

SKALNE OBLIKE V IZBRANIH JAMAH NA KRASU IN NJIHOV POMEN PRI PROUČEVANJU RAZVOJA VODONOSNIKA

Tadej SLABE

dr., dipl. geogr. in sociolog, Institut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, 66230 Postojna, Titov trg 2, SLO
PhD, consigliere scientifico, Istituto per lo studio del Carso presso il CRS ASSA, 66230 Postojna, Titov trg 2, SLO

IZVLEČEK

Skalne oblike v izbranih jamah Krasa pričajo o pestrem razvoju vodonosnika. Vodni tokovi, ki se pretakajo več kot 200 m globoko pod površjem, oblikujejo skalni relief rovov v različnih hidroloških pogojih. S površja prenikajoča voda oblikuje brezna. Višje ležeče, stare jame so suhe. Veliko jih je zapolnjenih z naplavino. Na njihovem skalnem obodu so ohranjene stare skalne oblike, ki so jih večinoma izdolbili različno hitri vodni tokovi in manjša količina vode, ki se je pretakala nad drobnozrno naplavino.

Ključne besede: jamska skalna oblika, razvoj kraških votlin, Kras, Slovenija

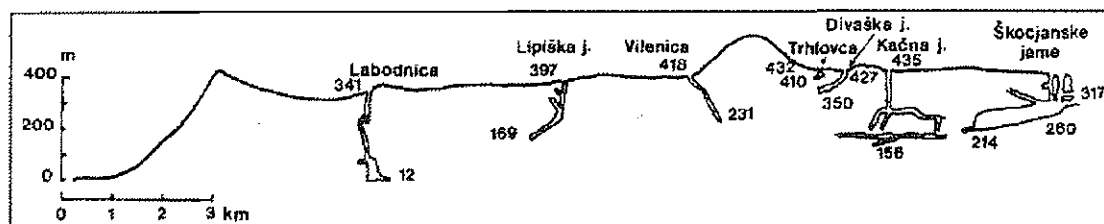
Key words: cave rocky feature, speleogenesis, Kras, Slovenia

UVOD

Kras je ozemlje med Vipavsko dolino na S in SV, Brkini na JV, Tržaškim zalivom na JZ in Soško dolino na SZ (Melik, 1960). Skozenj se pretakajo vode, ki se zbirajo na flišnem zaledju Brkinov, Senožeske, Vipavske doline in Pivške kotline ter v nanosih proda v Soški dolini. S površja vode razpršeno prenikajo do podzemeljskih tokov, ki izvirajo ob morski obali. Na stiku s flišem so nastale ponorne jame: največje so Škocjanske, Reko pa dosežemo še v Kačni jami in pod brezni v Labodnici. V proučevanje sem vključil (sl. 1) ponorne Škocjanske jame, pretočno Labodnico in suhe Divaško jamo, Trhlovco, Vilenico, Petnjak ter Lipiško jamo (tabela). Plitvo pod površjem so suhe jame, v katerih so v skalnem reliefu ali naplavinah ohranjene sledi vodnih tokov. Te plitve jame so razkrija zemeljska dela pri gradnji avtocest. Sprva so se oblikovale kot freatični prevodniki, bile deloma preoblikovane s hitrejšimi vodnimi tokovi, o tem pričajo manjše fasete na jamskih stenah in prod, in končno so bile nekatere zapolnjene z drobnozrno naplavino (Slabe, v tisku).

Gams (1974) meni, da je Kras dobil glavne reliefne značilnosti v terciarni dobi, ko je bil nižje od fliša Vipavske doline in Brkinov. Obdobje pretakanja vode po kraškem površju je dokazoval z ostanki paleofluvialnega gradiva (Radinja, 1972). Ugotavljam, da so se stare naplavine ohranile predvsem v jamah. Spricho starosti je bil njihov strop pogosto že odnesen, in zato so naplavine na površju (Slabe, v tisku). Po bočenju antiklinale, ki se je začelo v miocenu, se je fliš ohranil le na vzpetinah. Potoki so ga kot naplavino nanašali v jame (Gams, 1974). Po mnenju Mauccia (1960) naj bi se zakrasevanje pričelo ob koncu pliocena.

