

Pregledni članek
Prejeto: 2006-08-21

UDK 624.1:551.44(497.4-14)

KRASOSLOVNE RAZISKAVE PRI GRADITVI AVTOCEST PREK SLOVENSKEGA KRASA

Martin KNEZ & Tadej SLABE

Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, SI-6230 Postojna, Titov trg 2

E-mail: knez@zrc-sazu.si

IZVLEČEK

Krasoslovci sodelujemo pri graditvi avtocest na krasu. S predhodnimi študijami z načrtovalci izbiramo trase, z rednim krasoslovnim nadzorom ob graditvi ceste pa preučujemo na novo odkrite kraške pojave, graditeljem pomagamo premostiti kraške značilnosti in jih hkrati čimveč ohraniti. Pri graditvi najnovejšega dela avtocest se je na 60 km trase odprlo več kot 350 jam. Različne vrste jam odsevajo razvoj pretočno-odtočnega vodonosnika zaradi nižanja gladine podzemeljske vode in kraškega površja.

Ključne besede: gradnja avtocest, Kras, kraška jama, klasični kras, Slovenija

RICERCHE CARSOLOGICHE DURANTE LA COSTRUZIONE DI AUTOSTRADE CHE ATTRAVERSANO IL CARSO SLOVENO

SINTESI

Un gruppo di carsologi collabora alla costruzione di autostrade sul Carso. Con studi preliminari effettuati assieme ai progettisti vengono selezionati i percorsi, mentre con un controllo carsologico costante durante la costruzione autostradale vengono studiati nuovi fenomeni carsici. Il gruppo di studiosi aiuta i costruttori a superare gli ostacoli dovuti alle caratteristiche carsiche e collabora nella salvaguardia di tali peculiarità. Durante la costruzione della parte autostradale più recente, su 60 km di percorso sono emerse più di 350 grotte. Diversi tipi di grotte riflettono l'evoluzione di flussi acquiferi trapassanti ed eflussi, dovuta all'abbassamento del livello dell'acqua sotterranea e della superficie carsica.

Parole chiave: costruzione di autostrade, Carso, grotta carsica, carso classico, Slovenia

UVOD

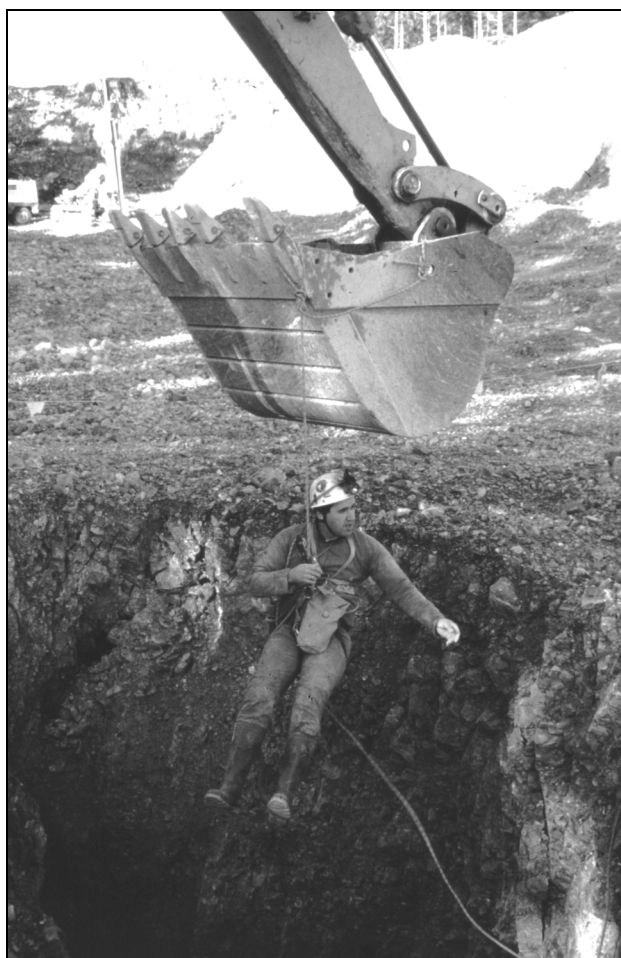
Eden večjih projektov, ki potekajo v Sloveniji, je povezati državo s sodobnimi avtocestami. Skoraj polovica Slovenije je kraške in več kot polovica voda, s katerimi se oskrbujemo, je iz kraških vodonosnikov. Slovenija je dežela klasičnega Krasa, ki je dal ime za to svojevrstno pokrajino na karbonatnih kamninah številnim jezikom sveta in se je na njem začelo razvijati krasoslovje. Občutljiva kraška pokrajina torej terja od nas njeno dobro poznavanje in trud za njeno ohranjanje, hkrati pa je seveda pomemben del naše naravne in kulturne dediščine.

