

MONITORING HEMIJSKOG KVALITETA POVRŠINSKIH VODA I SEDIMENTA U ZAŠTIĆENIM ZONAMA I CRNIM EKOLOŠKIM TAČKAMA U VOJVODINI ZA 2008. GODINU

U cilju određivanja kvaliteta površinskih voda i sedimenta tokom 2008. godine, izvršeno je uzorkovanje i analiza površinske vode i sedimenta u zaštićenim zonama i crnim ekološkim tačkama u Vojvodini. Uzorkovanje i analizu je izvršio Prirodno matematički fakultet Novi Sad, Departman za hemiju, Katedra za hemijsku tehnologiju i zaštitu životne sredine.

1. Uvod

Površinske vode Vojvodine se u potpunosti nalaze u slivu Dunava i koriste se za navodnjavanje, snabdevanje industrije, turističke i sportsko-rekreativne aktivnosti i transport. U Vojvodini postoji problem iscrpljivanja izdani podzemnih voda i sa tim u vezi je neophodno poboljšati stanje kvaliteta površinskih voda kako bi se omogućila njihova što veća i bezbednija eksploatacija. Prema Okvirnoj direktivi EU o vodama (Direktiva 2000/60/EC) postizanje "dobrog statusa voda" jednog sliva ostvaruje se realizacijom plana upravljanja slivom u kome pored niza mera koje treba preduzeti značajno mesto pripada monitoringu ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda i kvantitativnog i hemijskog statusa podzemnih voda. Potrebno pratiti kvalitet voda i sedimenta u dužem vremenskom periodu kako bi se dobili uporedivi podaci koji će poslužiti za tačno razumevanje stanja u vodama analiziranih vodotokova. Sediment je stanište brojnih organizama, važan izvor nutrijenata za organizme i više vrste u lancu ishrane, a dinamika sedimenta (erozija, sedimentacija i dr.) stvara povoljne uslove za raznolikost sredine (biodiverzitet). Budući da pokazuje snažno izraženu tendenciju vezivanja, smatra se da je rezervoar toksičnih i perzistentnih jedinjenja dominantno antropogenog porekla. Zagađeni sedimenti imaju direktan negativan uticaj na faunu dna i predstavljaju dugotrajne izvore toksičnih polutanata utičući nepovoljno na živi svet i ljude kroz lanac ishrane, putem vode ili direktnog kontakta. Prilikom revitalizacije kanala, kada se određene količine sedimenta uklanjaju, neophodno je izvršiti odlaganje zagađenog sedimenta remedijaciju bez negativnih posledica po životnu sredinu. Podaci o hemijskim karakteristikama sedimenta su osnova za izbor remedijacione tehnike i kasniji monitoring kvaliteta sedimenta u toku same remedijacije do konačne dispozicije koja neće imati štetnih posledica po okolinu.

Cilj referentnog monitoringa hemijskog kvaliteta površinskih voda i sedimenta na teritoriji AP Vojvodine je:

- utvrđivanje statusa i trenda kvaliteta površinskih voda,
- identifikacija zagađenja i ugroženih zona i
- obezbeđenje ulaznih podataka za uspostavljanje monitoringa u budućim planovima integralnog upravljanja rečnim slivom Dunava u skladu sa ekosistemskim pristupom i održivim razvojem regiona.

Podaci dobijeni monitoringom daju uvid u stanje kvaliteta u pogledu definisanja tipa uticaja na vodotoke (organsko, neorgansko zagađenje, eutrofizacija i dr.) što bi doprinelo boljoj identifikaciji zagađenja, pravljenju podloge za procenu rizika i u krajnjem ishodu uspostavljanju standarda hemijskog kvaliteta u skladu sa principima održivog razvoja regiona nakon nekoliko ciklusa monitoring programa.

Uzorkovanje sedimenta je vršeno na sledećim lokacijama:

- **Begej:** ustave Itebej, Klek, Aleksandrovački kanal i Stajićevo
- **Nadela:** ustava Ivanovo
- **DTD Kanal S.Selo-N.Sad:** ustava
- **DTD kanal Vrbas-Bezdan:** iza Srbobrana, Vrbas- most u Vrbasu i Triangl
- **Kudoš:** iza Rume
- **Tisa:** brana kod Bečeja
- **Belocrkvanska jezera:** Glavno jezero, Vračevgajsko jezero, Vračevgajsko jezero – kamp, Šaransko jezero i Labudovo jezero
- **ZAŠTIĆENE ZONE:**
 - **Obedska bara:** VOK i Krstonošića okno
 - **Jezero Ludoš:** Ludoš I i Ludoš II
 - **Carska bara:** Ulaz kanala u baru, Pristanište i Vidikovac
 - **Koviljsko-petrovaradinski rit:** Arkanj i Šlajz

Izvršena je hemijska karakterizacija sedimenta na niz organskih i neorganskih parametara, kao i analiza površinske vode kako bi se video trenutni uticaj sedimenta na kvalitet površinske vode. *Za interpretaciju rezultata su korišćeni holandski sistem klasifikacije sedimenata i kanadske preporuke, jer naša zemlja nema odgovarajuće propise za procenu kvaliteta sedimenta.*

Holandski sistem klasifikacije sedimenata (*Vierde Nota Waterhuishouding, Ministerie V&W, December 1998*) podrazumeva četiri klase na osnovu rizika po okolinu (tabela 1.1) i obuhvata teške metale i organske mikropolutante.

Tabela 1.1. Holandski sistem klasifikacije za sedimente

Klasa	Napomena
0	Priradni fon. Sedimenti mogu biti korišteni bez posebnih mera zaštite.
1 i 2	Neznatno zagađeni sedimenti. Dozvoljena raspodela bez mera zaštite u pojasu širine 20 m.
3	Zagađeni sedimenti. Nije dozvoljena distribucija. Čišćenje ili čuvanje u depou je neophodno radi zaštite okoline od zagađenja.
4	Izuzetno zagađeni sedimenti. Obavezna remedijacija. Čišćenje i čuvanje u deponiji je neophodno radi zaštite okoline od zagađenja.

Pojedini parametri hemijskog kvaliteta sedimenta poređeni su i sa kanadskim preporukama (Anon., 2002). Niža vrednost predstavlja ISQGs (interim sediment quality guideline), tzv. privremene preporuke koje su dobijene teorijskim putem i iznad kojih je moguć uticaj na akvatične organizme. Druga, viša vrednost je koncentracija (PEL-probable effect level) iznad koje je empirijski verovatan uticaj na akvatične organizme. Kanadske preporuke za kvalitet sedimenta su izvedene iz dostupnih toksikoloških informacija o biološkim efektima jedinjenja ili elemenata koja su u sedimentu ili imaju veze sa njim. Rezultujuće preporuke se dalje mogu koristiti za procenu, zaštitu i povećanje kvaliteta sedimenta.

Što se tiče nacionalne legislative, moguće je jedino vršiti procenu kvaliteta poređenjem za propisani kvalitet zemljišta sa maksimalno dozvoljenim koncentracijama (MDK) štetnih materija u zemljištu (Sl. glasnik RS, br. 23/94), pa je izvršeno poređenje tih rezultata u odnosu na te vrednosti.

Za procenu kvaliteta vode korišćen je Pravilnik o opasnim materijama u vodama (Sl. glasnik RS, br. 31/82), kao i Uredba o klasifikaciji voda (Sl. glasnik SRS, br. 5/68).

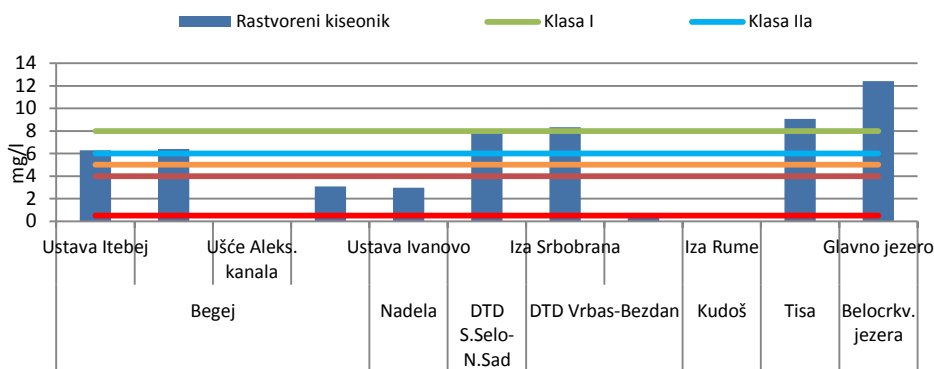
2.1. REZULTATI MONITORINGA POVRŠINSKIH VODA I SEDIMENTA CRNIH EKOLOŠKIH TAČAKA NA TERITORIJI VOJVODINE

2.1.1. Analiza podataka o kvalitetu vode

2.1.1.1. Opšti fizičko-hemijski pokazatelji kvaliteta voda

Od opštih fizičko-hemijskih pokazatelja kvaliteta vode analizirani su rastvoreni kiseonik, sadržaj sulfida, sadržaj suspendovanih materija i suvi ostatak, nutrijenti, deterdženti, kao i pokazatelji ukupnog organskog zagađenja (HPK, BPK₅, mineralna ulja).

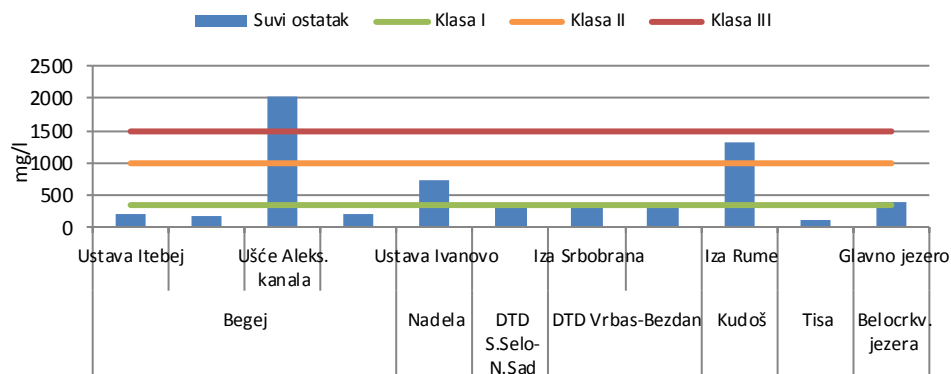
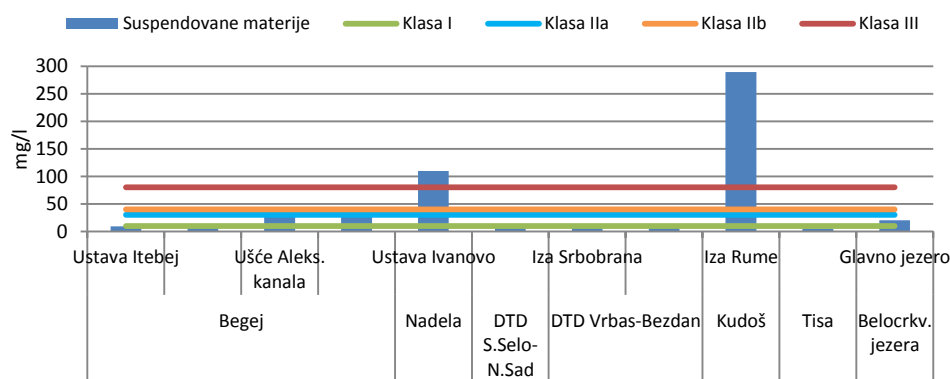
pH vrednost ispitivanih voda kretala se u opsegu od 7,10-8,37 pa se sve vode mogu svrstati u I klasu prema Uredbi o klasifikaciji voda (Sl. Glasnik 5/68). Rastvoreni kiseonik (slika 2.1) nije mogao biti detektovan na dva profila – kanal Begej-ušće Aleksandrovačkog kanala i kanal Kudoš, što jasno ukazuje na opterećenost ovih voda organskim materijama usled ispuštanja neprečišćenih otpadnih voda.



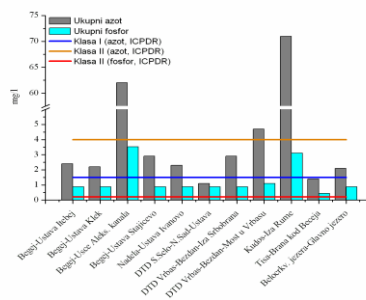
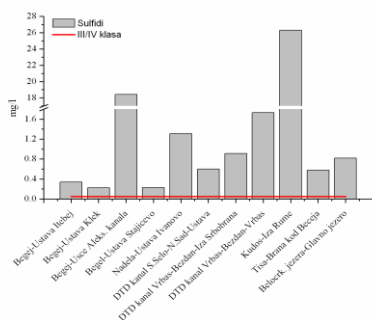
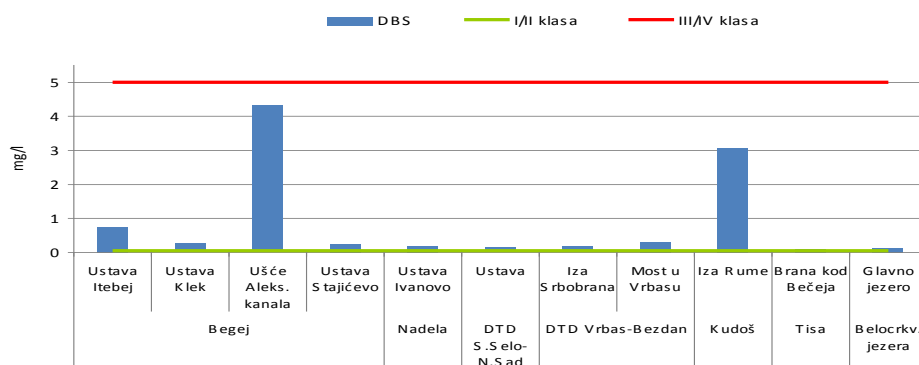
Slika 2.1. Sadržaj rastvorenog kiseonika u vodi

Na ostalim lokacijama, **sadržaj rastvorenog kiseonika** se kretao u opsegu **od oko 0,5mgO₂/l koliko je određeno u vodi DTD kanala Vrbas-Bezdan u Vrbasu do oko 12mgO₂/l u vodi belocrkvnanskih jezera**. Prema sadržaju rastvorenog kiseonika, a poređenjem sa Uredbom o klasifikaciji voda, vode I klase su vode belocrkvnanskih jezera, Tise i DTD kanala Vrbas-Bezdan iza Srbobrana, IIa klase vode kanala Begej kod ustava Itebej i Klek, te DTD Savino Selo-Novog Sada kod ustave, IV klase vode kanala Begej kod ustave Stajicevo i kanala Nadele, a vode kanala Begej na ušću Aleksandrovačkog kanala, Kudoša i DTD kanala Vrbas-Bezdan u Vrbasu su van klase.

Sadržaj suspendovanih materija (slika 2.2) se kretao u opsegu **od 5,0-290 mg/l, a suvi ostatak** (slika 2.3) **od 90-2030 mg/l**. Prema sadržaju suspendovanih materija i suvog ostatka vode kanala Begej na profilima ustava Itebej i ustava Klek, Tise kod brane kod Bečjeja, te DTD kanala Vrbas-Bezdan u Vrbasu su I klase. Najugroženije su voda kanala Begej na ušću Aleksandrovačkog kanala gde je suvi ostatak van opsega definisanog Uredbom, a prema sadržaju suspendovanih materija voda je IIb klase, kao i voda Kudoša koja je van opsega definisanog Uredbom u pogledu sadržaja suspendovanih materija, a III klasa prema suvom ostatku. Ostale vode su zadovoljavajućeg kvaliteta u pogledu ova dva parametra (I i II klase).



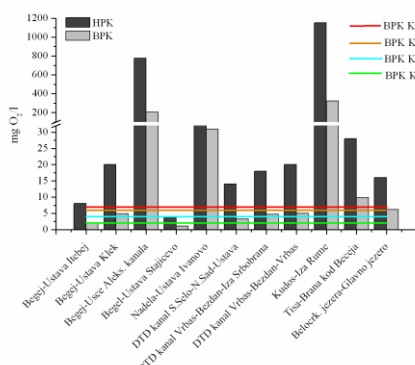
Prema sadržaju deterdženata izraženih kao DBS (slika 2.4), voda se na svim ispitivanim profilima svrstava u III/IV klasu jer je prekoračena maksimalna količina definisana za I/II klasu prema Pravilniku o opasnim materijama u vodama (*Sl. Glasnik 31/82*). **Sadržaj sulfida** (slika 2.5) se kretao **od 0,23 mg/l do čak 26,3 mg/l** koliko je određeno u vodi Kudoša nakon Rume. Prema sadržaju sulfida sve vode se nalaze van opsega definisanog Pravilnikom o opasnim materijama u vodama.



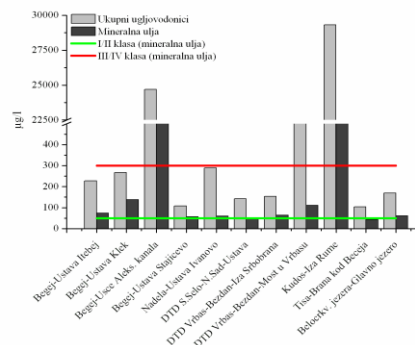
Sadržaj ukupnog azota (slika 2.6) se kretao **od 1,1 mg N/l do čak 71 mg N/l** koliko je određeno u vodi Kudoša. Ukupni azot nije regulisan našim Pravilnikom o opasnim materijama u vodama, pa su za ocenu kvaliteta korišćene preporuke ICPDR (*JDS, 2002*), kojima su definisane dve grupe graničnih vrednosti za

kvalitet vode: niža referentna vrednost (Reference value) za I klasu (Class I) i viša ciljna vrednost (Target value) za II klasu (Class II). Prema ovim preporukama referentna vrednost za ukupni azot iznosi 1,5 mg N/l, a ciljna 4,0 mg N/l. Samo u slučaju Tise (1,4 mg N/l) i DTD kanala Savino Selo-Novi Sad (1,1 mg N/l) nije prekoračena vrednost definisana za I klasu, dok je u kanalu Begej kod ušća Aleksandrovačkog kanala, Kudošu i DTD kanalu Vrbas-Srbobran u Vrbasu prekoračena i vrednost za II klasu. **Sadržaj ukupnog fosfora** (slika 2.6) se kretao u opsegu **od 0,44 – 3,52 mg P/l**. Na svim ispitivanim profilima sadržaj ukupnog fosfora prekoračuje višu ciljnu vrednost prema preporukama ICPDR definisanu za II klasu (0,2 mg P/l). Detektovan sadržaj fosfora je veoma značajan sa aspekta eutrofizacije jer se smatra da su već pri vrednostima ukupnog fosfora iznad 10 µg/l ispunjeni uslovi za pojavu eutrofizacije.

Sadržaj organskih materija određen je u obliku hemijske i biološke potrošnje kiseonika (slika 2.7), kao i ukupnih ugljovodonika i mineralnih ulja (slika 2.8). Sadržaj organskih materija izražen kao BPK₅ u vodi kanala Begej kod ušća Aleksandrovačkog kanala, kanala Nadele, Kudoša i Tise prekoračuje graničnu vrednost za III klasu prema Uredbi o klasifikaciji voda (*Sl. Glasnik* 5/68). U pogledu sadržaja mineralnih ulja vode kanala Begej kod ušća Aleksandrovačkog kanala i Kudoša su van opsega definisanog Pravilnikom o opasnim materijama u vodama. Jedino su vode DTD kanala Savino Selo-Novi Sad i Tise svrstane u I/II klasu, a voda svih ostalih ispitivanih profila je III/IV klasa.



