

Monitoring vpliva urbanizacije na potok Glinščica na urbanem območju mesta Ljubljane

Simon Rusjan, Mitja Brilly, Matej Padežnik, Andrej Vidmar*

Povzetek

Hidrološki režimi odtoka so definirani s klimatskimi, geološkimi, topografskimi, talnimi, vegetacijskimi in antropogenimi karakteristikami prispevnih območij. V procesu urbanizacije so naravne površine zamenjane z umetnimi, večinoma manj prepustnimi oz. neprepustnimi tlakovanimi površinami, kar povzroči velike spremembe v hidrološki odzivnosti prispevnih površin. Skladno s širitvijo tlakovanih urbanih površin se gradi sistem urbane odvodnje meteorne vode, katerega osnovni namen je efektivno zbiranje in odtekanje padavinskega dotoka. Vpliv urbanizacije na hidrološki vodni krog je kompleksen, običajno se najpogosteje odraža na povečanih volumnih padavinskega dotoka ter zvišanju konic hidrogramov odtoka. Z vidika ekološke vloge vodotoka kot habitata pospešen odtok s prispevnih urbanih površin povzroči intenzivno spiranje onesažil v vodotok ter ob dodatnih posegih zaščite pred vodami vodi v ekološko in ekomorfološko degradacijo urbanih vodotokov. Magnituda vpliva urbanega okolja na vodotoke se običajno povečuje z manjšanjem velikosti vodotoka. V prispevku predstavljamo rezultate meritev vpliva urbanih površin na območju Ljubljane na potok Glinščica. Prispevno območje Glinščice je bilo opremljeno z hidrološko mersko opremo, kar je omogočilo sledljivost hidrološke odzivnosti potoka na spremenjene hidrometeorološke pogoje. Hidrološki monitoring je bil dopolnjen s periodičnimi meritvami parametrov kvalitete vode (pH, temperatura vode, elektroprevodnost, vsebnost raztopljenega kisika, ORP, koncentracija nitrata in amonija), ki so nam omogočili analizo vpliva spremenjenega hidrološkega in morfološkega stanja na ekološke razmere v vodotoku. Meritve so se izvajale v okviru evropskega projekta URBEM (Urban River Basin Enhancement Methods).

Uvod

Vodotoki so kompleksni ekosistemi v katerih je prisotna velika dinamika ekoloških procesov. Navkljub tej dinamiki naravno ohranjeni odseki vodotokov izražajo neko stopnjo samoreguliranja procesov in ohranjanja v določenem obsegu ekoloških razmer oz. v t. i. dinamičnem ravnotežju (Fogg in Wells, 1998; Wharton, 2000). Modifikacija ali prevlada neke funkcije vodotoka nad drugimi funkcijami lahko privede do nestabilnosti v vodotoku kot sistemu in posledično vodi v degradacijo vodnega okolja in zmanjšanje njegovega ekološkega potenciala. Značilen takšen primer so vodotoki v urbanem okolju. Voda je bila skoraj v vsej zgodovini urbanizma pomembna sestavina mestnega oblikovanja. Odseki vodotokov na urbanih območjih predstavljajo neposreden stik in povezavo med sodobnimi potrebami življenja v urbanih središčih ter naravnimi prvinami okolja. Mesta, ki so bila zgrajena ob rekah z urejenim obvodnim okoljem, imajo komunalno-higiensko, ekološko, prometno, obrambno, klimatsko in estetsko prednost pred mesti, ki so brez večjih vodnih površin. Razvoj urbanih središč v težnji po pridobivanju novih površin večino teh prednosti ni upošteval in izkoristil. Nekoč obsežne poplavne ravnice so bile pozidane vse do brežin vodotoka. Vodotok je bil in je še vedno večinoma obravnavan le kot geometrijski arhitekturni element ter kot odvodnik za odpadno komunalno in padavinsko vodo. Temu

* UL, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova 2, SI-1000 Ljubljana

primerna je bila tudi njegova ureditev. Da bi se zagotovilo čim boljše hidravlično prevodnost ter s tem večjo varnost pred poplavami je struga vodotoka enotno geometrijsko oblikovana (uporaba hidravlično najugodnejših korit) ter poglobljena in obdana z visokimi brežinami, trasa vodotoka je izravnana, padci dna se na posameznem odseku vodotoka ne spreminjajo. Ostenje struge vodotoka ter brežine so zgrajene iz umetnih gradiv, da se zagotovi čim manjšo hrapavost. Manjši vodotoki so nekoč predstavljali moteč element v mestnem okolju, zato so pogosto umeščeni v betonske kanale in ločeni od sosednjih površin s strmimi brežinami, visokimi ograjami, pogosto so tudi zacevljeni. Posledično je ekološka vloga vodotoka povsem razvrednotena (SEPA, 2000).

