

## 4 Hidrogeografske značilnosti

Tajan Trobec

### 4.1 Porečje Kamniške Bistrice

#### 4.1.1 Splošne značilnosti Kamniške Bistrice in njenega porečja

Kamniška Bistrica je alpska reka. Skupaj s Savinjo na vzhodu, Kokro na zahodu in avstrijsko Belo na severu odmaka osrednji, najvišji in najbolj masiven del Kamniško-Savinjskih Alp. Na površju se pojavi v obliki razmeroma izdatnega kraškega izvira v zatrepu doline Kamniške Bistrice, na nadmorski višini približno 600 m. Kamniška Bistrica je levi pritok Save. Vanjo se izliva pri sotočju Save in Ljublanjice, v bližini naselja Videm, v skrajnem vzhodnem delu Ljubljanske kotline. Reka od izvira do izliva meri v dolžino približno 32 km. Na svoji poti teče skozi Kamnik in Domžale. Glavna leva pritoka Kamniške Bistrice sta Nevljica in Rača, z desne se vanjo izliva Pšata. Nevljica se v Kamniško Bistrico izliva v Kamniku, Rača v Domžalah, Pšata pa (če ne upoštevamo umetno zgrajenega razbremenilnega kanala med Mengšem in Domžalami) v bližini Beričevega. Celotno porečje Kamniške Bistrice meri 538,7 km<sup>2</sup> (Hidrografska območja, 2016). Na porečje Nevljice odpade 88,5 km<sup>2</sup>, na porečje Rače z Radomljo 164,5 km<sup>2</sup> ter na porečje Pšate 147,9 km<sup>2</sup>. Preostali del porečja (137,8 km<sup>2</sup>) odpade večinoma na povirje Kamniške Bistrice do sotočja z Nevljico ter na ravninsko območje v spodnjem toku neposredno ob reki (Slika 4.1, Preglednica 4.1).

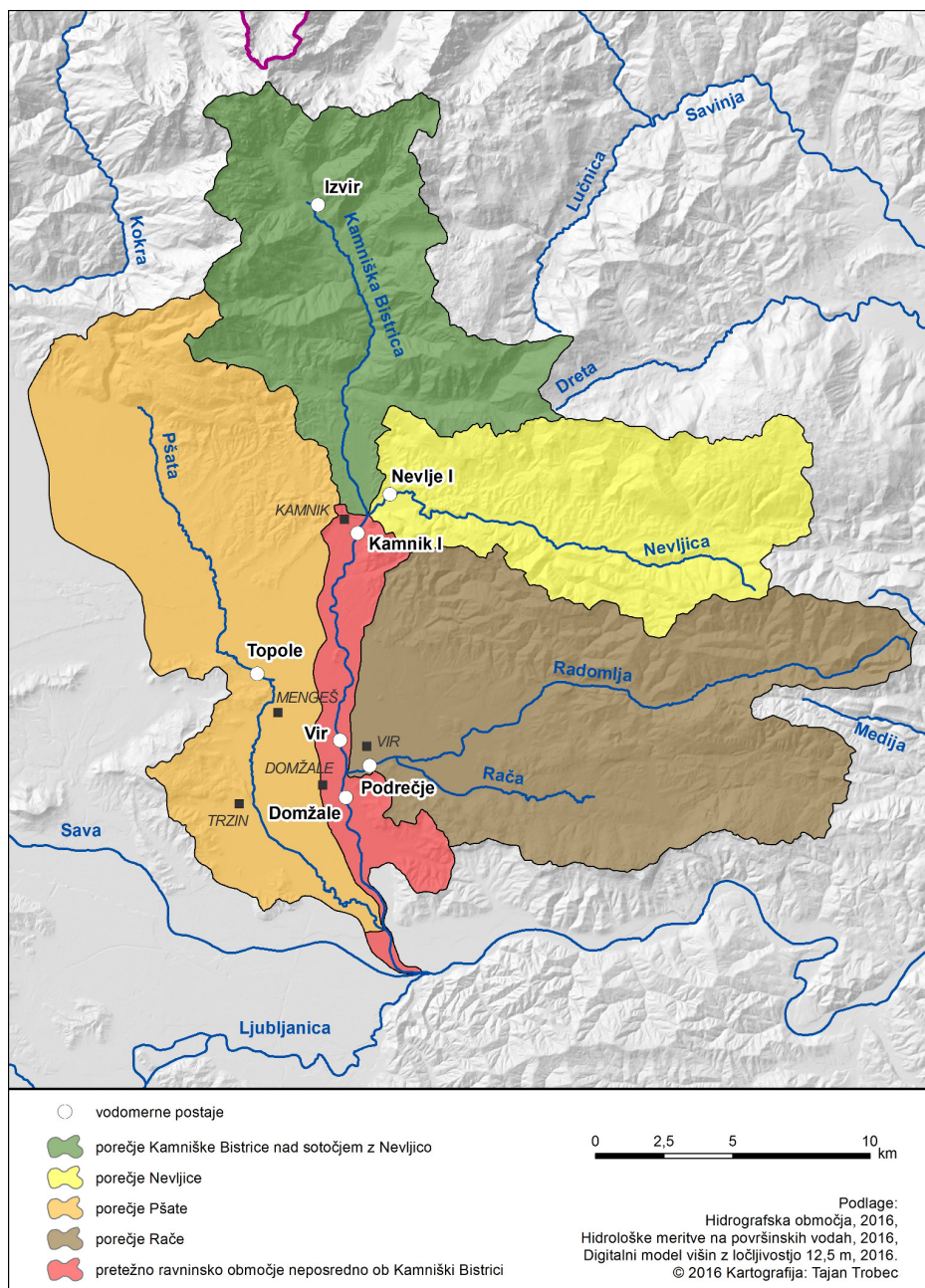
Preglednica 4.1: Površina in deleži posameznih delov porečja Kamniške Bistrice.

Del porečja	Površina [km <sup>2</sup> ]	Delež [%]
Porečje Kamniške Bistrice nad sotočjem z Nevljico	106,9	19,9
Porečje Nevljice	88,5	16,4
Porečje Rače	164,5	30,5
Porečje Pšate	147,9	27,5
Pretežno ravninsko območje neposredno ob Kamniški Bistrici	30,9	5,7
Kamniška Bistrica (skupaj)	538,7	100

Vir: Hidrografska območja, 2016.

Porečje Kamniške Bistrice je pokrajinsko zelo raznoliko. Najvišja točka porečja je 2558 m visok vrh Grintovca, najnižja pa (če ne upoštevamo Mlinščice, ki se pri Ihanu odcepi od Kamniške Bistrice ter se izliva neposredno v Savo pri Dolskem) izliv

Slika 4.1: Deli porečja Kamniške Bistrice.



Kamniške Bistrice v Savo na 264 m. Povprečen strmec znaša dober meter na 100 m toka. Severni in hkrati najvišji del porečja sestavlja visokogorje in sredogorje v večjem delu zakraselih Kamniško-Savinjskih Alp. Zanje so značilni vrhovi, slemena, kraški podi in planote. Kamniško-Savinjske Alpe proti jugu in vzhodu prehajajo v nižje ter večinoma vododržno Tunjiško gričevje in Posavsko hribovje. Jugozahodni del porečja zaobsega del pretežno s fluvio-glacialnim prodom in peskom zasute Ljubljanske kotline z enotami: Kamniškobistriško polje, vzhodni del Kranjsko-Sorškega polja, skrajni severovzhodni del Ljubljanskega polja ter nižji osamelci v osrednjem delu kotline. Porečje Kamniške Bistrice se v povprečju postopno znižuje od severa proti jugu, v obratni smeri pa se povečuje količina padavin. Najmanj namočeni deli porečja na jugu na letni ravni prejmejo med 1300 in 1400 mm, najbolj namočeni deli na severu pa tudi do 2600 mm padavin (Povprečna letna višina ..., 2016).

Zaradi ugodnih naravnih danosti so najgosteje poseljeni, intenzivno obdelani in tudi sicer najbolj antropogeno preoblikovani najnižji deli porečja, še zlasti Kamniškobistriško in Kranjsko-Sorško polje ter doline in nižine ob glavnih vodotokih. Večja mestna naselja v porečju so poleg Domžal in Kamnika še Mengeš, Trzin in Vir. Višji deli porečja so redkeje poseljeni, manj antropogeno preoblikovani in večinoma gozdnati, najvišji deli Kamniško-Savinjskih Alp pa so nad gozdno mejo. Izjeme predstavljajo Velika Planina in nekatere uravnave ter slemena v sicer razgibanem sredogorju, ki so omogočile razvoj manjših, višje ležečih naselij, kot so Ambrož pod Krvavcem, Šenturska gora, Zgornji Tuhinj, Kališe idr. V vzpetem delu porečja je, še zlasti na vododržni matični podlagi, izoblikovana razmeroma gosta rečna mreža s številnimi izviri, ki so ponekod zajeti za vodooskrbo. Za prodno-peščene uravnave v Ljubljanski kotlini so značilne velike zaloge talne vode, ki so na Kamniškobistriškem polju ocenjene na 0,5 m<sup>3</sup>/s, in predstavljajo pomemben vir pitne vode. Izdatni pa so tudi vodonosniki visokega krasa v povirju (Brečko Grubar, 2006).

#### 4.1.1.1 Odtočne razmere in pretočni režimi

Pritoki Kamniške Bistrice odmakajo zelo različna območja, tako z vidika reliefa, količine padavin, geološke zgradbe in pokrovnosti, kar se zrcali v različnih odtokih, pretočnih režimih, pritiskih na vodne in nevtralizacijske sposobnosti (Brečko Grubar, 2006). Edina merodajna vodomerna postaja na Kamniški Bistrici, z ustrežno dolžino podatkovnega niza, je postaja v Kamniku, ki deluje od leta 1926. Postavljena je neposredno po sotočju Kamniške Bistrice z Nevljico. Prek nje se pretaka voda zgolj z dobre tretjine celotnega porečja. Preostale vodomerne postaje so opuščene in imajo poleg tega kratke in pomanjkljive podatkovne nize (na primer vodomerna postaja v Domžalah), ali pa so zaradi vzporednega pretakanja vode po mlinščicah slabše reprezentativne (na primer vodomerna postaja pri Viru). Vodomerne postaje so postavljene tudi na večjih pritokih Kamniške Bistrice (Nevljica, Rača in Pšata).

Po Kamniški Bistrici pri Kamniku je v obdobju 1981–2010 odteklo 6,89 m<sup>3</sup>/s, pri Viru pa kljub večjemu vodozbirnemu zaledju le 5,07 m<sup>3</sup>/s. Pomemben del vode na tem

odseku namreč odteka po vzporedno potekajočih Radomeljski in Homški mlinščici. Poleg tega nekaj vode iz struge odvzamejo različni porabniki, del vode pa se zateka v prepustne sipke sedimente in tako prispeva k bogatenju podtalnice. Če pretoku Kamniške Bistrice pri Viru prištejemo še ocenjen pretok na Radomeljski Mlinščici (2,0 m<sup>3</sup>/s) (Frantar, 2015) in Homški Mlinščici pri Domžalah (0,63 m<sup>3</sup>/s), lahko potencialni skupni srednji pretok okvirno ocenimo na 7,7 m<sup>3</sup>/s. Pri Domžalah je po sotočju z Račo po Kamniški Bistrici v enakem obdobju odteklo 10 m<sup>3</sup>/s, ob upoštevanju pretoka po vzporedni Homški mlinščici pa bi potencialni pretok znašal 10,7 m<sup>3</sup>/s. Najbolj vodnat pritek Kamniške Bistrice je Rača, ki ima tudi največje porečje. Med 1981 in 2010 je po Rači pri Podrečju povprečno odteklo 2,70 m<sup>3</sup>/s, po Nevljici pri Nevljah 1,73 m<sup>3</sup>/s, po Pšati pri Topolah pa 1,33 m<sup>3</sup>/s vode (Arhivski hidrološki ..., 2015; Preglednica 4.2).

Za obdobje 1981 do 2010 je specifični odtok Kamniške Bistrice pri Kamniku s 35,3 l/(s×km<sup>2</sup>) daleč največji v celotnem porečju. Ta vrednost je občutno nad slovenskim povprečjem, ki znaša 27 l/(s×km<sup>2</sup>) (Frantar, 2008). Okoli slovenskega povprečja se je v enakem obdobju s 26,8 l/(s×km<sup>2</sup>) gibal tudi specifični odtok Kamniške Bistrice pri Domžalah. Pri Viru se zaradi omenjenih posegov v vodni režim specifični odtok zmanjša na 24,3 l/(s×km<sup>2</sup>). Porečje Kamniške Bistrice se med povprečno vodnata porečja Slovenije uvršča predvsem zaradi vodnatosti osrednjega vodotoka, za pritoke pa so značilni znatno manjši specifični odtoki. Največ vode z enote površine je v obdobju 1981–2010 odteklo s porečja Nevljice (21,0 l/(s×km<sup>2</sup>)), ki je z dobrimi 700 m v povprečju najvišje in prejme tudi največjo količino padavin. Še manj vode je odteklo v porečju Rače (16,5 l/(s×km<sup>2</sup>)), najmanj pa v porečja Pšate (14,1 l/(s×km<sup>2</sup>)) (Preglednica 4.2).

