

2 Količinsko in kakovostno stanje površinskih voda v Posotelju

Tajan Trobec

2.1 Uvod

Čeprav nekoliko manj vodnata, je mejna reka Sotla z 91 km toka in 590 km² velikim porečjem, takoj za Savinjo, drugi najpomembnejši levi pritok Save v Sloveniji. Posotelje se uvršča med obpanonske pokrajine s svojstvenimi fizično- in družbenogeografskimi značilnostmi, ki pomembno vplivajo na količino in kakovost površinskih tekočih voda v porečju. Podpovprečna količina padavin in intenzivno izhlapevanje pogojujeta skromen odtok, neugoden pretočni režim z izrazitim poletnim nižkom ter omejene samočistilne sposobnosti voda. Kmetijstvo, v kombinaciji z industrijo, poselitvijo in turizmom, predstavlja pomemben antropogeno pogojen pritisk na vode, ki ima za posledico slabšo kakovost površinskih tekočih voda.

V zadnjih desetletjih smo v Posotelju priča velikim spremembam: od podnebnih sprememb, ki se kažejo v znatnem povišanju temperature in izhlapevanja, do sprememb v kulturni pokrajini, strukturi gospodarskih dejavnosti in izboljšanju okoljske infrastrukture, kar se kaže na manjšem pritisku na vode. Namen prispevka je analiza količinskega in kakovostnega stanja površinskih tekočih voda v porečju Sotle skozi čas. Pri njeni izdelavi smo izhajali iz geografskih značilnosti pokrajine ter ARSO-vih podatkov za izbrane vodomerne postaje na vodotokih v slovenskem delu porečja, na katerih zadnja desetletja spremljajo pretok oziroma kakovost vode. Podatkov za hrvaški del porečja, ki po površini predstavlja slabo četrtino, v analizo večinoma nismo vključili, ker nam jih ni uspelo pridobiti.

2.2 Geografske značilnosti Posotelja

Sotla je mejna reka med Slovenijo in Hrvaško, ki izvira v nekaj povirnih krakih na južnem pobočju Maclja. Po približno 91 km toka (Čosić-Flajsig, Globevnik in Karleuša 2014) se jugovzhodno od Brežic izliva v Savo. Njeno porečje meri 590,6 km² (Čosić-Flajsig, Globevnik in Karleuša 2014) in je del črnomskega povodja. Dobre $\frac{3}{4}$ porečja (451,7 km²; medmrežje 1) je v Sloveniji, preostanek pa na Hrvaškem.

Porečje Sotle (tudi Posotelje ali Sotelsko; Ilešič 1974) je razpotegnjeno v smeri sever-jug. Leži na prehodu iz nižjega gričevnatega sveta v predalpsko hribovje in se v večji meri uvršča med obpanonske pokrajine. Na severu sega do Boča, Donačke gore in Maclja ter meji na porečje Drave z Dravinjo. Na severozahodu razvodnica med

Zbelovsko goro in pogorjem Bohorja preči Voglajnsko gričevje ter Kozjansko, porečje pa v tem delu meji na porečje Savinje z Voglajno, Lahomnico in Gračnico. Od tu naprej razvodnica poteka po vršnih delih Bohorja proti vrhu Orlice in se nato po vzhodnem Bizeljskem gričevju spusti na Brežiško ravan vse do sotočja Sotle s Savo. V tem delu porečje Sotle meji na porečje Save z manjšimi levimi pritoki, kot so Sevnica, Blanšica in Brestanica, ki odmakajo južno pogorje Bohorja, ter Močnik in Gabernica, ki odmakata južni del Orlice in Bizeljsko gričevje. Od sotočja s Savo razvodnica poteka po hrvaški strani, po zahodnem delu Hrvaškega Zagorja, porečje Sotle pa meji na porečje Krapine – levi pritok Save pri Zagrebu (slika 2.1).

Posotelje je s hribovji, gričevji, podolji in nižinami reliefno razgibano, s povprečno nadmorsko višino 315 m (medmrežje 2). Boško hribovje na severu (najvišji vrh Bočmeri 978 m) v geološkem in morfološkem smislu predstavlja skrajni vzhodni del Karavank. Osrednji del porečja pripada vzhodnim obronkom Posavskega hribovja. Na severu in jugu ga oklepata malo pod 700 m visoki Rudnica in Orlica, v vmesnem delu pa se hribovje prek Srednjesotelskega gričevja proti vzhodu spušča v dolino Sotle. Najvišjo točko porečja predstavlja Bohor z vrhom Javornik (1024 m). Med Boškim in Posavskim hribovjem je Zgornjesotelsko podolje, ki ga zaradi gričevnate pokrajine označujemo tudi kot Zgornjesotelsko gričevje. Južno od Orlice, ki jo Sotla prebije pri soteski Zelenjak, se ob Sotli vse do sotočja s Savo razlega obsežna uravnana nižina. Orlica proti jugu preide najprej v Bizeljsko gričevje, to pa nato potone pod Krško ravan. Vzhodno stran porečja predstavlja skrajni zahodni del gričevnatega Hrvaškega Zagorja.

V porečju Sotle prevladujejo različni laporovci, peski, peščenjaki in litotamnijski apnenec oligo-, mio- ter pliocenske starosti, ki gradijo gričevja. Na višjih hribovjih najdemo tudi starejše kamnine, predvsem dolomite in različne karbonatno-klastične kamnine, večinoma triasne starosti. Večje rečne doline prekrivajo glina, melj in pesek, ki so bili odloženi v kvartarju. Na Rudnici in severnih pobočjih Bohorja pa v manjšem obsegu najdemo tudi magmatske kamnine (predvsem spilitiziran diabaz in njegov tuf) (medmrežje 3).

V slovenskem delu porečja Sotle izrazito prevladujeta evtrična in distrična rjava prst, ki ju je največ v gričevnatem svetu in prekrivata okoli 60 % porečja. V gričevjih, zlasti na laporju, najdemo tudi antropogeno spremenjene rigolane vinogradniške prsti. Rendzina, ranker in rjava pokarbonatna prst prevladujejo v hribovitem svetu. V rečnih dolinah pa je največ obrečnih in oglejenih prsti (medmrežje 4).

V Posotelju je v nižinah in gričevjih zastopano zmerno celinsko podnebje vzhodne in jugovzhodne Slovenije, višje, v Boškem in Posavskem hribovju, pa že vlažno podgorsko podnebje (Ogrin s sodelavci 2023). V obdobju 1981–2010 je v slovenskem delu porečja v povprečju letno padlo okoli 1150 mm padavin (medmrežje 5), kar je znatno pod slovenskim povprečjem, ki je v enakem obdobju znašalo 1431 mm (Andjelov s sodelavci 2015). Srednja letna temperatura zraka v enakem obdobju pa je bila 10,1 °C (medmrežje 5).

Osrednja vodna žila Posotelja Sotla izvira na nadmorski višini okoli 600 m, v Savo pa se izliva na okoli 135 m nadmorske višine. Od izvira do izliva se spusti za približno 465 m in ima povprečni relativni strmec 5,2 ‰. Glavna pritoka Sotle sta Mestinjščica in Bistrica, ki vanjo pritekata s slovenske strani. Površina njunih porečij znaša 134 km² oziroma 108 km² medmrežje 1). Preostali pritoki so krajši in manj vodnati. Sotla ima v

povirju izrazito hudourniški značaj, ki se po toku navzdol zaradi vse manjšega strmca, vijugastega toka in obsežnih poplavnih površin, še zlasti na odseku med Podčetrtkom ter sotesko Zelenjak, precej omili, njen značaj pa postaja vse bolj nižinski (Kolbezen, Žagar 1978).

Večjih naravnih stoječih voda v Posotelju ni, medtem ko je po drugi strani razmeroma veliko ribnikov, mlak in drugih antropogenih vodnih teles. Leta 1976 so Sotlo gorvodno od sotočja z Mestinjščico zajezili s pregrado Vonarje, za katero je 1980 nastalo približno 6 km dolgo večnamensko Sotelsko jezero. Glavni namen zajezitve je bil zadrževanje visokih voda, raba vode za namakanje in vodooskrbo ter razvoj turizma z ribištvom. Že po nekaj letih (leta 1988) pa so bili zaradi slabe kakovosti in zastrupljenosti vode ter pogina rib na Sotli jezero primorani izprazniti, tako da danes pregrada deluje le še kot zadrževalnik visokih voda. Območje pogostega razlivanja vode na dnu nekdanje akumulacije pa je nenadejano postalo naravovarstveno zanimivo mokrišče (Rismal 2015). Neprestano so predvsem iz turističnih vzgibov prisotne težnje in pobude po obuditvi jezera, zaradi česar ob splošnem turističnem razvoju območja ni izključeno, da bodo jezersko kotanjo nekoč ponovno napolnili z vodo. Izkušnje pa učijo, da je predpogoj za to zadovoljiva kakovost Sotle.

Ob desnem bregu v spodnjem toku reke, le nekoliko gorvodno od Dobove, na poplavni ravnici leži obsežno, dobrih 5 km² veliko mokrišče, imenovano Jovsi, ki je zaščiten kot naravni spomenik. Posebno pojavno obliko vode v Posotelju pa predstavljata še mineralna voda na območju Rogaške Slatine in termalna voda na območju Podčetrtka, ki sta pomembna temelja za razvoj turizma v Posotelju.

