

UDK 551.44.46.06(497.12)=863

Novejša sledenja kraških voda v Sloveniji po letu 1965

Recent tracings of karstic waters in Slovenia

Dušan Novak

Geološki zavod Ljubljana, Dimičeva 14, Ljubljana

Kratka vsebina

Po letu 1965 je bilo posebno za praktične potrebe vodnega gospodarstva in oskrbe z vodo na številnih mestih opravljeno sledenje podzemeljskih vodnih tokov. Podajamo pregled teh poskusov, ki so bili narejeni na Geološkem zavodu Ljubljana in so dopolnjeni s podatki, ki so bili že objavljeni.

Abstract

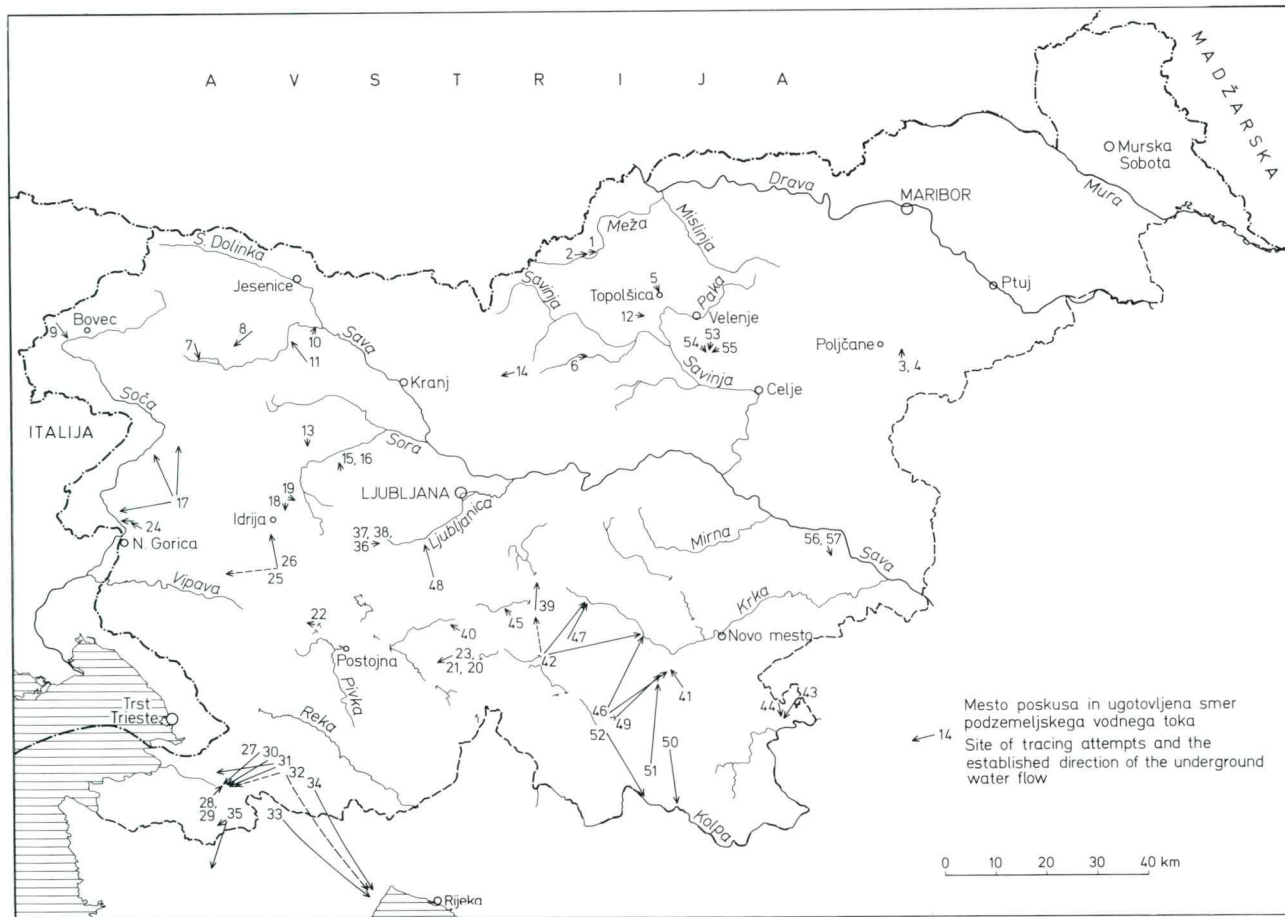
In the period after 1965, for the needs of water management and water supply, tracing of underground water courses was undertaken at numerous localities in Slovenia. This paper presents a short account of these attempts, which were carried out by the Ljubljana Geological survey, and are supplemented by some already published data.

Uvod

V pregledni speleološki karti Slovenije omenja Habič (1982 a), da imamo ob Dravinji 2-5 % krasa, v Posotelju 10-30 %, v Posavju 30-50 %, ob zgornji Savinji in v povirju Save nad 50 %, ob Vipavi in Notranjski Reki pa ga je 50-70 %. V južni Sloveniji, to je na Krasu, Notranjskem in Dolenjskem, je krasa 70-90 %. Sodijo, da je krasa v Sloveniji okoli 46 %.

Značilnosti krasa je opredelil Šerko (1947) med drugim tudi s pomanjkanjem površinske vodne mreže ali s prekinjeno in redko rečno mrežo. To je zbudilo pozornost že prejšnjih raziskovalcev, še bolj pa tu živečega prebivalstva (Kranjc, 1982), za katerega je bilo poznavanje zvez med požiralniki in izviri življenjsko pomembno. Zato je na raziskovanja teh povezav odpadel velik delež pri raziskovanju krasa že konec preteklega in v začetnih desetletjih tega stoletja pa vse do danes.

Prvi kritični pregled sledenj podzemnih kraških voda do leta 1946 je podal Šerko (1946), ki je povzel rezultate predvojnih barvanj ponikalnic v Sloveniji. Naslednji pregled sledenj, povojnih, je leta 1965 podal Gamš na podlagi dokumentov DZRJS,



Sl. 1. Smeri tokov kraških podzemeljskih voda v Sloveniji
 Fig. 1. Directions of karstic underground waters in Slovenia

vodnega gospodarstva, Instituta za raziskovanje krasa in Hidrometeorološkega zavoda. Del tega pregleda je tudi kasnejši pregled barvanj v porečju Ljubljane (Čadež, 1973), ki pa se pri podatkih nekoliko razlikujeta. Kombinirano sledenje v zaledju izvirov Ljubljane je pojasnilo nekatere zadrege, odprlo pa je zopet problematiko raztekanja kraške podzemeljske vode ob višjih vodah (Bauer et al., 1976).

V okviru različnih, predvsem praktičnih nalog so bila po kraškem svetu opravljena sledenja večjega in manjšega obsega. O njih obstajajo objavljena poročila, mnogo podatkov pa je tudi še po arhivih. Iz dostopnih virov povzemamo njih rezultate in jih prikazujemo tabelarično in na karti (slika 1).

