



(foto: Peter Frantar)

*Sredi samotnih sten  
v pajčolanih pen  
slap pada, pada, pada*

*(Oton Župančič)*

# Tekoče vode

Marjan Bat, Mojca Dobnikar Tehovnik, Polonca Mihorko, Jasna Grbović

Celotno ozemlje Slovenije ima pozitivno letno vodno bilanco, kar pomeni, da prejema s padavinami in dotokom več vode, kot je porabi (shema 1.3 v Uvodu). Večina tega presežka slej ko prej odteče po površju in oblikuje rečno mrežo.

Rečna mreža se začne s stalnimi ali občasnimi izviri različne izdatnosti in nadaljuje s hudourniki in potoki, ki se združujejo v vedno večje reke. S pojmom vodotok zaobjamemo po površinskih strugah tekoče vode ne glede na njihovo velikost. Najbolj podrobno je rečna mreža Slovenije prikazana na kartah z natančnostjo od 1:5 000 do 1:25 000 (Geodetska uprava RS). Na tej podlagi ocenjujemo, da znaša dolžina vodotokov, med katere so všteti tudi kopani kanali in večji melioracijski jarki, okoli 28 000 km (1.4 km/km<sup>2</sup>; EWN-Si, Kataster vodotokov ARSO). Od tega pa je vsaj 16 000 km takih, ki so vsaj občasno brez vode. Ker po sistematičnem opazovanju na vodomernih postajah vemo, da ob izjemnejših sušah lahko presahnejo vodotoki z nekaj 10 km<sup>2</sup> obsežnimi zaledji, bi bila dolžina vodotokov, ki se nikoli ne izsušijo, zanesljivo manjša od 12 000 km (0.6 km/km<sup>2</sup>) – najbrž kar za dobro polovico.

Ni pa rečna mreža po vsej Sloveniji enako gosta. Razlike so posledica predvsem hidrogeoloških in ne toliko podnebnih razmer. Redko rečno mrežo ima dinarska Slovenija. Brez nje so npr. visoke kraške planote, ki spadajo med najbolj namočena območja Slovenije. Te pokrajine imajo velik vodnobilančni presežek, ki kot podzemna (kraška) voda odteka proti njihovem obrobju, kjer napaja izdatne kraške izvire. Podobne razmere najdemo tudi v kraškem alpskem svetu, le da tu območja brez rečne mreže niso tako prostrana. Redko rečno mrežo imajo tudi osrednji deli prodnih polj z globoko podzemno vodo (npr. Kranjsko, Sorško in Ljubljansko polje v Ljubljanski kotlini ter Dravsko in Ptujsko polje). Na neprepustnih in slabo prepustnih kamni-

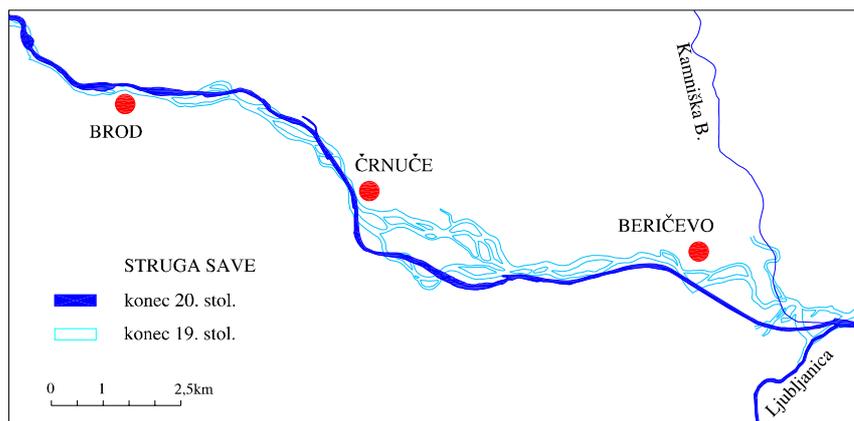


(foto: Jože Uhan)

nah je rečna mreža povsod po Sloveniji gosta. Reka Reka, pritok Save pri Litiji, ima 96 km<sup>2</sup> obsežno porečje in gostoto 2.8 km/km<sup>2</sup>. Nad izlivom Črnega potoka ima še vedno okoli 40 km<sup>2</sup> vodozbirnega zaledja v peščenjaku in glinavcu in 3.5 km vodotokov na km<sup>2</sup>. Ob tem je potrebno omeniti, da se rečna korita oz. struge, in s tem rečna mreža, neprestano spreminjajo in prilagajajo razmeram v lokalnem kroženju vode. Nekatere spremembe so hitre (npr. ob visokih vodah se spremeni oblika ali potek korita), druge pa bolj postopne (izsušitev zaradi upadanja gladine podzemne vode, zakravanje). V zadnjih stoletjih ljudje neposredno ali posredno vplivamo na spreminjanje rečne mreže (karta 3.1).

Kar 81 odstotkov ozemlja Slovenije (16 423 km<sup>2</sup>) pripada povodju Donave oz. Črnomorskemu povodju in le 19 odstotkov (3 851 km<sup>2</sup>) Jadranskemu. Glede na to, da Slovenija leži ob Jadranskem morju in je od Črnega oddaljena več kot 1 000 km, je tolikšna nesomernost na prvi pogled nenavadna. Nastala je zaradi mlade tektonike in paleogeografskega razvoja. V geološkem obdobju, v katerem živimo, je

Slika 3.1: Suha struga Dragonje - avgust 2003



Karta 3.1: Struga Save na Ljubljanskem polju ob koncu 19. in 20. stoletja (Mikulič, 1997)

jadransko – črnomska razvodnica na ozemlju Slovenije zelo blizu Jadrana. Večji del poteka po vodoprepustnih kamninah in je niti s sledenji podzemnih voda povsem zanesljivo ne moremo določiti. Z obsežnih kraških območij (npr. Trnovski gozd, Hrušica, Snežnik) se kraške vode v odvisnosti od hidroloških (vodnih) razmer raztekajo enkrat bolj na eno in drugič na drugo stran (Habič, 1989a; Habič, 1989b; Novak, 1991).

Osnovni hidrogeografski enoti delimo po osrednjih rekah na porečja Mure (Pomurje), Drave (Podravje) in Save (Posavje) s Kolpo (Pokolpje) ter povodje Soče (Posočje) in povodje jadranskih rek (Zakon o vodah, 2002).

Glede na površino je razumljivo, da imamo najdaljše reke v Črnomorskem povodju. Sava meri od Hrvaške meje do izvirov Save Dolinke v Zelencih 221 km. Več kot 100 km merijo še Drava, Mura in Kolpa, ki so v celoti ali vsaj deloma tudi mejne reke. Čez 100 km meri od izvira nad slapom Rinka tudi Savinja, ki pa se v Logarski dolini izgubi v produ in ima stalen tok šele od izvira Črne (95 km). Približno toliko merita tudi Soča (95.8 km do italijanske meje) in Krka (94 km). Od 46 vodotokov daljših od 25

Preglednica 3.1: Površina hidrogeografskih območij in osnovne hidrološke značilnosti (Kolbezen in Pristov, 1998)

Porečje / Povodje	F		RM	P	O		Ok	
	km <sup>2</sup>	%	km/km <sup>2</sup>	mm	m <sup>3</sup> /s	mm	m <sup>3</sup> /s	
Pomurje	1 393	6.9	1.6	903	39	228	10	25
Podravje	3 269	16.1	2	1 222	126	571	59	47
Posavje	10 737	53.0	1.9	1 576	537	936	319	59
Pokolpje	1 024	5.0	0.6	1 562	49	910	29	58
Posočje	2 321	11.5	1.3	2 383	175	1 745	128	73
Jadran (del)	1 530	7.6	0.9	1 601	78	897	44	56
Jadransko povodje	3 851	19.0	1.1	2 069	253	1 406	172	68
Črnomorsko povodje	16 423	81.0	1.5	1 446	751	803	417	56
Slovenija	20 274	100	1.4	1 567	1 005	917	588	59

F – površina in delež porečja

RM – gostota rečne mreže

O – odtok (obdobje 1961–1990)

Ok – odtočni količnik

P – padavine (obdobje 1961–1990)

km, jih je v Jadranskem povodju le 5. Tudi po velikosti porečij Slovenija nima velikih rek. Črnomorsko povodje v Sloveniji predstavlja le dva odstotka Podonavja (817 000 km<sup>2</sup>), slovensko Posavje s Pokolpjem pa 12 odstotkov celotnega Posavja. Po površini vodozbirnega zaledja je naša največja reka Drava, katere porečje gorvodno od Hrvaške meje meri dobrih 15 500 km<sup>2</sup>. Od tega ga je 4/5 v Avstriji in Italiji. Tudi površina vodozbirnega zaledja Mure preseže 11 000 km<sup>2</sup> preden ta zapusti Slovenijo, vendar ga je skupaj skoraj 90 odstotkov v Avstriji in nekaj malega na Madžarskem. Na tretjem mestu je Sava, katere zaledje meri pod izlivom Sotle 10 870 km<sup>2</sup>. Od tega ga je le dober odstotek na Hrvaškem, kjer ima poleg Sotle majhen del porečja še Ljubljana. Tako je Sava tudi v tem pogledu naša največja reka.

Z dolžino naših rek in površino njihovih porečij se ne moremo ravno postavljati, lahko pa se z njihovo vodnatostjo. Opišemo jo lahko s pretokom (m<sup>3</sup>/s), ki ga določamo na vodomernih postajah. V Sloveniji jih imamo okoli 160 (karta v prilogi). V povprečju veljajo podatki ene postaje za 175 km vodnih tokov in ozemlje s površino 125 km<sup>2</sup>. Upoštevati moramo, da je pretok zelo spremenljiva količina in zato v primerjavah najpogosteje uporabljamo povprečja 30-letnih nizov (preglednice o srednjih in značilnih mesečnih pretokih izbranih vodomernih postaj za obdobje 1971 – 2000 v prilogi).

Po obdobjem srednjem letnem pretoku (sQs), ki pod sotočjem s Pesnico presega 320 m<sup>3</sup>/s, je Drava naša najbolj vodnata reka. Razen Save in Mure imajo ostale bistveno manjša porečja in zato precej manjši pretok. Za primerjavo povejmo, da po Donavi mimo Ingolstadta (površina vodozbirnega zaledja okoli 20 000 km<sup>2</sup>), odteka 311 m<sup>3</sup>/s, Sena pa v Parizu (okoli 44 000 km<sup>2</sup>) v povprečju zbere le 270 m<sup>3</sup>/s.

Preglednica 3.2:  
Vodnatost slovenskih  
rek s porečjem nad  
1 000 km<sup>2</sup>

Reka	Vodomerna postaja	F km <sup>2</sup>	sQs** m <sup>3</sup> /s	sqS l/s km <sup>2</sup>	P** mm
Drava	*	~ 15 500	~ 325	21 (..)	ni podatka
Mura	*	~ 11 000	~ 165	15 (..)	ni podatka
Sava	*	~ 10 870	~ 300	28 (4)	1 570 (4)
Krka	Podbočje	2 238	54.7	24 (6)	1 430 (6)
Kolpa	Metlika	2 002	73.1	37 (2)	1 820 (2)
Ljubljana	Moste	1 762	57.3	33 (3)	1 785 (3)
Savinja	Laško	1 664	41.5	25 (5)	1 435 (5)
Soča	Solkan	1 572	95.5	61 (1)	2 610 (1)

\* podatki so ocenjeni za mejni profil

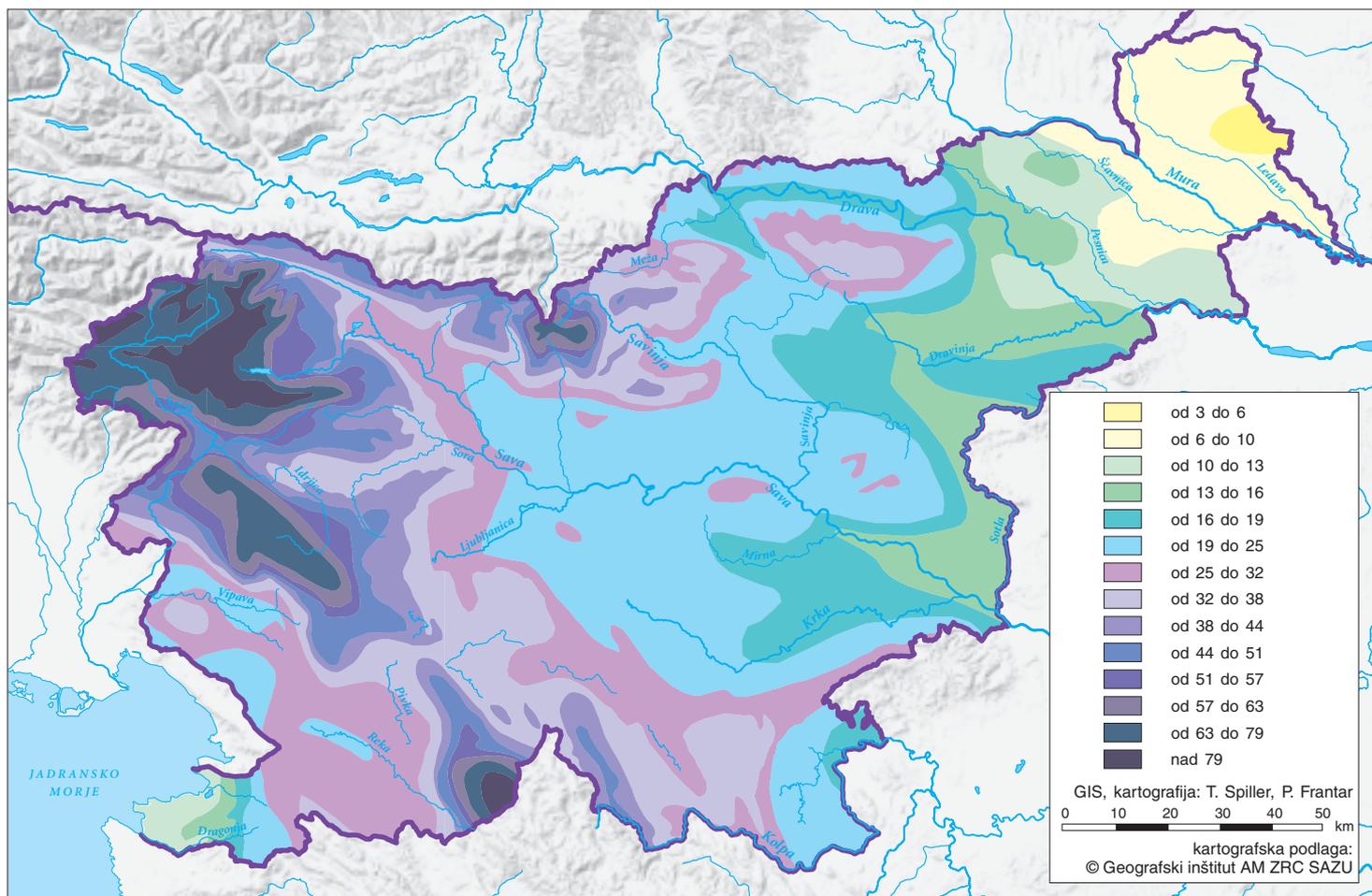
() podatki za sqS in P(adavine) so rangirani in pokažejo, da je specifični odtok v veliki meri odvisen od padavin.

