

UNIVERZITET U BEOGRADU

GRAĐEVINSKI FAKULTET

Milanko V. Ljujić

**INTEGRALNI KONCEPT ZAŠTITE SLIVA
I HIDROGRAFSKE MREŽE U CILJU
PRETVARANJA RETENZIJA U
AKUMULACIJE ZA VODOSNABDEVANJE**

Doktorska disertacija

Beograd, 2013.

S A D R Ź A J

	Strana
1. Uvod	1
2. Predmet i cilj disertacije	7
3. Metode istraživanja	10
4. Karakteristike eksperimentalnog slivnog područja	14
4.1. Morfometrijske karakteristike	14
4.2. Geološki sastav	17
4.3. Pedološki sastav	23
4.4. Vegetacija	26
4.5. Klima	28
5. Pregled dosadašnjih istraživanja i rezultata na sličnim slivovima	34
6. Pritisci i uticaji stanovništva i poljoprivrede na vodno telo	37
7. Erozija i produkcija nanosa	42
8. Hidrološko-psamološke karakteristike	47
8.1. Proticaj vode i pronos suspendovanog nanosa	49
8.2. Bilans voda i dimenzionisanje akumulacije	60
9. Stanje kvaliteta vodotoka na osnovu višegodišnjih hemijskih i mikrobioloških analiza vode	75
10. Moguće promene i uticaji objekata na životnu sredinu	82
10.1. Modeliranje kvaliteta vode u akumulaciji	93
10.2. Procena stepena trofije buduće akumulacije	108

11. Predlog rešenja za zaštitu sliva i hidrografske mreže	123
11.1. Biotehnički radovi	125
11.2. Tehnički radovi	131
12. Analiza rezultata istraživanja	137
12.1. Pregled i komentar sprovedenih istraživanja	137
12.2. Primena rezultata istraživanja i preporuke za dalje istraživanje	148
12.3. Program kontinualnih merenja za savremeni monitoring i potrebe modeliranja kvaliteta vode u budućoj akumulaciji	151
13. Diskusija	163
14. Zaključak	176
15. Literatura	178
16. Prilozi	185
17. Biografija autora	
18. Izjava o autorstvu	
19. Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije doktorskog rada	
20. Izjava o korišćenju	

SPISAK PRILOGA

1. Geološka karta sliva reke Velika Dičina
2. Pedološka karta sliva reke Velika Dičina
3. Karta korišćenja zemljišta sliva reke Velika Dičina
4. Karta erozije sliva reke Velika Dičina
5. Specifikacija erozionih površina sliva reke Velika Dičina
6. Proračun transporta nanosa u profilu brane
7. Situacioni plan retenzije sa geodetskim profilima i sondažnim jamama
- 8-9. Granulometrijske krive nanosa
10. Bilans dotoka i potrošnje vode akumulacije Banjani
11. Poprečni presek kroz telo i temeljno tlo postojeće retenzije
12. Poprečni presek kroz telo i temeljno tlo projektovane brane
13. Zone sanitarne zaštite akumulacije Banjani
14. Proticaji Velike Dičine, u profilu retenzije Banjani, 2007. godine
15. Referentni dokumenti o vrsti ispitivanja vode i opsegu merenja
16. Fizičko-hemijske i mikrobiološke analize vode Velike Dičine
17. Biološke analize vode Velike Dičine

Rezime

Osnovni cilj ove teze je ispitivanje mogućnosti pretvaranja retenzija u akumulacije, na bazi izučavanja slivnog područja, hidrografske mreže, analiza rečne vode i prognoze promena kvaliteta ujezerene vode. Vodosnabdevanje iz otvorenog rečnog toka je promenljivo u pogledu količina i kvaliteta vode. Za racionalno korišćenje površinskih voda, potrebno je izgraditi odgovarajuće akumulacije.

Izgradnjom brane i formiranjem akumulacije dolazi do promene dinamike, bilansa i kvaliteta vode, što utiče na stabilnije prilike za vodosnabdevanje. Negativni uticaji izgradnje brane ogledaju se u narušavanju ambijentalnih karakteristika oblasti, poremećaju biljnog i životinjskog sveta, promeni strukture i funkcije vodenog ekosistema i ekosistema obodnog područja. Usled promene tipa ekosistema, tokom vremena, dodatno može doći do pogoršanja kvaliteta vode, ubrzanog „starenja“ vodnog tela i intenzivnog procesa eutrofikacije. Stepent eutrofikacije i intenzitet „starenja“ akumulacije može se predvideti upotrebom matematičkih modela. Negativne posledice pregrađivanja vodotoka, inženjerskim i biološkim merama mogu se ublažiti.

Integralni koncept zaštite i korišćenja voda podrazumeva precizno planiranje i realizaciju administrativnih, tehničkih i socioekonomskih mera, istražnih radova, merenja, izrade projektne dokumentacije, eksproprijacije zemljišta, uređenja i zaštite sliva. Ove mere su u skladu sa Okvirnom Direktivom o vodama EU (Directive 2000/60/EC) u domenu dugoročne zaštite od degradacije i zagađenja i upravljanja kvalitetom resursa planinskog sliva na principima održivog razvoja. Glavni cilj Direktive je obezbeđenje dobrog hidrološkog, hemijskog i ekološkog statusa svih prirodnih voda do 2015. godine.

Prognozu kvaliteta vode u budućem veštačkom jezeru i integralne mere zaštite slivnog područja, moguće je uraditi modeliranjem na osnovu baze podataka o kvalitetu rečne vode i karakteristika slivnog područja. Najčešće se koriste fizičko-geografski, klimatski, geološki, pedološki, hidrološko-hidraulički, fitocenološki, podaci o načinu korišćenja zemljišta, proticaju i kvalitetu vodotoka na kome se planira izgradnja akumulacije. Za modeliranje su, osim navedenih parametara, neophodne i geometrijske karakteristike buduće akumulacije.

Izrada baze podataka za potrebe izgradnje akumulacije za vodosnabdevanje zahteva višegodišnje multidisciplinarnе istražne radove, kompleksne analize i obradu podataka o slivnom području, produkciji i transportu nanosa, proticaju i kvalitetu rečne vode. Za proračune i modeliranje u ovom radu je korišćena baza podataka eksperimentalnog sliva reke Velika Dičina, koja se od 1984. godine koristi za vodosnabdevanje Gornjeg Milanovca. Voda se zahvata iz otvorenog rečnog toka ispod postojeće retenzione pregrade, čija je rekonstrukcija (izgradnja brane Banjani) planirana u narednom periodu. Slivno područje pripada kategoriji veoma slabe erozivnosti površinskog tipa, sa koeficijentom erozije $Z_{sr}=0,17$. Površina sliva do profila postojeće retenzije iznosi $22,5 \text{ km}^2$, a srednji godišnji proticaj 274 l/s .

Za eksploataciju i upravljanje sistemom je važno da se još u fazi planiranja sagledaju i prognoziraju dinamički procesi koji će se odvijati u akumulacijama, u vidu promena abiotičkih i biotičkih stanja akvatorija – ekološka stabilnost. U ovom radu je korišćen matematički model UNEP-PAMOLARE 3, koji simulira sve značajne pokazatelje kvaliteta vode, a posebno eutrofikaciju (Jorgensen S., et al. 2003). To je model sa dva sloja, srednje složenosti (a medium complex 2-layer model). Dva sloja predstavljaju epilimnion (gornji sloj) i hipolimnion (donji sloj) jezera koje je termički stratifikovano u vertikalnom pravcu, a razmena materije između njih se odvija kroz termoklinu difuzionim transportom. Modeliranje je urađeno za proticaje izmerene 2007. godine i geometrijske karakteristike predviđene akumulacije. Zapremina akumulacije do kote krune preliva iznosi $2,93 \times 10^6 \text{ m}^3$, dužina jezera 1850 m, prosečna širina 145 m i prosečna dubina 13,5 m.

Rezultati modela prikazani su grafički, kao sezonske promene osnovnih eutrofikacionih pokazatelja: rastvorenog kiseonika, hlorofila-a (u diatomama), ukupnog azota i ukupnog fosfora. Uočljivo je smanjenje koncentracije ukupnog azota (sa $1,8 \text{ mg N/l}$ u martu na $0,2 \text{ mg N/l}$ u julu) i ukupnog fosfora (sa $0,020$ na $0,001 \text{ mg P/l}$) u epilimnionu u toku leta, kada ove nutrijente konzumira fitoplankton u periodu intenzivnog rasta. Koncentracije rastvorenog kiseonika vode u jezeru na početku godine, pri niskim temperaturama vode, su bliske saturisanim. U toku leta, usled rasta temperature vode, opada koncentracija kiseonika u oba sloja. U epilimnionu koncentracija kiseonika pada sa 15 na $7 \text{ mg O}_2/\text{l}$, a u

hipolimnionu pad je još izraženiji, sa 15 na 3 mg O₂/l. Termoklina, u ovom periodu, otežava prodor kiseonika iz epilimniona i stvaraju se uslovi za anaerobno raspadanje organske materije. Početkom jeseni dolazi do obnavljanja rezervi rastvorenog kiseonika zbog hlađenja vode i njenog mešanja usled dejstva vetra.

Rezultate modeliranja kvaliteta vode u budućoj akumulaciji Banjani treba prihvatiti sa izvesnom rezervom, obzirom da su određeni parametri usvojeni na bazi iskustava stečenih u analizama kvaliteta vode na sličnim akumulacijama. Model je moguće kalibrisati samo na osnovu neke postojeće, a jako slične akumulacije. Sličnost se definiše na osnovu kriterijuma vezanih za: nadmorsku visinu i karakteristike reljefa područja; karakteristike erozije u slivu akumulacije; površinu, zapreminu, dužinu, širinu i dubinu jezera; parametre kvaliteta vode i sedimenta; podatke o zagađenju vodotoka, itd. Stepen trofije akumulacije može se predvideti na osnovu analize procesa u sistemima koji su, prema navedenim karakteristikama, slični budućoj akumulaciji.

Analize trofičkog statusa akumulacija u Srbiji i Sloveniji pokazale su da nema oligotrofnih akumulacija. Eutrofnih akumulacija ima više od mezotrofnih. Ekološki potencijal većine akumulacija nije zadovoljavajući. Akumulacije Grošnica u Srbiji i Klivnik u Sloveniji su veoma slične akumulaciji Banjani. Obe su mezotrofne sa pojedinim parametrima koji povremeno prelaze granicu između mezotrofnog i eutrofnog stepena. Nisu uočljivi tragovi „starenja“ jezera, koja i nakon višedecenijske eksploatacije imaju stabilne ekosisteme.

Trofički status buduće akumulacije Banjani, na osnovu rezultata modeliranja i podataka za akumulacije Grošnica (TSI = 44) i Klivnik (ekološko stanje „umereno“), očekuje se u granicama mezotrofije, bez pojave anaerobnih uslova i u najdubljim delovima akumulacije. Ovakvo stanje rezultat je dobrog kvaliteta vode u reci Velika Dičina, koji se prema većem broju parametara nalazi u I klasi, a određen broj parametara prelazi u više klase kvaliteta. Pored toga, projektovana akumulacija Banjani je kanjonskog tipa, relativno duboka i bez većih plitkih zona u kojima bi moglo doći do bržeg procesa eutrofikacije. Kvalitet vode u jezeru može se održavati u dobrom stanju, selektivnim vodozahvatom i korišćenjem pokazatelja monitoringa kvaliteta vode u upravljanju vodoprivrednim sistemom.

Pre izgradnje brane i punjenja jezera neophodno je uraditi protiverozionu zaštitu sliva, sanitarno uređenje prostora do kote maksimalnog uspora i uspostavljanje administrativnih zabrana i zona sanitarne zaštite akumulacije. Zaštita zemljišta od erozije zasniva se na primeni koncepta integralnih melioracija, koje sadrže biotehničke i tehničke radove. Biotehnički radovi obuhvataju pošumljavanje i melioracije degradiranih površina, podizanje ilofilterskih sistema i terasa za usporavanje površinskog oticaja i spiranja zemljišta. Tehnički radovi se odnose na izgradnju poprečnih pregrada, pragova i pojaseva za stabilizaciju korita i zadržavanje nanosa.

Težište antierozionih mera je na biotehničkim radovima i uvećanju pošumljenosti sliva, jer se pored zaštitne funkcije stvaruju uslovi za očuvanje biološke raznovrsnosti. Efekti pošumljavanja i uvećanja površina pod vegetacijom se ogledaju na stvaranju povoljnijih hidroloških uslova u slivu, razvoju zemljišta i kapaciteta infiltracije, ublažavanju procesa erozije, smanjenju maksimalnog proticaja i zapremine poplavnog talasa, smanjenju taloženja nanosa u akumulaciji i rizika od bujičnih poplava (Ristić R., et al., 2013).

Antierozione radove na slivu treba početi 10-15 godina pre formiranja akumulacije. Pošumljavanje goleti može dati pozitivne efekte osam godina posle sadnje, melioracije degradiranih livadsko-pašnjačkih površina, setvom travnih smeša, posle dve godine. Tehničke radove u hidrografskoj mreži treba završiti godinu dana pre početka formiranja akumulacije, zbog stabilnosti korita, smanjenja transporta nanosa i zasipanja akumulacije.

Ključne reči: voda, slivno područje, akumulacija, erozija, zaštita sliva, modeliranje

Naučna oblast: Građevinarstvo

Uža naučna oblast: Zaštita i korišćenje voda

UDK broj: 627.4:627.81(043.3); 628.113:502.51(285)(043.3)

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

Milanko V. Lujic

**AN INTEGRATED CONCEPT OF THE RIVER BASIN
AND HYDROGRAPHIC NETWORK PROTECTION IN
THE PROCESS OF TRANSFORMATION THE
RETENTIONS IN RESERVOIRS FOR WATER SUPPLY**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2013.

Summary

The main objective of this dissertation is to examine the possibility of converting retention basins to reservoirs, on the basis of the study of the catchment area, hydrographic network, and forecasts of river water quality changes of the accumulated water. Water supply from running waters is variable in terms of quantity and quality of the resource. Therefore, for the effective use of surface water, it is necessary to build appropriate reservoirs.

The construction of the dam and reservoir formation results in a change of the dynamics, balance and quality of water, which makes the conditions for water supply more stable. Negative impacts of dam construction are reflected in disturbance of environmental conditions of the area, disruption of longitudinal connectivity, and change of the structure and function of aquatic and riparian ecosystems etc.. Additionally, the deterioration of water quality and eutrophication can occur, as well as intensive „aging“ of the reservoir. The degree of eutrophication and the rate of the “aging” of accumulations can be predicted using mathematical simulation models. Furthermore, the intensity of the negative consequences of watercourses partitioning can be decreased using mitigation (engineering and biological) measures.

An integrated concept of water protection and use involves precise planning and implementation of administrative, technical and socio-economic measures, research works, measurements, preparation of project documentation, land acquisition, and protection of the catchment area. These measures should be consistent with the EU Water Framework Directive (WFD) in the domain of long-term protection from degradation and pollution, in order to manage quality resources of mountainous river basins along with principles of sustainable development. The main objective of the WFD is to provide a good status of all water bodies by the year 2015.

Forecasting of water quality in the future reservoir and design of integrated measures to protect the catchment area can be fulfilled by modeling. The most commonly used databases are: physical-geographical, climatic, geologic, pedological, hydrologic-hydraulic, phytocenological, information on land use, water flows and quality of the stream relating to the location planned for the construction of reservoirs. To use established mathematical simulation models, besides given parameters, certain geometric characteristics of projected reservoirs are necessary.

The design and construction of reservoirs for water supply demands many years of multidisciplinary investigations, which comprise data processing of the catchment area, generation and transport of sediment, flow and water quality. In this study, calculations and modeling were based on the data collected during long term study of the Velika Dicina River. This river has supplied water to the City of Gornji Milanovac since 1984. The water abstraction take place below the retention of the existing bulkhead, which reconstruction (dam construction Banjani) is planned in the future. The catchment area belongs to the category of very low surface erosion (top layer), the coefficient of erosion being $Z_{sr} = 0.17$. The catchment area (to the profile of the existing retention) is 22.5 km^2 , and average yearly flow is 274 l/s.

It is important to effectively manage this water abstraction system. All dynamic processes that will take place in this reservoir, including changes in abiotic and biotic conditions, should be foreseen during the planning stage. In this dissertation, the mathematical model PAMOLARE UNEP-3 was used, which simulates significant indicators of water quality with a focus on eutrophication. This model has two layers of medium complexity (a 2-complex medium layer model) - the epilimnion (upper layer) and hypolimnion (lower layer) of the lake that is thermally stratified in the vertical direction and the exchange of substance between them takes place by diffusion through the thermocline transport. The modeling was done using flow data for 2007, as well as geometric characteristics of the planned accumulations. The accumulation volume, up to the level of the crown overflowing is $2.93 \times 10^6 \text{ m}^3$. The length of the lake is 1850 m, the average width is 145 m and the average depth is 13.5 m.

Model results are shown graphically, as seasonal changes in eutrophication basic indicators: dissolved oxygen, chlorophyll-a (in diatoms), total nitrogen and total phosphorus. It is very noticeable decrease the concentration of total nitrogen (0.2 to 1.8 mg N/l) and total phosphorus (0.001 to 0.020 mg P/l) in the epilimnion during the summer when the phytoplankton consumes nutrients during the period of its intensive growth. Concentrations of dissolved oxygen in both layers are at the beginning of the calendar year close to saturated, because the water is homogeneously mixed in the lake. During the summer, due to rising water temperatures, concentration of oxygen decrease (3-15 mg O₂/l) in both layers, especially in the hypolimnion where conditions are created for the decomposition of organic matter because thermocline hinders the penetration of oxygen from the epilimnion. In early autumn, there is a renewal reserve of dissolved oxygen due to cooling water and its mixing by the wind.

The results of water quality modeling for the future reservoir Banjani should be taken with some caution, considering that certain parameters, relations and functions are assumed, drawing on the results of the analyses of water quality in similar reservoirs. The model can be calibrated on the basis of an existing reservoirs that are similar in regard to overall characteristics. The similarity is defined based on criteria related to: altitude and areas relief characteristics, characteristics of erosion in the basin of the reservoir, surface, volume, length, width and depth of the lake, water and sediment quality parameters; data on watercourses pollution, etc. The trophic levels can be predicted on the basis of what take place in systems similar to the future reservoir, according to the above characteristics.

The analyses of the trophic status of reservoirs in Serbia and Slovenia have shown that there are no oligotrophic reservoirs. There are more eutrophic reservoirs than mesotrophic. The ecological potential of the most reservoirs in both countries is not satisfactory. The Grošnica and Klivnik are similar reservoirs in compare with the Banjani. Both reservoirs are mesotrophic, but some parameters occasionally cross the limit between mesotrophic and eutrophic. They are not visible signs of „aging“ of the lake, and ecosystem is stable in spite of decades of exploitation.

Trophic status of future reservoir Banjani, based on modeling results and data for Grošnica (TSI = 44) and Klivnik (ecological status „moderate“), it is expected to be within the mesotrophic limits, without the appearance of anaerobic conditions in the deepest parts of the reservoir. This is due to relatively good water quality in the river Velika Dicina, classified as Class I, according to value of numerous parameters. Some parameters exceed the upper-class quality. In addition, the projected accumulation Banjani is a canyon-type, relatively deep and with no significant shallow areas with conditions suitable for faster eutrophication process. Good water quality in the lake can be maintained by good managing of water supply systems primarily using selective water-intake and monitoring of all indicators of water quality.

Before the construction of the dam and filling with water it is necessary to do the erosion control basin protection, sanitary and landscaping below the level of maximum deceleration and the establishment of administrative restrictions and sanitary protection zone of accumulations. Protection of soil erosion based on the application of the concept of integrated land reclamation, which include biotechnology and technical works. Biotechnical works include afforestation and reclamation of degraded areas, raising ilofilters systems and terraces to slow surface runoff and soil erosion. Technical works related to the construction of cross sections, sills and belt to stabilize the bed and sediment retention. Anti-erosion measures are focused on biotechnical works and increasing forest coverage of the basin that create conditions, in addition to the protective function, to preserve and enhance biodiversity.

The effects of afforestation and increasing the area under vegetation reflect on the creation of favorable hydrological conditions in the basin, development of land and the infiltration capacity, easing the process of erosion, reducing the maximum volume flow and flood wave, reducing sediment deposition in the reservoir and the risk of extensive floods (R. Ristic, et al., 2013).

Erosion protection in the basin should begin 10-15 years before the forming of accumulations. Afforestation can yield positive effects after eight years after planting, but reclamation of degraded meadow-pastures, grass seeding mixtures, after two years. Engineering works in the hydrographic network should be completed one year before the reservoir formation because it affects the stability of the riverbed, reduce sediment transport and reservoir siltation.

Keywords: water, catchment area, reservoirs, erosion, watershed protection, modeling

Academic Expertise: Civil Engineering

Field of Academic Expertise: Protection and Use of Water

UDC: 627.4:627.81 (043.3); 628.113:502.51 (285) (043.3)

1. Uvod

Voda i zemljište su značajni prirodni resursi, koji su u prošlosti tretirani kao neiscrpní izvori, a danas se i Ujedinjene nacije bave njihovom zaštitom. Pored programa za zaštitu životne sredine (*United Nations Environment Programme – UNEP*), Ujedinjene nacije su proglasile 2003. godinu za Međunarodnu godinu vode i 22. mart za Svetski dan voda, čime je istaknut značaj voda na globalnom nivou. Prema podacima Svetske zdravstvene organizacije, situacija sa rezervama čiste vode je kritična, što se odnosi na površinske i podzemne vode koje se koriste za vodosnabdevanje naselja. Više od jedne milijarde ljudi teško dolazi do vode za piće, a od zagađene vode svake godine umire oko dva miliona ljudi, od čega su 90% deca.

Nedostatak vode i kvalitetnog zemljišta je aktuelni problem većine zemalja u svetu, koji je sve izraženiji sa porastom stanovništva i povećanim potrebama za hranom i pitkom vodom. Demografska eksplozija na većem delu zemljine kugle (u poslednja dva veka broj stanovnika je uvećan sa jedne na skoro sedam milijardi), koncentracija u velikim gradovima i rečnim dolinama, neracionalno korišćenje, krčenje šuma, industrijalizacija, upotreba hemijskih sredstava u poljoprivredi, divlje deponije i gradske fekalne vode devastirali su najplodnija zemljišta i zagađili većinu vodotoka na planeti.

Zemljište ima veliki značaj za živi svet na zemlji, za opstanak čoveka i razvoj civilizacije. Izvor je energije, brojnih minerala, mikroelemenata i makroelemenata neophodnih za nastanak, razvoj i održavanje svih živih bića i kompletne biosfere. Osim biohemiskog i energetskog značaja, zemljište svojim fizičkim, higijenskim, geografskim i topografskim osobinama (temperaturom, vlažnošću, faunom, florom) direktno utiče na zdravlje čoveka. Zemljište predstavlja izvor vode i mineralnih materija za biljni svet, a posredno i za ostali živi svet uključujući i čoveka. Prekomerno zagađivanje zemljišta organskim i neorganskim jedinjenjima dovodi do degradacije zemljišta i poremećaja ekosistema. Zagađeni površinski slojevi mogu biti izvor infekcije i aero zagađenja.

Čovek svojim aktivnostima značajno utiče na degradaciju zemljišta i vode. Zagađenje i erozija su procesi koji nanose najviše štete zemljištu i vodnim ekosistemima. Pored antropogenih i prirodni faktori imaju vrlo značajan uticaj na kvalitet ovih resursa.

Najveći uticaj u stalnim promenama strukture i oblikovanja površine zemljišta imaju erozioni procesi. Jedinstveni prirodni procesi, produkcija, transport i taloženje nanosa, odvijaju se u sadejstvu više prirodnih i antropogenih faktora. Prirodni faktori zavise od geomorfoloških, klimatskih i bioloških karakteristika sliva, a antropogeni od naseljenosti i načina korišćenja površina.

Veliki značaj u zaštiti zemljišta i vode imaju akumulacije, posebno u brdsko-planinskim slivovima. One vrše ulogu zaštite od poplava i nanosa, izravnane bilansa voda, eliminišu štetne posledice neregulisanog vodnog toka, čime indirektno utiču na stvaranje povoljnih uslova za privredni razvoj područja. U Srbiji postoji 29 brana sa zapreminom većom od 10 miliona m³, i 35 brana sa zapreminom manjom od 10 miliona m³. Takođe je izgradjeno oko 100 tzv. „malih brana” sa ukupnom zapreminom od oko 35 miliona m³. Koriste se za energetiku, za potrebe vodosnabdevanja, navodnjavanja i industrije i za druge namene. Od ukupnog broja akumulacija sa visokim branama, za vodosnabdevanje stanovništva se koristi 25 akumulacija. Vodoprivrednom osnovom Republike Srbije predviđena je izgradnja još oko 130 površinskih akumulacija, od kojih će se većina koristiti (i) za vodosnabdevanje („Službeni glasnik RS“, br. 11/2002).

Brojne su prednosti izgradnje površinskih akumulacija u vršnim-planinskim delovima sliva: pogodna konfiguracija terena, niska gustina naseljenosti, nizak stepen urbanizacije i zanemarljiv nivo zagađenja. Brdsko-planinska područja su, međutim, ugrožena erozionim procesima, različitih formi i intenziteta. Zasipanje korisnih prostora akumulacija nanosom je realan rizik, kojim se dovodi u pitanje rentabilnost pojedinih akumulacija (Vukmirović V., i dr., 1979). Transport vučenog i suspendovanog nanosa koritima bujičnih vodotokova ispoljava rušilačko dejstvo pri pojavi poplavnih talasa, a plodno zemljište prekriva nanosom iz rečnog korita. Pored toga, kretanje nanosa opterećeno je i prisustvom zagađivača, koji se, još na nagibima, vezuju za čestice erodiranog materijala (pesticidi, teški metali, produkti raspada organskih jedinjenja).

Izgradnjom brane i formiranjem akumulacije doći će do promene dinamike, bilansa i kvaliteta voda sa dobro poznatim pozitivnim efektima rešavanja problema vodosnabdevanja. Negativni efekti nastaju tokom vremena i ogledaju se prvenstveno u promeni kvaliteta ujezerene vode u odnosu na dotadašnju rečnu vodu dobrog kvaliteta.

Može doći do promene ukusa, mirisa i boje vode usled aktivnosti algi ili procesa raspadanja, promene hemijskog sastava i pH vrednosti, povećanja koncentracije pojedinih elemenata, promene bakteriološkog stanja itd. U akumulaciji se dešavaju fizičko-hemijski procesi (raspadanje, rastvaranje, oksidacija, hidratacija, hidroliza itd.).

Negativne posledice po životnu sredinu: narušavanje ambijentalnih karakteristika, poremećaj biljnog i životinjskog sveta i potencijalno ugrožavanje stanovništva usled mogućeg rušenja brane. Negativni efekti odražavaju se na prirodno okruženje: promena mikroklima, promena režima podzemnih voda u zoni akumulacije, pojava klizišta, i promena načina življenja lokalnog stanovništva. Potapanje dela poljoprivrednog i šumskog zemljišta u priobalju, promene u postojećim ekosistemima i prilagođavanje novonastalim uslovima.

Procesi koji se odvijaju u novoformiranoj akumulaciji su dinamični i većinom ciklični. Pojedini procesi mogu se predvideti, a na neke nepoželjne procese se može uticati inženjerskim zahvatima, a sa ciljem poboljšanja kvaliteta vode, statusa akumulacije i smanjenja troškova eksploatacije. U postupku projektovanja vodoprivrednih sistema neophodno je postizanje kompromisa između ekonomskog razvoja područja i trajnog gubitka prirodnih resursa, tj. iznalaženje adekvatnih rešenja kojim se eliminišu, ili dovoljno ublažavaju negativni, a povećavaju pozitivni efekti po životnu sredinu.

Prognozu kvaliteta vode u budućem veštačkom jezeru i integralne mere zaštite slivnog područja, moguće je uraditi na osnovu baze podataka o kvalitetu rečne vode i karakteristika slivnog područja: fizičko-geografskih, klimatsko-meteoroloških, geoloških, pedoloških, hidrološko-hidrauličkih, fitocenoloških i načina korišćenja zemljišta. Prognoza kvaliteta vode, za merodavne uslove koji, osim navedenih parametara, sadrže i geometrijske karakteristike projektovane akumulacije, radi se korišćenjem odgovarajućih matematičkih ili simulacionih modela (Đorđević B., 1998).

Na osnovu iznetih razmatranja pozitivnih i negativnih strana formiranja akumulacija, jasno je da se samo pažljivim planiranjem, zasnovanim na značajnom iskustvu u istraživanjima složenih dinamičnih procesa u akumulacijama može doneti odluka o izgradnji brana. Uticaj novoformirane akumulacije na životnu sredinu treba postaviti na nivo koji je, sa aspekta funkcionalnosti ekosistema, prihvatljiv.

Na slivu reke Velika Dičina, u proteklih dvadeset godina, vršena su terenska istraživanja i merenja proticaja, koncentracije suspendovanog nanosa i kvaliteta sirove vode u profilu postojeće retenzije. Istraživanje je obuhvatilo slivno područje, hidrografsku mrežu i akumulacioni prostor. U istraživanjima su, u saradnji sa autorom, učestvovali: RHMZ i IMS iz Beograda, Zavod za zaštitu zdravlja iz Čačka i geodetska agencija Geoas iz Gornjeg Milanovca. Dobijeni rezultati predstavljaju eksperimentalnu osnovu ove disertacije za modeliranje i prognozu kvaliteta vode buduće akumulacije. Tokom izrade disertacije izvršena su terenska istraživanja u cilju procene antropogenih pritiska na vodno telo i dodatna geodetska merenja zasipanja akumulacije.

Na osnovu rezultata istraživanja, merenja aktuelnog stanja u vodotoku Velika Dičina i postojećoj retenziji, kao i prognoze kvaliteta vode u budućoj akumulaciji, predložene su odgovarajuće protiverozione mere zaštite slivnog područja i hidrografske mreže. Zaštita zemljišta od erozije zasniva se na primeni koncepta integralnih melioracija, koje obuhvataju biotehničke i tehničke radove. Biotehnički radovi su: pošumljavanje autohtonim biljnim vrstama (vodeći računa o potencijalnoj vegetaciji područja, odnosno sastavu zajednica koje su karakteristične za područje), melioracije degradiranih šuma, livada i pašnjaka, podizanje ilofilterskih sistema, formiranje terasa i zidića. Tehnički radovi se odnose na izgradnju poprečnih pregrada i pragova za stabilizaciju korita i zadržavanje nanosa i izgradnju podužnih objekata (obaloutvrede, regulacije) u rečnom koritu. Težište je na biotehničkim radovima, jer se pored protiverozione funkcije, ostvaruju značajni drugi efekti: vezivanje CO₂ i zaštita biodiverziteta.

Predložene zaštitne mere su u skladu sa Okvirnom Direktivom o vodama Evropske Unije (Directive 2000/60/EC - u daljem tekstu „ODV”) u domenu zaštite od degradacije i zagađenja, u cilju upravljanja kvalitetom resursa planinskog rečnog sliva na principima održivog razvoja.

Sveobuhvatnom zaštitom voda i integralnim upravljanjem vodnim resursima ostvaruju se sledeći efekti:

- sprečava pogoršavanje, štiti, poboljšava i obezbeđuje dobar status vodnog tela,
- doprinosi ublažavanju efekata poplava i suša,
- obezbeđuje dobar hidrološki, hemijski i ekološki status akumulacije,

- doprinosi obezbeđenju kvalitetne površinske i podzemne vode za potrebe održivog i izbalansiranog korišćenja vode,
- promoviše održivo korišćenje voda zasnovano na dugoročnoj zaštiti raspoloživih vodnih resursa i
- obezbeđuje transparentnost i učešće javnosti u procesu pripreme i donošenja planova upravljanja vodama i kontroli njihovog izvršenja.

Korišćenje akumulacije je rentabilno samo ako se voda eksploatiše projektovanim kapacitetom, tokom predviđenog roka trajanja, uz prethodnu primenu adekvatnih protiverozionih mera. Ovi, pre svega tehnički kriterijumi, bili su poznati i pre donošenja ODV. Nažalost, u našoj višedecenijskoj praksi pomenuti kriterijumi nisu imali adekvatnu primenu. Naprotiv, na većini akumulacija koje se koriste za vodosnabdevanje preduzimaju se interventne mere za poboljšanje kvaliteta vode. Iznudene i zakasnele mere zaštite nikada ne mogu ostvariti rezultate blagovremeno planiranih i izvedenih akcija. Preventivne mere, u odnosu na interventne mere zaštite voda i slivnog područja, u tehničkom i ekonomskom smislu su daleko povoljnije.

Imajući u vidu činjenicu da svaka aktivnost izaziva pozitivne ili negativne posledice, prihvatljivo je samo rešenje koje će sistemskim pristupom omogućiti identifikaciju svih teškoća koje nastaju izgradnjom brana, odnosno nastankom veštačkih jezera i koje će obuhvatiti najbolji izbor rešenja i mera zaštite sliva. U razmatranje se moraju uzeti brojna alternativna rešenja, uzimajući u obzir socijalna, ekonomska, i druga gledišta ove složene problematike, kao i aspekt zaštite biološke raznovrsnosti područja. Pri izboru najpovoljnije varijante mora se voditi računa i o vremenskim okvirima izgradnje i eksploatacije sistema. U ovom kontekstu treba posmatrati i princip „održivog razvoja“.

Pojam „održivi razvoj“ (engleski „sustainable development“) proklamovan je Bergenskom deklaracijom iz 1990. godine, kao pristup koji promoviše optimalno unapređenje ljudskog društva u trenutnim uslovima, a da se pri tome ostavlja mogućnost budućim generacijama da zadovolje svoje potrebe i da se i same razvijaju. U evropsko zakonodavstvo princip je uveden desetak godina kasnije, a u Srbiji 2010, po stupanju na snagu novog Zakona o vodama („Službeni glasnik RS“, br. 30/2010). Održivi razvoj definiše se kao „razvoj koji obezbeđuje osnovne ekonomske i socijalne uslove za

evoluciju ljudskog društva, podjednako za sve, a da se pri tome ne narušava funkcionalnost ekoloških sistema i procesa unutar zajednica“. Ovakav razvoj moguć je ako se promene dosadašnji obrasci ponašanja u proizvodnji, izgradnji i potrošnji i obezbede podjednake mogućnosti društvenog i ekonomskog razvoja unutar zadatih okvira životne sredine.

Izgradnja akumulacija po principu održivog korišćenja površinskih voda, posebno za potrebe vodosnabdevanja, zahteva dugotrajne istražne i pripremne radove. Integralni koncept zaštite i korišćenja voda podrazumeva precizno planiranje, definisanje vremenskih okvira svih mera upravljanja i usaglašavanja zakonskih, administrativnih, tehničkih i socioekonomskih mera, istražnih radova, merenja, izrade projektne dokumentacije, eksproprijacije zemljišta, uređenja i zaštite sliva, edukacije stanovništva.

2. Predmet i cilj disertacije

Korišćenje površinskih voda za vodosnabdevanje velikog broja stanovnika u Srbiji i svetu nema alternativu. U mnogim regionima podzemne vode su, zbog malih rezervi, kvaliteta i visokih eksploatacionih troškova, nedostupne za vodosnabdevanje. Nedostatak kvalitetne pijaće vode i stalno povećanje potreba, uslovljavaju izgradnju novih vodozahvata i površinskih akumulacija. Srbija se suočava sa velikim problemima u oblasti vodosnabdevanja, zbog nedostatka vode, lošeg kvaliteta vode za piće i učestalih kritičnih situacija izazvanih dugotrajnim sušama ili poplavama.

Vodosnabdevanje stanovništva Srbije južno od Save i Dunava, najvećim delom se zasniva na korišćenju površinskih voda. Voda se u početku zahvata iz otvorenog rečnog toka, a izgradnja površinskih akumulacija se planira u narednom periodu. Vodosnabdevanje iz otvorenog rečnog toka je nestabilno, promenljivo i nepouzđano u pogledu količina i kvaliteta vode. Zbog toga je, za racionalno korišćenje voda, nužna izgradnja odgovarajućih akumulacija.

Izgradnja visokih brana i akumulacija za višenamensko korišćenje površinskih voda, uključujući i vodosnabdevanje, spada u najsloženije hidrotehničke i građevinske objekte uopšte. Integralni koncept izučavanja sliva, planiranja i pripreme za formiranje akumulacije za višenamensko korišćenje voda, zahteva sistematsko izučavanje karakteristika slivnog područja, prirodnih i antropogenih uticaja na vodno telo.

Predmet istraživanja eksperimentalnog planinskog sliva, površine 22,5 km², na reci Velika Dičina je ispitivanje mogućnosti pretvaranja retenzije u akumulaciju, na bazi izučavanja slivnog područja i hidrografske mreže, analiza rečne vode i prognoze promena kvaliteta ujezerene vode. Istraživanjem je obuhvaćeno celokupno slivno područje i akumulacioni prostor. U cilju utvrđivanja realne veličine erozije produkcije nanosa u slivu i transporta u hidrografskoj mreži, izvršena su detaljna terenska istraživanja i merenja proticaja i koncentracije nanosa.

Podaci prikupljeni o slivnom području, postojećoj retenziji i kvalitetu vode, kao i merenja koja su vršena tokom izrade ovog rada, korišćiće se za dimenzionisanje akumulacije, prognozu kvaliteta vode u budućem veštačkom jezeru, izradu monitoring

programa za merenje parametara kvaliteta i kvantiteta rečne vode. Na osnovu geoloških i pedoloških karakteristika, načina korišćenja zemljišta i erozivnosti sliva predložene su odgovarajuće protiverozione mere zaštite i uređenja sliva. Predmet rada ove disertacije predstavlja i razvoj metoda i postupaka u integralnom i interdisciplinarnom pristupu planiranju, pripremi i izgradnji površinskih akumulacija i implementaciji Okvirne Direktive o vodama u domenu zaštite od degradacije i zagađenja, u cilju upravljanja kvalitetom resursa rečnog sliva na principima održivog razvoja.

Ključni cilj ovog rada je da se, na osnovu razmatranja eksperimentalnog sliva Velike Dičine i planova za izgradnju akumulacije, uz analizu sličnih hidrotehničkih sistema, doprinese ukupnom poznavanju složenih dešavanja u akumulacijama. Stečena iskustva mogu se koristiti kao model za planiranje sličnih objekata, na drugim slivovima. Imajući u vidu osnovne prirodne karakteristike eksperimentalnog sliva (položaj, morfometrijske karakteristike, karakteristike reljefa, nadmorska visina itd.), smatramo da rezultati rada mogu biti primenljivi na širem području (Balkansko poluostrvo), a ne samo u Srbiji. Uvereni smo da će ciljevi ovog rada i primenjena metodologija na eksperimentalnom slivnom području, imati praktičnu primenu i na drugim planinskim slivovima.

Shodno primarnom cilju rada, a na osnovu postojeće baze podataka o kvantitetu i kvalitetu vode reke Velike Dičine, kao i dodatnih merenja i posmatranja koja su obavljena tokom izrade ovog rada, postavljeni su sledeći ciljevi:

- definisanje osnovnih prirodnih karakteristika slivnog područja (fizičko-geografske, klimatsko-meteorološke, geološke, pedološke, hidrološko-hidrauličke) i analiza uticaja parametara sredine na formiranje akumulacije,
- definisanje osnovnih antropogenih karakteristika slivnog područja, uz analizu potencijalnih uticaja na procese u budućoj akumulaciji,
- utvrđivanje psamoloških karakteristika sliva i retenzije (eroziona žarišta, geneza nanosa, dinamika zasipanja, količina, raspored i struktura nanosa basena),
- identifikacija pritisaka i uticaja poljoprivrede, saobraćajne infrastrukture i naselja na vodno telo eksperimentalnog područja,
- ocena postojećeg stanja kvaliteta rečne vode,

- prognoza kvaliteta ujezerene vode u odnosu na trenutno stanje, ali i u odnosu na procese promena u budućoj akumulaciji,
- razmatranje potencijalnih uticaja akumulacije i objekata na životnu sredinu,
- definisnje programa sistematskog monitoringa i procedure modeliranja kvaliteta vode u budućoj akumulaciji i
- razmatranje uslova korišćenja vode sistema čija se izgrdnja planira za potrebe vodosnabdevanja.

Pored navedenih podataka o eksperimentalnom slivu, tokom ostvarenja postavljenih ciljeva, razmatrani su i podaci o akumulacijama sličnih karakteristika, sa posebnim osvrtom na Grošnicu, Gružu, Čelije i Klivnik.

Rezultati istraživanja trebalo bi da doprinesu boljoj proceni uslova za korišćenje i eksploataciju površinskih voda i unapređenja praćenja (monitoring) raspoloživosti, kvaliteta i potrošnje vode. Zaštita i upravljanje resursima planinskog rečnog sliva minimizira rizik od nestašica, lošeg kvaliteta vode i ekonomskih posledica poplava. Razmatranje procesa na slivu Velike Dičine i prognoza stanja buduće akumulacije na osnovu izabranih parametara (rastvoreni kiseonik, hlorofil-a, ukupan azot i ukupan fosfor), može poslužiti kao model sistem koji će se primenjivati i na drugim slivovima za procenu efikasnosti i trajnosti akumulacija, ali i za ocenu rizika po živornu sredinu.

3. Metode istraživanja

Integralni koncept korišćenja i zaštite sliva za potrebe vodosnabdevanja zahteva višegodišnje multidisciplinarnе istražne radove i kompleksne analize i obradu podataka o slivnom području kvantitetu i kvalitetu površinskih voda. Da bi se ostvarili postavljeni ciljevi rada, moraju se koristiti kombinovane metode kartiranja, merenja, terenskih istraživanja, laboratorijskih analiza, sistematizacije i obrade celokupnog fonda podataka, osmatranja i merenja geodetskih, hidroloških, psamoloških i hemijskih parametara. Sa spiska metoda koje su korišćene u ovom naučnoistaživačkom radu izdvajamo sledeće:

- kvantitativna analiza bujičnog sliva,
- kombinovane metode kartiranja, merenja i terenskih istraživanja,
- hemijske i mikrobiološke i biološke analize rečne vode,
- granulometrijske analize uzoraka nanosa,
- uporedna analiza slivova u pogledu erozionističkih parametara,
- bilans voda i dimenzionisanje buduće akumulacije,
- primena modela za procenu promene kvaliteta rečne vode, u uslovima formiranja akumulacije i
- uporedna analiza ekološkog statusa (potencijala) sličnih akumulacija.

Metodologija istraživanja zasnovana je na uporednoj primeni procedura izučavanja erozije zemljišta i transporta rečnog nanosa i ocene kvantiteta i kvaliteta površinskih voda. Istražni radovi na terenu podrazumevaju obilazak slivnog područja, rekognosciranje terena i poređenje sa raspoloživim geodetskim podlogama. Pre svega se mora tačno utvrditi granica sliva i ucrtati na terenskoj karti. Drugi, složen zadatak koji je postavljen kao cilj rada, je identifikacija erozionih procesa i upoređivanje stvarnog stanja na terenu sa katastarskim pregledom površina i aerofoto snimcima. Na terenu se mora izvršiti identifikacija parcela i uraditi karta namene površina, koja predstavlja osnovu za projekat uređenja i zaštite slivnog područja. Da bi se došlo do odgovarajućih parametara za procenu eroziona produkcije, moraju se determinisati osnovne

karakteristike sliva: oblik i površina, gustina hidrografske mreže, dužina glavnog toka i frekvencija pritoka, srednja nadmorska visina i srednji pad sliva. Treba ustanoviti kakav uticaj na erozione procese imaju konfiguracija terena, vegetacija, geološka podloga, pedološke tvorevine, klimatski i antropogeni činioci.

Direktno registrovanje vodne erozije u kvantitativnom smislu je neizvodljivo, zbog prostornog karaktera fenomena, složenosti i rasprostranjenosti erozionih procesa (Petković S., et al., 1999). Zbog toga se moraju koristiti analitičke metode za proračun erozione produkcije i transporta nanosa. Obrada i sistematizacija podataka omogućuju proračun produkcije nanosa slivnog područja i srednjih godišnjih vrednosti transporta nanosa u profilu brane.

Svakodnevno merenje proticaja vode i koncentracije suspendovanog nanosa, na baznoj hidrološkoj stanici, radi se od 1984. godine. Vodostaj se osmatra na letvi u 7,30 h i kontinualno meri pomoću limnigrafa (Palmar., B., i dr., 1999). Merenje koncentracije suspendovanog nanosa vrši se uzimanjem uzoraka jednom dnevno, stacionarnom metodom na profilu hidrološke stanice. Filtriranje, sušenje i merenje suspendovanog nanosa obavlja se u laboratoriji, a dobijeni rezultati se obrađuju na računaru.

Drugu grupu merenja na terenu, čine geodetska merenja retenzionog basena, pomoću obeleženih profila za praćenje zasipanja nanosom. Poprečni profili su obeleženi i postavljeni na rastojanju od 50 m. Merenjem je utvrđena zapremina nasutog materijala od izgradnje akumulacije do početka istraživanja (avgust 1997. godine). Snimanje obeleženih poprečnih profila je vršeno jednom godišnje i u poređenju sa stanjem iz prethodne godine dobijena godišnja zapremina istaloženog materijala u akumulaciji.

Karakteristike i struktura nanosa su definisani granulometrijskim analizama uzoraka nanosa. Prve granulometrijske analize je uradio Zavod za geotehniku, centralna geotehnička laboratorija Građevinskog fakulteta, Beograd jul 2001. godine. Geomehanička i mineraloško-petrografska ispitivanja uzoraka aluvijalnog (rečnog) i retenzionog nanosa vršena su u maju 2002. godine. Ispitivanje granulometrijskog sastava tla izvršeno je u laboratoriji Instituta za ispitivanje materijala u Beogradu. U priložima br. 8-9. date su granulometrijske krive nanosa.

Hemijske i mikrobiološke analize rečne vode uzorkovane u profilu brane (od 2001-2010. godine), kao i analize radioaktivnosti i sadržaja pesticida definišu kvalitet vode i nanosa. Analize uzoraka vode vršene su u Zavodu za zaštitu zdravlja u Čačku četiri puta mesečno (dokumenti o vrsti ispitivanja vode, opsegu merenja i nivou detekcije dati su u prilogu br. 15.). Analize radioaktivnosti i sadržaja pesticida u vodi, prema programu ispitivanja izvorišta prvog ranga, izvršio je Zavod za zaštitu zdravlja iz Kraljeva.

Reka Velika Dičina se od 1984. godine koristi za vodosnabdevanje opštine Gornji Milanovac. Laboratorija koja se nalazi u sklopu postrojenja za prečišćavanje vode, koja pripada JKP „Gornji Milanovac” za vodosnabdevanje, u saradnji sa Zavodom za zaštitu zdravlja Čačak, sprovodi ispitivanja kvaliteta vode četiri puta mesečno. U okviru ovih analiza ispituje se kvalitet vode Velike Dičine na mestu zahvatanja vode za vodosnabdevanje (ispod postojeće retenzije). Pored fizičko-hemijskih parametara kvaliteta (gvožđe, nitrati, nitriti, amonijak i dr.), koji su od značaja za rad postrojenja za prečišćavanje vode, sprovodi se i bakteriološka analiza vode. Za izradu disertacije korišćeni su podaci ispitivanja obavljeni u periodu od 03.01.2001. do 16.12.2010. godine i povremene kompletne („velike“) fizičko-hemijske, bakteriološke i biološke analize kvaliteta rečne vode.

Na osnovu dobijenih podataka hemijskih analiza rečne vode, Velika Dičina se nalazi u okvirima I klase za većinu parametra. U pojedinim uzorcima su registrovane visoke koncentracije gvožđa i nitrata. Povišene vrednosti mutnoće i utroška KMnO_4 su registrovane za vreme visokih vodostaja. Ove analize su izuzetno značajne sa aspekta korišćenja vode za vodosnabdevanje i programa buduće rekonstrukcije brane za višenamensko korišćenje.

Poređenje kvaliteta voda drugih rečnih slivova sa eksperimentalnim slivom, osim obrazovnog ima i praktičan značaj. Tokom modeliranja ili proračuna, u nedostatku matičnih parametara kvaliteta vode, mogu se koristiti odgovarajući podaci sa sličnih slivova. Za retenziju i mali planinski sliv Velike Dičine, teško je naći sličan i izučen sliv sa dostupnom bazom podataka. Izbor je pao na planinski sliv reke Veliki Rzav. Sličnosti se ogledaju u kvalitetu vode, naseljenosti, korišćenju vode za vodosnabdevanje iz

otvorenog toka i planovima za izgradnju akumulacije, višegodišnjim istraživanjima i formiranoj bazi podataka.

Rzav je prema Uredbi o kategorizaciji vodotoka („Službeni glasnik SRS“, br. 5/68) razvrstan u I kategoriju, od izvorišta do Arilja. Pritoke nisu kategorisane, ali pošto se sve ulivaju u Rzav uzvodnije od Arilja, mogu da se razmatraju kao I kategorija. Izuzetak je Prištevica na kojoj je registrovan povećan broj koli bakterija (NBK).

Poređenjem erozionističkih parametara (produkcija i transport nanosa) drugih rečnih slivova sa eksperimentalnim slivom, dobiće se podaci o specifičnom transportu nanosa i potrebnoj zapremini akumulacije za istaložavanje nanosa.

Prognozu kvaliteta vode u budućem veštačkom jezeru, korišćenjem matematičkog modela, moguće je uraditi na osnovu baze podataka o kvalitetu rečne vode, karakteristika slivnog područja i projektovane akumulacije. U ovom radu je korišćen dvoslojni matematički model PAMOLARE 3. Radi se o modelu srednje složenosti koji simulira sezonske promene dvanaest promenljivih. Uspešna priprema ulaznih podataka za model obezbeđuje dovoljno tačana predviđanja najbitnijih karakteristika sistema koji se proučava. Ekološki status (potencijal u slučaju znatno izmenjenih i veštačkih vodnih tela) akvatičnih ekosistema direktno zavisi od hemijskih indikatora kvaliteta slivnih voda, prirodnih i antropogenih uticaja, oblika i veličine veštačkog jezera.

Obzirom da su određeni ulazni parametri, odnosi i funkcije pretpostavljeni, i da je rezultate modeliranja kvaliteta vode u budućoj akumulaciji nemoguće proveriti na terenu, model je moguće kalibrisati poređenjem sa nekom postojećom, a jako sličnom akumulacijom. Sličnost se definiše na osnovu kriterijuma vezanih za: nadmorsku visinu i karakteristike reljefa područja; karakteristike erozije u slivu akumulacije; površinu, zapreminu, dužinu, širinu i dubinu jezera; parametre tačkastog i difuznog zagađenja, itd. Stepem trofije može se predvideti na osnovu opaženih dešavanja u sistemima koji su slični budućoj akumulaciji.

4. Karakteristike eksperimentalnog slivnog područja

4.1. Morfometrijske karakteristike

Eksperimentalni sliv Velike Dičine zahvata padine Suvobora i Rajca. Reke Velika Dičina i Mala Dičina su sastavnice Dičine u selu Gornji Banjani. Reka Dičina se nizvodno od sela Brđani, kod Preljine, uliva u Čemernicu, koja se u Zapadnu Moravu uliva nizvodno od Čačka. Sliv Velike Dičine ima pravilan oblik i veoma je razvijen. Teren je kupiran, brdsko-planinskog karaktera, sa velikim brojem uvala i suvodolina. Većina padina u slivu ima nagib 40-60%, izuzev padina u gornjem toku koje imaju blaže nagibe. Najveći nagibi terena su na deonici glavnog toka Velike Dičine, od profila brane do ušća Brajičke reke i na donjem toku Brajičke reke.

Pregledna karta sliva Velike Dičine data je na slici 4.1. Visinski odnosi u slivu su prikazani u tabeli 4.1. Podaci su preuzeti iz projekata za sanaciju postojeće retenzije i magistarskog rada autora (Ljujić M., 2003).



Slika 4.1. Pregledna karta sliva Velike Dičine

Velika Dičina sa desne strane prima sedam pritoka, od kojih su najznačajnije Brajička reka i Vesovića potok. Sa leve strane prima šest pritoka, a najveće su: Šiškovac, Baščića reka, Ravna reka i Kolenički potok. Ukupna dužina pritoka iznosi oko 20 km. U koritima glavnog vodotoka i pritoka nema izraženih erozionih procesa, korita su obrasla i zaštićena. Nešto lošije stanje je na kraćim deonicama sa strmim usekom i padinama koje se završavaju u rečnom koritu, posebno oko ušća Brajičke reke.

Tabela 4.1. Visinski odnosi u slivu

	Karakteristika	Oznaka	Jedinica	Vrednost
1.	Srednja nadmorska visina sliva	H_{sr}	(m.n.m)	700
2.	Maksimalna visina	H_{max}	(m.n.m)	866
3.	Minimalna visina	H_{min}	(m.n.m)	480
4.	Pad po toku (relativan pad)	I_{max}	(%)	4,38
5.	Uravnati pad po toku	I_{ur}	(%)	2,23
6.	Srednji pad sliva	I_{sl}	(%)	28,2
7.	Standardna devijacija sliva	σ_H	(m)	64,2

Analiza reljefa sliva izvršena je preko karakteristika prikazanih u tabeli 4.1. Na osnovu hipsografske krive može se zaključiti da se preko 90% površine sliva nalazi iznad nadmorske visine od $H = 500$ m.n.m. Najbolji pokazatelj izraženosti reljefa rečnog sliva je standardna devijacija reljefa σ_H . Ona izražava „energiju reljefa”, pokazujući kolika je njegova sposobnost da u datom trenutku primljenu atmosfersku vodu transportuje do glavnog recipijenta. Za izrazito planinske slivove σ_H je veće od 500 m, za tipično ravničarske $\sigma_H = 0$ m. Mala vrednost koeficijenta oblika sliva (povoljan odnos obima sliva i dužine glavnog toka), ukazuje da ne postoje povoljni morfološki uslovi za koncentraciju velikih voda.

Tabela 4.2. Morfometrijske karakteristike sliva

	Karakteristika	Oznaka	Jedinica	Vrednost
1.	Površina	A	(km ²)	22,5
2.	Obim	O	(km)	23,4
3.	Koeficijent razvitka razvođa	K _s	-	1,40
4.	Prosečna širina	B _m	(km)	2,68
5.	Koeficijent izduženosti	K _σ	-	3.14
6.	Morfološki koeficijent	σ _k	-	0,32
7.	Koeficijent asimetrije	K _a	-	- 0,32
8.	Koeficijent oblika sliva	K _o	-	0,57
9.	Udaljenost težišta sliva	U _t	(km)	3,50
10.	Udaljenost težišta sliva po toku	U _t (L)	(km)	4,65

Tabela 4.3. Karakteristike rečne mreže

	Karakteristika	Oznaka	Jedinica	Vrednost
1.	Dužina glavnog toka	L	(km)	8,40
2.	Krivudavost toka	K _l	-	1,34
3.	Ukupna dužina	ΣL	(km)	62,9
4.	Prosečna gustina	D	(km/km ²)	2,50
5.	Frekvencija pritoka	f _n	(km/km)	0,35
6.	Koef. neravnomernosti razvitka	f _k	-	0,95

Erozija obala je specifična vrsta fluvijalne erozije. Nastaje kada se izvrši nekontrolisana seča šuma obalnog regiona, što izaziva nestabilnost obala i okolnog zemljišta. Nestabilnost obala i erozija obodnog zemljišta dovodi do zasipanja akumulacionog prostora. Kolebanje nivoa i izmene vode s priobaljem mogu negativno uticati na rad akumulacije i na stabilnost obala. Podzemne vode, takođe, ugrožavaju stabilnost kosina posebno u periodima kada su akumulacije prazne.

Nasuta brana (retenzija) za zadržavanje poplavnih talasa na reci Velika Dičina, izgrađena je u periodu 1965-66. godine. Osnovne karakteristike postojećeg objekta: zapremina akumulacije do kote preliva 343.000 m³, građevinska visina 17,0 m, dužina po kruni 65,0 m, širina krune 3,50 m. Poprečni presek retenzije dat je u prilogu br. 11.

4.2. Geološki sastav

Reljef sliva reke Velike Dičine i šire okoline oblikovan je procesima nabiranja najstarijih slojeva (Paleozoik). Korito reke je velikim delom oformljeno pravcem antiklinale, a slabo propusni slojevi gornjeg Perma obrazuju erozioni bazis reke. Tercijarni vulkanizam Rudničkog masiva izmenio je područje severno od ušća reke i izazvao pojavu makro defekata: raseda i pukotina. Seizmička aktivnost Rudničke zone čini da područje uz reku spada u izuzetno aktivne zone sa stepenom seizmičnosti 8+.

Područje sliva reke Velika Dičina, usled burne geološke istorije, odlikuje se složenom geološkom i tektonskom građom. Prema Osnovnoj geološkoj karti-OGK (1:100000), list G. Milanovac, i mineraloško-petrografskim ispitivanjima izdvojene su sledeće jedinice:

Karbon

Gornji Perm (P₃) - na području sliva reke Velika Dičina, kao i u čitavoj Zapadnoj Srbiji, predstavljen je tamnosivim do crnim, bituminoznim jasno stratifikovanim laminiranim krečnjacima. Stena je izgrađena od mikrita, sitnokristalastog kalcita, mikrosparita, sparita i gvoždenvite materije. Struktura stene je mikrokristalasta a masivne je teksture. Debljina ove gornjopermske serije iznosi oko 120 metara.

Trijas

Donji trijas (T₁) rasčlanjen je u dve jedinice T_{1P} i T_{1K}.

T_{1P}- jedinica je predstavljena naizmeničnim slojevima:

- svetlo-zeleni peskoviti plagio-hloritski škriljci, mikrokristalaste osnovne mase, izgrađene od kvarca, plagioklasa, feldspata, hlorita, kalcita i metaličnog minerala;
- liskunovitnim peščarama, trošnim laporcima i alevrolitima.

Jedinica T_{1P} se nalazi u gornjem delu akumulacionog basena, u području Bukovačke kose i u podnožju Vasiljevića brda. Slojevi ove jedinice su slabo vodopropusni.

T_{1K} - jedinica je sastavljena od bankovitih kristalastih ili slabo metamorfisanih krečnjaka masivne teksture, sive do crne boje, ili stratifikovanih sivih peskovitih krečnjaka sa proslojcima trošnih laporaca. Malo su propusni, ako su bankoviti (u kamenolomu), a veoma su propusni u zoni karstifikacije i u dubljim delovima Bubovskog potoka.

Donjo-trijaske tvorevine moćnosti do 180 m, zauzimaju značajnu površinu sliva, u predelu G. Banjani-Teočin i na levoj obali reke do južnih obronaka planine Rajac.

Dolomiti i dolomitični krečnjaci (T_2^1) - leže na severu (Drenova kosa), preko donjo-trijaskih krečnjaka. Dolomitska serija, debljine oko 80 metara, izgrađena je od sitnozrnih dolomita i dolomitičnih krečnjaka, zauzima prostor u selima Brajići i Polom.

Porfiritske breče i tufovi sa slojevima porfirita ($\alpha\Theta T_2^2$) - nalaze se takođe, u oblasti Brajića i Poloma. Dolomite i dolomitske krečnjake probijaju porfiriti, koji zajedno sa porfiritskim tufovima i vulkanskim brečama leže preko dolomitske podloge. Najzastupljeniji su tufovi, a sasvim retko se javljaju porfiriti i porfiritske breče. Osnovna masa tufova je sitnozrni agregat sekundarnog kvarca i sericita sa odlomcima albitisanog plagioklasa. Karbonatno-terigena serija (T_2^2) - je izgrađena od slojevitih krečnjaka bele boje, glinaca i glinenih škriljaca. Masivni sedimenti zauzimaju manje površine severozapadnog zaleđa sela Polom. Debljina sedimenata iznosi oko 50 metara.

Jura

Serpentiniti (Se) - zauzimaju najveću površinu slivnog područja, izgrađuju najveći deo planinskog masiva Suvobor i veliko prostranstvo između Poloma i Rajca. Svi ultramafiti masiva Suvobora su potpuno serpentinisani. U njihov sastav ulaze serpentin i akscesorni hromit, zatim prah oksida gvožđa, malo talka i sekundarnog amfibolita i tanke žice azbesta.

Pretpostavlja se da je ultramafitski kompleks Suvobora obrazovan u doba srednje krede, a da je tokom gornje krede bio pokriven morem. Nakon tog perioda serpentinski kompleks predstavlja istaknute delove kopna podložne procesima erozije i denudacije.

Veće deformacije nastaju tektonskim procesima u trijasu, kada je kompleks ubiran i razlaman i kada su stvorene tektonske depresije pranjskog i milanovačkog basena.

Zbog karaktera podloge, u hidrogeološkom pogledu, ultramafiti imaju površinsku hidrografsku mrežu relativno male izdašnosti i vrlo promenljivog nivoa vode. Glavni vodotoci su orjentisani pravcem Boljkovačkog raseda SZ-JI i otiču prema jugu. Njihove pritoke primaju brojne potoke sa padina koji su veći deo godine suvi.

Kreda

Krečnjaci i laporci turon senona (K_2^{2+3}) - na istražnom području nalaze se na severnom delu sliva odnosno na planini Rajac i manje partije na platou Ravne gore. Donji deo ove pretežno karbonatne serije pripada turonu, ima malu debljinu i nije razvijen u svim oblastima. Debljina ove serije iznosi oko 30 metara. Viši deo ove serije, vremenski odgovara senonskom katu i ima znatno veće rasprostranjenje (predeo Rajca). Predstavljen je slojevitim, bankovitim i pločastim laporovitim krečnjacima i sa dosta silicijskih primesa u vidu kvrga ili proslojaka. Bogata senonska mikrofauna nađena je na Rajcu. Debljina ove serije je oko 120 metara.

Kredni fliš obuhvata pretežno karbonatne stene taložene u vreme gornje krede. U sastav ove serije ulaze različiti krečnjaci: bituminozni, laporci, laporovito-peskoviti, rožnaci i dr. Prisustvo tufita u ovoj seriji ukazuje na vulkanske procese koji su se odvijali za vreme sedimentacije flišnih naslaga.

Kvartar

Aluvijalni nanos (al 2) - grubozrni šljunkovi pretežno debljine do 3 m, prekriveni muljem ili prašinastim materijalom debljine do 1 m.

Aluvijalni nanos (al 1) - grubozrni šljunkovi pretežno debljine do 4 m, pokriveni savremenim muljem debljine do 1.5 m.

Proluvijalna drobina (pr 2) - padinska drobina sa blokovima.

Proluvijalni bujični nanos (pr 1) - pretežno gline sa proslojcima šljunka.

Deluvijalna glina (dl 2) - srednje do visokoplastične gline do lokalno glinoviti šljunak debljine do 3 m.

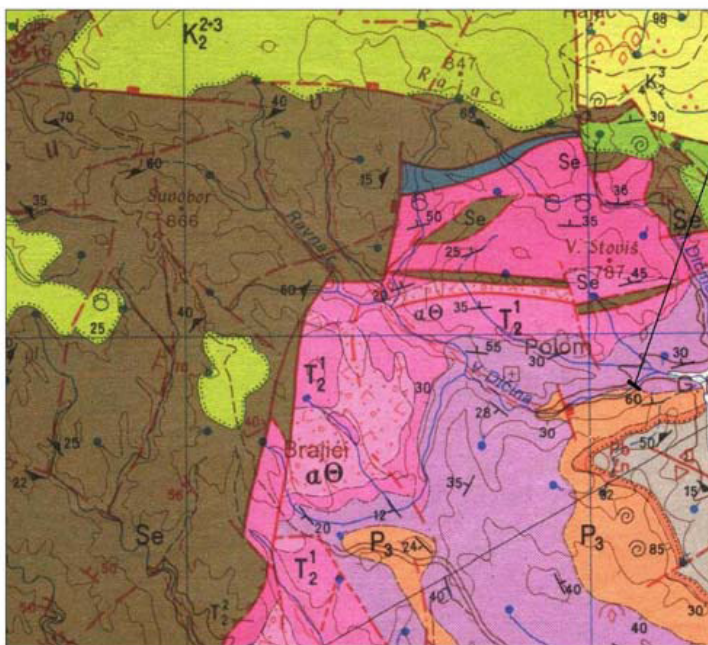
Deluvijalni padinski nanos (dl 1) - zaglinjena drobina debljine do 3 m.

Eluvijalna raspadina (el) - drobinski nekretani raspadnut materijal na osnovnoj steni debljine više od 1 m.

Geološka karta slivnog područja reke Velika Dičina data je u prilogu br. 1.

Osnovna geološka karta šireg područja brane 1:100 000 i topografija 1:25 000 prikazane su na slici 4.2. Geološki presek terena šireg područja brane prikazan je na slici 4.3.

PREGRADNO MESTO BRANE BANJANI



GEOLOŠKA KARTA ŠIREG PROSTORA SLIVA
AKUMULACIJE BANJANI
1:100 000

LITOLOŠKA LEGENDA ZA GEOLOŠKU
KARTU

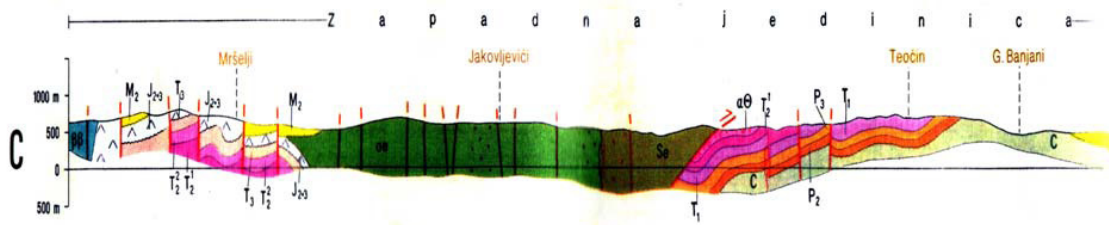
al	Aluvijum
K ₂ ²⁻³	Krečnjaci i laporci (turon-senon)
K ₂ ^{1,2}	Organogeno-detritični krečnjaci i laporci (cenoman-turon)
ββ	Dijabazi
Se	Serpentiniti
T ₂ ²	Slojeviti krečnjaci, glinci i glineni škriljci (ladinski kat)
αθ	Porfirne breče i tufovi sa slivovima porfiritita
T ₂ ¹	Dolomiti i dolomitni krečnjaci (anizijski kat)
T ₁	Slojeviti i bankoviti krečnjaci, laporci i peščari
P ₃	Bituminozni krečnjaci
P ₂	Kvarcni peščari i glineni škriljci
C	Sericit-hloritski škriljci i peščari



TOPOGRAFSKA OSNOVA ŠIREG PROSTORA
MESTA BRANE BANJANI
1:12 500

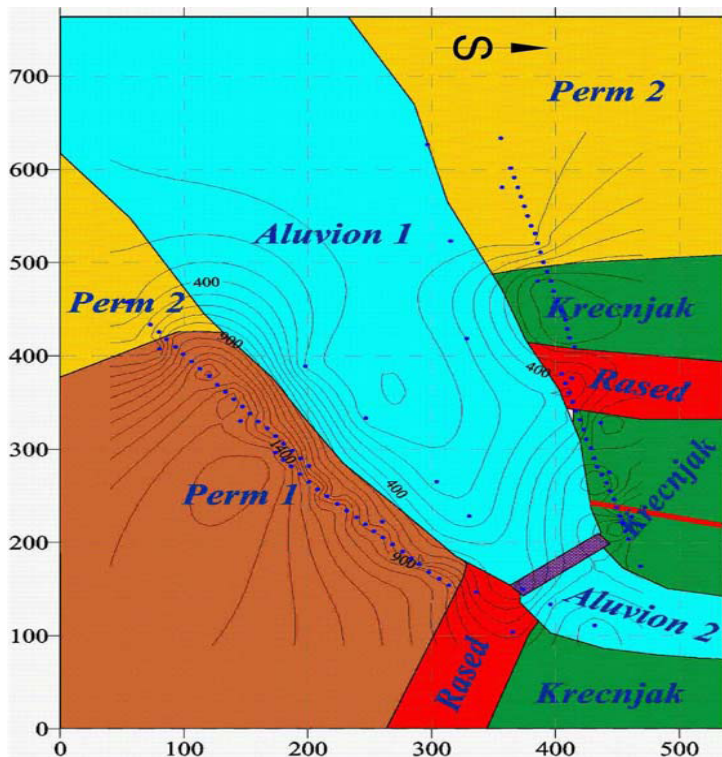
PREGRADNO MESTO BRANE BANJANI

Sl. 4.2. Osnovna geološka karta šireg područja brane 1:100 000 i topografija 1:25 000



Slika 4.3. Geološki presek terena šireg područja brane

Geofizička ispitivanja, geoelektrično skeniranje i refrakciono – seizmička ispitivanja, koja su rađena za potrebe izrade Generalnog projekta rekonstrukcije brane (IMS Beograd, 2002), dala su uvid u stepen ispucalosti i oštećenosti krečnjačkog masiva u kome leži akumulacija. Na površini lokacije se nalaze najstarije tvorevine zemljine kore paleozoik. U desnom boku brane nalazi se dubok pokriven regionalni rased duž kojeg je formirana dolina Velika Dičina. Na levom boku brane, uzvodno od pregradnog mesta u bankovitom krečnjaku, registrovan je lokalni rased i oblici duboke karstifikacije kroz koje se gubi voda iz akumulacije. Na sledećoj slici šematski je prikazan odnos i prostorni raspored zastupljenih litoloških jedinica u zoni pregradnog mesta.



Slika 4.4. Raspored litoloških jedinica na široj lokaciji pregradnog mesta

Ocena vododrživosti akumulacionog prostora i pregradnog mesta

Na osnovu raspoloživih rezultata izvedenih hidrogeoloških istraživanja (IMS Beograd, 2002) može se zaključiti da deo terena u akumulacionom prostoru, izgrađen od slojevitih i bankovitih krečnjaka, predstavlja mesto gubljenja vode iz buduće akumulacije. Najporozniji je levi bok, u dužini do 200 metara uzvodno od pregradnog mesta, i ispod tela postojeće brane. Kroz desni bok mogu se očekivati manji gubici vode, jer je pad slojevitosti usmeren s desnog ka levom boku. Gubljenje vode je moguće i duž raseda po desnom boku brane. Ovaj rased je registrovan kao provodnik podzemnih voda do karstnog vrela na desnoj obali reke Dičine ispred filterskog postrojenja.

Na osnovu ovih rezultata ne može se dati pouzdana ocena vododrživosti akumulacionog prostora i pregradnog mesta. Potrebno je uraditi model vodopropustljivosti ispod i oko tela brane kako bi se sagledao obim neophodnih budućih injekcionih radova. Od obima i cene injekcionih radova zavisice i odluka o tome da li postojeće pregradno mesto treba zadržati, ili graditi novu branu, 80 m uzvodno od postojeće.

4.3. Pedološki sastav

Osnovne karakteristike zemljišta određuje matični supstrat. Na području koje je obuhvaćeno ispitivanjima izdvojene su tri grupe supstrata koje objedinjuju zemljišta sličnih osobina: serpentini (ultramafiti), kiseli silikatni supstrati i mešoviti silikatno-karbonatni supstrati. U okviru svake grupe obrazovani su karakteristični tipovi zemljišta koji će biti prikazani u ovom poglavlju.

Zemljišta na serpentinskim supstratima

U ovoj grupi izrazito dominiraju serpentini koji zahvataju suvoborski masiv i manje delove sliva (oaze) silifikovanih serpentina. Ovo je najzastupljenija grupa supstrata, zauzima oko 60% površina slivnog područja i gotovo sve goleti.

Ultramafiti predstavljaju specifičan supstrat na kome se obrazuju zemljišta posebnih hemijskih i fizičkih svojstava i specifične dinamike. Dinamičan uticaj podloge na osobine zemljišta se naročito oseća kod nerazvijenih zemljišta-smeđih zemljišta. Ovo su

ujedno i najzastupljenija zemljišta sliva, za koje se može reći da imaju fiziološki plitak profil. Uticaj podloge se postepeno gubi i znatno je manji kod dubljih zemljišta. U mehaničkom pogledu ultramafiti ispoljavaju podložnost trošenju zbog čega se na njima nalaze vrlo skeletna i za vodu propustljiva zemljišta. Dinamika zemljišta na ultramafitima je uslovljena snažnim uticajem erozije koju pospešuju i šumski požari, karakteristični za ove supstrate. Tokom letnjih meseci površina zemljišta, na suncu izloženim mestima, se zagreje i do 50°C, što dovodi do velikih gubitaka vlage iz zemljišta. Voda se gubi isparavanjem i procedivanjem, a na strmim nagibima po nepropustljivoj podlozi otiče ispod soluma. Mezofilnija zemljišta se mogu naći u donjim delovima padina. To su dublja zemljišta, dopunski vlažena bočnom vodom koja po steni dotiče sa gornjih delova padine. Površinski udeo ovih staništa je mali i sveden na doline vodotoka i uvala.

Najveću zastupljenost na ovim supstratima imaju rankeri i smeđa zemljišta koja izgrađuju ili samostalne partije ili se javljaju u zemljišnim kombinacijama. Na trećem mestu po zastupljenosti su nerazvijena zemljišta-sirozemi (litosoli), a zastupljenost ilimerizovanih zemljišta je sasvim mala i ograničena na položaje koji su bili pošteđeni od erozije. Od ukupnog serpentinskog kompleksa, samo jedna četvrtina se nalazi pod autohtonom šumom a tri četvrtine su goleti, pašnjaci ili uglavnom mlade kulture. Ovi podaci, kao i činjenica da se goleti nalaze u blizini naselja Brajići i Rajac, govore o snažnom uticaju antropogenog faktora na šumska područja.

Proizvodna vrednost serpentinskog zemljišta je niska i većina tipova zemljišta iz ove serije nije optimalna za visoku šumsku proizvodnju. Faktori koji snižavaju efektu plodnost zemljišta su visoka skeletnost često kombinovana sa kamenitošću, erodibilnost, nepovoljan odnos Mg/Ca-jona, nepovoljne forme azota i često nedovoljan nivo mineralija, kao i nepovoljna aktivnost mikroorganizama.

Zemljišta na silikatnim supstratima

Ovoj grupi pripadaju uglavnom stene vulkansko sedimentne formacije, koje čine južni obod ultramafitskog masiva. To su razdrobljeni dijabazi i peščari, a rožnaci su znatno ređi. Osnovno obeležje grupe je visok sadržaj kvarca (peščari, rožnaci). Dijabazi su

podložni hemijskim promenama i gubitku baza iz zemljišta. Zbog toga su ova zemljišta pretežno siromašna bazama.

Drugo važno svojstvo stena iz ove grupe je da lako primaju vodu i dezintegrišu se, na njima se redovno sreću duboka zemljišta dok su plitka zemljišta ograničena samo na manje partije otpornijih stena ili na istaknutije delove reljefa-glavice vrhova.

U proizvodnom smislu, ovo su najvrednija zemljišta na području sliva. Po pravilu su duboka, a dubina zemljišta se ne poklapa sa fiziološkom dubinom profila, jedan deo podloge ulazi u fiziološki aktivan profil i ne predstavlja smetnju za razvoj korenovog sistema. Zbog povoljnog mehaničkog sastava ova zemljišta imaju zadovoljavajući vodni režim i solidnu dinamiku vlage. U dubljim slojevima, zbog većeg sadržaja gline, povoljna su za stvaranje i očuvanje vodnih rezervi.

Zemljišta na silikatnim stenama, i pored pokrivenosti šumom, izložena su eroziji. Veoma su osetljiva prema eroziji, jer se rastresiti deo zemljišta posle obilnih kiša lako natopi vodom, a kompaktna podloga ne može da primi višak vode.

Zemljišta na silikatno-karbonatnim supstratima

Ovu grupu čine kredna flišna serija, trijaski sedimenti i zemljišta obrazovana na terciarnim sedimentima. Kredni fliš je složene građe i predstavljen je serijama silikatno-karbonatnih stena. Ni karbonatne stene iz ove serije nisu uniformne po sastavu. Pored jedrih krečnjaka sreću se i laporoviti a naročito praškasti krečnjaci sa velikom količinom nerastvorljivog ostatka, u čijem je mineraloškom sastavu zastupljen kvarc. Na krednom flišu se obrazuju zemljišta različite dubine i stepena zasićenosti bazama. Prevaga jedrih krečnjaka na platou Rajca manifestuje se, elementima karstne orografije (vrtače), dok je granični deo fliša prema serpentinitima karakterisan jako skeletnim i plitkim krečnjačkim zemljištima.

Slične litološke osobine pokazuju i trijaski sedimenti gde se takođe radi o serijama silikatno-karbonatnih stena, s tim da dve zasebne celine, u kojima se javljaju ove stene, pokazuju znatne razlike u odnosu silikatne i karbonatne komponente. Na grebenu

Prosečenice iznad Brajičke reke krečnjaci i silikati su približno podjednako zastupljeni dok su silikati znatno zastupljeniji uz Dičinu.

Proizvodna vrednost zemljišta iz ove grupe je neujednačena i zavisi od stepena razvoja zemljišta i litogenog faktora. Jedri krečnjaci daju uglavnom plitka zemljišta relativno niskih proizvodnih vrednosti. Sa porastom stepena razvoja i sa povećanjem količine nerastvorenog ostatka kod laporovitih i peskovitih krečnjaka, povećava se i dubina zemljišta i poboljšavaju vodne osobine. Proizvodna vrednost takvih zemljišta približava se ili izjednačuje sa silikatnom komponentom flišnih serija. Silikatne stene u sastavu krednog fliša i trijasa daju zemljišta kiselih silikatnih supstrata, s tim da je variranje pojedinih svojstava nešto veće u okviru dominantnog tipa – kiselog smeđeg zemljišta. Pedološka karta slivnog područja reke Velika Dičina data je u prilogu br. 2.

4.4. Vegetacija

Direktan uticaj vegetacije na erozione procese se ogleda u zaštiti zemljišta od razarajućeg dejstva kišnih kapi i povećanju otpora vodi koja se sliva niz padine. Vegetacijski pokrivač ima značajan uticaj na sprečavanje stvaranja klizišta, ekstenzivnih erozionih pojava i ublažavanje dejstva poplavnih talasa. Antieroziona uloga vegetacijskog pokrivača ne zavisi samo od procenta pošumljenosti ili zatravljenosti slivnog područja već i od prostornog rasporeda određenih tipova vegetacije. Šume su prisutne na strmim nagibima i u pojasu rečnih tokova, a na blažim nagibima se nalaze livade i oranice. Oranične površine, zbog slabog vegetacijskog pokrivača, mehaničkog razaranja strukture zemljišta od strane čoveka i stvaranja brazdi i jaruga, veoma su pogodne za razvoj erozionih procesa, posebno na većim nagibima. Neadekvatan izbor kultura, oranje i sadnja niz nagib čine dodatne negativne uticaje antropogenog faktora.

Struktura zemljišta pod biljnim pokrivačem (prvenstveno šumama), jača otpor zemljišta na dejstvo erozionih sila. Povećana infiltracija vode u zemljište utiče na smanjenje količine i brzine kretanja vode niz padine.

Na osnovu raspoloživih karata, podataka dobijenih od Katastra o pregledu površina po kulturama i klasama, aerofoto snimaka 1:10.000, satelitskih snimaka i uvida na terenu, izrađena je karta korišćenja površina slivnog područja, prikazana u prilogu br. 3.

Vegetacijski pokrivač sliva Velike Dičine čine listopadne šume, zatim livade i pašnjaci. U blizini sela Brajići, Polom, Teočin i Rajac nalaze se obradive površine. Pored autohtonih biljnih zajednica, na području sliva beleže se i degradirane zajednice i kulture (sađene šumske zajednice). Silvikulture belog i crnog bora zastupljene su na Suvoboru. Podaci o pošumljenosti i načinu korišćenja zemljišta u slivu prikazani su u tabeli 4.4.

Prirodni ekosistemi područja obuhvataju: *Fagetum sensu lato* (bukova šuma), *Abieti Fagetum sensu lato* (bukva i jela), *Ostryetum sensu lato* (crni grab), *Quercetum petraeae sensum lato* (hrastovi), *Alnetum glutinosae sensu lato* (jove).

Šumski pokrivač čine bukove i hrastove šume, kao i šume mešovito i izdanačkog tipa. Delove područja Suvobora pokrivaju kulture crnog i belog bora. Ovde preovlađuju podignuti zasadi starosti 30-40 godina, sa manjim udelom starijih autohtonih šuma. Bukove šume se generalno nalaze na severnim ekspozicijama, a hrastove na južnim. Uz vodotoke su najzastupljenije linijske šume mekih lišćara (vrba, jova i topola).

Tabela 4.4. Struktura korišćenja površina sliva

	Vegetacijski pokrivač	Površina (ha)	Procenat površine
1.	Pašnjaci	228	10.0%
2.	Njive	503	22.5%
3.	Goleti	115	5.0%
4.	Šume	1100	49.0%
5.	Livade	304	13.5%
	Ukupno	2250	100 %

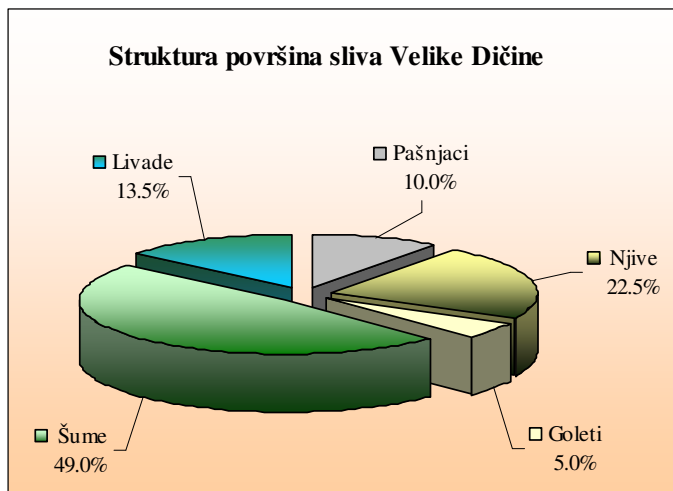
Struktura i kvalitet šumske vegetacije ne odgovaraju potencijalu staništa. Najveći procenat prirodne šumske vegetacije čine izdanačke šume, a najmanji visoke šume. U strukturi šuma prekinutog sklopa preovlađuju staništa hrasta lošijeg kvaliteta sa malom zapreminom drvne mase od svega 60 m³/ha. Bukove šume su boljeg kvaliteta sa drvnom masom od oko 220 m³/ha.