Mnoge raziskave še niso končane, npr. sledenja na Senožškem krasu. O njih bodo podatki kasneje bržkone objavljeni.

Sledenja v rudiščih

Omeniti kaže sledenja podzemeljskih vodnih tokov v območju rudišča Mežica (tabela 1; sledilni poskus št. 1 in 2), ki so pokazala in nakazala različne načine pretakanja podzemeljske vode v takih masivih (Novak, 1962). Kasnejša sledenja prenikajoče vode pa so pokazala na spremembe hidrogeoloških razmer (Gosporič & Štruel, 1983).

Rudarsko-hidrogeološke raziskave v rudišču Črna pri Kamniku leta 1963 (14) in v idrijskem rudišču (Novak, 1964, 1971) so pokazale, da potok Črna napaja tudi eno glavnih zajetij za kamniški vodovod, zajetje pri Špilerju v Godiču. Raziskave v Idriji so pokazale, da je potrebno poznati podrobnosti geološke zgradbe. Na tej osnovi lahko izbiramo tudi sledilo. V Idriji je bila poleg uranina uporabljena tudi kuhinjska sol in izkazala se je kot dober raziskovalni pripomoček. V Črni in Idriji smo sledili prenikanje površinskih voda v dele rudnikov.

Kras v Alpah in predalpskem hribovju

V Alpah so skušali z raziskavami določiti razvodnico med porečji oziroma padavinsko zaledje posameznih izvirov (Novak, 1979). Sledenja so bila opravljena v bohinjskih gorah, na Pokljuki (8) in na Jelovici (10, 11) ter na Kaninu (9); neuspešen pa je bil poizkus na Velem polju. Poizkus barvanja v Breznu pri gamsovi glavici (7) je dal zanimiv podatek o smeri in načinu odtekanja globokih vodnih tokov. Omeniti kaže tudi sledenje v Triglavskem breznu (Gams, 1966 b), ki je pokazalo odmakanje proti Bistrici. Barvanje v I. jezeru v dolini Triglavskih jezer je nakazalo odtekanje v smeri proti Zadnjici, sicer pa je bilo opazovanje zelo nezanesljivo.

Preiskovali smo tudi zakrasele Dobrovlje. V Zijalki pod Sv. Urbanom smo obarvali manjši ponikovalni potok, vendar barve v izviru nismo uspeli dočakati. V obrobju Menine smo ob Dreti pod Gornjim gradom (6) opazili požiralnike, v katere je ponikovalo okoli 10 l/sek vode. Pričakovati je bilo, da ta voda napaja bližnje izvire Kroke pri Bočni, vendar se je barva pokazala že v nekaj deset metrov oddaljenih izvirih »pri Fričlju«, tudi na desnem bregu Drete; vzporedni podzemeljski tok torej. Sicer opazovanja kažejo, da vodno stanje Drete vpliva na pretok zviru Kropa, vendar je bilo med tem poizkusom vodno stanje razmeroma nizko (Novak, 1975).

Območje Idrijskih Ledin so raziskovali v letih 1983 do 1986. Z raziskovanjem so

Tabela 1. Pregled pomembnih sledenj podzemeljskih voda v Sloveniji
Table 1. Important investigations of underground waters in Slovenia

Požiralnik Ponor	Datum barvanja Date of tracing	Nadm. viš. v m a. s. l. in m	Q l/s	Pojav barve Coloured spring	Datum pojava barve Date of appearance
Karavanke					
1. Helenski potok	13. 9. 1960	880	33	2., 14. in 15. obzorje	13. 9. 1960
2. Topla	13. 7. 1961	825	120	11., 14., 15. obzorje	13. 7. 1961
3. Potok pod Savškim vrhom	23. 6. 1969	680	10	Izviri v Studenicah	
4. Požiralnik pod Domišaki	23. 6. 1969	370	cca 2	Jama Belojača	
5. Požiralnik pri Ceglarju, Topolšica	17. 11. 1971	500	8	Topliški izvir Toplica Vrtina	
Alpe in predgorje					
6. Požiralnik Drete pri Friclju				Izvir pri Friclju	
7. Brezno pri gamsovi glavici	10. 8. 1972	1440	2	Bohinjsko jeze- ro, v Ukancu	
8. V mlakah, Pokljuka	15. 8. 1978	1330		Studenci	
9. Prestreljeniški podi, Kanin	9. 8. 1977	2180		Izvir ob Boki Sušec Potok Žvika Bočič	
10. Talež, Jelovica	11. 8. 1978	700		pri Šmelcerju	
11. Blatnica	19. 10. 1978	1040		Obrne	
12. Rupe v Zaloki	11. 4. 1978	908	0,5	Ljubija	
13. Voljaršica	8. 8. 1974	700-750	10-15	Izviri Voljaršice	
14. Črna pri Kamniku	19. 4. 1963	538	230	Staro zajetje v Godiču	
15. Potok v Kevdrarski grapi, Hotavljje	3. 10. 1973	550	10	Zg. izvir v zajetju	
16. Potok nad Kopo, Hotavljje	17. 10. 1973	500	20	Sp. izvir v zajetju	
17. Čepovski dol	12. 9. 1980	595	10	Mrzlek Bokalci Bolter Hotešek	1. 10. 10. 10.

Q l/s	Nadm. viš. v m a. s. l. in m	Razdalja v km Distance in km	Višinska razlika v m Altitude differen- ces in m	Čas v urah First passage in hours	Hitrost Velocity cm/s	Barval Author	Vrsta barvila Tracer
37	728 393 375	0,9 1,5	152 487 506	1,40 3,40 6,30	15 11,3 6,4	Geološki zavod Ljubljana	uranin
8	392 458	3,5	433 367	4	24,3	Geološki zavod Ljubljana	uranin
	290-262	2,3	380-418	104-144	0,61-0,44	Geološki zavod Ljubljana	uranin
0,3	360	0,4	10	34	0,32	Geološki zavod Ljubljana	uranin
	374,2 374,2 374,2	1,100	125,8	45 70 70	0,67 0,43 0,43	Geološki zavod Ljubljana	uranin
		0,030		4	0,2	Geološki zavod Ljubljana	uranin
532		1,5	908			Jamarski klub Železničar	uranin
630		4,4	700		1,0	Geološki zavod Ljubljana	uranin
530 415 359 395		4,3-4,5	1665		0,52	Geološki zavod Ljubljana	uranin
430		1,700	270		0,27	Geološki zavod Ljubljana	uranin
550		2,8	490			Geološki zavod Ljubljana	rodamin
100	720	1,68	188	23	2,02	Inštitut za raz- iskovanje krasa	uranin
200	650-670	0,630	50-70	12	1,45	Geološki zavod Ljubljana	uranin
20	432	1,1	100			Geološki zavod Ljubljana	uranin
475		0,400	75	4	2,7	Geološki zavod Ljubljana	5 kg uranina
475		0,35	25	4	2,4	Geološki zavod Ljubljana	5 kg uranina
48 57 245 220		13 12,6 7,6 9	437	444	5,81	Inštitut za raz- iskovanje krasa	

