

# FIZIKALNO-KEMIČNE ZNAČILNOSTI IZLOČANJA TRAVERTINA – PRIMER PODSTENJŠKA (SLOVENIJA)

## PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF TRAVERTINE DEPOSITION – THE CASE OF PODSTENJŠEK (SLOVENIA)

Janja KOGOVŠEK<sup>1</sup>

### Izvleček

UDK 556.3:553.556(497.4)

**Janja Kogovšek: Fizikalno-kemične značilnosti izločanja travertina – primer Podstenjška (Slovenija)**

Podane so osnovne fizikalno-kemične značilnosti kraškega izvira Podstenjšek, ki je v preteklosti izločal karbonate, o čemer pričajo bloki travertina ob strugi. Meritve in analize izvira ter njegovega vodnega toka niže na več zaporednih točkah so pokazale, da se iz vode prek celega leta izloča kalcijev karbonat. Intenzivnost izločanje je odvisna od pretoka in od segrevanja oz. ohlajanja vode. Iz enega litra vode se je na prek 1 km dolgi poti izločalo od nekaj do 36 mg CaCO<sub>3</sub>/l, večina tega že na prvih 400 m.

**Ključne besede:** krasoslovje, kraški izvir, fizikalno-kemične značilnosti, izločanje kalcijevega karbonata, Slovenija.

### Abstract

UDC 556.3:553.556(497.4)

**Janja Kogovšek: Physico-chemical properties of travertine deposition – the case of Podstenjšek (Slovenia)**

The basic physico-chemical properties of the karst spring Podstenjšek, depositing carbonates in the past shown by travertine blocks in its riverbed are given. Measurements and analyses of the spring and its water flow downwards at several sampling points showed that during the whole year the water precipitates calcium carbonate. The intensity of deposition depends on discharge and warming or cooling of water. From one litre of water at the distance of one kilometre from some to 36 mg CaCO<sub>3</sub>/l are deposited, the majority at the first 400 m.

**Key words:** karstology, karst spring, physico-chemical properties, calcium carbonate deposition, Slovenia.

## UVOD

Podstenjšek je kraški izvir, ki je vezan na stik paleogenskega apnenca z neprepustnim flišem (Gospodarič *et al.* 1968). Po krajšem toku se izliva v Reko. Njegovo zaledje na severu sega do zaledja Pivke. Desna stran doline Zgornje Pivke je v povirnem delu od Knežaka do Pivke zelo ozka in omejena v glavnem na razmeroma malo razčlenjen kraški greben, Taborski hrbet. Na njegovi JZ strani je dolina Reke, tako da poteka po hrbtu razvodje med jadranskimi, med katerimi je tudi Podstenjšek, in črnorskimi pritoki (Gospodarič *et al.* 1968). Jenko (1954) je ocenjeval, da se iz okolice Knežaka in Koritnic kar okoli 90% vode odteka v Bistrico, kar pa ni bilo potrjeno z barvanjem.

Vodozbirno območje Podstenjška sestavljajo kavernozno-razpoklinski apneneci in dolomiti kredne in paleo-

genske starosti s srednjo prepustnostjo (Kovačič 2001). Izvir se napaja z infiltracijo padavin. Leta 1992 so ga zajeli za oskrbo prebivalstva s pitno vodo. V neposrednem območju zaledja leži naselje Šembije. Konec devetdesetih let so zato v Šembijah uredili kanalizacijo, odpadne vode pa speljali na čistilno napravo. Vz dolž struge zgornjega dela Podstenjška so gmote travertina, ki pričajo o njegovem odlaganju v preteklosti.

V letih 1994, 1996, 1998 in 1999 smo zajeli deset serij vzorcev vode Podstenjška, v večini primerov pa tudi vodo Podstenjška na točkah dolvodno, da bi ugotovili osnovne značilnosti izvira in izločanje travertina iz njegove vode.

<sup>1</sup> Inštitut za raziskovanje krasi ZRC SAZU, Titov trg 2, 6230 Postojna, Slovenija; kogovsek@zrc-sazu.si