\*\* sQs vodomernih postaj in P za obdobje 1961 – 1990.

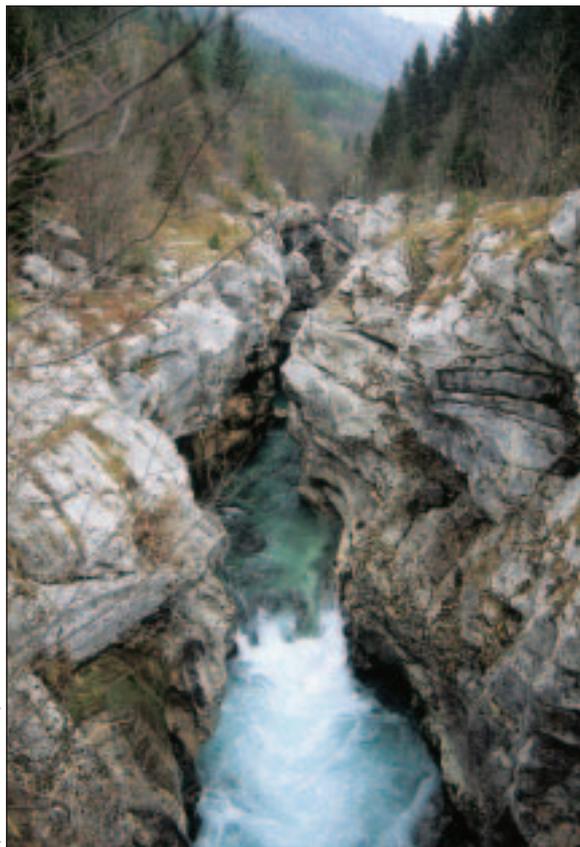
Pretok reke je odvisen predvsem od velikosti vodozbirnega zaledja in praviloma vzdolž toka narašča. V drugačni luči nam vodnatost reke ali še boljše porečja prikaže podatek o specifičnem odtoku ( $q$ , specifični odtok na podlagi obdobjnega srednjega pretoka je  $sqS$ ). Gre za razmerje med pretokom ( $Q$ ) in površino vodozbirnega zaledja in ga izražamo v l/s km<sup>2</sup>. Z enako velikih površin odteče različna količina

na vode. To je posledica različnih hidrografskih dejavnikov (količina in oblika padavin, izhlapevanje, relief, geološka zgradba itd.). Iz vsakega km<sup>2</sup> slovenskega Posavja odteka vsako sekundo v povprečju 28 l vode (Preglednica 3.2), iz porečja Sene nad Parizom pa le dobrih 6 l. Takšna primerjava dovolj dobro podkrepi trditev o vodnatosti slovenskih rek. V Evropi je ozemlja, ki se lahko pohvali s tako vodnatimi

Karta 3.2: Specifični odtok v l/s km<sup>2</sup> obdobja 1961 – 1990 (Kolbezen in Pristov, 1998)  
3 l/s km<sup>2</sup> pomenijo 100 l/m<sup>2</sup> v 1 letu oziroma 100 mm debelo plast vode;  
25 l/s km<sup>2</sup> = 800 mm;  
79 l/s km<sup>2</sup> = 2 500 mm



Slika 3.2: Korita Soče



(foto: Peter Frantar)

rekami, zelo malo. To poenostavljeno pomeni, da si lahko vsako sekundo zagotovimo 100 l neonesnažene vode, če zaščitimo ozemlje s površino 3.5 km<sup>2</sup>, Francozi pa morajo sočasno v porečju Sene ščititi skoraj 17 km<sup>2</sup> in obratno, da lahko z nepremišljeno potezo v Sloveniji onesnažimo 5 krat več vode.

Če upoštevamo le sqs, je med našimi velikimi rekami najbolj vodnata Soča. Njen specifični odtok je 4 krat večji od specifičnega odtoka Mure. Manjša porečja imajo še večji specifični odtok. V povirju Soče in Save Bohinjke (vodometna postaja Tolmin na Tolminski, Sv. Janez na Savi Bohinjki) so specifični odtoki med 80 in 100 l/s km<sup>2</sup>. Na območju Krnskega pogorja pa presegajo 100 l/s km<sup>2</sup>. Neposredno zaledje slovenske obale ima specifični odtok med 10 in 15 l/s km<sup>2</sup>, večina Pomurja pa pod 10 l/s km<sup>2</sup>. Razmerje med najbolj namočenim in najbolj

suhim delom dežele je pri padavinah 1:4 ali kvečjemu 1:5, pri odtokih pa vsaj 1:16.

Ker imamo največje specifične odtoke na razvodjih in še posebej na jadransko-črnomorskem razvodju, imajo naše reke največje specifične odtoke v povirjih, potem pa se dolvodno zmanjšujejo (npr. na Savi: Radovljica = 50.2, Medno = 41.3, Šentjakob = 40.3, Litija = 35.3, Radeče = 31.1, Čatež = 28.5). Nekaj pa je tudi izjem, ki pa niso zelo očitne. Sava (Dolinka) ima pri vodomerni postaji Blejski most specifični odtok 46.6 l/s km<sup>2</sup>, pri Radovljici pa se ji zaradi dotoka bolj vodnate Bohinjke specifični odtok poveča na 50.2 l/s km<sup>2</sup>. Tudi Soča ima v Logu Čezsoškem in pri Kobaridu nekoliko večji specifični odtok kot na vodomerni postaji Kršovec (77.7:75.7), ker ima zaledje Trente manjši specifični odtok kot Kanin, Krnsko pogorje in Kobariški Stol.

Povprečna vrednost za Slovenijo znaša za obdobje 1961–1990 približno 28 l/s km<sup>2</sup>.

Večina naših rek ima hudourniški značaj. To pomeni, da pretoki zelo hitro narastejo in hitro tudi upadejo, večji del vode pa odteče ob visokovodnih ali celo poplavnih valovih.

To je le ena od lastnosti, zaradi katerih reke, in naše še posebej, upravičeno štejemo za najbolj dinamičen del vodnega kroga. Skrajnosti kot posledice takšnega značaja so lahko za človeka neugodne in jih moramo pri načrtovanju rabe vode upoštevati. Naj omenimo samo poplave in optimiziranje energetske rabe. Vodotoki s hudourniškim značajem predstavljajo samosvoj ekološki sistem, ki je v času malih pretokov še posebej ranljiv. Zajem vode za namakanje in izpuščanje odplak moramo prilagoditi malim in ne srednjim pretokom.

Najhitreje se pretoki rek spreminjajo v času visokovodnih valov (graf 3.1). Največji razpon in najkrajšo dolžino imajo tisti, ki nastopijo ob izdatnih padavinah, ob morebitnem sočasnem taljenju snega in/ali ob veliki predhodni namočenosti z velikimi zalogami podzemne vode. Na obliko visokovodnega vala vplivajo hidrološke značilnosti porečja – relief, izobli-

Slika 3.3 in 3.4: Bača pri Modreju ob malem in velikem pretoku (8. julij 1999 –  $Q_s=1,55 \text{ m}^3/\text{s}$  - povratna doba 2 – 5 let; 6. oktober 1998 ob 13.40 –  $Q=140 \text{ m}^3/\text{s}$  - povratna doba 2 – 5 let)



(foto: Marjan Bat)



(foto: Marjan Bat)

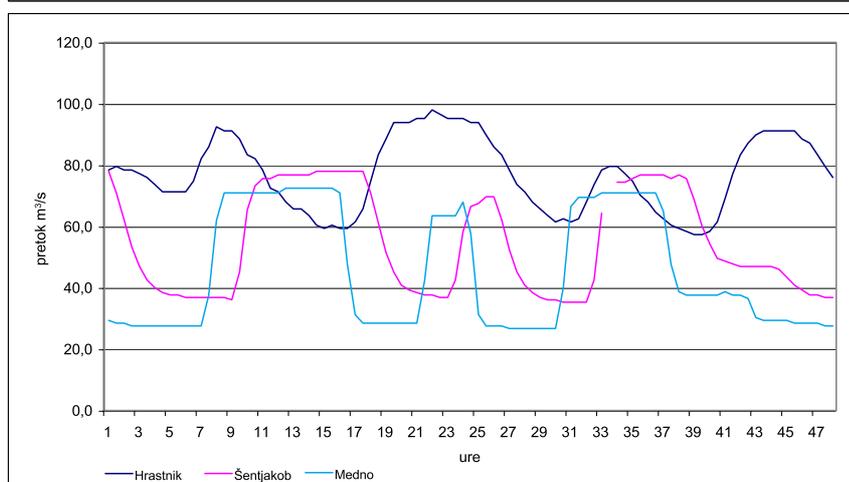
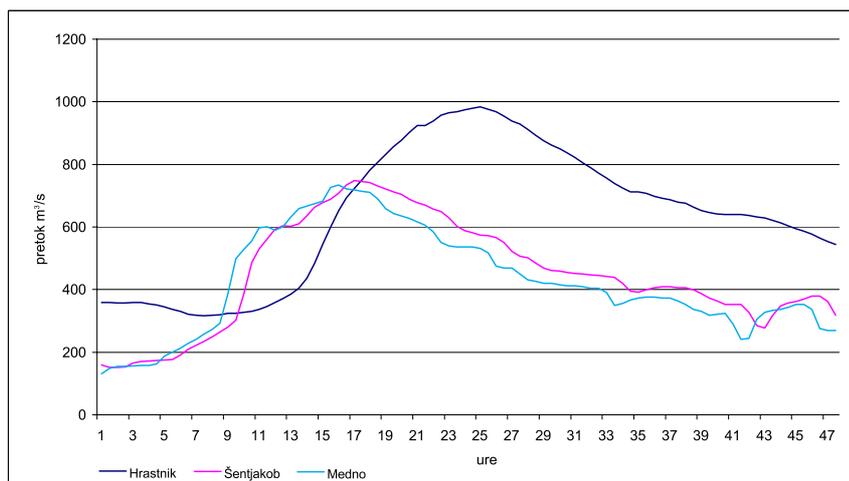
kovanost rečne mreže in porečja, časovno sovpadanje valov iz posameznih delov, vegetacija. Vsekakor je v času visokovodnih valov smiselno govoriti o spreminjanju pretokov preko dneva. Ob stabilnem vremenu in še posebej v času suše se pretoki praviloma preko dneva le malo spreminjajo. Zelo redno je dnevno nihanje pretokov na rekah z dnevnim režimom obratovanja vodnih elektrarn. V obdobjih srednjih in malih pretokov so ta nihanja zelo očitna (npr. na Savi, Muri, Soči). Tako je nekaj vsakdanjega, da se Savi v Mednem (dolvodno od elektrarne Medvode) med 7. in 8. uro zjutraj pretok podvoji in za nekaj ur preseže sočasen pretok na vodomerni postaji Hrastnik, čeprav je vzdolž toka prejela še vode Ljubljanice, Kamniške Bistrice, Reke, Medije in številnih manjših pritokov. Umetno povzročen visokovodni val potuje od Medna do Hrastnika okoli 9 ur. Sava začne pri Hrastniku ponovno naraščati šele sredi popoldneva. Val se na poti nekoliko splošči. Še preden pride do Hrastnika, na elektrarni v Medvodah pretok Save že zmanjšajo in hranijo vodo za čas večje porabe energije v večernih urah (graf 3.2).

V daljšem obdobju so razponi med največjimi in najmanjšimi pretoki – konicami – seveda precej večji od dnevnih v času visokovodnih valov. Nič nenavadnega ni, če jih v letu presejajo za 50 krat in v več desetletnem obdobje vsaj 100 krat (preglednice v prilogi). Izjemo predstavljajo v tem pogledu krajši vodotoki, ki jih napajajo pridušeni kraški izviri (Gams, 1974). Takšna je Bistra, eden od pritokov Ljubljanice na Barju.

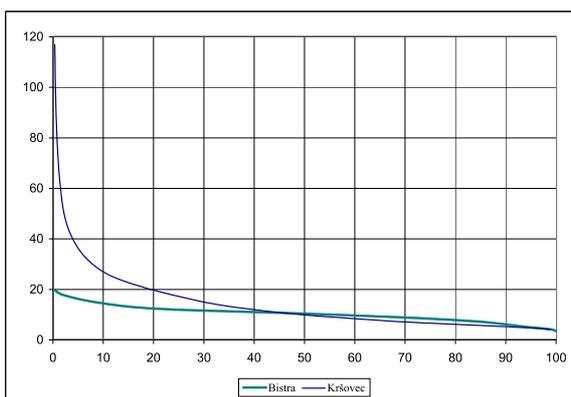
Doslej največji pretok v Sloveniji (obdobje 1956–2000) je bil zabeležen ob konici poplavnega vala, 2. novembra 1990, na vodomerni postaji Čatež na Savi, ko je skozi profil odtekalo  $3\,267\text{ m}^3/\text{s}$  (preglednica v prilogi). Seveda je bil tolikšen pretok časovno zelo omejen in srednji pretok tega dne ( $Q_s$ ) je bil  $2\,834\text{ m}^3/\text{s}$ . Statistično gledano naj bi Sava v Čatežu enkrat v sto letih dosegla celo pretok preko  $3\,500\text{ m}^3/\text{s}$  oz. specifični odtok  $350\text{ l/s km}^2$ .