Požiralnik Ponor	Datum barvanja Date of tracing	Nadm. viš. v m a. s. l. in m	Q l/s	Pojav barve Coloured spring	Datum pojava barve Date of appearance
18. Jama v Ledinah	24. 10. 1984		2	Peklenska grapa izvir Pečnik	
19. Požiralnik v globinah	24. 10. 1984 4. 6. 1986			Izvir Osojnice	
Dinarski kras					
20. Križna jama, I. jezero	1965	609,5	140	I. Kitlovo brez- no Dežmanov rov Šteberšica	11. 10.
21. Križna jama, II. jezero	1965			I. jezero Šteberšica	
Jama pri Predjami, Ozki rov	1963			izviri v Sever- jevi dvorani	
22. Belšica v Grapi				izviri v Sever- jevi dvorani	
Mrzlek v Bukovju				izvir v Ozkem rovu	
23. Mrzla jama, Bločiško polje	1959	602		Šteberšica	
24. Slatna pri Grgarju	1966			Bokalci	
25. Vodice, Trnovski gozd	1982	915	20	Divje jezero Podroteja Hubelj (?) Vipava (?)	11. 11. 11. 11. 6. 11. 6. 11.
26. Črni Vrh nad Idrijo	1982	680	15	Divje jezero Podroteja Hubelj (1)	10. 11 10. 11. 13. 11.
27. Ločica v Brezovici	10. 4. 1985	510	5	izvir Rižane R-5	14. 4. 14. 4.
28. Slov. Gračišče	10. 4. 1985	280	5-7	izvir Rižane	16. 4.
29. Smokavska voda	10. 4. 1985	278	6	izvir Rižane Sušec, Sopot (?) Sv. Ivan (?)	20. 4.
30. Pogoran v Jezerini	13. 5. 1986	500-520	81	izvir Rižane Osapska Reka izvir v Mlinih (?) Sv. Ivan (?) pri Opatiji (?)	1. 6.
31. Hotičina	13. 5. 1986	350	8	izvir Rižane	1. 6.

Q l/s	Nadm. viš. v m a. s. l. in m	Razdalja v km Distance in km	Višinska razlika v m Altitude differen- ces in m	Čas v urah First passage in hours	Hitrost Velocity cm/s	Barval Author	Vrsta barvila Tracer
		2,1	270	75	0,78	Hidrometeorološki zavod	uranin
		2		12	4,62	Hidrometeorološki zavod	rodamin
560		1,70	49,5	130	35 1,5 0,36	Geološki zavod Ljubljana	uranin
						Geološki zavod Ljubljana	uranin
		0,120	21	1	2,33	dr. Habe	uranin
		1,13	49	14,5	2,16		
		0,250		14,3	0,48		
Štirn							
		2		48	1,15	Inštitut za raz- iskovanje krasa	troši spores
298 m³/s	302	11,9	620	336	35 m/h	Inštitut za raziskovanje krasa	uranin
231 m³/s	295	12,4		327	39		
	220	13,5		217	62		
	98	10,0		217	46		
	302	6,1		300	20 m/h	Inštitut za raz- iskovanje krasa	rodamin
	295	6,5		300	22		
2,82 m³/s	220	10,0		372	27		
	49	12		132	2,8	Geološki zavod Ljubljana Hidrometeorološki zavod	uranin
69		3,2		156	0,5	Geološki zavod Ljubljana	rodamin
		4		252	0,3	Geološki zavod Ljubljana	bakte- riofagi
69		16		440 511	0,97	Geološki zavod Ljubljana	rodamin
69		12,5		482		Geološki zavod Ljubljana	bakte- riofagi

Požiralnik Ponor	Datum barvanja Date of tracing	Nadm. viš. v m a. s. l. in m	Q l/s	Pojav barve Coloured spring	Datum pojava barve Date of appearance
32. Velika voda v Malih Ločah	13. 5. 1986	500	79	Rižana (?) Osapska Reka Mlini (?) Sv. Ivan (?)	3. 6.
33. Dane pri Vodicah	6. 5. 1987	590	5	Opatija izviri pri Admiralu in Kristalu	17. 5. 1987
34. Račiške dane	6. 5. 1987	470	80	Opatija Medveja, avtokamp	23. 5. 1987 19. 5. 1987
35. Movraž	6. 5. 1987	170	10	izvir v Mlinih Bolaž Sv. Stepan	7. 5. 12. 5.
36. Bela nad Vrhniko	30. 6. 1968			Kožuhov studenec	
37. Majerjeva grapa, Zaplana	16. 7. 1970	520	70	Hribski potok	
38. Korita				Primčev in Bačakajev studenec	
39. Podpeška jama	1982	437	10	Šica, M. Račna izviri Krke	
40. Ravniščica, Bloke	1981	728		Izviri pri Mramorovem	
41. Črmošnjice	1983	195	2	Radeščica	
42. Tržiščica	1984		194	Podpeška jama (?) Globočec Tominčev studenec Šica-Dvor	
43. Priseljski potok	1985	375		Obrh-Metlika Metličica (?) Vušivec (?)	
44. Sušica	1986	463		Obrh Metličica Vušivec (?)	
45. Vratnica , Velike Lašče	1987		8	Šumnik Peči	
46. Vodna jama v Klinji vasi		475		Tominčev studenec Obrh Radeščica	
47. Rpača v Strugah	6. 4. 1987	409	0,3	Globočec	24. 4. 1987

Q l/s	Nadm. viš. v m a. s. l. in m	Razdalja v km Distance in km	Višinska razlika v m Altitude differen- ces in m	Čas v urah First passage in hours	Hitrost Velocity cm/s	Barval Author	Vrsta barvila Tracer
	69	17,5		- 511	- 0,92	Geološki zavod Ljubljana	uranin
		26		268	2,6	Geološki zavod Ljubljana	rodamin
		22 26		426 310	1,50 2,6	Geološki zavod Ljubljana	uranin
		1 9,5		24 148		Geološki zavod Ljubljana	bakte- riofagi
		2	50	50	1,1	Inštitut za raz- iskovanje krasa	
		5,7	220	47	3,3	Inštitut za raz- iskovanje krasa	
		1,7	125	36-46	1,3	Inštitut za raz- iskovanje krasa	
	321 230	6,4		80 96	2,22 1,85	Geološki zavod Ljubljana	uranin
	684	2,25		22	2,84	Geološki zavod Ljubljana	uranin
	175	3,8	20	12	8,79	Geološki zavod Ljubljana	uranin
40 540	437 251 171 179	8,0 13,5 21 21	68 205 330	7,5 68,5 56,5 57,0	29,6 (?) 5,51 10,2 10,2	Geološki zavod Ljubljana	uranin
	141 136 140	5,6 5,3 5,5	234 239 235	48 96 192	3,24 1,5 0,79	Geološki zavod Ljubljana	uranin
	141 136 140	6,75 7,0 7,1	322 327 323	480 312 312	0,39 0,62 0,68	Geološki zavod Ljubljana	uranin
14 15		0,8 1,15	30 33	12,5 20,0	1,27 1,59	Inštitut za raz- iskovanje krasa	
	171 172 175	16,4 15,8 15,5	304 303 300			Geološki zavod Ljubljana	uranin
	251	0,9	158	429	0,06	Geološki zavod Ljubljana	uranin