Za obvladovanje procesa izboljševanja stanja vodnih teles na osnovi pravnih določil bomo potrebovali metode za kemijsko, biološko in hidromorfološko vrednotenje stanja vodotokov. Detajlnejši vpogled v specifično problematiko posameznih urbanih vodotokov je osnova za konkretizacijo ukrepov za izboljšanje obstoječega slabega ekohidrološkega stanja urbanih vodotokov. Takšen vpogled je možen s pridobitvijo podatkov tako o hidroloških karakteristikah, dinamiki kvalitete vode v vodotoku kot tudi strukturi življenjskih združb v vodotoku.

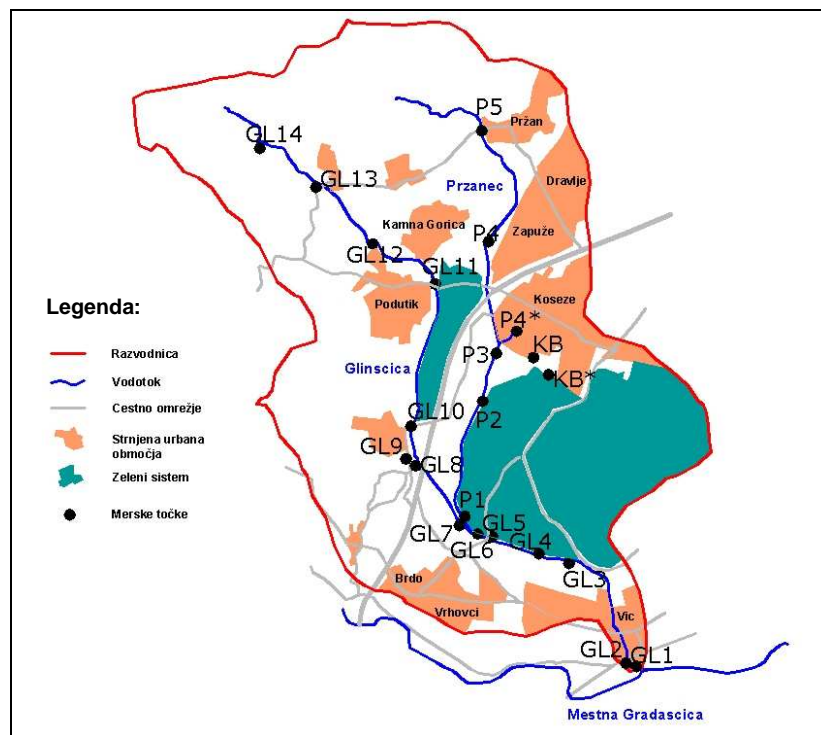
Baza podatkov o ekohidrološkem in hidromorfološkem stanju urbanih vodotokov na območju mestne občine Ljubljana s poudarkom na analizi stanja na vodotoku Glinščica je bila pridobljena z dvoletnim monitoringom v okviru izvajanja evropskega projekta URBEM (Urban River Basin Enhancement Methods). Cilj pridobivanja podatkov je bil ovrednotiti vplive urbanega okolja na ekohidrološko stanje urbanih vodotokov za potrebe načrtovanja rehabilitacijskih ukrepov na obravnavanih vodotokih.

Opis prispevnega območja Glinščice

Glinščica izvira pod severovzhodnimi obronki Toškega čela (590 m n. m.) in pri Podutiku preide v ravninski del Ljubljanske kotline. Odseki na srednjem delu Glinščice mejijo na krajinski park. Topografska slika porečja je sestavljena iz gričevnatega dela na vzhodu in zahodu ter ravninskega dela, ki se razširi v južnem delu. Relief porečja Glinščice je precej raznolik in obsega strma povirna območja in ravnice. V povezavi z značilnostmi reliefa, pokrovnostjo površja z vegetacijo, karakteristično sestavo tal ter deležem prepustnih in neprepustnih površin varirajo tudi karakteristike površinskega odtoka. Obsežne urbane površine se raztezajo predvsem na vzhodnem in južnem delu porečja ter območju Podutika in Kamne Gorice. Ravninski del porečja je slabo prepusten. Povirje Glinščice sega na severni strani v pobočje Toškega čela in Črnega vrha (482 m n. m.), razvodnica na vzhodu sega v urbano območje mesta Ljubljana (Dravlje, Šiška), preko Šišenskega hriba in Rožnika (393 m n. m.) do izliva v Gradaščico (293 m n. m.), ki je najjužnejša točka porečja. V smeri proti zahodu poteka razvodnica skozi urbano območje preko Brda vse do Tičnice (352 m n. m.), kjer se usmeri proti severu preko Stražnega vrha (439 m n. m.) in Prevala do Toškega čela. Večji pritok Glinščice je Pržanec, čigar povirje sega v pobočje Velike trate (518 m n. m.) in Male trate (436 m n. m.) in odvaja vodo s pretežno ravninskega dela vzhodno od Glinščice (Slika 1).

