplave, 5 p.
- Hynes, H.B.N. 1983. Groundwater and stream ecology. *Hydrobiologia*, 100: 93–99.
- IMSL, 2001. Integrated monitoring of the Skadar lake/Shkodra lake. A joint Pilot Project of University of Montenegro with University of Shkodra, Albania. Final Report, 51 p.
- Jones, J.B. & Mulholland, P.J. 2000. Streams and Ground Waters. *Academic Press*, San Diego, 425 p.
- Kadović, M.V., Klačnja, M.T., Blagojević, N.Z., Vasiljević, R. & Jaćimović, Ž.K. 2004. Tretman tečne faze sa deponije crvenog mulja u Kombinat aluminijuma Podgorica. *Hemijska industrija*, 58 (4): 186–190.
- Karaman, G. & Beeton, A. (Eds.). 1981. The Biota and Limnology of the Lake Skadar. Institut za biološka i medicinska istraživanja u SRCG, Biološki zavod, Titograd; Smithsonian institution, Washington, D.C., USA., 468 p.
- Karaman, G. & Nedić, D. 1981. Zoobenthos of Skadar lake. In: Karaman & Beeton, 1981. (Eds.). The Biota and Limnology of the Lake Skadar. Institut za biološka i medicinska istraživanja u SRCG, Biološki zavod, Titograd; Smithsonian institution, Washington, D.C., USA: 222–245.
- Katastar zagađivača voda za sliv Zetske ravnice, 1998.:  
 –Sveska 0 (Hidrološke podloge), 17 p.  
 –Sveska 1 (Nikšić), 81 p.  
 –Sveska 2 (Danilovgrad), 24 p.  
 –Sveska 3 (Podgorica), 82 p.  
 –Sveska 3a (Podgorica–KAP), 54 p.
- Katnić, A. 2007. Vascular plants as indicators of pollution in Lake Skadar. *Master thesis*, Uppsala University, 44 p.
- Knežević, M. 2000. Odvodnjavanje zemljišta Zetsko-bjelopavličke ravnice u uslovima održivog razvoja. *Magistarski rad*. Univerzitet u Beogradu.
- Knežević, M. 2008. Planiranje i projektovanje sistema za odvodnjavanje i navodnjavanje u Bjelopavlickoj ravnici. *Teza*. Univerzitet u Beogradu.
- Knežević, M. 2009. Studija – vodni režim rijeke Morače i Skadarskog jezera. WWF MedPO i Green Home, 104 p.
- Kohler, A., & Janauer, G.A. 1995. Zur Methodik der Untersuchung von aquatischen Makrophyten in Fließgewässern. In: Steinberg, C.H., Bernhardt, H. & Klapper, H. (Eds.) *Handbuch Angewandte Limnologie VIII-1.1.3*, 1-22. *Ecomed Verlag*, Landsberg-Lech.
- Kovačić, M. & Šanda, R. 2007. A new species of Knipowitschia (Perciformes: Gobiidae) from southern Montenegro. *J. Natl. Mus. (Prague). Nat. Hist. Ser.* 176 (5): 81–89.
- Lafont, M. 2007. Interprétation de l'indice lacustre oligochètes IOBL et son integration dans un système d'évaluation de l'état écologique. *Cemagref/MEDAD*, 18 p.

- Lafont, M., Camus, J.C. & Rosso, A. 1996. Superficial and hyporheic oligochaete communities as descriptors of pollution and water exchanges in the River Moselle system (France). *Hydrobiologia*, 334: 147–155.
- Lafont, M., Jézéquel, C., Tixier, G., Marsalek, J., Vivier, A., Breil, P., Schmitt, L., Poulard, C. & Namour, Ph. 2010. From Research to Operational Biomonitoring of Freshwaters: Suggested Conceptual Framework and Practical Solutions. *Balwois*, Ohrid, Macedonia, 25: 1–11.
- Lang, C. & Lang-Dobler, B. 1980. Structure of tubificid and lumbriculid worm communities, and three indices of trophy based upon these communities, as descriptors of eutrophication level of Lake Geneva (Switzerland). In: Brinkhurst, R.O. & Cook, D.G. (Eds.) *Aquatic oligochaete biology*. Plenum Press, N.Y., 529 p.
- Lehman, R.M., Colwell, F.S., Garland, J.L. 1997. Physiological profiling of indigenous aquatic microbial communities to determinate toxic effects of metals. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 16: 2232–2241.
- Liebmann, H. 1962. Handbuch der Frischwasser und Abwasserbiologie. Biologie des Trinkwassers, Badewassers, Fischwassers, Vorfluters und Abwassers. Band I. Oldenbourg, München.
- Marić, D. 1995. Endemic fish species of Montenegro. *Biological Conservation*, 72: 187–194.