Preglednica 4.2: Odočne vrednosti za glavne vodotoke porečja Kamniške Bistrice za obdobje 1981–2010.

Vodotok	Vodomerna postaja	Manjkajoča leta znotraj opazovalnega obdobja	F [km <sup>2</sup> ]	sQs [m <sup>3</sup> /s]	q [l/(s×km <sup>2</sup> )]
Kamniška Bistrica	Kamnik I	2007–2010	195,50	6,89	35,3
Kamniška Bistrica	Vir	1981–1990, 1991 (januar)	208,58	5,07	24,3
Kamniška Bistrica	Domžale	1983, 1991–2010	373,89	10,02	26,8
Nevljica	Nevlje I		82,21	1,73	21,0
Rača	Podrečje	1982	163,84	2,70*	16,5
Pšata	Topole	1981–1988	93,92	1,33	14,1

Vir: Arhivski hidrološki ..., 2015.

F – površina vodozbirnega zaledja postaje

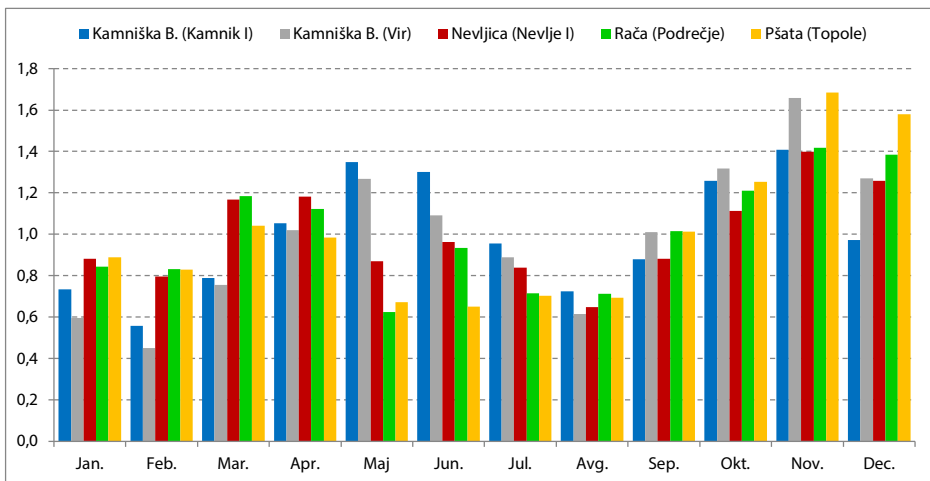
sQs – srednji obdobjni pretok

q – specifični odtok; kvocient med sQs in F

\* Pri Rači (Podrečje) je pretok zmanjšan za 2 m<sup>3</sup>/s, kolikor okvirno znaša dotok Radomeljske mlinščice v Račo nad vodomerno postajo (Frantar, 2015).

Kamniška Bistrica se je pri Kamniku, glede na 30-letno obdobje med letoma 1971 in 2000, uvrščala med reke z alpsko varianto snežno-dežnega pretočnega režima (Frantar, Hrvatín, 2005), v obdobju 1981–2010 pa se s prednjačenjem jesenskega pretočnega viška pred pomladanskim ter z izrazitejšim poletnim nižkom že kažejo nekatere značilnosti dežno-snežnega pretočnega režima (Slika 4.2). Pri Viru, predvsem zaradi posegov v rečni odtok, snežno-dežni pretočni režim preide v dežno-snežnega. Spreminjanje snežno-dežnega pretočnega režima v dežno-snežnega po toku navzdol je tudi sicer značilno za večino slovenskih alpskih vodotokov, na primer za Savo, Sočo in Savinjo. Pri Domžalah se sicer ponovno kažejo značilnosti snežno-dežnega pretočnega režima, vendar pa komaj 9-letni podatkovni niz na tej vodomerni postaji ne omogoča zanesljivega določanja rečnega pretočnega režima, saj se značilnosti odtoka od leta do leta lahko precej razlikujejo.

Slika 4.2: Mesečni pretočni količniki ( $M$ ) za glavne vodotoke porečja Kamniške Bistrice za obdobje 1981–2010.



Vir podatkov: Arhivski hidrološki ..., 2015.

Glavni pritoki Kamniške Bistrice (Nevljica, Rača in Pšata) imajo zaradi v povprečju nižjih vodozbornih zaledij in manjšega vpliva snežnega zadržka ter bolj poudarjenega poletnega izhlapevanja dežno-snežni režim z izrazitejšim jesenskim pretočnim viškom nasproti pomladanskemu ter z izrazitejšim poletnim nižkom nasproti zimskemu. Iz preglednice 4.3 in slike 4.2, ki prikazujeta mesečne pretočne količnike za posamezne vodotoke, je razvidno, da so ti za obdobje 1981–2010 med decembrom in marcem najnižji na Kamniški Bistrici, na pritokih pa so višji. Pozimi se namreč v visokogorju padavine kopičijo v obliki snega in lahko tudi več mesecev ne odtečejo. V obdobju med majem in julijem se stanje obrne. Tedaj so predvsem zaradi taljenja snega in kraškega zadržka mesečni pretočni količniki višji na Kamniški Bistrici, na pritokih pa so zaradi manj izrazitega in krajšega snežnega zadržka ter močnejše izraženega izhlapevanja nižji. V avgustu in septembru so mesečni pretočni količniki po celotnem porečju precej uravnoteženi. Pred pritoki prične Kamniška Bistrica, glede na vrednost mesečnih pretočnih količnikov, ponovno prednjačiti v oktobru in

deloma novembru, za kar so odgovorne orografsko pogojene jesenske padavine, ki so najizdatnejše ravno v povirju Kamniške Bistrice, ter vse večji delež padavin v obliki dežja nasproti snežnim padavinam v tem delu leta, ki ima za posledico manj izražen vpliv snežnega zadržka.

*Preglednica 4.3: Povprečni mesečni pretoki ( $Q$  [ $m^3/s$ ]) ter mesečni pretočni količniki ( $M$ ) za glavne vodotoke porečja Kamniške Bistrice za obdobje 1981–2010.*

Vodotok		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Maj	Jun.	Jul.	Avg.	Sep.	Okt.	Nov.	Dec.
Kamniška B. (Kamnik I)	Q	5,07	3,85	5,44	7,25	9,30	8,97	6,58	4,99	6,07	8,67	9,70	6,71
	M	0,73	0,56	0,79	1,05	1,35	1,30	0,95	0,72	0,88	1,26	1,41	0,97
Kamniška B. (Vir)	Q	3,02	2,29	3,83	5,18	6,43	5,54	4,51	3,12	5,13	6,69	8,42	6,44
	M	0,60	0,45	0,75	1,02	1,27	1,09	0,89	0,61	1,01	1,32	1,66	1,27
Nevljica (Nevlje I)	Q	1,52	1,38	2,02	2,04	1,50	1,66	1,45	1,12	1,53	1,92	2,42	2,17
	M	0,88	0,80	1,17	1,18	0,87	0,96	0,84	0,65	0,88	1,11	1,40	1,26
Rača (Podrečje) *	Q	2,28	2,25	3,19	3,03	1,68	2,52	1,93	1,92	2,74	3,27	3,82	3,74
	M	0,84	0,83	1,18	1,12	0,62	0,94	0,72	0,71	1,02	1,21	1,42	1,39
Pšata (Topole)	Q	1,18	1,10	1,38	1,30	0,89	0,86	0,93	0,92	1,34	1,66	2,23	2,09
	M	0,89	0,83	1,04	0,98	0,67	0,65	0,70	0,69	1,01	1,25	1,69	1,58

Vir: Arhivski hidrološki ..., 2015.

*M* – Mesečni pretočni količnik je razmerje med povprečnim mesečnim pretokom ( $Q$ ) in srednjim obdobjnim pretokom ( $sQs$ )

\* Pri Rači (Podrečje) je pretok pri posameznih mesecih zmanjšan za  $2 m^3/s$ , kolikor okvirno znaša dotok Radomeljske mlinsčice v Račo nad vodomerno postajo (Frantar, 2015).

Kot za večino vodotokov v Sloveniji (Ulaga, 2002), je tudi za Kamniško Bistrico značilno postopno zmanjševanje pretoka (Preglednica 4.4, Slika 4.3, Slika 4.4). V obdobju 1931–1960 je povprečni pretok ( $sQs$ ) pri Kamniku znašal  $8,62 m^3/s$ , a se je do obdobja 1981–2010 zmanjšal za  $1,73 m^3/s$  oziroma 20 %. Slika je še bolj alarmantna pri srednjih malih pretokih ( $sQnp$ ). Ti so se pri Kamniku v enakem obdobju zmanjšali z  $2,59 m^3/s$  na  $1,77 m^3/s$  oziroma za 32 %. Manjši pretoki od  $1,5 m^3/s$  so se, če izvezamemo leto 1928, pričeli pojavljati šele po letu 1970. Od tedaj pa do leta 2013 je bilo kar 7 takih let, ko so najmanjši letni pretoki padli pod  $1,5 m^3/s$ . Zmanjševanje pretoka gre pripisati predvsem povečanemu izhlapevanju kot posledici višjih temperatur ter zmanjšani količini, razporeditvi in obliki padavin. Del zmanjšanja gre tudi na račun črpanje vode za vodooskrbo Kamnika na drenažnem zajetju Iverje, ki znaša od 110 do 130 l/s (Brečko Grubar, 2006).

Manj vode v strugi med drugim vpliva na počasnejši tok reke, višje temperature vode v toplejšem delu leta, manjšo vsebnost v vodi raztopljenega kisika, slabše samočistilne sposobnosti in večjo občutljivost vode za onesnaževanje. Kamniška Bistrica ima kot vodnata alpska reka zaradi ugodnih naravnogeografskih značilnosti porečja razmeroma dobre samočistilne sposobnosti, ki pa so v spodnjem delu porečja zaradi regulacij in drugih posegov v vodni in obvodni prostor ter obremenjevanja vode z odpadnimi vodami in izpiranjem s kmetijskih površin zmanjšane. Morebitno nadaljnje zmanjševanje vodnih količin bo potrebno upoštevati tudi pri prihodnjem upravljanju s porečjem.



Preglednica 4.4: Karakteristični pretoki na vodomernih postajah Kamnik in Kamnik I na Kamniški Bistrici. \*

Vodomerna postaja (obdobje)	sQs [m <sup>3</sup> /s]	sQnp [m <sup>3</sup> /s]	nQnp [m <sup>3</sup> /s]	nQnk [m <sup>3</sup> /s]	vQvk [m <sup>3</sup> /s]	Q <sub>100</sub> ***
		1931–1960 1961–1990 1971–2000 1981–2010 ----- 1926–2013				
Kamnik ** (1926–1956)	8,62 7,40	2,59 2,12	1,58 1,18	/		
Kamnik I (1957–2006, 2011–2013)	7,21 6,89 ----- 7,84	1,96 1,77 ----- 2,19	1,14 1,14 ----- 0,92			

Vir: Arhivski hidrološki ..., 2015.

sQs – srednji obdobjni pretok

sQnp – srednji mali obdobjni pretok (povprečje posameznih najmanjših letnih pretok (dnevni povprečji))

nQnp – najmanjši izmerjeni obdobjni pretok (dnevno povprečje)

nQnk – najmanjši izmerjeni obdobjni pretok (konica)

vQvk – največji izmerjeni obdobjni pretok (konica)

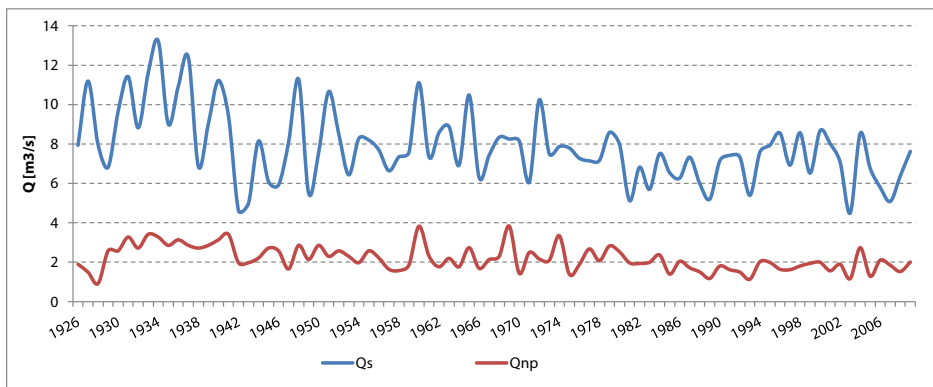
Q<sub>100</sub>, Q<sub>50</sub>, Q<sub>25</sub>, Q<sub>10</sub> – pretok s 100-, 50-, 25-, 10-letno povratno dobo

\* Lokaciji vodomernih postaj Kamnik in Kamnik I sta tako blizu, da smo podatke o pretokih za dnevna povprečja združili.

