

PRIMERLJIVOST POPLAVE SEPTEMBRA 2010 Z ZABELEŽENIMI ZGODOVINSKIMI POPLAVNIMI DOGODKI

Comparison of Floods in September 2010 with Registered Historic Flood Events

Mira Kobold* UDK 556.16(497.4)"2010"

Povzetek Abstract

Močne in obsežne padavine, ki so Slovenijo zajele v dneh med 17. in 19. septembrom 2010, so povzročile razlivanja vodotokov in poplave skoraj povsod po Sloveniji. Poplavni dogodek je bil zaradi svoje razsežnosti izjemen. Obsežnejše poplave so bile na Ljubljanskem barju, v Vipavski dolini, na povodju Krke, v spodnjem toku Save in na kraških poljih Notranjskega in Dolenjskega krasa. Dogodek se uvršča v vrh ekstremnih poplavnih dogodkov. Na teh območjih so bili doseženi pretoki z več kot stoletno povratno dobo. V porečju Savinje in srednjem toku Save spadajo med največje še vedno poplave novembra 1990. Opazno je povečanje števila visokovodnih dogodkov. Med te štejemo tiste, pri katerih pretoki slovenskih rek presežejo opozorilne poplavne vrednosti.

Strong and extensive precipitation that covered Slovenia between the 17th and the 19th of September led to the overflow of watercourses and flooding across Slovenia. The flooding was exceptional due to its size. Extensive floods occurred in the Ljubljana Moor, in the Vipava valley, on the Krka River basin, the lower course of the Sava River, and karst fields of the Notranjska and Dolenjska karst region. The event ranks as the most extreme flood recorded. In the mentioned areas, there were discharges equal to a 100-year return period. The largest floods in the Savinja River basin and in the middle stream of the Sava are still the floods from November 1990. An increasing trend of high water level events has been seen in Slovenia. These events include those in which discharges of Slovenian rivers exceed flood warning levels.

Uvod

V zadnjih letih se v Sloveniji pogosto spopadamo z visokimi vodami in poplavami, ki so običajno lokalnega značaja in se pojavljajo v različnih delih Slovenije. Povodenj septembra 2010 (ARSO, 2010a) vsekakor spada med poplave večjih razsežnosti. Pred to povodnjijo so iz zadnjih let v spominu ostale še katastrofalne hudourniške poplave septembra 2007, ki so po skoraj enomesečnem sušnem obdobju povzročile razdejanje na porečju Selške Sore, Pšate in Savinje (Kobold, 2008). Ta katastrofalna ujma je poleg velike materialne škode zahtevala šest človeških življenj. Leta 2009 smo po nenadni otoplitvi, taljenju snežne odeje in obilnih padavinah doživeli obsežne božične poplave (Strojan in sod., 2010), ki so zajele večji del države, izvzet je bil le severovzhodni del. Leta 2008 smo imeli kljub nadpovprečni količini padavin skoraj polletno hidrološko sušo, ki so ji decembra po Slove-

niji sledile visoke vode (Polajnar, 2009). Avgusta 2005 so poplave prizadele območje Posavja, kjer so poplavljali in uničevali predvsem manjši vodotoki, kot je Sevnica (Kobold, 2006). Oktobra 2004 sta bili s poplavami prizadeti porečji Ljubljanice in Gradašnice. Leta 2003, ki velja za eno najbolj sušnih let v Sloveniji v obdobju meritev, so hudourniške poplave avgusta največ škode naredile v Zgornjesavski dolini in porečju Tržiške Bistrice. Kljub tem izrednim dogodkom v zadnjem desetletju pa so zlasti prebivalcem na porečju Savinje v spominu najbolj ostale poplave iz let 1990 in 1998, z več kot stoletno povratno dobo na tem območju (Kolbezen, 1991; Polajnar, 1999).

Poplave so bile tudi v preteklosti, tudi veliko hujše kot v zadnjih letih. Vendar ponavljajoči se dogodki velikih poplav in fraze, kot je 'najhujša poplava v zadnjem stoletju', dajejo vtis vse hujših poplav. Poplave so naravni pojav, sestavni del naravnih procesov, ki oblikujejo naše okolje. Ti pojavi so navadno redki in presegajo generacijski spomin, hidrološke meritve pa segajo večinoma do sto, kvečjemu do dvesto let nazaj. Po zbranih zapisih beremo

* dr., Ministrstvo za okolje in prostor RS, ARSO, Vojkova 1 b, Ljubljana, mira.kobold@gov.si

v kroniki izrednih vremenskih dogodkov (Trontelj, 1997), da so bile poplave in povodnji v Sloveniji pogoste. Se pa stopnjujejo zaradi človekovih dejavnosti v okolju, kot so spremembe v rabi tal, urbanizacija, krčenje gozdov, izsuševanje, regulacije vodotokov, gradnja akumulacij in drenažnih sistemov. V zgodovini so reke verjetno poplavljalje pogosteje, vendar drenažni sistemi niso bili razviti (Smith and Ward, 1998). Voda je postopoma naraščala, se razlivala prek brežin na poplavne površine in se postopno vračala v rečna korita. V stoletjih se je raba tal spreminjala, izboljšano odvajanje vode pa je povzročilo večje hitrosti v strugah rek. Pribrežna območja so danes v glavnem poseljena in škoda, ki jo poplave povzročajo, se zato povečuje.

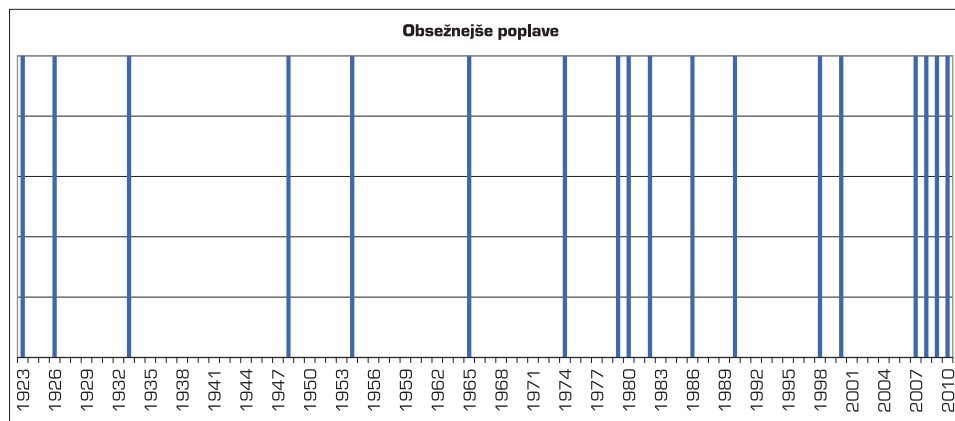
Ljubljanci, Hasberg na Unici in Gornja Radgona na Muri (Bat, 2008). Na teh in nekaterih drugih merilnih mestih je niz podatkov daljši od 80 let.