- Marković, M. 2007. Proučavanje atmosferskog transporta Lokalnog aerozagadenja iz stacionarnog izvora emisije (KAP) sa aspekta zaštite životne sredine i razvoja održive aluminijske industrije. *Magistarski rad*, Univerzitet Crne Gore, 134 p.
- Milbrink, G. 1973. On the use of indicator communities of Tubificidae and some Lumbriculidae in the Assessment of Water Pollution in Swedish Lakes. *Oikos*, 1: 125–139.
- Milbrink, G. 1983. An improved environmental index based on the relative abundance of oligochaete species. *Hydrobiologia*, 102: 89–97.
- Miller, P.J. & Šanda, R. 2008. A new West Balkanian sand-goby (Teleostei: Gobiidae). *Journal of Fish biology*, 72 (1): 259–270.
- Ministarstvo održivog razvoja i turizma Crne Gore, 2011. Informacija o stanju životne sredine u Crnoj Gori za 2011. godinu. Agencija za zaštitu životne sredine Crne Gore, Podgorica, 328 p.
- Ministarstvo zaštite životne sredine i uređenja prostora, 2004. Strateški Master plan za kanalizaciju i otpadne vode u centralnom i sjevernom regionu Crne Gore, 131 p.
- Ministarstvo uređenja prostora republike Crne Gore, 2001. Prostorni plan područja posebne namjene: Nacionalni park Skadarsko jezero, Republički zavod za urbanizam i projektovanje A.D. Podgorica, 121 p.
- OECD, 1982. Eutrophication of waters. Monitoring, assessment and control. Final report, OECD cooperative programme on monitoring of inland waters (eutrophication control), Environment Directorate, OECD, Paris, 154 p.
- Pantle, R. & Buck, H. 1955. Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. *GWF*, 96: 604.
- Petković, S. 1971. Prilog poznavanju fitoplanktona Skadarskog jezera sa posebnim osvrtom na dinamiku brojnosti i ritam razvika *Ceratium hirundinella* (O.F. Müll) Schrank. *Poljoprivreda i šumarstvo*, 21 (2): 33–56.
- Petković, S. 1981. Phytoplankton. In: Karaman & Beeton, 1981. (Eds.). *The Biota and Limnology of the Lake Skadar*. Institut za biološka i medicinska istraživanja u SRCG, Biološki zavod, Titograd; Smithsonian institution, Washington, D.C., USA: 163–189.

- Radulović, V. 1997. Prilog poznavanju prihranjivanja vodama Skadarskog jezera, u: Prirodne vrijednosti i zaštita Skadarskog jezera. Podgorica: *Crnogorska akademija nauka i umjetnosti / CANU*, 44: 109–125.
- Rakočević, J. 2006. Ekološka i taksonomska studija fitoplanktona Skadarskog jezera. *Teza*, Univerzitet u Beogradu, 155 p.
- Rakočević, J. 2012. Spatial and temporal distribution of phytoplankton in Lake Skadar. *Archives of Biological Sciences*, Belgrade, 64 (2): 585-595.
- Rakočević–Nedović, J. & Hollert, H. 2005. Phytoplankton community and Chlorophyll *a* as trophic state indices of Lake Skadar (Montenegro, Balkan). *Environmental Science and Pollution Research*, 12 (3): 146–152.
- Rastall, A.C., Neziri, A., Vuković, Ž., Jung, C., Mijović, S., Hollert, H., Nikčević, S. & Erdinger, L. 2004. The identification of readily bioavailable pollutants in Lake Shkodra/Skadar using semipermeable membrane devices (SPMDs), bioassays and chemical analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 11: 240–253.
- Ristić, J. & Vizi, O. 1981. Synoptic survey of the dominant macrophytes in lake Skadar. In: Karaman & Beeton, 1981. (Eds.). *The Biota and Limnology of the Lake Skadar*. Institut za biološka i medicinska istraživanja u SRCG, Biološki zavod, Titograd; Smithsonian institution, Washington, D.C., USA: 117–125.
- Royal Haskoning, 2006. (Keukelaar, F., De Goffau, A., Pradhan, T., Sutmuller, G., Mišurović, A., Ivanović, S., Uskokovic, B., Hetoja, A., Haxhimihali, E., Prifti, A., Kapidani, E., Kashta, L. & Gulan, A.). *Lake Shkoder transboundary diagnostics analysis Albania & Montenegro*. Project number 9P6515, Podgorica, 111 p.
- Saveljić, D. 2009. Procjena uticaja na životnu sredinu brana na Morači na ptice kanjona Morače i Skadarskog jezera. *WWF MedPO i Green Home*, 65 p.
- Sharpe, W.E., Kimmel, W.G. & Buda, A.R. 2002. *Biotic Index guide*. Pennsylvania State University.
- Sinkkonen, S. & Paasivirta, J. 2000. Degradation half-life times of PCDDs, PCDFs and PCBs for environmental fate modeling. *Chemosphere*, 40: 943–949.