Največji specifični odtoki visokovodnih konic, so bili pri nas zabeleženi na vodomernih postajah v Posočju: na Učji, Zadlazki, Volarji, Kožbanjščku in Koritnici (od  $3\,500$  do  $5\,600\text{ l/s km}^2$ ). Ob lokalnih vodnih ujmah so bili na manjših vodotokih, ki nimajo vodomernih postaj, na podlagi dokumentiranih višin poplavne vode, določeni tudi večji specifični odtoki.

Zaradi geografske – predvsem podnebne – raznolikosti vodozbornih zaledij, lahko vodotoke, glede na značilno spreminjanje pretokov preko leta, in vire, iz katerih se napajajo, razde-



limo v grobem v tri oziroma štiri pretočne režime. Od podnebnih elementov so poleg razporeditve in oblike padavin pomembni tudi letni poteki evapotranspiracije, temperatur in razporeditve snežne odeje. Pomembno vlogo pri njihovem oblikovanju imajo relief z višinsko členovitostjo in nakloni površja, kamninska sestava ter pedološka in rastlinska odeja, raba tal itd. Zaradi velike spremenljivosti pretokov potrebujemo za analizo pretočnih režimov vsaj 30-letni niz podatkov (Kolbezen in Pristov, 1998; Hrvatin, 1998). Pretočni režim predstavlja bistveno sestavino vodnega (rečnega) režima, ki bolj celostno obravnava spreminjanje reke preko leta.



Graf 3.1: Spreminjanje pretoka Save na vodomerni postaji Medno, Šentjakob in Hrastnik v času visokovodnega vala od 22. novembra 2002, kot ga je zabeležila avtomatska merilna postaja (x os ure; y os pretok v  $\text{m}^3/\text{s}$ )

Graf 3.2: Spreminjanje pretoka Save na vodomerni postaji Medno, Šentjakob in Hrastnik od 1. do 2. avgusta 2000, kot so ga zabeležile avtomatske merilne postaje (x os ure; y os pretok v  $\text{m}^3/\text{s}$ )

Graf 3.3: Krivulja trajanja za vodomerni postaji Kršovec na Soči (hudourniški pretočni režim) in Bistra na Bistri (kraško modificiran pretočni režim; oboje za obdobje 1969–1998; y os: pretoki v  $\text{m}^3/\text{s}$ , x os: trajanje v odstotkih).



(foto: Jože Uhan)

Slika 3.5: Poplave Savinje v Celju (november, 1998)

Za **dežni** režim, katerega poteze imajo vodotoki v južnem delu jadranskega povodja (npr. Rižana na vodomerni postaji v Kubeđu – preglednica v prilogi), so značilne visoke vode od pozne jeseni do zgodnje pomladi in izrazito nizke vode v poznem poletju. V letnem poteku imajo torej eno obdobje velikih in eno obdobje malih pretokov.

**Dežno – snežni** režim je sestavljen tip režima in ima dva viška in dva nižka. Glavni višek nastopi že v zgodnji pomladi. Poletne nizke vode so veliko bolj poudarjene kot zimske, ki so običajno blizu srednjih letnih. Pomen snežnega zadržka je odvisen od nadmorske višine porečja, na splošno pa je kratkotrajen. Ta režim je pri nas najpogostejši. Imajo ga vodotoki Pomurja, Posotolja in Pokolpja na vzhodu, do vodotokov v porečju Ljubljance, Idrijce in Vipave na zahodu (preglednice v prilogi). Glede na to, da je dežno – snežni režim tako razprostranjen, je tudi najbolj heterogen. V tej skupini razlikujemo štiri podtipne režimov od panonskega, preko alpskega, do dinarsko – alpskega in dinarskega na zahodu. Le na pogled pa je njihove hidrograme že težko razlikovati. Še najbolj opazno je, da je bolj na zahodu jesenski višek enakovrednejši pomladanskemu. Ponekod ga celo presega.

**Snežno – dežni** pretočni režim imajo vodotoki oziroma vodomerne postaje, ki z večjim delom porečja segajo v visokogorje slovenskih Alp. Njegova značilnost je zimski nižek, ki ga vsekakor poudari snežna retinenca, ko padavine obležijo kot snežna odeja. Poletni nižek je običajno manj izrazit, pomaknjen proti koncu poletja. Spomladanske visoke vode presegajo jesenske. Dodatno narastejo zaradi sproščanja zaloga vode, ki so se od pozne jeseni preko zime kopičile v snežni odeji. V Posočju imata snežno – dežni režim Tolminka in Učja, Bača pa ne. V Posavju je značilen za Bohinjko in

Dolinko s pritoki. Imajo ga tudi Tržiška Bistrica, Kokra, Kamniška Bistrica, Savinja in Meža. Sava, Soča in Savinja zadržijo poteze tega režima še daleč po toku navzdol (Soča npr. do Solkana).

Poteze **snežnega** režima z malimi zimskimi in nadpovprečnimi poletnimi pretoki imata pri nas le Drava in Mura (vodomerna postaja Gornja Radgona v prilogi). Odražata klimatske značilnosti avstrijskega visokogorja, kjer imata glavnino svojega porečja. Tudi v tem pogledu sta obe reki “alohtoni”, drugačni od ostalih vodotokov slovenskega Podravja in Pomurja.

Pretočni režimi kažejo običajno sezonsko spreminjanje vodnatosti naših rek, poplave in suše pa spadajo med izjemne hidrološke dogodke. Iz pretočnih režimov lahko ocenimo le večjo ali manjšo verjetnost njihovega pojavljanja.

Na večini naših rek nastopajo visoke vode in tudi poplave najbolj pogosto spomladi in jeseni (dežno – snežni in snežno – dežni pretočni režim). Zimske so manj pogoste. Nastanejo ponavadi ob odjugi, izdatnih padavinah in topljenju snežne odeje. Podobno kombinacijo vzrokov imajo tudi pomladanske poplave. V pozni pomladi je, kljub izdatnejšim padavinam, verjetnost poplav zaradi večje evapotranspiracije manjša. Poletne poplave so pri nas običajno lokalne in imajo hudourniški značaj. Nastanejo zaradi intenzivnih lokalnih padavin in zaradi tega prizadenejo le manjša porečja. Izjemi sta seveda Drava in Mura. Obe imata največji zabeležen pretok v poletnih mesecih. Najpogostejše so jesenske poplave, ki nastanejo zaradi izdatnih padavin ob zaključku daljšega padavinskega obdobja.

Dokončnega popisa poplavišč ni mogoče narediti, saj so poplave dinamičen pojav in je vsaka od njih neponovljiva. Dosedanja prizadevanja družbe so bila predvsem usmerjena v manjšanje obsega poplavnih zemljišč. Vendar so bile rešitve pogosto nepopolne in je odprava poplavne nevarnosti v delu porečja lahko povečala obseg poplav v drugem delu. Do danes se je pogled na pomen in vlogo poplavnih zemljišč že spremenil. V nekaterih primerih se je to zgodilo prepozno. Nekdanjim poplaviščem zaradi kmetijskih površin, prometnih poti ali pozidave, ne moremo več nameniti prvobitne vloge, ki jo skušamo danes ovrednotiti tudi zaradi pomena za vodni režim in ekološko ter biološko raznovrstnost obvodnega sveta.

Ocene o tem, kolikšna je površina poplavnega sveta v Sloveniji, se precej razlikujejo. Izjemno visoke vode (povratna doba od 50 do 100 let) ogrožajo skupaj okoli 70 000 ha zem-

ljišč. V tej oceni niso upoštevana manjša poplavišča, ki jih prizadenejo lokalni hudourniki in ozki pasovi ob manjših vodotokih. 20 000 ha je zemljišč (odstotek ozemlja Slovenije), ki so pogosto poplavljeni. Sem spadajo zemljišča na dinarskem krasu – Cerknjsko, Planinsko, Grosupeljsko, Radensko polje, Pivka in na Ljubljanskem barju ter ob subpanonskih rekah z majhnim strmecem – Muri, Krki (EWN-Si, 2001). Poplavišča, ki jih dosegajo redne poplave, so samosvoj tip pokrajine. Vodne razmere se odražajo tudi v talnih in vegetacijskih značilnostih. Prilagoditi se jim je moral tudi človek z razporeditvijo naselij, rabo tal itd.

Mali pretoki in hidrološke suše za razliko od velikih pretokov in poplav niso tako očitno vezani na določen letni čas. Njihova značilnost je tudi ta, da so dolgotrajen pojav, katerega intenzivnost se zelo počasi stopnjuje. Najbolj običajne se nam zdijo suše v poznem poletju in zgodnji jeseni. Hidrološke suše, ki se poglobljajo preko poletja, sovpadajo z dolgotrajnimi obdobji podpovprečnih količin padavin in visokih temperatur zraka oziroma z meteorološkimi sušami. Pridruži se jima še kmetijska suša. Zaradi zagotavljanja ekološko sprejemljivih pretokov rek, zmanjka vode za namakanje; zaradi malih pretokov in visokih temperatur vode se bistveno poslabša njena kakovost, kar dodatno ogroža vodne ekosisteme. Sušo spremljajo problemi pri oskrbi s pitno vodo. Vendar pa hidrološko sušo označujejo mali pretoki rek, ki pa ne pomenijo vedno tudi suše v najširšem pomenu besede. Zimski mali pretoki so lahko posledica nizkih temperatur in snežne retinence, običajno pa ne zbudijo posebne pozornosti.

Povsem običajno je, da v času hidrološke suše struge manjših vodotokov presahnejo. S stopnjevanjem suše jih je vedno več. Najbolj je presihanje značilno za Primorje in severovzhodno Slovenijo ter kraška območja. Nič nenavadnega pa ni niti v alpskih dolinah, kjer ob sušah vsa voda odteka pod prodom.

Najmanjši specifični odtoki z 20-letno povratno dobo so v severovzhodni in skrajni jugozahodni Sloveniji manjši od 0.5 l/s km<sup>2</sup>, v povirju Soče in Save pa so med 6 in 10 l/s km<sup>2</sup>.

Zaradi vodnatosti in velikih vzdolžnih strmcev imajo naše reke veliko energije, kar se kaže v različnih oblikah erozije in prenosu plavja. V alpskem in predalpskem svetu so doline in pobočja še vedno nasuta z velikimi količinami nesprijetih kvartarnih usedlin. Iz mehansko manj odpornih ali tektonsko zdrobljenih kamnin lahko tudi danes v erozijskih žariščih nastajajo nesprijete kamnine, ki slej ko prej zaidejo v rečna korita. Na kamninah, ki jih sestav-



(foto: Peter Skoberne)

ljajo kemično topni minerali, je pomembna tudi korozija. Na karbonatnih kamninah, ki so manj zakrasele, lahko korozija poteka predvsem na površju. Reke odnašajo ta material iz porečij v obliki raztopine, suspenzije in delcev kamnin, ki jih potiskajo in kotalijo po dnu strug. Razmerje med različnimi oblikami transporta je odvisno od fizičnogeografskih značilnosti porečij. Koroziji so doslej največ pozornosti posvečali v geografiji, krasoslovju in hidrogeologiji. Se pa trdote vode merijo tudi v sklopu monitoringa kakovosti voda na ARSO. Vemo, da najbolj trde vode pritekajo z dinarskega krasa (Gams, 1998). V njih je lahko tudi od 3 do 4 krat več raztopljenih karbonatov kot v vodah z območja Alp. Ker pa je za Alpe značilen celo od 5 do 6 krat večji specifični odtok, je skupna količina odnešenega materiala v obliki raztopine pri teh lahko celo večja. Transport suspendiranega materiala oz. plavja se določa na podlagi občasnih profilnih meritev in rednega vzorčenja. Merilna mreža ARSO, kjer se tovrstne meritve opravljajo občasno ali redno, pa ne obsega niti 20 mest. Srednje letne vsebnosti suspendiranega materiala se gibljejo med nekaj g/m<sup>3</sup>, lahko pa presežejo 100 g/m<sup>3</sup> (Miren na Vipavi 8 g/m<sup>3</sup>, Gornja Radgona na Muri 64 g/m<sup>3</sup>, oboje leta 1999). Razlike med porečji so zelo velike, predvsem pa se na posameznem merilnem mestu preko leta zelo spreminjajo. Večino letnega suspendiranega materiala odnesejo reke v relativno kratkem času ob visokih vodah, ko vsebnosti presežejo tudi več 10 kg/m<sup>3</sup>. V skrajnih primerih tudi pri nastanejo blatni in kamniti tokovi, v katerih teža suspendiranega materiala preseže težo vode. Celotna količina tako odnešenega materiala je seveda odvisna od pretoka vode in jo izražamo v kg/s ali v t/leto. Tako odnese Sava iz porečja gorvodno od Radeč letno med 400 000 in 1 500 000 t suspendiranega materiala

Slika 3.6: Poplave na Planinskem polju





(foto: Marjan Bat)

Slika 3.7: Vršaj, ki ga je Predelica po katastrofalnem plazu nasula v dolini Koritnice pri Logu pod Mangartom (december, 2000)

(Kolbezen, 1998). To pa pomeni enakomerno znižanje porečja (okoli 7 000 km<sup>2</sup>) za 1 mm v 20 letih in 50 m v milijon letih. Tako dobimo podatke, ki so približno enakega reda velikosti kot jih navajajo za korozijo. Meritve količin proda, ki ga reke bolj ali manj potiskajo po dnu svojih strug, so veliko zahtevnejše od meritev koncentracij suspendiranega materiala. Približno predstavijo dobimo na podlagi podatkov o polnjenju akumulacijskih jezer, kjer pa se voda običajno umiri do te mere, da se poleg proda useda tudi suspendiran material. Za Zbiljsko jezero so ocenili, da se je v njem, pred izgradnjo vodne elektrarne Mavčiče, letno odložilo okoli 65 000 m<sup>3</sup> plavja in 32 500 m<sup>3</sup> proda. Skupaj pomeni to znižanje površja za 1 mm v 15 letih in 70 m v milijon letih. Lokalno je premeščanje proda bistveno bolj izrazito. Proces je naraven, človek pa vanj vedno bolj opazno posega in ga ponekod pospeši, drugje upočasni. Zaradi premeščanja proda se spreminjajo prečni profili strug, spreminja se podolžni strmec reke. Kjer so zaradi tega

Slika 3.8: Divja odlagališča odpadkov



(foto: Peter Prantar)

ogroženi mostovi, ceste, nasipi, je treba za njihovo zaščito graditi posebne objekte (npr. podporne zidove, jezove, jezbece, zadrževalnike proda) in jih neprestano vzdrževati. Zasipanje zadrževalnikov je ena od neugodnih posledic rečnega transporta.