Od leta 1996 spremljamo število visokovodnih primerov, ko pretoki slovenskih rek presežejo opozorilne poplavne vrednosti. Število pojavov visokih voda se v obdobju 1996–2010 povečuje (slika 2). V povprečju beležimo v tem obdobju 59 visokovodnih primerov na leto. Izrazitost pojavov visokih voda pa je vse večja in pretoki slovenskih rek se vse pogosteje približujejo rekordnim vrednostim dolgoletnih opazovanj ali jih celo presegajo. Pri tem izstopajo predvsem manjši vodotoki hudourniškega značaja, večinoma v visokogorju in povirjih večjih rek.

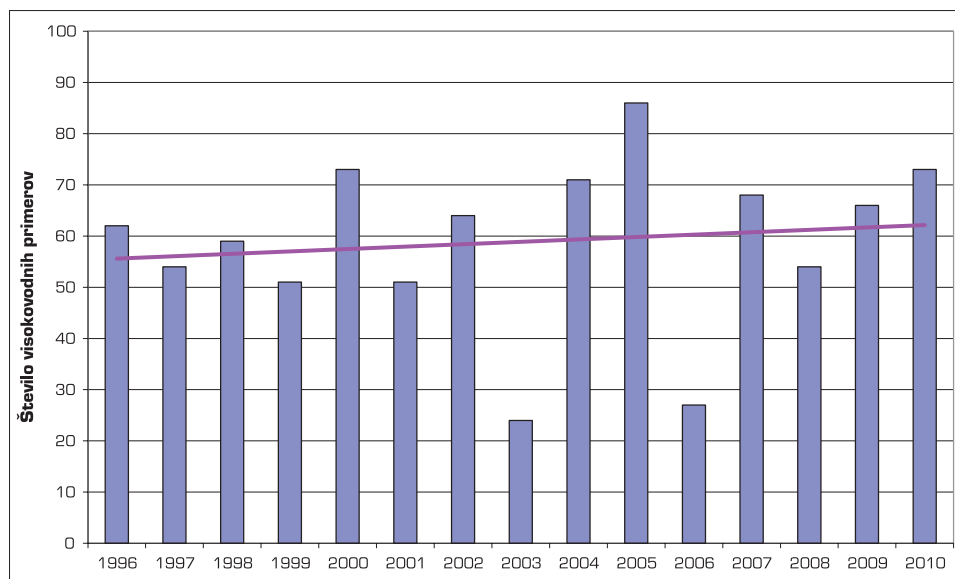
Pogostost poplav v Sloveniji

Analiza podatkov o visokih vodah in poplavah državnega hidrološkega monitoringa, ki so na voljo, kaže, da je pogostost obsežnejših poplav v zadnjih letih večja (slika 1). Prve meritve hidroloških parametrov na ozemlju današnje Slovenije segajo v drugo polovico 19. stoletja. Med najstarejše danes delujoče vodomerne postaje na površinskih vodah spadajo po zapisih v arhivu Agencije RS za okolje Litija na Savi, Laško na Savinji, Vrhnika na

Do poplav in izrednih razmer v Sloveniji najpogosteje prihaja zaradi obilnih padavin, ki nastopijo po dolgotrajnem, večdnevem zmernem deževju. Posledice dnevnih in večdnevnih izjemnih padavin so poplave večjega obsega. Tudi padavine, ki padejo na snežno odejo, povzročijo njeno taljenje in velik, lahko katastrofalen površinski odtok. Velikokrat pa poplave povzročijo kratkotrajni in močni nalivi, ki so lokalno omejeni. To potrjujejo izkušnje zadnjih let, ki so bila v letnem povprečju skromnejša s padavinami, toda bogata z različnimi ujami, kot so neurja z vetrom, zemeljski plazovi in poplave.



Slika 1:
Leta z obsežnejšimi poplavami v Sloveniji (upoštevane so poplave s povratno dobo nad 50 let na vsaj treh porečjih)
Figure 1:
Years with extensive floods in Slovenia (included are floods with a return period of over 50 years in at least three river basins)



Slika 2:
Število pojavov visokih voda na slovenskih rekah
Figure 2:
The number of high water level events on Slovenian rivers

Primerjava poplavnega dogodka iz septembra 2010 z zgodovinskimi poplavami

Primerjavo poplavnih dogodkov smo naredili za vodomerne postaje na porečjih, na katerih so bile poplave med 17. in 21. septembrom 2010 najboljše: v srednjem in v spodnjem toku Save, spodnjem toku Savinje, v porečjih Krke, Ljublanice in Vipave. Na teh območjih smo za analizo izbrali reprezentativne vodomerne postaje s čim daljšimi nizi zbranih podatkov.

Srednji in spodnji tok Save

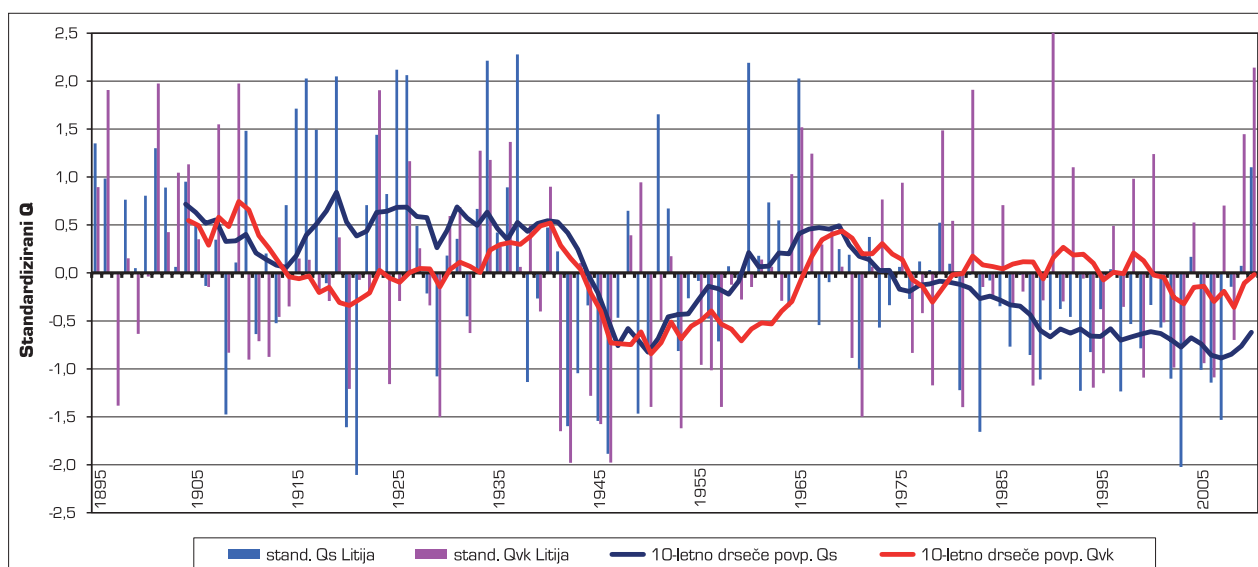
Za srednji tok Save smo analizirali podatke za vodomerno postajo Litija, za katero imamo podatke od leta 1895, za spodnji tok Save pa za vodomerno postajo Čatež, za katero so podatki na voljo od leta 1926. Za postajo Litija, ki ima daljši niz podatkov, smo najprej naredili analizo časovne spremenljivosti srednjih letnih pretokov in letnih visokovodnih konic, ki smo jih zaradi lažje medsebojne primerjave standardizirali. Vrednost indeksa 0 pomeni običajne, povprečne pretoke, pozitivne vrednosti indeksa pomenijo nadpovprečne, negativne pa podpovprečne pretoke.

