

# EKSPERIMENTALNA POREČJA V SLOVENIJI

Mitja Brilly\*, Lidija Globevnik\*\*, Luka Štravs\*\* in Simon Rusjan\*

## Povzetek

Eksperimentalna porečja so osnova razvoja hidrologije. S postavitvijo treh eksperimentalnih porečij je tudi Slovenija dobila svojo eksperimentalno osnovo za nadaljnji razvoj znanosti in stroke. Na eksperimentalnem porečju Dragonje proučujemo zaraščanje porečja z gozdom v mediteranskem podnebju, na reki Reki proučujemo vodno bilanco v delno kraškem območju in na Glinščici vodotok v urbanem okolju. Na vseh treh eksperimentalnih porečjih se nabirajo izkušnje in testira nova oprema.

## Uvod

Eksperimentalna porečja rek Dragonje, Reke in Gradaščice z Glinščico so danes eksperimentalna osnova razvoja hidrologije, tudi v mednarodnem pomenu. Omenjena porečja so opremljena s sodobno opremo za merjenje padavin, pretokov vode, erozijskih pojavov in kakovosti vode. Nastavljene so tudi računalniške baze podatkov, dostopne na spletnih straneh. Na ta način je postavljena sodobna eksperimentalna baza za potrebe bazičnih in aplikativnih raziskav ter terenskih vaj študentov diplomskih in podiplomskih študijev. Študentje imajo možnost samostojnega izvajanja meritev in spremljanja pojavov v naravnih pogojih. Dolgoročne sistematične meritve pa polnijo bazo podatkov kot osnova za izdelavo sodobnih modelov za simulacijo vodnega režima.

Porečje Dragonje je izbrano zaradi pojava razraščanja gozda na nekoč kmetijskih zemljiščih in posebnih erozijskih pojavov. Porečje naj bi bilo vključeno tudi v projekt HELP -Hydrology for the Environment, Life and Policy. Na raziskavah porečja sodeluje tudi Vrije University iz Amsterdama s svojo opremo in študenti podiplomskega študija. Dosežen je tudi dogovor komitejev za mednarodni hidrološki program UNESCO Slovenije in Hrvaške za sodelovanje pri raziskavah.

Porečje reke Reke je bilo prvo eksperimentalno porečje. Meritve na njem so se začele meritve leta 1999, intenzivna opazovanja pa leta 2004 s postavitvijo mreže dežemerov in vodomerov. Porečje je izbrano zaradi Škocjanskih jam, ki so bile leta 1986 uvrščene na seznam naravne dediščine UNESCO.

Porečje Gradaščice z Glinščico je izbrano kot urbano porečje, primerno za urejanje v skladu z Direktivo EU o politiki do voda. Porečje je bilo izbrano za raziskave projekta URBEM v petem okvirnem programu EU.

Na osnovi meritev na eksperimentalnih porečjih so bile do leta 2004 izdelane štiri doktorske disertacije in 7 diplom na FGG. V delu je ena disertacija s FF in dva magisterija z VA. V septembru 2004 so bile organizirane tudi tridnevne terenske vaje za študente fakultete iz Fraiburga

Oprema in meritve omogočajo testiranje novih inštrumentov in razvoj metod za izvajanje terenskih hidroloških meritev. Rezultati raziskav so bili objavljeni na več mednarodnih srečanjih, predvsem pa so pomembne objave na srečanjih znanstvenih

---

\* Univerza v Ljubljani, FGG, Katedra za splošno hidrotehniko, Hajdrihova 28, Ljubljana

\*\* Inštitut za vode RS, Hajdrihova 28c, Ljubljana

združenj EGU (European Geosciences Union) in ERB (Experimental and Representative Basins).

Za postavitev eksperimentalnih porečij so prispevali sredstva slovenski komite IHP, raziskovalni projekti MŠZŠ in projekti EU.

### **Eksperimentalno porečje Dragonje**

V okviru izvajanja mednarodnega programa za hidrologijo pri UNESCO (International Hydrological Programme – IHP) programa v Sloveniji je vzpostavljeno eko-hidrološko eksperimentalno območje na povodju Dragonje. V letu 1999 so strokovno začeli sodelovati raziskovalci iz Ljubljane in Amsterdama. Predlagane so bile ključne merilne lokacije in projektni okvir raziskovanj.

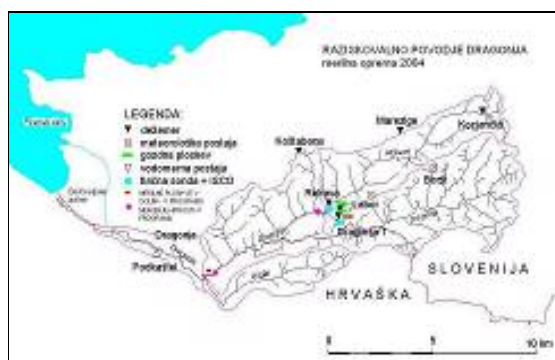
Skupni interdisciplinarni razvojni projekt ima naslov *'Impacts of land use change on hydrological, ecological and river morphology processes in the Dragonja catchment, Slovenia* (Vpliv spremembe namembnosti prostorske izrabe na hidrološke, ekološke in geomorfološke procese v porečju Dragonje, Slovenija). Namen projekta je raziskovanje **HIDROMORFOLOŠKIH IN HIDROEKOLOŠKIH LASTNOSTI POVODJA**. Analiziramo vplive rabe tal na vodni režim (ključni elementi: vodna bilanca, erozija, transport plavin, oblikovanje struge, kakovost vode), procese odtekanja vode v gozdu, procese oblikovanja pretokov reke in vpliv vegetacije obrežnega pasu reke na kakovost vode. Poleg objav na mednarodnih srečanjih, Brilly in ost., 2002 in 2003, Šraj in ost., 2003, in Petkovšek in ost. 2003 je več člankov v postopku za objavo.

