

KVALITET VODE U AKUMULACIJI 'BARJE' PETNAEST GODINA NAKON FORMIRANJA I NULTOG ISPITIVANJA

Violeta V. CIBULIĆ¹⁾, Lidija J. STAMENKOVIĆ¹⁾, Jelena M. LUKOVIĆ²⁾,
Novica M. STALETOVIĆ¹⁾, Ljiljana RANĐELOVIĆ³⁾

¹⁾Fakultet za ekologiju i zaštitu životne sredine, Univerzitet Union – Nikola Tesla, Beograd

²⁾Zavod za javno zdravlje Leskovac, Leskovac, Srbija, ³⁾JKP“Vodovod“ Leskovac, Srbija

REZIME

Akumulacija 'Barje' prema količini vode, njenim prirodnim i fizičko-hemijskim svojstvima, predstavlja izvorište od opšteg društvenog interesa, koje je svrstano u izvorišta prvog ranga (Dorđević, 2008). Danas ona predstavlja izvorište za vodosnabdevanje grada i naselja opštine Leskovca, čiji se dinamizam kvaliteta redovno kontroliše i prati (Cibulić, 1998a, 1998b, Martinović-Vitanović, 1998).

U radu su prikazani rezultati fizičko-hemijskih ispitivanja kvaliteta vode akumulacije 'Barje', izvršenih u 2009/2010. godini, petnaest godina od njenog formiranja. Ovi rezultati su upoređivani sa rezultatima ispitivanja iz 1995/1996. godine, koja predstavlja godinu nultog ispitivanja kvaliteta vode akumulacije.

Na bazi redovnog praćenja kvaliteta vode i povremenih detaljnijih sinteza rezultata osmatranja (Tajić, 2010) može se konstatovati da je kvalitet vode još uvek na prihvatljivoj nivou, što omogućava da se uz primenu projektovanih metoda obrade, ona može lako dovesti do kvaliteta vode za piće i upotrebu u prehrambenoj industriji.

Postoje, međutim, naznake početka procesa eutrofikacije, što je i očekivano, s obzirom na fenomen neminovnog starenja akumulacija, ali i njene nedovoljne zaštite od unosa nutrijenata sa sliva. Uvećanje nitratskog azota i koncentracije ortofosfata u odnosu na nulta merenja, predstavljaju pokazatelj početka eutrofikacionih procesa. Takođe, povećana maksimalna pH vrednost pri zadnjim ispitivanjima, ukazuje na povećavanje primarne produkcije, što takođe, 15 godina od njenog formiranja, ukazuje na prisustvo eutrofikacionih procesa. Iz ovih razloga, na akumulaciji 'Barje' treba raditi na osmišljavanju hemijsko -

tehnoloških i bioloških mera za eliminisanje eutrofikacionih procesa, odnosno njihovo usporavanje, a sve u cilju očuvanja kvaliteta vode.

KLjučne reči: Akumulacija, vodosnabdevanje, eutrofikacija, hemijski kvalitet vode, zasićenost kiseonikom

UVOD

Akumulacija 'Barje' nastala je podizanjem brane na reci Veternici, 30 km uzvodno od Leskovca kod istoimenog sela. Ova akumulacija je najpre predviđena kao zaštita grada Leskovca od hiljadugodišnjih voda, kao zaštita od nanosa, za izravnavanje neravnomernih proticaja i obezbeđivanje neprikosnovenog i garantovanog ekološkog protoka (Dorđević, 2011), i (Knežević, 2012). Međutim, imajući u vidu vrlo teške uslove za obezbeđivanje dovoljnih količina vode sa visokom pouzdanošću, pridodata joj je funkcija snabdevanja pitkom vodom grada Leskovca i naselja opštine Leskovac, što joj je danas osnovna namena. Upočetku je postojao plan da se priključe i Vlasotince i Lebane, međutim, kasnije se od toga odustalo, ali vodosnabdevanje i sada predstavlja njenu osnovnu namenu.

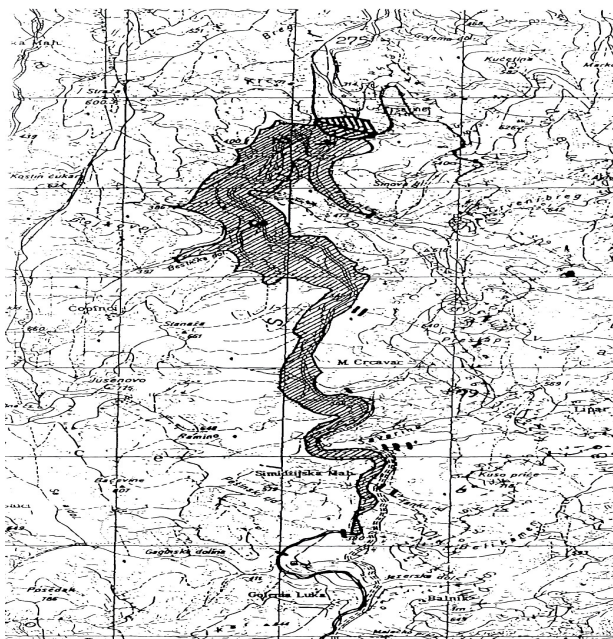
U periodu pripreme za izgradnju akumulacije, analize su pokazale da potrebe stanovništva i industrije Leskovca i naselja koja pripadaju SO Leskovac, iznosi 1.225 L/s. Od ove količine, 550 L/s je planirano da će se i dalje zahvatati iz podzemlja, a 675 L/s bi obezbeđivala akumulacija 'Barje'.

OPŠTA RAZMATRANJA

Akumulacija 'Barje' je formirana 1994. godine, a 1995. je napunjena do prelivne kule. Ukupna zapremina

akumulacije je 40,67 miliona m³, i prostire se dolinom reke Veternice u delu koji se naziva „Klisura“.

Na slici 1. dat je njen šematski prikaz. Ova akumulacija kontroliše 236 km² sliva, što čini 46% ukupno slivne površine Veternice. Prosečni proticaj na profilu brane je 2,5 m³/s. Ekološki garantovan protok u periodu velikih voda je 0,450 m³/s, a u periodu malih voda 0,30 m³/s. Visina same brane je 65 m, širina krune brane 10 m, i nalazi se na koti 382 mnm. Kota krune preliava je 379 mnm, kota minimalnog radnog nivoa 334 mnm, a maksimalnog radnog nivoa 370,5 mnm [Energoprojekt, 1989,1990].



Slika 1. Slika 1. Karta akumulacije „Barje“ sa označenim mestima uzorkovanja

Figure 1. Map of the sampling localities in 'Barje' reservoir

Imajući u vidu osnovnu namenu akumulacije za vodosnabdevanje, a u okviru predviđenih mera zaštite akumulacije, kao i na neka već postojeća loša iskustva, dno akumulacije je čišćeno. Sa površine dna i bočnih strana akumulacije, skidano je po 10 cm humusnog sloja, što doprinosi usporavanju procesa njenog starenja. Takođe, u okviru predviđenih mera zaštite akumulacije, na bočnim pritokama, kao i na reci Veternici, urađene su pregrade – male brane za zadržavanje nanosa, kako bi se sprečilo njegovo unošenje i gomilanje u jezeru, a time i njegovo zapunjavanje. U tom sklopu je i čitav niz mera preduzetih u neposrednoj i užoj zoni sanitarne

zaštite: akumulacija je zatvorena za građanstvo, nije dozvoljen lov, ribolov, sportovi na vodi, kupanje, što sve doprinosi smanjenju stepena rizika u pogledu kvaliteta vode (*Sl.list SFRJ 5/68, 6/78*). Međutim, nisu ostvarene sve mere antierozione zaštite, kako bi se na minimum svelo spiranje nutrijenata sa sliva i unošenje u akumulaciju, čime se podstiču procesi eutrofikacije (*Đukić, 2009.*).