- Službeni glasnik RS, br. 28/11 od 26.04.2011. Pravilnik o dopuni pravilnika o maksimalno dozvoljenim količinama ostataka sredstava za zaštitu bilja u hrani i hrani za životinje za koju se utvrđuju maksimalno dozvoljene količine ostataka sredstava za zaštitu bilja, 22 p.
- Službeni list CG br. 09/10 od 09.02.2010. Pravilnik o kvalitetu i sanitarno-tehničkim uslovima za ispuštanje otpadnih voda u recipijent i javnu kanalizaciju, načinu i postupku ispitivanja kvaliteta otpadnih voda, minimalnom broju ispitivanja i sadržaju izvještaja o utvrđenom kvalitetu otpadnih voda, 19 p.
- Službeni list CG br. 18/97. od 1997. Pravilnik o dozvoljenim količinama opasnih i štetnih materija u zemljištu i metodama za njihovo ispitivanje, 2 p.
- Službeni list CG br. 2/07 od 29.10.2007. Uredba o klasifikaciji i kategorizaciji površinskih i podzemnih voda, 15 p.
- Službeni list CG br. 45/08 od 31.07.2008. Pravilnik o kvalitetu i sanitarno-tehničkim uslovima za ispuštanje otpadnih voda u recipijent i javnu kanalizaciju, načinu i postupku ispitivanja kvaliteta otpadnih voda, minimalnom broju ispitivanja i sadržaju izvještaja o utvrđenom kvalitetu otpadnih voda, 19 p.
- Stešević, D., Feiler, U., Šundić, D., Mijović, S., Erdinger, L., Seiler, T.B., Heininger, P. & Hollert, H. 2007. Application of a new sediment contact test with *Myriophyllum aquaticum* and of the aquatic lemna test to assess the sediment quality of lake Skadar, *JSS – Journal of Soils & Sediments*, 7 (5): 342 – 349.

- Stojanović, S., Nikilić, L. & Lazić, D. 1998. The function of dominant hydrophytes of the Mostonga (Serbia Yugoslavia) in water quality bioindication. Proceedings of the 27th Annual Conference of Yugoslav Water Pollution Control Society, Beograd (Yugoslavia), 425–428.
- Šundić, D. 2007. Diverzitet i bioindikatorski potencijal Oligochaeta Skadarskog jezera. *Magistarski rad*, Univerzitet Crne Gore, 159 p.
- Šundić, D. 2012. Oligohete (Oligochaeta) kopnenih voda Crne Gore i njihov indikatorski potencijal. *Teza*, Univerzitet u Beogradu, 256 p.
- Šundić, D. & Karaman, G.S. 2004. Composition of macrozoobenthos communities as an indicator of the water quality of Skadar/Shkodra Lake. Konferenca Shkencore, Skadar, *Book of abstracts*, p. 43.
- Šundić, D. & Radujković, B.M. 2012. Study on freshwater Oligochaeta of Montenegro and their use as indicators in water quality assessment. *Natura Montenegrina*, 11 (2): 117–383.
- Šundić, D., Radujković, B.M. & Krpo-Ćetković, J. 2011b. Catalogue of aquatic Oligochaeta (Annelida: Clitellata) of Montenegro, exclusive of Naidinae and Pristininae. *Zootaxa*, 1985: 1–25.
- Šundić, D., Radujković, B.M. & Krpo-Ćetković, J. 2011a. Catalogue of Naidinae and Pristininae (Annelida: Oligochaeta: Naididae) with twenty species new for Montenegro. *Zootaxa*, 2737: 1–18.
- Šundić, D., Perović, A., Hollert, H., Seiler, T.B., Stešević, D. & Karaman, G.S. 2005. Composition of macrozoobenthos communities as an indicator for the water and sediment quality of Skadar Lake, *Book of abstracts of the 15th SETAC Europe Annual Meeting*, Lille, p. 175.
- Tomović, S. 2008. Ciljevi vodoprivrednog razvoja Crne Gore. *Vodoprivreda*, 40 (231–233): 127–137.
- Uzunov, J., Košel, V. & Sládaček, V. 1988. Indicator value of freshwater Oligochaeta. *Acta Hydrochimica et Hydrobiologica*, 16 (2): 173–186.
- Weatherbase, 2012. <http://www.weatherbase.com/weather/>
- WYG International, 2011. Infrastrukturni projekat Zapadnog Balkana TA-MON-05/07 Projekat razvoja sistema vodosnabdijevanja i odvođenja i prečišćavanja otpadnih voda–Priprema studija za Projekat. Pripremljeno za Evropsku Komisiju, 230 p.
- Wyse, E.J., Azemard, S. & De Mora, S.J. 2003. Report on the world-wide Intercomparison Exercise for the Determination of Trace Elements and Methylmercury in Fish Homogenate IAEA-407, IAEA/AL/144 (IAEA/MEL/72), IAEA, Monaco 2003.