Požiralnik Ponor	Datum barvanja Date of tracing	Nadm. viš. v m a. s. l. in m	Q l/s	Pojav barve Coloured spring	Datum pojava barve Date of appearance
48. Rakitna	25. 11. 1986	780	60	Ponikve, pod Štango Ponikve Malnarjev graben Strojarček Zatlerjev izvir	
49. Željske jame	12. 4. 1988	465	60	Obrh Radeščice	30. 4.
50. Koprivnik	8. 4. 1988	610	10	Dolski potok	19. 4.
51. Kačji potok	12. 4. 1988	540	8	Obrh Radeščice Obrh	29. 4. 8. 5.
52. Rinža	12. 4. 1988	460	30	Bilpa	29. 4.
Osamelni kras					
53. Požiralnik v Vrtačah	1974	370		Vzhodni rov v jami Pekel	
54. Rupe pod Kalami	2. 5. 1976	350		Vzhodni rov v jami Pekel	2. 5. 1976
55. Rupe pri Miklavžu	16. 5. 1976	345	0,5	Vzhodni rov v jami Pekel	
56. Rupe pod Krpe- ličnikom, Krško	13. 11. 1987	345	3	Srednik pri Senuši	14. 11.
57. Rupe pod Kalcami, Krško	13. 11. 1987	370	3	Srednik pri Senuši	15. 11.

želeli ugotoviti prispevno območje posameznih izvirov. S sodelovanjem HMZ so barvali v Ledinah in ugotovili, da se je barvilo pojavilo v izviri v Peklenski grapi; voda, ki ponikuje v požiralnike v Globinah severozahodno od Ledin, pa se je pojavila v izviru Osojnice (18, 19) (Feher, 1987).

V območju Volake na jugozahodnem pobočju Blegošja se potok izgublja v zelo razpokanem apnencu (13). Nikjer ni opaziti izrazitega požiralnika. Okoli 500 m nižje se pojavlja voda v nizu izvirov, deloma na levem, deloma na desnem boku doline. Najmočnejši od izvirov daje tudi do 200 l/s in več vode. Obarvali smo potok pred cono prenikanja, barva pa se je pojavila na nekaterih izviri že naslednjo noč. Največji izvir je sprejemal največ vode iz potoka, ki ponikuje, skrajna dva izvira na levem in

Q l/s	Nadm. viš. v m a. s. l. in m	Razdalja v km Distance in km	Višinska razlika v m Altitude differen- ces in m	Čas v urah First passage in hours	Hitrost Velocity cm/s	Barval Author	Vrsta barvila Tracer
160	295	5,4	485	28		Geološki zavod Ljubljana	uranin
	295	5,43	485	43			
250	294	6,85	486	69			
5	293	7,2	487	69			
5-6	290	7,5	490	120			
3100	175	14,7	290	426	0,98	Inštitut za raz- iskovanje krása	eozin
1063	190	10,8	420	258	1,16	Inštitut za raz- iskovanje krása	rodamin
3120	175	19	365	331	1,61	Inštitut za raz- iskovanje krása	bakte- riofagi
1640	172	20	368	619	0,89		
750	196	11,5	264	403	0,79	Inštitut za raz- iskovanje krása	uranin
10-20	275	0,75	95	4	5,2	Turistično dru- štvo Šempeter v Savinjski dolini	uranin
10-20	275	0,95	75	10	1,88	Turistično dru- štvo Šempeter v Savinjski dolini	uranin
10-20	275	0,70	91	22	0,88	Turistično dru- štvo Šempeter v Savinjski dolini	uranin
	180	2,1		30	1,9	Geološki zavod Ljubljana	rodamin
		2,4		29	2,3	Geološki zavod Ljubljana	

desnem bregu pa nista bila obarvana. Različna je bila tudi trdota vode (Novak, 1976). To območje sedaj izkorišča škofjeloški vodovod.

Kazalo bi omeniti tudi poskuse z barvanji v zaledju zajetij za škofjeloški vodovod pri Hotavljah (15, 16), kjer smo iskali vzroke, zakaj se voda v zajetjih kali. Ugotovili smo, da v zajetja pritekata dve manjši občasni ponikalnici, ki spirata snovi s površja.

Ker dotekanje vode v bohinjski predor predstavlja znaten problem, so skušali ugotoviti izvir teh voda. Hidrometeorološki zavod je leta 1966 barval manjši ponika-joči potok na Ravenski planini pod Črno prstjo. Obarvana voda se je pojavila na izviru Bistrice, kasneje pa tudi v dveh izviri v železniškem predoru. Kaže, da je Bistrica glavni odvodnik vode večjega dela Bohinjskega grebena.

Osameli kras

V območju osamelega krasa imamo vrsto raziskav na značilnih manjših kraških področjih. Raziskano je bilo zaledje izvira v Studenicah pod Bočem (Novak, 1974, 1975, 1983 a) (3, 4).

Na Ponikvanski planoti v Savinjski dolini so bila tri sledenja, ki so pokazala, da je zaledje izvira v jami Pekel zelo široko (53, 54, 55) (Novak, 1977). Tudi zaledje izvira Ljubije pod Menino je nakazala ta raziskovalna metoda. (Kranjc, 1979) (12).

Preiskovali so tudi zaledje izvirov v Topolšici, ki pritekajo izpod zakraselega Loma (5). Ugotovljeno je bilo, da jih napaja potok Strmina, ki priteka s tonalita in neprepustnih kamnin in ponikuje v zgornjem delu soteske v požiralniku pri Ceglarju. Barva se je po okoli 45 urah pojavila v hladnem in zajetem Topliškem in v sosednjem izviru, ki smo ga imenovali Izvir v strugi. Po približno 70 urah se je obarvana voda pojavila tudi v topli Toplici in v vodi, ki je tekla iz vrtin, izvrtanih za topliško zgradbo. Koncentracija barve je bila v teh izvirih znatno nižja (Novak, 1975).

V okviru hidrogeoloških raziskav za oskrbo občine Krško z vodo je bilo v letu 1988 opravljeno dvojno sledenje na nekaterih ponikalnicah, ki jih je v posameznih globokih dolinah kar precej. Dve od njih napajata enega od večjih izvirov pri Senuši (Petauer, 1988) (56, 57).