V neonesnaženi vodi so prisotne raztopljeni snovi, katerih sestava je odvisna od kamnin, po katerih se voda pretaka. Fizikalne in kemijske značilnosti vode, suspendiranih snovi in sedimenta v rekah so torej odraz litološke zgradbe območja, po katerem se voda pretaka. Človek zaradi svojih aktivnosti v vode spušča tudi snovi, ki se v naravnih okoliščinah v vodi ne nahajajo, ali pa so prisotne v zelo nizkih vsebnostih. Ta pojav imenujemo onesnaževanje.

Onesnaženje rek izvira predvsem iz točkovnih virov, to so npr. izpusti industrijskih in komunalnih odpadnih voda, ter iz spiranja urbaniziranih površin. Organska masa iz odpadnih voda se ob prisotnosti vodnih mikroorganizmov, svetlobe, primerne temperature in kisika lahko razgradi v anorgansko snov. Ta izjemno pomemben proces razgradnje onesnaženj v vodi imenujemo samočistilna sposobnost vodotoka. Manjše količine organske mase se razgradijo v vodi brez večjega vpliva na poslabšanje kakovosti vode. Kadar pa količina organske mase preseže samočistilno sposobnost vodotoka, se njegova kakovost poslabša.

Monitoring kakovosti rek v Sloveniji poteka od leta 1965.

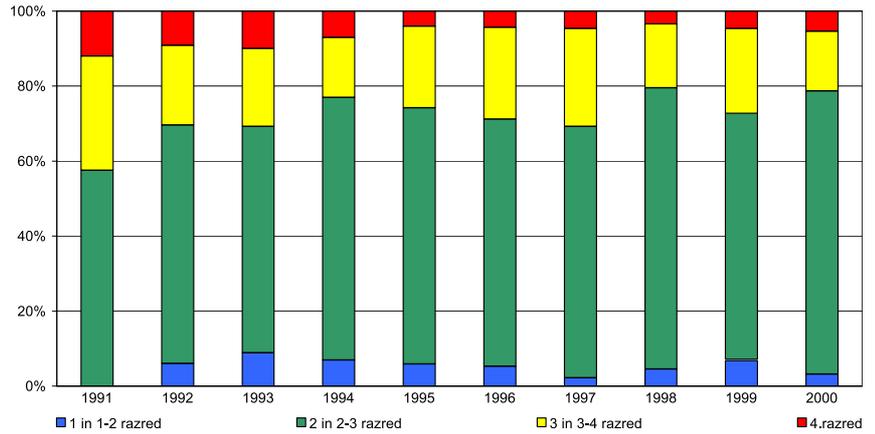
Vzorčenja in meritve so se v letu 2000 izvajale na 92 merilnih mestih na večjih rekah in njihovih pritokih, katerih povprečni letni pretok je večji od enega m<sup>3</sup>/s. Vzorci so zajeti od 2 do 24 krat letno, obseg analiz pa je odvisen od stopnje in vrste onesnaženosti in pomembnosti vodotoka na določenem odseku. Največje število vzorcev z največjim obsegom analiz je odvzetih na mestih, kjer voda iz reke odteka v vodnosnike in na meddržavnih merilnih mestih.

Program monitoringa kakovosti rek vključuje osnovne fizikalne in kemijske analize, analize težkih kovin v vodi, suspendiranih delcih in sedimentu, organskih spojin v vodi (fenoli, pesticidi, policiklični aromatski ogljikovodiki, poliklorirani bifenili, posnetek GC/MS) ter bakteriološke in saprobiološke analize.

V Sloveniji se vodotoki uvrščajo v štiri kakovostne razrede. Skupna ocena kakovosti je izdelana na podlagi osnovnih fizikalnih in kemijskih analiz, analiz težkih kovin, organskih mikropolutantov, mikrobioloških in saprobioloških analiz (saprobni indeks). Na podlagi rezultatov naštetih posameznih analiz se skupno oceni kakovost reke za vsako posamezno merilno mesto za

določeno leto, ob upoštevanju hidrometeoroloških razmer ob posameznih vzorčenjih. Mejne vrednosti med posameznimi kakovostnimi razredi sta v letu 2000 za osnovne fizikalne, kemijske, bakteriološke in saprobiološke parametre še določala predpisa iz leta 1976 in 1978 (Uredba o klasifikaciji voda ..., 1978; Odlok o maksimalno dopustnih koncentracijah ..., 1978). Za težke kovine in organske toksične substance so se za razvrstitev v 1. oziroma 2. kakovostni razred, ki je v Uredbi o klasifikaciji voda medrepubliških vodnih tokov, meddržavnih voda in voda obalnega morja Jugoslavije (1978) definiran kot pitna voda, upoštevali tudi predpisi za pitno vodo, za ostale mejne vrednosti pa tuji predpisi, predvsem smernice Evropske skupnosti (Directive 75/440/EEC, 1975; Directive 80/778/EEC, 1980), nemški pravilnik za površinske vodotoke (Ministerium für Umwelt, 1991), ter priporočila svetovne zdravstvene organizacije (World Health Organization, 1990).

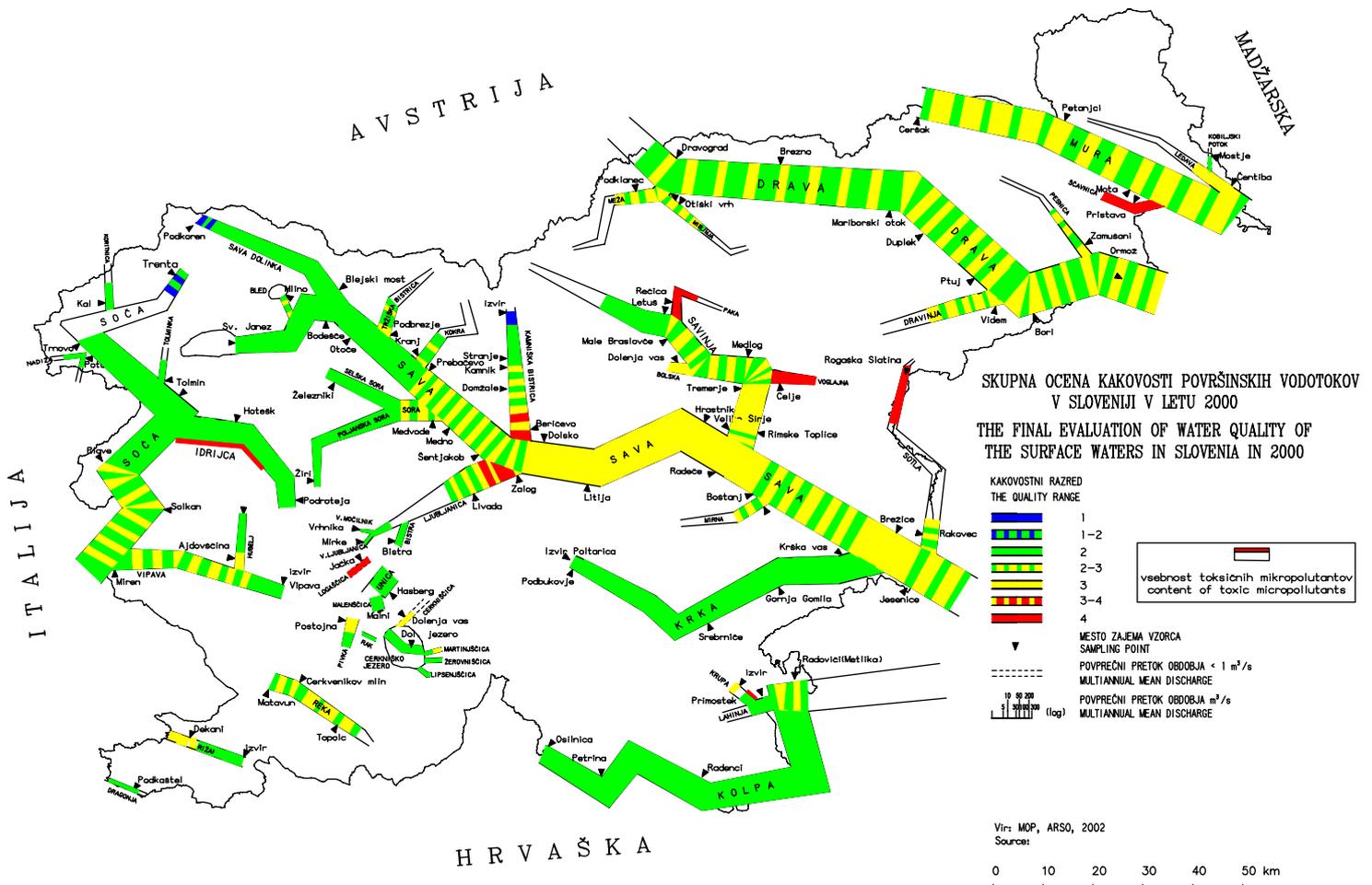
V letu 2002 pa sta začela veljati dva nova predpisa (Uredba o kemijskem stanju ..., 2002; Pravilnik o monitoringu ..., 2002), ki določata kemijsko stanje površinskih voda v skladu z Okvirno vodno smernico (Directive 2000/60/EC, 2000).

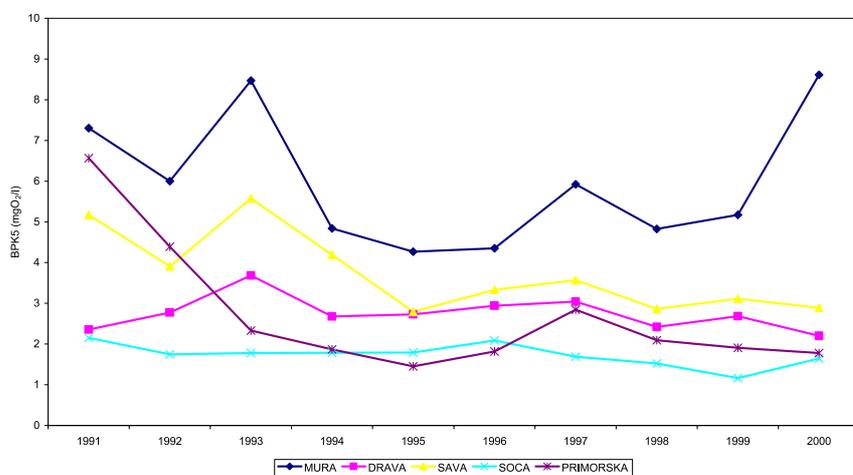
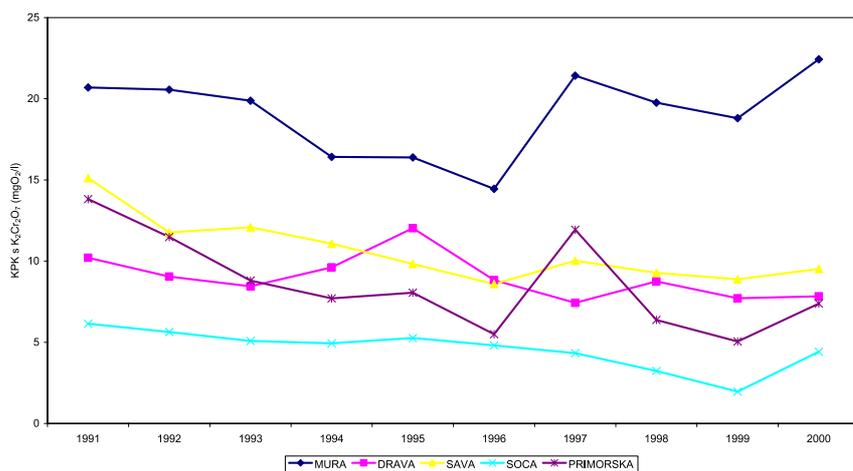


Kakovost rek v Sloveniji se v zadnjih letih počasi izboljšuje, kar je predvsem posledica zmanjšanja količin neprečiščenih odpadkov in izboljšanja sistemov čiščenja odpadne vode. V letu 2000 je bilo približno 80 odstotkov merilnih mest uvrščenih v 1., 2. in 2-3. kakovostni razred. Meja med dobrim in slabim stanjem, kar pomeni, da ima približno 20 odstotkov merilnih mest slabo kakovostno stanje. V letih od 1992 do 2000 je opazen trend izboljševanja kakovosti. Opazno je povišanje deleža zajemnih mest, uvrščenih v drugi kakovostni razred

Graf 3.4: Odstotek merilnih mest uvrščenih v kakovostne razrede po letih

Karta 3.3: Skupna ocena kakovosti površinskih vodotokov v Sloveniji v letu 2000



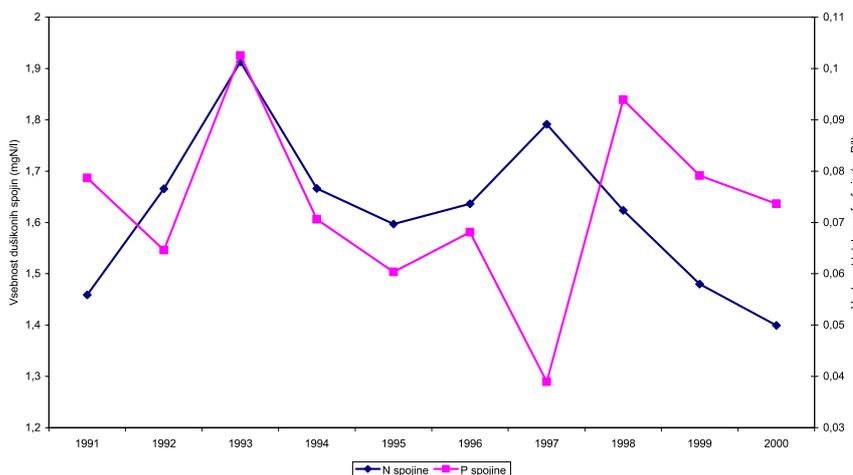


Graf 3.5 in 3.6:  
Povprečne letne vrednosti kemijske (KPK) in biokemijske potrebe po kisiku (BPK5)

in sicer na račun zmanjšanja močno onesnaženih vodotokov. Delež površinskih vodotokov, uvrščenih v četrti kakovostni razred, se zadnja štiri leta ne spreminja in znaša okrog 5 odstotkov.