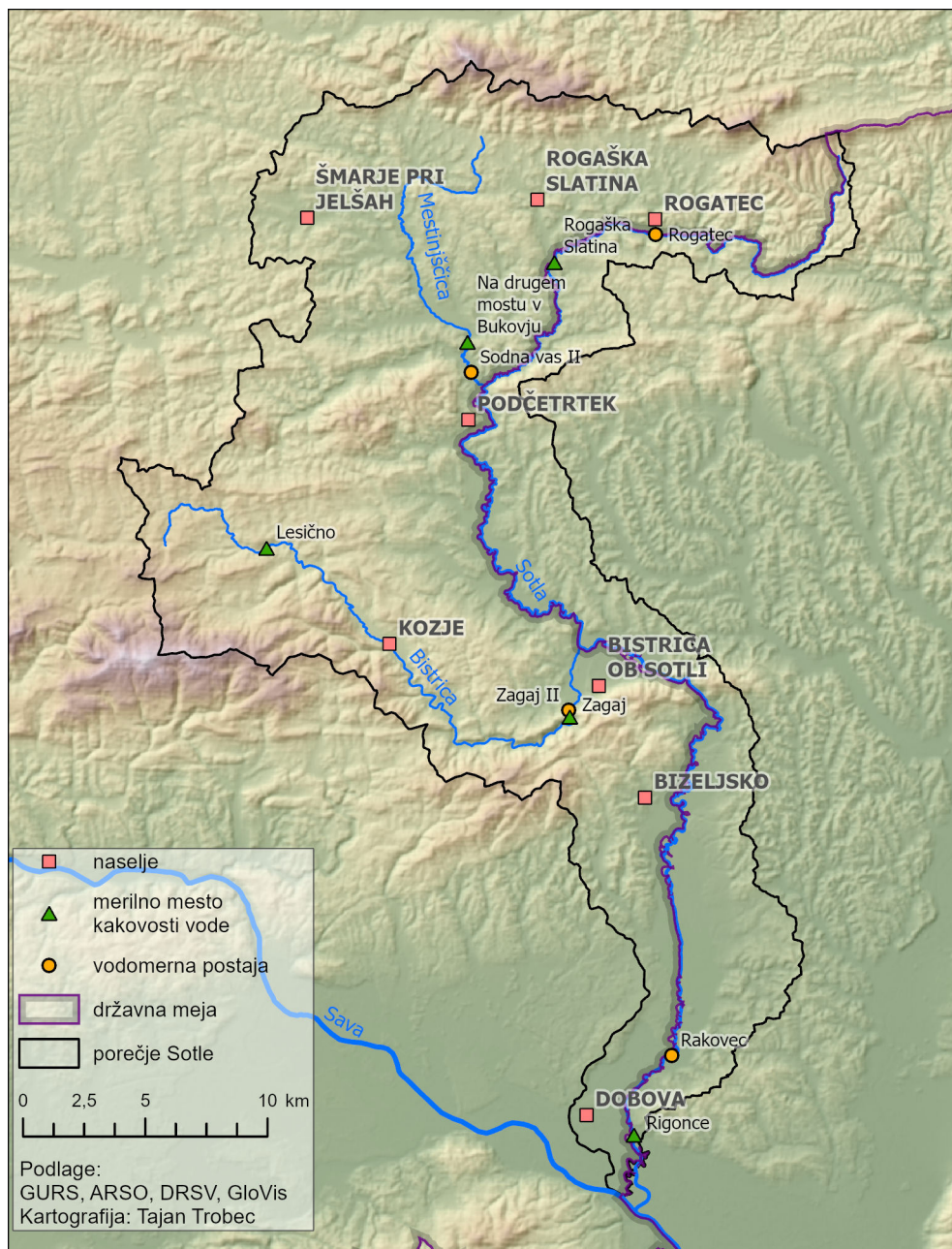
V Slovenskem delu porečja prebiva slabih 37.000 (medmrežje 6), v hrvaškem pa okoli 16.700 prebivalcev (Čosić-Flajsig, Globevnik in Karleuša 2014). Gostota poselitve je z 91 prebivalci/km² pod slovenskim povprečjem, ki znaša 105 prebivalcev/km². Poselitev je zgoščena v severnem delu porečja, kjer so tudi večja naselja Rogaška Slatina, Šmarje pri Jelšah in Rogatec s 5253, 1950 ter 1592 prebivalci (medmrežje 7), na Hrvaškem pa Hum na Sutli. Edini nekoliko večji naselji v južnem delu porečja sta Dobova s 709 in Bizeljsko s 698 prebivalci. V poselitveni strukturi tako prevladujejo manjša naselja podeželskega tipa. Območje je odrezano od glavnih prometnih poti in podpovprečno razvito s primerjalno velikim deležem zaposlenih v kmetijstvu. Glavno zaposlitveno središče v porečju je Rogaška Slatina (medmrežje 8), veliko pa je tudi dnevnih migrantov na delo v bolj oddaljena zaposlitvena središča zunaj porečja.

Zaposlitvena struktura se odraža tudi na rabi tal (medmrežje 4). Gozd prekriva 42 % porečja, kar je znatno pod slovenskim povprečjem, ki znaša okoli 60 %. Večinoma ga najdemo v višjih in strmejših ter osojnih legah. S 30 % sledijo travniki, njivskih površin je slabih 11 %, vinogradov in sadovnjakov pa skupaj okoli 5 %. Obdelovalne površine prevladujejo v nižinah ob Sotli in Mestinjščici ter na prisojnih pobočjih v gričevju. Razmeroma veliko je tudi pozidanih površin (6 %), ki so tako kot poselitve zgoščene v severnem delu porečja, kjer so večja naselja. Vode iz močvirij pa je predvsem na račun mokrotnih površin dna nekdanjega Sotelskega jezera skupaj za približno 0,5 %. Skupaj je še 4 % drevs in grmičevja ter površin v zaraščanju, ki pretežno odpadejo na obrežno zarast.

Poleg obrobnosti in obmejnosti je za Posotelje značilna tudi velika razdrobljenost v upravnem smislu. Slovenski del porečja je razdeljen med dve razvojni regiji (Savinjsko in Posavsko) ter devet občin, in sicer (po vrsti glede na delež v sestavi porečja)

Šmarje pri Jelšah, Kozje, Rogaška Slatina, Brežice, Podčetrtek, Šentjur, Rogatec, Bistrica ob Sotli ter Dobje. Hrvaški del porečja je ravno tako razdeljen med dve regiji oziroma županiji (Krapinsko-zagorska županija in Zagrebška županija) ter osem občin.

Slika 2.1: Karta porečja Sotle.



2.3 Pretočne značilnosti Sotle s pritoki

2.3.1 Metodološka pojasnila in priprava podatkov o pretokih

V porečju Sotle deluje oziroma je v preteklosti delovalo več vodomernih postaj (medmrežje 9; preglednica 2.1). Na Sotli sta to na slovenski strani postaji Rogatec in Rakovec, na hrvaški pa Hum na Sutli, Bratkovec, Zelenjak ter Ključ (Čosić-Flajsig, Globevnik in Karleuša 2014). Na Mestinjščici deluje vodomerna postaja Sodna vas II (njeni predhodnici sta postaji Sodna vas in Sodna vas I). Na Bistrici deluje vodomerna postaja Zagaj II (njeni predhodnici sta vodomerni postaji Zagaj in Zagaj I), medtem ko je vodomerna postaja Bistrica ob Sotli opuščena. Analizo pretočnih vrednosti na Sotli in njenih pritokih smo izdelali za delujoče vodomerne postaje v slovenskem delu porečja. Rečne pretočne režime in srednje pretoke (sQs) smo analizirali za zadnji dve zaporedni referenčni 30-letni obdobji (1961–1990 in 1991–2020), velike pretočne konice (vQvk) in male pretočne konice (nQnk) pa za celotno obdobje delovanja posamezne vodomerne postaje do vključno leta 2022.

Vodomerna postaja Rogatec na Sotli, ki je reprezentativna za povirni del reke, je delovala med letoma 1949 in 1986, nato pa so meritve za 30 let prekinili. Pretoke na tej vodomerni postaji ponovno beležijo od leta 2017 naprej. Na vodomerni postaji Rakovec (vključujoč vodomerno postajo Rakovec I) na Sotli razpolagamo s popolnejšim nizom podatkov. Postaja deluje od leta 1926 in tako ponuja skoraj stoletje dolgo obdobje pretočnih podatkov, ki je bilo za štiri leta prekinjeno le v obdobju med letoma 1942 in 1945. Sprememba lokacije postaje v letih 1965 in 2015 (ki je botrovala tudi spremembi imena iz Rakovec v Rakovec I v tem obdobju) je imela neznamenit vpliv na spremembo površine vodozbirnega zaledja, zaradi česar smo podatke vodomernih postaj Rakovec in Rakovec I združili v enoten podatkovni niz.

Vodomerna postaja Sodna vas (vključujoč vodomerno postajo Sodna vas I) na Mestinjščici je delovala v obdobju 1965–2001, nato pa so jo opustili. Podatkovna vrzel se pojavlja med letoma 1985 in 1988. Takrat je bila spremenjena mikrolokacija postaje, ki se je po tem obdobju preimenovala v Sodna vas I. Ker je šlo za majhen premik, smo niza podatkov vodomernih postaj Sodna vas in Sodna vas I združili v enoten podatkovni niz. Od leta 2001 na Mestinjščici deluje vodomerna postaja Sodna vas II, ki ima zaradi znatnega premika po toku navzdol in posledične vključitve Tinskega potoka za dobro tretjino večje vodozbirno zaledje od vodomerne postaje Sodna vas. Pri analizi pretočnih vrednosti za vodomerno postajo Sodna vas II smo tako (v želji, da bi uporabili razpoložljive starejše podatke) za analizo rečnega pretočnega režima in srednjih pretokov (sQs) za obdobje pred letom 2001 upoštevali podatke vodomerne postaje Sodna vas, in sicer tako, da smo jih pomnožili z razmerjem med površino vodozbirnih zaledij obeh vodomernih postaj, ki znaša 1,36. Enako razmerje dobimo tudi, če med seboj primerjamo povprečna pretoka za leto 2001, ko sta vodomerni postaji delovali sočasno. Opisano metodo združevanja podatkov lahko upravičimo z dejstvom, da je Mestinjščica povirni vodotok z razmeroma majhnim in z vidika odtoka homogenim vodozbirnim zaledjem, kjer se pretok povečuje približno linearno s povečevanjem površine vodozbirnega zaledja (Trobeč 2008).

Vodomerna postaja Zagaj II (vključujoč vodomerni postaji Zagaj in Zagaj I) na Bistrici deluje od leta 1965. V nizu manjkajo le podatki za leto 2011. Zaradi majhne razlike

v površini vodozbirnih zaledij bi bilo podatkovni niz teoretično možno dopolniti s podatki opuščenih vodomernih postaj Bistrica ob Sotli oziroma Bistrica ob Sotli I, vendar smo ob primerjavi pretočnih vrednosti v letih, ko so omenjene vodomerne postaje delovale sočasno, zasledili preveliko neujemanje, zaradi česar se za združitve nismo odločili. Podobno so nam svetovali tudi na Agenciji Republike Slovenije za okolje (Šupek 2024).

Preglednica 2.1: Podatki za vodomerne postaje na Sotli s pritoki v Sloveniji do vključno leta 2022.

vodotok	vodomerne postaja	obdobje delovanja	manjkajoča leta znotraj podatkovnega niza	leta z zveznim beleženje vodostaja	aktivnost	F [km ²]	nQnk [m ³ /s] sQs [m ³ /s] vQvk [m ³ /s]
Sotla	Rogatec	1949–	1987–2016	2017–	da	39,47	0,008 0,6 62,2
Sotla	Rakovec*	1926–		1989–	da	561,3	0,337 8,11 281
Mestinjščica	Sodna vas II	2001–		2003, 2005–	da	132,82	0,016 1,57 72,31
Mestinjščica	Sodna vas**	1965–2001	1985–1988		ne	97,94	0,02 1,3 43,5
Bistrica	Zagaj II***	1965–	2011	2015–	da	94,03	0,111 1,67 93,53
Bistrica	Bistrica ob Sotli****	1955–1967			ne	96,66	0,08 2,13 75,1

Vir: medmrežje 9

F – površina vodozbirnega zaledja postaje

sQs – srednji obdobjni pretok

nQnk – najmanjši obdobjni pretok (konica)

vQvk – največji obdobjni pretok (konica)

* združeni podatki vodomernih postaj Rakovec in Rakovec I

** združeni podatki vodomernih postaj Sodna vas in Sodna vas I

*** združeni podatki vodomernih postaj Zagaj, Zagaj I in Zagaj II

**** združeni podatki vodomernih postaj Bistrica ob Sotli in Bistrica ob Sotli I

2.3.2 Analiza pretočnih vrednosti

Sodeč po podatkih vodomerne postaje Rakovec (medmrežje 9; slika 2.3), ki je postavljena približno 8 km pred njenim izlivom v Savo, je po Sotli v zadnjem referenčnem 30-letnem obdobju, 1991–2020, odteklo 7,8 m³/s vode. Podatek je za 4 % manjši od

povprečnega pretoka za celotno obdobje delovanja postaje (1926–2022), ki znaša $8,1 \text{ m}^3/\text{s}$. Če pa srednji pretok (sQs) zadnjega 30-letnega referenčnega obdobja primerjamo s pretokom predhodnega referenčnega 30-letnega obdobja, 1961–1990, ki je bilo nadpovprečno vodnato ($9,06 \text{ m}^3/\text{s}$), zmanjšanje znaša slabih 14 %, glede na enačbo linearnega trenda pa 25 %. Specifični odtok je bil v obdobju 1991–2020 $13,9 \text{ l}/(\text{s} \times \text{km}^2)$, kar je zaradi skromne količine padavin in razmeroma visokega izhlapevanja precej pod slovenskim povprečjem za enako obdobje ($25 \text{ l}/(\text{s} \times \text{km}^2)$) (Bat s sodelavci 2008).