Diagram standardiziranih srednjih letnih pretokov in letnih visokovodnih konic za postajo Litija (slika 3) kaže na pretežno mokra leta konec 19. in v prvi polovici 20. stoletja, do leta 1940. Med 1940 in 1960 je bilo izredno suho obdobje, brez izrazitih letnih visokovodnih konic, letu 1960 pa je sledilo skoraj 20-letno obdobje z nekoliko nadpovprečno vodnatostjo. Po letu 1980 je

opazna podpovprečna letna vodnatost s pogostimi visokimi vodami. To je tudi obdobje, ko se je začelo govoriti o podnebnih spremembah. V skoraj 30-letnem obdobju je bila leta 2010 prvič močno presežena srednja letna vodnatost rek, ko so bili pretoki v povprečju 30 % večji od povprečnih pretokov v 30-letnem primerjalnem obdobju (Strojan, 2010).

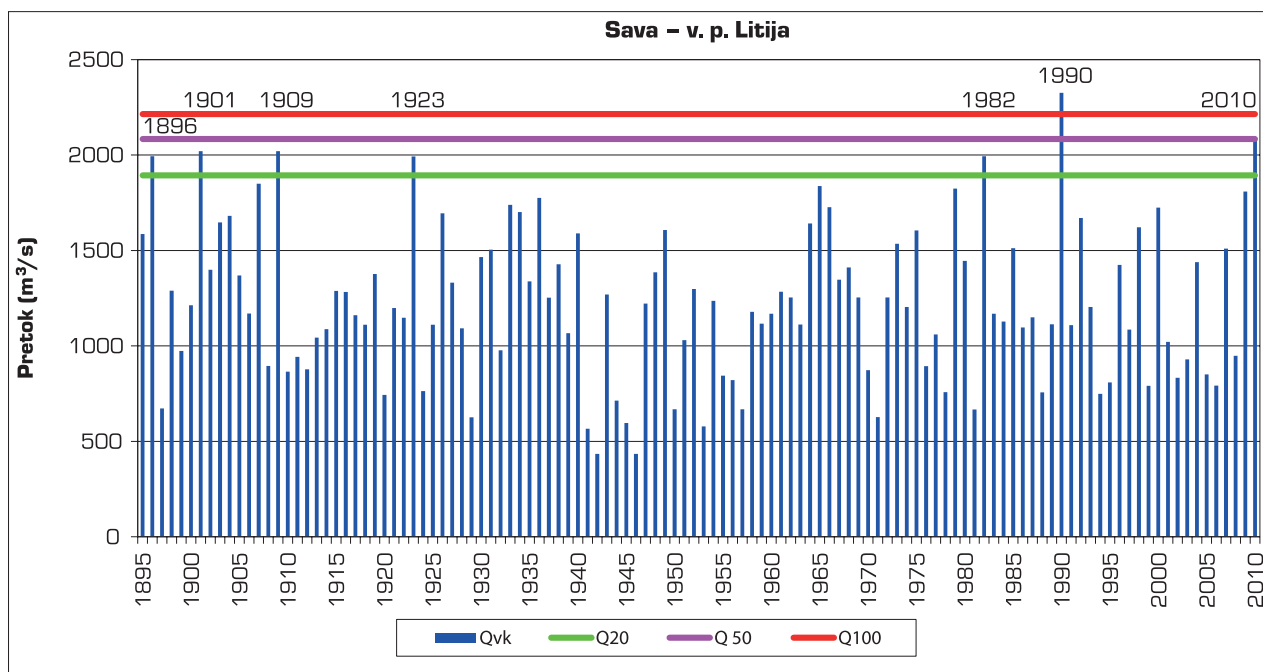
V obdobju, za katero imamo podatke, je bil največji pretok v Litiji dosežen leta 1990, in sicer $2326 \text{ m}^3/\text{s}$, kar je več kot stoletna povratna doba velikih pretokov, izračunanih iz znanih letnih visokovodnih konic do vključno 2008 (slika 4). Največji pretok v poplavi septembra 2010 je bil za okrog $240 \text{ m}^3/\text{s}$ manjši in je imel 50-letno povratno dobo. Med 20- in 50-letno povratno dobo na območju srednje Save štejemo poplave iz let 1896, 1901, 1909, 1923 in 1982. Primerjava poplavnih valov iz septembra 2010 in novembra 1990 pokaže, da je bil val septembra 2010 širši in je v tem dogodku skozi profil Litija preteklo več vode kot v poplavi novembra 1990 (slika 5). Na trajanje in višino poplavnega vala vplivata prostorska in časovna razporeditev količine padavin znotraj posameznega dogodka.

V spodnjem toku Save je bila slika nekoliko drugačna. Sava v profilu vodomerne postaje Čatež je bila 19. septembra 2010 višja kot leta 1990 (slika 6). Največji pretok 19. septembra 2010 v Čatežu je ocenjen na približno $3700 \text{ m}^3/\text{s}$, kar po verjetnostni analizi predstavlja poplavni val z več kot stoletno povratno dobo. Leta 1990 je poplavni val dosegel $3267 \text{ m}^3/\text{s}$, kar je 50-letna povratna doba. Podoben pretok je bil tudi leta 1998. Okrog stoletno povratno dobo je imel pretok poplavnega vala iz leta 1933. Oba največja poplavna dogodka na vodomerni postaji Čatež sta se zgodila septembra (preglednica 1).