Onesnaženje vode z organskimi snovmi, ki so predvsem posledica neprečiščenih komunalnih in industrijskih odpadkov, najbolje opredeljujeta kemijska in biokemijska potreba po kisiku. Najvišje povprečne letne vrednosti kemijske potrebe po kisiku (KPKCr) določamo

Graf 3.7: Povprečne vsebnosti dušikovih in fosforjevih spojin v slovenskih rekah



v porečju Mure, k čemur veliko prispeva močno onesnažena voda Ščavnice. Tudi v porečju Save so povprečne letne vrednosti zaradi številnih iztokov neprečiščenih komunalnih in industrijskih odpadkov razmeroma visoke. V porečjih Drave, Soče in primorskih rek je vnos organskih snovi manjši.

Obremenjenost slovenskih rek z nutrienti, to so dušikove in fosforjeve spojine, ni velika. Prekomeren vnos teh spojin lahko ob določenih razmerah (upočasnen vodni tok, nizek vodostaj in povišana temperatura v reki) povzroči bujno rast vodnih organizmov, predvsem alg. Temu pojavu pravimo »cvetenje«. V naših rekah problem cvetenja ni izrazil, lahko pa se pojavi na vodnih zadrževalnikih, kjer se tok vode upočasni in pod pogojem, da je v vodi zadosti hranil.

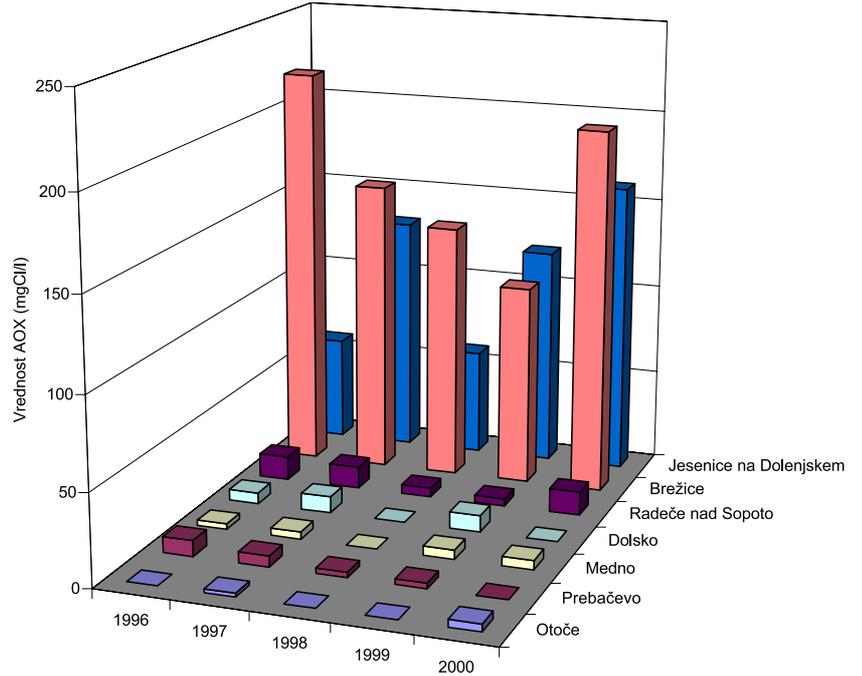
Obremenjenost rek s težkimi kovinami povzroča predvsem industrija s svojimi odpadki. Zaradi slabe topnosti v vodi se kovine nalagajo v rečnem sedimentu, kjer se vsebnost kovin lahko zadržuje zelo dolgo. Sediment in seveda nanj vezano onesnaženje pa se lahko premešča po toku navzdol.

V površinskih tekočih vodah spremljamo tudi vsebnosti organskih spojin. Fenolne spojine in policiklične organske spojine prihajajo v reke predvsem preko industrijskih odpadnih voda, pesticidi pa kot posledica spiranja kmetijskih površin. Poleg omenjenih treh skupin organskih spojin spremljamo tudi vsebnost adsorbiranih halogeniranih organskih spojin (AOX), ki opozarja na onesnaženje s halogeniranimi organskimi spojinami. Najvišje vrednosti AOX so izmerjene v spodnjem toku reke Save.

Tudi glede na rezultate saprobioloških analiz se v vseh porečjih slovenskih rek kakovost vode izboljšuje. Za ocenjevanje kakovosti tekočih voda z biološkega vidika uporabljamo saprobiološko metodo, ki temelji na analizi življenjskih združb (vrsta in pogostost) na posameznem merilnem mestu. Življenjske združbe pokažejo razmere v vodi, ki so posledica medsebojnega delovanja biotskih (kompeticija, predatorstvo, parazitizem, simbioza) in abiotskih (kemijska sestava vode, hidromorfološke značilnosti) dejavnikov. Zato rezultati te metode kažejo posledice dalj časa trajajočih vplivov.

Oskrba s pitno vodo neposredno iz površinskih voda tudi zaradi njihove kakovosti vedno bolj izgublja na pomenu. Neposredno iz vodotokov se z vodo oskrbuje manj kot 10 odstotkov prebivalstva Slovenije. To in pa uporaba površinske vode za bogatenje podzemnih voda ob vodovodnih črpalnicah, sta pač samo še razloga več za zaščito in izboljšanje kakovosti

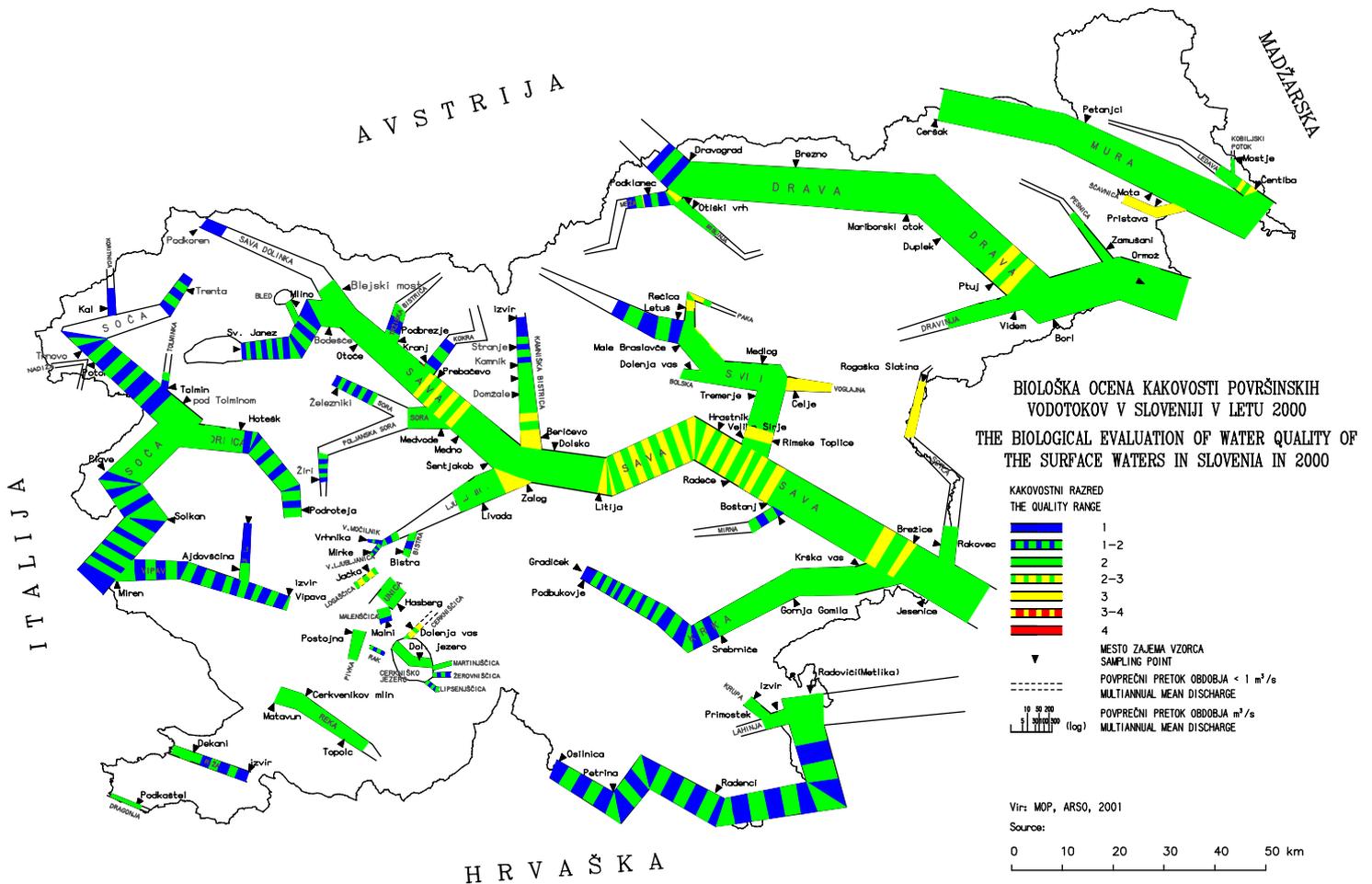
sti površinskih voda. Nekateri kraški izviri, ki se uporabljajo kot viri pitne vode (npr. Globočec ob Krki, tudi Rižana itd.) imajo v zaledju ponikalnice, ki lahko prispevajo pomemben delež vode izvira. Med ostale oblike rabe tekočih voda sodi rekreativni ribolov, ki pa ni pomemben zaradi preskrbe prebivalstva, ampak postaja pomembna turistična dejavnost. Ponovno pa se povečuje število ribogojnic, ki običajno izkoriščajo in tudi obremenjujejo površne dele naših rek. Prometne vloge kot so jo imele npr. Sava, Ljubljanica, Savinja, Drava in Idrijca niti dve stoletji nazaj, reke najbrž ne bodo imele tako kmalu. Težko pa je primerjati gospodarski pomen tradicionalnega čolnarstva, splavarstva in drugih oblik spravila lesa ter brodarstva s sodobnimi rekreativnimi dejavnostmi na naših rekah. Tradicionalne oblike energetske rabe (več 1 000 mlinov, žag in drugih obratov na vodni pogon po vsej Sloveniji) tekočih voda so nadomestile vodne elektrarne. Skupno je v Sloveniji izrabljeno 43 odstotkov tehnično izrabljivega vodnega energetskega potenciala, kar daje 30.2 odstotka proizvodnje električne energije (Korošec in Kvaternik, 2000). Neposredno iz vodotokov se voda zajema za namakanje, za hlajenje (jedrska elektrarna v Krškem), v vodotokih pa po predhodnem



čiščenju ali brez njega konča večina komunalnih in industrijskih odplak. Še najtežje pa je zaenkrat celovito oceniti nedvomno velik pomen tekočih voda za ohranjanje ekosistemov in biološke raznovrstnosti vodnega in obvodnega sveta.

Graf 3.8: Maksimalne vsebnosti AOX v Savi

Karta 3.4: Biološka ocena kakovosti tekočih voda za leto 2000





(foto: Uroš Novak)

*Bohinjsko jezero stoji pokojno,  
sleđu ni več vunanjega viharja*

*(France Prešeren)*

# Ježera

Špela Remec – Rekar, Marjan Bat

Ko govorimo o stoječih površinskih vodah, večina ljudi takoj pomisli na jezera, čeprav mednje sodijo poleg naravnih jezer tudi mlake, rečne mrtvice in vodna zajetja antropogenega izvora - zadrževalniki in ribniki. Enotne in splošno veljavne definicije, na podlagi katere bi vodno telo stoječe vode lahko brez zadržkov opredelili kot jezero, pravzaprav ni. Ena od mnogih opredeljuje za jezero vsako naravno ali umetno vodno telo na zemeljskem površju, s površino nad 1 ha, z enakomerno višino vodne gladine in majhnim dotokom glede na skupno prostornino vode, da le-ta omogoča usedanje suspendiranih delcev in hkrati nima stalne, neposredne povezave z morjem. Po teh kriterijih je v Evropi 500 000 naravnih in umetnih jezer. Njihova skupna površina znaša, brez Kaspijskega jezera, približno 300 000 km<sup>2</sup>. To je tri odstotke površja Evrope. Skupna prostornina jezer je ocenjena na približno 3 300 km<sup>3</sup>. Umetnim zadrževalnikom in zajetjem pripada prilično tretjina te površine in četrtnina prostornine (Heinonen et al., 2000).