Sve ove mere su u funkciji zaštite i očuvanja kvaliteta vode i akumulacije, a to opet u cilju dobijanja zdrave pitke vode prečišćavanjem na postrojenju u Gorini adekvatnim tehnološkim (projektovanim) postupcima obrade, kao i zaštite akumulacije kao jednog akvatičnog ekosistema, pri čemu se prvenstveno misli na probleme njene eutrofikacije i ubrzanog starenja (*Cibulić, 1996.a*).

U našoj zemlji ima sve veći broj akumulacija koje se koriste za vodosnabdevanje, i to uglavnom kao sistemi od regionalnog značaja (*Đorđević, 2008*). Obzirom na skorašnjost ovog opredeljenja, domaća iskustva iz ove oblasti nisu još uvek dovoljna. Međutim, svetska iskustva pokazuju da se kvalitet vode u akumulacijama menja tokom godine, kao i sa starošću. Upravo, cilj ovog rada je da prikaže da li i kako se kvalitet vode akumulacije 'Barje', više od 15 godina posle njenog formiranja menja, koji su procesi prisutni i u kojoj meri. Kao i da se na osnovu fizičko-hemijskih ispitivanja kvaliteta vode, oceni stanje i nivo eutrofikacionog procesa u akumulaciji (*Cibulić, 1996.b*..)

Eutrofikacija je proces obogaćivanja vodene sredine nutrijentima (glavnim se smatraju azot i fosfor), do koga dolazi njihovim direktnim ili indirektnim unošenjem u ekosistem. Porast sadržaja nutrijenata izaziva preterani rast pojedinih biljnih vrsta, što dovodi do smanjenja koncentracije rastvorenog kiseonika u vodi, a to negativno utiče na biljke, ribe i ostale forme živog sveta u vodi. Eutrofikacija takođe izaziva i izlučivanje azota iz zemljišta, što dovodi do zakišeljavanja i podzemnih i površinskih voda (*Martinović, 1998*).

Za pravilno korišćenje vode iz akumulacije, potrebno je pratiti kvalitet vode sistematski, po celoj dubini akumulacije, jer se promene odigravaju u celoj masi vode. Ova kontrola je naročito važna za fabriku vode, pri određivanju nivoa vodozahvata (*Sl.list SFRJ br. 5/68; 6/78*). Otkrivanje eventualno nastalih promena, omogućuje blagovremenu orijentaciju na povoljnije nivo vodozahvata, kao i moguću primenu nekih od mera predviđenih za njihovo uklanjanje ili ublažavanje. Upravo zato je redovna kontrola kvaliteta vode jedna od

ključnih mera upravljanja akumulacijama (Marković, 2008). Te kontrole omogućavaju otkrivanje uzroka promena, kao i blagovremeno planiranje i sprovođenje tehničkih i bioloških mera na slivu i u akumulaciji za ublažavanje ili sprečavanje nepovoljnih promena, kao i za održavanje kvaliteta vode (Đukić, 2009).

METODOLOGIJA ISPITIVANJA

Za akumulaciju 'Barje' je sačinjen program ispitivanja kvaliteta vode, koji se i danas primenjuje. Program obuhvata fizičko-hemijska, biološka i radiološka ispitivanja. Prva-nulta ispitivanja su rađena po punjenju akumulacije, 1995/1996 godine, i to jednom mesečno. Ovakva dinamika ispitivanja je nastavljena u 1997. i delom 1998. godini, posle čega je usledila jedna velika pauza u ispitivanjima. Danas se ispitivanja vrše jednom kvartalno, a analiza dobijenih rezultata ispitivanja je vršena prema važećim normativima (*Sl.gl RS 74/11, 31/82, 5/68, 6/78*). Ovakva dinamika ispitivanja je nastavljena u 1997. i delom 1998. godini, posle čega je usledila jedna velika pauza u ispitivanjima i, najveći deo početnog desetleća novog milenijuma, nisu vršena.

Programom ispitivanja 1995. godine ustanovljeno je tri ispitna mesta na akumulaciji i jedno na reci Veternici: br.1 – kod brane, br.2 - kod vodozahvatne kule, i br. 3 – sredina akumulacije. Međutim, danas se voda ispituje samo na ispitnim mestima 2 i 3. Uzorkovanje se obavlja jednom kvartalno, čamcem, primenom standardne limnološke metodologije. Na oba ispitna mesta, uzorci su uzimani na 0,5 m iznad dna akumulacije, sa sredine akumulacije i na 0,5 m ispod površine vode. Za prikupljanje uzoraka korišćena je Friedinger-ova boca zapremine 5 L. Na licu mesta su mereni pH, temperatura, provodljivost i rastvoreni kiseonik na aparatu za elektrohemijsku jonselektivnu analizu model 3405. Rezultati ispitivanja u toku 2009/2010. godine upoređivani su sa nultim ispitivanjima - pre petnaest godina.

Uzorci vode se ne konzervišu ni ranije, a ni danas, jer se u vremenu od 30 minuta dostavljaju laboratoriji gde se odmah analiziraju. Sva ispitivanja se vrše po standardnoj i opšte prihvaćenoj metodologiji za površinske i vode za piće (APHA, 2005). Najveći deo fizičko-hemijskih ispitivanja je vršena u laboratoriji ZZJZ Leskovac, koja je i akreditovana za ova ispitivanja, kao i u laboratoriji 'Vodovoda Leskovac', koja je ranije pripadala Direkciji za izgradnju vodosistema 'Barje'.

Rezultati ispitivanja u toku 2009/2010. godine upoređivani su sa nultim ispitivanjima - pre petnaest godina.

Danas, ispitivanja vode akumulacije 'Barje' vrši Republički hidrometeorološki zavod prema programu ispitivanja, koji se karakteriše kao kontrolno ispitivanje, obavlja se u oktobru mesecu u periodu malih voda. Shodno programu RHMZ za period 2005-2010 godina Republička agencija za zaštitu životne sredine je uradila osrednjavanja pojedinačnih pokazatelja kvaliteta vode akumulacije 'Barje', čije su vrednosti izražene odgovarajućim WQI indeksom. Procenjena vrednost ovog indeksa za ovu akumulaciju je 'vrlo dobar' (RHMZ, *Hidrološki godišnjak 2005-2010*).

Biološka ispitivanja je vršio Biološki institut 'Siniša Stanković' iz Beograda u 1995 i 1996 godini, o čemu je urađen Izveštaj na osnovu koga su se preduzimale određene biološke mere upravljanja akumulacijom u cilju očuvanja kvaliteta vode za vodosnabdevanje (Martinović, 1998).