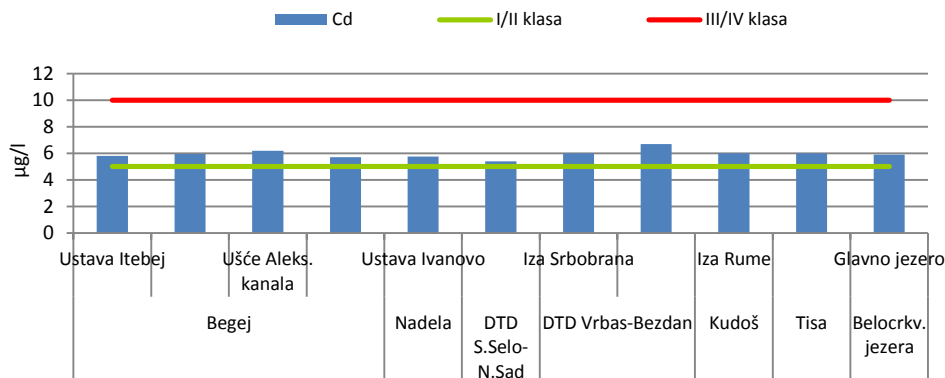
Slika 2.7. Sadržaj organskih materija izraženih kao HPK i BPK u vodi



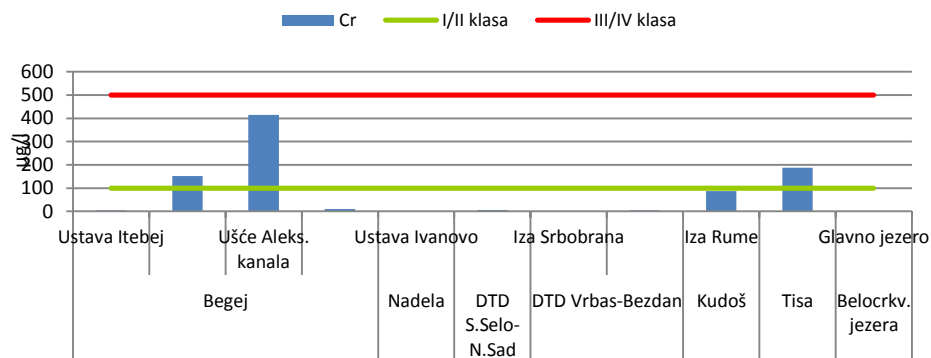
Slika 2.8. Sadržaj ukupnih i mineralnih ulja u vodi

2.1.1.2. Sadržaj metala

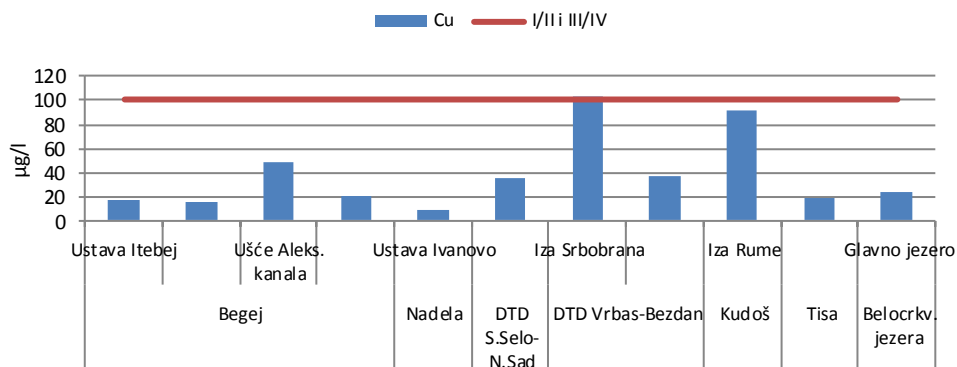
Rezultati za sadržaj metala u vodi su grafički prikazani u nastavku (slike 2.9-2.15). Od određivanih metala najveći problem predstavlja kadmijum koji na svim ispitivanim lokacijama prekoračuje maksimalnu dozvoljenu koncentraciju definisanu za I/II klasu, pa se voda svih ispitivanih vodotoka svrstava u III/IV klasu prema sadržaju ovog metala. Sadržaj hroma je povišen u kanalu Begej na ušću Aleksandrovačkog kanala i kod ustave Klek, te u vodi Tise kod brane kod Bečeja, i svrstava ove vode u III/IV klasu. Sadržaj bakra u vodi DTD kanala Vrbas-Bezdan iza Srbobrana prekoračuje maksimalno dozvoljenu koncentraciju definisanu Pravilnikom o opasnim materijama u vodama i stavlja ovu vodu van klase.



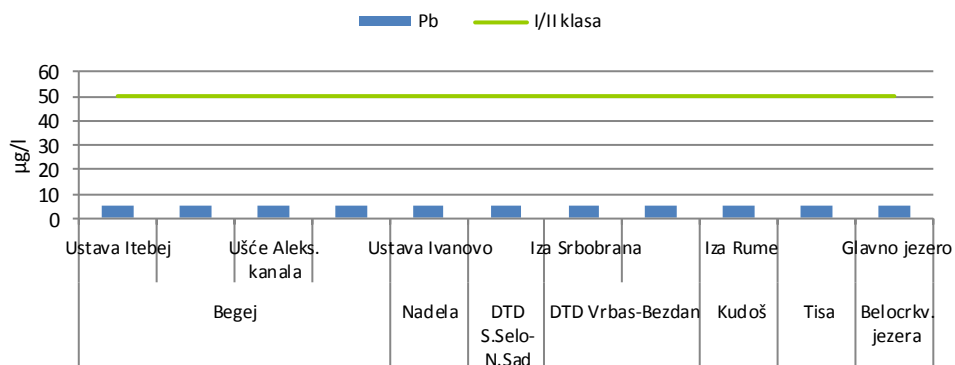
Slika 2.9. Sadržaj kadmijuma u vodi



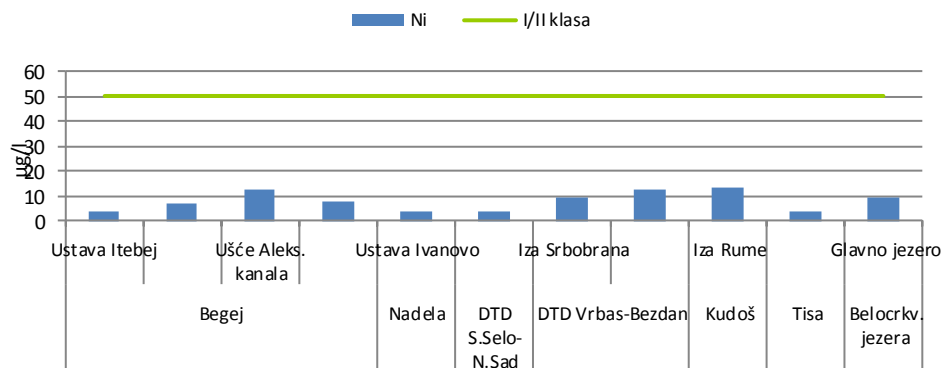
Slika 2.10. Sadržaj hroma u vodi



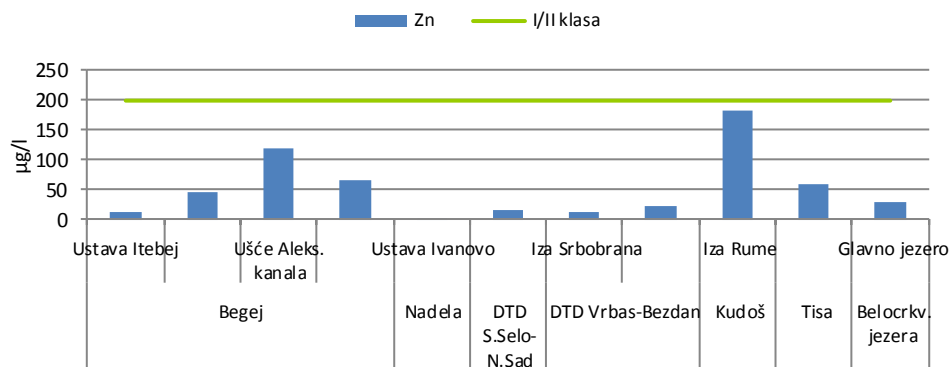
Slika 2.11. Sadržaj bakra u vodi



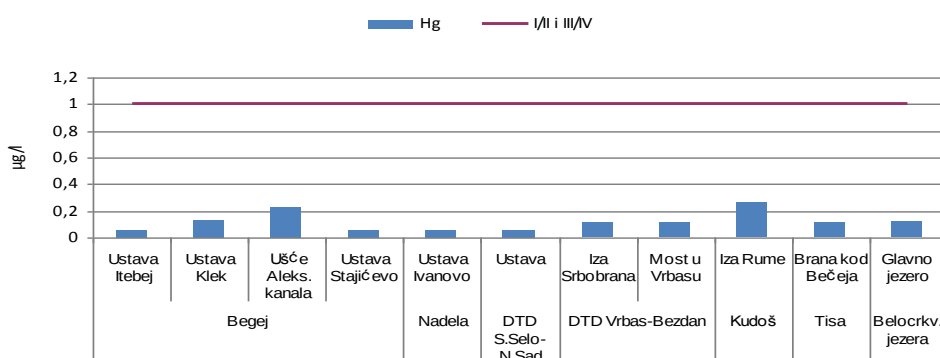
Slika 2.12. Sadržaj olova u vodi



Slika 2.13. Sadržaj nikla u vodi



Slika 2.14. Sadržaj cinka u vodi



Slika 2.15. Sadržaj žive u vodi

2.1.1.3. Sadržaj specifičnih organskih polutanata

Od specifičnih organskih polutanata analizirana su lako isparljiva jedinjenja (BTEX i organohlorna jedinjenja), policiklični aromatični ugljovodonici i organohlorni pesticidi.

Lako isparljivi ugljovodonici izraženi kao BTEX u vodi su detektovani na gotovo svim lokacijama. U svim uzorcima je detektovan toluen, i to u koncentracijama **od 0,32 µg/l pa do čak 59 µg/l** koliko je detektovano u vodi kanala Begej na ušću Aleksandrovačkog kanala, a na ovom profilu je detektovan i benzen u koncentraciji ispod 1 µg/l. Prema Pravilniku o opasnim materijama u vodama (Anon., 1982), voda na svim ispitivanim lokacijama odgovara I/II klasi jer ne premašuje vrednost od 0,5 mg/l koliko iznosi MDK za benzen i toluen za navedenu klasu. Međutim, kanadske preporuke za kvalitet ambijentalnih slatkih voda (Anon., 2002) su u pogledu sadržaja benzena, a naročito toluena, strožije i iznose za benzen 370 µg/l, a za toluen 2,0 µg/l, te su u slučaju toluena premašene u vodi kanala Begej-ušće Aleksandrovačkog kanala i vodi Kudoša.

Od organohlornih isparljivih jedinjenja detektovani su samo hloroform, na većini ispitivanih profila, i tetrahloreten u tragovima u vodi kanala Begej (< 0,6 µg/l). Koncentracije isparljivih jedinjenja su ispod MDK prema Pravilniku o opasnim materijama u vodama za I/II klasu (Anon., 1982), ali u vodi kanala Begej, na svim ispitivanim profilima, prelaze kanadske preporuke za hloroform (1,8 µg/l).

Od policikličnih aromatičnih ugljovodonika u vodi su detektovani, iznad praktične granice određivanja, rastvorljiviji PAH-ovi manjih molekularnih masa (naftalen, fluoren, fenantren, antracen, fluoranten, piren) i to u koncentracijama ispod 20 ng/l, izuzev fenantrena koji je detektovan u koncentracijama do oko 40 ng/l. Pravilnik o opasnim materijama u vodama propisuje MDK za I/II klasu samo za sumu šest policikličnih aromatičnih ugljovodonika (fluoranten, benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(a)piren, benzo(g,h,i)perilen i indeno(1,2,3-cd)piren) koja iznosi 200 ng/l i koja nije premašena ni u jednom slučaju. Organohlorni pesticidi i polihlorovani bifenili u vodi nisu detektovani iznad praktične granice određivanja niti na jednoj ispitivanoj lokaciji.

2.1.2. Analiza podataka o kvalitetu sedimenta

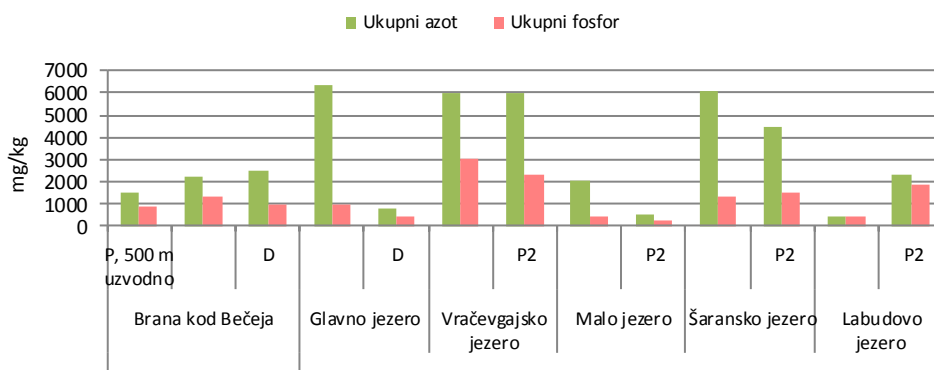
2.1.2.1. Opšti fizičko-hemijski pokazatelji kvaliteta sedimenta

Suva materija sedimenta u kanalima kretala se u opsegu **od 15-60%**, a u Tisi oko 55%, a u belocrkvanskim jezerima od oko 20-75%. Organska materija se u kanalima kretala u opsegu od oko 2 do 25%, u Tisi od 4-8%, a u belocrkvanskim jezerima u širokom opsegu od oko 1-27%. Mineralni deo frakcije manje od 2 µm se kreće u kanalima od oko 1-54%, u Tisi od 11-23%, a u sedimentu belocrkvanskih jezera, koji su izuzetno peskovite teksture, od ispod granice određivanja pa do 32% suve mase sedimenta. Ovi podaci (veličina čestica

sedimenta (udeo frakcije gline – ispod 2 μm) i sadržaj organske materije) upotrebljeni su za korekciju analitički određenih koncentracija polutanata kako bi se moglo izvršiti određivanje klase sedimenta prema holandskom zakonodavstvu jer su kriterijumi kvaliteti dati za standardni sediment sa 10% organske materije i 25% gline.

pH vrednost u ispitivanim uzorcima sedimenta se kretala od **6,14-7,65**, a **redoks potencijal od oko -330 mV** koliko je određeno u sedimentu kanala Begej na ušću aleksandrovačkog kanala **do oko -90 mV** u sedimentu DTD kanala Vrbas-Bezdan iza Srbobrana.

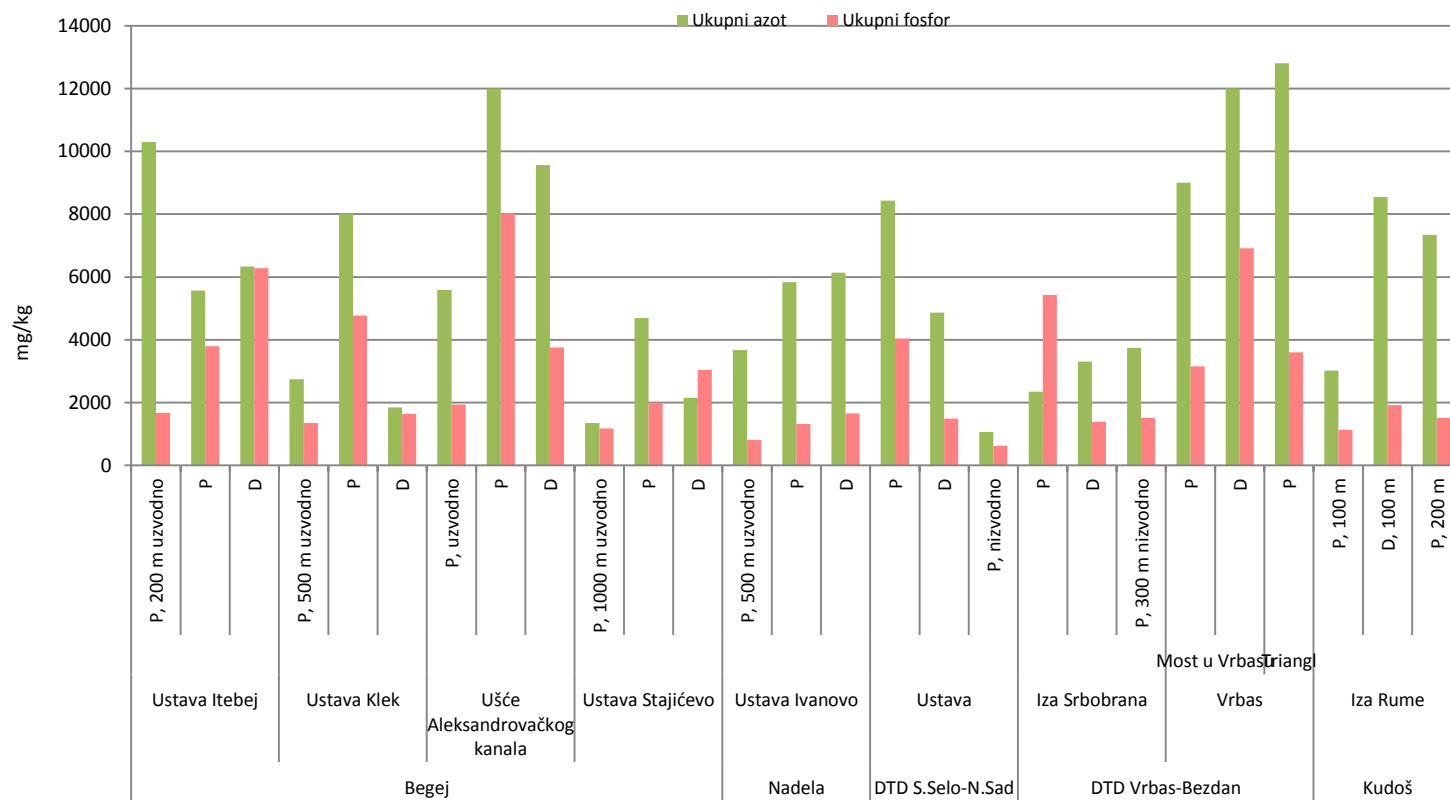
Nutrijenti. Sadržaj ukupnog fosfora i ukupnog azota predstavljen je na slikama 2.16 i 2.17. U uzorcima sedimenta kanala vrednosti **za ukupan azot** (zbir organskog, nitratnog, nitritnog i amonijačno vezanog) kretale su se **do oko 12 g/kg**, dok su za **ukupni fosfor** koji hidrolizuje u kiselim uslovima detektovane vrednosti ispod **8 g/kg**. U Tisi i belocrkvanskim jezerima vrednosti za ukupan azot i ukupan fosfor su bile ispod 6,4 g/kg i 3 g/kg, redom. Generalno govoreći nutrijenti ne pokazuju visoke koncentracije koje bi odstupale od npr. graničnih vrednosti muljeva koji se koriste u Danskoj u poljoprivredi i kod kojih su prosečne koncentracije 40 g/kg suve materije za azot i 25 g/kg suve materije za fosfor. Ovakve koncentracije dakle ne bi trebale da ispoljavaju bilo kakav negativan uticaj po okolinu u slučaju depozicije, ali bi mogle uticati na stvaranje uslova za pojavu eutrofizacije jer vezani nutrijenti pod odgovarajućim uslovima, naročito u letnjim mesecima, mogu biti oslobođeni iz sedimenta.