Tudi v opisanih jamah se je izkazalo, da so skalne oblike pomembna sled njihovega oblikovanja in razvoja. Proučevanje poteka v okviru projekta Nastanek in oblikovanje kraških votlin, ki ga denarno omogoča Ministrstvo za znanost in tehnologijo Republike Slovenije. Najbolj pogoste skalne oblike sem predstavil tudi v prejšnji številki zbornika Annales, ko sem opisal skalni relief v izbranih jamah istrskega krasa (Slabe, 1994a) in v Naših jamah (Slabe, 1994b).



Slika 1: Prečni prerez čez Kras.

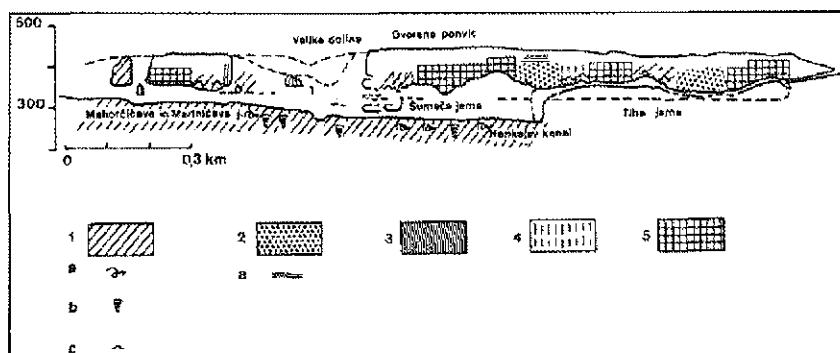
Fig. 1: Cross-section across Kras.

SKALNE OBLIKE ŠKOCJANSKIH JAM, LABODNICE, TRHLOVCE, DIVAŠKE JAME, VILENICE IN LIPIŠKE JAME TER PETNJAKA

Povzetki proučevanja Škocjanskih jam so strnjeni v objavi raziskovalcev Inštituta za raziskovanje krasa (Hablič *et al.*, 1989). Knez (1994) je proučeval freatične kanale, ki so nastali ob lezikah.

V spodnjih rovih Škocjanskih jam (sl. 2) in v Labodnici skalni relief oblikuje Reka. Njen pretok v Škocjanskih jamah naraste do 387 m³/s, ob suši pa ponika v strugo okoli 500 l/s že 5 km pred ponorom pod Škocjanom. Kontaktni kras ob ponorih Notranjske Reke sta predstavila Gams (1983) in Mihevc (1991). Reka je največja slovenska ponikalnica, kar se kaže tudi v prostornosti votlin. Jamo sestavljajo zgornji suhi in spodnji vodni rovi, ki jih prekinjata in hkrati povezujeta veliki udornici. Vodni rovi so kanjonskega tipa s strmimi stenami tik ob strugi. Še zlasti izrazito kanjonski je Hankejev kanal. 77 m visoko pod stropom se kanal razširi na 15 m. Pred končnim Mrtvim jezerom je rov širok 40 m in

visok 120 m. Strmec Reke med ponorom v Mahorčičevo jamo in Martelovim jezerom pred sifonom znaša 35 promilov (Kranjc, 1986). Voda po tem rovu oteka razmeroma hitro, le po večjih nalivih začne zastajati in v jami ob poplavih naraste gladina tudi do 80 m. Transport rečnih sedimentov skozi jamo je opisal Kranjc (1986). Slaba sortiranost peska v jami kaže na hudourniški značaj toka. V notranjost jame narašča delež apnečevega proda. Prod, ki je na pobočju v Czoernigovo jamo, je odložil hitrejši tok kot je današnji (Kranjc, 1989). V vhodnem delu pred ponorom v Šumečo jamo je struga izdolbljena v živo skalo, izmenjujejo se odseki z brzicami in slapovi ter jezери. V skalo so vrezane velike draslje (sl. 3). V Šumeči jami in v Hankejevem kanalu se Reka prebija med podornimi skalami. Na njih in po skalnem obodu struge so kot posledica hitrega vodnega toka, ki doseže hitrost skoraj 2 m/s, različno velike draslje (sl. 4a, b) in značilne majhne fasete (sl. 5; Slabe, 1993). Stenske zajede v Mariničevi jami in v Hankejevem kanalu kažejo nekdanje nivoje pretakanja vodnega toka.