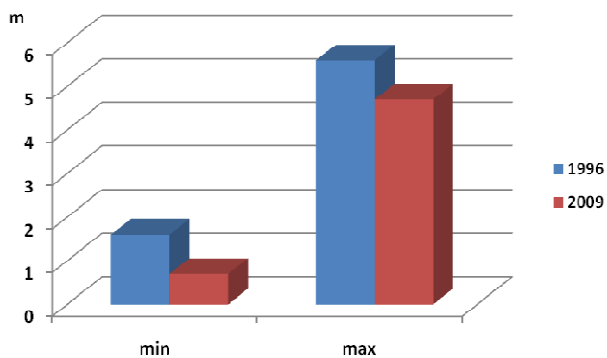
REZULTATI I DISKUSIJA

Rezultati fizičko-hemijskih i bioloških ispitivanja iz 1995 i 1996. godine (nulto stanje), prikazani su u ranijim radovima (Cibulić, 1996a, 1996b, 1998a, 1998b, Martinović, 1998). U ovom radu su grafički prikazani neki od rezultata fizičko-hemijskih ispitivanja iz 2009/2010. godine, po horizontali i po vertikali akumulacije, posebno ili paralelno sa onima od pre 15 godina, na ispitnim mestima kod vodozahvata i na sredini akumulacije (Cibulić, 1998a, 1998b).

Rezultati fizičko-hemijskih ispitivanja vode akumulacije pri njenom formiranju pokazuju da se radi o vodi bez boje, mirisa i ukusa, maksimalne providnosti (merena Secchi diskom) 5,5 m, što u odnosu na sadašnje stanje predstavlja veću vrednost. Naime, ispitivanja iz 2009/2010. godine su pokazala da je maksimalna providnost na sredini akumulacije, 4,5 m, a kod vodozahvatne kule izmerena je maksimalna providnost od 5,5 m i to na dubini od 28 m (dno akumulacije). Ovo smanjenje providnosti minimalnih i maksimalnih vrednosti u odnosu na nulto stanje, uporedo je prikazano histogramom na slici 2.

Providnost je u direktnoj vezi sa mutnoćom, i ona kod voda akumulacije po pravilu raste od površine do donjih slojeva epilimniona, dostižući maksimalne vrednosti iznad dna. Mada se ne radi o velikim razlikama u

vrednostima, ovo se pripisuje promeni gustine planktona, kao i procesu taloženja koje je u akumulaciji uvek prisutno. Međutim, ovakvu pravilnost uvek narušavaju padavine, čak i one najslabije, kao i nagle hidraulične promene – npr. promene nivoa vode u akumulaciji. U ispitivanjima iz 2009/2010. godine maksimalna mutnoća je 22,9 NTU, izmerena u oktobru mesecu na sredini akumulacije (ispitno mesto2) na dubini od 28m, a minimalna mutnoća 0,9 NTU na dubini od 0,5m, izmerena je kod vodozahvatne kule u avgustu mesecu.

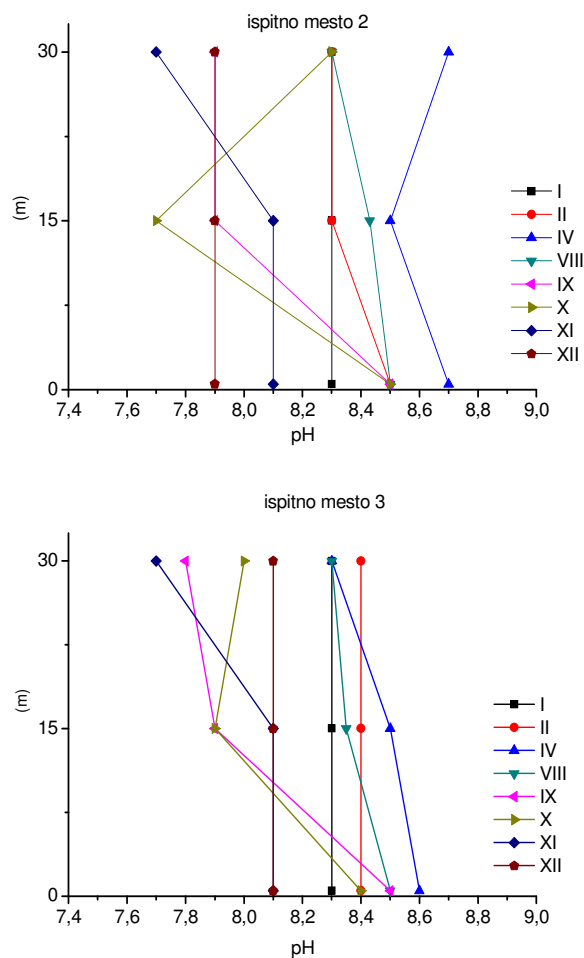


Slika 2. Promena providnosti danas u odnosu na nulto stanje
Figure 2. Water transparency change now compared to the zero state

Složeni odnosi koncentracija neorganskih i organskih jona u vodi akumulacije, kao i bioloških faktora (povećana koncentracija bele ribe produkcija algi, planktona), dovodi do promene pH vrednosti (Martinović,1998, Jarvie,2006). Kod nultog ispitivanja pH-vrednost se kretala u rasponu od minimalno 6,78 do maksimalno 8,4 pH jedinica. Pokazalo se da se pH smanjuje od površine ka dnu akumulacije čime se povećava kiselost, što ukazuje na prisustvo eutrofikacionih procesa, jer oni izazivaju izlučivanje azota iz zemljišta, što dovodi do povećanje kiselosti površinskih i podzemnih voda.

Iako se samo na osnovu rasta pH vrednosti u letnjem periodu, ne može odrediti dinamika rasta fitoplanktona, kao i nivo primarne produkcije, ipak, sudeći prema maksimalnoj vrednosti pH, primarna produkcija je bila veom niska pri nultim ispitivanjima. Kod ispitivanja posle petnaest godina od punjenja, pH vrednost se kretala od 6,5 do 8,8 pH jedinica. Vidi se da je to veća maksimalna pH vrednost (slika 3). Sudeći po tome primarna produkcija je sada veća, što bi trebalo da ukazuje na izražene eutrofikacione procese u akumulaciji 'Barje'. Kao jedna od bioloških mera radi

očuvanja kvaliteta vode i sprečavanja povećavanja kiselosti akumulacije, preduzeto je poribljavanje akumulacije štukom koja predstavlja grabljivicu i čija je funkcija smanjivanje količine bele ribe, koja se karakteriše visokim stepenom sluzavosti, a time i opasnosti od povećanja kiselosti.

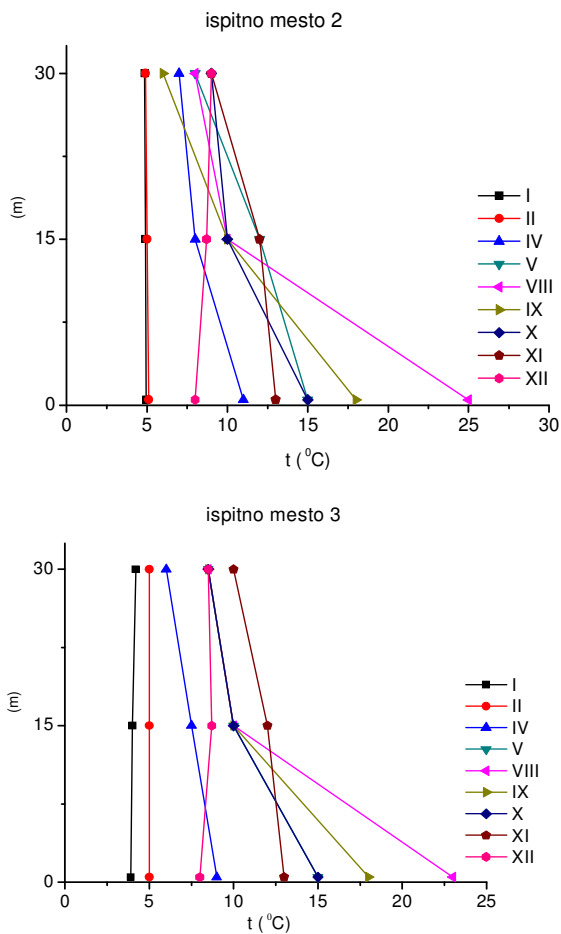


Slika 3. Vertikalni raspored pH na ispitnom mestu 2 i 3
Figure 3. Vertical distribution of pH of the examined water sites 2 and 3

Promena temperature vode akumulacije u toku ispitivanja iz 2009/2010. godine, sobzirom da se radi o jednom jedinstvenom sistemu, identična je sada kao i pre 15 godina. Rezultati kod vodozahvatne kule i sa sredine akumulacije (ispitno mesto 2 i 3), prikazani su na slici 4- vertikalna raspodela.