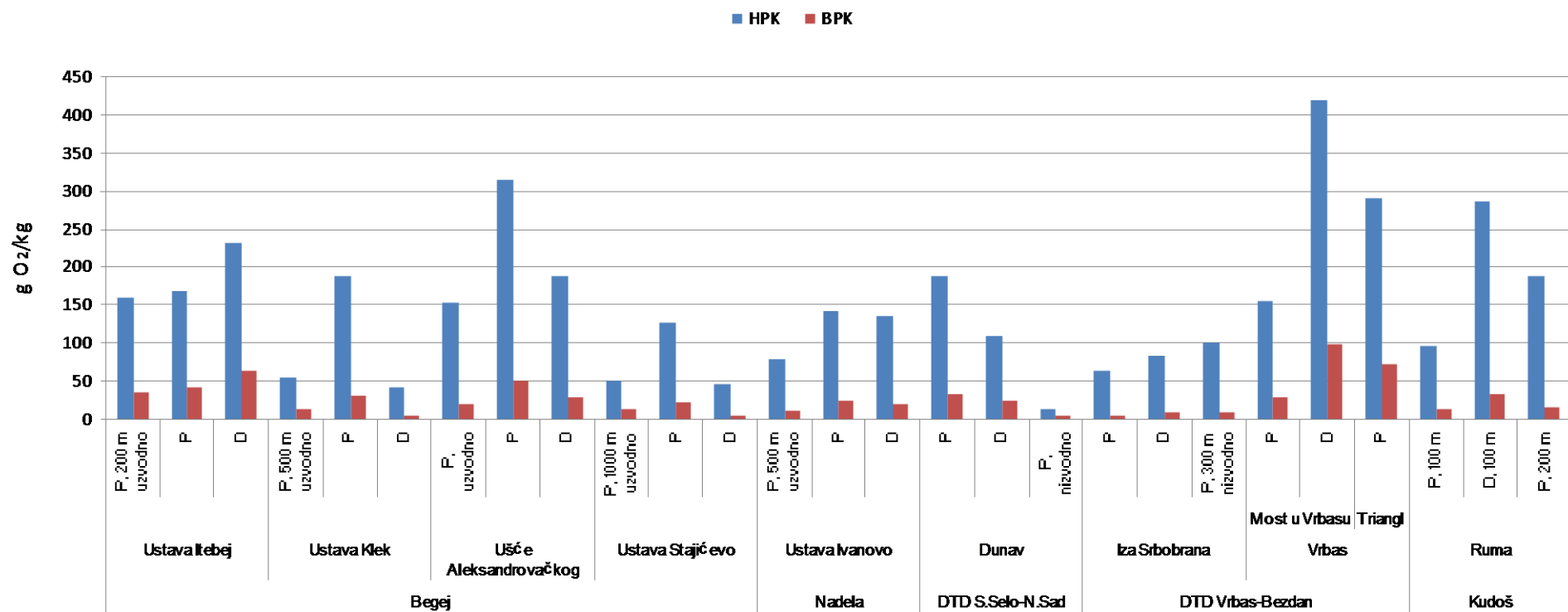
Slika 2.16. Sadržaj nutrijenata u sedimentu Tise i jezera

HPK i BPK. Sadržaj ukupnih organskih materija u sedimentu određen je u obliku hemijske i biološke potrošnje kiseonika (slike 2.18 i 2.19). HPK se u kanalima kreće u širokom opsegu od oko 10 g O_2/kg do oko 400 g O_2/kg , dok je u Tisi i jezerima generalno niža i kreće se u opsegu od oko 10 g O_2/kg do 130 g O_2/kg . U svim uzorcima utvrđene su visoke vrednosti za odnos HPK/BPK (u kanalima od oko 4 do 18, u Tisi i jezerima od oko 4 do 25) koje ukazuju na prisustvo organskog zagađenja koje nije biološki razgradivo. Uopšteno, uočava se da je sadržaj organskih materija veći u površinskom u odnosu na dublje slojeve sedimenta.

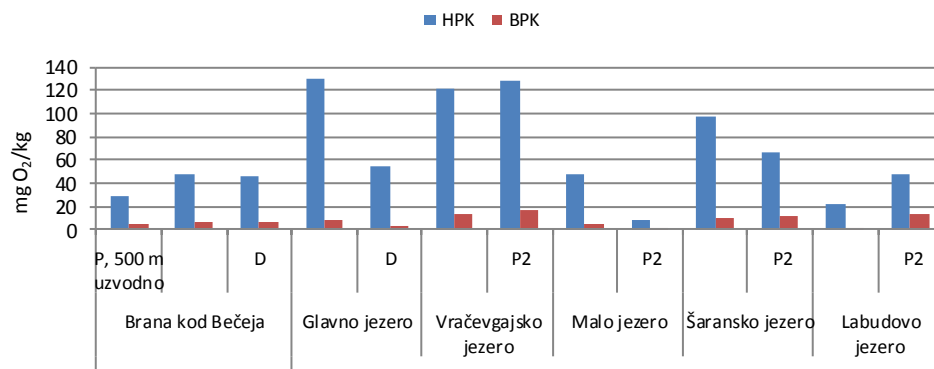
Ukupni ugljovodonici i mineralna ulja. Sadržaj ukupnih ugljovodonika i mineralnih ulja grafički je predstavljen na slikama 2.20 i 2.22. Sadržaj mineralnih ulja u kanalima se kreće od oko 700 mg/kg do oko 9000 mg/kg koliko je određeno u površinskom sedimentu kanala Begej kod ušća Aleksandrovačkog kanala. Sadržaj mineralnih ulja u Tisi i jezerima je generalno niži i ne prelazi 1000 mg/kg. Klasifikacija prema holandskoj metodologiji za svaki pojedinačni uzorak data je u Prilogu III, a grafički je predstavljena na slikama 2.21 i 2.23. U pogledu sadržaja mineralnih ulja najugroženije lokacije su kanal Begej na ušću Aleksandrovačkog kanala, DTD kanal Savino Selo-Novi Sad, te DTD kanal Vrbas-Bezdan u Vrbasu na kojima se sediment klasifikuje kao zagađeni (klase 3 i 4), dok je na ostalim lokacijama kanala sediment manje zagađen i svrstava se u klasu 2. Sediment Tise i belocrkvanskih jezera je neznatno zagađen (pretežno klase 1).



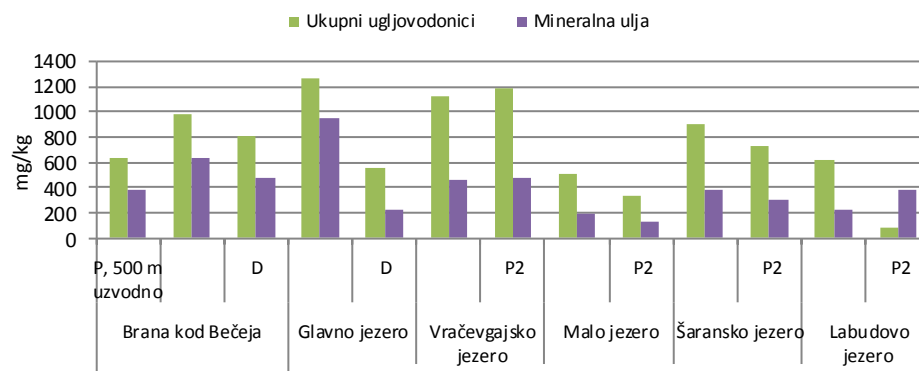
Slika 2.17. Sadržaj nutrijenata u sedimentu kanala



Slika 2.18. Sadržaj organskih materija izraženih preko HPK i BPK₅ u sedimentu kanala

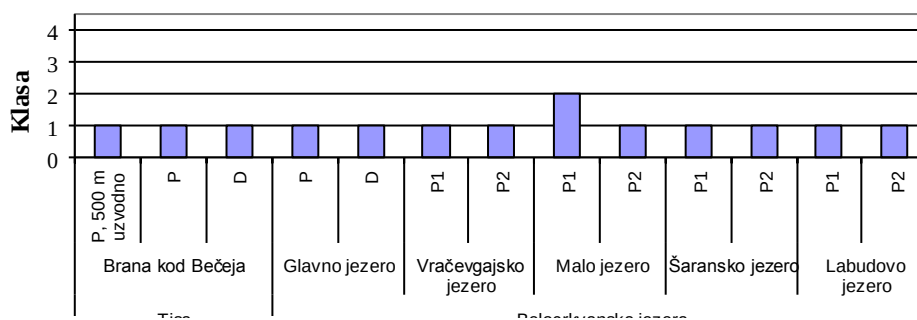


Slika 2.19. Sadržaj organskih materija izraženih preko HPK i BPK₅ u sedimentu Tise i jezera

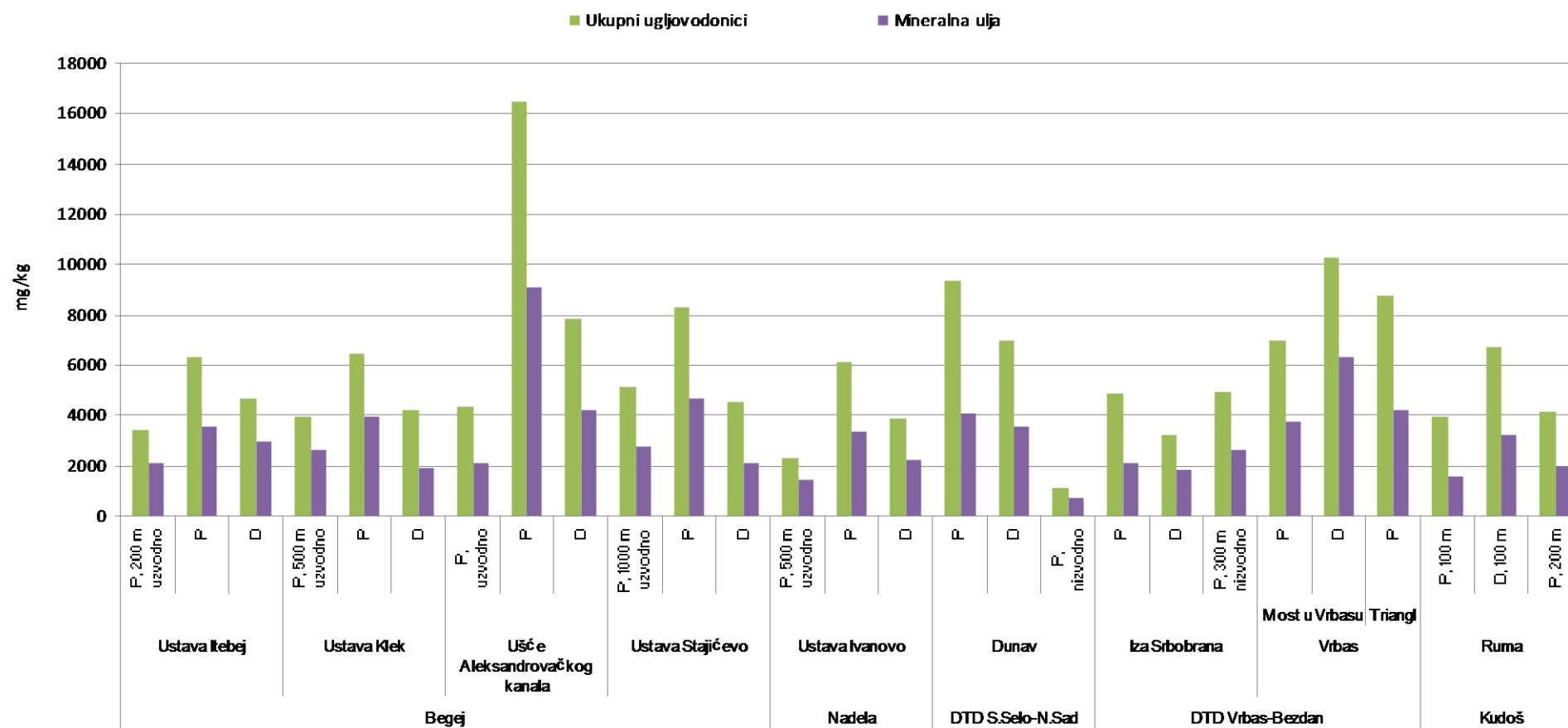


Slika 2.20. Sadržaj ukupnih ugljovodonika i mineralnih ulja u sedimentu Tise i jezera

Klasifikacija prema holandskoj metodologiji

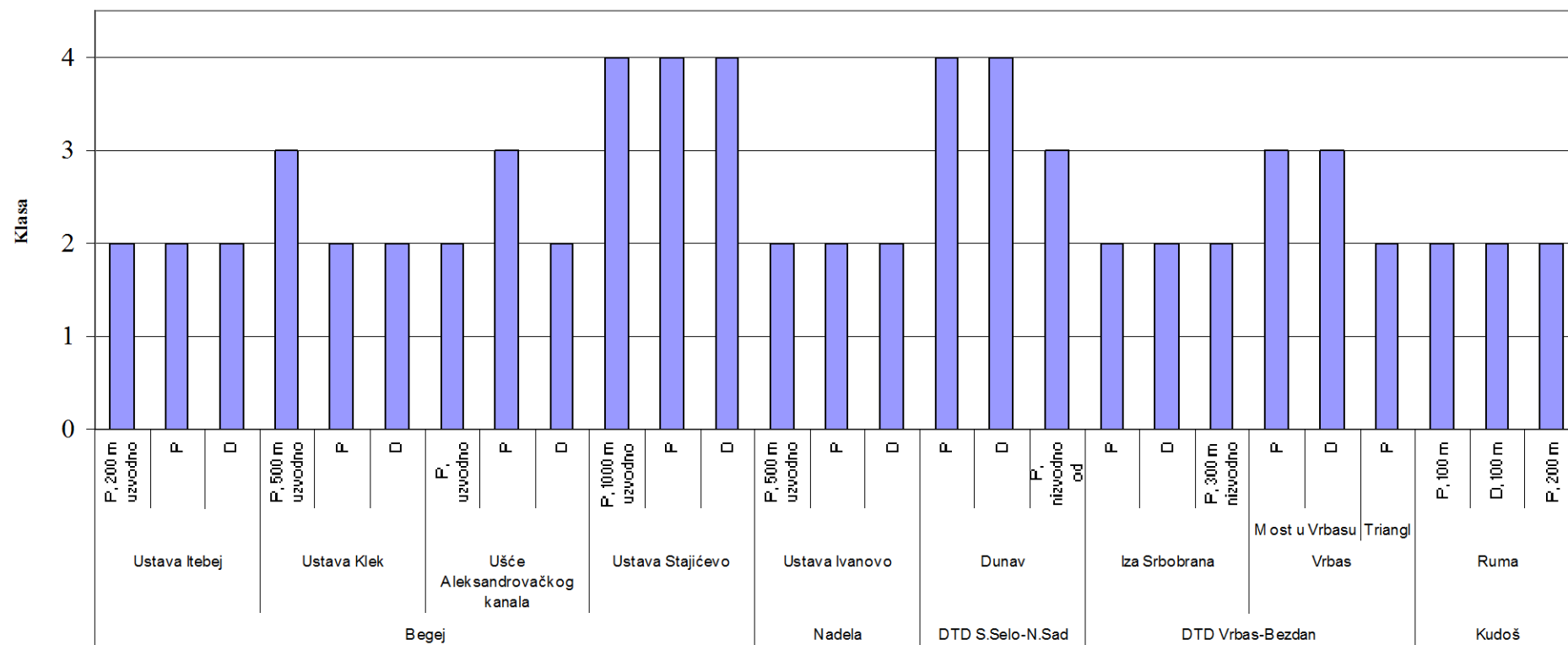


Slika 2.21. Klasifikacija sedimenta Tise i jezera prema holandskoj metodologiji



Slika 2.22. Sadržaj ukupnih ugljovodonika i mineralnih ulja u sedimentu kanala

Klasifikacija prema holandskoj metodologiji

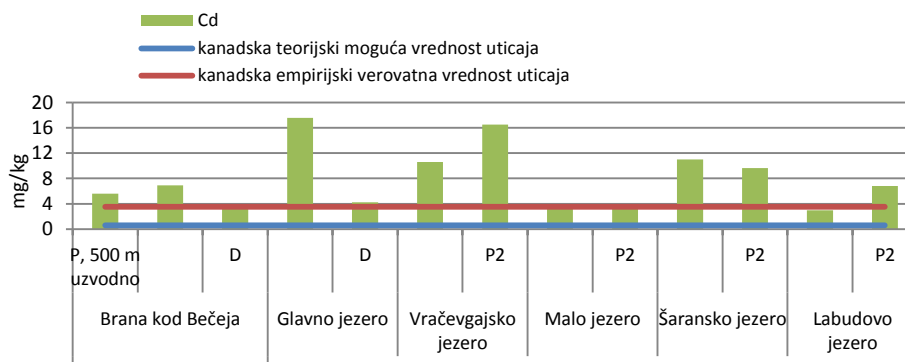


Slika 2.23. Klasifikacija sedimenta kanala prema holandskoj metodologiji

2.1.2.2. Sadržaj metala

Teški metali su izuzetno važna grupa polutanata zbog toksičnosti koju mogu da ispolje na živi svet i perzistencije u okolini usled nemogućnosti biološke razgradnje.

Kadmijum. Vrednosti izmerene za sadržaj kadmijuma u sedimentu predstavljene su na slikama 2.24 i 2.25. Koncentracija kadmijuma se kretala u opsegu od oko 1 mg/kg do čak 37 mg/kg koliko je detektovano u dubinskom sedimentu kanala Begej kod ustave Itebej. Koncentracija kadmijuma je generalno povišena na svim ispitivanim lokacijama što pokazuje prekoračenje kanadske teorijski moguće vrednosti uticaja bez izražene pravilnosti u pogledu njegove distribucije po dubini i tipu vodotoka, dok je kanadska empirijski verovatna vrednost uticaja značajno prekoračena u oko 58% ispitivanih uzoraka. U skladu sa ovim može se zaključiti da postoji opasnost za ispoljavanje negativnih ekotoksičnih efekata na svim ispitivanim lokacijama. Klasifikacija prema holandskoj metodologiji pokazuje da je sediment umereno do znatno zagađen (klase 3 i 4) na 42,5% ispitivanih lokacija, dok je na preostalim lokacijama neznatno zagađen (klase 1 i 2). Kada se u obzir uzmu obe metodologije, može se zaključiti da su u pogledu sadržaja kadmijuma najugroženije lokacije kanal Begej (kod ustava Itebej, Klek i Stajićevo), Nadel, Tisa, kao i površinski slojevi Belocrkvanskih jezera (Glavno jezero, Vračevgajsko jezero i Šaransko jezero).



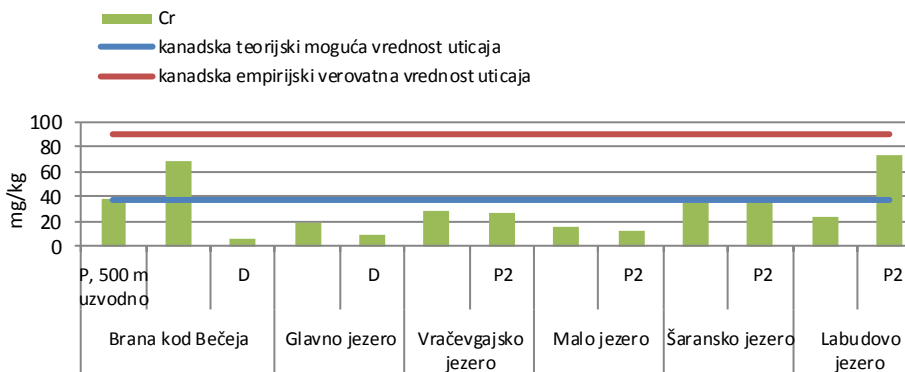
Slika 2.24. Sadržaj kadmijuma u sedimentu Tise i jezera

Ako uporedimo sadržaj kadmijuma u sedimentu sa maksimalno dozvoljenom koncentracijom kadmijuma u zemljištu prema našem propisu koja iznosi 3 mg/kg, zaključujemo da je ova vrednost prekoračena u čak 82,5% uzoraka.