Od ukupnog šumskog pokrivača najmanju površinu zahvataju podignute šume. Podignuto je ukupno 130 ha, što čini 12% šumske vegetacije i 5.8% ukupne površine sliva. Šume dobrog sklopa zauzimaju 390 ha, odnosno 1/3 ukupnog šumskog pokrivača.

Najveći deo šumske vegetacije, 580 ha, 53% površina pod šumom, čine izdanačke i degradirane šume.

Površine koje se koriste za poljoprivrednu proizvodnju zauzimaju 1/3 sliva i raspoređene su oko sela Brajići, Polom i Rajac. Ove površine u potpunosti odgovaraju svojoj nameni izuzimajući manje parcele njiva sa nagibom većim od 12°.

Najnižu proizvodnu vrednost (plodnost) imaju goleti. Plitka, skeletna i kamenita zemljišta, lakog mehaničkog sastava i nepovoljnog vodnog režima, obuhvataju najmanju površinu sliva (5%), a daju najveći doprinos produkciji erozionog materijala.



Slika 4.5. Grafikon korišćenja površina sliva Velike Dičine

Podaci o osnovnim tipovima korišćenja zemljišta, pripremljeni su na osnovu satelitskih snimaka (CORINE LAND COVER BAZE 2006), katastarskog pregleda površina, aerofoto snimaka 1:10.000 iz 2011. godine i uvida na terenu.

4.5. Klima

Nadmorska visina sliva ($H_{sr}=700$ mm) i velika izraženost reljefa čine da sliv Dičine pripada klimatskoj zoni planinskog područja. Ovu klimu karakterišu duge i hladne zime s velikim količinama snega i kratka i topla leta. Ovo područje je izloženo uticaju vazdušnih struja sa zapada, koje ga čine bogatijim padavinama. Da bi se stekao što bolji uvid u klimu ovog područja, razmatrane su padavine sa kišomerne stanice Gornji Banjani i temperature vazduha sa meteoroloških stanica Gornji Milanovac i Rudnik.

Režim padavina

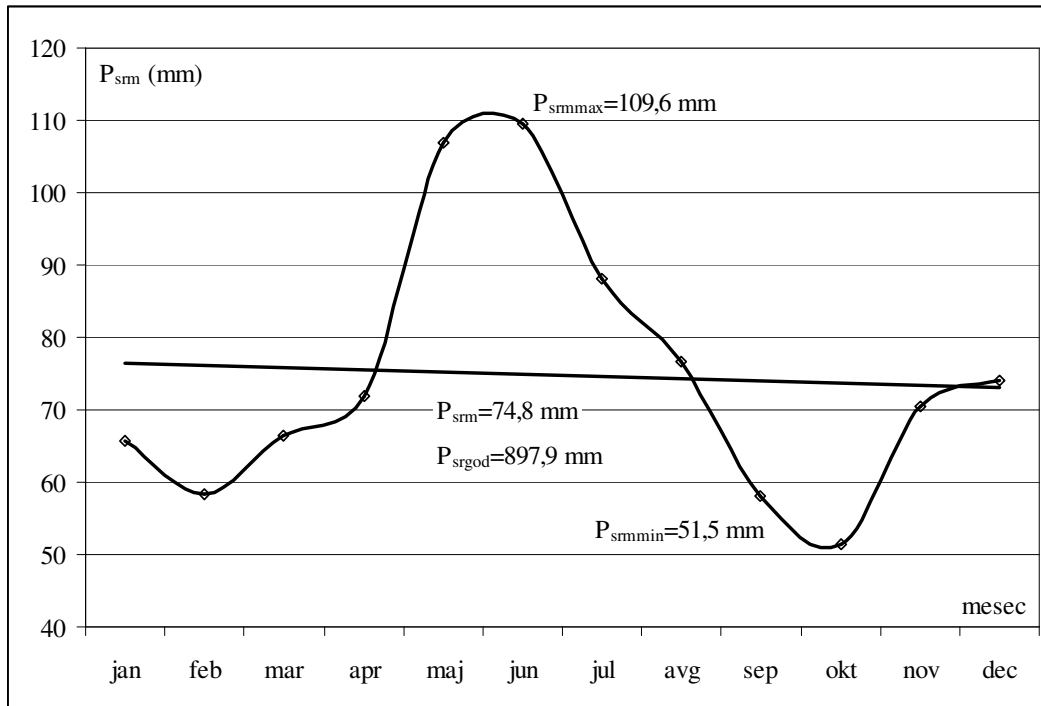
Prosečna godišnja suma padavina izmerena na kišomernoj stanici u Gornjim Banjanima iznosi 890 mm. Godišnja količina padavina, u periodu od 1942. do 1991. godine, kretala se od 620 mm (1953. godine) do 1372 mm (1955). Primarni prosečan mesečni maksimum padavina je u junu (109.6 mm) a sekundarni maksimum je u maju (107.0 mm). Primarni prosečan mesečni minimum je u oktobru (51.5 mm) a sekundarni u februaru (58.4 mm). Uzrok obilnijim padavinama u prolećnim mesecima su cikloni, odnosno prolasci hladnih i toplih frontova, kao i nestabilne vazdušne mase koje daju padavine u obliku kratkotrajnih, ali intenzivnih pljuskova (RHMZ).

Najveća količina padavina zabeležena u toku jednog meseca u ovom periodu iznosila je 294.3 mm u julu 1991. godine (Palmar B., Ljujić M., 2000), a najmanja 0.9 mm u oktobru 1965. godine. Mesečne sume padavina (u mm) prikazane su u tabeli 4.5.

Tabela 4.5. Mesečne padavine

Mesečne sume padavina (u mm)													
Mes	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	God
Pros	65.8	58.4	66.4	72.0	107.0	109.6	88.0	76.6	58.2	51.5	70.4	74.0	897.9
Max	133.4	130.6	184.5	165.6	270.1	251.5	294.3	252.6	166.2	119.6	152.7	157.3	1372
God	1979	1984	1967	1958	1957	1955	1991	1978	1958	1981	1981	1969	1955
Min	8.8	9.3	21.5	26.4	22.6	36.3	11.0	8.0	1.0	0.9	8.5	3.3	537.0
God	1964	1987	1983	1968	1982	1958	1985	1965	1986	1965	1986	1948	1990

Apsolutni maksimum dnevne količine padavina iznosi 184.2 mm i zabeležen je u avgustu 1991. godine. Sledeći iznosi 78.2 mm i zabeležen je maja 1965. godine. Oktobar je mesec u kome se, pored najmanje zabeležene količine padavina, javio i najmanji apsolutni dnevni maksimum (38.6 mm).



Slika 4.6. Dijagram srednjih mesečnih vrednosti padavina (1964-1990)

Prosečan apsolutni dnevni maksimum tokom godine je 48.8 mm. Najveći prosek apsolutnog dnevnog maksimuma se javlja u maju i junu i iznosi 29.0 mm, a najmanji u februaru 17.0 mm i martu 17.3 mm.

Tabela 4.6. Maksimalne dnevne padavine

Maksimalne 24-časovne količine padavina (u mm)													
Mes	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	God
Pros	17.5	17.0	17.3	21.3	29.0	29.0	27.6	27.1	21.8	18.9	19.9	19.5	22.2
Max	39.8	40.9	58.3	49.2	78.2	63.0	60.3	184.2	50.8	38.6	60.1	68.5	184.2
God	1983	1984	1967	1958	1965	1948	1982	1991	1984	987	985	1980	1991

Pored podataka o količini padavina, za dobijanje potpune slike o padavinskom režimu nekog prostora, potrebno je znati i broj dana u godini sa količinom padavina iznad određenog praga. Mali broj dana a velika količina padavina ukazuje na veće 24-časovne intenzitete padavina. Naprotiv, manja količina padavina izlučena u većem broju dana pokazuje da su te padavine bile manjeg intenziteta po danu. Standardna klimatološka

obrada proučava broj dana sa padavinama ≥ 0.1 mm, ≥ 0.5 mm, ≥ 1.0 mm, ≥ 5.0 mm i ≥ 10.0 mm.

Za padavinski režim veoma je značajna čestina dana u mesecu sa padavinama. Najveći broj dana sa merljivim količinama padavina, tj. > 0.1 mm vodenog taloga, javlja se na ovom području u novembru (36% mesečnog broja dana). Najmanje dana sa padavinama ima u avgustu i septembaru (21% dana u mesecu). U toku prosečne godine ukupno ima 32% dana sa padavinama.

Prosečan godišnji broj dana sa merljivom količinom padavina iznosi 134.5. Najviše takvih dana zabeleženo je 1979. godine (179), a najmanje 1953. godine (98). Najviše dana sa merljivom količinom padavina ima prosečno u maju (13.8) a najmanje u septembru (7.6) i oktobru (8.0).

Od svih dana u toku godine prosečno 7% su dani sa padavinama iznad 10.0 mm, 15% su dani sa padavinama iznad 5,0 mm, 30% su dani sa padavinama iznad 1.0 mm, 33% dana ima padavine veće od 0.5 mm, 36 % dana u godini su sa padavinama iznad 0.1 mm (dani sa merljivom količinom padavina), 64% dana u godini na području Gornjih Banjana su dani bez padavina.

U Gornjim Banjanima prosečno 107.1 dana godišnje pada kiša. Najveći broj dana sa kišom zabeležen je 1979. godine (166), a najmanji 1947. godine (66 dana). Godišnji hod broja dana sa kišom pokazuje da je on maksimalan u maju (13.8), a minimalan u januaru (4.3).

U toku godine 29% dana su dani sa kišom. Najviše dana sa kišom ima u maju (44% majskih dana je sa kišom) a samo 15% januarskih dana je sa kišom.

Prosečan broj dana sa snegom je maksimalan u januaru i iznosi 9.8. Ukupan broj dana sa snegom u toku godine je prosečno 37.8. Najviše dana sa snegom je zabeleženo 1969. godine (63), 1962. godine (59), 1988. godine (58) i 1981. godine (57). Godina 1989. je karakteristična po tome što je imala svega 16 dana sa snegom.

Prosečan broj dana sa snežnim pokrivačem ≥ 1 cm iznosi u toku godine 59.7. Najviše dana sa snežnim pokrivačem je u januaru (prosečno 19.5 dana). U Gornjim Banjanima

je 5 godina snežni pokrivač bio zastupljen svih 31 dan u januaru. U februaru je prosečno svaki drugi dan sa snežnim pokrivačem ≥ 1.0 sm. Snežni pokrivač je zabeležen u maju 1953. godine i u oktobru 1970. godine.

Maksimalna visina snežnog pokrivača izmerena na padavinskoj stanici u Gornjim Banjanima iznosi 140.0 cm i evidentirana je u februaru 1984. godine. U martu 1956. godine snežni pokrivač je iznosio 98 cm. Prosečna maksimalna visina snežnog pokrivača u toku godine iznosi 39.8 cm (1978. godine iznosila je svega 18 cm).

Prosečna visina ukupnog snežnog pokrivača je najveća u januaru i iznosi 13 cm, u februaru 11.9 cm, decembru 8.9 cm, novembru 5.8 cm, aprilu 1.2 cm i oktobru 0.5 cm.

Temperaturni režim

Mesečne i godišnje temperature vazduha

Prosečna godišnja temperatura vazduha na ovom području iznosi od 9.2°C do 9.4°C . Prosečna godišnja amplituda temperature (razlika između prosečne srednje mesečne temperature najtoplijeg i najhladnijeg meseca) iznosi od 19.1°C do 20.3°C . Najtoplije godine u posmatranom nizu su bile 1994. i 1990., a najhladnije 1980. i 1991. godine.

Godišnji hod srednjih mesečnih temperatura pokazuje da je najtopliji mesec u nižim predelima juli (prosečno 19.0°C) a u višim avgust (prosečno 18.4°C). Najhladniji je mesec januar sa prosečnom temperaturom od -1.3°C do -0.7°C .

Tabela 4.7. Srednje mesečne temperature vazduha u Gornjem Milanovcu

Srednje mesečne temperature vazduha ($u^{\circ}\text{C}$) u Gornjem Milanovcu													
Mes	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	God
Pros	-1.3	1.0	5.1	9.6	14.4	17.2	19.0	18.4	15.1	9.6	4.5	0.6	9.4
Max	2.8	6.7	8.2	12.8	16.7	19.3	21.9	21.1	18.8	13.5	7.1	3.9	10.6
God	988	966	990	989	1969	1972	1988	988	1987	966	1969	1982	1990
Min	-5.0	-4.9	-0.4	6.7	11.4	15.2	17.3	15.4	12.6	6.9	-0.8	-3.1	8.4
God	966	965	987	982	991	976	984	976	1971	972	1988	1991	1976

Tabela 4.8. Srednje mesečne temperature vazduha na Rudniku

Srednje mesečne temperature vazduha (u °C) na Rudniku													
Mes	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	God
Pros	-0.7	1.0	4.6	8.6	13.5	16.6	18.2	18.4	15.0	10.2	5.0	0.5	9.3
Max	2.9	8.0	8.3	12.5	17.2	18.5	20.8	23.4	19.2	16.7	9.1	4.0	10.7
God	994	966	1977	968	969	979	1988	992	994	1966	1969	1979	1994
Min	-4.4	-5.2	-0.9	3.7	8.2	14.7	16.5	14.7	11.1	6.6	-0.1	-4.2	8.1
God	1981	1965	1996	1997	1991	1976	1979	976	996	1972	1993	1991	1980

Ekstremne temperature vazduha

Apsolutno maksimalne temperature vazduha zabeležene su 18.07.1973. godine (38.8 °C) u Gornjem Milanovcu i 10.08.1968. godine (36.0 °C) na Rudniku (RHMZ).

Apsolutno minimalna temperatura vazduha u Gornjem Milanovcu iznosi -26.0 °C i zabeležena je 11.01.1967. godine i 31.01.1987. godine, a na Rudniku -18.2 °C (13.01.1987. god.). Izuzetno niske temperature bile su i u martu 1987. godine (4. marta - 17.3 °C na Rudniku) i 13.03.1971. godine (-19.5 °C u Gornjem Milanovcu).

Apsolutna godišnja amplituda temperatura (razlika između apsolutnog maksimuma i apsolutnog minimuma) u Gornjem Milanovcu iznosi 64.8 °C, a na Rudniku 54.2 °C, što ukazuje na izrazitu kontinentalnost ovih mesta.

Prosečna srednja dnevna temperatura vazduha u Gornjem Milanovcu u toku zime iznosi 0.1 °C, prolećna 9.7 °C, letnja 18.2 °C i jesenja 10.7 °C. Prosečna srednja dnevna temperatura na Rudniku u toku zime iznosi 0.3 °C, prolećna 8.9 °C, letnja 17.7 °C i jesenja 10.7 °C. Niske zimske temperature vazduha uslovljene su prodorom hladnih severoistočnih struja iz unutrašnjosti evroazijskog kontinenta.

Temperaturni prelaz od zime ka letu je blaži od prelaza leto-zima. Porast temperature od marta do maja iznosi 9.3 °C u G. Milanovcu, a 8.9 °C na Rudniku, dok sniženje temperature od septembra do novembra iznosi 10.6 °C u G. Milanovcu, odnosno 10.0 °C na Rudniku.

5. Pregled dosadašnjih istraživanja i rezultata na sličnim slivovima

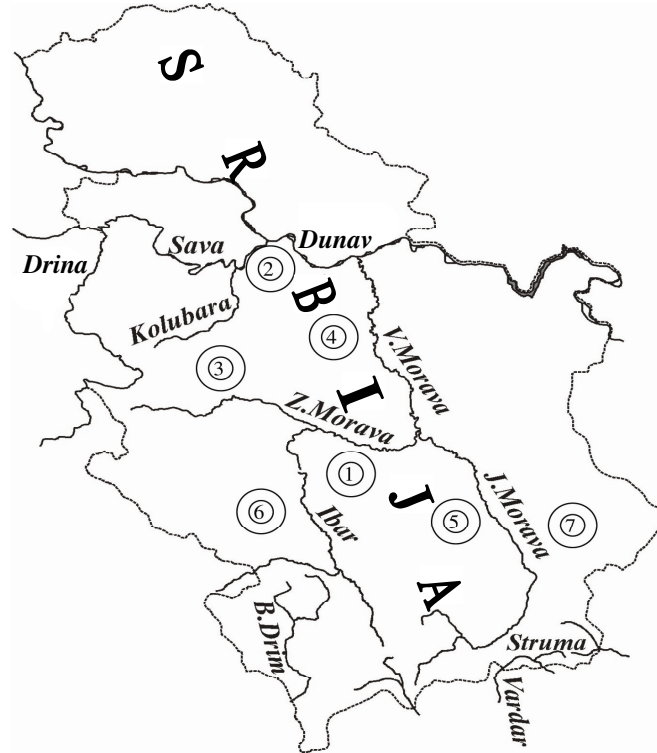
Trajanje akumulacija i rentabilno korišćenje površinskih voda, prevashodno zavisi od adekvatnih protiverozionih mera zaštite slivnog područja i pripreme površina koje će biti potopljene formiranjem akumulacije. Biotehnički radovi na zaštiti slivnog područja moraju početi najmanje 10-15 godina pre formiranja akumulacije (Ristić R., et al., 2004).

Sliv je prostorno i funkcionalno, jasno definisana geomorfološka i hidrološka celina. Posledično, slivno

područje posebno je i po živom svetu koji ga naseljava. Sliv predstavlja osnovnu geoprostornu jedinicu generisanja, praćenja i proučavanja mnogobrojnih pojava i procesa. S toga je sistemski pristup u proučavanju karakteristika slivnog područja, stanja i kvaliteta površinskih voda, prirodnih i antropogenih uticaja na vodno telo, neophodan uslov za uspešno planiranje i izgradnju svake brane-akumulacije.

Analiza transporta nanosa u slivu Zapadne Morave objavljena je u Zborniku radova Jugoslovenskog društva za hidraulička istraživanja (Petković Sa., i dr., 1998).

Analiza podataka o rezultatima merenja i proračuna nanosa i proticaja na više manjih i većih vodotoka na teritoriji Srbije, objavljena je u časopisu Voda i sanitarna tehnika (Petković Sl., Ljujić M., 2010).

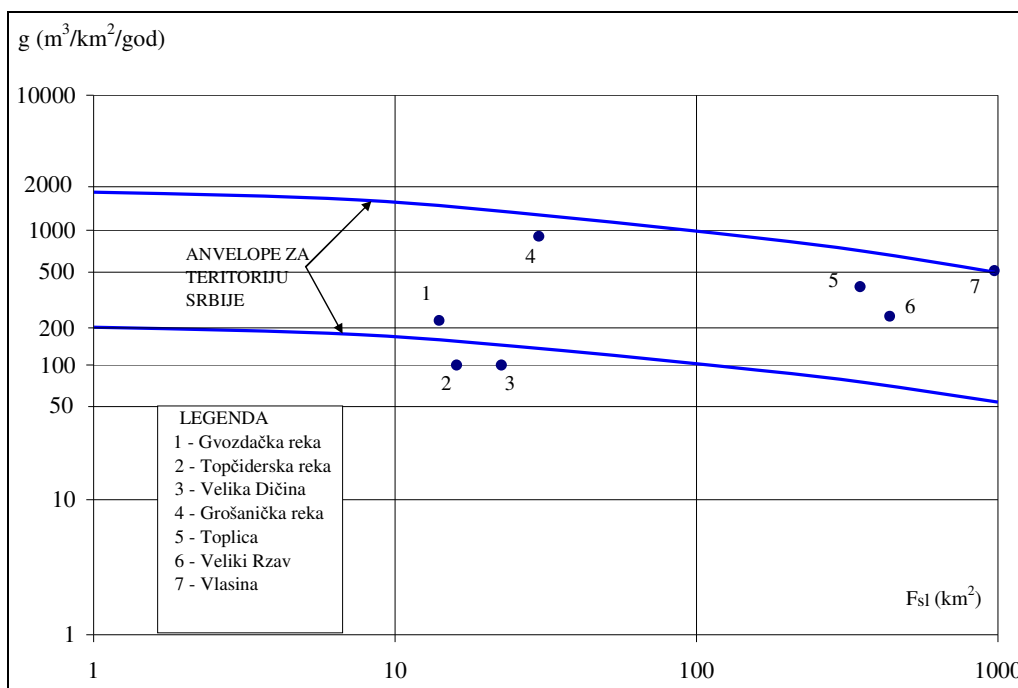


Slika 5.1 Dispozicija ispitivanih slivova

Tabela 5.1. Uporedni rezultati karakteristika slivnog područja, merenja i proračuna transporta nanosa (po formuli Petkovića) za neke reke u Srbiji

Reka	F km ²	I	Q m ³ /s/km ²	H	E	g _{mer} m ³ /km ² /god	g _{rač} m ³ /km ² /god
Gvozdačka reka	14	0.17	0.014	0.0042	0.03	214	177
Topčiderska reka	16	0.08	0.005	0.0013	0.08	100	126
Velika Dičina	22	0.11	0.012	0.0022	0.06	100	147
Grošanička reka	30	0.13	0.008	0.0022	0.40	900	688
Toplica	349	0.13	0.010	0.0022	0.24	380	415
Veliki Rzav	437	0.09	0.014	0.0025	0.12	230	354
Vlasina	972	0.10	0.009	0.0027	0.41	500	466
Pek	1241	0.04	0.007	0.0017	0.10	80	73
Mlava	1879	0.03	0.006	0.0013	0.14	70	66
Zapadna Morava	3180	0.05	0.010	0.0030	0.34	195	251

Na osnovu rezultata iz tabele 5.1. konstruisan je dijagram korelacije specifičnog transporta nanosa (g) i površine sliva (F), prikazan na slici 5.2.



Slika 5.2. Korelacija transporta nanosa (g) i površine (F), za slivove do 1000 km²

Parametri dobijeni višegodišnjim terenskim istraživanjima slivnog područja reke Velika Dičina, merenjima i proračunima, sažeto su prikazani u tabeli 5.2. U poređenju sa karakteristikama drugih rečnih slivova u Srbiji, evidentno je da samo Gvozdačka reka

ima povoljniji erozioni faktor ($E=E_0+A_0/A$). To znači da samo sliv ove reke ima manji procenat površina zahvaćenih jakom erozijom od sliva Velike Dičine. U pogledu godišnjih vrednosti transporta nanosa iz sliva (g_r), izuzimajući ravničarske reke Pek i Mlavu, ima najmanji specifični transport nanosa iz sliva izražen u $m^3/km^2/god$. U poređenju sa, po veličini i padu, sličnim slivom Grošničke reke, na kojoj je još pre 70 godina izgrađena akumulacija za vodosnabdevanje, više od četiri puta je manja vrednost specifičnog transporta nanosa iz sliva Velike Dičine.

Na osnovu naših istraživanja, iz uporedne analize slivova u pogledu erozionističkih parametara (produkcija i transport nanosa) proizilazi da je sliv Velike Dičine najpovoljniji za izgradnju brane za višenamensko korišćenje voda. To znači da je za zaštitu i uređenje slivnog područja potrebno najmanje vremena i sredstava. Sporije zasipanje buduće akumulacije i manji prostor za istaložavanje nanosa (mrtva zapremina), su veoma značajni parametri za usvajanje planova o izgradnji objekta.

Proticaj i kvalitet voda u rekama kontinuirano prati RHMZ, na kontrolnim profilima većih vodotoka i mernim stanicama. Na hidrološkim stanicama vrše se osmatranja i merenja vodostaja, proticaja vode, temperature vode, koncentracije lebdećeg nanosa, pojave leda kao i uzimanje uzoraka vode za određivanje kvaliteta vode. Vodostaji na rekama se osmatraju (registruju) terminski ili kontinualno pomoću limnigrafa. Pored kvaliteta vode u rekama, kontroliše i kvalitet voda u akumulacijama, kao i kvalitet sedimenta u rekama i mulja u akumulacijama. Parametri koji se kontrolišu su: pH vrednost, elektroprovodljivost E_p , O_2 , % zasićenja O_2 , HPK, $NH_4 - N$, $NO_2 - N$.

Reka Velika Dičina koristi se skoro trideset godina za vodosnabdevanje Gornjeg Milanovca. Sa otvorenog rečnog toka pomoću „tirolskog” zahvata, postavljenog nizvodno od postojeće brane, voda se gravitaciono odvodi do postrojenja za prečišćavanje vode u Gornjim Banjanima. Na postrojenju za prečišćavanje vode, max. kapaciteta oko 120 l/s, vrši se koagulacija i flokulacija, taloženje, doziranje hemikalija i hlorisanje prečišćene vode. Voda se sa postrojenja odvodi u gradsku distribucionu mrežu i odgovara stanardima vode za piće. Imajući ovo iskustvo u vidu, kao i planove za zaštitu slivnog područja i poboljšanje statusa vodnog tela, nema dileme u pogledu mogućnosti i opravdanosti izgradnje akumulacije za vodosnabdevanje.

6. Pritisci i uticaji stanovništva i poljoprivrede na vodno telo

Slivno područje Velike Dičine karakteriše niži stepen naseljenosti od prosečne u Šumadiji, sa tendencijom daljeg opadanja, što je ustanovljeno popisima stanovništva od 1991. do 2011. godine. Našim istraživanjima utvrđeno je odsustvo industrijskih zagađivača, ekstezivna obrada poljoprivrednih površina, relativno bogatstvo vodom i nezagađenost vodotoka. Navedene karakteristike svrstavaju reku Veliku Dičinu u izvorište vodosnabdevanja prvog ranga, koje se od 1984. godine koristi za vodosnabdevanje Gornjeg Milanovca.

Globalna struktura prostora implicira relativno nizak stepen antropogenog pritiska na vodne i zemljišne resurse. Brežuljkasti atari sliva odlikuju se većim udelom površina pod travnom i šumskom vegetacijom od oranica i višegodišnjih zasada, posebno na terenima na većim nadmorskim visinama. Navedeni faktori generišu očuvanu životnu sredinu, sa malim opterećenjima i zagađenjima na celom slivnom području.

Stanovništvo

Sliv Velike Dičine obuhvata teritoriju jedne opštine sa tri seoska naselja brdskoplaninskog tipa, u kojima broj stanovnika permanentno opada u celom posleratnom periodu. Prema zvaničnim rezultatima popisa stanovništva iz 1991. godine u selima Polom, Teočin i Brajići živelo je 1.226 stanovnika. Obzirom da samo manji delovi ovih naselja pripadaju slivnom području Dičine, u maju 2011. godine je utvrđen tačan broj stanovnika na ovom području. U tabeli 6.1. dat je pregled stanovništva i domaćinstava po naseljima koja pripadaju slivu Velike Dičine do profila brane „Banjani”. Ukupan broj stanovnika sliva je 76, što daje naseljenost od svega 3 stanovnika po 1 km², a to je neuporedivo niže od prosečne naseljenosti Šumadije i Srbije koja iznosi 90 stanovnika po 1 km².

Tabela 6.1. Broj stanovnika prema popisima od 1991. do 2011. godine

Selo	Broj stanov. 1991. god.	Broj stanov. 2002. god.	Broj stanov. 2011. god.	Broj doma�. na slivu 2011. g.	Broj stan. na slivu 2011. g.
Polom	355	275	244	15	48
Teočin	771	690	613	4	16
Brajići	100	65	58	6	12
Ukupno	1226	1030	915	25	76

Osnovna delatnost većine stanovništva je ekstezivna poljoprivredna proizvodnja i stočarstvo. Prema popisu iz 2011. godine na teritoriji sliva je živelo 76 stanovnika u 25 domaćinstva što daje 3,04 člana po domaćinstvu. Prema popisu stočnog fonda iz istog perioda registrovano je 3,0 goveda, 4,6 ovaca, 3,8 svinja i 7,8 živine po domaćinstvu u slivu akumulacije.

Stočarstvo ima posebno vaţnu ulogu u strukturi proizvodnog potencijala područja, zbog relativno visoke zastupljenosti livada i pašnjaka. Ratarstvo i voćarstvo, na ovim prostorima, su usko povezani sa stočarstvom. Ove međuzavisnosti su ja e na sitnim zemljišnim posedima, gde se broj, sastav i kvalitet stoke povratnom

Tabela 6.2. Sto ni fond na slivnom području 2011. godine

Selo	goveda	ovce	svinje	živina
Polom	52	85	65	120
Teočin	18	16	22	40
Brajići	5	14	8	35
Ukupno	75	115	95	195

spregom direktno odražava na prinose biljnih kultura i očuvanje prirodne plodnosti zemljišta. Zbog toga dugoročne tendencije opadanja ukupnog broja svih vrsta stoke imaju veoma negativne posledice na razvoj poljoprivrede u celini.

Na području sliva nema krupnih stočarskih farmi, a stočarska proizvodnja, organizovana na sitnim porodičnim gazdinstvima, je najvećim delom mešovitog tipa, gde peovla uje stajski način uzgoja, sem letnje ispaše ovaca. Imajući u vidu podatke iznete u tabeli 6.2.,

neznan je pritisak stočarstva na površinske i podzemne vode u slivu. U koliko se uzme u obzir opadanje intenziteta stočarstva na širem području sliva (podaci prikupljeni u mesnim zajednicama), značajniji pritisci i uticaji se ne očekuju u budućnosti

Kroz život i obavljanje uobičajenih delatnosti stanovništva - obavljanje poljoprivrednih aktivnosti: proizvodnja žitarica, povrća, voća (za potrebe stanovništva i tržište) i gajenje stoke, stvaraju se znatne količine sledećih otpadnih materija koje mogu imati negativan uticaj na kvalitet vode sliva:

- fekalni otpad stanovništva,
- čvrsti otpad iz domaćinstva i
- otpadci iz objekta za uzgoj stoke.

Kvalitet vode sliva se narušava zbog obavljanja poljoprivrednih delatnosti, kroz unošenje veštačkog đubriva, primenu stajskog đubriva i sredstava za zaštitu bilja kao i zbog erozije koja povećava spiranje zemljišta.

Uzimajući u obzir neopremljenost apsolutne većine poljoprivrednih domaćinstava skladištima za stajnjak i jamama za osoku, može se zaključiti da se stajsko đubrivo na području sliva Velike Dičine drži na primitivan način, te se procenjuje da gubici u organskoj materiji iznose oko 40%. Sa stanovišta zadovoljavanja potreba gajenih biljaka za prihranjivanjem i potreba zemljišta za održavanjem prirodne plodnosti, količine stajskog đubriva imaju nepovoljan uticaj na očuvanje prirodne plodnosti poljoprivrednog zemljišta i kvalitet voda, podsticanjem procesa erozije usled osiromašenja zemljišta organskim materijama.

Na području sliva Velike Dičine proizvode se male količine stajskog đubriva, znatno ispod fizioloških potreba poljoprivrednih kultura. I pored toga, negativni uticaji emisija pojedinih hemijskih elemenata od uzgoja stoke na stanje voda, posebno azota i fosfora kao najopasnijih, potiču od sanitarno neuređenih objekata za držanje stoke.

Najveći negativni uticaj na stanje voda ima primena mineralnih đubriva i sredstava za zaštitu bilja od bolesti i štetočina. Polazeći, međutim, od hronično niskog nivoa primene mineralnih đubriva u poljoprivredi Srbije, koji je gotovo simboličan u odnosu na

razvijene zemlje, mogao bi se izvesti zaključak da na posmatranom području nema većih opasnosti od prekomerne potrošnje agrohemikalija. Nekonrolisana i nestručna primena ovih sredstava ima negativan uticaj na kvalitet voda i opšte stanje životne sredine. Prema tome, osnovni zadatak u ovoj oblasti jeste uspostavljanje sistema kontrole i stručnog savetodavstva.

Problemi sa depopulacijom ruralnog područja i povećanjem udela starog stanovništva u zbiru su evidentni na celom području Šumadije. Takođe, ekonomsko, socijalno i kulturno zaostajanje seoskih područja stalno povećava jaz u kvalitetu življenja između sela i gradskih centara, a time i motivaciju mladih ljudi da napuste selo. U obzir treba uzeti i sledeća resursna i socioekonomska obeležja područja sliva:

- zbog nazadovanja (odumiranja) pašnjačkog stočarstva sve je izraženije ekstenzivno korišćenje, odnosno potpuno nekorišćenje pašnjaka koji su formirani u šumskom pojasu, što dovodi do njihove degradacije (pretvaranja) u semiprirodne sisteme, sa visokim učešćem drvenaste i žbunovite vegetacije;
- pod uticajem depopulacije i senilizacije planinskih sela i zbog niske rentabilnosti poljoprivredne proizvodnje, deo oranica se više godina nalazi pod ugarima, što daje sliku zatravnjenih terena;
- značajan deo voćnjaka je neodržavan, neplanski sađen u gustom sklopu i devastiran, više nalik na prelazna šumsko-žbunovita, nego poljoprivredna zemljišta;
- razbijena naseljska mreža, velika usitnjenost poseda i parcela poljoprivrednih gazdinstava, sa brojnim živicama i međama, mozaična struktura predela u kome se učestalo smenjuju pojedine poljoprivredne kulture sa šumarcima i zabranima i druge teškoće pri razgraničavanju pojedinih oblika biofizičke pokrivenosti terena;
- rentiranje njiva za proizvodnju krompira i žitarica, sa imperativom profita u jednoj sezoni, dovodi do prekomerne upotrebe đubriva i zanemarivanja zaštite okoline.

Saobraćaj

Saobraćajna mreža sliva je relativno dobra. Najznačajniji je regionalni asfaltni put Čačak – Valjevo, koji prolazi zapadnim obodom sliva i na nekim deonicama se poklapa sa granicom (vododelnicom) slivnog područja. Svi ostali putevi su lokalni makadamski, osim kraće deonice asfaltnog puta u selu Polom.

Do profila postojeće brane „Banjani“ može se stići lokalnim putem iz pravca sela Gornji Banjani. Dolinom Velike Dičine uzvodno od brane postoji niz lokalnih saobraćajnica, seoskih puteva i staza. Razvijena je i mreža šumskih puteva, od kojih je najproblematičniji put u zoni akumulacije i duž donjeg toka Velike Dičine, koji se sa ovom rekom ukršta na više od deset profila bez mostova i propusta. Prolazi središnjim delom retenzionog prostora i koristi se samo u malovodnom periodu.

Povećano saobraćajno opterećenje na regionalnom putu Čačak – Valjevo može izazvati zagađivanje zemljišta i voda zbog prosipanja tereta, razlivanja naftnih derivata iz vozila, bacanja otpadaka, saobraćajnih nesreća, itd. Putna mreža ima negativni uticaj na faunu i floru – promene na zemljištu, smanjenje vegetacije, zagađenje, buka i prepreke za kretanje životinjskih vrsta.

7. Erozija i produkcija nanosa

Erozioni procesi prisutni su na celokupnoj površini Zemlje, kao dominantan faktor u stalnim promenama i oblikovanju reljefa planete. Erozijska produkcija, transport i taloženje nanosa predstavljaju segmente jedinstvenog prirodnog procesa koji se odvija u sadejstvu više prirodnih činilaca: geomorfoloških, geoloških, pedoloških, meteoroloških, hidroloških, bioloških i dr. Pored prirodnih, i antropogeni faktor igra vrlo značajnu ulogu u razvoju erozionih procesa. Sa razvojem civilizacije antropogeni faktor generiše inteziviranje erozionih procesa, isključivo kao posledicu negativnog delovanja čoveka.

Erozioni procesi i transport nanosa zadiru u mnoge oblasti ljudskih aktivnosti. Sve osnovne privredne delatnosti (poljoprivreda, šumarstvo, vodoprivreda, industrija, građevinarstvo i drugo) imaju više dodirnih tačaka sa problematikom erozije i nanosa. Erozijska zemljišta ima uticaja i na neke neprivredne delatnosti - zaštitu prirodne sredine, rekreaciju i dr. Zbog toga su značajni ekonomski i socijalni efekti erozije i transporta nanosa u rečnim tokovima (Dožić S., 1999).

Erozioni fenomeni, posmatrani u prostoru i vremenu, predstavljaju deo globalnih prirodnih procesa u rečnim slivovima. Prvi deo obuhvata procese nastanka i razvoja erozije, koji se manifestuju razaranjem strukture i odnošenja zemljišta sa slivnog područja. Drugi deo se bavi problematikom transporta nanosa kroz hidrografsku mrežu. Prema tome, erozioni procesi u sebi sadrže dva osnovna aspekta, direktni, nastao u zoni produkcije i indirektni, stvoren prenosom erozionog materijala putem hidrografske mreže van slivnog područja. Erozijska zemljišta i transport rečnog nanosa su dve nerazdvojne komponente globalnog prirodnog procesa.

Integralni pristup u istraživanju erozionih procesa zahteva sistematsko i interdisciplinarno izučavanje procesa produkcije, spiranja, transporta i taloženja erozionog materijala. Istraživanje obuhvata celokupno slivno područje, hidrografsku mrežu i akumulacioni prostor. U cilju utvrđivanja realne veličine erozije produkcije nanosa u slivu i transporta u hidrografskoj mreži, izvršena su detaljna terenska istraživanja i merenja pronosa nanosa.

Za određivanje stepena zastupljenosti pojedinih tipova erozije primenjena je klasifikacija erozije prema Gavriloviću (Gavrilović S., 1978). Izvršena je podela erozionih područja na pet kategorija, od kojih svaka sadrži po tri subkategorije prema tipu vladajuće erozije (dubinska, mešovita i površinska). Na osnovu istraživanja erozionih procesa na terenu registrovano je svih pet kategorija razornosti zemljišta prevashodno površinskog tipa. Najveći procenat slivne površine pripada kategoriji vrlo slabe erozije (48,3%) i slabe erozije (42,3%). Visoki i ujednačeni procenti ovih kategorija, uz veoma male procenat preostale tri kategorije (ukupno 8,4%), svrstavaju slivno područje Dičine u kategoriju veoma slabe erozivnosti.

Pod procesima ekstenzivne erozije površinskog tipa podrazumeva se pojava golih površina sa vidnim tragovima spiranja, brazdanja i podlokavanja. Mestimično se javljaju raspadine i osuline, sa malim procentom zahvata u odnosu na ceo sliv.

Jaku eroziju karakteriše pojava brazdi i jaruga. Ona se javlja na ogoljenim i delimično ogoljenim terenima.

Srednjom erozijom su obuhvaćene oranične i pašnjačke površine na većim nagibima, kao i usekline na glavnom rečnom toku i ušću većih pritoka.

Slabom erozijom napadnute su manje nagnute poljoprivredne površine i pašnjaci, zatim šume ređeg sklopa i travne površine. Za nju je karakteristična promena boje oraničnih zemljišta i malaksalost vegetacije.

Vrlo slaba erozija javlja se u šumama dobrog sklopa.

Na osnovu raspoloživih podloga i prikupljenih podataka na terenu urađena je karta erozije po metodu Gavrilovića, prilog br. 4. Poznato je da ova metodologija zahteva izvesne analize o opštim uslovima u prirodnom slivu: površina i oblik sliva, gustina hidrografske mreže, konfiguracija terena, geološka podloga, pedološke tvorevine, vegetacijski pokrivač, klimatski faktori i dr. Navedeni parametri čine osnovne elemente za proračune eroziona produkcije i transporta nanosa.

Metodologija S. Gavrilovića definiše razornosti zemljišta, prema jačini erozionih procesa, po kategorijama od I-V. One se određuju na osnovu kvantitativnih vrednosti koeficijenta erozije:

$$Z = x \cdot a \cdot y \cdot (\varphi + \sqrt{Jsr})$$

Parametri x , y , a i φ su određeni na terenu. Obeležene su i izračunate površine svih kategorija zemljišta, prikazane u prilogu br. 5.

Srednja vrednost koeficijenta erozije za celo slivno područje iznosi:

$$Z_{sr} = \frac{f1 \cdot Z1 + f2 \cdot Z2 + \dots + f5 \cdot Z5}{Fsl}$$

$$Z_{sr} = \frac{34,14 \cdot 1,05 + 74,23 \cdot 0,75 + 102,12 \cdot 0,45 + 949,72 \cdot 0,20 + 1087,60 \cdot 0,05}{2244,67}$$

$$Z_{sr} = 0,17 \text{ (V kategorija)}$$

Prema dobijenim vrednostima koeficijenta Z_{sr} slivno područje reke Velika Dičina spada u kategoriju vrlo slabe erozivnosti površinskog tipa. U srednjem delu sliva erozije skoro da nema jer je ovo područje najvećim delom pošumljeno. Na južnim i istočnim delovima sliva nalaze se oranice i okućnice. One su takođe podložne procesima slabe erozije, izuzimajući manje parcele sa velikim nagibima.

Problem predstavljaju ogoljene i delimično ogoljene površine na severo-istočnom i zapadnom obodu sliva. Uglavnom su to parcele korišćene za dugotrajnu ispašu. Koeficijent erozije za neke od njih je veći od 1, što ih svrstava u ekscesivne erozije površine. Zastupljenost pojedinih kategorija erozije prikazana je u tabeli 7.1.

Tabela 7.1. Kategorije erozije na slivu Velike Dičine

Kategorija erozije	(ha)	(%)
I Ekscesna erozija	34.14	1.5
II Jaka erozija	74.23	3.4
III Osrednja erozija	102.12	4.5
IV Slaba erozija	949.72	42.3
V Vrlo slaba erozija	1087.60	48.3
Ukupno	2244.67	100

Determinisanje produkcije i transporta nanosa u slivu pomoću empirijskih formula

S obzirom na kompleksnost direktnog terenskog determinisanja produkcije nanosa na jednom slivnom području, uobičajena je primena empirijskih formula. U svetu se koristi veliki broj metoda za proračun, a kod nas se najčešće primenjuju metode Gavrilovića i Petkovića.

Proračun po formuli S. Gavrilovića:

$W_{\text{god}} = T \cdot H_{\text{god}} \cdot \pi \sqrt{Z}^3 \cdot F$ (m³/god), gde je:

W_{god} – ukupna produkcija erozionih nanosa kao rezultat delovanja procesa vodne erozije na određenu površinu

T – temperaturni koeficijent područja $T = \sqrt{\frac{T_o}{10} + 0,1}$

T_o – srednja godišnja temperatura vazduha – 9,2 °C

H_{god} – srednja godišnja visina padavina – 890 mm

π – 3.14 – Ludolfovo broje

Z – koeficijent erozije

F – površina sliva (km²)

U formulu se uvodi koeficijent retenzije (zadržavanja) erozionog materijala u slivu- R_u .

Srednja godišnja vrednost transporta nanosa iznosi:

$G_{\text{god}} = W_{\text{god}} \cdot R_u$ (m³/god)

Specifična vrednost, na jedinicu površine sliva, iznosi:

$G_{\text{god} / \text{sp}} = G_{\text{god}} / F$ (m³/km²/god)

Empirijska formula Petkovića za proračun produkcije i transporta nanosa (Petković S., 1993) je složenija od prethodne, jer pored geomorfoloških i erozionih parametara, u proračun uvodi i hidrološke parametre slivnog područja. Formula ima sledeći oblik:

$$g_r = 1.3 \cdot 10^5 \cdot A^{-0.1} \cdot I^{0.6} \cdot H^{0.5} \cdot E^{0.7} \text{ (m}^3/\text{km}^2/\text{god)}, \text{ gde je:}$$

g_r – godišnja vrednost transporta nanosa iz sliva

A – površina sliva

I_{sl} – srednji pad sliva

I_o – srednji pad toka

H – hidrološki faktor $H = q \cdot \tau$

q – specifični prosečni godišnji oticaj iz sliva

τ – koeficijent strukture godišnjeg oticanja, odnos između sumarne zapremine talasa velikih voda i godišnjeg dotoka

E – erozioni faktor $E = E_o + e$

E_o – indeks (0,03 za vrlo slabu eroziju do 0,3 za ekscesnu eroziju)

e – koeficijent $e = A_o/A$

A_o – površine zahvaćene jakom erozijom

Prema formuli Gavrilovića, dobija se srednja godišnja vrednost transporta nanosa u profilu brane: $G_{god} = 3.307 \text{ m}^3/\text{god}$.

Specifična vrednost transporta nanosa, po jedinici površine sliva, iznosi:

$$G_{god / sp} = 3307/22.5 = 147 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{god}$$

S druge strane, prema formuli Petkovića se dobija:

$$g_r = 166 \text{ (m}^3/\text{km}^2/\text{god)}.$$

Proračun transporta nanosa prema formuli S. Petkovića dat je u prilogu br. 6.

Na osnovu upoređenja rezultata metoda Gavrilovića i Petkovića, može se konstatovati minimalna razlika, sasvim prihvatljiva kada je u pitanju primena empirijskih formula.

8. Hidrološko-psamološke karakteristike

Metodologija istraživanja transporta rečnog nanosa obuhvata merenja proticaja vode i koncentracije suspendovanog nanosa na baznoj hidrološkoj stanici „Velika Dičina“. Stanica je izgrađena 1984. godine i pripadala je JVP „Morava“ iz Čačka. JKP Gornji Milanovac, u saradnji sa Republičkim hidrometeorološkim zavodom, uradio je rekonstrukciju i opremanje stanice 1997. godine. U naredne četiri godine vršena su detaljna terenska istraživanja slivnog područja i merenja proticaja, koncentracije suspendovanog nanosa i kvaliteta sirove vode u profilu postojeće brane.

U tom periodu vršena su geodetska snimanja akumulacionog basena pomoću obeleženih profila za praćenje zasipanja nanosom. Poprečni profili su obeleženi i postavljeni na rastojanju od 50 m. Merenjem je utvrđena zapremina nasutog materijala od izgradnje akumulacije do 1997. godine. Snimanje obeleženih poprečnih profila vršeno je jednom godišnje. U poređenju sa stanjem iz prethodne godine dobijena je zapremina istaloženog materijala u retenzionom prostoru.

Situacioni plan retencije sa geodetskim profilima dat je u prilogu br. 7.

U periodu od 2001-2011. godine nastavljeno je sa kontinuiranim merenjem proticaja, koncentracije suspendovanog nanosa i kvaliteta sirove vode. Kontrolno geodetsko snimanje akumulacionog basena izvršeno je u aprilu 2011. godine. Na osnovu ovog i prethodnih merenja određene su količine nasutog materijala u basenu u periodu od 55. godina. Višegodišnji period osmatranja i merenja hidrološko-psamoloških parametara omogućio je formiranje relevantne baze podataka o slivnom području, produkciji i transportu nanosa, proticaju i kvalitetu rečne vode.

Vizuelno osmatranje vodostaja na letvi vrši se svakog dana u 7,30 h. Kontinualno merenje vodostaja se obavlja limnigrafom. Merenje koncentracije suspendovanog nanosa vrši se uzimanjem uzoraka jednom dnevno, stacionarnom metodom iz stalne tačke na profilu hidrološke stanice. Filtriranje, sušenje i merenje suspendovanog nanosa vrši se u laboratoriji, a dobijeni rezultati se obrađuju na računaru.

Bazni objekat istraživanja predstavlja hidrološka stanica „Velika Dičina“ izgrađena nizvodno od nasute brane. Svakodnevno se meri proticaj vode i koncentracije suspendovanog nanosa. Kontrolna hidrološka stanica Jolska Strana izgrađena je u maju 2000. godine, 1,5 km uzvodno od profila brane, van zone uspora vode u akumulaciji. Poređenjem podataka izmerenih proticaja na ove dve hidrološke stanice dobijen je dokaz o poniranju vode u zoni retenzije. Srednji godišnji proticaj vode u 2001. godini izmeren na stanici Jolska Strana bio je za oko 5% veći od proticaja na hidrološkoj stanici u profilu brane (290:279 l/s). Ako se ima u vidu i dodatnih 5% površine sliva između Jolske Strane i profila brane, onda ukupan srednji godišnji gubitak vode na ovoj deonici iznosi oko $10\%Q_{srg}$.

Poznato je da jedno terminsko zahvatanje uzoraka suspenzije u 24 časa može dati pogrešnu sliku o količini pronosa suspendovanog nanosa, pogotovo kod manjih vodotoka, jer postoji mogućnost da talas sa većom koncentracijom suspendovanog nanosa prođe između dva terminska osmatranja. Karakteristične vremenske baze bujičnog talasa su često kraće od jednog dana. Njihova pojava u letnjem periodu je najčešće registrovana u popodnevnim ili večernjim časovima. Zbog toga se pristupa praćenju ili rekonstrukciji pronosa suspendovanog nanosa u bujičnim talasima i istražuju se reprezentativni parovi maksimalnih protoka i koncentracija.

Prosečne srednje mesečne koncentracije suspendovanog nanosa su neujednačene i kreću se od 4.6 mg/l (izmereno u novembru 1999. godine) do 93.7 mg/l (jul 2001.) uz velike oscilacije srednjih mesečnih proticaja vode u granicama od 48.5 l/s (oktobar 2000.) do 733.8 l/s (septembar 2001.). Prosečne srednje godišnje koncentracije suspendovanog nanosa su takođe neujednačene i kreću se od 12.3 mg/l (u 1999. godini) do 29.5 mg/l (u 2001. godini). Zanimljivo je da izrazito kišna 1999. godina sa prosečnim godišnjim proticajem od 365.9 l/s istovremeno ima i najmanju koncentraciju suspendovanog nanosa od 12.3 mg/l. To znači da transport nanosa ne zavisi od ukupnog godišnjeg dotoka vode, već od strukture dotoka. Broj i veličina talasa velikih voda imaju ključnu ulogu u procesu transporta suspendovanog nanosa.

Geofizička istraživanja, geoelektrično skeniranje i refrakciono-seizmička ispitivanja (Kordić N., Nikolić M., 2002) odredila su stepen ispucalosti i oštećenja krečnjačkog

masiva u zoni pregradnog mesta i akumulacionog prostora. Lokacija je, usled stalnih tektonskih aktivnosti, ispresecana rasedima i pukotinama. Karstifikacija je izražena u zoni trijaskе tvorevine sačinjene od bankovitih krečnjaka. Nizvodno od brane je registrovano više karstnih vrela.

8.1. Proticaj vode i pronos suspendovanog nanosa

Sveobuhvatno izučavanje slivnog područja, hidrografske mreže, produkcije i transporta nanosa, merenja zasipanja akumulacije, proticaja, koncentracije suspendovanog nanosa i kvaliteta sirove vode, izvršeno je u periodu 1997-2001. godine. Izvođenje radova, terensko istraživanje i kartiranje, merenje i obrada podataka, obavljani su pod nadzorom ili uz lično učešće autora ovog rada. Rezultati istraživanja su verifikovani od strane mentora i objavljeni u magistarskom radu i stručnim časopisima.

Prva godina osmatranja (1998) je bila umereno sušna, sa prosečnim proticajem u profilu brane $Q_{1sr}=234.1$ l/s (višegodišnji prosek iznosi 274 l/s). Vrednost srednjeg godišnjeg pronosa suspendovanog nanosa $P_{1srg}=0.0035$ kg/s, ukupan pronos $P_{1g}=110.4$ t. Vodostaj u retenziji je registrovan u toku 18 dana.

Druga godina osmatranja je bila kišna, sa prosečnim proticajem $Q_{2sr}=365.9$ l/s. Vrednost srednjeg godišnjeg pronosa suspendovanog nanosa $P_{2srg}=0.0045$ kg/s, ukupan pronos nanosa $P_{2g}=141.9$ t. Vodostaj u retenziji je registrovan u toku 63 dana i predstavlja apsolutni rekord. U ovoj godini je registrovana i velika količina istaloženog nanosa u retenziji od 1.110 m³.

Treća godina osmatranja je bila izrazito sušna, sa prosečnim proticajem u profilu brane $Q_{3sr}=186.0$ l/s, što iznosi 69% od višegodišnjeg proseka. Izmerena vrednost srednjeg godišnjeg pronosa nanosa $P_{3srg}=0.0030$ kg/s, ukupan pronos $P_{3g}=94.9$ t je najmanji tokom perioda osmatranja. Vodostaj u retenziji je registrovan tokom 23 dana. Zasipanje basena nanosom nije registrovano i pored višestrukog osmatranja geodetskih profila, tako da ukupnu količinu nanosa izmerenog u profilu brane u 2000-toj godini čini suspendovani nanos zapremine 78 m³. Obzirom na osmotrene vodostaje i višednevno zadržavanje vode u akumulaciji taloženja je svakako moralo biti, ali nije došlo do

povećanja zapremine nanosa u ovoj godini zbog razlaganja i sleganja nanosa, pre svega bio-mase, iz prethodne kišne godine.

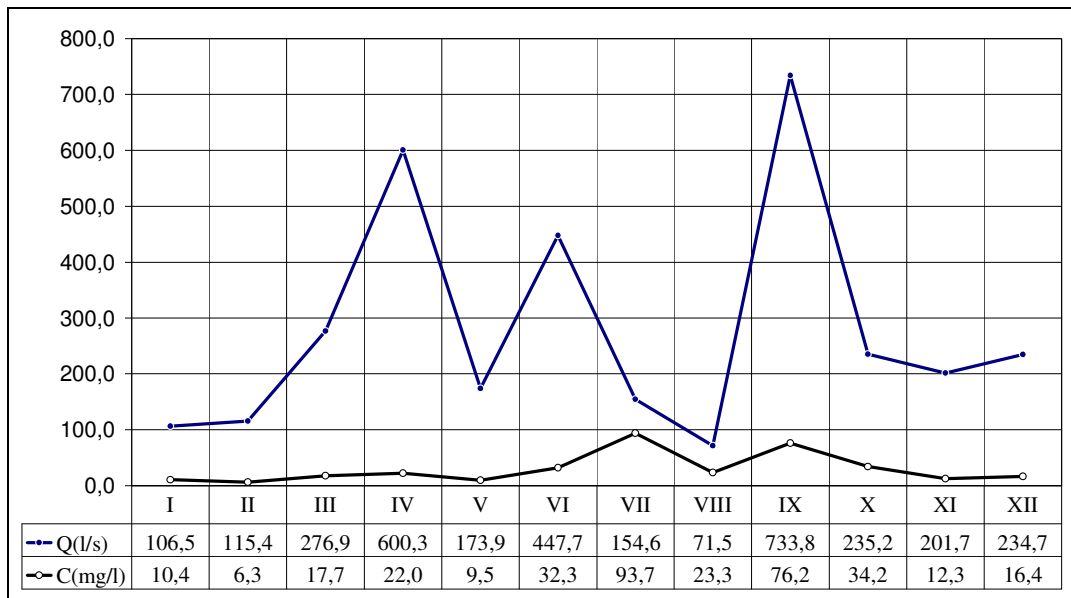
Zanimljivo je da su vrednosti srednjih godišnjih koncentracija suspendovanog nanosa ujednačene za sve tri godine i pored velikih razlika u proticajima i vremenu zadržavanja vode u retenziji ($C_{1sr}=14,8$ mg/l; $C_{2sr}=12,3$ mg/l; $C_{3sr}=16,0$ mg/l). Pri najmanjem srednjem godišnjem proticaju je registrovana najveća prosečna koncentracija suspendovanog nanosa. Rekonstrukcija pronosa nanosa u talasima velikih voda je pokazala da transport nanosa ne zavisi od ukupnog godišnjeg dotoka vode, već od strukture tog dotoka.

Četvrta kalendarska godina osmatranja, prema proticaju od $Q_{4sr}=279,4$ l/s pripada statističkom višegodišnjem proseku. Vodostaj u retenziji je registrovan u toku 50 dana, znatno je iznad proseka ali nije rekordan. Rekordne su, međutim, vrednosti srednjeg godišnjeg pronosa suspendovanog nanosa $P_{4srg}=0,0082$ kg/s, ukupan pronos $P_{4g}=258,6$ t i količina istaloženog nanosa u retenziji od 1520 m³.

Na osnovu četvorogodišnjih merenja suspendovanog nanosa, realna je procena da se ukupan pronos suspendovanog nanosa nalazi u granicama izmerenih vrednosti (90-300 t/god), odnosno $P_{sr} \approx 145$ t/god, ili 120 m³/god. Velika produkcija i transport nanosa mogući su i na slivovima male erozivnosti ($Z=0,17$; $P_{sr}=0,0050$ kg/s) u uslovima ekstremno visokih padavina u letnjim mesecima. Rezultati višegodišnjih merenja ukazuju na sezonsko kolebanje hidroloških i psamoloških veličina i mogućnost pojave intenzivnih erozionih procesa na slivnom području.

Tabela i dijagrami srednjih mesečnih vrednosti proticaja, koncentracije i pronosa suspendovanog nanosa za ovaj period prikazani su u magistarskom radu „Zasipanje nanosom retenzije Velika Dičina u funkciji načina korišćenja sliva“. Ovde su korišćeni zbog toga što samo u tom periodu imamo integralna merenja i istraživanja u zoni akumulacionog prostora i profilu pregradnog mesta. Pored višegodišnjih merenja proticaja, pronosa nanosa i kvaliteta vode, u ovom periodu su vršena i geodetska merenja zasipanja retenzije, geofizička istraživanja i merenja proticaja na uzvodnoj hidrološkoj stanici Jolska Strana.

Najveća izmerena koncentracija suspendovanog nanosa registrovana je 6.08.2002. godine, 852.5 mg/l pri proticaju od 140 l/s.



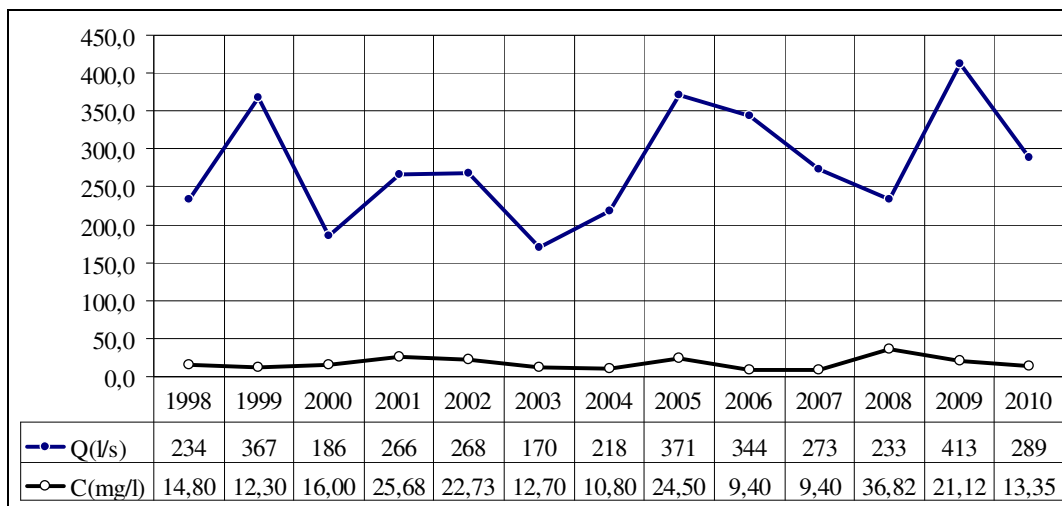
Slika 8.1. Dijagram srednjih mesečnih vrednosti proticaja i koncentracije suspendovanog nanosa u 2001. godini

U periodu 2001-2010. godine vršena su merenja proticaja, koncentracije nanosa i kvaliteta sirove vode. Geodetsko snimanje akumulacionog basena izvršeno je u aprilu 2011. godine. Nova baza podataka za desegodišnji vremenski period formirana je na osnovu merenja koja su uradila stručna lica i ovlašćene organizacije uz povremeno prisustvo i učešće autora. Veću pažnju svakako treba pokloniti podacima dobijenim u dužem vremenskom periodu merenja.

Rezultati merenja proticaja i nanosa u periodu 2001–2010. godine značajno se razlikuju od rezultata iz prethodnog četvorogodišnjeg perioda (srednje godišnje vrednosti). Registrovano je povećanje proticaja za 9% (262:284 l/s), koncentracije suspendovanog nanosa za 23% (14,30:18,65 mg/l) i zasipanja retenzionog basena za 12% (720:815 m³).

Ključni uticaj na manje vrednosti parametara iz prvog perioda imala je izrazito sušna 2000-ta godina u kraćem vremenu osmatranja (4. god.). Ovo poređenje, osim korekcije podataka, u prvi plan ističe značaj dužine vremenskog intervala istraživanja i merenja.

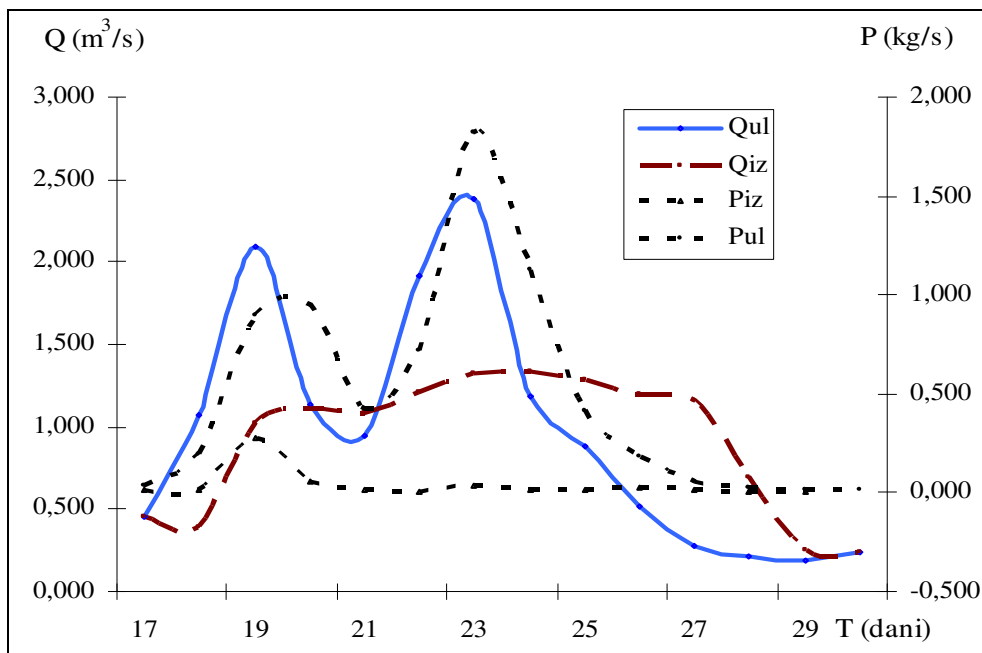
Na slici 8.2. prikazane su srednje godišnje vrednosti proticaja i koncentracije suspendovanog nanosa u periodu 1998-2010. godina



Slika 8.2. Dijagram srednjih godišnjih vrednosti proticaja i koncentracije suspendovanog nanosa u periodu 1998-2010. godina

Pronos suspendovanog nanosa u bujičnim talasima

Osnovni problem kod osmatranja nanosa na bujičnim vodotocima se odnosi na metodologiju osmatranja, sa jednim dnevnim terminskim uzimanjem uzoraka suspenzije. Uzorkovanje vode bujičnih talasa uzvodno od retenzije i zahvatanje krupne organske materije stacionarnom metodom je neizvodljivo. Bujični talasi sa vremenskom bazom kraćom od 24 časa prođu između dva terminska osmatranja, a izmereni pronos nanosa je manji od stvarnog, obzirom na nemogućnost zahvatanja reprezentativnog uzorka suspenzije. Razlika između reprezentativnog i stvarnog pronosa nanosa, je naročito izražena kod manjih vodotoka, kod kojih talasi bujičnih voda učestvuju sa 50-90% u ukupnom godišnjem transportu nanosa.



Slika 8.3. Hidrogram i psamogram bujičnog talasa, osmotren u junu 1999. god.

Ključnu ulogu u procesu transporta suspendovanog nanosa u manjim vodotocima imaju talasi velikih voda. Broj (n_t) i veličina bujičnih talasa variraju iz godine u godinu. Zapremina talasa velikih voda (W_t) i struktura godišnjeg dotoka sa psamološkog aspekta su najbitniji. Koeficijent strukture godišnjeg oticanja je odnos između sumarne zapremine talasa velikih voda i godišnjeg dotoka (W_g): $\tau = \Sigma W_t / W_g$.

Rekonstrukcija pronosa suspendovanog nanosa u talasima velikih voda izvršena je pomoću metode „sintetičkog psamograma” (Nikolić I., 1995). Vrednost koncentracije suspendovanog nanosa u vrhu talasa (C_{max}) je određena pomoću korelativne zavisnosti $C(Q)$, s tim što je za najveći registrovani dotok u periodu osmatranja usvojeno $C_{max}=2.00 \text{ kg/m}^3$ na osnovu analogije sa slivovima sličnih karakteristika.

Tabela 8.1. Proračun transporta nanosa u talasima velikih voda na ulazu u akumulaciju

Godina	Vremenski interval	Vremenske baze (časova)		Q _{max} m ³ /s	C(Q) C _{max} kg/m ³	P _t t	Σ P _t t	W _t m ³	ΣW _t m ³ ·10 ⁶
		T _q	T _p						
1998.	11.02.-17.02.	144	122,4	1,02	0,41	92,14	92,14	264384	0,264
1999.	20.02.-27.02.	168	142,8	1,33	0,53	181,19	1889,86	402192	2,599
	01.03.-15.03.	192	163,2	1,64	0,64	308,33		566784	
	17.06.-30.06.	264	224,4	2,09	0,90	761,23		993168	
	28.07.-07.08.	120	102	2,95	1,18	639,11		637200	
2000.	Nisu registrovani talasi velikih voda					0,00	0,00	0,00	0,000
2001.	02.03.-08.03.	56	48	2,78	1,11	264,39	4722,16	280224	3,506
	09.04.-13.04.	80	68	3,09	1,22	461,42		444960	
	20.04.-30.04.	118	100	3,90	1,56	1098,41		828360	
	19.06.-29.06.	70	60	6,63	1,81	1285,23		835380	
	06.09.-15.09.	68	58	4,30	1,72	769,48		526320	
	26.09.-02.10.	14	12	18,49	2,00	792,11		465948	
	27.11.-01.12.	58	49	1,20	0,48	51,11		125280	

Prema rezultatima proračuna u 2001. godini u basenu je zadržano 60% (2.821 t : 4722 t) nanosa u bujičnim talasima, a u 1999. godini 52% (982 t : 1.890 t). Osmotreni talas u februaru 1998. godine, bez uspora i zadržavanja nanosa u basenu, je prorošao kroz temeljni ispust. Očigledno je da procenat taloženja nanosa u talasima velikih voda direktno zavisi od veličine talasa i vremena zadržavanja u retenziji.

Tabela 8.2. Proračun transporta nanosa u talasima velikih voda na izlazu iz akumulacije

Godina	Vremenski interval	Vremenske baze (časova)		Q_{max}	$C(Q)$ C_{max}	P_t	ΣP_t	W_t	ΣW_t
		T_q	T_p	m^3/s	kg/m^3	t	t	m^3	$m^3 \cdot 10^6$
1998.	11.02.-17.02.	144	122,4	1,02	0,41	92,14	92,14	264384	0,264
1999.	20.02.-27.02.	144	122	0,97	0,40	85,48	908,04	251424	2,181
	01.03.-15.03.	288	245	1,25	0,49	269,89		648000	
	17.06.-30.06.	312	265	1,32	0,52	327,66		741312	
	28.07.-07.08.	244	207	1,23	0,49	225,00		540216	
2000.	Nisu registrovani talasi velikih voda					0,00	0,00	0,00	0,000
2001.	02.03.-08.03.	132	112	1,15	0,46	106,84	1901,20	273240	3,255
	09.04.-13.04.	120	102	1,16	0,47	100,10		250560	
	20.04.-30.04.	240	204	1,45	0,58	308,82		626400	
	19.06.-29.06.	236	201	2,24	0,90	727,94		951552	
	06.09.-15.09.	230	196	1,21	0,58	246,96		500940	
	26.09.-02.10.	130	111	2,16	0,86	369,48		505440	
	27.11.-01.12.	98	83	0,83	0,33	41,07		146412	

Ukupan godišnji transport nanosa (P_g^*) predstavlja zbir godišnjih vrednosti P_g (dobijene merenjem suspendovanog nanosa), vrednosti istaloženog nanosa u basenu P_{ak} (dobijene geodetskim merenjem) i vrednosti ΣP_t (prinos nanosa u bujičnim talasima). Na osnovu izvršene analize hidrološkog i psamološkog režima Velike Dičine, determinisan je prinos nanosa u talasima i proračunata merodavna vrednost transporta nanosa u profilu brane. Ona se kreće u rasponu od 500-7.000 t/god. Učešće bujičnih talasa u ukupnom godišnjem transportu nanosa, u periodu 1998-2001. godine, iznosi 20-70% (tabela 8.3.).

Tabela 8.3. Prikaz hidroloških i psamoloških parametara u periodu od 1998-2001. g.

God.	Hidrološki parametri						Psamološki parametri					
	Q _{sr}	W _g	Q _{max}	ΣW _t	τ	n _t	P _{sr}	P _g	P _{ak}	Σ P _t	P _g [*]	ΣP _t /P _g [*]
	m ³ /s	m ³ ·10 ⁶	m ³ /s	m ³ ·10 ⁶			kg/s	t	t	t	t	
1998	0,234	7,379	1,02	0.264	0.04	1	0,0035	109,30	300,00	92,14	501,44	0,18
1999	0,366	11,542	2,95	2.599	0.23	4	0,0045	141,91	1332,00	1889,86	3363,77	0,56
2000	0,186	5,866	0,92	0.000	0.00	0	0,0030	94,87	0,00	0,00	94,87	0,00
2001	0,279	8,799	18,49	3.506	0.40	7	0,0082	260,00	1824,00	4722,16	6806,16	0,69

Sa pojavom poplavnih talasa, u retenziji se odvijaju ciklični procesi taloženja, podizanja i odnošenja sitnih čestica nanosa. Organske materije, najčešće huminskog porekla, nastale truljenjem i razlaganjem biomase, ne mogu se taložiti u retenziji. Voda ih odnosi u obliku rastvora huminskih kiselina, ili plivajućih čestica.

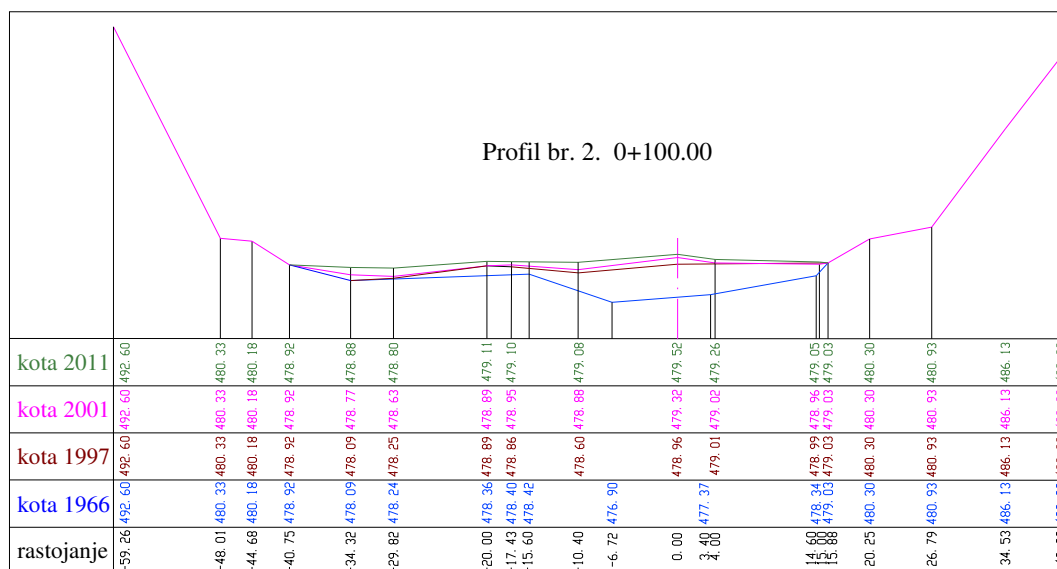
Brune-ov dijagram daje vezu između procenta nanosa koji se zadržava u akumulaciji i odnosa zapremine i godišnjeg dotoka. Prema ovom dijagramu, za normalno oformljene akumulacije, efikasnost zadržavanja nanosa iznosi 90-95%, a merenja pokazuju da retenzija „Velika Dičina“ zadržava svega 30-35% nanosa. U četvorogodišnjem periodu merenja od 9.120 m³, u basenu je zadržano 2.880 m³ (tabela 8.4.).

Zasipanje akumulacije nanosom

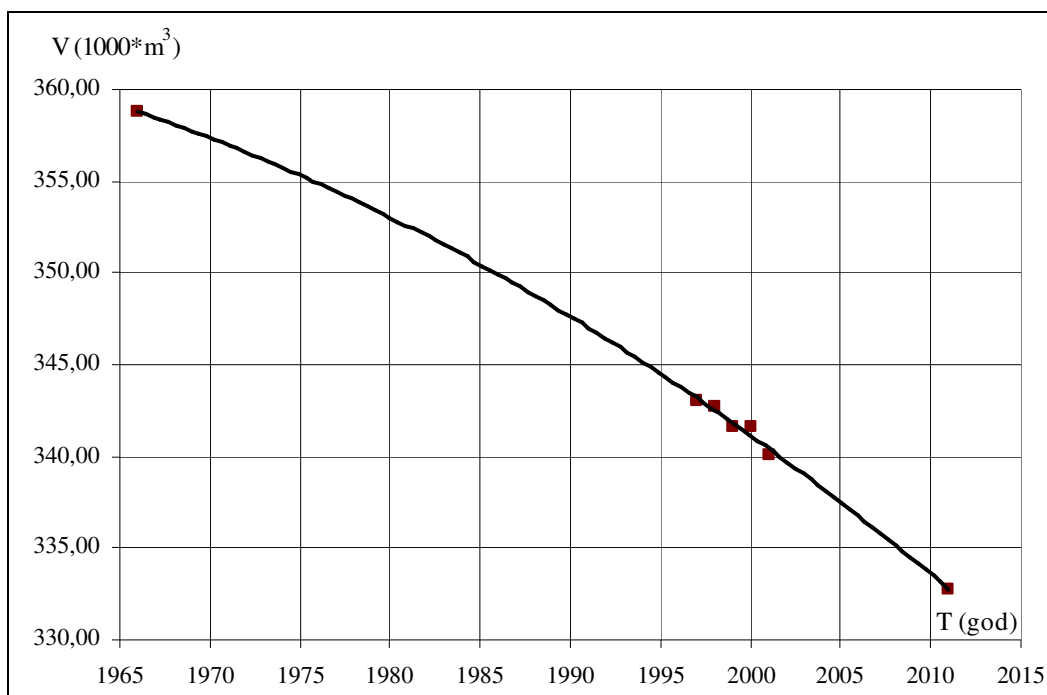
Proces zasipanja akumulacije „Banjani“ je determinisan na osnovu rezultata geodetskih snimanja akumulacionog basena. Snimanja i merenja su pokazala da se veći deo nanosa istaloži u basenu, a ostatak ode kroz temeljni ispust ili preko preliva brane. Od velikog značaja su podaci o ukupnom zasipanju akumulacije u prvih trideset godina postojanja, dobijeni na osnovu merenja i rekognosciranja početnog – „nultog“ stanja.

Suspendovani nanos se taloži u donjem delu basena, u zoni koja je najčešće pod vodom. Debljina nasutog sloja neposredno uz branu iznosi 1,8 m, a maksimalna dubina na mestu pregrađivanja rečnog korita iznosi 3.1 m. Najveće rastojanje od ose brane na

kome je registrovano zasipanje akumulacije iznosi oko 450 m. Merenjem je utvrđeno zasipanje akumulacije nanosom od 15.800 m³ (510 m³/g) u periodu od 1966-1997. god.

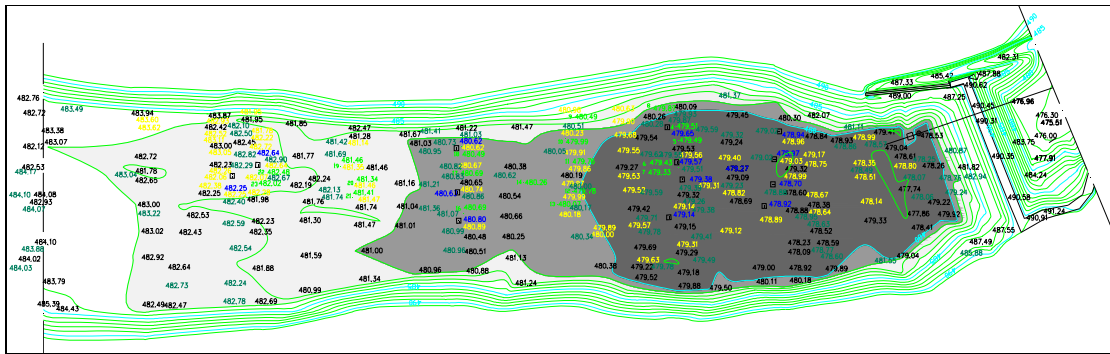


Slika 8.4. Poprečni preseki retenzionog prostora: 1966, 1997, 2001 i 2011. godine



Slika 8.5. Dijagram promene zapremine retenzionog prostora od 1966 – 2011. godine

Merenjem je utvrđena zapremina zasutog retenzionog prostora, položaj i debljina nasutog sloja od izgradnje brane (1966) do avgusta 1997. godine. Utvrđena je srednja (prosečna) godišnja vrednost zasipanja akumulacije u periodu osmatranja. Karakteristike i struktura nanosa su određeni granulometrijskim analizama uzoraka nanosa. Uzorci sa profila 2 su uzeti sa dubine od 100 cm, a sa profila 5 sa dubine od 20 cm. Granulometrijska struktura nanosa u basenu je heterogena, a osnovnu komponentu čini prašnasti pesak. Najsitniju strukturu imaju površinski slojevi, a slojevi na većoj dubini imaju krupniju strukturu nanosa.



Slika 8.6. Situacioni plan brane i akumulacije sa zonama zasipanja

Ukupne količine nanosa

Ukupne količine nanosa, sa slivnog područja Velike Dičine, u profilu brane čine četiri komponente: istaloženi nanos u akumulaciji, suspendovani nanos u vodotoku, vučeni nanos i nanos u talasima velikih voda na izlazu iz akumulacije. Na osnovu iskustva sa naših vodotoka i opažanja na hidrološkoj stanici procenjeno je da vučeni nanos učestvuje sa 5% u ukupnoj količini nanosa. Prosečna zapreminska težina suspendovanog nanosa iznosi $1,2 \text{ t/m}^3$.

Tabela 8.4. Ukupne količine nanosa

Nanos/God	1998	1999	2000	2001
- istaloženi	250 m ³	1110 m ³	0 m ³	1520 m ³
- suspend.	109,3 / 1,2 = 91 m ³	141,9 / 1,2 = 118 m ³	94,1 / 1,2 = 78 m ³	260,0 / 1,2 = 216 m ³
- vučeni	341 x 0,05 = 17 m ³	1228 x 0,05 = 61 m ³	78 x 0,05 = 4 m ³	1736 x 0,05 = 67 m ³
- u talasima	92,14 / 1,2 = 78 m ³	1889,9/1,2= 1575 m ³	0,00	4722,2/1,2 =3935 m ³
Ukupno:	436 m³	2864 m³	82 m³	5738 m³

Prosečne godišnje količine nanosa:

- istaloženi 720 m³
- suspendovani 126 m³
- vučeni 37 m³
- u bujičnim talasima 1.397 m³

Ukupno: 2.280 m³ ~ 100 m³/km²

Komparativna analiza rezultata merenja i rezultata empirijskih formula

U tabeli 8.4. su prikazane vrednosti ukupnog transporta nanosa iz sliva retenzije, dobijene geodetskim snimanjima zasipanja retenzionog prostora i merenjima nanosa na profilu nizvodno od brane (uključujući i rekonstrukciju pronosa nanosa u bujičnim talasima). Srednje godišnje veličine transporta nanosa i specifičnog transporta iznose:

$$G_{\text{god}} = 2.280 \text{ m}^3/\text{god} \quad \sim \quad g = 100 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{god}$$

S druge strane, na osnovu empirijskih formula Gavrilovića i Petkovića, dobijaju se vrednosti specifičnog transporta od 147 – 166 m³/km²/god.

Značajne razlike između merenih i računskih vrednosti proizlaze iz činjenice da se deo vode i nanosa gubi usled proviranja iz basena. Geofizičkim istraživanjima su utvrđeni ispucalost i oštećenja krečnjačkog masiva u zoni akumulacionog prostora. Lokacija je, usled stalnih tektonskih aktivnosti, ispresecana rasedima i pukotinama. Otuda je vrednost ukupne količine nanosa koja dospeva iz sliva retenzije veća od vrednosti dobijene merenjima.

8.2. Bilans voda i dimenzionisanje akumulacije

Promena zapremine akumulacije jednaka je razlici između ulaza i izlaza vode u određenom vremenskom periodu. Proračun bilansa voda se vrši modeliranjem na osnovu poznatih, ili procenjenih, parametara dotoka vode u akumulaciju i zahvatanja i gubitaka vode iz akumulacije. Osnovni parametar u bilansu voda predstavlja dotok vode u akumulaciju, za koji postoji niz višegodišnjih merenja. Gubici vode iz akumulacije, koji se ne mogu izbeći, su evaporacija (isparavanje) sa vodene površine i infiltracija (podzemno oticanje). Potrošnja vode iz akumulacije, u našem primeru, je predviđena za vodosnabdevanje i obavezni biološki minimum. Moguće je zahvatanje vode i u druge svrhe, navodnjavanje, osnežavanje, proizvodnju struje i sl.

Od hidroloških podloga autor je, osim sopstvenih merenja, koristio i Elaborat Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije „Hidrološka studija Velike Dičine“, 2002. godine.

