

**ZNAČILNOSTI PRETAKANJA PADAVIN
SKOZI STROP TABORSKE JAME.**

**THE PROPERTIES OF THE PRECIPITATIONS SEEPING
THROUGH THE TABORSKA JAMA ROOF**

Janja KOGOVŠEK

Izvlaček

UDK 556.34(497.12)

Kogovšek, Janja: ZNAČILNOSTI PRETAKANJA PADAVIN SKOZI STROP TABORSKE JAME

Prispevek podaja rezultate večletnih opazovanj prenikle vode v Taborski jami. Podane so osnovne karakteristike različnih tipov kapljanj in curkov še neonesnažene vode. Podrobno je obdelana reakcija najizdatnejšega curka v jami na intenzivne padavine. Ugotovljena je intenzivnost izločanja sige prek leta.

Abstract

UDC 556.34(497.12)

Kogovšek, Janja: THE PROPERTIES OF THE PRECIPITATIONS SEEPING THROUGH THE TABORSKA JAMA ROOF

The contribution presents the results of several years observations of water percolating in Taborska jama. Given are the main characteristics of different types of dripping and water trickles, not yet polluted. The reaction of the most yielding trickle to intensive rainfall is presented in detail. The measurements of flowstone precipitate supply the intensivity of flowstone deposition over the year.

Naslov - Address

mag. Janja Kogovšek, dipl.ing.chem., razisk. svetnik
Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU
Titov trg 2 YU - 66230 Postojna

V s e b i n a

Uvod.....	143
Mesta vzorčevanja in metodologija dela.....	143
Značilnosti prenikajoče vode.....	144
Podrobno spremljanje vodnega vala.....	149
Izločanje sige.....	154
Sklep.....	155
Literatura.....	155
The properties of the precipitations seeping through the Taborska jama roof (Summary).....	156

UVOD

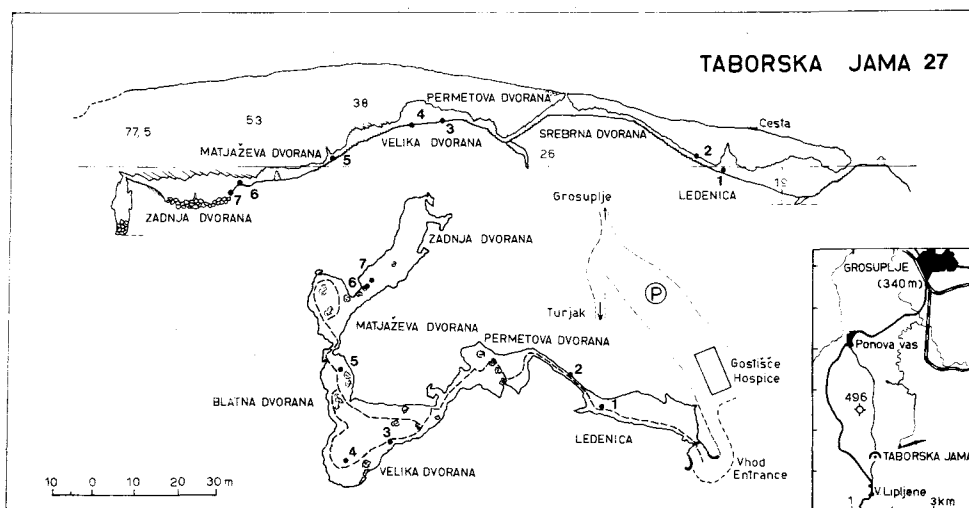
Taborska jama je izvotljena v NE krilu Taborske sinklinale, ki jo grade do 1 m debeli skladi liasnega apnenca. Skladi apnenca so prepreženi z razpokami in prelomi. Skupaj z lezikami in drugimi rupturami sestavljajo prepustno in pretrto kamnino, ki omogoča prenikanje padavin ter korozijsko in sedimentacijsko aktivnost prenikajoče vode. Jama je razvita v dveh etažah na nadmorski višini 450 in 425 m. Ker so aktivni ponori in izviri nižji, je aktivna etaža po Gospodariču nekje na višini okrog 400 m (1987). Po padavinskih podatkih za obdobje 1951 do 1980 za najbližji meteorološki postaji Ljubljana-Bežigrad in Lipoglav ocenjujemo letno količino padavin na tem območju na okoli 1400 mm.

MESTA VZORČEVANJA IN METODOLOGIJA DELA

Že prva ogleda kapljanj in curkov v Taborski jami v namočenem in sušnem obdobju sta pokazala, da priteka v jamo v primerjavi s Planinsko, Postojnsko in Škocjanskimi jamami znatno manj prenikle vode. Razmere v Taborski jami bi lahko nekako primerjali z razmerami v Divaški jami, Vilenici in Dimnicah. Tudi v namočenih obdobjih prevladujejo v jami pretežno kapljanja. Le nekaterim pa bolj prepustni dovodniki omogočajo, da ob izdatnejših padavinah ta preidejo v manjše curke.

Vzdolž jame smo izbrali sedem karakterističnih stalnih kapljanj za nadaljnja redna opazovanja, da nam bi pojasnila dinamiko korozijskih procesov v jamskem stropu, kot tudi dogajanja pri prehodu te vode skozi jamo. Mesta zajema vzorcev so razvidna iz slike 1. Kapljanje oz. curek ob kamninu v Ledenici (1) priteka skozi dobrih 10 m, kapljanje na stopnicah (2) pa skozi 15 m debel strop. V cevko v Veliki dvorani (3) se voda scejja skozi 17 m kamnine. Opazovani curek v Blatni dvorani(5) in curka v Zadnji dvorani (6 in 7) pa pritekata v območju razpoklinske cone preloma, ki poteka od Blatne dvorane v Matjaževu dvorano, le da je v Blatno dvorani strop debel dobrih 30 m, v Zadnji dvorani pa 50m. Večji izdatnosti teh treh curkov je verjetno vzrok obsežnejše zaledje, ki je pogojeno tudi z večjo debelino stropa.