Najmanjši pretok (nQnk) je na vodomerni postaji Rakovec znašal 337 l/s . Izmerjen je bil ob dolgotrajni suši avgusta 2003. Leta s pretoki pod 500 l/s so bila še 1931, 1946, 1952, 1988, 1990, 1993, 2000, 2001, 2004 in 2012. Srednji mali pretok (sQnk) za celotno obdobje delovanja vodomerne postaje znaša 837 l/s . Najmanjše letne pretočne konice (nQnk) so glede na enačbo linearnega trenda za celotno obdobje delovanja vodomerne postaje v času razmeroma stabilne, medtem ko trend za zadnje 60-letno obdobje (1961–2020) kaže na upad za 21 %. Upad srednjih (sQs) in najmanjših letnih pretokov (nQnk) v zadnjih desetletjih je verjetno posledica podnebnih sprememb, ki se zrcalijo predvsem v višjih temperaturah ozračja v porečju (medmrežje 10) in večjem izhlapevanju, zaradi česar manj vode preide v odtok. Dodaten razlog je verjetno tudi zaraščanje pokrajine z gozdom na račun opuščanja kmetijskih površin, kar kot proces lahko zasledujemo širom po slovenskem podeželju. Gozd je velik porabnik vode predvsem v rastni dobi. Povprečna letna količina padavin na padavinskih postajah v porečju (na primer na postajah Podsreda in Podčetrtek) ter v njegovi neposredni bližini (na primer postaji Ložice in Sromlje) (medmrežje 11), ki imajo ustrezne nize za izračun trenda padavin za obdobje 1961–2020, se ni bistveno spremenila. Trendi so komaj zaznavni in imajo različen predznak. Na padavinskih postajah Podčetrtek in Sromlje je trend rahlo negativen, medtem ko je na padavinskih postajah Podsreda in Ložice rahlo pozitiven. Posledično verjetno lahko upravičeno sklepamo, da spremembe v povprečni letni količini padavin v Posotelju v navedenem obdobju nimajo pomembnejšega vpliva na spremembe srednjih in najmanjših letnih pretokov.

Pri vodostaju 671 cm je največji pretok (vQvk) na vodomerni postaji Rakovec znašal $281 \text{ m}^3/\text{s}$. Izmerjen je bil ob poplavah 25. oktobra 1964 ob 12. uri. Pretok nad $200 \text{ m}^3/\text{s}$ je bil še v letih 1974, 1980, 1989, 1991, 1995, 1997, 1998 in 1999. Srednji veliki pretok (sQvk) za celotno obdobje delovanja vodomerne postaje znaša $104 \text{ m}^3/\text{s}$. Največje letne pretočne konice (vQvk) so glede na enačbo linearnega trenda za celotno obdobje delovanja vodomerne postaje v izrazitem porastu, zvečale so se kar za 96 %. Po drugi strani pa zadnje 60-letno obdobje (1961–2020) izkazuje negativen trend z zmanjšanjem za 38 %. Ob tem poudarjamo, da je analiza velikih pretočnih konic na vodomerni postaji Rakovec pred letom 1989 nezanesljiva, saj so šele tedaj pričeli z zveznim beleženjem vodostaja, ki omogoča zanesljivo registracijo ekstremnih pretočnih vrednosti. Potek velikih letnih pretočnih konic na tej vodomerni postaji je tudi sicer precej nenavaden, saj je mogoče razbrati vsaj tri obdobja z izrazito različnimi vrednostmi (slika 2.3). V prvem obdobju, od začetka delovanja vodomerne postaje do vključno leta 1958, so bile velike pretočne konice vsa leta razmeroma nizke (v povprečju okoli $55 \text{ m}^3/\text{s}$) in niso nikdar presegle vrednosti $100 \text{ m}^3/\text{s}$. V obdobju med letoma 1959 in 1999 so bile letne pretočne konice občutno višje od predhodnega obdobja (v povprečju približno $150 \text{ m}^3/\text{s}$) in so v večini primerov bistveno presegle $100 \text{ m}^3/\text{s}$. Od leta 2000 naprej pa so letne pretočne konice spet nižje (v povprečju okoli $85 \text{ m}^3/\text{s}$) in le v posameznih primerih presežejo vrednost $100 \text{ m}^3/\text{s}$. Na velike

konice od leta 1980 sicer vpliva zadrževanje visokih voda v Soteljskem jezeru, vendar je zaradi majhnega deleža, ki ga pojezerje predstavlja nasproti površini preostalega porečja (slabih 20 %), tudi ta vpliv razmeroma majhen. Menimo, da sprememb velikih pretokov v različnih obdobjih ne moremo povezati z naravnimi ali družbenimi procesi v porečju in gre po vsej verjetnosti za posledico napak pri meritvah oziroma pri prevedbi vodostajev v pretoke, ki so potencialno največje ravno ob visokovodnih stanjih. Do podobnega sklepa so v svoji raziskavi, kjer primerjajo odtočne značilnosti na vodomernih postajah Zelenjak in Rakovec na Sotli, prišli tudi Bonacci, Žaknić-Čatović in Roje-Bonacci (2025).

Razmerje med nQ_{nk} , sQs in vQ_{vk} na vodomerni postaji Rakovec za celotno obdobje delovanja postaje znaša $(1/24) : 1 : 35$, kar kaže na razmeroma majhno nihanje pretoka in s tem na blago izražen hudourniški značaj Sotle v spodnjem toku. Ta je zaradi vse večjega porečja, skromnega strmca, izvijuganosti struge ter prelivanja in zastajanja vode ob visokih vodostajih na poplavnih ravninah ob reki že precej omiljen. Na vodomerni postaji Rogatec je kljub bistveno krajšemu nizu podatkov in le nekajletnemu zveznemu beleženju vodostaja to razmerje $(1/77) : 1 : 104$ in kaže na bistveno izrazitejše nihanje pretoka ter s tem na bolj izražen hudourniški značaj v povirju. Na 104-krat večji pretok ob pretočni konici (vQ_{vk}) v primerjavi s srednjim pretokom (sQs) v Rogatcu so vplivale silovite poplave leta 2019 v povirju Sotle (medmrežje 12).

Sotla se je po Hrvatinu (1998) ter Frantarju in Hrvatinu (2005) v obdobjih 1961–1990 oziroma 1971–2000 uvrščala med vodotoke s panonsko varianto dežno-snežnega rečnega pretočnega režima, značilno za vodotoke gričevij in ravnin obpanonskih pokrajin z zmernocelinskim podnebjem vzhodne Slovenije. Zanj je bil značilen primarni višek v marcu in sekundarni višek v novembru. Izrazitejši nižek je nastopil avgusta, manj izrazit, s količino vode blizu povprečnega pretoka, pa januarja. Nadpovprečni pretoki so bili med februarjem in aprilom ter novembra in decembra (lahko tudi še oktobra), podpovprečni pa med majem in septembrom (lahko tudi še oktobra). Stojilković in Brečko Grubar (2024) pa sta Sotlo v obdobju 1991–2020 uvrstila med vodotoke z obpanonskim dežnim režimom, kar sta utemeljila z oslabljenim vplivom snežne komponente odtoka v primerjavi s predhodnimi obdobji. Zanj sta značilna izrazit poletni nižek ter slabo izražen zimski nižek, jesenski višek pa je izrazitejši od pomladanskega. Pri Sotli je ob primerjavi obeh obdobj (1961–1990 in 1991–2020) prišlo do zamenjave primarnega ter sekundarnega viška pretoka. V prvem obdobju je bil primarni višek spomladi, v drugem pa se je prestavil v jesensko-zimski čas. Sotle po ugotovitvah Stojilkoviča in Brečo Grubar (2024) niti ne moremo več prištevati med vodotoke z mešanim rečnim pretočnim režimom, pri katerih na sezonsko razporeditev odtoka vplivata dva dejavnika (v obdobju 1991–1960 sta bila to dež in sneg, zato tudi dežno-snežni rečni pretočni režim), temveč med vodotoke z enostavnim režimom, saj ima sedaj odločilni vpliv na letno kolebanje pretoka le še dež.

Tudi pri interpretaciji sprememb v rečnem pretočnem režimu lahko iščemo vzrok v podnebnih spremembah. Po eni strani gre, v kombinaciji z zmanjšanim deležem snežnih padavin, za premik težišča padavin s pomladi in poletja nekoliko bolj proti jeseni (medmrežje 13; medmrežje 14), kar ima za posledico večji odtok v obdobju med septembrom in februarjem. Ta se zaradi skupnega zmanjšanja odtoka sicer zrcali le v relativnem smislu (ob upoštevanju mesečnih pretočnih količnikov), ne pa tudi v absolutnem smislu (ob upoštevanju srednjih mesečnih pretokov) (slika 2.3). Po drugi strani pa gre za že omenjeni porast temperature ozračja in s tem izhlapevanja

ter večjo porabo vode gozda, kar se kaže kot izrazit upad pretoka med marcem in avgustom, ki je značilen tako v absolutnem kot v relativnem smislu. Slednje vpliva na manjšo količino vode v strugi v času rastne dobe in majhne poletne pretoke, kar je neugodno, saj so tedaj tudi potrebe po vodi največje. Zaradi majhnih samočistilnih sposobnosti, ki jih v tem delu leta pogojujejo manjša količine vode, višje temperature vode in slabše kisikove razmere, je večja tudi občutljivost voda in nanje vezanih ekosistemov za onesnaževanje.

Navedene spremembe v rečnem pretočnem režimu pa nakazujejo tudi večjo dovzetnost za pregrevanje vode in pojavljanje (hidroloških) suš v toplejšem delu leta (še zlasti poleti) ter hkrati večjo dovzetnost za pojavljanje poplav v hladnejšem delu leta (še posebej v poznem jesenskem in zimskem času). Graf primerjave mesečnih pretočnih količin razkriva tudi, da so se v obdobju 1991–2020 povečale razlike med najbolj in najmanj vodnatim mesecem, in sicer z 0,97 na 1,15, kar nakazuje manj stabilne življenjske razmere v vodotoku na sezonski ravni. Vse to pa predstavlja potencialno večji stres za vodne in obvodne organizme.