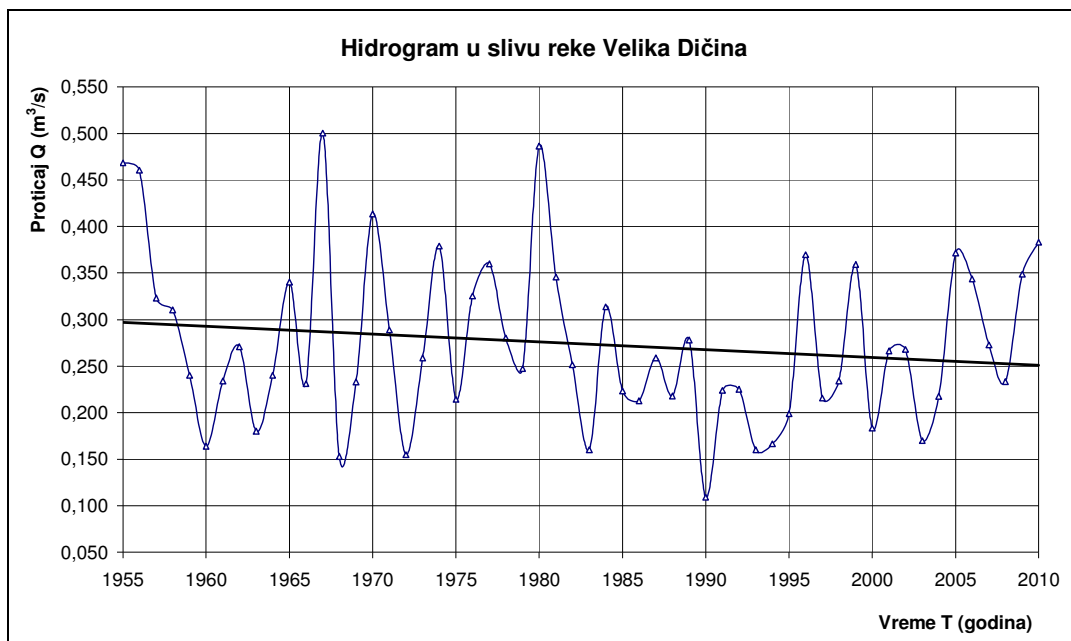
Srednjemesečni proticaji

Obradom podataka iz Hidrološke studije (RHMZ) i podataka o srednjim dnevnim proticajima na hidrološkoj stanici „Velika Dičina“ dobijeni su srednji mesečni proticaji reke Velika Dičina – profil Gornji Banjani, za period 1955-2010. godine. Podaci su prikazani u tabeli 8.5.

Iz višegodišnjeg niza podataka (56), fluktuacija prosečnih godišnjih oticanja se ogleda u smenjivanju, odnosno nagomilavanju po nekoliko uzastopnih sušnih i/ili vlažnih godina (cikličnost formiranja godišnjeg oticaja). Najsušnija je bila 1990. godina kada je zabeležen srednji godišnji proticaj od $0.109 \text{ m}^3/\text{s}$. Najvlažnija je bila 1967. godina kada je zabeležen srednji godišnji proticaj od $0.501 \text{ m}^3/\text{s}$. Najsušnija dekada je bila od 1990-2000. kada su samo dve godine bile natprosečno vlažne, dok su četiri godine bile sušne sa prosekom ispod $0.200 \text{ m}^3/\text{s}$. Prosečan proticaj u ovoj dekadi iznosio je $0.234 \text{ m}^3/\text{s}$.

Tabela 8.5. Srednji mesečni proticaji za period 1955-2010. god.

mes God	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	sr
1955	0,272	0,408	0,688	1,030	0,234	0,222	0,287	0,389	0,396	0,518	0,659	0,517	0,468
1956	0,501	0,417	1,180	1,030	0,668	0,594	0,253	0,158	0,109	0,066	0,151	0,400	0,461
1957	0,250	0,414	0,237	0,253	0,754	0,221	0,062	0,090	0,194	0,370	0,313	0,719	0,323
1958	0,307	0,186	0,931	1,110	0,448	0,116	0,042	0,056	0,054	0,059	0,159	0,254	0,310
1959	0,283	0,193	0,172	0,309	0,203	0,209	0,138	0,636	0,273	0,109	0,232	0,126	0,240
1960	0,338	0,213	0,208	0,256	0,307	0,168	0,106	0,076	0,034	0,063	0,091	0,104	0,164
1961	0,225	0,155	0,105	0,157	1,330	0,281	0,209	0,097	0,052	0,043	0,027	0,126	0,234
1962	0,360	0,486	0,907	0,743	0,120	0,148	0,044	0,083	0,107	0,083	0,054	0,117	0,271
1963	0,165	0,244	0,267	0,343	0,196	0,205	0,108	0,126	0,104	0,137	0,203	0,063	0,180
1964	0,103	0,164	0,238	0,237	0,295	0,135	0,102	0,236	0,454	0,151	0,313	0,452	0,240
1965	0,390	0,437	0,562	0,259	1,320	0,332	0,237	0,069	0,099	0,074	0,160	0,147	0,341
1966	0,121	0,594	0,384	0,370	0,151	0,195	0,242	0,107	0,088	0,066	0,036	0,420	0,231
1967	0,272	0,212	0,832	0,635	1,190	0,572	0,517	1,110	0,079	0,130	0,174	0,283	0,501
1968	0,146	0,330	0,208	0,175	0,107	0,083	0,062	0,107	0,126	0,038	0,209	0,244	0,153
1969	0,434	0,488	0,435	0,270	0,178	0,264	0,128	0,116	0,084	0,129	0,089	0,181	0,233
1970	0,344	0,551	0,568	0,513	0,792	0,643	0,507	0,312	0,154	0,114	0,379	0,086	0,414
1971	0,112	0,389	0,617	0,558	0,263	0,366	0,193	0,063	0,190	0,148	0,224	0,346	0,289
1972	0,272	0,118	0,123	0,178	0,084	0,094	0,060	0,122	0,158	0,242	0,243	0,163	0,155
1973	0,212	0,205	0,469	0,629	0,330	0,163	0,132	0,166	0,115	0,061	0,071	0,555	0,259
1974	0,340	0,180	0,183	0,325	0,542	0,505	0,267	0,096	0,294	0,616	0,491	0,709	0,379
1975	0,217	0,105	0,236	0,150	0,310	0,683	0,152	0,165	0,151	0,083	0,140	0,180	0,214
1976	0,280	0,287	0,580	0,491	0,337	0,518	0,325	0,125	0,195	0,091	0,293	0,384	0,326
1977	0,345	0,555	1,010	0,725	0,285	0,270	0,155	0,076	0,090	0,087	0,270	0,453	0,360
1978	0,228	0,340	0,429	0,384	0,427	0,723	0,183	0,104	0,190	0,103	0,101	0,151	0,280
1979	0,304	0,415	0,230	0,184	0,415	0,284	0,169	0,156	0,295	0,118	0,179	0,218	0,247
1980	0,235	0,543	0,375	0,566	2,860	0,329	0,153	0,099	0,072	0,033	0,119	0,455	0,487
1981	0,507	0,331	0,614	0,333	0,168	0,354	0,245	0,313	0,161	0,204	0,579	0,338	0,346
1982	0,389	0,261	0,504	0,333	0,477	0,189	0,220	0,072	0,091	0,071	0,117	0,290	0,251
1983	0,244	0,175	0,188	0,186	0,059	0,312	0,090	0,104	0,106	0,053	0,100	0,302	0,160
1984	0,248	0,430	0,808	0,980	0,588	0,175	0,129	0,104	0,080	0,060	0,105	0,057	0,314
1985	0,218	0,240	0,350	0,538	0,174	0,134	0,064	0,168	0,139	0,079	0,226	0,347	0,223
1986	0,308	0,457	0,432	0,194	0,174	0,450	0,196	0,083	0,065	0,069	0,063	0,060	0,213
1987	0,098	0,479	0,278	0,339	0,743	0,198	0,073	0,089	0,051	0,060	0,342	0,355	0,259
1988	0,156	0,199	0,699	0,461	0,147	0,185	0,102	0,068	0,100	0,077	0,150	0,273	0,218
1989	0,144	0,124	0,192	0,151	0,589	0,816	0,374	0,168	0,159	0,181	0,305	0,133	0,278
1990	0,192	0,204	0,181	0,189	0,102	0,114	0,055	0,046	0,046	0,045	0,046	0,089	0,109
1991	0,182	0,135	0,124	0,322	0,280	0,305	0,211	0,539	0,102	0,132	0,224	0,130	0,224
1992	0,287	0,543	0,356	0,282	0,183	0,187	0,114	0,076	0,066	0,092	0,282	0,233	0,225
1993	0,179	0,139	0,449	0,577	0,132	0,080	0,041	0,055	0,037	0,040	0,038	0,156	0,160
1994	0,266	0,211	0,254	0,216	0,231	0,360	0,070	0,047	0,035	0,061	0,108	0,138	0,166
1995	0,159	0,133	0,201	0,502	0,170	0,318	0,138	0,107	0,072	0,063	0,321	0,202	0,199
1996	0,166	0,223	0,492	0,880	0,692	0,231	0,175	0,128	0,112	0,318	0,554	0,463	0,370
1997	0,219	0,226	0,198	0,476	0,127	0,172	0,094	0,069	0,066	0,367	0,198	0,376	0,216
1998	0,400	0,350	0,404	0,247	0,259	0,115	0,073	0,057	0,087	0,229	0,314	0,276	0,234
1999	0,350	0,354	0,688	0,433	0,380	0,511	0,492	0,294	0,115	0,084	0,123	0,486	0,359
2000	0,202	0,515	0,514	0,304	0,144	0,111	0,064	0,055	0,077	0,049	0,052	0,114	0,183
2001	0,080	0,109	0,556	0,187	0,128	0,702	0,140	0,058	0,142	0,707	0,116	0,271	0,266
2002	0,537	0,400	0,348	0,438	0,220	0,207	0,104	0,094	0,067	0,186	0,175	0,440	0,268
2003	0,390	0,196	0,614	0,179	0,100	0,089	0,051	0,040	0,030	0,046	0,130	0,175	0,170
2004	0,195	0,146	0,303	0,183	0,564	0,222	0,100	0,120	0,085	0,118	0,194	0,379	0,217
2005	0,284	0,238	0,675	0,562	0,479	0,195	0,689	0,193	0,366	0,125	0,352	0,299	0,371
2006	0,214	0,404	1,239	0,649	0,369	0,457	0,110	0,198	0,102	0,100	0,110	0,174	0,344
2007	0,480	0,267	0,547	0,208	0,169	0,205	0,068	0,068	0,091	0,160	0,532	0,477	0,273
2008	0,390	0,489	0,510	0,277	0,144	0,252	0,101	0,067	0,067	0,082	0,067	0,353	0,233
2009	0,388	0,383	1,083	0,371	0,168	0,260	0,192	0,072	0,056	0,132	0,557	0,520	0,349
2010	0,367	0,413	0,762	0,541	0,522	0,598	0,498	0,109	0,099	0,180	0,122	0,387	0,383
sr	0,273	0,311	0,477	0,418	0,408	0,300	0,177	0,154	0,126	0,141	0,214	0,288	0,274

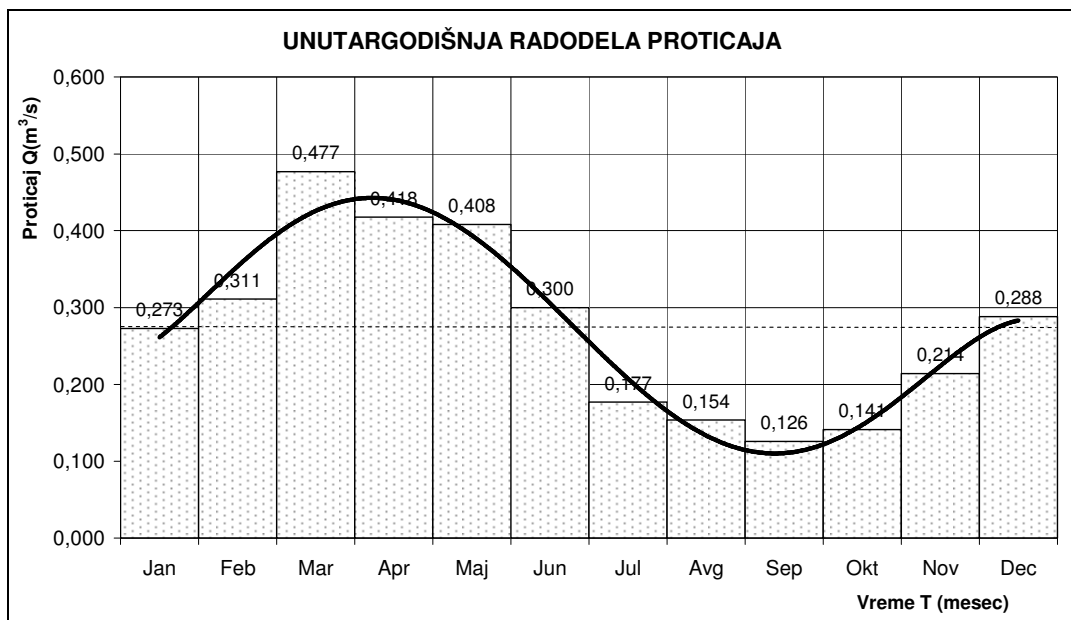


Slika 8.7. Trend promene srednjih godišnjih proticaja za period 1955-2010. god.

Na Velikoj Dičini je registrovan negativan trend promene prosečnog godišnjeg proticaja u razmatranom periodu (slika 8.7.). Prema „Hidrološkom bilansu površinskih voda Srbije“, proticaji na našim rekama, izuzimajući Tisu, postepeno se smanjuju. Zabrinutost je povećana pojavom izuzetno sušnog perioda posle 1982. godine. Višegodišnji niz proticaja na Dičini u potpunosti potvrđuje ovu tezu (Isailović D., Srna P., 2001).

Globalne klimatske promene utiču na meteorološke i hidrološke cikluse, uobičajene vremenske prilike izostaju, a slučajevi suša i poplava su sve češći. Klimatski poremećaji se manifestuju povećanjem inteziteta i verovatnoće pojave ekstrema – smanjivanjem malih voda i povećanjem velikih voda na rekama i pratećih pojava u slivu. Izmenjeni klimatski uslovi direktno utiču na proticaj vodnih tokova, vodni režim zemljišta i na poremećaje u funkcionisanju ekosistema rečnih basena.

Specifični oticaj sa sliva iznosi 12 l/s/km^2 , a prosečni koeficijent oticaja iznosi 0.41.



Slika 8.8. Unutargodišnja raspodela srednjemesečnih proticaja za period 1955-2010.

Grafički prikaz raspodele srednjemesečnih proticaja za višegodišnji period, jasno oslikava vremensku neravnomernost i sezonski karakter planinskog vodotoka. Unutargodišnja neravnomernost je posledica padavinskog režima i temperatura vazduha u razmatranom slivu. Iz mesečne raspodele proticaja vode u profilu vodozahvata je evidentan nedostatak vode u pojedinim delovima godine, najmanje je ima kad je najpotrebnija, tokom letnjih meseci. Dugoročne promene, koje se ogledaju u smenjivanju sušnih i vlažnih perioda, stvaraju dodatne vodoprivredne probleme tokom dužih vremenskih perioda. Ozbiljnim tehničkim radovima i izgradnjom akumulacije, može se urediti vodni režim i vremenska neravnomernost smanjiti na ekonomsko-tehnički prihvatljivu meru.

Male vode – biološki minimum

Na osnovu rekonstruisanog bilansa dotoka na profilu hidrološke (vodomerne) stanice, neposredno nizvodno od retenzije, može se sračunati garantovani biološki minimum za period nakon izgradnje akumulacije.

Biološki minimum je određen na dva načina:

- o kao 10% srednjeg višegodišnjeg proticaja

$$Q_{\text{bmin}}=0.1 \times Q_{\text{sr}}=0.10 \times 0.274 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{bmin}} = 0.027 \text{ m}^3/\text{s}$$

- o kao 30 dnevna mala voda obezbeđenosti trajanja 95%

$$Q(\text{sm}, 95\%) = 0.028 \text{ m}^3/\text{s}$$

Usvaja se veća vrednost $Q_{\text{bmin}} = 0.028 \text{ m}^3/\text{s}$.

Na osnovu osmotrenog niza proticaja, biološki minimum je obezbeđen u postojećem stanju iz prirodnog dotoka Velike Dičine.

Velike vode

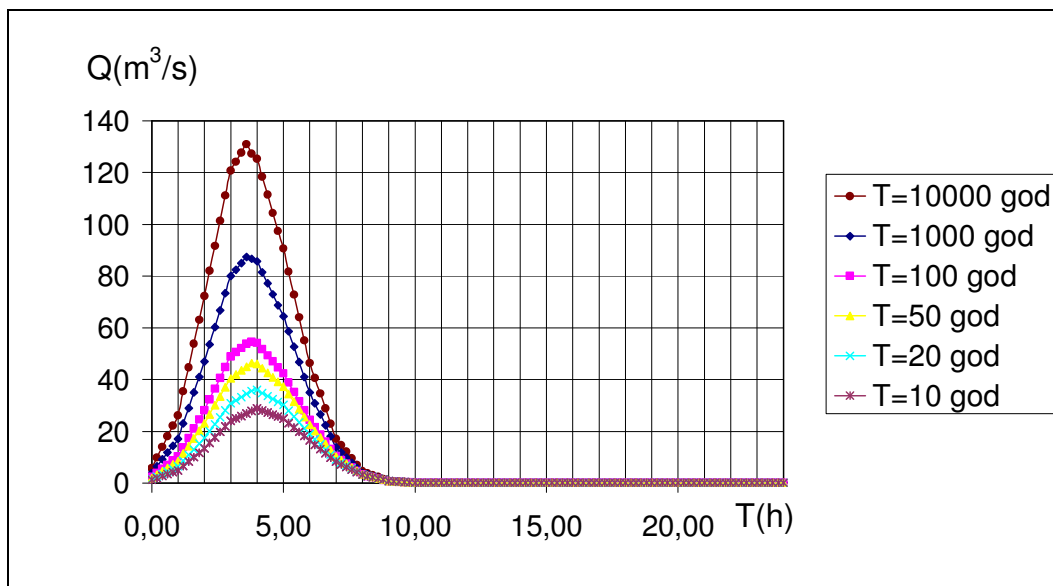
Podaci o karakterističnim vrednostima velikih voda i zapreminama poplavnih talasa za odgovarajuće povratne periode, su preuzeti iz Idejnog projekta rekonstrukcije postojeće brane, IK Konsalting i Projektovanje, Beograd 2009. godina. U nastavku se daje pregled karakterističnih velikih voda i zapremine talasa velikih voda.

Tabela 8.6. Raspodela računskih velikih voda i zapremine poplavnih talasa

Povratni period	10.000	1.000	100	50	20	10
Verovatnoća p. (%)	0.01%	0.1%	1%	2%	5%	10%
Q_{max} (m ³ /s)	131.00	87.70	54.80	46.40	36.10	28.80
V_m (10 ³ m ³)	1,850.00	1,266.91	811.32	701.77	557.52	445.64

U tabeli 8.6. date su računске vrednosti zapremina poplavnih talasa za povratne periode 0.01%-10%. Obzirom da zapremina postojeće akumulacije do kote preliva iznosi 343.000 m³, efikasna odbrana od poplava je moguća samo do nivoa koji ima povratni period jednom u 5-10 godina. Pri pojavi voda većeg povratnog perioda i pored delimičnog ublažavanja talasa, dolazi do značajnog plavljenja nizvodnog područja, zbog nedovoljne retenzije i male propusne sposobnosti korita. Tokom trajanja velikih voda, kao i prilikom višednevnih padavina koje napune retenziju, aktivira se bočni

preliv na brani, dolazi do izlivanja vode i plavljenja okolnog terena. Radi se o direktno ugroženoj površini od oko 185-200 ha poljoprivrednih površina, kao i desetak individualnih objekata, uključujući i filtersko postrojenje u Banjanima.



Slika 8.9. Hidrogrami velikih voda reke Velika Dičina u profilu postojeće brane

Potrebe za vodom – vodosnabdevanje

Reka Velika Dičina skoro trideset godina se koristi za vodosnabdevanje naselja u opštini Gornji Milanovac. Na 1 km nizvodno od brane izgrađeno je postrojenje za prečišćavanje vode, Filterska stanica Banjani. Projektovani kapacitet postrojenja za prečišćavanje vode iznosi 150 l/s, ali je za dostizanje tog kapaciteta potrebno uložiti dodatna sredstva. Kapacitet postrojenja u postojećim uslovima, bez dodatnih investicionih ulaganja, je 100 l/s.

U tabeli 8.7. dat je pregled isporučene vode sa filterskog postrojenja u G. Banjanima u periodu 2001-2010. godina po mesecima. Iz tabele vidimo velike oscilacije u mesečnim isporukama vode od 0,036 do 0,081(m³/s). Prosečna proizvodnja vode u ovom periodu iznosila je 0.060 m³/s, a registrovana je i maksimalna dnevna proizvodnja veća od 0.090 m³/s, 26.08.2001. godine. Najveća mesečna proizvodnja 250.572 m³ (94 l/s) registrovana je u martu 1995. godine.

Tabela 8.7. Srednje mesečne vrednosti isporučene vode sa postrojenja Banjani (m³/s)

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	sr
2001	0,050	0,054	0,055	0,049	0,051	0,050	0,065	0,059	0,056	0,059	0,064	0,059	0,056
2002	0,060	0,056	0,059	0,050	0,051	0,066	0,081	0,072	0,064	0,051	0,060	0,064	0,061
2003	0,060	0,060	0,050	0,056	0,068	0,064	0,059	0,052	0,056	0,050	0,057	0,058	0,057
2004	0,048	0,053	0,069	0,075	0,066	0,064	0,060	0,057	0,059	0,057	0,057	0,057	0,060
2005	0,065	0,063	0,060	0,065	0,070	0,081	0,065	0,064	0,067	0,066	0,074	0,076	0,068
2006	0,070	0,067	0,065	0,070	0,066	0,065	0,075	0,074	0,070	0,069	0,072	0,075	0,069
2007	0,066	0,063	0,038	0,078	0,065	0,059	0,071	0,069	0,067	0,071	0,036	0,052	0,061
2008	0,065	0,066	0,062	0,066	0,058	0,050	0,055	0,068	0,059	0,047	0,046	0,043	0,057
2009	0,049	0,042	0,046	0,058	0,071	0,065	0,066	0,068	0,064	0,054	0,051	0,049	0,060
2010	0,051	0,050	0,051	0,052	0,055	0,049	0,058	0,052	0,052	0,050	0,059	0,060	0,053
sr	0,059	0,058	0,055	0,062	0,062	0,061	0,065	0,063	0,061	0,058	0,057	0,059	0,060

Proračun bilansa dotoka i potrošnje vode

Promena zapremine akumulacije određuje se na osnovu bilansa dotoka vode, potrošnje i gubitaka vode iz akumulacije, primenom jednačine kontinuiteta:

$$\frac{dV}{dt} = Q_{dot} - Q_{vod} - Q_{bm} - Q_{evap} - Q_{inf}$$

Gde je:

Q_{dot} – doticaj u akumulaciju

Q_{vod} – potrošnja vode za vodosnabdevanje

Q_{bm} – potrošnja za biološki minimum

Q_{evap} – gubici na evaporaciju sa vodene površine

Q_{inf} – gubici na infiltraciju

Proračun bilansa dotoka i potrošnje vode urađen je na osnovu utvrđenih kriterijuma korišćenja akumulacije. Buduća višenamenska akumulacije treba da obezbedi zapreminu za:

- Taloženje nanosa za eksploatacioni period brane od 100 godina – „mrtva“ zapremina
- Snebdevanje stanovništva vodom i obezbeđenje biološkog minimuma – korisna zapremina
- Prijem poplavnog talasa velike vode koja se javlja jednom u 20 godina – retenziona zapremina
- Nadvišenje u odnosu na merodavnu računsku veliku vodu od 2 m.

Veličina „mrtve“ zapremine određena je na osnovu podataka o transportu nanosa, a retencione zapremine na osnovu zapremine poplavnog talasa $Q_{\max(5\%)}$: $V_m = 0,375 \times 10^6 \text{ m}^3$, $V_{\text{ret}} = 0,557 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Proračun bilansa voda u akumulaciji izvršen je modifikovanom verzijom simulacionog modela „Voda“. Institut „Jaroslav Černi“ iz Beograda namenski je razvio ovaj program za rešavanje složenih vodopivrednih i hidroenergetskih sistema. Proračun je izveden postupno po mesecima za ceo raspoloživi niz mesečnih dotoka vode u akumulaciju.

Bilans dotoka i potrošnje vode akumulacije Banjani dat je u prilogu br. 10.

Dimenzionisanje akumulacije

Korisna zapremina akumulacije je određena bilansiranjem dotoka i potrošnje vode (srednjemesečne vrednosti), na osnovu sledećih ulaznih podataka:

- Dotok vode u akumulaciju od 56 godina i formirani niz od 672 mesečna proticaja
- Potrošnja vode: za vodosnabdevanje $Q_{\text{vod}} = 100 \text{ l/s}$ i biološki minimum $Q_{\text{bm}} = 28 \text{ l/s}$
- Isparavanje sa površine akumulacije Q_{evap} – promenljiva vrednsot
- Gubitak na infiltraciju Q_{inf} – promenljiva vrednsot
- Ograničenje – $\max V_i \leq V_{\text{kor}}$, minimalni nivoi zahvatanja, kote preлива, kapaciteti zahvata i preлива
- Morfometrijske karakteristike lokacije – krive površine i zapremine akumulacije.

Isparavanje sa vodene površine računato je na osnovu veličine trenutne površine vodenog ogledala i podataka o srednjem jediničnom isparavanju sa slobodne površine akumulacije.

Tabela 8.8. Vrednosti evaporacije sa slobodne vodene površine za lokaciju Banjani

Mesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ
Evap mm/dan/m ²	0.8	1.1	2.1	3.9	4.3	5.0	5.8	5.2	3.2	1.9	0.8	0.7	34.8

Mesečni gubici na isparavanje zavise od kote nivoa vode u akumulaciji, odnosno od površine akumulacije i određeni su na osnovu relacije:

$Q_{\text{evap}} = f(\text{Evap}, \text{Fa}, \text{Tdn})$, odnosno $Q_{\text{evap}} = (\text{Evap} \times \text{Fa}) / 86400$ (m^3/s), gde je:

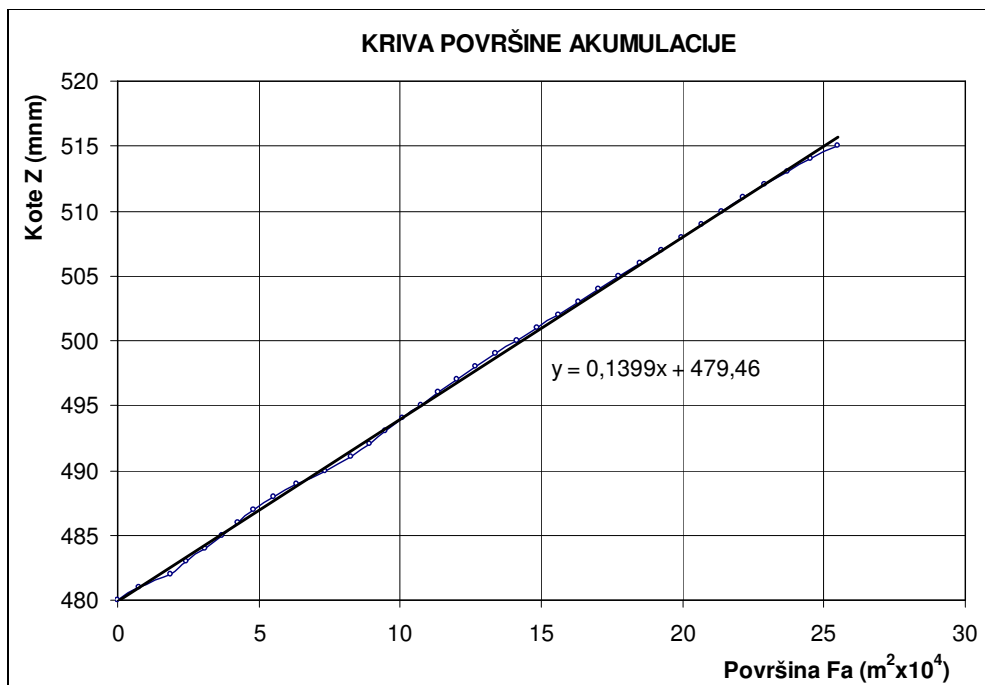
Q_{evap} - mesečni gubici na isparavanje iz akumulacije (m^3/s)

Evap - dnevno isparavanje sa vodene površine ($\text{mm}/\text{dan}/\text{m}^2$)

Fa - površina akumulacije (m^2)

Tdn - 86400 sec.

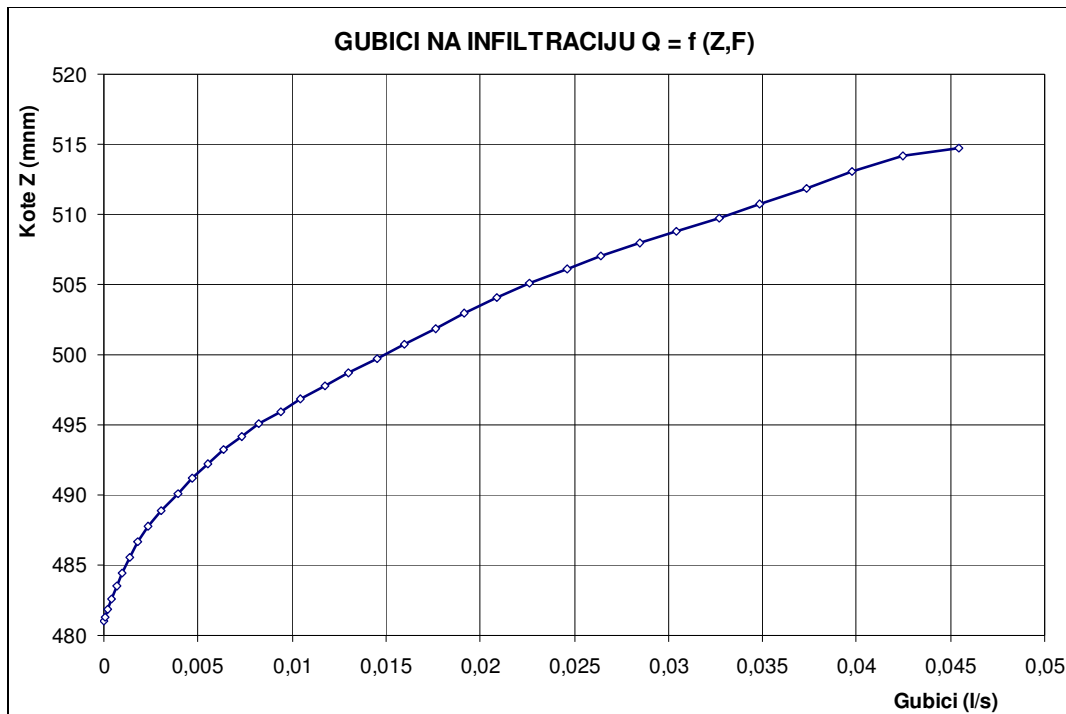
Površina akumulacije je u funkciji kote nivoa vode i može se pomoću aproksimativne krive izraziti linearnom jednačinom, slika 8.10. Površina akumulacije je izražena u hektarima. Jednačina $y = 0,1399x + 479,46$ identična je jednačini $Z = 0,1399\text{Fa} + 479,46$ iz koje se može sračunati površina akumulacije: $\text{Fa} = 0,715Z - 343$.



Slika 8.10. Kriva površine akumulacije u funkciji kote nivoa vode

Gubici na infiltraciju su takođe u funkciji kote nivoa vode (visine vodenog stuba), kao i potopljene površine akumulacije. Na osnovu preliminarnih proračuna gubitaka na infiltraciju i procurivanje ispod i kroz bokove brane data je procena mogućih gubitaka u uslovima izvedene injekcione zavese.

Za pouzdanije proračune potrebno je uraditi terenske opite VDP-a pregradnog mesta i model vodopropustljivosti ispod i oko tela brane.



Slika 8.11. Dijagram gubitaka vode infiltracijom u funkciji kote nivoa vode

Proračun preliva

Proračunom preliva treba odrediti sledeće veličine:

- Širinu preliva
- Kotu krune preliva
- Kotu maksimalnog uspora vode

Kota krune preliva definsana je na osnovu proračuna „mrtve“ i korisne zapremine akumulacije, opisanih napred, i ona za usvojene vrednosti iznosi 508,10 mm.

Merodavna velika voda za dimenzionisanje preliva je „desetohiljadu-godišnja“ voda $Q_{0,01\%}$, a koeficijent prelivanja $m=0,46$.

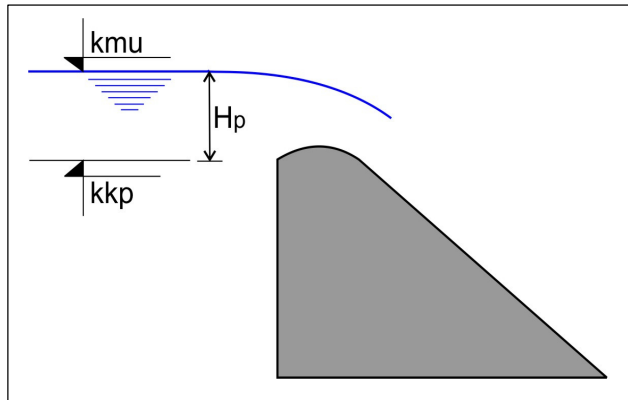
Za proračun preliivanja vode preko preliiva korišćena je sledeća jednačina:

$$Q = m \cdot B \cdot \sqrt{2gHp^3}, \text{ gde je:}$$

B – širina ivice preliiva (m)

H_p – visina preliivnog mlaza (m)

m – koeficijent preliivanja



Slika 8.12. Preliivanje preko „Krigerovog“ preliiva

Transformacija talasa kroz akumulaciju računata je na osnovu sledeće jednačine:

$$\frac{dV}{dt} = Q_{dot} - Q_{prel}$$

Gde je:

$$\frac{dV}{dt} \text{ – promena zapremine akumulacije u vremenskom intervalu } dt$$

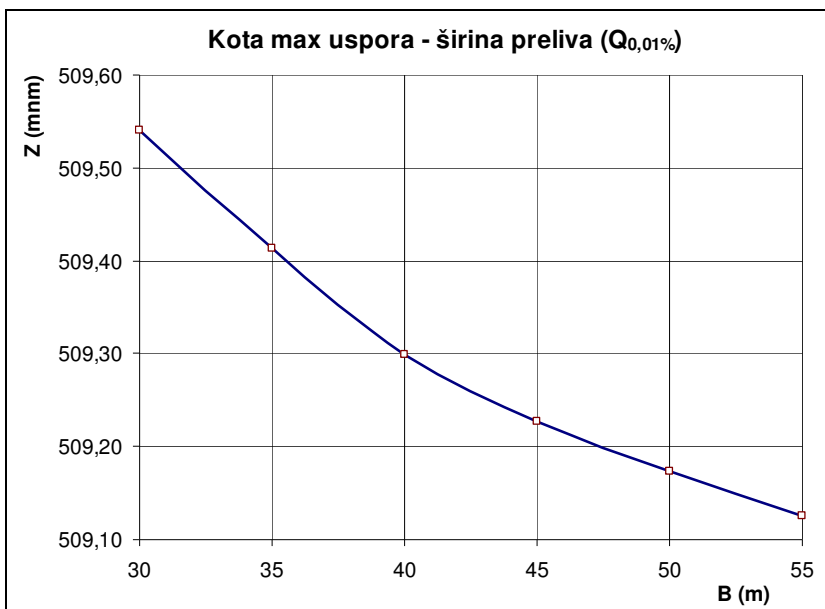
Q_{dot} – doticaj u akumulaciju (m^3/s)

Q_{prel} – preliivanje preko preliiva (m^3/s).

Proračunom transformacije poplavnog talasa dobija se veličina kote maksimalnog uspora (KMU) koja uslovljava visinu brane. Zavisnost KMU od širine preliiva pri merodavnom proticaju prikazana je na slici 8.13.

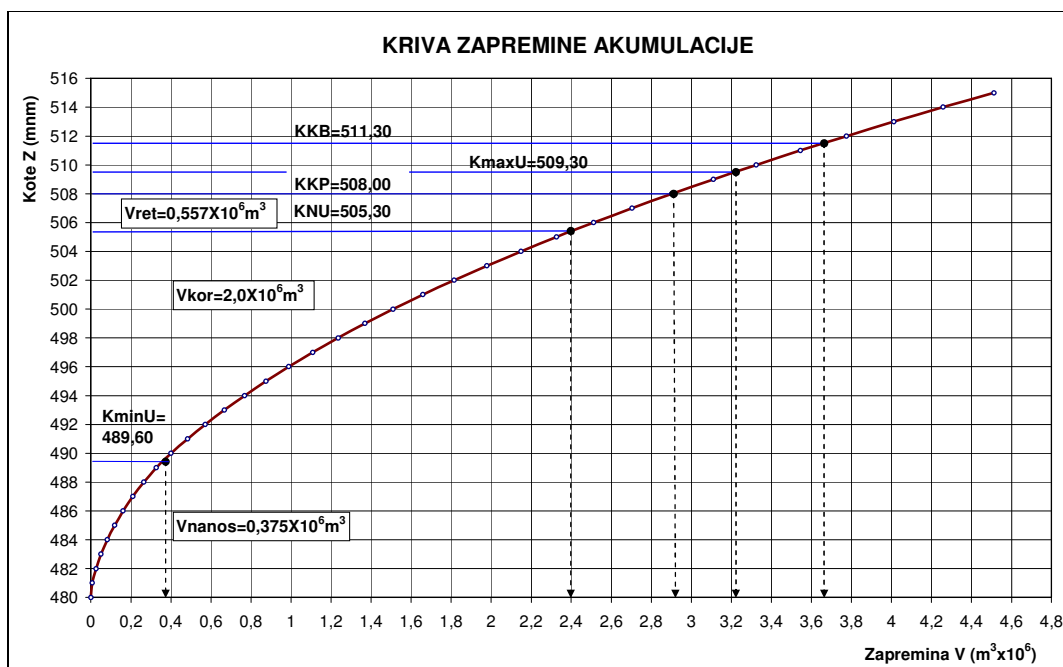
Kao što se sa slike 8.13. može videti, povećanjem širine preliiva, smanjuje se KMU i visina brane, neznatno u poređenju sa ukupnom visinom. Iz tog razloga širina preliiva je određena na osnovu topografskih uslova pregradnog mesta, usvojeno $B=40$ m.

Za usvojenu širinu preliivne ivice KMU pri pojavi merodavne velike vode iznosi 509,40 mm. Visina preliivnog mlaza iznosi 1,3 m.



Slika 8.13. Zavisnost K_{mu} i širine preliva pri pojavi velike vode - $Q_{0,01\%}$

Krive površine i zapremine akumulacije, parametri morfometrijskih karakteristika lokacije, korišćene su u proračunu bilansa voda. Na slici 8.10. je prikazana kriva površine akumulacije. Na istoj slici je prikazana i aproksimativna kriva sa jednačinom za proračun površine akumulacije u funkciji kote nivoa vode.



Slika 8.14. Kriva zapremine akumulacije sa karakterističnim kotama

Na slici 8.14. je data kriva zapremine akumulacije, sa karakterističnim kotama.

Skraćenice prikazane na prethodnoj slici su:

KKB – kota krune brane

KmaxU – kota maksimalnog uspora

KKP – kota krune preliva

KNU – kota normalnog uspora

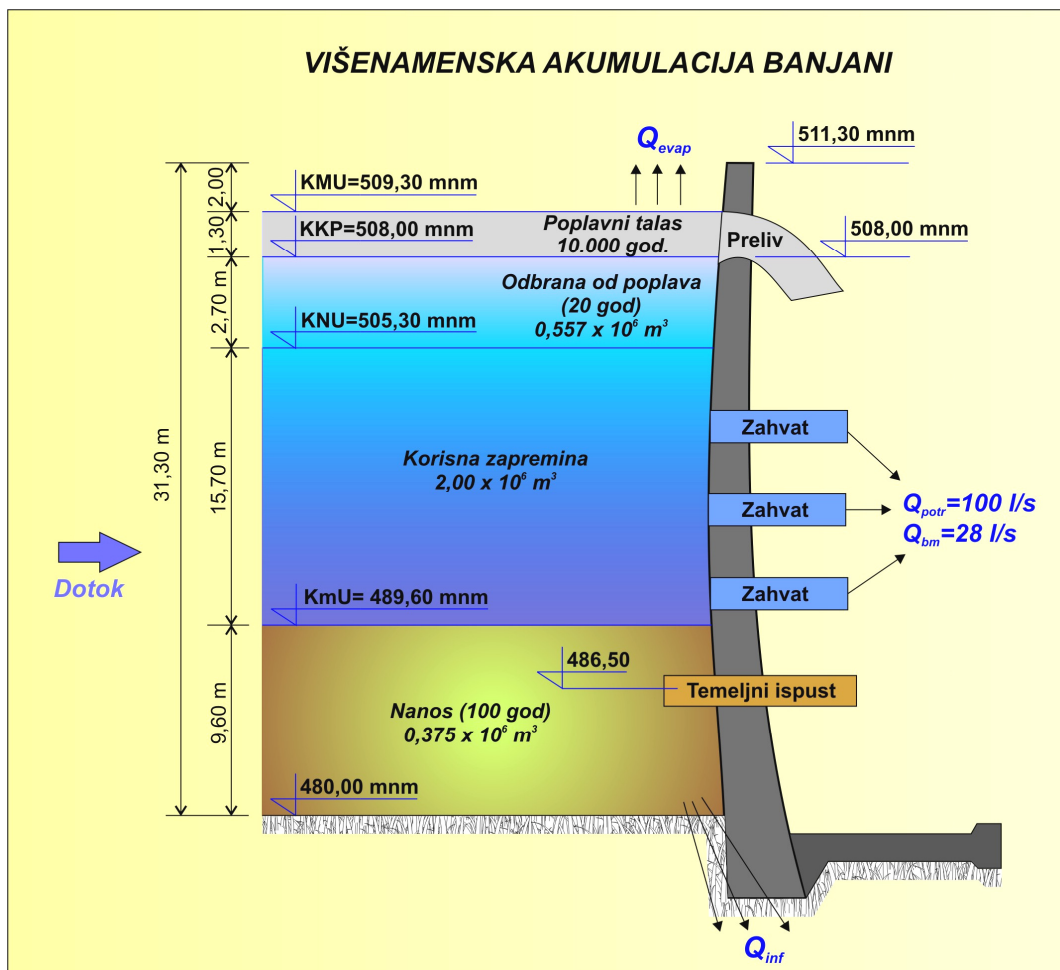
KminU – kota minimalnog uspora

Kota normalnog uspora određena je iz uslova potrebne zapremine za taloženje nanosa i korisne zapremine akumulacije. Kota krune preliva odrađena je što se mrtvoj i korisnoj zapremini doda i zapreminu poplavnog talasa za $Q_{20\text{god}}$. Kota krune brane određena je iz uslova obezbeđenja sigurnosne visine iznad kote maksimalnog uspora od 2 m.

Kota maksimalnog uspora određena je na osnovu transformacije poplavnog talasa koji se javlja jedanput u 10 000 godina i sledećih usvojenih veličina:

- Širina prelivne ivice iznosi 40 m
- Nivo akumulacije pri nailasku poplavnog talasa na KKP (najnepovoljniji slučaj)
- Krive zapremine akumulacije – date na slici 8.14.
- Koeficijent prelivanja iznosi 0,46.

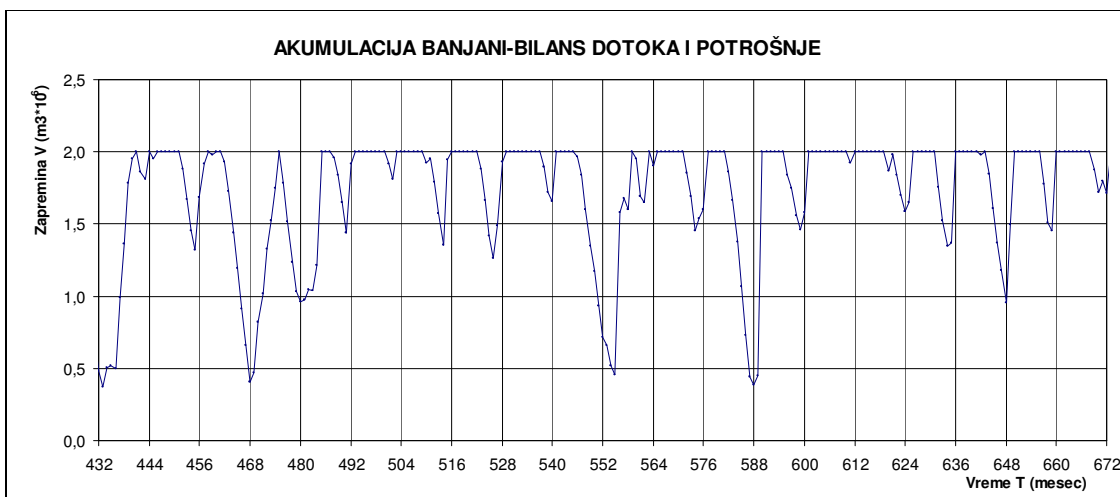
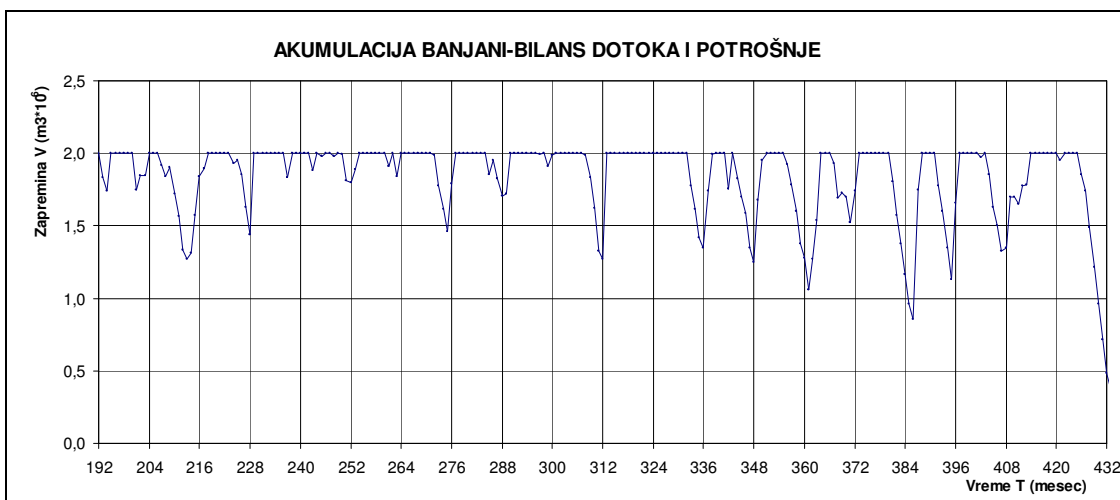
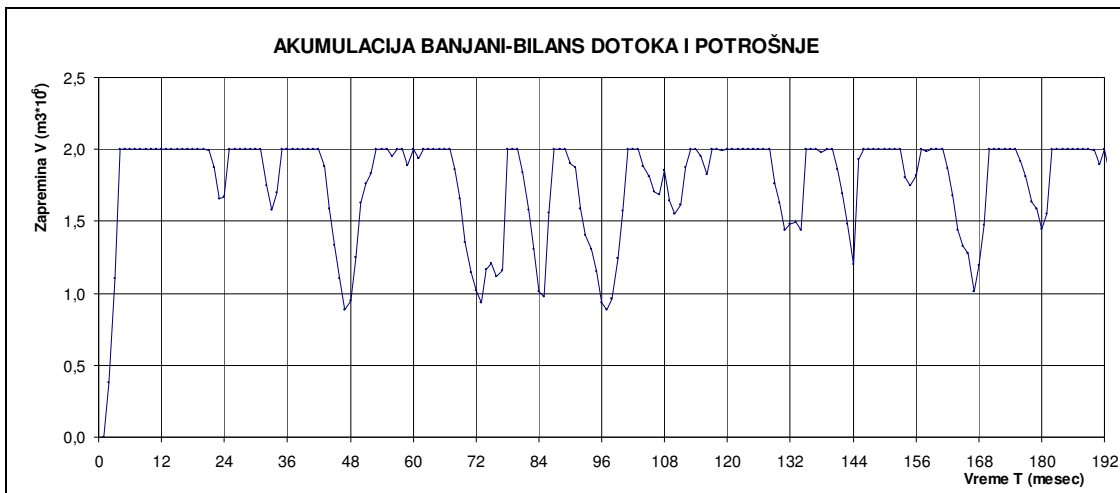
Vizuelna predstava brane i akumulacije za višenamensko korišćenje voda data je na slici 8.15. Proračuni i dimenzionisanje su urađeni na osnovu utvrđenih kriterijuma korišćenja akumulacije. Treba naglasiti da osim, uslovno rečeno, slobodnog izbora količine vode za vodosnabdevanje $Q_{\text{vod}} = 100 \text{ l/s}$, sve ostale veličine su nametnute zakonskim ili tehničkim normama za ovu vrstu objekata. Zbog toga se u tekstu pojavljuju i dva naziva za isti objekat: akumulacija za vodosnabdevanje i akumulacija za višenamensko korišćenje voda.



Slika 8.15. Karakteristične kote i zapremine akumulacije Banjani

Poprečni presezi kroz telo i temeljno tlo postojeće retenzije i projektovane brane (varijanta sa nadvišenjem retenzije) prikazani su u priložima br. 11 i 12.

Simulacijom bilansa dotoka i potrošnje vode, na osnovu niza mesečnih vrednosti proticaja opaženih u periodu 1955-2010. godine i parametara koji definišu potrošnju i gubitke vode iz akumulacije konstruisan je dijagram promene zapremine akumulacije, prikazan na slici 8.16.



Slika 8.16. Dijagram promene zapremine akumulacije Banjani

9. Stanje kvaliteta vodotoka na osnovu višegodišnjih hemijskih i mikrobioloških analiza vode

Dičina je prema Uredbi o kategorizaciji i klasifikaciji vodotoka („Službeni glasnik SRS“, br. 5/68) razvrstana u II_b kategoriju. Kategorizacija se odnosi samo na nekoliko kilometara rečnog toka od ušća u Čemernicu do ušća reke Despotovice. Uzvodno od ovog profila reka i pritoke, uključujući i Veliku Dičinu, nisu kategorisane. Uvidom u desetogodišnje analize može se konstatovati da voda reke Velike Dičine odgovara I klasi vodotoka za parametre: pH, mangan, arsen, živa, olovo, cink, nikl i kadmijum. U nekim uzorcima su registrovane visoke koncentracije gvožđa, nitrata i amonijaka, visoke vrednosti mutnoće i utroška KMnO₄ za vreme visokih vodostaja.

Obradom rezultata analiza vode Velike Dičine, dobijene su granice u okviru kojih su se kretali pojedini parametri kvaliteta vode u periodu od 2001-2010. godine, na profilu sadašnjeg vodozahvata (Banjani) - tabela 9.1.

Tabela 9.1. Granične vrednosti parametara kvaliteta vode reke Velika Dičina

Pokazatelj kvaliteta	Jedinica	profil: Banjani	
		min	max
Temperatura	°C	0	19
pH vrednost	-	7,21	8,45
Mutnoća	NTU	0,08	180
Utrošak KMnO ₄	mg/l	2,04	50,3
Ukupni suvi ostatak	mg/l	138	274
Amonijak NH ₄	mg/l	0	0,29
Nitrati NO ₃	mg/l	1,66	19,86
Nitriti NO ₂	mg/l	0	0,05
Ukupni fosfat P	mg/l	0	0
Gvožđe Fe	mg/l	0	1,39
Mangan Mn	mg/l	0	0,012
Aluminijum Al	mg/l	0,02	0,08
Hloridi Cl	mg/l	3,1	8,0
Ukupan broj aerobnih mezofilnih bakterija	u 1 ml	30	200
Ukupan broj koliformnih bakterija	u 1 ml	<2000	38000
Alge	u 100 ml	200	400

Na osnovu analize dostupnih podataka, do prolaznog pogoršanja kvaliteta vode dolazi posle pljuskova i bujica, naglog topljenja snega i pražnjenja retenzije. Poplavni talasi pokreću čestice i organski otpad sa površine sliva i retenzije. Mehaničko i biološko opterećenje vodotoka, preko vodozahvata, dospeva na postrojenje za prečišćavanje, otežava rad postrojenja i smanjuje kapacitet prečišćavanja vode. Izgradnjom akumulacije i postavljanjem vodozahvata na određenom nivou, negativne posledice bujičnih talasa bi se amortizovale i umanjile.

Granične vrednosti fizičko-hemijskih parametara kvaliteta vode (tabela 9.1.), ukazuju na nedozvoljene koncentracije azotnih jedinjenja: amonijaka, nitrata i nitrita. Sadržaj gvožđa i utrošak KMnO_4 značajno odstupaju od MDK vrednosti vodotoka I i II kategorije. Sadržaj nitrata (kao NO_3) se kretao u opsegu od I do V kategorije 1,66-19,86 mg/l, granična vrednost za I kategoriju iznosi 10 mg/l. Maksimalno izmerena koncentracija gvožđa iznosi 1,39 mg/l, dozvoljeno u vodi za piće 0,3 mg/l.

Visoke koncentracije azotnih jedinjenja u planinskom vodotoku su posledica združenog uticaja antropogenih i prirodnih faktora u slivnom području. Uzroci se, u najkraćem, mogu objasniti upotrebom mineralnih đubriva i razlaganjem (truljenjem) organskog materijala. Faktor sredine (prirodni faktor) ima direktan uticaj na sadržaj gvožđa u vodi. Zemljišta na serpentinskim supstratima zauzimaju oko 60% ukupne površine slivnog područja: suvoborski masiv, padine Rajca i gotovo sve goleti. U njihovoj strukturi se nalazi i prah oksida gvožđa, koji ispiranjem dospeva u vodotok.

U vodi Velike Dičine organske materije su dominantno huminskog porekla i potiču od truljenja organske mase u slivu i akumulacionom (retenzionom) basenu. Atmosferska voda niske mineralizacije u kontaktu sa slojem humusa, koji je nastao u najvećoj meri razgradnjom biljaka, obrazuje tresišta i povećava koncentraciju organskih materija (promena boje i povećana potrošnja KMnO_4). Glavni sastojci huminskih materija su huminske kiseline, koje su bezbojne, i fulvo kiseline, koje imaju više nijansi žute boje.

Azot pripada grupi biogenih elemenata u prirodnim vodama. On je konstitucioni element tkiva svih živih organizama, pa mu zbog toga pripada vodeća uloga u razvoju života u vodenim akumulacijama. Koncentracija i režim azota u potpunosti zavisi od intenziteta biohemijskih i bioloških procesa koji se odvijaju u akumulacijama.

Izučavanje ponašanja jedinjenja azota je značajno zbog toga što su ona pokazatelj zagađenosti voda, a neka jedinjenja su i toksična.

Nitrati su normalna komponenta ljudske prehrane s prosečnim dnevnim unosom (iz svih izvora) od oko 75 mg. Povišene koncentracije nitrata u vodi za piće imaju negativan uticaj na zdravlje ljudi, povezuju se s pojavom hipertiroidizma i dijabetesa. Absorbovani nitriti reaguju s hemoglobinom i formiraju methemoglobin, koji kod odojčadi može dovesti do povećane koncentracije methemoglobina što se naziva methemoglobinemija ili sindrom plavih beba (blue babies). Bebama koža poplavi zbog nedovoljne količine kiseonika. Prenos nitrata i nitrita s majke na fetus je takođe potvrđen u nekoliko studija u kojima je dokazan i negativan uticaj na reproduktivno zdravlje. U Americi je registrovano nekoliko slučajeva, spontanih abortusa kod žena koje su koristile vodu za piće iz privatnih bunara u kojima je koncentracija nitrata u vodi bila viša od dozvoljene.

Imajući u vidu da na slivnom području nema industrijskih otpadnih voda, pogona za preradu metala i kišne kanalizacije, gvožđe u ovaj vodotok može dospeti isključivo iz stena i zemljišta. Povoljna je okolnost da, osim gvožđa, nisu registrovane nedozvoljene koncentracije ostalih teških metala. Metali se ne mogu razgraditi i na taj način uklanjati iz vode. Oni se u zavisnosti od uslova u životnoj sredini mogu zadržati u određenom vremenskom periodu u vodotocima. Voda bogata kiseonikom oksidiše metal i prevodi ga u nerastvorni talog koji ostaje u mulju. Povišeni sadržaj gvožđa u vodi može izazvati tehničke probleme pri transportovanju vode, zbog njihovog deponovanja na zidovima cevi. Smetnje nastaju i pri recikliranju mulja kao đubriva. Prema tome, teški metali su bitni u proračunu za ispuštanje i dalju preradu mulja.

Kalijum-permanganat je agenas koji se koristi za oksidaciju, pri čemu su visoke doze potrebne za uklanjanje mirisa nus-produkata algi.

Bakteriološke analize vode, većine uzoraka, pokazuju da se broj koliformnih klica u Velikoj Dičini kreće u granicama do 2000 jedinki u 1l vode, zadovoljavaju granične vrednosti vodotoka I kategorije. Neki uzorci neznatno premašuju graničnu vrednost, a najveći registrovani broj koliformnih klica iznosi 38000, što ovaj vodotok svrstava

između I i II kategorije kvaliteta. Preciznije rečeno radi se o I klasi vodotoka sa povremenim prelaskom u II klasu.

Povremena bakteriološka kontaminacija vode reke Velike Dičine uz primenu odgovarajućih tretmana i opreme za dezinfekciju vode hlorom, na postrojenju može se dovesti na propisan bakteriološki kvalitet vode za piće. Biološke analize pokazuju da su vode Velike Dičine biološki čiste i ispravne, sa dobrim samoprečišćavanjem, odnosno da pripadaju I klasi boniteta.

Zajednica algi Velike Dičine obuhvata bentosne forme. Od velikog broja uočenih algi najzastupljenije su silikatne alge iz grupe (razdela) Bacillariophyta, rodova Cymbella, Navicula, Diatoma, Gophonema i Tabellaria. Zastupljene su i žutozelene alge iz grupe Chrysophyta roda Ochromonas u koncentracijama od 200-400 ind./100 ml.

Planktonska zajednica nije razvijena, što je tipično za bujične planinske vodotoke. Hidrološke karakteristike reke ne pružaju povoljne uslove za opstanak i razvoj vrsta koje su vezane za slobodnu vodu. Njihova brojnost je veoma mala, promenljiva i zavisna od vodostaja. Registrovane su vrste karakteristične za čiste planinske vode iz grupe Rotatoria i Copepoda.

Ihtiofauna Velike Dičine nije detaljno analizirana u okviru ovog rada. Na osnovu analiza sprovedenih tokom 2002. godine može se zaključiti da je ihtiofauna raznovrsna, a njeni predstavnici su pripadnici grupa SALMONIDAE: potočna pastrmka (*Salmo trutta m.fario* L.); THYMALLIDAE: lipljen (*Thymallus thymallus* L.); CYPRINIDAE: mrena (*Barbus barbus* L.), potočna mrena (*Barbus meridionalis* T.), pior (*Phoxinus phoxinus*). I pored veoma povoljnih prirodnih uslova, količinsko stanje ribljeg fonda (od oko 3 kg/ha) je nezadovoljavajuće, prvenstveno zbog toga što nema poribljavanja i kontrole izlova. Ovakvo stanje moguće je poboljšati planskim poribljavanjem na osnovu ihtioloških projekata, uz istovremeno sprovođenje strože kontrole izlova ribe.

Karakteristične hemijske, bakteriološke i biološke analize uzoraka rečne vode poslednji su prilozi ovog rada. Obradeno je više od dve hiljade analiza. Nepotrebno štampati sve analize, koje će se trajno u elektronskoj formi čuvati u bazi podataka.

Iz svega navedenog može se zaključiti da je kvalitet vode Velike Dičine dobar, što će povoljno uticati i na kvalitet vode u budućoj akumulaciji, koju pravilnim upravljanjem treba održavati u najpovoljnijim stanjima trofije - oligotrofom i mezotrofom.

Analizom obrađenih parametara kvaliteta vode Velikog Rzava iz živog toka reke (RHMZ) ustanovljeno je sledeće:

- boja rečne vode varira od neprimetne (0) do vrednosti od 40-100 stepeni Pt-Co skale tokom povodnja (april, maj, novembar, decembar),
- mutnoća se kreće od niskih vrednosti 0,6-4,3 NTU u januaru i leti do značajnih vrednosti 26,5-85,6 NTU tokom proleća (april, maj) i jeseni (novembar, decembar),
- utrošak kalijum permanganata se kretao od 2,8 do 21,5 mg/l,
- ostatak isparenja 169-348 ukazuje na pripadnost I klasi vodotoka,
- koncentracije opasnih materija (nitrati, nitriti, amonijak, deterdženti, fenoli) su niske u granicama I klase vodotoka,
- najverovatniji broj koliformnih klica u 1 l vode se kretao od 3800 preko 240000, a broj živih klica se kretao od 20 do 1200 u 1 ml rečne vode.

U periodu od 2008-2010. godine hemijskim, bakteriološkim i biološkim analizama utvrđeno je da opšti kvalitet vode reke Veliki Rzav po nekim parametrima odgovarao I klasi, mada generalno odgovara II kategoriji, pa se može koristiti za vodosnabdevanje stanovništva i industrije (Dašić T., Pavlović R., 2010).

Gradski zavod za javno zdravlje Beograd, na lokaciji vodozahvata Ševelj, sprovodi sledeća ispitivanja:

- fizičko-hemijska (boja, boja prividna, miris, mutnoća, pH vrednost, utrošak KMnO_4 , suvi ostatak, elektrolitička provodljivost, vodonik sulfid, ugljendioksid, cijanidi, p-alkalitet, m-alkalitet, ukupna tvrdoća, karbonatna tvrdoća, nekarbonatna tvrdoća, karbonati, bikarbonati, amonijak, nitrati, nitriti, hloridi, sulfati, ortofosfati, fluoridi, UV absorpcija na 254 nm, deterdženti, fenoli, ukupni organski ugljenik, ukupna ulja i masti, mineralna ulja, metali, pesticidi, polihlorovani bifenili, policiklični aromatični

ugljovodonici, sporedni proizvodi dezinfekcije, trihalometani, hlorovani alkani, hlorovani alkeni, hlorovani benzoli, aromatični ugljovodonici),

- mikrobiološka ispitivanja,
- biološka i parazitološka ispitivanja,
- ispitivanja radioaktivnosti.

Velika analiza koja je urađena 3.12.2009. godine potvrđuje zaključak donet na osnovu prethodnih analiza, da kvalitet vode Velikog Rzava odgovara II kategoriji površinskih vodotoka. Pri tome treba konstatovati da se značajan broj parametara (pH, rastvorene materije, ukupni suvi ostratak, nitrati, utrošak $KMNO_4$) u svim ispitivanim uzorcima nalazi u prvog klasi kvaliteta, kao i da određeni parametri (rastvoreni kiseonik, mutnoća, BPK_5 , suspendovane materije) samo povremeno (u manjem broju uzoraka) prelaze u niže klase kvaliteta.

Prema podacima ispitivanja radioaktivnosti sirove vode Velikog Rzava na vodozahvatu Ševelj, koje je sproveo Institut za medicinu rada Srbije „Dr. Dragomir Karajović“, u novembru 2009. godine: ukupna alfa radioaktivnost $<0,01$ Bq/l, ukupna beta radioaktivnost $0,018 \pm 0,006$ Bq/l, u granicama su prirodnih varijacija radioaktivnosti, karakterističnih za površinske vode u Republici Srbiji.

U tabeli 9.2. prikazani su parametri biološkog, mikrobiološkog i fizičko-hemijskog ispitivanja vode Velikog Rzava i njegovih pritoka od 22.04.2009. godine.

Tabela 9.2. Parametari kvaliteta vode reka Veliki Rzav i pritoka

9.2.1. Biološko ispitivanje

Parametri	V. Rzav	M. Rzav	Prišteвица	Katušnica	Ljubišnica
Prisustvo algi	Bacillaryophyta Cymbella Navicula Diatoma	Bacillaryophyta Cymbella Diatoma	Bacillaryophyta Cymbella Diatoma	Bacillaryophyta Cymbella Diatoma	Bacillaryophyta Cymbella Navicula Diatoma
Prisustvo gljiva	-	-	-	-	-
Saprobnost	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Bonitet	I	I	I	I	I

9.2.2. Mikrobiološko ispitivanje

Prametri	V. Rzav	M. Rzav	Prišteвица	Katušnica	Ljubišnica
Najverovatniji broj koloform. klica u 1l vode	24000	24000	24000	24000	24000
Ukupan broj svih živih klica u 1 ml vode	20	100	70	60	20
Indikator fekalnog zaganjenja	Escherichiacoli Enterococcus sp	Escherichiacoli Enterococcus sp	Escherichiacoli Enterococcus sp	Escherichiacoli Enterococcus sp	Escherichiacoli Enterococcus sp

9.2.3. Fizičko-hemijsko ispitivanje

Prametri	Jed.m.	V. Rzav	M. Rzav	Prišteвица	Katušnica	Ljubišnica
Vidljive opasne materije		bez	bez	bez	bez	bez
Boja		bez	bez	bez	bez	bez
Miris		bez	bez	bez	bez	bez
Suspendovane materije	mg/l	4,4	2,0	7,6	5,6	2,4
Ukupni suvi ostatak	mg/l	206,4	206,8	261,2	166,6	240,0
pH vrednost		8,4	8,3	8,4	8,4	8,4
Rastvoreni kiseonik O ₂	mg/l	11,9	12,3	11,1	11,2	11,5
BPK ₅	mg/l	2,2	2,3	2,8	1,7	2,0
Temperatura vode	°C	6	5	8	7	7
Mutnoća vode	NTU	2,9	2,5	2,7	2,9	3,1
Elektroprov. na 20 °C	μS/cm	335	332	416	264	380
Utrošak KMnO ₄	mg/l	6,0	8,2	7,5	10,0	7,2
Hloridi Cl	mg/l	5,0	7,0	5,0	5,0	6,0
Nitrati NO ₃ -kao N	mg/l	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36
Nitriti NO ₂ -kao N	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Amonijak NH ₄ , kao N	mg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Detergenti	mg/l	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06
fenolne materije	mg/l	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015

10. Moguće promene i uticaji objekata na životnu sredinu

Proizvodnja čiste vode za vodosnabdevanje stanovništva i industrije, za energetiku, navodnjavanje i druge namene je osnovni preduslov za razvoj društva. Tehnološki i ekonomski razvoj društva zavisi od obnovljivih energetske izvora, u prvom redu od hidropotencijala. Izgradnju akumulacija za održivo korišćenje i eksploataciju površinskih voda, prate i mere koje doprinose zaštiti životne sredine i zapošljavanja lokalnog stanovništva.

Izgradnja brane i akumulacije, pored pozitivnih uticaja na vodosnabdevanje i druge delatnosti, ima i niz negativnih posledica, pre svega po životnu sredinu: narušavanje ambijentalnih karakteristika, poremećaj biljnog i životinjskog sveta. Stoga je u postupku projektovanja sistema neophodno iznalaženje adekvatnih rešenja kojim se eliminišu ili dovoljno ublažavaju negativni a povećavaju pozitivni efekti po životnu sredinu.

Utvrđivanje potencijalnih negativnih uticaja implementacije projekta na životnu sredinu sprovodi se u odnosu na: uticaje u toku izgradnje, uticaje u toku eksploatacije, kao i uticaje u mogućim akcidentnim situacijama. Prvu grupu predstavljaju uticaji koji se javljaju kao posledica izvođenja projekta i po prirodi su većinom privremenog karaktera, prostorno ograničeni na neposrednu okolinu mesta izgradnje. Ovi uticaji nastaju kao posledica prisustva radnika, građevinskih mašina, organizacije izvođenja radova i primene različitih tehnologija. Negativne posledice se javljaju kao rezultat iskopa značajnih količina zemljišta, transporta, ugrađivanja znatnih količina građevinskog materijala, organizacije „pozajmišta” materijala, prisustva privremenih deponija, kao i privremenog i trajnog uklanjanja zelenog pokrivača.

Drugu (najznačajniju) grupu sačinjavaju uticaji koji proizilaze iz funkcionisanja i eksploatacije vodoprivrednog sistema. Ovi uticaji su trajnog karaktera i zbog toga su posebno interesantni, jer predstavljaju konstantan pritisak na životnu sredinu.

Moguće promene i uticaji na životnu sredinu razmatraju se u odnosu na kvalitet vazduha, voda, zemljišta, nivoa buke, zdravlja stanovništva, klimatske karakteristike, okolne objekte (posebno one od značaja, kao kulturno istorijsko nasleđe), ekosisteme, i na zaštićena prirodna dobra (Karadžić B., Mijović A., 2007).

Pozitivni efekti izgradnje vodoprivrednog sistema na okolinu i razvoj područja

Brojni su i dobro poznati pozitivni efekti izgradnje površinskih akumulacija u planinskim slivovima i o njima je već bilo reči u uvodnom delu ovog rada. Ovde treba istaći efekte koji doprinose razvoju i ekonomskom prosperitetu područja:

- obezbeđenje dovoljnih količina čiste vode za snabdevanje stanovništava i industrije,
- korišćenje obnovljivog i čistog vida energije (hidroenergije), bez ispuštanja štetne emisije gasova u atmosferu, proizvodnja električne energije prema Kyoto protokolu (1997. godine),
- unapređenje poljoprivredne proizvodnje, korišćenjem vode za navodnjavanje u toku sušnog perioda,
- poboljšanje režima voda zadržavanjem velikih voda, odbrana od poplava, kontrola i regulisanje poplavnih voda, ublažavanje posledica plavljenja,
- kontinualno obezbeđenje garantovanog proticaja nizvodno od brane,
- oplemenjivanje malih voda i stvaranje povoljnijih uslova za održavanje živog sveta u nizvodnoj vodenoj sredini pri svim režimima vodotoka,
- sanitarno uređenje slivnog područja uzvodno od profila brane,
- privredni razvoj, poboljšanje komunalnog nivoa življenja i standarda lokalnog stanovništva, zapošljavanje stanovništva i poboljšanje infrastrukturnih veza,
- socijalno-ekonomska stabilizacija i oživljavanje područja i
- razvoj turizma i više vidova rekreacije.

Promene i uticaji tokom izvođenja radova

Mogući uticaji u fazi izvođenja radova su privremenog karaktera, ograničeni po obimu i intenzitetu, mada u slučaju veće havarije mogu prouzrokovati ozbiljne posledice. Izvođenje radova na vodoprivrednom sistemu dovodi do određenih promena u životnoj sredini, koje su prostorno ograničene na neposrednu okolinu lokacije na kojoj se grade objekti. Gradilište u pregradnom profilu i linijskim objektima, saobraćajnice kojima se

vrši transport materijala i opreme, mašine i vozni park, kao i lokacije pozajmišta, odlagališta i deponija su najčešće privremenog trajanja. Uticaji koji mogu nastati prilikom izvođenja radova na vodoprivrednom sistemu su:

- zagađenje vazduha,
- zagađenje vode i zemljišta,
- zauzimanje površina za smeštaj pratećih objekata,
- povećanje nivoa buke i vibracija,
- povećani i otežani saobraćaj,
- vizuelno - estetski efekti i
- uticaj na eko sisteme.

Na zagađenje vazduha utiču:

- prašina koja se javlja pri izvođenju građevinskih radova,
- dim i gasovi koji se javljaju pri miniranju,
- izduvni gasovi koji se javljaju pri radu građevinskih mašina i vozila koja kao pogonsko gorivo koriste naftne derivate,
- neprijatni mirisi.

Količina zagađenih materija u vazduhu opada sa udaljenošću od mesta emisije zagađenja, pa se kratkotrajni negativni uticaj može očekivati samo na prostoru gradilišta i bližoj okolini, neće doći do pogoršavanja kvaliteta životne sredine u širim razmerama.

Promene i uticaji tokom eksploatacije sistema

Pre početka izgradnje objekta sa velikih površina zemljišta u granicama građevinske parcele objekata vodoprivrednog sistema, privremenih i stalnih deponija, pristupnih saobraćajnica, pozajmišta materijala (gline, kamena, peskovito-šljunkovitog materijala) uklanja se postojeća vegetacija i reproduktivni sloj zemljišta. Gubitkom autohtonih staništa, narušavaju se postojeći ekološki odnosi u ekosistemu područja. Radovima na izmeštanju korita vodotoka i opsežnim radovima u priobalju u značajnoj meri se

narušavaju migracioni putevi akvatičnih organizama, čime se remeti struktura i funkcionalnost vodenog ekosistema. Uticaji na životinjski svet vezuju se za uznemiravanje faune u vreme izgradnje, posebno u osetljivim periodima razmnožavanja i gajenja mladunaca. Nepovoljni efekti proističu iz fizičkog prisustva većeg broja ljudi i mehanizacije, kao i buke koja se tom prilikom produkuje. Može se očekivati povlačenje lovne divljači iz dometa ovih uticaja, kao i drugih osetljivih vrsta sisara i ptica.

Tokom izvođenja radova moguća su narušavanja ekosistema vodene sredine usled rasipanja zemljanog materijala u rečnu sredinu i povećanja koncentracije suspendovanih materija. Uklanjanje peskovito - šljunkovitog materijala sa rečnog dna može da prouzrokuje uništavanje prirodnih staništa i mrestilišta postojećih ribljih vrsta.

U toku rada objekata vodoprivrednog sistema neće doći do emitovanja bilo kakvog zagađenja i zračenja, kojim bi se pogoršao kvalitet vazduha u regionu. Dosadašnji zagađivači vazduha na slivnom području akumulacije kao što su: domaćinstva (grejanje na čvrsta goriva), saobraćaj i poljoprivredna proizvodnja ostaće nepromenjene strukture nakon izgradnje sistema. Može se zaključiti da će kvalitet vazduha u uslovima formiranog sistema ostati nepromenjen u odnosu na period pre početka radova.

Izgradnjom akumulacije stvoriće se uslovi za bolje iskorišćavanje voda reke Velika Dičina, a promene u vodnom režimu ogledaće se u:

- eliminisanju sezonske i dnevne neravnomernosti proticaja,
- ublažavanju posledica plavljenja pri pojavi velikih voda,
- povećavanju obezbeđenosti malih voda ispuštanjem garantovanog proticaja kontinualno nizvodno od brane i
- promeni režima podzemnih voda.

Formiranje akumulacije i regulisanje proticaja, tj. izmena prirodnog hidrološkog režima reke, izaziva hidrodinamičke promene u fizičkom sistemu vodotoka, što dalje uzrokuje niz hemijskih i bioloških promena. Neke nepovoljne promene bioloških, hemijskih i fizičkih karakteristika vode su privremene i nestaju nakon rane faze veka akumulacije (period sazrevanja), dok su druge trajnije i mogu se uvećavati tokom vremena.

Zasipanje akumulacije i uticaj suspendovanog nanosa

Formiranjem akumulacije preseca se prirodni rečni tok i onemogućava transport pokretnog čvrstog materijala koritom reke nizvodno od profila brane. Slivno područje Velike Dičine sa pritokama bujičnog karaktera, predstavlja bogato izvorište nanosnog materijala, koje potencijalno gravitira budućem jezeru. Nakon formiranja akumulacije može se očekivati deponovanje vučenog i dela suspendovanog nanosa u najnižvodnjem delu akumulacije u blizini brane, smanjenja korisne zapremine i promene morfološkog oblika korita u zoni uspora. Detalji proračuna dospeća nanosa sa slivnog područja akumulacije „Banjani”, dati su u poglavlju Erozijska i produkcija nanosa.

Proračunima je predviđena zapremina korisnog prostora akumulacije od $2 \times 10^6 \text{ m}^3$ i mrtvog prostora od 375000 m^3 . Predviđeno vreme taloženja nanosa u akumulaciji iznosi 100 godina, a eventualna izgradnja uzvodnih brana ili pregrada produžiće vek trajanja akumulacije.

Transport vučenog i suspendovanog nanosa u koritima reka i njegovo zadržavanje u akumulacijama ima veliki vodoprivredni značaj. Pri opadanju transportne sposobnosti toka, nanos se taloži u koritu stvarajući sprudove i barijere, a akumulacije zasipa i smanjuje korisnu zapreminu. Plivajući nanos koga čine plastične flaše, otpad od razne ambalaže, najlonske kese, džakovi, granje, stabla, lišće, trava i ostali kabasti otpad može da deluje kao armatura u naslagama erozionog nanosa, stvarajući probleme vodoprivrednim objektima. Poseban problem je uticaj nanosa na kvalitet vode akumulacije koja se koristi za vodosnabdevanje.

Ova pojava je naročito izražena na postojećim akumulacijama u čijim slivovima se nalaze nehigijenske deponije, koje su potencijalna izvorišta hemijski zagađenog nanosa. Pored antropogenog učešća u produkciji nanosa (odlaganje komunalnog otpada, korišćenje šuma, poljoprivredne delatnosti), deo nanosa potiče iz prirodne sredine.

U skladu sa prioritarnom funkcijom buduće akumulacije, kao izvorišta vode najvišeg kvaliteta za potrebe vodosnabdevanja, sanitarnom zaštitom je obuhvaćena površinska oblast sliva, na kome će se pratiti izgradnja i delatnost objekata, vršenje svih aktivnosti, koje mogu da izazovu promenu fizičkih i hemijskih svojstava vode u akumulaciji.

Strogim kontrolisanjem svih aktivnosti prema programu sanitarne zaštite akumulacije obuhvaćeni su: izgradnja i korišćenje objekata, deponovanje komunalnog i ostalog otpada, krčenje šuma, površinski i podzemni radovi, poljoprivredna delatnost (upotreba đubriva, gajenje stoke), okupljanja ljudi i ostalo, u najvećoj meri će biti izbegnute pojave stvaranja plivajućeg nanosa, prouzrokovane ljudskim delatnostima. Hortikulturnim uređenjem priobalnog područja akumulacije količine plutajućeg nanosa koji nastaje pod uticajem prirodnih činioca: drvo, granje, trava, lišće, biće maksimalno smanjene. Projektnim rešenjima cevni objekata sa rešetkama na ulazu, zadržava se i sprečava prodiranje ovog materijala u objekte: odvodni tunel, temeljni ispust, vodozahvatnu kula i ispust garantovanog proticaja. Plivajući otpad će se prikupljati i odlagati na obližnju komunalnu deponiju.

Koncepcija rešenja zaštite akumulacionog bazena od nanosa ima za cilj da se svaki kubni metar korisnog akumulacionog prostora sačuva što duže od zasipanja i da u akumulaciju stiže čista voda maksimalno oslobođena svih vrsta nanosa. Programom antierozivne zaštite su predviđeni: šumsko meliorativni radovi, građevinski radovi i administrativne mere zaštite sliva.

Kao posledica istaložavanja nanosnog materijala u jezeru, voda koja se ispušta iz jezera, za obezbeđenje minimalnog proticaja ili preliivanja pri velikim vodama, oslobođena je od čestica nanosa. Takve vode imaju veću erozivnu snagu, što može negativno uticati na pojačano produbljenje korita nizvodno od brane.

Uticaj na biljni i životinjski svet

Izgradnja akumulacionog basena u koritu reke Velika Dičina, nesumnjivo narušava odnose u vodenom ekosistemu i obodnim staništima već u fazi izgradnje, a znatno više posle punjenja jezera. U zoni uspora, do maksimalne kote budućeg jezera, dolazi do potapanja određenih delova rečne doline, uvala i pritoka, odnosno svih postojećih zemljišnih oblika uzvodno od brane. Tako dolazi do sukcesije, ne samo vodenih biotopa, već i terestričnih staništa u zoni potapanja. Pretvaranje brdsko-planinskog rečnog toka u jezero dovodi do trajne promene biocenoza vodenih i kopnenih ekosistema u samoj akumulaciji, ali i u neposrednoj okolini akumulacionog jezera.

Izgradnjom brane, odnosno formiranjem jezera, dobija se relativno mirna vodena površina, što uslovljava promene u najznačajnijim edifikatorima zajednica vodenih organizama. Kolebanje nivoa vode u jezeru usled promene hidrološkog režima je nepovoljna činjenica za živi svet i zbog stvaranja izolacione zone izmenu viših staništa i jezerske vode mogu posebno biti ugroženi novonastali ekosistemi. Povoljna okolnost je što kontinualno zahvatanje vode za vodosnabdevanje izaziva manje denivelacije nivoa vode u jezeru. Zbog kvalitativne promene usporene vode u akumulaciji (promene temperature vode i količine kiseonika), realno je očekivati promenu sastava ihtiofaune, pojavu novih vrsta vodenih ptica, vodozemaca, dok se ne očekuje pojava novih vrsta sisara u okolini akumulacije. Izgradnjom velike vodene površine akumulacije preseca se prirodni migratorni tok domaćih i divljih životinja i sprečava slobodno kretanje na celom području, što može da naruši opstanak faune.

Zbog promene prirodnog režima vode, nizvodno od brane, takođe dolazi do određenih uticaja na biljni i životinjski svet. Umesto prirodnog kretanja ribljih vrsta uz i niz rečni tok, dolazi do prekida tog kretanja u podnožju izgrađene brane. Ovaj problem može se ublažiti izgradnjom riblje staze. U cilju zaštite ihtiofaune na vodotoku neophodno je primenjivati mere zaštite ihtiofaune u uslovima eksploatacije akumulacije, koje obuhvataju sanitarno uređenje slivnog područja i sprovođenje strogo kontrolisanog poribljavanja na bazi specijalističkih ihtioloških studija. Ove aktivnosti treba prioritetno sprovesti u cilju očuvanja kvaliteta vode akumulacije za potrebe vodosnabdevanja. Kontrolisani ribolov na jezeru, bez upotrebe motornih čamaca, je dozvoljen, a ribogojstvo zabranjeno.

Pozitivni efekti izgradnje brana mogu se očekivati, pre svega, u povećanju produktivnosti ihtiofaune, što može uticati i na povećanje intenziteta ribolovnog turizma i mogućnost pozitivnih ekonomskih efekata na nivou regiona.

Izgradnjom akumulacije doći će do promena hidroloških i morfoloških karakteristika rečnog toka-smanjenja brzine vode, povećanja dubine, sedimentacije i izmena karakteristika dna. Izmene dovode i do promene odnosa lotičkih i lenitičkih zona, u korist značajnog povećanja udela dubokih lentik (mirnih) zona. U lentik zonama stvoriće se drugačiji abiotički i biotički uslovi u odnosu na lotička područja, koja su trenutno

dominantna. Promene obuhvataju i strukturu dna i sedimenata, što podrazumeva formiranje mekanog, muljevito-peskovitog dna na većem delu akumuliranih delova toka.

U zonama sa izmenjenim morfološkim i hidrološkim uslovima doći će do promena u strukturi faune dna, u smislu povećanja udela psamofilnih i pelofilnih formi iz grupa oligoheta i hironomida. Biomasa ovih organizama, u ovakvim izmenjenim uslovima, može da iznosi i do 60 g/m². Pored toga, očekuje se povećanje produktivnosti Mollusca (puževi i školjke), koje mogu poslužiti kao energetska efikasna hrana mnogim oblicima bentivornih i omnivornih vrsta riba. Navedene promene imaće, pre svega, pozitivan uticaj na strukturu, produkciju i biomasu riba uzvodno od brana, a i na širem sektoru, ako se obezbede staze za nesmetanu migraciju, odnosno povezivanje populacija.