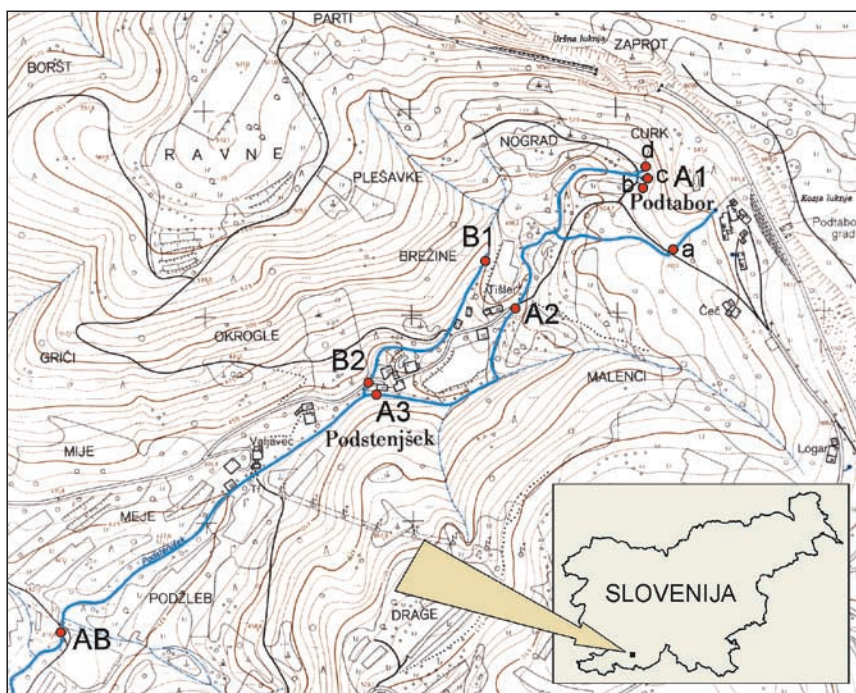
Opazovanja Podstenjska sem zastavila tako, da sem zajela različnejše hidrološke razmere, od nizkih do visokih voda. Spremljanje izločanja vzdolž njegove poti je

tako potekalo ob različno velikih pretokih in v razmerah, ko se je voda na poti izločanja segrevala ali ohlajala oz., ko ni prihajalo do bistvenih sprememb temperature.

## MESTA OPAZOVANJ IN METODE DELA

Izvir Podstenjšek (**A1**) je zajet za vodooskrbo. Večji del vode priteka iz Kozje jame, prelivna voda pa odteka mimo črpalnice (**a**). Drugi del vode Podstenjska prihaja na dan v treh izvirih desno od črpalnice (**b**, **c** in **d**), če gledamo dol-vodno (slika 1). V sušnih razmerah je bil

serije pa s konduktometrom LF 196 (25°C). Te vrednosti smo na osnovi primerjalnih meritev z obema merilnikoma preračunali na vrednosti pri 20°C. Vsebnost raztopljenega kisika sem določala z oximetrom OXI 196, pH pa s pH 90, vse firme WTW.



Sl. 1: Zajemna mesta na izviru in vzdolž toka Podstenjska

(Vir: Temeljni topografski načrt merila 1: 5000, © Geodetska uprava Republike Slovenije, 1978).

Fig. 1: Sampling points at spring and at downwards water flow

(Source: Temeljni topografski načrt merila 1: 5000, © Geodetska uprava Republike Slovenije, 1978).

aktiven le izvir b. Vzorce smo zajemali na tem izviru, saj sem ugotovila, da je njegova sestava v okviru napak določitev enaka vodi, ki priteka iz Kozje jame (**a**). V času rednih opazovanj smo zajemali vzorce še pod mostom (**A2**), pred sotočjem (**A3**) z desnim manjšim pritokom ter niže v ravninskem toku pri hrastu (**AB**). Vzorčevali smo tudi omenjeni desni pritok na izviru (**B1**) in pred sotočjem z zgornjim tokom Podstenjska (**B2**).

Ob vzorčevanju smo na izbranih točkah merili temperaturo in specifično električno prevodnost (SEP) s konduktometrom LF 91 (20°C), firme WTW, zadnje tri

Vzorce vode sem zajemala v polietilenske plastenke brez zraka in so bili kasneje isti ali pa naslednji dan analizirani. Pri prenasitčenih vzorcih namreč ob prezračevanju lahko prihaja do izločanja karbonatov. V laboratoriju smo določevali še vsebnost karbonatov, kalcija, magnezija, kloridov, nitratov, sulfatov in fosfatov po standardnih metodah (Standard Methods for Examination of Water and Wastewater 1992). Zajeli smo 10 serij vzorcev.

## PADAVINSKE IN HIDROLOŠKE RAZMERE

V okviru 10 opazovanj, ko so bile opravljene meritve in vzorčenje, smo zajeli najrazličnejše razmere od nizkih do visokih voda. Ker nismo imeli meritev pretoka, so vsakokratne hidrološke razmere podane opisno.