S sistematičnimi meritvami smo začeli v letu 1987, ko smo približno enkrat mesečno vzorčevali na izbranih mestih. Zajeli smo značilna stanja preniklih voda v jami od najmanjših pretokov do velikih pretokov v času izdatnejših in dalj časa trajajočih padavin. Ocenjujemo, da smo zajeli značilna stanja minimalnih voda, da pa smo verjetno zgrešili marsikatero reakcijo izdatnejših curkov ob intenzivnih padavinah, posebno še, ker potek kapljanj oz. curkov ob padavinah sorazmerno hitro naraste in nato hitro upade. Ta opazovanja smo nadaljevali še v letu 1988 in delno v letu 1989.



Sl.1 : Mesta vzorčevanja preniklih voda v Taborski jami

Fig. 1 : Sampling points of seepage waters in Taborska jama

Vzorke smo analizirali po standardnih titrimetričnih in spektrofotometričnih metodah, kot so navedene v Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater (1975) in v Deutsche Einheitsverfahren zur Wasseruntersuchung (1989).

ZNAČILNOSTI PREKAKOČE VODE

Pretoki in temperature

Vzorčevali smo pretežno nizke in srednje vode. Curek v Ledenici in kapljanje na stopnicah v Srebrno dvorano imata sorazmeren potek pretoka, le da dosega curek v Ledenici višje vrednosti. Najskromnejše kapljanje je cevka v Veliki dvorani - njen pretok ne presega nekaj ml min^{-1} . Curek v Blatni dvorani in curka v Zadnji dvorani so najizdatnejši in jim pretok ne pade pod 2 ml min^{-1} . Njihovi pretoki so sorazmerni, vendar z občasnimi zamiki, kar pomeni, da ne gre pri vseh za sočasne reakcije pretoka na padavine.

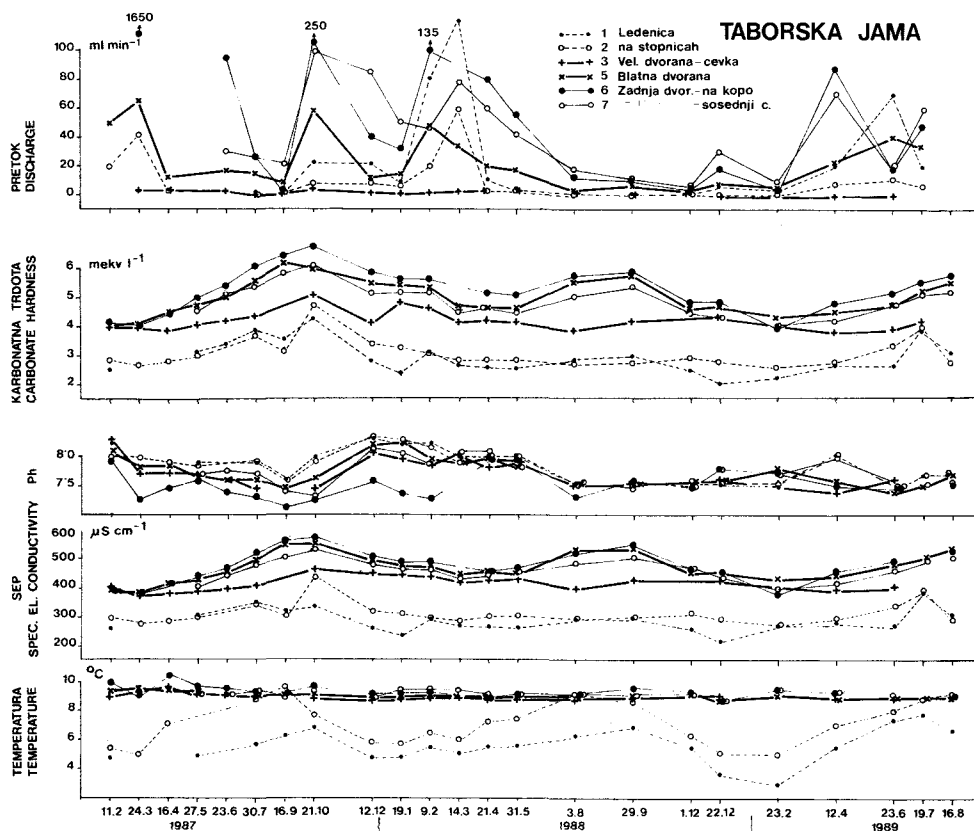
Kako opazovani curki reagirajo na padavine, smo spoznali ob opazovanju vodnega vala junija 1989, ko so padle izdatnejše padavine (34.7mm 22.in 23.6.). Dne 23.6. sta najprej reagirala curka v Ledenici in na stopnicah, nato pa curka v Zadnji dvorani in curek v Blatni dvorani. Kapljanje s stropa v Veliki dvorani je reagiralo dan kasneje, najkasneje pa cevka v Veliki dvorani. Očitno se curki razlikujejo tako po obsežnosti svojega zaledja, kot tudi po njegovi prepustnosti.

Temperatura prenikle vode globlje v jami preko leta pri vseh izbranih kapljanjih le malo niha. Giblje se v intervalu $8.7 - 9.7^{\circ}\text{C}$. Verjetno je to tudi temperatura zraka v tem

delu jame, saj so se vzorci ob nizkih pretokih zbirali tudi več dni. Vendar pa ob visokih pretokih nismo zabeležili opaznejših odmikov, čeprav smo tedaj vzorce takoj zajeli. Temperatura izbranih kapljanj v Ledenici in na stopnicah v prehodu k Srebrni dvorani pa je preko leta močnejše nihala, kar pa je predvsem odraz vpliva zunanje temperature zraka v tem delu Taborske jame. Rezultati meritev in analiz vzorčevanih voda so razvidni iz slike 2, tabele 1,2 in 3 pa podajajo rezultate treh značilnih kapljanj oz. curkov.