Padavinsko prispevno območje Glinščice obsega 17,4 km². Položaj odvodnice znotraj urbanega območja določa odvodnja meteornih voda s kanalizacijskim sistemom, zato orografska razvodnica ne sovпада vedno s prispevnim območjem Glinščice. Skupno prispevno območje Glinščice do izliva v Gradaščico je nekoliko večje in zajema 19,3 km² površine, ker je padavinski odtok z območja med Guncijami, železnico in orografsko razvodnico med porečjema Glinščice in Save ter delom urbanih površin ob izlivnem delu Glinščice preko kanalizacijskega meteornega omrežja speljan na območje porečja Glinščice. Ocenjeno je bilo, da je na celotnem porečju Glinščice delež urbanih površin 21

% . Ob tem se na porečje Glinščice steka tudi pretežen del meteornih vod z 1,9 km² površin z območja Šentvida (VGI, 2001).



Slika 1 – Prispevno območje reke Glinščice s sistemom merskih točk

Praktično celotna trasa struge je bila z regulacijskimi deli izravnana, odsek struge od izliva v Mestno Gradaščico do mostu na Brdnikovi ulici je bil urejen kot kanal z betonsko oblogo dna in dela brežin. Rezultat teh del je z ekomorfološkega vidika močno degradirana struga z betonsko oblogo dna in dela brežin (Rusjan, 2003) (Slika 2).



Slika 2 – Regulirana struga Glinščice v Rožni dolini

Glede na ekomorfološko kategorizacijo vodotokov, s katero se opisuje stopnjo naravne ohranjenosti vodotokov, je odsek Glinščice od zaključka betonskega tlakovanja ob brvi na Poti gorvodno uvrščen v 2. do 3. razred (VGI, 2002). V 2. do 3. razred so uvrščeni odseki rek, ki so bili v preteklosti urejani v obliki klasičnih regulacij ali starih regulacij s pretežno vzdolžnimi zavarovanji. S časom so se regulacijski ukrepi zarasli. Ustvarili so se pogoji za sekundarne biotope, ki pa so manj pestri od naravnih. Izgled takšnih odsekov je sicer dokaj

naraven, vendar je profil struge monoton, brez pretiranih sprememb vodnatosti, globalna linija pa enakomerna in enolika. Odsek struge s tlakovanim dnom vse do izliva v Gradaščico je uvrščen v 4. razred (Slika 2). V 4. razred so uvrščeni vodotoki, kjer so brežine in dno popolnoma utrjene z umetnimi ali polumetnimi materiali (npr. beton, tlak in lomljenec v betonu, asfalt itd.).

Metode

Za spremljanje hidroloških odzivov prispevnih površin Glinščice so bili na prispevnem območju postavljeni trije dežmeri ter merilec višine vode, 1-D hitrosti vodnega toka in temperature vode v vodotoku Starflow. Za merjenje pretokov vode v obdobjih višjih vodostajev se je uporabljalo Dopplerjev merilec hitrosti vodnega toka ADV, v času nizkih vodostajev pa sonde, ki omogoča določitev pretoka na osnovi razredčenja ob vnosu sledila (v našem primeru kuhinjske soli) v vodotok. Merilec višine vode je postavljen v profilu merske točke GL3 (Slika 1).

Kemizem vode v potoku Glinščica smo spremljali s pomočjo multiparametrskje minisonde Hydrolab, ki omogoča merjenje več parametrov kvalitete vode hkrati. Parametri, ki jih merimo z minisondo so naslednji: Temperatura vode, pH, elektroprevodnost, vsebnost raztopljenega kisika, skupne raztopljene snovi, redoks potencial, koncentracija nitrata in amonija. Vzdolž struge Glinščice je bilo določenih 19 merskih točk, v katerih smo izvajali meritve kvalitete vode s pomočjo minisonde (Slika 1). Merska oprema je prikazana na sliki 3.



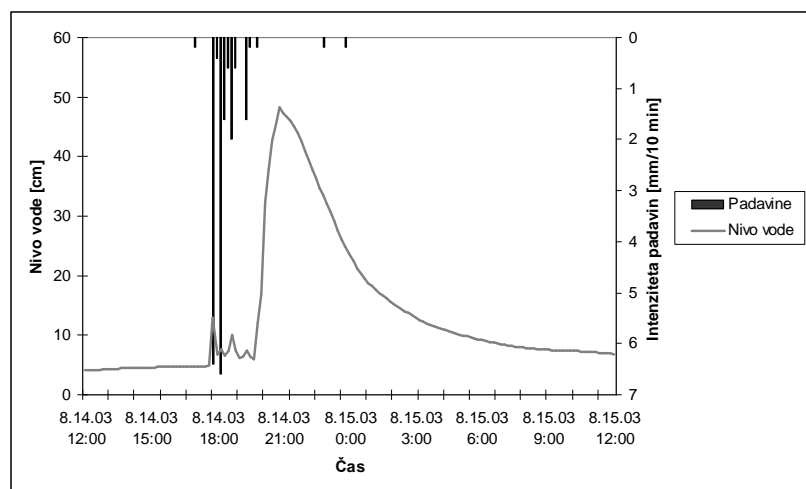
Slika 3 – Merilec višine vode Starflow (levo) in multiparametrska sonda Hydrolab (desno)