Ob prvem vzorčenju 29.1.1994 so bili aktivni vsi izviri, skupni pretok b+c+d sem ocenila na nekaj litrov, medtem ko je bil pretok pod mostom, ko se mu pridruži še prelivna voda iz Kozje jame (a) okoli 20 l/s. Konec decembra 1993 je padel sneg, prva dva tedna v januarju pa je padlo kar nekaj dežja (v Postojni okoli 140 mm), nato pa ni bilo omembe vrednih padavin.

Ob drugem vzorčenju 25.3.1994 so bili pretoki po oceni nekoliko nižji, skupni pretok pod mostom pa sem ocenila na okoli 10 l/s. Februarja je padlo malo padavin, v Postojni le 90 mm. Desni pritok (B) je izviral podobno kot januarja 1994 pri drevesu.

Dne 1.12.1994, ko sem tretjič zajela vzorce, je bil skupni pretok Podstenjška pod mostom tolikšen, da je dobro prekrival dno, medtem ko je izvir B izviral višje kot v času predhodnih vzorčenj. V začetku novembra je padlo v Postojni 100 mm dežja, nato pa je bilo sušno.

Ob vzorčenju 20.3.1996 je bil skupni pretok še nižji kot decembra 1994, saj mesec dni skoraj ni bilo padavin,

vendar pa je bilo površje cel januar in februar pokrito s snežno odejo.

Dne 15.5.1996 sem ocenila vode od višje do visoke. V začetku aprila je intenzivno deževalo, kar nekaj dežja pa je padlo tudi maja pred vzorčenjem (v Postojni 90 mm).

Ob vzorčenju 6.8.1996 je bil najvišji izvir d suh, pretok izvira c pa je bil nižji kot izvira b, ki sem ga ocenila na 0,5 l/s. Pod mostom (A2) je bil pretok najnižji od vseh dotedanjih vzorčenj, okoli 5 l/s.

Dne 13.11.1996 sem pretoke ocenila kot srednje do višje in pretok izvira b na 1,5 l/s.

V času vzorčenja 10.8.1998, ko so prevladoval sušne razmere, smo ocenili pretok izvira B1 le na 0,25 l/s.

Ob vzorčenju 13.10.1998 so bili pretoki visoki, najvišji v okviru opazovanj, pod mostom je bila gladina vode nekako 30 cm nad dnom. Ves oktober je intenzivno deževalo in do dneva vzorčenja je v Postojni padlo že prek 180 mm dežja.

Dne 26.1.1999 je bil izvir d skoraj suh, izdatnejša sta bila c in b. Pod mostom je gladina vode dosegala 5-10 cm višine. Januarja je v Postojni do 26. dne padlo namreč le 55 mm snega in dežja skupaj.

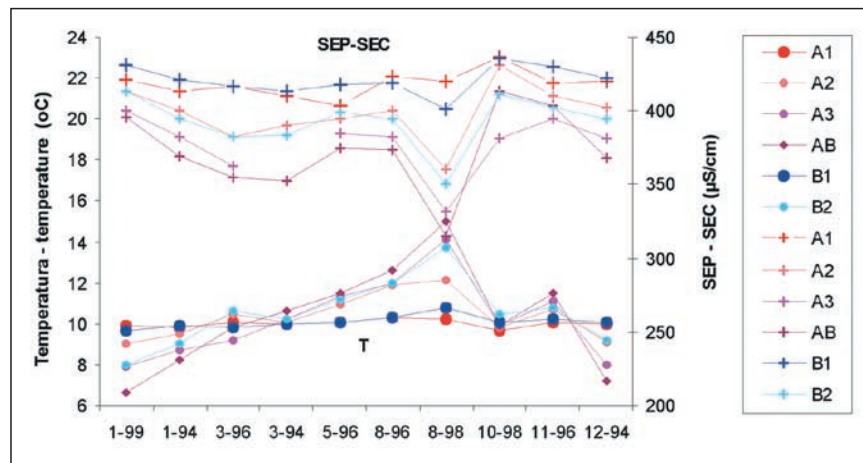
## REZULTATI

## MERITVE TEMPERATURE, SEP IN pH

Meritve in vzorčenja so zajela razmere prek celega leta. Povprečna temperatura Podstenjška (izvir b) je bila 10,3°C, prek leta je nihala od 9,7 do 10,3°C. Povprečna temperatura izvira B1 je bila 10,1°C. Voda Podstenjška se je vzolž svojega toka poleti segrevala, najbolj avgusta; pozimi, decembra in januarja se je ohlajala; marca in

oktobra pa se njena temperatura ni bistveno spreminjala (slika 2).