Notranjski kras

V Križni jami je bil leta 1965 poleg požiralnika v Dežmanovem rovu (Novak, 1969 b) obarvan tudi požiralnik drugega jezera (20, 21, 23). Obarvana voda se je pojavila v prvem jezeru in teden dni kasneje zopet v Šteberščici. Niso pa bila opazovana jezera v Kittlovih brezni.

Tudi na Notranjskem je še več manjših barvanj, ki jih dosedanja literatura ni upoštevala. Omeniti velja raziskave v območju Jame pri Predjami (Michler, 1952; Savnik, 1955, 1959), potoka v Severjevi dvorani, potoka v Ozkem rovu, Belščice in Mrzlenka pod Bukovjem (Habe, 1970, 1976), s katerimi so bile razjasnjene nekatere še nedokazane vodne zveze. Brez uspeha sta bili sledenji ponikalnice v Studenem v letih 1954 in 1957 (Habe, 1976). Opazovani so bili potoki ob podzemeljski Pivki (22).

Gams, omenja (1966 a) sledenje s soljo in trosi, s katerimi je iskal in dokazoval povezavo M. Karlovice, V. Karlovice in Svinjske jame z izviri v območju Zeljskih jam in Kotličev. Obe sledenji omenja tudi Čadeževa (1973). Leta 1966 so s trosi iskali povezavo območja Vodice in Slatine pri Grgarju (24) z izviri ob Soči. Domnevajo zvezo z izvirom Bokalci (Habič, 1966). Tudi vodo v Jazbenu so obarvali (leta 1958), vendar barve na površju niso zasledili. Domnevajo odtekanje proti Mrzleku (Hribar & Habič, 1959). Leta 1980 so raziskave na Banjski planoti obnovili. Obarvali so potok v Čepovanskem dolu (17). Barva se je pojavila na površju v Mrzleku, Hotešku in Bolterju (Habič, 1982 b).

Omeniti kaže, da je bilo leta 1984 ponovljeno sledenje Uzmanke. Potrjeni so bili pri Šerku povzeti podatki. Pri raziskavah za oskrbo z vodo Cerknice in njenega zaledja je bilo ugotovljeno, da Ravniščica (43) izpod Ravnika na Blokah odteka v izvir pod Mramorovim (Novak, 1983 c).

V okviru študije o oskrbi z vodo Vrhnike so raziskali zaledje Bele. Barvali so jo pod Lintvernom, nad mestom, kjer prenika v naplavino. Obarvana voda se je znova

pokazala v Kožuhovem studencu. Obarvali so tudi vodo v Majerjevi grapi pod Zaplano. Tudi ta se je pokazala v Hribskem potoku. Voda iz Korit nad Staro Vrhniko se je pokazala v Primcovem in v Bečkajevem studencu (Habič, 1976) (36-38).

V območju nad Planinsko jamo so skušali ugotavljati hitrosti prenikanja skozi 100 m debelo cono apnenca do podzemeljskega rova Planinske jame. Sledilo, ki so ga uporabili, je potovalo le dve uri. Poizkus so ponovili še po izdatnejših padavinah (Habič, 1979; Kogovšek, 1981).

Institut za raziskovanje krasa je razširil raziskave na območje, od koder se raztekajo podzemeljske vode v porečje Idrijce in Ljubljane, kar so nakazale že raziskave v okviru SUWT*.

Ponikalnice na Vodica v Trnovskem gozdu (25-26) odtekajo, kot kaže, v izvire pod Rotejo in v Divje jezero, deloma tudi v Hubelj. Raziskovalci pa dopuščajo tudi možnost odtekanja proti izviru Ljubljane. Istočasno obarvani potok na Črnem vrhu nad Idrijo, kamor odteka tudi kanalizacija, se je pojavil v istih izviri ob Idriji, bržkone pa tudi v Hublju (Habič, 1987).

Primer raztekanja omenja Habič (1987) tudi z Vojskarske planote, kjer so se podzemeljske vode ob raziskavah pred leti, o čemer pa ni objavljene dokumentacije, pojavile tako ob Idriji kot ob Kanomljici.

Dolenjski kras

V novejšem času smo intenzivno raziskovali zaledje izvirov ob Krki in v Beli krajini (Novak, 1987). Obarvan je bil potok v Podpeški jami (39) in ugotovljena je bila zveza z izviri Šice pri Račni in z izviri Krke. Leta 1984 smo obarvali vodo v požiralniku Tentere (42), barvo pa zasledili v Podpeški jami, še isti dan in vse naslednje dni; v Polterci in na Globočcu po 3 oziroma 10 dneh, celo v Šici in Tominčevem studencu pa po 5 oziroma 6 dneh. Rezultat je presenetljiv pa bi kazalo barvanje ob priložnosti ponoviti – morda ob nižjem vodnem stanju.

Leta 1983 smo raziskovali zaledje Obrha Radešnice pri Podturnu. Ugotovljeno je bilo – sicer le z nekaj vzorci, vendar bi ugotovitve težko izpodbijali –, da voda Črmošnjice (41) izpod Občic napaja Obrh Radešnice. Zaledje tega izvira se je tako razširilo tja do Srednje vasi in Brezja. Poleg tega je znana že desetletja stara zanesljiva ugotovitev, da voda iz Željnskih jam v strnjenem toku priteka v Radešnico. Kasnejše analize sedimentov v sosednjih izviri, ki jih je v okviru regionalnih hidrogeoloških raziskav opravil Geološki zavod, so v izviru na Kočevskih Poljanah in v Obrhu našle le redka zrna premoga (Novak, 1987).

Pomembno je bilo tudi barvanje potoka v Vodni jami pri Klinji vasi (46). (Objekt je znan po tem, da vanj odteka neprečiščena gnojnica iz bližnje farme prašičev). Vodna jama je člen v sistemu plitvo pod površjem potekajočih potokov na severnem robu kočevske premogovne kadunje. Podzemeljski tokovi od tam hitro padejo v globlje cone roškega masiva. Barva iz Vodne jame se je pojavila na Tominčevem studencu in v Obrhu Radešnice, nezanesljiv, vendar možen pa je pojav barve v Obrhu (Novak, 1987).

Leta 1986 smo opravili barvanje v požiralniku Rpača v Strugah (47). Barva se je po 18 dneh pojavila v Globočcu. S tem je bilo ugotovljeno zaledje tega izvira tudi v Strugah, vsaj pri nižji vodi (Grm & Novak, 1989).

*Symposium of underground water tracing, 1976.

Odtekanje Vratnice pri Velikih Laščah (45) so sledili s soljo (Kogovšek & Kranjc, 1987; Kranjc & Kogovšek, 1987). Potrdili so domnevo, da voda teče skozi jamo Šumnik v izvir Peči ob Rašci.

Ponovljeno je bilo barvanje potoka na Rakitni (48), ker o barvanjih v povojnem obdobju ni na voljo nobene dokumentacije. Barva se je po pričakovanju pojavila v zajetju Strojareček, v Ponikvah in v nižje ležečih izviri. Žal je bilo opazovanje ustavljeno prej, kot bi se obarvana voda morda lahko pojavila v toplem Padarjevem izviru (Novak & Rogelj, 1987).