Podobne odtočne karakteristike lahko zasledujemo tudi pri drugih vodomernih postajah v porečju Sotle (medmrežje 9). Za vodomerno postajo Rogatec za zadnje referenčno 30-letno obdobje, 1991–2020, žal razpolagamo le s štirimi leti podatkov, kar povsem izkrivlja realno sliko odtoka v povirju Sotle in posledično onemogoča verodostojno interpretacijo podatkov (slika 2.1). Prekratek podatkovni niz je med drugim razlog za verjetno podcenjen srednji pretok ($0,44 \text{ m}^3/\text{s}$) in s tem specifični odtok ($11,2 \text{ l}/(\text{s} \times \text{km}^2)$), odraža pa se tudi v neobičajnem poteku rečnega pretočnega režima, ki predvsem v marcu in decembru bistveno odstopa od režimov preostalih postaj v porečju (preglednica 2.2, slika 2.6). Tudi na Sotli pri Rogatcu beležimo izrazit negativen trend srednjih (sQs) in najmanjših letnih pretokov (nQnk) z zmanjšanjem za 51 % oziroma 63 %. Največji letni pretoki (vQvk) sicer kažejo naraščajoč trend, vendar je ta verjetno pogojen z bistveno večjimi izmerjenimi ekstremnimi pretočnimi vrednostmi po letu 2017, ko so na postaji uvedli zvezno beleženje vodostaja. Največji pretok je bil izmerjen ob poplavah 7. julija 2019, ki so razdeale Rogatec (medmrežje 12). Dosežen je bil ob 17:20 in je pri vodostaju 253 cm znašal $62,2 \text{ m}^3/\text{s}$.

Tudi podatkovni niz vodomerne postaje Sodna vas II na Mestinjščici je pomanjkljiv, saj so podatki na voljo le od leta 2001, zvezno beleženje vodostaja pa poteka od leta 2005 naprej. Srednje letne in mesečne pretoke za obdobje pred letom 2001 smo preračunali iz podatkov opuščениh vodomernih postaj Sodna vas in Sodna vas I (podrobnejši opis je v metodološkem delu), kar za največje (vQvk) in najmanjše letne pretočne konice (nQnk) ne bi bilo upravičeno. Po Mestinjščici je v obdobju 1991–2020 v povprečju odteklo $1,73 \text{ m}^3/\text{s}$ vode, kar preračunano v specifični odtok pomeni $13 \text{ l}/(\text{s} \times \text{km}^2)$. Ta vrednost je za $0,9 \text{ l}/(\text{s} \times \text{km}^2)$ pod vrednostjo specifičnega odtoka Sotle pri Rakovcu v enakem obdobju. Iz tega je mogoče sklepati, da je del porečja Sotle, ki ga odmaka Mestinjščica in v pretežni meri odpade na Zgornjesotelsko gričevje, zaradi lege v padavinski senci in nižje nadmorske višine nekoliko manj namočen. Največji zabeleženi pretok je znašal $72,3 \text{ m}^3/\text{s}$. Izmerjen je bil ob poplavah 13. septembra 2014 ob 7. uri, in sicer pri vodostaju 577 cm. Podobno velik pretok ($62,6 \text{ m}^3/\text{s}$) je bil še ob poplavah septembra 2010. Tako kot pri drugih vodomernih postajah v porečju Sotle je na Mestinjščici pri Sodni vasi trend srednjih (sQs) in najmanjših letnih pretokov (nQnk) negativen, medtem ko je trend največjih letnih pretokov (vQvk) pozitiven (slika 2.4). Trend pri srednjih pretokih (sQs) je s 5-% zmanjšanjem komaj zaznaven in v

Preglednica 2.2: Obdobni srednji (sQs), mali (nQnk), veliki (vQvk) in mesečni pretoki (Q) (vsi v m³/s) ter mesečni pretočni količniki (M) na vodomernih postajah v porečju Sotle za obdobji 1961–1990 in 1991–2020.

Vodotok (vodomerna postaja)	obdobje	sQs q	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Maj	Jun.	Jul.	Avg.	Sep.	Okt.	Nov.	Dec.
Sotla (Rogatec)	1961–1990	0,62	Q	0,66	0,71	0,95	1,03	0,63	0,51	0,40	0,30	0,30	0,51	0,72
		15,6	M	1,06	1,14	1,54	1,66	1,03	0,83	0,64	0,48	0,48	0,83	1,17
	1991–2020	0,44	Q	0,30	0,53	0,81	0,38	0,47	0,18	0,28	0,10	0,44	0,24	0,67
		11,2	M	0,68	1,19	1,82	0,87	1,05	0,40	0,64	0,22	0,98	0,53	1,52
Sotla (Rakovec)	1961–1990	9,06	Q	9,01	11,36	13,30	11,69	7,75	7,60	6,45	4,50	5,36	8,87	11,59
		16,1	M	0,99	1,25	1,47	1,29	0,85	0,84	0,71	0,50	0,59	0,98	1,28
	1991–2020	7,80	Q	8,61	10,52	10,67	8,08	5,91	4,95	3,90	2,95	6,99	8,13	11,22
		13,9	M	1,10	1,34	1,36	1,03	0,76	0,63	0,50	0,38	0,89	1,04	1,43
Mestinjščica (Sodna vas II)	1961–1990	1,69	Q	1,78	2,14	2,14	2,14	1,42	1,43	1,34	1,03	1,15	1,41	2,27
		12,7	M	1,05	1,27	1,26	1,26	0,84	0,84	0,79	0,61	0,68	0,83	1,34
	1991–2020	1,73	Q	1,71	2,45	2,04	1,52	1,33	1,15	0,92	0,77	1,71	1,93	2,65
		13,0	M	0,99	1,41	1,17	0,88	0,77	0,66	0,53	0,44	0,98	1,11	1,53
Bistrica (Zagaj II)	1961–1990	1,77	Q	1,72	1,99	2,49	2,22	1,60	1,78	1,46	1,27	1,37	1,49	1,91
		18,8	M	0,97	1,12	1,40	1,25	0,90	1,00	0,82	0,72	0,77	0,84	1,08
	1991–2020	1,62	Q	1,5	2,04	2,12	1,7	1,32	1,11	1,02	0,82	1,65	1,68	1,96
		17,2	M	0,92	1,26	1,31	1,05	0,81	0,68	0,63	0,51	1,02	1,04	1,21

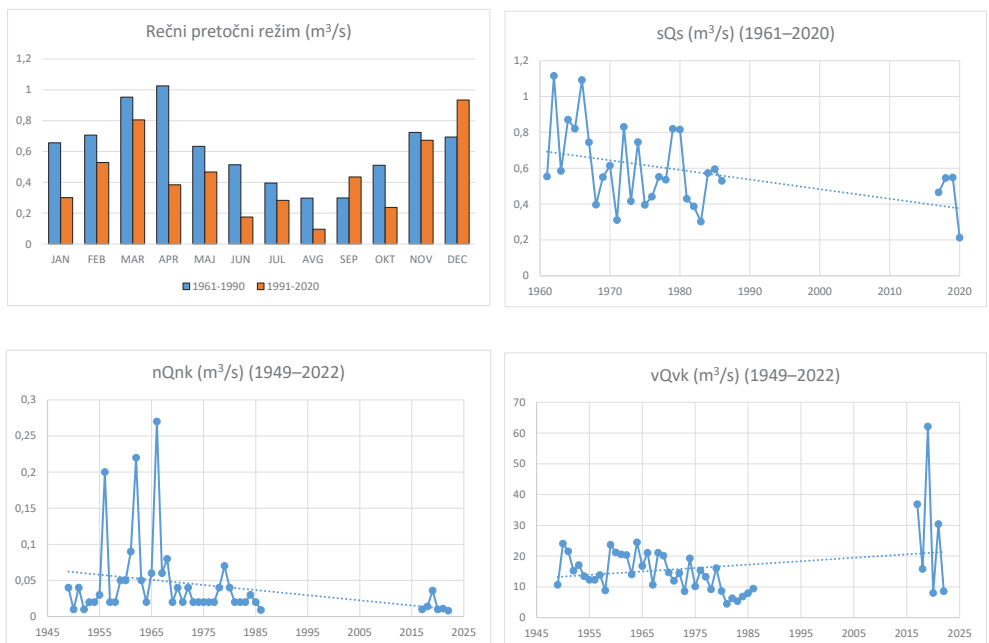
Vir: Medmrežje 9

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

primerjavi s trendi pri drugih vodomernih postajah v porečju manj izrazit. Trend pri ekstremnih letnih pretokih (nQnk in vQvk), še zlasti pri velikih, pa je zaradi njihovega sporadičnega pojavljanja ter komaj 22-letnega podatkovnega niza manj zanesljiv in se lahko občutno spremeni že ob nekaj izstopajočih vrednostih.

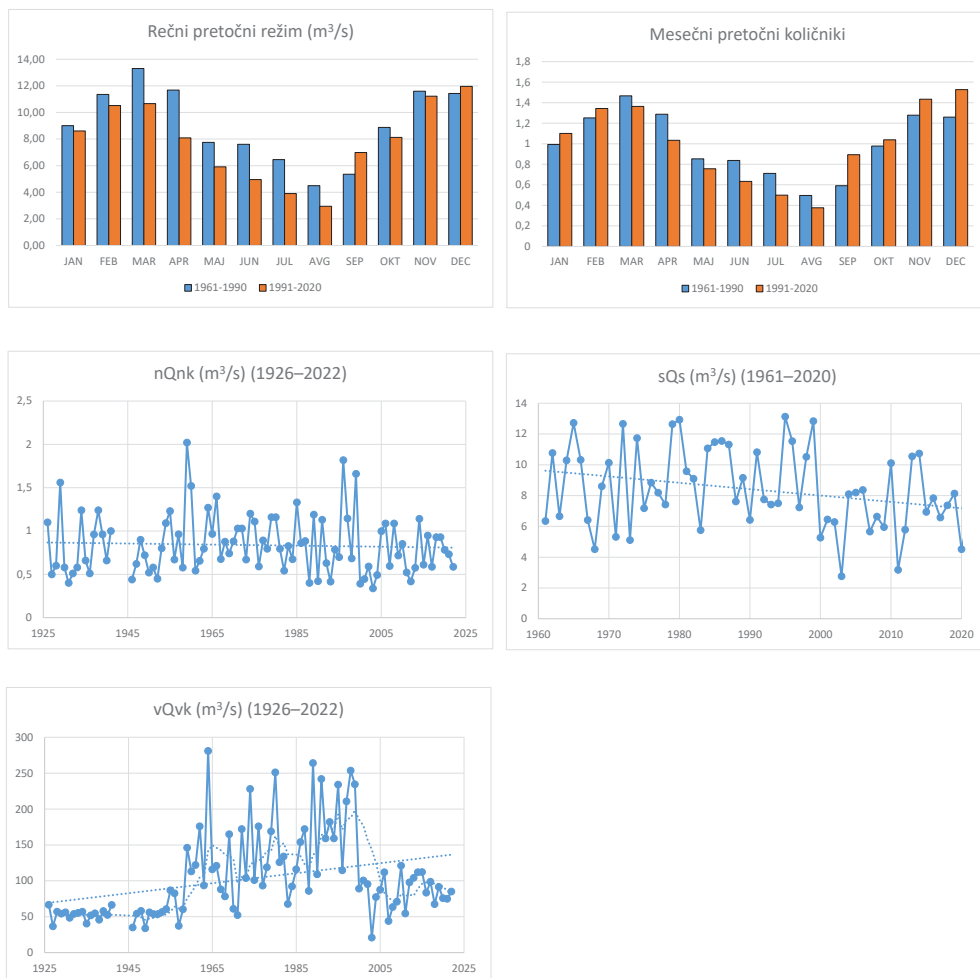
Vodomerna postaja Zagaj II na Bistrici ima daljši in popolnejši podatkovni niz od vodomernih postaj Rogatec in Sodna vas II, saj na njej razpolagamo s pretočnimi podatki od leta 1965 naprej, z izpadom zgolj v letu 2011. Bistrica je kljub občutno manjšemu porečju po količini vode precej primerljiva z Mestinjščico. Po njej je v obdobju 1991–2020 v poprečju odteklo $1,62 \text{ m}^3/\text{s}$, kar ustreza specifičnemu odtoku $17,2 \text{ l}/(\text{s} \times \text{km}^2)$. Ta je največji med vsemi pritoki, kar je verjetno pogojeno z nekoliko večjo količino orografskih padavin zaradi bližine Bohorja ter nekoliko nižjo temperaturo in manjšim izhlapevanjem glede na preostalo porečje zaradi višje nadmorske višine. Srednji (sQs) in najmanjši letni pretoki (nQnk) na Bistrici so od začetka meritev do leta 2020 oziroma 2022 izrazito upadli, in sicer za 21 % oziroma 52 % (slika 2.5). Največji letni pretoki so sicer v porastu, vendar k temu verjetno v veliki meri prispeva spremenjeni način beleženja vodostajev v letu 2015, ko je dnevna odčitavanja nadomestilo zvezno beleženje vodostajev. Iz tega obdobja je tudi absolutno največja pretočna konica ($93,53 \text{ m}^3/\text{s}$), ki je bila izmerjena ob visoki vodi 15. oktobra ob 18:20 pri vodostaju 277 cm.