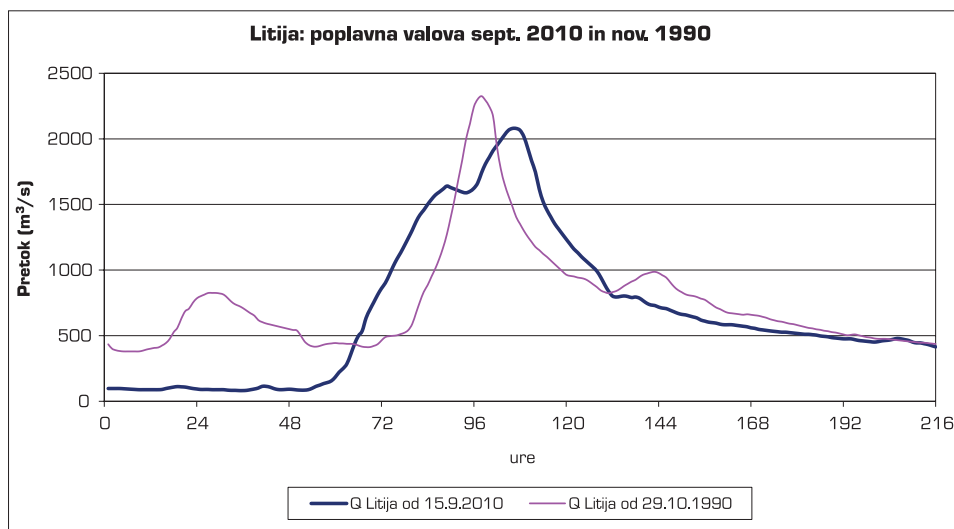


Slika 3: Standardizirani srednji letni pretoki in letne visokovodne konice na vodomerni postaji Litija na Savi ter 10-letno drseče povprečje

Figure 3: Standardized mean annual discharges and annual highwater peaks for the Litija water gauging station on the Sava River, and a 10-year moving average



Slika 4: Največje letne konice pretokov (Qvk) in povratne dobe na vodomerni postaji Litija
 Figure 4: The maximum annual discharge peaks (Qvk) and return periods for w.s. Litija



Slika 5: Hidrograma poplavnih valov na vodomerni postaji Litija septembra 2010 in novembra 1990
 Figure 5: Hydrograph of flood waves at the Litija water station in September 2010 and November 1990

Datum in ura poplavnega vala	Pretok konice poplavnega vala (m ³ /s)	Preglednica 1: Poplave nad 20-letno povratno dobo na vodomerni postaji Čatež
19. 9. 2010, 17.50	3727	Table 1: Floods with an over 20-year return period at w.s. Čatež
23. 9. 1933, 00.00	3520	
2. 11. 1990, 08.30	3267	
5. 11. 1998, 18.27	3226	
30. 1. 1979, 02.30	3114	
5. 10. 1974, 19.00	3001	

dobi, konica septembra 2010 s pretokom 1028 m³/s je imela povratno dobo blizu 20-letni.

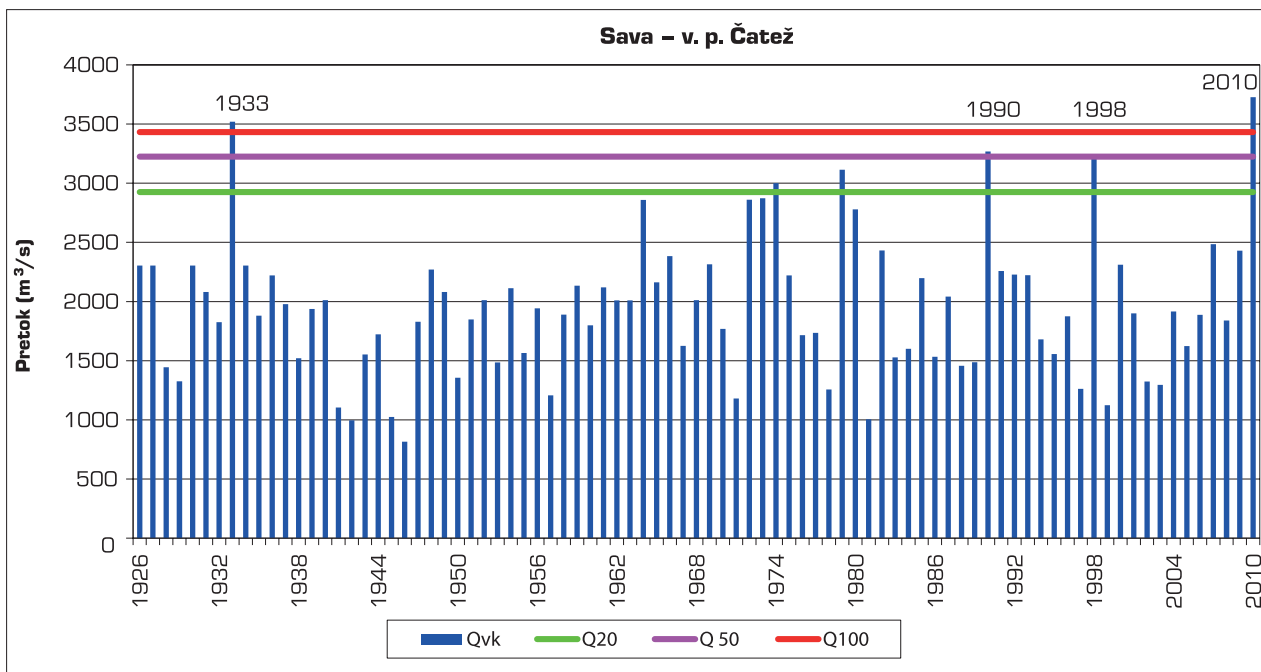
Poplavni dogodek septembra 2010 je potekal v dveh delih, z močnimi padavinami s 17. na 18. september in z 18. na 19. september. Ker je odtok s porečja Savinje hiter in sledi padavinam, je imela Savinja v spodnjem toku dve po višini enakovredni konici (slika 9), na Savi pa je bil sekundarni val močnejši. Primerjava poplavnega vala s tistim novembra 1990 pokaže podobno kot na Savi: volumen poplavnega vala je septembra 2010 presegel volumen iz leta 1990. Ker pa je imel val po višini precej nižji konici, je bilo poplavljanje manjše kot v letih 1990 in 1998.

Savinja

Za reko Savinjo smo analizirali letne visokovodne konice za vodomerno postajo Laško (slika 8). Med največjimi poplavami v spodnjem toku Savinje sta poplavi iz let 1990 in 1998, obe s povratno dobo več kot sto let. V letih 1933 in 1980 so bili pretoki blizu 50-letni povratni