Povprečna SEP Podstenjška je znašala 417  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , najnižjo vrednost 404  $\mu\text{S}/\text{cm}$  je dosegel maja 1996 ob najvišjem spomladanskem pretoku v okviru opazovanj. SEP je nihala v intervalu 20  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Podobno smo izmer-



Sl. 2: Meritve temperature in SEP: na izviri Podstenjška (A1) ter na točkah A2 in A3, na izviri B1 in pred sotočjem na točki B2 ter na točki AB.

Fig. 2: Temperature and conductivity measurements: at Podstenjšek spring and at points A2 and A3, at B1 spring, at points B2 and AB.

ili na izviru B1, le da so vrednosti nihale v intervalu 30  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (slika 2).

Povprečna vrednost pH Postenjska je znašala 7,6 in je nihala med vrednostima 7,3 in 7,9. Podobno smo izmerili tudi za izvir B.

CELOKUPNA IN KARBONATNA TRDOTA  
TER Ca/Mg

Povprečna celokupna trdota Podstenjska (10 določitev) je bila 4,51 mekv/l in je nihala v sorazmerno ozkem intervalu od 4,26 do 4,74 mekv/l; povprečna karbonatna trdota je bila 4,19 mekv/l in je nihala v intervalu 3,98 – 4,47 mekv/l. Potek celokupne trdote je vzporeden s potekom karbonatne trdote in SEP prek leta. Opazne so nižje vrednosti spomladi ter višje konec poletja in v jesensko-zimskem obdobju. Nekarbonatna trdota je nihala v intervalu 0,26 – 0,38 mekv/l. Podobne vrednosti z manjšimi odstopanji je izkazoval tudi izvir B1.

Povprečna vrednost razmerja Ca/Mg Podstenjska je bila 11,1 in je nihala v intervalu 6,4-14,1. To nakazuje, da priteka voda v izvir pretežno iz apnenčastega, delno pa tudi iz dolomitnega sveta. Izstopajočo najnižjo vrednost (6,4) je Podstenjšek dosegal oktobra 1998 ob najvišjem pretoku v okviru opazovanj, ko je pritekala v izvir voda z najširšega zaledja, očitno intenzivneje tudi z območja, ki ga gradijo dolomiti. Tedaj smo v okviru opazovanj zabeležili tudi najvišjo karbonatno in celokupno trdoto. Ob nizkem, srednjem in višjem vodostaju so vrednosti Ca/Mg nihale okoli vrednosti 11,6. Podobno smo ugotavljali tudi za izvir B1, le da so njegove vrednosti nihale v nekoliko ožjem intervalu (Slika 3).

Popolnejšo sliko nihanj omenjenih parametrov bi podale zvezne meritve oz. meritve v primernem časovnem intervalu, posebno še v času vodnih valov po padavinah, ko običajno prihaja do največjih sprememb,

kar so pokazale že podrobne meritve drugih kraških izvirov (Kogovšek 1999, 2001, Kogovšek *et al.* 2003).

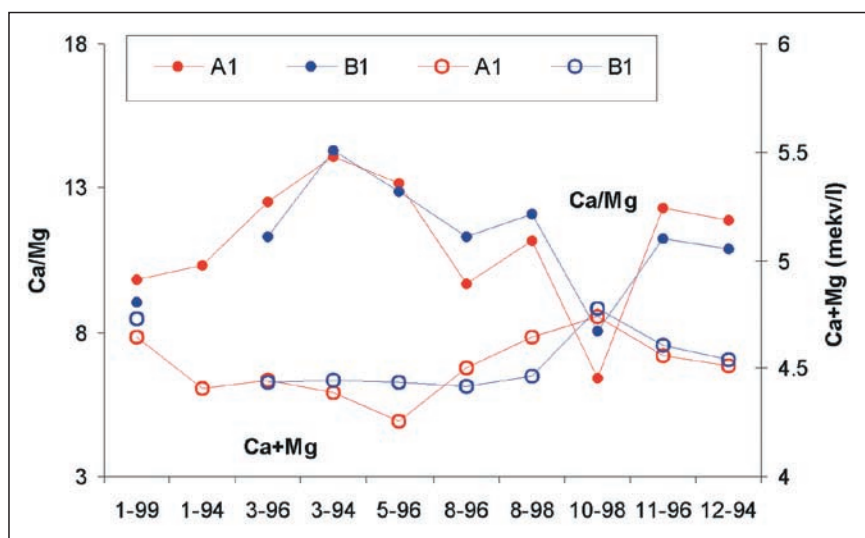
KAKOVOSTNI PARAMETRI: KLORIDI, NITRATI,  
FOSFATI, SULFATI

V okviru meritev in analiz smo leta 1996 začeli tudi z analizami za določitev vsebnosti nitratov, fosfatov, kloridov in sulfatov. Kljub sorazmerno majhnemu številu analiz (7 do 9) jih lahko privzamemo kot oceno tedanjega stanja, saj so analize zajele različne vodostaje in različne čase prek leta.