Po zgornji definiciji je v Sloveniji okoli 1 300 jezer, vendar je podatek lahko tudi zavajajoč. S skupno površino 68.93 km<sup>2</sup>, pokrivajo stoječe vode le 0.3 odstotka celotnega ozemlja Slovenije, kar jo uvršča pod Evropsko povprečje. Skoraj polovico teh vodnih površin je umetnih. Edini večji naravni stalni jezeri sta Blejsko (1.43 km<sup>2</sup>/ 25.7 milijonov m<sup>3</sup>) in Bohinjsko jezero (3.28 km<sup>2</sup>/ 92.5 mio.m<sup>3</sup>), ki sta, kot večina naravnih jezer v Evropi, ledeniškega izvora. Ostala stalna naravna jezera, z gorskimi jezeri, rečnimi mrtvicami in povirnimi jezeri vred, so manjša in njihova skupna površina ne presega 1.7 km<sup>2</sup>. Sredi visokogorskega krasa, v osrčju Julijcev, kjer je voda na površju redkost, se nahajajo hidrološko zelo zanimiva, visokogorska ledeniška jezera. Med njimi je največje Krnsko, ki meri okoli 5 ha. Drugo po površini je Jezero v Ledvici, oz. Četrto triglavsko jezero, ki je že pol manjše (2.3 ha) in zadržuje okoli

135 000 m<sup>3</sup> vode (Urbanc in Brancelj, 2000). Blejsko jezero jo ima 230 krat toliko. Številna jezerca, ki so nastala po umiku ledenikov, so se do danes precej zmanjšala. Ponekod so ostala le še mokrišča in visoka barja (Šijec in Poključsko barje na Pokljuki, visoka barja na Jelovici, Lovrenško in Ribniško jezero na Pohorju).

Poseben tip naravnih stoječih voda predstavljajo mrtvice na poplavnih ravninah rek v subpanonskem svetu. Prvotne rečne okljuke (meandre) dosejajo le še poplavne vode ali visoka gladina podzemne vode. So relativno kratkotrajen morfološki in hidrološki pojav, saj se hitro zasipajo in zaraščajo. Njihova površina se v odvisnosti od hidroloških razmer zelo spreminja.

Med stoječe vode z naravno oblikovano kotanjo lahko štejemo tudi kraška presihajoča jezera. Kadar so napolnjena z vodo, predstavljajo največjo vodno površino v Sloveniji. Skupaj s Cerknjskim jezerom (do 26 km<sup>2</sup>/ 76 milijonov m<sup>3</sup>), jezerom na Radenskem polju, Pivškimi jezeri in jezerom na Planinskem polju znaša njihova skupna površina pri največji ojezeritvi 31.51 km<sup>2</sup>, vendar je taka ojezeritev le občasna in kratkotrajna. Cerknjsko jezero ima svetovni sloves. Podoben hidrološki režim poplavljanja imajo številna kraška polja v Sloveniji, ki pa se z njim ne morejo primerjati po obsegu in trajanju ojezeritve.

Skoraj enako površino kot naravna presihajoča jezera imajo tudi umetna vodna zajetja (31.01 km<sup>2</sup>). Hidrološko pomembni so vse številnejši zadrževalniki v dolinah, pomen najstarejših umetnih zadrževalnikov, lokev in kalov na dinarskem, primorskem in visokogorskem krasu pa se postopoma manjša, ker ni več potreb za tako vodno preskrbo. V visokogorju se na novo pojavljajo zadrževalniki namenjeni zasnježevanju smučišč.

Največja zajetja na Dravi in Savi služijo vodnim elektrarnam. Med njimi največje je Ptujsko

jezero, po površini (3.5 km<sup>2</sup>) celo večje od Bohinjskega jezera, vendar pa zadržuje precej manj vode (19.8 mio.m<sup>3</sup>). Med večjimi zadrževalniki so Šmartinsko (1.07 km<sup>2</sup> / 6.5 mio.m<sup>3</sup>) in Slivniško jezero (0.84 km<sup>2</sup> / 4.0 mio.m<sup>3</sup>) v Posavinju, Pernica (1.23 km<sup>2</sup> / 3.4 mio.m<sup>3</sup>) in Gradišče (0.51 km<sup>2</sup> / 0.94 mio.m<sup>3</sup>) v povodju Pesnice, Ledavsko jezero (2.18 km<sup>2</sup> / 5.7 mio.m<sup>3</sup>) na Ledavi in Gajševsko jezero (0.77 km<sup>2</sup> / 2.6 mio.m<sup>3</sup>) na Ščavnici. Večinoma so zadrževalniki večnamenski in služijo za zaščito pred visokimi vodami, bogatenju nizkih voda, namakanju in gojenju rib. Namakanju je namenjen zadrževalnik Vogršček (0.82 km<sup>2</sup> / 8.5 mio.m<sup>3</sup>) v Vipavski dolini, zadrževalnika Klivnik (>1 km<sup>2</sup> / 7 mio.m<sup>3</sup>) in Molja (>1 km<sup>2</sup> / 4.2 mio.m<sup>3</sup>) v Brkinih pa zadrževanju visokovodnih konic in bogatenju nizkih voda. Poseben tip umetnih jezer so Šaleška jezera v Velenjski kotlini, ki so nastala zaradi ugrezanja nad opuščenimi deli velenjskega premogovnika. Zanje je značilno, da se zelo hitro spreminjajo. S površino >2 km<sup>2</sup> in 35 mio. m<sup>3</sup> vode so Družmirsko, Velenjsko, Turistično in Škalsko jezero skupaj že večja od Blejskega (Štrbenk, 1999). Družmirsko jezero je z 69 m globine naše najgloblje jezero, če seveda izvzamemo Divje jezero, ki je poseben tip kraškega izvira. Zaradi ugrezanja površja nad nekdanjim premogovnikom je nastalo tudi Kočevsko jezero (slika 4.1).

Za naravo in človeka imajo stoječe površinske vode velik pomen. Vodne površine s povečanim izhlapevanjem blagodejno vplivajo na lokalne podnebne razmere in kot zadrževalniki blažijo posledice presežka ali pomanjkanja vode. Posebna močvirna vegetacija, ki navadno obkroža stoječe vode, vse našteje učinke še povečuje. Zlasti večja naravna jezera so edinstvene rekreativne površine, ki nudijo,

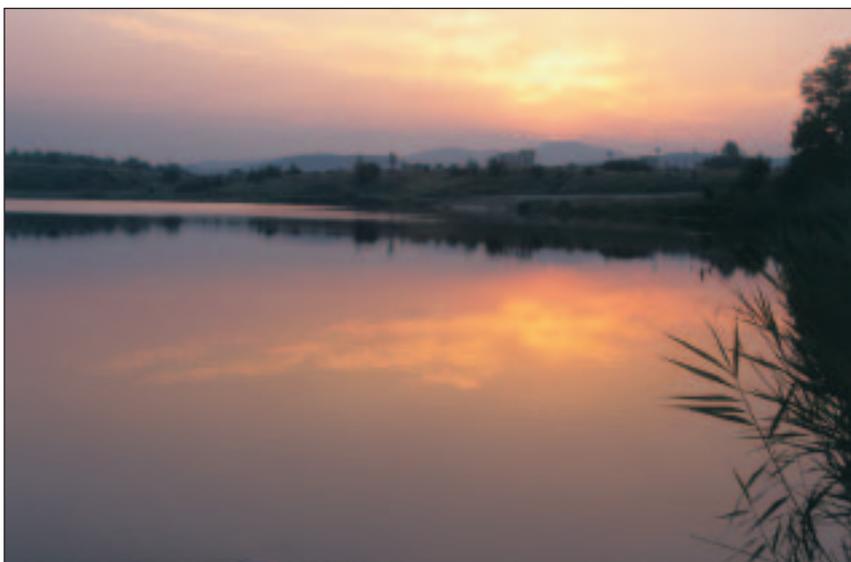
ob primerni kakovosti vode, možnosti za razvoj turizma. Ob Blejskem jezeru ima tako že več kot stoletno tradicijo. Tudi ob Bohinjskem jezeru postaja turizem v zadnjih štiridesetih letih vedno pomembnejša dejavnost, ob ostalih jezerih pa se je začel razvijati šele pred dobrim desetletjem. Zaradi slabše kakovosti vode turizem ob nekaterih umetnih zadrževalnikih ni zaživel do take mere, kot so ob ojezeritvah predvidevali. Skoraj povsod pa se je razvilo ribištvo. Ob naraščajočem svetovnem pomanjkanju vode so nekatere stoječe vode pomembni zadrževalniki tehnološke ali celo pitne vode. V Sloveniji se v te namene večinoma izrablja druge, cenejše vodne vire.

Stoječe in počasi tekoče celinske vode so zaradi manjše samočistilne sposobnosti bolj kot tekoče vode podvržene onesnaženju, ki ga prinaša hiter razvoj in vse intenzivnejša raba prostora. Stanje posameznega jezera ali zadrževalnika je odvisno od njegovih hidroloških in morfoloških značilnosti, predvsem pa vnosa različnih snovi in energije. Osnovni, splošno razširjen problem večine stoječih voda v Sloveniji, ki so večinoma na karbonatni kamninski podlagi, je prekomeren vnos hranilnih snovi, zlasti fosforja in dušika. Postopno staranje - eutrofikacija jezer je naraven proces, ki ga sčasoma doživlja vsako jezero. S pravilnim, sonaravnim upravljanjem v pojezerju, ta proces lahko zelo upočasnimo, v nasprotnem primeru pa pospešimo. Največkrat je vir prekomerne obremenitve s hranili neurejeno odvajanje komunalnih vod in spiranje s kmetijskih površin. Problem zadrževalnikov, kamor se stekajo tudi industrijske odpadne vode, je poleg eutrofikacije tudi kopičenje in zadrževanje težkih kovin, pesticidov in različnih halogeniranih organskih spojin v vodi in usedlinah, ki so pri povečanih vsebnostih strupene za vodne organizme in posredno tudi za človeka. Prostornina večine zadrževalnikov se zaradi mehanskega zasipanja z materialom, ki ga vanje prinašajo pritoki, postopno manjša. Pojav je zlasti očiten v zajetjih na velikih nižinskih rekah (Zbiljsko, Ptujsko jezero) in zajetjih na izrazito prodonosnih alpskih rekah (Moste, Črnava - Preddvor).

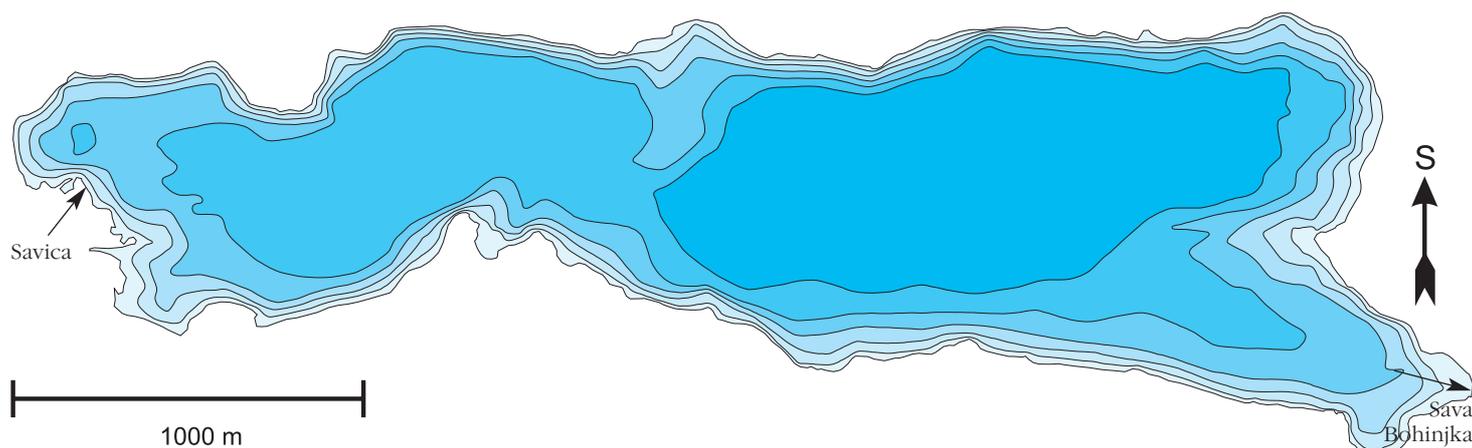
Kakovost Blejskega jezera spremljamo od leta 1975, Bohinjskega od 1992 in Cerknjskega od 1993. Posamezne analize so bile od leta 1990 oz. 1997 opravljene tudi na zadrževalnikih Mavčiče in Vrhovo.

Kljub enakemu ledenišskemu izvoru imata Blejsko in Bohinjsko jezero povsem različne hidrološke in morfološke značilnosti, ki pogujejo tudi njuno različno občutljivost na dotok hranilnih snovi iz pojezerja. Najočitnejše razlike med obema jezeroma so njuna pretočnost, velikost ter poseljenost pojezerja.

Slika 4.1: Kočevsko jezero



(foto: Darko Mikulič)



Bohinjsko jezero je s površino 3,28 km<sup>2</sup>, obsegom 11,35 km in prostornino 92,5 milijonov m<sup>3</sup> vode, največje naravno jezero v Sloveniji. Največjo globino 45 m ima jezero na vzhodni strani, sredi Fužinarskega zaliva, na zahodni strani, ki je plitvejša pa jezersko kotanjo zasipa Savica.

Bohinjsko jezero je izrazito pretočno jezero, z glavnim dotokom Savico (okoli 5 m<sup>3</sup>/s) in iztokom Save Bohinjke, ki ima na vodomerni postaji Sv. Janez, pri iztoku iz jezera, povprečen pretok 8,34 m<sup>3</sup>/s. Drugih večjih površinskih dotokov Bohinjsko jezero nima, zato ocenjujemo, da več kot tretjina vode priteka vanj skozi kraške izvire pod gladino jezera ob severni obali. Zadrževalni čas vode v Bohinjskem jezeru znaša približno 4 mesece, kar pomeni, da se voda v jezeru po tej oceni lahko zamenja trikrat na leto.

Pojezerje Bohinjskega jezera zaradi kraškega značaja ni povsem zanesljivo omejeno. Meri okoli 100 km<sup>2</sup> in 30 krat presega površino jezera. Večinoma je neposeljeno, velik del sega nad gozdno mejo, zato je tudi dotok hranilnih snovi v jezero zmeren. Pojezerje prejme okoli 3 300 mm padavin letno. Kljub kraškemu značaju zaledja, jezero lahko naraste presenetljivo hitro. Med najnižjo in najvišjo zabeleženo gladino (absolutna amplituda) je 390 cm. Najvišja gladina je bila zabeležena v novembru leta 1969 in je presegla absolutno nadmorsko višino 529,7 m. Po primerjavi s pretočnimi režimi ima jezero snežno dežni režim, ki pa se od leta do leta precej spreminja.