\*\* Na vodomerni postaji Kamnik so potekala zgolj dnevna opazovanja vodostajev, ne pa tudi njihovo zvezno beleženje, zaradi česar ne razpolagamo z zanesljivimi podatki za dnevne konice, niti ne moremo izračunati pretokov za izbrano povratno dobo.

\*\*\* Vrednosti pretokov za izbrane povratne dobe so izračunane za obdobje 1957–2013, ko je v Kamniku potekalo zvezno beleženje vodostaja, in sicer za predpostavljeno Pearsonovo III porazdelitev letnih velikih pretočnih konic.

Slika 4.3: Spreminjanje srednjih in najmanjših letnih pretokov na Kamniški Bistrici (Kamnik, Kamnik I) v obdobju 1926–2013.



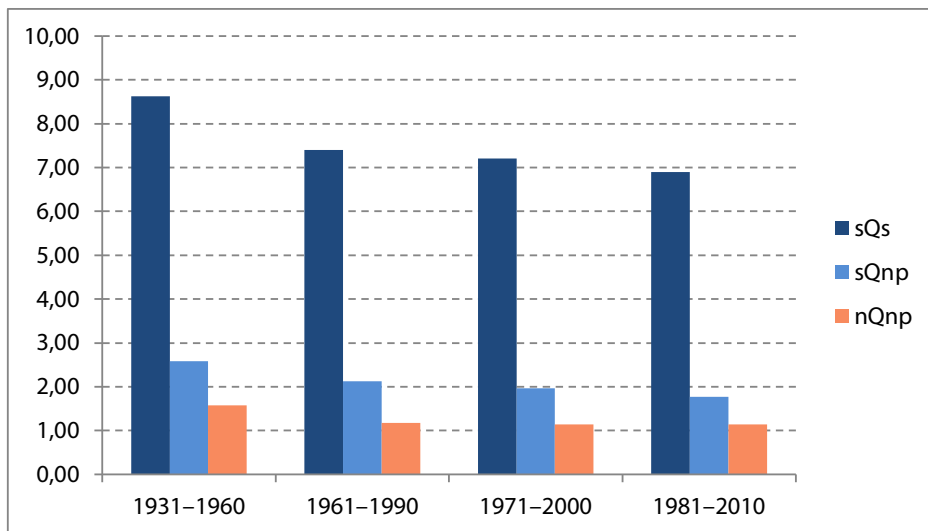
Vir podatkov: Arhivski hidrološki ..., 2015.

Qs – srednji letni pretoki

Qnp – najmanjši letni pretoki (dnevno povprečje)

Ob največjem zabeleženem pretoku v času silovitih poplav novembra 1990, ki je znašal  $282 \text{ m}^3/\text{s}$ , je s porečja Kamniške Bistrice pri Kamniku odteklo približno  $1,5 \text{ m}^3/(\text{s} \times \text{km}^2)$ . Najmanj vode v strugi je bilo na isti postaji marca 1993, ko je bil pretok manjši od  $1 \text{ m}^3/\text{s}$ . Razmerje med najmanjšim, srednjim in največjim pretokom ( $nQ_{nk} : sQ_s : vQ_{vk}$ ) na Kamniški Bistrici pri Kamniku za obdobje 1926–2013 znaša  $1 : 9 : 325$ , kar nakazuje na močno izražen hudourniški značaj reke. Ob Kamniški Bistrici s pritoki so značilne razmeroma pogoste poplave, saj je v različni literaturi moč najti opise vsaj desetih poplav (Trobec, 2015). V povirju se pojavljajo hudourniške poplave, v spodnjem toku in ob večjih pritokih pa nižinske poplave. Verjetno najbolj uničujoče so bile poplave leta 1990 in 1998 (Repolusk, 1991; Bat in Lipovšek, 1991; Jesenovc, 1995; Klabus, 1994; Komac in sod., 2008). Reka ob ekstremnem pretoku s poplavami ogroža stanovanjske in druge objekte v večjih in manjših naseljih med Godičem in Dolskim, industrijske obrate, kmetijske površine in različno infrastrukturo (predvsem ceste in mostove). V 20. stoletju so jo zato dolvodno od Kamnika v večjem delu regulirali, razširili in poglobili, zgradili pragove in jezove ter ponekod obdali z nasipi. Po nekaterih ocenah (Brečko Grubar, 2006) je preoblikovanih 70 % celotne struge Kamniške Bistrice, kar je zelo veliko. Kljub temu so območja poplavljanja še vedno precej obsežna.

Slika 4.4: Primerjava izbranih karakterističnih pretokov na Kamniški Bistrici pri Kamniku po različnih obdobjih.



Vir podatkov: Arhivski hidrološki ..., 2015.

sQs – srednji pretok

sQnp – srednji mali pretok (povprečje posameznih najmanjših letnih pretok (dnevni povprečji))

nQnp – najmanjši izmerjeni pretok (dnevno povprečje)



### 4.1.1.2 Kakovost vode

Skladno s poselitvijo in koncentracijo različnih dejavnosti v porečju se pritiski na Kamniško Bistrico po toku navzdol povečujejo, kar se zrcali tudi v stopnjevanju njene onesnaženosti. Viri onesnaževanja so predvsem intenzivna kmetijska dejavnost ter izpusti iz industrijskih obratov in čistilnih naprav. Do leta 2002 se je Kamniška Bistrica na izviru večinoma uvrščala v 1., najvišji kakovostni razred, pri Stranjah in Kamniku v 2. kakovostni razred, pri Domžalah v 3. kakovostni razred, pri Beričevem pa že v 4. oziroma najslabši kakovostni razred (Brečko Grubar, 2006). Po spremenjeni metodologiji ocenjevanja kakovosti vode, v skladu z normativi EU, se je do Domžal do leta 2013 uvrščala v dobro kemijsko stanje. Pod Domžalami se je uvrščala v slabo kemijsko stanje do vključno leta 2005 (Kakovost voda v Sloveniji, 2008). Od tedaj do leta 2013 pa je bila tudi na tem odseku v dobrem kemijskem stanju (Ocena ekološkega ..., 2010; Ocena stanja ..., 2012; Ocena stanja ..., 2013; Ocena stanja ..., 2015). Še v začetku 21. stoletja se je Kamniška Bistrica v spodnjem toku uvrščala med bolj obremenjene vodotoke pri nas, a se stanje postopno izboljšuje. Onesnaženost je bila predvsem posledica prevelike vsebnosti pesticidov (metolaklor, atrazin), amonija in ortofosfata ter prevelikega organskega onesnaženja (Ocena ekološkega ..., 2010).

V zgornjem toku do Stahovice je Kamniška Bistrica praktično nepreoblikovana in v zelo dobrem ekološkem stanju. Za slabše ekološko stanje v srednjem in predvsem v spodnjem toku so, poleg obremenjenosti vode z različnimi onesnaževali, odgovorni predvsem velikopotezni vodogradbeni posegi v vodni in obvodni prostor, ki naj bi varovali pred poplavami in erozijo. Zaradi slednjih je struga v tem delu trajno spremenjena in degradirana, bregovi so umetni in utrjeni z visokimi kamnometi, veliko je jezov in mostov, spremenjeni so rečni profil, struktura dna in obrežna vegetacija, slabše kakovosti pa je tudi življenjsko okolje za tam živeče vodne in obvodne organizme (Ocena ekološkega ..., 2010). Kamniška Bistrica na tem odseku posledično tudi ne dosega okoljskih zahtev vodne direktive (Direktiva ..., 2000), kar ostaja z vidika upravljanja s porečjem velik izziv za prihodnost.

## 4.2 Povirni del porečja Kamniške Bistrice do sotočja z Nevljico

### 4.2.1 Splošne značilnosti povirja

Povirni del porečja Kamniške Bistrice do sotočja z Nevljico se v marsičem razlikuje od preostalega porečja. Povirje je večinoma zakraselo in gorato, najvišje in najbolj strmo, prejme pa tudi daleč največjo količino padavin. Posledično se tu izoblikujejo prevladujoče značilnosti odtoka Kamniške Bistrice, ki jo spremljajo po toku navzdol. Zaradi odročnosti in skromnih naravnih danosti je prisotnost človeka s svojimi dejavnostmi v povirnem delu najmanj izražena. Pritiski na vodne vire so majhni, vodotoki pa so večinoma v naravnem stanju ter v gospodarskem smislu sorazmerno malo izkoriščeni. Na Kamniški Bistrici med Stahovico in Kamnikom ter na Črni in Bistričici je postavljenih skupaj okoli 10 malih hidroelektrarn (Koncesije za rabo vode, 2016;

Vodna energija, 2016), ki izkoriščajo zadostno količino in padec vode. Na nekdanjo pomembno gospodarsko vlogo vodnega toka na Kamniški Bistrici spominjajo mlinščice, ki so poganjale nekdanje obrate na vodni pogon – predvsem mline in žage. Začno se pri Stahovici in nato reko spremljajo ob celotnem toku. Stoječih voda je v povirju malo. Mednje se uvrščajo predvsem umetni kali na skrajnem severozahodnem delu Velike planine ter Krvava lokev na Kalškem grebenu.

Kamniška Bistrica izvira v dnu istoimenske doline pod Kamniškim dedcem v obliki stalnega kraškega izvira. Le ta je zajezen, tako da se izvirna voda zbira v manjšem umetnem tolmunu. Povprečna izdatnost izvira je ocenjena na 1 m<sup>3</sup>/s (Frantar, 2015). Vanj se stekajo podzemne vode z obsežnega zakraselega grebena Kamniško-Savinjskih Alp med Grintovcem na zahodu in Planjavo na vzhodu, dosežejo pa ga celo vode s planine Korošica pod Ojstrico. Glavnina vode priteka v tolmun v vzhodne smeri, neposredno iz razpok v apnencu na dnu skalnatega pobočja, manjši del pa skozi grušč s severne in severozahodne smeri (Novak, 1996).

Poleg glavnega izvira reko napajata še dva manjša dolinska kraška izvira, in sicer Studenci izpod Mokrice ter Mali izvirek izpod Mešenika. Voda iz prvega se po nekaj sto metrih toka Kamniški Bistrici pridruži z desne strani, voda iz drugega pa po približno kilometru toka z leve strani. Izvir Studenci sestoji iz niza izvirov, ki na plano pritekajo iz razpok prekritih s pobočnim gruščem. Najbolj izdatna sta spodnja izvira, a tudi ta dva zaradi izrazitega nihanja gladine vode v odvisnosti od padavin ob nižjem vodostaju lahko presahmeta. V izvir Studenci priteka voda s kraškega podzemlja Kalškega grebena med Planino Dolga njiva in Kokrskim sedlom (Novak, 1996). Izvir tako predstavlja glavni odvodnik zahodnega dela povirja.

Mali izvirek je po drugi strani dokaj stalen. Voda, ki priteka na površje v številnih rojeh izpod morenskega grušča, se združi v povirni krak in se po slabih 300 m toka izliva v Kamniško Bistrico tik pred njenim vstopom v sotesko Predaselj. Od kod vse se napaja Mali izvirek še ni dokončno potrjeno. Sodeč po izotopski sestavi kisika v vodi je možno, da se skozi morenski grušč vsaj deloma napaja kar z vodo iz izvirnega tolmana Kamniške Bistrice. Rezultati sledilnih poskusov pa nakazujejo na to, da del vode lahko priteka tudi s planine Korošica pod Ojstrico (Novak, 1996).

Zakraselo povirje izvirov Kamniške Bistrice zaradi prevlade prepustnih kraških kamnin v običajnih vremenskih razmerah v večjem delu ne omogoča površinskega odтока vode. Ob obilnih padavinah pa, predvsem zaradi izjemno strmih pobočij, vseeno oživijo številne grape in hudourniki, ki napajajo vodotoka Sedelšček izpod Kamniškega sedla in Krvavec iz Konca pod Grintovcem. Vodotoka se pred izlivom v Kamniško Bistrico združita in tako predstavljata njen prvi nestalni desni pritok.