Slika 2: Skalni relief Škocjanskih jam

1 skalni relief, ki ga oblikuje vodni tok

a. fasete

b. draslje

c. stropne kotlice

2 obnaplavinjski skalni relief

a. nadnaplavinjski zlebovi

3 skalni relief, ki ga oblikuje polzeča voda

4 s kondenzno korozijo preoblikovana skala

5 skalni relief, ki je nastal zaradi razpadanja oboda

Fig. 2: Rocky relief of Škocjanske jame

1 rocky relief due to water flow

a. scallops

b. potholes

c. ceiling pockets

2 along sediment rocky relief

a. channels above the sediment

3 rocky relief due to dripping water

4 rock transformed by condensed moisture

5 rocky relief due to perimeter weathering



Slika 3: Velike draslje v Šumeči jami Škocjanskih jam.
Fig. 3: Large potholes in Šumeča Jama, Škocjanske jame.

Reka najbolj učinkovito oblikuje skalni relief ob višjih vodah. Tanka plast sige, ki jo odlagajo nizke vode, prekriva dno struge.

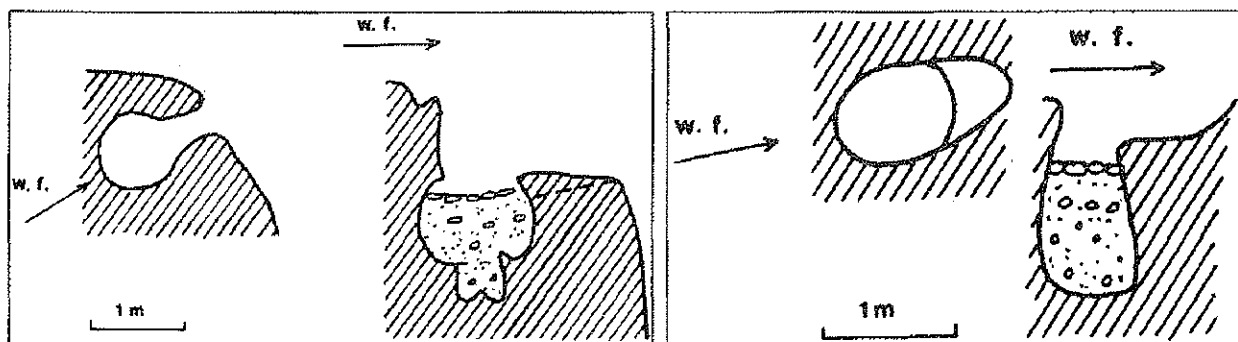
Skalni relief vodnega rova Labodnice sestavljajo manjše fasete, ki so ponekod zaradi pretre kamnine dokaj nepravilnih oblik, in stropne kotlice. Fasete kažejo na pretok hitrejšega vodnega toka. Na zatišnih stenah v vodnem rovu in na podornih skalah v spodnjem delu dvorane so podnaplavinski žlebiči in vdolbinice (Slabe, 1992). Ta del jame voda občasno poplavi.

Pomemben proces oblikovanja skalnega oboda izbranih jam, zlasti prostornih rogov v Škocjanskih jamah, je razpadanje pretre kamnine. V Petnjaku ga pospešuje zmrzovanje vlage, ki ga povzroča vdiranje mrzlega zimskega zraka v velik spodmol. V Škocjanskih jamah in v vhodnem delu Trhlovce skalo razjeda kondenzirana vlaga. Sledi prenikajoče vode so talne vdolbinice v Divaški jami, ki nastanejo zaradi kapljanja vode skozi plitek strop. Prenikajoča voda oblikuje brezna v Labodnici.