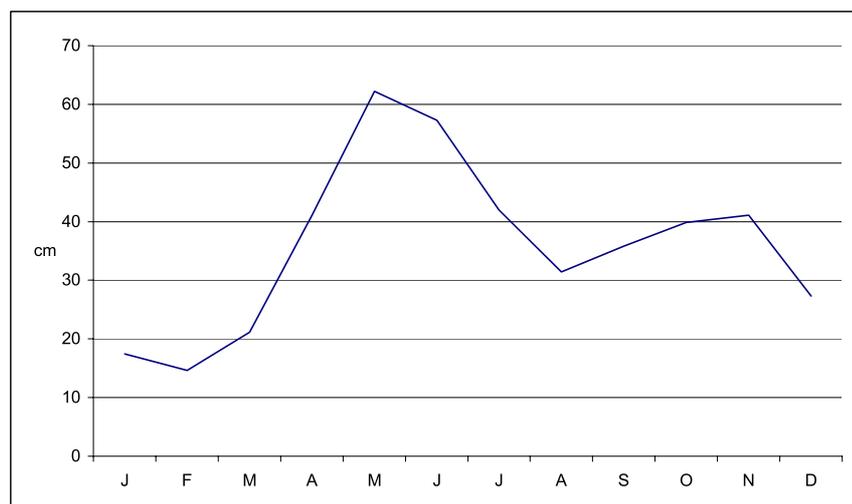
Najnižja povprečna mesečna temperatura površinske plasti vode Bohinjskega jezera je bila v obdobju 1951–2000 izmerjena v februarju in je znašala 1,5 °C, najvišja pa 17,9 °C v avgustu. Podatki za avgust kažejo, da postaja površinska voda vse toplejša. Srednja mesečna temperatura po obdobjih je bila 16,7 °C (1951–1960), 16,9 °C (1961–1970), 17,5 (1971–1980), 18,8 (1981–1990) in 19,9 (1991–2000).

Na razporejanje in mešanje vodnih mas vpliva tudi veter, ki mu je Bohinjsko jezero precej izpostavljeno. Izrazita temperaturna plastovitost se izoblikuje le poleti, vendar plast segrete vode sega le od enega do treh metrov globoko. Trajanje spomladanskega in jesenskega obdobja homotermije, ob kateri se vode po globini lahko premešajo, je različno dolgo in odvisno od hidrometeoroloških razmer v posameznem obdobju. Navadno začne jezero zamrzovati januarja. V obdobju 1954–1990 je bilo zamrznjeno v povprečju 61 dni, v zadnjem desetletju pa jezero v posameznih letih (96/97, 01/02) ni zamrznilo v celoti.

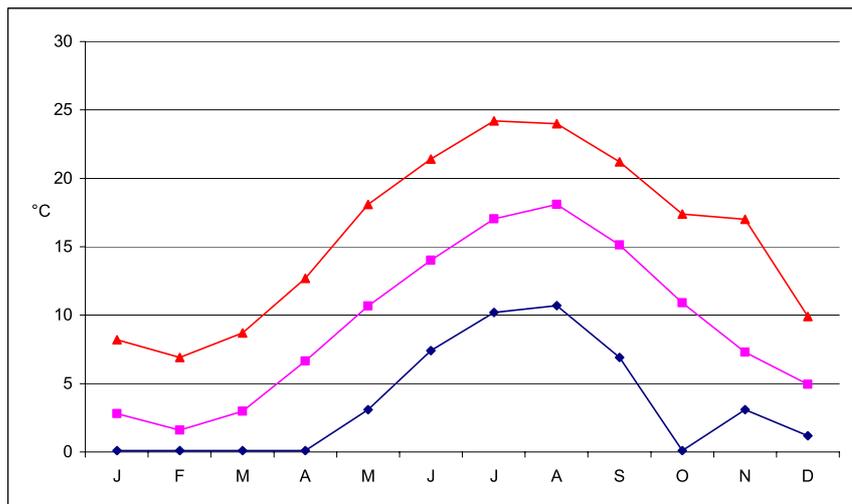
Velika pretočnost in večinoma neposeljeno pojezerje sta ključna razloga, da se Bohinjsko jezero še vedno uvršča med oligotrofna – neonesnažena jezera. Meritve v sklopu rednega monitoringa kakovosti so usmerjene k spremljanju evtrofikacije, ki zaradi stabilnosti in dinamičnosti ekosistema poteka razmeroma počasi. Stanje jezera se določa na podlagi OECD kriterijev (Anonymus, 1982).

Karta 4.1: Izobate Bohinjskega jezera (ekvidistanca 8m)

Graf 4.1: Srednja mesečna višina gladine Bohinjskega jezera v cm, merjena od izhodišča 525,89 m n.m. (obdobje 1954–2000)







Graf 4.2: Najmanjša, srednja in najvišja mesečna temperatura Bohinjskega jezera v obdobju 1951–2000 (v °C)

Nekoliko nad povprečji za oligotrofna jezera je le povprečna vsebnost anorganskega dušika, vsi ostali kriteriji pa uvrščajo Bohinjsko jezero med neonesnažena – čista jezera (preglednica 4.1). Nizka je vsebnost fosforja in tudi vsebnost klorofila-a, ki opredeljuje produktivnost rastlinskega planktona. V združbi rastlinskega planktona prevladujejo drobni predstavniki različnih skupin alg z velikostjo pod 2µm – picoplankton, med katerimi je največ kokalnih zelenih alg (*Chlorococcales* - *Chlorella vulgaris*, *Chlorella sp.*, *Nephrochlamis subsolitaria*), pogoste pa so tudi drobne ciklične diatomeje (*Centrales*).

Preglednica 4.1: Uvrstitev Bohinjskega in Blejskega jezera v trofično kategorijo po OECD kriterijih

trofična	celotni fosfor anorg. dušik		povprečna prosojnost	minimalna prosojnost	klorofil-a letno povprečje	klorofil-a maksimum
	letno povprečje (µg P/l)	letno povprečje (µg N/l)				
u-oligotrofno	< 4	< 200	> 12	> 6	< 1	< 2.5
oligotrofno	< 10	200 - 400	> 6	> 3	< 2.5	< 8
mezotrofno	10 - 35	300 - 650	6 - 3	3 - 1.5	2.5 - 8	8 - 25
evtrofno	35 - 100	500 - 1 500	3 - 1.5	1.5 - 0.7	8 - 25	25 - 75
hiperevtrofno	> 100	> 1 500	< 1.5	< 0.7	> 25	> 75
<b>BOHINJSKO JEZERO</b>						
1992 -1994	7	448	9.7	5.9	-	-
1995 -1997	6	528	9.2	5.0	-	-
1998 - 2000	3	464	8.7	6.0	1.7	3.6
<b>BLEJSKO JEZERO</b>						
1977 - 1979	76	760	4.5	1.1	-	-
1980 - 1982	56	478	5.7	1.0	-	-
1983 - 1985	24	397	5.7	2.2	-	-
1986 - 1988	29	498	5.4	1.7	8.7	65
1989 - 1991	27	388	5.6	1.9	5.6	35
1992 - 1994	25	410	5.8	2.0	4.7	27
1995 - 1997	14	476	6.9	3.5	3.0	14
1998 - 2000	16	508*	5.4	1.9	8.0	34

\* zaradi sprememb metod za določanje anorganskega dušika je v izračunu upoštevan skupni dušik

V zadnjih letih nas na slabšanje razmer in občasno povečan vnos hranilnih snovi opozarja razrast zelenih nitastih alg vzdolž vse obale, zmanjšana globina uspevanja in redčenje sestojev višjih vodnih rastlin, kot tudi zmanjšano število vrst med njimi. Našteti pojavi so bili izrazitejši v letih 1993, 1995, 1996 in 1998, ki so imela daljša deževna obdobja v začetku vegetacijske sezone (maj, junij). V jezero se ob dežju spere več hranilnih snovi, zmanjša pa se njegova prosojnost.

Vnos hranilnih snovi v Bohinjsko jezero še ne presega količin, ki bi bistveno vplivale na potek naravnega staranja jezera. Da se dobro stanje jezera ohrani, pa je potreben predvsem zmeren razvoj ožjega in širšega pojezerja.

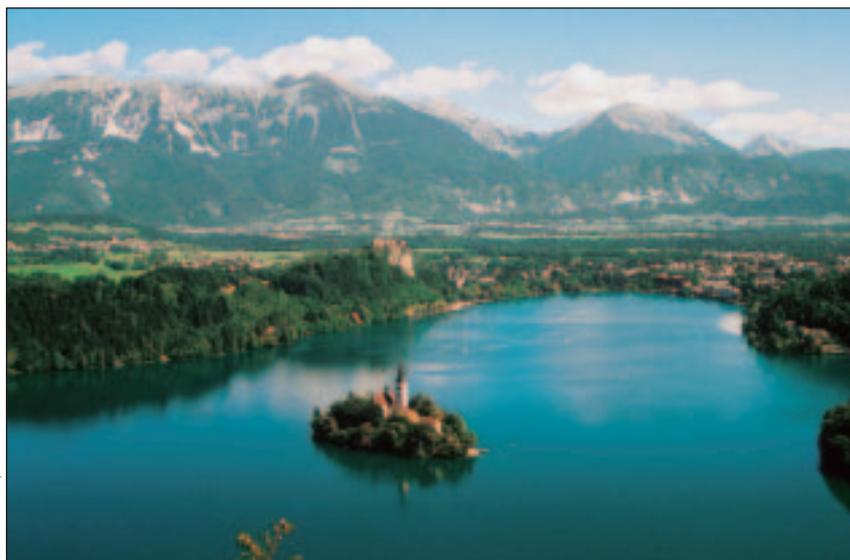
Blejsko jezero je zaradi turistične tradicije in naravnih lepote naše najbolj znano jezero. Sodi med občutljiva območja podvržena eutrofikaciji, kjer se s sanacijskimi ukrepi poskuša odpraviti posledice nenadzorovanega odvajanja odpadka v preteklosti.

Njegova površina meri 1.44 km<sup>2</sup>, obseg 6 km, največja globina 30 m, prostornina pa 25.7 milijonov m<sup>3</sup>. Jezersko kotanjo sestavljata dve globeli, ločeni s podvodnim grebenom, katerega del je tudi otok. Zahodna je globlja.

Blejsko jezero (476 m n.m.) leži v osredju Blejskega kota. Napajajo ga le neznatni studenci, zato ga uvrščamo med jezera studenčnega tipa. Od skupaj 22 studencev, jih v Blejsko jezero priteka le še 12. Ostali, zlasti tisti iz urbanizirane vzhodne obale, so bili zaradi onesnaženosti speljani v kanalizacijo. Njihov povprečni dotok v Blejsko jezero je leta 1978 znašal samo 210 l/s (HMZ, 1978). Pred sanacijskimi posegi v dotok in iztok je ocenjeni zadrževalni čas vode v Blejskem jezeru znašal skoraj 4 leta, kar je 9 krat več kot v Bohinjskem jezeru.

Nihanja gladine jezerske vode so kljub umetno povečani pretočnosti še vedno majhna. V zadnjih letih (obdobje 1980–2000) je bila amplituda med najvišjo in najnižjo srednjo mesečno višino le 15 cm, med najvišjo in najnižjo zabeleženo gladino pa 56 cm. Zatišna lega Blejskega jezera vpliva na razporejanje vodnih mas in večje ter hitreje segrevanje. Srednja mesečna temperatura površinske vode v avgustu je kar 22.7 °C, nad 22 °C pa ima voda tudi v juliju. Temperature nad 23 °C lahko nastopijo od junija do septembra. Povprečna temperatura površinske jezerske vode za obdobje 1922–1987 znaša 12.4 °C (Kolbezen, 1998) in 12.9 °C za obdobje 1985–2000.

Majhna naravna pretočnost jezera zmanjšuje samočistilne sposobnosti. Zato je jezero ekološko izredno ranljivo. Ker je lega jezera tudi zatišna, je mirovanje vode še izrazitejše. Temperaturna plastovitost je izrazita že v apr



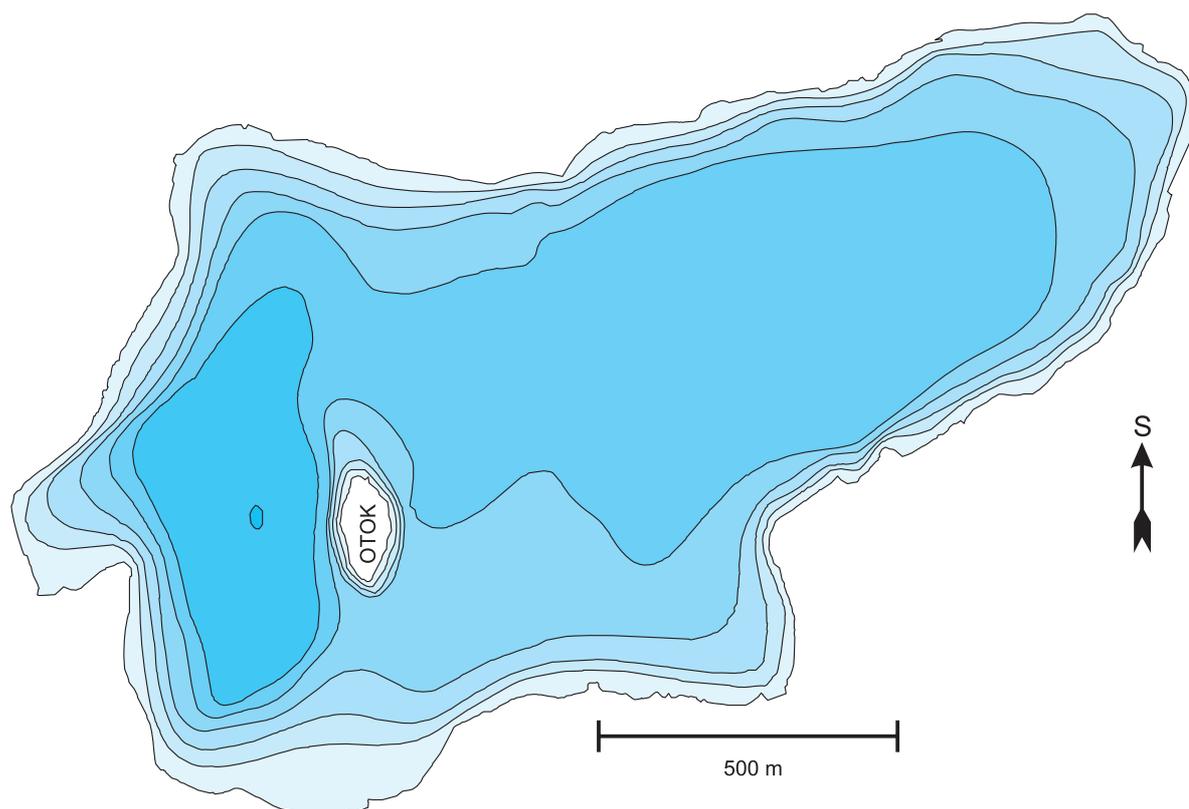
(foto: Gabrijel Rekar)

lu. Termoklina - temperaturni skok, se postopno pogloblja do globine 10 -12 m, ki jo doseže v oktobru. Obdobje spomladanske in jesenske homotermije, ko se temperatura vode po globini izenači in se voda premeša, je kratko, od leta do leta pa se spreminja - odvisno od vremenskih razmer.