Merilna mesta, ki so bila vzpostavljena v letu 2000, so: **Padavinske postaje**: Krkavče (ob cesti Sv. Mihael–Sv. Maver); Straža (zahodno od ceste Puče-Pomjan-Šmarje); Marezige (100 m južno od ceste Babiči-Marezige); Kocjančiči (na desnem bregu Rokave); Škrline (vzhodno od hiš); Stara vala (po vtoku Krkavškega potoka); Rokava Škrline; Dragonja pod Laborjem; **Meteorološki postaji**: Boršt; Kubed; **Hidrološki postaji**: Rokava nad sotočjem z Dragonjo; Dragonja nad Rokavo; **Gozdna poligona**: Labor sever – 'N' postaja; Labor jug – 'S' postaja; **2**

V letu 2003 je prenehala z delovanjem merilna postaja v Kubedu, postavljena pa je bila nova ob cesti med Borštom in Laborjem (pri stavbah Vina Koper). Zaradi kraj inštrumentov ne delujejo več postaje v Stari vali in Straži. V letu 2004 sta bila vzpostavljena še dva merilna poligona v dolini reke Dragonje pod Laborjem. Ob južnem poligonu pod Laborjem je bil postavljen tudi merilni stolp, ki stoji na gozdni cesti. Le-ta je bil odstranjen koncem septembra 2004.

Ožji okvir raziskav v letih 2003-2004 je naslednji:

- Geomorfološki procesi v povodju: sproščanje zemljin  
– metode zaznavanja in spremljanja
- Ekohidrološki procesi:
  - a) sprejemanje in oddajanje padavin v gozdu: zaznavanje transpiracije, evaporacije in pomen edafskih dejavnikov (abiotskih);
  - b) gibanje vode v hiporeični coni, kemija (vegetacijske cone ob strugah)
  - c) oblikovanje odtoka voda (metode zaznavanja, interpretacija procesov)



Slika 1 - skica povodja Dragonje in merilne opreme v letu 2004



Slika 2 - Meteorološka postaja Labor

Slika 3 - Merilni poligon pri Laborju (južna ploskev)



Slika 4 - Dežemer (Dragonja pod Laborjem)



Slika 5 - Inštrument ISCO (jemnaje vzorcev vode za določanje lebdječih delcev v vodi)



Slika 6 - Tlačna sonda v strugi reke Dragonje (merjenje gladine vode)

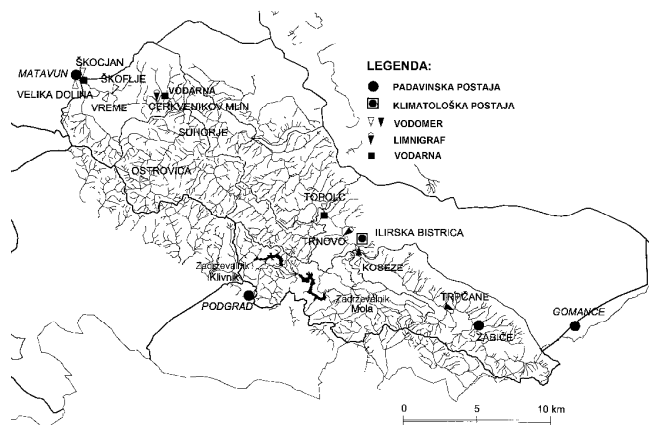
### **Eksperimentalno porečje reke Reke**

Reka Reka je najdaljša in najbolj znana ponikalnica klasičnega Krasa (Slika 7). Izvira na Hrvaškem, njeni glavni pritoki so Mola, Bistrica, Sušica-Mrzlek, Padež in Sušica, ponikne pa v Škocjanskih jamah, ki jih je UNESCO leta 1986 razglasil za svetovno dediščino. Reka nato podzemno teče do kraških izvirov Timava, ki se v Tržaškem zalivu kmalu izlije v Jadransko morje.



Slika 7 - Porečje reke Reke na karti padavinskih območij Slovenije (slika levo) in hidrogeološka karta z vrisanimi mejami podpovodij reke Reke (slika desno).