Kljub večinoma kraškemu površju Kamniška Bistrica tudi nižje po toku prejme kar nekaj pritokov, med katerimi se bomo omejili le na večje, ki so večinoma tudi stalni. Z leve se vanjo kmalu za Predasljem izliva Kamniška Bela, na kateri je slikovit slap Orglice. Dober kilometer nižje se v reko, ravno tako z leve, izliva Dolski potok. Z desne se ji nasproti spodnje postaje žičnice za Veliko Planino pridruži Korošica, ki izvira pod Velikim Zvohom. Pred izstopom Kamniške Bistrice iz ozke doline na Mekinjsko polje se nad Stahovico vanjo izliva desni pritok Grohat oziroma Potok izpod Kamniškega vrha, nekoliko višje pa še levi pritok Konjski potok oziroma Konjska izpod Velike Planine. V

Stahovici se ji skoraj na istem mestu pridružita še Bistričica z desne ter Črna z leve. Prva izvira pod Kržiščem, druga pa pri Črnicu. Med Stahovico in Kamnikom Kamniška Bistrica poleg Stranjskega potoka ne prejme pomembnejših pritokov.

Porečje Kamniške Bistrice nad sotočjem z Nevljico po površini meri 106,9 km<sup>2</sup> (Hidrografska območja, 2016). Razvodnica je večinoma začrtana po hidrografskem ključu in poteka po domnevno razvodnih slemenih in kraških uravninah. Na zahodu se vleče od Kamnika po vzhodnemu robu Tuhinjskega gričevja prek Vrat in Planine Jezerca vse do Krvavca in nato po Kalškem grebenu prek Kokrskega sedla do Grintovca. Od tam poteka proti vzhodu po osrednjem grebenu Kamniško-Savinjskih Alp prek Skute, Rinke, Brane in Planjave do Ojstrice. Tam se obrne na jug in po vzhodni strani porečja poteka prek Presedljaja po zahodnem delu Velike Planine do Kranjske Rebri in Črnicca. Tam zavije ostro proti zahodu in se nadaljuje prek Grebena in Vovarja približno do vasi Brezje nad Kamnikom, kjer zavije na jug proti Kamniku.

Sledilni poskusi, ki so bili izvedeni na območju Kamniško-Savinjskih Alp (Novak, 1996), so pokazali, da zaradi prevladujočega podzemnega odtekanja vode ponekod vzdolž razvodnice prihaja do vertikalne bifurkacije in podzemnega raztekanja v sosednja porečja. Taka območja so na primer planina Korošica pod Ojstrico, Dleskovška Planota, Velika in Mala Planina, Planina Dolga njiva ter območje Kamniškega sedla. S planine Korošica vode denimo podzemno odtekajo proti jugozahodu k izviru Kamniške Bistrice, proti jugovzhodu v Lučko Belo (levi pritok Lučnice) ter proti severovzhodu v Savinjo. Vode z večjega dela Velike in Male Planine pretežno odtekajo proti izviru Lučnice in s tem v porečje Savinje, h Kamniški Bistrici in njenim levim pritokom (Dolski potok, Konjski potok in Črna) pa se odmaka le skrajni zahodni del planote. Padavine, ki padejo na območju Kamniškega sedla, podzemno odtečejo v izvir Savinje. Območje Dolge njive na Kalškem grebenu se površinsko odmaka v porečje Kokre, podzemno pa vode odtekajo k izviru Studenci v dolino Kamniške Bistrice.

Določanje razvodnic med porečjem Kamniške Bistrice in sosednjimi porečji je zaradi neujemanja površinskih in podzemnih razvodnic, kot posledice omenjenih podzemnih povezav, mestoma oteženo, razvodnice pa so nezanesljive. Na podlagi vodnobilančnih izračunov, ki upoštevajo padavine, izhlapevanje ter merjene in izračunane odtokove, pa lahko posredno sklepamo, da so razvodnice vseeno relativno ustrezno določene. Vodozbirna zaledja Kamniške Bistrice (Kamnik I) in sosednjih Kokre (Kokra I, Kranj II), Savinje (Solčava, Nazarje) ter Lučnice (Luče) so namreč medsebojno razmerno dobro vodnobilančno usklajena. Po drugi strani pa vodnobilančni izračuni za povirje Kamniške Bistrice nad sotočjem z Nevljico nakazujejo bodisi na podcenjeno površino vodozbirnega zaledja, bodisi na podcenjeno količino padavin, najverjetneje pa kar na oboje. V obdobju 1961–1990 je namreč s tega območja odteklo 12 %, v obdobju 1971–2000 pa kar 29 % več vode, kot naj bi je glede na vodnobilančne izračune (Kolbezen, Pristov, 1998; Frantar, 2008).

Največji pritok Kamniške Bistrice nad sotočjem z Nevljico je Črna (Slika 4.5, Preglednica 4.5). Površina njenega porečja meri 18,4 km<sup>2</sup>, oziroma 17 % od celotnega povirnega dela porečja Kamniške Bistrice. Če odmislimo Krvavec s 16,1 km<sup>2</sup>, ki je nestalni pritok, je pritok z drugo največjo površino porečja Korošica (11,4 km<sup>2</sup>), po kateri odteče voda s slabih 11 % celotnega povirnega dela porečja. Približno 10 km<sup>2</sup> merita porečji Kamniške Bele in Bistričice. Če odmislimo Sedelšček s 6,1 km<sup>2</sup>, ki je ravno

tako nestalni pritok, imajo vsi ostali pritoki (Dolski potok, Konjski potok in Grohat) porečja manjša od 5 km<sup>2</sup>. S preostalih 24,2 km<sup>2</sup> se voda odmaka bodisi neposredno v Kamniško Bistrico bodisi v manjše in večinoma nestalne pritoke. Površine porečij pri vodotokih Krvavec, Sedelšček in Kamniška Bela so orientacijske in do določene mere velja le v času izdatnejših padavin, ko del padavinske vode odteka površinsko po hudourniških grapah. V običajnih razmerah namreč pretežni del padavin v teh porečjih ponikne in se podzemno pretaka proti izviru v dolini Kamniške Bistrice, v samih strugah pa se v odvisnosti od lokalnih hidrogeoloških razmer voda pojavlja le na posameznih odsekih.

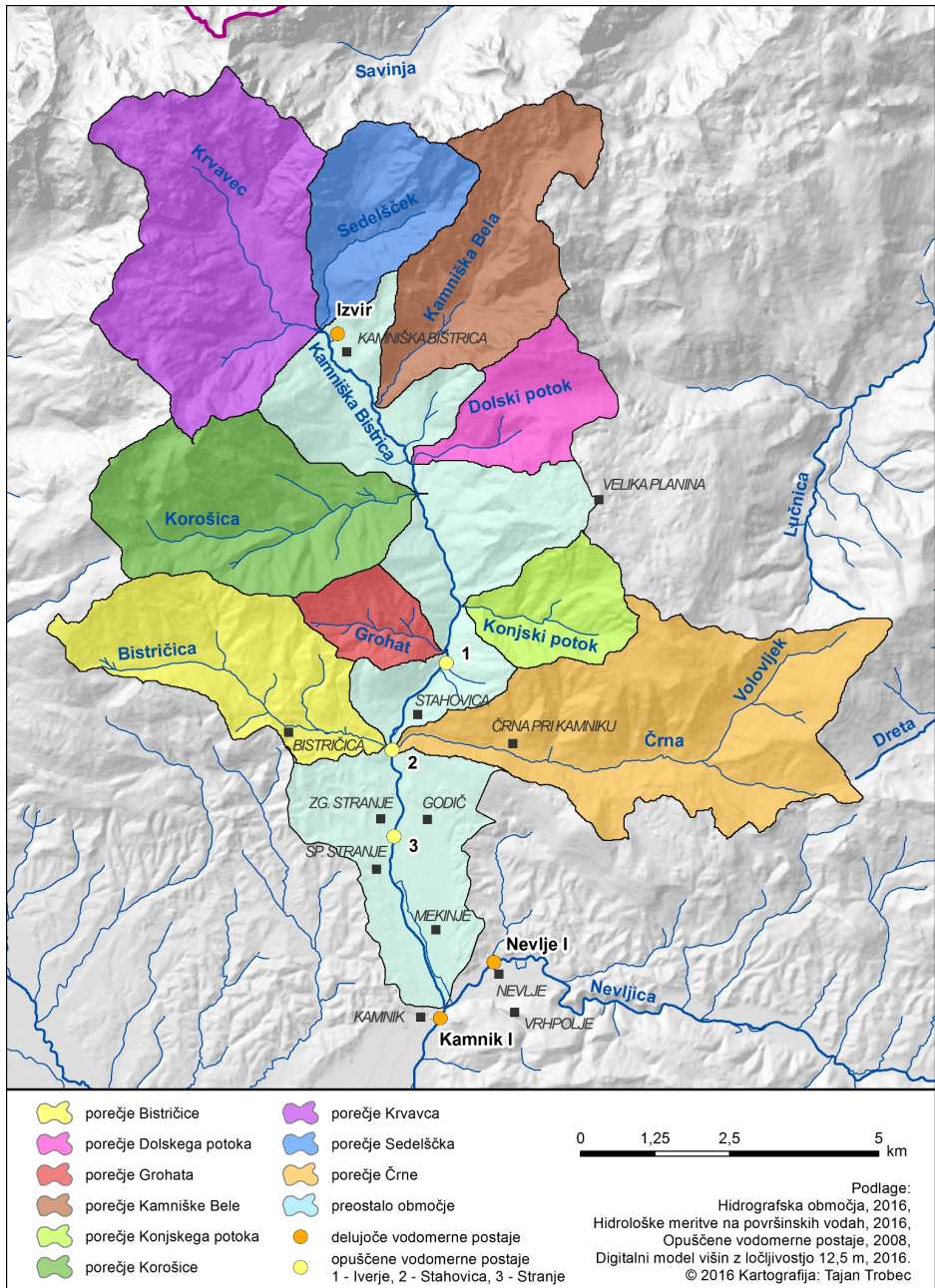
*Preglednica 4.5: Površina in delež posameznih delov porečja Kamniške Bistrice nad sotočjem z Nevljico.*

Del porečja	Površina[km <sup>2</sup> ]	Delež[%]
Porečje Krvavca	16,1	15,1
Porečje Sedelščka	6,1	5,7
Porečje Kamniške Bele	9,8	9,2
Porečje Dolskega potoka	4,6	4,3
Porečje Korošice	11,4	10,7
Porečje Konjskega potoka	4,2	3,9
Porečje Grohata	2,6	2,4
Porečje Bistričice	9,5	8,9
Porečje Črne	18,4	17,2
Preostalo območje	24,2	22,6
Kamniška Bistrica nad sotočjem z Nevljico	106,9	100

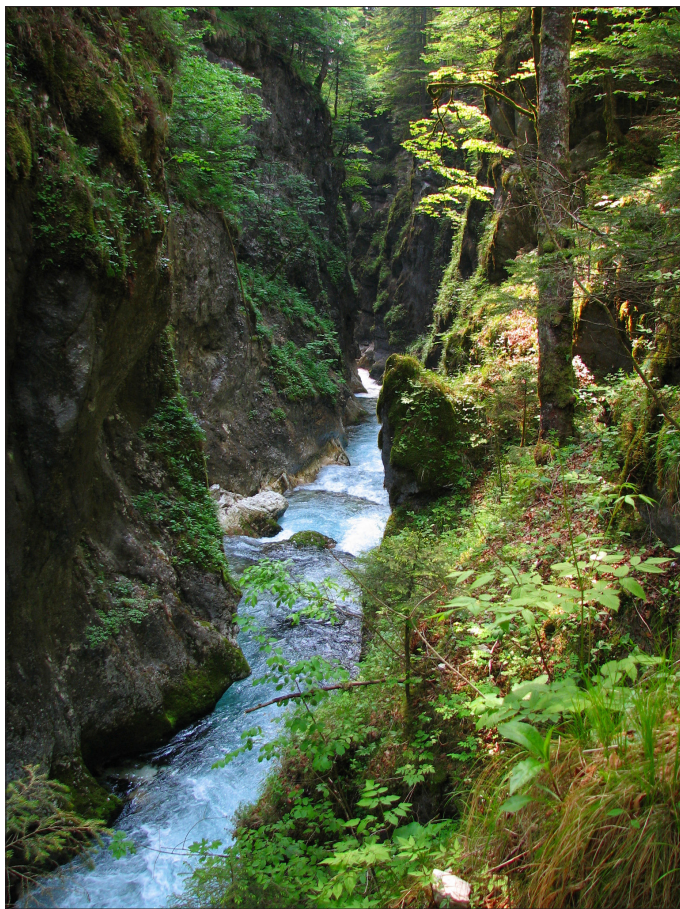
*Vir: Hidrografska območja, 2016, Digitalni model višin ..., 2016.*