Povprečna vrednost kloridov je bila 3,8 mg Cl<sup>-</sup>/l, vrednosti pa so bile v intervalu 2,4 – 5 mg Cl<sup>-</sup>/l. Povprečna vsebnost nitratov je bila 6,7 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l, analize pa so pokazale vrednosti v intervalu 5,5 – 7,9 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l. Povprečna vrednost o-fosfatov je bila 0,03 mg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>/l, vrednosti pa so bile v intervalu 0,02 – 0,05 mg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>/l. Vsebnost sulfatov je nihala od 7,8 do 10,5 mg SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/l, povprečna vrednost pa je bila 8,9 mg SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/l.

Kloridi, nitrati in o-fosfati izvira B1 se sorazmerno dobro ujemajo z vrednostmi za Podstenjšek, z občasnimi manjšimi odstopanji. Nekoliko izraziteje pa odstopajo sulfati.

Konec leta 1998 in januarja 1999, ko je bila postavljena čistilna naprava za naselje Šembije, nismo opazili opaznega izboljšanja kakovosti Podstenjska. Vendar pa ne vemo, ali je tedaj že obratovala. Iz dosedanjih raziskav spiranja kontaminantov skozi 100 m debelo vadozno cono vemo, da pride po odstranitvi vira onesnaženja do največjega izboljšanja kakovosti vode v prvih treh letih (Kogovšek 1997). Ker so izhodne vrednosti nitratov, fosfatov in kloridov sorazmerno nizke, bi lahko pričakovali kvečjemu zmanjšanje do polovičnih vrednosti.



Sl. 3: Potek celokupne trdote (Ca+Mg) ter razmerja Ca/Mg Podstenjska (A1) in izvira B1.

Fig. 3: Total hardness (Ca+Mg) in ratio Ca/MG of Podstenjšek spring and B1 spring.

## IZLOČANJE KALCIJEVEGA KARBONATA

Izločanje karbonatov iz vode Podstenjška smo spremljali z meritvami SEP ter vzporednimi analizami karbonatov, kalcija ter celokupne trdote vzdolž toka Podstenjška na razdaljah A1-A2 in A2-A3 ter skupno na razdalji A1-AB (tabela 1), ko se mu je pridružil še stranski dotok B2. Vzporedno smo spremljali tudi izločanje iz vode pritoka na odseku B1 – B2 (tabela 1).

vode, kar je 3 mg CaCO<sub>3</sub> /l (slika 4). Vendar pa ima ob visokih pretokih nasproten učinek erozija.

Ob najnižjih pretokih marca 1996 ter avgusta 1996 in avgusta 1998 je prišlo ob segrevanju vode do najintenzivnejšega izločanja že na prvem 305 m dolgem odseku A1-A2. Na prezračevanje vode, uhajanje CO<sub>2</sub> in posledično izločanje kalcijevega karbonata, je poleg strmca ugodno vplivalo še segrevanje vode. Izločila se je

**Tabela 1:** Izločanje kalcijevega karbonata na opazovanih odsekih.

**Table 1:** Calcium carbonate deposition at different sectors.

Relacija	Razdalja (m)	Izločeni CaCO <sub>3</sub> – minimum		Izločeni CaCO <sub>3</sub> – maximum	
		(mekv/l)	mg CaCO <sub>3</sub> /l	(mekv/l)	mg CaCO <sub>3</sub> /l
A1 – A2	305	0	0	0,38	19
A2 – A3	260	0,06	3	0,28	14
A1 – A3	365	0,06	3	0,58	29
B1 – B2	215	0,16	8	0,38	19
A1 – AB	1050	0,15	8	0,72	36

Pokazalo se je, da se izloča predvsem kalcijev karbonat, saj so vrednosti karbonatov, kalcija in celokupne trdote vzdolž poti sočasno in enako upadale. Odstopanja so bila v okviru predvidenih napak določitev (do 0,04 mekv/l). Medtem je ostajala vsebnost magnezija skoraj nespremenjena, kar je skladno z dejstvom, da je topnostni produkt MgCO<sub>3</sub> v primerjavi s CaCO<sub>3</sub> večji. Podobno sem ugotavljala za izločanje sige v Planinski jami (Kogovšek & Habič 1981).