Stvaranjem dubokih i mirnih delova toka izgradnjom brana, doći će do povećanja biomase i produkcije ribljih vrsta iz sledećih razloga:

1. duboki delovi formiranih rečnih akumulacija neposredno pored brane, kao i delovi toka ispod brana (dolazi do stvaranja dubokih delova usled obrušavanja vode) biće zabranjeni za rekreativni ribolov. Na ovaj način formiraće se prirodni rečni mikro-rezervati, pogodni za boravak kapitalnih primeraka riba. Oni su većim delom svog života reproduktivno aktivni, tako da se na ovaj način formira dobar biološki reproduktivni potencijal, koji će omogućiti sigurnu reprodukciju dominantnih ribljih vrsta;
2. delovi akumulacija van zabranjene zone, takođe, će predstavljati pogodno stanište (povoljni abiotički uslovi, dovoljno kvalitetne riblje hrane) za krupnije primerke riba. Na taj način ovi delovi predstavljaju mesto okupljanja velikog broja rekreativnih ribolovaca, što će imati pozitivan efekat u smislu razvoja ribolovnog turizma;
3. novoformirane akumulacije predstavljaju pogodno stanište za bento-pelagijalne forme. Ovo se, pre svega, odnosi na ukljevu (*Alburnus alburnus*) i bodorku (*Rutilus rutilus*). Na ovaj način povećaću se ukupna biomasa ribljeg fonda, kao i količina hrane za grabljive vrste riba;

4. nove akumulacije će predstavljati pogodno stanište za naseljavanje i povećanje brojnosti i biomase populacija sada manje zastupljenih ribljih vrsta, kao što su smuđ i šaran. Povećanjem brojnosti i biomase ovih kvalitetnih i ribolovno veoma atraktivnih ribljih vrsta, predstavljajući veoma atraktivnu ribolovnu vodu rekreativnih ribolovaca. Na ovaj način može se ostvariti značajan ekonomski efekat, uz planski razvoj ribolovnog turizma;
5. temeni delovi akumulacija, odnosno delovi na prelazu brzog dela toka u mirni, predstavljajući pogodna mesta za mrest rečne mreže. Na ovaj način doći će do povećanja brojnosti i biomase i ove veoma ribolovno atraktivne riblje vrste.

Iz prethodno iznetog teksta, jasno je da će se povećati raznovrsnost staništa za ihtiofaunu na prostoru na kome je planirana izgradnja brana. Riblje staze u određenoj meri mogu obezbediti migraciju faune. Povećanje raznovrsnosti staništa može imati i pozitivne efekte na ukupnu biološku raznovrsnost u okviru vodenih ekosistema. U izmenjenim uslovima može se očekivati i povećanje raznovrsnosti i produkcije malakofaune, što dodatno može imati pozitivne efekte na riblju faunu.

Na delovima akumulacije koji će biti pod uticajem uspora doći će do formiranja zona sa stajaćom vodom, čime se stvaraju uslovi za obrazovanje zajednice vodenih makrofiti. Ceo sklop staništa koji će se formirati predstavlja ekotonska područja, koja su značajna za očuvanje biološke raznovrsnosti. Ove zone naročito mogu biti pogodne za neke gmizavce i vodozemce.

Novoformirana staništa pogodna su za adaptaciju alohtonih organizama (organizama stranog porekla), s toga posebnu pažnju treba posvetiti prevenciji unosa ovih vrsta, jer mnoge od njih su invazivnog karaktera i mogu imati negativne efekte, kako na nativnu raznovrsnost, tako i na ribolovni turizam. Tu se, pre svega, misli na sprečavanje unosa alohtonih vrsta putem poribljavanja. Pažnju treba usmeriti i na sprečavanje unosa koji je posledica oslobađanja vrsta koje se koriste u akvaristici, ili su česti kućni ljubimci.

O mogućim promenama u biljnim i životinjskim zajednicama se ne može preciznije govoriti bez potpunijih istraživanja postojećeg stanja biološke raznovrsnosti vrsta i promena u okolinama ranije formiranih akumulacija. Formiranje biocenoza i stabilizacija ekosistema u akumulacijama ovakvog tipa obično traje 3-5 godina (Global

Water Partnership 2009). Pre izgradnje vodoprivrednog sistema potrebno je snimanje postojećeg stanja biološke raznovrsnosti (na specijskom nivou i nivou staništa) kako bi se mogle pratiti promene u novonastalom stanju.

Uticao na stanovništvo i socio-ekonomske prilike

Izgradnja i punjenje akumulacije usloviće i promenu namene korišćenja zemljišta u zoni potapanja i neposredno oko te zone, što dovodi do promene uslova života stanovništva na tom području. Formiranje jezera će prouzrokovati presecanje lokalnih infrastrukturnih objekata, zbog čega posebnu pažnju treba posvetiti određivanju dispozicije sistema.

Teoretske promene u mikroklimi lokaliteta u vidu povećanja vlažnosti, smanjenja temperaturnih kolebanja i verovatnoće pojave mraza, dešavaju se samo u uskom prostornom okviru akumulacije, u kome je veoma slaba naseljenost područja. Obzirom na malu površinu akvatorije i mikroklimatske promene malog intenziteta, može se konstatovati da one ne mogu imati negativno dejstvo na zdravlje lokalnog stanovništva.

Izgradnjom vodoprivrednog sistema očekuju se pozitivni socio-ekonomski uticaji:

- poboljšanje uslova života stanovništava usled obezbeđenja dodatnih količina vode za vodosnabdevanje i smanjenja šteta od poplava,
- zaustavljanje nepovoljnih migracionih tokova obezbeđivanjem novih uslova za privređivanje,
- poboljšanje ekonomskog i društvenog standarda na lokalnom području, zapošljavanjem stanovništva u vodoprivredi i turizmu i
- poboljšanje lokalne infrastrukture.

Uticao na kvalitet voda

Pozitivni efekti na kvalitet vode u akumulaciji su sledeći: sniženje temperature vode tokom leta i povišenje temperature zimi, smanjenje mutnoće, smanjenje koncentracije bakterija fekalnog porekla, poboljšanje boje, izravnjanje prirodnih oscilacija u pogledu proticaja i kvaliteta vode.

Negativni efekti su: nagomilavanje mulja kao potencijalnog izvora suspendovanog nanosa saturisanog makro i mikro nutrijentima, povećanje koncentracije nekih zagađivača usled razmene između vode i nanosa istaloženog na dnu akumulacije, smanjenje koncentracije rastvorenog kiseonika, pogoršanje mirisa i ukusa vode usled rasta algi ili procesa raspadanja na dnu akumulacije.

Prirodni procesi koji neizbežno prate život svake akumulacije i u najznačajnijoj meri utiču na kvalitet vode su stratifikacija i eutrofikacija. Stratifikacija je pojava formiranja slojeva vodene mase koji se odlikuju različitim fizičkim, hemijskim i biološkim karakteristikama. Fenomen stratifikacije se objašnjava temperaturnim ciklusom, koji je indikator gustine. Negativna posledica stratifikacije je onemogućeno mešanje vode površinskog toplijeg sloja-epilimniona, bogatog rastvorenim kiseonikom i hladnijeg sloja na dnu-hipolimniona, kod koga se javlja izrazit deficit rastvorenog kiseonika, čak su mogući i anaerobni uslovi. Eutrofikacija je biološki proces starenja akumulacije, koja se odvija sporo ali ima za posledicu skraćenje veka vodenih masa. Eutrofikacija je u direktnoj vezi sa neuravnoteženim bilansom organske materije u vodenom sistemu. Da bi stepen eutrofikacije akumulacije bio minimalan, nužno je da dva ključna procesa u okviru biodinamičkog ciklusa: oksidacija ili demineralizacija organske materije od strane bakterija u hipolimnionu i redukcija minerala i resinteza organske materije od strane planktona u epilimnionu, budu uravnoteženi.

Do pomeranja ravnoteže dolazi kod izuzetno velikog priliva organske materije u jezero ili izražene stratifikacije, što dovodi do povećanja rasta akvatičnog biljnog sveta. Prekomeran razvoj biljnog sveta može da dovede do: pojave neprijatnog ukusa i mirisa vode, smanjenja rastvorenog kiseonika, pojave gvožđa i mangana, povećanja temperature, veće zastupljenosti modrozelenih algi, povećanja koncentracije suspendovanih materija organskog porekla (fitoplankton, zooplankton, bakterije, detritus, itd.), formiranja huminskih materija (Paunović M., 2008).

10.1. Modeliranje kvaliteta vode u akumulaciji

Za eksploataciju i upravljanje sistemom je veoma važno da se još u fazi planiranja sagledaju i prognoziraju dinamički procesi koji će se odvijati u akumulacijama, u vidu promena abiotičkih i biotičkih stanja akvatorija – ekološka stabilnost. Zbog toga se koriste složeni matematički modeli za blagovremeno simuliranje dinamičkih procesa i njihovo ponašanje tokom vremena u akumulacijama, nakon uspostavljanja novih vodnih režima. Simulacijama ponašanja ekosistema za očekivane ulaze nutrijenata moguće je sagledati uticaj planiranih mera zaštite, čiji je cilj da se akvatorije održavaju u nekom unapred definisanom stanju trofije.

Svrha tih modela je da se sagleda dinamizam svih procesa koji su bitni za analizu fenomena sukcesija u vodenim ekosistemima, zaključno sa dostizanjem stanja kulminacije, kao i da se iznađu mere kojima će se sistemi održati na poželjnim platoima homeostatske ravnoteže i u zahtevanim stanjima biološke raznovrsnosti. Iznalaženje mera kojima će se sistem održati u poželjnoj ravnoteži i sa odgovarajućom raznovrsnošću bioloških vrsta, postaje osnovni cilj ekologije hidrotehničkih sistema.

Matematički model akumulacije Banjani izrađen je primenom softvera UNEP-PAMOLARE 3 (Planning And Management of Lakes and Reservoirs focusing on Eutrophication)¹. Ovaj model simulira sve značajne pokazatelje kvaliteta vode i pojednostavljenog lanca ishrane, u dvoslojno stratifikovanom jezeru. Model je nastao unapređenjem i proširivanjem formulacije, čuvenog Jorgensenovog modela (Jorgensen S., et al., 2003).

PAMOLARE 3 je model razvijen u okviru programa Ujedinjenih nacija za zaštitu životne sredine. Naziv modela, sadržan u skraćenici, označava planiranje i upravljanje jezerima i akumulacijama (rezervoarima) sa fokusom na eutrofikaciju. Model je, prvenstveno, osmišljen za planiranje procedura restauracije plitkih jezera. Osnova modeliranja je unos nutrijenata, odnosi u lancu ishrane simulirani na osnovu izabranih edifikatora, a izraženo preko zajednica (fitoplankton, cijanobakterije i zooplankton,

¹ <http://www.unep.org/dtie>

riblja zajednica, submerzne makrofite) i solarne radijacije, što su parametri koji odražavaju stepen eutrofikacije (Comin, F.A. 2010).

PAMOLARE 3 je model sa dva sloja, srednje složenosti (a medium complex 2-layer model). Dva sloja predstavljaju epilimnion (gornji sloj) i hipolimnion (donji sloj) jezera koje je termički stratifikovano u vertikalnom pravcu, a razmena materije između njih se odvija kroz termoklinu difuzionim transportom.

Za vreme leta, u jezerima koja su dublja od granice penetracije svetlosti, dolazi do uspostavljanja temperaturne stratifikacije. Obrazuju se dva sloja vode sa različitim fizičko-hemijskim i biološkim pokazateljima. Površinski sloj lakše i toplije vode, epilimnion, leži na hipolimnionu, sloju sa tamnom i hladnom vodom. Između se nalazi tanak sloj, metalimnion, sa izraženim gradijentom temperature, termoklinom, koja otežava prodor vode iz epilimniona u hipolimnion. Epilimnion je bogat kiseonikom zbog fotosinteze i rearacije, dok se u hipolimnionu kiseonik troši u različitim procesima, pa često dolazi do pojave hipoksičnih ili anoksičnih uslova (Kostić D., Ivetić M., 2010).

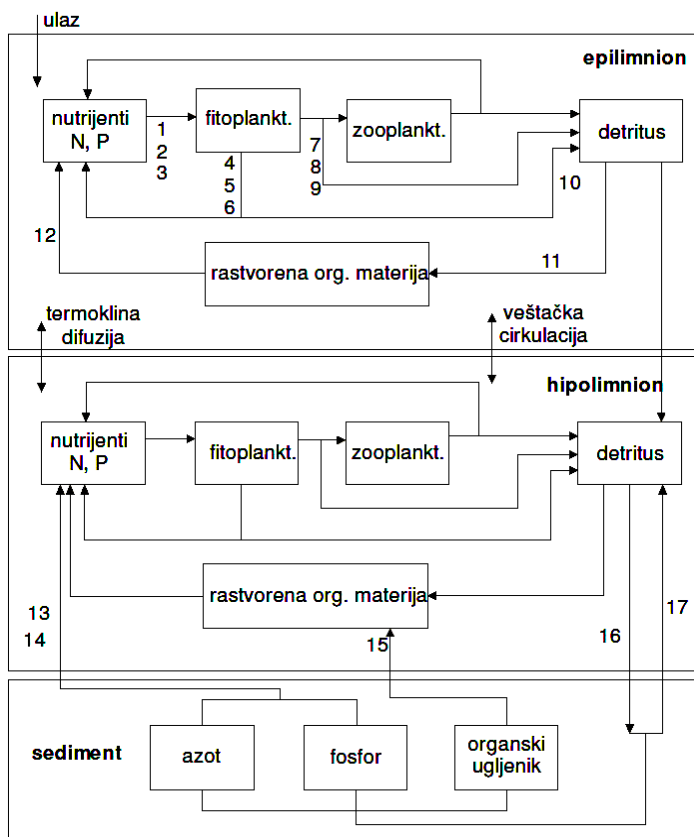
Korišćeni dvoslojni model spada u kategoriju srednje složenosti, jer ima pojednostavljenu hidrodinamiku, ali i detaljan program eutrofikacije, koji spada u klasu standardnih formulacija. Sa vremenskom rezolucijom na dnevnom nivou simuliraju se sezonske promene dvanaest promenljivih:

1. neorganski azot,
2. neorganski fosfor,
3. fitoplankton (diatome),
4. modro-zelene alge (cijanobakterije),
5. fitoplankton (osobine koje korisnik sam definiše),
6. zooplankton,
7. neživa čestična organska materija (detritus),
8. rastvorena organska materija,
9. rastvoreni kiseonik,
10. ukupni azot u sedimentu,
11. ukupni fosfor u sedimentu i
12. rastvorene organske materije u pornoj vodi sedimenta.

Ulazni podaci za modeliranje obuhvataju tri parametra vezana za alge (dijatome, dodatni parametri koje korisnik definiše i cijanobakterije, što direktno reflektuje vrednosti nutrijenata (neorganski azot i neorganski fosfor), a uz parametre vezane za zooplankton, u lancu ishrane, tako što se definišu odnosi predator-plen (između zooplanktona i fitoplanktona); rast i prirodna smrtnost fitoplanktona i zooplanktona; dinamika rastvorenog kiseonika; istaložavanje i resuspenzija nutrijenata itd. Kao nedostatak modela se može navesti odsustvo termodinamičkog modula. Temperatura vode nije računati već ulazni podatak. Na slici 10.1. dat je šematski prikaz promenljivih modela sa putanjama njihove transformacije.

Grupe fitoplanktona rastu u procesu fotosinteze tako što uzimaju neorganske nutrijente (putanje 1, 2 i 3) uvećavajući biomasu čiji je pokazatelj hlorofil-a. Fitoplankton degradira, uvećavajući masu detritusa i neorganskih nutrijenata, pritom trošeći rastvoreni kiseonik (putanje 4, 5 i 6). Zooplankton filtrira vodu i hrani se svim vrstama fitoplanktona (putanje 7, 8 i 9), a degradira prirodnom smrtnošću (10) uvećavajući masu detritusa, neorganskih nutrijenata, pritom trošeći kiseonik. Mera biomase zooplanktona je tzv. živi organski ugljenik. Predatorstvo nad fitoplanktonom nije u potpunosti efikasno. Ostaci fitoplanktona iz procesa ishrane zooplanktona filtriranjem, direktno prelaze u detritus. Masa detritusa u vodi smanjuje se istaložavanjem i njegovom dekompozicijom u rastvorenu organsku materiju (11). Rastvorena organska materija degradira u organske nutrijente, trošeći rastvoreni kiseonik (12). Treba napomenuti da se skoro svi od navedenih procesa odvijaju u oba sloja, epilimnionu i hipolimnionu.

Fitoplankton je prisutan u oba sloja, ali raste samo u gornjem sloju koji je osvetljen. Oslobođanje neorganskog azota, neorganskog fosfora i rastvorene organske materije iz sedimenta (putanje 13, 14 i 15) odvija se samo u donjem sloju kao i taloženje i flotacija sedimenta (putanje 17 i 16). Razmena materije između gornjeg i donjeg sloja odvija se difuzijom, čiji se intenzitet iskazuje koeficijentom difuzije, K_0 i zavisi od stratifikacije. U model se može uvrstiti i veštački izazvana cirkulacija (hipolimetički aeratori, destratifikatori itd.) tako što se definiše protok cirkulacije između dva sloja. Detaljniji opis modela se može naći u zvaničnoj dokumentaciji paketa PALMOLARE 3, a model je dostupan na Internet stranici: www.unep.org.jp.



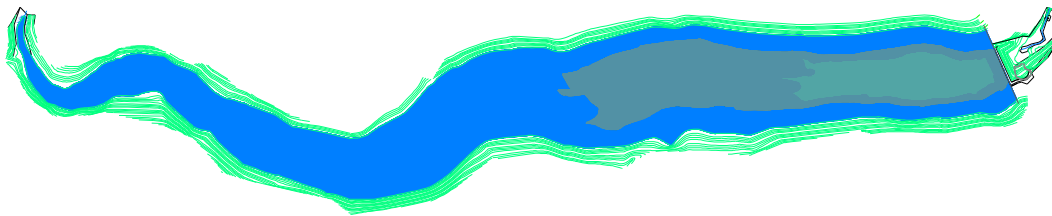
Slika 10.1. Šematski prikaz promenljivih modela i putanja njihove transformacije

Ulazni podaci

Modeliranje kvaliteta vode u akumulaciji Banjani urađeno je sa podacima o protoku zabeleženim 2007. godine, koja je uzeta kao reprezentativna (te godine srednji godišnji protok u profilu vodozahvata iznosio je $Q_{\text{sr}}=0,273 \text{ m}^3/\text{s}$, što je najbliže vrednosti od $0,724 \text{ m}^3/\text{s}$, koliko iznosi srednji višegodišnji protok u tom profilu). Predviđeno je konstantno zahvatanje vode iz akumulacije za potrebe vodosnabdevanja $Q_{\text{vs}}=0,100 \text{ m}^3/\text{s}$, kao i ispuštanje garantovanog protoka $Q_{\text{gep}}=0,028 \text{ m}^3/\text{s}$. Merenja proticaja su vršena svakodnevno, a temperature i kvaliteta rečne vode jednom nedeljno. Podaci o proticajima Velike Dičine, u profilu retenzije, dati su u prilogu br. 14. Podaci o kvalitetu rečne vode, sa karakterističnim analizama, dati su u prilogu br. 16.

Geometrija akumulacije data je u poglavlju „Bilans voda i dimenzionisanje akumulacije“. Akumulacija je pravilnog oblika, srednje dužine i dubine i relativno male širine

vodenog ogledala. Osnovne karakteristike akumulacije su: kota normalnog uspora 505.30 mm, dužina jezera na KNU iznosi 1.700 m prosečne širine 130 m, dužina jezera na KKP (508.00 mm) iznosi 1850 m prosečne širine 145 m, kota dna akumulacije na mestu brane 480.00 mm, prosečna dubina akumulacije do KNU 12 m, prosečna dubina akumulacije do KKP 13,5 m, zapremina akumulacije do KNU $2,375 \times 10^6 \text{ m}^3$, zapremina akumulacije do KKP $2,93 \times 10^6 \text{ m}^3$.



Slika 10.2. Akumulacija sa usporom vode do kote 508 mm (KKP)

Broj izmena vode u projektovanoj akumulaciji tokom godine (N_{iz}).

$$N_{iz} = V_Q / V_{uk}$$

gde je: V_Q - zapremina dotekle vode u prosečnoj hidrološkoj godini: $V_Q = 8,64 \times 10^6 \text{ m}^3$;

V_{uk} - ukupna zapremina akumulacije: $V_{uk} = 2,93 \times 10^6 \text{ m}^3$

Broj izmena vode u akumulaciji Banjani iznosi $N_{iz} = 2,95$ izmena/godišnje, što ukazuje na umerenu promenu vode u jezeru, na svaka četiri meseca. Međutim, reka Velika Dičina je bujičnog karaktera, što znači da se velika količina vode transportuje rekom u kraćim periodima poplava, koji su karakteristični za proletne i jesenje periode. Velike količine vode koje u tim periodima dotiču u jezero dodatno „mešaju“ vodu.

Jedan od najvažnijih fizičkih parametara kvaliteta vode u jezerima (akumulacijama), koji presudno utiče na hemijske procese i na živi svet, je temperatura vode i njen vertikalni raspored - termička stratifikacija. Formiranje termičke stratifikacije zavisi od klimatskih i morfometrijskih faktora, a karakteristično je za duboke akumulacije. Pod stratifikacijom se podrazumeva formiranje slojeva vodene mase koji se odlikuju različitim fizičkim, hemijskim i hidrodinamičkim karakteristikama. Iako do ove pojave

dolazi zbog razlike u gustini vode, koja, pored temperature, zavisi i od koncentracije suspendovanih i rastvorenih materija, fenomen stratifikacije može se objasniti temperaturnim ciklusom, jer je temperatura najznačajniji modifikator gustine.

Jezera na našem klimatskom području spadaju u grupu dimiktičnih jezera (Hutchinson G. E., 1957), jer imaju dva perioda mešanja vode (proletnji i jesenji) i dva perioda stagnacije (leto i zima). Potpuna stratifikacija je u drugoj polovini leta, kada se jasno razgraničavaju epilimnion (temperature oko 20-25°C), metalimnion (termoklina) sa velikim gradijentima i hipolimnion sa temperaturom od 4-10°C, zavisno od dubine jezera.

Podložnost jezera termičkoj stratifikaciji može se odrediti preko Frudovog broja termalne stratifikacije, čijom se modifikacijom dolazi do pokazatelja stratifikacije PS (Đorđević B., i dr., 1995)

$$PS = 320 \cdot \frac{QL}{VH}$$

gde su: Q - srednji godišnji protok (m³/s), L - dužina akumulacije (m), V - zapremina akumulacije (m³), H - srednja dubina akumulacije (m).

Za akumulaciju Banjani $PS = 320 \times 0.274 \times 1.850 / 2.930.000 / 13,5 = 0,004 < 0,1$ što pokazuje da će u ovoj akumulaciji doći do formiranja izražene termičke stratifikacije. Ovo je odlika svih dubokih akumulacija sa malim brojem izmenama vode u toku jedne godine.

Ulazni podaci za model kvaliteta su mesečno osrednjeni. Vrednosti parametara: temperatura vode, insolacija, brzina vetra, ulazni protok, izlazni protok, ukupan azot u pritoci, ukupan fosfor u pritoci, čestična organska materija u pritoci, rastvorena organska materija u pritoci i rastvoreni kiseonik u pritoci, dati su u tabeli 10.1.

Hidrološki podaci i podaci o kvalitetu vode, detaljno su obrađeni u poglavlju 9. Meteorološki podaci su takođe mesečno osrednjeni i potiču sa merne stanice V. Dičina.

Tabela 10.1. Ulazni podaci za model PAMOLARE

		Water Temp.	Inso-lation	Wind Speed	Inflow rate	Outflow rate	Nitrogen in Infl.	Phosp. in Infl.	Detritus In Influ.	Dissolved Organics in Influ.	DO in Influent
		T	I	W	Q	Q _{out}	N	P	D	C	DO
Day	Date	°C	MJ/m ² *d	m/sec	m ³ /d	m ³ /d	mgN/L	mgP/L	mgDW/L	mgCOD/L	mgO ₂ /L
1	01.01.07	2.4	1.80	1.30	41472	41472	2.020	0.021	5.00	1.00	14.70
32	01.02.07	4.4	4.57	2.20	23069	23069	1.850	0.007	5.00	1.00	16.60
60	01.03.07	6.5	2.23	2.80	47261	47261	1.570	0.028	5.00	1.00	14.80
91	01.04.07	7.2	15.62	1.70	17971	17971	1.930	0.004	5.00	1.00	14.10
121	01.05.07	15.0	18.04	1.50	14601	14601	1.250	0.001	5.00	1.00	9.20
152	01.06.07	18.0	19.48	1.70	17712	17712	1.420	0.022	5.00	1.00	9.50
182	01.07.07	25.0	31.23	1.60	5872	5872	1.680	0.005	5.00	1.00	8.70
213	01.08.07	25.0	26.17	1.20	5872	5872	1.640	0.022	5.00	1.00	9.20
244	01.09.07	18.0	14.18	1.40	7862	7862	1.790	0.008	5.00	1.00	9.50
274	01.10.07	10.0	13.68	1.60	13824	13824	1.660	0.009	5.00	1.00	10.40
305	01.11.07	9.0	6.30	1.20	45965	45965	0.430	0.007	5.00	1.00	10.60
335	01.12.07	4.4	4.32	1.50	41213	41213	0.880	0.003	5.00	1.00	11.30

Rezultati modela

Rast algi u jezeru limitiran je količinom neorganskih azotnih i fosfornih jedinjenja, pa se u matematičkim modelima kvaliteta obično razmatra samo dinamika ova dva nutrijenta. Rastvoreni organski i neorganski nutrijenti u akumulacije se unose iz spoljne sredine (površinskim oticajem i erozivnim odnošenjem nutrijenata iz zemljišta, otpadnim vodama, produktima razgradnje organskih materija u slivu, itd), kao i procesima u samom vodenom sistemu (razlaganje organske materije u detritusu i sedimentu, hidroliza rastvorenih organskih materija, itd). Rastvorene organske nutrijente bakterije apsorbuju, pa ih posredstvom endo-enzima razlažu. Neke vrste bakterija mogu da žive samo pod uslovom da u vodi ima dovoljno rastvorenog kiseonika. To su aerobne bakterije, koje vrše biohemijsku oksidaciju organske materije, trošeći rastvoreni kiseonik. Kao produkt razlaganja nastaje rastvorena neorganska materija. Rastvorene neorganske nutrijente iz vode uzimaju alge u procesu fotosinteze, stvaraju biomasu, koja postaje izvor biotičkih nutrijenata za ostale organizme u lancu ishrane.

Izumiranjem i putem ekskrecije živih organizama organski nutrijenti dospevaju u sediment gde ih razlažu bakterije. Ako u zoni dna vladaju anaerobni uslovi, razlaganje vrše anaerobne bakterije i krajnji produkti su gasovi (metan, nitriti, sulfidi i dr) koji odlaze u atmosferu i humus, koji služi kao hrana biljkama. Ako na dnu vladaju aerobni

uslovi, kao krajnji produkt razlaganja nastaju nitrati, amonijak, ugljendioksid, sulfati. To su rastvoreni neorganski nutijenti neophodni algama.

Opisano kruženje nutrijenata u vodenim ekosistemima veoma je složen proces, koji zavisi od niza fizičkih, hemijskih i bioloških faktora. Definiše se jednačinama održanja mase, koje se izvode iz poznatih dinamičkih jednačina promene stanja sistema, matematički se formalizuju za svaku od formi javljanja nutrijenta (*Bowie, 1985*), sadržane su u modelu, a ovdje se ne navode. U nastavku se sažeto prikazuju procesi kruženja azota i fosfora, jer su to najbitnije komponente abiotičkih procesa.

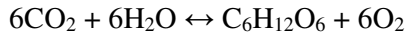
Modeliranje kvaliteta vode na primeru akumulacije Banjani prezentovano je na XII međunarodnoj konferenciji „Vodovodni i kanalizacioni sistemi“ na Jahorini (Ljujić M., Kostić D., Despotović J., 2012). Rezultati modela prikazani su grafički, slike br. 10.3., 10.4., 10.7. i 10.9., kao sezonske promene osnovnih eutrofikacionih pokazatelja: rastvorenog kiseonika, hlorofila-a (u diatomama), ukupnog azota i ukupnog fosfora.

Bilans rastvorenog kiseonika

Ključni pokazatelj kvaliteta vode u jezeru i indikator njegovog „zdravlja“ je koncentracija rastvorenog kiseonika i dinamika njegove promene. Rastvoreni kiseonik učestvuje u različitim hemijskim i biohemijskim reakcijama oksidacije organskih i neorganskih materija, dok ga živi svet uzima iz vode u procesu respiracije. Osnovni izvori rastvorenog kiseonika u jezerskoj vodi su gasoviti kiseonik iz atmosfere koji se rastvara u vodi procesom aeracije i fotosinteza koju obavljaju alge (Kostić D., Ivetić M., 2012).

U procesu fotosinteze proizvode se značajne količine rastvorenog kiseonika, dok se u procesu respiracije ove zalihe troše. Fotosinteza je proces svetlog dela dana, dok se respiracija obavlja i noću. Zbog toga, se koncentracije rastvorenog kiseonika u različitim delovima dana veoma razlikuju. Za vreme fotosinteze površinski, osvetljeni slojevi vode u kojima živi fitoplankton, su supersaturisani rastvorenim kiseonikom pa višak kiseonika odlazi u atmosferu. Procenjuje se da 70 % kiseonika u atmosferi potiče iz procesa fotosinteze morskog fitoplanktona.

Kvantifikovanje produkcije rastvorenog kiseonika u procesu fotosinteze može se izvršiti pomoću osnovne jednačine proizvodnje i dekompozicije organske materije u prirodi:



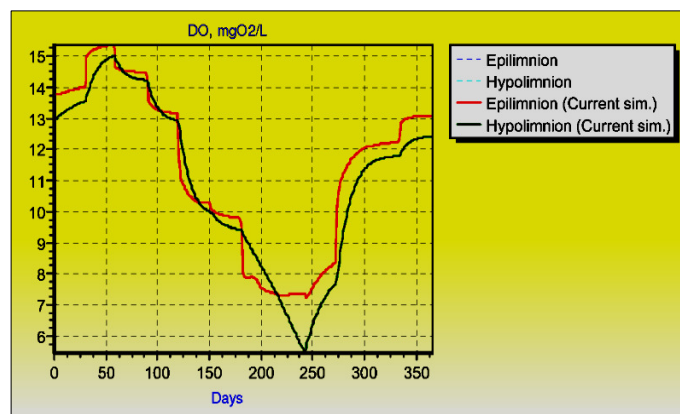
Pri razgradnji organske materije predstavljene preko jedinične mase organskog ugljenika utroši se $\gamma_{oc}=6 \times 32 / (6 \times 12) = 2.67$ grama kiseonika. Isto tako, identična količina kiseonika se oslobodi pri sintezi organske materije u procesu fotosinteze. Ova jednoznačna i dvosmerna veza omogućava da se efekti fotosinteze i respiracije vrednuju jedinicama kiseonika ili organskog ugljenika. Tako se fotosinteza može predstaviti kao produkcija kiseonika po jedinici zapremine u jedinici vremena P, a u zavisnosti od produkcije organskog ugljenika P_c :

$$P = \gamma_{oc} P_c; P \text{ (gO}_2\text{/m}^3 \text{ dan)}, P_c \text{ (gO}_2\text{/m}^3 \text{ dan)}.$$

Merenjem produkcije organskog ugljenika može se direktno odrediti količina proizvedenog rastvorenog kiseonika u procesu fotosinteze.

Koncentracija rastvorenog kiseonika je najveća na površini i opada sa dubinom. Pomoću rastvorenog kiseonika - odvijaju se aerobni procesi (respiracija, nitrifikacija, itd). Ako u najdubljim slojevima nema kiseonika u vodi se odvijaju procesi anaerobne razgradnje, pri čemu se oslobađaju gasovi (metan CH_4 , hidrogen sulfid H_2S , amonijak NH_3 , idr). Pored promene ukusa vodi, gasovi mogu biti i toksični (H_2S), tako da se narušava kvalitet celog vodenog ekosistema.

Dijagram rastvorenog kiseonika na slici 10.3. ukazuje na činjenicu da je voda u jezeru na početku kalendarske godine dobro promešana, pa su koncentracije rastvorenog kiseonika u oba sloja, bliske saturisanim pri niskim temperaturama vode. U toku leta, usled rasta temperature vode, opadaju koncentracije kiseonika u oba sloja, a posebno u hipolimnionu gde se stvaraju uslovi za raspadanje organske materije, a termoklina otežava prodor



Slika 10.3. Dinamika promene koncentracije rastvorenog kiseonika u akumulaciji Baniani

kiseonika iz epilimniona. Najmanje koncentracije kiseonika nastaju početkom septembra, u hipolimnionu koncentracija kiseonika opada na svega 3 mg O₂/l. Radi se o veoma kratkom vremenskom periodu od nekoliko dana u kome neće doći do stvaranja uslova za anaerobnu razgradnju. Početkom jeseni, dolazi do obnavljanja rezervi rastvorenog kiseonika usled hlađenja vode i njenog mešanja od strane vetra.

Bilans hlorofila-a (u diatomama)

Hlorofil je zeleni pigment koji se nalazi u većini biljki, algi i cijanobakterija. Njegovo ime je nastalo iz grčkog jezika: *χλωρός*, *chloros* = zeleno i *φύλλον*, *phyllon* = list. Hlorofil apsorbuje svetlost najjače u plavom i crvenom delu elektromagnetnog spektra, a najslabije apsorbuje zelenu svetlost.

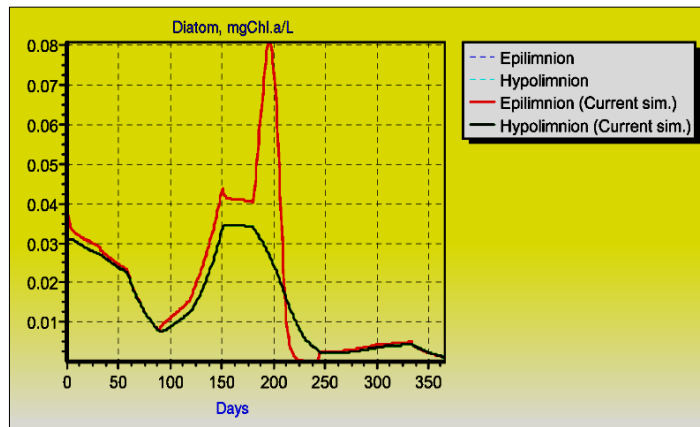
Vrlo je česta i vizuelno uočljiva pojava u veštačkim jezerima, poznata pod nazivom „cvetanje algi“, kada dolazi do masovnog razvoja fitoplanktona na račun povećane količine mineralnih materija. Povećanje količine mineralnih materija nastaje kao rezultat njihovog direktnog unošenja u akvatične ekosisteme, spiranjem sa okolnih poljoprivrednih površina ili kao posledica razgradnje organskog opterećenja. Masovni razvoj mikroalgi u takvim uslovima traje sve dok se ne utroše zalihe jednog ili više neophodnih elemenata za njihov razvoj. Tada alge počinju da odumiru, što ima za posledicu intenzivne procese truljenja uz veoma brzu i veliku potrošnju rastvorenog kiseonika, a to rezultira uginućem akvatičnih organizama.

Pošto sve zelene biljke, koje obavljaju fotosintezu, sadrže hlorofil *a* (ukupno 1-2 % suve mase planktonskih algi), koncentracija fotosintetskih pigmenata može poslužiti kao indikator biomase fitoplanktona.

Alge tokom rasta troše i uklanjaju rastvorene neorganske materije iz vode, dok je razlaganje uginulih algi glavna komponenta u kruženju nutrijenata. Alge su jedan od glavnih uzročnika smanjenja providnosti vode, što odlučujuće utiče na sve vrste biocenoza. Velika koncentracija algi može da ugrozi razvoj niza drugih vrsti.

Alge pogoršavaju miris i ukus vode, a sa povećanjem njihove brojnosti postaju složeniji i skuplji sistemi za prečišćavanje vode za piće, koji vodu zahvataju iz akumulacija.

Sezonske varijacije brojnosti algi, kao i dinamizam procesa fotosinteze danju i respiracije noću, bitan su uzročnik promena sadržaja kiseonika u jezeru. One dovode do saturacije kiseonika u površinskim slojevima vode, dok je taloženje i razgradnja uginulih algi



Slika 10.4. Dinamika promene koncentracije hlorofila a

glavni uzrok povećanja BPK i smanjenja rastvorenog kiseonika u hipolimnionu.

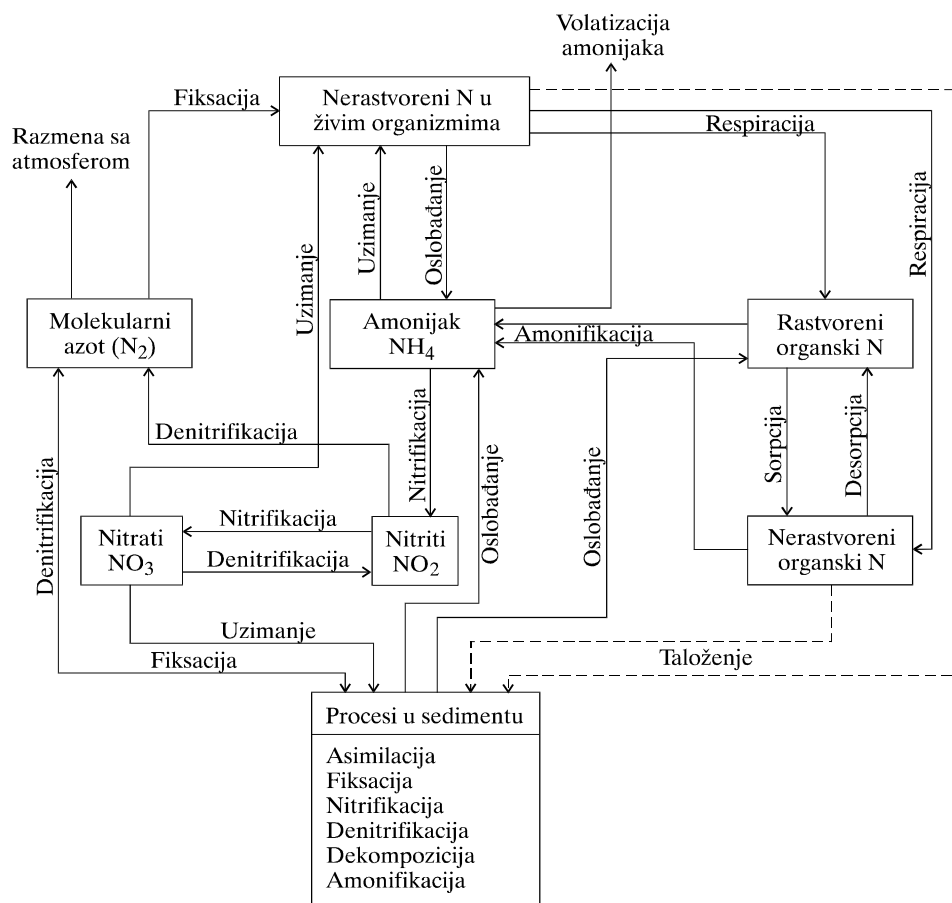
Poređenjem prethodna dva dijagrama može se jasno videti da je koncentracija hlorifila-a u obrnutoj srazmeri sa koncentracijom rastvorenog kiseonika. Ovo je potpuno logična korelacija, zbog toga što oksidacije organskih i neorganskih materija i truljenje planktonskih algi zahtevaju veliku potrošnju rastvorenog kiseonika.

Prema koncentraciji hlorifila-a u epilimnionu, koji je jedan od osnovnih pokazatelja trofičnosti, akumulacija Banjani će se nalaziti u mezotrofnom stanju (prema OECD, 1982), sa srednjom godišnjom vrednošću od oko 1,5 $\mu\text{g Chl}a/l$ i maksimalnom vrednošću od 4,2 $\mu\text{g Chl}a/l$. Prema prognozi koncentracije hlorifila-a, akumulacija će početkom avgusta meseca (220-ti dan u godini) preći u ultraoligotrofno stanje sa ujednačenim vrednostima koncentracije do kraja godine ispod 0,5 $\mu\text{g Chl}a/l$.

Bilans ukupnog azota

Azot pripada grupi biogenih elemenata u prirodnim vodama. On je konstitucioni element tkiva svih živih organizama, pa mu zbog toga pripada vodeća uloga u razvoju života u vodenim akumulacijama. Koncentracija i režim azota u potpunosti zavisi od intenziteta biohemijskih i bioloških procesa koji se odvijaju u akumulacijama. Izučavanje ponašanja jedinjenja azota je značajno zbog toga što su ona pokazatelj zagađenosti voda, a neka jedinjenja su i toksična.

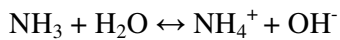
Azot koji je neophodan za proces biosinteze u okviru primarne produkcije, alge mogu da uzmu u obliku amonijačnih soli i nitrata, ili fiksacijom molekularnog azota (N_2) koju vrše modro-zelene alge. Zbog načina nadoknađivanja, azot uglavnom ne predstavlja ograničavajući faktor bioprodukcije u vodenim sistemima. Azot se u vodu vraća putem esrekcije i umiranjem živih organizama. Jedan deo detritusa se mineralizuje, a ostatak taloženjem dospeva u sediment. Iz sedimenta azot odlazi u obliku amonijaka, koji se dalje može nitrifikovati do nitrata, koji alge koriste u procesu bioprodukcije (slika 10.4.). Fitoplankton koristi neorganski azot u procesu fotosinteze, amonijum jon i nitrat. Nitrifikacija zavisi od količine kiseonika, ali na nju utiče i pH vrednost vode, koja pri vrednostima $7 > \text{pH} > 9$ sprečava rast bakterija *Nitrosomonas* i *Nitrobacter*.



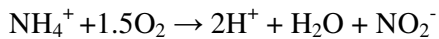
Slika 10.5. Kruženje azota u vodenom ekosistemu

Denitrifikacija je proces redukcije nitrata i nitrita do azota (N_2) i ostalih gasova (N_2O , NO). Taj proces ostvaruju anaerobne bakterije, denitrifikatori, kao i razne heterotrofne

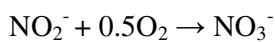
aerobne bakterije. Amonijak rastvoren u vodi je u ravnoteži sa amonijum jonom (NH_4^+) pri čemu njihove ravnotežne koncentracije zavise od pH vode.



Bakterije iz reda *Nitrosomonas* prevode amonijum jon u nitrit uz utrošak kiseonika.



U drugom koraku, bakterija roda *Nitrobacter*, prevode nitrit u nitrat, pri čemu se takođe troši kiseonik.

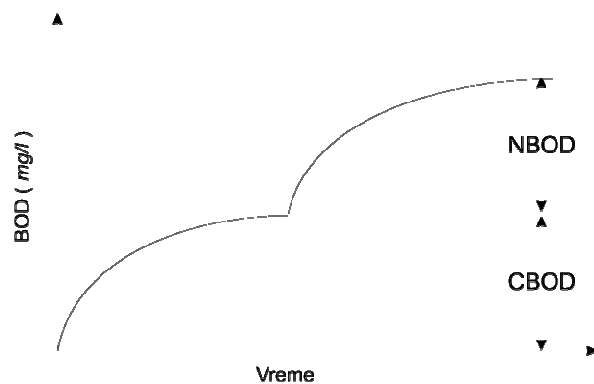


Specifični utrošak kiseonika u dvostepenom procesu nitrifikacije, određuje se iz stehiometrijskih jednačina:

$\gamma_{\text{oa}} = 1.5 \times 32 / 14 = 3.43 \text{ gO}_2/\text{gN}$; utrošak kiseonika pri oksidaciji amonijum jona,

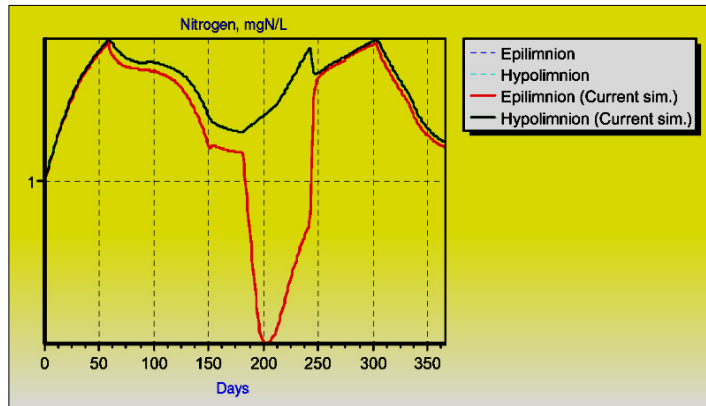
$\gamma_{\text{oa}} = 0.5 \times 32 / 14 = 1.14 \text{ gO}_2/\text{gN}$; utrošak kiseonika pri oksidaciji nitrita u nitrat.

U oba stepena procesa nitrifikacije troši se $4.57 \text{ gO}_2/\text{gN}$. Utrošak kiseonika u procesu nitrifikacije NBOD, ranije se modelirao analogno kao utrošak kiseonika pri razgradnji organske materije, CBOD. Na slici 10.6. grafički je prikazana potrošnja kiseonika u vodi koja sadrži značajne količine organske materije i azotnih jedinjenja.



Slika 10.6. Ugljenikova i azotova biohemijska potrošnja kiseonika

Na dijagramu ukupnog azota uočljiv je pad koncentracije u epilimnionu u toku leta, kada azotne nutrijente konzumira fitoplankton, koji tada intenzivno raste, slika 10.7.



Sredinom leta koncentracija azota u epilimnionu se približava nultoj vrednosti. To ipak neće ugroziti bioprodukciju u vodenom sistemimu, zbog načina nadoknađivanja azota. Posebno kada na dnu akumulacije vladaju aerobni uslovi, tada kao krajnji produkt razlaganja nastaju nitrati, amonijak, ugljendioksid, sulfati, a to su rastvoreni neorganski nutijenti neophodni algama.

Slika 10.7. Dinamika promene koncentracije ukupnog azota u akumulaciji Banjani

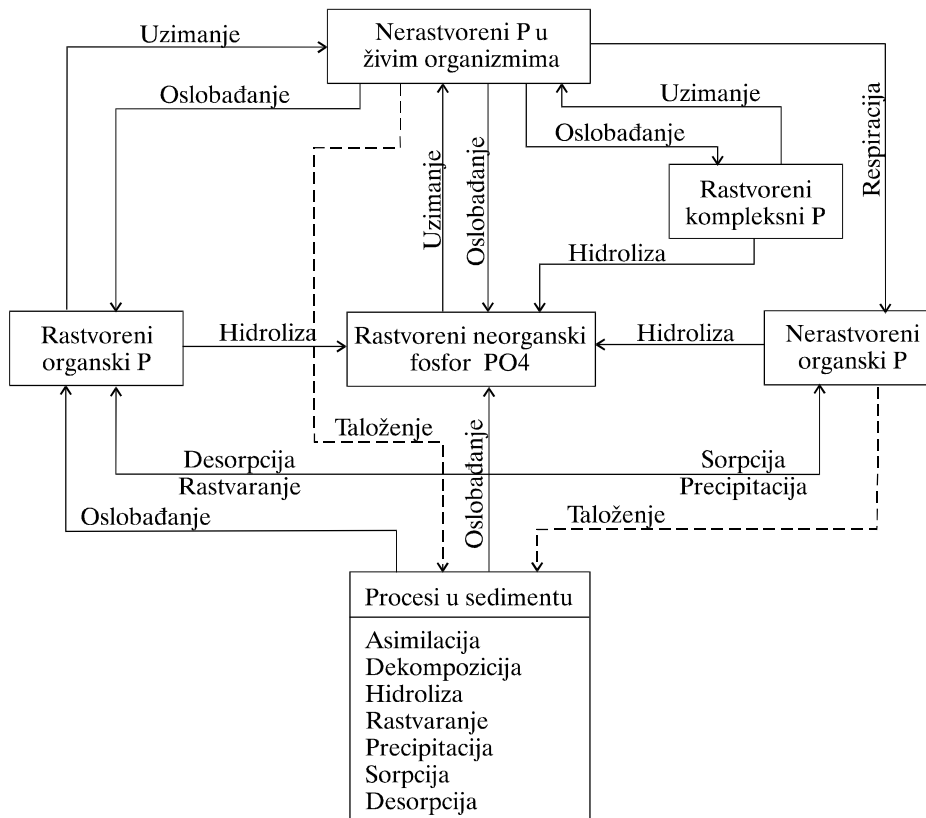
Bilans ukupnog fosfora

Fosfor je nutrijent koji alge koriste u obliku ortofosfata. U poređenju sa drugim nutrijentima, fosfor je uglavnom deficitaran, jer ga nema u velikim količinama u zemljinoj kori, a ne postoji ni u atmosferi u gasovitoj formi. Pored toga fosfatni minerali nisu lako rastvorljivi, a pritom se sorpcijom snažno vezuju za sitne čestice, pa se istaložavanjem uklanjaju iz vodenog taloga. Zbog svega toga, fosfornih jedinjenja u vodi ima relativno malo.

Fosfor se smatra najkritičnijim faktorom rasta u vodama. Najveće koncentracije fosfora potiču iz otpadnih voda, a ima ga u ljudskom i životinjskom otpadu, deterdžentima i veštačkim đubrivima. Ispuštanje otpadnih voda, drenaža sa poljoprivrednih dobara, ili otpadne vode određenih industrija, u vodenim sistemima mogu da stimulišu rast fotosintetskih vodenih mikro i makro organizama. Fosfor izaziva eutrofizaciju (rast algi), tako da kada otpadna voda bogata fosfatima dospe u reke one postaju nepodobne za život vodenih organizama (osim algi), za vodosnabdevanje, kao i za rekreaciju.

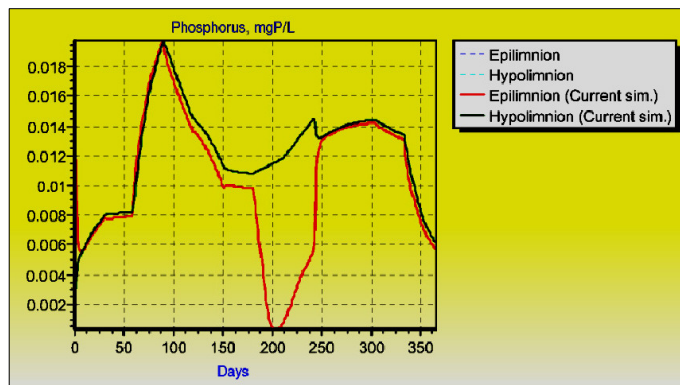
Kontrola fosfora je najefikasniji način za kontrolu primarne produkcije i usporavanje procesa eutrofikacije, zbog čega je on predmet posebne brige pri modeliranju i traženju adekvatnih mera zaštite akumulacije. Ključnu ulogu u zaštiti akumulacija od zagađenja ima kontrola unosa fosfora. Fosfor se u vodu vraća ekskrecijom i umiranjem živih organizama. Jedan deo organskog fosfora se hidrolizom vraća u rastvoreni neorganski oblik (ortofosfate), a ostatak taloženjem dospeva u sediment, gde se odigravaju procesi asimilacije, razgradnje, hidrolize, rastvaranja, desorpcije, tako da se rastvoreni organski i neorganski fosfor vraća u vodenu masu i ponovo služi kao hrana algama, čime se zatvara ciklus kruženja fosfora (slika 10.8.).

Obzirom da na slivu Velike Dičine nema stočarskih farmi, komunalnih i industrijskih otpadnih voda, u bliskoj budućnosti se ne očekuju problemi u kontroli unosa fosfora i zaštiti od visoke koncentracije ovog nutrijenta.



Slika 10.8. Kruženje fosfora u vodenom ekosistemu

Prema koncentraciji ukupnog fosfora, sa srednjom vrednošću od oko 0,011 mg P/l, akumulacija Banjani, prema OECD klasifikaciji, spada u vode koje su na granici između oligotrofiog i mezotrofnog stanja (granična vrednost iznosi 0,010 mg P/l). Maksimalne vrednosti ukupnog



Slika 10.9. Dinamika promene koncentracije ukupnog fosfora u akumulaciji Banjani

fosfora, koje u martu mesecu (slika 10.9.) dostižu vrednost od 0,020 mg P/l, akumulaciju Banjani prevode u mezotrofnog stanje. Pad koncentracije ukupnog fosfora u epilimnionu u toku leta, posledica je intenzivnog rasta fitoplanktona i algi (prvi u lancu ishrane) koji se hrane ovim nutrijentom.

10.2. Procena stepena trofije buduće akumulacije

Predviđanje stepena trofije budućih akumulacija neophodno je za analizu opravdanosti izgradnje objekata i projektovanje efikasnih mera za sprečavanje eutrofikacije.

Fitoplankton/alge, osnovni pokazatelji trofičnosti, svojim dinamizmom razvoja najneposrednije odražavaju stanje kvaliteta neke akvatorije. Rast fitoplanktona, njegova sezonska i prostorna distribucija zavise od niza faktora životne sredine.

Osnovni su:

1. svetlost i temperatura;
2. prilagođenost na planktonski način života;
3. nutrijenti (neorganski i organski) i
4. biološki faktori (kompeticija za neophodnim resursima sa drugim algama, iskorišćavanje od strane herbivora itd.).

Kako su navedeni faktori veoma promenljivi u toku jedne godine, odnosno čak i u istim sezonama različitih godina, nije moguće očekivati potpuno ponavljanje karakteristika fitoplanktona u vremenski razdvojenim periodima. Opšte karakteristike, međutim, apsolutno je moguće definisati.

Moguće je, dakle, sa izvesnom sigurnošću predvideti stepen trofije buduće akumulacije, na osnovu dešavanja u sistemima koji su joj, prema većini karakteristika, veoma slični.

Jednostavan pristup proceni nivoa trofije buduće akumulacije zasniva se na analizi parametara koji definišu stepen trofije u akumulacijama koje su slične u pogledu osnovnih prirodnih karakteristika. Sličnost se može definisati na osnovu niza kriterijuma koji su vezani za klimatske uslove: geografski položaj, nadmorska visina i karakteristike reljefa područja; morfološke karakteristike: površina, zapremina, dužina, širina i dubina jezera i karakteristike obalne linije. U obzir treba uzeti i ostale značajne parametre: karakteristike erozije u slivu akumulacije, parametre kvaliteta vode i sedimenta, podatke o tome da li je prilikom formiranja akumulacije uklonjena vegetacija iz školjke jezera, podatke o unosu tačkastog i difuznog zagađenja, itd.

Zajednica algi Velike Dičine obuhvata bentosne forme, dok planktonska zajednica nije razvijena, što je karakteristično za ovakav tip vodotoka. Kao što je navedeno u devetom poglavlju, najzastupljenije su silikatne alge iz grupe (razdela) Bacillariophyta, rodova *Cymbella*, *Navicula*, *Diatoma*, *Gophonema* i *Tabellaria*. Zastupljene su i žutozelene alge iz grupe Chrysophyta roda *Ochromonas* sa gustinom od 200-400 ind./100 ml.

Nakon formiranja akumulacije, doći će do promene uslova životne sredine i prelaska iz tipičnog ritronskog tipa ekosistema u sistem koji je, prema osnovnim karakteristikama, bliži stajaćim vodama. U takvim ekosistemima dolazi do postepenog razvoja zajednice fitoplanktona. Naseljavaju se prvo pionirske vrste, u zajednici biva zastupljen mali broj vrsta. Vremenom, zajednica postaje raznovrsnija i razvija se takozvana „klimaks“ ili zrela zajednica, koja odgovara uslovima koji postoje u akumulaciji.

Faktori koji utiču na strukturu i funkcionalnost ekosistema u akumulacijama su brojni i njihovo dejstvo na životne zajednice je složeno. Faktori deluju zajednički, nekad sinergistički, a nekad antagonistički. Može se reći da je svaka akumulacija entitet u

pogledu međusobnog odnosa faktora okruženja i životnih zajednica. Moguće je, ipak, naći niz pravilnosti koje se dešavaju u ovim odnosima, što nam omogućava predviđanje dešavanja u periodu formiranja akumulacije, kao i u utvrđenim vremenskim presecima.

Klasifikacija jezera prema ekološkim kriterijumima oligotrofna-eutrofna serija (Thienemann., 1926), zasniva se na primarnoj produkciji akvatičnih sistema. Trofija je odraz produktivnosti nekog ekosistema. Produktivnost zavisi od sastava i količine nutrijenata koji pristižu iz okolnog slivnog područja, od „starosti“ i dubine jezera.

Oligotrofne – nisko produktivne akvatične ekosisteme odlikuje manjak mineralnih materija neophodnih biljkama u procesu fotosinteze. Zato je količina fitoplanktona, a posledično i zooplanktona, mala. Usled male potrošnje kiseonika i dobre aeracije, voda je zasićena rastvorenim kiseonikom, čak i pri dnu. Proces taloženja je vrlo spor, a usporeni su i redukcion procesi. Ovakvi ekosistemi najčešće su smešteni u brdsko-planinskim oblastima.

Nasuprot oligotrofnim, eutrofne akvatične sisteme odlikuje visoka bioprodukcija. Vode eutrofnih ekosistema su bogate mineralnim materijama (pre svega fosfati i nitrati). Usled toga je fotosinteza, a samim tim i organska produkcija u ovim ekosistemima velika. Intenzivna produkcija algi doprinosi brzom populacionom rastu mnogih vrsta zooplanktona, zoobentosa i ihtiofaune, a samim tim i intenzivnoj sekundarnoj produkciji i ukupnoj produktivnosti sistema. Visok nivo biološke produkcije i razgradnje biomase odvija se zahvaljujući intenzivnim biohemijskim i fiziološkim procesima. U takvim uslovima dolazi do velike potrošnje kiseonika. Zato je u ovakvim ekosistemima, često koncentracija kiseonika relativno niska, naročito pri dnu. Visoka bioprodukcija, beleži se u eutrofnim vodama u toplijem periodu godine.

Mezotrofni akvatični ekosistemi su prelazan oblik od oligotrofnih ka eutrofnim ekosistemima.

U specifičnim uslovima javljaju se distrofni akvatični ekosistemi. U njima je produkcija biomase relativno visoka, ali je razgradnja biomase usporena. Usled specifičnih klimatskih uslova (niske temperature) ili pak usled nedostatka kiseonika, u depovima se

gomila organska masa koja se slabo razgrađuje. Organske materije koje se talože zakišeljavaju vodu, što dodatno otežava njenu razgradnju.

U prirodnim, neporemećenim uslovima, kada je dejstvo čoveka isključeno ili neznatno, ekosistem stajaćih voda postiže određeni stepen produktivnosti. Načelno, antropogeni uticaj, odnosno unos nutrijenata koji je veći od prirodnog, kao i organsko zagađenje, povećavaju produkciju i pomeraju sistem u pravcu viših nivoa trofije. Ovaj proces je povezan i sa „starenjem“ ekosistema, tačnije sa postepenim prelaskom vodenog staništa u terestrični. U većini slučajeva, u neporemećenim uslovima, starenje je jako spor proces, a ponekad je i nemerljiv. Uz uticaj zagađenja, proces starenja može da bude ubrzan i intenzitet se progresivno povećava s vremenom.

Jedan od ciljeva ove disertacije je i predviđanje stepena trofije koji će akumulacija postići nakon formiranja stabilnih uslova. Na osnovu karakteristika drugih akumulacija u Srbiji, moguće je proceniti broj vrsta pojedinih grupa hidrobionata u budućoj akumulaciji. Za procenu stanja buduće akumulacije na reci Velikoj Dičini, kao sistemi za poređenje, uzete su akumulacije „Gruža“, „Čelije“ i „Grošnica“.

Za reku Veliku Dičinu postoje podaci o parametrima koji utiču na stepen trofije, a koji su detaljno diskutovani u ovom radu. Za akumulacije koje koristimo za predviđanje trofičkog statusa buduće akumulacije, postoje podaci merenja osnovnih fizičko-hemijskih parametara i podaci o stepenu trofije i ovi podaci su analizirani u daljem tekstu. Dodatno, izvršeno je poređenje podataka sliva Velike Dičine sa podacima sa slivova na kojima su formirane akumulacije, sa lokacija smeštenih pre uliva u akumulaciju. Ovaj pristup je odabran zato što su podaci merenja na Velikoj Dičini uporedivi sa podacima sa pomenutih lokacija, a imajući u vidu načelni tip ekosistema – ritronske tekućice. Ovakvi ekosistemi se odlikuju nizom zajedničkih osobina, uključujući i karakteristike životnih zajednica i strukturu i funkciju vodenih zajednica. Produkcionni odnosi u ovim staništima mogu se razmatrati uporedo, uz informacije o faktorima okruženja, pre svega o unosu i merenim koncentracijama nutrijenata u vodi, transportu nanosa, ali i na osnovu morfoloških karakteristika vodotokova u sektoru neposredno pre uliva u akumulaciju.

Ovakav pristup predstavlja pojednostavljenje odnosa u akvatičnim ekosistemima, ali u primenjenoj hidrobiologiji on ima svoje opravdanje. Naime, svako grupisanje tipova voda na osnovu abiotičkih i biotičkih parametara jeste svojevrsno pojednostavljenje, čiji je biološki smisao više puta dokazan.

Za ocenu statusa navedenih akumulacija korišćeni su podaci Republičkog hidrometeorološkog zavoda, Agencije za zaštitu životne sredine Republike Srbije i Zavoda za javno zdravlje Srbije za period 1997-2010. godina. Laboratorije pomenutih institucija imaju akreditovane metode (ISO 17025) za ispitivanje fitoplanktona. Pored toga, izvršen je i pregled literaturnih podataka (videti spisak literature), kao i odgovarajućih baza podataka (BAES baza).

Na osnovu dostupnih podataka izvršen je pregled planktonskih zajednica (fito i zooplankton) i ocena trofičnosti. Kvalitativna analiza fito i zooplanktona zasniva se na mikroskopskom pregledu uzoraka vode i determinaciji prisutnih taksona. Cilj kvalitativnih ispitivanja fitoplanktona je da se dobije koncentrisan uzorak vode gde se ne obraća pažnja na zapreminu uzorka, već na sastav zajednice i da se dobiju podaci o relativnoj brojnosti taksona.

Uzorci za kvalitativnu analizu fitoplanktona uzimani su (ISO 5667-2:1997; JUS ISO 5667-3:1997; JUS ISO 5667-4:1997) povlačenjem planktonske mrežice (otvor 25 cm u prečniku, promer okaca 22 μ m) od dna do površine i po površini slobodne vode jezera. Svi uzorci su odmah fiksirani u 4 % formaldehidu (na 100 ml uzorka dodato je 8-10 ml 35-37% formaldehida).

Taksoni su determinisani prema standardnoj taksonomskoj literaturi i grupisani u razdele, na osnovu klasifikacionog sistema koji daje Blaženčić (1994): Cyanoprokaryota, Chrysophyta, Pyrrophyta, Xanthophyta, Bacillatiophyta, Chlorophyta, Euglenophyta.

Sadržaj hlorofila-a određivan je spektrofotometrijski prema ISO 10260:1992 (E). Podaci o koncentraciji hlorofila-a u površinskim vodama ukazuju na trofički stepen tih voda. Određivanje koncentracije hlorofila-a daje informaciju o kvantitetu i potencijalnoj fotosintetskoj aktivnosti algi.

Koncentracija hlorofila-a (ρ_c) izražava se u mikrogramima po litru ($\mu\text{g/l}$) i izračunava se prema sledećoj jednačini

$$\rho_c = \frac{(A - A_a)}{K_c} \times \frac{R}{R-1} \times \frac{10^3 \cdot V_e}{V_s \cdot d}$$

gde je:

$A = A_{665} - A_{750}$ - absorbanca ekstrakta pre acidifikacije

$A_a = A_{665} - A_{750}$ - absorbanca ekstrakta posle acidifikacije;

V_e - zapremina ekstrakta u mililitrima (ml);

V_s - zapremina uzorka koji se filtrira u litrima (l);

$K_c = 82 \text{ l}/\mu\text{g cm}$ - specifični operacioni spektralni absorpcioni koeficijent za hlorofil-a

$R = 1.7$ - odnos A/A_a za rastvor čistog hlorofila-a, koji je transformisan u feofitin acidifikacijom

d - dužina putanje optičke ćelije (u cm)

10^3 - dimenzioni faktor koji odgovara V_e

Odnos A/A_a je 1.7, samo ako je u uzorku prisutan nedegradisani hlorofil-a. Ako je taj odnos jednak 1 onda su u uzorku prisutni degradacioni produkti hlorofila-a. Istraživanja su pokazala međulaboratorijsku varijaciju od 5% do 11%

Dobijene rezultate treba izražavati na jednoj decimali u mikrogramima po litru (ili miligramima po kubnom metru).

U praksi fizičke i biološke limnologije postoji nekoliko kriterijuma po kojima se određuje stepen trofije vodnog tela. Kod nas se najčešće primenjuje Carlsonov indeks trofičnosti (Carlson's Trophic State Index - TSI). Carlsonov indeks koristi algalnu biomasu kao osnovu klasifikacije trofičkog statusa (Carlson E.R., 1977). Parametri koji nezavisno procenjuju biomasu algi su: koncentracija hlorofila-a, prozračnost vode (merena Secchi diskom) i koncentracija ukupog fosfora. Indeks se relativno jednostavno

računa i koriste se tri jednačine: Secchi disk TSI (SD); hlorofil-a TSI (CHL) i u ukupan fosfor TSI (TP).

Individualne vrednosti TSI izračunavaju se prema sledećim formulama:

$$\text{Ukupan fosfor TSI (TSIP)} = 14.42 \times [\ln(\text{TP average})] + 4.15$$

$$\text{Hlorofil - a TSI (TSIC)} = 9.81 \times [\ln(\text{Chlorophyll-a average})] + 30.6$$

$$\text{Secchi disk TSI (TSIS)} = 60 - 14.41 \times [\ln(\text{Secchi average})]$$

Ukupni fosfor i hlorofil-a se izražavaju u mikrogramima po litru ($\mu\text{g/l}$), a providnost merena Secchi diskom u metrima. Opseg indeksa je od 0 (ultra-oligotrofna jezera) do 100 (hipereutrofna).

Tabela 10.2. Klasifikacija jezera u odnosu na opseg trofičkog statusa (Carlson & Simpson 1996) i procena ekološkog statusa

TSI	Chl ($\mu\text{g/l}$)	SD (m)	UP ($\mu\text{g/l}$)	Kategorija	Ekološki status
<30	<0.95	>8	<6	Oligotrofna: čista, dobro aerisana voda, prisustvo rastvorenog kiseonika i u hipolimnionu tokom cele godine	Odličan I
30-40	0.95-2.6	8-4	6-12	Hipolimnion plićih jezera može ostati bez kiseonika	
40-50	2.6-7.3	4-2	12-24	Mezotrofna: Voda je umereno čista; tokom leta povećava se mogućnost da hipolimnion bude bez kiseonika	Dobar II
50-60	7.3-20	2-1	24-48	Eutrofna: Hipolimnion je bez kiseonika, mogući problemi sa makrofitama	Osrednji III
60-70	20-56	0.5-1	48-96	Dominiraju modrozelenne alge, pojava vodenog cveta i problemi sa makrofitama	
70-80	56-155	0.25-0.5	96-192	Hipereutrofna: (svetlost limitira produktivnost). Velika gustina algi i makrofita	Loš IV
>80	>155	<0.25	192-384	Cvetanje algi, nekoliko makrofita	Veoma loš V

Trofički status se može definisati kao ukupna težina živog biološkog materijala (biomase) u jednom vodenom ekosistemu na određenom lokalitetu i u određenom vremenu. Jezera se mogu podeliti u tri kategorije u odnosu na njihov trofički status: oligotrofna, mezotrofna i eutrofna.

Kriterijumi koji se koriste za ocenu ekološkog statusa su:

- trofički status,
- kvalitativni sastav fitoplanktoske zajednice,
- brojnost fitoplanktona (ćel/ml) i
- biomasa fitoplanktona (µg/l).

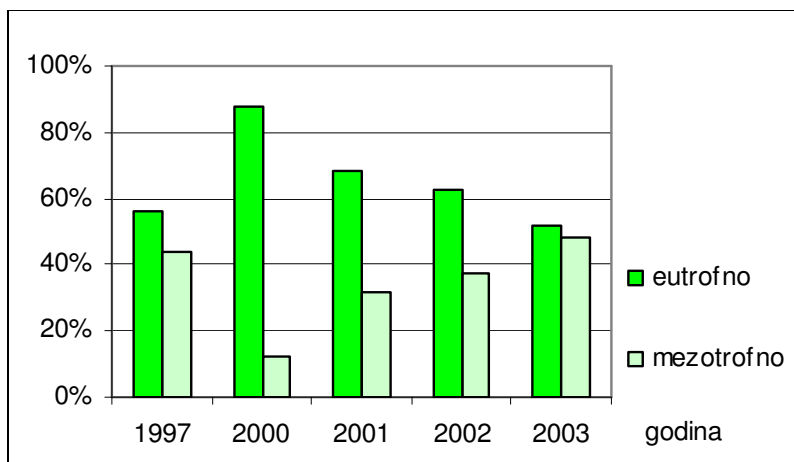
Rezultati analize parametara trofije za period 2005-2009. (prosečne vrednosti) prikazani su u tabeli 10.3. Vrednosti parametara trofičnog statusa obuhvaćenih Pravilnikom o parametrima ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda i hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda („Službeni glasnik RS“, br. 74/2011), na osnovu podataka za period 2005-2009.

Tabela 10.3. Vrednosti parametara trofičnog statusa za period 2005-2009.

Akumulacija	SD (m)	TSI (SD)	TP (m/l)	TSI (TP)	Chl (m/l)	TSI (Chl)	Stanje	Klasa	
								ak	re
Grište	0.6	67	33	55	1.43	34	eutrofno	4	3
Grošnica	1.8	44	19	42	1.30	33	mezotrofno	2	2
Barje	1.2	57	28	52	1.46	34	eutrofno	4	3
Bovan	1.4	55	69	65	1.275	33	eutrofno	4	3
Ćelije	0.87	62	33	55	3.15	42	eutrofno	4	3
Gruža	1.42	55	68	65	4.67	46	eutrofno	4	3

Ispitivanja fitoplanktona i trofičkog statusa na akumulacijama u Srbiji su pokazala da nema oligotrofnih akumulacija. S toga ni jedna akumulacija ne zadovoljava uslove odličnog ekološkog statusa. Prema podacima iz RHMZ-a u 1997. godini od obrađenih 16 akumulacija eutrofnih je bilo 9, a mezotrofnih 7. U 2000. godini od obrađenih 16

akumulacija eutrofnih 14, a mezotrofnih 2. U 2001. godini od obrađenih 25 akumulacija eutrofnih 17, a mezotrofnih 8. U 2002. godini od obrađenih 24 akumulacija eutrofnih 15, a mezotrofnih 9. U 2003. godini od obrađenih 23 akumulacija eutrofnih 12, a mezotrofnih 11. Sa grafikona 10.10. se vidi da je najkritičnija bila 2000. godina kada je blizu 90% akumulacija imalo eutrofni status.



Slika 10.10. Trofički status akumulacija u Srbiji

Mezotrofne akumulacije koje su imale najniži prosečan TSI su: Grošnica (TSI = 44), Kokin brod (TSI = 45), Sjenica i Zvornik (TSI =46), Vlasina i Radojna (TSI =47), Bajina Bašta i Zavoj (TSI =48), Ove akumulacije se mogu svrstati u grupu akumulacija koje imaju dobar ekološki status (II). U ovim akumulacijama uglavnom kvalitativno i kvantitativno dominiraju predstavnici silikatnih algi *Bacillariophyta*. Prosečna godišnja biomasa fitoplanktona ovih akumulacija kreće se od 50 µg/l - 150 µg/l

Trofički status akumulacija Gruža, Čelije i Grošnica

Eutrofikacija predstavlja prirodni proces starenja vodnih tela, tokom koga dolazi do prelaza iz nisko produktivnog stanja (oligotrofnog) u visoko produktivno stanje (eutrofno). Kod ovakvog stanja, većina organske mase koja se proizvodi u površinskim slojevima se ne razgrađuje u potpunosti, već se akumulira na dnu, gde se obavlja razgradnja. Usled povećanog (veštačkog) unosa nutrijenata, ovaj proces se znatno ubrzava, remeteći prirodnu ravnotežu između produkcije biomase i mineralizacije, pri čemu produkcija postaje višestruko veća. Usled toga, može da dođe do značajnog smanjenja koncentracija kiseonika pri dnu eutrofnog jezera, a u nepovoljnijim

slučajevima i do anaerobnog stanja. Ovo može da ima za posledicu povećanje koncentracija amonijaka, gvožđa, mangana i drugih materija, kao i pojave vodonik sulfida i metana, što negativno utiče na kvalitet, kako sa stanovišta biotopa, tako i u smislu mogućnosti korišćenja vode. Ukratko, proces eutrofikacije ima za posledicu čitav niz nepoželjnih efekata na stanje kvaliteta vode, a koje potencijalno imaju veliki značaj na ekološke činioce, kao i na mogućnosti korišćenja vode kao resursa.

Akumulacije se generalno grade višenamenski, za potrebe različitih korisnika. Eutrofikacioni procesi, pored promene fizičko-hemijskih karakteristika vode, mogu da dovedu do smanjenja transparentnosti vode usled intenzivnog razvoja algi. Visoka gustina algi može da dovede do akumuliranja biomase u pojedinim zonama sa smanjenom cirkulacijom vode. Ovo sa jedne strane ima negativne estetske posledice, a sa druge može da dovede do pojave neprijatnih mirisa u bližoj okolini. Negativni efekti eutrofikacije najviše ugrožavaju vodosnabdevanje, zatim rekreaciju, sportsko i komercijalno ribarstvo. Promena uslova i formiranje akumulacije može uticati na povećanje produkcije ihtiofaune, promena u zastupljenim vrstama ribe i to u pravcu sukcesije osetljivih vrsta onim koje su eurivalentne (tolerišu veći raspon variranja faktora okruženja). Po pravilu, sukcesija vrsta ide u pravcu veće abundance vrsta koje nemaju ekonomski značaj (zamena „plemenitih“ vrsta sa vrstama koje to nisu).

Primarna produkcija, kao prvi i osnovni element u procesu eutrofikacije, je uslovljena raspoloživim količinama nutrijenata u vodi, pre svega azota i fosfora. Azot predstavlja značajan element u produkciji algalne biomase, odnosno u izgradnji osnovne mase ćelije. Pored toga, ima važnu ulogu u smislu regulatora različitih biohemijskih procesa. Osnovni izvor povećanih koncentracija azota u vodi predstavljaju upotrebljene otpadne voda iz naselja, kao i različite poljoprivredne i industrijske aktivnosti. Fosfor predstavlja ključni element u procesu fotosinteze i limitirajući faktor primarne produkcije. Granična vrednost koncentracije fosfora za efikasno odvijanje fotosinteze iznosi oko 0,01 mg/l.

U prirodnim uslovima, teorijski gledano, potrebno je nekoliko stotina ili hiljada godina, da jezero postane eutrofno, tj. da postane močvara (Shapra, 1997). Ljudske aktivnost na slivu dovode do povećanog priliva nutrijenata i erozionog nanosa, višestruko ubrzavajući eutrofikaciju, pa se ovaj fenomen prepoznaje kao kulturna eutrofikacija.

Trofički status je, u odnosu na saprobni indeks, znatno pouzdaniji pokazatelj statusa akumulacija, te će se ovaj pokazatelj razmatrati u daljem tekstu. Vrednosti saprobnog indeksa, naime, prema podacima za period 1999-2010. pokazuju stanje koje je bolje nego što je to realno (vrednosti indeksa se kreću oko 2, što indikuje malo do umereno organsko zagađenje).

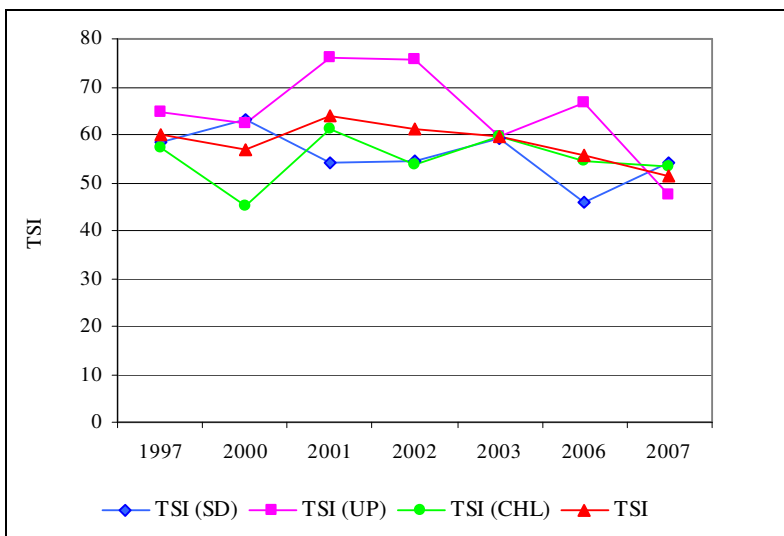
Akumulacije Gruža, Grošnica i Čelije bile su predmet većeg broja istraživanja (Ostojić A., 2001; Ćurčić S., i dr., 2004; Ranković B., i dr., 1994; Ostojić A., i dr., 2005), koja su obuhvatila fitoplankton, vodene makrofite, vodene makrobescičmenjake, ribe, kao i mikrobiološke analize.

Analiza cenotičkog sastava pomenutih akumulacija pokazuje da kvalitativno i kvantitativno dominiraju predstavnici silikatnih algi *Bacillariophyta*. U akumulacijama Gruža i Čelije zapaža se visoka raznovrsnost i brojnost zelenih algi *Chlorophyta*, a tokom leta, beleži se visoka gustina modrozelenih algi (bakterija). U akumulaciji Gruža, tokom leta, karakteristična je pojava vodenog cveta koji formira vrsta *Aphanisomenon flos-aquae*, a za akumulaciju Čelije cvet se formira od vrste *Microcystis aeruginosa*. U Grošničkoj akumulaciji modrozeleno alge samo jednom su registrovane sa svega nekoliko ćelija, tako da se njihovo prisustvo može zanemariti (Janković M., 1967).

U akumulaciji Gruža beleži se 65 biljnih vrsta, svrstanih u 30 familija, dominiraju predstavnici Magnoliopsida (Simović S., i dr., 1999). Najveći broj vrsta pripada široko rasprostranjenim holarktičkim elementima. Razmatrajući distribuciju životnih formi, isti autori iznose da dominiraju higro-heliofite i amfibijske flotantne i submerzne hidrofitne i hemikriptofite.

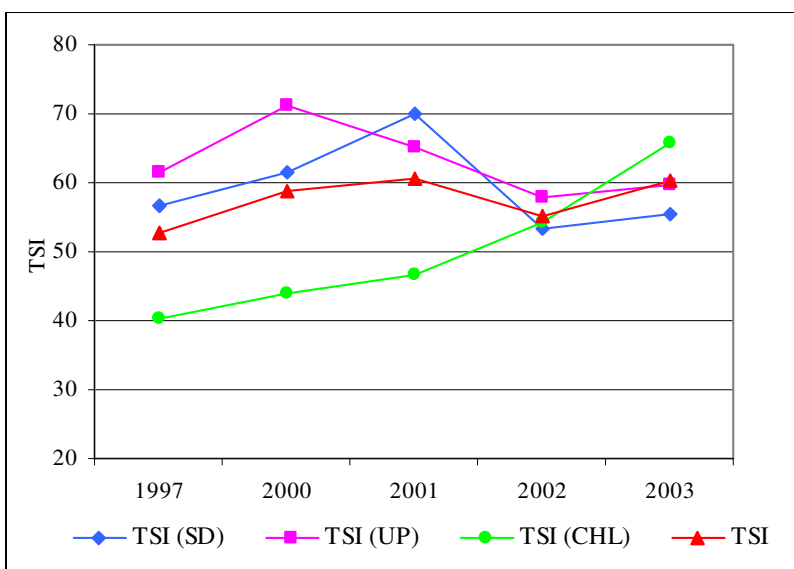
U akumulaciji Gruža zabeleženo je 99 vrsta zooplanktona (Ostojić A., 2002). Manja raznovrsnost zooplanktona beleži se u akumulaciji Čelije (Živić N., i dr., 2008). Sličan broj vrsta konstatuje se i u akumulaciji Grošnica (105 – Ostojić A., 2002)

Prema BAES bazi podataka u akumulaciji Gruža beleži se 31 vrsta makrobescičmenjaka, dok je u akumulaciji Čelije identifikovan manji broj taksona (23). U akumulaciji Gruža i Čelije konstatovano je 22, odnosno 18 vrsta riba.

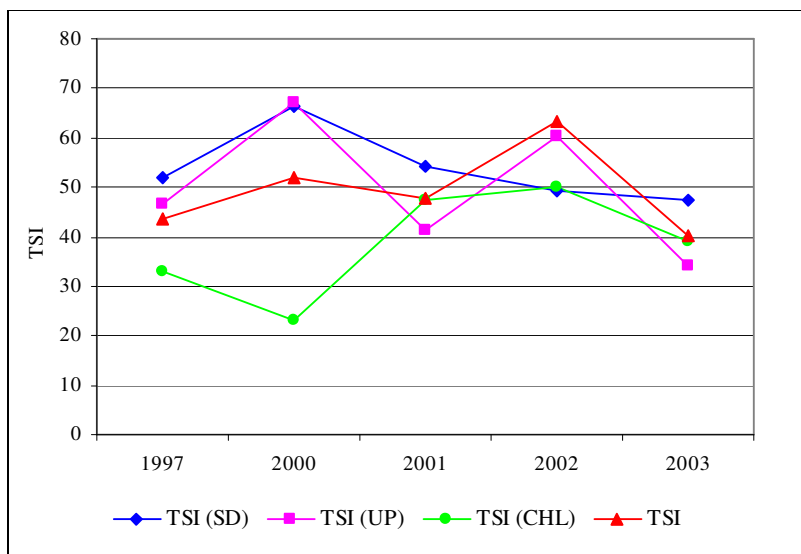


Slika 10.11. Indeks trofičkog statusa u kumulaciji Gruža

Na osnovu analize podataka za višegodišnji period, a na osnovu TSI indeksa (indeksa trofičkog statusa), akumulacije Gruža (srednja vrednost TSI za godine 1997., 2000-2003., 2006. i 2007. iznosi 60) i Čelije (srednja vrednost TSI za godine 1997., 2000-2003. iznosi 58) spadaju u eutrofne akumulacije. Akumulacija Grošnica (srednja vrednost TSI za godine 1997., 2000-2003., 2006. i 2007. iznosi 49) spada u mezotrofne akumulacije.