Rezultati

Hidrološke karakteristike prispevnega območja Glinščice

Širitev urbanih površin na prispevnem območju Glinščice je spodbudila vprašanje vpliva spremembe rabe površin na hidrološko odzivnost porečja Glinščice. Urbanizacija na obravnavanem območju je bila najintenzivnejša zlasti v zadnjih 20-tih letih, ko so se obsežne urbane površine razširile na območju Kosez, Podutika, kamne Gorice, Dravelj in Brda (Slika 1). Pred urbanizacijo so ta povečini nižinska območja občutno upočasnjevala

koncentracijo padavinskega odtoka in njegov nadaljnji odtok proti izlivu v Mestno Gradaščico. S širitvijo tlakovanih urbanih površin so se koeficienti odtoka bistveno povečali. Zaradi povečanega površinskega odtoka z neprepustnih površin prihaja na ravninskih predelih ob nastopu visokih voda do poplav. Z izdelavo hidrološkega modela porečja Glinščice pa se je izkazalo, da poplavna ogroženost dolvodnih urbanih območij ni direkten rezultat povečanja odtočnih koeficientov z gorvodnega prispevnega območja, ampak predvsem neprimernih regulacijskih ureditev rečne struge z nezadostno hidravlično prevodnostjo (Brilly et al., 2006). Na podlagi hidrološkega modela predvidevamo, da je sicer povečan površinski odtok z novih urbanih prispevnih površin Glinščice (področje Podutik, Kamna Gorica, Koseze, Zapuze, Dravlje) zaradi topografije ravninskega dela prispevnega območja dolvodno upočasnen do te mere, da se čas koncentracije padavinskega odtoka, merjen na merilcu višine vode Starflow, postavljenem v neposredni bližini biološkega središča, ni občutno spremenil. Čas nastopa konice poplavnega vala je med 2 in 3 ure. Na sliki 4 je prikazan manjši poplavni val na Glinščici, ki se je formiral po poletni nevihti, v kateri je padlo 22 mm dežja.



Slika 4 – Manjši poplavni val na Glinščici

Kontinuirno spremljanje nivojev vode v vodotoku pa je razkrilo drug problem ekomorfološko degradirane tlakovane struge Glinščice. Tlakovana struga Glinščice je z vidika hidravličnih razmer ugodna za učinkovito odvajanje padavinskega odtoka, kar je razvidno tudi iz hitrosti upada vodostaja v primeru hidrograma predstavljenega na sliki 4. Kmalu po nastopu konice hidrograma odtoka se vodostaj hitro zniža, posledično je vodnatost struge Glinščice večino časa zelo majhna. Tlakovana struga tudi ne omogoča izmenjave vode v strugi in podtalne vode in s tem zadrževanja hitrosti upada baznega odtoka.

Spremenljivost kemizma vode v strugi Glinščice

Z vidika preučevanja kakovostnega stanja vode v urbanih vodotokih so za spremljanje vplivov urbanih površin na vodotok zlasti zanimivi manjši urbani vodotoki, v katerih je dinamika časovne in prostorske spremenljivosti kakovostnega stanja vode izrazitejša.

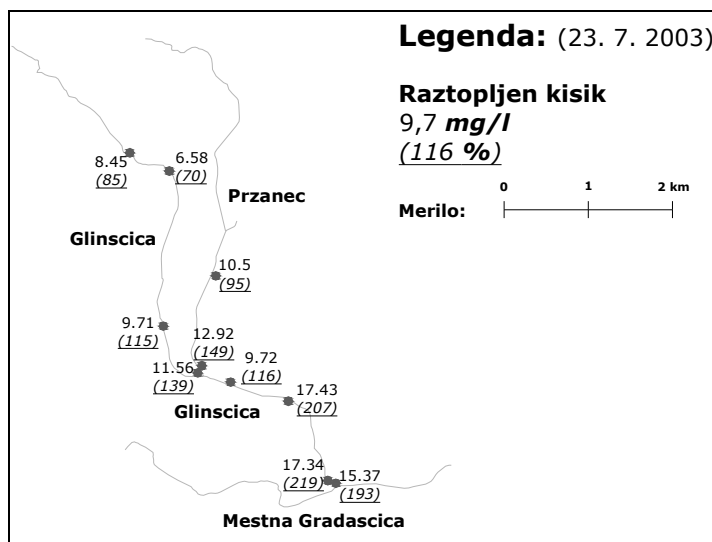
Merjenje kemizma vode z uporabo minisonde Hydrolab v izbranih merskih točkah vzdolž struge Glinščice (Slika 1) se je izvajalo vsaj 4-krat letno od julija 2003 do maja 2005. Na ta način se je skušalo pridobiti vpogled v sezonsko spremenljivost kvalitete vode, izvajale pa so se tudi kontinuirne 24-urne meritve kvalitete vode s 15-minutnim intervalom zajema podatkov.