Kako akumulacija predstavlja jedinstven termički sistem, to su i temperaturne promene na oba ispitna

mesta istog tipa. Na osnovu ovih i nultih ispitivanja može se zaključiti da vertikalni raspored temperature odgovara termici jezerskih ekosistema na oba ispitna mesta, slika 4. Kod vertikalnog rasporeda temperature i danas se, kao i pri nultom ispitivanju, jasno uočava letnja stratifikacija i zimska cirkulacija (Cibulić, 1996b, 1998a, 1998b). U mesecima februaru i martu, još uvek postoji zimska totalna cirkulacija – temperatura je skoro identična od površine do dna. Već u maju mesecu uočava se potpuna stratifikacija, koja je najizrazitija u mesecima julu i avgustu, a od septembra se uočava njeno blago smanjivanje.



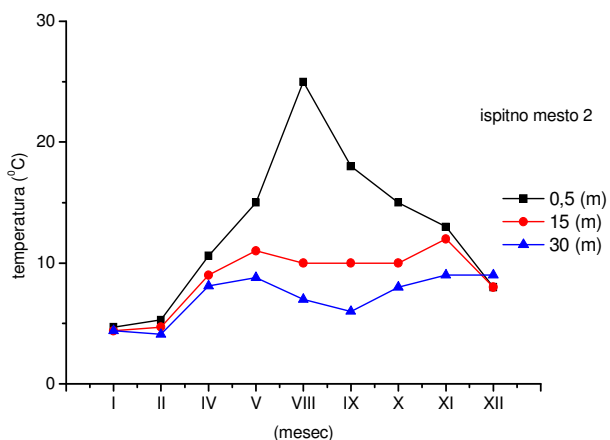
Slika 4. Vertikalni raspored temperature na ispitnim mestima 2 i 3

Figure 4. Vertical distribution of temperature of the examined water sites 2 and 3

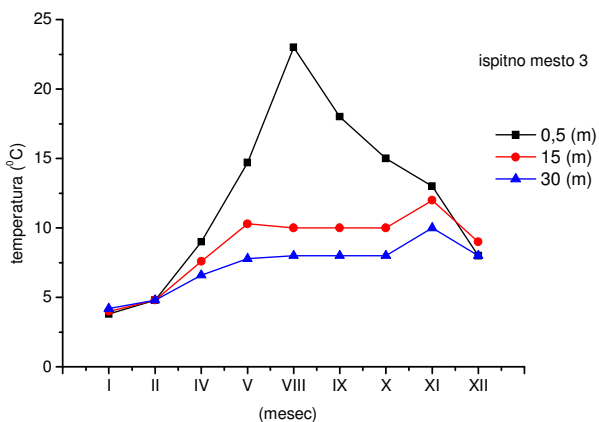
Na osnovu ovoga može se reći, da jezero „Barje“ ima veoma dugu stratifikaciju sa kulminacijom u leto i totalnu zimsku cirkulaciju – što predstavlja

karakteristiku suptropskih jezera. Ovo se razlikuje od ponašanja akumulacija u umerenoj klimi - sa dve sezonske stagnacije i dve cirkulacije (UNEP, 2005).

Promena temperature u izobatnim slojevima pri ispitivanjima u toku 2009/2010. godine, na oba ispitna mesta ima relativno različit oblik, što je uslovalo razliku u dubini njihovih izotermnih slojeva, naročito u dubini njihovih hipolimniona (slika 5, 6). Na osnovu ovih i nultih ispitivanja, može se reći, da je horizontalni raspored temperature (u izobatnim slojevima) identičan (Cibulić, 1996b, 1998a, 1998b).

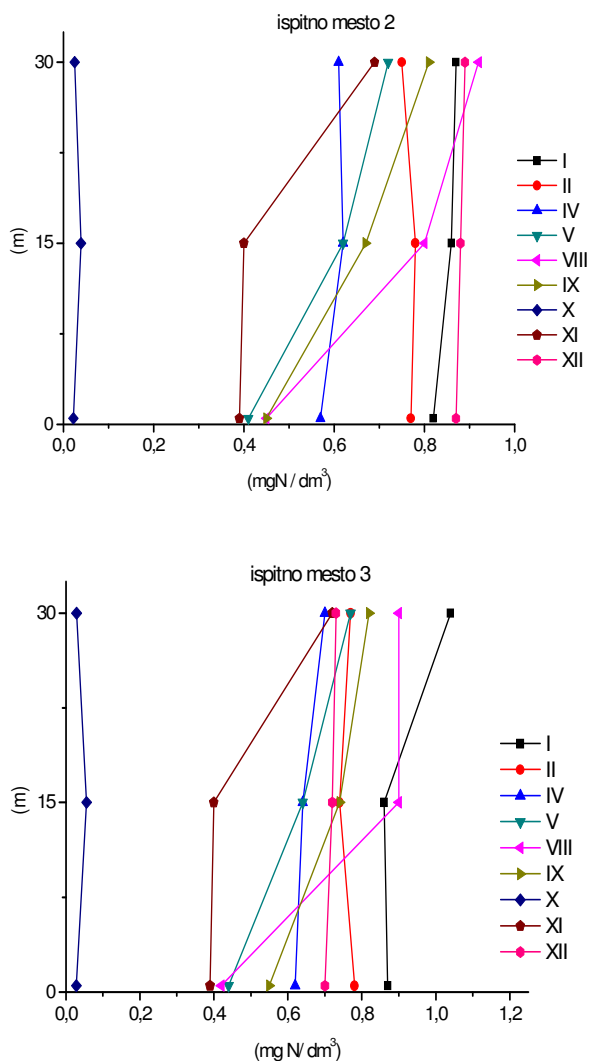


Slika 5. Temperatura izobatnih slojeva na ispitnom mestu 2
Figure 5. Temperature of the isobaths layers of the examined water site 2



Slika 6. Temperatura izobatnih slojeva na ispitnom mestu 3
Figure 6. Temperature of the isobaths layers of the examined water site 3

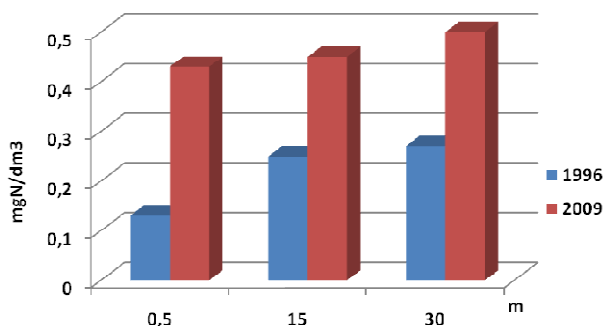
U vodi akumulacije ispitivana je koncentracija nitratnog azota. Iako rezultati prvih bioloških ispitivanja pokazuju da je mala brojnost fitoplanktona i veoma mali intenzitet organske redukcije, kretanje koncentracije nitratnog azota odgovara promenama u akumulaciji. Očigledno je, da se promena njegove koncentracije uklapa u sezonsku ritmiku karakterističnu za akumulacije i koja je sada izrazitija nego pre 15 godina, kada se kretala od minimalno 0,04 do maksimalno 0,39 mgN/L, dok je danas od minimalno 1,80 do maksimalno 3,44 mgN/L, na oba ispitna mesta.