Slika 10.12. Indeks trofičkog statusa u akumulaciji Čelije



Slika 10.13. Indeks trofičkog statusa u akumulaciji Grošnica

Tokom perioda obuhvaćenog analizom, udeo modrozelenih algi u ukupnoj biomasi u akumulacijama Čelije i Gruža nije bio veći od 10%.

Na osnovu vrednosti parametara prikazanih u tabeli 10.3., a prema Pravilniku o parametrima ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda i hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda („Službeni glasnik RS“, br. 74-2011), akumulacije Gruža i Čelije mogu se svrstati u 4 klasu ekološkog statusa. Kako su ove akumulacije definisane kao znatno izmenjena vodna tela (akumulacije koje su formirane na tipu vodotokova 3), ciljna klasa je treća (maksimalni ekološki potencijal).

Eutrofno stanje akumulacija Gruža i Čelije nije dobro, to su pokazala gotovo sva istraživanja u periodu od njihovog formiranja (Ostojić A., i dr., 2000 i 2005). U Čelijama se beleže povremeno i povećane vrednosti tanina i gvožđa (Maljević E., i dr., 1999). Povećana koncentracija HPK beleži se u pojedinim godinama u akumulaciji Gruža.

Pored visokog trofičkog statusa, pregledom podataka rutinskog monitoringa za period 1999-2010., utvrđeno je u obe akumulacije povećanje pH vrednosti i povremena hipoksija i povećane vrednosti mangana, isparljivih fenola, sulfida, nitrata, kao i BPK₅. U pojedinim godinama beleži se i povećana koncentracija nitrita.

Trofički status akumulacije „Grošnica“ u ovoj disertaciji prikazan je na osnovu literaturnih podataka (Ostojić A., 2000b; Ranković B., i dr., 1999). Akumulacija „Grošnica“ odlikuje se nižim stepenom eutrofikacije u poređenju sa akumulacijom „Gruža“ i „Ćelije“. Po većini parametara, „Grošnica“ se može okarakterisati kao mezotrofni ekosistem. Na mezotrofno stanje, sa vrednostima bližim eutrofiji, ukazuju TSI parametri (ukupan fosfor, hlorofil-a i prozračnost).

Isti autori navode da je razlog tome manji antropogeni pritisak, ali i razlike u morfološkim karakteristikama razmatranih akumulacija. Naime, „Grošnica“ se nalazi na većoj nadmorskoj visini u poređenju sa „Gružom“, a i odnos površina/zapremina je povoljniji sa stanovišta obezbeđenja odgovarajućeg trofičkog statusa, koji ne vodi ubrzanom eutrofikaciji (Ostojić A., i dr., 2003). Reka Grošnica na kojoj je formirana istoimena akumulacija, prema podacima koje iznose (Ostojić A., 2000a; Ostojić A., i dr., 2006), ne doprinosi značajnijem unosu nitrata i fosfata.

Na osnovu svih razmatranih podataka može se zaključiti da ekološki status/potencijal akumulacija Gruža, i Ćelije nije zadovoljavajući. Razmatrane akumulacije su eutrofne. Ova konstatacija podržana je merenjima fizičko-hemijskih pokazatelja organskog zagađenja, jer se beleže povećane vrednosti nutrijenata. Lošem trofičkom statusu, pored unosa zagađujućih materija (organsko zagađenje i nutrijenti), doprinosi i niska nadmorska visina na kojoj su akumulacije smeštene, kao i mala prosečna dubina vode. Pomenuti faktori doprinose ubrzanom „starenju“, odnosno eutrofikaciji akumulacija. Akumulacija „Grošnica“ po pitanju trofičkog nivoa nalazi se u mezotrofnom statusu.

Na osnovu analize akumulacija „Gruža“, „Ćelije“ i „Grošnica“, možemo zaključiti da će, prema biološkim karakteristikama, akumulacija na Velikoj Dičini biti najslabija „Grošnica“. Tako, na osnovu ulaznih parametara o stepenu trofije, broju vrsta pojedinih grupa hidrobionata, kao i njihovom odnosu, možemo predvideti sledeće parametre u budućoj akumulaciji, a nakon što akumulacija postane „stabilni biološki sistem“ za uslove koji u njemu vladaju, odnosno „klimaks“ zajednica:

- raspon stepena trofije,
- broj vrsta vodenih makrofita,
- broj vrsta zooplanktona,

- broj vrsta vodenih makrobeskičmenjaka i
- broj vrsta riba.

Vreme za postizanje stabilnih uslova koji će vladati u nekom veštačkom sistemu, odnosno vreme nakon kojeg će se promene usporiti u odnosu na inicijalnu fazu odmah nakon formiranja neke akumulacije je različito za svaki sistem. Tako je i vreme formiranja zajednice koja odgovara uslovima sredine u nekom veštačkom ekosistemu različito. Do značajnih promena u parametrima statusa može doći već u periodu od pet godina (Holz G., et al., 1997). „Klimaks“ zajednica zavisi od uslova sredine.

Zbog velikog broja nepoznanica, da bi se odredilo vreme kada će se faktori sredine u nekoj novoformiranoj akumulaciji ustaliti, ne možemo predvideti tačno vreme postizanja karakteristika zajednica hidrobionata koje odgovaraju ustaljenim osobinama životne sredine, te će se predviđanje pomenutih parametara vršiti u odnosu na vreme od 10 do 20 godina.

Trofički status akumulacije na Velikoj Dičini bi, na osnovu podataka za akumulaciju „Grošnica“, kao i na osnovu rezultata modeliranja „Pamolare“ softverom, treba da se kreće u granicama mezotrofije.

Procena je da bi se u akumulaciji na Velikoj Dičini mogao beležiti sledeći broj vrsta po grupama hidrobionata, a na osnovu podataka za druge akumulacije u Srbiji:

- vodene makrofite oko 25 vrsta,
- zooplankton oko 100 vrsta;
- makrobeskičmenjaci oko 30 vrsta i
- ribe – oko 20 vrsta.

11. Predlog rešenja za zaštitu sliva i hidrografske mreže

Zaštita slivnih područja akumulacija nije moguća bez koordiniranog rada u oblastima šumarstva, vodoprivrede, poljoprivrede, energetike i zaštite životne sredine. Protiveroziona zaštita slivova se bazira prvenstveno na biotehničkim radovima (pošumljavanje; melioracije degradiranih šuma, livada i pašnjaka; podizanje terasa i zidića protiv spiranja).

Osnovne smernice za protiveroziono uređenje sadrže sledeće segmente: poboljšanje infiltraciono-retencionih karakteristika zemljišta na nagibima; podizanje poprečnih objekata u pritokama (u cilju zaustavljanja nanosa, stabilizacije korita i obala); primena administrativnih mera (zabrane i preporuke), na osnovu odgovarajuće planske dokumentacije (Planovi za proglašenje erozionih područja i odbranu od poplava).

Poboljšanje infiltraciono-retencionih karakteristika zemljišta na nagibima moguće je realizovati primenom sledećih rešenja:

- šumsko-meliorativni radovi, izrada posebnih privrednih osnova za zaštitne šume;
- protiveroziono pošumljavanje degradiranih šumskih, livadsko-pašnjačkih, obradivih površina i goleti;
- popunjavanje proređenih šumskih sastojina;
- melioracije degradiranih proređenih šuma nepotpunog sklopa;
- primena ilofilterskih sistema u zonama oko hidrografske mreže;
- primena protiverozione agrotehnike na nagnutim terenima (konturno oranje; terasiranje; zaštitni plodoredi);
- primena mera agrošumarstva (selektivno korišćenje površina za ispašu stoke; podizanje zaštitnih barijera);
- administrativno-propagandne protiverozione mere zaštite (ograničenje ili potpuna zabrana seče šuma ili voćnjaka, određivanje načina obrade i iskorišćavanja zemljišta - pašnjaka, livada, šuma i neobrađenih površina, zabrana formiranja deponija).

Konzervacijom zemljišta i sprečavanjem njegove degradacije i odnošenja, doprinosi se očuvanju zapremine akumulacije i kvaliteta vode. U zavisnosti od karaktera i stepena ugroženosti zemljišta, mere koje se preduzimaju mogu biti preventivne i zaštitne.

Cilj preventivnih mera je da se spreči razvoj bilo kog vida erozionog procesa u slivnom području, a postiže se pravilnim korišćenjem zemljišta, planiranjem parcela i putne mreže, konturnom obradom zemljišta i kontrolom fizičko-hemijskih osobina zemljišta. Ovo su ujedno i osnovne zaštitne mere primenjive na celom slivnom području (Kostadinov S., i dr., 1999).

Zaštita zemljišta od erozije zasniva se na primeni koncepta integralnih melioracija, koje obuhvataju biotehničke i tehničke radove. Biotehnički radovi su: pošumljavanje; melioracije degradiranih šuma, livada i pašnjaka; podizanje ilofilterskih sistema (naizmenični pojasevi drvenasto-žbunaste i travne vegetacije); formiranje terasa i zidića (u cilju sprečavanja spiranja zemljišta i formiranja intenzivnog površinskog oticaja). Tehnički radovi se odnose na izgradnju poprečnih (pregrada i pragova za stabilizaciju korita i obala i zadržavanje nanosa; stabilizacionih pojaseva; manjih nasutih brana za zadržavanje poplavnog talasa) i podužnih objekata (obaloutvreda i regulacije) u rečnom koritu.

Odnos biotehničkih i tehničkih radova uslovljen je stanjem sliva: razvijenost erozionih procesa, fizičko-geografske, klimatsko-meteorološke, geološke, pedološke, hidrološko-hidrauličke i fitocenološke karakteristike; način korišćenja zemljišta. Težište je na biotehničkim radovima jer se pored protiverozione funkcije ostvaruju značajni efekti očuvanja i poboljšanja biodiverziteta. Na delovima slivova koji su predmet poljoprivrednih aktivnosti (stočarstvo, obrada zemljišta) prioritet je na održivom korišćenju zemljišta, što je moguće ostvariti kroz koncept agrošumarstva. To je zajednički naziv za sisteme korišćenja zemljišta u kojima se šumske površine kombinuju sa livadsko-pašnjačkim i oraničnim površinama, uz stočarske i lovne aktivnosti, u karakterističnom prostornom rasporedu, na principima ekoloških i ekonomskih interakcija svih komponenti sistema.

Šumski ekosistemi (kompleks vegetacijski pokrivač-šumsko zemljište) predstavljaju najefikasnije sredstvo za zaštitu zemljišta od erozije i zadržavanje polutanata dospelih iz atmosfere. Šumska vegetacija ima važnu regulatornu funkciju u procesu oticaja, kao

delu globalnog hidrološkog ciklusa. Deo padavina vraća se u atmosferu procesima intercepcije i evapotranspiracije. Značajan deo infiltrira se u šumska zemljišta, potom dospeva do hidrogeoloških kolektora. Kvalitetna šumska zemljišta imaju izvanredne infiltraciono-retencione karakteristike: smeđe krečnjačko zemljište u šumama bukve i jele u uslovima male vlažnosti (prosušeno stanje) može da primi 100 mm vode (direktno nalivanje) za 1-3 minuta. Stabilne šumske zajednice sprečavaju intenziviranje erozionih procesa, a zaštitni šumski pojasevi mogu zaustaviti najveći deo erozionog materijala na nagibima. Prizemna vegetacija u sadejstvu sa pedološkim tvorevinama, naročito humusno-akumulativnim horizontom, predstavlja specifičan bio-filter za polutante. Humusni sloj u šumskim zemljištima akumulira teške metale koji se vezuju za organske materije, i na taj način postaju manje toksični nego u formi slobodnih jona.

Primena biotehničkih i tehničkih radova, kao i administrativnih mera za zaštitu od erozije, mora biti u skladu sa opštim principima zaštite životne sredine (očuvanje biodiverziteta, vezivanje CO₂, ublažavanje efekata globalnih klimatskih promena, itd.).

11.1. Biotehnički radovi

Ugrožena padina sliva manje je podložna destruktivnom dejstvu erozionih procesa ukoliko na njoj postoji bilo kakav zasad. Formirani protiverozioni zasadi (u formi elipse; ilofilterski pojasevi) prvih nekoliko godina deluju kao fizička barijera, smanjuju brzinu vode koja se sliva niz padinu i zaustavljaju značajan deo pokrenutog erozionog materijala. Sa početkom fizioloških aktivnosti sadnica počinju modifikacije humusno-akumulativnog horizonta, što za posledicu ima povećanje sadržaja humusa, aktivniji život mikro-faune i bolju vezu između strukturnih agregata zemljišta. Sedam do osam godina posle sadnje uspostavljeni zasad (crni bor), formira šušanj, a zemljište unutar zasada poseduje daleko bolje vodno-vazdušne osobine nego okolne livadske površine ili goleti. Kada je proces oticaja u pitanju, promene su sledeće: veći broj dana sa oticajem i smanjenje poplavnog oticaja, zbog retencioniranja značajne količine vode.

Rezultati pošumljavanja su uvek u skladu sa uložnim naporom. Povećanje površina pod šumskim pokrivačem dovodi do smanjenja i minimiziranja intenziteta procesa erozije, smanjenja degradacije pedološkog sloja i produkcije nanosa. Šume će svojim

prisustvom uticati na popravku zemljišta, povećanje plodnosti i smanjenje šteta od poplava. Smanjiće se brzina oticanja vode i povećati kapacitet izvora. Poboľjšaće se klimatske prilike, ublažiti ekstremi i stvoriti uslovi za kvalitetnije korišćenje zemljišta.

Pošumljavanje je neophodno vršiti autohtonim biljnim vrstama, vodeći računa da zastupljenost pojedinih taksona bude u skladu sa tipičnim zajednicama područja. Pravilnim izborom vrsta drveća obezbeđuje se budućnost i trajnost šumskih kultura. Naročito je važno odrediti vrste za viši pojas hrastovih šuma, koji je u bliskoj prošlosti bio floristički bogatiji sa četinarskim vrstama koje su danas slabo očuvane ili potisnute sa svojih staništa. Na osnovu analize klimatskih uslova, stanja i kvaliteta zemljišta, autohtone vegetacije i podignutih nasada, može se zaključiti da je mali broj vrsta drveća koje se mogu koristiti za pošumljavanje devastiranih površina Suvobora i Rajca.

Analiza podignutih zasada nas upućuje na crni bor kao dominantnu vrstu koju treba koristiti kod pošumljavanja zemljišta koja karakterišu erodibilnost i visoka skeletnost kombinovana sa površinskom kamenitošću,. Crni bor spada među najskromnije vrste u pogledu zahteva na stanište i na dubinu zemljišta. Uz to podnosi i razvija se i u sredini sa malom vazdušnom i zemljišnom vlagom. Podnosi čak i topao vazduh i južne ekspozicije. U prirodnom arealu izbegava hladne doline i uvale. Svojim četinama popravља plodnost zemljišta i priprema uslove za naseljavanje vrednijih vrsta. Naravno, ovu svoju ulogu znatno brže ostvaruje na očuvanim zemljištima.

Beli bor je vrlo skroman u zahtevima na zemljište i klimatske uslove. Uz to je veoma fleksibilna vrsta jer se rasprostire i na kiselim i neutralnim zemljištima. Zbog ovakvih osobina beli bor ima areal znatno širi nego crni bor. Na Suvoboru, obzirom na relativno malu visinu samog masiva i dosta visok uticaj panonske klime, beli bor se može preporučiti samo na površinama koje su eksponirane zapadu i severozapadu, to jest na površinama gde je zemljište očuvanije i gde ekspozicija kompenzira malu nadmorsku visinu. Obzirom da beli bor ima drvo visokog kvaliteta, pored ostalog i kao građevinsko drvo, treba mu kod pošumljavanja goleti dati određeno mesto.

Smrča je vrsta sa dosta visokim zahtevima u pogledu faktora okruženja – stenovalentna forma. Traži visoku relativnu vlažnost vazduha i zemljišta. Izuzetno je osetljiva na visoke temperature u toku vegetacije. Iako je otporna na niske temperature, vrlo je

osetljiva na kasne prolećne i rane jesenje mrazeve. Limitirajući faktor za njen razvoj na slivnom području Dičine je mala relativna vlažnost vazduha, male količine padavina i nedostatak vlage u zemljištu, kao i učestalost ekstremnih temperatura u toku vegetacije. Zbog svega toga se za nju moraju izdvojiti najočuvanija zemljišta koja svojom strukturom, dubinom i sadržajem humusa održavaju povoljnu vlažnost. U ovom kompleksu to su veoma ograničene hladnije površine zemljišta u mikrodepresijama koje su eksponirane severoistoku.

Jela ima uži areal od smrče, traži duboko plodno zemljište, sa dosta lako pristupačnih hranljivih materija. Za njen razvoj je neophodna permanentna i visoka vlažnost vazduha i zemljišta. Izuzetno teško podnosi sušu a osetljiva je i na kasne prolećne mrazeve. Ovakvi zahtevi jele ograničavaju njeno korišćenje kod pošumljavanja na neznatne površine gde je zemljište relativno očuvano a na koje već nadire i prirodna vegetacija bukve koja u ovom slučaju ima ulogu stvaranja zasene.

Leska je rasprostranjena skoro u celoj Evropi. Obično čini podrast u hrastovim šumama, a najbolja je u regionu brdske bukove šume. Na plodnom dubokom i svežem zemljištu raste brzo. Nije veliki izbirač u pogledu zemljišta i plastična je u odnosu na svetlost. U 20-oj godini dostiže svoju normalnu visinu i maksimalnu debljinu od 20 cm.

Prostorni raspored vrsta drveća kojima će se vršiti pošumljavanje devastiranih površina treba odrediti na osnovu analize mikrostanišnih uslova na terenu uzimajući u obzir najpre pedoekološke uslove (očuvanost pedološkog sloja i njegovu efektivnu i potencijalnu plodnost), a zatim ekspoziciju i nagib terena. Treba pošovati zahteve pojedinih vrsta drveća i težiti da se maksimalno iskoristi potencijal mikrostaništa.

Uzimajući u obzir pedološke i klimatske uslove, na najtežim terenima treba koristiti prvenstveno kontejnirane sadnice, ili sadnice sa baliranim korenom. Time će se i u najlošijim uslovima obezbediti početni izvor hrane i neophodna vlaga u rizosferi, koja je od presudnog značaja za uspeh pošumljavanja.

Priprema zemljišta za sadnju je jedna od najznačajnijih faza rada kod pošumljavanja, a najveći deo tih radova treba obaviti mehanizovano. Obradom zemljišta treba obezbediti dovoljnu količinu vlage, olakšati ukorenjivanje biljaka i sprečiti naglo oticanje vode i

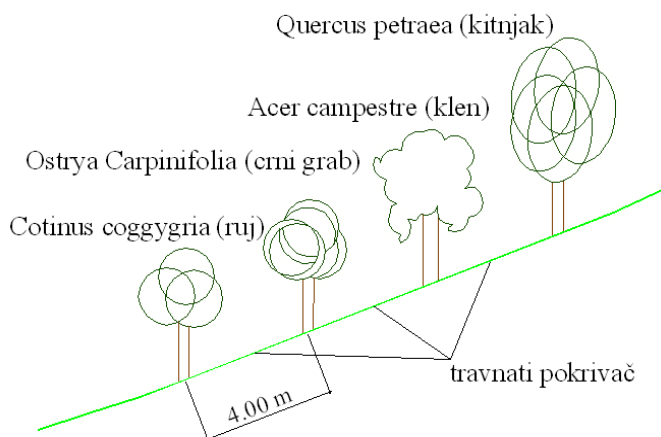
time smanjiti proces erozije. Obradom zemljišta se menja mehanički sastav zemljišta i reguliše vodno-vazdušni režim koji je odlučujući za održavanje vlage i aktiviranje mikrobioloških procesa u rizosferi. Obzirom da su zemljišta na serpentinitima laka sa malim sadržajem gline i organske materije, njihovom obradom se postiže minimalni efekat promene fizičkih svojstava, a osnovni cilj obrade je obezbeđenje dublje sadnje.

Obradom zemljišta riperovanjem se postiže osnovni cilj: dubina obrade zemljišta 50-60 cm i kontinuirana obrada površine zemljišta širine oko 50 cm. Riperovanje treba obaviti nekoliko meseci (2-3) pre sadnje, kako bi se zemljište sleglo. Za jesenju sadnju riperovanje treba vršiti u prolećnim mesecima, a za proletnju i letnju sadnju u jesen ili zimu. Za riperovanje se mogu izdvojiti male površine, a veće površine se moraju obraditi primenom mehanizovane bušilice ili ručno.

Priprema zemljišta kopanjem jama mehanizovanom bušilicom „Gribor“ obezbeđuje duboku obradu zemljišta i koristi delove najbolje očuvanog zemljišta. Priprema zemljišta kopanjem rupa „Griborom“ vršiće se na parcelama na kojima zbog površinske kamenitosti nije moguće primeniti riperovanje. Raspored jama treba da bude što pravilniji po izohipsi i u naizmeničnom poretku među redovima. „Griborom“ se prekopa zemlja bez izbacivanja iz jame dimenzija 40x50 cm, a površinski sloj se skida budakom. Prilikom obrade površinskog dela parcelica, sa padom većim od 20%, mora se obezbediti kontrapad od 5%.

Ručna priprema zemljišta, primenjivaće se na delovima terena strmijim od 30%. To su površine na kojima je pedološki sloj jako degradiran a skeletnost i površinska kamenitost visoka, tako da je nemoguće primeniti bilo koju vrstu mehanizacije. Tokom pripreme zemljišta, obrađenoj površini se mora dati kontra pad u cilju sprečavanja razvoja erozionih procesa. Obradene površine-parcele moraju biti raspoređene u naizmeničnom poretku kako bi se najviše sa četiri reda zatvorilo slivno područje i sprečila erozija u međuprostorima. Travni pokrivač kao i kamenje koje se bude izdvojilo prilikom obrade treba naslagati ispod parcelica kao podzid i time sprečiti odnošenje obrađene zemlje sa parcelica.

Ilofilterski pojasevi su naizmenični redovi travne i žbunasto-drvenaste vegetacije. Postavljaju se konturno (po izohipsi), u zonama blizu hidrografske mreže. Posebno je važno uspostavljanje pojaseva na mestima nagle promene pada, jer je neophodno smanjiti visinu otičućeg sloja vode, brzinu, kinetičku energiju i vučne sile. Vegetacija deluje kao fizička prepreka, a unutar pojasa zemljište zadržava 2-3 puta veću zapreminu vode od sopstvene. Ilofilterski pojasevi efikasno redukuju površinski oticaj i zaustavljaju erozioni materijal. Postavljaju se na padine i u korita povremenih tokova.



Slika 10.1. Poprečni presek ilofiltera

Ilofilterske pojaseve treba postaviti kontinualno, ili diskontinualno (sa prekidima), na onim delovima padine gde je autohtona vegetacija degradirana ili potpuno uklonjena. Ilofilterski pojasevi se sastoje od više redova žbunasto-drvenaste vegetacije, između kojih se nalaze površine zasejane travnom vegetacijom. Predložen je četvororedni ilofilterski pojas. Rastojanje između sadnica u redu iznosi 3.0 m, a između redova (mereno po nagibu) 4.0 m. Mogu se koristiti sadnice crnog graba, ruja, klena, poljskog javora ili kitnjaka. To su biljke koje imaju jak i razgranat korenov sistem, prilagođene siromašnim skeletnim zemljištima na velikim nagibima.

Između redova žbunasto-drvenaste vegetacije treba formirati gust zasad trave, sastavljen od deset vrsta, sa setvenom normom od 8 gr/m^2 (80 kg/ha).

Korišćenje zemljišta mora biti u skladu sa njegovom plodnošću, zatim sa stanjem pedološkog sloja i vegetacije, kao i dispozicije i orografije terena. U skladu sa ovim principima predlaže se sledeći način korišćenja zemljišta:

Površine koje se koriste za poljoprivrednu proizvodnju, njive od 1-5. klase plodnosti, na terenima do 12° nagiba, treba zadržati kao oranične površine. Obavezna je primena savremenih metoda obrade zemljišta i agrotehničkih mera u cilju konzervacije zemljišta i poboljšanja plodnosti, posebno na površinama preko 7° nagiba;

Površine koje imaju veći nagib od 12° a nalaze se do 700 mm, treba pretvoriti u voćnjake, odnosno u livade na strmijim površinama ili većim nadmorskim visinama;

Njive 6. katastarske klase treba prevesti u livade, pašnjake i šume, a za poljoprivrednu proizvodnju zadržati samo površine sa očuvanim zemljištem na malim nagibima, naravno uz primenu svih savremenih agrotehničkih mera;

Njive 7. klase treba prevesti jednim delom u pašnjake na površinama gde je pedološki sloj očuvaniji i sa manje skeleta. Njive 7. klase sa skeletnim zemljištem i sve njive 8. klase treba pošumiti;

Livade od 1-5. katastarske klase treba i dalje zadržati kao livade uz primenu agrotehničkih mera, posebno đubrenja. Livade 6. klase treba uz primenu meliorativnih mera, posebno đubrenja, pretvoriti u pašnjake. Livade 7. i 8. klase treba pošumiti;

Pašnjake od 1-5. katastarske klase treba ostaviti kao pašnjake uz pašarenje umerenog inteziteta. Pašnjake od 6-8. klase, koji se obično nalaze na većim nagibima i samim tim imaju jako degradiran pedološki sloj treba pošumiti. Sve devastirane i neplodne površine pošumiti bez izuzetka.

Realizacijom ovog programa obezbedila bi se šumovitost od oko 65% sliva, a na Suvoboru i do 90%. Šume bi obuhvatale sve istaknute grebene i površine zemljišta sa velikim padom. Na ostalim površinama, koje nisu pod šumskom kulturom, kod korišćenja bi se primenile sve savremene agrotehničke mere. Predloženi način korišćenja zemljišta na ovom području obezbedio bi racionalnije korišćenje zemljišta i zaštitu od erozije, koja svojim delovanjem degradira pedološki sloj i nanosi štete poljoprivredi, vodoprivredi i saobraćaju.

Rekonstrukcija površina koje su bile izložene dejstvu intenzivnih erozionih procesa (jaruge, odroni, klizišta) veoma je spora i zahtevna. Neophodno je započeti radove na

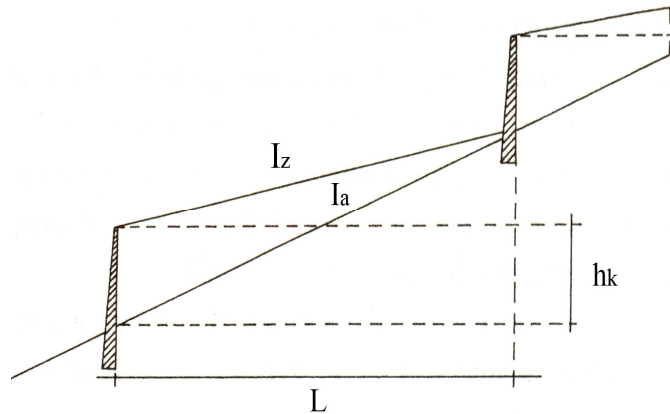
eliminisanju ili minimiziranju negativnih efekata erozije najmanje 10-15 godina pre formiranja akumulacije (Ristić R., 2007). Ukoliko se protiverozioni radovi izvode simultano sa formiranjem akumulacije očekivan je rizik da velike količine nanosa dospeju tokom trajanja bujičnih poplavnih talasa, i značajno smanje koristan prostor. Pošumljavanje goleti (slaba do srednja erozija) može dati pozitivne efekte osam godina posle sadnje (crni bor na serpentinitu). Melioracije degradiranih livadsko-pašnjačkih površina koje se obavljaju setvom kvalitetnih travnih smeša daju efekte već posle 1-2 godine, ukoliko je podloga adekvatno pripremljena.

Pošumljavanje zahteva vrlo pažljivo planiranje i odabir pionirskih vrsta koje će za prvo vreme stabilizovati zemljište. Vrste se odabiraju tako da se kasnije-postepeno lakše zamenjuju vrstama koje su karakteristične za podneblje. Izbor zavisi od tipa podloge, nadmorske visine, ekspozicije i drugih parametara. Cilj je da se, na kraju procesa pošumljavanja, formira autohtona zajednica, u protivnom nastavlja se devastacija terena. Treba imati u vidu i moguće negativne posledice pogrešnog izbora vrsta i nestručne sadnje. Neke vrste (četinari) menjaju pH vrednosti zemljišta, zbog koga kasnije (bar za duže vreme) nije moguće oporaviti zajednicu. Sadnja monokultura doprinosi povećanoj mogućnosti požara i širenju bolesti. Bolesti koje su specifične za vrstu, ili na koje je data vrsta manje otporna, jako brzo se šire.

11.2. Tehnički radovi

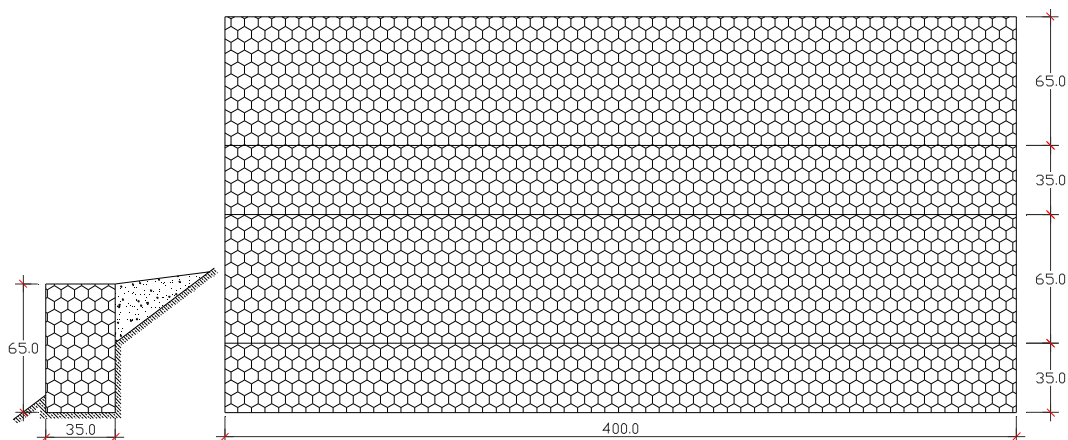
Tehnički radovi se odnose na podizanje poprečnih objekata u koritu glavnog toka i pritokama. Na slivu reke Dičine nalazi se više desetina manjih vodotokova (stalni i povremeni tokovi; jaruge; suvodoline), koji u periodima pojave intenzivnih padavina i otapanja snega primaju velike količine vode, koja veoma brzo dospeva do glavnog toka, sa velikim količinama nanosa. U stalnim vodotokovima poželjno je podizanje pragova, isključivo od gabiona (niža cena izrade nego betonski ili objekti od kamena u cementnom malteru; fleksibilni, trpe deformacije i ostaju u funkciji; mogućnost jednostavne zamene oštećenih segmenata; estetski i vizuelno prihvatljiviji). Ukoliko se koristi kvalitetna žica za izradu korpi i odgovarajući kamen, trajnost gabiona je daleko duža u visoko-planinskim uslovima, u odnosu na betonske konstrukcije.

U koritima povremenih vodotoka i jarugama, predlaže se korišćenje kombinovanog sistema sa gabionskim pragovima i pleterima (gabioni se koriste na nižim profilima, ili gde postoji opasnost od destabilizacije obala, sa korisnom visinom do 100 cm; pleteri se koriste u serijama, sa korisnom visinom do 80 cm). U zaplavima niskih gabionskih pragova i pletera obaviti sadnju žbunastih ili drvenastih vrsta.



Slika 10.2. - Šematski prikaz dejstva poprečnih objekata u bujičnom koritu

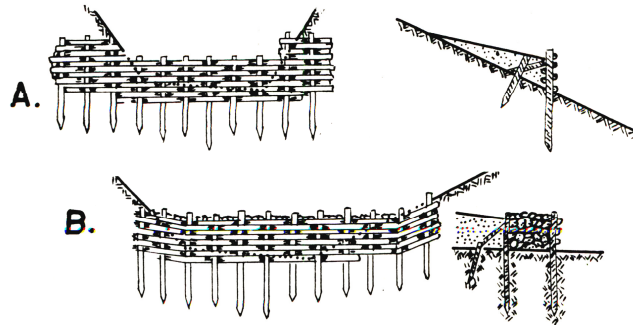
Pragovi imaju funkciju da zaustave nanos, stabilizuju rečno korito (u podužnom i poprečnom preseku) i obezbede spajanje gornje i donje vode, smanjuju nagib dna rečnog korita, i fiksiraju rečno dno i obale bez neželjenih efekata. Na nekim profilima teren je ekstremno erodiran, tako da pleterska konstrukcija ne može da izdrži pritisak i podleže deformacijama, što se objektima od gabiona lako kontroliše. Tokom projektovanja i izvođenja pragova (poprečnih objekata) u rečnom koritu moraju se obezbediti migratorni putevi za vodene organizme, popularno nazvani „riblje staze“.



Slika 10.3. Zidić od gabiona

Izrada pletera, pogotovo u sistemu, deluje na zaustavljanje erozionog materijala, odnosno, formiranje zaplava koji ima manji pad od prvobitnog nagiba dna jaruge (ili povremenog vodotoka). Zaustavljeni materijal, u kome ima dosta hranljivih materija (erozioni produkti), veoma brzo obrasta vegetacijom, čime započinje proces trajne stabilizacije. Svaki podignuti pleter sa svojim zaplavom deluje stabilizujuće i na kosine. Formiranje pleterskih konstrukcija na mreži povremenih tokova i jaruga na slivu reke Dičine, doprineće značajnom smanjenju erozionog materijala u koritima Dičine i njenih pritoka. Pored toga biće značajno smanjenja brzina koncentracije poplavnih voda.

Pleteri su sredstvo za sanaciju jaruga kod kojih je proces regresivnog usecanja u razvijenoj formi, ali i efikasno sredstvo prevencije kod slabo razvijenih jaruga (slika 10.4.). Izrađuju se od bagremovog ili vrbovog kolja ($\varnothing=12-15$ cm), koje se pobija u podlogu (na dubinu od 70-80 cm). Korisna visina pletera (visina kolja



Slika 10.4. Jednostruki i dvostruki pleteri za sanaciju jaruga

iznad površine terena) iznosi 70-90 cm, a kolje se pobija na rastojanju od 70-80 cm. Između pobijenog kolja se formira poplet od vrbovog ili leskovog pruća.

Izgradnjom akumulacije doći će do potapanja zemljišta uzvodno od brane. Sanitarno uređenje prostora akumulacije, ispod kote maksimalnog uspora, obuhvata sledeće:

- uklanjanje vegetacijskog pokrivača (drvenaste, žbunaste i zeljaste biljke), panjeva sa korenjem, granja i lišća,
- čišćenje terena (uklanjanjem divljih deponija i stajskog otpada domaćinstava),
- skidanje humusa – površinskog sloja zemlje debljine 30 cm i
- zatrpavanje i dezinfekcija oštećenih mesta.

Požari na ovim prostorima često pričinjavaju ogromne materijalne štete. Razvojem putne mreže, komunikacija i opreme borba protiv požara može biti efikasnija samo ako se na vreme otkriju. Da bi se to postiglo u nenaseljenim mestima se mora organizovati služba osmatranja i dojava. Do sada takva služba nije postojala, a požari su u nekoliko poslednjih i ove godine (2012) uništili desetine hektara podignutih zasada.

Osnovnu mrežu protiv požarne zaštite na terenu treba da čine protiv-požarne pruge povezane sa putevima i vodotocima. Na taj način se omogućuje bolja komunikacija, brža intervencija i korišćenje vode za gašenje požara. Za obezbeđenje vode za gašenje požara treba kaptirati izvore, a u gornjim tokovima potoka i rečica formirati mikroakumulacije. Osim vode, u gašenju požara se mogu koristiti ašovi, lopate i budaci. Osnovni zadatak odbrane je sprečavanje širenja požara. Zbog toga se najčešće borba vodi na glavnom frontu pravca širenja požara. Istovremeno se moraju kontrolisati i protivpožarne pruge i prebacivanje požara na susedne parcele.

Za potrebe osmatranja i dojava treba podići osmatračnice na dominantnim tačkama, kako bi se obezbedila preglednost površina pod kulturom. Neophodno je angažovanje obučениh osmatrača u periodu od aprila do oktobra, a mere pojačane kontrole u toku sušnih dana. Svaki osmatrač treba da ima dvogled i mobilni telefon. Sistem veza treba da omogući međusobno komuniciranje osmatrača i kontaktiranje sa centrom.

Tehničke radove u hidrografskoj mreži treba privesti kraju najmanje godinu dana pre početka formiranja akumulacije, jer se na taj način postižu optimalni efekti.

Zone sanitarne zaštite akumulacija površinskih voda propisane su Pravilnikom o načinu određivanja i održavanja zona sanitarne zaštite izvorišta vodosnabdevanja („Službeni glasnik RS“, br. 92/2008).

U cilju zaštite vode u akumulaciji za vodosnabdevanje uspostavljaju se:

- 1) zona neposredne sanitarne zaštite (zona I, zona strogog nadzora);
- 2) uža zona sanitarne zaštite (zona II, zona ograničenja);
- 3) šira zona sanitarne zaštite (zona III, zona nadzora).

Zona I akumulacije površinske vode obuhvata jezero iz koga se zahvata voda za javno vodosnabdevanje, uključujući vrh pregradnog objekta ako je akumulacija veštačka i priobalno područje akumulacije čija širina iznosi 10 m u horizontalnoj projekciji od nivoa vode pri najvišem nivou vode u jezeru.

Zona I akumulacije površinske vode obuhvata i nadzemnu pritoku duž celog toka i područje sa obe strane pritoke čija širina iznosi najmanje 10 m u horizontalnoj projekciji mereno od nivoa vode pri vodostaju pritoke koji se javlja jednom u 10 godina.

Zona II akumulacije površinske vode obuhvata područje oko jezera čija širina iznosi 500 m mereno u horizontalnoj projekciji od spoljne granice zone I. Ova zona mora biti vidno obeležena i pod stalnim sanitarnim nadzorom. U njoj nije dozvoljena izgradnja objekata i vršenje radnji koje mogu na bilo koji način zagaditi vodu.

Zona III akumulacije površinske vode obuhvata područje izvan granice zone II do granice koja zaokružuje površinu sliva. U ovoj zoni je zabranjena izgradnja industrijskih i drugih objekata, čije otpadne vode i materije iz procesa proizvodnje mogu zagaditi vodu u akumulaciji.

Zone sanitarne zaštite akumulacije Banjani prikazane su u prilogu br. 13.

S obzirom da je osnovna namena akumulacije snabdevanje stanovništva vodom, posebnu pažnju treba posvetiti zaštiti jezera i rigoroznom sprovođenju svih predviđenih mera u zonama sanitarne zaštite. U tom cilju treba primeniti odgovarajuće operative mere zaštite, uspostavljanjem određenih režima i ograničenja:

Ne dozvoljava se korišćenje (na jezeru) plovila na motorni pogon, zbog potencijalnih opasnosti od zagađenja naftnim derivatima;

Ne dozvoljava se prilaz akvatoriji motornim vozilima, iz istih razloga;

Ne dozvoljava se transport opasnih materija (nafte i naftnih derivata, hemikalija, itd.) u zoni akumulacije;

Na jezeru se pod propisanim režimima dozvoljava samo pećanje, dok se kupanje i masovna rekreacija na vodi ne dozvoljava, već se za to obezbeđuju lokacije na

nizvodnom delu toka, na kome se obezbeđuju odgovarajući povoljni temperaturni režimi ispuštanjem garantovanog protoka iz najviših zahvata u zahvatnoj kuli.

Potrebno je izvršiti ozelenjavanje svih slobodnih površina slobodnim pejzažnim stilom prilagođenim prostornim mogućnostima, autohtonim drvenastim vrstama i polaganjem travnatog zasada u skladu sa položajem objekata sistema radi maksimalnog uklapanja u ambijent priobalja, uz izbegavanje invazivnih (alohtonih) biljnih vrsta i radi povezivanja zelenila sa globalnim vegetacijskim celinama.

Odlaganje komunalnog čvrstog otpada je predviđeno u odgovarajuće mobilne kontejnere i odvoženje na gradsku komunalnu deponiju, prema regulativi iz ove oblasti.

Predviđena je higijenzacija celog slivnog područja akumulacije uklanjanjem potencijalnih izvora zagađenja i zabrana ispuštanja otpadnih voda bez adekvatnog prečišćavanja.

Zabranjena je upotreba hemijskog đubriva, stajnjaka, pesticida, herbicida i insekticida, uzgajanje stoke, izgradnja ugostiteljskih, sportskih i stambenih objekata, formiranje grobalja, eksploatacija šljunka i peska, okupljanja ljudi u granicama uže i neposredne zone zaštite akumulacije.

Predviđeno je plansko punjenje akumulacije u cilju umanjenja i anuliranja mogućih efekata indukovane seizmičnosti, koji se pojavljuje u ovoj fazi.

12. Analiza rezultata istraživanja

12.1. Pregled i komentar sprovedenih istraživanja

Vodosnabdevanje stanovništva Srbije južno od Save i Dunava, najvećim delom, zasniva se na korišćenju površinskih voda. Voda se u početku zahvata iz otvorenog rečnog toka (na Velikoj Dičini ispod postojeće retenzije), a izgradnja površinskih akumulacija je planirana u narednom periodu. Snabdevanje vodom iz otvorenog rečnog toka je promenljivo i nepouzđano u pogledu količina i kvaliteta vode. Zbog toga je, za racionalno korišćenje voda, nužna izgradnja odgovarajućih akumulacija.

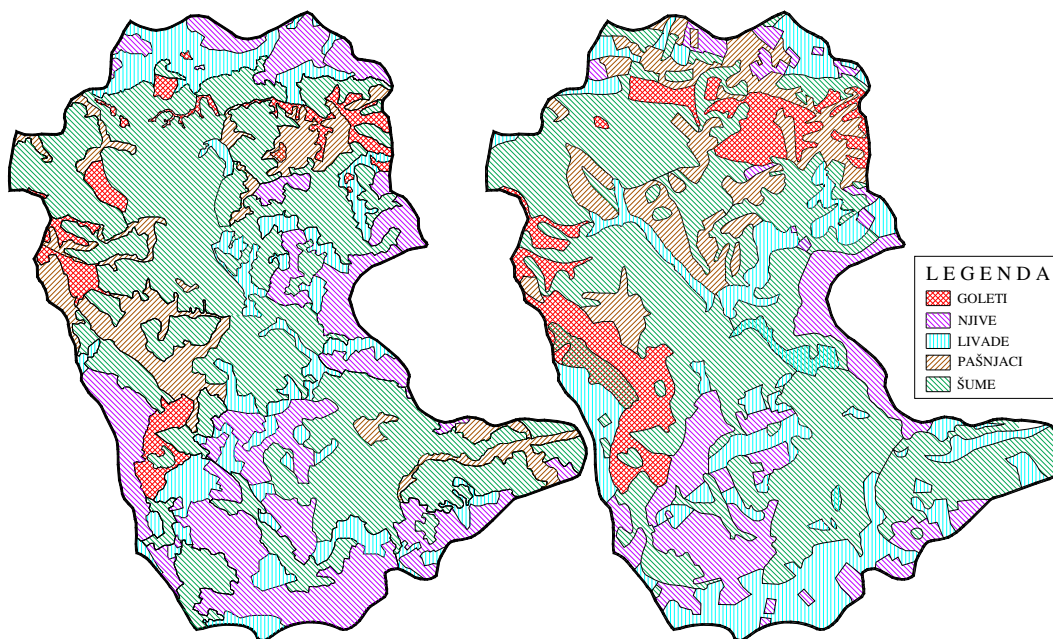
Izgradnjom brane i formiranjem akumulacije doći će do promene dinamike, bilansa i kvaliteta voda sa dobro poznatim pozitivnim efektima rešavanja problema vodosnabdevanja. Negativni efekti nastaju tokom vremena i ogledaju se prvenstveno u promeni kvaliteta ujezerene vode u odnosu na dotadašnju rečnu vodu dobrog kvaliteta. Negativne posledice po životnu sredinu: narušavanje ambijentalnih karakteristika, narušavanje funkcionalnosti ekosistema, smanjenje biološke raznovrsnosti i potencijalno ugrožavanje stanovništva usled mogućeg rušenja brane.

Procesi koji se odvijaju u novoformiranoj akumulaciji su izrazito dinamični i ciklični. Većina se može predvideti, a na neke nepoželjne procese se može uticati određenim inženjerskim zahvatima u cilju poboljšanja kvaliteta vode i smanjenja troškova eksploatacije. U postupku projektovanja vodoprivrednih sistema koriste se složeni matematički modeli za simuliranje dinamičkih procesa i njihovo ponašanje tokom vremena u akumulacijama, nakon uspostavljanja novih vodnih režima.

Prognozu kvaliteta vode u budućem veštačkom jezeru i integralne mere zaštite slivnog područja, moguće je uraditi na osnovu podataka o kvalitetu rečne vode i karakteristika slivnog područja: fizičko-geografskih, klimatsko-meteoroloških, geoloških, pedoloških, hidrološko-hidrauličkih, fitocenoloških i načina korišćenja zemljišta. Prognoza kvaliteta vode, za merodavne uslove koji osim navedenih parametara sadrže i geometrijske karakteristike projektovane akumulacije, radi se korišćenjem odgovarajućih matematičkih ili simulacionih modela.

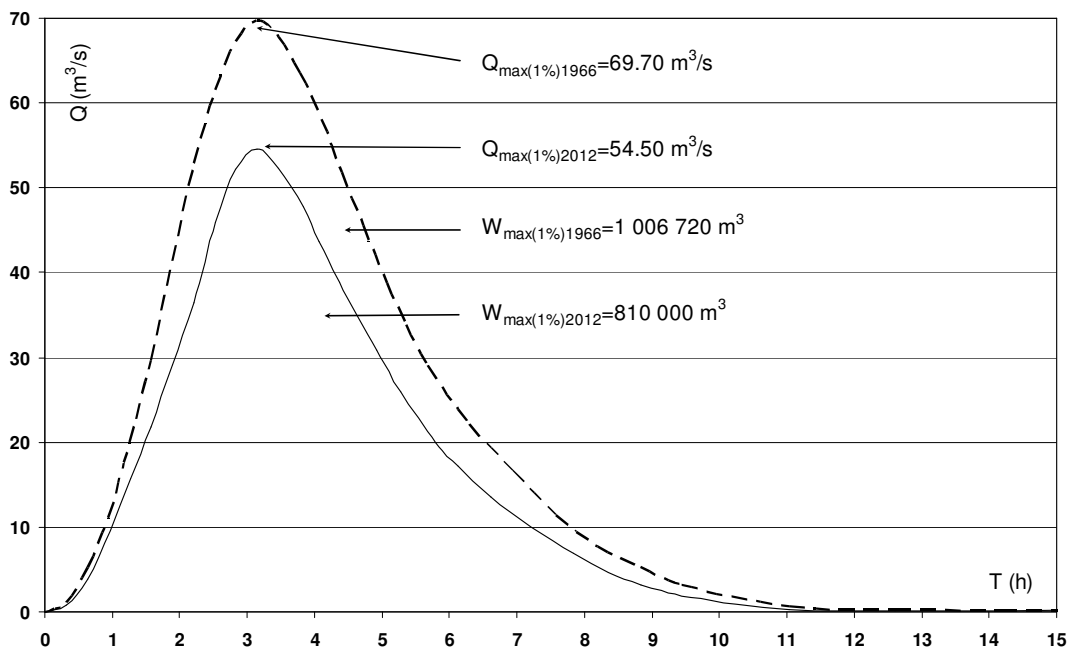
Eksperimentalni sliv Velike Dičine zahvata padine Suvobora i Rajca. Površina sliva do profila postojeće retenzije iznosi 22,5 km². Sliv ima pravilan oblik i veoma je razvijen. Teren je kupiran, brdsko-planinskog karaktera, sa velikim brojem uvala i suvodolina. Većina padina u slivu ima nagib 40-60%, izuzev padina u gornjem toku koje imaju blaže nagibe. Brežuljkasti atari sliva odlikuju se osetno većim udelom površina pod travnom i šumskom vegetacijom od oranica i višegodišnjih zasada.

Ako uporedimo karte korišćenja zemljišta, na osnovu naših istraživanja, iz 2011. i 1991. godine (prikazane na slici 12.1.), zapazićemo velike promene u strukturi korišćenja površina sliva. Najveće promene su pretrpele goleti, čiji je udeo u ukupnoj površini sliva smanjen sa 10% na 5%. Od 220 ha goleti iz prethodnog perioda ostalo je 110 ha. Za 3% su uvećane površine koje zauzimaju pašnjaci i 2% livade. Udeo površina koje zauzimaju njive (17%) i šume (48%) ostao je nepromenjen. Moć regeneracije prirode, bez negativnog uticaja čoveka, je očigledna. Došlo je do uvećanja površina pod travnatim pokrivačem i niskim rastinjem lošeg kvaliteta. Prirodno obnavljanje šuma, u periodu od dve decenije, nije registrovano.



Slika 12.1. Uporedne karte korišćenja zemljišta iz 2011. i 1991. godine

Analizom hidrološko-psamoloških parametara sliva i hidrograma velikih voda reke Dičine u profilu brane 1966. i 2012. godine, utvrđene su još veće promene (Ristić R., Ljujić M., Despotović J., 2013). Hidrogrami velikih voda su prikazane na slici 12.2.



Slika 12.2. Hidrogrami velikih voda reke Velika Dičina 1966. i 2012. godine

Do promene načina korišćenja zemljišta u slivu, od vremena izgradnje brane (1966) do kraja istraživanog perioda (2012), je došlo zbog depopulacije, smanjenja intenziteta poljoprivrede i antropogenih pritisaka na šumske ekosisteme, kao i pošumljavanja degradiranih površina. U tri sela na obodu sliva, Polom, Teočin i Brajići, broj stanovnika je smanjen sa 1.500 na 980. Pošumljeno je preko 200 ha degradiranih površina sliva. Površine pod šumama su uvećane, a goleti smanjene za 13%. Manje su i pašnjačke površine za oko 10%.

Promena strukture zemljišta i smanjenje antropogenog pritiska doveli su do poboljšanja hidroloških uslova u slivu, smanjenja učestalosti i volumena bujica, usporavanja erozionih procesa, manjeg taloženja nanosa u akumulaciji i smanjenja rizika od bujičnih poplava. Sađene šumske zajednice i povoljnija struktura zemljišta pod biljnim pokrivačem, povećale su otpor zemljišta na dejstvo erozionih sila i formiranje brzog površinskog oticaja. Koeficijent erozije je smanjen sa 0,44 na 0,17. Srednja godišnja

vrednost transporta nanosa u profilu brane 1966. godine je iznosila 16.000 m^3 , a 2012. godine 1.930 m^3 . Vrednosti maksimalnog proticaja i zapremine talasa velikih voda su smanjene za 20%. Računske vrednosti stogodišnjih velikih voda smanjene su sa $Q_{\max(1\%)1966}=69,70 \text{ m}^3/\text{s}$ na $Q_{\max(1\%)2012}=54,50 \text{ m}^3/\text{s}$, a zapremina poplavnog talasa sa $W_{\max(1\%)1966}=1.006.720 \text{ m}^3$ na $W_{\max(1\%)2012}=810.000 \text{ m}^3$.

Proračun velikih voda na istraživanom području obavljen je primenom kombinovane metode koja obuhvata: SCS postupak za razdvajanje efektivnih padavina P_e (formiraju direktan oticaj) od ukupnih (bruto padavina P_{br}) i teoriju sintetičkog jediničnog hidrograma za determinisanje vršne ordinate jediničnog oticaja q_{\max} (Jovanović S., 1989). Transformacija trougaonog sintetičkog jediničnog hidrograma, u realan krivolinijski hidrogram, izvedena je na osnovu SCS bezdimenzionalnog jediničnog hidrograma, korišćenjem matematičkog modela inteziteta jakih kiša (Janković D., 1994).

U zavisnosti od hidrološke klase zemljišta (A, B, C, D), koja se određuje na osnovu minimalnog iznosa infiltracije za jedan čas, načina korišćenja zemljišta (vegetacijskog pokrivača) i hidroloških uslova (slabi, srednji, dobri) na pojedinim površinama, utvrđuje se merodavna vrednost broja krive oticaja CN (runoff curve number). Srednja vrednost CN_{sr} (reprezentativna za ceo sliv) dobija se ponderisanjem, tako što se površine iste hidrološke klase zemljišta množe sa odgovarajućim brojem krive oticaja CN i njihov zbir se podeli sa ukupnom površinom sliva.

Proračuni produkcije i pronosa nanosa obavljeni su primenom metode „Potencijal erozije“, profesora Gavrilovića (Gavrilović S., 1978).

Slivno područje reke spada u kategoriju veoma slabe erozivnosti površinskog tipa. U srednjem delu sliva erozije skoro da nema jer je ovo područje najvećim delom pošumljeno. Na južnim i istočnim delovima sliva nalaze se oranice i okućnice, koje su podložne procesima slabe erozije. Problem predstavljaju ogoljene i delimično ogoljene površine na severo-istočnom i zapadnom obodu sliva. Uglavnom to su parcele korišćene za dugotrajnu ispašu. Koeficijent erozije za neke od njih je veći od 1, što ih svrstava u ekscesivne erozije površine.

Srednja godišnja vrednost transporta nanosa iz sliva retenzije, dobijena geodetskim snimanjima zasipanja retenzionog prostora i merenjima pronosa nanosa na profilu postojeće retenzije, iznosi $G_{\text{god}} = 2.280 \text{ m}^3/\text{god}$. Specifični transport nanosa u slivu iznosi $g = 100 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{god}$.

Karakteristike i struktura nanosa su utvrđeni granulometrijskim analizama uzoraka nanosa. Uzorkovanje je izvršeno prilikom iskopa rovova u retenzionom basenu za utvrđivanje debljine nasutog sloja. Uzorci su uzeti sa profila 2. (100 m od ose brane) na dubini od 100 cm i sa profila 5. (250 m od ose brane) na dubini od 20 cm. Iz analiza se može zaključiti da je granulometrijska struktura nanosa u basenu heterogena, a da osnovnu granulometrijsku komponentu čini prašinasti pesak. Najsitniju strukturu imaju površinski slojevi, a slojevi na većoj dubini imaju krupniju strukturu nanosa.

Naknadno su izvršena Geomehantička i mineraloško-petrografska ispitivanja uzoraka aluvijalnog (rečnog) i retenzionog nanosa. Uzorci su uzeti sa uzvodne kosine brane R-2. (40 m od ose brane), sa uzvodnih profila SJ-9. (98 m od ose brane) i SJ-10. (105 m od ose brane), prema situaciji sa poprečnim profilima i sondažnim jamama, prilog br. 7.

Sa granulometrijske krive uzorka iz sondažne jame R-2., na dubini 1.20-2.00 m, se vidi da više od 45% nasutog materijala ispred brane čine čestice sa prečnikom zrna većim od 2 mm, odnosno šljunak i drobina, a samo 10% čestice gline. Sitnije čestice se talože na površini basena, ili ih voda odnosi kroz temeljni ispust i bočni preliv.

U uslovima retenzije sa stalno otvorenim temeljnim ispustom i nepovoljnim odnosom zapremine retenzionog prostora i zapremine godišnjeg protoka ($0.35 \cdot 10^6 : 8.5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$) taloženje čestica prečnika manjeg od 0.002 mm je minimalno. Učešće krupnijih organskih materija u nanosu iznosi 5-17% (prilozi br. 8 i 9).

Erozionističkim proračunima, na osnovu empirijskih formula Gavrilovića i Petkovića, dobijaju se veće vrednosti specifičnog transporta od 147 – 166 $\text{m}^3/\text{km}^2/\text{god}$. Razlike između merenih i računskih vrednosti proizlaze iz činjenice da se deo vode i nanosa gubi usled proviranja iz basena. Geofizičkim istraživanjima su utvrđeni ispucalost i oštećenja krečnjačkog masiva u zoni akumulacionog prostora. Lokacija je, usled stalnih tektonskih aktivnosti, ispresecana rasedima i pukotinama. Otuda je vrednost ukupne količine nanosa koja dospeva iz sliva retenzije veća od vrednosti dobijene merenjima.

Poređenjem erozionističkih parametara slivnog područja reke Velika Dičina, sa drugim rečnim slivovima u Srbiji, utvrđeno je da samo Gvozdačka reka ima povoljniji erozioni faktor ($E=E_0+A_0/A$). To znači da samo sliv ove reke ima manji procenat površina zahvaćenih jakom erozijom od sliva Velike Dičine. U pogledu godišnjih vrednosti transporta nanosa iz sliva (g_r), izuzimajući ravničarske reke Pek i Mlavu, ima najmanji specifični transport nanosa iz sliva izražen u $m^3/km^2/god$. U poređenju sa, po veličini i padu, sličnim slivom Grošničke reke više od četiri puta je manja vrednost specifičnog transporta nanosa iz sliva Velike Dičine. Iz uporedne analize slivova u pogledu erozionističkih parametara, produkcija i transport nanosa, proizilazi da je sliv Velike Dičine najpovoljniji za izgradnju brane za višenamensko korišćenje voda. Samo sliv Gvozdačke reke ima manji procenat površina zahvaćenih jakom erozijom. Sliv Velike Dičine ima najmanji specifični transport nanosa, izuzimajući ravničarske reke Pek i Mlavu. U poređenju sa, po veličini i padu sličnim slivom, Grošnička reka ima četiri puta veću vrednost specifičnog transporta nanosa iz sliva izraženu u $m^3/km^2/god$.

Sliv Velike Dičine pripada teritoriji jedne opštine sa tri seoska naselja brdskoplaninskog tipa, u kojima broj stanovnika permanentno opada u celom posleratnom periodu. Prema zvaničnim rezultatima popisa stanovništva iz 2012. godine ukupan broj stanovnika sliva je 76, što daje naseljenost od svega 3 stanovnika po $1 km^2$, a to je neuporedivo niže od prosečne naseljenosti Šumadije i Srbije koja iznosi 90 stanovnika po $1 km^2$.

Reka Velika Dičina se od 1984. godine koristi za vodosnabdevanje Gornjeg Milanovca. Voda se zahvata iz otvorenog rečnog toka, a izgradnja akumulacije je planirana u narednom periodu. Hemijske i mikrobiološke analize rečne vode, uzorkovane na vodozahvatu, vrše se četiri puta mesečno. Višegodišnje analize pokazuju da rečna voda odgovara I klasi vodotoka za parametre: pH, mangan, arsen, živa, olovo, cink, nikl i kadmijum. U nekim uzorcima su registrovane visoke koncentracije gvožđa, nitrata i amonijaka, visoke vrednosti mutnoće i utroška $KMnO_4$ za vreme visokih vodostaja.

Granične vrednosti fizičko-hemijskih parametara kvaliteta vode ukazuju na nedozvoljene koncentracije azotnih jedinjenja: amonijaka, nitrata i nitrita. Sadržaj gvožđa i utrošak $KMnO_4$ značajno odstupaju od MDK vrednosti vodotoka I i II kategorije. Sadržaj nitrata (kao NO_3) se kretao u opsegu od I do V kategorije 1,66-19,86

mg/l, granična vrednost za I kategoriju iznosi 10 mg/l. Maksimalno izmerena koncentracija gvožđa iznosi 1,39 mg/l, dozvoljeno u vodi za piće 0,3 mg/l.

Bakteriološke analize, pokazuju da je broj koliformnih klica u rečnoj vodi u granicama do 2000 jedinki u II vode, zadovoljavaju granične vrednosti vodotoka I kategorije. Neki uzorci neznatno premašuju graničnu vrednost, a najveći registrovani broj koliformnih klica iznosi 38000, što ovaj vodotok svrstava između I i II kategorije kvaliteta. Preciznije rečeno radi se o I klasi vodotoka sa povremenim prelaskom u II klasu. Biološke analize pokazuju da su vode Velike Dičine čiste i ispravne, sa dobrim samoprečišćavanjem, odnosno da pripadaju I klasi boniteta.

Simulacijama ponašanja ekosistema, za različite ulaze nutrijenata, moguće je prognozirati dinamičke procese koji će se odvijati u akumulacijama i sagledati uticaj planiranih mera zaštite, čiji je cilj da se akvatorije održavaju u nekom unapred definisanom stanju trofije. Za akumulaciju Banjani, korišćen je matematički model PAMOLARE 3. Ovaj model simulira sve značajne pokazatelje kvaliteta vode u dvoslojno stratifikovanom jezeru.

Rast algi u jezeru zavisi od neorganskih azotnih i fosfornih jedinjenja, pa se u matematičkim modelima kvaliteta obično razmatra samo dinamika ova dva nutrijenta. U radu su grafički prikazane sezonske promene osnovnih eutrofikacionih pokazatelja: rastvoreni kiseonik, hlorofil-a (u diatomama), ukupan azot i ukupan fosfor.

Maksimalne koncentracije rastvorenog kiseonika, bliske saturisanim, u oba sloja vode u jezeru javljaju se na početku kalendarske godine pri niskim temperaturama vode. U toku leta, usled rasta temperature vode, opada koncentracija kiseonika u oba sloja, a posebno u hipolimnionu gde se stvaraju uslovi za raspadanje organske materije. Najmanje koncentracije kiseonika nastaju početkom septembra, u hipolimnionu koncentracija kiseonika opada na svega 3 mg O₂/l. Početkom jeseni, dolazi do obnavljanja rezervi rastvorenog kiseonika usled hlađenja vode i mešanja od strane vetra.

Hlorofil se nalazi u svim organizmima koji obavljaju fotosintezu, zbog toga se koncentracija ovog fotosintetskog zelenog pigmenta koristi kao indikator biomase fitoplanktona. Prema koncentraciji hlorofila-a u epilimnionu, koji je jedan od osnovnih

pokazatelja trofičnosti, akumulacija Banjani će se nalaziti u mezotrofnom stanju sa srednjom godišnjom vrednošću od oko 1,5 $\mu\text{g Chla/l}$.

Azot je konstitucioni element tkiva svih živih organizama, pa mu zbog toga pripada vodeća uloga u razvoju života u vodenim akumulacijama. Na dijagramu ukupnog azota uočljiv je pad koncentracije u epilimnionu u toku leta, kada azotne nutrijente konzumira fitoplankton koji tada intenzivno raste. Sredinom leta koncentracija azota u epilimnionu se približava nultoj vrednosti. To ipak neće ugroziti bioprodukciju u vodenom sistemimu, zbog načina nadoknađivanja azota.

Fosfor je nutrijent koji alge koriste u obliku ortofosfata. Fosfor je uglavnom deficitaran, jer ga nema u velikim količinama u zemljinoj kori, ni u atmosferi u gasovitoj formi. Fosfornih jedinjenja u vodi ima relativno malo. Najveće koncentracije fosfora potiču iz otpadnih voda, deterdženata i veštačkih đubriva.

Prema koncentraciji ukupnog fosfora, sa srednjom vrednošću od oko 0,011 mg P/l, akumulacija Banjani spada u vode koje su na granici između oligotrofnog i mezotrofnog. Maksimalne vrednosti ukupnog fosfora u martu mesecu dostižu vrednost od 0,020 mg P/l i akumulaciju Banjani prevode u mezotrofno stanje. Pad koncentracije ukupnog fosfora u epilimnionu u toku leta, posledica je intenzivnog rasta fitoplanktona i algi koji se hrane ovim nutrijentom.

Obzirom da na slivu Velike Dičine nema stočarskih farmi, komunalnih i industrijskih otpadnih voda, u bliskoj budućnosti se ne očekuju problemi u kontroli unosa fosfora i zaštiti od visoke koncentracije ovog nutrijenta.

Eutrofikacija predstavlja prirodni proces starenja vodnih tela, tokom koga dolazi do prelaza iz nisko produktivnog stanja (oligotrofnog) u visoko produktivno stanje (eutrofnog). Trofički status se može definisati kao ukupna težina živog biološkog materijala (biomase) u jednom vodenom ekosistemu na određenom lokalitetu i u određenom vremenu.

Kod nas se stepen trofije vodnog tela najčešće određuje primenom Carlsonovog indeksa trofičnosti. Carlsonov indeks koristi algalnu biomasu kao osnovu klasifikacije trofičkog

statusa. Parametri koji nezavisno procenjuju biomasu algi su: koncentracija hlorofila-a, prozračnost vode i koncentracija ukupog fosfora.

Akumulacije Gruža, Čelije i Grošnica bile su predmet većeg broja istraživanja. Na osnovu analize podataka za višegodišnji period, a prema TSI indeksu (indeks trofičkog statusa), akumulacije Gruža i Čelije spadaju u eutrofne akumulacije, a akumulacija Grošnica u mezotrofne akumulacije. Prema biološkim karakteristikama, akumulacija na Velikoj Dičini biće najbližnja Grošnici. Sličnost se ogleda u veličini sliva i zapremini jezera. Razlikuju se po tome što je Grošnica na manjoj nadmorskoj visini, a Banjani imaju veći unos nitrata u pritoci.

Obzirom da je akumulacija Grošnica veoma slična akumulaciji Banjani, po veličini i naseljenosti sliva, kvalitetu vode i geometriji jezera, u ovom tekstu su date njene osnovne karakteristike i istorijat gradnje.

Grošnička reka izvire na Gledićkim planinama na uzvišenju Dulenski crni vrh (900 mnm). Dužina reke iznosi 17 km, a površina sliva 30 km².



Grošničko jezero podignuto je na Grošničkoj reci za potrebe vodosnabdevanja Kragujevca. Predstavlja najstarije veštačko jezero u Srbiji, izgrađeno u periodu 1931-1937. godine, a napunjeno vodom 1938. godine. Zbog

smanjenja zapremine jezera i gubitka vode na prelivu, 1962. godine brana je rekonstruisana i nadvišena za 7,3 m. Lučno-gravitaciona brana na Grošničkom jezeru je visoka 50 m, a duga 138 m. Jezero se nalazi na nadmorskoj visini od 312 mnm. Ukupna zapremina jezera iznosi 3.5×10^6 m³. Dužina jezera je 1.750 m, površina 22 hektara. Širina jezera 150-250 m, a maksimalna dubina vode u blizini brane je 23 m (Milanović A., Kovačević-Majkić J., 2007).

Slika 12.3. Grošničko jezero

Grošničko jezero karakterišu povoljni prirodni faktori, uključujući lokaciju i morfometrijske karakteristike. Antropogeni uticaji na akumulaciju su minimalni, zbog

pošumljenosti sliva i udaljenosti od većih naselja. Izvršene su odlične pripreme terena pre gradnje brane i punjenja akumulacije. Na osnovu saprobiološke analize, kvalitet vode je u granicama I i II klase i čini je pogodnom za vodosnabdevanje. Na osnovu prisustva koliformnih bakterija Grošničko jezero pripada kategoriji slabo zagađenih voda. Oligotrofne bakterije su dominantne, izuzev u proleće kada dominiraju heterotrofi. Primena različitih sistema za klasifikaciju voda i analiza stepena trofičnosti (ukupan fosfor, hlorofil, providnost i dr.) pokazala je da ova akumulacija spada u mezotrofne vode sa povremenim približavanjem ka eutrofnom stepenu. Povoljni uticaji, zaštita i redovno održavanje usporili su „starenje“ Grošničkog jezera, tako da ono i posle 70. godina od izgradnje ima stabilan ekosistem.

Tokom istražnog perioda i izrade ovog rada, analizirani su i upoređivani dostupni podaci o kvalitetu voda i trofičnosti akumulacija u Srbiji, Hrvatskoj, Makedoniji i Sloveniji. Za potrebe izrade disertacije, jedino je od Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije bilo moguće dobiti sve raspoložive podatke. Iz republika u okruženju bili su dostupni podaci iz objavljenih naučnih radova i sa interneta.

Na osnovu nedovoljnog broja podataka i različitih kriterijuma za ocenu kvaliteta voda, ne može se izvući zaključak o ekološkom statusu jezera u regionu. Od nekoliko desetina jezera iz regiona najveću sličnost projektovanom Banjanskom jezeru ima slovenačko jezero Klivnik. Po kvalitetu vode (Agencija Republike Slovenije za okolje), površini sliva i nadmorskoj visini sličnost je veća nego sa jezerom Grošnica. Klivniku², kao i Banjanima najveći problem predstavlja koncentracija azota u vodi.

² www.arso.gov.si

Tabela 12.1. Trofički status akumulacija u Sloveniji, na osnovu OECD kriterijuma

Akumulacija 2007	ukupan fosfor	neorganski azot	providnost	providnost	hlorofil	hlorofil
	(prosek)	(prosek)	(prosek)	(minimum)	(prosek)	(maksimum)
tip jezera	($\mu\text{g P/l}$)	($\mu\text{g N/l}$)	(m)	(m)	($\mu\text{g /l}$)	($\mu\text{g /l}$)
<i>u-oligotrofno</i>	< 4	< 200	> 12	> 6	< 1	< 2,5
<i>oligotrofno</i>	< 10	200 – 400	> 6	> 3	< 2,5	< 8
<i>mezotrofno</i>	10 – 35	300 – 650	6 – 3	3 – 1,5	2,5 – 8	8 – 25
<i>eutrofno</i>	35 – 100	500 – 1500	3 - 1,5	1,5 – 0,7	8 – 25	25 – 75
<i>hiperevtrofno</i>	> 100	>1500	< 1,5	< 0,7	> 25	> 75
Klivnik 2007	9	705	3,11	2,1	3,7	6,8
<i>Molja 2007</i>	19	456	2,05	0,9	7,0	14,4
<i>Vogršček 2007</i>	46	2262	1,48	1,1	4,1	7,5
<i>Šmartinsko 2007</i>	95	811	0,76	0,6	9,4	76,2
<i>Slivniško 2007</i>	85	1456	1,1	0,3	17,2	30,8
<i>Perniško 2007</i>	192	1401	0,22	0,1	51,9	77,2
<i>Ledavsko 2007</i>	135	2978	0,30	0,15	61,4	205,8
<i>Gajševsko 2007</i>	222	4615	0,38	0,3	24,7	38,5
<i>Ptujsko 2007</i>	71	1789	0,61	0,3	5,3	9,4
<i>Ormoško 2007</i>	38	880	1,33	0,75	3,7	5,4

Hidromorfološke karakteristike
akumulacije Klivnik

Nadmorska visina 460 mnm

Površina 0,45 km²

Najveća dubina 20 m

Prosečna dubina 9,3 m

Zapremina 4,2x10⁶ m³

Površina sliva 23 km²



Slika 12.4. Višenamenska akumulacija Klivnik

Trofički status akumulacije Banjani, na osnovu podataka za akumulacije Grošnica i Klivnik i rezultata modeliranja „Pamolare“, treba da se kreće u granicama mezotrofije, bez pojave anaerobnih uslova i u najdubljim delovima akumulacije. Monitoringom svih pokazatelja kvaliteta vode, uz odgovarajuće upravljanje selektivnim vodozahvatom, kvalitet vode u jezeru tokom eksploatacije se može održavati u dobrom stanju.

12.2. Primena rezultata istraživanja i preporuke za dalje istraživanje

Akumulacije, posebno u brdsko-planinskim slivovima imaju, veliki značaj u zaštiti osnovnih prirodnih resursa vode i zemljišta. Štitite od poplava i nanosa, vrše izravnjanje bilansa voda, eliminišu štetne posledice neregulisanog vodnog toka i utiču na stvaranje povoljnih uslova za privredni razvoj područja. Koriste se za energetiku, za potrebe vodosnabdevanja, navodnjavanja, industrije i za druge namene. Time obezbeđuju neposrednu korist za komunalna preduzeća, lokalnu sredinu i društvenu zajednicu.

Kvalitet vode u jezeru se menja tokom vremena, zbog nanosa pritoka, organskih otpadaka, aeropolutanata, ljuštura uginulih životinja. Taloženje mulja je brže, ukoliko je organska produkcija intezivnija. Jezero postaje pliće, temperatura viša, menja se svetlosni i gasni režim. Pojas priobalnih biljaka se širi prema centru i jezero postaje eutrofno. Intezivna eutrofikacija i razvoj makrovegetacije jezero pretvaraju u močvaru. Ovo su neminovni prirodni procesi svih veštačkih jezera u neodređenom vremenskom periodu. Loša perspektiva u budućnosti, ne zahteva odustajanje od izgradnje akumulacija. Naprotiv, negativni efekti koji nastaju tokom vremena mogu se predvideti i inženjerskim i biološkim merama sprečiti ili ublažiti, a „starenje“ jezera prolongirati.

Okvirnom Direktivom o vodama (Directive 2000/60/EC) Evropska unija je odredila dugoročnu politiku, principe i standarde u kreiranju i realizaciji koncepta održivog korišćenja i zaštite voda. Glavni cilj Direktive je obezbeđenje dobrog hidrološkog, hemijskog i ekološkog statusa svih prirodnih voda do 2015. godine. ODV promoviše pravično i održivo korišćenje voda zasnovano na dugoročnoj zaštiti vodnih resursa, transparentnosti i učešću javnosti u procesu donošenja planova upravljanja vodama.

Nacionalni Zakon o vodama, iz 2010. godine, delimično je usklađen sa evropskim propisima, a ključni problem je u tome što nisu obezbeđeni adekvatni mehanizmi i sredstva za njegovo sprovođenje.

Eksperimentalni sliv reke Velika Dičina, predstavlja primer dobre prakse, višegodišnjeg prikupljanja i obrade podataka za potrebe izgradnje akumulacije za vodosnabdevanje. I pored toga, za modeliranje i proračune u ovom radu, nedostajali su određeni podaci.

Svakako, najpouzdaniji podaci se odnose na karakteristike slivnog područja. Rekognosciranje terena, merenje, kartiranje i poređenje sa raspoloživim geodetskim podlogama i korišćenje najnovijeg aerofotogrametrijskog snimaka, u potpunosti su definisali morfometrijske karakteristike sliva. Pritisci i uticaji stanovništva i poljoprivrede na vodno telo, takođe, su detaljno istraženi. Utvrđen je broj stanovnika, površina i raspored oranica, brojnost i struktura stočnog fonda.

Veoma su pouzdani podaci o merenju proticaja pomoću limnigrafa i koncentracije suspendovanog nanosa stacionarnom metodom iz stalne tačke, ali se mora imati u vidu nepovoljan položaj hidrološke stanice, ispod retenzione pregrade i uzimanje uzoraka nanosa jednom dnevno.

Hemijske i mikrobiloške analize rečne vode uzorkovane u profilu brane obavlja ovlašćena zdravstvena ustanova četiri puta mesečno, po osnovu zakonske obaveze korišćenja izvorišta za vodosnabdevanje. U pouzdanost ovih analiza, takođe, ne treba sumnjati. Dodatne analize su rađene u laboratoriji na postrojenju za prečišćavanje vode, ili po nalogu istraživača. Nedostaje veći broj bioloških analiza i koncentracija rastvorenog kiseonika u vodi.

Rezultati modeliranja kvaliteta vode i procene stepena trofije buduće akumulacije su prikazani u poglavlju 10. Analizirana je i trofičnost akumulacija u Srbiji i Sloveniji.

Sažeti prikaz i ocena rezultata istraživanja, merenja i modeliranja i u ovom poglavlju, ima za cilj da istakne njihov značaj, ali i nedostatke. Nedovoljan broj podataka za proračune i modeliranje, posledica je nedostatka finansijskih sredstava u istražnom

periodu. Merenja i istraživanja je neophodno nastaviti, uz odgovarajuće korekcije, prema programu savremenog monitoringa datom u sledećem poglavlju.

Nedostatak strategije i sredstava, protivrečni propisi i skromno iskustvo u istraživanju, projektovanju i izgradnji brana (minoran broj u poslednjih dvadeset godina), marginizovali su ovaj sektor, a istraživače, projektante i investitore doveli u veoma nepovoljan položaj. Obrazovanje stručnjaka je nedovoljno i podeljeno po oblastima na više fakulteta, bez povezivanja i zajedničke nadgradnje. Ova disertacija nudi obrazac za sveobuhvatna sistemski izučavanja slivnog područja, monitoring, procenu stepena trofije modeliranjem i poređenjem sa sličnim akumulacijama, projektovanje, planiranje i primenu adekvatnih protiverozionih mera zaštite sliva i akumulacije.

Predložene mere su u skladu sa Okvirnom Direktivom o vodama EU u domenu zaštite od degradacije i zagađenja, u cilju upravljanja kvalitetom resursa planinskog rečnog sliva na principima održivog razvoja.

Integralni koncept zaštite i korišćenja voda podrazumeva planiranje, u određeni vremenskim okvirima, istražnih radova, merenja, izrade projektne dokumentacije, donošenje mera upravljanja i usaglašavanja zakonskih, administrativnih, tehničkih i socioekonomskih mera, eksproprijacije zemljišta, uređenja i zaštite sliva, edukacije stanovništva. Prezentacija složenog sistema, obima posla, programa dugoročnih istražih i pripremnih radova i preventivnih mera, teorijski i praktično se može primeniti na svim brdsko-planinskim slivovima u Srbiji i regionu.

Rezultati istraživanja, primenjene metode i strategija omogućiće bolju procenu uslova za korišćenje i eksploataciju površinskih voda i unapređenje praćenja (monitoring) raspoloživosti vode (kvaliteta i potrošnje) bilo kog planinskog sliva. Zaštita i upravljanje resursima planinskog rečnog sliva, primenom ovog koncepta, minimizira rizik od deficita i lošeg kvaliteta vode i ekonomskih posledica poplava. Izučavanje, objašnjenje i predviđanje efikasnosti u primeni ovih postupaka doprinos su razvoju ukupne metodologije zaštite i korišćenja voda.

Integralna obrada širokog spektra raznorodnih parametara, primena savremenih metoda za ispitivanje i očuvanje kvaliteta vode, unapređenje strategije istraživanja prostora i

predviđanje razvoja trofije budućeg jezera na osnovu modeliranja i poređenja sa sličnim jezerima, rezultat su višegodišnjeg rada desetine visoko obrazovanih ljudi. Njihova iskustva i objavljeni radovi sažeti u ovoj disertaciji, olakšaće posao budućim istraživačima i projektantima hidrosistema u integralnom pristupu, ili parcijalnim rešenjima iz navedenih oblasti.

Dosadašnji inženjerski pristup u rešavanju složenih vodoprivrednih problema (vodosnabdevanje, navodnjavanje, zaštita voda, zaštita od štetnog dejstva voda i erozije) mora pretrpeti korenite promene. U skladu sa konceptom održivog razvoja i upravljanja vodama, neophodno je analizirati ukupni vodni ciklus sa svim prirodnim i antropogenim aktivnostima i interesima korisnika voda.

Praktična primena rezultata istraživanja na slivu reke Velika Dičina moguća je od momenta objavljivanja rada. Rezultati istraživanja su predstavljeni kvantitativnim pokazateljima i mogu se koristiti za izradu projektne dokumentacije. Od posebnog je značaja poglavlje biološke zaštite sliva, koje se takođe može koristiti za izradu projektne dokumentacije i za izvođenje radova na terenu, obzirom da se ovi radovi moraju završiti do početka izgradnje brane.

12.3. Program kontinualnih merenja za savremeni monitoring i potrebe modeliranja kvaliteta vode u budućoj akumulaciji

Monitoring kvaliteta površinskih voda obuhvata pripremu instrumenata, reagenasa i pribora za sprovođenje operativnih zadataka uzorkovanja i hemijske analize kao i nadzor nad izvršavanjem ovih obaveza, izradu uputstava i primenu standardnih operativnih procedura za rad na terenu.

Na teritoriji Srbije RHMZ prati fiziko-hemijske parametre kvaliteta površinskih voda na oko 150 lokacija jednom mesečno ili češće. Na svim lokacijama prati se osnovni set parametara: temperatura vode, pH, provodljivost, rastvoreni kiseonik, hemijska potrošnja kiseonika (HPK), amonijum, nitriti, nitrati, orto-fosfati, ukupni fosfor i hloridi. Takođe se određuju biološka potrošnja kiseonika, Kjeldahl-ov azot, sulfati, ukupna tvrdoća, suspendovane materije i teški metali (As, Cd, Cu, Hg, Pb, Ni, Zn).

U prošlosti, monitoring kvaliteta površinskih voda zasnivao se na proceduri mestimičnog uzorkovanja vode u diskretnim vremenskim intervalima i kasnijoj analizi uzoraka putem instrumentalnih analitičkih merenja radi određivanja koncentracije polutanata. Uprkos brojnih prednosti, ovaj postupak ima znatna ograničenja u pogledu vremenske i prostorne rezolucije koja se može postići po razumnoj ceni, kao i u pogledu dobijene informacije.

Da bi se obezbedio dobar ekološki status svih vodnih tela, prema Okvirnoj Direktivi o vodama (ODV), neophodna je detaljna analiza sadašnjeg i procena budućeg stanja voda. Periodičnim merenjima ne mogu se pratiti dnevne fluktuacije sadržaja kiseonika uzrokovane fotosintezom algi, respiracijom i organskim opterećenjem za vreme intenzivnih padavina. U tu svrhu je neophodna izgradnja automatske stanice za merenje parametara kvaliteta voda, sakupljanje i interpretacija rezultata kontinualnih merenja.

Nova tehnologija i instrumentacija poboljšale su našu sposobnost da kontinualno pratimo kvalitet voda, bez obzira na vremenske uslove i pristupačnost lokacija. Parametri kvaliteta voda mere se pomoću specijalizovanih sonde, dobijeni podaci snimaju se i skladište pomoću elektronskih uređaja za logovanje i prenose na daljinu pomoću telekomunikacionih uređaja. Ova tehnika naročito je pogodna za praćenje kvaliteta površinskih voda na lokacijama udaljenim od naseljenih mesta.

Princip rada automatske stanice zasniva se na zahvatanju rečne vode, proticanju vode kroz rezervoar sa zaronjenim senzorima koji mere parametre kvaliteta vode i vraćanju vodu u reku. Izmerene vrednosti parametara memorišu se pomoću data-logera, prenose putem GSM modema do servera operatera i skladište u centralnoj bazi podataka.