Krka

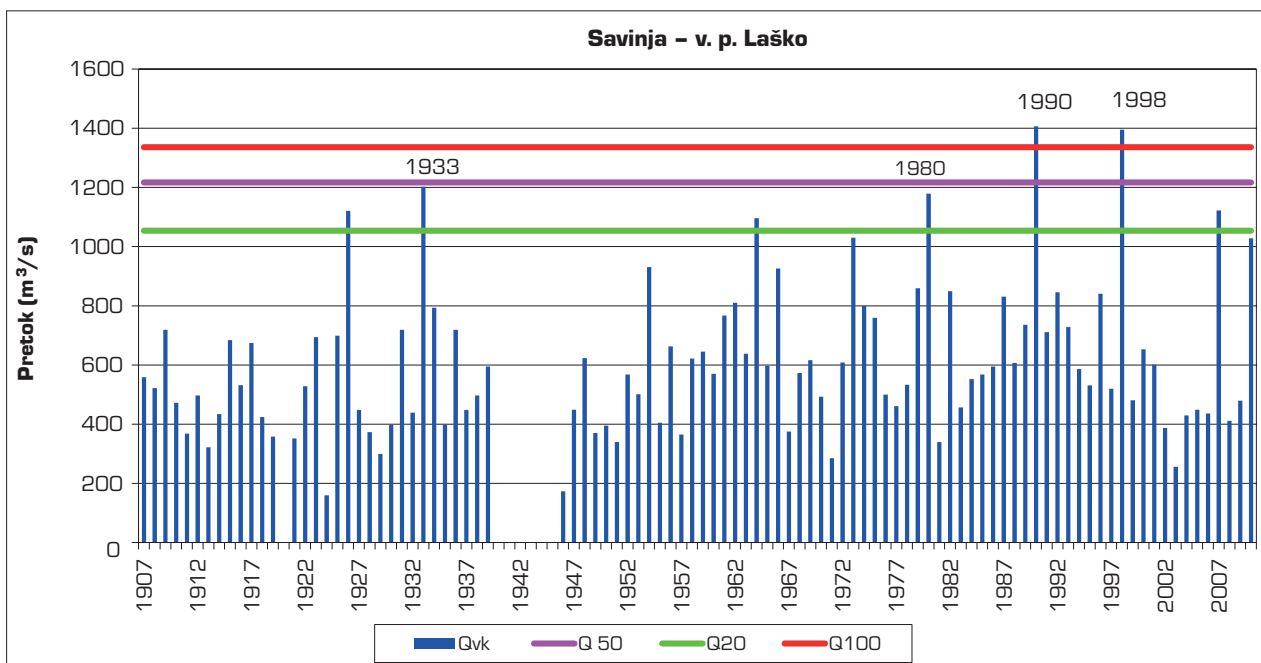
Krka je imela septembra 2010 največji pretok glede na razpoložljivi niz opazovanj od leta 1926 in je močno pre-



Slika 6: Največje letne konice pretokov (Qvk) in povratne dobe na vodomerni postaji Čatež
 Figure 6: The maximum annual discharge peaks (Qvk) and return periods for w.s. Čatež



Slika 7:
 Sotočje Save in Krke,
 19. september 2010
 ob 15. uri (foto: M. Kobold)
 Figure 7:
 Confluence of the Sava and
 Krka Rivers, 19 September
 2010 at 15:00
 (photo: M. Kobold)



Slika 8: Največje letne konice pretokov (Qvk) in povratne dobe na vodomerni postaji Laško na Savinji
 Figure 8: The maximum annual discharge peaks (Qvk) and return periods for w.s. Laško on the Savinja River

segla do takrat največji pretok $445 \text{ m}^3/\text{s}$ iz leta 1933 (slika 9). Pretok $468 \text{ m}^3/\text{s}$ je bil izmerjen z Dopplerjevimi merilnikom pretoka, in sicer v jutranjih urah 20. septembra 2010. Po verjetnostni statistični porazdelitvi je to pretok blizu tisočletni povratni dobi. Poplavi iz let 1933 in 1939 sta blizu 200-letni povratni dobi, poplava iz 1948 pa ima stoletno povratno dobo. Visoke vode in poplave v spodnjem toku Krke so bile pogoste v prvi polovici 20. stoletja (slika 10), ko so se visoke vode v istem letu celo večkrat ponovile (preglednica 2).

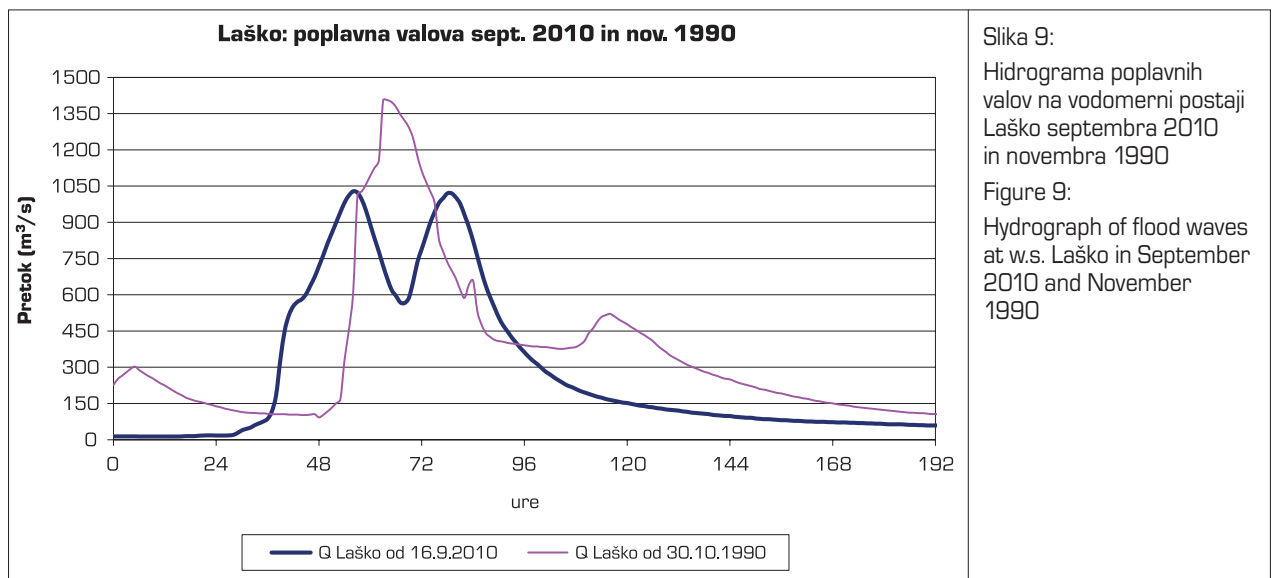
Poplavni val leta 2010 smo primerjali s poplavnim valom leta 1933, saj sta se oba zgodila septembra, le z nekajdnevnim zamikom. Obliki valov sta podobni, le da je val iz septembra 2010 višji, večji je tudi volumen odtekle vode (slika 11). Odtok vode s porečij s kraškimi zaledjem je počasnejši, kar vpliva na obliko hidrograma

Datum poplavnega vala	Pretok konice poplavnega vala (m^3/s)
20. 9. 2010	468
24. 9. 1933	445
23. 5. 1939	445
9. 11. 1948	438
16. 6. 1939	420
2. 1. 1953	416