Slika 7. Vertikalni raspored nitratnog azota na ispitnim mestima 2 i 3

Figure 7. Vertical distribution of nitrates of the examined water sites 2 and 3

U martu i aprilu, kad još uvek postoji zimska cirkulacija, koncentracija je skoro ista od površine do dna jezera i to na oba ispitna mesta. Od maja meseca započinje letnja stagnacija, dolazi do stratifikacije i polako se povećava razlika u koncentraciji nitratnog azota po dubini. Znači, u epilimnionu dolazi do njegovog trošenja tokom leta i otuda je na uzorcima sa srednje dubine akumulacije (gde epilimnion prestaje), utvrđena veća koncentracija nitratnog azota. U periodu zimske cirkulacije dolazi do obnavljanja koncentracije nitratnog azota (slika 7). Ovo uvećanje nitratnog azota u 2009/2010. godini u odnosu na nulta merenja jasno je prikazano na histogramu, slika 8. Uvećanje je veoma značajno i pokazatelj je prisustva eutrofikacionih procesa. Ovo isto potvrđuju i koncentracije nitritnog i amonijačnog azota (Cibulić, 1996a i b, 1998a i b).



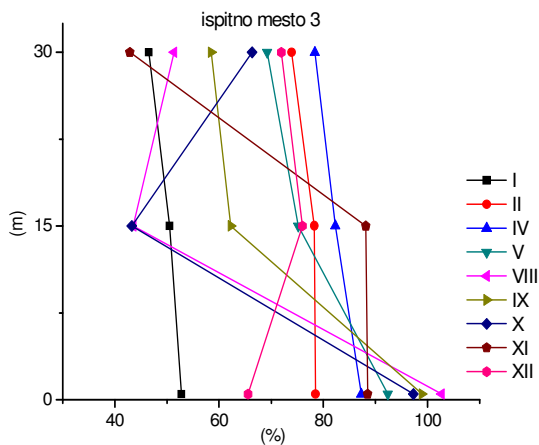
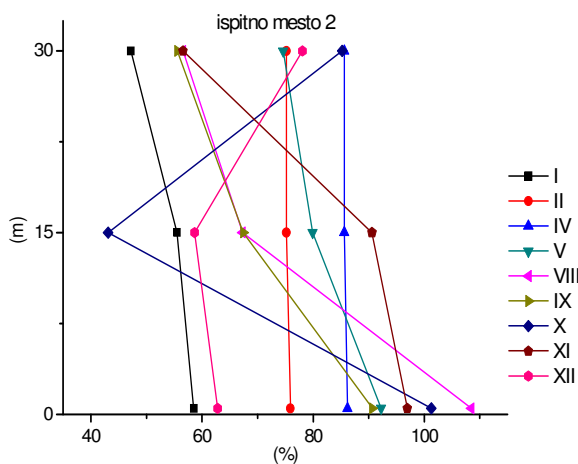
Slika 8. Promena nitratnog azota na oba ispitna mesta nekad i sad

Figure 8. Nitrates change at both of the examined water sites now and then

Što se tiče koncentracije nitrita, koji su indikator intenzivne mineralizacije i hipoksije, ona je uglavnom pri nultom ispitivanju bila 0 ili zanemarljivo niska. Međutim, ispitivanja iz 2010. godine pokazuju da je maksimalna vrednost nitrita zabeležena u aprilu mesecu na sredini akumulacije (ispitno mesto 3), na dubini od 30m, i to 0,023 mgN/dm³, a minimalna vrednost je zabeležena u maju mesecu kod vodozahvata (ispitno mesto 2), takođe na dnu akumulacije, 0,006 mgN/L.

Što se tiče koncentracije amonijačnog azota, pre petnaest godina amonijaka nije bilo, ili se javljao u veoma niskim koncentracijama. Prošlogodišnja ispitivanja međutim, pokazuju značajnu koncentraciju, uglavnom na dnu akumulacije. Maksimalna koncentracija, 0,280 mgN/L, zabeležena je na sredini akumulacije (ispitno mesto 3) i to na njenom dnu, a minimalna vrednost, 0,00 je izmerena na ispitnom mestu 2, kod vodozahvatne kule na dubini od 0,5m.

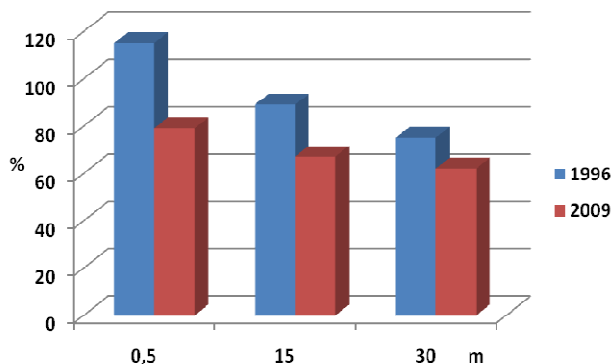
Stepen zasićenosti kiseonikom, jedan je od osnovnih parametara za ocenu kvaliteta vode akumulacije, predstavlja rezultat veoma komplikovanog odnosa njegovog trošenja i obnavljanja u akumulaciji, kao jedinstvenom ekosistemu. U martu mesecu stepen zasićenosti kiseonikom je, može se reći, identičan od površine do dna na oba ispitna mesta - kod vodozahvatne kule i na sredini akumulacije. To je period zimske cirkulacije, i on je identičan i pri nultom ispitivanju kao i posle 15 godina. Od aprila započinje letnja stagnacija, što odgovara termici jezerskih sistema, odnosno termičkoj stratifikaciji, pa se zasićenost kiseonikom blago i postepeno menja, slika 9.



Slika 9. Vertikalni raspored zasićenosti kiseonikom na ispitnim mestima 2 i 3

Figure 9. Vertical distribution of oxygen saturation of the examined water sites 2 and 3

Pri ranijim ispitivanjima utvrđeno je da se kiseonik intenzivno proizvodi u letnjem periodu na površini, zasićenost kiseonikom se regeneriše u procesu fotosinteze i na površini dostiže vrednost do 150%. Rastvoreni kiseonik, na uzorcima od pre 15 godina, troši se u hipolimnionu, gde zasićenost opada do 30% - kod vodozahvatne kule, odnosno 28% na sredini akumulacije. Rezultati ispitivanja iz 2009/2010. godine pokazuju da se i kod njih odvija isti proces, ali je zasićenost kiseonikom manja. Kreće se u letnjem periodu na površini akumulacije od 102-108%, a u hipolimnionu gde se troši kiseonik, zasićenost opada na 45-50%, dok je minimum zabeležen na ispitnom mestu 2 kod vodozahvatne kule u avgustu, 40%. Ovaj pad zasićenosti kiseonikom, u odnosu na nulta merenja iz 1995/1996. godine, prikazan je na histogramu, (Slika 10).