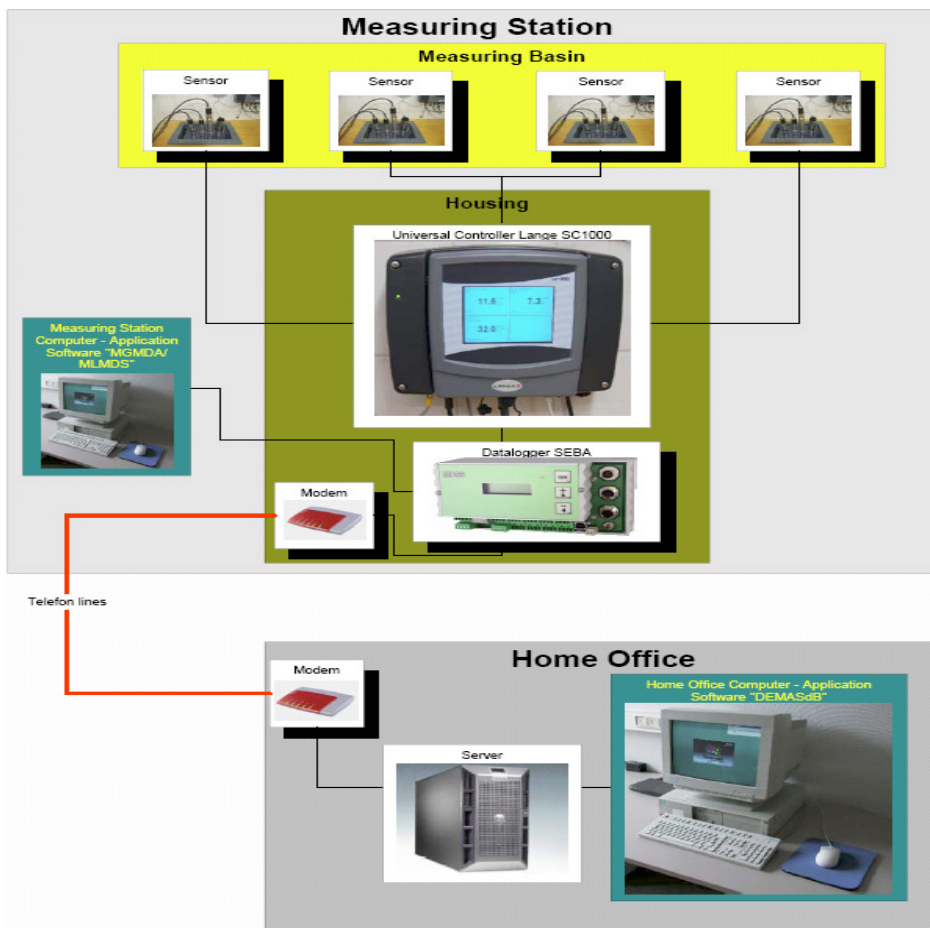
Prva automatska stanica za monitoring kvaliteta površinskih voda u Srbiji, puštena je u rad jula 2008. godine na lokaciji Beli Brod na reci Kolubari. Stanica je uspostavljena kao rezultat učešća RHMZS u Twinning projektu finansiranog od strane EU. Kasnije su instalirane još dve automatske stanice za monitoring kvaliteta vode na reci Tisi, u Novom Kneževcu i Novom Bečeju. Na ovim stanicama multiparametarske sonde su zaronjene direktno u rečnu vodu. Prema iskustvima sa radom ovih stanica, za manje bujične vodotoke se preporučuju stanice sa sopstvenim rezervoarima.

Upotrebom senzora za kontinualno merenje parametara kvaliteta vode moguće je sagledavanje dugotrajnog ponašanja, kao i vanrednih događaja. Pomoću ovih informacija jasno mogu biti identifikovana pojedinačna ispuštanja zagađujućih materija u reku i razdvojena od „prirodne“ koncentracije (koja potiče od dnevnog, nedeljnog ili godišnjeg proseka). Kontinualni monitoring je vrlo podesan za nadgledanje i kontrolu zato što se mogu dobiti upotrebiti podaci ako se izvrši odgovarajuća kalibracija i održavanje. Kontinualnost merenja omogućava uočavanje dnevnih i sezonskih varijacija parametara, kao posledice prirodnih faktora, ali i ljudskih aktivnosti. Time se dobija uvid u aktivnosti akvatičnih organizama, tj. stanje ekosfere.

Pritom je važno da se izvrši pravi izbor isporučioaca opreme koji može da spreči probleme i efikasno reaguje na iznenada iskrsele probleme. Druga značajna stvar je inteligencija i stepen automatizacije AMS. „Pametna“ sistem je važan zato što može smanjiti potrebu za ljudskim radom tako da se više pažnje može posvetiti specijalnim zadacima i rešavanju problema.

Nije nužno imati kontinualno merenje svih senzora. Bolje je imati nekoliko promenljivih koje su tačno i pouzdano merenje nego puno promenljivih koje su netačne. Mada su metode, problemi i rešenja koji su ovde predloženi primenjivi na većinu AMS, potrebno je izvršiti prethodno istraživanje i sakupiti dovoljno podataka pre realizacije merenja na bilo kom vodotoku.

Imajući u vidu navedene principe, za uzorkovanje vode sa reke Velike Dičine predlažemo AMS sa rezervoarom i pumpom uronjenom u rečnu vodu koja kontinualno doprema vodu do stanice. Na ulazu se meri mutnoća. Posle filtracije voda protiče kroz merni bazen gde su postavljeni senzori za merenje temperature, pH, provodljivosti, rastvorenog kiseonika, amonijum-jona i nitrata. Takođe se meri nivo vode (potopljenim ili senzorom koji se nalazi iznad vode). Sve izmerene vrednosti se sakupljaju u centralnom data-logeru sa kapacitetom skladištenja do mesec dana zavisno od učestalosti uzorkovanja ili šalju direktno do centralnog računara putem GSM mreže.



Slika 12.5. Koncept automatske stanice za merenje parametara kvaliteta voda

Temperatura vode je značajan faktor koji utiče na mnoge prirodne procese koji se odigravaju u vodnom telu. Od temperature vode zavise gotovo svi fizički i biohemijski procesi u vodenim sredinama. Temperatura se menja dnevno i sezonski. Rasprostranjenje vodenih organizama zavisi od temperaturnih granica i optimalnih temperaturnih uslova. Biološki, hemijski i fizički procesi u vodi zavise od temperature: potrošnja i proizvodnja kiseonika, adsorpcija i rastvorljivost gasovitih, tečnih i čvrstih supstanci. Struktura zajednica hidrobionata u nekoj sredini direktno zavisi od temperaturnih uslova (Allan D.J., 1995).

Mala promena temperaturnih uslova, dovodi do promene u životnim zajednicama. Nivo rastvorenog kiseonika je takođe u korelaciji sa temperaturom vode. Ukoliko temperatura raste, veća količina rastvorenog kiseonika je potrebna za održanje života u akvatičnoj

sredini, tj. uslovi visoke temperature i niske koncentracije rastvorenog kiseonika ugrožavaju život akvatičnih organizama. U umerenoj klimi vodotokovi imaju zimi temperature bliske tački mržnjenja, a leti temperature rastu, srazmerno udaljenosti od matice i dostižu do 25°C u prirodnim uslovima. Razlike u temperaturama vode u rečnom toku utiču na prisustvo organizama i riblje populacije koji se adaptiraju na uslove okruženja. Na temperaturu površinskih voda utiče niz faktora:

- Boja vode. Tamno obojene ili zamućene vode adsorbuju sunčevu svetlost bolje, a samim tim se njihova temperatura povećava.
- Dubina vode. Površinske vode većih dubina su hladnije i potrebno je duže vreme za njihovo zagrevanje.
- Vegetacija na obali. Drveće pravi senku iznad reka i jezera i na taj način sprečava zagrevanje vode u toku sunčanih dana.
- Klimatska zona. Reke i jezera imaju prirodno nižu temperaturu pri hladnijim klimatskim uslovima.
- Godišnje doba. Temperatura vode varira sezonski.
- Način dotoka vode, pritoka. U mnoge reke i jezera voda dospeva otapanjem snega sa planinskih vrhova, podzemnim izvorima, padavinama ili spiranjem sa površina.
- Zapremina vode.

Temperatura vode je jedan od najlakše merljivih parametara koji karakteriše kvalitet vode. Merenje temperature vode vrši se pomoću semi-konduktorskog senzora NTC 30 koji je ugrađen na vrhu kiseonične elektrode.

Sadržaj kiseonika u vodi zavisi od procesa kojima se unosi (iz atmosfere i iz biogene produkcije) i uklanja kiseonik (naprimer respiracioni procesi, osiromašenje usled prisustva organskih supstanci, nitrifikacija). Kiseonik se unosi u vodu iz atmosfere, s tim što apsorpcija kiseonika primarno zavisi od veličine vodene površine, temperature, deficita zasićenosti, kretanja vazduha i turbulencije vode. Kiseonik oslobađaju vaskularne vodene biljke i alge (fitoplankton i fitobentos) za vreme fotosinteze. Kiseonik se u vodi nalazi u hemijskim jedinjenjima – oksidima, ili kao rastvoreni gas. Tako se razlikuju hemijski vezana i slobodna forma ovog elementa. Rastvoreni kiseonik

sačinjavaju mikroskopski sitni mehurići ovog gasa, koji su u vodu dospeli u procesu fotosinteze ili difuzijom iz atmosfere. Fotosintezu, u prisustvu sunčeve svetlosti obavljaju autotrofni organizmi: modrozeleno bakterije, alge i više biljke. U procesu se od ugljen dioksida, nutrijenata i vode stvara organska materija i oslobadja kiseonik. Prodor i rastvaranje atmosferskog kiseonika u vodi, na kontaktu vode i vazduha, naziva se aeracija. Ova dva procesa, fotosinteza i aeracija su osnovni mehanizmi koji obezbeđuju zalihe rastvorenog kiseonika u vodi.

S druge strane, najveće količine kiseonika se troše u procesima respiracije (metabolički procesi), raspadanja organske materije (razgradnja u vodi od strane mikroorganizama) i u procesu nitrifikacije. Granična vrednost „kritična po ribe“, je minimalna koncentracija od 3 mg/l O₂ (Ivetić M., Kostić D., 2010). Koncentracija kiseonika u vodi koja je u ravnoteži sa atmosferom naziva se „nivo saturacije“ i opada sa porastom temperature. Vrednost kiseonika u vodi zavisi od dnevnih i sezonskih fluktuacija. U toku dana može doći do kiseonične supersaturacije usled intenzivne fotosinteze. Noću međutim, kada su zastupljeniji procesi trošenja kiseonika, voda često ima deficit kiseonika. Zagađenje vode usled akcidenata može prouzrokovati smanjenje koncentracije kiseonika u vodi zbog unošenja organskih supstanci koje se lako razlažu i povećane aktivnosti mikroorganizama. Do smanjenja vrednosti kiseonika može doći i usled prirodnog unosa organskih supstanci kao što je lišće, ispiranje zemljišta ili usled jakih kiša. Kiseonik se troši pri aerobnom raspadu organske materije u prisustvu aerobnih bakterija. Dobijaju se hemijski stabilnija i jednostavnija neogrnska jedinjenja (u literaturi se naziva mineralizacija organske materije).

Fotosinteza i aeracija su dominantne u površinskom sloju, a procesi u kojima se kiseonik troši-respiracija i dekompozicija organske materije obavljaju se po čitavoj dubini vodnog tela. Raspadanje organske materije, i aerobno i anaerobno intenzivnije je u dubljim slojevima. Zbog toga postoji izražena razlika u koncentracijama rastvorenog kiseonika po dubini. Dodatno, fotosinteza se vezuje samo za svetli deo dana, a procesi potrošnje su celodnevni pa postoje oscilacije koncentracije kiseonika na dnevnom i sezonskom nivou.

Sadržaj kiseonika u vodi optičkim merenjem izvodi se putem membrane permeabilne za kiseonik koja se aktivira pomoću luminiscence crvene svetlosti. Što je viši sadržaj kiseonika, to je kraće vreme trajanja luminiscence. Nije neophodno da tečnost protiče oko senzora, te je dugotrajna stabilnost izvanredna. Što je viši sadržaj kiseonika, to je kraće vreme trajanja luminiscence.

Specifična provodljivost i konduktansa su parametri koji ukazuju na sposobnost vodenog rastvora da sprovodi elektricitet. Provodljivost vodenog uzorka zavisi od koncentracije i stepena disocijacije rastvorenih elektrolita, njihovog oksidacionog broja, od mobilnosti jona, njihovog viskoziteta i temperature. Povećanje električne provodljivosti izazivaju otpadne vode iz septičkih jama i neadekvatnih sistema za prečišćavanje i drenaže sa poljoprivrednih površina. Tokom letnjih meseci, dolazi do razgradnje organske materije bakterijama u vodi. Njihovim metabolizmom oslobađa se potencijalna energija iz hemijskih veza, troši se kiseonik u procesu oksidacije komponenata organskog ugljenika i oslobađa CO₂ sagorevanjem energije. CO₂ biva rastvoren u vodi u formi ugljene kiseline, bikarbonatnog jona i karbonatnog jona u zavisnosti od pH vrednosti vode. Formiranje kiseline smanjuje pH vrednost vode i „novi“ joni povećavaju ukupnu rastvorljivost soli i električnu provodljivost.

Električna provodljivost predstavlja količinu ukupnih rastvorenih soli ili ukupne količine rastvorenih jona u vodi. Primarni neorganski joni koji čine ukupne rastvorljive materije su: kalcijum, magnezijum, natrijum, gvožđe, mangan, bikarbonati, hloridi, sulfati, nitrati i karbonati. Ukupne rastvorljive materije su indikator mineralizacionog karaktera vode. Ukupne rastvorljive materije zajedno sa koncentracijom soli utiču na ukupan kvalitet površinskih vode. Ukoliko je njihova koncentracija u vodi suviše visoka, mogu uticati na normalan život riba i predstavljaju problem za korišćenje u agrokulturne svrhe. Sadržaj mineralnih materija u rekama progresivno raste za vreme velikih kiša i oticaja vode posle naglog topljenja snega.

Specifična provodljivost je važan sumarni parametar za rastvorene, disocirane supstance (elektroliti, primarno rastvorene soli) i zato je pogodan za testove kojima se određuju promene u koncentracijama jona tokom vremena. Meri se pomoću kola pojačivača koje ima mernu ćeliju sa četiri elektrode – 2 strujne i 2 naponske. Konduktansa merene

tečnosti određuje se merenjima struje i napona. Za određivanje provodljivosti prirodnih voda temperaturski koeficijent programiran je prema Evropskom standardu EN 27888/1994. Temperaturska kompenzacija pokriva opseg od 0°C do 50°C, a referentna temperatura podešena je na 25°C.

pH vrednost je negativni logaritam koncentracije vodonikovih jona $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$. pH skala se kreće od 0-14 i opisuje aciditet rastvora. Bilans pozitivnih vodonikovih jona (H_3O^+) i negativnih hidroksilnih jona (OH^-) u vodi determiniše koliko je kisela odnosno bazna voda. pH 7 je indikator neutralnog rastvora, pH vrednost ispod 7 kiselog, dok se za bazni rastvor smatra onaj čija se pH vrednost kreće iznad 7. pH vrednost vode određuje rastvorljivost i biološku raspoloživost hemijskih konstituenata azota, fosfora, ugljenika i teških metala. Pored toga što determiniše koja forma i u kojoj meri jednog od nutrienata je prisutna u vodi, pH je takođe pokazatelj njihove upotrebljivosti od strane akvatičnih organizama. Povišena pH vrednost prouzrokuje povećanje koncentracije amonijaka. Pri niskim vrednostima pH u vodi su prisutni amonijum jon (NH_4^+) i hidronijum jon (H_3O^+). Amonijum jon nije toksičan za žive organizme. Na pH iznad devet NH_3 kao toksična komponenta je dominantan.

Na pH vrednost vodnog tela utiču egzogeni faktori od unosa kisele i alkalne otpadne vode (alkalni rastvori, krečna voda, spiranja) i endogeni faktori, pre svega aktivnosti autotrofnih organizama. U vodotokovima sa mnogo nutrijenata aktivnost algi i makrofita (fotosinteza i respiracija), naročito kod sekcija sa sporijim tokom, može izazvati znatne fluktuacije u pH vrednosti u dnevno-noćnom ciklusu. Tokom dana može doći do povećanja pH vrednosti zbog toga što se u toku procesa fotosinteze troši ugljendioksid CO_2 , koji je u vodi prisutan kao H_2CO_3 . Ova biogena alkalizacija može izazvati smrt riba, pošto sa porastom pH vrednosti dolazi do pomeranja ravnoteže $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ prema amonijaku. Amonijum jon koji je gotovo netoksičan, konvertuje se većinom u amonijak (NH_3), jaki ćelijski toksin, ako pH vrednost pređe 9. Puferski kapacitet vodnog tela prirodno je definisan hemizmom svog slivnog područja. Kisela voda se često nalazi u oblastima sa malo krečnjaka, kao i na stenovitom zemljištu sa četinarskim šumama. Takva voda uglavnom nije puferovana ili je samo nedovoljno puferovana, tako da se pH vrednost brzo menja ako se unesu kiseli ili alkalni rastvori. U dobro puferovanoj vodi u krečnjačkim oblastima kiseli unosi mogu biti puferovani

pomoću prirodnih puferskih supstanci kao što su fosfati, amino kiseline, hidrokarbonati i organski materijal. Meri se pomoću kola pojačivača sa pH-elektrodom. Temperaturski koeficijent merne ćelije je digitalno kompenzovan u temperaturskom opsegu od 0°C do 40°C. Unutrašnje napajanje ulaznog pojačala obezbeđuje kratko vreme odziva i merenje zaštićeno od raznih uticaja.

Mutnoća je smanjenje prozračnosti neke tečnosti prouzrokovana prisustvom nerastvornih supstanci. Suspendovana materija disperguje svetlost, što je razlog gubitka prozračnosti tečnosti. Mutnoća vode je prouzrokovana prisustvom nerastvorenih suspendovanih materija. Mutnoća je mera ukupnih suspendovanih materija. Generalno, mutnoća je zastupljenija kod površinskih voda, za razliku od podzemnih koje se sporo kreću pa ne dolazi do pokretanja čestica sedimenata. Glavni izvori mutnoće su otvorene vodene zone u kojima je prisutan fitoplankton, čestice gline i mulja nastale erozijom obale, resuspendovan mulj sa dna korita, efluenti otpadnih voda. Mutnoća koja potiče od algi menja se sezonski i sa dubinom u skladu sa fizičkim, hemijskim i biološkim promenama. Organski materijal nastaje raspadanjem algi, rastom biljaka, zooplanktona, bakterija, gljiva itd. nastalih u vodenom stubu ili dospevaju spiranjem sa obale. Sediment nastaje erozijom obale, kao i resuspenzijom sedimenata sa dna. Mutnoća je parametar koji se uzima u obzir u okviru programa uzorkovanja vodotoka, gde je sediment izuzetno značajan parametar. Čestice, uzročnici mutnoće takođe mogu vezivati teške metale (kadmijum, živu, olovo) kao i mnoge toksične organske komponente i pesticide. Sadržaj prirodnih i otpadnih voda pored pravih rastvora čine i čvrste nerastvorljive materije različitog stepena disperziteta (koloidne, grubo disperzne, mehaničke primese). Ukupne suspendovane materije čine čestice organskog i mineralnog porekla. Suspendovane materije su usko povezane sa erozijom zemljišta i rečnih kanala ali i sa transportom nutrijenata (posebno fosfora), metala, industrijskih i hemikalija koje se koriste u poljoprivredi.

Mnogi akcidentni inputi izazivaju замуćenje koje se registruje na mernim stanicama. Na merenja takodje utiču i strukturne mere kao što je iskopavanje zemlje ili intervencije u rečnom koritu kada se uzvrtla sediment. Obilne kiše i spiranje zemljišta mogu takodje povećati mutnoću. Meri se pomoću rasutog zračenja pod uglom od 90° prema

inicijalnom izvoru na 880 nm, prema DIN EN 27027. Kalibracija se izvodi sa formazinskim standardom (FNU). Izmerene vrednosti izražavaju se kao NTU.

Amonijum jon se nalazi fiksiran u zemljištu u velikim količinama. Iz bakterijski razložene organske materije, kao na primer smeća i ekskrementa, nastaju amonijak, nitriti i konačno nitrati. Biološkom mineralizacijom organske materije nastaje amonijak (amonifikacija). Amonijak u vodi je indikator moguće bakterijske aktivnosti, kanalizacionog i životinjskog otpada. Amonijak reaguje sa vodom dajući amonijum-jon. Amonijum jon u višim koncentracijama može znatno da optereti kiseonični bilans zato što mikrobna nitrifikacija 1 mg amonijum-azota u nitrat troši oko 4,5 mg kiseonika. Ovaj proces ipak mnogo zavisi od temperature. Do značajnijih transformacija dolazi samo pri toplijem vremenu. Kada je vrednost pH u alkalnoj oblasti, amonijum može postati toksikološki značajan ako se amonijak (otrovan za ribu) oslobodi u vodu sa visokom koncentracijom amonijuma. Nezagađene površinske vode imaju koncentraciju amonijuma ispod 0,1 mg/l u toku cele godine. Merenje se izvodi pomoću jon-selektivne elektrode. U zavisnosti od koncentracije amonijum-jona, uspostavlja se električni potencijal na jon-selektivnoj membrani. Referentni potencijal služi kao referentni sistem pH-ili Redox-elektrode. Zavisnost koncentracije od mernog potencijala izvodi se pomoću Nernst-ove jednačine.

Nitrati se unose u vodu difuzno ili „tačkasto“, ali se takođe stvaraju u vodi nitrifikacijom amonijuma (i intermedijarnog proizvoda nitrita). Generalno, nezagađeni vodotokovi imaju koncentraciju nitratnog azota od oko 1 mg/l. Većina analizatora nutrijenata bazira se na fotometriji. U ovim uređajima se u prisustvu nutrijenata odigrava automatska hemijska bojena reakcija. Da bi do toga došlo, uzorak (zavisno od analiziranog nutrijenta) meša se sa određenim reagensom. Rezultujući intenzitet obojenja proporcionalan je koncentraciji odgovarajućeg nutrijenta, pa se može odrediti fotometrijski. Merenje fluorescentnih supstanci vrši se fluorometrom. Ove supstance se aktiviraju kod fluorescentne talasne dužine specifične za određenu supstancu. Emitovana svetlost selektuje se pomoću filtra i registruje svetlosnim senzorom. Iznos emitovane svetlosti pokazuje koncentraciju supstance. Optika može biti podešena za merenje hlorofila-a, cijanobakterija ili rodamina.

Tabela 12.2. Tehnički podaci za senzore (merni opseg i tačnost)

Parametar	Merni opseg	Tačnost	Rezolucija
Temperatura	-5...50°C	+/- 0,1°C	0,01°C
Provodljivost	0..200mS	+/- 1μS za MW<200μS +/-0,5% od MW za MW>200μS	0,001mS
Kiseonik (optički)	0,01-25mg/l	+/- 0,5% od MBE	0,01 mg/l
Zasićenost kiseonikom	0..400% zasićenja	+/-0,5% od MBE	
Mutnoća	0..1000NTU	+/-0,3NTU za MW<10NTU +/-3% od MW za MW>10NTU	0,01NTU
pH	pH 0..14	+/- 0,1pH	0,01pH
Amonijum-jon	0,2..18000mg/l	+/-2mg/l (24h) za MW<40mg/l +/- 5% od MW za MW>40mg/l	0,01mg/l
Hlorofil-a	0,03..500μg/l Chl-a	+/- 0,1μg/l za MW<3μg/l +/-3% od MW za MW>3μg/l	

Za skladištenje podataka u serijskoj flash-memoriji kapaciteta 1 MB (približno 480.000 merenih vrednosti) koristi se data logger SEBA MDS5, a komunikacija sa stanicom obavlja se preko GSM modema. Softverski paket kojim se stanica proziva, kontroliše i podešava čine programi: Wbedien 32, DEMASole i DEMASdb, a softver za upravljanje bazama podataka je MySQL.

Sistematskim monitoringom životne sredine u okviru jedinstvenog informacionog sistema treba obuhvatiti: meteorološki parametri, kvalitet vode površinskih tokova (akumulacija, garantovani proticaj, vodotoci slivnog područja akumulacije, otpadne vode koje se ispuštaju u akumulaciju) i stanje ekosistema.

Monitoring se vrši sistematskim merenjem, ispitivanjem i ocenjivanjem indikatora stanja i zagađenja životne sredine. Obuhvata praćenje prirodnih faktora, odnosno promene stanja i karakteristika životne sredine, sa praćenjem i procenom razvoja zagađenja životne sredine. Monitoring treba savremeno organizovati na odabranim

profilima u okviru lokacija postrojenja, tako da se u svakom momentu mogu dobiti relevantni podaci o vrednostima najvažnijih parametara kvaliteta životne sredine.

Svrha monitoringa nije konstatovanje nepoželjnog nivoa zagađenja životne sredine, već da se na vreme upozori da može da dođe do zaganenja. Takođe, svrha monitoringa jeste da na vreme upozori i na moguće opasnosti usled eventualno neodgovarajućeg funkcionisanja nekog od elemenata sistema. Prevencija je ključ uspešnog upravljanja vodnim resursima. Nerazdvojni deo upravljanja kvalitetom svih segmenata životne sredine predstavlja odgovarajući informacioni sistem. Svi podaci merenja, moraju se uvoditi u odgovarajući namenski informacioni sistem, kako bi se proveravao njihov kvalitet i verodostojnost. Tako obrađeni podaci mogu se kasnije koristiti za prognoze i simulacije određenih procesa koji su od interesa za praćenje kvaliteta pojedinih parametara stanja životne sredine.

Radi kontinualnog praćenja karakteristika ekosistema potrebno je organizovati monitoring:

- biološke raznovrsnosti (specijske i raznovrsnosti staništa) u zoni akumulacije (retenzije),
- kvaliteta i kvantiteta podzemnih voda,
- fizičko-hemijskih i hemijskih pokazatelja statusa vodenih ekosistema i
- stanja kvaliteta i kontrole korišćenja šuma.

13. Diskusija

Izgradnja akumulacija, pored poznatih pozitivnih efekata na vodosnabdevanje, ima i niz negativnih posledica po životnu sredinu i socioekonomsku situaciju u oblasti izgradnje. Klimatske promene, porast stanovništva i povećanje potreba za hranom, vodom i energijom uslovljavaju rekonstrukciju postojećih i izgradnju novih akumulacija (Lempérière F., 2009).

Iz prethodnog pasusa evidentno je da uvek postoje brojni razlozi za i protiv izgradnje brana. S toga je, prilikom razmatranja izgradnje akumulacija, potrebno detaljno analizirati sve posledice, kako one pozitivne, tako i negativne.

Izgradnjom akumulacija menjaju se osnovna svojstva vodnog ekosistema, odnosno menja se njegov tip. To podrazumeva promenu svih svojstava, od hidroloških karakteristika, preko fizičkih i hemijskih osobina, pa sve do izmene živog sveta.

Jedno od ključnih pitanja je izbor mesta izgradnje akumulacija. U vezi s tim je, uz analizu tehničke izvodljivosti, potencijala vodosnabdevanja, kvaliteta vode u budućoj akumulaciji i troškova, potrebno razmotriti karakteristike biološke raznovrsnosti, endemizma i drugih parametara koji neko područje čine značajnim sa aspekta zaštite životne sredine. U vezi sa tim je potrebno izbegavati izgradnju velikih akumulacija (bez obzira na namenu) na područjima koja su označena kao značajna sa aspekta zaštite biološke ili predeone raznovrsnosti.

Negativni efekti izgradnje brana i formiranja akumulacija mogu se donekle predvideti i inženjerskim i biološkim merama ublažiti, a ponekad i sprečiti.

Za uspešnu realizaciju složenih vodoprivrednih objekata neophodni su višegodišnji multidisciplinarni istražni i pripremni radovi. Istraživanje mora obuhvatiti celokupno slivno područje, prirodne i antropogene uticaje na vodno telo i merenje parametara kvaliteta i kvantiteta rečne vode. Da bi se jasno odredio uticaj akumulacije na životnu sredinu i da bi se našla adekvatna rešenja zaštite kvaliteta vode u akumulaciji, neophodno je još u fazi planiranja predvideti kvalitet vode u budućoj akumulaciji.

ODV Evropske Unije predstavlja putokaz za preduzimanje niza aktivnosti, počevši od usaglašavanja pravne regulative, prilagođavanja institucionalne organizacije i obezbeđenja materijalnih sredstava za efikasno upravljanje vodama, pa do konkretnih planova i akcija koje imaju za cilj održivo upravljanje rečnim basenima. U dosadašnjoj praksi Srbija je nacionalne planove u domenu zaštite voda usklađivala sa evropskim (Zakon o vodama „Službeni glasnik RS“, br. 30/2010), ali nije obezbeđivala adekvatne mehanizme i sredstva za njihovo sprovođenje. Naglašavanjem problema i inoviranjem propisa, bez podizanja svesti i formiranja stručnih timova za realizaciju programa, ne može se ubrzati proces implementacije.

Ova disertacija predstavlja doprinos poznavanju procesa koji se dešavaju u novoformiranim akumulacijama, kao i efikasnoj prognozi dešavanja koja su značajna sa aspekta održavanja akumulacija.

Do značajnog zagađenja površinskih voda dolazi spiranjem zemljišta sa poljoprivrednih površina tretiranih hemiskim đubrivom i pesticidima. Od njih u vode dospevaju velike količine raznih metala kao što su olovo, arsen, selen, kadmijum, živa, a od đubriva azotna jedinjenja i fluor. Nažalost, ne postoji bilo kakva edukacija i kontrola ispravnosti i načina primene sredstava za zaštitu bilja od bolesti i štetočina, često neatestiranih i nepoznatog porekla. Đubriva i pesticidi su samo najznačajniji ali ne i jedini zagađivači. Zagađenost površinskih i podzemnih voda potiče još od fekalija, stajskog đubriva, divljih deponija smeća, kamenoloma, eksploatacije peska i šljunka, havarija prilikom transportovanja štetnih materija naročito nafte i njenih derivata, pranja poljoprivrednih mašina i posuda za hemikalije neretko u živom rečnom toku.

Osnovni proces u vodi koji dovodi do razlaganja jedinjenja jeste hidroliza. Ona zavisi od vrste jedinjenja, količine i pH vrednosti vode. Proces hidrolize pesticida je reakcija između pesticida i vode. Rezistentnost pesticida karakteriše vreme poluhidrolize tj. potrebno vreme da se od prisutne količine razloži polovina. Za ovo je potrebno od nekoliko dana do nekoliko meseci.

Bitni izvori zagađenja površinskih voda su naselja, industrijski pogoni, putna mreža i poljoprivreda. Koncentracija gvožđa, mangana i sulfata u tekućim vodama je najčešće uslovljena geološkom građom terena. Treba analizirati svaki pojedinačni uzrok

zagađenja voda i predložiti zaštitne mere. Da bi se to postiglo potrebno je izvršiti obimna terenska istraživanja, registrovanje rasutih izvora zagađivanja, anketiranje stanovništva, obradu podataka o hemijskim i mikrobiloškim analizama rečne vode.

Azot se u vodi nalazi u složenim organskim jedinjenjima, kao amonijak (NH_3), amonijum jon (NH_4^+), nitritni jon (NO_2^-), nitratni jon (NO_3^-) i u gasovitoj formi (N_2). Amonijak (NH_3) u vodu dospeva direktno ili razgradnjom organskih azotovih jedinjenja. U vodenoj sredini, amonijak se oksiduje u dvostepenom procesu. Prvo se formira nitritni, a zatim nitratni jon. U procesu se troši kiseonik, i ukoliko u vodu dospe velika količina amonijaka, proces nitrifikacije može značajno da utiče na smanjenje koncentracije rastvorenog kiseonika. U anaerobnim uslovima, nitrat se redukuje u nitrit, a nitrit prelazi u slobodni azot u procesu denitrifikacije. Pošto je slobodni azot u gasovitoj formi, on može preći iz vode u atmosferu. Amonijak je prirodno prisutan u površinskim vodama. Ove vode mogu da sadrže i do 12 mg/l amonijaka. Prisutnost amonijaka u većim koncentracijama od prirodnih je važan indikator fekalnog zagađenja.

Nitrati potiču iz biljaka i oni obezbeđuju azot neophodan za izgradnju belančevina i biomase. Organski vezani azot ili kraće „organski azot“ je azot vezan u biomasi ili humusu. Biljke sadrže oko 3% organski vezanog azota u suvoj materiji. Višegodišnje biljke sadrže, iskazano kao masa po jedinici površine, 10 000 kg/ha (1 kg/m^2), a oranice značajno manje. Amonijak nastaje kao proizvod raspadanja organskih azotnih jedinjenja (proces nazvan „mineralizacija“). Ljudi i životinje organski azot obično izbacuju u vidu mokraće, koja se brzo i potpuno razgrađuje u amonijak i CO_2 . Urin i amonijak imaju veliku potrebu za kiseonikom. Oksidacijom nastaju nitrati koji pospešuju rast bakterija, a azotna jedinjenja mogu da posluže kao „hemijski indikatori zagađenja“.

Iz navedenih podataka je jasno da povišene koncentracije nitrata u vodi za piće negativno utiču na zdravlje ljudi, posebno odojčadi, trudnica i porodilja. Imajući ovo u vidu i činjenicu da je koncentracija nitrata u vodi za piće u većini zemalja limitirana na 10 mg/l, postavljen je cilj da se u budućoj akumulaciji obezbedi ova granična vrednost. Dobar status voda i zaštita izvorišta doneće uštede pri nabavci tehnološke opreme za preradu vode u toku eksploatacionog perioda. Obzirom da sliv Velike Dičine nije degradiran, da je retko nastanjen, bez industrijskih otpadnih voda i velikih stočarskih

farmi, ovaj cilj se može ostvariti inženjerskim i administrativnim merama uređenja i zaštite slivnog područja i buduće akumulacije.

Antropogeni faktori obuhvataju celokupno delovanje čoveka na živu prirodu. Antropogeni uticaji na erozione i bujične procese mogu se svrstati u kategoriju „načina korišćenja zemljišta“. Oni mogu imati negativan ili pozitivan efekat, što se najslikovitije može pokazati na primeru seče ili podizanja šuma.

Propisi o higijenskoj ispravnosti vode za piće koja se koristi za javno snabdevanje stanovništva i sadržaju organskih materija u kategorisanim površinskim vodama su neusklađeni i često protivrečni.

Prema smernicama EU granična vrednost za nitrate iznosi 50 mg/l, za nitrite 0,5 mg/l (Directive 98/83/EC). Američka agencija za zaštitu životne sredine (Environmental Protection Agency - EPA) postavila je standarde za vodu za piće, za javne vodovode maksimalna dozvoljena koncentracija (MDK) je 10 mg/l, za nitrate-NO₃ i 1 mg/l za nitrite-NO₂. U većini zemalja nivo nitrata u vodi za piće je ograničen na 10 mg/l.

U Hrvatskoj su dozvoljene vrednosti 50 mg/l za NO₃ i 0,1 mg/l za NO₂, u vodi na izlasku iz uređaja za preradu vode za piće.

Granična vrednost, po našem Pravilniku o opasnim materijama u vodama I kategorije, za nitrate iznosi 10 mg/l i nitrite 0.05 mg/l („Službeni glasnik RS“, br. 31/82).

Po Pravilniku o higijenskoj ispravnosti vode za piće, za javno snabdevanje stanovništva („Službeni list SRJ“, br. 42/98 i 44/99) granična vrednost za nitrate iznosi 50 mg/l i nitrite 0.03 mg/l. U graničnim vrednostima fizičko-hemijskih parametara (Lista VI) predviđeno je da se vode sa potrošnjom KMnO₄ iznad 8 mg/l ne smeju hlorisati, već se moraju koristiti drugi načini dezinfekcije. Suprotno ovom stavu, sanitarna kontrola vodovoda u javnoj upotrebi zahteva prisustvo rezidualnog (slobodnog) hlora u vodi 0,2-0,5 mg/l i kod bakteriološki nekontaminiranih izvorišta, primer vodovoda na Goču.

U radu je korišćena, još uvek aktuelna, Uredba o klasifikaciji vodotoka iz 1968. godine. Usklađivanjem nacionalnog zakonodavstva sa evropskim, Uredba nije menjana, ali su neke njene odredbe donete u novim aktima. Pravilnik o parametrima ekološkog i

hemijskog statusa površinskih voda i parametrima hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda („Službeni glasnik RS“, br. 74/2011), propisuje ekološki status za reke i jezera i utvrđuje granice između klasa. Klase ekološkog statusa reka svrstane su u pet kategorija, sa obeležjima identičnim iz Uredbe o klasifikaciji vodotoka (I-V). Kategorizacija i ocene iznete u poglavlju 9. o kvalitetu vode reke Velika Dičina, Tip 4 - mali i srednji vodotoci na nadmorskoj visini preko 500 m, u skladu su sa odredbama Pravilnika iz 2011. godine.

Nedozvoljene koncentracije azotnih jedinjenja i posebno nitrata u vodi, tabela 9.1. Granične vrednosti parametara kvaliteta vode reke Velika Dičina, po našoj oceni predstavljaju i najveću opasnost za očuvanje dobrog kvaliteta vode u budućoj akumulaciji. Protivrečnost nacionalnih propisa, o graničnim vrednostima nitrata u vodotocima I kategorije i vodi za piće, je uslovlila analizu i poređenje sa standardima kvaliteta vode u drugim državama.

U većini uzoraka rečne vode izmerene su koncentracije nitrata veće od granične vrednosti u vodama I kategorije (10 mg/l), a manje od granične vrednosti vode za piće (50 mg/l). Maksimalno registrovana koncentracija nitrata iznosi 19,86 mg/l.

Prema rezultatima modeliranja i podacima za akumulacije Grošnica i Klivnik, kvalitet vode, odnosno status akumulacije Banjani kretaće se u granicama mezotrofije. Treba, međutim, imati u vidu da su parametri koji definišu kvalitet vode podložni promenama i da se uvek mora voditi računa o zaštiti voda. Analiza, poređenje i objavljivanje podataka o kvalitetu vode, posebno onih koji ne odgovaraju graničnim koncentracijama, mogu koristiti budućim istraživačima i projektantima vodoprivrednog sistema.

Pri planiranju hidrotehničkih sistema tradicionalno se analiziraju hidrološka, hidraulička, geotehnička, konstrukcijska, seizmička i ekonomska stabilnost projektnog rešenja. Za eksploataciju i upravljanje sistemom je veoma važno da se još u fazi planiranja sagledaju i prognoziraju dinamički procesi koji će se odvijati u akumulacijama, u vidu promena abiotičkih i biotičkih stanja akvatorija – ekološka stabilnost. Zbog toga se koriste složeni matematički modeli za blagovremeno simuliranje dinamičkih procesa i njihovo ponašanje tokom vremena u akumulacijama, nakon uspostavljanja novih vodnih režima.

Pojam modeliranja je neraskidivo povezan sa pojmom procesa ili sistema. Modeliranje je postupak dobijanja matematičkog opisa neke pojave koja se odvija u realnom svetu, kao što su na primer fizički, hemijski ili biološki procesi. Sa jedne strane, ovaj opis mora biti relativno jednostavan, a sa druge strane i dovoljno tačan, da bi odgovorio nameni koja je definisana od strane kreatora modela.

Suština postupka modeliranja je da se izaberu samo one osobine posmatranog procesa koje predstavljaju potrebne i dovoljne karakteristike da se proces opiše dovoljno tačno sa stanovišta namene modela. On predstavlja sredstvo za opisivanje najbitnijih karakteristika sistema koji se proučava. Model mora posedovati prikaz objekata unutar sistema, tzv. komponenti sistema, kao i prikaz aktivnosti pod kojima će ti objekti međusobno delovati. Dakle, model reflektuje razumevanje realnog procesa, njegovih komponenti i njihove interakcije od strane samog modelara.

Matematički modeli predstavljaju pojednostavljeni matematički opis procesa velikog broja promenljivih i veza među njima. Vodno telo (akumulacija), kao predmet modeliranja, može se analizirati kao jedan segment sa uniformnim karakteristikama vode, podeljeno termoklinom u dva sloja (gornji i donji), ili izdeljeno na mrežu segmenata po horizontalnom i vertikalnom pravcu. Na osnovu transportnih procesa i pravaca razmene materije između segmenata, modeli se dele na nultodimenzionalne, jednodimenzionalne i multidimenzionalne. Najčešće se koriste jednodimenzionalni modeli, koji uspešno modeliraju kvalitet vode termički stratifikovanih jezera (takva je i većina naših jezera).

Za analizu razvoja abiotičkih procesa u vodenim ekosistemima, nakon uspostavljanja novih vodnih režima, koriste se modeli abiotičkih procesa. Svrha tih modela je da se sagleda dinamizam svih procesa koji su bitni za analizu fenomena sukcesija u vodenim ekosistemima i da se iznađu mere za održavanje stanja ekološke (faunističke i florističke) raznovrsnosti. Iznalaženje mera kojima će se sistem održati u poželjnoj ravnoteži i sa odgovarajućom raznovrsnošću bioloških vrsta postaje osnovni cilj ekologije hidrotehničkih sistema (Martin J.L., et al. 1999).

U ovom radu je korišćen matematički model PAMOLARE 3. To je model sa dva sloja, srednje složenosti. Dva sloja predstavljaju epilimnion (gornji sloj) i hipolimnion (donji sloj) jezera termički stratifikovanog u vertikalnom pravcu.

Zašto je odabran baš ovaj model? Odgovor je, delom, sadržan u prethodnom tekstu: model srednje složenosti, dovoljan za opisivanje najbitnijih karakteristika sistema koji se proučava. Eutrofikacija veštačkih jezera je glavni ekološki problem, za koji ovaj model može obezbediti prognozu. Na osnovu desetogodišnjih merenja kvaliteta vode i geometrije buduće akumulacije, obezbeđeni su ulazni podaci za model. Model se može koristiti za obuku (trening paket) i korišćenje podataka sličnih akumulacija.

Rezultati modela su prikazani i komentarisani u poglavlju 10.1. Dati su i grafikoni sezonskih promena osnovnih eutrofikacionih pokazatelja: rastvorenog kiseonika, hlorofila-a, ukupnog azota i ukupnog fosfora.

Razmatrani su i drugi modeli, pogodni za simulaciju kvaliteta vode u budućoj akumulaciji. Složenost modela i nedostatak ulaznih podataka sužavaju izbor, zbog toga je u ovom poglavlju dat samo kraći opis alterativnog modela WASP7.

Spregnuti simulacioni matematički model WASP7 (Water Quality Analysis Simulation Program) je pogodan za modeliranje kvaliteta vode u rekama i (budućim) akumulacijama namenjenim za snabdevanje vodom naselja (Di Toro., et al., 1983; Connolly and Winfield., 1984; Ambrose, R.B., et al., 1988). Model obuhvata sve ključne abiotičke i određene biotičke parametre u jezeru. Omogućava simuliranje promena fizičko-hemijskih parametara kvaliteta vode: amonijak (NH_4), nitrati (NO_3), ortofosfat (PO_4), ugljenični deo ukupne biohemijske potrošnje kiseonika (BPK), rastvoreni kisonik (O_2), ukupni fitoplankton (izražen preko ugljenika), organski azot (ON) i organski fosfor (OP). Kinetika navedenih pokazatelja razmatra se kroz bilansiranje četiri ciklusa: ciklus fitoplanktona, ciklus rastvorenog kiseonika, ciklus azota i ciklus fosfora.

Vodno telo koje je predmet analize (akumulacija) šematizuje se mrežom segmenata-konačnih zapremina, u kojima se podrazumeva potpuno mešanje vode. Hidrodinamički transport između segmenata odvija se advekcijom i difuzijom, a koncentracija nekog parametra kvaliteta u segmentu određuje se na osnovu advekcije, difuzije, hemijsko/biohemijske transformacije i spoljnog opterećenja (Dašić T., Đorđević B., 2010).

Disperzivni transport ima veliki uticaj na transport komponenti kvaliteta i na transfer toplote (energije). Vertikalni disperzivni transport opisuje procese vertikalnog mešanja i definiše se preko koeficijenta difuzionog strujanja E_y . U prirodnim uslovima te vrednosti se kreću u granicama 10^{-4} do 10^{-2} cm^2/m (Henderson-Sellers A., 1984). Veličina koeficijenta vertikalnog disperzivnog transporta se menja sa promenom dubine: minimalne su u zoni termoklina i blizu dna, a maksimalne u sloju epilimniona, što je rezultat dejstva vetra na vodenu površinu. Horizontalni disperzivni transport je, generalno, veći od vertikalnog za nekoliko redova veličina i kreće se u granicama od 10^4 do 10^6 cm^2/s (Orlob G.T., 1983).

Ulaznim podacima definišu se sve neophodne geometrijske karakteristike akumulacije, granične koncentracije ispitivanih parametara kvaliteta, koncentrisani i rasuti izvori zagađenja, parametri, konstante i vremenske funkcije i početni uslovi. Akumulacija se predstavlja segmentima promenljive zapremine, a advektivni transport određuje na osnovu stvarnog dotoka i oticaja iz akumulacije (potrošnja vode za vodosnabdevanje, ispuštanje ekološkog protoka i prelivanje). Uzročnici advektivnog transporta u jezeru su, pre svega, ulazni i izlazni tok vode i dejstvo vetra na vodenoj površini.

Zbog svoje kompleksnosti ovaj model zahteva veliki broj ulaznih podataka i dodatnih merenja na eksperimentalnom slivnom području.

Rezultate modeliranja kvaliteta vode u budućoj akumulaciji nije moguće proveriti na objektu i povratnom spregom korigovati određene parametre. Model je moguće kalibrisati samo na osnovu postojećih jako sličnih akumulacija. Kriterijumi za utvrđivanje sličnosti su: nadmorska visina, reljef, parametri erozije, površina, zapremina, dužina, širina i dubina jezera, parametri kvaliteta vode i sedimenta, podaci o tipovima, rasporedu i intenzitetu zagađenja, itd.

Trofičnost se može predvideti na osnovu merenja u sistemima koji su, prema navedenim karakteristikama, slični budućoj akumulaciji, ali i na osnovu podataka o merenjima na vodotoku na kome se predviđa formiranje akumulacije. Poređenje, odnosno kalibrisanje modela, može se vršiti i na osnovu analize podataka o kvalitetu vode vodotoka koji pune već formirane akumulacije.

Od stepena trofije buduće akumulacije zavisi izgradnja objekta i projektovanje mera za sprečavanja eutrofikacije. Organsko zagađenje i unos nutrijenata koji je veći od prirodnog, povećava produkciju i ubrzava procese eutrofikacije. Ovaj proces kulminira „starenjem“ ekosistema i postepenim prelaskom vodenog staništa u terestrični. U neporemećenim uslovima, starenje je jako spor prirodni proces. Pod uticajem zagađenja, proces starenja se ubrzava, a intenzitet se vremenom progresivno povećava.

Za procenu stepena trofije buduće akumulacije na reci Velikoj Dičini, kao sistemi za poređenje, uzete su akumulacije „Gruža“, „Ćelije“ i „Grošnica“. Za ove akumulacije postoje podaci merenja osnovnih fizičko-hemijskih parametara i podaci o stepenu trofije. Ekosistemi ovih akumulacija se odlikuju nizom zajedničkih osobina, uključujući i karakteristike životnih zajednica i strukturu i funkciju vodenih zajednica. Produkcioni odnosi u ovim staništima mogu se razmatrati uporedo sa unosom i merenim koncentracijama nutrijenata u vodi, transportom nanosa i morfološkim karakteristikama vodotoka u sektoru neposredno pre uliva u akumulaciju (Kostić D., i dr., 2012).

Na osnovu podataka za višegodišnji period i indeksa trofičkog statusa, akumulacije Gruža i Ćelije spadaju u eutrofne akumulacije i njihov ekološki status/potencijal nije zadovoljavajući. Akumulacije Gruža i Ćelije (formirane na tipu vodotokova 3.), mogu se svrstati u 4. klasu ekološkog statusa i definisane su kao znatno izmenjena vodna tela („Službeni glasnik RS“, br. 74/2011). U poređenju sa ovim akumulacijama Grošnica se odlikuje nižim stepenom trofije i po većini parametara se može okarakterisati kao mezotrofni ekosistem.

U radu su posebno apostrofirane ove tri akumulacije zbog toga što su, za ocenu trofičkog statusa, bili dostupni dugoročni podaci monitoringa kvaliteta vode (Republički hidrometeorološki zavod Srbije; od 2011. Agencija za zaštitu životne sredine). Banjani, Grošnica i Gruža nalaze se u istom (šumadijskom) regionu, sa međusobnim rastojanjima manjim od 60 km. Akumulacija Grošnica je veoma slična akumulaciji Banjani, po veličini i naseljenosti sliva, zapremini jezera, kvalitetu vode i geometriji jezera. Razlikuju se po tome što se Banjani nalaze na većoj nadmorskoj visini od Grošnice (505:312 mnm), i imaju manji specifični transport nanosa po jedinici površine sliva

(147:688 m³/km² /god). Sa druge strane Grošnica ima manji unos nitrata u pritoci od Banjana, sa približnim odnosom 1:8 mg/l.

Tokom perioda istraživanja analizirani su i upoređivani dostupni podaci o trofičnosti akumulacija u Srbiji i regionu. Od nekoliko desetina jezera iz regiona najveću sličnost sa projektovanom akumulacijom Banjani ima slovenačko jezero Klivnik. Po kvalitetu vode, koncentraciji nitrata u vodi, površini sliva i nadmorskoj visini sličnost je veća nego sa jezerom Grošnica.

Na osnovu podataka za akumulacije Grošnica i Klivnik i rezultata modeliranja „Pamolare“, očekuje se da trofički status akumulacije bude u granicama mezotrofije, bez pojave anaerobnih uslova u najdubljim delovima akumulacije. Predviđanje dobrog trofičkog statusa zasnovano je na dobrom kvalitetu rečne vode i projektovanom kanjonskom tipu akumulacije Banjani. Akumulacija će biti duboka i bez većih plitkih zona u kojima bi moglo doći do bržeg procesa eutrofikacije.

Stepen trofičnosti je dobar pokazatelj opšteg stanja ekosistema stajaćih i sporotekućih voda. Povećanje organske produkcije u jezerima je normalan proces. Soli fosfora i azota imaju najvažniju ulogu u metabolizmu organizama u vodenim sredinama i predstavljaju glavne limitirajuće faktore za primarnu produkciju. Velike količine fosfora koje dospevaju u slatkovodne ekosisteme kao posledica zagađenja, „obogaćuju“ jezero fosforom, a njegovo određivanje može da posluži u definisanju stepena trofije.

Sadržaj hlorofila-*a* još je jedan od naročitih pokazatelja trofičkog stanja sistema. Postoji više metoda pomoću kojih se, na osnovu tri parametra (ukupan P, sadržaj hlorofila-*a* i providnost), može dati procena stanja trofičnosti u jednom akvatičnom ekosistemu.

Alge kao primarni producenti organskih supstanci u osnovi lanaca ishrane, u većini akvatičnih sistema, obezbeđuju jedinstvene informacije o promenama u ekosistemu.

Plankton predstavlja mikroskopski sitne organizme koji čitav svoj životni ciklus provode u slobodnoj vodenoj masi, između površine i dna. Fitoplankton je deo planktonske zajednice vodenih biotopa u kojima su alge osnovni, a nekada i jedini, producenti primarne organske materije.

Sezonske fluktuacije florističkog sastava, brojnosti i biomase su osnovna karakteristika slatkovodnog fitoplanktona, te je neophodno uključiti sve sezone u proceni ekološkog statusa akumulacija. Na sezonsku dinamiku kvalitativnog i kvantitativnog sastava fitoplanktona utiče veći broj komponenata složenog i sinhronizovanog dejstva. Usporedna istraživanja ekoloških faktora određenih staništa sa svojim morfometrijskim karakteristikama (veličina i dubina akumulacije, nadmorska visina) i godišnje dinamike fitoplanktona mogu orijentaciono da ukažu na određeni ekološki status tih akumulacija. Treba naglasiti da je definisanje cenotičkog sastava, brojnosti i biomase fitoplanktona za određeni ekološki status veoma teško, jer se akumulacije istog trofičkog statusa mogu razlikovati po sastavu zajednice fitoplanktona, njihove gustine i biomase.

Za prognozu kvaliteta vode u budućoj akumulaciji, korišćenjem bilo kog matematičkog modela, neophodni su podaci o kvantitetu (ulazni i izlazni tok) i kvalitetu rečne vode, karakteristikama slivnog područja i geometrijskim karakteristikama projektovane akumulacije. Pre modeliranja, neophodno je izvršiti dimenzionisanje akumulacije. Postupak dimenzionisanja je sproveden u poglavlju 8.2. U ovom delu je potrebno razmotriti dva veoma značajna faktora koji utiču na dimenzionisanje i trajanje akumulacije, a to su: struktura površina sliva i produkcija nanosa valorizovana srednjim godišnjim vrednostima transporta nanosa iz sliva.

Zbog migracije stanovništva, sađenja šumskih kultura, prirodne regeneracije zemljišta u uslovima smanjenja antropogenog pritiska, pošumljavanja i uvećanja površina pod vegetacijom, eksperimentalni sliv Velike Dičine predstavlja redak primer poboljšanja hidroloških prilika u vremenskom periodu od 46 godina. Zapremina poplavnog talasa stogodišnje vode manja je za 20%, koeficijent erozije je smanjen 2,5 puta, a srednja godišnja vrednost transporta nanosa u profilu brane 8 puta. Ovi podaci su dobijeni na osnovu analize hidrološko-psamoloških parametara sliva i hidrograma velikih voda reke Dičine u profilu brane 1966. i 2012. godine (Ristić R., Ljujić M., Despotović J., 2013).

Depopulacija ruralnih područja Šumadije, nastala kao rezultat migracije stanovništva u gradove i iseljavanja u druge države, krajem sedamdesetih godina prošlog veka, imala je direktan uticaj na strukturu i kvalitet vegetacije. Uvećanje vegetacijskog pokrivača i promena prostornog rasporeda određenih tipova vegetacije povećale su otpor zemljišta

na dejstvo erozionih sila i formiranje brzog površinskog oticaja. Promene hidroloških uslova u slivu doveli su do usporavanja erozionih procesa, manjeg taloženja nanosa u akumulaciji i smanjenja rizika od bujičnih poplava.

Ako se vratimo na poglavlje 5. i tabelu 5.1. u kojoj su prikazani uporedni rezultati transporta nanosa u slivovima nekih reka u Srbiji, videćemo da Velika Dičina ima najmanji specifični transport nanosa slivova do 1000 km². Treba imati u vidu da su hidrološki uslovi u slivu podložni i negativnim promenama, koje mogu izazvati: nekontrolisana seča šuma, eksploatacija zemljišta u poloprivredne svrhe na nagnutim terenima, veliki useci i nasipi za izgradnju makadamskih puteva i sl.

Prirodni potencijal sliva, koji čine klima, topografija, pedološka građa, česte padavine jakog intenziteta, strme padine terena i korita, pogodan je za erozione procese (Ristić R., et al., 2012 b). Oni se mogu sprečiti ili ublažiti antierozionim radovima i uređenjem slivnog područja. Prema stanju sliva, u ovom trenutku, nisu neophodni opsežni i skupi antierozioni radovi. Potrebno je doneti i sprovesti administrativne mere zabrane formiranja neobezbeđenih deponija, zabrane ili ograničenja seče šuma i voćnjaka, primenu protiverozione agrotehnike na nagnutim terenima, selektivno korišćenje površina za oranje i ispašu stoke.

Za goleti, devastirane površine u slivu, strme terene, rečna korita sa velikim podužnim padom neophodne su mere protiverozione zaštite bazirane na biotehničkim i tehničkim radovima. Biotehnički radovi obuhvataju: pošumljavanje, melioracije degradiranih površina i podizanje terasa i zidića protiv spiranja. Tehnički radovi se odnose na podizanje poprečnih objekata u koritu i obuhvataju: podizanje gabionskih pragova ili objekta od kamena u cementnom malteru i izradu pletera.

Pošumljavanje je osnovna mera protiverozione zaštite sliva. Izbor vrsta za pošumljavanje zavisi od mikrostanišnih i pedoekoloških uslova, nadmorske visine, ekspozicije i nagiba terena. Prilikom pošumljavanja, potrebno je za određeno područje i visinski pojas, vršiti sadnju autohtone vegetacije (Stevanović V., Vasić V., 1995). Moguća je i sadnja pionirskih vrsta koje za prvo vreme stabilizuju zemljište, a kasnije se zamenjuju vrstama karakterističnim za podneblje, sa ciljem da se na kraju procesa pošumljavanja, formira autohtona zajednica. Treba izbegavati sađenje monokultura koje nisu adekvatne za dato

područje, zbog toga što može doći do stvaranja uslova za prenošenje bolesti biljaka, intenzivnog dejstva predatora i parazita, čime se kulture uništavaju (Mišić V., 1981). Monokulture, kao slabo strukturane zajednice, osetljivije su i na dejstvo požara u poređenju sa autohtonim sastojinama. Autohtona zajednica obezbeđuje biološku raznovrsnost, stabilnost ekosistema i dugoročnu protiverozionu zaštitu.

Prilikom pošumljavanja, potrebno je voditi računa da se ne remete staništa označena kao „prirodno slabo pokrivena vegetacijom“. Ovakvi biotopi, pogotovo u oblastima kanjona i klisura, staništa su velikog broja endemičnih i reliktnih vrsta biljaka. Bitno je da se ne remete drugim aktivnostima, kao što su pozajmišta i privremene deponije tokom izgradnje, transportni koridori i dr. (Karadžić B., i sar., 1997).

Da bi se obezbedio dobar ekološki status vodnog tela, potrebna je detaljna analiza sadašnjeg i procena budućeg stanja. U tu svrhu je neophodna izgradnja automatske stanice za kontinualno merenje parametara kvaliteta voda. Istraživanja i merenja u slivu i profilu pregradnog mesta treba nastaviti i ako nisu obezbeđeni uslovi za kontinualno merenje svih zadatih parametara. Za osmatrane parametre mora se obezbediti tačno i pouzdano merenje.

I pored toga, što se merenja proticaja, pronosa nanosa i kvaliteta vode Velike Dičine, neprekidno obavljaju u dugom vremenskom periodu (preko 20 godina), prilikom modeliranja i proračuna nedostajali su određeni podaci. Zbog toga je potrebno napraviti automatsku mernu stanicu i program merenja u narednom periodu. Nova tehnologija i instrumenti omogućuju kontinualno praćenje kvaliteta voda, bez obzira na vremenske uslove i pristupačnost lokacija. Dobijeni podaci se mogu snimati, skladištiti i prenositi na daljinu pomoću telekomunikacionih uređaja.

Kontinualnost merenja omogućava uočavanje dnevnih i sezonskih varijacija parametara kvaliteta vode, kao posledice prirodnih faktora i ljudskih aktivnosti. Time se dobija uvid u aktivnosti akvatičnih organizama i promene stanja životne sredine. Podatke o merenju treba uneti u odgovarajući informacioni sistem, kako bi se proverila njihova validnost. Tako obrađeni podaci mogu se kasnije koristiti za prognoze i simulacije procesa koji su od interesa za praćenje kvaliteta pojedinih parametara stanja životne sredine.

14. Zaključak

Klimatske promene i prirast stanovništva, izazivaju stalno povećanje potreba za vodom, hranom i energijom i uslovljavaju rekonstrukciju postojećih i izgradnju novih akumulacija. Izgradnja akumulacija je jedan od najstarijih oblika ljudskih intervencija u vodnim ekosistemima. Iako su pomoć društvenog i ekonomskog razvoja brane menjaju prirodni režim toka, smanjuju kvalitet vode i uznemiravaju biološke zajednice.

Uvek postoje brojni razlozi za i protiv izgradnje brana. Samo pažljivim planiranjem, zasnovanim na značajnom iskustvu u istraživanjima procesa u akumulacijama, kao dinamičnim i složenim sistemima, može se doneti odluka o izgradnji brana, a da pri tome uticaj na životnu sredinu bude sveden na nivo koji je, sa aspekta funkcionalnosti ekosistema, prihvatljiv.

Integralni koncept izučavanja sliva, planiranja i pripreme za formiranje akumulacije za višenamensko korišćenje voda, zahteva sistematsko izučavanje karakteristika slivnog područja i prirodnih i antropogenih uticaja na vodno telo. Naše skromno iskustvo u istraživanju i projektovanju brana, zasnovano na tehničkim (inženjerskim) i zakonskim (administrativnim) merama, mora se prilagoditi novim uslovima. Potrebno je izvršiti analizu tehničke izvodljivosti, potencijala vodosnabdevanja, kvaliteta vode u budućoj akumulaciji, karakteristika biološke raznovrsnosti, endemizma i drugih parametara koji neko područje čine značajnim sa aspekta zaštite životne sredine.

Dosadašnje matrice ponašanja zasnovane na „inženjerskom pristupu“ moraju pretrpeti promene, u skladu sa Okvirnom Direktivom o vodama EU i pravilom „održivog razvoja i izbalansiranog korišćenja voda“. Održivi razvoj je zasnovan na dugoročnoj zaštiti raspoloživih vodnih resursa, transparentnosti i učešću javnosti i korisnika u procesu pripreme i donošenja planova i odluka o korišćenju voda. Prihvatljivo je samo rešenje koje sistemskim pristupom omogućuje identifikaciju svih teškoća koje nastaju izgradnjom brana i koje će obuhvatiti optimalni izbor rešenja i mera zaštite sliva.

Da bi se jasno odredio uticaj akumulacije na životnu sredinu i našla adekvatna rešenja zaštite kvaliteta vode u akumulaciji, neophodno je još u fazi planiranja predvideti kvalitet vode u budućoj akumulaciji. U tu svrhu, koriste se simulacioni modeli bazirani

na analizi hidrodinamičkog transporta procesa između segmenata vodnog tela, koji mogu biti linijski, ravanski i prostorni. Na osnovu analiza transportnih procesa modeli kvaliteta vode mogu se podeliti na nultodimenzionalne, jednodimenzionalne, pseudodimenzionalne i multidimenzionalne.

U ovom radu je korišćen matematički model UNEP-PAMOLARE 3, koji vodno telo (akumulaciju) šematizuje sa dva sloja (segmenata), a razmena materije između njih se odvija kroz termoklinu difuzionim transportom u vertikalnom pravcu. Model je moguće kalibrisati samo na osnovu postojeće, jako slične akumulacije. Zbog toga se za konačnu procenu trofičkog statusa vode budućeg jezera, pored rezultata modeliranja koriste i podaci za akumulacije sličnih karakteristika.

Trofički status buduće akumulacije Banjani, na osnovu rezultata modeliranja i podataka za akumulacije Grošnica i Klivnik očekuje se u granicama mezotrofije, bez pojave anaerobnih uslova u najdubljim delovima akumulacije. Ovakvo stanje rezultat je dobrog kvaliteta rečne vode i projektovane akumulacije kanjonskog tipa.

Kvalitet vode u jezeru tokom eksploatacije može se održavati u dobrom stanju, blagovremenom zaštitom sliva od erozije, uspostavljanjem zona sanitarne zaštite akumulacije i selektivnim upravljanjem vodozahvatom uz kontinualni monitoring kvaliteta vode. Zaštita sliva od erozije zasniva se na primeni koncepta integralnih melioracija, koje sadrže biotehničke i tehničke radove. Biotehnički radovi obuhvataju pošumljavanje i melioracije degradiranih površina, podizanje ilofilterskih sistema i terasa za usporavanje površinskog oticaja i spiranja zemljišta. Tehnički radovi se odnose na izgradnju poprečnih pregrada i pojaseva za stabilizaciju korita i zadržavanje nanosa.

Dobar kvalitet vode za vodosnabdevanje stanovništva, nije moguće obezbediti bez kontrole unosa nanosa i nutrijenata u akumulaciju, čišćenja i sanitarnog uređenja dna akumulacije pre formiranja jezera, zabrane stihijskog poribljavanja i rigoroznog sprovođenja svih predviđenih mera u zonama sanitarne zaštite. Tokom eksploatacije sistema obavezna je primena programa kontrole i upravljanja, sa monitoringom za operativno praćenje kvaliteta vode u jezeru i osmatranje promena svih relevantnih parametara ekosistema. Integralni koncept zaštite i upravljanja resursima planinskog rečnog sliva minimizira rizik od poplava i pogoršanja kvaliteta vode.

15. Literatura

Allan, D. J., (1995) „Stream Ecology - Structure and function of running waters“, Chapman & Hall, London, Weinheim, New York, Tokyo, Melbourne, Madras, 1-388.

Carlson E.R., (1977) „Trophic State Index for Lakes, Limnology and Oceanography“, aslo.org/lo/toc/vol_22/issue_2/0361.pdf

Ćurčić S., Ostojić A., Čomić Lj., (2004) „Comparative review of trophic status of Gruža and Grošnica reservoirs“, Internat. Assoc. Danube Res.: 35, 369-371. Novi Sad

Dašić T., Đorđević B., (2010) „Modeliranje kvaliteta vode u jezerima i akumulacijama“, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 0013-57550902038D

Dašić T., Pavlović R., (2010) „Projekat upravljanja kvalitetom vode akumulacije Arilje“ Energoprojekt, Beograd

Di Toro., et al., 1983; Connolly and Winfield., 1984; Ambrose, R.B., et al., (1988) „The Water Quality Analysis Simulation Program“, Ecosystems Resear, Athens, GA <http://www.epa.gov/athens/wwqtsc/html/wasp.html>

Dožić S., (1999) „Biološki aspekt zaštite mikroakumulacija od erozije“, Beograd

Đorđević B., (1998) „Ključne ekološke zakonitosti bitne za planiranje vodoprivrednih sistema“, Časopis Vodoprivreda br. 175-176, Beograd

Đorđević B., Ljubisavljević D., Đukić A., Milanović T., (1995) „Izbor mera zaštite akumulacija od eutrofikacije“, Zbornik radova Akumulacije kao izvorišta za snabdevanje vodom str. 141-155, Leskovac

Francisco A. Comin., (2010) „Ecological Restoration – A global Change“. Cambridge University Press, Cambridge. ISBN 0521877113, 9780521877114

Gavrilović S., (1978) „Inženjerski priručnik za rešavanje problema iz oblasti bujičnih tokova i erozije“, Beograd

Global Water Partnership (2009), „A Handbook for Integrated Water Resources Management in Basins“, Stocholm, www.gwp.org

Holz G., Coertze S., Basson E.J., (1997), „Latent infection of *Botrytis cinerea* in grape pedicels leads to postharvest decay“, *Phytopathology* 87, S43.

Jaćimović N., Ivetić M., Jovanić P., Randelović A., Kostić D., (2009), „Modeliranje parametara kvaliteta vode u akumulaciji Zavoj kod Pirota“, Deveta međunarodna konferencija: Vodovodni i kanalizacioni sistemi, Jahorina, ISBN 978-86-82931-29-4

Janković D., (1994) „Karakteristike jakih kiša za teritoriju Srbije“, Beograd

Janković M., (1967) „Proučavanje fitoplanktona Grošničke akumulacije“, Beograd

Jorgensen S., Tsuno H., Hidaka T., Maler M., Santjago V., (2003) „Planning and Management of Lakes and Reservoirs: Models for Eutrophication Management“. UNEP-DTIE-IETC and ILEC, Japan.

Jovanović S., (1989) „Hidrologija“, Beograd

Kostadinov S., Đeković M., Todosijević M., (1999) „Efekat protiverozionih radova na očuvanje kvaliteta voda“, *Zastita voda '99*, Soko Banja, 12-15. oktobar, str. 63-68.

Kostic D., Jacimovic N., Naunovic Z., Ivetic M., (2012) „Seasonal Variations of Water Quality Indices in Lakes - Case Study Lake Zavoj in Serbia“, *Proceedings (CD) of The 6th International Conference for Young Water Professionals*, Budapest, 10-13. july

Kostić D., Jaćimović N., Naunović Z., Ivetić M., (2012) „Merenje i modeliranje fizičkih, hemijskih i bioloških parametara jezera Zavoj“, *Zbornik radova 41. konferencije o aktuelnim problemima korišćenja i zaštite voda*, Dibčibare, 5-7. jun, ISBN 978-86-904241-9-1

Kostić D., Jaćimović N., Paunović M., Štrbac D., Ivetić M., Naunović Z., (2012) „Merenje i modeliranje kvaliteta vode u jezerima – primer akumulacija Čelije“, *Zbornik radova 16. naučnog savetovanja Srpskog društva za hidraulička istraživanja (SDHI) i*

Srpskog društva za hidrologiju (SDH), Donji Milanovac, 22-23. oktobar, ISBN 978-86-7518-159-0

Kostić D., Jovanić P., Ivetić M., (2010) „Analiza potencijala vodenih basena“, Druga međunarodna konferencija: Održivi razvoj i klimatske promene – Sustainnis, Niš, ISBN 978-86-6055-004-2

Kordić N., Nikolić M., (2002) „Generalni projekat rekonstrukcije brane Banjani“, IMS Beograd

Karadžić B., Marinković S., Isailović-Crnobrnja J., Orlandić Lj., (1997) „Biodiverzitet kanjona zapadne Srbije“, 5. Kongres Ekologa Jugoslavije. Beograd

Karadžić B., Mijović A., (2007) Environment in Serbia - an indicator based review. Serbian Environmental Protection Agency, Belgrade ISBN 978-86-84163-34-1

Lempérière F., (2009) „Design and Construction of Dams, Reservoirs and Balancing Lakes“, Unesco, Paris, <http://www.hydrocoop.org/publications/2.12.1.1.article.pdf>

Letica V., Marinković N., Balatov A., (2009) „Idejni projekat rekonstrukcije brane Banjani“, IK Konsalting i Projektovanje, Beograd

Ljujić M., (2003) „Projekat pripremnih radova za sanaciju i rekonstrukciju brane Banjani“, JKP G. Milanovac

Ljujić M., (2003) „Zasipanje nanosom retenzije Velika Dičina u funkciji načina korišćenja sliva“, magistarski rad, Beograd

Ljujić M., Kostić D., Despotović J., (2012) „Modeliranje kvaliteta vode za potrebe planiranja i projektovanja akumulacija – primer akumulacija Banjani na Reci Dičini“, Zbornik radova 12. međunarodne konferencije „Vodovodni i kanalizacioni sistemi“, Jahorina, BiH, 23-25. maj, ISBN 978-86-82931-48-5

Maljević E., Karadžić V., Vasiljević M., (1999) „Water quality of the Čelije reservoir in winter period“. Konferencija „Zaštita voda '99“ Soko Banja. Zbornik radova 137-142. Jugoslovensko društvo za zaštitu voda, Beograd

Martin J. L., McCutcheon S. C., Schottmanet R. W., (1999) „Hydrodynamics and Transport for Water Quality Modeling“, ISBN: 0873716124, 9780873716123

Milanović A., Kovačević-Majkić J., (2007) „Ocena stanja kvaliteta površinskih voda i zagađenja u slivu reke Lepenice“, Beograd, UDC 911.2:551.526 (497.11)

Mišić V., (1981) Šumska vegetacija klisura i kanjona istočne Srbije. Institut za biološka istraživanja „Siniša Stanković“, Beograd

Nikolić I., (1995) „Obrada suspendovanog nanosa metodom rekonstrukcije pronosa u talasima velikih voda, za sliv reke Vlasine“, Beograd

Okvirna Direktiva o vodama EU, WFD (2000) „DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL 2000/60/EC“

Orlob G.T., (1983) „Mathematical Modelling Of Water Quality: Streams, Lakes And Reservoirs (Applied Systems Analysis)“, ISBN 0471100315

Ostojić A., (2000a) „Effect of eutrophication on changes in the composition of zooplankton in the Grošnica Reservoir (Serbia)“, Hydrobiologia, 436: 171-178. Belgrade

Ostojić A., (2000b) „Uporedno ekološka studija zooplanktona akumulacija Grošnica i Gruža“, PhD Thesis. Faculty of Biology, University of Belgrade

Ostojić A., (2001) „Secondary production of zooplankton in the Gruža reservoir as a base of natural food for the ichthyofauna“, Ichthyologia, 33 (1): 23-37. Belgrade

Ostojić A., (2002) „Use of similarity indices on the zooplankton fauna in the Grošnica and Gruža Reservoirs“, J. Sci. 24 (2002) 97-104. Kragujevac

Ostojić A., Čomić Lj., (2005) „Zooplankton akumulacionog jezera Gruža“, Faculty of Science, University of Kragujevac UDC 016:929: 591.553(497.11)

Ostojić A., Čomić Lj., Ćurčić S., Topuzović M., (2006) „The Gruža Reservoir – An Ecological Study“, Conference on water observation and information system for decision support, Balwois

Ostojić A., Ćurčić S., Čomić Lj., Topuzović M., (2005) „Estimate of the eutrophication process in the Gruža Reservoir (Serbia and Montenegro)“, *Acta Hydrochim. Hydrobiol.* 33 (6), 605-613.

Ostojić A., Ćurčić S., Milošević S., Čomić LJ., Topuzović, M., (2003) „Differences in dynamics of eutrophization in reservoirs Grošnica and Gruža“, 2nd Congress of Ecologists of the Republic of Macedonia. Book of Abstracts: 94.

Ostojić A., Simović S., Timotijević V., Brdar A., (2000) „Saprobiološka analiza vode akumulacije Gruža na osnovu proučavanja faune zooplanktona“, Konferencija „Zaštita voda 2000“, Zbornik radova 221-226. Mataruška Banja

Palmar B., Ljujić M., (1999) „Hidrološka studija Velike Dičine“, RHMZ Beograd

Palmar B., Ljujić M., (2000) „Hydrological analysis of the extreme events in the central part of Sumadija“, The EXTREMS of the EXTREMS, Proceedings (CD), Rejkjavik

Palmar B., Mrvić S., Malošević D., Nikolić I., Ivljanin M., (2002) „Hidrološka studija Velike Dičine“, RHMZ Beograd

Paunović M., (2008) „Primena bioloških elementa u oceni ekološkog statusa“, Institut za biološka istraživanja „Siniša Stanković“, Beograd

Petković Sa., Petković Sl., Gregorić E., (1998) „Analiza transporta nanosa u Zapadnoj Moravi sa osvrtom na pouzdanost merenja“, Zbornik radova sa 12. savetovanja Jugoslovenskog društva za hidraulička istraživanja, Subotica, ISBN 8682565056

Petković Sl., (1993) „Analiza transporta nanosa iz rečnih slivova na području Srbije“, Beograd ISBN 8672990196

Petković Sl., Dragović N., Marković S., (1999) „Erosion and sedimentation problems in Serbia“, *Hydrological Sciences*, itia.ntua.gr/hsj/44/hysj_44_01_0063.pdf

Petković Sl., Ljujić M., (2010) „Geneza nanosa i zasipanje male akumulacije (retenzije) na jednom bujičnom vodotoku“, Voda i sanitarna tehnika, Beograd, (ISSN 0350-5049), vol. 40, br. 2, str. 31-46.

Ranković B., Čomić Lj., Simić S., (1994) „Fitoplankton i saprobiološke karakteristike akumulacije Gruža u 1992“, Konferencija „Zaštita voda '94“ Igalo. Zbornik radova 110-116. Jugoslovensko društvo za zaštitu voda, Beograd

Ranković B., Čomić Lj., Simić S., Ostojić A., (1999) „Fitoplankton akumulacionog jezera Grošnica“, Konferencija „Zaštita voda '99“ Soko Banja. Zbornik radova 157-160. Jugoslovensko društvo za zaštitu voda, Beograd

Ristić, R., Kostadinov, S., Radić, B., Trivan, G. & Nikić, Z., (2012a) „Torrential Floods in Serbia – Man Made and Natural Hazards“, 12th Congress INTERPRAEVENT 2012, Proceedings (ISBN 978-3-901164-19-4), pg. 771-779, Grenoble, France

Ristić R., Ljujić M., Bukvić Z., Đeković V., (2004) „Sedimentation at small reservoirs in Serbia“ XXII Conference of the Danubian countries on the Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management, Proceedings (CD), Brno

Ristić R., Ljujić M., Despotović J., (2013) „Reservoir sedimentation and hydrological effects of land use changes-case study of the experimental Dičina river watershed“, Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, (ISSN Printed: 1842-4090; ISSN Online: 1844-489X), Vol. 8, No. 1, pg. 91-98.