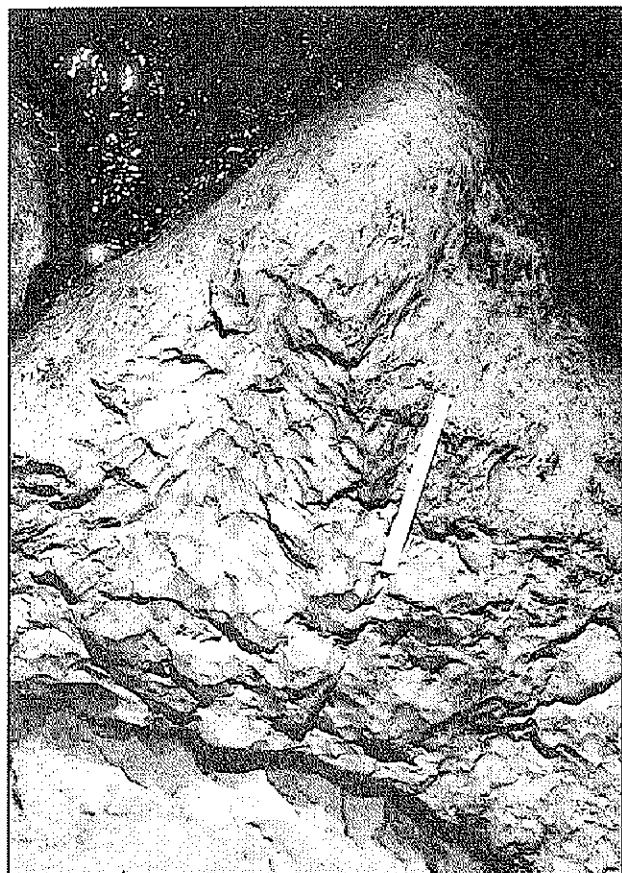
Speleogenetski pomen naplavin v Škocjanskih jamah, Divaški jami in Trhlovci je opredelil Gospodarič

(1984, 1985). Rove in naplavine v Škocjanskih jamah, ki so na nadmorski višini 370 do 390 m, je (Gospodarič, 1984) opredelil kot staropleistocenske. Za rove, ki jih povezuje tudi z oblikovanjem okolnih jam, so značilni vijugavost in nižji prečni prerezi kot jih imajo danes aktivni rovi. V srednjem pleistocenu naj bi bili aktivni rovi na višini 310 do 330 m. Ponornica je bila manj hudourniška kot današnja, ponikala pa je verjetno na več mestih hkrati (Gospodarič, 1983). Gams (1983) meni, da se je Reka pretakala skozi več rogov hkrati, in eden izmed njih je bila tudi Tiha jama. V obdobjih würma so se jame najbolj morfološko spremenile. Poglobljaj se je Hankejev kanal, odnašalo je starejše naplavine iz zgornjih rogov (Gospodarič, 1984). V hladnem würmskem višku (W3) se je jama z udornicami Male in Velike doline povezala s površjem (Gospodarič, 1983).

Stari skalni relief Škocjanskih jam (sl. 2), ki je ohranjen le na posameznih odsekih oboda, sestavljajo stropne kotlice, fasete ter nadnaplavinske anastomoze. Odseva nam torej nekaj utrinkov iz razvoja jame. Stropne kotlice, ki so nastale zaradi počasnega pretakanja vode v zalitih rovih, so v Mariničevi jami, Dvorani ponvic in v Müllerjevi dvorani Tihe jame, torej na nadmorski višini 310 do 330 m. Po Gospodaričevem (1984) mnenju so na tej višini ohranjene srednjepleistocenske naplavine. Sklepam, da je udornica Globočak zaprla vodno pot skozi Tiho jama. Postopoma je glavni vodni rov postajal zgornji del Hankejevega kanala, in ko se je vodna pot obnovila in bila zopet prevodna za vse vode, so se kratkotrajno obnovili pretežno z naplavinami zapolnjeni rovi srednjega dela jame. O tem pričajo majhne fasete v Czoernigovi in Brihti jami. Voda se je v občasno zalitem rovu, po stari naplavini, pretakala hitro. Obdobje je bilo kratkotrajno, saj je rov ohranil oglate prečne prereze. Skratka opisani jamski relief in naplavine kažejo na raznovrstna obdobja oblikovanja rogov v pestrih klimatskih razmerah, ob sočasnem počasnem poglobljanju jame. Sledilo je hitro vrezovanje vodnih tokov v skalna tla in vlogo glavnega rova sta v začetnem delu Škocjanskih jam prevzeli Mahorčičeva in Mariničeva jama. Hitro sta se poglobljala tudi osrednji del



Slika 4 a, b: Prečni prerezi manjših drasljev v Škocjanskih jamah.
Fig. 4 a, b: Cross-section of smaller potholes, Škocjanske jame.