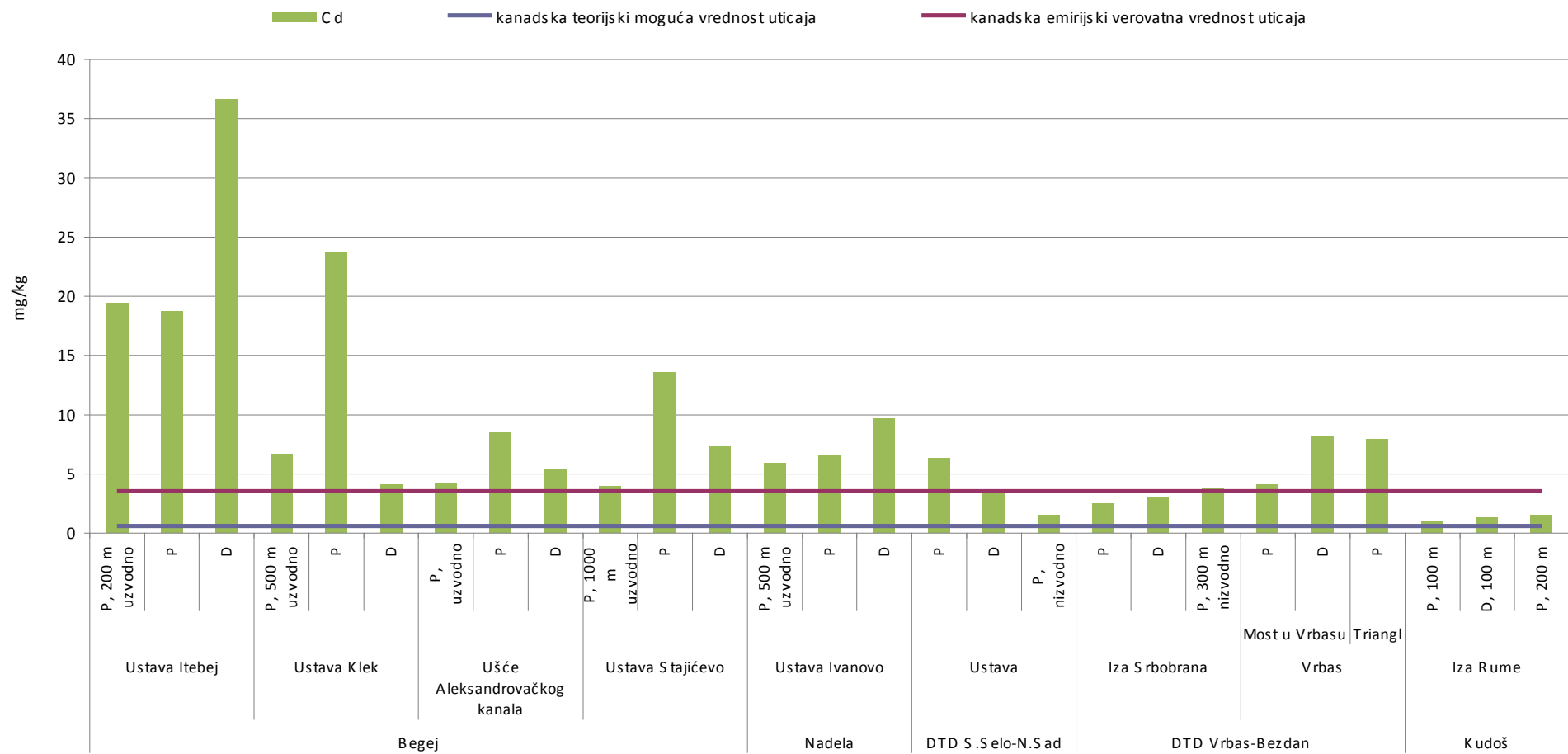
Hrom. Rezultati za **sadržaj hroma** su prikazani na slikama 2.26 i 2.27. Sadržaj hroma se kretao **od oko 6 mg/kg do oko 1400 mg/kg**. Najugroženije lokacije u pogledu sadržaja hroma su kanali Begej i Kudoš, gde je na svim ispitivanim lokacijama prekoračena kanadska empirijska vrednost uticaja.

Potencijalni negativni ekotoksični efekat moguć je i u kanalu DTD Vrbas-Bezdan, kao i u Tisi, gde su prekoračene kanadske teorijski moguće vrednosti uticaja. Klasifikacija prema holandskoj metodologiji dovela je do sličnih zaključaka. Naime, sediment Begeja kod ušća Aleksandrovačkog kanala i uzvodno od ustave Itebej, kao i sediment Kudoša iza Rume, pokazuju znatno zagađenje hromom (klase 4 i 4+), dok je na svim ostalim ispitivanim lokacijama, nakon preračunavanja na standardne osobine sedimenta, sediment klasifikovan kao nezagađen ili neznatno zagađen (klase 0 i 1).

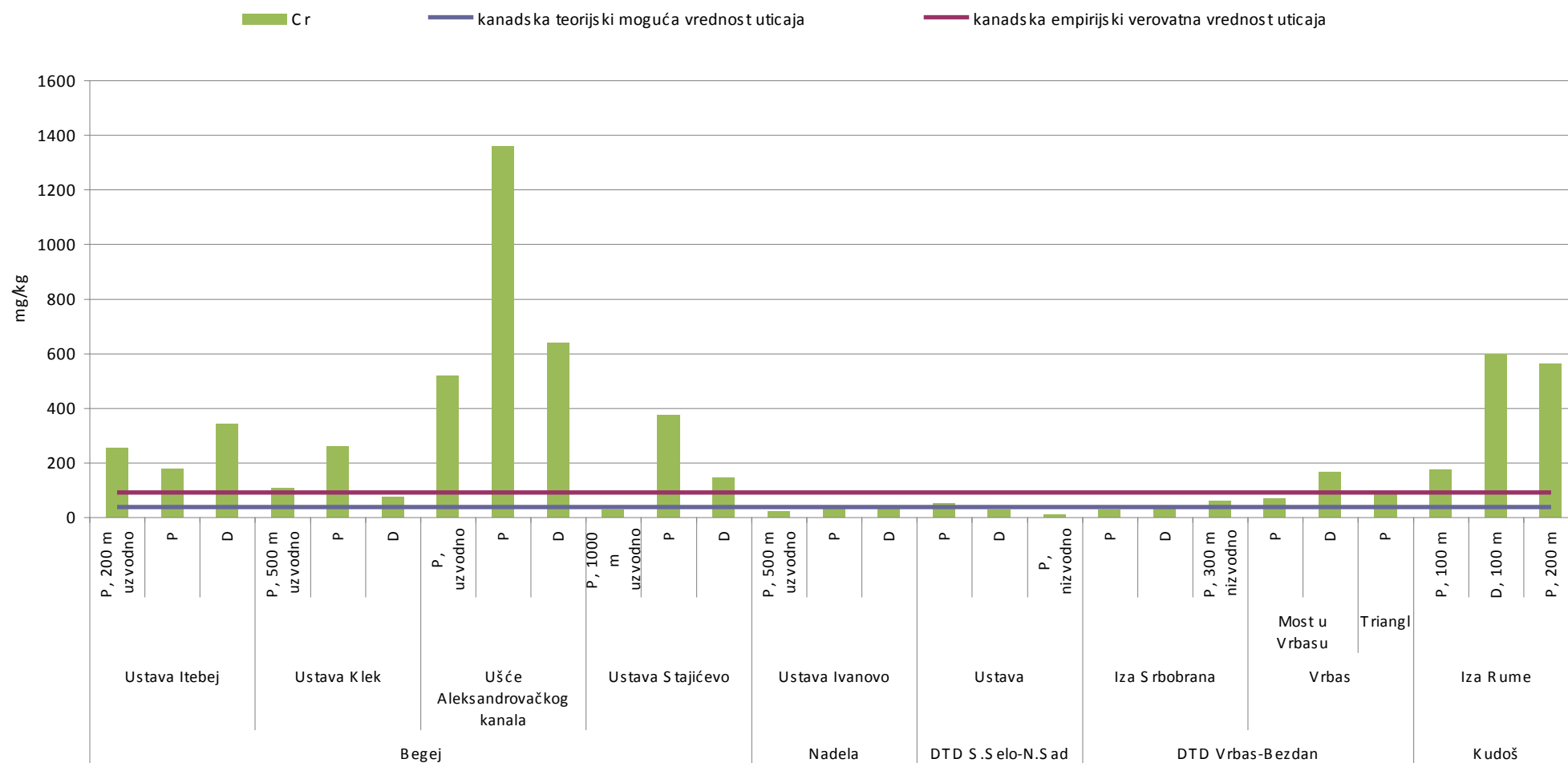
Naš zakon propisuje MDK hroma u zemljištu na 100 mg/kg, a ova vrednost je prekoračena u 35% svih ispitivanih uzoraka, i to uglavnom u sedimentu kanala Begej i Kudoš.



Slika 2.26. Sadržaj hroma u sedimentu Tise i jezera



Slika 2.25. Sadržaj kadmijuma u sedimentu kanala



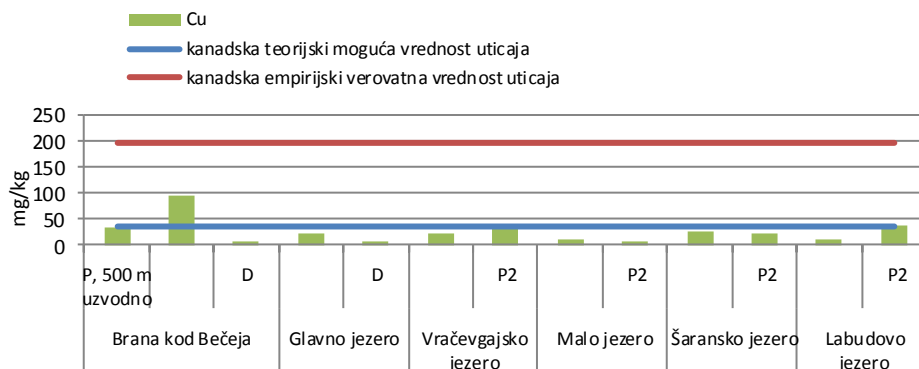
Slika 2.27. Sadržaj hroma u sedimentu kanala

Bakar. Sadržaj bakra u sedimentu kanala, reka i jezera prikazan je na slikama 2.28 i 2.29. **Koncentracija bakra se kretala od oko 6 mg/kg do 343 mg/kg** u sedimentu DTD kanala Vrbas-Bezdan u Vrbasu.

Ispoljavanje potencijalnih negativnih efekata je moguće u kanalu Begej, na svim ispitivanim lokacijama, u DTD kanalu Vrbas-Bezdan u Vrbasu, i u Tisi kod brane u Bečeju, gde sadržaj bakra prekoračuje kanadsku teorijski moguću vrednost uticaja.

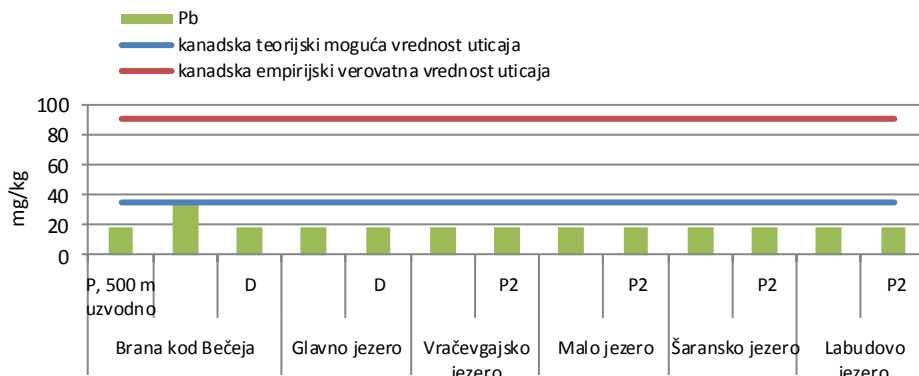
Kanadska empirijski verovatna vrednost uticaja je prekoračena jedino u dubinskom sedimentu DTD kanala Vrbas-Bezdan u Vrbasu. Prema holandskoj metodologiji 82,5% ukupno ispitivanih uzoraka se svrstava u nezagađene i neznatno zagađene sedimente (klase 0 i 2), dok se sedimenti kanala Begej kod ustave Itebej, te DTD kanala Vrbas-Bezdan u Vrbasu, u pogledu sadržaja bakra svrstavaju u zagađene sedimentu (klase 3 i 4).

Naše zakonodavstvo propisuje MDK za bakar na 100 mg/kg. Ova vrednost prekoračena je u 17,5% svih ispitivanih uzoraka, i to u sedimentu kanala Begej kod i uzvodno od ustave Itebej, te u površinskim sedimentima kod ustava Klek i Stajićevo, kao i u površinskom i dubinskom sedimentu DTD kanala Vrbas-Bezdan u Vrbasu.



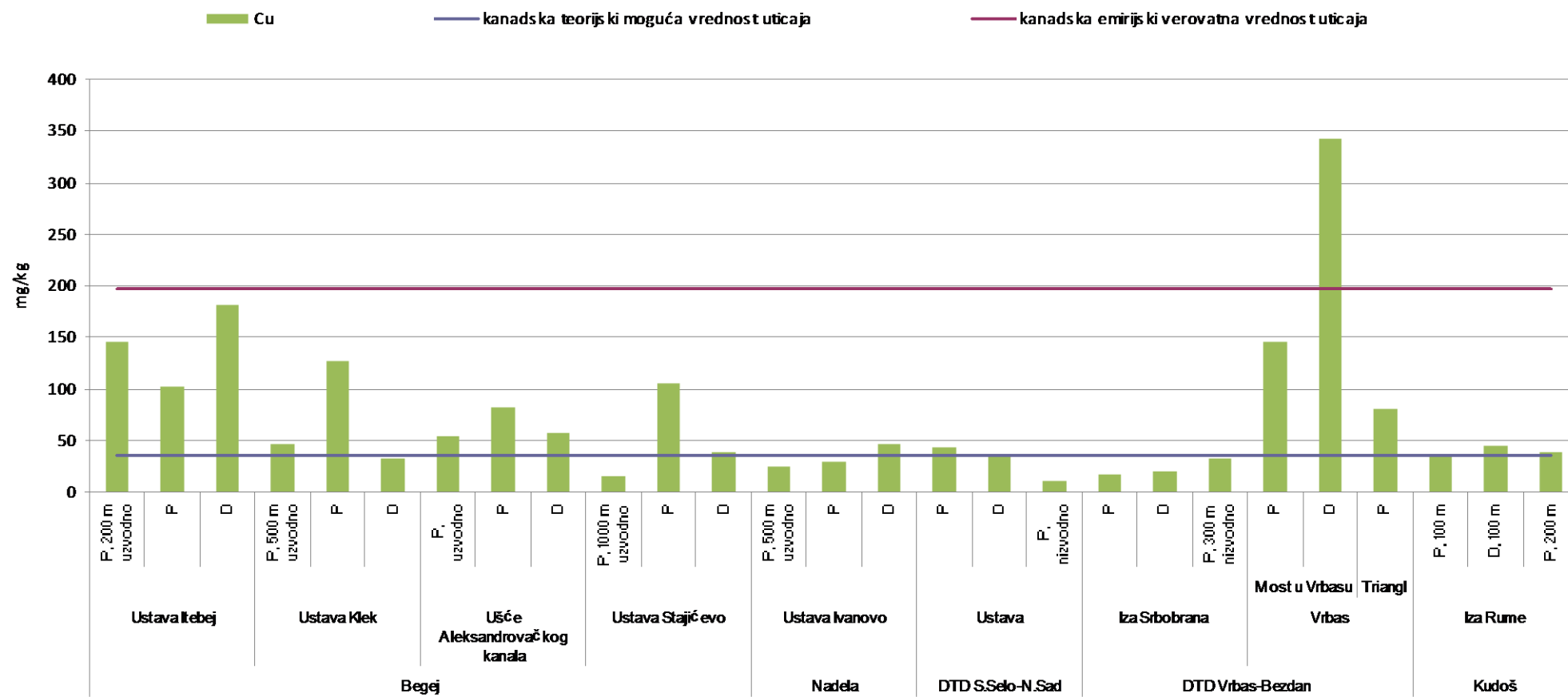
Slika 2.28. Sadržaj bakra u sedimentu Tise i jezera

Olovo. Sadržaj olova (slike 2.30 i 2.31) je u svim ispitivanim uzorcima bio **ispod 50 mg/kg**, te je u samo dva uzorka sedimenta kanala Begej, kod i uzvodno od ustave Itebej, koncentracija prekoračila kanadsku teorijski moguću vrednost uticaja. Prema holandskoj metodologiji svi uzorci su klasifikovani kao nezagađeni (klasa 0), a MDK za zemljište (100 mg/kg) nije prekoračena niti u jednom slučaju. Olovo, dakle, sa ekotoksikološkog stanovišta ne predstavlja problem.

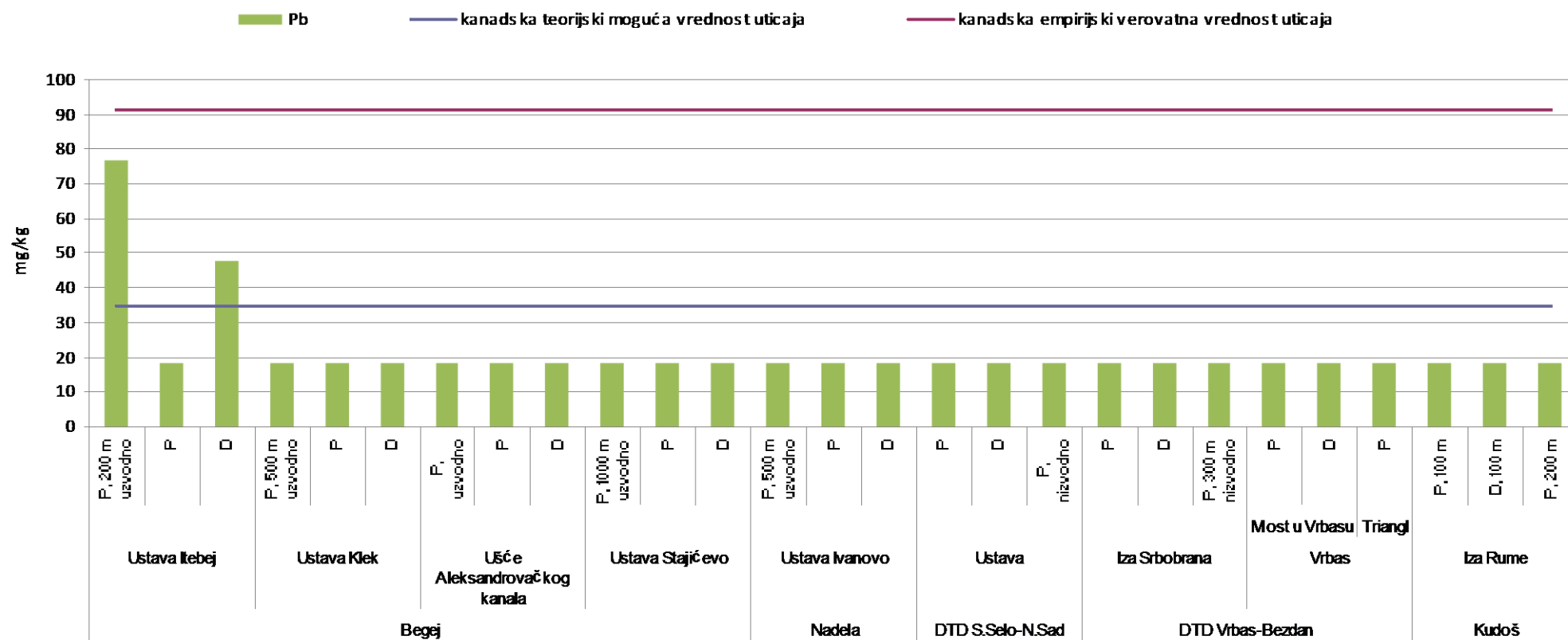


Slika 2.30. Sadržaj olova u sedimentu Tise i jezera

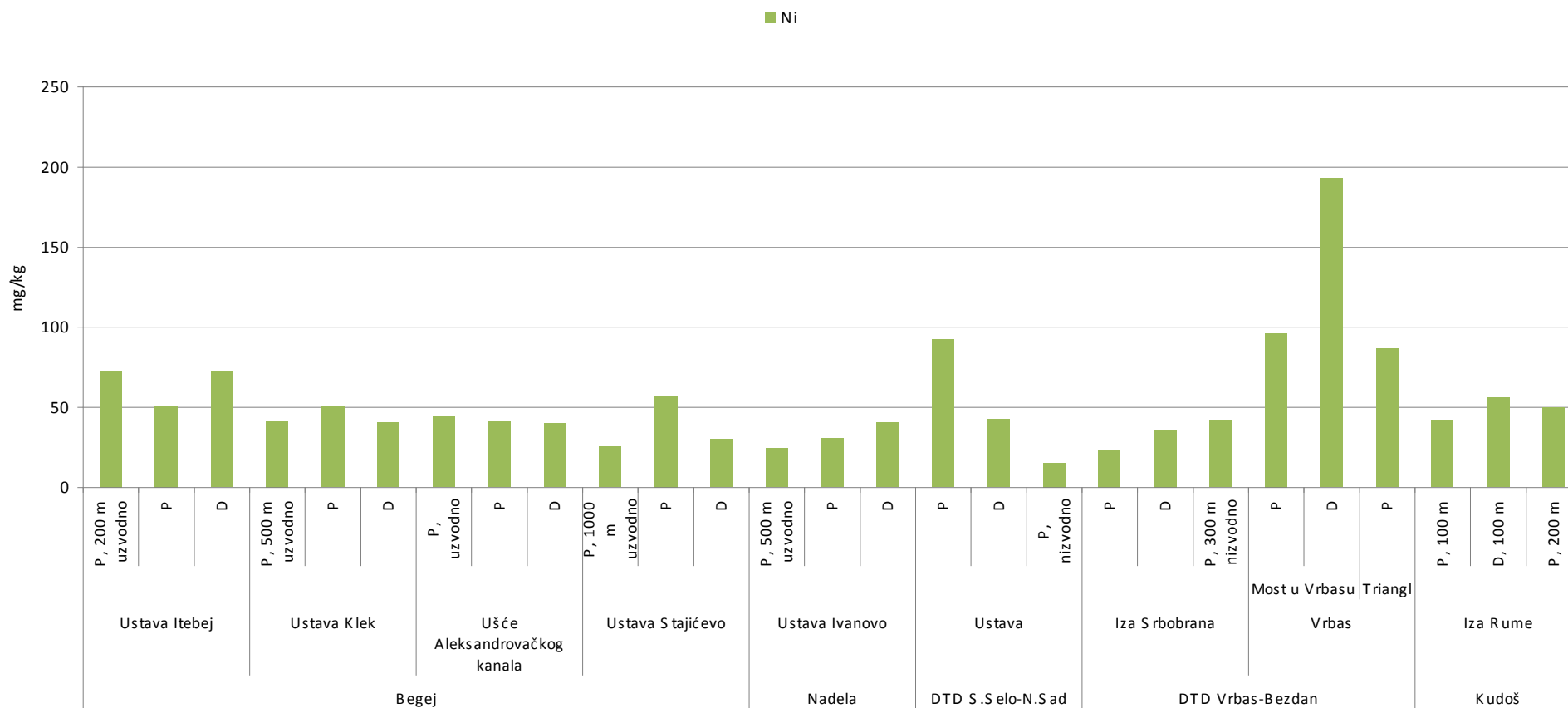
Nikal. Sadržaj nikla se kretao od oko 10 mg/kg do oko 200 mg/kg (slika 2.32 i 2.33). Granične vrednosti prema kanadskom zakonodavstvu nisu definisane. Kada se primeni holadska metodologija 72,5% svih ispitivanih uzoraka se klasifikuje kao zagađeni sedimenti (čak 28 uzoraka se svrstava u klasu 3, a dubinski uzorak DTD kanala Vrbas-Bezdan u Vrbasu je svrstan u klasu 4+). Najugroženije lokacije su kanal Begej, Nadela, DTD kanal Savino Selo-Novu Sad kod ustave, DTD kanal Vrbas-Bezdan u Vrbasu, Kudoš, površinski uzorci Tise, kao i površinski uzorci Belocrkvanskih jezera. MDK nikla u zemljištu prema našem zakonodavstvu iznosi 50 mg/kg, a ova vrednost je prekoračena u 30% pretežno površinskih uzoraka (Begej – Itebej, Klek i Stajićevo, DTD kanal Savino Selo-Novu Sad kod ustave, DTD kanal Vrbas-Bezdan na obe ispitivane lokacije, Kudoš, Tisa kod brane u Bečeju).