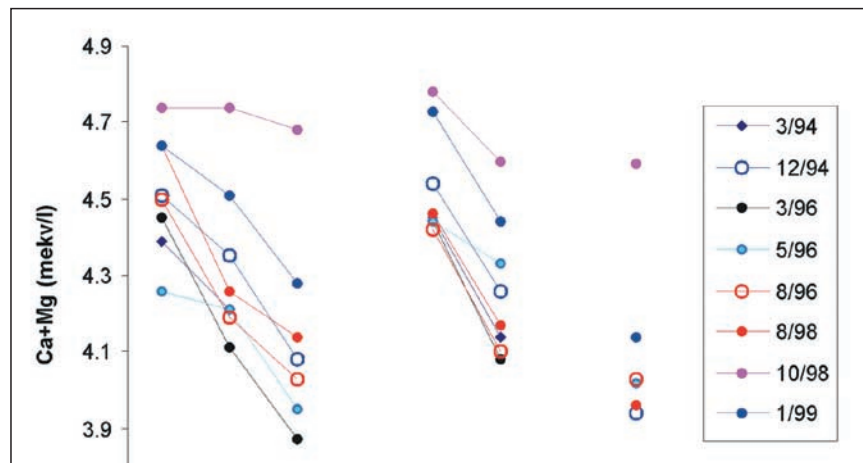
Meritve so pokazale, da se iz vode Podstenjška in njegovega pritoka (B1) izloča kalcijev karbonat prek celega leta, vendar različno intenzivno. Velik strmec začetnega toka omogoča intenzivno prezračevanje vode.

Na izločanje oz. na stopnjo izločanja najbolj vpliva pretok, saj smo ob najvišjem ocenjenem pretoku 13.10.1998 ugotovili najmanjšo stopnjo izločanja. Na odseku A1-A3 se je izločalo le 0,06 mekv CaCO<sub>3</sub> iz litra

več kot polovica (0,5 – 0,7) kalcijevega karbonata glede na izločeni kalcijev karbonat na celotni poti A1-AB. Ob najvišjem pretoku oktobra 1998 na tem odseku nismo določili izločanja in sklepam, da je bilo tako majhno, da ga je prekril razredčevalni efekt.

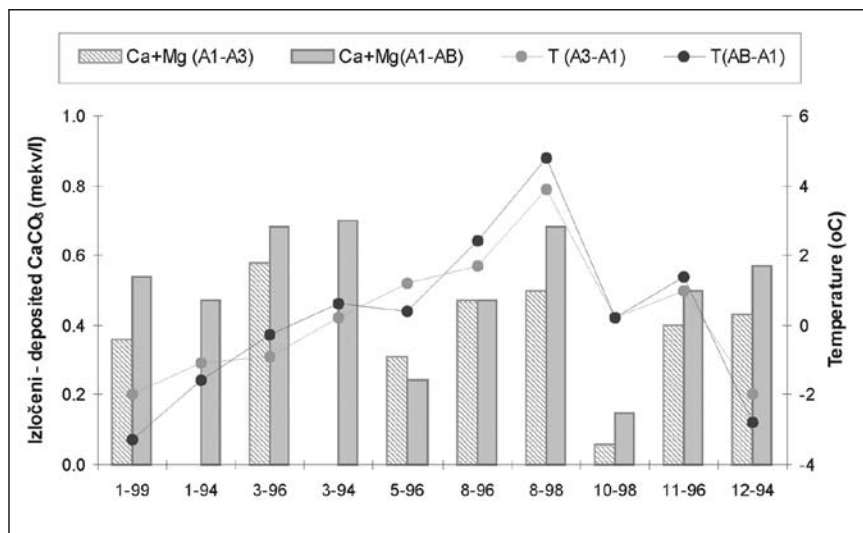
Ob nizkih in srednjih pretokih ob ohlajanju vode v zimskih mesecih, je prihajalo do največjega izločanja na drugem odseku A2-A3. Ohlajanje vode je v tem primeru zaviralo uhajanje CO<sub>2</sub>, tako da je prišlo do najizdatnejšega izločanja nekoliko kasneje.

Avgusta 1996 se je ob nizkem vodostaju in ob segrevanju vode izločil ves razpoložljivi kalcijev karbonat že do točke A3. Običajno se je izločanje nadaljevalo do točke AB, vendar pa je bilo izločanje na odseku A3-AB znatno manjše v primerjavi z izločanjem na začetnem delu toka od A1 do A3 (slika 5).



Sl. 4: Celokupna trdota (Ca+Mg) na opazovanih točkah vzdolž toka Podstenjška (A1, A2, A3 in AB) ter na desnem pritoku (B1, B2).