Rezultati kažejo izrazito sezonsko spremenljivost kemizma vode v Glinščici, ki je posledica tako vplivov urbanih površin kot tudi hidromorfoloških karakteristik regulirane struge. Za obrazložitev vplivov spremenjenih hidroloških in hidromorfoloških razmer se bomo v nadaljevanju osredotočili na spremenljivost količine raztopljenega kisika v vodotoku ter dinamiko hranil (nitrata in amonija).

Raztopljeni kisik

Količina raztopljenega kisika v vodnem okolju je pomemben kazalec kakovosti vode in njene primernosti za obstoj živih bitij. Vrednost raztopljenega kisika v vodi pomeni razpoložljivost kisika za živa bitja v vodi. Kisik je pomembna komponenta vsakega aerobnega metabolizma v vodi. Je indikator stopnje degradiranosti stanja vodnega okolja ter je ključen pri samočistilni sposobnosti vodotoka. Gledano z vidika sezonske spremenljivosti koncentracije kisika v vodnem okolju je opazna sezonska spremenljivost kisikovih razmer, ki je v veliki meri posledica temperaturnih sprememb vode, od katerih je topnost kisika v vodi močno odvisna. V primeru Glinščice so bili zlasti zanimivi podatki o koncentracijah kisika v poletnem času. Na sliki 5 je prikazana koncentracija kisika julija 2003 v izrazitem sušnem obdobju z visokimi temperaturami. V tem času je bil pretok v Glinščici le 11 l/s (srednji letni pretok je 382 l/s).

Izmerjena je bila hipersaturacija nad 200 % na odseku struge, ki je bil z regulacijskimi deli umeščen v betonsko strugo. Ob tem je potrebno poudariti, da je betonska struga močno preraščena z biološko obrastjo, ki s fotosintetsko aktivnostjo vnaša v vodo dodatne količine kisika. Na obravnavanem odseku je betonska struga večinoma nezasenčena, temperatura vode pa je v času meritev dosegla 27 °C. Na gorvodnih odsekih, kjer struga ni obložena z betonskim tlakovanjem dna in dela brežin, struga pa je delno preraščena s sukcesivno riparijsko vegetacijo, je zasičenost s kisikom nižja. Žal meritve v tem obdobju nismo izvajali v nočnem času, ko zaradi odsotnosti fotosintetske aktivnosti biološke obrasti in njene respiratorne aktivnosti koncentracija raztopljenega kisika verjetno drastično pade.