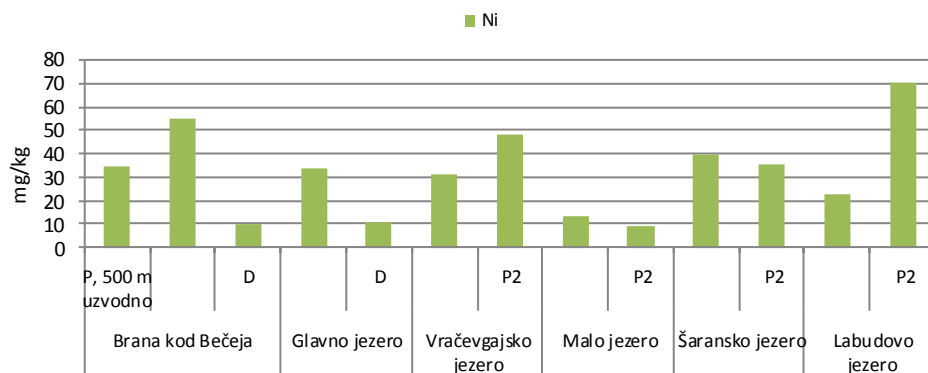
Slika 2.29. Sadržaj bakra u sedimentu kanala



Slika 2.31. Sadržaj olova u sedimentu kanala

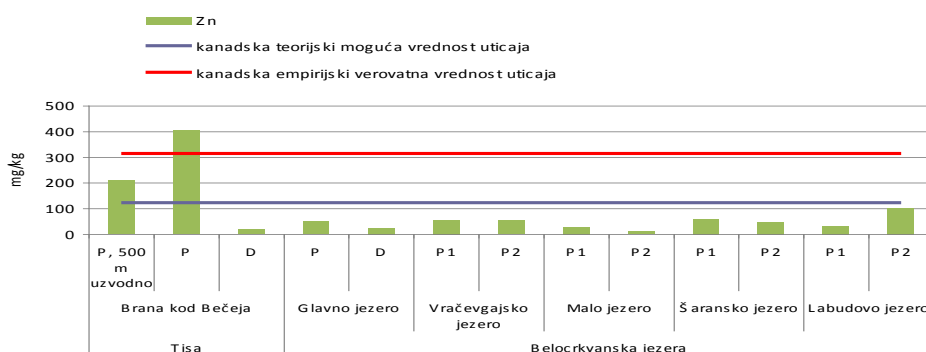


Slika 2.32. Sadržaj nikla u sedimentu kanala



Slika 2.33. Sadržaj nikla u sedimentu Tise i jezera

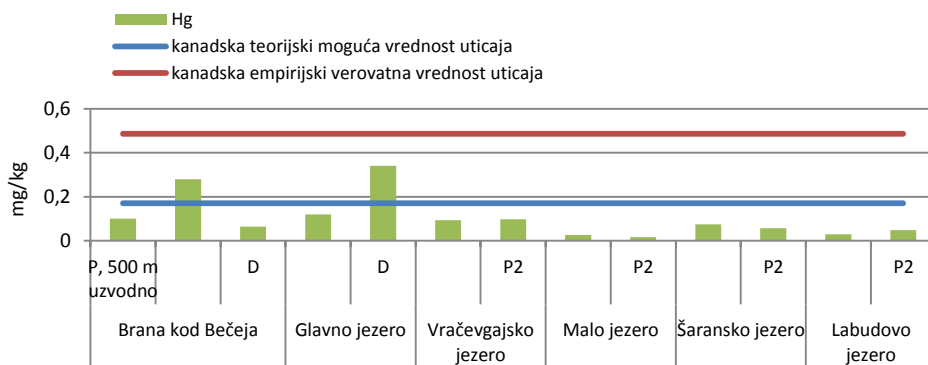
Cink. Sadržaj cinka se kretao u širokom opsegu od oko 10 mg/kg pa do preko 1000 mg/kg. (slike 2.34 i 2.35). Kanadska empirijska vrednost uticaja je prekoračena u 11 ispitivanih uzoraka, a teorijski moguća vrednost uticaja u još 11 od ukupno 40 analiziranih uzoraka.



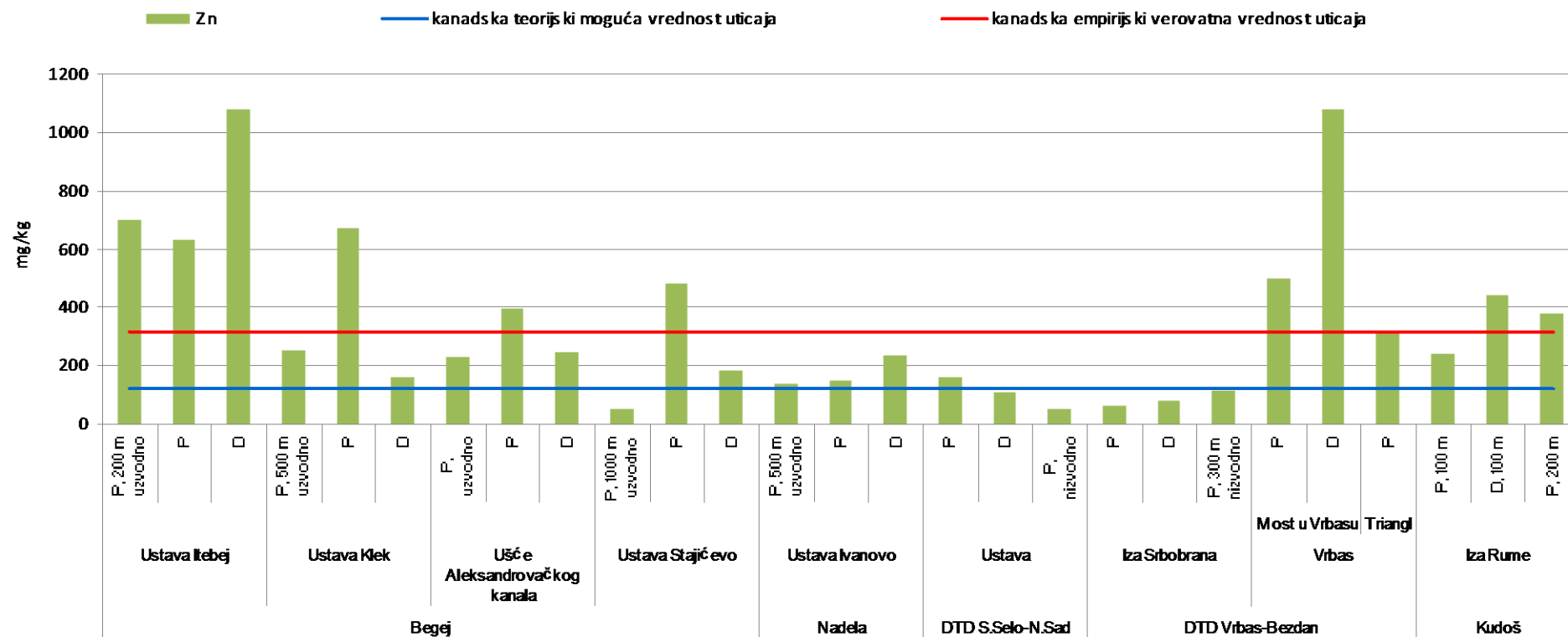
Slika 2.34. Sadržaj cinka u sedimentu Tise i jezera

Najugroženije lokacije su kanal Begej kod ustave Itebej, te površinski uzorci kod ustava Klek i Stajićevo i kod ušća Aleksandrovačkog kanala, zatim DTD kanal Vrbas-Bezdan na svim ispitivanim lokacijama, kanal Kudoš, te površinski sediment Tise kod ustave Bečeja. Na istim ovim lokacijama prekoračena je MDK za zemljište (300 mg/kg). Prema holandskoj metodologiji 12,5% ispitivanih uzoraka se svrstava u zagađene sedimente (klase 3 i 4), i to sediment kanala Begej kod i uzvodno od ustave Itebej, te dubinski sediment DTD kanala Vrbas-Bezdan u Vrbasu. Preostalih 87,5% ispitivanih uzoraka klasifikovani su kao nezagađeni i neznatno zagađeni (klase 0-2).

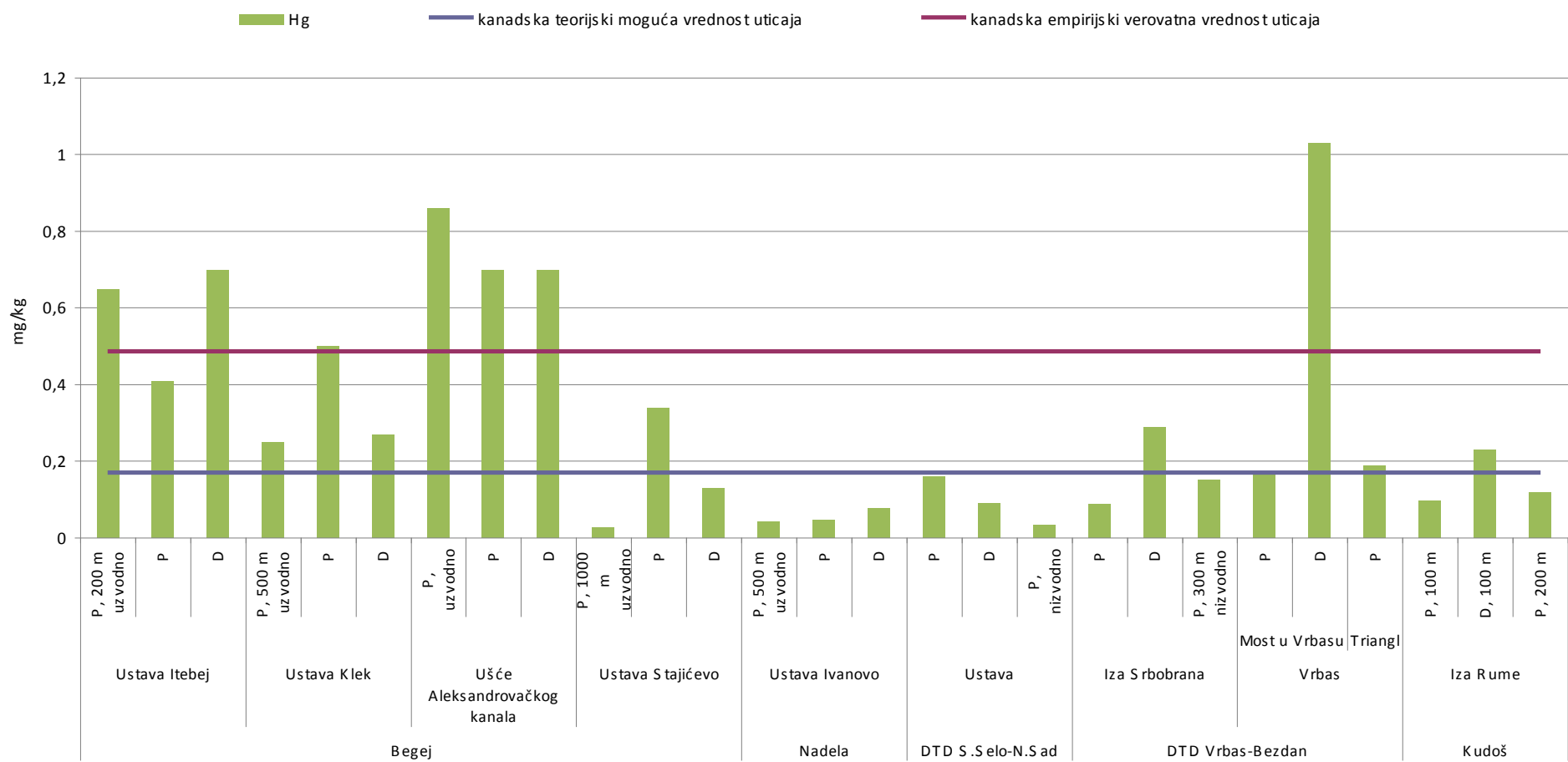
Živa. Sadržaj žive se kretao u širokom opsegu od oko 0,02 mg/kg pa do oko 1 mg/kg (slike 2.36 i 2.37). Kanadska empirijska vrednost uticaja značajnije je prekoračena u dva kanala: Begej, kod ustave Itebej i kod ušća Aleksandrovačkog kanala, te u dubinskom sedimentu DTD kanala Vrbas-Bezdan u Vrbasu. Kanadska teorijski moguća vrednost uticaja, koja ukazuje na moguće negativne ekotoksične efekte, prekoračena je na ostalim lokacijama kanala Begej, dubinskim sedimentima DTD kanala Vrbas-Bezdan iza Srbobrana, Kudoša i Glavnog belocrkvanskog jezera, te u površinskom sedimentu Tise kod brane kod Bečeja. Međutim, kada se izvrši preračunavanje na uslove standardnog sedimenta i izvrši klasifikacija prema holandskoj metodologiji dobija se da 72,5% spada u klasu nezagađenih sedimenata (klasa 0), dok se preostalih 27,5% ispitivanih uzoraka klasifikuje kao neznatno zagađeni (klase 1 i 2). Naše zakonodavstvo propisuje vrednost MDK od 2 mg/kg koja je iznad svih merenih vrednosti.



Slika 2.36. Sadržaj žive u sedimentu Tise i jezera



Slika 2.35. Sadržaj cinka u sedimentu kanala



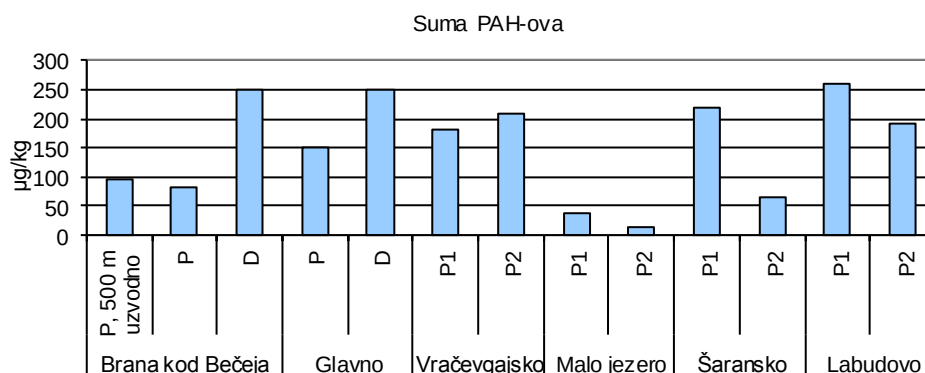
Slika 2.37. Sadržaj žive u sedimentu kanala

2.1.2.3. Sadržaj specifičnih organskih polutanata

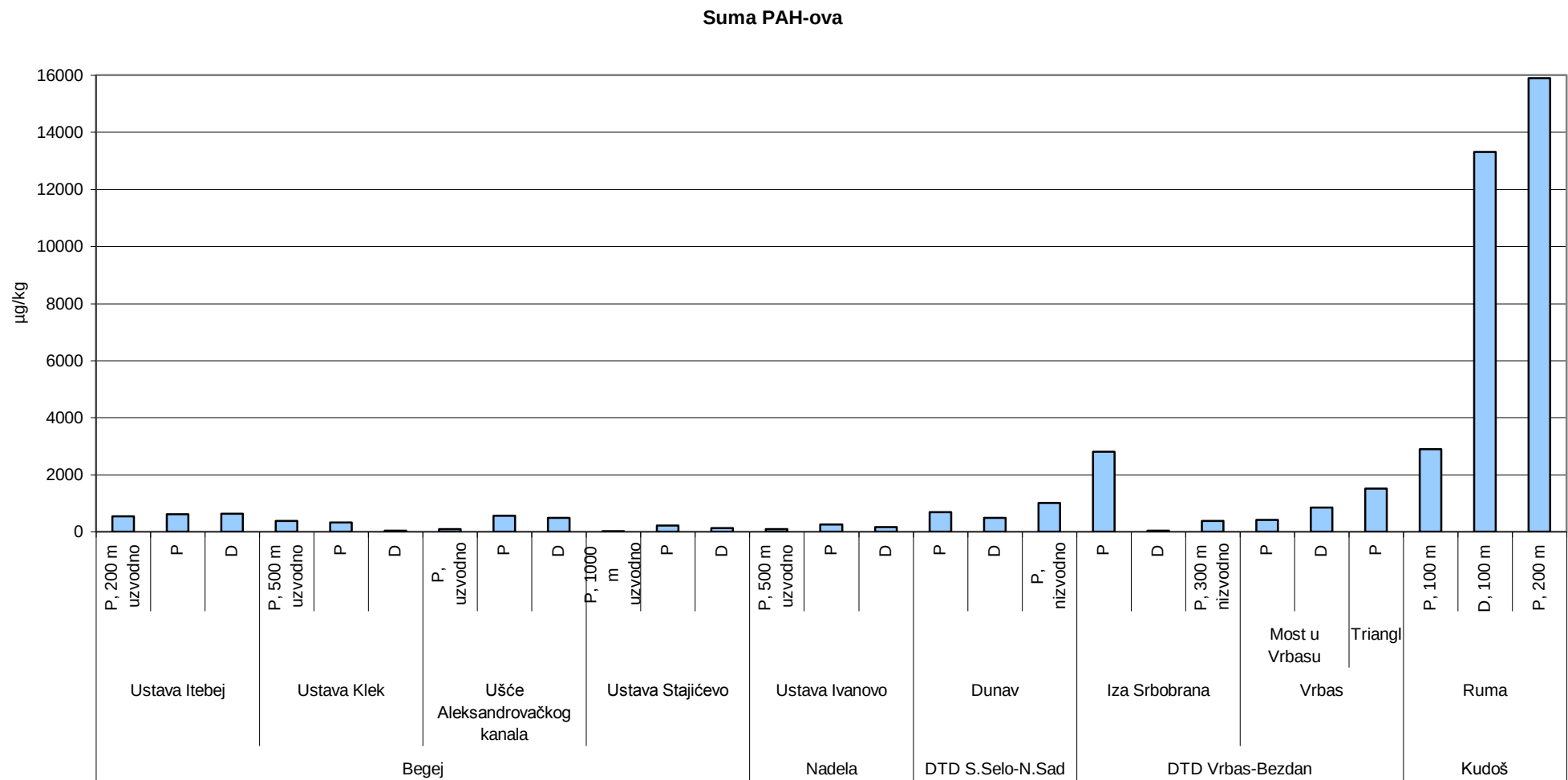
Od specifičnih organskih polutanata određivani su policiklični aromatični ugljovodonici, organohlorni pesticidi i polihlorovani bifenili.