Slika 5: Fasete na skalnem bloku v Škocjanskih jamah.
Fig. 5: Scalloped rocky block, Škocjanske jame.

jame in Hankejev kanal. Stenske zajede odražajo postopnost hitrega poglobljanja rovdov. Skalni relief rova je nato značilno oblikoval vodni tok s prosto gladino. Aktivni rovi so postajali bolj premočrtni in kanjonsko globoki. Obdobje začetka hitrega vrezovanja vodnega toka Gospodarič (1988) pripisuje zgornje in srednje würmskim spremenjenim glacioevstatičnim razmeram v Jadranskem morju, ki so posledica klimatskih in hidroloških sprememb.

Gospodarič (1985) sodi, da je bila Trhlovca v gūnskem glacialeu zapolnjena z rjavo pasovito ilovico in to še preden je bila izvotljena Divaška jama. Tudi ta naj bi bila v mindlu zapolnjena s pasovito ilovico. Obe jami pa sta bili zapolnjeni z rdečo in rjavo ilovico, ki so jo s površja prinesle vode v rissu. Šusteršič (1972/73) meni, da je Trhlovca požiralnik z značilnim prečnim prerezom. Tudi Vilenico naj bi oblikovala ponornica (Šusteršič, 1972/73). Gams (1984) nastanek Vilenice povezuje z obdobjem znižanja piezometričnega nivoja vode, kar je povzročilo ponikanje vodnih tokov, ki so se stekali s flišnega zaledja. Ugotavlja tudi (1984), da sledi razpadanja zaradi zmrzali v jami ni in da je njen vhod

holocenski. In kaj nam kaže stari skalni relief izbranih jam?

Sledi počasnega vodnega toka v freatični coni so v Trhlovci (velike fasete in stropne kotlice) in Petnjaku (stropne kotlice) na nadmorski višini nad 400 m. Če so Gospodaričeve analize naplavin v jamah točne, so vodni tokovi omenjene sledi oblikovali v predgūnških dobah. Trhlovca je bila kasneje preoblikovana s hitrejšim vodnim tokom, ki se je sprva v epifreatični coni pretakal proti jamski notranjosti in jama poglobil v ozek, vijugast rov. Skalni relief, ki je nastal v freatični coni, namreč preseka osrednji rov s srednje velikimi fasetami na obodu. Sklepam, da so jama po znižanju piezometričnega vodnega nivoja preoblikovale ponorne vode, ki so izkoristile starejše rove. Ponorne vode so se stekale s flišnih zaplat in jama občasno tudi zapolnila z drobnostno naplavinno. O tem pričajo manjše mreže nadnaplavinjskih anastomoz (Slabe, 1992).

Sledi počasnega pretakanja vode v freatični coni (velike fasete in stropne kotlice) so tudi v Divaški jami (360 do 390 m nadmorske višine), v zgornjem delu Vilenice ter v zgornjih rovih v Lipiški jami (340 m nadmorske višine). Zaradi nižanja piezometričnega nivoja se je voda skozi jame začela pretakati nekoliko hitreje. Zapustila je srednje velike fasete (Kozinski rov v Lipiški jami). Rovi so bili še vedno zaliti. Občasno izdatno naraščanje vodne gladine kažejo sledi vodnega toka (fasete), ki se je skozi stare rove pretakal navzgor tako v Vilenici kot v Lipiški jami. Že po riško-würmski medleden dobi poplave niso dosegle zgornjega dela Vilenice (Zupan, 1991). Sledi, da je Vilenico oblikovala ponornica, v skalnem reliefu ni. Njeni zgornji deli pa so na enaki nadmorski višini kot epifreatično preoblikovan osrednji del Trhlovce.

V spodnjih delih Lipiške jame (Kozinski rov), Vilenice in v Škocjanskih jamah (v Tominčevi in Tihi jami



Sl. 6: S kondenzirano vlago razjeden strop vhodnega dela Trhlovce.