V Beli krajini smo z barvanjem Priseljskega potoka in Sušice (43, 44) dokaj natančno določili padavinsko zaledje metliškega Obrha. Seveda so ostale nerešene še nejasnosti o odtekanju Sušice iz nižje ležečih požiralnikov v Trnovcu (Novak, 1989).

Barvanje Vrčice v Vrčici ni dalo rezultata. Inštitut za raziskovanje krasa SAZU je izvedel obsežnejši sledilni poskus, ki naj bi določil padavinsko zaledje večjih izvirov v Beli krajini.

Ponovno so barvali v Željnskih jamah (49) in prišli do enakega rezultata kot pred desetletji. Ponovno so obarvali tudi požiralnike Rinže (52) in tudi tam rezultat ni bil drugačen kot leta 1956. Barva se je pojavila v izviru Bilpa. Iz Koprivnika se je barva po 12 dneh pojavila v Dolskem potoku (50) v Dolu, Obrh Radeščice pa se napaja iz požiralnika Kačjega potoka (51) na severnem robu Šibja.

V prvi polovici marca 1985 se je pojavil dotok vode na obzorju – 40, na zahodni strani premogišča v Kanižarici. Voda je pritekala ob zaglinjenem prelomu in je bila močno kalna. Nekako nad tem prelomom teče na površju manjši potok. Ob potoku se je pred časom v bližini stare transformatorske postaje udrlo, luknja pa je ostala suha. Marca tega leta smo speljali vodo potoka v ta udor; pretok smo ocenili na okoli 5 l/s. Ugotovili smo, da se je barva po treh urah pojavila v izviru v ciganskem naselju, oddaljenem nekaj sto metrov. Izvir je v gozdu, od koder je voda odtekala proti potoku Dobličica. V jami se barva ni pojavila.

Primorski kras

Na Primorskem krasu je bila v okviru raziskav za oskrbo z vodo na Krasu in v zaledju Rižane uporabljena ta metoda pri določevanju smeri pretakanja vode v vrtnah. Rezultati so bili pozitivni in metoda ocenjena kot uspešna tudi v takih razmerah.

Raziskave so se začele že leta 1982 (Krivic, 1987 a, 1987 b). Izvrtanih je bilo več vrtin in vodnjakov, povezave med njimi so raziskovali z barvanjem npr. leta 1985, ko so ugotovili zvezo med V-22 in izvirom, ter leta 1987, ko so ugotovili povezavo med P-25 in vodnjakom R-8. Tedaj so zabeležili tudi znatno zaostajanje sledila v podzemlju v območju piezometra 25.

Omeniti je še kombinirane sledilne poskuse v zaledju izvira Rižane (27-25), sledenje v Gračiškem in Movraškem polju ter na ponikalnicah v Matarskem podolju. O tem bo izdelana posebna študija (Krivic et al., 1987). Potrjeni so bili rezultati Timeusovega (1910, 1928) sledenja Brašnice. Ugotovljeno je bilo tudi, da se proti izviru Rižane odmakajo ponikalnice iz Brezovice, Slovenskega Gračišča in ona v Smokavski vali. Od tam pa se voda odteka tudi proti izviru Mlini in verjetno Sv. Ivanu pri Buzetu. Raziskave so bile razširjene še proti vzhodnim ponikalnicam, Pogoranu v Jezerini, ponikalnici v Hotičini, Veliki vodi pri Malih Ločah, v Dane pri

Vodicah in Račiške dane ter v uvalo Movraž. Tako so razmejili padavinsko območje Rižane in Kvarnerskega zaliva od povodja istrske Mirne.

Tržaški jamarji so preiskovali požiralnike v Lokah pod Ocizlo in ponovno opravili sledilni poskus. Potrdili so *Timeusove* ugotovitve, da se ta voda ponovno pojavlja na površju v izvirih pri Boljuncu. Raziskovali so tudi ponikanje Glinščice pod slapom Sopot. Ugotovili so, da se voda pojavlja nekaj nižje v izvirih na desnem in na levem bregu potoka (Sancin, 1988).

Sklepi

Sledenja ponikalnic so skušala opredeliti potek razvodnic med porečji naših večjih rek in med zaledji posameznih izvirov, ki so že zajeti v oskrbo z vodo ali pa so za ta namen primerni.

V okviru take študije ugotavljamo tudi stopnjo ogroženosti podzemelske vode zaradi onesnaženja in zatem opredeljujemo potrebne sanacijske ukrepe.

Sledenja zadnjih let potrjujejo opazovanja o različnih hitrostih podzemelskih tokov, posebno proti izvirom ob Krki. Pojavlja se potreba po podrobnejši geološki preučitvi neposrednega zaledja Tominčevega studenca in izvirov ob Krki. Obrh je eden od perspektivnih izvirov tega ozemlja. Njegovo zaledje je med območjem, ki se steka k Tominčevemu studencu, in onim, ki se odmaka v Obrhu Radeščice. Slednji je za oskrbo z vodo najbolj neprimeren izvir. Vanj se stekata severno obrobje kočevske kadunje in zaledje Črmošnjice.

Sledenja so ugotovila medsebojno povezanost sicer bolj ali manj ločenih vodnih tokov. Povezava se pojavlja glede na vodno stanje. Križanja podzemelskih vodnih tokov doslej še nismo ugotovili, ob višjih vodah pa se pojavlja raztekanje podzemelske vode v različna porečja. Razvodnice so v krasu odvisne od sprememb vodnega stanja.

V dosedanjih raziskavah je Gams (1965) podčrtal pomen hidrografske strehe na nekaterih področjih našega krasa npr. v Posavskem hribovju, hribovju med Krimom in Kolpo, na zg. Pivki in Brkinih. Čadeževa je (1973) v prikazu sledilnih poizkusov v porečju Ljubljane poudarila opazovanje, da večina podzemelskih tokov sledi smerem predkraškega površinskega odtokanja. Opozorila je še na območja, od koder manjkajo podatki o podzemelskem odtoku, npr. na Bloški planoti, v Snežniku in v Hrušici. Poudarila je potrebo po ponovitvah sledenj ob drugačnem vodnem stanju.

S kombiniranim poskusom v Sloveniji med letoma 1972 in 1975 je bilo zbranih še mnogo drugih podatkov, npr. meteoroloških, hidroloških, kemičnih in speleoloških. Uporabljenih je bilo 14 sledil. Poskus je pokazal na raztekanje podzemelskih voda v območju Hotenjke, od koder teko vode proti Idrijci in proti izvirom Ljubljane. Potrjen je bil neposredni odtok cerkniških voda v izvire Bistre. Hiter podzemeljski pretok s Planinskega in Cerkniškega polja proti izvirom Ljubljane kaže na izdelano in sklenjeno podzemeljsko strugo, ki se cepi v več rokavov šele pred izvirom. Večji vodni kanali so koncentrirani v obrobju Logaške planote med Planinskim poljem in Barjem.