Porečje reke Reke leži na brkinski sinklinali iz neprepustnih eocenskih flišev, ki jih obdajata dve mezozoiški kraški formaciji (Slika 7). Voda iz severne formacije odteka proti Donavskemu bazenu, iz južne pa proti Jadranskemu morju. Velikost porečja je 422 km<sup>2</sup>, gostota vodotokov pa je 1.7 km/km<sup>2</sup>. Srednji pretok je 8.26 m<sup>3</sup>/s. Nihanje pretokov je znatno, najmanjši pa so v poletnih mesecih. Na prispevnem območju reke Reke leži večje mesto Ilirska Bistrica in mnogo manjših vasi. Zaradi intenzivnega onesnaževanja (kemična in lesna industrija v Ilirski Bistrici) je bila reka Reka med najbolj onesnaženimi vodotoki v Sloveniji, dolina reke Reke pa je bila izredno neprijeten življenjski prostor s specifičnim vonjem kot posledico anaerobnih procesov ob nižjih pretokih (nekaj sto litrov na sekundo) v samem vodotoku. Omejevanje onesnaževanja se je začelo v sedemdesetih letih, v devetdesetih se je zmanjšala tudi stopnja industrijske proizvodnje in posledično tudi onesnaženost. Na porečju Reke je lociranih več hidrotehničnih objektov (npr. zadrževalnika Mola in Klivnik) in tudi vodomernih ter meteoroloških postaj (Slika 8).

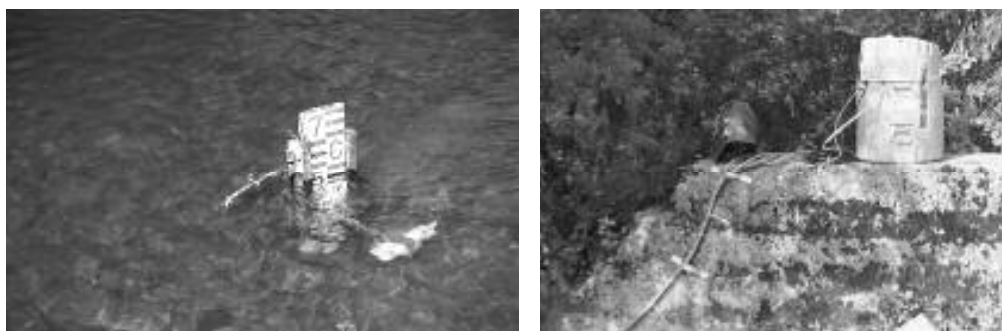


Slika 8 - Meteorološke in vodomerne postaje na porečju reke Reke

Pričetek ponikanja vode je 600 metrov dolvodno od VP Cerkevnikov mlin in se v odvisnosti od trenutnih hidroloških in morfoloških pogojev spreminja skoraj po vsakem poplavnem valu. Pri nizkih pretokih se skoraj vsa voda porazgubi in Škocjanske jame ostanejo suhe oziroma brez vode. V letih 1982 in 1983 pa so Škocjanske jame kljub srednjim pretokom reke Reke ostale brez tekoče vode celih 120 dni. Voda se je v celoti infiltrirala, še preden je pritekla do jam.

#### *Merska oprema in metode*

Za meritve pretočnih hitrosti in globin so bili uporabljeni ultrazvočni merilec Starflow 6526B, hidrometrično krilo Valeport in ultrazvočni merilec v sestavi prenosnega vzorčevalnika voda ISCO 6700, Slika 9. *Ultrazvočni merilec Starflow 6526B* meri pretočne hitrosti (Dopplerjev pojav), globino in temperaturo. *Hidrometrično krilo Valeport* meri pretočne hitrosti na principu avtomatskega preračunavanja frekvenc vrtljajev vijaka v hitrosti preko enačbe hidrometričnega krila. Ima tudi senzorja za merjenje pritiska (na osnovi katerega izračuna globino) in temperature. Z zunanjim dodatkom za meritve hitrosti *prenosni vzorčevalnik voda ISCO 6700* meri pretočne hitrosti na principu potovanja zvoka v vodi. Globine izmeri preko tlačne sonde, ki meri hidrostatski pritisk.



Slika 9 - Hidrometrično krilo Valeport in ultrazvočni merilec Starflow, pritrjena na vodomerno lato VP Cerkevnikov mlin (slika levo) in prenosni vzorčevalnik ISCO 6700 na zidu ob desnem bregu reke Reke (slika desno)

Za meritve kalnosti (vsebnosti suspendiranih snovi) smo uporabili turbidimeter Hach SS6, infrardeči merilec suspendiranih snovi Partech IR40 in prenosni vzorčevalnik vode ISCO 3700. *Turbidimeter Hach SS6* je inštrument za neprekinjeno merjenje motnosti tekočin. *Infrardeči merilec suspendiranih snovi Partech IR40* je podkvasto oblikovan in v njem je vgrajen infrardeči senzor za merjenje koncentracije lebdečih delcev [mg/l]. *Prenosni vzorčevalnik vode ISCO 3700* je programabilen vzorčevalnik tekočin. Kakovostne parametre smo merili s *prenosnim vzorčevalnikom vode ISCO 6700*, ki poleg že omenjenih meritev hitrosti in globin z združljivo sondo YSI 600 meri še temperaturo, raztopljen kisik, pH in elektroprevodnost. V raziskavi strupenosti nas je zanimala strupenost potoka Trnovšek in strupenost reke Reke pod izlivom tega potoka. Vzorce iz Reke smo vzeli v letu 1999 dvakrat, in sicer vsakokrat pred in po merjenem poplavnem valu (maj in november). Strupenost smo testirali s tremi testi strupenosti. To so Daphnotoxkit F<sup>TM</sup> z vodnimi bolhami (*Daphnia magna*), Thamnotoxkit F<sup>TM</sup> z drugo skupino sladkovodnih rakov *Thamnocephalus platyurus* in Protoxkit F<sup>TM</sup> z enoceličnimi migetalkarji (protozoji) vrste *Tetrahymena thermophila*.