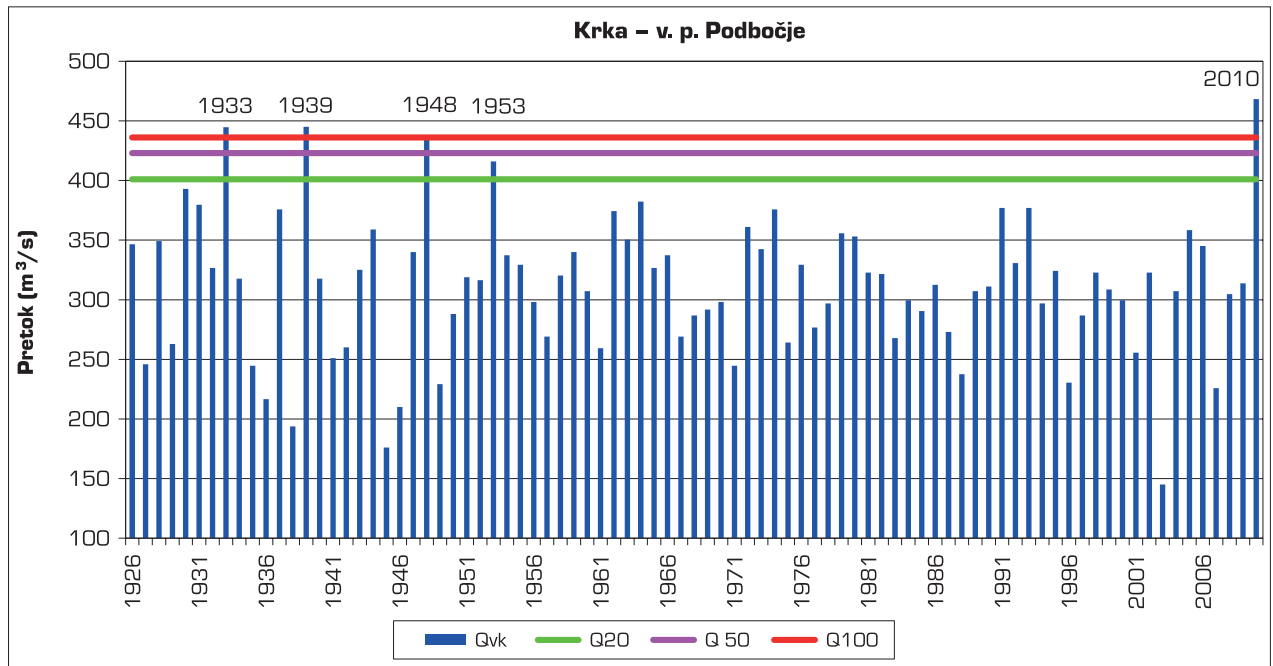
Preglednica 2: Poplave nad 20-letno povratno dobo na vodomerni postaji Podbočje

Table 2: Floods with an over 20-year return period at w.s. Podbočje

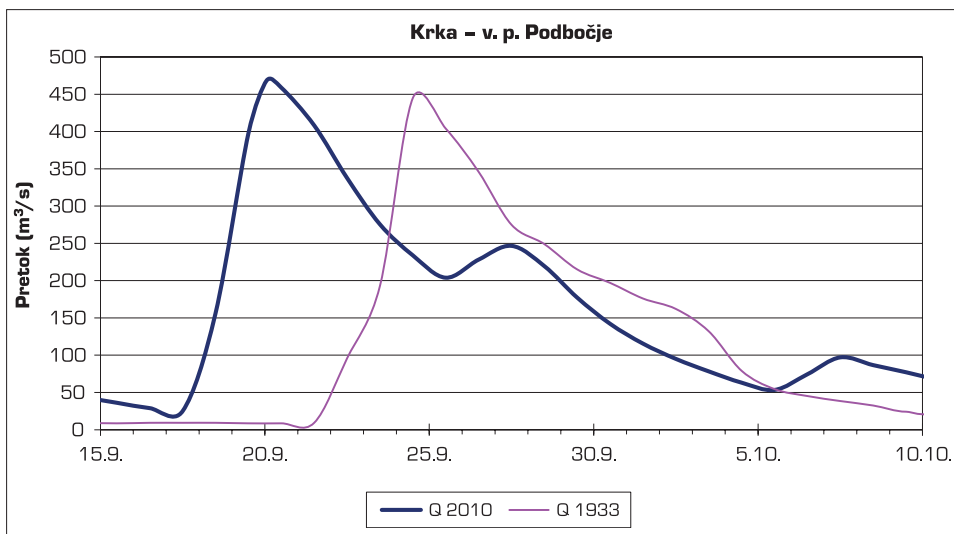
poplavnega vala, ki je drugačen od hidrogramov s hudo-urniških porečij.



Slika 9:
Hydrograma poplavnih valov na vodomerni postaji Laško septembra 2010 in novembra 1990
Figure 9:
Hydrograph of flood waves at w.s. Laško in September 2010 and November 1990



Slika 10: Največje letne konice pretokov (Q_{vk}) in povratne dobe na vodomerni postaji Podbočje na Krki
Figure 10: The maximum annual discharge peaks (Q_{vk}) and return periods for w.s. Podbočje on the Krka River



Slika 11:
 Hidrograma poplavnih valov na vodomerni postaji Podbočje septembra 2010 in septembra 1933
 Figure 11:
 Hydrograph of flood waves at w.s. Podbočje in September 2010 and September 1933



Slika 12:
 Poplavljanje Krke pri Kostanjevici 19. septembra 2010 (foto: M. Kobold)
 Figure 12:
 Flooding of the Krka River in Kostanjevica, 19 September 2010 (photo: M. Kobold)

Ljubljana

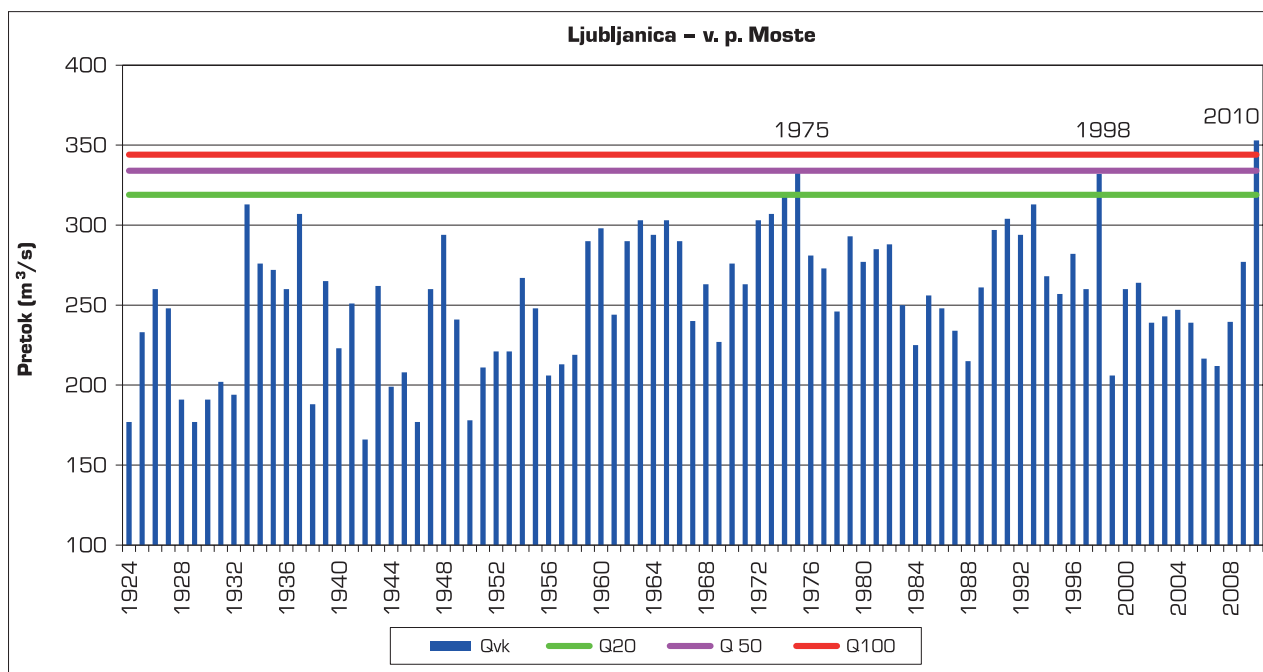
Tudi na Ljubljani je bil na vodomerni postaji Moste v septembrskih poplavah 2010 izmerjen največji pretok. S $353 \text{ m}^3/\text{s}$ je glede na arhivske podatke, ki so na voljo od leta 1924, presegel pretok s stoletno povratno dobo (slika 13). Pred tem najvišja pretoka iz let 1975 in 1998 spadata med poplave s 50-letno povratno dobo.