Slika 2.2: Rečni pretočni režim in trendi izbranih karakterističnih pretokov za vodomerno postajo Rogatec na Sotli.



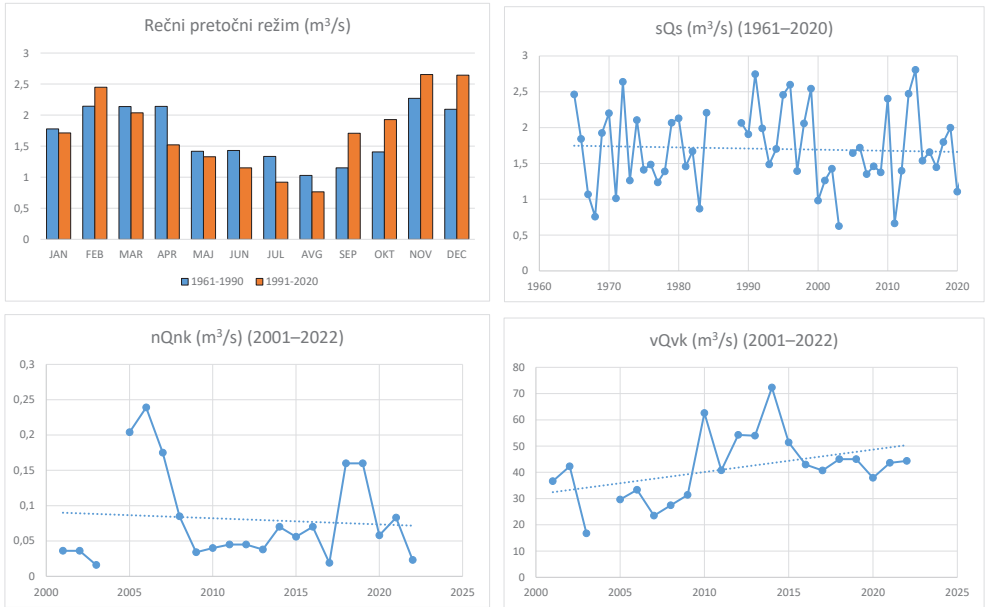
Vir: medmrežje 9

Slika 2.3: Rečni pretočni režim in trendi izbranih karakterističnih pretokov za vodomerno postajo Rakovec na Sotli.



Vir: medmrežje 9

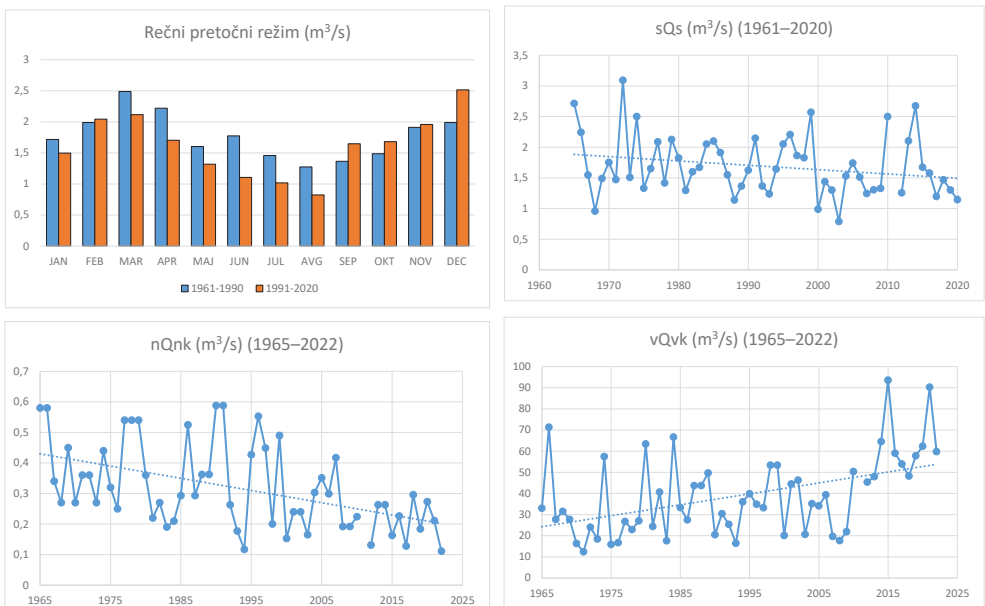
Slika 2.4: Rečni pretočni režim in trendi izbranih karakterističnih pretokov za vodomerno postajo Sodna vas II na Mestinjščici.



Vir: medmrežje 9

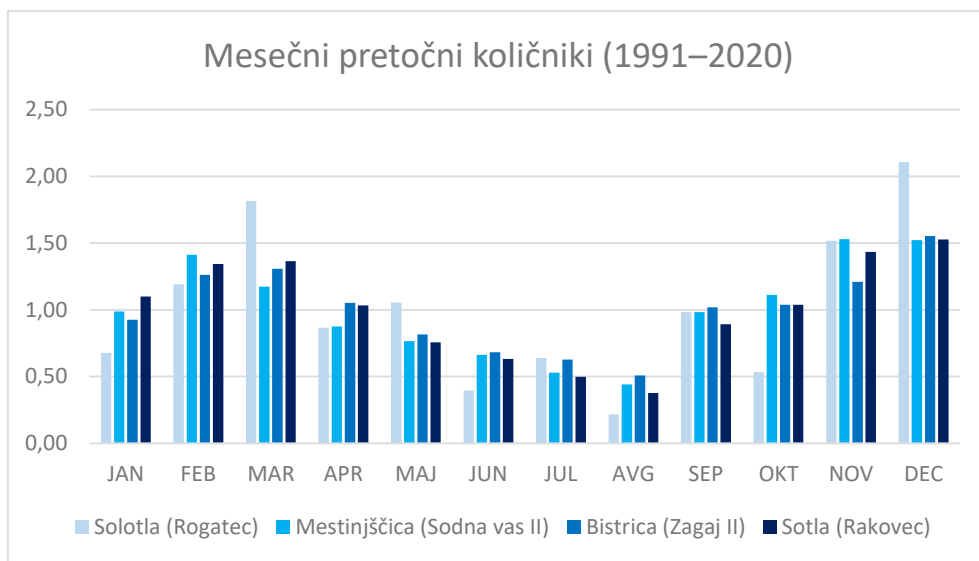
* letne vrednosti sQs do vključno leta 2000 so preračunane na podlagi podatkov vodomernih postaj Sodna vas in Sodna vas I

Slika 2.5: Rečni pretočni režim in trendi izbranih karakterističnih pretokov za vodomerno postajo Zagaj II na Bistrici.



Vir: medmrežje 9

Slika 2.6: Rečni pretočni količniki na vodomernih postajah v porečju Sotle.



Vir: medmrežje 9

2.4 Kakovost Sotle in pritokov

2.4.1 metodološka pojasnila in priprava podatkov o kakovosti vode

Metodologija ocenjevanja kakovosti površinskih tekočih voda se je skozi čas spreminjala. V grobem lahko med seboj razlikujemo obdobje pred vstopom Slovenije v Evropsko unijo in po njem. Pred vstopom Slovenije v Evropsko unijo se je kakovost površinskih tekočih voda ocenjevala glede na vrednosti posameznih parametrov oziroma skupin sorodnih parametrov z razredi od 1 do 4, pri čemer je prvi razred pomenil najboljšo kakovost vode, četrti pa najslabšo. Uporabljali so se tudi vmesni razredi, ki so po kakovosti upadali na naslednji način: 1–(2), 1–2 in (1)–2. Po vstopu Slovenije v Evropsko unijo se kakovost vode ocenjuje na podlagi ocene kemijskega in ekološkega stanja (Uredba o stanju ... 2009) za posamezna vodna telesa, ki predstavljajo odseke vodotokov, za katere se spremlja kakovost. Vode se glede na preseganje mejnih vrednosti izbranih parametrov uvrščajo v dobro ali slabo kemijsko stanje. Ekološko stanje pa odraža kakovost in strukturo delovanja vodnih ekosistemov ter se glede na fizikalno-kemijske, biološke in hidromorfološke elemente kakovosti ocenjuje s petimi razredi (zelo dobro, dobro, zmerno, slabo in zelo slabo). Kakovost voda se spremlja na merilnih mestih, kjer se odvzemajo tudi vzorci za analize. Prehod s stare na novo metodologijo ocenjevanja kakovosti površinskih tekočih voda je bil uveden postopoma, v prehodnem obdobju med letoma 2002 in 2005. Kemijsko stanje je bilo glede na razpoložljive podatke, vzporedno s staro metodologijo določanja kakovosti, prvič preliminarno ocenjeno leta 2002, ocena ekološkega stanja pa je bila v letih 2004 in 2005 zaradi še neizdelane metodologije

nadomeščena z biološko oceno kakovosti oziroma saprobnim indeksom. V prehodnem obdobju so bila določena tudi vodna telesa.