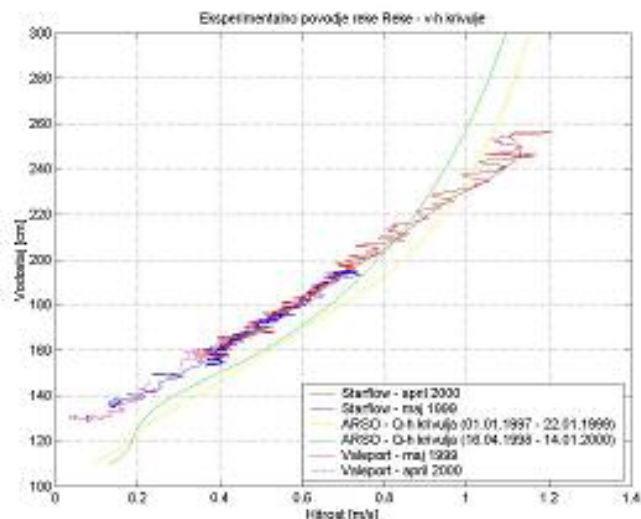
### *Meritve*

Meritve pretočnih globin, hitrosti in temperature smo opravili tedaj, ko je vremenska napoved v predhodnih dneh obetala nastop obilnih padavin in s tem pojav visoka voda. Ti termini so bili: 21. 5.-24. 5. 1999, 16. 11.-21. 11. 1999, 28. 3.-5. 4. 2000 in 11. 4.-17. 4. 2000. Meritve hitrosti in globin so se izvajale na vodomerni postaji Cerkvenikov mlin, meritve kalnosti in kakovosti pa 1 km gorvodno v bližini opuščene vodarne. Ekotoksikološke meritve so bile opravljene posebej.

### *Rezultati*

Rezultati raziskav so bili objavljeni na številnih znanstvenih srečanjih Brilly in ost, 2002 in 2003, Štravs in ost., 2002.

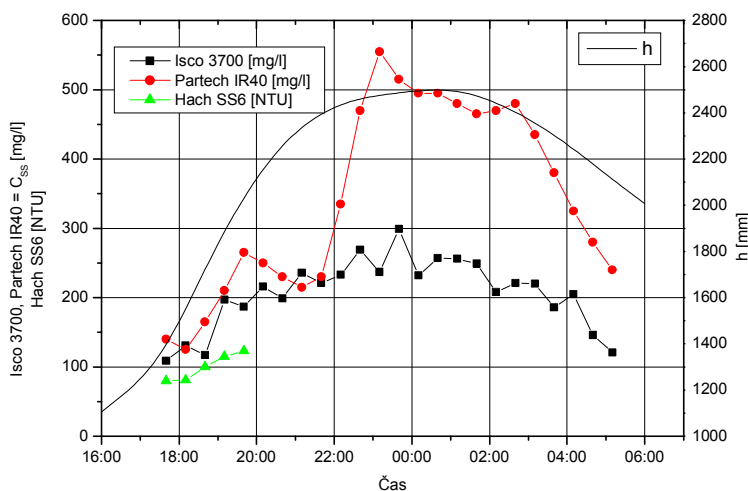
Pri meritvah hitrosti z ultrazvočnim merilcem Starflow je dobro uspela zlasti prva meritva (maj 1999). Pri meritvah s hidrometričnim krilom je bilo nekaj težav zaradi plavja, ki se je ujelo na krilu, zato je ta inštrument za tovrstne kontinuirane terenske meritve manj primeren, če ne moremo zagotoviti kontinuiranega nadzora izvajanja meritev. Ultrazvočni merilec je deloval precej bolj zanesljivo in brez izpadov zaradi mehanskih težav. Na diagramu primerjave zveze med hitrostjo in vodostajem (Slika 10) opazimo izredno ujemanje obeh meritev izvedenih z ultrazvočnim merilcem hitrosti in značilno zanko pri prehodu poplavnega vala skozi merski profil. Če ju primerjamo s krivuljami zveze med vodostajem in povprečno hitrostjo v merskem profilu Agencije RS za okolje, opazimo podobnost oblike krivulj do približno vrednosti vodostaja 200 cm in izrazito neujemanje oblike nad to vrednostjo.



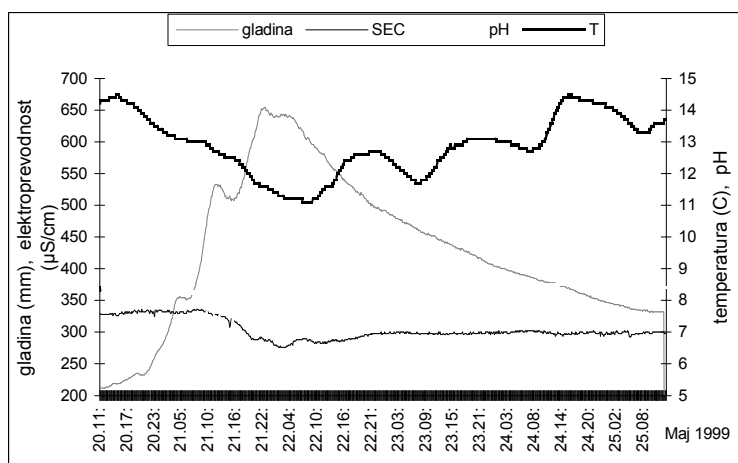
Slika 10 - Primerjava zvez med pretočno hitrostjo in vodostajem na VP Cerkevnikov mlin