Fig. 4: Total hardness (Ca+Mg) at observed points (A1, A2, A3, AB and B1 and B2).



Sl. 5: Izločeni kalcijev karbonat ob različnih razmerah prek leta na odseku A1-A3 in odseku A1-AB, ter vsakokratna sprememba temperature na točkah A3 oz. AB glede na temperaturo izvira.

Fig. 5: Travertine deposition during different hydrological conditions at section A1-A3 and A1-AB and temperature change at same sectors.

## SKLEPI

Kamninska sestava zaledja kraških izvirov se odraža v kemijski sestavi njihove vode. Prek leta se lahko spreminja sestava vode v odvisnosti od padavinskih in hidroloških razmer. Sestava vode Podstenjška, ki se napaja z infiltracijo padavin, s povprečno vrednostjo Ca/Mg 11,1 (6,4 – 14,1) nakazuje, da dobiva vodo predvsem z apnenčastega sveta in le delno z dolomitnih območij. V času najvišjega vodostaja, oktobra 1998, ko se napaja z najširšega območja, je bil delež vode z dolomitnega sveta večji, kar se je odrazilo v nižji vrednosti Ca/Mg.

Občasne meritve izvira Podstenjška v času različnih hidroloških razmer prek leta so pokazale na majhna nihanja temperature, SEP in pH ter vsebnosti karbonatov, kalcija in magnezija. Povprečna temperatura je bila 10,1°C in je nihala v intervalu 0,6°C, povprečna vrednost SEP (20°C) pa 417  $\mu\text{S}/\text{cm}$  in je nihala v intervalu 20  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Povprečna celokupna trdota je bila 4,51 mekv/l, povprečna karbonatna trdota pa 4,19 mekv/l in sta nihali v intervalu 0,5 mekv/l. Vsebnost nitratov je nihala okoli vrednosti 6,7 mg  $\text{NO}_3^-/\text{l}$ , kloridov 3,8 mg  $\text{Cl}/\text{l}$ , o-fosfatov 0,03 mg  $\text{PO}_4^{3-}/\text{l}$  in sulfatov 8,9 mg  $\text{SO}_4^{2-}/\text{l}$ . Čeprav naselje Šembije leži in se širi v neposrednem zaledju Podstenjška, pa bi zaradi čiščenja odpadnih voda pričakovali zboljšanje

oz. ohranitev kakovosti njegove vode, ki jo uporabljajo za vodooskrbo. Vendar pa lahko le sistematična opazovanja, ki vključujejo tudi podrobno dogajanje v vodnih valovih po padavinah, pokažejo učinkovitost čiščenja.

Voda Podstenjška je na izviru glede na zunanje pogoje prenasočena s karbonati in jih na svoji poti v dolino odlaga. Odlaga predvsem kalcijev karbonat. Največji del kalcijevega karbonata izloči že na začetni 365 m dolgi poti (A1-A3), manjši del pa še ob nadaljnji 700 m dolgi poti (A3-AB). Sorazmerno velik strmec na začetnem delu poti (A1-A3) omogoča dobro prezračevanje vode in izhajanje  $\text{CO}_2$ , ki je v poletnih mesecih, ko se voda na poti izločanja segreva, še hitrejše. Tako se poleti ob nizkih pretokih izloči ves razpoložljivi kalcijev karbonat že na prvi 365 m dolgi poti, najintenzivneje pa se je izločal že na prvem 305 m dolgem odseku. V zimskih mesecih ob ohlajanju je prišlo do najintenzivnejšega izločanja nekoliko kasneje. Ob visokih pretokih je stopnja izločanja minimalna in na celotnem več kot 1 km dolgem toku se je iz 1 l vode izločilo le nekaj mg  $\text{CaCO}_3$ . Največjo stopnjo izločanja pa smo izmerili ob nizkem pretoku, ko se je iz enega litra vode izločalo do 36 mg  $\text{CaCO}_3/\text{l}$ .