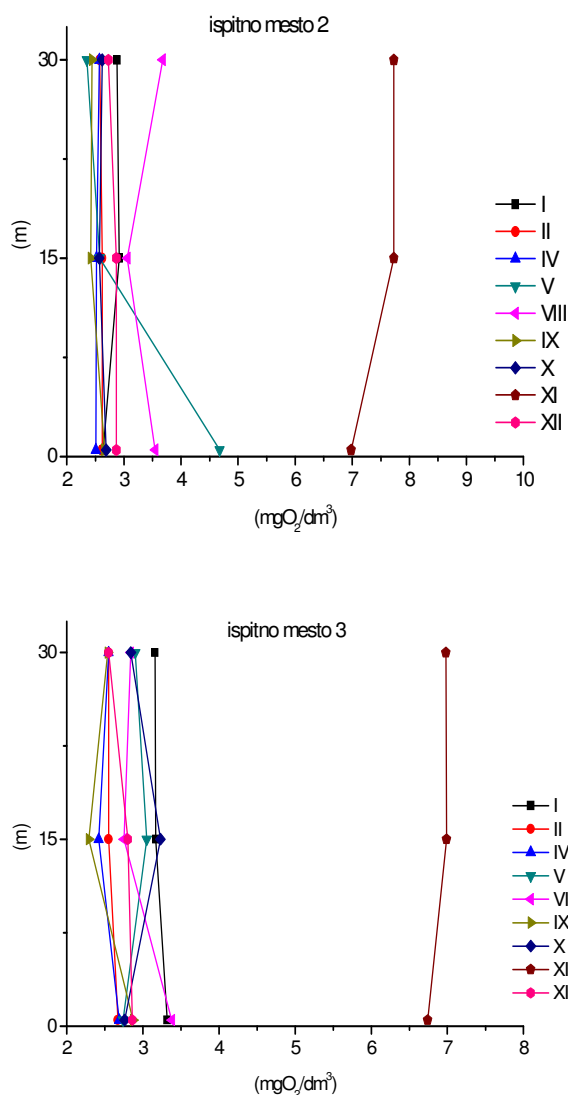


Slika 10. Promena zasićenosti kiseonika na oba ispitna mesta

Figure 10 Oxygen saturation change at both of the examined water sites

Obnavljanje koncentracije kiseonika, odnosno zasićenosti kiseonikom vrši se tokom cirkulacije, tj. u zimskom periodu. Na uzorcima nultog ispitivanja zasićenost kiseonikom se regeneriše, može se reći 100% i, u martu je na površini 95-98%, a po dubini od 92 do 98%. Na uzorcima iz 2010.godine kreće se na površini 84,3-87,3% za mesec april za oba ispitna mesta, a po dubini od 78,4 do 85,6%.

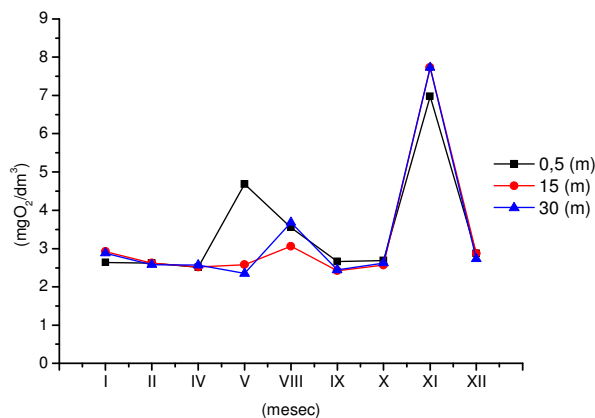
Utrošak kalijum permanganata predstavlja meru sadržaja organskih materija u vodi, iako, poznato je, on oksiduje i neke neorganske supstanc. Rezultati ispitivanja u 2009/2010. godini, njihova vertikalna raspodela, grafički su prikazani na slici 11, a na slici 12 i 13 je data njihova horizontalna raspodela na ispitnom mestu 2 i 3.



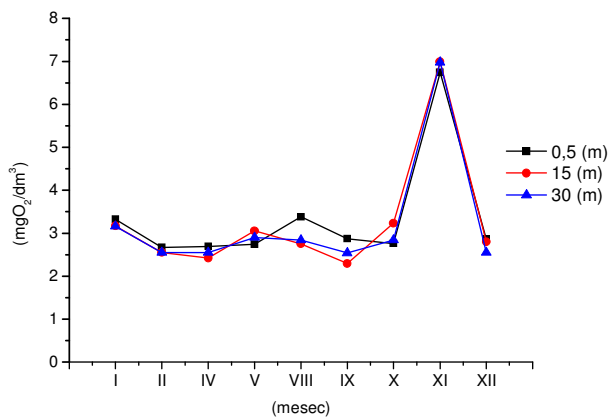
Slika 11. Vertikalna raspodela utroška kalijumpermanganata na ispitnim mestima 2 i 3
 Figure 11. Vertical distribution of consumption of potassium permanganate of the examined water sites 2 and 3

Opšta karakteristika je da sadržaj organskih materija u početku opada u periodu letnje stagnacije, sve dok u epilimnionu ne počne ponovo da raste. Ovakva vertikalna distribucija odgovara distribuciji mutnoće po dubini. U martu i aprilu – period zimske cirkulacije, dolazi skoro do nivelacije sadržaja organskih materija po dubini, s tim što taložne materije (uvećana mutnoća)

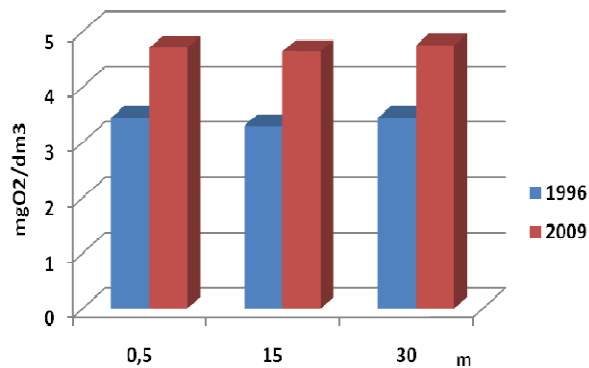
daju nešto veće vrednosti utroška u donjim slojevima akumulacije. Inače, uobičajene vrednosti utroška kalijumpermanganata pri nultom ispitivanju se kreću od 2 do 3,0 mgO₂/L. Ispitivanja u 2009/2010. godini pokazuju izvestan porast sadržaja organskih materija, njihova koncentracija se kreće od 3 do 4 mgO₂/L. Ovaj porast koncentracije organskih materija u odnosu na nulta merenja iz 1996. godine, prikazan je na histogramu, slika 14.