Policiklični aromatični ugljovodonici. Ova klasa jedinjenja može biti antropogenog, ali i prirodnog porekla. PAH-ovi su detektovani u svim ispitivanim uzorcima (slike 2.38 i 2.39). U kanalima se suma PAH-ova kretala u veoma širokom opsegu od oko 40 µg/kg do čak 16000 µg/kg, dok u sedimentu Tise i belocrkvanskim jezerima ova vrednost nije prelazila 260 µg/kg. Prema holandskoj metodologiji referentna i interventna vrednost su postavljene samo za sumu PAH-ova, i one iznose 1 mg/kg i 40 mg/kg, redom. Kada se izvrši korekcija analitički određenih vrednosti uzimajući u obzir sadržaj organske materije, dolazi se do rezultata da PAH-ovi predstavljaju potencijalni problem u sedimentu Kudoša i površinskom sedimentu DTD kanala Vrbas-Bezdan iza Srbobrana koji su klasifikovani kao neznatno zagađeni (klasa 2), dok se na svim ostalim lokacijama sediment može svrstati u klasu 0.

Kada se dobijeni rezultati uporede sa kanadskim preporukama za sediment, dolazi se do sličnog zaključka. Naime, kanadske empirijski verovatne vrednosti uticaja prekoračene su za gotovo sve određivane PAH-ove u slučaju sedimenta u kanalu Kudoš, pa su negativni ekotoksični efekti vrlo verovatni. Potencijalni negativni ekotoksični efekti su mogući i na drugim ispitivanim lokacijama kanalske mreže jer su pojedinačno prekoračene teorijski moguće vrednosti uticaja za sva ispitivana jedinjenja u svim ispitivanim kanalima i na svim ispitivanim profilima. PAH-ovi ne predstavljaju problem jedino u sedimentu Tise i belocrkvanskim jezerima.



Slika 2.38. Sadržaj PAH-ova u sedimentu Tise i jezera



Slika 2.39. Sadržaj PAH-ova u sedimentu kanala

Organohlorni pesticidi. Iz grupe organohlornih pesticida utvrđeno je prisustvo izomera pesticida iz grupe heksahlorcikloheksana, 4,4-DDT-a i njegovih metabolita (4,4'-DDE i 4,4'-DDD), heptahlor, heptahlorepoksida i endrin-aldehida, a sporadično i ostalih određivanih jedinjenja (aldrina, dieldrina, endrina i endosulfan-sulfata). Klasifikacija prema holandskoj metodologiji dovela je do sledećih zaključaka:

- Sediment kanala Begej se prema sadržaju organohlornih pesticida svrstava uglavnom u klase 0 i 1. U slučaju sedimenata sa ovih lokacija, zabeleženo je pojedinačno višestruko prekoračenje referentnih vrednosti za heksahlorcikloheksane koje u većini analiziranih uzoraka svrstava sediment kanala Begej u klasu 3, a dubinski sediment kod ustave Stajićevo se svrstava u klasu 3 prema sadržaju DDT/DDE/DDD
- Sediment Nadele se svrstava u klasu nezagađenih i neznatno zagađenih sedimenata (klase 0 i 1). Detektovano je pojedinačno višestruko prekoračenje referentnih vrednosti za heksahlorcikloheksane, ali su detektovane koncentracije daleko od interventnih vrednosti.
- DTD kanal Savino Selo-Noví Sad se svrstava u klasu nezagađenih i neznatno zagađenih sedimenata (klase 0 i 1). Detektovano je pojedinačno višestruko prekoračenje referentnih vrednosti za heksahlorcikloheksane i pesticide iz grupe DDT/DDD/DDE, ali su detektovane koncentracije daleko od interventnih vrednosti.
- DTD kanal Vrbas-Bezdan se prema sadržaju organohlornih pesticida smatra nezagađenim i neznatno zagađenim (klase 0 i 1). Detektovano je pojedinačno višestruko prekoračenje referentnih vrednosti za heksahlorcikloheksane, pesticide iz grupe DDT/DDD/DDE i aldrin, ali su detektovane koncentracije daleko od interventnih vrednosti. Pesticidi iz grupe DDT/DDD/DDE su detektovani samo u dubinskim slojevima sedimenta.
- Sediment Kudoša se klasifikuje kao neznatno zagađen u pogledu sadržaja organohlornih pesticida (klase 0-2). Detektovani su pesticidi iz grupe „drin“-a dieldrin i endrin koji svrstavaju ovaj sediment u klase 2 i 1. Takođe, kao i na drugim lokacijama detektovano je pojedinačno prekoračenje referentnih vrednosti za heksahlorcikloheksane, pesticide iz grupe DDT/DDD/DDE i heptahlorepoksida, ali su detektovane koncentracije daleko od interventnih vrednosti.
- U slučaju sedimenata iz Tise, zabeleženo je pojedinačno višestruko prekoračenje referentnih vrednosti za heksahlorcikloheksane koje svrstava sediment Tise u klasu 3. Međutim, interventna vrednost od 2 mg/kg je propisana samo za sumu svih izomera heksahlorcikloheksana i daleko je iznad detektovanih koncentracija. Dodatno, DDT/DDD/DDE, heptahlor i heptahlorepoksida višestruko prekoračuju referentne vrednosti i svrstavaju sediment u klase 2 (DDT/DDD/DDE) i 1 (heptahlor i heptahlorepoksida).
- Sediment belocrkvanskih jezera se sveukupno svrstava u klasu nezagađenih i neznatno zagađenih sedimenata (klase 0 i 1). Detektovano je pojedinačno višestruko prekoračenje referentnih vrednosti za heksahlorcikloheksane, a sporadično su detektovani i pesticidi iz grupe DDT/DDD/DDE i heptahlorepoksida, ali su detektovane koncentracije daleko od interventnih vrednosti.

Kada se u obzir uzmu kanadske preporuke za sediment dolazi se do zaključka da najveći problem u ispitivanim sedimentima predstavlja prekoračenje empirijske vrednosti uticaja za heptahlorepoksida i lindan, a ono što posebno zabrinjava jeste rasprostranjenost ovih pesticida na gotovo svim ispitivanim lokacijama, što je posledica njihove hemijske postojanosti i perzistentnosti ka biološkoj razgradnji, s jedne strane, i visokom kapacitetu za akumulaciju u sedimentu, s druge strane.

Polihlorovani bifenili. Polihlorovani bifenili su detektovani u kanalu Begej, sedimentu Tise i površinskom i dubinskom sedimentu Glavnog belocrkvanskog jezera. Najugroženija lokacija je ustava Stajićevo (klasa 3), dok je na ostalom delu toka Begeja sediment neznatno zagađen (klasa 1). Sedimenti Tise i Glavnog jezera se klasifikuju kao neznatno zagađeni (klasa 1). Kada se u obzir uzmu kanadske preporuke, na svim lokacijama Begeja, i u sedimentu Glavnog jezera, postoji opasnost od ispoljavanja negativnih ekotoksičnih efekata jer su prekoračene teorijski moguće vrednosti uticaja, dok je empirijski verovatna vrednost uticaja prekoračena jedino u površinskom sedimentu na ušću Aleksandrovačkog kanala. U sedimentu Tise nisu prekoračene teorijski moguće vrednosti uticaja.

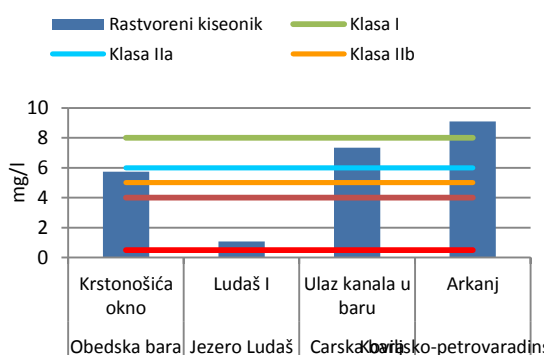
2.2. REZULTATI MONITORINGA POVRŠINSKIH VODA I SEDIMENTA ZAŠTIĆENIH ZONA NA TERITORIJI VOJVODINE

2.2.1. Analiza podataka o kvalitetu vode

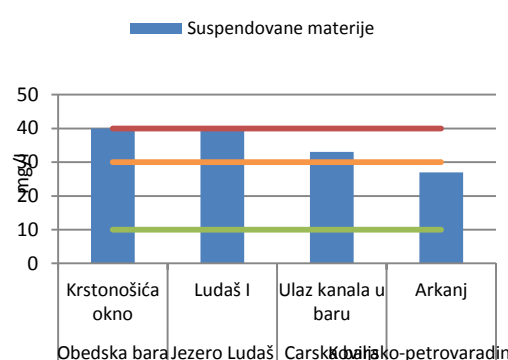
2.2.1.1. Opšti fizičko-hemijski pokazatelji kvaliteta voda

Od opštih fizičko-hemijskih pokazatelja kvaliteta vode analizirani su rastvoreni kiseonik, sadržaj sulfida, sadržaj suspendovanih materija i suvi ostatak, nutrijenti, deterdženti, kao i pokazatelji ukupnog organskog zagađenja (HPK, BPK₅, mineralna ulja). Rezultati opštih parametara za vodu su grafički prikazani u nastavku.

pH vrednost ispitivanih voda kretala se u opsegu **od 7,47-8,80** pa se sve vode mogu svrstati u I klasu prema Uredbi o klasifikaciji voda (*Sl. Glasnik* 5/68). **Sadržaj rastvorenog kiseonika** (slika 2.40) u vodi zaštićenih zona se kretao u opsegu **od oko 1 mg O₂/l** koliko je određeno u vodi jezera Ludaš **do oko 9 mg O₂/l** u vodi Koviljsko-petrovaradinskog rita-Arkanj. Prema sadržaju rastvorenog kiseonika, a poređenjem sa Uredbom o klasifikaciji voda, voda Ludaša je IV klase, Obedske bare IIb klase, Carske bare IIa klase, a Koviljsko-petrovaradinskog rita I klase.

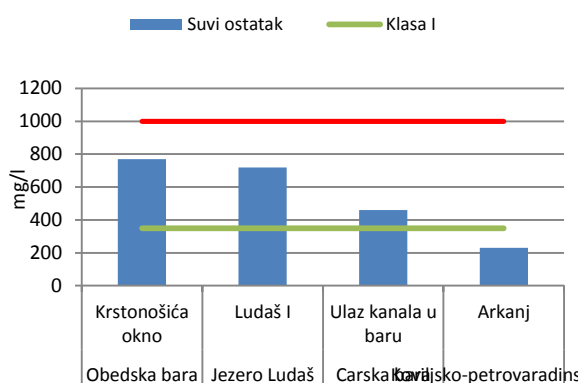


Slika 2.40. Sadržaj rastvorenog kiseonika u vodi zaštićenih zona

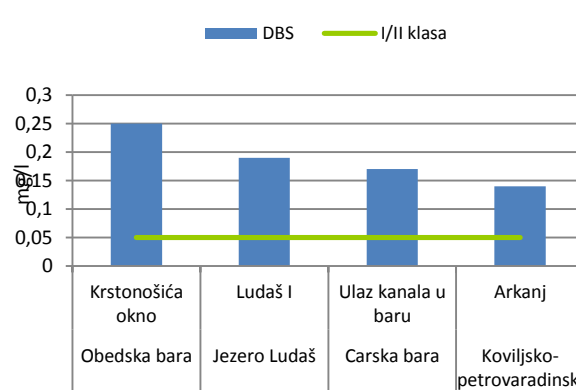


Slika 2.41. Sadržaj suspendovanih materija u vodi zaštićenih zona

Sadržaj suspendovanih materija (slika 2.41) se kretao u opsegu **od 27-40 mg/l**, a **suvi ostatak** (slika 2.42) **od 230-770 mg/l**. Prema sadržaju suspendovanih materija voda koviljsko-petrovaradinskog rita je II klase, a jezera Ludaš, Obedske i Carske bare klase III. Prema sadržaju suvog ostatka voda koviljsko-petrovaradinskog rita je I klase, a jezera Ludaš, Obedske i Carske bare II klase.



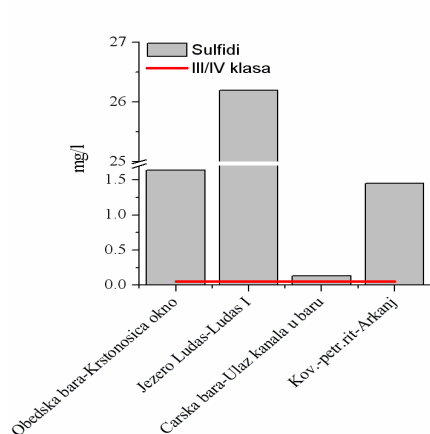
Slika 2.42. Sadržaj suvog ostatka u vodi zaštićenih zona



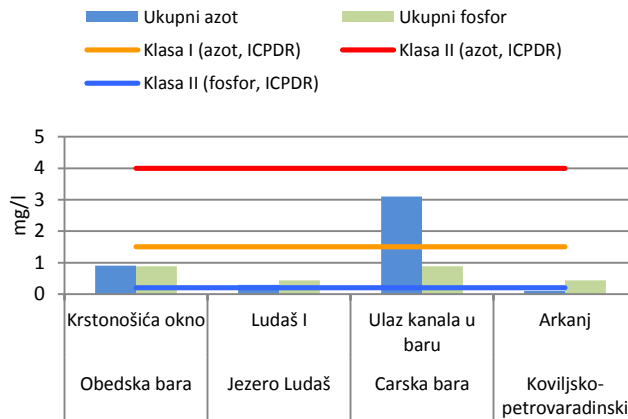
Slika 2.43. Sadržaj DBS-a u vodi zaštićenih zona

Prema sadržaju deterdženata izraženih kao DBS (slika 2.43), voda se u svim ispitivanim zaštićenim zonama svrstava u III/IV klasu jer je prekoračena maksimalna količina definisana za I/II klasu prema Pravilniku o opasnim materijama u vodama (*Sl. Glasnik* 31/82). **Sadržaj sulfida** (slika 2.44) se kretao **od 0,13 mg/l** u vodi Carske bare **do čak 26,2 mg/l** koliko je određeno u vodi jezera Ludaš. Prema sadržaju sulfida sve vode se nalaze van opsega definisanog Pravilnikom o opasnim materijama u vodama.

Sadržaj ukupnog azota (slika 2.45) u vodi zaštićenih zona se kretao **od 0,1 mg N/l do 3,1 mg N/l**. Samo u slučaju Carske bare (3,1 mg N/l) prekoračena je vrednost definisana za I klasu prema ICPDR-u, dok se u ostalim slučajevima voda ispitivanih zaštićenih zona može svrstati u I klasu. Sadržaj ukupnog fosfora (slika 2.45) nije mnogo varirao po ispitivanim profilima (0,44 – 0,88 mg P/l). U sve četiri zaštićene zone vrednosti za sadržaj ukupnog fosfora prekoračuju višu ciljnu vrednost prema preporukama ICPDR definisanu za II klasu (0,2 mg P/l). Detektovan sadržaj fosfora je veoma značajan sa aspekta eutrofizacije jer se smatra da su već pri vrednostima ukupnog fosfora iznad 10 µg/l ispunjeni uslovi za pojavu eutrofizacije.

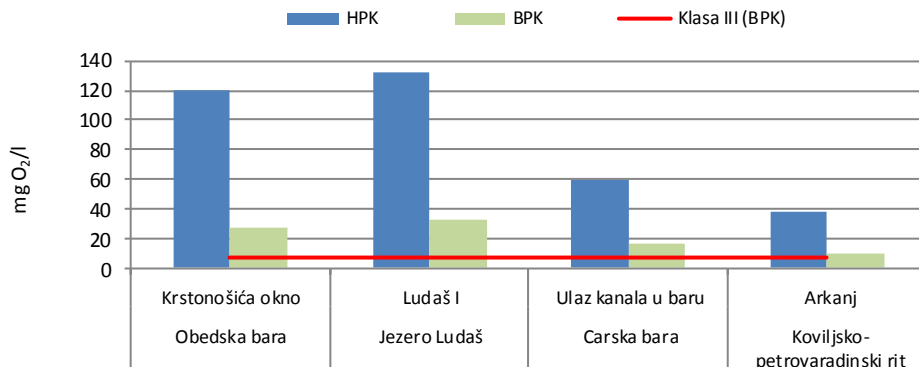


Slika 2.44. Sadržaj sulfida u vodi zaštićenih zona

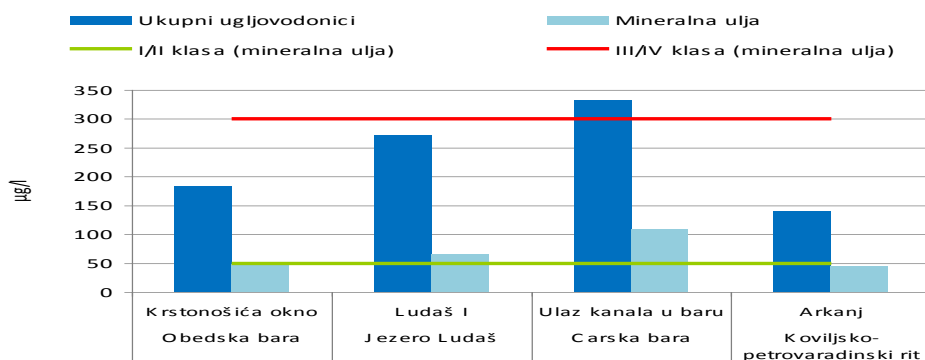


Slika 2.45. Sadržaj nutrijenata u vodi zaštićenih zona

Sadržaj organskih materija određen je u obliku hemijske i biološke potrošnje kiseonika (slika 2.46), kao i ukupnih ugljovodoničkih i mineralnih ulja (slika 2.47). Sadržaj organskih materija izražen kao BPK₅ u vodi svih zaštićenih zona prekoračuje graničnu vrednost za III klasu prema Uredbi o klasifikaciji voda (*Sl. Glasnik* 5/68). U pogledu sadržaja mineralnih ulja vode Carske bare i jezera Ludaš su III/IV klasa, dok su Obedska bara i koviljsko-petrovardinski rit I/II klasa.