Fig. 6: Weathered roof due to condensed moisture in the entrance part of Trhlovca.

Jama	kat. št.	tip jame	položaj vodonosnik	kamnina	skalni relief			nadm. viš. vhoda	dolžina	globina
					a	b	c			
1. Škocjanske jame	735	stalni ponor	Kras	A, K ₂	*			425	5088	250
2. Divaška jama	741	stara, suha	"	"	*			430	672	89
3. Trhlovica	67	"	"	"	*			432	142	22
4. Vilenica	737	"	"	A, K ₂	*			418	803	180
5. Lipiška jama	311	"	"	"	*			397	1194	230
6. Petnjak	952	"	"	"	*			515	285	102
7. Labodnica		pretočna	"	"	*			341	329	817

Tabela 1: Izbrane jame.

Table 1: Selected caves.

ter zgornjem delu Hankejevega kanala) so nadnaplavinske anastomoze. Verjetno so nastale nad mlado-würmsko drobnozrnato naplavino, ki jo je do 350 m nadmorske višine lahko zaslediti tudi v drugih rovih Škocjanskih jam (Gospodarič, 1984). Jama je bila v tem obdobju skoraj povsem zapolnjena z naplavino. Poplave je moč zaznati tudi v sigi Tihe jame, na katero erozija ne deluje vsaj že 13000 let (Gospodarič, 1983). Datacije sige iz Kozinskega rova v Lipiški jami (Zupan, 1991) pričajo tudi o starejših, predriških poplavih. Starejši nadnaplavinski skalni relief je ohranjen le v Trhlovci. V bližnji, nižje ležeči Divaški jami takšnih sledi ni.

SKLEP

Po legi, obliki in vsebini jam lahko sodimo o raz-

meroma hitrem in pogosto skokovitem zakrasevanju vodonosnika Krasa. Votline so se sprva oblikovale kot freatični prevodniki v svežnju (Šušteršič, 1994). Kasneje so bile zaradi spreminjanja, predvsem nižanja piezometričnega nivoja vode, preoblikovane s hitrejšimi epifreatičnimi in vadoznimi vodnimi tokovi, ki so se pogosto pretakali po mlajši prodni naplavini. Zaradi izrazitih in pestrih klimatskih sprememb so vode pogosto ponovno dosegale višje ležeče jame, ki so bile pred tem že suhe. Vode so bile zlasti poplavne, ki so odložile velike količine drobnozrnate naplavine. Poplavna obdobja so bila razmeroma dolgotrajna, saj je njihove sledi najti tudi v skalnem reliefu votlin.

Poznavanje skalnega reliefa, za zdaj resda še maloštevilnih jam, nam nudi boljši vpogled v način oblikovanja in razvoj našega osrednjega kraškega vodonosnika.

RIASSUNTO

La configurazione geomorfologica delle grotte del Carso sta a testimoniare una vivace evoluzione del sistema idrografico. Le correnti idriche che scorrono ad oltre 200 metri di profondità nel sottosuolo hanno modellato le gallerie in condizioni idrologiche diverse. L'acqua che precipita dalla superficie origina gli abissi. Le antiche grotte superiori sono inattive e asciutte. Molte sono riempite da sedimenti. La loro volta rocciosa conserva le forme primarie, scavate in prevalenza da correnti idriche che circolavano a varie velocità e da quantità limitate di acqua che scorreva sui depositi alluvionali sabbiosi.

La collocazione, la forma ed i contenuti delle grotte ci fanno ritenere che il processo di incarsimento del sistema idrografico del Carso sia stato relativamente rapido e spesso repentino. Le cavità si generarono dapprima come conduttori freatici in fuso (Šušteršič, 1994, 9). Poi, in seguito ad alcuni cambiamenti, dovuti soprattutto alla diminuzione del livello piezometrico dell'acqua, subirono una trasformazione dettata da correnti idriche epifreatiche e vadoze, che spesso circolavano su depositi alluvionali ghiaiosi più recenti. In seguito a numerosi e

radicali cambiamenti climatici, le acque raggiungevano spesso nuovamente le grotte superiori, che in precedenza erano diventate asciutte. Erano soprattutto acque alluvionali che depositavano abbondanti quantità di materiale sabbioso. I periodi alluvionali duravano relativamente a lungo e tracce della loro presenza vengono infatti riscontrate nella configurazione delle cavità.