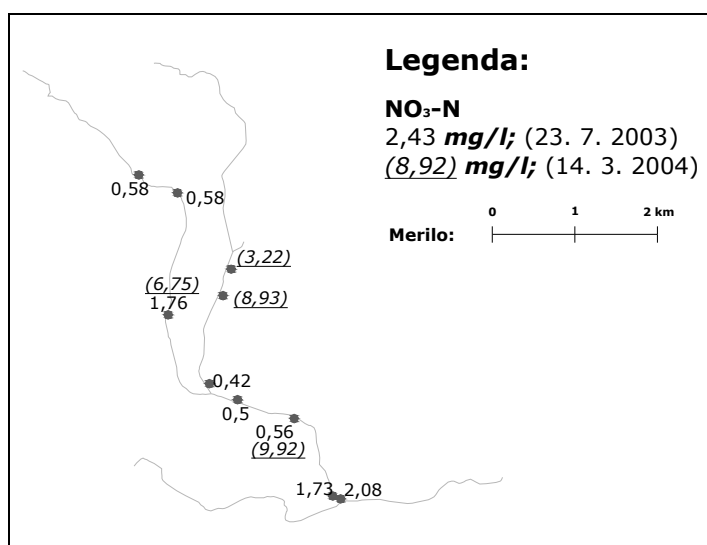


Slika 5 – Koncentracija in zasičenost z raztopljenim kisikom julija 2003

Nitrat in amonij

Dušik je bistveno hranivo v vodnih ekosistemih, toda ko se njegova razpoložljivost poveča, lahko pride do pojava eutrofikacije. Amonij je toksičen za vodne organizme, njegova koncentracija pa je odvisna od pH. Kemijskim spremembam v vodi sledijo spremembe v biološki produktivnosti, vrstni sestavi življenjskih združb in nenazadnje v fizičnem stanju vodnega telesa. Dušik je redko limitirajoče hranivo (Liebigov zakon minimuma) v vodnih sistemih. Koncentraciji amonija in nitrata v vodnem telesu sta pomembna indikatorja njegovega ekološkega stanja, ti dve kemijski obliki dušika v vodnem okolju pa obenem predstavljata glavni delež raztopljenega neorganskega dušika v vodnem okolju. Za spremljanje ekoloških kontrol sproščanja amonija in nitrata v vodno okolje je potrebno izvajati meritve, ki omogočajo časovno in prostorsko sledenje vnosa hranil v vodno okolje. V že omenjenem sušnem obdobju julija 2003, ko je bila temperatura vode ekstremno visoka, so bile koncentracije nitratnega dušika v Glinščici na izlivnem odseku zelo nizke (pod 2,08 mg/l) (Slika 6). Na nezasenčenem tlakovanem delu struge v okolici Biološkega središča (merski točki GL3 in GL4) je bila koncentracija nitratnega dušika še nižja, le okoli 0,5 mg/l-N. To lahko pripisujemo majhnemu stekanju vode z okoliških urbanih in kmetijskih površin ter intenzivni fotosintetski aktivnosti biološke obrasti v strugi, ki za svojo aktivnost potrebuje nitratni dušik kot hranilo. Nekatere druge raziskave na manjših urbanih vodotokih so pokazale visok koncentracije raztopljenega nitratnega dušika kar je posledica omejenega razredčenja ob nizkih pretokih v poletnem času (Worrall and Burt, 1998).

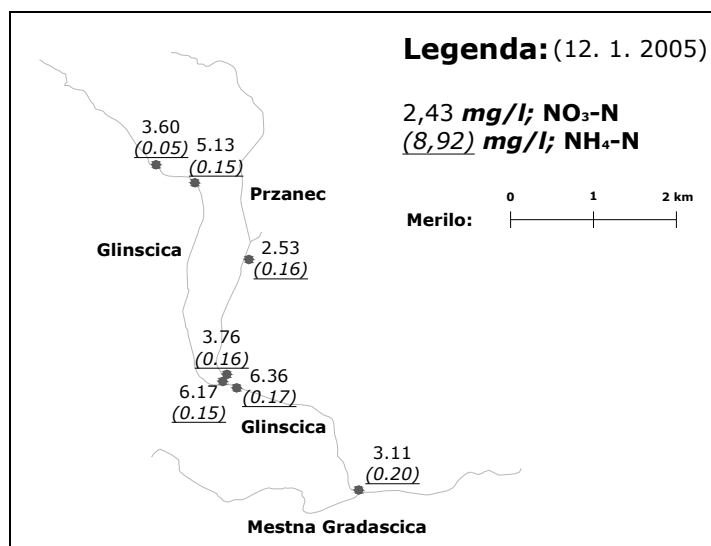
Najvišje koncentracije raztopljenega nitratnega dušika v vodotoku so bile izmerjene marca 2004 (Slika 6). Vrednosti so bile do 18-krat višje kot v juliju 2003. Povišane koncentracije nitratnega dušika so verjetno posledica povečanega dotoka zalednih voda z urbanih in kmetijskih površin ter uporabe gnojil v tem obdobju. Prav tako je vidno povečanje koncentracije nitratnega dušika dolvodno po strugi skozi urbano območje.



Slika 6 – Koncentracije nitratnega dušika v Glinščici julija 2003 in marca 2004

Koncentracije nitratnega in amonijevega dušika v sušnem zimskem obdobju 2005 so prikazane na sliki 7. Koncentracije nitratnega dušika so do 13-krat višje kot poleti 2003,

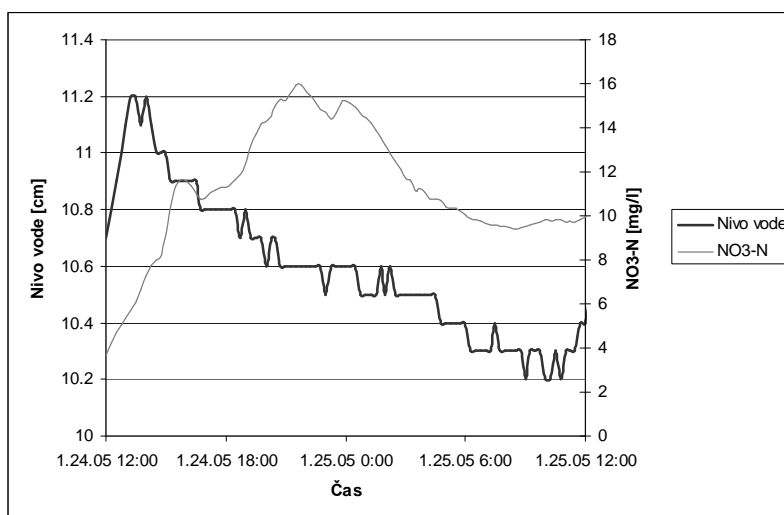
kar lahko delno pripišemo odsotnosti biološke aktivnosti v strugi, ki za svoje delovanje potrebuje hranila.