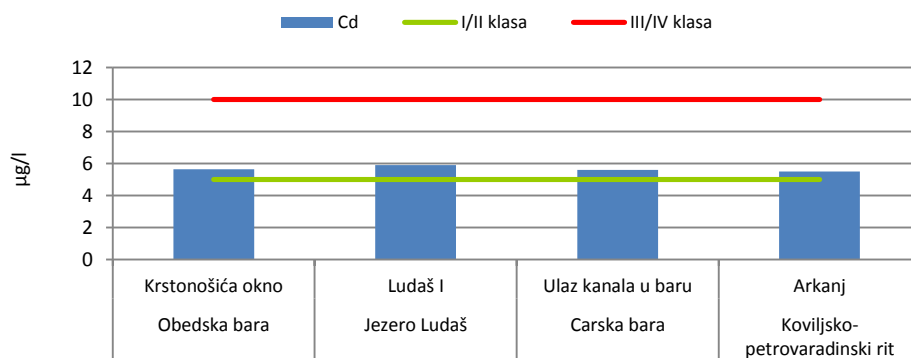
Slika 2.46. Sadržaj organskih materija izraženih kao HPK i BPK₅ u vodi zaštićenih zona



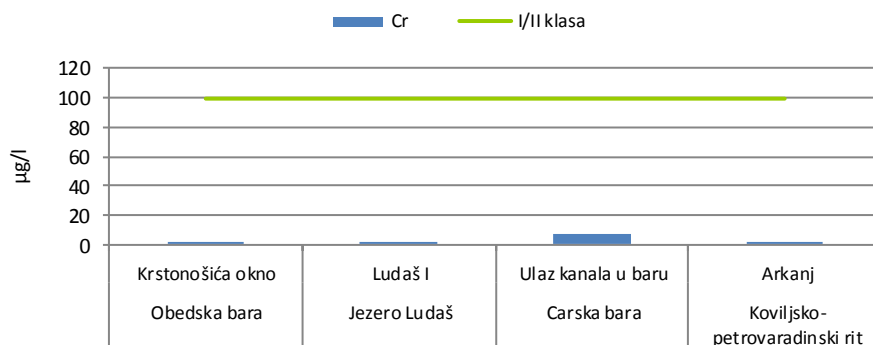
Slika 2.47. Sadržaj ukupnih ugljovodoničkih i mineralnih ulja u vodi zaštićenih zona

2.2.1.2. Sadržaj metala

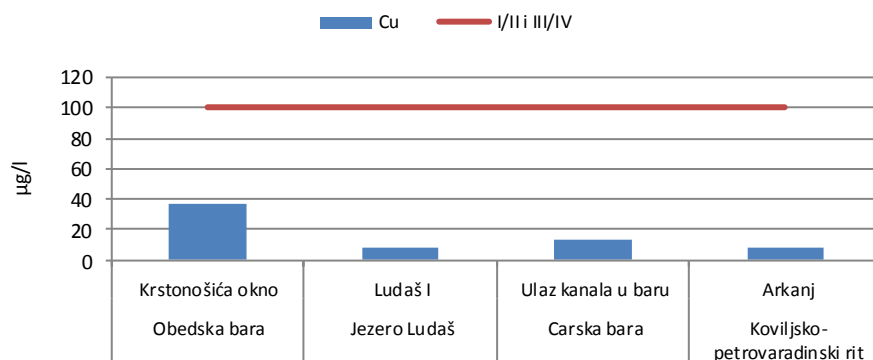
Rezultati za sadržaj metala u vodi su grafički prikazani u nastavku (slike 2.48-2.54). Od određivanih metala problem predstavlja jedino kadmijum koji u vodi svih ispitivanih zaštićenih zona prekoračuje maksimalnu dozvoljenu koncentraciju definisanu za I/II klasu, pa se voda svih zaštićenih zona svrstava u klasu III/IV u pogledu sadržaja ovog metala.



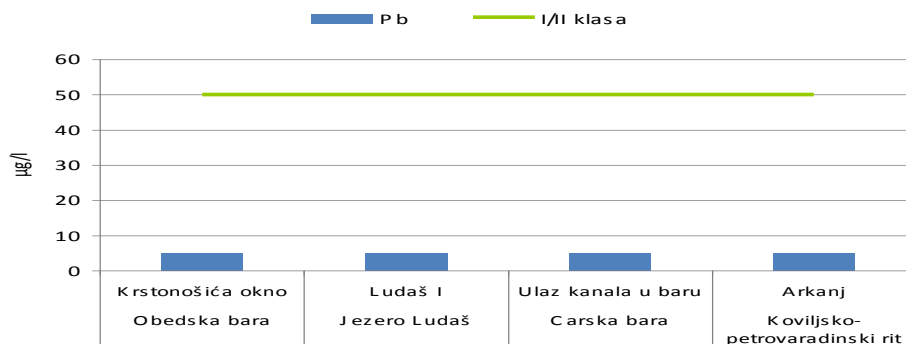
Slika 2.48. Sadržaj kadmijuma u vodi zaštićenih zona



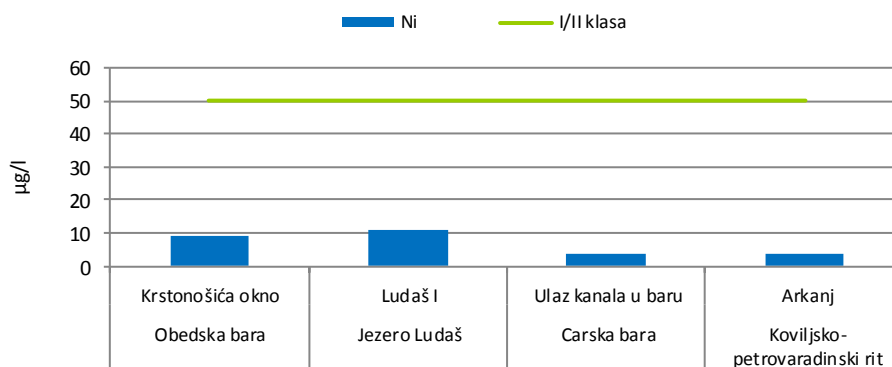
Slika 2.49. Sadržaj hroma u vodi zaštićenih zona



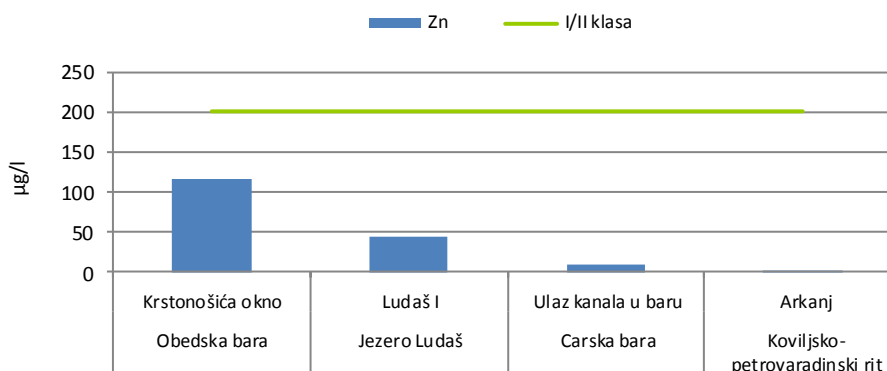
Slika 2.50. Sadržaj bakra u vodi zaštićenih zona



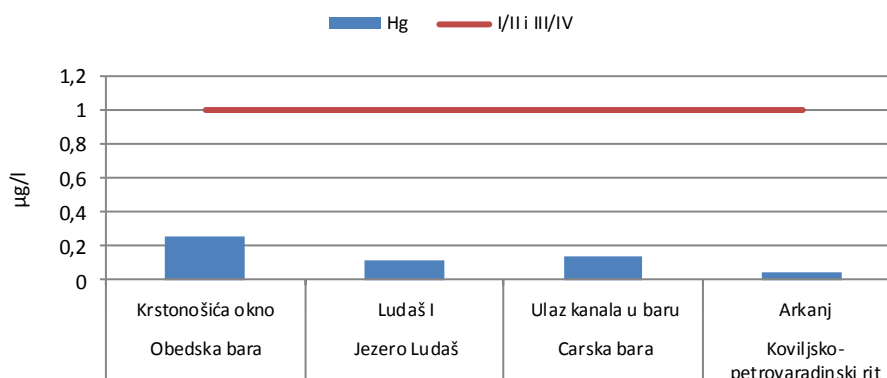
Slika 2.51. Sadržaj olova u vodi zaštićenih zona



Slika 2.52. Sadržaj nikla u vodi zaštićenih zona



Slika 2.53. Sadržaj cinka u vodi zaštićenih zona



Slika 2.54. Sadržaj žive u vodi zaštićenih zona

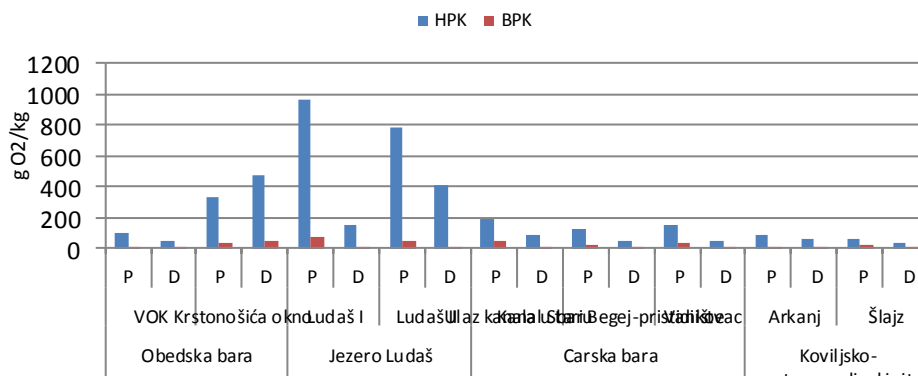
2.2.1.3. Sadržaj specifičnih organskih polutanata

Od specifičnih organskih polutanata analizirana su lako isparljiva jedinjenja (BTEX i organohlorna jedinjenja), policiklični aromatični ugljovodonici i organohlorni pesticidi.

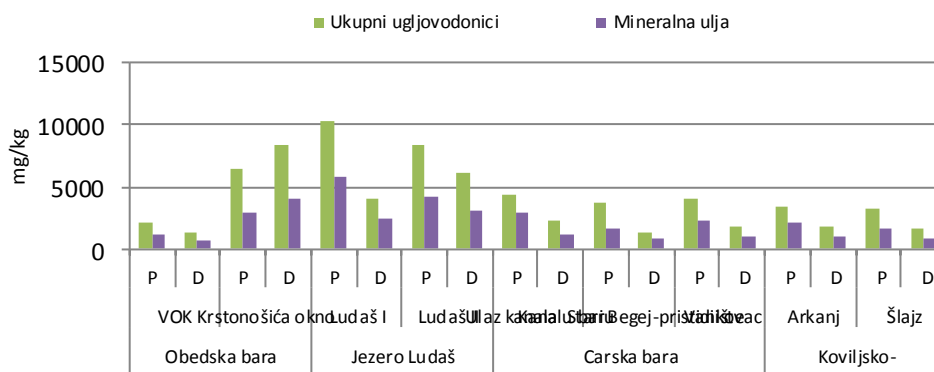
Od lako isparljivih ugljovodonika izraženih kao BTEX detektovani su benzen i toluen, a od ostalih lako isparljivih ugljovodonika detektovan je jedino hloroform. Toluen je detektovan u vodi jezera Ludoš, Carskoj bari i koviljsko-petrovaradinskom ritu i to u koncentracijama ispod 1 µg/l, a benzen u Carskoj bari (1,9 µg/l). Prema Pravilniku o opasnim materijama u vodama (Anon., 1982), voda na svim ispitivanim lokacijama odgovara I/II klasi jer ne premašuje vrednost od 0,5 mg/l koliko iznose MDK za toluen i benzen za navedenu klasu. Kanadske preporuke za kvalitet ambijentalnih slatkih voda (Anon., 2002) su u pogledu sadržaja toluena i benzena znatno strožije (2,0 µg/l i 370 µg/l, redom), ali ni ove vrednosti nisu prekoračene. Hloroform je detektovan iznad praktične granice određivanja u vodi jezera Ludoš, Carskoj bari i koviljsko-petrovaradinskom ritu. Kanadske preporuke za hloroform (1,8 µg/l) su prekoračene u vodi Carske bare i koviljsko-petrovaradinskog rita.

PAH-ovi su detektovani u vodi u koncentracijama uglavnom ispod 10 ng/l ili uopšte nisu detektovani. Jedino su u vodi koviljsko-petrovaradinskog rita određeni fenantren, fluoranten i piren u koncentracijama do 40 ng/l. Prema Pravilniku o opasnim materijama u vodama suma šest PAH-ova nije prelazila graničnu vrednost definisanu za I/II klasu (200 ng/l). Organohlorni pesticidi i polihlorovani bifenili u vodi nisu detektovani iznad praktične granice određivanja niti na jednoj ispitivanoj lokaciji.

Ukupni ugljovodonični i mineralna ulja. Sadržaj ukupnih ugljovodoničnih i mineralnih ulja grafički je predstavljen na slici 2.57. Sadržaj mineralnih ulja se kreće od oko 600 mg/kg do čak 6000 mg/kg koliko je određeno u površinskom sedimentu jezera Ludaš. Svaki pojedinačni uzorak je grafički predstavljen na slici 2.58. U sedimentu jezera Ludaš su generalno detektovane najviše koncentracije mineralnih ulja. Međutim, kada se u obzir uzme visoki sadržaj organskih materija i izvrši preračunavanje na uslove standardnog sedimenta, dobija se da je sediment u ovom jezeru klasifikovan kao neznatno zagađen (klasa 2). U istu klasu neznatno zagađenih sedimenata svrstani su i sedimenti Carske bare (klasa 2) i Obedske bare (klasa 1). Najugroženiji u pogledu sadržaja mineralnih ulja, zbog niskog sadržaja ukupnih organskih materija i manjeg kapaciteta za vezivanje organskog zagađenja, jeste sediment koviljsko-petrovaradinskog rita koji se svrstava u klasu 3 i prema tome spada u klasu zagađenih sedimenata.

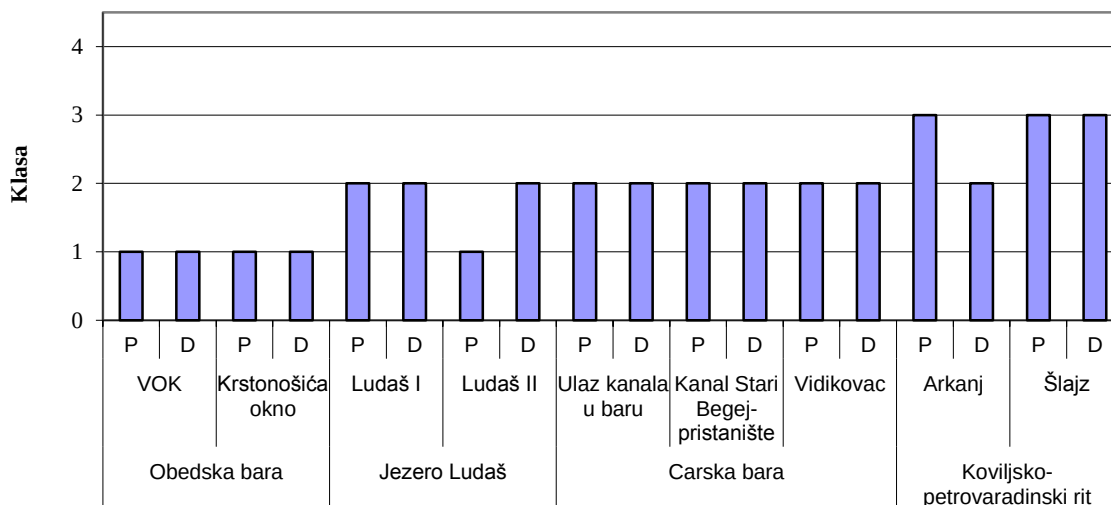


Slika 2.56. Sadržaj organskih materija izraženih preko HPK i BPK₅ u sedimentu zaštićenih zona



Slika 2.57. Sadržaj ukupnih ugljovodonika i mineralnih ulja u sedimentu zaštićenih zona

Klasifikacija prema holandskoj metodologiji

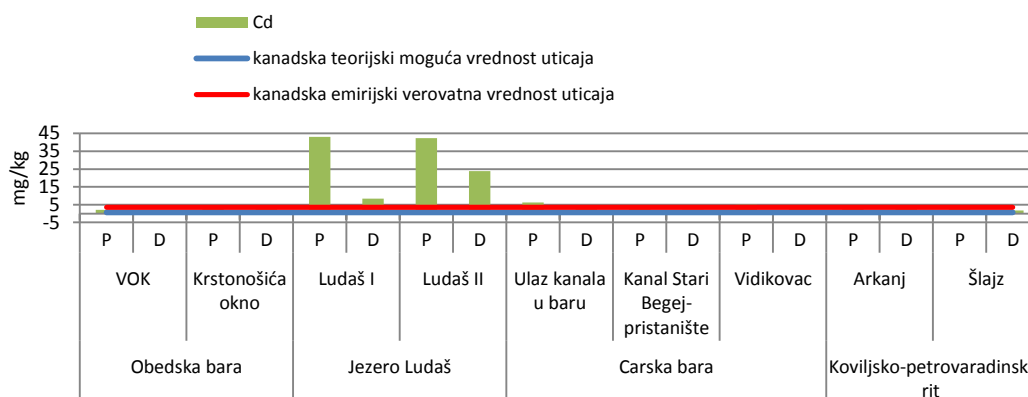


Slika 2.58. Klasifikacija sedimenata zaštićenih zona prema holandskoj metodologiji

2.2.2.2. Sadržaj metala

Kadmijum. Vrednosti izmerene za sadržaj kadmijuma u sedimentu predstavljene su na slici 2.59. **Koncentracija kadmijuma** se kretala u opsegu **od oko 1,4 mg/kg do čak 43 mg/kg** koliko je detektovano u površinskom sedimentu jezera Ludaš. Koncentracija kadmijuma je generalno povišena na svim ispitivanim lokacijama što pokazuje prekoračenje kanadske empirijski verovatne vrednosti uticaja u oko 67% ispitivanih uzoraka, dok je kanadska teorijski moguća vrednost uticaja prekoračena u preostalih 33% ispitivanih uzoraka. U skladu sa ovim može se zaključiti da postoji opasnost za ispoljavanje negativnih ekotoksičnih efekata na svim ispitivanim lokacijama. Međutim, klasifikacija prema holandskoj metodologiji pokazuje da je jedino sediment jezera Ludaš ozbiljno zagađen

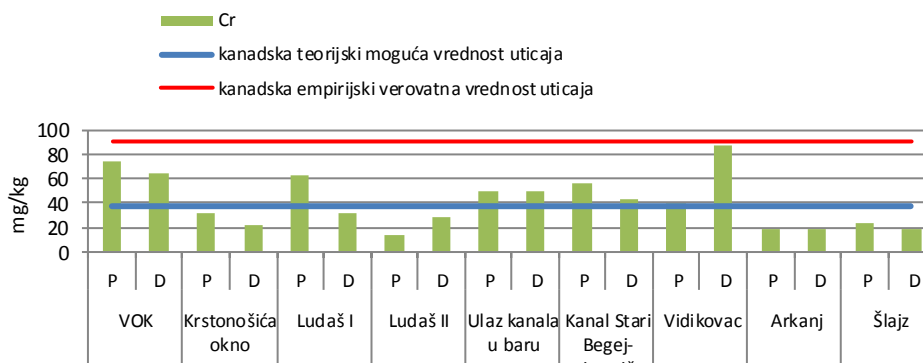
kadmijumom (pretežno klasa 4), dok je sediment na preostalim lokacijama neznatno zagađen (klasa 2 su ispitivani sedimenti Carske bare, koviljsko-petrovaradinskog rita i Obedske bare na lokaciji Krstonošića okno, dok je sediment Obedske bare na lokaciji VOK klase 1). Ako uporedimo sadržaj kadmijuma u sedimentu sa maksimalno dozvoljenom koncentracijom kadmijuma u zemljištu prema našem propisu koja iznosi 3 mg/kg, zaključujemo da je ova vrednost prekoračena u čak 67% ispitivanih uzoraka.



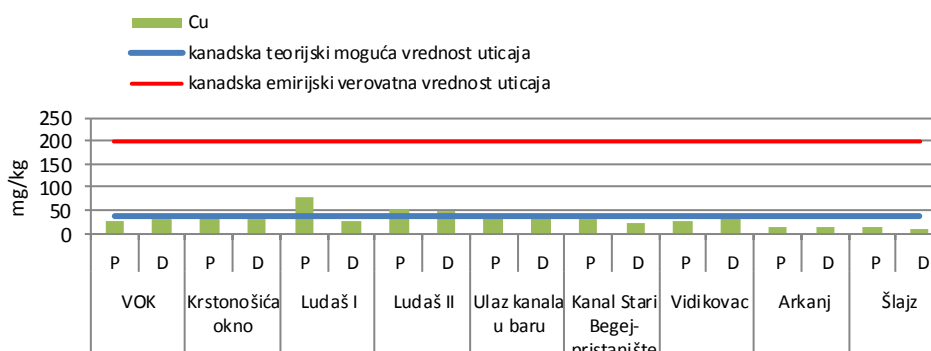
Slika 2.59. Sadržaj kadmijuma u sedimentu zaštićenih zona

Hrom. Rezultati za sadržaj hroma su prikazani na slici 2.60. **Sadržaj hroma** se kretao u uskom opsegu **od oko 13 mg/kg do oko 90 mg/kg**. Potencijalni negativni ekotoksični efekat moguć je u Carskoj bari, Obedskoj bari na lokaciji VOK i sedimentu Ludaša – Ludaš I. Međutim, kada se izvrši klasifikacija prema holandskoj metodologiji sedimenti se svrstavaju u klasu nezagađenih (klasa 0) na svim ispitivanim lokacijama, osim Carske bare – Vidikovac koji je neznatno zagađen (klasa 1). Naš zakon propisuje MDK hroma u zemljištu na 100 mg/kg, a ova vrednost nije prekoračena niti u jednom uzorku.