V porečju Sotle je pet vodnih teles površinskih voda (Pravilnik o določitvi ... 2005). Dvoje vodnih teles je na Sotli, in sicer prvo, ki predstavlja odsek reke gorvodno od Podčetrтка (VT Sotla Dobovec–Podčetrtek), ter drugo, ki predstavlja odsek reke od Podčetrтка do izliva v Savo (VT Sotla Podčetrtek–Ključ). Tudi na Bistrici je dvoje vodnih teles. Prvo predstavlja odsek reke gorvodno od Lesičnega (VT Bistrica povirje–Lesično), drugo pa odsek od Lesičnega do izliva v Sotlo (VT Bistrica Lesično–Polje). Samostojno vodno telo je tudi Mestinjščica (VT Mestinjščica). Meritve kakovosti površinskih voda za vodna telesa v porečju Sotle potekajo na različnih merilnih mestih. Na Sotli so to Rogaška Slatina oziroma Trlično (slednje le v letu 2011) za zgornji tok, do Podčetrтка, in Rakovec oziroma Rigonce za spodnji tok reke. Na Rakovcu so meritve potekale do vključno leta 2009, od leta 2010 naprej pa na Rigoncah. Na Bistrici potekajo vzorčenja na merilnem mestu Lesično za zgornji tok reke, do Lesičnega, in na merilnem mestu Zagaj za spodnji tok. Na Mestinjščici pa se kakovost vode spremlja na merilnem mestu Na drugem mostu v Bukovju.

Kakovost vode na Sotli se sistematično spremlja od leta 1982, na Mestinjščici in Bistrici pa od leta 2008. Na Sotli so vzorčenja potekala na letni ravni večkrat letno. Na merilnem mestu v Rogaški Slatini je bilo v 42-letnem obdobju (1982–2024) 241 vzorčenj, kar v povprečju pomeni okoli šest vzorčenj letno. Pri tem velja izpostaviti, da se ob vsakokratnem vzorčenju niso zmeraj izvedle analize vseh parametrov, tako da je gostota meritev za posamezne parametre dejansko še nekoliko manjša. V enakem obdobju je bila z 246 vzorčenji podobna gostota vzorčenja tudi na merilnih mestih Rakovec oziroma Rigonce. Bistveno ni odstopala niti gostota vzorčenja na Mestinjščici, kjer je to potekalo vsako leto in kjer so v 16-letnem obdobju (2008–2024) izvedli 102 vzorčenji. Občutno manj vzorčenj pa je bilo v enakem 16-letnem obdobju na Bistrici. Na vodomernih postajah Lesično in Zagaj analize niso potekale vsako leto, znotraj navedenega obdobja za vsako izmed postaj namreč obstaja le šest let s podatki. Na Lesičnem je bilo tako vsega 33, v Zagaju pa 40 vzorčenj.

V prvem delu analize je predstavljena ocena kakovosti površinskih tekočih voda v porečju Sotle skozi čas ob upoštevanju različnih metodologij za njeno določanje na državni ravni (medmrežje 15; medmrežje 16; Zupan 1993; Zupan 1997). V drugem delu pa so predstavljene vrednosti izbranih parametrov kakovosti vode za posamezna merilna mesta v porečju Sotle. Podatke smo pridobili na ARSO (medmrežje 17), in sicer za nitrate, nitrite, amonij, skupni dušik, ortofosfate, celotni fosfor, trdoto vode, specifično električno prevodnost, pH, nasičenost s kisikom, biokemijsko in kemijsko potrebo po kisiku (BPK₅ in KPK), kloride, sulfate ter vsebnost suspendiranih snovi. Pri prikazu rezultatov smo upoštevali srednje, najnižje in najvišje letne vrednosti (razen pri nekarbonatni trdoti, kjer smo zaradi metodologije izračuna upoštevali le srednje vrednosti). Pri tem je treba poudariti, da predvsem najmanjše in največje letne vrednosti po letih med seboj niso povsem primerljive, saj je bilo v nekaterih letih več, v drugih manj meritev. Pri nasičenosti s kisikom smo v primeru sočasnih analiz po Winklerjevi metodi in meritev s sondo upoštevali slednje. Pri KPK smo upoštevali rezultate, pridobljene z metodo s kalijevim dikromatom – K₂Cr₂O₇. Pri celotnem fosforju smo upoštevali podatke za nefiltrirani fosfor. Podatke za nekatere parametre je bilo pred analizo treba prilagoditi. Tako smo zaradi primerljivosti podatkov med posameznimi leti specifično električno prevodnost pri starejših meritvah z množenjem s konstanto

1,1 preračunali z vrednosti pri 20 °C na hipotetično vrednost pri 25 °C. Vrednosti za nekarbonatno trdoto pa smo izračunali z razliko med skupno in karbonatno trdoto. Pri tem je treba poudariti, da podatki za ta parameter niso povsem zanesljivi, saj smo jih izračunali na podlagi letnih povprečij, in ne na podlagi posameznih meritev.

2.4.2 Analiza kakovosti vode

Po stari metodologiji ocenjevanja kakovosti površinskih tekočih voda, ki je veljala do vstopa Slovenije v Evropsko unijo in po kateri so bile reke razvrščane od prvega (najboljša kakovost) do četrtega (najslabša kakovost) kakovostnega razreda, se je Sotla pod Rogaško Slatino večinoma uvrščala v najslabši, četrti oziroma tretji do četrti razred (preglednica 2.3). Bila je močno onesnažena s komunalnimi in industrijskimi odpadkami naselij, mimo katerih teče, za znaten del onesnaževanja pa je bila odgovorna tudi kmetijska dejavnost. Vsebovala je veliko organske snovi, ki je povzročala visoki BPK₅ in KPK. Kisikove razmere so bile večinoma zelo slabe, pogosto na meji anaerobnega stanja. Visoka je bila vsebnost dušikovih (amonij, nitrit), fosforjevih (ortofosfat) in fenolnih spojin, sulfata, klorida, natrija, kalija, mineralnih olj, pesticidov, detergentov, formaldehida ..., slabe pa so bile tudi bakteriološke razmere, z neprestano prisotnostjo bakterij fekalnega izvora. Glede na vsebnost kovin (baker, krom, nikelj, cink, svinec ...) in organskih spojin je Sotla veljala za eno najbolj onesnaženih rek v Sloveniji, tako z vidika vode kot sedimenta. Koncentracije svinca v rečnem sedimentu so bile denimo primerljive s tistimi v Meži in Dravi iz časov, ko je bila mežiška rudarsko-metalurška dejavnost v polnem razmahu. Z analizo mikropolutantov so bili v vodi najdeni različni pesticidi (atrazin, desetilatrazin, aldrin, lindan, metolaklor ...), ki praviloma niso značilni za površinske tekoče vode. Slabe rezultate pa so dosegale tudi saprobiološke analize, ki so kazale na močno osiromašene življenjske združbe, kar je Sotlo uvrščalo med kritično obremenjene vodotoke. Masovno so bile prisotne le nekatere vrste, ki kažejo na zelo onesnaženo vodo in izredno slabe kisikove razmere, preostalih živali pa v vodi praktični ni bilo (Zupan 1993; Zupan 1997).

Sotla med merilnima mestoma Rogaška Slatina in Rakovec preteče približno 30 km. Kakovost vode se je v tistem obdobju po toku navzdol nekoliko izboljšala (v povprečju za en kakovostni razred) in tudi življenjska združba je bila vrstno pestrejša. Glede na saprobiološke analize se je reka tako uvrščala med zmerno obremenjene vodotoke. Z analizami so med drugim zaznali povečan dotok hranilnih snovi (predvsem amonija, nitrita in ortofosfata), ki so v reko verjetno prišle s spiranjem z intenzivnih obdelovalnih kmetijskih površin. Kljub precejšnji obremenjenosti z bakterijami fekalnega izvora pa je bila glede na manjše skupno število koliformnih bakterij bakteriološka slika celokupno boljša kot v Rogaški Slatini. Kljub temu je bila Sotla pri Rakovcu še vedno precej onesnažen vodotok in se je večinoma uvrščala v tretji kakovostni razred. Po tedanji metodologiji so se v tretji kakovostni razred uvrščali vodotoki, katerih vode bi bilo možno uporabljati za namakanje, po ustreznih predhodnih obdelavi pa tudi v industriji, razen v živilski.

S prehodom na novo metodologijo ocenjevanja kakovosti površinskih tekočih voda ob vstopu Slovenije v Evropsko unijo, po kateri se ocenjujeta kemijsko in ekološko stanje, se je Sotla pod Rogaško Slatino (VT Sotla Dobovec–Podčetrtek) prva leta uvrščala v slabo kemijsko stanje. V letih 2002 in 2004 je bilo kemijsko stanje slabo zaradi presežene vsebnosti svinca, v letu 2003 poleg tega tudi zaradi kadmija v sedimentu ter organsko vezanih halogenov (AOX), v letu 2005 zaradi pesticida metolaklor in

fenolnih spojin, v letu 2006 pa zaradi bora. Od leta 2007 naprej je Sotla pod Rogaško Slatino v dobrem kemijskem stanju (medmrežje 15; medmrežje 16).

Ekološko stanje je bilo v letih od 2006–2008 ocenjeno kot slabo, v nadaljevanju pa vse do zadnje celovite ocene za obdobje 2014–2019 kot zmerno. Slabo ekološko stanje v letih 2006–2008 je bilo posledica še vedno močne obremenjenosti z organskimi, biološko razgradljivimi snovmi in s tem slabših kisikovih razmer, kar se je odražalo na manjši raznolikosti združb in prisotnosti bioindikatorjev slabega stanja v skupini bentoških nevretenčarjev (modul saprobnost). Dobro ekološko stanje pa ne bi bilo doseženo niti glede na trofičnost (ocenjeno na podlagi stanja fitobentosa in makrofitov), s katero se ocenjujejo obremenitve s hranili, saj je bila Sotla pod Rogaško Slatino glede na ta modul v zmernem ekološkem stanju. V obdobju 2014–2019 je bilo zmerno ekološko stanje tega odseka ponovno določeno zaradi zmerne stanja omenjenih modulov saprobnost in trofičnost, enako pa je bil ocenjen tudi modul splošna degradiranost z vidika rib, ki je bil v tistem obdobju zaradi nadgradnje metodologije dodan k vrednotenju ekološkega stanja.

Slabo kemijsko stanje Sotle v spodnjem toku (VT Sotla Podčetrtek–Ključ) na merilnih mestih Rakovec oziroma Rigonce je bilo ocenjeno v letih 2003 in 2005. Prvič zaradi presežne vrednosti organsko vezanih halogenov (AOX) in drugič zaradi fenolnih spojin, kar je oboje nakazovalo industrijsko pogojeno organsko onesnaženje. V nadaljevanju je bil ta odsek Sotle ves čas v dobrem kemijskem stanju, z izjemo zadnjega obdobja, 2022–2023, ko je bil razlog za slabo kemijsko stanje presežena vrednost strupenega, obstojnega in od leta 2009 prepovedanega organskega onesnaževala perfluorooktan sulfonske kisline (PFOS). Ekološko stanje pa je ves čas ocenjeno kot dobro. Iz navedenega lahko zaključimo, da se, gledano v splošnem, kakovost Sotle glede na stanje vode neposredno pod Rogaško Slatino v spodnjem toku izboljša, kar je verjetno posledica manjšega obremenjevanja z odplakami iz gospodinjstev in industrije ter delovanja samočistilnih procesov v reki.