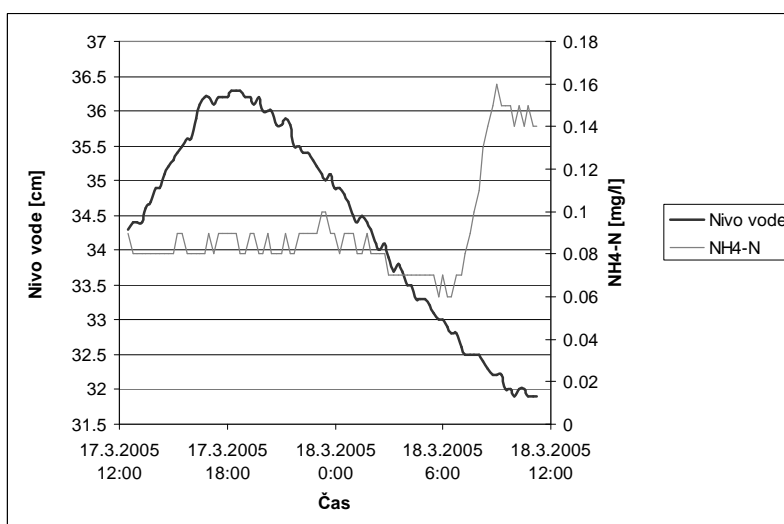
Slika 7 – Koncentracije nitratnega in amonijevega dušika v Glinščici julija 2003 in marca 2004

Dolvodno povišanje koncentracij nitratnega dušika ni bilo opazno, koncentracija amonijevega dušika pa se dolvodno skozi urbano območje poveča.

Povsem nov vpogled v dinamiko časovne variabilnosti koncentracij nitratnega in amonijevega dušika v vodnem okolju nam omogoča kontinuirno merjenje. Izvedeni sta bili dve enodnevnim kontinuirnim meritvi z minisondo Hydrolab v merski točki GL 11. Točka leži dolvodno od urbanih površin Podutika ter kamne Gorice. Obravnavani odsek struge je bil predviden kot suhi zadrževalnik za visoke vode. Zaradi neizvajanja vzdrževalnih del se je na tem odseku sukcesijsko razvilo manjše močvirje, v katerega so speljani iztoki meteorne kanalizacije z bližnjih urbanih površin. Meritve s 15-minutnim intervalom zajema podatkov so razkrile veliko spremenljivost v koncentracijah nitratnega in amonijevega dušika v vodotoku, ki pa ni bila posledica spremenljivosti hidroloških razmer v času izvajanja kontinuirnih meritev. V času meritev se je namreč nivo gladine vode spremenil le za nekaj centimetrov. Variranje koncentracij nitratnega in amonijevega dušika je najverjetneje posledica nepredvidenih izlivov nepravilno izvedenega omrežja komunalne odpadne vode v vodotok preko sistema meteorne kanalizacije (Slika 8 in Slika 9).

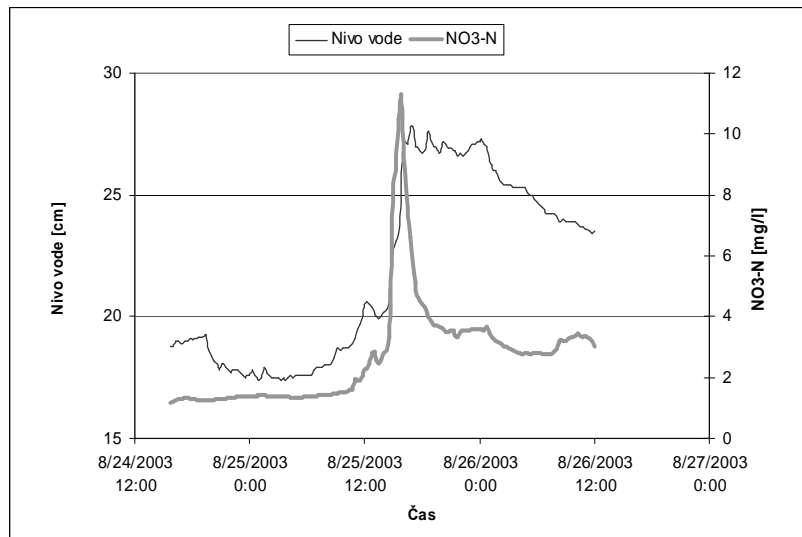


Slika 8 – Kontinuirne meritve koncentracije nitratnega dušika januarja 2005



Slika 9 – Kontinuirne meritve koncentracije amonijevega dušika marca 2005

Hidrološko pogojena dinamika koncentracije nitratnega dušika se vidi iz slike 10. Manjši poplavni val na sliki je bil rezultat 11 mm padavin med nevihto avgusta 2003. Viden je hiter dvig koncentracije nitratnega dušika v času na območju dvigovanja nivoja vode z 2.58 mg/l na 11.32 mg/l $\text{NO}_3\text{-N}$ v obdobju dveh ur. Kmalu zatem nastopi razredčenje ter padec koncentracije nitratnega dušika v vodotoku zaradi stekanja padavinskega odtoka, ki je s hranili manj obremenjen.