Specifična električna prevodnost (SEP) in trdota

SEP je enostavna določitev, ki nam hitro pove količino v vodi prisotnih ionov (velikost mineralizacije), kar nam omogoča orientacijo pri nekaterih nadaljnjih analizah. V grobem so meritve SEP pokazale na dve skupini preniklih voda. Opazno nižje vrednosti sta imeli kapljanji v Ledenici (vrednosti so nihale okoli vrednosti $300 \mu\text{S cm}^{-1}$), ostala kapljanja pa so dosegala vrednosti med 380 in $570 \mu\text{S cm}^{-1}$ in so sezonsko nihala.



Sl.2 : Karakteristike preniklih voda v Taborski jami
 Fig. 2 : Properties of seepage waters in Taborska jama

Prenikla voda ima visoko kalcijevo trdoto, magnezijeva pa je nizka. Od anionov vsebuje predvsem karbonate in od 10 do 18 mg $\text{SO}_4^{2-} \text{ l}^{-1}$. Kloridov vsebuje pod 3 mg l^{-1} , nitratov pod 1 mg l^{-1} in o-fosfatov pod 0.01 mg l^{-1} , kar pove, da so vode, ki prenikajo v Taborsko jamo, še čiste. Zato je SEP pri posameznih vzorcih tudi sorazmerna karbonatni oz. celokupni trdoti. Letna poteka karbonatne in celokupne trdote sovpadata s potekom

Tabela 1

TABORSKA JAMA: Ledenica - 1

Datum	pretok	T	SEP	pH	Karb.	Ca	Mg	Ca+Mg	Nek.
	ml/min	°C	$\mu\text{S/cm}$			mekv l^{-1}			
1987									
11.2.	>100	4.8	258	8.2	2.56	2.59	0.06	2.65	0.09
27.5.	-	4.9	308	7.9	3.16	3.06	0.16	3.22	0.06
30.7.	1.5	5.7	353	7.9	3.90	3.76	0.20	3.96	0.06
16.9.	-	6.3	318	7.6	3.56	3.33	0.27	3.60	0.04
21.10.	22	6.8	337	8.0	3.64	3.53	0.18	3.71	0.07
22.12.	21	4.8	258	8.3	2.82	2.67	0.18	2.85	0.03
1988									
19.1.	8	4.8	233	8.2	2.36	2.33	0.06	2.39	0.03
9.2.	80	5.5	291	8.3	3.08	2.94	0.18	3.12	0.04
14.3.	120	5.1	271	8.0	2.64	2.69	0.21	2.90	0.26
21.4.	11	5.5	264	8.0	2.54	2.57	0.30	2.87	0.33
31.5.	4	5.6	260	8.0	2.49	2.50	0.31	2.81	0.32
3.8.	1	6.3	290	7.5	2.80	3.01	0.08	3.09	0.29
29.9.	1	6.9	300	7.5	2.94	3.16	0.16	3.32	0.38
25.11.	1.5	5.5	261	7.5	2.46	2.70	0.18	2.88	0.18
20.12.	7	3.7	213	7.5	1.98	2.18	0.12	2.30	0.12
1989									
23.2.	4	3.0	270	7.5	2.18	2.78	0.15	2.93	0.75
12.4.	20	5.5	279	8.1	2.58	2.84	0.30	3.14	0.65
23.6.	70	6.7	265	7.5	2.60	2.88	0.28	3.16	0.56
19.7.	20	6.9	384	7.7	3.82	4.00	0.36	4.36	0.54
16.8.	2.8	6.7	305	7.7	3.02	3.26	0.24	3.50	0.48
povprečno:		5.5	286	7.8	2.86	2.91	0.20	3.11	
Minimum:		3.0	213	7.5	1.98	2.18		2.39	
Maximum:		6.9	384	8.3	3.9	4.00		4.36	

Karb.: karbonatna trdota
Ca: kalcijeva trdota
Mg: magnezijeva trdota

Ca+Mg: celokupna trdota
Nek.: nekarbonatna trdota

SEP in so torej višje vrednosti SEP odraz višjih vrednosti karbonatne in vzporedno celokupne trdote.

Najnižje karbonatne trdote ima prenikla voda na opazovanih točkah v Ledenici in Na stopnicah (2 do 4.7 mekv l^{-1} , kar je 100 - 235 mg $CaCO_3 l^{-1}$). To smo tudi pričakovali po izmerjeni SEP te vode. Padavine s površja prenikajo tu hitro skozi tanek strop. Drugače pa prenikla voda v jamo na točki 3 v Veliki dvorani, kjer strop ni bistveno debelejši, prenikla voda pa tam vsebuje kar od 3.8 do 5.1 mekv l^{-1} karbonatov. Najvišje vrednosti karbonatov (kot tudi celokupne trdote) pa so analize pokazale pri najizdatnejših curkih v jami: pri curku v Blatni dvorani in obeh curkih v Zadnji dvorani. Izmed teh je najvišje trdote dosegal curek v Zadnji dvorani, ki pada na kopo. Pri teh curkih je opazno tudi sezonsko nihanje trdot. Višje vrednosti smo zabeležili poleti in jeseni, nižje pa pozimi