K izboljšanju kakovosti Sotle v spodnjem toku verjetno pripomore tudi Bistrica, ki je tako v zgornjem (VT Bistrica povirje–Lesično) kot v spodnjem toku (VT Bistrica Lesično–Polje) ves čas v dobrem kemijskem in ekološkem stanju. Drugi večji pritok, Meštinjščica, pa je tako kot Sotla pod Rogaško Slatino v dobrem kemijskem in zmernem ekološkem stanju. Slednje je posledica zmerne stanja trofičnosti z vidika fitobentosa in makrofitov ter splošne degradiranosti z vidika rib, v obdobju 2009–2013 pa tudi zmerne stanja saprobnosti z vidika bentoških nevretenčarjev. V porečju Sotle tako cilje kakovosti, ki predvidevajo dobro kemijsko in vsaj dobro ekološko stanje, v zadnjem času dosega le Bistrica, kakovostno stanje drugih vodotokov pa je neustrezno bodisi z vidika kemijskega bodisi ekološkega stanja.

Preglednica 2.3: Ocena kakovosti vode na Sotli in pritokih po različnih metodologijah za posamezna leta ali obdobja.

vodotok	merilno mesto	skupna ocena kakovosti (1–4)*						
		1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Sotla	Rogatec	4–3	3–4	3–4	-	-	-	-
	Rogaška Slatina	4	4	3–4	4	4	4	4
	Rakovec	3	3	2–3	3	3–4	3	3

* 1 – najboljša kakovost; 4 – najslabša kakovost

vodotok	merilno mesto	skupna ocena kakovosti (1–4)*							
		1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Sotla	Rogaška Slatina	4	4	(3)–4	4	3–4	4	4	(3)–4
	Rakovec	3	3–(4)	3	3	(2)–3	3	2–3	2–3

* 1 – najboljša kakovost; 4 – najslabša kakovost

vodotok	merilno mesto	skupna ocena kakovosti (1–4)* kemijsko stanje (dobro/slabo)	
		2002	2003
Sotla	Rogaška Slatina	3–4 slabo	(3)–4 slabo
	Rakovec	2–3 dobro	2–3 slabo

* 1 – najboljša kakovost; 4 – najslabša kakovost

vodotok	merilno mesto	kemijsko stanje (dobro/slabo) biološka ocena kakovosti (1–4)*	
		2004	2005
Sotla	Rogaška Slatina	slabo 2–3	slabo 2
	Rakovec	dobro 2	slabo 1–2

* 1 – najboljša kakovost; 4 – najslabša kakovost

vodotok	vodno telo	merilno mesto	kemijsko stanje (dobro/slabo) ekološko stanje (zelo dobro, dobro, zmerno, slabo, zelo slabo)						
			2006	2007	2008	2009–2013	2014–2019	2020–2021	2022–2023
Sotla	Dobovec–Podčetrtek	Rogaška Slatina	slabo slabo	dobro slabo	dobro slabo	dobro zmerno	dobro* zmerno	dobro -	dobro -
	Podčetrtek–Ključ	Rakovec/Rigonce	dobro dobro	dobro dobro	dobro dobro	dobro dobro	dobro dobro	dobro -	slabo -
Mestinjščica	Mestinjščica	Na drugem mostu v Bukovju	- -	- -	dobro dobro	dobro zmerno	dobro zmerno	dobro -	dobro -
Bistrica	Povirje–Lesično	Lesično	- -	- -	dobro dobro	dobro [‡] dobro	dobro ⁺ dobro	- -	dobro -
	Lesično–Polje	Zagaj	- -	- -	dobro dobro	dobro [‡] dobro	dobro ⁺ dobro	- -	dobro -

Vir: medmrežje 15; medmrežje 16; Župan 1993; Župan 1997

* za leto 2017 ocena ni bila podana

⁺ za leta 2014–2018 ocena ni bila podana

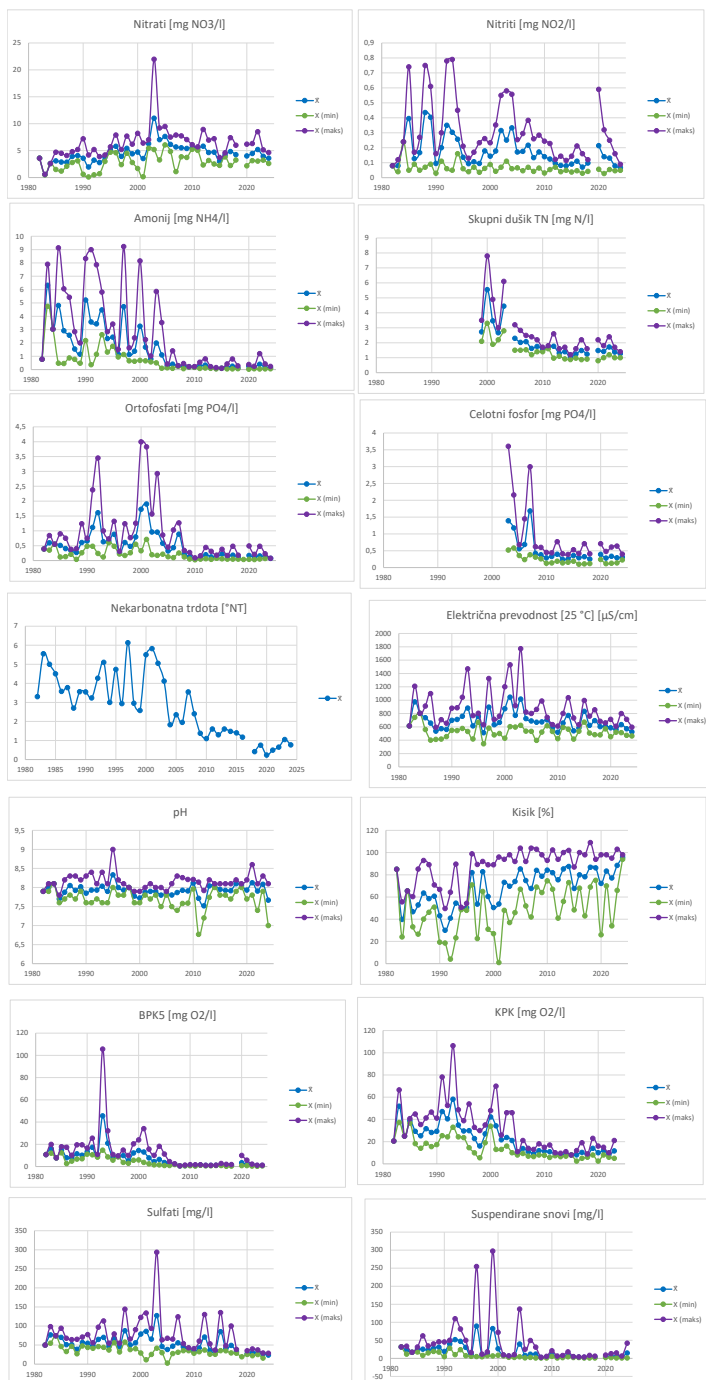
[‡] za leti 2011 in 2013 ocena ni bila podana

[‡] za leto 2012 ocena ni bila podana

O izboljšanju kakovosti vode v porečju Sotle skozi desetletja pričajo tudi trendi vrednosti izbranih fizikalno-kemijskih parametrov (preglednica 2.3, slika 2.7). Na merilnih mestih Rogaška Slatina in Rakovec oziroma Rigonce se je občutno zmanjšala vsebnost dušikovih ter fosforjevih spojin, kar nakazujejo negativni trendi vrednosti za nitratre, amonij, ortofosfate, skupni dušik in fosfor. Na obeh merilnih mestih so se zmanjšale vrednosti BPK₅ in KPK, pri Rogaški Slatini pa so se izboljšale tudi same kisikove razmere s povečevanjem predvsem srednjih in najmanjših letnih vrednosti. Zmanjšala se je vsebnost sulfatov in suspendiranih snovi. Na merilnem mestu Rogaška Slatina se je poleg nekarbonatne trdote zmanjšala tudi specifična električna prevodnost, kar v splošnem nakazuje manj onesnažil, ki so v vodi prisotna v obliki elektrolitov. Pri navedenih fizikalno-kemijskih parametrih kakovosti vode je poleg ugodnega trenda srednjih letnih vrednosti opazno tudi vse manjše razhajanje med najvišjimi in najnižjimi letnimi vrednostmi. Slednje kaže na odsotnost večjih impulzov onesnaževanja in stabilnejšo kakovost vode ter s tem ugodnejše življenjske razmere za vodne in obvodne organizme.