Vipava

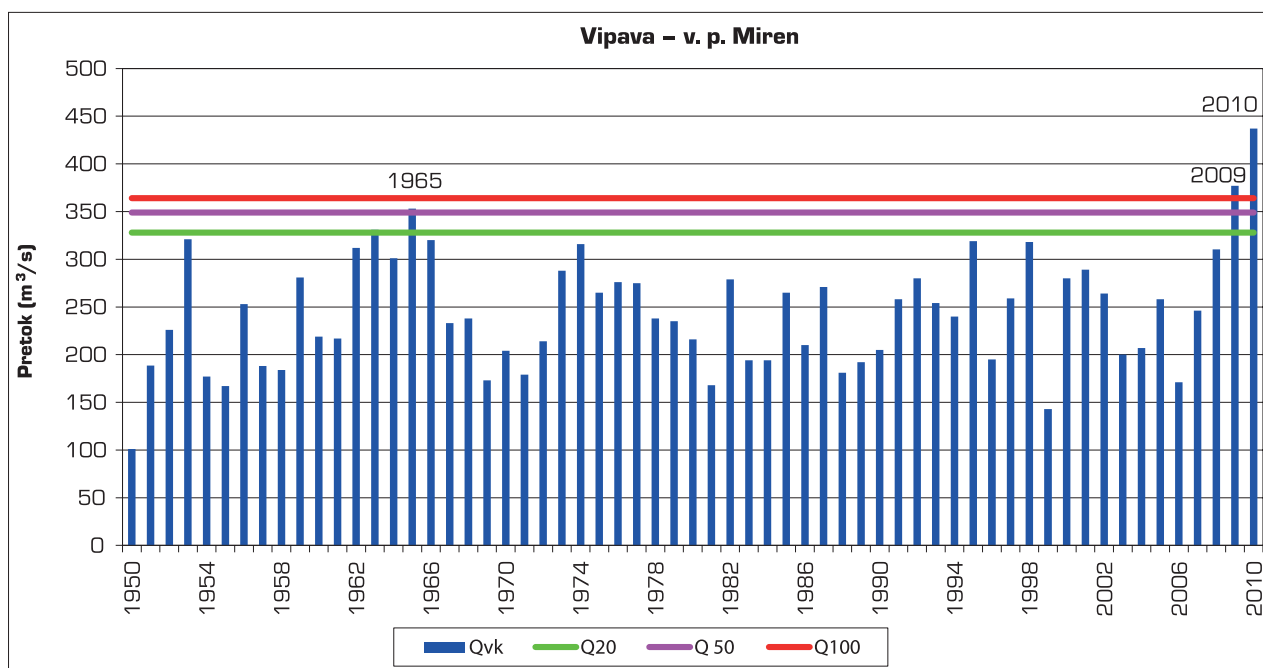
Vipava v Mirnu je krepko preseгла pred tem izmerjene pretoke na tej lokaciji (slika 14). Največji pretok septembra 2010 je bil ocenjen na $437 \text{ m}^3/\text{s}$ in predstavlja pretok s tisočletno povratno dobo. Izjemno visoke vode na Vipavi s stoletno povratno dobo so bile izmerjene tudi ob koncu marca 2009. Pred temi so bile v obdobju od 1950 najvišje visoke vode 28. septembra 1965 s 50-letno povratno dobo.

Prostorski prikaz let z najvišjimi poplavnimi pretoki

Ob pregledu arhivskih hidroloških podatkov Agencije RS za okolje in opravljenih analizah za vodomerne postaje za okolje in opravljene analize za vodomerne postaje za nizom nad 60 let ugotavljamo, da septembrske poplave leta 2010 spadajo med največje v Sloveniji, ki pa, kot je običajno za poplave v Sloveniji, niso enakomerno zajele vse države. Najvišji poplavnimi pretoki so se septembra 2010 zgodili na Ljubljanskem barju, v Vipavski dolini, na povodju Krke in v spodnjem toku Save (slika 15). Na teh območjih so poplave presegle podobno obsežne iz leta 1933. Po velikosti poplav srednjega toka Save in porečja Savinje še vedno izstopa leto 1990. V zahodni in severni Sloveniji so padavine frontalno in orografsko pogojene, zato so lokalno lahko velike razlike v količini padavin pri istih padavinskih dogodkih. Zato so leta, v katerih so se na vodomernih postajah v zahodnem in severnem delu Slovenije zgodili najvišji pretoki, zelo različna. V južni in severovzhodni Sloveniji ni na voljo zadovoljivih nizov podatkov, ki bi jih lahko upoštevali za to prostorsko analizo.



Slika 13: Največje letne konice pretokov (Qvk) in povratne dobe na vodomerni postaji Moste na Ljubljani
 Figure 13: The maximum annual discharge peaks (Qvk) and return periods for w.s. Moste on the Ljubljana River