Dolžina rečnega toka od izvira Kamniške Bistrice od izliva Nevljice meri 13,3 km, reka pa se na tem odseku spusti za približno 220 m. Povprečni strmec znaša 16,5 ‰. Rečni tok, kot tudi sam povirni del porečja Kamniške Bistrice nad sotočjem z Nevljico, lahko razdelimo na dva, po dolžini skoraj povsem enaka dela. Meja med njima je pri Iverju, kjer Kamniška Bistrica iz ozke in globoko vrezane doline v zgornjem toku priteče na Mekinjsko polje v spodnjem toku. Za zgornji tok je značilno izrazito vrezovanje reke v živoskalno osnovo, morenski material in grušč. Primer izrazitega vrezovanja predstavljajo korita v soteskah Veliki in Mali Predaselj, ki sežejo do 34 m globoko in so na posameznih mestih široka le okoli enega metra (Slika 4.6). V zgornjem toku se Kamniška Bistrica na 6,6 km toka spusti za 132 m, strmec pa znaša 20 ‰. Naprej od Iverja se rečna dolina postopno razširi, strmec pa opazno zmanjša in do sotočja z Nevljico znaša le še 13 ‰. Na tem odseku se Kamniška Bistrica na 6,7 km toka spusti za 85 m. V spodnjem delu je reka v kvartarju odložila velike količine fluvio-glacialnega proda in peska (Osnovna geološka karta ..., 1982) ter vanj vrezala rečne terase (Šifrer, 1957), ki so še posebej opazne pod prebojem pri Zgornjih Stranjah.

Slika 4.5: Deli porečja Kamniške Bistrice nad sotočjem z Nevljico.







Slika 4.6:

Soteska Predaselj.

(foto: T. Trobec)

#### 4.2.2 Odtočne značilnosti in pretočni režim

Na Kamniški Bistrici do sotočja z Nevljico ni postavljene nobene vodomerne postaje, ki bi neposredno omogočala vpogled v odtočne značilnosti v njenem povirju. Na izviru je sicer postavljena vodomerna postaja, na kateri beležijo vodostaj, ki pa se ne preračunava v pretok. Pretok Kamniške Bistrice na izviru je bil v 70-ih letih 20. stoletja ocenjen na  $0,4 \text{ m}^3/\text{s}$  (Vodnogospodarske osnove Slovenije, 1978), medtem ko novejša ocena Agencije RS za okolje za obdobje 2002–2015, glede na preliminarno pretočno krivuljo, okvirno znaša  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  (Frantar, 2015). V preteklosti so na Kamniški Bistrici delovale še vodomerne postaje pri Iverju, Stahovici in Stranjah, a so ohranjeni hidrološki podatki skopi in pomanjkljivi. Na vodomerni postaji Iverje razpolagamo le z vodostaji za leto 1989, ki pa niso bili preračunani v pretoke. Postaja naj bi sicer delovala v obdobju 1954–1989. Vodomerna postaja Stahovica je delovala v obdobju 1951–1966, a so podatki o pretoku izračunani samo za leto 1951, za preostala leta pa razpolagamo le z vodostaji. Za vodomerno postajo Stranje obdobje obratovanja ni znano, ravno tako zanjo niso ohranjeni

podatki za vodostaje ali pretoke (Kataster ... 2016, Arhivski hidrološki ..., 2015). Glede na to, da je vodomerna postaja v Kamniku na Kamniški Bistrici postavljena neposredno po sotočju Kamniške Bistrice z Nevljico, vodomerna postaja v Nevljah na Nevljici pa neposredno pred sotočjem, lahko okvirne pretočne vrednosti v povirju Kamniške Bistrice gorvodno od sotočja z Nevljico ocenimo tako, da pretok na Nevljici pri Nevljah odštejemo od pretoka na Kamniški Bistrici pri Kamniku (Preglednica 4.6).

Preglednica 4.6: Odtočne vrednosti in karakteristični pretoki Kamniške Bistrice gorvodno od sotočja z Nevljico. \*

Vodotok	Manjkajoča leta znotraj opazovalnega obdobja	F [km <sup>2</sup> ]	sQs [m <sup>3</sup> /s]	q [l/(s×km <sup>2</sup> )]	Q <sub>100</sub> [m <sup>3</sup> /s]
			1961–1990 1971–2000 1981–2010 ----- 1957–2013		
Kamniška Bistrica tik pred sotočjem z Nevljico	1957, 1958, 2007–2010	106,9	5,61 5,44 5,18 ----- 5,61	52,4 50,9 48,4 ----- 52,4	130 **

Vir: Arhivski hidrološki ..., 2015.

F – površina vodozbirnega zaledja postaje

sQs – srednji obdobjni pretok

q – specifični odtok; kvocient med sQs in F

Q<sub>100</sub> – pretok s stoletno povratno dobo

\* Vrednosti so dobljeni iz kombinacije vodomernih postaj Kamnik na Kamniški Bistrici in Nevlje na Nevljici, upoštevana pa so samo leta, ko sta hkrati delovali obe postaji.

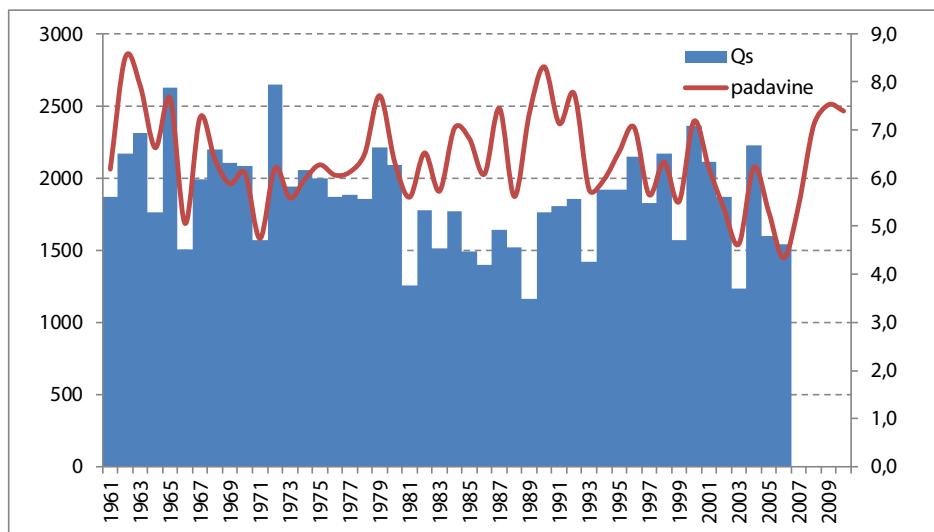
\*\* Vrednost je ocenjena na podlagi specifičnega odtoka ob 100-letnem pretoku za vodomerno postajo Kamnik na Kamniški Bistrici.

Po Kamniški Bistrici nad sotočjem z Nevljico je, upoštevaje podatke o pretoku na Kamniški Bistrici (Kamnik I) in Nevljici (Nevlje), v obdobju 1981–2010 odteklo 5,18 m<sup>3</sup>/s. Specifični odtok v enakem obdobju, ob predpostavki, da površina porečja ni bistveno podcenjena, znaša 48,4 l/(s×km<sup>2</sup>). Glede na vodnobilančne izračune (Kolbezen in Pristov, 1998; Frantar, 2008) ocenjujemo, da na tem odseku z vodotoki odteče okoli 70 % padavin. Specifični odtok in odtočni količnik sta tako znatno nad slovenskim povprečjem, ki za obdobje 1971–2000 znaša 27 l/(s×km<sup>2</sup>) za specifični odtok ter 55 % za odtočni količnik (Frantar, 2008). Veliko vodnatost tega območja je moč razložiti predvsem z naravnogeografskimi značilnostmi. Povirje Kamniške Bistrice je namreč v povprečju zelo visoko in posledično prejme tudi veliko padavin. Nizke temperature, kopičenje padavin v obliki snega pozimi, kraško zaledje ter skromen pokrov prsti in vegetacije v najvišjih delih porečja po drugi strani znatno omejujejo izhlapevanje. K večjemu odtoku pa nadalje pripomoreta še strm relief in velik strmec vodotokov.



Če med seboj primerjamo različna obdobja, ugotovimo, da je tudi Kamniška Bistrica nad Sotočjem z Nevljico z leti vse manj vodnata (Preglednica 4.7, Slika 4.7). V obdobju 1961–1990 je po reki v povprečju odteklo 5,61 m<sup>3</sup>/s. V obdobju 1971–2000 se je povprečni pretok zmanjšal za 160 l/s, v obdobju 1981–2010 pa še za nadaljnjih 260 l/s. Glede na obdobje 1961–1990 se je povprečni pretok v obdobju 1971–2000 tako zmanjšal za 2,9 %, v obdobju 1981–2010 pa že za 7,6 %. Če upoštevamo linearni trend, je zmanjšanje povprečnega pretoka še izrazitejše, saj se je med letoma 1961 in 2010 pretok zmanjšal za 1,23 m<sup>3</sup>/s oziroma 20 %, in sicer s 6,10 m<sup>3</sup>/s na 4,87 m<sup>3</sup>/s. Sodeč po podatkih padavinske postaje v Kamniški Bistrici, ki jo z vidika spreminjanja količine padavin lahko vzamemo kot reprezentativno postajo za celotno povirje Kamniške Bistrice, so podobni, a manj izraziti negativni trendi značilni tudi za padavine. V obdobju 1961–1990 so v Kamniški Bistrici namerili 2174 mm padavin, v obdobju 1971–2000 2144 mm, v obdobju 1981–2010 pa 2122 mm padavin. Glede na obdobje 1961–1990 se je količina padavin v obdobju 1971–2000 zmanjšala za 1,4 %, v obdobju 1981–2010 pa za 2,4 % (Količina padavin, 2016). Ob upoštevanju linearnega trenda se je med letoma 1961 in 2010 količina padavin zmanjšala za 157 mm oziroma 7,1 %, in sicer z 2212 mm na 2055 mm. Zmanjšanje pretoka tako lahko le deloma pripišemo manjši količini padavin. Preostalo zmanjšanje pretoka je posledica večjega izhlapevanja, ki je pogojeno predvsem z višjo povprečno temperaturo, v manjši meri pa tudi z zaraščanjem in ogozdovanjem območja. Iz gozdnih površin namreč izhlapi več vode kot na primer iz obdelanih ali zatravljenih površin (Eshleman, 2004).

Slika 4.7: Letni povprečni pretok ( $Q_s$ ) na Kamniški Bistrici nad sotočjem z Nevljico in letna količina padavin na padavinski postaji Kamniška Bistrica za obdobje 1961–2010.



Vir podatkov: Arhivski hidrološki ..., 2015, Količina padavin, 2016.

\* Vrednosti za pretoke so dobljene iz kombinacije vodomernih postaj Kamnik na Kamniški Bistrici in Nevlje na Nevljici, upoštevana pa so samo leta, ko sta hkrati delovali obe postaji.

Največje zmanjšanje pretoka je značilno za čas meteorološkega poletja (junij–avgust), ko je v povirju Kamniške Bistrice v obdobju 1981–2010 v absolutnem smislu odteklo 17 % manj vode kot v obdobju 1961–1990 (Preglednica 4.7, Slika 4.8). Glavno zmanjšanja poletnega pretoka lahko pripišemo povečanemu izhlapevanju, saj se je absolutna količina padavin v enakem obdobju zmanjšala le za 3 %. Z zmanjšanjem pretoka za 12 % sledi čas meteorološke pomladi (marec–maj), medtem ko se je v času meteorološke zime (december–februar) pretok zmanjšal za slabe 3 %. Pomladanska količina padavin se je zmanjšala za 9 %, zimska pa za 6 %. Zimski in spomladanski pretok sta se torej zmanjšal manj izrazito od padavin, kar nakazuje na zmanjšanje deleža snežnih padavin in s tem na zmanjšan vpliv snežnega zadržka. Zaradi povečane količine padavin v času meteorološke jeseni (september–november) za 5 %, se je kljub splošnemu zmanjšanju pretoka jesenski pretok povečal za 4 %. Spremembe pretoka v poletnem času lahko pripišemo predvsem povečanemu izhlapevanju, spremembe v preostalih letnih časih pa deloma spremenjeni razporeditvi ter deloma spremenjeni obliki padavin.