Tabela 2

TABORSKA JAMA: Velika dvorana - cevka - 3

Datum	pretok	T	SEP	pH	Karb.	Ca	Mg	Ca+Mg	Nek.
	ml/min	°C	$\mu S/cm$			mekv l^{-1}			
1987									
11.2.	2	8.9	405	8.3	3.92	3.96	0.10	4.06	0.14
24.3.	2.5	9.3	377	7.7	3.90	3.63	-	-	-
16.4.	2	9.7	380	7.7	3.86	3.90	0.10	4.00	0.14
27.5.	-	9.1	386	7.7	4.04	-	-	-	-
23.6.	2	9.2	394	7.6	4.14	-	-	-	-
30.7.	0.3	8.9	409	7.5	4.32	4.18	0.20	4.38	0.06
21.10.	3	8.9	465	7.5	5.10	4.69	0.45	5.14	0.04
22.12.	1.5	8.7	449	8.0	4.06	4.02	-	-	-
1988									
19.1.	0.15	8.8	445	8.0	4.80	4.73	-	-	-
9.2.	1.7	8.9	436	7.8	4.58	4.53	0.10	4.63	-
14.3.	2	8.9	423	8.0	4.10	4.28	-	-	-
21.4.	1.7	8.8	424	7.8	4.16	4.40	0.27	4.67	0.51
31.5.	2.2	8.8	430	7.9	4.09	4.36	0.25	4.61	0.52
3.8.	<0.05	9.0	394	7.5	3.78	-	-	-	-
29.9.	0.1	8.9	423	7.6	4.16	4.42	0.18	4.60	0.44
20.12.	-	9.1	426	7.6	4.24	4.52	0.19	4.71	0.47
1989									
12.4.-19.6		9.0	399	7.6	3.82	4.2	0.23	4.43	0.61
19.7.	-	-	415	7.7	4.10	4.20	0.37	4.57	0.47
Povprečno:		9.0	416	7.75	4.17	4.22	0.27	4.49	
Minimum:		8.8	377	7.5	3.78	3.73		4.00	
Maximum:		9.7	465	8.3	5.10	4.64		5.14	

in spomladi in sicer so se gibale v intervalu med 3.9 in 6.7 mekv l⁻¹, kar pomeni med 180 in 335 mg CaCO₃ l⁻¹. Poteki trdot so razvidni iz slike 2.

Ponovno lahko ugotovimo, da stopnja korozije prenikajoče vode zavisi predvsem od načina prenikanja skozi jamski strop, kjer pa ima lahko določen vpliv tudi njegova debelina.

Tabela 3

TABORSKA JAMA: Zadnja dvorana - curek na kopo - 6

Datum	pretok	T	SEP	pH	Karb.	Ca	Mg	Ca+Mg	Nek.
	ml/min	°C	µS/cm			mekv l ⁻¹			
1987									
11.2.	velik	10.0	390	7.8	4.14	4.04	0.24	4.28	0.14
24.3.	1650	9.1	384	7.2	4.10	4.06	0.18	4.24	0.14
16.4.	-	10.5	412	7.5	4.46	4.26	0.29	4.55	0.09
27.5.	-	9.7	437	7.6	4.98	4.69	0.33	5.02	0.04
23.6.	95	9.6	470	7.4	5.42	5.06	0.43	5.49	0.07
30.7.	27	9.4	522	7.3	6.08	5.71	0.45	6.16	0.08
16.9.	2.5	9.2	555	7.1	6.44	5.96	0.57	6.53	0.09
21.10.	250	9.7	574	7.3	6.36	6.34	0.14	6.48	0.12
22.12.	40	9.2	507	7.6	5.84	5.66	0.19	5.85	0.01
1988									
19.1.	32	9.3	489	7.4	5.62	5.04	0.63	5.67	0.05
9.2.	135	9.4	493	7.3	5.62	5.28	0.39	5.67	0.05
21.4.	80	8.9	455	8.0	5.08	4.97	0.22	5.19	0.11
31.5.	55	9.2	472	7.9	5.04	4.92	0.24	5.16	0.12
3.8.	12	9.2	521	7.3	5.56	5.70	0.14	5.84	0.28
29.9.	10	9.6	543	7.6	5.86	5.90	0.20	6.10	0.24
25.11.	5	9.4	466	7.5	4.82	5.02	0.08	5.10	0.28
20.12.	19	8.8	455	7.8	4.82	4.97	0.12	5.09	0.27
1989									
23.2.	10	9.6	396	7.7	3.90	4.32	0.27	4.59	0.69
12.4.	87	9.4	460	7.5	4.74	4.88	0.25	5.13	0.39
23.6.	vodni val!								
19.7.	60	-	496	7.5	5.02	5.34	0.21	5.55	0.53
16.4.	-	10.5	412	7.5	4.46	4.26	0.29	4.55	0.09
19.9.	22	9.7	558	7.6	5.92	6.17	0.18	6.35	0.43
Povprečno:		9.4	481	7.5	5.27	5.13	0.27	5.4	
Minimum:		9.1	384	7.1	3.9	4.04		4.24	
Maximum:		10.5	574	8.0	6.44	6.34		6.53	

Maksimalna karbonatna trdota v Taborski jami je tudi maksimalna trdota, ki smo jo zabeležili pri naših dosedanjih skoro 15-letnih opazovanjih v jamah na Notranjskem in na Krasu. Vzrok tem visokim vrednostim karbonatov sta morda drugačna vegetacija in podnebje, ki pogojujeta drugačen način razkroja organskih snovi v tleh ter spiranje nastalega CO₂ s padavinsko vodo v razpokane karbonatne kamnine. Tudi izotopske analize te vode so pokazale bistvene razlike v primerjavi s preniklimi vodami v jamah notranjskega in primorskega krasa (J.Urbanc, J.Kogovšek, J.Pezdič, 1990). Morda bi še bolj poglobljene raziskave v tej smeri lahko dale bolj določen odgovor.

Tem visokim vrednostim se še najbolj približujejo trdote prenikle vode v Škocjanskih jamah, kjer smo izmerili vzporedno tudi veliko izločanje sige.

PODROBNO SPREMLJANJE VODNEGA VALA

Večletne meritve prenikajoče vode v Taborski jami so nam podale splošne značilnosti dinamike prenikanja in kemijsko sestavo vode na izbranih značilnih kapljanjih in curkih. Ker pa nas je zanimalo, kako curki v jami reagirajo na določene intenzivne padavine, smo se odločili za vzorčevanje prenikle vode ob naraščanju pretoka v vodnem valu pri curku, ki pada na kopo (curek 6) v začetnem delu Zadnje dvorane.