Ristić R., Nikić Z., (2007) „Održivost sistema za vodosnabdevanje Srbije sa aspekta ugroženosti erozionim procesima“, Vodoprivreda br. 225-227 (ISSN: 0350-0519), str. 47-57, Beograd

Šimović S., Marković G., Ostojić A., Timotijević V., (1999) „Akumulacija Gruža. Hidroekološki aspekt i zaštita“, Konferencija „Zaštita voda '99“ Soko Banja. Zbornik radova 47-52. Jugoslovensko društvo za zaštitu voda, Beograd

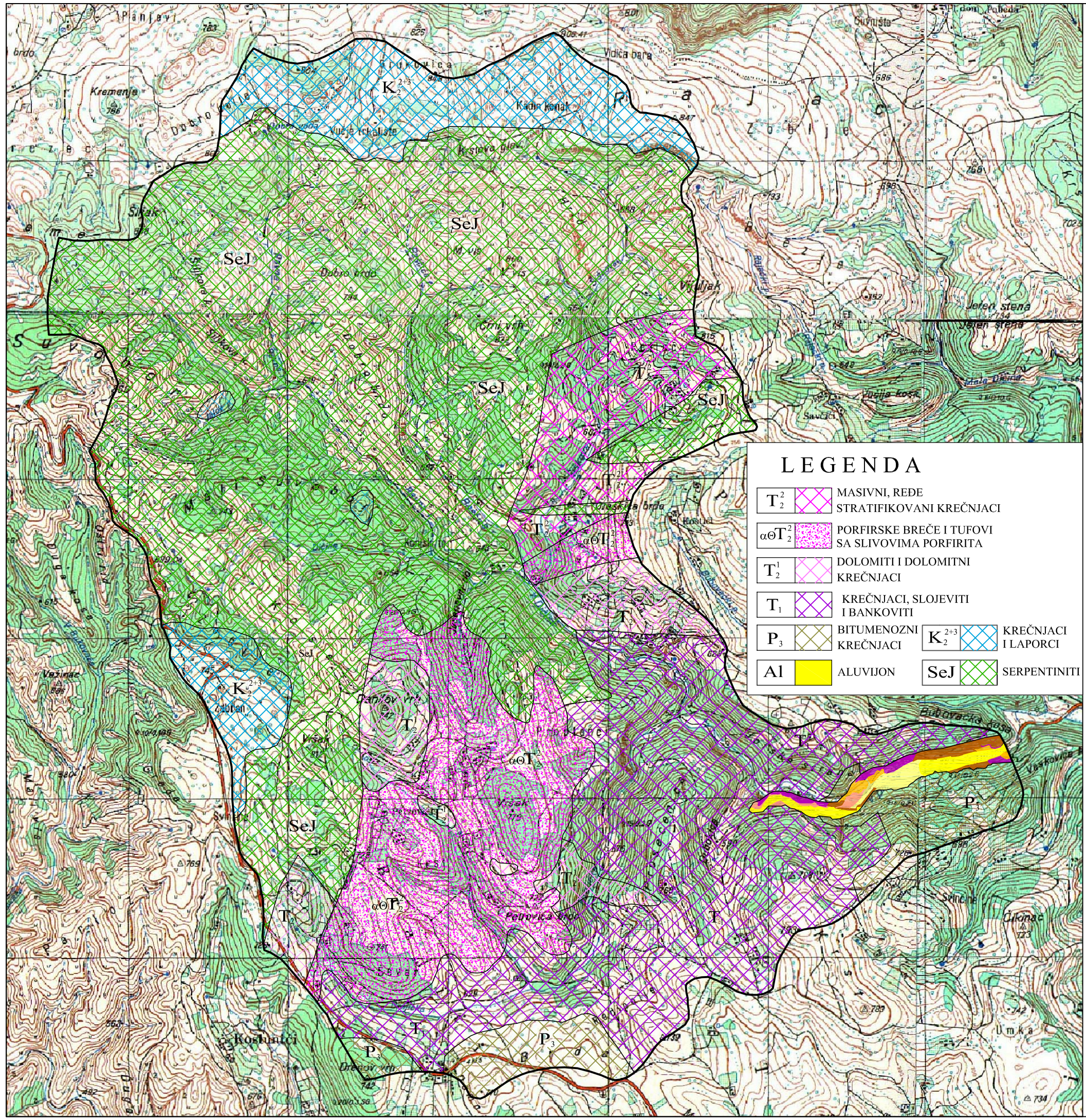
Stevanović V., Vasić V., (1995) „Biodiverzitet Jugoslavije sa pregledom vrsta od međunarodnog značaja“, Biološki fakultet, Beograd, ISBN 0350-35931002001S

Uredba o utvrđivanju Vodoprivredne osnove Republike Srbije, „Službeni glasnik RS“,
br. 11/2002

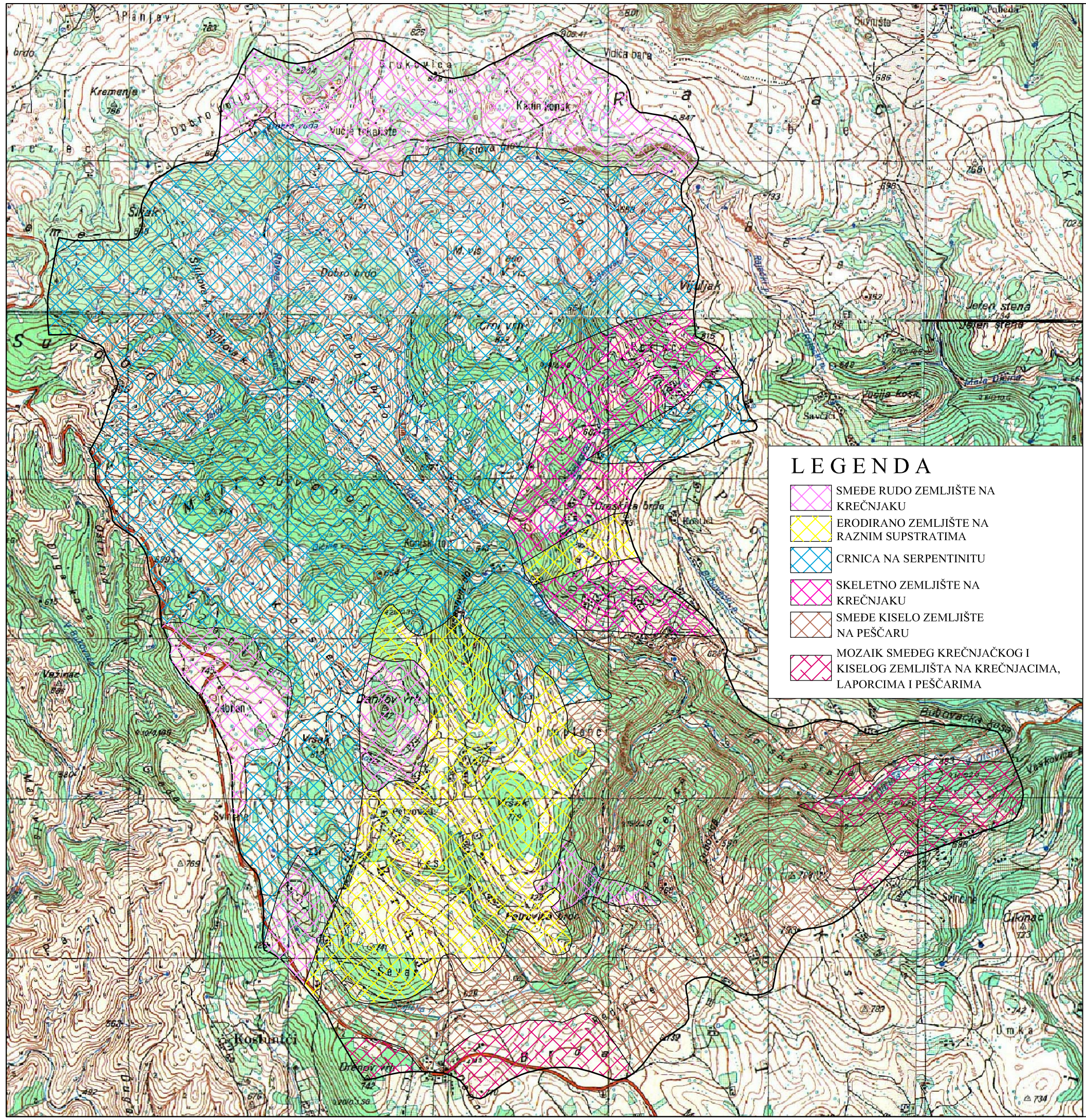
Vukmirović V., Radojković M., Despotović J., Janković D., (1979) „Zasipanje
akumulacije Potpeć“, Beograd

Živić N., Grašić S., Vasiljević B., Miljanović B., (2008) „Distribucija abundancije
zooplanktona u akumulaciji Čelije“, Konferencija „Zaštita voda '08“ Beograd. Zbornik
radova 147-152. Srpsko društvo za zaštitu voda, Beograd

P R I L O Z I



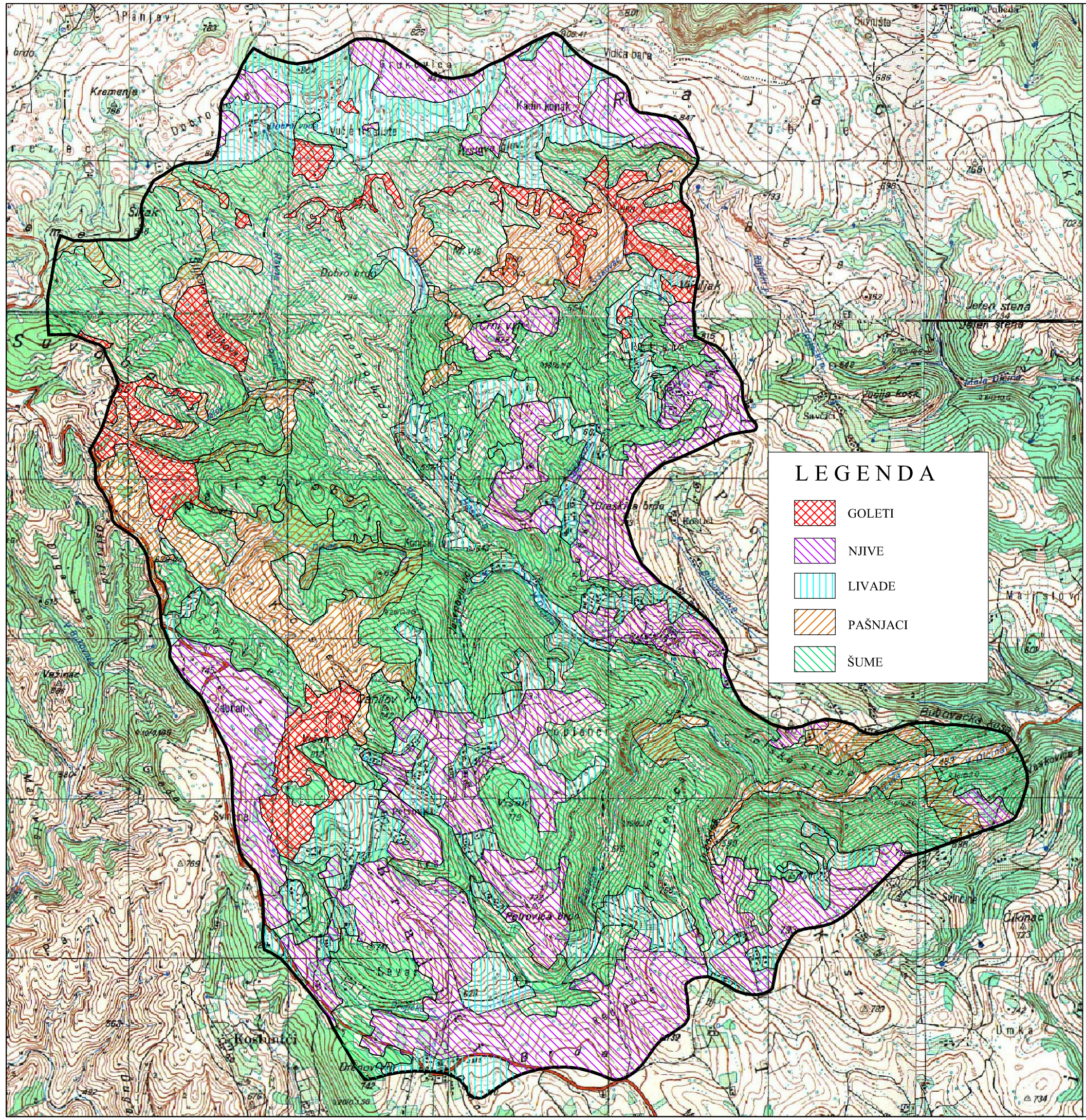
GEOLOŠKA KARTA
 Sliva reke V. Dičina
 R=1:25.000



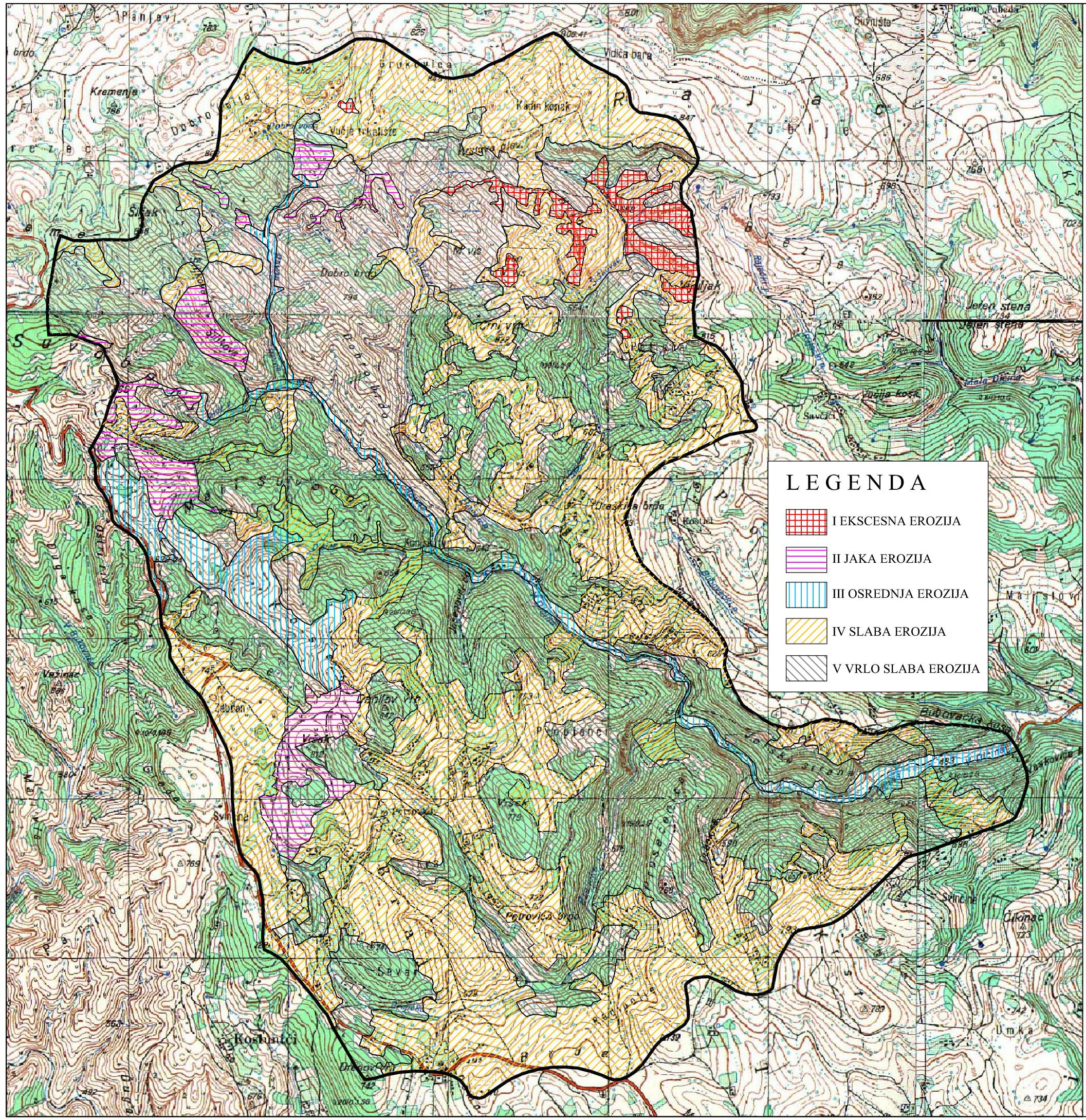
LEGENDA

	SMEDE RUDO ZEMLJIŠTE NA KREČNJAKU
	ERODIRANO ZEMLJIŠTE NA RAZNIM SUPSTRATIMA
	CRNICA NA SERPENTINITU
	SKELETNO ZEMLJIŠTE NA KREČNJAKU
	SMEDE KISELO ZEMLJIŠTE NA PEŠČARU
	MOZAIK SMEDEG KREČNJAČKOG I KISELOG ZEMLJIŠTA NA KREČNJACIMA, LAPORCIMA I PEŠČARIMA

PEDOLOŠKA KARTA
 Sliva reke V. Dičina
 R=1:25.000



KARTA KORIŠĆENJA
ZEMLJIŠTA
Sliva reke V. Dičina
R=1:25.000



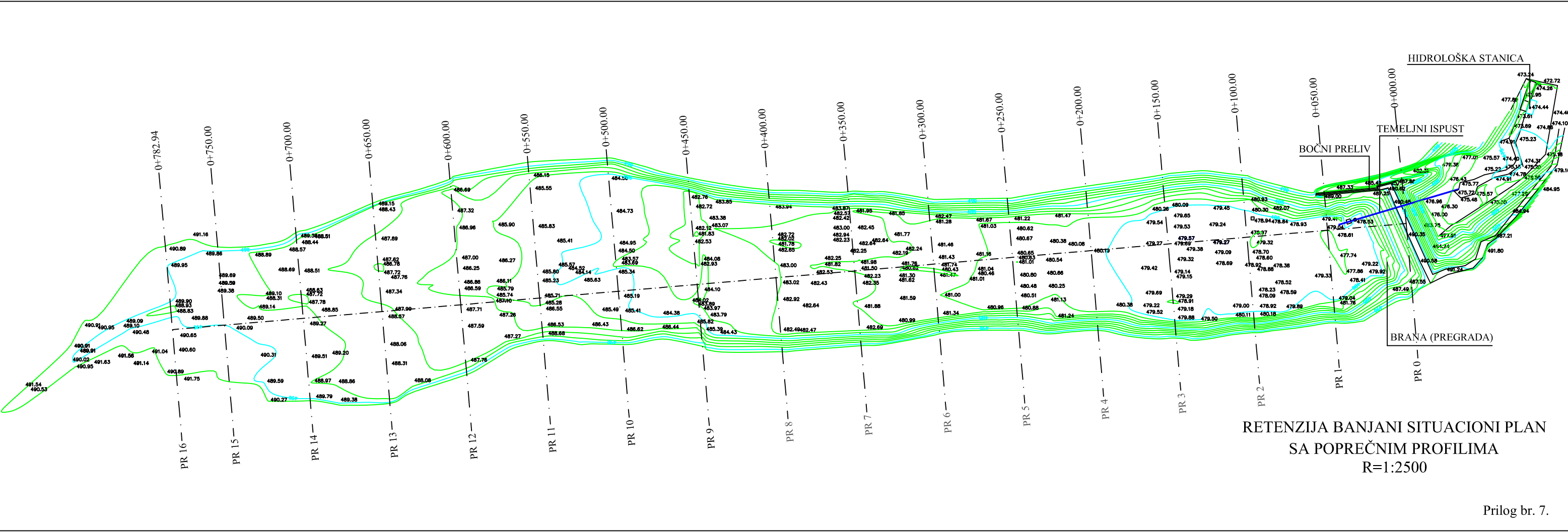
KARTA EROZIJE
 Sliva reke V. Dičina
 R=1:25.000

EROZIONE POVRSINE SLIVA

Br	Povrsina (ha)	Ukupno	P (%)
I-1	0.69		
I-2	1.89		
I-3	10.11		
I-3	1.89		
I-4	0.26		
I-5	17.45		
I-6	1.85		
Σ I	34.14	I = 34,14 ha	1.5
II-1	5.07		
II-2	1.00		
II-3	0.78		
II-4	4.32		
II-5	11.24		
II-6	7.78		
II-7	15.62		
II-8	29.51		
II-9	0.75		
Σ II	76.07	II = 74,23 ha	3.4
III-1	16.06		
III-2	40.01		
III-3	6.06		
III-4	10.83		
III-5	29.16		
Σ III	102.12	III = 102,12 ha	4.5
IV-1	152.05		
IV-2	3.73		
IV-3	3.25		
IV-4	3.84		
IV-5	4.01		
IV-6	11.00		
IV-7	53.03		
IV-8	4.85		
IV-9	38.34		
IV-10	105.69		
IV-11	16.33		
IV-12	6.11		
IV-13	7.11		
IV-14	1.40		
IV-15	16.11		
IV-16	151.63		
IV-17	59.72		
IV-18	218.22		
IV-19	6.31		
IV-20	60.40		
IV-21	12.58		
IV-22	13.03		
Σ IV	948.74	IV = 949,72 ha	42.3

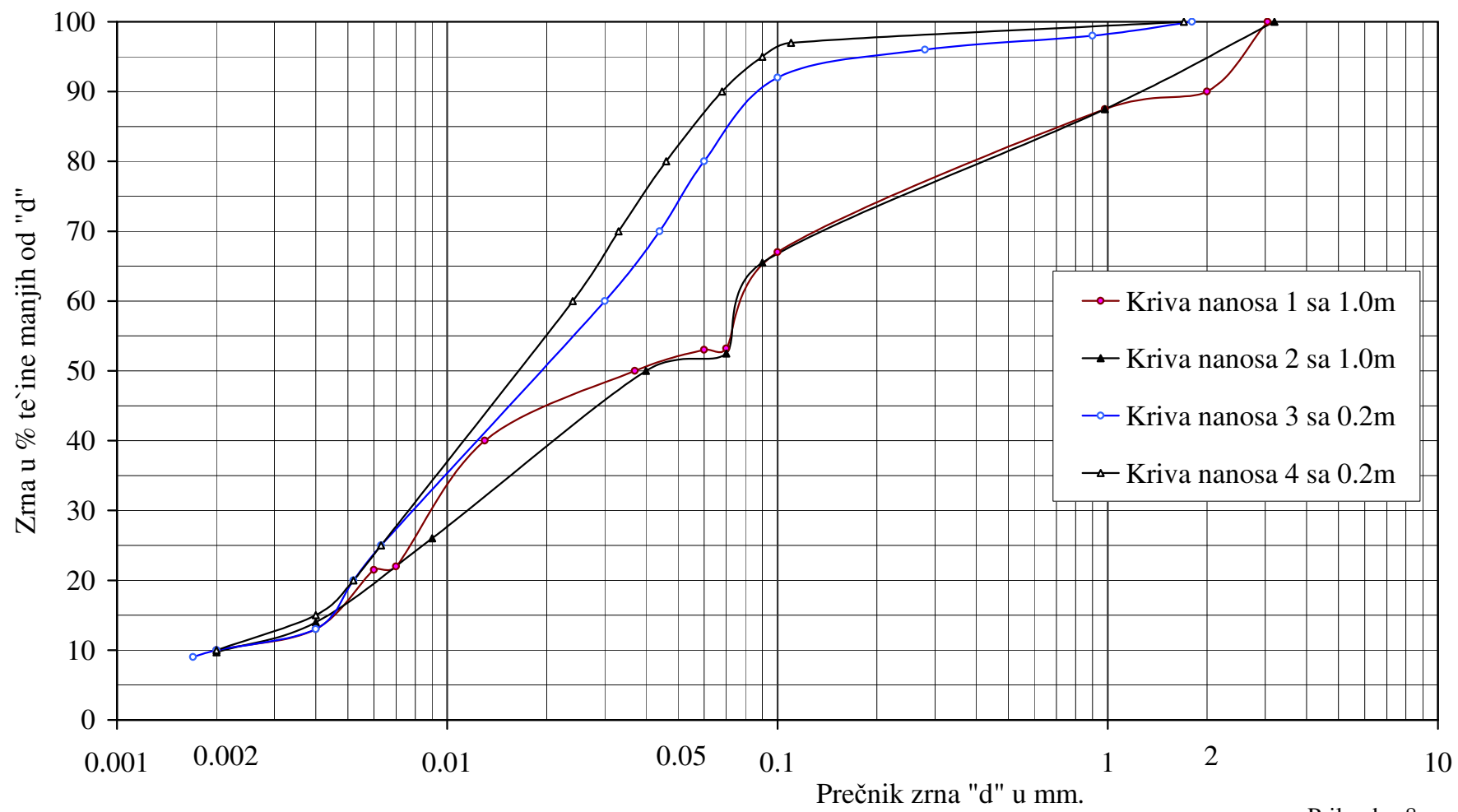
Br	Povrsina (ha)	Ukupno	P (%)
V-1	80.44		
V-2	49.53		
V-3	3.18		
V-4	119.60		
V-5	26.14		
V-6	34.62		
V-7	19.70		
V-8	7.33		
V-9	60.30		
V-10	11.67		
V-11	34.04		
V-12	10.44		
V-13	25.66		
V-14	38.62		
V-15	7.43		
V-16	20.31		
V-17	1.90		
V-18	62.37		
V-19	7.52		
V-20	23.27		
V-21	32.21		
V-22	66.28		
V-23	19.70		
V-24	4.02		
V-25	9.52		
V-26	33.70		
V-27	38.07		
V-28	154.21		
V-29	52.19		
V-30	4.65		
V-31	12.62		
V-32	12.36		
Σ V	1083.60	V = 1007,58 ha	48.3
I-V	2244.67	P = 2244.67 ha	100.0

Proračuna transporta nanosa prema formuli S. Petkovića $g = 1,3 \times 10^5 \times A^{-0,1} \times I^{0,6} H^{0,5} \times E^{0,7}$																		
	Geomorfološki parametri						Hidrološki parametri							Erozioni parametri			Transport nanosa	
God	A (km ²)	A ^{-0.1}	Isl	Io	I	I ^{0.6}	Qsr.god (m ³ /s)	q (m ³ /s km ²)	W (m ³)	W talasa (m ³)	t	H=q x t	H ^{0.5}	Eo	e	E ^{0.7}	gr m ³ /km ² /god	Wr m ³ /god
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1985	22.5	0.73	0.28	0.05	0.114	0.2716	0.223	0.0099	7032528	1855504	0.2638	0.0026	0.05114	0.06	0	0.1395	184.53	4151.95
1986	22.5	0.73	0.28	0.05	0.114	0.2716	0.213	0.0095	6717168	1428412	0.2127	0.0020	0.04487	0.06	0	0.1395	161.91	3642.90
1987	22.5	0.73	0.28	0.05	0.114	0.2716	0.259	0.0115	8167824	3257923	0.3989	0.0046	0.06776	0.06	0	0.1395	244.52	5501.63
1988	22.5	0.73	0.28	0.05	0.114	0.2716	0.218	0.0097	6874848	1429834	0.2080	0.0020	0.04489	0.06	0	0.1395	161.99	3644.72
1989	22.5	0.73	0.28	0.05	0.114	0.2716	0.278	0.0124	8767008	4324845	0.4933	0.0061	0.07807	0.06	0	0.1395	281.72	6338.79
1990	22.5	0.73	0.28	0.05	0.114	0.2716	0.109	0.0048	3437424	80113	0.0233	0.0001	0.01063	0.06	0	0.1395	38.34	862.73
1991	22.5	0.73	0.28	0.05	0.114	0.2716	0.224	0.0100	7064064	1549497	0.2193	0.0022	0.04673	0.06	0	0.1395	168.63	3794.17
1992	22.5	0.73	0.28	0.05	0.114	0.2716	0.225	0.0100	7095600	1000166	0.1410	0.0014	0.03754	0.06	0	0.1395	135.48	3048.30
1998	22.5	0.73	0.28	0.05	0.114	0.2716	0.234	0.0104	7379424	268367	0.0364	0.0009	0.03000	0.06	0	0.1395	108.26	2435.75
1999	22.5	0.73	0.28	0.05	0.114	0.2716	0.366	0.0163	11542176	2593126	0.2247	0.0037	0.06045	0.06	0	0.1395	218.15	4908.27
2000	22.5	0.73	0.28	0.05	0.114	0.2716	0.186	0.0083	5865696	86453	0.0147	0.0001	0.01104	0.06	0	0.1395	39.83	896.20
2001	22.5	0.73	0.28	0.05	0.114	0.2716	0.279	0.0124	8798544	3536498	0.4019	0.0050	0.07060	0.06	0	0.1395	254.75	5731.96
Sr. vrednost							0.235	0.0104	7395192								166.51	3746.45

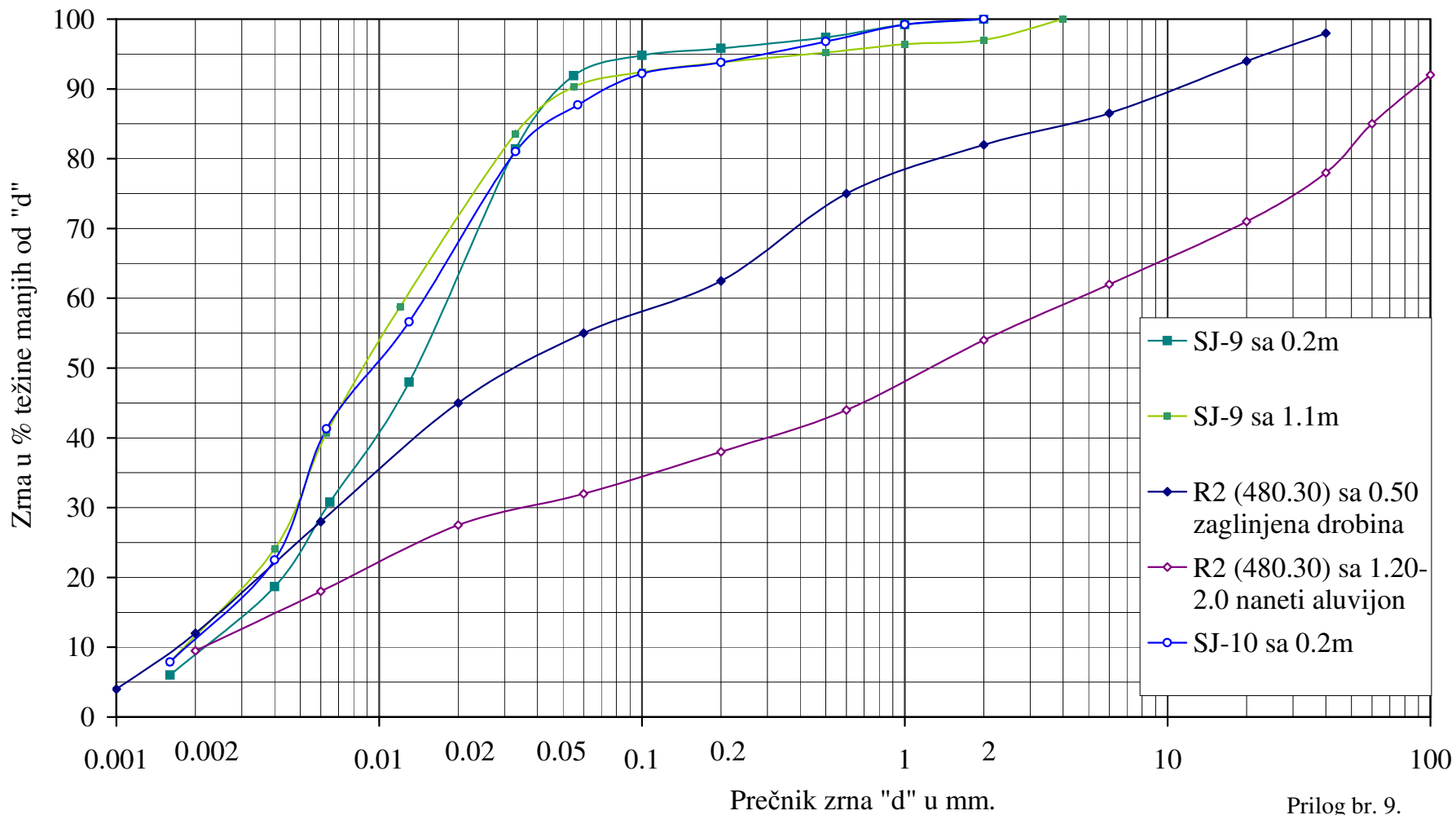


RETENZIJ BANJANI SITUACIONI PLAN
 SA POPREČNIM PROFILIMA
 R=1:2500

GRANULOMETRIJSKE KRIVE RETENZIONOG NANOSA



GRANULOMETRIJSKE KRIVE NANOSA NA UZVODNOJ KOSINI PREGRADE



AKUMULACIJA BANJANI-BILANS DOTOKA I POTROŠNJE

GRANIČNI USLOVI:														
$V_{ak\ kor} = 2 \times 10^6 m^3$														
Ptrošnja vodovod 0.100 m ³ /s														
Biološki minimum 0.030 m ³ /s														
godina	mesec	No	prirod dotok	biol min	vodovod potroš	gubici	ukupna potroš	bilans	deltaV	Vdot	Vak	Zak	Hak	Fak
			m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ *10 ⁶	m ³ *10 ⁶	m ³ *10 ⁶	mm	m	ha
	0									0	0.000	481.0	0.0	0.00
1955	1	1	0.272	0.028	0.100	0.003	0.131	0.141	0.378	0.378	0.378	489.7	8.7	6.23
	2	2	0.408	0.028	0.100	0.009	0.137	0.271	0.725	1.103	1.103	496.8	15.8	11.28
	3	3	0.688	0.028	0.100	0.025	0.153	0.535	1.432	2.535	2.000	503.1	22.1	15.78
	4	4	1.030	0.028	0.100	0.029	0.157	0.873	2.337	4.337	2.000	503.1	22.1	15.78
	5	5	0.234	0.028	0.100	0.030	0.158	0.076	0.203	2.203	2.000	503.1	22.1	15.78
	6	6	0.222	0.028	0.100	0.033	0.161	0.061	0.163	2.163	2.000	503.1	22.1	15.78
	7	7	0.287	0.028	0.100	0.032	0.160	0.127	0.341	2.341	2.000	503.1	22.1	15.78
	8	8	0.389	0.028	0.100	0.032	0.160	0.229	0.613	2.613	2.000	503.1	22.1	15.78
	9	9	0.396	0.028	0.100	0.028	0.156	0.240	0.643	2.643	2.000	503.1	22.1	15.78
	10	10	0.518	0.028	0.100	0.025	0.153	0.365	0.977	2.977	2.000	503.1	22.1	15.78
	11	11	0.659	0.028	0.100	0.025	0.153	0.506	1.354	3.354	2.000	503.1	22.1	15.78
	12	12	0.517	0.028	0.100	0.025	0.153	0.364	0.974	2.974	2.000	503.1	22.1	15.78
1956	1	13	0.501	0.028	0.100	0.025	0.153	0.348	0.931	2.931	2.000	503.1	22.1	15.78
	2	14	0.417	0.028	0.100	0.025	0.153	0.264	0.706	2.706	2.000	503.1	22.1	15.78
	3	15	1.180	0.028	0.100	0.025	0.153	1.027	2.750	4.750	2.000	503.1	22.1	15.78
	4	16	1.030	0.028	0.100	0.025	0.153	0.877	2.348	4.348	2.000	503.1	22.1	15.78
	5	17	0.668	0.028	0.100	0.025	0.153	0.515	1.378	3.378	2.000	503.1	22.1	15.78
	6	18	0.594	0.028	0.100	0.025	0.153	0.441	1.180	3.180	2.000	503.1	22.1	15.78
	7	19	0.253	0.028	0.100	0.025	0.153	0.100	0.267	2.267	2.000	503.1	22.1	15.78
	8	20	0.158	0.028	0.100	0.025	0.153	0.005	0.012	2.012	2.000	503.1	22.1	15.78
	9	21	0.109	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.044	-0.119	1.881	1.881	502.3	21.3	15.21
	10	22	0.066	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.087	-0.234	1.647	1.647	500.7	19.7	14.05
	11	23	0.151	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.002	-0.006	1.641	1.641	500.6	19.6	14.02
	12	24	0.400	0.028	0.100	0.025	0.153	0.247	0.661	2.302	2.000	503.1	22.1	15.78
1957	1	25	0.250	0.028	0.100	0.025	0.153	0.097	0.259	2.259	2.000	503.1	22.1	15.78
	2	26	0.414	0.028	0.100	0.025	0.153	0.261	0.698	2.698	2.000	503.1	22.1	15.78
	3	27	0.237	0.028	0.100	0.025	0.153	0.084	0.224	2.224	2.000	503.1	22.1	15.78
	4	28	0.253	0.028	0.100	0.025	0.153	0.100	0.267	2.267	2.000	503.1	22.1	15.78
	5	29	0.754	0.028	0.100	0.025	0.153	0.601	1.609	3.609	2.000	503.1	22.1	15.78
	6	30	0.221	0.028	0.100	0.025	0.153	0.068	0.181	2.181	2.000	503.1	22.1	15.78
	7	31	0.062	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.091	-0.245	1.755	1.755	501.4	20.4	14.59
	8	32	0.090	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.063	-0.170	1.586	1.586	500.2	19.2	13.74
	9	33	0.194	0.028	0.100	0.025	0.153	0.041	0.109	1.695	1.695	501.0	20.0	14.28
	10	34	0.370	0.028	0.100	0.025	0.153	0.217	0.580	2.275	2.000	503.1	22.1	15.78
	11	35	0.313	0.028	0.100	0.025	0.153	0.160	0.428	2.428	2.000	503.1	22.1	15.78
	12	36	0.719	0.028	0.100	0.025	0.153	0.566	1.515	3.515	2.000	503.1	22.1	15.78
1958	1	37	0.307	0.028	0.100	0.025	0.153	0.154	0.412	2.412	2.000	503.1	22.1	15.78
	2	38	0.186	0.028	0.100	0.025	0.153	0.033	0.087	2.087	2.000	503.1	22.1	15.78
	3	39	0.931	0.028	0.100	0.025	0.153	0.778	2.083	4.083	2.000	503.1	22.1	15.78
	4	40	1.110	0.028	0.100	0.025	0.153	0.957	2.562	4.562	2.000	503.1	22.1	15.78
	5	41	0.448	0.028	0.100	0.025	0.153	0.295	0.789	2.789	2.000	503.1	22.1	15.78
	6	42	0.116	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.037	-0.100	1.900	1.900	502.4	21.4	15.30
	7	43	0.042	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.111	-0.298	1.602	1.602	500.3	19.3	13.82
	8	44	0.056	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.097	-0.261	1.341	1.341	498.5	17.5	12.50
	9	45	0.054	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.099	-0.266	1.075	1.075	496.6	15.6	11.14
	10	46	0.059	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.094	-0.253	0.822	0.822	494.6	13.6	9.75
	11	47	0.159	0.028	0.100	0.025	0.153	0.006	0.015	0.837	0.837	494.8	13.8	9.84
	12	48	0.254	0.028	0.100	0.025	0.153	0.101	0.270	1.107	1.107	496.8	15.8	11.30
1959	1	49	0.283	0.028	0.100	0.025	0.153	0.130	0.347	1.454	1.454	499.3	18.3	13.07
	2	50	0.193	0.028	0.100	0.025	0.153	0.040	0.106	1.560	1.560	500.1	19.1	13.61
	3	51	0.172	0.028	0.100	0.025	0.153	0.019	0.050	1.610	1.610	500.4	19.4	13.86

	4	52	0.309	0.028	0.100	0.025	0.153	0.156	0.417	2.027	2.000	503.1	22.1	15.78
	5	53	0.203	0.028	0.100	0.025	0.153	0.050	0.133	2.133	2.000	503.1	22.1	15.78
	6	54	0.209	0.028	0.100	0.025	0.153	0.056	0.149	2.149	2.000	503.1	22.1	15.78
	7	55	0.138	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.015	-0.041	1.959	1.959	502.8	21.8	15.58
	8	56	0.636	0.028	0.100	0.025	0.153	0.483	1.293	3.252	2.000	503.1	22.1	15.78
	9	57	0.273	0.028	0.100	0.025	0.153	0.120	0.320	2.320	2.000	503.1	22.1	15.78
	10	58	0.109	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.044	-0.119	1.881	1.881	502.3	21.3	15.21
	11	59	0.232	0.028	0.100	0.025	0.153	0.079	0.211	2.092	2.000	503.1	22.1	15.78
	12	60	0.126	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.027	-0.073	1.927	1.927	502.6	21.6	15.43
1960	1	61	0.338	0.028	0.100	0.025	0.153	0.185	0.495	2.421	2.000	503.1	22.1	15.78
	2	62	0.213	0.028	0.100	0.025	0.153	0.060	0.160	2.160	2.000	503.1	22.1	15.78
	3	63	0.208	0.028	0.100	0.025	0.153	0.055	0.146	2.146	2.000	503.1	22.1	15.78
	4	64	0.256	0.028	0.100	0.025	0.153	0.103	0.275	2.275	2.000	503.1	22.1	15.78
	5	65	0.307	0.028	0.100	0.025	0.153	0.154	0.412	2.412	2.000	503.1	22.1	15.78
	6	66	0.168	0.028	0.100	0.025	0.153	0.015	0.039	2.039	2.000	503.1	22.1	15.78
	7	67	0.106	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.047	-0.127	1.873	1.873	502.2	21.2	15.17
	8	68	0.076	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.077	-0.207	1.666	1.666	500.8	19.8	14.14
	9	69	0.034	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.119	-0.320	1.346	1.346	498.5	17.5	12.52
	10	70	0.063	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.090	-0.242	1.104	1.104	496.8	15.8	11.29
	11	71	0.091	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.062	-0.167	0.937	0.937	495.6	14.6	10.40
	12	72	0.104	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.049	-0.132	0.805	0.805	494.5	13.5	9.65
1961	1	73	0.225	0.028	0.100	0.025	0.153	0.072	0.192	0.997	0.997	496.0	15.0	10.73
	2	74	0.155	0.028	0.100	0.025	0.153	0.002	0.004	1.002	1.002	496.0	15.0	10.75
	3	75	0.105	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.048	-0.129	0.872	0.872	495.1	14.1	10.04
	4	76	0.157	0.028	0.100	0.025	0.153	0.004	0.010	0.882	0.882	495.1	14.1	10.09
	5	77	1.330	0.028	0.100	0.025	0.153	1.177	3.152	4.033	2.000	503.1	22.1	15.78
	6	78	0.281	0.028	0.100	0.025	0.153	0.128	0.342	2.342	2.000	503.1	22.1	15.78
	7	79	0.209	0.028	0.100	0.025	0.153	0.056	0.149	2.149	2.000	503.1	22.1	15.78
	8	80	0.097	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.056	-0.151	1.849	1.849	502.1	21.1	15.05
	9	81	0.052	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.101	-0.271	1.578	1.578	500.2	19.2	13.70
	10	82	0.043	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.110	-0.296	1.282	1.282	498.1	17.1	12.20
	11	83	0.027	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.126	-0.338	0.944	0.944	495.6	14.6	10.44
	12	84	0.126	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.027	-0.073	0.870	0.870	495.0	14.0	10.03
1962	1	85	0.360	0.028	0.100	0.025	0.153	0.207	0.554	1.424	1.424	499.1	18.1	12.92
	2	86	0.486	0.028	0.100	0.025	0.153	0.333	0.891	2.315	2.000	503.1	22.1	15.78
	3	87	0.907	0.028	0.100	0.025	0.153	0.754	2.019	4.019	2.000	503.1	22.1	15.78
	4	88	0.743	0.028	0.100	0.025	0.153	0.590	1.579	3.579	2.000	503.1	22.1	15.78
	5	89	0.120	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.033	-0.089	1.911	1.911	502.5	21.5	15.35
	6	90	0.148	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.005	-0.014	1.896	1.896	502.4	21.4	15.28
	7	91	0.044	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.109	-0.293	1.604	1.604	500.4	19.4	13.83
	8	92	0.083	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.070	-0.188	1.415	1.415	499.0	18.0	12.87
	9	93	0.107	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.046	-0.124	1.291	1.291	498.1	17.1	12.24
	10	94	0.083	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.070	-0.188	1.103	1.103	496.8	15.8	11.28
	11	95	0.054	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.099	-0.266	0.836	0.836	494.8	13.8	9.83
	12	96	0.117	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.036	-0.097	0.739	0.739	493.9	12.9	9.23
1963	1	97	0.165	0.028	0.100	0.025	0.153	0.012	0.031	0.770	0.770	494.2	13.2	9.43
	2	98	0.244	0.028	0.100	0.025	0.153	0.091	0.243	1.013	1.013	496.1	15.1	10.81
	3	99	0.267	0.028	0.100	0.025	0.153	0.114	0.304	1.318	1.318	498.3	17.3	12.38
	4	100	0.343	0.028	0.100	0.025	0.153	0.190	0.508	1.826	1.826	501.9	20.9	14.94
	5	101	0.196	0.028	0.100	0.025	0.153	0.043	0.114	1.940	1.940	502.7	21.7	15.49
	6	102	0.205	0.028	0.100	0.025	0.153	0.052	0.138	2.078	2.000	503.1	22.1	15.78
	7	103	0.108	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.045	-0.121	1.879	1.879	502.3	21.3	15.20
	8	104	0.126	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.027	-0.073	1.805	1.805	501.8	20.8	14.84
	9	105	0.104	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.049	-0.132	1.673	1.673	500.8	19.8	14.18
	10	106	0.137	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.016	-0.044	1.629	1.629	500.5	19.5	13.96
	11	107	0.203	0.028	0.100	0.025	0.153	0.050	0.133	1.762	1.762	501.5	20.5	14.62
	12	108	0.063	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.090	-0.242	1.520	1.520	499.8	18.8	13.41
1964	1	109	0.103	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.050	-0.135	1.386	1.386	498.8	17.8	12.72
	2	110	0.164	0.028	0.100	0.025	0.153	0.011	0.029	1.414	1.414	499.0	18.0	12.87
	3	111	0.238	0.028	0.100	0.025	0.153	0.085	0.227	1.641	1.641	500.6	19.6	14.01
	4	112	0.237	0.028	0.100	0.025	0.153	0.084	0.224	1.865	1.865	502.2	21.2	15.13
	5	113	0.295	0.028	0.100	0.025	0.153	0.142	0.379	2.244	2.000	503.1	22.1	15.78
	6	114	0.135	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.018	-0.049	1.951	1.951	502.8	21.8	15.55
	7	115	0.102	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.051	-0.138	1.813	1.813	501.8	20.8	14.88
	8	116	0.236	0.028	0.100	0.025	0.153	0.083	0.221	2.035	2.000	503.1	22.1	15.78

	7	247	0.152	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.001	-0.004	1.996	1.996	503.1	22.1	15.76
	8	248	0.165	0.028	0.100	0.025	0.153	0.012	0.031	2.028	2.000	503.1	22.1	15.78
	9	249	0.151	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.002	-0.006	1.994	1.994	503.0	22.0	15.75
	10	250	0.083	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.070	-0.188	1.805	1.805	501.8	20.8	14.84
	11	251	0.140	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.013	-0.036	1.770	1.770	501.5	20.5	14.66
	12	252	0.180	0.028	0.100	0.025	0.153	0.027	0.071	1.841	1.841	502.0	21.0	15.01
1976	1	253	0.280	0.028	0.100	0.025	0.153	0.127	0.339	2.180	2.000	503.1	22.1	15.78
	2	254	0.287	0.028	0.100	0.025	0.153	0.134	0.358	2.358	2.000	503.1	22.1	15.78
	3	255	0.580	0.028	0.100	0.025	0.153	0.427	1.143	3.143	2.000	503.1	22.1	15.78
	4	256	0.491	0.028	0.100	0.025	0.153	0.338	0.904	2.904	2.000	503.1	22.1	15.78
	5	257	0.337	0.028	0.100	0.025	0.153	0.184	0.492	2.492	2.000	503.1	22.1	15.78
	6	258	0.518	0.028	0.100	0.025	0.153	0.365	0.977	2.977	2.000	503.1	22.1	15.78
	7	259	0.325	0.028	0.100	0.025	0.153	0.172	0.460	2.460	2.000	503.1	22.1	15.78
	8	260	0.125	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.028	-0.076	1.924	1.924	502.6	21.6	15.42
	9	261	0.195	0.028	0.100	0.025	0.153	0.042	0.112	2.036	2.000	503.1	22.1	15.78
	10	262	0.091	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.062	-0.167	1.833	1.833	502.0	21.0	14.97
	11	263	0.293	0.028	0.100	0.025	0.153	0.140	0.374	2.207	2.000	503.1	22.1	15.78
	12	264	0.384	0.028	0.100	0.025	0.153	0.231	0.618	2.618	2.000	503.1	22.1	15.78
1977	1	265	0.345	0.028	0.100	0.025	0.153	0.192	0.513	2.513	2.000	503.1	22.1	15.78
	2	266	0.555	0.028	0.100	0.025	0.153	0.402	1.076	3.076	2.000	503.1	22.1	15.78
	3	267	1.010	0.028	0.100	0.025	0.153	0.857	2.294	4.294	2.000	503.1	22.1	15.78
	4	268	0.725	0.028	0.100	0.025	0.153	0.572	1.531	3.531	2.000	503.1	22.1	15.78
	5	269	0.285	0.028	0.100	0.025	0.153	0.132	0.353	2.353	2.000	503.1	22.1	15.78
	6	270	0.270	0.028	0.100	0.025	0.153	0.117	0.312	2.312	2.000	503.1	22.1	15.78
	7	271	0.155	0.028	0.100	0.025	0.153	0.002	0.004	2.004	2.000	503.1	22.1	15.78
	8	272	0.076	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.077	-0.207	1.793	1.793	501.7	20.7	14.78
	9	273	0.090	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.063	-0.170	1.623	1.623	500.5	19.5	13.93
	10	274	0.087	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.066	-0.178	1.445	1.445	499.2	18.2	13.03
	11	275	0.270	0.028	0.100	0.025	0.153	0.117	0.312	1.758	1.758	501.4	20.4	14.60
	12	276	0.453	0.028	0.100	0.025	0.153	0.300	0.803	2.561	2.000	503.1	22.1	15.78
1978	1	277	0.228	0.028	0.100	0.025	0.153	0.075	0.200	2.200	2.000	503.1	22.1	15.78
	2	278	0.340	0.028	0.100	0.025	0.153	0.187	0.500	2.500	2.000	503.1	22.1	15.78
	3	279	0.429	0.028	0.100	0.025	0.153	0.276	0.738	2.738	2.000	503.1	22.1	15.78
	4	280	0.384	0.028	0.100	0.025	0.153	0.231	0.618	2.618	2.000	503.1	22.1	15.78
	5	281	0.427	0.028	0.100	0.025	0.153	0.274	0.733	2.733	2.000	503.1	22.1	15.78
	6	282	0.723	0.028	0.100	0.025	0.153	0.570	1.526	3.526	2.000	503.1	22.1	15.78
	7	283	0.183	0.028	0.100	0.025	0.153	0.030	0.079	2.079	2.000	503.1	22.1	15.78
	8	284	0.104	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.049	-0.132	1.868	1.868	502.2	21.2	15.14
	9	285	0.190	0.028	0.100	0.025	0.153	0.037	0.098	1.966	1.966	502.9	21.9	15.62
	10	286	0.103	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.050	-0.135	1.831	1.831	502.0	21.0	14.96
	11	287	0.101	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.052	-0.140	1.691	1.691	501.0	20.0	14.27
	12	288	0.151	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.002	-0.006	1.685	1.685	500.9	19.9	14.24
1979	1	289	0.304	0.028	0.100	0.025	0.153	0.151	0.404	2.088	2.000	503.1	22.1	15.78
	2	290	0.415	0.028	0.100	0.025	0.153	0.262	0.701	2.701	2.000	503.1	22.1	15.78
	3	291	0.230	0.028	0.100	0.025	0.153	0.077	0.205	2.205	2.000	503.1	22.1	15.78
	4	292	0.184	0.028	0.100	0.025	0.153	0.031	0.082	2.082	2.000	503.1	22.1	15.78
	5	293	0.415	0.028	0.100	0.025	0.153	0.262	0.701	2.701	2.000	503.1	22.1	15.78
	6	294	0.284	0.028	0.100	0.025	0.153	0.131	0.350	2.350	2.000	503.1	22.1	15.78
	7	295	0.169	0.028	0.100	0.025	0.153	0.016	0.042	2.042	2.000	503.1	22.1	15.78
	8	296	0.156	0.028	0.100	0.025	0.153	0.003	0.007	2.007	2.000	503.1	22.1	15.78
	9	297	0.295	0.028	0.100	0.025	0.153	0.142	0.379	2.379	2.000	503.1	22.1	15.78
	10	298	0.118	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.035	-0.095	1.905	1.905	502.5	21.5	15.33
	11	299	0.179	0.028	0.100	0.025	0.153	0.026	0.069	1.974	1.974	502.9	21.9	15.66
	12	300	0.218	0.028	0.100	0.025	0.153	0.065	0.173	2.147	2.000	503.1	22.1	15.78
1980	1	301	0.235	0.028	0.100	0.025	0.153	0.082	0.219	2.219	2.000	503.1	22.1	15.78
	2	302	0.543	0.028	0.100	0.025	0.153	0.390	1.044	3.044	2.000	503.1	22.1	15.78
	3	303	0.375	0.028	0.100	0.025	0.153	0.222	0.594	2.594	2.000	503.1	22.1	15.78
	4	304	0.566	0.028	0.100	0.025	0.153	0.413	1.105	3.105	2.000	503.1	22.1	15.78
	5	305	2.860	0.028	0.100	0.025	0.153	2.707	7.250	9.250	2.000	503.1	22.1	15.78
	6	306	0.329	0.028	0.100	0.025	0.153	0.176	0.470	2.470	2.000	503.1	22.1	15.78
	7	307	0.153	0.028	0.100	0.025	0.153	0.000	-0.001	1.999	1.999	503.1	22.1	15.77
	8	308	0.099	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.054	-0.146	1.854	1.854	502.1	21.1	15.07
	9	309	0.072	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.081	-0.218	1.636	1.636	500.6	19.6	13.99
	10	310	0.033	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.120	-0.322	1.313	1.313	498.3	17.3	12.36
	11	311	0.119	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.034	-0.092	1.221	1.221	497.6	16.6	11.89

	12	312	0.455	0.028	0.100	0.025	0.153	0.302	0.808	2.029	2.000	503.1	22.1	15.78
1981	1	313	0.507	0.028	0.100	0.025	0.153	0.354	0.947	2.947	2.000	503.1	22.1	15.78
	2	314	0.331	0.028	0.100	0.025	0.153	0.178	0.476	2.476	2.000	503.1	22.1	15.78
	3	315	0.614	0.028	0.100	0.025	0.153	0.461	1.234	3.234	2.000	503.1	22.1	15.78
	4	316	0.333	0.028	0.100	0.025	0.153	0.180	0.481	2.481	2.000	503.1	22.1	15.78
	5	317	0.168	0.028	0.100	0.025	0.153	0.015	0.039	2.039	2.000	503.1	22.1	15.78
	6	318	0.354	0.028	0.100	0.025	0.153	0.201	0.537	2.537	2.000	503.1	22.1	15.78
	7	319	0.245	0.028	0.100	0.025	0.153	0.092	0.245	2.245	2.000	503.1	22.1	15.78
	8	320	0.313	0.028	0.100	0.025	0.153	0.160	0.428	2.428	2.000	503.1	22.1	15.78
	9	321	0.161	0.028	0.100	0.025	0.153	0.008	0.021	2.021	2.000	503.1	22.1	15.78
	10	322	0.204	0.028	0.100	0.025	0.153	0.051	0.136	2.136	2.000	503.1	22.1	15.78
	11	323	0.579	0.028	0.100	0.025	0.153	0.426	1.140	3.140	2.000	503.1	22.1	15.78
	12	324	0.338	0.028	0.100	0.025	0.153	0.185	0.495	2.495	2.000	503.1	22.1	15.78
1982	1	325	0.389	0.028	0.100	0.025	0.153	0.236	0.631	2.631	2.000	503.1	22.1	15.78
	2	326	0.261	0.028	0.100	0.025	0.153	0.108	0.288	2.288	2.000	503.1	22.1	15.78
	3	327	0.504	0.028	0.100	0.025	0.153	0.351	0.939	2.939	2.000	503.1	22.1	15.78
	4	328	0.333	0.028	0.100	0.025	0.153	0.180	0.481	2.481	2.000	503.1	22.1	15.78
	5	329	0.477	0.028	0.100	0.025	0.153	0.324	0.867	2.867	2.000	503.1	22.1	15.78
	6	330	0.189	0.028	0.100	0.025	0.153	0.036	0.095	2.095	2.000	503.1	22.1	15.78
	7	331	0.220	0.028	0.100	0.025	0.153	0.067	0.179	2.179	2.000	503.1	22.1	15.78
	8	332	0.072	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.081	-0.218	1.782	1.782	501.6	20.6	14.72
	9	333	0.091	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.062	-0.167	1.615	1.615	500.4	19.4	13.89
	10	334	0.071	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.082	-0.221	1.395	1.395	498.9	17.9	12.77
	11	335	0.117	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.036	-0.097	1.297	1.297	498.2	17.2	12.27
	12	336	0.290	0.028	0.100	0.025	0.153	0.137	0.366	1.663	1.663	500.8	19.8	14.13
1983	1	337	0.244	0.028	0.100	0.025	0.153	0.091	0.243	1.906	1.906	502.5	21.5	15.33
	2	338	0.175	0.028	0.100	0.025	0.153	0.022	0.058	1.964	1.964	502.9	21.9	15.61
	3	339	0.188	0.028	0.100	0.025	0.153	0.035	0.093	2.057	2.000	503.1	22.1	15.78
	4	340	0.186	0.028	0.100	0.025	0.153	0.033	0.087	2.087	2.000	503.1	22.1	15.78
	5	341	0.059	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.094	-0.253	1.747	1.747	501.4	20.4	14.55
	6	342	0.312	0.028	0.100	0.025	0.153	0.159	0.425	2.172	2.000	503.1	22.1	15.78
	7	343	0.090	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.063	-0.170	1.830	1.830	501.9	20.9	14.96
	8	344	0.104	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.049	-0.132	1.698	1.698	501.0	20.0	14.30
	9	345	0.106	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.047	-0.127	1.571	1.571	500.1	19.1	13.66
	10	346	0.053	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.100	-0.269	1.303	1.303	498.2	17.2	12.30
	11	347	0.100	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.053	-0.143	1.160	1.160	497.2	16.2	11.57
	12	348	0.302	0.028	0.100	0.025	0.153	0.149	0.398	1.558	1.558	500.0	19.0	13.60
1984	1	349	0.248	0.028	0.100	0.025	0.153	0.095	0.254	1.811	1.811	501.8	20.8	14.87
	2	350	0.430	0.028	0.100	0.025	0.153	0.277	0.741	2.552	2.000	503.1	22.1	15.78
	3	351	0.808	0.028	0.100	0.025	0.153	0.655	1.753	3.753	2.000	503.1	22.1	15.78
	4	352	0.980	0.028	0.100	0.025	0.153	0.827	2.214	4.214	2.000	503.1	22.1	15.78
	5	353	0.588	0.028	0.100	0.025	0.153	0.435	1.164	3.164	2.000	503.1	22.1	15.78
	6	354	0.175	0.028	0.100	0.025	0.153	0.022	0.058	2.058	2.000	503.1	22.1	15.78
	7	355	0.129	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.024	-0.065	1.935	1.935	502.7	21.7	15.47
	8	356	0.104	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.049	-0.132	1.803	1.803	501.8	20.8	14.82
	9	357	0.080	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.073	-0.196	1.606	1.606	500.4	19.4	13.84
	10	358	0.060	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.093	-0.250	1.356	1.356	498.6	17.6	12.57
	11	359	0.105	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.048	-0.129	1.227	1.227	497.7	16.7	11.92
	12	360	0.057	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.096	-0.258	0.969	0.969	495.8	14.8	10.57
1985	1	361	0.218	0.028	0.100	0.025	0.153	0.065	0.173	1.142	1.142	497.1	16.1	11.48
	2	362	0.240	0.028	0.100	0.025	0.153	0.087	0.232	1.374	1.374	498.7	17.7	12.66
	3	363	0.350	0.028	0.100	0.025	0.153	0.197	0.527	1.901	1.901	502.4	21.4	15.30
	4	364	0.538	0.028	0.100	0.025	0.153	0.385	1.030	2.931	2.000	503.1	22.1	15.78
	5	365	0.174	0.028	0.100	0.025	0.153	0.021	0.055	2.055	2.000	503.1	22.1	15.78
	6	366	0.134	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.019	-0.052	1.948	1.948	502.7	21.7	15.53
	7	367	0.064	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.089	-0.239	1.709	1.709	501.1	20.1	14.36
	8	368	0.168	0.028	0.100	0.025	0.153	0.015	0.039	1.748	1.748	501.4	20.4	14.55
	9	369	0.139	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.014	-0.038	1.710	1.710	501.1	20.1	14.36
	10	370	0.079	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.074	-0.199	1.511	1.511	499.7	18.7	13.36
	11	371	0.226	0.028	0.100	0.025	0.153	0.073	0.195	1.705	1.705	501.1	20.1	14.34
	12	372	0.347	0.028	0.100	0.025	0.153	0.194	0.519	2.224	2.000	503.1	22.1	15.78
1986	1	373	0.308	0.028	0.100	0.025	0.153	0.155	0.414	2.414	2.000	503.1	22.1	15.78
	2	374	0.457	0.028	0.100	0.025	0.153	0.304	0.813	2.813	2.000	503.1	22.1	15.78
	3	375	0.432	0.028	0.100	0.025	0.153	0.279	0.746	2.746	2.000	503.1	22.1	15.78
	4	376	0.194	0.028	0.100	0.025	0.153	0.041	0.109	2.109	2.000	503.1	22.1	15.78

	5	377	0.174	0.028	0.100	0.025	0.153	0.021	0.055	2.055	2.000	503.1	22.1	15.78
	6	378	0.450	0.028	0.100	0.025	0.153	0.297	0.795	2.795	2.000	503.1	22.1	15.78
	7	379	0.196	0.028	0.100	0.025	0.153	0.043	0.114	2.114	2.000	503.1	22.1	15.78
	8	380	0.083	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.070	-0.188	1.812	1.812	501.8	20.8	14.87
	9	381	0.065	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.088	-0.237	1.575	1.575	500.2	19.2	13.68
	10	382	0.069	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.084	-0.226	1.349	1.349	498.6	17.6	12.54
	11	383	0.063	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.090	-0.242	1.107	1.107	496.8	15.8	11.30
	12	384	0.060	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.093	-0.250	0.857	0.857	494.9	13.9	9.95
1987	1	385	0.098	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.055	-0.148	0.709	0.709	493.7	12.7	9.04
	2	386	0.479	0.028	0.100	0.025	0.153	0.326	0.872	1.581	1.581	500.2	19.2	13.71
	3	387	0.278	0.028	0.100	0.025	0.153	0.125	0.334	1.915	1.915	502.5	21.5	15.37
	4	388	0.339	0.028	0.100	0.025	0.153	0.186	0.497	2.412	2.000	503.1	22.1	15.78
	5	389	0.743	0.028	0.100	0.025	0.153	0.590	1.579	3.579	2.000	503.1	22.1	15.78
	6	390	0.198	0.028	0.100	0.025	0.153	0.045	0.120	2.120	2.000	503.1	22.1	15.78
	7	391	0.073	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.080	-0.215	1.785	1.785	501.6	20.6	14.74
	8	392	0.089	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.064	-0.172	1.612	1.612	500.4	19.4	13.87
	9	393	0.051	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.102	-0.274	1.338	1.338	498.5	17.5	12.48
	10	394	0.060	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.093	-0.250	1.088	1.088	496.7	15.7	11.21
	11	395	0.342	0.028	0.100	0.025	0.153	0.189	0.505	1.594	1.594	500.3	19.3	13.78
	12	396	0.355	0.028	0.100	0.025	0.153	0.202	0.540	2.134	2.000	503.1	22.1	15.78
1988	1	397	0.156	0.028	0.100	0.025	0.153	0.003	0.007	2.007	2.000	503.1	22.1	15.78
	2	398	0.199	0.028	0.100	0.025	0.153	0.046	0.122	2.122	2.000	503.1	22.1	15.78
	3	399	0.699	0.028	0.100	0.025	0.153	0.546	1.461	3.461	2.000	503.1	22.1	15.78
	4	400	0.461	0.028	0.100	0.025	0.153	0.308	0.824	2.824	2.000	503.1	22.1	15.78
	5	401	0.147	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.006	-0.017	1.983	1.983	503.0	22.0	15.70
	6	402	0.185	0.028	0.100	0.025	0.153	0.032	0.085	2.068	2.000	503.1	22.1	15.78
	7	403	0.102	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.051	-0.138	1.862	1.862	502.2	21.2	15.12
	8	404	0.068	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.085	-0.229	1.634	1.634	500.6	19.6	13.98
	9	405	0.100	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.053	-0.143	1.491	1.491	499.6	18.6	13.26
	10	406	0.077	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.076	-0.204	1.287	1.287	498.1	17.1	12.22
	11	407	0.150	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.003	-0.009	1.278	1.278	498.0	17.0	12.17
	12	408	0.273	0.028	0.100	0.025	0.153	0.120	0.320	1.598	1.598	500.3	19.3	13.80
1989	1	409	0.144	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.009	-0.025	1.573	1.573	500.1	19.1	13.67
	2	410	0.124	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.029	-0.079	1.494	1.494	499.6	18.6	13.27
	3	411	0.192	0.028	0.100	0.025	0.153	0.039	0.104	1.598	1.598	500.3	19.3	13.80
	4	412	0.151	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.002	-0.006	1.592	1.592	500.3	19.3	13.77
	5	413	0.589	0.028	0.100	0.025	0.153	0.436	1.167	2.759	2.000	503.1	22.1	15.78
	6	414	0.816	0.028	0.100	0.025	0.153	0.663	1.775	3.775	2.000	503.1	22.1	15.78
	7	415	0.374	0.028	0.100	0.025	0.153	0.221	0.591	2.591	2.000	503.1	22.1	15.78
	8	416	0.168	0.028	0.100	0.025	0.153	0.015	0.039	2.039	2.000	503.1	22.1	15.78
	9	417	0.159	0.028	0.100	0.025	0.153	0.006	0.015	2.015	2.000	503.1	22.1	15.78
	10	418	0.181	0.028	0.100	0.025	0.153	0.028	0.074	2.074	2.000	503.1	22.1	15.78
	11	419	0.305	0.028	0.100	0.025	0.153	0.152	0.406	2.406	2.000	503.1	22.1	15.78
	12	420	0.133	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.020	-0.054	1.946	1.946	502.7	21.7	15.52
1990	1	421	0.192	0.028	0.100	0.025	0.153	0.039	0.104	2.049	2.000	503.1	22.1	15.78
	2	422	0.204	0.028	0.100	0.025	0.153	0.051	0.136	2.136	2.000	503.1	22.1	15.78
	3	423	0.181	0.028	0.100	0.025	0.153	0.028	0.074	2.074	2.000	503.1	22.1	15.78
	4	424	0.189	0.028	0.100	0.025	0.153	0.036	0.095	2.095	2.000	503.1	22.1	15.78
	5	425	0.102	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.051	-0.138	1.862	1.862	502.2	21.2	15.12
	6	426	0.114	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.039	-0.105	1.757	1.757	501.4	20.4	14.60
	7	427	0.055	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.098	-0.263	1.494	1.494	499.6	18.6	13.27
	8	428	0.046	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.107	-0.288	1.206	1.206	497.5	16.5	11.81
	9	429	0.046	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.107	-0.288	0.919	0.919	495.4	14.4	10.30
	10	430	0.045	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.108	-0.290	0.628	0.628	492.9	11.9	8.48
	11	431	0.046	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.107	-0.288	0.341	0.341	489.1	8.1	5.80
	12	432	0.089	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.064	-0.172	0.169	0.169	485.7	4.7	3.36
1991	1	433	0.182	0.028	0.100	0.025	0.153	0.029	0.077	0.245	0.245	487.4	6.4	4.55
	2	434	0.135	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.018	-0.049	0.196	0.196	486.3	5.3	3.81
	3	435	0.124	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.029	-0.079	0.118	0.118	484.5	3.5	2.47
	4	436	0.322	0.028	0.100	0.025	0.153	0.169	0.452	0.569	0.569	492.2	11.2	8.02
	5	437	0.280	0.028	0.100	0.025	0.153	0.127	0.339	0.909	0.909	495.3	14.3	10.24
	6	438	0.305	0.028	0.100	0.025	0.153	0.152	0.406	1.315	1.315	498.3	17.3	12.36
	7	439	0.211	0.028	0.100	0.025	0.153	0.058	0.154	1.469	1.469	499.4	18.4	13.15
	8	440	0.539	0.028	0.100	0.025	0.153	0.386	1.033	2.502	2.000	503.1	22.1	15.78
	9	441	0.102	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.051	-0.138	1.862	1.862	502.2	21.2	15.12

	10	442	0.132	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.021	-0.057	1.805	1.805	501.8	20.8	14.84
	11	443	0.224	0.028	0.100	0.025	0.153	0.071	0.189	1.995	1.995	503.1	22.1	15.75
	12	444	0.130	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.023	-0.063	1.932	1.932	502.6	21.6	15.46
1992	1	445	0.287	0.028	0.100	0.025	0.153	0.134	0.358	2.290	2.000	503.1	22.1	15.78
	2	446	0.543	0.028	0.100	0.025	0.153	0.390	1.044	3.044	2.000	503.1	22.1	15.78
	3	447	0.356	0.028	0.100	0.025	0.153	0.203	0.543	2.543	2.000	503.1	22.1	15.78
	4	448	0.282	0.028	0.100	0.025	0.153	0.129	0.345	2.345	2.000	503.1	22.1	15.78
	5	449	0.183	0.028	0.100	0.025	0.153	0.030	0.079	2.079	2.000	503.1	22.1	15.78
	6	450	0.187	0.028	0.100	0.025	0.153	0.034	0.090	2.090	2.000	503.1	22.1	15.78
	7	451	0.114	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.039	-0.105	1.895	1.895	502.4	21.4	15.27
	8	452	0.076	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.077	-0.207	1.687	1.687	500.9	19.9	14.25
	9	453	0.066	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.087	-0.234	1.454	1.454	499.3	18.3	13.07
	10	454	0.092	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.061	-0.164	1.289	1.289	498.1	17.1	12.23
	11	455	0.282	0.028	0.100	0.025	0.153	0.129	0.345	1.634	1.634	500.6	19.6	13.98
	12	456	0.233	0.028	0.100	0.025	0.153	0.080	0.213	1.847	1.847	502.1	21.1	15.04
1993	1	457	0.179	0.028	0.100	0.025	0.153	0.026	0.069	1.916	1.916	502.5	21.5	15.38
	2	458	0.139	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.014	-0.038	1.877	1.877	502.3	21.3	15.19
	3	459	0.449	0.028	0.100	0.025	0.153	0.296	0.792	2.669	2.000	503.1	22.1	15.78
	4	460	0.577	0.028	0.100	0.025	0.153	0.424	1.135	3.135	2.000	503.1	22.1	15.78
	5	461	0.132	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.021	-0.057	1.943	1.943	502.7	21.7	15.51
	6	462	0.080	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.073	-0.196	1.746	1.746	501.4	20.4	14.54
	7	463	0.041	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.112	-0.301	1.445	1.445	499.2	18.2	13.03
	8	464	0.055	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.098	-0.263	1.182	1.182	497.4	16.4	11.69
	9	465	0.037	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.116	-0.312	0.870	0.870	495.0	14.0	10.03
	10	466	0.040	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.113	-0.304	0.567	0.567	492.2	11.2	8.00
	11	467	0.038	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.115	-0.309	0.258	0.258	487.6	6.6	4.73
	12	468	0.156	0.028	0.100	0.025	0.153	0.003	0.007	0.265	0.265	487.8	6.8	4.83
1994	1	469	0.266	0.028	0.100	0.025	0.153	0.113	0.302	0.567	0.567	492.2	11.2	8.00
	2	470	0.211	0.028	0.100	0.025	0.153	0.058	0.154	0.721	0.721	493.8	12.8	9.12
	3	471	0.254	0.028	0.100	0.025	0.153	0.101	0.270	0.991	0.991	496.0	15.0	10.69
	4	472	0.216	0.028	0.100	0.025	0.153	0.063	0.168	1.159	1.159	497.2	16.2	11.57
	5	473	0.231	0.028	0.100	0.025	0.153	0.078	0.208	1.367	1.367	498.7	17.7	12.63
	6	474	0.360	0.028	0.100	0.025	0.153	0.207	0.554	1.920	1.920	502.6	21.6	15.40
	7	475	0.070	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.083	-0.223	1.697	1.697	501.0	20.0	14.30
	8	476	0.047	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.106	-0.285	1.412	1.412	499.0	18.0	12.86
	9	477	0.035	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.118	-0.317	1.095	1.095	496.7	15.7	11.24
	10	478	0.061	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.092	-0.247	0.848	0.848	494.9	13.9	9.90
	11	479	0.108	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.045	-0.121	0.726	0.726	493.8	12.8	9.15
	12	480	0.138	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.015	-0.041	0.685	0.685	493.4	12.4	8.88
1995	1	481	0.159	0.028	0.100	0.025	0.153	0.006	0.015	0.700	0.700	493.6	12.6	8.98
	2	482	0.133	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.020	-0.054	0.646	0.646	493.0	12.0	8.60
	3	483	0.201	0.028	0.100	0.025	0.153	0.048	0.128	0.774	0.774	494.2	13.2	9.45
	4	484	0.502	0.028	0.100	0.025	0.153	0.349	0.934	1.707	1.707	501.1	20.1	14.35
	5	485	0.170	0.028	0.100	0.025	0.153	0.017	0.045	1.752	1.752	501.4	20.4	14.57
	6	486	0.318	0.028	0.100	0.025	0.153	0.165	0.441	2.193	2.000	503.1	22.1	15.78
	7	487	0.138	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.015	-0.041	1.959	1.959	502.8	21.8	15.58
	8	488	0.107	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.046	-0.124	1.835	1.835	502.0	21.0	14.98
	9	489	0.072	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.081	-0.218	1.617	1.617	500.5	19.5	13.89
	10	490	0.063	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.090	-0.242	1.375	1.375	498.7	17.7	12.67
	11	491	0.321	0.028	0.100	0.025	0.153	0.168	0.449	1.824	1.824	501.9	20.9	14.93
	12	492	0.202	0.028	0.100	0.025	0.153	0.049	0.130	1.954	1.954	502.8	21.8	15.56
1996	1	493	0.166	0.028	0.100	0.025	0.153	0.013	0.034	1.988	1.988	503.0	22.0	15.72
	2	494	0.223	0.028	0.100	0.025	0.153	0.070	0.187	2.175	2.000	503.1	22.1	15.78
	3	495	0.492	0.028	0.100	0.025	0.153	0.339	0.907	2.907	2.000	503.1	22.1	15.78
	4	496	0.880	0.028	0.100	0.025	0.153	0.727	1.946	3.946	2.000	503.1	22.1	15.78
	5	497	0.692	0.028	0.100	0.025	0.153	0.539	1.443	3.443	2.000	503.1	22.1	15.78
	6	498	0.231	0.028	0.100	0.025	0.153	0.078	0.208	2.208	2.000	503.1	22.1	15.78
	7	499	0.175	0.028	0.100	0.025	0.153	0.022	0.058	2.058	2.000	503.1	22.1	15.78
	8	500	0.128	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.025	-0.068	1.932	1.932	502.6	21.6	15.46
	9	501	0.112	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.041	-0.111	1.821	1.821	501.9	20.9	14.92
	10	502	0.318	0.028	0.100	0.025	0.153	0.165	0.441	2.262	2.000	503.1	22.1	15.78
	11	503	0.554	0.028	0.100	0.025	0.153	0.401	1.073	3.073	2.000	503.1	22.1	15.78
	12	504	0.463	0.028	0.100	0.025	0.153	0.310	0.829	2.829	2.000	503.1	22.1	15.78
1997	1	505	0.219	0.028	0.100	0.025	0.153	0.066	0.176	2.176	2.000	503.1	22.1	15.78
	2	506	0.226	0.028	0.100	0.025	0.153	0.073	0.195	2.195	2.000	503.1	22.1	15.78

	3	507	0.198	0.028	0.100	0.025	0.153	0.045	0.120	2.120	2.000	503.1	22.1	15.78
	4	508	0.476	0.028	0.100	0.025	0.153	0.323	0.864	2.864	2.000	503.1	22.1	15.78
	5	509	0.127	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.026	-0.071	1.929	1.929	502.6	21.6	15.44
	6	510	0.172	0.028	0.100	0.025	0.153	0.019	0.050	1.979	1.979	503.0	22.0	15.68
	7	511	0.094	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.059	-0.159	1.820	1.820	501.9	20.9	14.91
	8	512	0.069	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.084	-0.226	1.595	1.595	500.3	19.3	13.78
	9	513	0.066	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.087	-0.234	1.361	1.361	498.6	17.6	12.60
	10	514	0.367	0.028	0.100	0.025	0.153	0.214	0.572	1.933	1.933	502.6	21.6	15.46
	11	515	0.198	0.028	0.100	0.025	0.153	0.045	0.120	2.052	2.000	503.1	22.1	15.78
	12	516	0.376	0.028	0.100	0.025	0.153	0.223	0.596	2.596	2.000	503.1	22.1	15.78
1998	1	517	0.400	0.028	0.100	0.025	0.153	0.247	0.661	2.661	2.000	503.1	22.1	15.78
	2	518	0.350	0.028	0.100	0.025	0.153	0.197	0.527	2.527	2.000	503.1	22.1	15.78
	3	519	0.404	0.028	0.100	0.025	0.153	0.251	0.671	2.671	2.000	503.1	22.1	15.78
	4	520	0.247	0.028	0.100	0.025	0.153	0.094	0.251	2.251	2.000	503.1	22.1	15.78
	5	521	0.259	0.028	0.100	0.025	0.153	0.106	0.283	2.283	2.000	503.1	22.1	15.78
	6	522	0.115	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.038	-0.103	1.897	1.897	502.4	21.4	15.29
	7	523	0.073	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.080	-0.215	1.682	1.682	500.9	19.9	14.22
	8	524	0.057	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.096	-0.258	1.424	1.424	499.1	18.1	12.92
	9	525	0.087	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.066	-0.178	1.246	1.246	497.8	16.8	12.02
	10	526	0.229	0.028	0.100	0.025	0.153	0.076	0.203	1.449	1.449	499.3	18.3	13.04
	11	527	0.314	0.028	0.100	0.025	0.153	0.161	0.430	1.879	1.879	502.3	21.3	15.20
	12	528	0.276	0.028	0.100	0.025	0.153	0.123	0.329	2.208	2.000	503.1	22.1	15.78
1999	1	529	0.350	0.028	0.100	0.025	0.153	0.197	0.527	2.527	2.000	503.1	22.1	15.78
	2	530	0.354	0.028	0.100	0.025	0.153	0.201	0.537	2.537	2.000	503.1	22.1	15.78
	3	531	0.688	0.028	0.100	0.025	0.153	0.535	1.432	3.432	2.000	503.1	22.1	15.78
	4	532	0.433	0.028	0.100	0.025	0.153	0.280	0.749	2.749	2.000	503.1	22.1	15.78
	5	533	0.380	0.028	0.100	0.025	0.153	0.227	0.607	2.607	2.000	503.1	22.1	15.78
	6	534	0.511	0.028	0.100	0.025	0.153	0.358	0.958	2.958	2.000	503.1	22.1	15.78
	7	535	0.492	0.028	0.100	0.025	0.153	0.339	0.907	2.907	2.000	503.1	22.1	15.78
	8	536	0.294	0.028	0.100	0.025	0.153	0.141	0.377	2.377	2.000	503.1	22.1	15.78
	9	537	0.115	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.038	-0.103	1.897	1.897	502.4	21.4	15.29
	10	538	0.084	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.069	-0.186	1.712	1.712	501.1	20.1	14.37
	11	539	0.123	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.030	-0.081	1.630	1.630	500.5	19.5	13.96
	12	540	0.486	0.028	0.100	0.025	0.153	0.333	0.891	2.521	2.000	503.1	22.1	15.78
2000	1	541	0.202	0.028	0.100	0.025	0.153	0.049	0.130	2.130	2.000	503.1	22.1	15.78
	2	542	0.515	0.028	0.100	0.025	0.153	0.362	0.969	2.969	2.000	503.1	22.1	15.78
	3	543	0.514	0.028	0.100	0.025	0.153	0.361	0.966	2.966	2.000	503.1	22.1	15.78
	4	544	0.304	0.028	0.100	0.025	0.153	0.151	0.404	2.404	2.000	503.1	22.1	15.78
	5	545	0.144	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.009	-0.025	1.975	1.975	502.9	21.9	15.66
	6	546	0.111	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.042	-0.113	1.862	1.862	502.2	21.2	15.11
	7	547	0.064	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.089	-0.239	1.622	1.622	500.5	19.5	13.92
	8	548	0.055	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.098	-0.263	1.359	1.359	498.6	17.6	12.59
	9	549	0.077	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.076	-0.204	1.154	1.154	497.2	16.2	11.55
	10	550	0.049	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.104	-0.279	0.875	0.875	495.1	14.1	10.05
	11	551	0.052	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.101	-0.271	0.603	0.603	492.6	11.6	8.29
	12	552	0.114	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.039	-0.105	0.498	0.498	491.4	10.4	7.42
2001	1	553	0.080	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.073	-0.196	0.302	0.302	488.4	7.4	5.31
	2	554	0.109	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.044	-0.119	0.183	0.183	486.0	5.0	3.60
	3	555	0.556	0.028	0.100	0.025	0.153	0.403	1.078	1.261	1.261	497.9	16.9	12.09
	4	556	0.187	0.028	0.100	0.025	0.153	0.034	0.090	1.351	1.351	498.6	17.6	12.55
	5	557	0.123	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.030	-0.081	1.270	1.270	498.0	17.0	12.14
	6	558	0.702	0.028	0.100	0.025	0.153	0.549	1.470	2.740	2.000	503.1	22.1	15.78
	7	559	0.140	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.013	-0.036	1.964	1.964	502.9	21.9	15.61
	8	560	0.058	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.095	-0.255	1.709	1.709	501.1	20.1	14.36
	9	561	0.142	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.011	-0.030	1.679	1.679	500.9	19.9	14.20
	10	562	0.707	0.028	0.100	0.025	0.153	0.554	1.483	3.161	2.000	503.1	22.1	15.78
	11	563	0.116	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.037	-0.100	1.900	1.900	502.4	21.4	15.30
	12	564	0.271	0.028	0.100	0.025	0.153	0.118	0.315	2.215	2.000	503.1	22.1	15.78
2002	1	565	0.537	0.028	0.100	0.025	0.153	0.384	1.028	3.028	2.000	503.1	22.1	15.78
	2	566	0.400	0.028	0.100	0.025	0.153	0.247	0.661	2.661	2.000	503.1	22.1	15.78
	3	567	0.348	0.028	0.100	0.025	0.153	0.195	0.521	2.521	2.000	503.1	22.1	15.78
	4	568	0.438	0.028	0.100	0.025	0.153	0.285	0.762	2.762	2.000	503.1	22.1	15.78
	5	569	0.220	0.028	0.100	0.025	0.153	0.067	0.179	2.179	2.000	503.1	22.1	15.78
	6	570	0.207	0.028	0.100	0.025	0.153	0.054	0.144	2.144	2.000	503.1	22.1	15.78
	7	571	0.104	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.049	-0.132	1.868	1.868	502.2	21.2	15.14

	8	572	0.094	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.059	-0.159	1.709	1.709	501.1	20.1	14.36
	9	573	0.067	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.086	-0.231	1.478	1.478	499.5	18.5	13.19
	10	574	0.186	0.028	0.100	0.025	0.153	0.033	0.087	1.565	1.565	500.1	19.1	13.63
	11	575	0.175	0.028	0.100	0.025	0.153	0.022	0.058	1.623	1.623	500.5	19.5	13.93
	12	576	0.440	0.028	0.100	0.025	0.153	0.287	0.768	2.391	2.000	503.1	22.1	15.78
2003	1	577	0.390	0.028	0.100	0.025	0.153	0.237	0.634	2.634	2.000	503.1	22.1	15.78
	2	578	0.196	0.028	0.100	0.025	0.153	0.043	0.114	2.114	2.000	503.1	22.1	15.78
	3	579	0.614	0.028	0.100	0.025	0.153	0.461	1.234	3.234	2.000	503.1	22.1	15.78
	4	580	0.179	0.028	0.100	0.025	0.153	0.026	0.069	2.069	2.000	503.1	22.1	15.78
	5	581	0.100	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.053	-0.143	1.857	1.857	502.1	21.1	15.09
	6	582	0.089	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.064	-0.172	1.685	1.685	500.9	19.9	14.24
	7	583	0.051	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.102	-0.274	1.411	1.411	499.0	18.0	12.85
	8	584	0.040	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.113	-0.304	1.107	1.107	496.8	15.8	11.30
	9	585	0.030	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.123	-0.330	0.777	0.777	494.3	13.3	9.47
	10	586	0.046	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.107	-0.288	0.489	0.489	491.3	10.3	7.34
	11	587	0.130	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.023	-0.063	0.427	0.427	490.4	9.4	6.74
	12	588	0.175	0.028	0.100	0.025	0.153	0.022	0.058	0.485	0.485	491.2	10.2	7.30
2004	1	589	0.195	0.028	0.100	0.025	0.153	0.042	0.112	2.112	2.000	503.1	22.1	15.78
	2	590	0.146	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.007	-0.020	1.980	1.980	503.0	22.0	15.69
	3	591	0.303	0.028	0.100	0.025	0.153	0.150	0.401	2.381	2.000	503.1	22.1	15.78
	4	592	0.183	0.028	0.100	0.025	0.153	0.030	0.079	2.079	2.000	503.1	22.1	15.78
	5	593	0.564	0.028	0.100	0.025	0.153	0.411	1.100	3.100	2.000	503.1	22.1	15.78
	6	594	0.222	0.028	0.100	0.025	0.153	0.069	0.184	2.184	2.000	503.1	22.1	15.78
	7	595	0.100	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.053	-0.143	1.857	1.857	502.1	21.1	15.09
	8	596	0.120	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.033	-0.089	1.768	1.768	501.5	20.5	14.65
	9	597	0.085	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.068	-0.183	1.585	1.585	500.2	19.2	13.73
	10	598	0.118	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.035	-0.095	1.490	1.490	499.6	18.6	13.25
	11	599	0.194	0.028	0.100	0.025	0.153	0.041	0.109	1.599	1.599	500.3	19.3	13.80
	12	600	0.379	0.028	0.100	0.025	0.153	0.226	0.604	2.203	2.000	503.1	22.1	15.78
2005	1	601	0.284	0.028	0.100	0.025	0.153	0.131	0.350	2.350	2.000	503.1	22.1	15.78
	2	602	0.238	0.028	0.100	0.025	0.153	0.085	0.227	2.227	2.000	503.1	22.1	15.78
	3	603	0.675	0.028	0.100	0.025	0.153	0.522	1.397	3.397	2.000	503.1	22.1	15.78
	4	604	0.562	0.028	0.100	0.025	0.153	0.409	1.095	3.095	2.000	503.1	22.1	15.78
	5	605	0.479	0.028	0.100	0.025	0.153	0.326	0.872	2.872	2.000	503.1	22.1	15.78
	6	606	0.195	0.028	0.100	0.025	0.153	0.042	0.112	2.112	2.000	503.1	22.1	15.78
	7	607	0.689	0.028	0.100	0.025	0.153	0.536	1.435	3.435	2.000	503.1	22.1	15.78
	8	608	0.193	0.028	0.100	0.025	0.153	0.040	0.106	2.106	2.000	503.1	22.1	15.78
	9	609	0.366	0.028	0.100	0.025	0.153	0.213	0.570	2.570	2.000	503.1	22.1	15.78
	10	610	0.125	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.028	-0.076	1.924	1.924	502.6	21.6	15.42
	11	611	0.352	0.028	0.100	0.025	0.153	0.199	0.532	2.456	2.000	503.1	22.1	15.78
	12	612	0.299	0.028	0.100	0.025	0.153	0.146	0.390	2.390	2.000	503.1	22.1	15.78
2006	1	613	0.214	0.028	0.100	0.025	0.153	0.061	0.162	2.162	2.000	503.1	22.1	15.78
	2	614	0.404	0.028	0.100	0.025	0.153	0.251	0.671	2.671	2.000	503.1	22.1	15.78
	3	615	1.239	0.028	0.100	0.025	0.153	1.086	2.908	4.908	2.000	503.1	22.1	15.78
	4	616	0.649	0.028	0.100	0.025	0.153	0.496	1.328	3.328	2.000	503.1	22.1	15.78
	5	617	0.369	0.028	0.100	0.025	0.153	0.216	0.578	2.578	2.000	503.1	22.1	15.78
	6	618	0.457	0.028	0.100	0.025	0.153	0.304	0.813	2.813	2.000	503.1	22.1	15.78
	7	619	0.110	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.043	-0.116	1.884	1.884	502.3	21.3	15.22
	8	620	0.198	0.028	0.100	0.025	0.153	0.045	0.120	2.004	2.000	503.1	22.1	15.78
	9	621	0.102	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.051	-0.138	1.862	1.862	502.2	21.2	15.12
	10	622	0.100	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.053	-0.143	1.720	1.720	501.2	20.2	14.41
	11	623	0.110	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.043	-0.116	1.604	1.604	500.4	19.4	13.83
	12	624	0.174	0.028	0.100	0.025	0.153	0.021	0.055	1.659	1.659	500.7	19.7	14.11
2007	1	625	0.480	0.028	0.100	0.025	0.153	0.327	0.875	2.875	2.000	503.1	22.1	15.78
	2	626	0.267	0.028	0.100	0.025	0.153	0.114	0.304	2.304	2.000	503.1	22.1	15.78
	3	627	0.547	0.028	0.100	0.025	0.153	0.394	1.054	3.054	2.000	503.1	22.1	15.78
	4	628	0.208	0.028	0.100	0.025	0.153	0.055	0.146	2.146	2.000	503.1	22.1	15.78
	5	629	0.169	0.028	0.100	0.025	0.153	0.016	0.042	2.042	2.000	503.1	22.1	15.78
	6	630	0.205	0.028	0.100	0.025	0.153	0.052	0.138	2.138	2.000	503.1	22.1	15.78
	7	631	0.068	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.085	-0.229	1.771	1.771	501.5	20.5	14.67
	8	632	0.068	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.085	-0.229	1.543	1.543	499.9	18.9	13.52
	9	633	0.091	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.062	-0.167	1.376	1.376	498.7	17.7	12.67
	10	634	0.160	0.028	0.100	0.025	0.153	0.007	0.018	1.394	1.394	498.9	17.9	12.76
	11	635	0.532	0.028	0.100	0.025	0.153	0.379	1.014	2.408	2.000	503.1	22.1	15.78
	12	636	0.477	0.028	0.100	0.025	0.153	0.324	0.867	2.867	2.000	503.1	22.1	15.78