Povečala se je tudi uporaba različnih sledil, ekološko ne vedno povsem opravičljivih, vendar pa ostajajo uranin in njemu podobna barvila še najbolj razširjena in uporabna snov.

Kranjc in Kogovšek (1987) sta uporabila tudi analizo sedimentov in z njo določala pripadnost Vratnice izviru Peči. S to metodo so se ukvarjali že prej, tudi

Kranjc (1982) v območju Male gore, za določanje zaledja Kotnice (Novak, 1969 a) in Hočev ar (Kranjc, 1982) za sklepanje na zaledje voda v Podpeški jami. Metodo lahko uspešno dopolnjujemo z razgibanim režimom trdot, kar kaže na ponikalnice v zaledju.

Strmec podzemeljskega toka ali podzemeljske vode lahko določujemo le na osnovi nadmorske višine požiralnikov in izvirov, hitrost pa na podlagi podatkov o barvanjih. Ti podatki veljajo le za določen podzemeljski tok, ki je odvisen tudi od trenutnega vodnega stanja. Ob višjem vodnem stanju so hitrosti večje, največje ob srednjem vodnem stanju, ob suši so manjše. Prav tako se spreminjajo strmci, ki so ob višjem vodnem stanju manjši, ker se napolnijo razpoke v neki coni in se dvigne piezometrična ravnina, na izvirih pa se izteka le s prepustnostjo ozemlja in struge v podzemlju možna vodna količina. Razgibana podzemeljska struga s svojimi ožinami prepušča le neko »maksimirano« količino, viški pa zastajajo in poplavlajo. Strmec in hitrost sta na krasu le navidezna; v večini primerov ni znana točna podzemeljska pot in za izračun jemljemo le zračno razdaljo med požiralnikom in izvirom. Vijugavost, podzemeljska jezera in sifoni niso upoštevani. Hitrost pretakanja je po predvojnih podatkih med 0,3 in 8,5 cm/s, nove raziskave pa kažejo na Notranjskem 0,2-6,6, Dolenjskem 0,17-29,6, v Alpah med 0,02-24,0 in na osamelem krasu 0,88-5,2 cm/s.

Hitrost je odvisna od vodnega stanja, le redko pa lahko po manjši hitrosti sklepamo na režim, izdelanost in sklenjenost podzemeljske struge podzemeljskega vodnega toka in hidrodinamično cono odtoka. Manjša hitrost dokazuje večjo vijugavost podzemeljske struge in njeno manjšo prepustnost ter daljšo pot v spletu manjših in številnejših razpok. Značilna je velika hitrost otekanja brkinskih ponikalnic proti Rižani. Predvsem na Primorskem so ugotovili, da se sledila lahko dalj časa zadržujejo v podzemlju in je lahko val obarvanja zelo podaljšan.

Nepreiskana ali slabo preiskana so ostala še številna območja. Brez potrebnih raziskav je dokaj pomembno ozemlje Krškega hribovja in Gorjancev (Novak, 1987). Odprte so nejasnosti v območju Radulje, manjkajo podatki s kraških planot predalpskega hribovja, Dobrovelj, Jelovice in Menine.

Recent tracings of karstic waters in Slovenia

A first critical account of investigations was given by Šerko (1946), who revised the results of the pre-war dyeing attempts of the sinking rivers in Slovenia. The first post-war experiments were summarized by Gams (1965). A review of the dyeing efforts was done also on the occasion of a combined tracing experiment within the Ljubljana river basin (Bauer et al., 1976; Čadež, 1973). In this paper are given the results of experiments not comprised in the quoted publications, or which were carried out at a later time mainly in connection with some applied investigations.

The tracing of the sinking rivers after 1965 were aimed to define the courses of the water-sheds dividing river basins, as well as hinterlands of some particular springs already captured for water supply or suitable for such a purpose. Within the framework of these investigations proper attention was paid also to the degree of potential threat of pollution to the groundwaters. Accordingly, the hinterland pertaining to the Tominec spring close to Krka river was defined in detail; it was specified in the same way also for the Radešica Obrh spring as well as for some other springs.

Tracings succeeded in defining the hydrologic link between some more or less

separated water-courses. The connection depends on the position of the water table. On the status of the water-level depends also the velocity of the underground percolation, which indicates also the laboration of the underground spaces and the interconnection of channels and streams. The manifold underground channels featuring narrows, underground lakes and syphons allow only a "maximized" volume to pass, with surplus waters overflowing and flooding.

The tracers employed in karstic regions of the Slovenian littoral were found to persist in underground for quite a long time, with periods of coloured water flow very extended.

The velocities of underground water flows, as determined by recent investigations, are very variable: for the Notranjska region, 0.2 to 6.6 cm/s, for the Dolenjska region 0.17 to 29.5 cm/s, in the Alpine region 0.02 to 24.0 cm/s, and in the isolated karst areas 0.86 to 5.2 cm/s.

There are some parts of Slovenia not yet – or poorly only – investigated. Such areas are within the Krško hills and in the Gorjanci mountain. Additional investigations are needed also in the Alpine regions and in the subalpine Karstic plateaus.

Literatura

Bauer, F., Behrens, H., Bernot, F., Bukvič, B., Buser, S., Dechant, M., Drobne, F., Gospodarič, R., Habič, P., Hötzel, H., Hribar, F., Käss, W., Kolbezn, M., Krivic, P., Lewicki, F., Maurin, V., Miserez, J. J., Koser, H., Mozetič, M., Pičinin, P., Pirš, M., Rajner, V., Rank, D., Stichler, W., Tratnik, M., Verbovšek, R., Zötl, J. G., Zupan, Martina, Zupan, M., & Žibrik, K., 1976, Markierung unterirdischer Wasser. Untersuchungen in Slowenien 1972-1975. Steir. Beitr. zur Hydrogeol., Sonderheft, Graz.

Čadež, N. 1966, Poročilo o barvanju potočka na Ravenski planini leta 1966. Arhiv Železniškega transportnega podjetja Postojna, Ljubljana.

Čadež, N. 1973, Dosedanji sledilni poizkusi v porečju Ljubljane. Medn. simp. sled. podz. voda. Poročila 1, Ljubljana.

Fehér, D. 1987, Hidrogeološke razmere Ledinske planote. Diplomski naloga. Montanistika, FNT, Ljubljana.

Gams, I. 1965, Aperçu sur l'hydrologie du Karst slovène et sur ses communications souterraines. Naše jame, 7, 51-60, Ljubljana.

Gams, I. 1966 a, K hidrologiji ozemlja med Postojnskim, Planinskim in Cerknjskim poljem. Acta carsol., 4, 5-54, Ljubljana.

Gams, I. 1966 b, Poročilo o barvanjih v Dimnicah in Triglavskem breznu. Acta carsol., 4, 151-154, Ljubljana.