Ta curek prenika skozi 50 m debel jamski strop v območju pretrte cone preloma, ki poteka v smeri od Blatne dvorane v Matjaževo dvorano (R.Gospodarič, 1987). Voda pada na približno 6 m visoko sigovo kopo in pri polzenju po njej odlaga sigo. Na območju Matjaževe dvorane in začetnega dela Zadnje dvorane je sicer še več občasnih curkov in kapljanj, ki pa se pojavljajo le ob izdatnejših padavinah. Stalen je le še curek, ki priteče v jamo nekaj metrov stran od omenjenega curka in ima manjšo izdatnost (curek 7).

Curek 6 je najizdatnejši stalni curek v Taborski jami z maksimalnim izmerjenim pretokom 2000 ml min⁻¹, ki v daljših sušnih obdobjih preide v kapljanje s pretokom le nekaj ml min⁻¹. Letna nihanja pretoka so sorazmerno velika, letna nihanja temperature pa v območju 1°C. Curek je dosegal tudi najvišjo celokupno in karbonatno trdoto, ki preko leta sezonsko nihata. Visoka vsebnost kalcija in nizka magnezija (le nekaj procentov) pa nakazujeta, da se voda pretaka skozi apnenec z nizko vsebnostjo magnezija.

Meritve pretoka

Za podrobno opazovanje vodnega vala nam je bil dobrodošel naliv 23.6.1989, ko je padlo po meteoroloških padavinskih podatkih za postajo Šmarje Sap od 7.00 dalje 19.5 mm dežja. Deževalo je že prejšnjo noč, saj je v 24 urah prej padlo 15.2 mm padavin, poprej pa še 9 mm, tako da so bila tla že nekoliko namočena. Žal so te vrednosti le orientacijske, ker se količina dežja v poletnih nevihtah že od kraja do kraja zelo spreminja. Nimamo pa tudi padavinske krivulje, ki bi nam pomagala pri ugotavljanju zaostanka reakcije curkov na padavine.

Curek 6 na kopo je reagiral 23.6.1989 ob 9.55, pet minut prej pa smo zabeležili prvo

povišanje pretoka pri sosednjem stalnem curku (curek 7). Iz tabele 4 je razvidno naraščanje pretokov curkov 6 in 7. Grafično to podaja slika 3.

Tabela 4

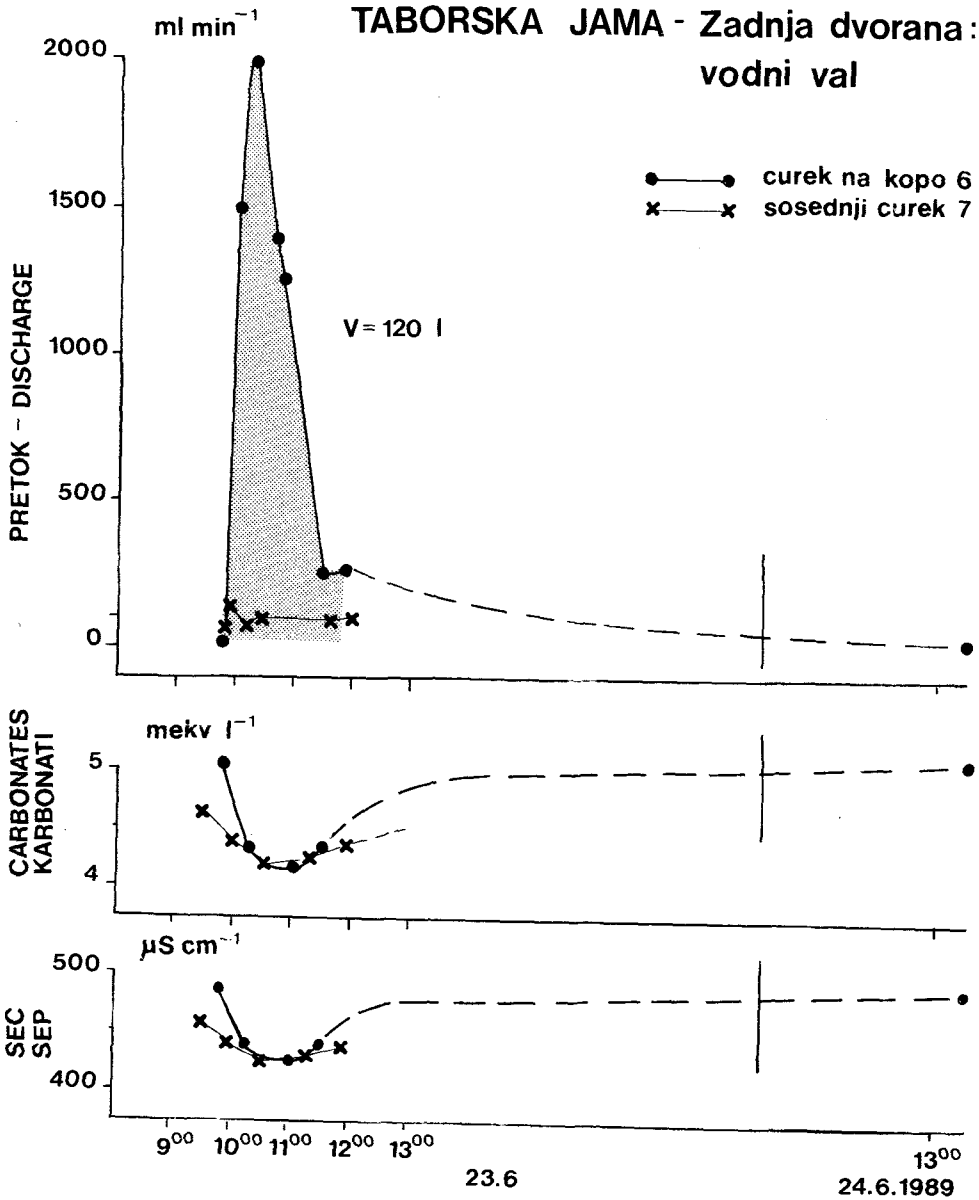
VODNI VAL 23.6.1989

TABORSKA JAMA - Zadnja dvorana : CUREK NA KOPO (6)
SOSEDNJI CUREK (7)