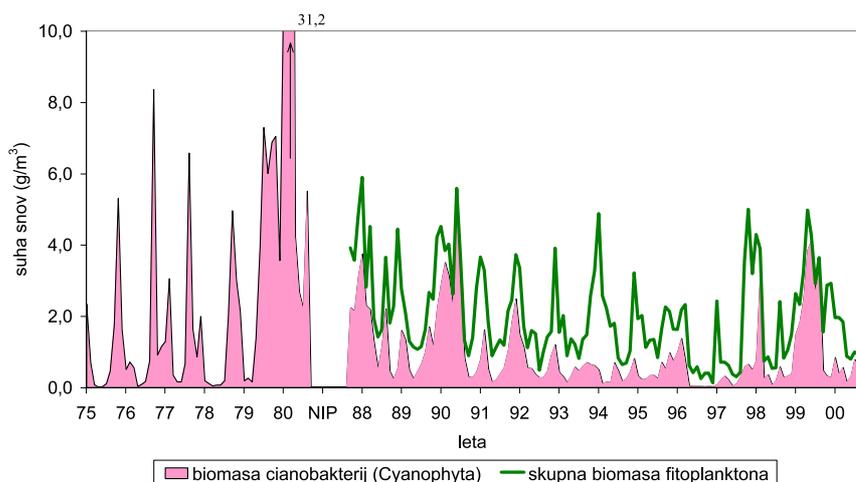
Čeprav pojezerje obsega skromnih 8.38 km<sup>2</sup>, je zaradi relativno goste poselitve, prometa in kmetijstva, veliko bolj obremenjeno kot pojezerje Bohinjskega jezera. V povprečju prejme le okoli 1 600 mm padavin.

Prvi znaki onesnaženja in spremljajoči pojavi pospešenega staranja so se v Blejskem jeze-

Slika 4.2: Blejsko jezero



Karta 4.2: Izobate Blejskega jezera (eleviranca 5m) avtor: Miljan Šiško



Graf 4.3: Delež cianobakterij (Cyanophyta) v skupni biomasi fitoplanktona Blejskega jezera od leta 1975 do 2000 (NIP = ni podatkov)

ru začeli kazati že v začetku 20. stoletja (Gradnik, 1946; Rismal, 1993), v petdesetih letih pa je kakovost jezera občutno nazadovala. Glavni razlog je bila pomanjkljiva kanalizacija, ki zaradi razvoja množičnega turizma ni več zadoščala potrebam. Hranilne snovi, ki so pritekale v jezero, so spodbujale razvoj rastlinskega planktona. Pogosta so bila dolgotrajna »cvetenja«, predvsem cianobakterij (*Planktotrix rubescens*), ki niso vplivala samo na izgled jezera, temveč tudi na vedno obsežnejše in dolgotrajnejše pomanjkanje kisika, ki je doseglo celo obalne predele jezera. V razmerah brez kisika so nastajale strupene snovi, propadale so občutljive rastlinske in živalske vrste. Porušilo se je naravno ravnotežje in jezero je začelo postopno odmirati.

Že leta 1964 je bila z namenom, da se poveča pretok in jezero prezrači v Blejsko jezero, na globino 18 m, speljana Radovna. Ker se je stanje jezera še naprej slabšalo, je bila v letih 1980/81 zgrajena natega - globinski iztok jezera (240 l/s). Tudi kanalizacija je bila v letih od

Slika 4.3: Cerknjsko jezero (november 2000)



(foto: Florijana Ulaga)

1982 do 1985 delno popravljena in dograjena. Vnos fekalij v jezero se je tako zmanjšal za okoli 80 odstotkov.

Pred sanacijskimi posegi je bilo Blejsko jezero uvrščeno med evtrofna jezera, od leta 1983 pa ga lahko ponovno uvrščamo med mezotrofna jezera (preglednica 4.1). Z zmanjšanjem povprečne vsebnosti skupnega fosforja in dušika, ki sta osnovni hranili za rastlinski plankton, se je zmanjšala tudi produktivnost fitoplanktona, ki jo kaže povprečna vsebnost klorofila-a. Prilagajanje življenjske združbe na nove razmere je izredno zapleten, kompleksen in v primerjavi z izplavljanjem hranilnih snovi iz jezera, dolgotrajen proces, ki ga v Blejskem jezeru opažamo šele od leta 1991.

V obdobju 1998–2000 se je povprečna vsebnost klorofila-a v jezeru s 3  $\mu\text{g/l}$  ponovno povečala na 8  $\mu\text{g/l}$ . »Cvetenje« različnih vrst fitoplanktona je vplivalo na slabši izgled in manjšo prosojnost jezera (preglednica 4.1). Po letih stalnega upadanja se je ponovno povečal delež cianobakterij (Cyanophyta) v fitoplanktonski združbi.

Občasna »cvetenja« še vedno opozarjajo, da stanje Blejskega jezera zaradi porušenega biološkega ravnotežja v preteklosti še vedno ni stabilno in je vnos hranilnih snovi iz pojezerja občasno še vedno prevelik.

Svojevrsten kraški pojav, presihajoče Cerknjsko jezero, se po svojih značilnostih precej razlikuje od drugih jezer. V skrajnih primerih ojezeritev zajame površino večjo od 24  $\text{km}^2$  in prostornino nad 60 mio.  $\text{m}^3$ . Različni viri navajajo, da je v preteklosti najvišja gladina vode na Cerknjskem polju večkrat preseгла 552 in celo 553 m n.m. (npr. l. 1926 in 1851). V času sistematičnih meritev (obdobje 1954–2000) je bila gladina jezera najvišja konec novembra leta 2000, ko je dosegla nadmorsko višino 552.1 m n.m. Običajneje pa jezero presahne. V obdobju 1961 – 1990 je bilo v povprečju vsako leto 79 dni, ko je vodostaj padel pod 185 cm, ob katerem na Cerknjskem polju ni ojezeritve.

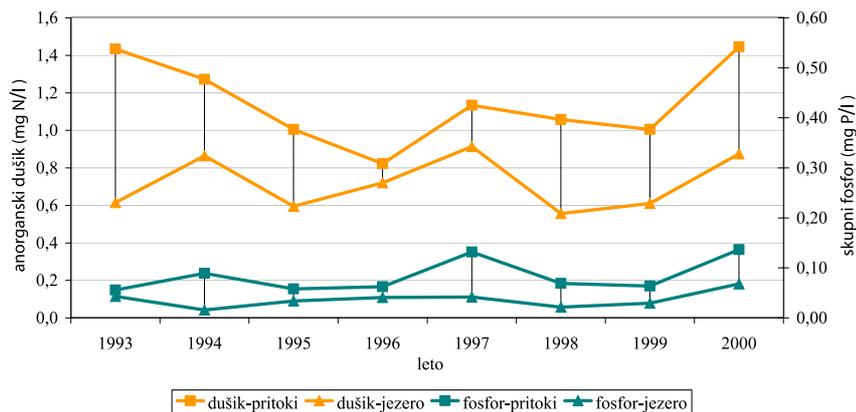
Zaradi presihanja težko govorimo o staranju oz. evtrofikaciji Cerknjskega jezera (Gaberšček et al., 1994). Značilnost jezera je veliko nihanje vodne gladine in bujna poraščenost z vodnimi rastlinami. Nekatere rastline začno svoj razvoj kot prave vodne rastline s potopljenimi listi, potem pa ga nadaljujejo kot kopne rastline. Prevladujoča rastlina na Cerknjskem jezeru je navadni trst, *Phragmites australis*. Kadar je jezero napolnjeno z vodo, značilna močvirska vegetacija deluje kot velik biološki čistilni sistem. Hranilne snovi hitro krožijo in se stalno vgrajujejo v biomaso. Ko jezero presahne,

naravna »čistilna naprava« preneha delovati, voda se zbere v strugi Stržena in kakovost se poslabša. Nihanje vodne gladine je osnovni dejavnik, ki vpliva na večino procesov v ekosistemu in ohranja njegovo stabilnost. Količina vode, vnos snovi iz zaledja in prisotnost zelenih rastlin so trije ključni dejavniki, ki vplivajo na kakovost vode v Cerkniškem jezeru. Na Cerkniško polje se stekajo številni pritoki. Z vznožja Slivnice priteka manjši potok Martinjščica. Vodo z Bloške planote prinašata kraška izvira Žerovniščica in Lipsenjščica. Najpomembnejši kraški pritok je Obrh, ki prinaša vodo z Loškega polja. Na površje pride na jugovzhodnem delu polja kot Cemun in Obrh. S severa priteče na Cerkniško polje Cerkniščica. Med pritoki je najslabša kakovost Cerkniščice, Žerovniščice in Martinjščice, ki so stalno onesnažene s fekalijami. Jezero tudi v času nizkih vodostajev ne kaže fekalnega onesnaženja in vsebnost hranilnih snovi je nižja kot v pritokih (graf 4.4). Na večini zajemnih mest prevladujejo organizmi značilni za 1. do 2. ali 2. kakovostni razred. Slabša je le kakovost Cerkniščice, kjer je večina organizmov značilna za 2. do 3. kakovostni razred.

Na severozahodnem apnenčastem obrobju polja so številni požiralniki in ponori. Najslabša je kakovost v ponoru Karlovica, kjer je vpliv onesnažene Cerkniščice največji.

Zaradi goste makrofitske vegetacije in spreminjajočih se hidroloških razmer fitoplankton v Cerkniškem jezeru ne tvori masovnih populacij. Prevladujejo predstavniki zlato-rjavih alg (*Chrysophyta*) z najpogosteje zastopanim rodem *Dinobryon*. Značilno je, da se poleg planktonskih vrst v vzorcih pojavljajo tudi vrste, ki so značilne za prerast, kar je predvsem posledica majhne globine vodnega ekosistema. Osnovna značilnost zooplanktona na območju Cerkniškega jezera je velika vrstna pestrost in razmeroma majhno število osebkov v vzorcih. Prevladujejo vrste, značilne za tople in plitve stoječe vode. Vse najdene vrste so razmeroma dobro poznane in splošno razširjene. Izjema je vodna bolha, *Polyphemus pediculus*, ki je v Sloveniji znana le s te lokacije in se občasno pojavlja v večjem številu. Vse vrste se pojavljajo zlasti v pomladanskem času in so po doslej zanih podatkih vezane na nekoliko manj eutrofizirano okolje. Stalen element zooplanktonске združbe v času upadanja jezera, ko se trofičnost sistema poveča, je vrsta *Bosmina longirostris*, ki je značilna za bolj eutrofne stoječe vode.

Čeprav zaradi presihanja problemov prekomerne obremenitve s hranilnimi snovmi in s tem povezane eutrofikacije na jezeru ni čutiti, so v prispevnem območju nujni ukrepi, ki bi



zmanjšali obremenjenost, predvsem pa fekalno onesnaženje nekaterih pritokov.

Zadrževalnika Mavčiče in Vrhovo sta nastala po zavezitvi reke Save za istoimenskima vodnima elektrarnama. Program monitoringa je naravnano na posamezna vzorčenja v sušnem poletnem obdobju, ko se zaradi manjšega pretoka kakovost vode v obeh omenjenih zadrževalnikih poslabša. Za to obdobje so značilna tudi izrazita površinska »cvetenja« rastlinskega planktona, ki prenehajo, čim se pretok poveča. V obeh zadrževalnikih med »cvetenjem« prevladujejo zelene alge (*Chlorophyta*). Cianobakterije (*Cyanophyta*), ki za razvoj večje populacije potrebujejo daljše obdobje stabilnih razmer, se pojavljajo le posamično. Vsebnost celotnega fosforja in anorganskega dušika je v zadrževalniku Vrhovo večja kot v Mavčičah, vendar je »cvetenje« v zadrževalniku Vrhovo manj intenzivno, kar pripisujemo tudi večji pretočnosti.

Na stanje zadrževalnikov vplivajo predvsem količina in lastnosti snovi, ki vanjo pritekajo iz industrijskih, kmetijskih in urbanih območij povodja. Izboljšanje lahko dosežemo le z zmanjšanjem onesnaževanja s prispevnega območja.

Graf 4.4: Povprečna vsebnost skupnega fosforja in anorganskega dušika v Cerkniškem jezeru in pritokih

Slika 4.4: V obdobju pred sanacijo so bila v Blejskem jezeru pogosta dolgotrajna »cvetenja« cianobakterije *Planktothrix rubescens* (DC. ex Gomont) - povečano 500x.



(foto: Špela Remec - Rekar)