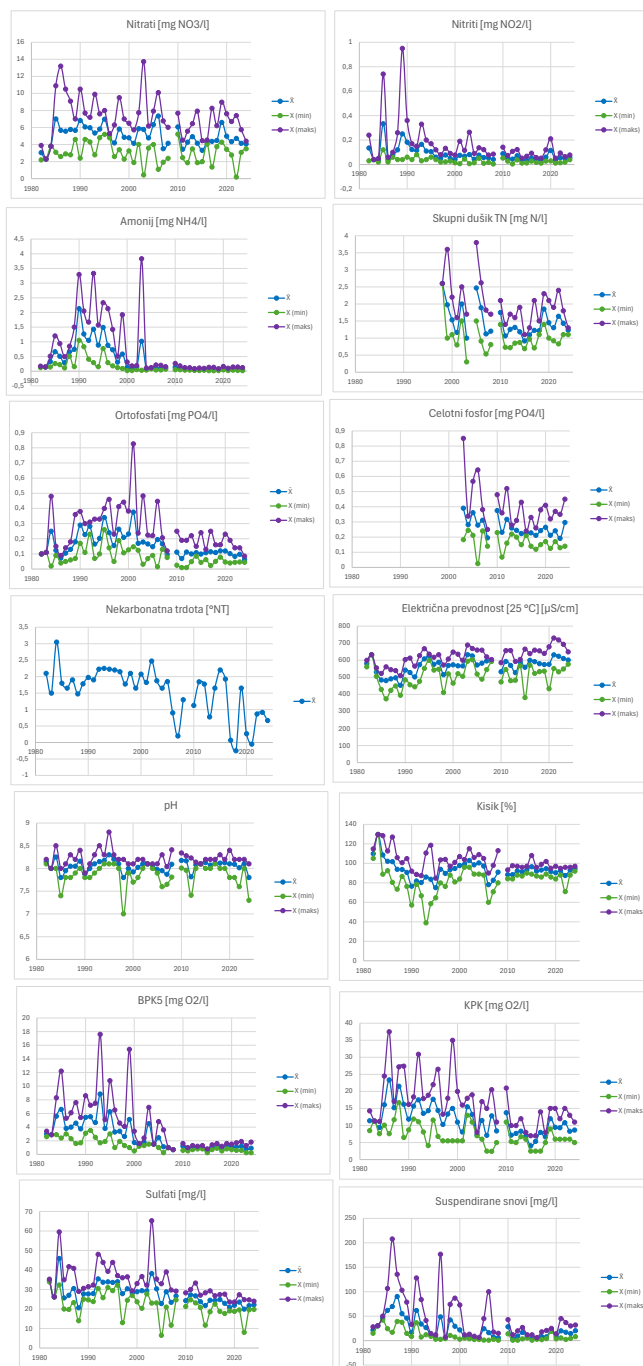
Večja kakovost vode je predvsem odraz manjše količine neprečiščenih komunalnih in industrijskih odpadkov kot posledice širjenja kanalizacijskega omrežja ter gradnje številnih komunalnih čistilnih naprav (KČN), do določene mere pa verjetno tudi opuščanja industrijske dejavnosti in kmetijstva ter spremenjenih kmetijskih praks z manjšo rabo umetnih gnojil in fitofarmacevtskih sredstev zaradi porasta ekološkega kmetijstva. V porečju danes deluje 17 komunalnih čistilnih naprav (medmrežje 5); KČN Brežice je sicer zunaj porečja, vendar se na njej prečiščujejo tudi komunalne odplake naselij Dobova in Loče, ki ležita v porečju Sotle. Največja med njimi je komunalna čistilna naprava Rogaška Slatina (12.500 PE). Sledijo KČN Podčetrtek (5000 PE), KČN Šmarje pri Jelšah (3200 PE), KČN Mestinje (1920 PE) in KČN Kozje (1000 PE), preostale KČN pa so občutno manjše. Večjo priključenost na kanalizacijsko omrežje in KČN otežuje razpršena poselitev, zaradi katere bi v porečju veljalo razmisliti o uvajanju malih komunalnih ali rastlinskih čistilnih naprav za individualna naselja in zaselke (Prah 2010). Na obstoječih KČN izvajajo različne stopnje čiščenja vode. Poleg KČN Brežice terciarno čiščenje poteka le še na KČN Rogaška Slatina in Šmarje pri Jelšah, drugje pa je prisotno sekundarno čiščenje vode. Terciarno čiščenje je učinkovitejše od sekundarnega, saj (v odvisnosti od uporabljenih postopkov) poleg mehanskega čiščenja ter odstranjevanja organskih snovi in bioloških onesnaževal pri njem poteka tudi odstranjevanje preostanka hranil, težkih kovin in mikroonesnaževal. Potencial za izboljšanje učinkovitosti čiščenja vode v porečju tako še ni v polnosti izkoriščen.

Slika 2.7: Srednje, najmanjše in največje letne vrednosti izbranih parametrov kakovosti vode na merilnem mestu Rogaška Slatina na Sotli.



Vir: medmrežje 17

Slika 2.8: Srednje, najmanjše in največje letne vrednosti izbranih parametrov kakovosti vode na merilnih mestih Rakovec oziroma Rigonce na Sotli.



Vir: medmrežje 17

Vrednosti pri večini izbranih fizikalno-kemijskih parametrov (na primer nitritov, amonija, ortofosfatov, BPK₅, KPK in nasičenost s kisikom) kažejo na občutno izboljšanje kakovosti vode med merilnima mestoma Rogaška Slatina in Rakovec oziroma Rigonce, in sicer tako za starejše obdobje, 1982–2009, kot tudi za zadnje 15-letno obdobje, 2010–2024 (preglednica 2.4, slika 2.9), pred katerim je bila zgrajena večina pomembnejših KČN v porečju. Boljša kakovost vode je posledica že omenjenega zmanjševanja pritiskov po toku navzdol v kombinaciji z delovanjem samočistilnih procesov v reki.

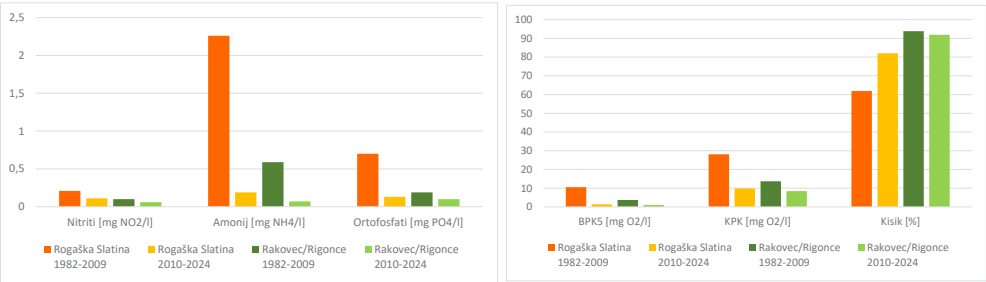
Preglednica 2.4: Povprečne vrednosti izbranih parametrov kakovosti vode na merilnih mestih Rogaška Slatina in Rakovec oziroma Rigonce za obdobji 1982–2009 ter 2010–2024.*

	Nitrati [mg NO ₃ /l]	Nitriti [mg NO ₂ /l]	Amo- niji [mg NH ₄ /l]	Ortofosfati [mg PO ₄ /l]	Sulfati [mg SO ₄ /l]	Električ- na prev. [25 °C] [μS/cm]	Nekar- bonatna trdota [°NT]	Kisik [%]	BPK ₅ [mg O ₂ /l]	KPK [mg O ₂ /l]	Suspen- dirane snovi [mg/l]
Rogaška Slatina 1982– 2009	4,52	0,21	2,26	0,7	60,12	727	3,73	61,87	10,55	28,04	25,65
Rogaška Slatina 2010– 2024	4,54	0,11	0,19	0,13	40,04	621	1	82,02	1,39	9,86	5,52
Rakovec/ Rigonce 1982– 2009	5,28	0,1	0,59	0,19	29,96	559	1,85	93,84	3,68	13,64	29,8
Rakovec/ Rigonce 2010– 2024	4,55	0,06	0,07	0,1	23,38	584	1,03	91,97	1,01	8,44	12,97

Vir: medmrežje 17

* Vrednosti so izračunane iz letnih povprečij.

Slika 2.9: Povprečne vrednosti izbranih parametrov kakovosti vode na merilnih mestih Rogaška Slatina in Rakovec oziroma Rigonce za obdobji 1982–2009 ter 2010–2024.



Vir: medmrežje 17

2.5 Sklep

Sotla je 91 km dolga obmejna reka med Slovenijo in Hrvaško, ki v večjem delu teče po gričevnati obpanonski pokrajini. Izvira pod Macljem in se v bližini Brežic izliva v Savo ter je njen drugi največji levi pritok pri nas. V povirju je Sotla hudourniška reka, po toku navzdol pa dobiva vedno bolj nižinski značaj. Njena glavna pritoka sta Meštinjščica in Bistrica, ki pritečeta s slovenske strani. Porečje Sotle meri 590 km² in je del črnomskega povodja. Dobre $\frac{3}{4}$ porečja je v Sloveniji, preostalo pa na Hrvaškem. Za porečje je v večjem delu značilno zmerno celinsko podnebje s podpovprečno količino padavin in nadpovprečno temperaturo, zaradi česar je imela Sotla pri Rakovcu pred izlivom v Savo v obdobju 1991–2020 skromen povprečni pretok (7,8 m³/s), majhen specifični odtok (13,9 l/(s × km²)) ter dežni rečni pretočni režim z izrazitim poletnim nižkom.

Zaradi podnebnih sprememb, ki se kažejo predvsem v povečevanju temperature in s tem izhlapevanja, ter deloma zaraščanja pokrajine z gozdom se v zadnjih desetletjih količina vode na Sotli zmanjšuje. To je značilno tako za povprečni pretok (sQs) kot tudi za mali pretok (nQnk). Na vodomerni postaji Rakovec se je sQs v obdobju 1961–2020 glede na enačbo linearnega trenda zmanjšal za 25 %, nQnk pa za 21 %. Glede sprememb pri velikih pretokih (vQvk) ne moremo podati relevantnih zaključkov, ker zvezno beleženje vodostaja, ki omogoča zanesljivo registracijo največjih pretokov, poteka šele od leta 1989. Poleg tega pa vse kaže, da so podatki verjetno podvrženi določenim napakam, kar bo v prihodnje treba podrobneje raziskati. Rečni pretočni režim se je zaradi vse manj izražene snežne komponente iz dežno-snežnega prelevil v dežnega, kar se kaže v še izrazitejšem poletnem nižku ter prevladi jesenskega viška odтока nad pomladanskim.

V porečju prebiva približno 53.700 prebivalcev (od tega slabih 70 % v Sloveniji), gostota poselitve pa je z 91 prebivalci/km² nekoliko pod slovenskim povprečjem. Med večjimi naselji so Rogaška Slatina, Šmarje pri Jelšah in Rogatec ter na Hrvaškem Hum na Sutli. V porečju prevladuje razpršena poselitev po večini z manjših podeželskih naselij. Območje je odrezano od glavnih prometnih poti in podpovprečno razvito s sorazmerno velikim deležem zaposlenih v kmetijstvu. Poleg industrije je pomembna zaposlitvena dejavnost turizem, še posebej v Rogaški Slatini in Podčetrtku.

Dejavnosti v porečju se odražajo tudi na kakovosti površinskih voda. Sotla se je v preteklosti zaradi vpliva neprečiščenih odpadkov iz gospodinjstev in industrije ter kmetijstva uvrščala med najbolj onesnažene pri nas. Pod Rogaško Slatino je bila zaradi prisotnosti številnih onesnaževal in slabega stanja vodnega ekosistema po tedanji metodologiji pogosto v četrtem (najslabšem) kakovostnem razredu. V spodnjem toku pri Rakovcu je bila kakovost vode zaradi manjših pritiskov sicer nekoliko boljša, vendar se je Sotla še vedno uvrščala le v tretji kakovostni razred. Izjemno slaba kakovost vode je vztrajala še v prvem desetletju 21. stoletja, nato pa se je stanje izboljšalo. Vse več komunalnih in industrijskih odpadkov se namreč prečisti na komunalnih čistilnih napravah, v delu se opušta industrijska dejavnost, izboljšujejo se prakse v kmetijstvu. Po novi metodologiji se v zadnjem obdobju Sotla pod Rogaško Slatino uvršča v dobro kemijsko in zmerno ekološko stanje, v spodnjem toku pa v dobro kemijsko (razen v letih 2022 in 2023) ter dobro ekološko stanje. Slednje pa pomeni, da reka kljub znatno izboljšanemu kakovostnemu stanju še vedno ne

dosega ciljev kakovosti po Evropski vodni direktivi, ki predvideva dobro kemijsko stanje in vsaj dobro ekološko stanje voda.

Poleg zmanjševanja količine vode eden ključnih izzivov upravljanja porečja tako ostaja tudi nadaljnje izboljšanje kakovosti vode. Obrobnost, obmejnost, relativno slaba razvitost in še posebej velika razdrobljenost porečja v upravnem smislu predstavljajo izziv za celostno upravljanje porečja po načelu od zgoraj navzdol. Po drugi strani pa je zaradi številnih možnosti sodelovanja na meddržavni, regionalni in lokalni ravni to lahko tudi priložnost za uresničevanje projektnih pobud upravljanja vodnih virov, ki prihajajo od spodaj navzgor (Mikolič s sod. 2024).