Preglednica 4.7: Povprečni mesečni pretoki ( $Q$  [ $m^3/s$ ]) in mesečni pretočni količniki ( $M$ ) za posamezna 30-letna obdobja na Kamniški Bistrici nad sotočjem z Nevljico\*.

Obdobje		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Maj	Jun.	Jul.	Avg.	Sep.	Okt.	Nov.	Dec.
1961–1990	Q	3,44	3,38	3,62	6,06	8,88	8,80	6,37	4,42	4,94	6,19	6,72	4,38
	M	0,61	0,60	0,65	1,08	1,58	1,57	1,14	0,79	0,88	1,10	1,20	0,78
1971–2000	Q	3,31	3,02	3,43	5,39	8,26	8,32	6,34	4,01	4,64	6,79	7,02	4,68
	M	0,61	0,55	0,63	0,99	1,52	1,53	1,17	0,74	0,85	1,25	1,29	0,86
1981–2010	Q	3,50	2,65	3,45	5,18	7,75	7,23	5,19	3,83	4,73	6,60	7,16	4,74
	M	0,68	0,51	0,67	1,00	1,50	1,40	1,00	0,74	0,91	1,27	1,38	0,92

Vir: Arhivski hidrološki ..., 2015

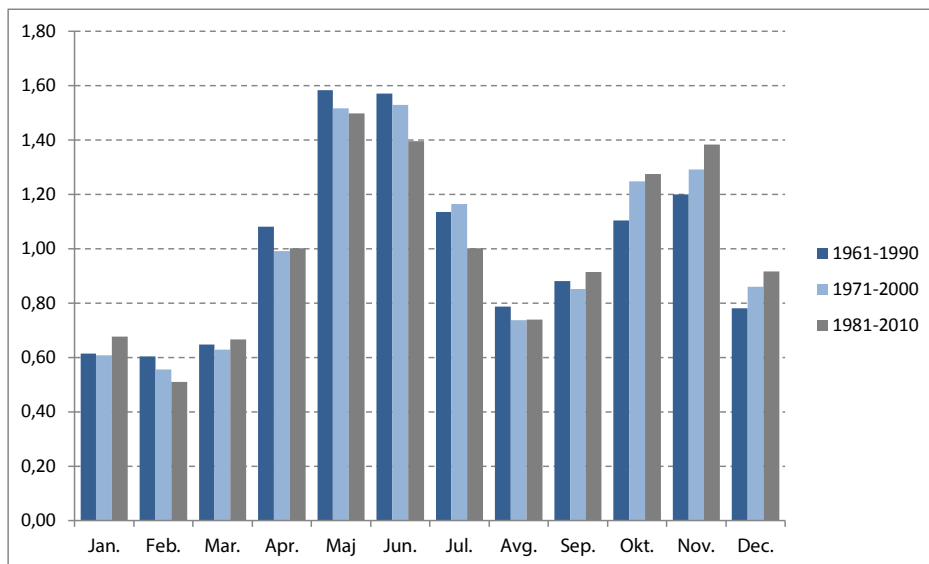
$M$  – Mesečni pretočni količnik je razmerje med povprečnim mesečnim pretokom ( $Q$ ) in srednjim pretokom ( $sQs$ )

\* Vrednosti so dobljene iz kombinacije vodomernih postaj Kamnik na Kamniški Bistrici in Nevlje na Nevljici, upoštevana pa so samo leta, ko sta hkrati delovali obe postaji.

Rečni pretočni režim in njegove spremembe med posameznimi obdobji (1961–1990, 1971–2000 in 1981–2010) smo analizirali s pomočjo mesečnih pretočnih količnikov. Slednji za izbrano obdobje predstavljajo kvocient med povprečnim pretokom v posameznem mesecu obdobja in povprečnim pretokom obdobja. Ob upoštevanju mesečnih pretočnih količnikov smo iz podatkov odstranili vpliv zmanjševanja povprečnega pretoka, ki bi sicer popačil medsebojna razmerja in otežil primerjave.

Kamniška Bistrica tudi nad sotočjem z Nevljico kaže vse značilnosti alpske variante snežno-dežnega rečnega pretočnega režima, kot ga definirata Frantar in Hrvatini (2005). Iz preglednice 4.7 in slike 4.8 pa je razvidno, da snežna komponenta v odtoku postopoma vse bolj pojenja. Spomladanski višek je zaradi zmanjševanja vpliva snežnega zadržka vsako desetletje manj izrazit, medtem ko je jesenski višek, zaradi večje količine jesenskih padavin, ki tudi v višjih legah vse pogosteje padajo v obliki dežja, vedno bolj izražen in po pretoku vse bližje pomladanskemu.

Slika 4.8: Mesečni pretočni količniki ( $M$ ) za posamezna 30-letna obdobja na Kamniški Bistrici nad sotočjem z Nevljico.



Vir podatkov: Arhivski hidrološki ..., 2015.

\* Vrednosti so dobljen iz kombinacije vodomernih postaj Kamnik na Kamniški Bistrici in Nevlje na Nevljici, upoštevana pa so samo leta, ko sta hkrati delovali obe postaji.

Če upoštevamo specifični odtok  $1,26 \text{ m}^3/(\text{s} \times \text{km}^2)$  ob stoletnem pretoku Kamniške Bistrice v Kamniku ( $246 \text{ m}^3/\text{s}$ ), lahko stoletni pretok na Kamniški Bistrici nad sotočjem z Nevljico v grobem ocenimo na dobrih  $130 \text{ m}^3/\text{s}$ . V praksi pa je ta verjetno še večji, saj so v povirju Kamniške Bistrice zaradi bolj intenzivnih padavin in večjih naklonov tudi odtoki z enote površine večji kot v celotnem vodozbornem zaledju vodomerne postaje v Kamniku, kjer skoraj polovica območja odpade na občutno nižje in manj strmo porečje Nevljice. Za povirje Kamniške Bistrice so zaradi velikih strmcev in poudarjene erozije značilne hudourniške poplave. Obsežnejših poplavnih površin ni, saj v tem delu Kamniška Bistrica s pritoki večinoma teče po ozkih in razmeroma globoko vrezanih dolinah. Kljub temu pa so učinki poplav lahko zelo razdiralni, kar se je v preteklosti že večkrat pokazalo. Leta 1933 je narasla Kamniška Bistrica, ki je v Kamniku dosegla pretok  $216 \text{ m}^3/\text{s}$  (Arhivski hidrološki ..., 2015), nad Kamnikom odnesla več brvi, mostov in jezov. Na enem izmed mostov je bila skupina ljudi, ki je tragično končala v deroči reki. Poplavljali so tudi Bistričica in ostali hudourniki. Ob poplavah leta 1990 so poleg Kamniške Bistrice poplavljali še Bistričica, Konjski potok in Črna. V povirju Bistričice se je sprožil obsežen zemeljski plaz, ki je povzročil nastanek drobirskega toka. Sproščeni material, ki ga je bilo za okoli  $120.000 \text{ m}^3$ , je povsem zasul hudourniško strugo in jo mestoma zatrpal do tri metre visoko. Bistričica je zalila številne stavbe, a k sreči nobene porušila, dolina pa je ostala brez ceste, vodovoda in elektrike (Jesenovec, 1995). Zaradi izrazito hudourniškega značaja in ponavljajočih se drobirskih tokov (Klabus, 1992), je Bistričica tudi najbolj preoblikovan pritok Kamniške Bistrice v povirju (Slika 4.9).

Slika 4.9:

Regulacije na Bistričici.



(foto: T. Trobec)

### 4.2.3 Fizikalne in kemijske lastnosti voda

V letih od 2010 do 2012 smo na Kamniški Bistrici in njenih pritokih po 4 dni v mesecu maju izvajali meritve različnih fizikalnih in kemijskih lastnosti vode, kot so temperatura, trdota, pH, električna prevodnost, vsebnost nitratov, fosfatov in kloridov ter količina v vodi raztopljenega kisika. Vzorčenje smo izvajali na izvirih Kamniške Bistrice in izvirih nekaterih pritokov, na različnih mestih vzdolž toka na Kamniški Bistrici (po sotočju s potokom Krvavec, pred sotočjem s Korošico, pred sotočjem z Grohatom ter pred in po sotočju z Nevljico) ter neposredno pred izlivi izbranih pritokov v Kamniško Bistrico (Slika 4.10). Mesta vzorčenja in vrednosti meritev so prikazane na sliki 4.11 in v preglednici 4.8. Kjer smo na istem vzorčnem mestu v različnih dneh in letih opravili večje število analiz, so zaradi razmeroma majhnega odstopanja med posameznimi vrednostmi v preglednici 4.8 podane srednje vrednosti.

Slika 4.10:

Vzorčenje na Kamniški Bistrici po sotočju s potokom Krvavec.



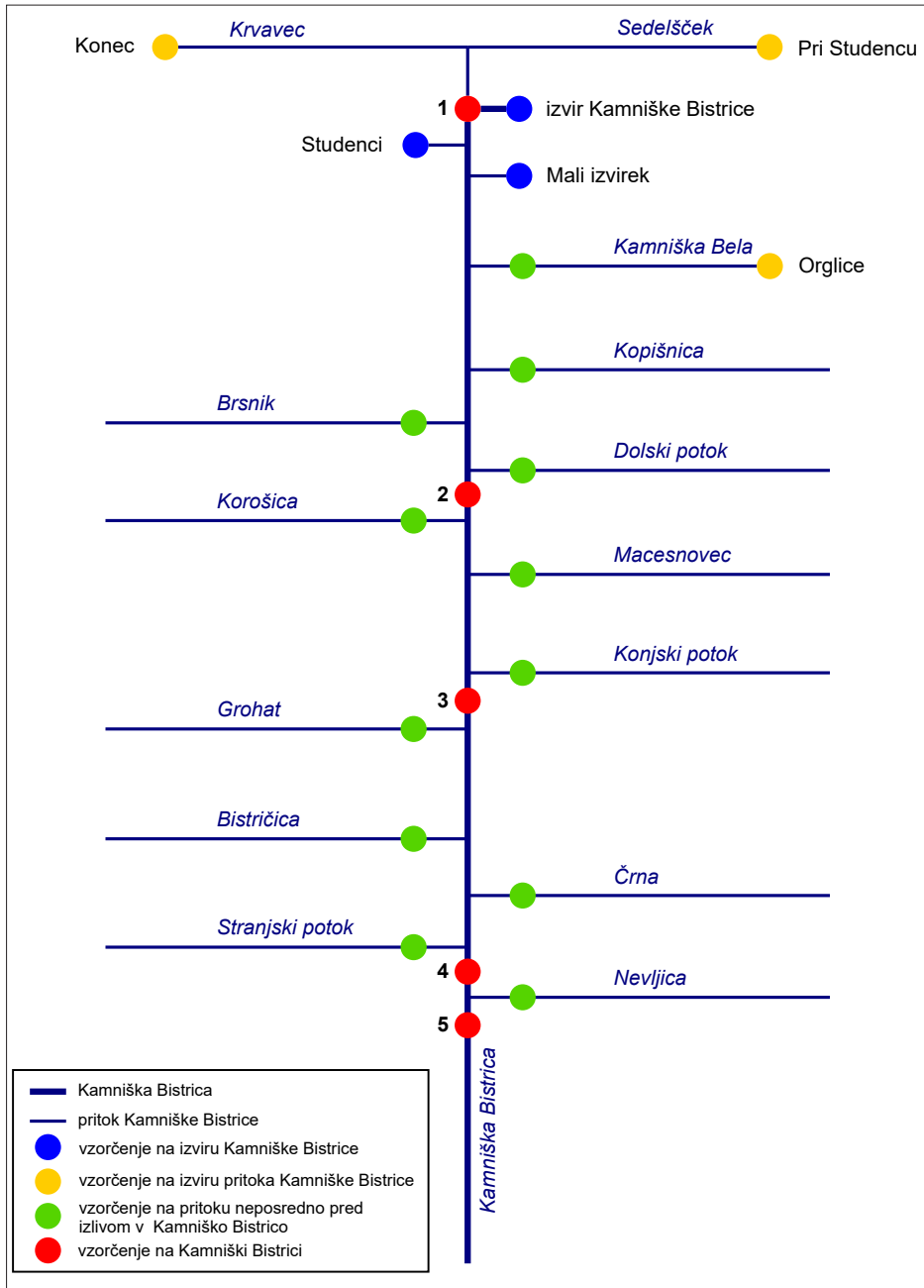
(foto: T. Trobec)

**Pretok** na Kamniški Bistrici nad sotočjem z Nevljico je bil, upoštevaje podatke za vodomerni postaji Kamnik I in Nevlje ter terenske ocene, v času izvajanja meritev leta 2010 okoli  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ , v letih 2011 in 2012 pa dobrih  $5 \text{ m}^3/\text{s}$ . V prvem letu izvajanja meritev je bil pretok nekoliko večji od povprečnega majskega pretoka, ki je za obdobje 1981–2010 znašal  $7,8 \text{ m}^3/\text{s}$  (Arhivski hidrološki ..., 2015), v preostalih dveh letih pa nekoliko manjši. Leta 2011 in 2012 je bil pretok na ravni povprečnega letnega pretoka za obdobje 1981–2010, ki znaša okoli  $5,2 \text{ m}^3/\text{s}$  (Arhivski hidrološki ..., 2015). Med posameznimi dnevi, v katerih smo znotraj vsakega leta izvajali meritve, se pretoki na obravnavanem odseku reke niso bistveno spreminjali, kar omogoča tudi lažje medsebojne primerjave med rezultati meritev na različnih vzorčnih mestih.