Slika 10 – Kontinuirne meritve koncentracije nitratnega dušika med nevihto avgusta 2003

Zaključek

Z monitoringom ekohidrološkega stanja na potoku Glinščica smo skušali opredeliti vpliv urbanih prispevnih površin na urbane odseke vodotokov. Ključnega pomena pri tem je spremljanje stanja urbanega vodotoka v različnih letnih časih ter specifičnih hidrološko pogojenih razmerah v strugi vodotoka.

Vpliv urbanega okolja na ekohidrološko stanje majhnega urbanega vodotoka Glinščica na urbanem območju Ljubljane je kompleksen in predvsem v hidrološkem smislu ne izkazuje povsem tipičnega odziva prispevnega območja na širitev urbanih neprepustnih površin, saj le-ta ni bistveno vplivala na hitrost koncentracije padavinskega odtoka. Slabo ekohidrološko stanje vodnega telesa Glinščice lahko le delno pripišemo spremembi rabe obdajajočih površin. Opazovane hidrološke spremembe in sezonsko spremenljivost kemizma vode (vsebnost raztopljenega kisika, variacije v koncentraciji nitrata in amonija) so predvsem posledica hidromorfoloških razmer, ki vladajo v regulirani strugi Glinščice. Kvaliteta vode v Glinščici ni problematična z vidika bodočega načrtovanja rehabilitacijskih ukrepov, je pa Glinščica zaradi večinoma majhnih količin vode v strugi podvržena nevarnosti onesnaženja iz okoliških urbanih površin.

Za izboljšanje ekohidrološkega stanja Glinščice bi bilo potrebno obnoviti določene hidromorfološke elemente v strugi in ob njej, kar bi povzročilo popestritev hidromorfologije trapezne rečne struge ob upoštevanju omejitev glede protipoplavne varnosti okoliških urbanih površin. Za izboljšanje habitatov vodnih organizmov so med hidromorfološkimi parametri najbolj pomembni: pretok vode, nihanje vodne gladine, lokalna hitrost vodnega toka, globina vode, velikost in gibljivost plavin itd. Za ekološko obnovo vodotokov in izboljšanje njihove samočistilne sposobnosti je potrebno ohranjanje vsaj dobrega ekološkega stanja, ki vključuje tudi vrstni sestav in biomaso vodnih organizmov v vseh letnih časih. Vzpostaviti se morajo ustrezne ekološke razmere za ohranjanje diverzitete različnih tipov vodotokov navkljub spremenjenim hidrološkim karakteristikam prispevnih površin, kakršne se pojavijo s širitvijo urbanizacije.

Literatura

- Brilly, M., Rusjan, S., Vidmar, A. 2006. Monitoring the impact of urbanisation on the Glinščica stream, *Physics and Chemistry of the Earth*, 31, 17: 1089-1096.
- Fogg, J., Wells, G. 1998. *Stream Corridor Restoration, Principles, Processes, and Practices*, U.S. Department of Agriculture, U.S. Environmental Protection Agency, Tennessee Valley Authority, Federal Emergency Management Agency, U.S. Department of Commerce, U.S. Department of Housing and Urban Development, U. S. Department on the Interior: 536 str.
- Rusjan, S., Fazarinc, R., Mikoš, M. 2003. Možnosti za revitalizacijo urbaniziranih vodotokov na primeru Glinščice v Ljubljani – River rehabilitation of Urban Watercourses on the Aexample of the Glinščica River in Ljubljana. *Acta hydrotechnica* 21/33: 1–22.
- SEPA, 2000. *Watercourses in the Community, A guide to sustainable watercourses management in the urban environment*, Scottish Environmental Protection Agency, <http://www.sepa.org.uk/publications/leaflets/hei/index.htm>
- VGI, 2002. Kategorizacija pomembnejših slovenskih vodotokov po naravovarstvenem pomenu, Poročilo Vodnogospodarskega inštituta, C-274, Ljubljana.
- VGI, 2001. Urejanje voda na območju Mestne občine Ljubljana, Glinščica dolvodno od Brdnikove ulice (idejna zasnova) Vodnogospodarski inštitut – vodnogospodarski oddelek, C-1099, Ljubljana.
- Wharton, G. 2000. *Managing river environments*, Cambridge, Cambridge University Press: 90 p.
- Worrall, F., Burt, T.P., 1998. Decomposition of river water nitrate time-series – comparing the agricultural and urban signs, *The Science of the Total Environment*, 210/211, 153-162.