čas meritve pretoka	pretok (ml min ⁻¹)	
	curek 6	curek 7
Začetek naraščanja pretoka	9.55	9.50
23.6.89 pred 9.50		20
" pred 9.55	18	
" 9.50		65
" 9.55		145
" 10.00	1500	
" 10.15	2000	
" 10.15		80
" 10.25		100
" 10.35	1400	
" 10.50	1300	
" 10.55		100
" 11.25	250	
" 11.40		90
" 11.50	270	
" 12.00		100
24.6.89 13.30	27	
19.7.89 11.00	48	60
16.8.89 9.00	3.5	
" 10.00		24
22.8.89 9.00	3.5	
" 10.00		24

Štirinajst dni pred padavinami, ki so sprožile vodni val, ni bilo omembe vrednih padavin. Ob vzorčevanju 19.6. 1989 so bili nekateri pretoki prenizki, da bi lahko nalovili dovolj vzorca, zato smo pustili nastavljenе steklenice do 23. junija, ko je bil pretok curka, ki pada na kopo 18 ml min⁻¹. Minimalni zabeleženi pretok med opazovanji je bil 2.5 ml min⁻¹, kar pomeni, da je bilo zaledje curka pred vodnim valom zmerno zapolnjeno s staro vodo. Curek 6 je v vodnem valu dosegel svoj maksimalni pretok 2000 ml min⁻¹ že po 20 min. Po preteku ure in pol je upadel na 250 ml min⁻¹. Predvidevamo, da je glavni del

vode vala tako iztekel, ker so padavine prenehale in da se je pretok nato bolj ali manj asimptotično približeval vrednosti 27 ml min^{-1} , pretoku, ki smo ga izmerili 24.6.1989 ob 13. 30.



Sl.3 : Opazovani vodni val v Taborski jami

Fig. 3 : Observed water pulse in Taborska jama

Pretok sosednjega curka (7) je začel naraščati 5 min prej, ko pa ga je curek 6 "dohitel", se je njegov pretok umiril in nihal okoli vrednosti 100 ml min^{-1} , kar je razvidno iz slike 3. Izgleda, kot da bi curek 6 deloval kot vakuumška črpalka in pobiral del vode sosednjemu curku. Temu v prid govore tudi trdote curkov v vodnem valu, ki dobro sovpadajo.

Meritve SEP, trdot in sulfatov

V jami smo poleg pretokov merili tudi specifično električno prevodnost (SEP), v laboratoriju pa še karbonatno, kalcijevo in celokupno trdoto ter vsebnost sulfatov. Analize zajetih vzorcev so zbrane v tabelah 5 in 6.

Tabela 5

TABORSKA JAMA - Zadnja dvorana: CUREK NA KOPO (6)
VODNI VAL 23.6.1989

vzorec	čas	SEP			SO ₄ ²⁻			
		$\mu\text{S cm}^{-1}$	pH	Karb.	Ca	Ca+Mg	Nek.	mekv l^{-1}
19.- 23.6.	9.55	488	7.46	5.05	5.29	5.47	0.42	0.22
23.6.	10-10.30	441	7.31	4.34	4.70	4.86	0.52	0.21
	10.30-11.20	427	7.27	4.16	4.53	4.71	0.55	0.20
	11.20-11.50	442	7.26	4.36	4.73	4.92	0.56	0.20
24.6.	13.30	490	7.45	5.10	5.31	5.46	0.36	0.20

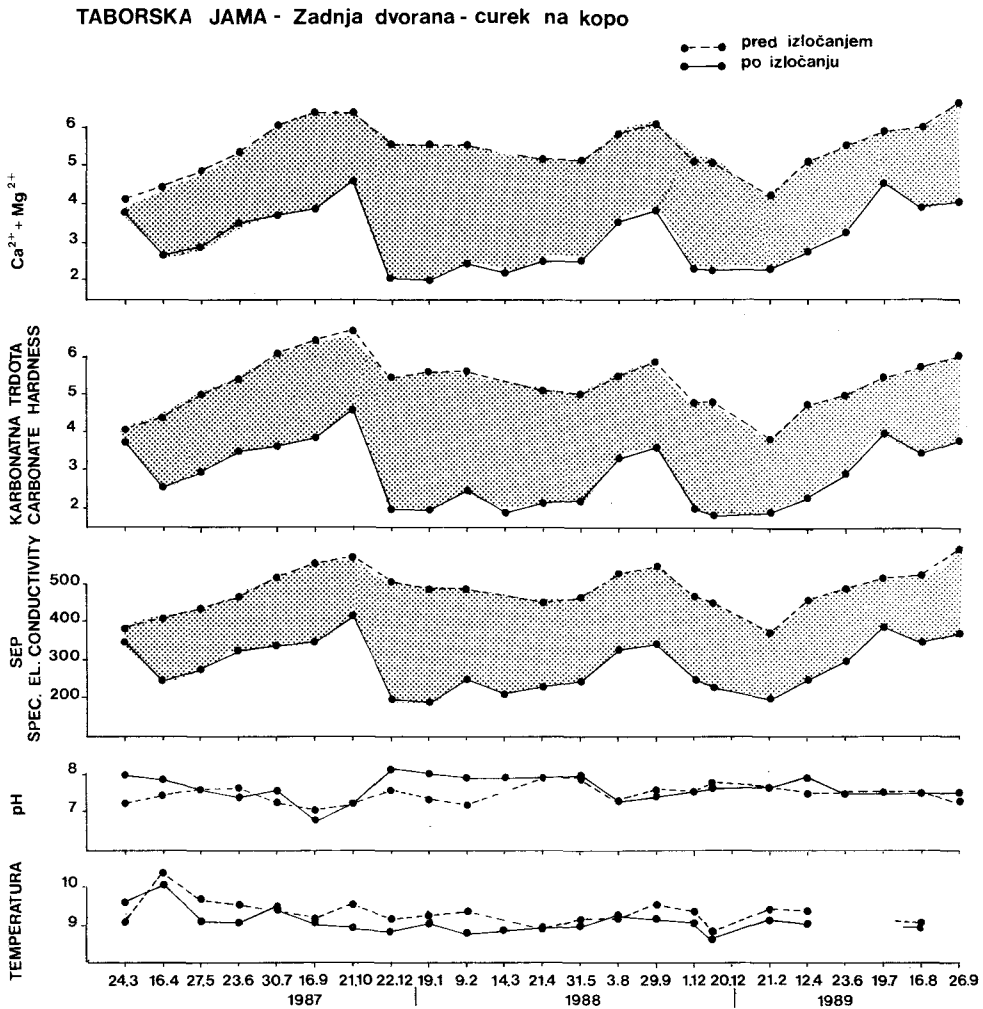
Karb.: karbonatna trdota
Ca: kalcijeva trdota
Ca+Mg: celokupna trdota
Nek.: nekarbonatna trdota
SO₄²⁻: vsebnost sulfatov