Kamniška Bistrica se uvršča med hladnejše vodotoke z alpskim temperaturnim režimom (Frantar, 2012). Povprečna letna **temperatura vode** je v Kamniku v obdobju 1981–2010 znašala  $8,0 \text{ }^\circ\text{C}$ , povprečna temperatura vode v maju, ko smo izvajali meritve, pa  $8,5 \text{ }^\circ\text{C}$ . S terenskimi meritvami smo ugotovili, da so temperature na Kamniški Bistrici in pritokih razmeroma nizke. Slednje ne preseneča, saj so meritve potekale v povirnem območju. Zaradi primerjalno višje temperature zraka je bila Kamniška Bistrica v času izvajanja meritev po toku navzdol postopno vse toplejša. Ker odmakajo nižja vodozbirna zaledja, so bili toplejši tudi njeni pritoki. Temperatura vseh treh izvirov Kamniške Bistrice je bila vsa leta enaka in je znašala  $5,5 \text{ }^\circ\text{C}$ . Ravno toliko znaša tudi povprečna majska temperatura izvira Kamniške Bistrice za obdobje 2002–2013. Zaradi kraškega zaledja je temperatura na izviru Kamniške Bistrice skozi vse leto bolj ali manj enaka. V obdobju 2002–2013 je bila tako najnižja izmerjena dnevna temperatura  $5,1 \text{ }^\circ\text{C}$ , najvišja  $6,5 \text{ }^\circ\text{C}$ , povprečna pa  $5,6 \text{ }^\circ\text{C}$  (Arhivski hidrološki ..., 2016).

**Trdota vode** je odvisna od raztopljenih mineralnih snovi, ki v vodo preidejo predvsem iz matične podlage. V vodi tako prevladujeta kalcijev in magnezijev karbonat, ki kot hidrogenkarbonat opredeljujeta karbonatno trdoto. Nekarbonatno trdoto predstavljajo ioni kalcija in magnezija, ki tvorijo kloride, sulfate in nitrati. Seštevek karbonatne in nekarbonatne trdote predstavlja skupno trdoto. Trdota pa se lahko v odvisnosti od prevladujočih soli deli tudi na kalcijevo in magnezijevo trdoto (Boyd, 2015). Vode v povirju Kamniške Bistrice so mehke do srednje trde z razmeroma majhnim deležem nekarbonatne trdote. Najmehkejša voda ( $4,8 \text{ }^\circ\text{N}$ ) se pojavlja na izviru Kamniške Bistrice, precej mehka pa je tudi voda Malega izvira ( $5,5 \text{ }^\circ\text{N}$ ) in Studencev ( $6,0 \text{ }^\circ\text{N}$ ). Kamniška Bistrica tudi po toku navzdol ne preseže trdote  $6 \text{ }^\circ\text{N}$ , vse dokler se vanjo ne izlije voda bistveno trše Nevljice ( $11,4 \text{ }^\circ\text{N}$ ). Tudi sicer velja, da so vode pritokov občutno trše kot voda Kamniške Bistrice, pri kateri trdota po toku navzdol le počasi narašča. Najtršo vodo smo izmerili na Stranjskem potoku ( $12,9 \text{ }^\circ\text{N}$ ). Voda lahko učinkovito raztaplja karbonate le kadar je v njej raztopljenega več  $\text{CO}_2$ , kot ga je reagiralo s karbonati, zaradi česar je taka voda agresivna.  $\text{CO}_2$  lahko v vodo v večjih količinah preide predvsem iz prsti, v površinskih vodah pa tudi z dihanjem favne in flore (Ford, Williams, 2007). Mehka voda na izviru Kamniške Bistrice tako posredno nakazuje na skromen pokrov prsti v zaledju izvira. Kalcijeva trdota močno presega magnezijevo, kar kaže na prevlado apnencev v vodozbornem območju. Na nekaterih analiziranih vodotokih (na primer Konjski potok, Korosica in Bistričica) je nasprotno več kot tretjina skupne trdote odpadla na magnezijevo trdoto. Slednje posredno nakazuje na prisotnost razmeroma velike količine dolomita v primerjavi z apnencem in ostalimi kamninami v njihovih vodozbornih zaledjih, kar je razvidno tudi z geološke karte (Osnovna geološka karta ..., 1982).

Slika 4.11: Shematski prikaz izvedenega vzorčenja v povirju Kamniške Bistrice v letih 2010 do 2012.



Preglednica 4.8: Rezultati meritev vzorčenja v povirju Kamniške Bistrice v letih 2010 do 2012.

merilno mesto	T [°C]	T <sub>skupna</sub> [°N]	T <sub>karb.</sub> [°N]	T <sub>nekarb.</sub> [°N]	T <sub>Ca</sub> [°N]	T <sub>Mg</sub> [°N]	pH	el. prev. [μS/cm]	nitriti [mg/l]	fosfati [mg/l]	kloridi [mg/l]	kisik [mg/l]	kisik [%]
izvir Kamniške Bistrice	5,5	4,8	4,4	0,4	3,9	0,9	8,7	157	< 1,0	< 0,2	1,8	10,9	100
Mali izvirek	5,5	5,5	4,9	0,6	4,1	1,4	8,6	184	< 1,0	< 0,2	2,6	10,0	98
Studenci	5,5	6,0	5,5	0,5	5,1	0,9	8,6	201	< 1,0	< 0,2	2,0	10,0	98
Kamniška Bistrica 1	5,9	4,9	4,6	0,2	3,8	1,1	8,5	163	< 1,0	< 0,2	1,5	12,0	104
Kamniška Bistrica 2	6,6	5,3	4,8	0,5	4,2	1,1	8,2	184	< 1,0	< 0,2	1,0	12,0	104
Kamniška Bistrica 3	7,0	5,6	5,2	0,4	4,4	1,2	8,6	192	< 1,0	< 0,2	1,8	12,1	106
Kamniška Bistrica 4	8,0	5,9	4,8	1,1	4,8	1,2	8,6	211	< 1,0	< 0,2	2,0	11,6	104
Kamniška Bistrica 5	8,7	7,0	6,6	0,3	5,6	1,3	8,6	249	1,5	< 0,2	3,5	11,7	105
izvir Kamniške Bele (Orglice)	6,4	6,1	5,8	0,2	4,6	1,5	8,8	208	< 1,0	< 0,2			
Kamniška Bela	8,3	7,1	6,3	0,9	5,2	2,0	8,7	229	1,5	< 0,2	2,8	11,3	103
Kopišnica	7,9	7,8	7,0	0,8	6,8	1,1	8,6	264	1,5	< 0,2	2,3	11,7	105
Dolski potok	7,7	8,3	7,8	0,5	6,5	1,8	8,8	276	3,5	< 0,2		11,8	108
Macesnovc	9,4	11,2	10,4	0,8	9,4	1,8	8,6	338	1,5	< 0,2		11,5	106
Konjski potok	8,8	9,4	8,6	0,9	5,8	3,7	8,7	307	2,5	< 0,2	2,5	11,2	110
Črna	10,4	8,3	7,2	1,2	6,1	2,2	8,6	306	2,5	< 0,2	7,0	11,2	108
Nevljica	10,4	11,4	10,2	1,2	9,2	2,3	8,4	404	3,0	< 0,2	7,0	11,2	106
izvir Sedelščka (Pri studencu)	5,0	5,6	4,7	0,9	5,0	0,6	8,7	186	< 1,0	< 0,2	0,3	10,5	102
izvir Krvavca (Konec)	6,0	5,3	4,5	0,8	4,1	1,1	8,6	174	< 1,0	< 0,2	2,2	9,5	96
Brsnik	9,0	5,8	5,3	0,5	5,0	0,8	8,6	203	< 1,0	< 0,2		11,1	103
Korošica	9,3	9,5	7,8	1,7	6,2	3,3	8,6	309	1,5	< 0,2	1,0	12,0	104
Grohat	suho	suho	suho	suho	suho	suho	suho	suho	suho	suho	suho	suho	suho
Bistričica	11,0	10,1	8,7	1,4	6,8	3,3	8,6	345	2,5	< 0,2	2,0	10,5	105
Stranjski potok	11,6	12,9	12,3	0,6	10,5	2,4	8,5	432	1,5	< 0,2	7,0	10,8	105

T – temperatura vode

T<sub>skupna</sub> – skupna trdotaT<sub>karb.</sub> – karbonatna trdotaT<sub>nekarb.</sub> – nekarbonatna trdotaT<sub>Ca</sub> – kalcijeva trdotaT<sub>Mg</sub> – magnezijeva trdota

pH – pH vode

el. prev. – električna prevodnost



**pH vode** predstavlja koncentracijo vodikovih ionov v vodi. Vrednost pH v vodi je pretežno odvisna od koncentracije raztopljenega CO<sub>2</sub>, reakcije s karbonati ter prisotnosti drugih spojin. Pri večini naravnih vodotokov se vrednosti pH nahajajo na intervalu med 6,0 in 8,5 (Urbanič, Toman, 2003). Voda v povirju Kamniške Bistrice je zaradi reakcije s karbonati bazična. Zaradi karbonatnega zaledja in razmeroma nizke trdote je pH na zgornji meji navedenega intervala. Pri analiziranih vzorcih so vrednosti znašale med 8,2 na Kamniški Bistrici (pred sotočjem s Korošico) in 8,8 na Dolskem potoku.

**Električna prevodnost** označuje sposobnost vode za prevajanje električnega toka in je odvisna predvsem od vrste in količine v vodi raztopljenih ionov (Urbanič, Toman, 2003). Glede na to, da na prevodnost neonesnaženih voda v veliki meri vplivajo raztopljene snovi, ki hkrati povzročajo tudi trdoto vode (predvsem kalcijev in magnezijev karbonat), so meritve pokazale močno povezanost med tema dvema parametroma (Pearsonov koeficient korelacije znaša 0,99). Najmanjšo prevodnost (157 μS/cm) smo izmerili za razmeroma mehko vodo na izviru Kamniške Bistrice, največjo pa za srednje trdo vodo Stranjskega potoka (432 μS/cm). Kamniška Bistrica je zaradi vedno večje količine v vodi raztopljenih snovi po toku navzdol tudi vse bolj prevodna. Na posameznih izvirih Kamniške Bistrice smo skozi vsa leta izvajanja meritev vedno beležili različne vrednosti za prevodnost. Slednje posredno potrjuje rezultate raziskave s sledilnimi poskusi (Novak, 1996), kjer avtor ugotavlja, da se kljub enotnemu kraškemu zaledju posamezni izviri Kamniške Bistrice napajajo z različnih delov vodozbirnega zaledja.