2008	1	637	0.390	0.028	0.100	0.025	0.153	0.237	0.634	2.634	2.000	503.1	22.1	15.78
	2	638	0.489	0.028	0.100	0.025	0.153	0.336	0.899	2.899	2.000	503.1	22.1	15.78
	3	639	0.510	0.028	0.100	0.025	0.153	0.357	0.955	2.955	2.000	503.1	22.1	15.78
	4	640	0.277	0.028	0.100	0.025	0.153	0.124	0.331	2.331	2.000	503.1	22.1	15.78
	5	641	0.144	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.009	-0.025	1.975	1.975	502.9	21.9	15.66
	6	642	0.252	0.028	0.100	0.025	0.153	0.099	0.264	2.239	2.000	503.1	22.1	15.78
	7	643	0.101	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.052	-0.140	1.860	1.860	502.1	21.1	15.10
	8	644	0.067	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.086	-0.231	1.629	1.629	500.5	19.5	13.95
	9	645	0.067	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.086	-0.231	1.397	1.397	498.9	17.9	12.78
	10	646	0.082	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.071	-0.191	1.206	1.206	497.5	16.5	11.81
	11	647	0.067	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.086	-0.231	0.975	0.975	495.8	14.8	10.61
	12	648	0.353	0.028	0.100	0.025	0.153	0.200	0.535	1.510	1.510	499.7	18.7	13.35
2009	1	649	0.388	0.028	0.100	0.025	0.153	0.235	0.629	2.629	2.000	503.1	22.1	15.78
	2	650	0.383	0.028	0.100	0.025	0.153	0.230	0.615	2.615	2.000	503.1	22.1	15.78
	3	651	1.083	0.028	0.100	0.025	0.153	0.930	2.490	4.490	2.000	503.1	22.1	15.78
	4	652	0.371	0.028	0.100	0.025	0.153	0.218	0.583	2.583	2.000	503.1	22.1	15.78
	5	653	0.168	0.028	0.100	0.025	0.153	0.015	0.039	2.039	2.000	503.1	22.1	15.78
	6	654	0.260	0.028	0.100	0.025	0.153	0.107	0.286	2.286	2.000	503.1	22.1	15.78
	7	655	0.192	0.028	0.100	0.025	0.153	0.039	0.104	2.104	2.000	503.1	22.1	15.78
	8	656	0.072	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.081	-0.218	1.782	1.782	501.6	20.6	14.72
	9	657	0.056	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.097	-0.261	1.521	1.521	499.8	18.8	13.41
	10	658	0.132	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.021	-0.057	1.464	1.464	499.4	18.4	13.12
	11	659	0.557	0.028	0.100	0.025	0.153	0.404	1.081	2.545	2.000	503.1	22.1	15.78
	12	660	0.520	0.028	0.100	0.025	0.153	0.367	0.982	2.982	2.000	503.1	22.1	15.78
2010	1	661	0.367	0.028	0.100	0.025	0.153	0.214	0.572	2.572	2.000	503.1	22.1	15.78
	2	662	0.413	0.028	0.100	0.025	0.153	0.260	0.695	2.695	2.000	503.1	22.1	15.78
	3	663	0.762	0.028	0.100	0.025	0.153	0.609	1.630	3.630	2.000	503.1	22.1	15.78
	4	664	0.541	0.028	0.100	0.025	0.153	0.388	1.038	3.038	2.000	503.1	22.1	15.78
	5	665	0.522	0.028	0.100	0.025	0.153	0.369	0.987	2.987	2.000	503.1	22.1	15.78
	6	666	0.598	0.028	0.100	0.025	0.153	0.445	1.191	3.191	2.000	503.1	22.1	15.78
	7	667	0.498	0.028	0.100	0.025	0.153	0.345	0.923	2.923	2.000	503.1	22.1	15.78
	8	668	0.109	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.044	-0.119	1.881	1.881	502.3	21.3	15.21
	9	669	0.099	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.054	-0.146	1.736	1.736	501.3	20.3	14.49
	10	670	0.180	0.028	0.100	0.025	0.153	0.027	0.071	1.807	1.807	501.8	20.8	14.85
	11	671	0.122	0.028	0.100	0.025	0.153	-0.031	-0.084	1.723	1.723	501.2	20.2	14.43
	12	672	0.387	0.028	0.100	0.025	0.153	0.234	0.626	2.349	2.000	503.1	22.1	15.78

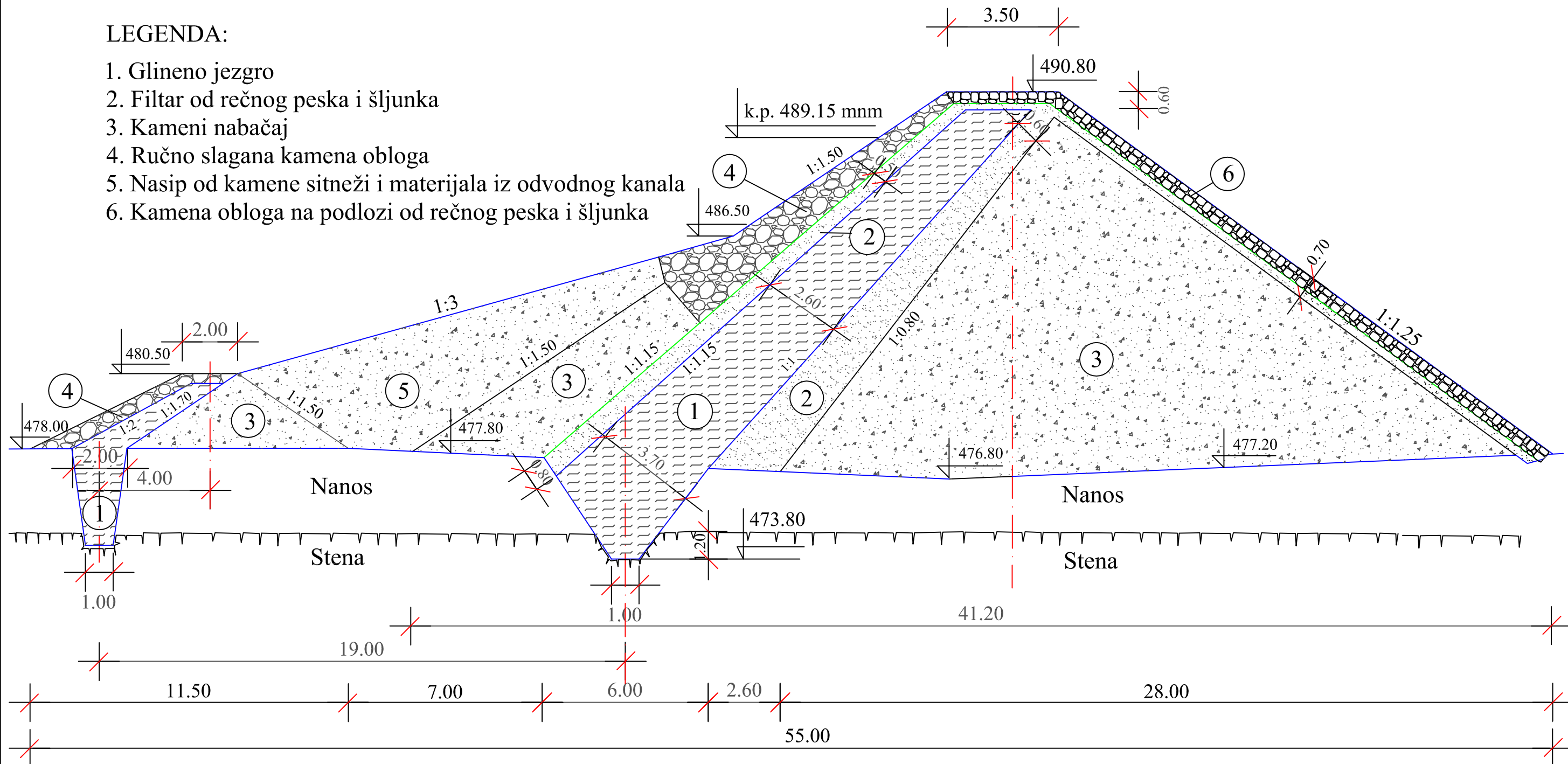
RETENZIJA BANJANI

Poprečni presek

R=1:150

LEGENDA:

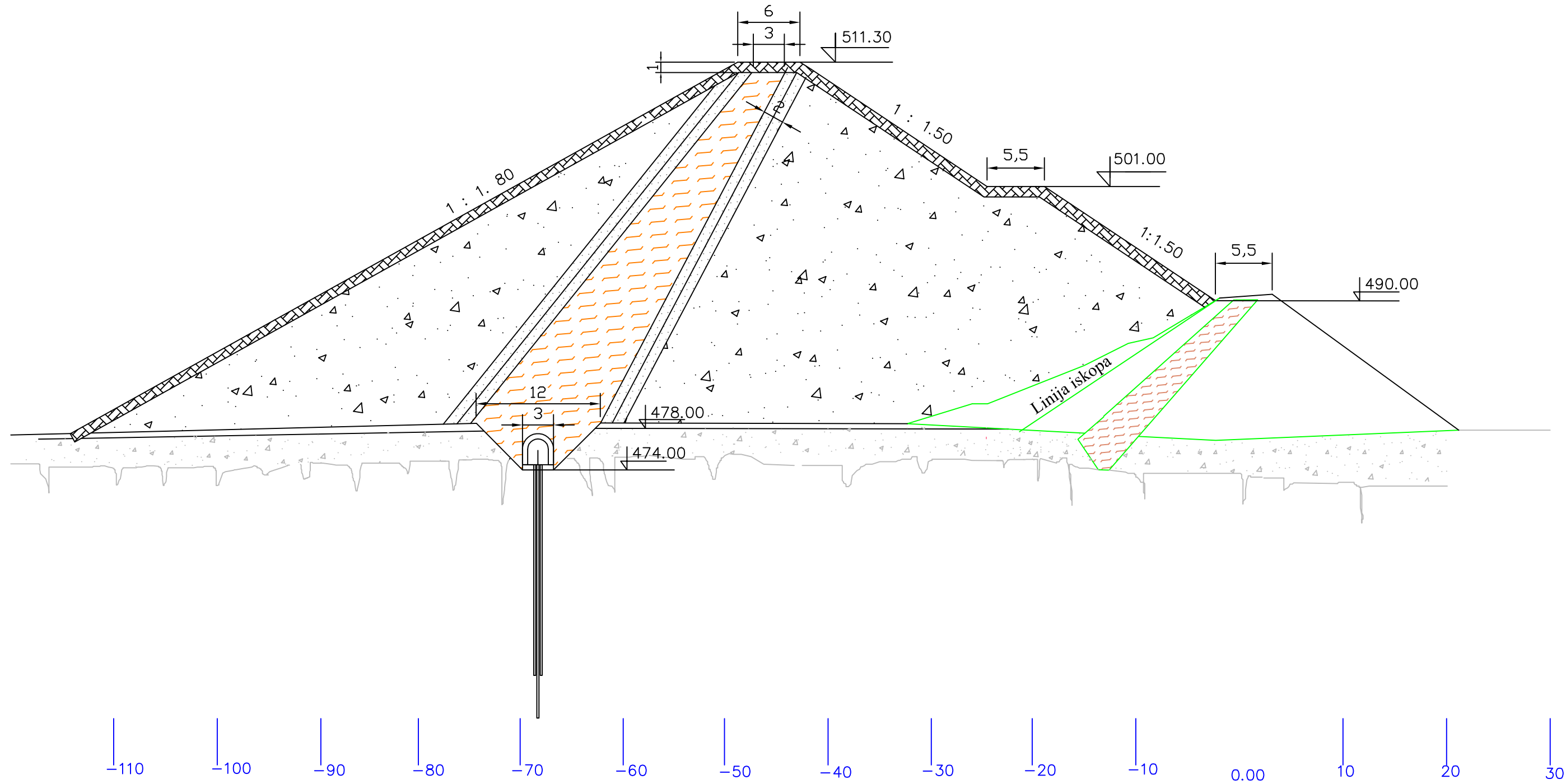
1. Glineno jezgro
2. Filtar od rečnog peska i šljunka
3. Kameni nabačaj
4. Ručno slagana kamena obloga
5. Nasip od kamene sitneži i materijala iz odvodnog kanala
6. Kamena obloga na podlozi od rečnog peska i šljunka

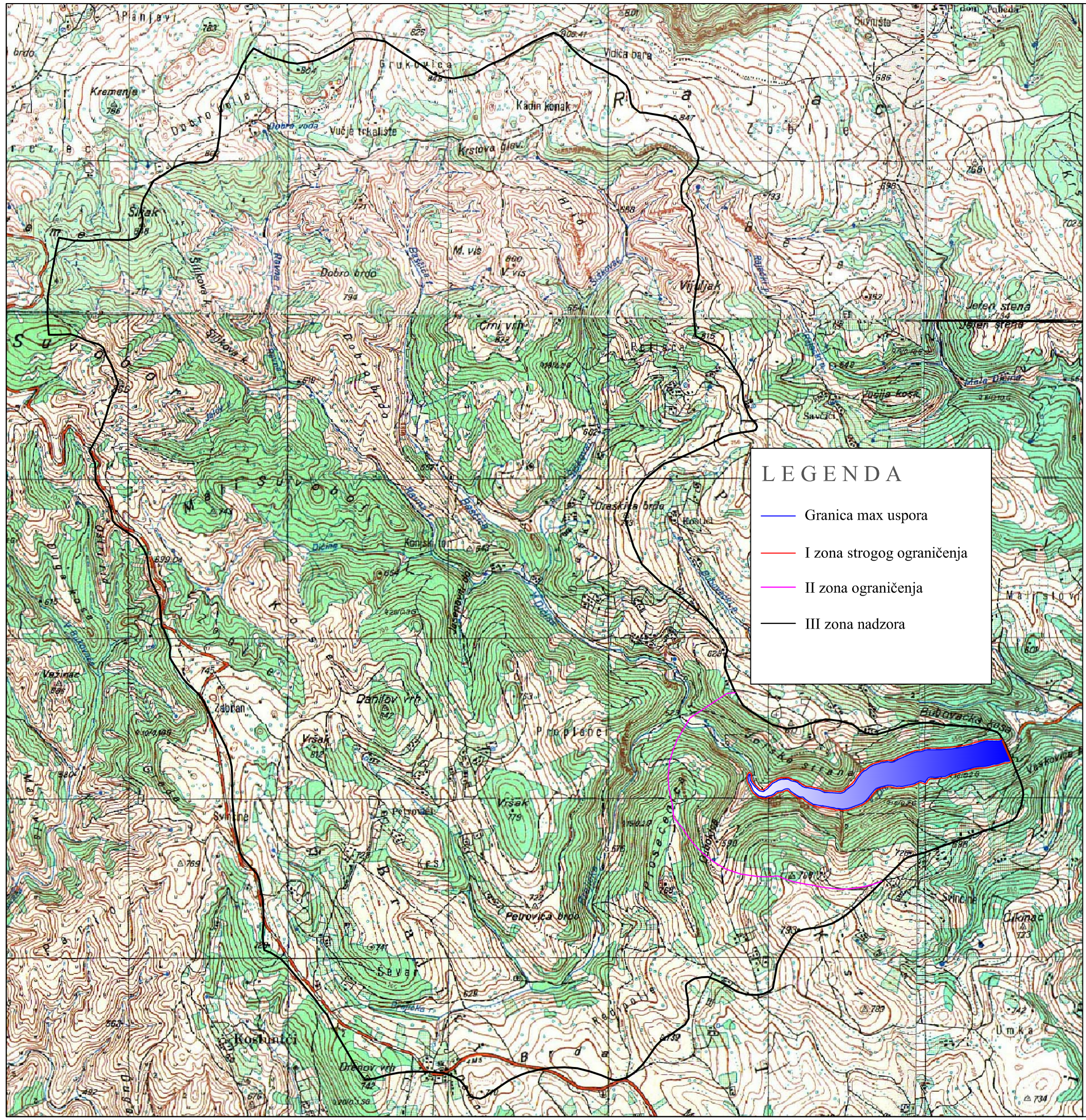


BRANA BANJANI

Poprečni presek

R=1:400





LEGENDA

- Granica max uspora
- I zona strogog ograničenja
- II zona ograničenja
- III zona nadzora

ZONE SANITARNE ZAŠTITE
Akumulacije Banjani
R=1:25.000

Dnevni proticaji Velike Dičine 2007. god.

I/07	Q(l/s)	II/07	Q(l/s)	III/07	Q(l/s)	IV/07	Q(l/s)	V/07	Q(l/s)	VI/07	Q(l/s)
1	242.0	1	182.0	1	453.0	1	428.0	1	105.0	1	138.0
2	842.0	2	168.0	2	391.0	2	366.0	2	98.0	2	116.0
3	998.0	3	162.0	3	809.0	3	351.0	3	178.0	3	112.0
4	665.0	4	155.0	4	930.0	4	324.0	4	102.0	4	250.0
5	452.0	5	150.0	5	961.0	5	295.0	5	123.0	5	987.0
6	426.0	6	135.0	6	891.0	6	251.0	6	103.0	6	482.0
7	480.0	7	152.0	7	438.0	7	255.0	7	96.0	7	345.0
8	598.0	8	193.0	8	411.0	8	241.0	8	95.0	8	295.0
9	699.0	9	180.0	9	352.0	9	240.0	9	98.0	9	245.0
10	710.0	10	190.0	10	309.0	10	226.0	10	154.0	10	213.0
11	714.0	11	194.0	11	291.0	11	202.0	11	108.0	11	189.0
12	830.0	12	201.0	12	274.0	12	219.0	12	96.0	12	189.0
13	992.0	13	195.0	13	232.0	13	201.0	13	98.0	13	226.0
14	859.0	14	840.0	14	229.0	14	196.0	14	92.0	14	285.0
15	602.0	15	859.0	15	225.0	15	180.0	15	96.0	15	215.0
16	456.0	16	452.0	16	201.0	16	179.0	16	89.0	16	251.0
17	378.0	17	340.0	17	195.0	17	178.0	17	133.0	17	212.0
18	300.0	18	321.0	18	192.0	18	174.0	18	105.0	18	178.0
19	429.0	19	295.0	19	190.0	19	172.0	19	385.0	19	154.0
20	452.0	20	250.0	20	180.0	20	163.0	20	221.0	20	132.0
21	358.0	21	245.0	21	603.0	21	160.0	21	186.0	21	101.0
22	287.0	22	242.0	22	555.0	22	153.0	22	699.0	22	98.0
23	268.0	23	205.0	23	482.0	23	141.0	23	487.0	23	98.0
24	299.0	24	202.0	24	652.0	24	139.0	24	255.0	24	98.0
25	241.0	25	192.0	25	924.0	25	135.0	25	198.0	25	95.0
26	241.0	26	180.0	26	1059.0	26	148.0	26	179.0	26	95.0
27	229.0	27	261.0	27	1039.0	27	148.0	27	145.0	27	92.0
28	214.0	28	332.0	28	1020.0	28	125.0	28	140.0	28	88.0
29	215.0			29	1090.0	29	125.0	29	125.0	29	87.0
30	205.0			30	933.0	30	126.0	30	126.0	30	83.0
31	199.0			31	450.0			31	125.0		
Qsr(l/s)	480.0		266.9		547.1		208.0		169.0		205.0
VII/07	Q(l/s)	VIII/07	Q(l/s)	IX/07	Q(l/s)	X/07	Q(l/s)	XI/07	Q(l/s)	XII/07	Q(l/s)
1	77.0	1	83.0	1	63.0	1	56.0	1	896.0	1	451.0
2	76.0	2	70.0	2	49.0	2	58.0	2	983.0	2	496.0
3	74.0	3	58.0	3	60.0	3	56.0	3	875.0	3	658.0
4	72.0	4	129.0	4	58.0	4	71.0	4	375.0	4	1224.0
5	106.0	5	78.0	5	238.0	5	56.0	5	329.0	5	1312.0
6	73.0	6	76.0	6	89.0	6	61.0	6	321.0	6	1125.0
7	72.0	7	72.0	7	78.0	7	71.0	7	335.0	7	1106.0
8	69.0	8	79.0	8	72.0	8	92.0	8	332.0	8	609.0
9	66.0	9	62.0	9	129.0	9	71.0	9	351.0	9	379.0
10	72.0	10	69.0	10	107.0	10	58.0	10	407.0	10	539.0
11	82.0	11	86.0	11	93.0	11	96.0	11	409.0	11	536.0
12	91.0	12	86.0	12	217.0	12	92.0	12	586.0	12	503.0
13	70.0	13	102.0	13	126.0	13	95.0	13	601.0	13	379.0
14	69.0	14	96.0	14	91.0	14	97.0	14	498.0	14	456.0
15	70.0	15	73.0	15	77.0	15	89.0	15	462.0	15	425.0
16	64.0	16	74.0	16	70.0	16	71.0	16	365.0	16	412.0
17	68.0	17	59.0	17	69.0	17	67.0	17	325.0	17	396.0
18	65.0	18	59.0	18	64.0	18	122.0	18	307.0	18	349.0
19	67.0	19	60.0	19	66.0	19	68.0	19	295.0	19	354.0
20	60.0	20	57.0	20	66.0	20	75.0	20	259.0	20	213.0
21	62.0	21	57.0	21	72.0	21	71.0	21	245.0	21	297.0
22	58.0	22	58.0	22	67.0	22	194.0	22	420.0	22	279.0
23	60.0	23	62.0	23	66.0	23	486.0	23	768.0	23	291.0
24	59.0	24	51.0	24	64.0	24	524.0	24	879.0	24	291.0
25	56.0	25	50.0	25	65.0	25	354.0	25	879.0	25	279.0
26	62.0	26	51.0	26	65.0	26	198.0	26	884.0	26	264.0
27	60.0	27	50.0	27	84.0	27	96.0	27	875.0	27	193.0
28	60.0	28	49.0	28	76.0	28	185.0	28	598.0	28	248.0
29	58.0	29	47.0	29	182.0	29	564.0	29	552.0	29	238.0
30	57.0	30	57.0	30	106.0	30	489.0	30	552.0	30	248.0
31	56.0	31	48.0			31	278.0			31	236.0
Qsr(l/s)	68.1		68.0		91.0		160.0		532.1		477.0



Акредитационо тело Србије

Accreditation Board of Serbia

00145

Београд

Belgrade

додељује

awards

СЕРТИФИКАТ О АКРЕДИТАЦИЈИ

Accreditation Certificate

којим се потврђује да организација

confirming that

ЗАВОД ЗА ЈАВНО ЗДРАВЉЕ ЧАЧАК

Центар за хигијену и хуману екологију

Чачак, Веселина Милекића бр. 7

акредитациони број

accreditation number

01-118

задовољава захтеве стандарда

fulfils the requirements

SRPS ISO/IEC 17025:2006

те је компетентна за обављање послова испитивања

and is competent to perform testing

који су специфицирани у обиму акредитације

as specified in the scope of accreditation

Сертификат додељен

Date of issue

08. 09. 2011.

Акредитација важи до

Date of expiry

20.08.2014.



Директор

Director

Сунда Јера

Место испитивања: лабораторија, Веселина Милекића бр. 9				
Физичка и хемијска испитивања: хране, козметике, хемијских производа, амбалаже, воде, ваздуха				
Р. Б.	Предмет испитивања/ материјал / производ	Врста испитивања и/или карактеристика која се мери (техника испитивања)	Опсег мерења (где је примењиво)	Референтни документ
3.	Вода Вода за пиће Површинска вода Отпадна вода	Одређивање температуре термометром са подеоцима 0,1°C	(-50 до +150)°C	SRPS H.Z1.106:1970
		Одређивање мутноће (нефелометријски према стандардном формазинском полимеру)	(0-1000)NTU	Приручник ¹²⁾ P-IV-4/B
		Одређивање концентрације водоникових јона- рН вредност електрохемијски (потенциометријска метода)	(1-14)	Приручник ¹²⁾ P-IV-6/A
			(2-12)	ISO 10523:2008
		Одређивање потрошње $KMnO_4$ кувањем у киселој средини и титрацијом по Kubel-Tiemann	(0-72)mg/l	Приручник ¹²⁾ P-IV-9/A
		Одређивање садржаја гвожђа (колориметријски са тиоцијанатом)	(0,045-1,00)mg/l	Приручник ¹²⁾ P-V-17/C
		Одређивање укупног остатка после испарења (гравиметријска метода)	мин. 1 mg/l	Приручник ¹²⁾ P-IV-7
		Одређивање електролитичке проводљивости (кондуктометријска метода)	(0-1999) μ S/cm	SRPS EN ISO 27888: 2009
		Одређивање садржаја нитрита (метода молекуларне апсорционе спектрометрије)	(0,009-0,658)mg/L NO_2	SRPS ISO 6777:1997
		Одређивање садржаја хлорида (метода по Мору (Mohr))	(5-400)mg/l	SRPS ISO 9297:1997
		Одређивање садржаја сулфата (турбидиметријска метода)	(1,00-40,00)mg/l	EPA 375.4
		Одређивање садржаја калцијума (EDTA комплексометријска метода)	мин. 0,82 mg/l	EPA 215.2
		Одређивање садржаја магнезијума (EDTA комплексометријска метода)	мин.0,93 mg/l	EPA 215.2
		Одређивање садржаја ортофосфата (спектрофотометријска станохлоридна метода)	(0,008-0,16) mg/l P	Приручник ¹³⁾ AWWA 4500-P.D
Одређивање садржаја анјонских детеријената (алкил бензилсулфонат типа) (спектрофотометријска метода са метиленским плавим)	(0,01-0,10)mg ABS	Приручник ¹³⁾ AWWA 5540C		



Место испитивања: лабораторија, Веселина Милекића бр. 9				
Физичка и хемијска испитивања: хране, козметике, хемијских производа, амбалаже, воде, ваздуха				
Р. Б.	Предмет испитивања/ материјал / производ	Врста испитивања и/или карактеристика која се мери (техника испитивања)	Опсег мерења (где је примењиво)	Референтни документ
3.	Вода (наставак) Вода за пиће Површинска вода Отпадна вода (наставак)	Одређивање фенола (спектрофотометријска метода)	(0,001-0,1)mg/l	SRPS ISO 6439:1997
		Одређивање уља и масти (FTIR спектрофотометријска метода)		ВМК 048
		Одређивање садржаја мангана (метода атомске апсорпционе спектрофотометрије-пламена техника)	(0,015-1,00)mg/l	Приручник ¹²⁾ P-V-26/B
		Одређивање садржаја олова (метода атомске апсорпционе спектрофотометрије-пламена техника)	(0,005-1,00)mg/l	EPA 239.1
		Одређивање садржаја бакра (метода атомске апсорпционе спектрофотометрије-пламена техника)	(0,015-1,50)mg/l	Приручник ¹²⁾ P-V-7/D
		Одређивање садржаја цинка (метода атомске апсорпционе спектрофотометрије-пламена техника)	(0,01-1,00)mg/l	Приручник ¹²⁾ P-V-12/C
		Одређивање садржаја хрома (метода атомске апсорпционе спектрофотометрије-пламена техника)	(0,005-3,00)mg/l	Приручник ¹²⁾ P-V-20/C
		Одређивање садржаја никла (метода атомске апсорпционе спектрофотометрије-пламена техника)	(0,005-3,00)mg/l	EPA 249.1
		Одређивање садржаја кадмијума (метода атомске апсорпционе спектрофотометрије-пламена техника)	(0,001-0,50)mg/l	SRPS ISO 5961:1997
		Одређивање садржаја живе (метода за живу у чврстим и течним узорцима термалном декомпозицијом амалгирањем и атомском апсорпционом спектрофотометријом)	(0,005-1000)ng Hg	EPA 7473
		Површинска вода Отпадна вода	Одређивање ацидитета (волуметријска метода)	мин. 0,05 ml 0.1M NaOH/l
Одређивање алкалитета (волуметријска метода)	мин. 0,05 ml 0.1M HCl/l		SRPS EN ISO 9963:2007	
Одређивање таложних материја (методом по Имхофу (Imhoff))	мин. 0,2 ml/l/čas		EPA160.5	

Место испитивања: лабораторија, Веселина Милекића бр. 9				
Физичка и хемијска испитивања: хране, козметике, хемијских производа, амбалаже, воде, ваздуха				
Р. Б.	Предмет испитивања/ материјал / производ	Врста испитивања и/или карактеристика која се мери (техника испитивања)	Опсег мерења (где је примењиво)	Референтни документ
3.	Вода (наставак) Површинска вода Отпадна вода (наставак)	Одређивање садржаја суспендованих материја (гравиметријска метода)	мин. 1mg/l	Приручник ¹²⁾ P-IV-9
		Одређивање садржаја хрома (VI) (спектрофотометријска метода)	(0,025-0,5)mg/l	EPA 7196A
		Одређивање садржаја раствореног кисеоника (јодометријска метода)	(0,2-20)mg/l	SRPS ISO 5813:1994
		Одређивање садржаја раствореног кисеоника (јонселективна метода)	(0,0-19,99)mg/l	SRPS ISO 5814:1994
		Одређивање хемијске потрошње кисеоника (волуметријска метода)	(30-700)mg/l	SRPS ISO 6060:1994
	Вода за пиће Површинска вода	Одређивање садржаја алуминијума (спектрофотометријска метода)	(0,02-0,28)mg/l	Приручник ¹³⁾ AWWA3500-A1,B
			(0,02-0,50)mg/l	ISO 10566:1994
		Одређивање садржаја арсена (метода атомске апсорпционе спектрофотометрије-хидридна техника)	(1,50-10)µg/l	SRPS ISO 11969:2002
		Одређивање садржаја нитрата UV (спектрофотометријска метода)	(0,085-2,8)mg/lN	Приручник ¹²⁾ P-V-31/C
		Одређивање амонијака (спектрофотометријска метода са Неслеровим (Nessler) реагенсом – без дестилације)	(0,028-0,40)mg/lN	Приручник ¹²⁾ P-V-2/B
	Вода за пиће	Одређивање садржаја мангана (спектрофотометријски путем перманганате)	(0,025-0,50)mg/l	Приручник ¹²⁾ P-V-26/A
		Одређивање резидуалног хлора (јодометријска метода)	(0,5-15)mg/l	SRPS EN ISO 7393- 3:2000
		Одређивање садржаја хлорованих лако испарљивих једињења (хлороформ, бромформ, бромдихлорметан, дибромхлорметан) (метода гасне хроматографије GC-ECD)	(1-200)µg/l	BMK 035

Место испитивања: лабораторија, Веселина Милекића бр. 9				
Физичка и хемијска испитивања: хране, козметике, хемијских производа, амбалаже, воде, ваздуха				
Р. Б.	Предмет испитивања/ материјал / производ	Врста испитивања и/или карактеристика која се мери (техника испитивања)	Опсег мерења (где је примењиво)	Референтни документ
3.	Вода (наставак) Вода за пиће (наставак)	Одређивање садржаја органохлорних пестицида (aldrin, dieldrin, lindan, heptahlor, heptachlorepoksid, DDT) (метода GC-ECD)	aldrin: (0,01 µg/l-0,1)µg/l dieldrin: (0,01 µg/l-0,1)µg/l linden: (0,01 µg/l-0,1)µg/l heptachlor: (0,01 µg/l-0,1)µg/l heptachlorepoksid: (0,01 µg/l-0,1)µg/l DDT: (0,01 µg/l-0,1)µg/l	БМК 009
	Вода за пиће Минерална вода	Одређивање садржаја флуорида спектрофотометријски са Zr (IV) јоном оксихлоридом и ализарином С	(0,40-1,50)mg/l	Приручник ¹²⁾ P-V-15/B
		Одређивање садржаја натријума (метода атомске апсорпционе спектрофотометрије-пламена техника)	вода за пиће: (0,01-300)mg/l минерална вода: (0,01-600)mg/l	EPA 273.1
		Одређивање садржаја калијума (метода атомске апсорпционе спектрофотометрије-пламена техника-FAAS)	вода за пиће: (0,03-20) mg/l минерална вода: (0,03-100)mg/l	EPA 258.1
		Одређивање садржаја бикарбоната (волуметријска метода)	(6,1-1525)mg/l	АОАС 920.194
		Одређивање укупних растворних материја (сувог остатка) на 180°C (гравиметријска метода)	(10-20000)mg/l	EPA 160.1
4.	Амбијентални ваздух	Одређивање масене концентрације сумпор диоксида (спектрофотометријски)	(2-182)µg/m ³	БМК 042
		Одређивање масене концентрације азот-диоксида (спектрофотометријски)	(2,2-102)µg/m ³	БМК 021
		Одређивање количине чађи (рефлектометријски)	(10-360)µg/m ³	БМК 049
		Одређивање рН вредности у таложним материјама (потенциометријска метода)	(1-14)	Приручник ¹²⁾ P-IV-6/A
		Одређивање количине растворних материја у таложним материјама (гравиметријска метода)	мин. 2 mg/m ² /дан	БМК 043



Акредитациони број/
Accreditation No **01-118**

Датум издавања/Issue date: 08.09.2011.

Заменује прилог од/Replaces Annex dated: 20.08.2010.

Место испитивања: лабораторија, Веселина Милекића бр. 7				
Микробиолошка испитивања: хране, козметике, амбалаже, воде, узорци са површина				
Р.Б.	Предмет испитивања/ материјал / производ	Врста испитивања и/или карактеристика која се мери (техника испитивања)	Опсег мерења (где је примењиво)	Референтни документ
5.	Вода Вода за пиће Површинске воде Отпадне воде	Откривање и бројање колиформних организама, термотолерантних колиформних организама и вероватне <i>Escherichiae coli</i> Део 2 - MPN метода	/	ISO 9308-2:1990 (E)
	Вода за пиће	Одређивање укупног броја колиформних бактерија - MPN метода (квантитативна метода)	/	Приручник ¹³⁾ метода 1-2.1
		Откривање и бројање <i>E.coli</i> и колиформних бактерија - стандардни тест Део 1: MF метода (квантитативна метода)	/	ISO 9308-1:2000 (E)
		Доказивање колиформних бактерија фекалног порекла (квантитативна метода)	/	Приручник ¹³⁾ метода 2-2.2
		Одређивање укупног броја аеробних мезофилних бактерија (квантитативна метода)	/	Приручник ¹³⁾ метода 2-1.1
		Одређивање укупног броја аеробних психрофилних бактерија (квантитативна метода)	/	Приручник ¹³⁾ метода 2-1.1
		Откривање и бројање стерептокока фекалног порекла Део 2: MF метода (квантитативна метода)	/	ISO 7899-2:2000 (E)
		Доказивање сулфиторедукујућих кластридија (квантитативна метода)	/	Приручник ¹³⁾ метода 2-5.1
		Доказивање <i>Proteus</i> врсте (квалитативна метода)	/	Приручник ¹³⁾ метода 2-4.1
		Доказивање <i>Pseudomonas aeruginosa</i> (квалитативна метода)	/	Приручник ¹³⁾ метода 2-6.1
		Доказивање стрептокока фекалног порекла (квалитативна метода)	/	BMK 020
		Откривање и бројање <i>Pseudomonas aeruginosa</i> – MF метода	/	SRPS EN 12780: 2008



Место испитивања: лабораторија, Веселина Милекића бр. 7				
Микробиолошка испитивања: хране, козметике, амбалаже, воде, узорци са површина				
Р.Б.	Предмет испитивања/ материјал / производ	Врста испитивања и/или карактеристика која се мери (техника испитивања)	Опсег мерења (где је примењиво)	Референтни документ
5.	Вода (наставак) Вода за пиће (наставак)	Одређивање броја културабилних микроорганизама - Бројање колонија засејавањем у подлогу хранљиви агар	/	SRPS EN ISO 6222: 2010
	Површинске воде Отпадне воде	Доказивање стрептокока фекалног порекла (квалитативна метода)	/	ВМК 013
		Одређивање укупног броја аеробних мезофилних и аеробних психрофилних микроорганизама (квантитативна метода)	/	Приручник ⁽⁶⁾ метода 2-1.1P
		Доказивање сулфиторедукујућих клостридија (квантитативна метода)	/	Приручник ⁽³⁾ метода 2-5.1P
		Доказивање <i>Proteus</i> врста (квалитативна метода)	/	Приручник ⁽³⁾ метода 2-4.1P
		Доказивање <i>Pseudomonas aeruginosa</i> (квалитативна метода)	/	Приручник ⁽³⁾ метода 2-6.1P
		Одређивање броја културабилних микроорганизама-Бројање колонија засејавањем у подлогу хранљиви агар	/	SRPS EN ISO 6222: 2010

Место испитивања: лабораторија, Веселина Милекића бр. 7				
Испитивање нивоа буке: у животној средини				
Р.Б.	Предмет испитивања/ материјал / производ	Врста испитивања и/или карактеристика која се мери (техника испитивања)	Опсег мерења (где је примењиво)	Референтни документ
1.	Животна средина	Испитивање буке у комуналној средини	(20-120)dB	SRPS ISO 1996-2:2011 SRPS ISO 1996-1:2010



ATC

Акредитациони број/
Accreditation No 01-118

Датум издавања/Issue date: 08.09.2011.

Заменаје прилог од/Replaces Annex dated: 20.08.2010.

Узорковање			
Р.Б.	Предмет узорковања/ материјал /производ	Врста узорковања	Референтни документ
1.	Брис	Узимање узорака за микробиолошка испитивања	SRPS ISO 18593:2010
2.	Вода за пиће	Узимање узорака за физичко-хемијска испитивања	Правилник ¹⁷⁾ ISO 5667-5:2006 (E)
		Узимање узорака за микробиолошка испитивања	Правилник ¹⁷⁾ ISO 19458:2006 (E)

Легенда:

Референтни документ	Референца / назив методе испитивања
BMK 016	The determination of arsenic in tissues by Vapor Generation Atomic Absorption Spectrofotometry (SOP ACU/0289) ,Veterinary Laboratories Agency -AOAC Official Method 986.15 Determination of Arsenic, Lead, Cadmium, Selenium and Zink in Human and Pet Foods Multielement Method, First Action 1986, Final Action 1988, Codex-Adopted –AOAC Method
BMK 017	Модификована метода: AOAC Official Method 999.11 Determination of Lead, Cadmium, Copper,Iron and Zink in Foods Atomic Absorption Spectrofotometry after Dry Ashing First Action 1999, NMKL-AOAC Method
BMK 008	Appendix to part 136, Methods for organic chemical analysis of municipal and industrial wastewater, Method 608 Organochlorine pesticides and PCBs Chlorinated pesticides analysis by capillary GC Alternative approaches,bullten 841 C ,Supelco Capillary GC analysis off chlorinated pesticides in apple,application note 90, Supelco Solid phase Extraction of Pesticides from fruits and vegetables, for Analysis by GC or HPLC Supelco, bulletin 900B.
BMK 022	Modifikovana AOAC official Method 970.52 Organochlorine and Organophosphours Pesticide residues General multiresidue Method Solid phase Extraction of Pesticides from fruits and vegetables, for Analysis by GC or HPLC Supelco, bulletin 900B.
Правилник ¹⁾	Правилник о методама узимања узорака и методама физичких и хемијских анализа млека и производа од млека, Службени лист СФРЈ бр.32/83
Упутство ²⁾ BMK 001	Упутство произвођача опреме SENTRON
Правилник ³⁾	Правилник о методама физичких и хемијских анализа жита, млинских и пекарских производа, тестенина , брзо смрзнутих теста Службени лист СФРЈ бр.74/88
Упутство ⁴⁾ BMK 002	Упутство произвођача опреме DIGIT5890
Правилник ⁵⁾	Правилник о методама узимања узорака и методама за контролу квалитета меда и других пчелињих производа, Службени лист СФРЈ бр.4/85
Правилник ⁶⁾	Правилник о методама узимања узорака и методама хемијских и физичких анализа сирћета и разблажене сирћетне киселине, Службени лист СФРЈ бр. 26/89
Правилник ⁷⁾	Правилник о методама узимања узорака и методама вршења хемијских и физичких анализа ради контроле квалитета производа од воћа и поврћа, Службени лист СФРЈ бр. 29/83
Правилник ⁸⁾	Правилник о методама обављања хемијских анализа и суперналза производа од меса, масти и уља, Службени лист СФРЈ бр. 25/73
BMK 003 BMK 004 BMK 005 BMK 006	Анализа животних намирница, Ј.Трајковић, М.Мирић, Ј.Барас, С. Шилер, Београд 1983, стр.96



Референтни документ	Референца / назив методе испитивања
Правилник ⁹⁾	Правилник о хемијским методама испитивања какао праха и чоколаде, Службени лист СФРЈ бр. 29/73.
Правилник ¹⁰⁾	Правилник о методама узимања узорака и методама вршења хемијских и физичких анализа какао-зрна, какао-производа, производа сличних чоколади, бомбонских производа, крем-производа, кекса и производа сродних кексу, Службени лист СФРЈ бр. 41/87
Правилник ¹¹⁾	Правилник о методама за одређивање рН вредности и количини токсичних метала и неметала у средствима за одржавање личне хигијене, негу и улепшавање лица и тела, Службени лист СФРЈ бр. 48/83
ВМК 019	Модификована метода: Правилник о методама за одређивање рН вредности и количини токсичних метала и неметала у средствима за одржавање личне хигијене, негу и улепшавање лица и тела, Службени лист СФРЈ бр. 48/83
ВМК 024	Правилник о условима у погледу здравствене исправности предмета опште употребе који се могу стављати у промет Службени лист СФРЈ бр. 26/83 Модификована метода: Одређивање садржаја слободних алкалија SRPS Н.Е 8.020; SRPS ISO 4314-1992
ВМК 018	Модификована метода: Правилник о условима у погледу здравствене исправности предмета опште употребе који се могу стављати у промет Службени лист СФРЈ бр. 26/83 УП.05.11.9 – Упутство за припрему узорака предмета опште употребе за одређивање метала атомском апсорбционом спектрофотометријом
ВМК 023	Правилник о условима у погледу здравствене исправности предмета опште употребе који се могу стављати у промет Службени лист СФРЈ бр. 26/83 Anali dell Instituto Superiore di Sanita-Proceedings of the International Meeting of analytical Methods of Migration Determination; A.Sampaolo; Lj.Gramcioni,1972.
ВМК 025	Правилник о условима у погледу здравствене исправности предмета опште употребе који се могу стављати у промет Службени лист СФРЈ бр. 26/83 Аналитичка испитивања у технолошкој производњи, Београд 1988., стр.213
Приручник ¹²⁾	Стандардне методе за испитивање хигијенске исправности „Вода за пиће“-Савезни завод за здравствену заштиту, НИП Привредни преглед, Београд 1990.
ВМК 009	Environmental Protection AgencyEPA 508.1Determination of chlorinated pesticides, herbicides and organohalides by liquid –solid extraction and electron capture detector
ВМК 021	Модификована метода:Квалитет ваздуха-Одређивање масене концентрације азот-диоксида, модификована Gris-Salzmanова метода SRPS ISO 6768/2000 Спектрофотометријско одређивање азот-диоксида са N-1-naftiletilendianinom, Службени гласник РС бр. 54/92 Nitrit oxide and nitrogendioxide, NIOSH Manual of Analytical Methods, издање 4, Метод 6014, Одељак I
Правилник ¹⁵⁾	Метод за одређивање микробиолошке исправности средстава за одржавање личне хигијене, негу и улепшавање лица и тела, "Сл. Лист СФРЈ" 46/83.
Приручник ¹³⁾	„Вода за пиће“ – Стандардне методе за испитивање хигијенске исправности – Савезни завод за здравствену заштиту, НИП Привредни преглед, Београд 1990. година
ВМК 020	Приручник за испитивање хигијенске исправности: Воде за пиће, НИП „Привредни преглед“ С333 1990 ISO 7899-2:2000 (E)
Приручник ¹⁶⁾	Приручник за физичко – хемијско и бактериолошко испитивање вода – Савезни завод за заштиту здравља, Београд 1961.
ВМК 013	Приручник за испитивање хигијенске исправности: Воде за пиће, НИП „Привредни преглед“ С333 1990 Приручник за физичко – хемијско и бактериолошко испитивање вода – Савезни завод за заштиту здравља, Београд 1961.
ВМК 026	Одређивање садржаја олова у аероседменту Модификована метода: Правилник о граничним вредностима, методама мерења имисије, критеријумима за успостављање мерних места и евиденцији података, Сл.гласник РС бр.54/92 NIOSH 7082, Издање 2 „Олово FAAS FAAS Analytical methods, Varian Australia, Publications No 85-100009-00, Revised March



IZVEŠTAJ O ISPITIVANJU	Broj:
	Datum: 3/1/2007

1	Naručilac ispitivanja	JKP GORNJI MILANOVAC
2	Vrsta uzorka:	Površinska voda
3	Mesto uzorkovanja:	VELIKA DIČINA, VODOZAHVAT
4	Proticaj (l/s)	453

REZULTATI FIZIČKO - HEMIJSKOG ISPITIVANJA

R. B.	PARAMETRI ISPITIVANJA	Jedinica mere	Dobijena vrednost	Dozvoljena vrednost	
				I kat.	II kat.
1	Temperatura vode	°C	6.5		
2	Boja	°CoPt skale	10		
3	Miris	/	bez		
4	Ukus	/	bez		
5	Mutnoća	NTU stepen	2.5		
6	pH vrednost	/	7.94		
7	Amonijak	mg/l	<0,02	0.1	
8	Nitrit (kao NO ₂)	mg/l	<0,005	0.05	
9	Nitrat (kao NO ₃)	mg/l	7.57	10	
10	Utrošak KMnO ₄	mg/l	14.64		
11	Hlorid	mg/l	4.96		
12	Mangan	mg/l	<0,01		
13	Gvožđe	mg/l	0.15	0.3	
14	Elektroprovodljivost (20 ⁰ C)	µS/cm	291.00		
15	Ostatak isparenja	mg/l	204.00		
16	Nanos	mg/l	16.5		

REZULTAT MIKRO - BIOLOŠKOG ISPITIVANJA

R. B.	PARAMETRI ISPITIVANJA	Jedinica mere	Dobijena vrednost	Dozvoljena vrednost	
				I kat.	II kat.
1	Broj aerobnih mezofilnih bakterija	1	<100		
2	Ukupne koliformne bakterije - MPN metoda	1000	<2000		
3	Koliformne bakterije fekalnog porekla - MPN metoda	1000	<2000		
4	Streptokoke fekalnog porekla	1000	0		
5	Proteus vrste	1000	0		
6	Pseudomonas aeruginosa	1000	0		
7	Sulfitoredukujuće klostridije	1000	<1000		

Legenda:

< od - odsustvo mikroorganizama u jedinici mere
0 - odsustvo mikroorganizma u jedinici mere
1 - prisustvo mikroorganizama u jedinici mere

IZVEŠTAJ O ISPITIVANJU	Broj:
	Datum 1/4/2007

1	Naručilac ispitivanja	JKP GORNJI MILANOVAC
2	Vrsta uzorka:	Površinska voda
3	Mesto uzorkovanja:	VELIKA DIČINA, VODOZAHVAT
4	Proticaj (l/s)	665

REZULTATI FIZIČKO - HEMIJSKOG ISPITIVANJA

R. B.	PARAMETRI ISPITIVANJA	Jedinica mere	Dobijena vrednost	Dozvoljena vrednost	
				I kat.	II kat.
1	Temperatura vode	°C	2.4		
2	Boja	°CoPt skale	0		
3	Miris	/	bez		
4	Ukus	/	bez		
5	Mutnoća	NTU stepen	14		
6	pH vrednost	/	7.81		
7	Amonijak	mg/l	<0,02	0.1	
8	Nitrit (kao NO ₂)	mg/l	<0,005	0.05	
9	Nitrat (kao NO ₃)	mg/l	11.03	10	
10	Utrošak KMnO ₄	mg/l	20.49		
11	Hlorid	mg/l	4.96		
12	Mangan	mg/l	<0,01		
13	Gvožđe	mg/l	0.41	0.3	
14	Elektroprovodljivost (20°C)	μS/cm	283.00		
15	Ostatak isparenja	mg/l	198.00		
16	Nanos	mg/l	9.6		

REZULTAT MIKRO - BIOLOŠKOG ISPITIVANJA

R. B.	PARAMETRI ISPITIVANJA	Jedinica mere	Dobijena vrednost	Dozvoljena vrednost	
				I kat.	II kat.
1	Broj aerobnih mezofilnih bakterija	1	1600		
2	Ukupne koliformne bakterije - MPN metoda	1000	<2000		
3	Koliformne bakterije fekalnog porekla - MPN metoda	1000	<2000		
4	Streptokoke fekalnog porekla	1000	1		
5	Proteus vrste	1000	0		
6	Pseudomonas aeruginosa	1000	0		
7	Sulfitededukujuće klostridije	1000	<1000		

Legenda:

< od - odsustvo mikroorganizama u jedinici mere
0 - odsustvo mikroorganizma u jedinici mere
1 - prisustvo mikroorganizama u jedinici mere

IZVEŠTAJ O ISPITIVANJU		Broj:
		Datum 3/8/2007

1	Naručilac ispitivanja		JKP GORNJI MILANOVAC
2	Vrsta uzorka:		Površinska voda
3	Mesto uzorkovanja:		VELIKA DIČINA, VODOZAHVAT
4	Proticaj (l/s)		411

REZULTATI FIZIČKO - HEMIJSKOG ISPITIVANJA

R. B.	PARAMETRI ISPITIVANJA	Jedinica mere	Dobijena vrednost	Dozvoljena vrednost	
				I kat.	II kat.
1	Temperatura vode	°C	7.6		
2	Boja	°CoPt skale	0		
3	Miris	/	bez		
4	Ukus	/	bez		
5	Mutnoća	NTU stepen	1.3		
6	pH vrednost	/	7.66		
7	Amonijak	mg/l	<0,02	0.1	
8	Nitrit (kao NO ₂)	mg/l	<0,005	0.05	
9	Nitrat (kao NO ₃)	mg/l	8.25	10	
10	Utrošak KMnO ₄	mg/l	6.42		
11	Hlorid	mg/l	7.09		
12	Mangan	mg/l	<0,01		
13	Gvožđe	mg/l	0.04	0.3	
14	Elektroprovodljivost (20°C)	µS/cm	341.00		
15	Ostatak isparenja	mg/l	238.00		
16	Nanos	mg/l	6.2		

REZULTAT MIKRO - BIOLOŠKOG ISPITIVANJA

R. B.	PARAMETRI ISPITIVANJA	Jedinica mere	Dobijena vrednost	Dozvoljena vrednost	
				I kat.	II kat.
1	Broj aerobnih mezofilnih bakterija	1	<100		
2	Ukupne koliformne bakterije - MPN metoda	1000	2200		
3	Koliformne bakterije fekalnog porekla - MPN metoda	1000	<2000		
4	Streptokoke fekalnog porekla	1000	0		
5	Proteus vrste	1000	0		
6	Pseudomonas aeruginosa	1000	0		
7	Sulfitoredujuće klostridije	1000	<1000		

Legenda:

< od - odsustvo mikroorganizama u jedinici mere
0 - odsustvo mikroorganizma u jedinici mere
1 - prisustvo mikroorganizama u jedinici mere

IZVEŠTAJ O ISPITIVANJU		Broj:
		Datum 5/10/2007

1	Naručilac ispitivanja	JKP GORNJI MILANOVAC
2	Vrsta uzorka:	Površinska voda
3	Mesto uzorkovanja:	VELIKA DIČINA, VODOZAHVAT
4	Proticaj (l/s)	154

REZULTATI FIZIČKO - HEMIJSKOG ISPITIVANJA

R. B.	PARAMETRI ISPITIVANJA	Jedinica mere	Dobijena vrednost	Dozvoljena vrednost	
				I kat.	II kat.
1	Temperatura vode	°C	12.1		
2	Boja	°CoPt skale	0		
3	Miris	/	bez		
4	Ukus	/	bez		
5	Mutnoća	NTU stepen	0.62		
6	pH vrednost	/	8.26		
7	Amonijak	mg/l	<0,02	0.1	
8	Nitrit (kao NO ₂)	mg/l	0.007	0.05	
9	Nitrat (kao NO ₃)	mg/l	10.99	10	
10	Utrošak KMnO ₄	mg/l	4.42		
11	Hlorid	mg/l	7.09		
12	Mangan	mg/l	<0,01		
13	Gvožđe	mg/l	0.04	0.3	
14	Elektroprovodljivost (20°C)	µS/cm	381.00		
15	Ostatak isparenja	mg/l	268.00		
16	Nanos	mg/l	3.5		

REZULTAT MIKRO - BIOLOŠKOG ISPITIVANJA

R. B.	PARAMETRI ISPITIVANJA	Jedinica mere	Dobijena vrednost	Dozvoljena vrednost	
				I kat.	II kat.
1	Broj aerobnih mezofilnih bakterija	1	200		
2	Ukupne koliformne bakterije - MPN metoda	1000	<2000		
3	Koliformne bakterije fekalnog porekla - MPN metoda	1000	<2000		
4	Streptokoke fekalnog porekla	1000	0		
5	Proteus vrste	1000	0		
6	Pseudomonas aeruginosa	1000	0		
7	Sulfitoredukujuće klostridije	1000	<1000		

Legenda:

< od - odsustvo mikroorganizama u jedinici mere
0 - odsustvo mikroorganizma u jedinici mere
1 - prisustvo mikroorganizama u jedinici mere

Kvalitet vode na vodozahvatu (mart 2007)

PARAMETRI VODE ZA PIĆE	Velika Dicina, vodozahvat, mart 2007					voda za piće
	n	min	max	sred		MDK
Temperatura vode, °C		6.5	7.7	7.1		
Boja, °CoPt skale		0	10	3		
Mutnoca, NTU		0.65	3	2.2		
pH vrednost		7.66	8.08	7.91		6,8-8,5
Amonijak, mg/l		<0,02	<0,02			0.1
Nitrit(kao NO ₂), mg/l		<0,005	0.006			0.03
Nitrat(kao NO ₃), mg/l		7.57	10.86	8.58		10
Utrosak KMnO ₄ , mg/l		5.24	15.08	9.5		8
Hloridi, mg/l		4.96	8.5	6.52		200
Mangan, mg/l		0	0	0		0.05
Gvozdje, mg/l		<0,02	0.187			0.3
Elektroprovodljivost, μS/cm		282	386	319		1000
Ostatak isparenja, mg/l		198	270	240		
Nanos, mg/l		6.2	19.8	11.9		
Broj aerobnih mez. bakt		<100	43000			
Ukupne koliformne bakt.		<2000	15000			
Koliformne bakt. fek.porekla		<2000	<2000			
Streptokoke fek. porekla		0	0	0		
Proteus vrste		0	0	0		
Pseudomonas aeruginosa		0	0	0		
Sulfitored. Klostridije		<1000	<1000			
Proticaj, l/s		225	1090	547		

Kvalitet vode na vodozahvatu (oktobar 2007)

PARAMETRI VODE ZA PIĆE	Velika Dicina, vodozahvat, oktobar 2007					voda za piće
	n	min	max	sred		MDK
Temperatura vode, °C		8.7	11.7	10.15		
Boja, °CoPt skale		0	<5			
Mutnoća, NTU		0.73	2.4	1.21		
pH vrednost		8.05	8.31	8.2		6,8-8,5
Amonijak, mg/l		0.05	0.12	0.07		0.1
Nitrit(kao NO ₂), mg/l		<0,005	0.007			0.03
Nitrat(kao NO ₃), mg/l		5.62	12.27	9.31		10
Utrosak KMnO ₄ , mg/l		4.47	7.13	5.77		8
Hloridi, mg/l		5.63	7.86	6.39		200
Mangan, mg/l		0	0	0		0.05
Gvozdje, mg/l		0.03	0.07	0.04		0.3
Elektroprovodljivost, μS/cm		272	389	351		1000
Ostatak isparenja, mg/l		190	274	245		
Nanos, mg/l		2.9	18.4	11.6		
Broj aerobnih mez. bakt		<100	600			
Ukupne koliformne bakt.		<2000	15000			
Koliformne bakt. fek.porekla		<2000	15000			
Streptokoke fek. porekla		0	1	0		
Proteus vrste		0	0	0		
Pseudomonas aeruginosa		0	1	0		
Sulfitored. Klostridije		<1000	<1000			
Proticaj, l/s		71	354	160		

Kvalitet vode na vodozahvatu (gododišnji pregled 2007)

PARAMETRI VODE ZA PIĆE	Velika Dicina, vodozahvat god. pregled 2007				voda za piće
	n	min	max	sred	MDK
Temperatura vode, °C		2.4	27.4	10.10	
Boja, °CoPt skale		0	25	2.44	
Mutnoća, NTU		0.21	17	2.30	
pH vrednost		7.58	8.45	8.07	6,8-8,5
Amonijak, mg/l		<0,02	0.149		0.1
Nitrit(kao NO ₂), mg/l		<0,005	0.016		0.03
Nitrat(kao NO ₃), mg/l		1.77	14.13	9.51	10
Utrosak KMnO ₄ , mg/l		2.11	35.96	9.22	8
Hloridi, mg/l		4.22	9.93	6.57	200
Mangan, mg/l		0	0	0	0.05
Gvozdje, mg/l		<0,02	0.41	0.08	0.3
Elektroprovodljivost, μS/cm		87	404	337	1000
Ostatak isparenja, mg/l		60	282	238	
Nanos, mg/l		1.7	31.2	9.4	
Broj aerobnih mez. bakt		<100	43000		
Ukupne koliformne bakt.		<2000	240000		
Koliformne bakt. fek.porekla		<2000	38000		
Streptokoke fek. porekla		0	1		
Proteus vrste		0	0	0	
Pseudomonas aeruginosa		0	0	0	
Sulfitored. Klostridije		<1000	<1000		
Proticaj, l/s		57	1125	273	

ИДЕНТИФИКАЦИОНИ БРОЈ УЗОРКА: P/123

Датум почетка испитивања: 14.04.2011

РЕЗУЛТАТИ ФИЗИЧКО-ХЕМИЈСКОГ ИСПИТИВАЊА

Врста узорка:	Површинска вода реке Велике Дичине
Испитивано по:	/

Ред. бр.	ПАРАМЕТРИ ИСПИТИВАЊА	Јединица мере	Добијена вредност	Дозвољена вредност (за класе)					Ознака методе	Прим.
				I	II-a	II-b	III	IV		
1.	pH вредност	/	7,93	6,5 – 8,5			6-9	/	P-IV-6/A	
2.	Суви остатак (max)	mg / l	140	350	1000	1000	1500	/	P-IV-7	
3.	Биохемијска потрошња кисеоника (max)	mg / l	/	2	4	6	7	/	/ *	
4.	Растворени кисеоник (најмање)	mg / l	/	8	6	5	4	0,5	SRPS ISO 5814/1994	
5.	Суспендоване материје (max)	mg / l	/	10	30	40	80	/	P-IV-9	

Ред. бр.	ПАРАМЕТРИ ИСПИТИВАЊА	Јединица мере	Добијена вредност	Дозвољена вредност (за класе)		Ознака методе	Примедба
				I i II	III i IV		
1.	Температура воде	°C	6,7			SRPS H.Z1.106/70	
2.	Боја	/	Жућкаста			P-IV-5/A *	
3.	Мирис	/	Без			P/IV-2 *	
4.	Електропроводљивост	µS / cm	202			ISO 7888/85	
5.	Мутноћа	NTU stepen	5,9			P-IV-4/B	
6.	Сулфат	mg / l	10,5			EPA 375.4	
7.	Алкалитет	mmolH ⁺ /l	/			SRPS EN ISO 9963/2000	
8.	Ацидитет	ml.0,1 M NaOH/l	/			AWWA 2310.B	
9.	Хлорид	mg / l	3,1			SRPS ISO9297/97	
10.	Магнезијум	mg / l	18,97			EPA 215.2	
11.	Калцијум	mg / l	16,83			EPA 215.2	
12.	Тврдоћа – укупна	°dH	6,84			(рачунски)	
13.	Тврдоћа – карбонатна	°dH	/			/ *	
14.	Утрошак KMnO ₄	mg / l	33,9			P-IV-9/A	



ЗАВОД ЗА ЈАВНО ЗДРАВЉЕ ЧАЧАК
ЦЕНТАР ЗА ХИГИЈЕНУ И ХУМАНУ ЕКОЛОГИЈУ
Одељење за санитарну хемију са екотоксикологијом
Чачак – ул.Веселина Миликића 9

Страна:2 од 3


15.	Нитрит	mgN / l	< 0,005	0,05	0,5	SRPS ISO 6777/97
16.	Нитрат	mgN / l	< 1,0	10	15	P-V-31/C
17.	Амонијак	mg / l	0,25	0,1	0,5	P-V-2/B
18.	Фосфат	mg / l	/			AWWA 4500-P.D
19.	Фенол	mg / l	< 0,001	0,001	0,3	SRPS ISO 6439/1997
20.	Детерџент	mg / l	0,05	0,4	10	AWWA5540.C
21.	Гвожђе	mg / l	0,46	0,3	1,0	P-V-17/C
22.	Тотални органски угљеник	mg / l	/			/ *
23.	Хемијска потрошња O ₂	mg / l	/			SRPS ISO 6060/1994
24.	Седиментне материје	ml / l	/			EPA 160.5
25.	Хром (Cr ⁺⁶)	mg / l	0,009	0,1	0,1	EPA 7196 A
26.	Хром (Cr ⁺³)	mg / l	0,001	0,1	0,5	(рачунски)
27.	Бакар	mg / l	0,0015	0,1 (0,01)	0,1	P-V-7/D
28.	Цинк	mg / l	0,002	0,2	1,0	P-V-12/C
29.	Манган	mg / l	0,012			P-V-26/B
30.	Олово	mg / l	< 0,0025	0,05	0,1	EPA 239.1
31.	Кадмијум	mg / l	< 0,001	0,005	0,01	SRPS ISO 5961/97
32.	Никл	mg / l	0,021	0,05	0,1	EPA 249.1
33.	Жива	mg / l	< 0,001	0,001	0,001	EPA 7473
34.	Арсен	mg / l	0,001	0,05	0,05	SRPS ISO11969/02
35.	Алуминијум	mg / l	< 0,02	/	/	3500-AI.B
36.	Натријум	mg/l	0,8	/	/	/ *
37.	Калијум	mg/l	0,6	/	/	/ *
38.	Укупна уља и масти	mg / l	/	/	/	BMK 048
39.	Цијаниди	mg / l	/	0,1	0,1	/ *

Додатни подаци

* Методе нису под акредитацијом


Датум завршетка испитивања:21.04.2011.

ИСПИТИВАЊА ИЗВРШИО





ШЕФ ОДЕЉЕЊА ЗА САНИТАРНУ ХЕМИЈУ СА ЕКОТОКСИКОЛОГИЈОМ



ОБ.115 Ц

Наталија Пурић, спец.сан.хемије



ЗАВОД ЗА ЈАВНО ЗДРАВЉЕ ЧАЧАК
 Центар за хигијену и хуману екологију
 Одељење за хигијену и хуману екологију
 Чачак, ул. Краља Петра I бр. 8
 Тел. (032) 310 345; факс: (032) 225 019

Страна: 1 од 4

ИЗВЕШТАЈ О ИСПИТИВАЊУ

Број: Р/123
 Датум: 29.4.2011

1	Власник материјала:	ЈКП ГОРЊИ МИЛАНОВАЦ ВОЈВОДЕ МИШИЋА БР. 23 Г. МИЛАНОВАЦ
2	Наручилац испитивања:	Власник материјала
3	Врста узорка:	Р/123-Површинска вода реке Велика Дичина
4	Порекло узорка:	Површинска вода реке Дичине
5	Идентификациони број узорка:	Р/123
6	Место узорковања:	ВОДОЗАХВАТ НА ПОСТРОЈЕЊУ БАЊАНИ
7	Датум и време узорковања:	14.4.2011 12:20
8	Начин узорковања:	
9	Узорковао:	Техничар одељења за хигијену и хуману екологију
10	Врста испитивања:	1 Физичко хемијско 4 Микробиолошко
11	Стање узорка на пријему:	ОДГОВАРА
12	Датум пријема узорка:	14.4.2011 14:00

Напомена:

НАЧЕЛНИК ЦЕНТРА ЗА ХИГИЈЕНУ
И ХУМАНУ ЕКОЛОГИЈУ



Весна Шуманов
Др Весна Шуманов

Доставити:

- 1. Власнику
- 2. Архиви

ИЗЈАВА: 1. Резултати испитивања се односе само на испитивани узорак.
 2. Извештај се не сме умножавати, изузев у целини, без сагласности Завода за јавно здравље Чачак.

ОБ: 01/11



ЗАВОД ЗА ЈАВНО ЗДРАВЉЕ ЧАЧАК
Центар за хигијену и хуману екологију
Одељење за санитарну микробиологију
Чачак - ул. Веселина Миликића 7
e-mail: zdravlje@zdravljecacak.org

Страна: 2

ИДЕНТИФИКАЦИОНИ БРОЈ УЗОРКА: Р / 123

Датум почетка испитивања: 19.04.2011.

РЕЗУЛТАТ БИОЛОШКОГ ИСПИТИВАЊА

Резултат квалитативног микроскопског испитивања:

1. Присуство алги **: Нађене алге из раздела Bacillariophyta (силикатне) родова Cymbella
Diatoma i Navicula i Chrysophyta (жутозелене) рода Ochromonas. u conc. 400 / 100 ml.

Резултат миколошког испитивања:

1. Присуство гљива **: Нису изоловане гљиве.

Коментар:

1. Сапробност** (Panttle - Buck): 1.35

2. Бонитет** (Panttle - Buck): 1 класа

Додатни подаци:

** Испитивање извршио Завод за јавно здравље Ужице

Датум завршетка испитивања: 26.04.2011.



МП

ИСПИТИВАЊА ИЗВРШИО

Завод за јавно здравље Ужице

ШЕФ ОДЕЉЕЊА ЗА
САНИТАРНУ МИКРОБИОЛОГИЈУ

Др Светлана Бошковић
спец. микробиологије
Ужице

		<p style="text-align: center;">ЗАВОД ЗА ЈАВНО ЗДРАВЉЕ ЧАЧАК Центар за хигијену и хуману екологију Одељење за санитарну микробиологију ул. Веселина Миликића 7</p>	<p style="text-align: right;">Страна 3. од: 3</p>
---	---	--	---

ИДЕНТИФИКАЦИОНИ БРОЈ УЗОРКА P/123

Датум почетка испитивања: 14.4.2011

РЕЗУЛТАТ МИКРОБИОЛОШКОГ ИСПИТИВАЊА

Р.б	Параметар испитивања	Јединица мере g(ml)	Дозвољена вредност	Добијена вредност	Ознака методе
1	Број аеробних мезофилних бактерија	1		300	2-1.1P
2	Укупне колиформне бактерије - MPN метода	1000		<2000	ISO 9308-2:1990(E)
3	Колиформне бактерије фекалног порекла - MPN метода	1000		<2000	ISO 9308-2:1990(E)
4	Стрептококе фекалног порекла	1000		0	VMK 013
5	Proteus врсте	1000		0	2-4.1P(PP 1990)
6	Pseudomonas aeruginosa	1000		0	2-6.1P(PP 1990)
7	Сулфиторедукујуће клостридије	1000		<1000	2-5.1P(PP 1990)

Легенда:
 < од - одсуство микроорганизама у јединици мере
 0 - одсуство микроорганизама у јединици мере
 1 - присуство микроорганизама у јединици мере

Коментар:	
Додатни подаци:	

Датум завршетка испитивања: 19.4.2011

ИСПИТИВАЊА ИЗВРШИО

МП

ШЕФ ОДЕЉЕЊА
 ЗА САНИТАРНУ МИКРОБИОЛОГИЈУ



ЗАВОД ЗА ЈАВНО ЗДРАВЉЕ ЧАЧАК
Центар за хигијену и хуману екологију
Одељење за санитарну микробиологију
Чачак - ул. Веселина Миликића 7
e-mail: zdravlje@zdravljecacak.org

Страна: 2 од 2

ИДЕНТИФИКАЦИОНИ БРОЈ УЗОРКА: В / 1021
Датум почетка испитивања: 29.04.2010.

РЕЗУЛТАТ БИОЛОШКОГ ИСПИТИВАЊА

Резултат квалитативног микроскопског испитивања:

1. **Присуство алги ****: Нађене алге из раздела Bacillariophyta (силикатне) рода Gornonema и Tabellaria у conc. 200 / 100ml

Резултат миколошког испитивања:

1. **Присуство гљива****: Нису изоловане гљиве.

Коментар:

1. Сапробност** (Panttle - Buck): 1,25

2. Бонитет** (Panttle - Buck): I класа

Додатни подаци: ** Испитивање извршио Завод за јавно здравље Ужице

Датум завршетка испитивања: 05.05.2010.

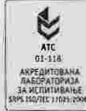
МП

ИСПИТИВАЊА ИЗВРШИО
Завод за јавно здравље Ужице



ШЕФ ОДЕЉЕЊА ЗА
САНИТАРНУ МИКРОБИОЛОГИЈУ

Др Светлана Ракетић,
спец. микробиологије



ЗАВОД ЗА ЈАВНО ЗДРАВЉЕ ЧАЧАК
Центар за хигијену и хуману екологију
Одељење за санитарну микробиологију
ул. Веселина Миликића 7

Страна 3. од: 3

ИДЕНТИФИКАЦИОНИ БРОЈ УЗОРКА В/871

Датум почетка испитивања: 26.03.2009

РЕЗУЛТАТ МИКРОБИОЛОШКОГ ИСПИТИВАЊА

Р.Б	Параметар испитивања	Јединица мере g(ml)	Дозвољена вредност	Добијена вредност	Ознака методе
1	Број аеробних мезофилних бактерија	1		<100	2-1.1R
2	Укупне колиформне бактерије - MPN метода	1000		<2000	ISO 9308-2:1990(E)
3	Колиформне бактерије фекалног порекла - MPN метода	1000		<2000	ISO 9308-2:1990(E)
4	Стрептококе фекалног порекла	1000		0	VMK 013
5	Proteus врсте	1000		0	2-4.1R(PP.1990)
6	Pseudomonas aeruginosa	1000		0	2-6.1R(PP.1990)
7	Сулфиторедукујуће кластридије	1000		<1000	2-5.1R(PP.1990)

Легенда: < од - одсуство микроорганизама у јединици мере
0 - одсуство микроорганизама у јединици мере
1 - присуство микроорганизама у јединици мере

Коментар:

Додатни подаци:

Датум завршетка испитивања: 01.04.2009

ИСПИТИВАЊА ИЗВРШИО

Dr. Slobodan Radošević
специјалиста микробиологије
од паразитологије

МП

ШЕФ ОДЕЉЕЊА
ЗА САНИТАРНУ МИКРОБИОЛОГИЈУ

Dr. Slobodan Radošević
специјалиста микробиологије
од паразитологије

ОВ.017 Ц

BIOGRAFIJA

Mr Milanko Ljujić, dipl.građ.inž. rođen je 3.10.1952. godine u Prijepolju, gde je završio osnovnu školu i gimnaziju. Diplomirao je na Građevinskom fakultetu u Beogradu na Odseku za hidrotehniku u aprilu 1978. godine.

Magistarsku tezu pod nazivom: „Zasipanje nanosom retenzije Velika Dičina u funkciji načina korišćenja sliva“, odbranio je na Šumarskom fakultetu u Beogradu, u maju 2003. godine kod Prof. dr Slobodana Petkovića. Program merenja i istražnih radova u slivu Velike Dičine urađen je u saradnji Katedre za hidrotehniku Građevinskog fakulteta i Katedre za bujične tokove i eroziju Šumarskog fakulteta.

Stručni ispit propisan za diplomiranog građevinskog inženjera položio je u Novom Sadu 1981. godine (broj 152-1376/80). Licencu za odgovornog projektanta hidrotehničkih objekata i instalacija vodovoda i kanalizacije stekao je 1.04.2004. god. – broj licence 314 8483 04. Licencu za odgovornog izvođača radova hidrotehničkih objekata stekao je 13.04.2006. god. – broj licence 414 A063 06.

Zaposlen je u JKP „Gornji Milanovac“ od 1981. godine. Prethodno je radio u preduzeću „Dunav-Tisa-Dunav“ iz Novog Sada, od 1978 do 1981. godine. U tom periodu proveo je 18. meseci na radu u Iraku.

Iskustvo u projektovanju i izvođenju objekata:

Hidro-melioracioni sistem od 25.000 ha „Duđajila“ u Iraku, Hidro-melioracioni sistem „Ćemovsko polje“ Podgorica, Nasuta brana „Veliko Središte“ kod Vršca, Nasuta brana „Velika Dičina“ G. Banjani, Brana jalovišta „Rudnik“ Rudnik, Regionalni vodovodni sistem „Rzav“, Regionalni vodovodni sistem „Ražanj“, Vodovod i kanalizacija DUP „1. maj“ i Lješkopoljska ulica u Podgorici, Distributivni vodovodni sistem „G. Milanovac“, Vodovodni sistemi Ljubovija, Rajac, Brusnica, Grabovica, Koštunići, Postrojenje za prečišćavanje pijaće vode G. Banjani, Postrojenje za prečišćavanje otpadne vode G. Milanovac, Postrojenje za prečišćavanje otpadne vode Rudnik, Hlorisanje vode u Banjanima, Brđanima, Rajcu, Topoli, Ljuboviji, Daljinski nadzor i upravljanje vodovodnim sistemima „G. Milanovac“ i „Rudnik“, Crpne stanice Brđani, Klatičevo, Rajac, Ljubovija, Ljevaja, Ljutovnica, Kanalizacioni sistemi G. Milanovac, Lunjevica,

Rudnik, Biljača u Bujanovcu, Rezervoari od 10-7.000 m³ G. Milanovac, Ražanj, Ćuprija, Rajac, Ljutovnica, Deponija Vujan, kaptaže, cevovodi, kanalizacije...

Iskustvo u organizaciji naučno-istraživačkog rada:

Bavi se prevashodno korišćenjem i zaštitom voda, istraživanjima iz oblasti hidrologije, psamologije i erozije. Najznačajnija su višegodišnja istraživanja i merenja u slivu reke Velika Dičina i profilu istoimene brane, koja su rezultirala odbranom magistarske teze. Objavio je više radova u časopisima i na međunarodnim i domaćim naučnim skupovima, od kojih izdvajamo sledeće:

Ristić R., Ljujić M., Despotović J., (2013) „Reservoir sedimentation and hydrological effects of land use changes-case study of the experimental Dičina river watershed“, Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences,

Ljujić M., Kostić D., Despotović J., (2012) Modeliranje kvaliteta vode na primeru akumulacije Banjani na reci Dičini, Dvanaesta međunarodna konferencija vodovodni i kanalizacioni sistemi, Jahorina,

Ristić R., Ljujić M., Bukvić Z., Đeković V., (2004) Sedimentation at small reservoirs in Serbia, XXII CONFERENCE OF DANUBIAN COUNTRIES, Brno, Češka,

Palmar B., Ljujić M., (2000) Hydrological analysis of the extreme events in the central part of Sumadija, The EXTREMS of the EXTREMS, Reykjavik, Island,

Ljujić M., (2011) Bilans voda u slivu Velike Dičine, IKS, Čačak,

Ljujić M., Petković S., (2010) Geneza nanosa i zasipanje male akumulacije (retenzije) na jednom bujičnom vodotoku, Voda i sanitarna tehnika, Beograd,

Ljujić M., (2010) Centralno postrojenje za prečišćavanje otpadnih voda grada Gornjeg Milanovca, IKS, Gornji Milanovac,

Ljujić M., Milovanović Ž., (1996) Održavanje i osmatranje brane „Banjani“, Gornji Milanovac,

Ljujić M., Ćosić S., (1993) Postrojenje za prečišćavanje otpadnih voda Gornjeg Milanovca, Jugoslovensko savetovanje vodovod i kanalizacija, Kotor, Crna Gora.

Znanje jezika: Govori engleski jezik, služi se ruskim.

Prilog 1.

Izjava o autorstvu

Potpisani Milanko Ljujić _____

broj indeksa _____

Izjavljujem

da je doktorska disertacija pod naslovom

INTEGRALNI KONCEPT ZAŠTITE SLIVA I HIDROGRAFSKE MREŽE U CILJU PRETVARANJA RETENZIJA U AKUMULACIJE ZA VODOSNABDEVANJE

- rezultat sopstvenog istraživačkog rada,
- da predložena disertacija u celini ni u delovima nije bila predložena za dobijanje bilo koje diplome prema studijskim programima drugih visokoškolskih ustanova,
- da su rezultati korektno navedeni i
- da nisam kršio autorska prava i koristio intelektualnu svojinu drugih lica.

Potpis doktoranda

U Beogradu, 01.03.2013.

Prilog 2.

Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije doktorskog rada

Ime i prezime autora Milanko Ljujić

Broj indeksa _____

Studijski program _____

Naslov rada INTEGRALNI KONCEPT ZAŠTITE SLIVA I HIDROGRAFSKE MREŽE
U CILJU PRETVARANJA RETENZIJA U AKUMULACIJE ZA VODOSNABDEVANJE

Mentor Prof. dr. Jovan Despotović, dipl.građ.inž.

Potpisani Milanko Ljujić

Izjavljujem da je štampana verzija mog doktorskog rada istovetna elektronskoj verziji koju sam predao za objavljivanje na portalu **Digitalnog repozitorijuma Univerziteta u Beogradu**.

Dozvoljavam da se objave moji lični podaci vezani za dobijanje akademskog zvanja doktora nauka, kao što su ime i prezime, godina i mesto rođenja i datum odbrane rada.

Ovi lični podaci mogu se objaviti na mrežnim stranicama digitalne biblioteke, u elektronskom katalogu i u publikacijama Univerziteta u Beogradu.

Potpis doktoranda

U Beogradu, 01.03.2013.

Prilog 3.

Izjava o korišćenju

Ovlašćujem Univerzitetsku biblioteku „Svetozar Marković“ da u Digitalni repozitorijum Univerziteta u Beogradu unese moju doktorsku disertaciju pod naslovom:

INTEGRALNI KONCEPT ZAŠTITE SLIVA I HIDROGRAFSKE MREŽE U CILJU
PRETVARANJA RETENZIJA U AKUMULACIJE ZA VODOSNABDEVANJE

koja je moje autorsko delo.

Disertaciju sa svim prilogima predao sam u elektronskom formatu pogodnom za trajno arhiviranje.

Moju doktorsku disertaciju pohranjenu u Digitalni repozitorijum Univerziteta u Beogradu mogu da koriste svi koji poštuju odredbe sadržane u odabranom tipu licence Kreativne zajednice (Creative Commons) za koju sam se odlučio.

1. Autorstvo

(2). Autorstvo - nekomercijalno

3. Autorstvo – nekomercijalno – bez prerade

4. Autorstvo – nekomercijalno – deliti pod istim uslovima

5. Autorstvo – bez prerade

6. Autorstvo – deliti pod istim uslovima

(Molimo da zaokružite samo jednu od šest ponuđenih licenci, kratak opis licenci dat je na poleđini lista).

Potpis doktoranda

U Beogradu, 01.03.2013.

1. **Autorstvo** - Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence, čak i u komercijalne svrhe. Ovo je najslobodnija od svih licenci.
2. **Autorstvo – nekomercijalno**. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela.
3. **Autorstvo - nekomercijalno – bez prerade**. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, bez promena, preoblikovanja ili upotrebe dela u svom delu, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela. U odnosu na sve ostale licence, ovom licencom se ograničava najveći obim prava korišćenja dela.
4. **Autorstvo - nekomercijalno – deliti pod istim uslovima**. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence i ako se prerada distribuira pod istom ili sličnom licencom. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela i prerada.
5. **Autorstvo – bez prerade**. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, bez promena, preoblikovanja ili upotrebe dela u svom delu, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu dela.
6. **Autorstvo - deliti pod istim uslovima**. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence i ako se prerada distribuira pod istom ili sličnom licencom. Ova licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu dela i prerada. Slična je softverskim licencama, odnosno licencama otvorenog koda.