Slika 12. Utrošak KMnO₄ izobatnih slojeva vode na ispitnom mestu 2
 Figure 12. Consumption of KMnO₄ of the isobaths layers of the examined water site 2



Slika 13. Utrošak KMnO₄ izobatnih slojeva vode na ispitnom mestu 3
 Figure 13. Consumption of KMnO₄ of the isobaths layers of the examined water site 3



Slika 14. Promena utroška KMnO₄ na oba ispitna u odnosu na nulto stanje

Figure 14. Consumption change of KMnO₄ now compared to the zero state

Ovde treba reći da što je voda mutnija, (uvećan sadržaj suspendovanih materija), to je sadržaj organskih materija veći. Ovde se radi o prirodnim organskim materijama - POM u vodi (primarna produkcija), koje predstavljaju najčešće nezasićene huminske i fulvo kiseline, koje inače imaju najveću rastvorljivost u vodi (Treguer, 2009).

Ovi materijali uneti u akumulaciju sa kompletnog slivnog područja, kao i sinteza ili razgradnja kompleksnih organskih materija do koje može doći u sistemu, predstavljaju polazište za stvaranje halogenoorganskih materija u procesu dezinfekcije vode hlorom, trihalometana - THM. Na ovaj način prirodni sadržaj organskih materija u vodi direktno utiče na kvalitet vode, dolazi do uvećavanja sadržaja organskih materija (uvećava se parametar utrošak kalijumpermanganata) i indirektno, pri dezinfekciji vode hlornim preparatima dolazi do stvaranja- THM i drugih halogenoorganskih materija (Chiang, 2009, Matilainen, 2010).

Na vodi akumulacije 'Barje' ispitivan je i potencijal stvaranja trihalometana, i pokazalo se da je još uvek jako nizak, što ukazuje da još uvek ne postoji opasnost od njihovog stvaranja pri dezinfekciji vode. Takođe, projektovana tehnologija obrade vode na fabrici vode u Gorini, predviđa proces predozonizacije (obrada ozonom posle procesa bistrenja a pre hemijske obrade), kojim se u potpunosti oksiduju sve prirodno prisutne organske materije, i voda je spremna za dalje procese obrade bez opasnosti od stvaranja THM. (Chiang, 2009).

Rezultati ispitivanja ortofosfata u uzorcima nultog stanja, pokazala su da je njihova koncentracija u granicama dozvoljenog i da u tom trenutku u akumulaciji nisu zabeleženi znaci početka eutrofikacije. Međutim, na uzorcima ispitivanja posle petnaest godina zabeležena je veća koncentracija ortofosfata, što takođe ukazuje na činjenicu da su eutrofikacioni procesi uznapredovali. Koncentracija se kreće od minimalno 0,02 mg/L na dnu akumulacije na ispitnom mestu 2, do maksimalno 0,19 mg/L na dubini od 15m na ispitnom mestu 3. Ove koncentracije već ukazuju da su eutrofikacioni procesi u akumulaciji u toku, i da treba raditi na osmišljavanju hemijsko tehnoloških i bioloških mera - biomonitoring i eventualno, biomanipulacija u okviru ekološkog inženjeringa, za njihovo eliminisanje, odnosno usporavanja (Matilainen, 2010a, 2010b).

Još prva biološka ispitivanja (1995god) Biološkog instituta 'Siniša Stanković' su konstatovala da je reč o još uvek mladoj akumulaciji sa malom raznovršnošću fito i zooplanktona, različitim vrednostima indeksa saprobnosti dobijenih na osnovu analize planktona, zoobentosa i riba, što sve zajedno ukazuje da je akumulacija – sistem u formiranju.

Relativno mala brojnost fito planktona i siromaštvo zooplanktona kao prirodne hrane riblje mlađi je utvrđena na početku ispitivanja. Međutim, na kraju ovog ciklusa ispitivanja (1996 godine) utvrđeno je obilje hrane za riblju mlađ – utvrđena je velika brojnost fito planktona i bogatstvo zooplanktona. Na osnovu toga je preporučeno da se kao prvi korak bioloških mera upravljanja kvalitetom vode akumulacije, izvrši poribljavanje crnim i belim tostolobikom, koji se inače hrane planktonom, a u drugom koraku treba ubaciti ribe grabljivice: štuka, soma, smuđa itd (što je već učinjeno). Ovi rezultati bioloških istraživanja, saprobiološke analize i analize fitoplanktona, fitoperifitona i faune dna kao indikatora, pokazali su da je kvalitet vode akumulacije zadovoljavajući. Posebno visoka vrednost indeksa saprobnosti, izračunata na osnovu faune dna, je još tada ukazivala na intenzivne procese akumuliranja i razgradnje već zatečenog organskog materijala na dnu formirane akumulacije. Ovo mišljenje Biološkog instituta 'Siniša Stanković' iz Beograda u pogledu poribljavanja je ispoštovano. Godine 1996. ubačen je beli i crni tostolobik, a u toku 1997. godine štuka, smuđ i som (Martinović, 1998).

ZAKLJUČAK

Na osnovu fizičko-hemijskih ispitivanja vode akumulacije 'Barje', može se zaključiti da se karakter akumulacije nije mnogo promenio u odnosu na period njenog formiranja, pre petnaest godina. 'Barje' ima veoma dugu stratifikaciju sa kulminacijom u leto, i totalnu zimsku cirkulaciju – što predstavlja karakteristiku suptropskih jezera.

Postoje naznake početka procesa eutrofikacije, što je i očekivano, s obzirom na fenomen izvesnog starenja akumulacija. Uvećanje nitrarnog azota i koncentracija ortofosfata u odnosu na nulta merenja, predstavlja pokazatelj eutrofikacionih procesa i ukazuje da su eutrofikacioni procesi u ovom sistemu uznapredovali. Takođe, povećana maksimalna pH vrednost pri ispitivanjima u 2009/2010. godini, nameće očekivanje povećavanja primarne produkcije, što ukazuje da su u akumulaciji 'Barje' prisutni eutrofikacioni procesi, 15 godina od njenog formiranja. Pokazalo se da se pH smanjuje od površine ka dnu akumulacije čime se povećava kiselost, što ukazuje na prisustvo eutrofikacionih procesa, jer oni izazivaju izlučivanje azota iz zemljišta, čije je uvećanje ispitivanjem vode takođe potvrđeno, što dovodi do povećanja kiselosti površinskih i podzemnih voda.

Sve ovo ukazuje da su eutrofikacioni procesi u akumulaciji prisutni, i da treba raditi na osmišljavanju hemijsko - tehnoloških i bioloških mera za njihovo eliminisanje, odnosno usporavanje. Međutim, i pored toga kvalitet vode akumulacije 'Barje' danas je još uvek na zadaovoljavajućem nivou. To potvrđuje zasićenost kiseonikom, jedan je od osnovnih parametara za ocenu kvaliteta vode akumulacije. Na uzorcima nultog ispitivanja zasićenost kiseonikom se regeneriše, može se reći 100% i, u martu je na površini 95-98%, a po dubini od 92 do 98%. Na uzorcima iz 2010.godine kreće se na površini 84,3-87,3% za mesec april za oba ispitna mesta, a po dubini od 78,4 do 85,6 %. Obnavljanje koncentracije kiseonika, odnosno zasićenosti kiseonikom vrši se tokom cirkulacije, tj. u zimskom periodu.

Upravo, ovakav kvalitet vode omogućava da se uz primenu projektovanih metoda obrade, ona može dovesti do kvaliteta vode za piće i upotrebu u prehrambenoj industriji. Isto pokazuju i ispitivanja RHMZ na osnovu kojih je Agencija za zaštitu životne sredine RS izvršivšila osrednjavanje pojedinačnih pokazatelja kvaliteta vode akumulacije 'Barje' za period 2005-2010 godina, a zatim te vrednosti izrazila

odgovarajućim WQI indeksom, i na osnovu njega ovu akumulaciju ocenila sa 'vrlo dobar'.