Pri meritvah kalnosti smo opazili precejšnje razlike med inštrumenti (Slika 11). Korelacija med merjenimi vrednostmi NTU in koncentracijo suspendiranih snovi [mg/l], kot tudi korelacija med neposredno metodo (vzorčevanje z ISCO 3700) in metodo z infrardečo svetlobo (Partech IR40) je bila relativno slaba ( $R \sim 0.85$  oziroma  $R^2 \sim 0.70$ ). Vzrok slabše korelacije je kompleksnost meritev koncentracije suspendiranih snovi.

Pri prvi meritvi kakovosti vode (maj 1999) niso bila ugotovljena večja nihanja parametrov, razen elektroprevodnosti (razlike do  $8 \mu\text{S}/\text{cm}$ ) dne 24. 5. (Slika 12). Meritve raztopljenega kisika (DO) so se izkazale za težavne. V obdobju 5. 1.-10. 1. 2000 je bil opažen padec pH v popoldanskem in večernem času (iz  $\text{pH} = 8.2$  na  $\text{pH} = 7$ ). V obdobju najvišje vode od 28. 3.-3. 4. 2000 so se pojavile težave pri meritvah pH, elektroprevodnosti (SEC) in raztopljenega kisika (DO), bržkone zaradi plavja in visoke kalnosti. Dobre rezultate je dala meritev temperature in kemične analize vode.



Slika 11 - Meritev kalnosti v dneh od 29. 3. do 30. 3. 2000.



Slika 12 - Parametri kakovosti vode in gladine vode za meritev od 20 .5. do 25. 5. 1999.

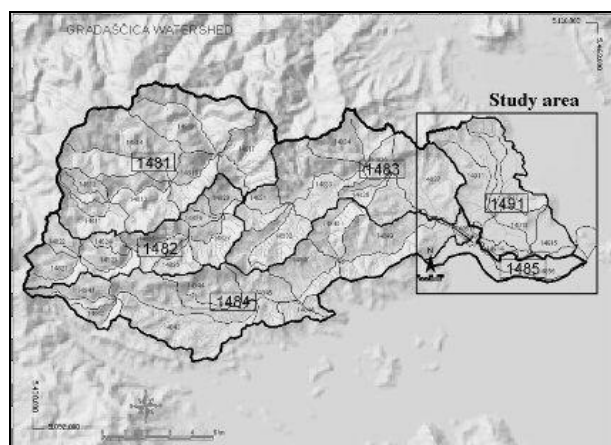
Pri analizah strupenosti smo ugotovili, da so primerni za ugotavljanje strupenosti izbranih vzorcev samo enocelični migetalkarji. S pomočjo enoceličnih protozojev smo ugotovili, da 40 % vzorec izcedne vode iz deponije kvarno deluje na njihovo razmnoževanje. Tako smo določili, da je EC20 (»effect concentration«, ki za 20 % zmanjša prirast) dosežena pri 40 % vzorcu. Kljub temu, da druga dva organizma nista pokazala strupenosti testiranih vzorcev, pa lahko trdimo, da je izcedna voda iz deponije strupena, ima torej potencialen kvarni učinek na organizme, ki živijo vzdolž potoka Trnovšek. Testi strupenosti vode iz Reke pa so pokazali, da voda tako pred kot tudi po poplavnem valu ni strupena za izbrane tri testne organizme. Na podlagi dobljenih rezultatov lahko zaključimo, da vodne bolhe niso dovolj občutljive za ugotavljanje strupenosti vode, ki priteče iz deponije organskih odpadkov iz tovarne organskih kislin. Iz rezultatov pa je tudi razvidno, da kljub prenehanju odlaganja na deponijo iz nje še vedno iztekajo strupene snovi, ki ogrožajo okolje.

### Eksperimentalno porečje Gradaščice - Glinščice

Porečje Gradaščice se razprostira na območju prehoda iz dinarskega v alpski svet. Povirni del tvori izredno razgibano hribovje Polhograjskih dolomitov, ki je razbrazdano s številnimi grapami in dolinami. Veliko razbrazdanost gre pripisati predvsem večji vodnatosti tega območja, ki je precej višja kot v drugih delih širšega vodnega območja. Zaradi specifične orografske lege so zelo pogosti izredno močni nalivi, ki povzročajo visoke vodne odtoke. Zgornji del porečja ima izrazito pahljačasto obliko.

Velikost porečja Gradaščice je 154,3 km<sup>2</sup>. Njegova meja poteka na severu po osrednjem grebenu Polhograjskega hribovja, ki se vije od Ljubljane (Šentvida) prek Toškega čela (590 m. n. m), Svete Katarine, Grmade (898 m. n. m) in Tošča (1021 m. n. m) do Pasje ravni (1029 m. n. m). Tu meja zavije proti jugu in se prek grebenov Sivke (934 m.n.m), Gabrovca (841 m. n. m), Špika (851 m. n. m) in Kovčka (789 m. n. m) spusti na južni hrbet Polhograjskega hribovja, ki poteka med dolino Horjulščice in Ljubljanskim barjem (Slika 13).