Tabela 6

TABORSKA JAMA - Zadnja dvorana: SOSEDNJI CUREK (7)
VODNI VAL 23.6.1989

vzorec	čas	SEP			SO ₄ ²⁻			
		$\mu\text{S cm}^{-1}$	pH	karb.	Ca	Ca+Mg	Nek.	mekv l^{-1}
19.- 23.6.	9.50	458	7.57	4.66	4.90	5.12	0.46	0.27
23.6.	9.50-10.25	441	7.58	4.42	4.79	4.92	0.50	0.27
	10.25-10.55	424	7.58	4.20	4.58	4.72	0.54	0.26
	10.55-11.40	429	7.59	4.26	4.64	4.78	0.52	0.25
	11.40-12.00	437	7.31	4.36	4.72	4.86	0.50	0.25

Meritve SEP so podale obratnosorazmeren potek glede na pretok. Vrednost je pri curku na kopo (tabela 5) od začetnega do maksimalnega pretoka upadla za $61 \mu\text{S cm}^{-1}$, karbonatna trdota za 0.89 mekv l^{-1} , kalcijeva in celokupna trdota za 0.76 mekv l^{-1} , magnezijeva trdota je bila nizka in nismo zabeležili opaznejše spremembe v času vodnega vala. Tudi meritve sulfatov so pokazale sočasen manjši upad njihove koncentracije. Padavinska voda je začela iztiskati staro vodo iz zaledja curka in se s časom vse bolj mešala z njo. Najnižje vrednosti SEP in trdot prenikle vode zamujajo za maksimumom



Sl.4 : Recentno izločanje sige v Zadnji dvorani Taborske jame

Fig. 4 : Recent flowstone deposition in Zadnja dvorana of Taborska jama

pretoka, kar pomeni, da je bil največji delež padavin v prenikli vodi, ko je bil njen pretok že v upadu. Oceno mešanja stare prenikle vode z vodo padavin so omogočile izotopske analize prenikle vode (J.Urbanc, J.Kogovšek, J. Pezdič, 1990).

V vodnem valu je v jamo priteklo približno 120 l vode, kar nakazuje majhno kapaciteto zaledja curka, ki pa je očitno tako organizirano, da zagotavlja curku njegovo stalnost preko leta.

IZLOČANJE SIGE

Bogastvo kapniških oblik v jami priča, da je v preteklosti prenikala v jamo prenašena voda, ki je odlagala sigo. Da ta proces poteka še danes, čeprav izgleda, da v manjšem obsegu, pričajo sedanja kapljanja v jami in sveža siga. Meritve količine sige, ki se izloča iz prenikle vode v Taborski jami, smo zastavili pri curku 6 v Zadnji dvorani, ki pada na kopo in nekako 6 m polzi po njej. Vzorčevali smo vodo, ko priteče skozi jamski strop in ob vznožju kope ter v bližnjih banjicah, v katerih se nabira po polzenju. Določevali smo ji SEP, karbonatno in celokupno trdoto. Rezultati meritev prenikle vode na stropu in po polzenju do druge banjice so razvidni iz slike 4.

Izločanje sige pri nižjih pretokih, nekako do 200 ml min^{-1} , ki smo jih zabeležili ob naših meritvah najpogosteje, je razmeroma veliko in niha v intervalu od 90 do $180 \text{ mgCaCO}_3 \text{ l}^{-1}$ (1.8 do 3.6 mekv l^{-1}). Ob minimalnih pretokih, približno do 10 ml min^{-1} nismo zabeležili opazno večjega izločanja.

Visoki oz. maksimalni pretoki nastopajo v vodnih valovih. Tako smo spomladi 1987 zabeležili pretok 1650 ml min^{-1} in v vodnem valu spomladi 1989 maksimalno vrednost 2000 ml min^{-1} . Iz tega sklepamo, da se maksimalni pretoki curka gibljejo v območju navedenih vrednosti. V takih pogojih je bilo izločanje sige znatno manjše. Iz 1 litra prenikle vode se je izločalo le do 25 mgCaCO_3 .

Ko pade prenikla voda s stropa na sigovo kopo delno prenika skozi jamo, delno pa polzi po njeni površini. Dne 26.9.1989 smo izmerili hitrost polzenja po namočeni kopi ob sicer nizkem pretoku 4 ml min^{-1} . Voda je od vrha do dna kope potovala 30 min, torej s hitrostjo 20 cm min^{-1} . Iz enega litra vode se je izločilo $113 \text{ mgCaCO}_3 \text{ l}^{-1}$, oz. 37% vseh karbonatov. Sklepamo pa, da bi bilo pri tako nizkih pretokih ob slabo namočeni kopi izločanje opazno večje, kot smo že ugotovili z meritvami v podobnih pogojih v Veliki dvorani Škocjanskih jam.