La conoscenza geomorfologica di un numero per il momento limitato di grotte ci permette di comprendere meglio qual'è stata l'origine e l'evoluzione del nostro principale sistema idrografico carsico.

LITERATURA

- Gams, I., 1974.** Kras.- Slovenska matica, p. 360, Ljubljana.
- Gams, I., 1983.** Škocjanski kras kot vzorec kontaktnege krasa.- Mednarodni simpozij "Zaščita Krasa ob 160 letnici turističnega razvoja Škocjanskih jam", Lipica okt. 1982, SOZD Timav, 22-26, Sežana.
- Gams, I., 1984.** Nastanek Vilenice v luči geomorfološkega razvoja Sežanskega krasa.- Sežanski kras, 7-11, Sežana-Lipica.
- Gospodarič, R., 1983.** Hydrogeologic Features of Some Karst Parts of Slovenia.- Hydrogeology of Dinaric Karst, Field trip to the Dinaric Karst, Šs.p.Č.
- Gospodarič, R., 1984.** Jamski sedimenti in speleogeneza Škocjanskih jam.- Acta carsologica 12, 1983, 27-48, Ljubljana.
- Gospodarič, R., 1985.** O speleogenezi Divaške jame in Trhlovcu.- Acta carsologica 13/1984, 5-36, Ljubljana.
- Gospodarič, R., 1988.** Paleoclimatic record of cave sediments from Postojna karst.- Annales de la Societe Geologique de Belgique, T. 111, 91-95.
- Habič, P., M. Knez, J. Kogovšek, A. Kranjc, A. Mihevc, T. Slabe, S. Šebela, N. Zupan, 1989.** Škocjanske jame spleological revue.- Int. J. Speleol. 18/ 1-2, 1-42.
- Knez, M., 1994.** Phreatic Channels in velika dolina, Škocjanske jame.- Acta carsologica 23, 63-71, Ljubljana.
- Kranjc, A., 1986.** Transport rečnih sedimentov skozi kraško podzemlje na primeru Škocjanskih jam.- Acta carsologica 14/15, 109-116, Ljubljana.
- Maucci, W., 1960.** Evoluzione geomorfologica successiva all' emersione definitiva.- Bolletino della societa Adriatica di scienze naturali 51, 165-189, Trieste.
- Melik, A., 1960.** Slovensko Primorje.- Slovenska matica, p. 547, Ljubljana.
- Mihevc, A., 1991.** Morfološke značilnosti ponornega kontaktnege krasa.- Magistrska naloga, p. 206, Univerza v Ljubljani.
- Radinja, D., 1972.** Zakrasevanje v Sloveniji v luči celotnega morfogenetskega razvoja.- Geografski zbornik 13, 197-243, Ljubljana.
- Slabe, T., 1992.** Naravni in poskusni obnaplavinski jamski skalni relief.- Acta carsologica 21, 7-34.
- Slabe, T., 1993.** Fasete, pomembna sled oblikovanja in razvoja kraških votlin.- Acta carsologica 22, 139-177, Ljubljana.
- Slabe, T., 1994a.** Jamski skalni relief in njegov pomen pri proučevanju oblikovanja in razvoja izbranih jam slovenskega istrskega krasa. Annales, Series historia naturalis 1, 155-162, Koper.
- Slabe T., 1994b.** Klasifikacija in poimenovanje jamskih skalnih oblik.- Naše jame 36, 43-58, Ljubljana.
- Slabe, T., v tisku.** Karst features in the motorway sections between Čebulovica and Dane.- Acta carsologica 25, Ljubljana.
- Šušteršič, F., 1972/73.** Med Škocjanom in Labodnico.- Proteus 35, 320-322, Ljubljana.
- Šušteršič, F., 1994.** Jama Kloka in začetje.- Naše jame 36, 9-30, Ljubljana.
- Zupan, N., 1991.** Flowstone datations in Slovenia.- Acta carsologica 20, 187-204, Ljubljana.