Slika 13 - Prispevno območje reke Gradaščice

### *Topografske in hidrografske značilnosti*

Reka Gradaščica dobi svoje ime ob združitvi dveh glavnih povirnih krakov, Božne in Male vode pri Polhovem Gradcu. Božna, levi povirni krak, odmaka severni del zgornjega dela porečja, Mala voda pa se steka iz ozke doline med Butajново in Šentjoštom. Drugi pomembnejši pritoki, ki se stekajo v dolino Gradaščice med Polhovim Gradcem in Dobrovo, so še Prošca, Belica in Žerovnikov potok. Vsi pritoki, vključno s povirnima krakoma, so hudourniki. Padec doline je med Polhovim Gradcem in Dobrovo precej velik (približno 4,5 ‰), zato se visoke vode kljub poplavam ne zadržujejo. Na poplavnih območjih pa se pojavljajo sorazmerno močni tokovi.

Največji prtok Gradaščice je Horjulščica, ki izvira v hribovju pod Šentjoštom. V Gradaščico se izliva tik nad zahodno Ljubljansko obvoznico pri Kozarjah. Zaradi drugačne oblikovanosti porečja in razširjene doline pri Horjulu je v primerjavi z Gradaščico manj hudourni. Pod Dobrovo tečeta do združitve oba vodotoka po skupni razširjeni dolini. Celotno območje doline med Horjulščico in Gradaščico je poplavno in tvori naravni zadrževalnik visokih voda.

Na Bokalškem jezcu se Gradaščica razdeli v dva vodotoka, in sicer v Mestno Gradaščico in Mali graben, ki teče nato mimo Kozarij, Dolgega mostu in Viča ob barjanskem obrobju do Ljubljane, v katero se izliva tik nad Špico. Mestna Gradaščica je kot umetni kanal speljana skozi Vrhovce, zahodni del Viča in Trnovo. Pri križišču Koprške z Jamovo cesto se v Mestno Gradaščico izliva Glinščica in nato tečeta skupaj do Ljubljane.

Ekperimentalno porečje obsega odsek Malega grabna, Mestne Gradaščice in celotno porečje Glinščice. Gre torej za pretežno urbano področje s specifičnimi hidrološkimi razmerami. Vodotoki na tem območju so bili podvrženi intenzivnim regulacijskim posegom, s katerimi pa poplavna ogroženost obdajajočih urbanih površin ni bila odpravljena.

Mali graben je sprva tekel daleč proč od urbanega območja Ljubljane. S hitrim razvojem mesta v pomembno kulturno, politično in gospodarsko središče regije je postal meja med urejenim urbanim območjem in zelenim mestnim obrobjem. V zadnjih dveh desetletjih se je urbanizacija preselila tudi na desni breg Malega grabna. Bistveno se je povečala tudi poseljenost območja, saj so nastala nekatera nova naselja (Sibirija, Rakova Jelša), poleg katerih na obeh bregovih neprestano gradijo nova. Pričakovati je, da se bodo

tudi v prihodnje pojavljale želje po nadaljnji pozidavi tega dela Ljubljane. Struga Malega grabna je bila regulirana, urejen je bil trapezni prečni prerez struge. Zaradi razraščanja obrežne vegetacije ima sedaj območje struge vodotoka dokaj naraven izgled (Slika 14). V drugi polovici 80-tih let so bili v strugo vgrajeni nizki kamniti pragovi z namenom popestritve pretočnih razmer ter povečanja vodnatosti struge v obdobjih nizkih pretokov. Življenjske razmere za vodne organizme so se izboljšale, kar se odraža na povečani ribji populaciji.



Slika 14 - Kamniti prag v strugi Malega grabna

Reka Glinščica izvira pod severovzhodnimi obronki Toškega čela in pri Podutiku preide v ravninski del Ljubljanske kotline. 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 od strmih povirnih območij do ravnin. Ravninski del porečja je slabo prepusten. Povirje Glinščice sega na severni strani v pobočje Toškega čela in Črnega vrha, razvodnica na vzhodu sega v urbano območje mesta Ljubljana (Dravlje, Šiška), preko Šišenskega hriba in Rožnika do izliva v Gradaščico, ki predstavlja najjužnejšo točko porečja. V smeri proti zahodu poteka razvodnica skozi urbano območje preko Brda vse do Tičnice, kjer se usmeri proti severu preko Stražnega vrha, Prevala do Toškega čela. Večji pritok Glinščice je Pržanec, čigar povirje sega v pobočje Velike trate in Male trate in odvaja vodo s pretežno ravninskega dela vzhodno od Glinščice. Padavinsko prispevno območje Glinščice obsega 17,4 km<sup>2</sup>. Položaj odvodnice znotraj urbanega območja določa odvodnja meteornih voda s kanalizacijskim sistemom, zato orografska razvodnica ne sovpada vedno s prispevnim območjem Glinščice. Skupno prispevno območje Glinščice je nekoliko večje in zajema 19,3 km<sup>2</sup> površine, ker je padavinski odtok z območja med Guncljami, železnico in orografsko razvodnico med porečjema Glinščice in Save ter dela urbanih površin ob izlivnem delu Glinščice preko kanalizacijskega meteornegega omrežja speljan na območje porečja Glinščice. Ob tem se na porečje Glinščice steka tudi pretežen del meteornih vod z 1,9 km<sup>2</sup> površin z območja Šentvida. S širitvijo tlakovanih neprepustnih urbanih površin na ravninske predele območja porečja Glinščice, se je hidrološka slika povodja močno spremenila zlasti v obdobju