Praćenje kvaliteta vode akumulacije na osnovu utvrđenog programa podrazumeva limnološki, kompleksan multidisciplinarni pristup koji, između ostalog obuhvata monitoring fizičko-hemijskih parametara, bioloških karakteristika - biomonitoring i eventualno, biomanipulaciju u okviru ekološkog inženjeringa. Ovakva sveobuhvatna multidisciplinarna ispitivanja bi omogućila donošenje relevantnih zaključaka oko vođenja i upravljanja kvalitetom vode akumulacije i njene zaštite od kontaminacije i eutrofikacije.

LITERATURA

- [1] *APHA* (2005): Standard methods for the Examination of water and wastewater, 21th edition, American Public Health Association, Washington.
- [2] *Cibulić, V.* (1996a): O merama zaštite višenamenske akumulacije 'Barje', *Vodoprivreda*, 159-160 (1-2), s. 113-119.
- [3] *Cibulić, V., Denić, S.* (1996b): Mere zaštite kao uslov za očuvanje kvaliteta vode akumulacije, 'Zaštita voda 96', Zbornik radova, Ulcinj, (1996) 43-49.
- [4] *Cibulić, V., Martinović-Vitanović, V., Kalafatić, V.* (1998a): Rezultati jednogodišnjeg praćenja kvaliteta voda akumulacije 'Barje' - hemijski aspekt, *Voda i sanitarna tehnika*, 27 (5), s.15-20.
- [5] *Cibulić, V., Kiseonični režim akumulacije 'Barje' i njegov značaj*, (1998b): 'Zaštita', Kotor, 55-61.
- [6] *Chiang, P. C., Chang, E. E., Chang, P. C., C.P. Huang* (2009): Effects of preozonation (0.1n) on the removal of THM precursors by coagulation, *Sci.Total Environ*, 407, 5735-5742.
- [7] *Dorđević, B.* (2008): Realizacija razvoja vodoprivredne infrastrukture u skladu sa strategijom iz prostornog plana Srbije, *Vodoprivreda*, N^o 234-236, s.215-226
- [8] *Dorđević, B. i T.Dašić* (2011): Određivanje potrebnih protoka nizvodno od brana i rečnih vodozahvata, *Vodoprivreda*, N^o 252-254, s. 151-164.
- [9] *Dukić, V., S.Petković* (2009): Mogućnosti modeliranja erozionih i transportnih procesa u

- rečnim slivovima, *Vodoprivreda*, N^o 240-242, s.117-126.
- [10] *Jarvie H.P., Neal C., Withers P.J.A.*, (2006): Sevege effluent phosphorus, A greater risk to river eutrophication than agricultural phosphorus, *Science of the Total Environment*, 360, 246-253
- [11] *Knežević, B. i B.Đorđević* (2012): Metoda MABIS kao podrška za određivanje ekološki prihvatljivog protoka, *Vodoprivreda*, N^o 255-257, s.25-42.
- [12] *Marković, Đ. i dugi* (2008): Efekti primene upravljanja pri raspodeli voda iz višenamenskih akumulacija, *Vodoprivreda*, N^o 234-236, s.201-214.
- [13] *Matilainen, A., M. Silanpaa* (2010a): Removal of natural organic matter from drinking water by advanced oxidation processes, *Chemosphere*, 80, 351-365.
- [14] *Matilainen, A., Vepsäläinen, M., M. Silanpaa* (2010b): Natural organic matter removal by coagulation during drinking water treatment, *A review. Adv Colloid Interfac.*, 159, 189-197.
- [15] *Martinović-Vitanović, V., Kalafatić, V., V. Cibulić* (1998): Rezultati jednogodišnjeg praćenja kvaliteta voda akumulacije "Barje" - mikrobiološki aspekt, *Voda i sanitarna tehnika*, 28 (2), s. 9-14.
- [16] *Energoprojekt, Beograd* (1989,1990): Projekat akumulacije 'Barje': III: Upravljanje kvalitetom vode, 1989, X – Projekat sanitarne zaštite akumulacija, 1990, II – Ekološka zaštita, 1989.
- [17] *Pravilnik o parametrima ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda i parametrima hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda*, Sl. Glasnik RS br. 74/2011
- [18] *Pravilnik o opasnim materijama u vodama*, Sl. Glasnik RS br. 31/82.
- [19] *Republički hidrometeorološki zavod*, Kvalitet vode 2005-2010, Hidrološki godišnjak -3, Beograd
- [20] *Tajić, Lj. i Lj. Randelović* (2010): SWQI kvalitet vode akumulacije Barje, *Vodoprivreda*, N^o 246-248, s. 251
- [21] *Treguer, R., Tatin, R., Couvert, A., Wolbert, D., A. Tayi-Pain* (2009): Ozonation effect on natural organic matter adsorption and biodegradation-Application to a membrane bioreactor containing activated carbon for drinking water production. *Water Res.* 44, 781-788.
- [22] *United Nations Environment Programme* (2005): Planning and management of lakes and reservoirs - An integrated approach to eutrophication. Series: Newsletter and Technical Publications, UNEP Division of Technology, Industry, and Economics.
- [23] *Uredba o kategorizaciji i klasifikaciji voda*, Sl. list SFRJ br. 5/68; 6/78

WATER QUALITY IN 'BARJE' RESERVOIR FIFTEEN YEARS AFTER FILLING AND ZERO TEST

by

Violeta V.CIBULIC¹⁾, Lidija J.STAMENKOVIC¹⁾, Jelena M. LUKOVIC²⁾, Novica M.STALETOVIC¹⁾

¹⁾ Faculty of Ecology and Environmental protection, University "Union-Nikola Tesla", Belgrade, Serbia,

²⁾ Department of Public Health of Leskovac, Leskovac, Serbia

Summary

Reservoirs 'Barje', according to the quantity of water, its natural and physicochemical properties, is a source of general public interest, which is classified as a source of the first rank. Today it is a source of water supply for the city of the municipality of Leskovac.

This paper presents the results of physicochemical water quality studies of accumulation 'Barje', made in 2009/2010. years, fifteen years after its formation. These results are compared with test results from 1995/1996. year, which is the zero accumulation of water quality testing. The quality of water reservoirs 'Barje' is still on satisfactory level, which allows the use of projected processing methods, it can easily lead to drinking water quality and use in the food industry.

There are, however, indications of the beginning of the process of eutrophication, as expected, in view of the inevitable phenomenon of aging reservoirs. Increase of nitrate nitrogen and orthophosphate concentrations in relation to the zero measurement, are an early indicator

of eutrophication process. It also increased the maximum pH value in recent studies, indicating increasing primary production, which is also 15 years since its formation, indicating the presence of eutrophication process. For these reasons, the 'Barje' needs to work on developing chemical-biological and technological measures to eliminate eutrophication processes, their slowing down, and in order to preserve water quality.

Based on the physical and chemical testing of water reservoirs 'Barje' it can be concluded that the nature of accumulation has not changed much over the period of its formation, fifteen years ago. The quality of water reservoirs 'Barje' is still on satisfactory level, which allows the use of projected processing methods, it can easily lead to drinking water quality and use in the food industry.

Key words: reservoir, water supply, eutrophication, and chemical quality of water, oxygen saturation

Redigovano 03.07.2013.