## LITERATURA

- Gospodarič, R. & Habe, F. & Habič P., 1986: Vodni viri za oskrbo Postojne. Elaborat, 113. Knjižnica IZRK, Postojna.
- Jenko, F., 1954: Vodnogospodarska osnova porečja Ljubljane. 4. Hidrogeologija in hidrologija. Rokopis. Projekt nizke zgradbe, Ljubljana.
- Kogovšek, J. & Habič P., 1981: Preučevanje vertikalnega prenikanja vode na primerih Planinske in Postojnske jame. *Acta carsol.*, 9, 129-148, Ljubljana.
- Kogovšek, J., 1997: Pollution transport in the vadose zone. V: Günay, Gültekin (ur.), Johnson, A. Ivan (ur.), Tezcan, Levent (ur.), Atilla, A.Özlem (ur.). *Karst waters & environmental impacts: proceedings*. Rotterdam; Brookfield: A.A. Balkema, 1997, 161-165.
- Kogovšek, J., 1999: Nova spoznanja o podzemnem pretakanju vode v severnem delu Javornikov (Visoki kras) = New knowledge about the underground water drainage in the Northern part of Javorniki Mountains (High Karst). *Acta carsol.*, 28/1, 161-200, Ljubljana.
- Kogovšek, J., 2001: Monitoring the Malenščica water pulse by several parameters in November 1997 = Večparametersko spremljanje vodnega vala Malenščice novembra 1997. *Acta carsol.*, 30/1, 39-53, Ljubljana.
- Kogovšek, J., Diković, S., Petrič, M., Rubinič, J., Knez, M., Hrvojić, E. & Slabe T., 2003: Hydrochemical research of the Mlini spring, Istria. *Ann, Ser. hist. nat.*, 13/1, 91-102, Koper.
- Kovačič, G., 2001: Okoljevarstvena problematika vodooskrbnih območij občine Ilirska Bistrica. Diplomska naloga. Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo. 89 str.

# PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF TRAVERTINE DEPOSITION – THE CASE OF PODSTENJŠEK (SLOVENIA)

## SUMMARY

Podstenjšek is a karst spring at the contact of paleogene limestone and impermeable flysch (Gospodarič *et al.*, 1968) draining after a short stream into the Reka river. Recharge area of the Podstenjšek consists of cavernous-fissure limestone and dolomite of Cretaceous and Paleogene age with medium permeability (Kovačič 2001). The spring is fed by rainfall infiltration. Since 1992 it is captured for drinking water supply. In 1994, 1996, 1998 and 1999 we sampled ten series of water samples during different weather conditions and also samples of the Podstenjšek in a downgradient portion to find out the basic properties of the spring and its travertine deposition capacity.

Lithology of the karst springs is reflected in chemical composition of water. Over one year the water composition may change due to rainfall and hydrological circumstances. The Podstenjšek water, fed by rainfall infiltration, is characterized by average value of Ca/Mg 11.1 (6.4 – 14.1) indicating that water comes mostly from limestone region and only partly from dolomite. During the highest water level in October 1998 when water flowed from the widest area the rate of dolomite water was higher and the Ca/Mg ratio was consecutively lower.

Periodical measurements of the Podstenjšek spring in a time of different hydrologic conditions showed little temperature variations as well as SEC and pH and carbonate, calcium and magnesium levels over the whole year. Average temperature was 10.10°C oscillating in an interval of 0.60°C, average SEC value (200°C) was 417  $\mu\text{S}/\text{cm}$  in an interval of 20  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . The average total hard-

ness was 4.51 mekv/l, and average carbonate hardness 4.19 mekv/l oscillating in an interval of 0.5 mekv/l.

The nitrate level varied around 6.7 mg  $\text{NO}_3^-/\text{l}$ , chloride level 3.8 mg  $\text{Cl}^-/\text{l}$ , o-phosphates 0.03 mg  $\text{PO}_4^{3-}/\text{l}$  and sulphate levels 8.9 mg  $\text{SO}_4^{2-}/\text{l}$ . Although Šembije village lies and grows in the immediate recharge area of Podstenjšek one would expect the amelioration of the water quality due to purifying of waste waters. But the analyses at the end of 1998 and 1999 did not show any effect of purifying. We know that washing and improvement of water quality demands a certain time and only systematic observations including a detailed study during water pulses after heavy rainfall can show the efficiency of purifying.

The Podstenjšek water at the spring is supersaturated by carbonates and they are deposited on the flow towards the valley. Mainly calcium carbonate is deposited. The largest part of calcium carbonate is deposited at the beginning of 365 m long flow and only smaller part in further 700 m. Relatively high gradient at the initial part allows a considerable aeration of water and release of  $\text{CO}_2$ ; this augments in summer months when water warms up during its flow. Thus in summer at low discharge all the available calcium carbonate is deposited at the first 365 m long flow and the most intensively at the first 305 m. In winter when water cools down the most intensive deposition occurred a little later. During high discharge the rate of deposition is minimal and on the entire flow, more than 1 km long, only few mg of  $\text{CaCO}_3$  were deposited from 1 l. The highest deposition occurred at low discharge when up to 36 mg of  $\text{CaCO}_3/\text{l}$  was deposited from 1 l.