zadnjih 20-ih let. Obsežna urbana področja so se razširila predvsem na območju Podutika, Dravelj, Kosez in Brda. Ta ravninska področja so pred pozidavo le malo prispevala k izoblikovanju vrhov hidrogramov odtoka. S povečanjem deleža neprepustnih površin (pozidava, prometne površine) so se povečali odtočni koeficienti, izgradnja meteorne kanalizacije je dodatno prispevala k zmanjšanju časa koncentracije. Ocenjeno je bilo, da je na celotnem porečju Glinščice delež urbanih površin 38 % oziroma 6,6 km<sup>2</sup>. Groba ocena povprečnega koeficienta odtoka s prispevnega območja Glinščice, izračunana iz povprečne letne količine padavin (1376 mm) ter povprečnega letnega pretoka Glinščice (0,383 m<sup>3</sup>/s), znaša 0,58, kar je pokazatelj intenzivnega odtoka padavinskih voda v strugo Glinščice.



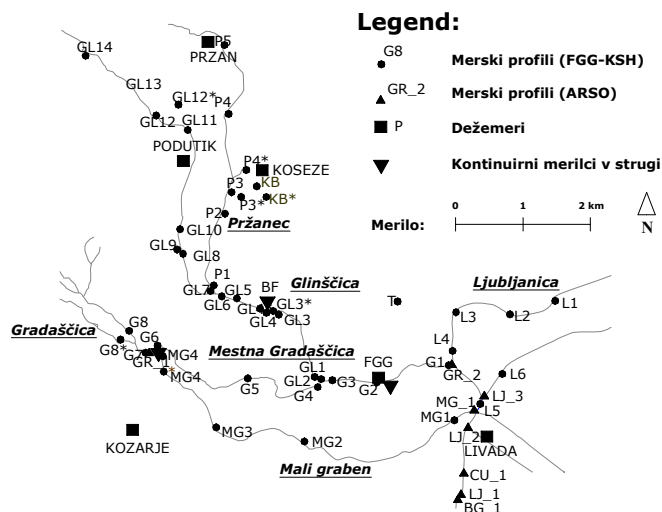
Slika 15 - Regulirana struga reke Glinščice gorvodno od biološkega središča

Struga Glinščice je bila regulirana praktično po vsej svoji dolžini. V 70-tih letih je bila izvedena obsežna regulacija, v okviru katere je bila Glinščica regulirana od izliva v Mestno Gradašnico do Brdnikove ulice. Na dnu struge je bila urejena betonska kineta (korito), ki je namenjena odvodnji srednjih letnih ter nizkih voda v sušnih obdobjih. Z betonskimi ploščami je bil obložen tudi del brežin. Z ekomorfološkega stališča predstavlja betonsko tlakovanje struge močno degradacijo vodnega okolja (Slika 15).

#### *Meritve na eksperimentalnem porečju*

Osnovni namen meritev je pridobiti vpogled v dinamiko hidroloških procesov na urbaniziranih prispevnih površinah vodotokov v povezavi s podatki o časovnem in prostorskem spreminjanju kvalitete vode v urbanih vodotokih. Meritve so bile izvedene s sodobno hidrološko opremo (Dopplerjevi merilci hitrosti vodnega toka v 1D, 2D/3D, sonda za terensko merjenje kvalitete vode, sonda za merjenje pretoka vode z metodo razredčenja itd.). Na sliki so prikazani merski profili, kjer so bile izvedene meritve s sondo za merjenje kvalitete vode, ter merski profili, na katerih poteka kontinuirno merjenje hitrosti vodnega toka in nivoja gladine z 1D Dopplerjevim merilcem. Celotna baza zbranih podatkov je dosegljiva na spletni strani.

Rezultati raziskav so bili objavljeni na mednarodnih srečanjih Brilly in ost, 2004.



Slika 16 - Merski profili na Malem grabnu, Mestni gradaščici in Glinščici

### Zaključki

Eksperimentalna porečja nam omogočajo raziskave hidroloških procesov ob dobro znanih pogojih in spremembah v okolju. Zahteve po natančnosti in zanesljivosti raziskav vpliva določenih faktorjev na vodni režim nam ožijo fizične dimenzije teh porečij. Le-ta so ponavadi manjša območja z relativno homogenimi fizikalnimi, geografskimi in vegetacijskimi lastnostmi, kjer se namestijo različne merske naprave in oprema, da bi se lahko:

1. izvajale osnovne raziskave fizikalnih procesov kroženja vode in posameznih hidroloških lastnosti;
2. preverjala opazovalna in merska oprema v različnih pogojih dela in se izobraževalo strokovni kader za uporabo te opreme;
3. opazovalo in analiziralo vpliv naravnih sprememb v porečju;
4. opazovalo in analiziralo vpliv človeških dejavnosti na spremembe v porečju (v takih primerih se ponavadi vzpostavi tudi vzporedno eksperimentalno porečje, ki nam služi kot primerjalno oziroma kontrolno);
5. pridobilo kvalitetne podatke za nadaljnje raziskovalno in izobraževalno delo.