Bakar. Sadržaj bakra u sedimentu kanala, reka i jezera prikazan je na slici 2.61. **Koncentracija bakra** se kretala **od oko 8 mg/kg do oko 78 mg/kg**. Ispoljavanje potencijalnih negativnih efekata je moguće u jezeru Ludaš gde sadržaj bakra prekoračuje kanadsku teorijski moguću vrednost uticaja. Kanadska empirijski verovatna vrednost uticaja nije prekoračena niti u jednom uzorku. Prema holandskoj metodologiji oko 83% ukupno ispitivanih uzoraka se svrstava u nezagađene (klasa 0), dok se na nekoliko lokacija (površinski sediment na lokaciji Ludaš I i dubinski sedimenti Carske bare na lokacijama Vidikovac i ulaz kanala u baru) sedimenti svrstavaju u neznatno zagađene (klasa 2). Naše zakonodavstvo propisuje MDK za bakar na 100 mg/kg, a ova vrednost nije prekoračena niti u jednom uzorku.

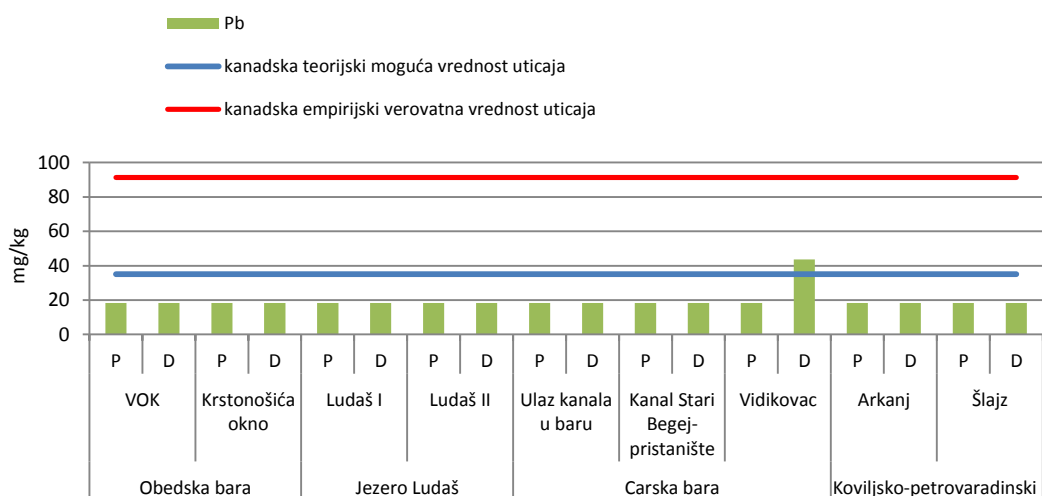


Slika 2.60. Sadržaj hroma u sedimentu zaštićenih zona



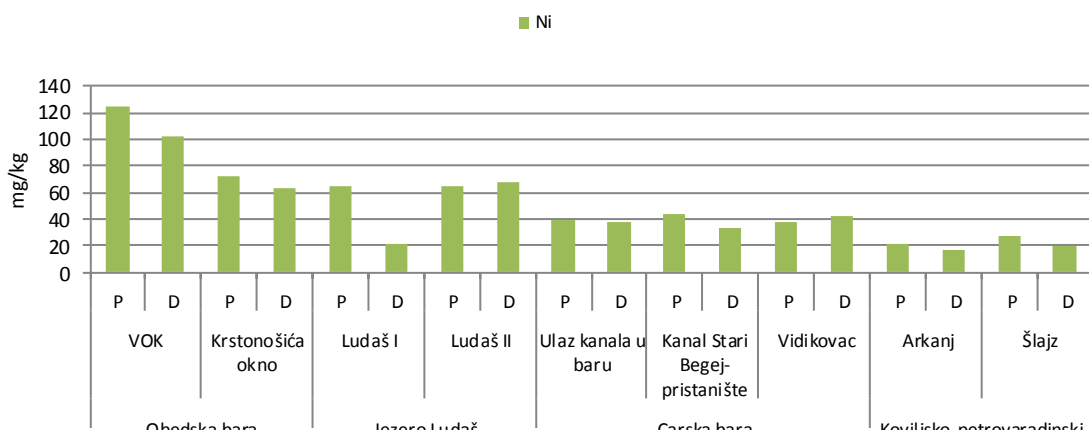
Slika 2.61. Sadržaj bakra u sedimentu zaštićenih zona

Olovo. Sadržaj olova (slika 2.62) je u svim ispitivanim uzorcima bio **ispod 20 mg/kg**, osim u dubinskom sedimentu Carske bare na lokaciji Vidikovac gde je prekoračena kanadska teorijska vrednost uticaja. Prema holandskoj metodologiji (Prilog III) svi uzorci su u pogledu sadržaja olova klasifikovani kao nezagađeni (klasa 0), a MDK za zemljište (100 mg/kg) nije prekoračena niti u jednom slučaju. Olovo, dakle, sa ekotoksikološkog stanovišta ne predstavlja problem.



Slika 2.62. Sadržaj olova u sedimentu zaštićenih zona

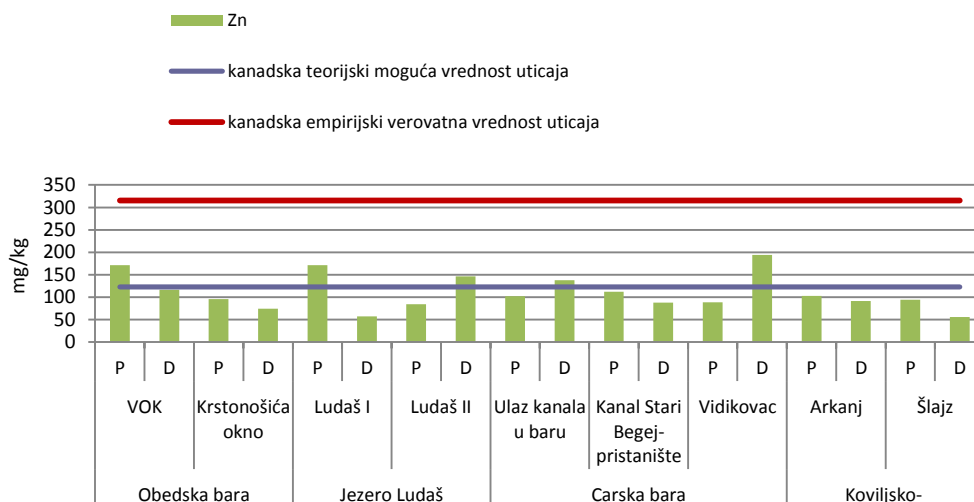
Nikal. Sadržaj nikla se kretao **od oko 20 mg/kg do oko 120 mg/kg** (slika 2.63). Granične vrednosti prema kanadskom zakonodavstvu nisu definisane. Kada se primeni holandska metodologija oko 60% svih ispitivanih uzoraka se klasifikuje kao zagađeni sedimenti (11 uzoraka se svrstava u klasu 3). Najugroženije lokacije su Obedska bara i Ludaš, kao i površinski sedimenti koviljsko-petrovaradinskog rita koji su svrstani u klasu 3, dok sedimenti Carske bare pretežno spadaju u klasu 2. MDK nikla u zemljištu prema našem zakonodavstvu iznosi 50 mg/kg, a ova vrednost je prekoračena skoro 40% ispitivanih uzoraka (Obedska bara i Ludaš).



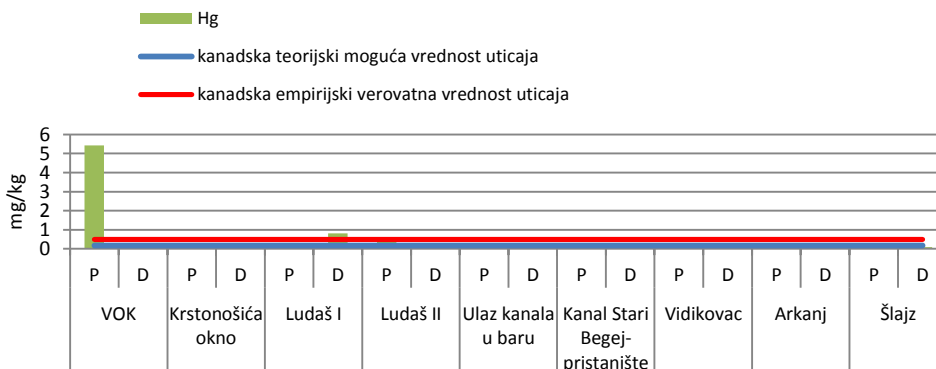
Slika 2.63. Sadržaj nikla u sedimentu zaštićenih zona

Cink. Sadržaj cinka se kretao u širokom opsegu **od oko 50 mg/kg do oko 200 mg/kg**. (slika 2.64). Potencijalni negativni ekotoksični uticaj moguć je na svega nekoliko lokacija Obedske bare, Ludaša i Carske bare gde je prekoračena teorijski moguća vrednost uticaja. Kada se primeni holandska metodologija, dobija se da se sediment na svim lokacijama svrstava u klasu nezagađenih i neznatno zagađenih (0 i 1), a samo jedan uzorak se svrstava u klasu 2 (Koviljsko-petrovaradinski rit – Arkanj) koja takođe ukazuje na neznatno zagađenje. Niti na jednoj lokaciji nije prekoračena MDK za zemljište (300 mg/kg).

Živa. Sadržaj žive se kretao u širokom opsegu **od oko 0,07 mg/kg pa do čak 5,4 mg/kg** koliko je detektovano u površinskom sedimentu Obedske bare na lokaciji VOK (slika 2.65), a ova vrednost značajno prekoračuje kanadsku empirijsku vrednost uticaja. Osim na ovoj lokaciji, sadržaj žive u sedimentu ima potencijal za ispoljavanje negativnih ekotoksičnih efekata u sedimentu jezera Ludaš. Do sličnih zaključaka se dolazi i na osnovu holandske metodologije. Naime, sediment Obedske bare-VOK se svrstava u klasu 3, jezera Ludaš delimično u klasu 2, dok je na svim ostalim lokacijama sediment nezagađen (klase 0 i 1). Naše zakonodavstvo propisuje vrednost MDK od 2 mg/kg koja je prekoračena jedino u slučaju površinskog sedimenta Obedske bare na lokaciji VOK.



Slika 2.64. Sadržaj cinka u sedimentu zaštićenih zona



Slika 2.65. Sadržaj žive u sedimentu zaštićenih zona

2.2.2.3. Sadržaj specifičnih organskih polutanata

Policiklični aromatični ugljovodonici. U zaštićenim zonama suma **PAH-ova** se kretala u veoma širokom opsegu **od oko 80 µg/kg do čak 193000 µg/kg** (slika 2.66) koliko je detektovano u dubinskom sedimentu koviljsko-petrovaradinskog rita na profilu Arkanj. Kada se izvrši korekcija analitički određenih vrednosti uzimajući u obzir sadržaj organske materije, dolazi se do rezultata da PAH-ovi predstavljaju problem u sedimentu koviljsko-petrovaradinskog rita – Arkanj jer su klasifikovani kao zagađeni (klase 3 i 4), a potencijalni su problem u jezeru Ludaš (klase 2 i 3) i na profilu Šlajz (površinski sediment je klasa 2). Na ostalim ispitivanim lokacijama sediment se može svrstati u klasu 0.

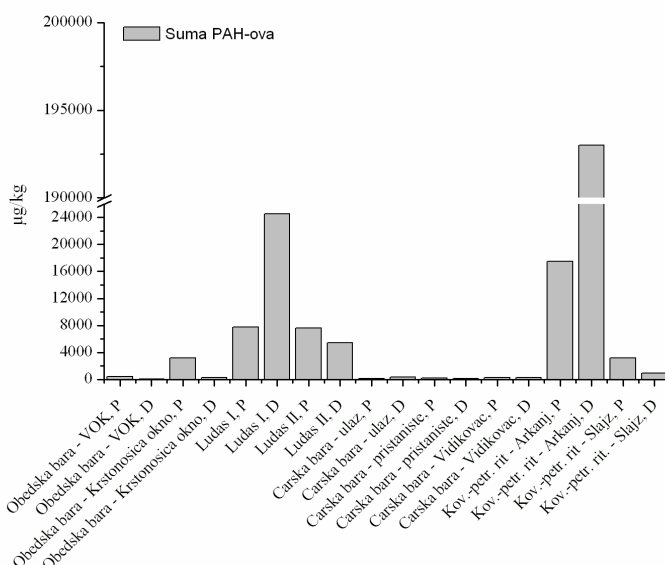
Kada se dobijeni rezultati uporede sa kanadskim preporukama za sediment, dolazi se do istog zaključka. Naime, kanadske empirijski verovatne vrednosti uticaja prekoračene su za gotovo sve određivane PAH-ove u slučaju sedimenta koviljsko-petrovaradinskog rita-Arkanj, kao i u slučaju sedimenta jezera Ludaš-Ludaš I, pa su negativni ekotoksični efekti vrlo verovatni. Potencijalni negativni ekotoksični efekti su mogući i na profilu Šlajz i Ludaš II, kao i Obedska bara-Krstonošića okno, jer su pojedinačno prekoračene teorijski moguće vrednosti uticaja za gotovo sva ispitivana jedinjenja. Jedino u sedimentu Carske bare PAH-ovi ne predstavljaju problem.

Organohlorni pesticidi. Iz grupe organohlornih pesticida utvrđeno je prisustvo izomera heksahlorcikloheksana, 4,4-DDT-a i njegovih metabolita (4,4'-DDE i 4,4'-DDD), heptahlor, heptahlorepoksida i endrin-aldehida, a sporadično i ostalih određivanih jedinjenja (aldrina, dieldrina, endrina i endosulfan-sulfata). Klasifikacija prema holandskoj metodologiji dovela je do sledećih zaključaka:

- Dubinski sedimenti koviljsko-petrovaradinskog rita na obe ispitivane lokacije, Arkanj i Šlajz, se svrstavaju u klasu 2 prema sadržaju DDT/DDE/DDD. U slučaju površinskih sedimenata sa ovih lokacija, zabeleženo je pojedinačno višestruko prekoračenje referentnih vrednosti za heksahlorcikloheksane, heptahlor i heptahlorepoksid, ali su detektovane koncentracije daleko od interventnih vrednosti.

- Sedimenti jezera Ludaš se se svrstavaju u klasu 2 prema sadržaju DDT/DDE/DDD. U slučaju ostalih pesticida, zabeleženo je pojedinačno višestruko prekoračenje referentnih vrednosti za heksahlorcikloheksane, heptahlor i heptahlorepoksid, ali su detektovane koncentracije daleko od interventnih vrednosti.
- Od ispitivanih sedimenata Carske bare, jedino dubinski sediment na lokaciji Pristanište spada u klasu 2 prema sadržaju DDT/DDD/DDE. Na svim ostalim lokacijama heksahlorcikloheksani, heptahlor i heptahlorepoksid višestruko prekoračuju referentne vrednosti, ali su detektovane koncentracije daleko od interventnih vrednosti.
- Sedimenti Obedske bare se prema sadržaju organohlornih pesticida smatraju nezagađenima i neznatno zagađenima (klase 0 i 1).

Kada se u obzir uzmu kanadske preporuke dolazi se do sličnih zaključaka, pa se negativni ekotoksični efekti očekuju u jezeru Ludaš, Carskoj bari i koviljsko-petrovaradinskom ritu zbog prekoračenja empirijski verovatnih vrednosti uticaja za heptahlorepoksid i derivate DDT-a.



Slika 2.66. Suma PAH-ova u sedimentu zaštićenih zona

Polihlorovani bifenili. Polihlorovani bifenili su detektovani u jezeru Ludaš (dubinski sediment sa lokacije Ludaš II), Carskoj bari (ulaz kanala u baru i pristanište), i koviljsko-petrovaradinskom ritu-Šlajz. Najugroženija lokacija je Šlajz (klasa 3 i 4), dok se sedimenti Ludaša i Carske bare klasifikuju kao neznatno zagađeni (klasa 1).

3. ZAKLJUČAK

Generalno, kvalitet vode i sedimenta kanala je lošiji u odnosu na ostale tipove ispitivanih vodotoka jer su oni u većoj meri pod direktnim ili indirektnim uticajem neprečišćenih ili delimično prečišćenih otpadnih voda. Visok sadržaj organskih materija i nutrijenata je detektovan na lokacijama koje su ugrožene ispuštanjem neprečišćenih otpadnih voda, a to su pre svega vodotoci malih kapaciteta za samoprečišćavanje (Kudoš, Nadela, kanal Begej pod uticajem Aleksandrovačkog kanala, DTD kanal Vrbas-Bezdan u Vrbasu).

Jedan od najvećih uočenih problema u ispitivanim vodotocima jeste prisustvo i rasprostranjenost kadmijuma. Moguće objašnjenje za njegovo široku rasprostranjenost jeste njegovo poreklo iz difuznih izvora zagađenja i to iz fosfatnog đubriva, budući da je monitoring sproveden u periodu primene agrotehničkih mera. Visok sadržaj u vodi može biti posledica njegovog lakog spiranja sa zemljišta za koga se labavo vezuje, uglavnom za karbonatnu frakciju, pa samo promena pH vrednosti može da izazove njegovu mobilnost. Problem predstavlja nedostatak regulative u oblasti veštačkih đubriva, tako da postojeće stanje može biti rezultat dugogodišnje upotrebe đubriva lošeg kvaliteta. Prisustvo nikla, međutim, koji pokazuje sličnu rasprostranjenost kao i kadmijum, kao i prisustvo hroma i cinka u ispitivanim sedimentima, ukazuje na mogućnost antropogenog porekla ovih metala. Pojedine deonice

DTD kanala (kanal Begej delimično, kanal Vrbas-Bezdan i Savino Selo-Novi Sad) takođe su opterećene visokim sadržajem mineralnih ulja koje svrstava ove sedimente u klasu zagađenih (klase 3 i 4).

Što se tiče kvaliteta vode i sedimenta zaštićenih zona, zabrinjava visok sadržaj mineralnih ulja, polihlorovanih bifenila i policikličnih aromatičnih ugljovodonika na ispitivanim lokacijama koviljsko-petrovaradinskog rita, Arkanj i Šlajz, što ne mora biti posledica trenutnih aktivnosti, već aktivnosti u nekim ranijim periodima i slučajnog ili namernog izlivanja nafte i njenih derivata, jer su detektovane organske komponente sklone akumulaciji u sedimentima. Mogući negativni uticaj je na ovim lokacijama izraženiji zbog peskovitog tipa sedimenta sa manjim sadržajem organske materije i stoga manjim kapacitetom za vezivanje organskih polutanata.

Od zaštićenih zona, jezero Ludoš je značajno opterećeno organskim materijama, što za posledicu ima postojanje anaerobnih uslova (nizak sadržaj rastvorenog kiseonika u vodi, izuzetno visok sadržaj sulfida, izuzetno negativan redoks potencijal sedimenta). Od opasnih supstanci u sedimentu jezera Ludaš je detektovan kadmijum i to u količinama koje klasifikuju ovaj sediment kao zagađen (klasa 4).

Sediment Carske bare se pretežno može svrstati u klasu malo zagađenih sedimenata (pretežno je klase 2), ali bi nastavljnje monitoringa bilo poželjno radi praćenja statusa i trenda kvaliteta sedimenta i utvrđivanja izvora opasnih materija. U istom smislu, neophodno je dalje praćenja kvaliteta sedimenta Obedske bare radi utvrđivanja izvora nikla koji svrstava ovaj sediment u klasu zagađenih (klasa 3), a dodatno istraživanje oblika vezivanja i biodostupnosti nikla bi bilo neophodno u cilju realnije procene rizika.