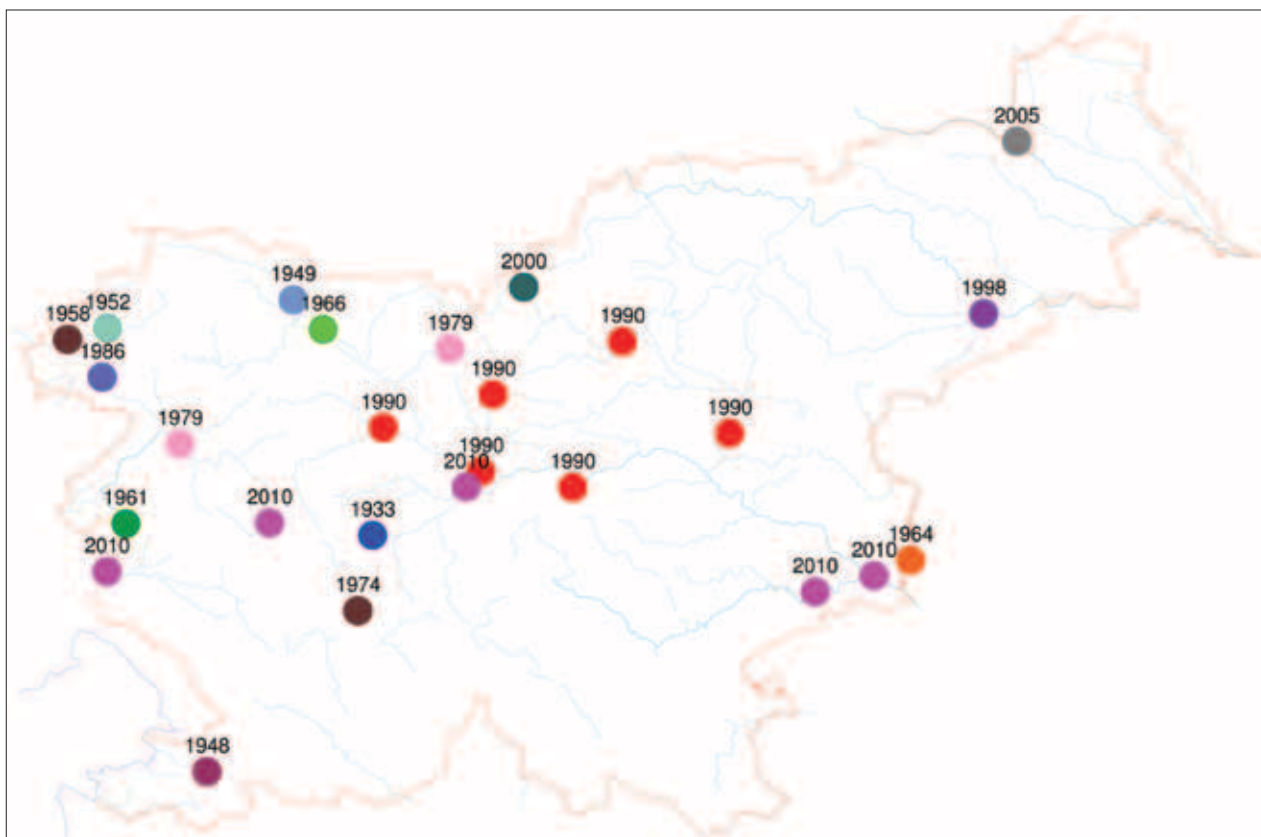
Slika 14: Največje letne konice pretokov (Qvk) in povratne dobe na vodomerni postaji Miren na Vipavi
 Figure 14: The maximum annual discharge peaks (Qvk) and return periods for w.s. Miren on the Vipava River

Sklepne misli

Analiza je pokazala, da je bil letošnji poplavni dogodek izjemen glede na razsežnost in se uvršča v vrh izrednih poplavnih dogodkov. Poleg razsežnosti ga je zaznamovala zelo velika količina padavin. Dvodnevna vsota padavin je marsikje preseгла pred tem izmerjene rekordne vrednosti (ARSO, 2010b). Škoda, ki so jo te poplave povzročile v primerjavi s preteklimi poplavami, je nedvomno večja, saj

se je urbanizacija v zadnjih desetletjih močno povečala, predvsem na poplavnih območjih.

Zavedati se moramo, da popolne zaščite pred vodno ujmo ni. Poplave so naravni pojav in človek bi moral svoje življenje prilagajati temu pojavu. Na skrajne, z vremenom povezane pojave vplivajo tudi podnebne spremembe, ki se kažejo v vse pogostejših izjemnih dogodkih. Poplave lahko predvidimo in se nanje pripravimo, ne moremo pa jih preprečiti. Storiti moramo vse, da se izognemo še



Slika 15: Leta z največjimi pretoki na merilnih mestih z nizom podatkov nad 60 let
 Figure 15: The years with the maximum discharges on water gauging stations over 60 years

hujšemu poplavljanju, ki ga povzročajo človekovi posegi v prostor, in da zmanjšamo ogroženost ljudi in premoženja. Prebivalstvo se mora zavedati mogočih in resničnih nevarnosti ter sprejemati preventivne ukrepe.

Za obrambo pred poplavami poskušamo na ARSO zagotavljati pravočasne in čim zanesljivejše hidrološke napovedi, ki so podlaga za dovolj zgodnje ukrepanje pred nastankom pojava. Pri hidroloških napovedih je posebej pomembno zagotavljati časovno najnovejše informacije o pričakovanem pojavu visokih voda in morebitnih poplavalh ter v sistem pravočasno vključiti vse pristojne za upravljanje voda in izvajanje ukrepov zaščite in reševanja. Na podlagi opazovanj in napovedi je mogoče poplave ter druge vodne ujme napovedati za nekaj dni vnaprej. Reševalnim službam, lokalnim skupnostim in posameznikom tako omogočimo, da se bolje pripravijo na prihajajočo ujmo in z morebitnimi ukrepi zmanjšajo poplavno škodo ter ublažijo negativne posledice poplav, ki povzročijo izgube življenj, poškodbe ljudi in uničenje ter poškodovanje lastnine in infrastrukture.

Viri in literatura

1. Arhiv Agencije RS za okolje.
2. ARSO, 2010a. Hidrološko poročilo o povodnji v dneh od 17. do 21. septembra 2010. http://www.arso.gov.si/vode/poročila_in_publicacije/Poplave_17.-21.september_2010.pdf.
3. ARSO, 2010b. Poročilo o izjemno obilnih padavinah od 16. do 19. septembra 2010. http://www.meteo.si/uploads/probase/www/climate/text/sl/weather_events/padavine_16-19sep10.pdf.
4. Bat, M., 2008. 60 let slovenske državne hidrološke službe. V: 60 let slovenske meteorološke in hidrološke službe. Naše okolje, Bilten Agencije RS za okolje, posebna izdaja, Ljubljana.
5. Kobold, M., 2006. Visoke vode in poplave med 20. in 23. avgustom 2005. Ujma 20, Ljubljana, 48-55.
6. Kobold, M., 2008. Katastrofalne poplave in visoke vode 18. septembra 2007. Ujma 22, Ljubljana, 65-75.
7. Kolbezen, M., 1991. Hidrološke značilnosti novembrske visoke vode leta 1990. Ujma 5, Ljubljana, 16-18.
8. Polajnar, J., 1999. Visoke vode v Sloveniji leta 1998. Ujma 13, Ljubljana, 143-150.
9. Polajnar, J., 2009. Visoke vode v Sloveniji leta 2008. Ujma 23, Ljubljana, 24-26.
10. Smith, K. and Ward, R., 1998. Floods. Physical Processes and Human Impacts. John Wiley & Sons, England.
11. Strojjan, I., Kobold, M., Robič, M., Pogačnik, N., Kosec, D., 2010. Povodenj med 23. in 27. decembrom 2009. Ujma 24, Ljubljana, 36-47.
12. Strojjan, I., 2010. Pretoki rek v letu 2010. V: Naše okolje, Bilten Agencije RS za okolje, december 2010, št. 12, 71-77.
13. Trontelj, M., 1997. Kronika izrednih vremenskih dogodkov XX. stoletja. Hidrometeorološki zavod RS, Ljubljana.