**Hranila** se v vodotokih pojavljajo predvsem v obliki fosfatov in nitratov. Večja količina le teh nakazuje na onesnaževanje vode s pralnimi sredstvi in odplakami ter na povečano kmetijsko dejavnost in uporabo umetnih gnojil v zaledju (Boyd, 2015). Poleg hranil se negativni vplivi človeka na vode lahko pokažejo tudi prek povečane vsebnosti kloridov. Vsebnost fosfatov je bila v vseh vzorcih nižja od 0,2 mg/l, natančnejših vrednosti pa z uporabljenimi metodo nismo mogli določiti. V nekaterih vzorcih smo zasledili prisotnost nitratov, ki pa so se praviloma pojavljali v manjših količinah. Na polovici vzorčnih mest je bila vsebnost nitratov v vodi manjša od 1 mg/l, kar je značilnost neobremenjenih vodotokov (Urbanič in Toman, 2003). Pod 1 mg/l nitratov smo izmerili na izvirih Kamniške Bistrice in na Kamniški Bistrici po toku navzdol do sotočja z Nevljico, kot tudi na preostalih vzorčenih izvirih z zaledjem v visokogorju (izvir Kamniške Bele, Sedelščka in Krvavca) ter na Brsniku. Največjo vsebnost nitratov (3,5 mg/l) smo izmerili na Dolskem potoku, kar lahko nakazuje na negativen okoljski vpliv planšarstva in turistične dejavnosti na Veliki planini. Nekoliko povišano vrednost nitratov (2,5 mg/l) smo zasledili tudi na Konjskem potoku in Črni, ki ravno tako v manjši meri odmakata Veliko in Malo planino. Povečano vsebnost nitratov smo izmerili še na Nevljici (3,0 mg/l) in Bistričici (2,5 mg/l), katerih porečji sta v povirnem delu Kamniške Bistrice nad sotočjem z Nevljico tudi edini poseljeni. Največjo vsebnost **kloridov** v vodi smo izmerili na Črni, Nevljici in Stranjskem potoku, kjer so bile vrednosti 7,0 mg/l, na Kamniški Bistrici po sotočju z Nevljico pa smo namerili 3,5 mg/l kloridov. Na preostalih vzorčnih mestih je bila vsebnost kloridov povsod nižja od 3,0 mg/l.

V vodi raztopljen **kisik** vanjo prehaja bodisi iz zraka, bodisi kot stranski proizvod fotosinteze v vodi. Vsebnost v vodi raztopljenega kisika je v prvi vrsti odvisna od temperature, saj lahko hladnejša voda sprejme tudi večjo količino plinov. V hladnih vodotokih

povirja Kamniške Bistrice smo na vseh vzorčnih mestih namerili veliko vsebnost v vodi raztopljenega kisika (9,5–12,1 mg/l). Skoraj vsi vzorci so bili s kisikom tudi 100 ali več odstotno nasičeni. Slednje lahko pripišemo dobremu prezračevanju vode ter skromni porabi kisika, kot posledici razmeroma majhnega obremenjevanja vodotokov. Do nižjih vrednosti v vodi raztopljenega kisika (tako v absolutnem kot v relativnem smislu) navadno prihaja v sušnih, poletnih mesecih, ko je v strugah manj vode in je ta toplejša. V tem času meritev nismo izvajali.

Iz vrednosti meritev različnih kemijskih lastnosti vode lahko povzamemo, da se obremenjevanje Kamniške Bistrice in njenih povirnih pritokov po porečju navzdol stopnjuje, a je zaradi redke poselitve in sorazmerno skromne dejavnosti človeka v tem prostoru vseeno na razmeroma nizki ravni. Kamniška Bistrica ima na preučevanem odseku zaradi naravnih danosti tudi precej dobre samočistilne sposobnosti. Slednje so pogojene s številnimi dejavniki, kot so velika količina padavin in velik odtočni količnik ter specifični odtok, veliki strmci, nizka temperatura vode in pretežno naravno stanje vodotokov. Kljub temu pa je potrebno izpostaviti veliko vodno-ekološko občutljivost zaledja, ki je posledica prepustnih kraških kamnin, v višjih in strmejših legah pa tudi skromnega pokrova prsti. Slednjo omejitev je potrebno upoštevati tudi pri nadaljnjem usmerjanju dejavnosti in razvoja nasploh v celotnem povirju. Dobro izhodišče za zaščito vodnih virov predstavlja vključenost dobršnega dela območja v Naturo 2000 ter vzpostavitev vodovarstvenega območja gorvodno od drenažnega zajetja Iverje. Slednje namreč predstavlja osrednji vodni vir za vodovodni sistem Kamnik, ki s kakovostno pitno vodo oskrbuje Kamnik in okoliška naselja.

## Viri in literatura

- Arhivski hidrološki podatki. Mesečne statistike, pretoki. ARSO, URL: [www.arso.gov.si/vode/podatki/arhiv/Q\\_obdobne\\_stat\\_4000.xls](http://www.arso.gov.si/vode/podatki/arhiv/Q_obdobne_stat_4000.xls) (citirano 8. 5. 2015).
- Arhivski hidrološki podatki. Mesečne statistike, temperature. ARSO. URL: [www.arso.gov.si/vode/podatki/arhiv/T4000.xls](http://www.arso.gov.si/vode/podatki/arhiv/T4000.xls) (citirano 22. 5. 2016).
- Bat, M., Lipovšek, I., 1991. Učinki poplave 1990 ob Kamniški Bistrici v občinah Domžale in Bežigrad. *Ujma*, 5, str. 29–34.
- Boyd, C. E., 2015. *Water Quality – An Introduction*. 2nd ed. Cham, Heidelberg, New York, Dordrecht, London, Springer International Publishing Switzerland, 357 str.
- Brečko Grubar, V., 2006. Trajnostno sonaravno gospodarjenje z vodnimi viri v porečju Kamniške Bistrice. Doktorska disertacija, Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo, 175 str.
- Digitalni model višin z ločljivostjo 12,5 m. e-Geodetski podatki (e-GP). GURS. URL: <http://egp.gu.gov.si/egp/> (citirano 22. 5. 2016).
- Direktiva 2000/60/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 23. oktobra 2000 o določitvi okvira za ukrepe Skupnosti na področju vodne politike. Bruselj. URL: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32000L0060&from=SL> (citirano 5. 5. 2016).

- Eshleman, K. N., 2004. Hydrological Consequences of Land Use Change: A Review of the State-of-Science. V: *Ecosystems and Land Use Change*. (Ur. : Defries, R. S., Asner, G. P., Houghton, R. A. ), Washington, DC, American Geophysical Union, str. 13–29.
- Ford, D. C., Williams, P. W., 2007. *Karst hydrogeology and geomorphology*. Chichester, John Wiley & Sons, 562 str.
- Frantar, P., 2008. Vodna bilanca obdobja 1971–2000. V: *Vodna bilanca Slovenije 1971–2000* (Ur. : Frantar, P. ), Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje, str. 71–79.
- Frantar, P., 2012. Temperaturni režimi rek v Sloveniji v obdobju 1976–1990 in spremembe režimov v obdobju 1991–2005. *Geografski vestnik*, 84, 2, str. 11–28.
- Frantar, P., 2015. Pretoki v porečju Kamniške Bistrice (osebni vir, 25. 8. 2015). Ljubljana.
- Frantar, P., Hrvatin, M., 2005. Pretočni režimi v Sloveniji med letoma 1971 in 2000, *Geografski vestnik*, 77, 2, str. 115–127.
- Hidrografska območja. Spletna objektna storitev (WFS) za izdajanje okoljskih prostorskih podatkov. ARSO. URL: [http://gis.arso.gov.si/wfs\\_web/faces/WFSLayersList.jspx](http://gis.arso.gov.si/wfs_web/faces/WFSLayersList.jspx) (citirano 22. 5. 2016).
- Hidrološke meritve na površinskih vodah. Spletna objektna storitev (WFS) za izdajanje okoljskih prostorskih podatkov. ARSO. URL: [http://gis.arso.gov.si/wfs\\_web/faces/WFSLayersList.jspx](http://gis.arso.gov.si/wfs_web/faces/WFSLayersList.jspx) (citirano 22. 5. 2016).
- Jesenovec, S., 1995. Pogubna razigranost – 110 let organiziranega hudourničarstva na Slovenskem – 1884–1994. Ljubljana, Podjetje za urejanje hudournikov, 276 str.
- Kakovost voda v Sloveniji. 2008. Dobnikar Tehovnik, M. (ur. ). Ljubljana, Agencija RS za okolje, 72. str. URL: <http://www.arso.gov.si/vode/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/kakovost%20voda/Kakovost%20voda-SLO.pdf> (citirano 22. 5. 2016).
- Kataster vodomernih postaj. ARSO. URL: [www.arso.gov.si/vode/podatki/arhiv/spisek\\_postaj.xls](http://www.arso.gov.si/vode/podatki/arhiv/spisek_postaj.xls) (citirano 22. 5. 2016).
- Klabus, A., 1992. Bistričica – primerjava hudourniškega izbruha leta 1933 z izbruhom leta 1990, V: Orožen Adamič, M. (ur. ). *Poplave v Sloveniji*. Ljubljana, Republika Slovenija, Ministrstvo za obrambo, Republiška uprava za zaščito in reševanje, Center za multidisciplinarno proučevanje naravnih nesreč Geografskega inštituta Antona Melika ZRC SAZU, str. 89–97.
- Klabus, A., 1994. Sanacija škode, ki jo je povzročila vodna ujma leta 1990 na območju Kamniške Bistrice. *Ujma*, 8, str. 125–128.
- Kolbezen, M., Pristov, J., 1998. *Površinski vodotoki in vodna bilanca Slovenije*. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Hidrometeorološki zavod Republike Slovenije, 98 str.
- Količina padavin. Arhiv. ARSO. URL: <http://meteo.arso.gov.si/met/sl/app/webmet/#-webmet==8Sdwx2bhR2cv0WZ0V2bvEGcw9ydIJWbIR3LwVnaz9SYtVmYh9icIFGbt9SaulGdugXbsx3cs9mdl5WahxXYyNGapZXZ8tHZv1WYp5mOnMHbvZXZul-WYnwCchJXYtVGdJnOn0UQQdSf> (citirano 22. 5. 2016)

- Komac, B., Natek, K., Zorn, M., 2008. Geografski vidiki poplav v Sloveniji. Ljubljana, Založba ZRC, 180 str.
- Koncesije za rabo vode. Atlas okolja, vode. ARSO. URL: [http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas\\_Okolja\\_AXL@Arso](http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso) (citirano 22. 5. 2016).
- Novak, D., 1996. Podzemeljske vode v Kamniških in Savinjskih Alpah, Geologija, 37/38, str. 415–435.
- Ocena ekološkega in kemijskega stanja rek v Sloveniji v letih 2007 in 2008. 2010. ARSO, 108 str. URL: [http://www.arso.gov.si/vode/reke/publikacije%20in%20poro%c4%8dila/POROCILO\\_REKE\\_2007\\_2008.pdf](http://www.arso.gov.si/vode/reke/publikacije%20in%20poro%c4%8dila/POROCILO_REKE_2007_2008.pdf) (citirano 22. 5. 2016).
- Ocena stanja rek v Sloveniji v letih 2009 in 2010. 2012. ARSO, 35. str. URL: <http://www.arso.gov.si/vode/reke/publikacije%20in%20poro%c4%8dila/REKE%20porOci-lo%202009-2010.pdf> (citirano 22. 5. 2016).
- Ocena stanja rek v Sloveniji v letu 2011. 2013. ARSO, 29. str. URL: <http://www.arso.gov.si/vode/reke/publikacije%20in%20poro%c4%8dila/Poro%c4%8dilo%20REKE%202011.pdf> (citirano 22. 5. 2016).
- Ocena stanja rek v Sloveniji v letih 2012 in 2013. 2015. ARSO, 42. str. URL: [http://www.arso.gov.si/vode/reke/publikacije%20in%20poro%c4%8dila/Poro%c4%8dilo%20REKE%202012%20in%202013\\_2.pdf](http://www.arso.gov.si/vode/reke/publikacije%20in%20poro%c4%8dila/Poro%c4%8dilo%20REKE%202012%20in%202013_2.pdf) (citirano 22. 5. 2016)
- Opuščene vodomerne postaje. 2008. ARSO (interno gradivo). Ljubljana.
- Povprečna letna višina korigiranih padavin 1971–2000. Atlas okolja, podnebje, padavine. ARSO. URL: [http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas\\_Okolja\\_AXL@Arso](http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso) (citirano 22. 5. 2016).
- Repolusk, P., 1991. Učinki poplav 1990 v zgornjem toku Kamniške Bistrice. Ujma, 5. str. 25–28.
- Šifrer, M., 1957. Pleistocenski razvoj Kamniške Bistrice in pritokov, Kamniški zbornik, 3, str. 256–271.
- Terensko delo 2010–2012. Oddelek za geografijo, Filozofska fakulteta, Univerza v Ljubljani.
- Trobec, T., 2015. Hidrogeografska analiza pojavljanja hudourniških poplav v Sloveniji. Doktorsko delo. Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo, 253 str.
- Uлага, F., 2002. Trendi spreminjanja pretokov slovenskih rek, Dela, 18, str. 93–114.
- Urbanič, G., Toman, M. J., 2003. Varstvo celinskih voda. Ljubljana, Študentska založba, 94. str.
- Vodna energija. Engis portal. URL: <http://www.engis.si/portal.html> (citirano: 22. 5. 2016).
- Vodnogospodarske osnove Slovenije. 1978. Ljubljana, Zveza vodnih skupnosti Slovenije, 162 str.