Gospodarič, R. & Štrucl, I. 1983, Hidrogeološke raziskave na Peci. Koroški fužinar, 33/3, 24-25, Ravne na Koroškem.

Grm, A. & Novak, D. 1989, Vodne razmere na Dobropolju in v Strugah. Naše jame, 31, 15-25, Ljubljana.

Habe, F. 1970, Predjamski podzemeljski svet. Acta carsol., 5, 5-14, Ljubljana.

Habe, F. 1976, Morfološki, hidrografski in speleološki razvoj v studenskem flišnem zatoku. Acta carsol., 7, 141-213, Ljubljana.

Habič, P. 1966, Hidrologija krasi med Idrijco in Vipavo. Arhiv Inštituta za raziskovanje krasi, Postojna.

Habič, P. 1976, Hidrogeološke značilnosti povodja Bele pri Vrhniku in problemi izrabe kraške vode za oskrbo. Acta carsol., 7, 215-256, Ljubljana.

Habič, P. 1979, O delu Inštituta za raziskovanje krasi v letih 1977-1978. Geografski vestnik, 51, 159-164, Ljubljana.

Habič, P. 1982 a, Pregledna speleološka karta Slovenije. Acta carsol., 10, 5-22, Ljubljana.

Habič, P. 1982 b, Kraški izvir Mrzlek, njegovo zaledje in varovalno območje. Acta carsol., 10, 45-73, Ljubljana.

Habič, P. 1987, Sledilni poizkus na kraškem razvodju med Idrijco, Vipavo in Ljubljano. Acta carsol., 16, 105-118, Ljubljana.

- Habič, P. & Hribar, F. 1960, Jazben, Naše jame 1, 2, 58-64, Ljubljana.
- Kogovšek, J. 1981, Vertikalno oticanje vode na področju Planinske jame. Naš krš, 25/6, 10-11, 125-128, Sarajevo.
- Kogovšek, J. & Kranjc, A. 1987, Kam teče Predvratnica. Naše jame 29; 39-42, Ljubljana.
- Kranjc, A. 1979, Kras v povirju Ljubije. Geografski vestnik, 41, 31-42, Ljubljana.
- Kranjc, A. 1982, Istorijske metode istraživanja voda na Dolenjskem (Slovenija). Naš krš, 6, 3-10, Sarajevo.
- Kranjc, A. & Kogovšek, J. 1987, Kras v okolici Velikih Lašč, Dolenjski kras, 2, 31-35, Novo mesto.
- Krivic, P. 1987 a, Hidrogeološke raziskave povodja Rižane in Osapske reke, II. faza. Arhiv Geološki zavod, Ljubljana.
- Krivic, P. 1987 b, Hidrogeološke raziskave povodja Rižane in Osapske reke. Arhiv Geološki zavod, Ljubljana.
- Krivic, P., Bricelj, M., Trišič, N. & Zupan, M. 1987, Sledenje podzemnih vod v zaledju Rižane. Acta carsol. 16/4, 83-104, Ljubljana.
- Krivic, P., Bricelj, M. & Zupan, M. 1990, Podzemne vodne zveze na področju Čičarije in osrednjega dela Istre. Acta carsol., 18 (1989) 265-295, Ljubljana.
- Michler, I. 1952, Barvanje ponikalnice Lokve pri Predjami. Proteus, 14; 338-342, Ljubljana.
- Novak, D. 1962, Kraške pojave v porječju Meže, Geogr. glasnik, 24, 39-50, Zagreb.
- Novak, D. 1964, Hidrogeologija območja Gozda nad Kamnikom. Naše jame, 6; 20-25, Ljubljana.
- Novak, D. 1969 a, Izvir Kotnice in njegovo hidrografsko zaledje. Varstvo narave, 6, 25-36, Ljubljana.
- Novak, D. 1969 b, O barvanju potoka v Križni jami. Geogr. v., 41, 75-79, Ljubljana.
- Novak, D. 1971, Prispevek k hidrogeološkemu raziskovanju rudišč. Arhiv za rud. i tehnol., 9, 15-16, Tuzla.
- Novak, D. 1974, Osameli kras v podravskem delu SR Slovenije. Acta carsol., 6, 57-78, Ljubljana.
- Novak, D. 1975, Prispevek k sledilnim poizkusom v Sloveniji. Nova proizvodnja, 26, 129-133, Ljubljana.
- Novak, D. 1976, Hidrogeološka opazovanja v Volaki. Loški razgledi, 23, 182-185, Škofja Loka.
- Novak, D. 1977, Hidrogeološke razmere v zaledju jame Pekel. Naše jame, 18, 23-30, Ljubljana.
- Novak, D. 1979, Sledenje podzemeljskih kraških voda v Alpah. Naše jame, 20, 37-40, Ljubljana.
- Novak, D. 1983, Nekaj opazovanj Studeniškega potoka pod Bočem, Bistriški zbornik, I; 507-509, Slovenska Bistrica.
- Novak, D. 1983 b, Barvanje potoka v Podpeški jami. Naše jame, 25, 75, Ljubljana.
- Novak, D. 1983 c, Barvanje Ravniščice na Blokah. Naše jame, 25, 76, Ljubljana.
- Novak, D. 1984, Barvanje Črmošnjice. Naše jame, 25, 95-96, Ljubljana.
- Novak, D. 1985, Izvir Globočec in njegovo zaledje. Naše jame, 27, 5-9, Ljubljana.
- Novak, D. 1987, Podzemeljski vodni tokovi na Dolenjskem. Dolenjski kras, 2. JK Vinko Paderšič-Barteja, 23-27, Novo mesto.
- Novak, D. 1989, Hidrogeološke razmere v zaledju izvira Obrh pri Metliki. Naše jame, 31, 7-14, Ljubljana.
- Novak, D. & Rogelj, J. 1987, Odtekanje vode z območja Rakitne. Naše jame, 29, 17-22, Ljubljana.
- Petauer, D. 1988, Hidrogeološke raziskave območja občine Krško za potrebe vodooskrbe do leta 2050, II. faza. Arhiv Geološki zavod, Ljubljana.
- Sancin, S. 1988, Recenti indagini sulle sorgenti di Bagnoli. Rassegna. Federazione speleologica triestina. 35-38, Trieste.
- Savnik, R. 1955, Barvanje Lokve pod Jamskim gradom. Acta carsol., 1, 175, Ljubljana.
- Savnik, R. 1959, Izviri Vipave. Naše jame, 1, 30-32, Ljubljana.
- Šerko, A. 1946, Barvanje ponikalnic v Sloveniji. Geogr. v., 18, 125-139, Ljubljana.
- Šerko, A. 1947, Kraški pojavi v Jugoslaviji. Geogr. v., 19, 43-70, Ljubljana.
- Timeus, G. 1910, Sui mezzi d'indagine nell'idrologia sotterranea. Bol. Soc. Adr. Sc. Nat., 25/2, Trieste.
- Timeus, G. 1928, Misteri del mondo sotterraneo. Alpi Giulie, 39/1, Trieste.