V Taborski jami se ob ugodnih razmerah iz 1 l prenikle vode izloča do 180 mgCaCO_3 oz. do 64% vseh karbonatov v prenikli vodi, ob najvišjih pretokih v vodnih valovih pa pod 10%. Podobne meritve na kapniku Orjaku v Veliki dvorani Škocjanskih jam (J.Kogovšek 1984) so podale, da se tam izloča od 23 do 65% vseh karbonatov, kar pomeni, da se je iz enega litra prenikle vode izločalo od 37 do 170 mg CaCO_3 .

SKLEP

Analize preniklih voda v Taborski jami so pokazale, da so te vode še vedno čiste. Vsebujejo predvsem karbonate in kalcij, malo magnezija in sulfatov, medtem ko so koncentracije kloridov, nitratov in o-fosfatov zelo nizke oz. na meji detekcije uporabljениh metod. Letno količino padavin na tem območju ocenjujemo na 1400 mm, v jami pa prevladujejo kapljanja in le nekatera od njih ob izdatnejših padavinah preidejo v curke. V primerjavi s preniklimi vodami v jamah notranjskega krasa je njihova izdatnost manjša, saj smo izmerili maksimalni izmerjeni pretok 2 l min^{-1} , bolj pa so primerljive s preniklimi vodami v jamah Krasa.

Karbonatne trdote prenikle vode so dosegale vrednosti od 2 do 6.7 mekv l^{-1} , kar je 100 do $335 \text{ mgCaCO}_3 \text{ l}^{-1}$. Različno stopnjo korozije pripisujemo različnemu načinu prenikanja pri posameznih kapljanjih in curkih. Maksimalna vrednost karbonatne trdote je tudi najvišja vrednost, ki smo jo zabeležili pri meritvah v jamah Notranjske in Krasa in se ji še najbolj približujejo prenikle vode v Veliki dvorani Škocjanskih jam. Ta je morda posledica drugačnih podnebnih vplivov in vegetacije na površju ter s tem povezanega razpada organskih snovi.

Podrobno spremljanje vodnega vala najizdatnejšega curka v Zadnji dvorani je pokazalo na skromno kapaciteto njegovega zaledja v primerjavi s opazovanimi curki v Planinski jami, vendar pa s tako organizirano mrežo prevodnikov, ki mu zagotavljajo stalnost. Izdatno mešanje stare vode v zaledju curka s padavinsko vodo so podale tudi izotopske analize (J. Urbanc, J.Kogovšek, J.Pezdič, 1990).

Recentno izločanje sige smo ugotavljali na kopi v Zadnji dvorani, na katero pada prenikla voda z največjo vsebnostjo karbonatov. Iz enega litra prenikle vode se je tekom leta izločalo pri pretokih do 200 ml min^{-1} od 90 do $180 \text{ mgCaCO}_3 \text{ l}^{-1}$, le pri maksimalnih zabeleženih pretokih (cca 2000 ml min^{-1}), ki nastopajo v vodnih valovih, manj, približno 25 mgCaCO_3 iz litra prenikle vode. Tako izdatno izločanje sige smo izmerili le še v Škocjanskih jamah, kjer se je iz enega litra prenikle vode izločalo do 170 mgCaCO_3 , kar pomeni tako kot v Taborski jami do 65% vseh karbonatov v prenikli vodi.

LITERATURA

- Gospodarič, R., 1987 : Speleogeološki podatki Taborske jame in njene okolice. Acta carsologica, 16,17-34, Ljubljana
- Kogovšek, J., 1984 : Vertikalno prenikanje vode v Škocjanskih jamah in Dimnicah. Acta carsologica, 12, 49-65, Ljubljana
- Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 14th Edition, 1975
- Urbanc, J., Kogovšek, J., Pezdič, J., 1990: Izotopska sestava kisika in ogljika v vodi iz Taborske jame. Acta carsologica, 19. 157-163, Ljubljana
- Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlamm-Untersuchung, 22.Lieferung, 1989

THE PROPERTIES OF PRECIPITATIONS SEEPING THROUGH THE TABORSKAJAMA ROOF

Summary

In Taborska jama the analyses of seepage waters have shown that these waters are not always pure. They mostly contain carbonates and calcium, a little magnesium and sulphates, the concentrations of chlorides, nitrates and o-phosphates being very low, on the detection limit of the used methods respectively. The annual rainfall amount of the area is estimated to 1400 mm; in the cave small trickles prevail and some of them only are influenced by heavy rainfall to alter into water jets. Compared to seepage waters in the caves of Notranjska karst the yielding is smaller, the maximal measured discharge being 2 l min^{-1} ; they could be better compared to waters from the classical Kras caves.

Carbonate hardness of seepage water reaches the values from 2 to 6.7 mekv l^{-1} , which means 100 to $335 \text{ mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$. Different corrosion effect is due to different way of percolation at particular drippings and trickles. Maximal value of carbonate hardness is the highest value which was evidenced while measuring in the caves of Notranjska and Kras and the most similar are the seepage waters from Velika dvorana in Škocjanske jame; this value is maybe the effect of different climatic influences and vegetation on the surface and connected decay of organic matters.

Detailed measurements of water pulse of the most yielding trickle in Zadnja dvorana have shown modest capacity of its background compared to similar observed trickles in Planinska jama, but the net of conduits assures its stability. The isotopic analyses have shown mixing of old water stored in the trickle background with precipitation water in large scale (J.Urbanc, J.Kogovšek, J.Pezdič, 1990).

The recent flowstone precipitate was measured on the pile in Zadnja dvorana where the seepage water with the most of dissolved carbonates, falls. During the year from one liter of seepage water at discharges to 200 ml min^{-1} 90 to $180 \text{ mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$ were deposited. During the maximal evidenced discharges (cca 2000 ml min^{-1}), occurring in water pulses only, we measured lower flowstone deposition, 25 mg CaCO_3 from one liter of seepage water. So much of flowstone deposition was measured in Škocjanske jame only, where 170 mg CaCO_3 from one liter were deposited, meaning 65% of all the carbonates in seepage water of Taborska jama.