### Literatura

BRILLY, Mitja, MIKOŠ, Matjaž, PETKOVŠEK, Gregor, ŠRAJ, Mojca, KOGOVŠEK, Janja, DROBNE, Damjana. Eksperimentalno povodje reke Reke. V: VODOPIVEC, Florjan (ur.). *Raziskave s področja geodezije in geofizike - 2000 : zbornik predavanj*. Ljubljana: Slovensko združenje za geodezijo in geofiziko, 2000, str. 67-76, ilustr.

BRILLY, Mitja, MIKOŠ, Matjaž, PETKOVŠEK, Gregor, ŠRAJ, Mojca, KOGOVŠEK, Janja, DROBNE, Damjana, ŠTRAUS, Luka. The Experimental monitoring of water regime in the Reka river = Eksperimentalna opazovanja vodnega režima na reki Reki. V: KRANJC, Andrej (ur.). *Monitoring of karst caves*, (Acta carsologica, vol. 31, no. 1). Ljubljana: Slovenska akademija znanosti in umetnosti: Znanstvenoraziskovalni center SAZU, Inštitut za raziskovanje krasa, 2002, str. 65-74, ilustr.

- BRILLY, Mitja, GLOBEVNIK, Lidija. Sustainable water resources management in the Dragonja catchment, Slovenia. V: BLÖSCHL, Günter (ur.). *Water resources systems--hydrological risk, management and development : proceedings of an international symposium (Symposium HS02b) held during IUGG 2003, the XXIII General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics : at Sapporo, Japan, from 30 June to 11 July, 2003*, (IAHS publication, no. 281). Wallingford, Oxfordshire, UK: International Association of Hydrological Science, cop. 2003, str. 334-340, ilustr.
- BRILLY, Mitja, BIZJAK, Aleš, ŠRAJ, Mojca, VIDMAR, Andrej. The Ljubljanica river and the Gradaščica river case study and monitoring. V: GEREŠ, Dragutin (ur.). *River restoration 2004 : principles, processes, practices : proceedings*. Zagreb: Hrvatske vode, 2004, str. 93-102, ilustr.
- BRILLY, Mitja, KOGOVSĚK, Janja, DROBNE, Damjana. The Reek [i. e. Reka] river experimental basin. V: VERHOEST, Niko (ur.), VAN HERPE, Yves (ur.), DE TROCH, François (ur.). *Book of abstract*. Ghent: Laboratory of Hydrology and Water Management, Ghent University, 2000, str. 1
- BRILLY, Mitja, MIKOŠ, Matjaž, PETKOVŠEK, Gregor, ŠRAJ, Mojca, KOGOVSĚK, Janja, DROBNE, Damjana. The Reka river monitoring and toxicity tests. V: *The application of ecohydrology to water resources development & management : final conference of the first phase (1996-2001), 16-18 September 2001, Venice, Italy*. Venice: UNESCO, 2001, str. 74.
- ŠTRAVS, Luka, BRILLY, Mitja, VIDMAR, Andrej. Measurement of river velocity and dis[c]harge of the Reka river experimental basin. *Geophys. res. abstr.*, 2002, vol. 4, str. [1].
- BRILLY, Mitja, PETKOVŠEK, Gregor, VAN DAM, Oscar, KEESSTRA, Saskia, GLOBEVNIK, Lidija, ŠRAJ, Mojca, MIKOŠ, Matjaž. Experimental watershed of the Dragonja river (SW Slovenia). V: *Interdisciplinary approaches in small catchment hydrology, monitoring and research : [book of extended abstracts]*. Bratislava: Slovak committee for hydrology - NC IHP UNESCO: Institute of hydrology, Slovak academy of sciences, 2002, str. 149-151.
- ŠRAJ, Mojca, BRILLY, Mitja, ŠTRAVS, Luka. Modelling rainfall interception by deciduous forest in the Dragonja experimental catchment, Slovenia. V: *[Abstracts of the Contributions of the EGS-AGU-EUG Joint Assembly, Nice, France, 06-11 April 2003]*, (Geophysical research abstracts, Vol. 5). Katlenburg-Lindau: European Geophysical Society, 2003, 1 str.
- PETKOVŠEK, Gregor, MIKOŠ, Matjaž, BRILLY, Mitja. Monitoring sediment production from cliffs and sediment yield in a small mediterranean catchment. V: *[Abstracts of the Contributions of the EGS-AGU-EUG Joint Assembly, Nice, France, 06-11 April 2003]*, (Geophysical research abstracts, Vol. 5). Katlenburg-Lindau: European Geophysical Society, 2003, 1 str.
- BRILLY, Mitja, POVŽ, Meta, VIDMAR, Andrej. Monitoring of revitalisation measures urban river fish habitat. V: *Abstracts of the Contributions of the European Geosciences Union General Assembly 2004 : Nice, France, 25-30 April 2004*, (Geophysical Research Abstracts, Vol. 6). Katlenburg-Lindau: EGU