Krasoslovci že vrsto let sodelujemo pri načrtovanju in graditvi avtocest na krasu (Kogovšek, 1993, 1995; Knez *et al.*, 1994; Knez & Šebela, 1994; Šebela & Mihevc, 1995; Slabe, 1996, 1997a, 1997b, 1998; Mihevc, 1996, 1999; Mihevc & Zupan Hajna, 1996; Kogovšek *et al.*, 1997; Mihevc *et al.*, 1998; Šebela *et al.*, 1999; Bosak *et al.*, 2000; Knez & Slabe, 2000, 2001, 2002, 2004a, 2004b, 2005; Knez *et al.*, 2003, 2004). Pri izbiri trase avtocest in železniških prog so v ospredju upoštevanje celovitosti kraške pokrajine, priporočila po izogibanju pomembnejšim površinskim kraškim pojavom (vrtače, polja, udornice, kraške stene) in že znanim jamam. Posebno pozornost posvečamo vplivu graditve in uporabe avtocest na kraške vode. Avtoceste naj bi zato bile neprepustne, vode s cestišča se namreč najprej zberejo v lovilcih olj in so nato prečiščene spuščene v kras.

Preučevali smo vplive prometnic na kraško vodo. Kogovšek (1993, 1995) je ugotavljala sestavo onesnaženosti voda, ki se vsakodnevno stekajo z avtocest. V stoječih vodah, katerih manjše količine smo našli v jamah ob prometnicah, so bile tudi sledi mineralnih olj (Knez *et al.*, 1994).

Med graditvijo avtocest pa opravljamo krasoslovni nadzor. Preučujemo na novo odkrite kraške pojave kot pomemben del naše naravne dediščine, svetujemo način njihove ohranitve, če je to zaradi gradbenih del le mogoče, naša nova spoznanja pa so tudi v pomoč graditeljem (Sl. 1). Pridobili smo vrsto novih izsledkov o oblikovanju in razvoju kraškega površja, epikrasa in prevotljenosti vodonosnika. Na 60 kilometrih avtocest, ki so bile v zadnjih letih zgrajene na Krasu, je bilo na novo odkritih več kot 350 jam.

V prispevku predstavljamo naše večletne izkušnje preučevanja kraških pojavov ob graditvi cest, kjer sodelujemo pri načrtovanju in nadzoru gradnje ter dodajava najnovejša spoznanja. Sodiva, da nekaterim sicer znanim kraškim pojavom posvečamo premalo pozornosti. Osredotočila sva se na primere s klasičnega Krasa, krasa, ki je dal ime za pokrajino na karbonatnih kamninah in na katerem se je začelo razvijati krasoslovje.



Sl. 1: Raziskave jame, katere strop se je udrl zaradi miniranja med graditvijo avtoceste pri Divači.

Fig. 1: Exploration of the cave whose roof collapsed due to blasting during the motorway construction near Divača.

NAČRTOVANJE

Pri načrtovanju cest s krasoslovnega vidika ovrednotimo kraško površje, kraško podzemlje, hidrološke posebnosti in ocenimo tudi predstavljene variante. Kjerkoli na krasu, kjer gradimo ceste, naletimo na številne kraške pojave: vrtače (Sl. 2), zapolnjene ali prazne votline ter segmente starih ali recentnih drenažnih poti skozi kras (Sl. 3). Številne kraške jame pa je denudacija že razgalila in jih lahko prepoznamo na površju krasa. V zadnjem času je jamam brez stropa, ki so bile "odkrite" prav med graditvijo avtocest, posvečena posebna pozornost. Zavedamo se, da kvalitetna krasoslovna študija področja, na katerem se načrtuje prometnica, omogoča dober izbor trase in je eno izmed temeljnih izhodišč za načrtovanje graditve v svojevrstni in občutljivi pokrajini.

V prvem koraku s pomočjo objavljene literature, arhivov in različnih zbirk zberemo znanje o površinskih



Sl. 2: Zapolnjevanje vrtače z gruščem. Iz vrtače so najprej odstranili naplavine. Danes je pod avtocesto med Kozino in Divačo.

Fig. 2: A doline filled up by rubble after the sediments were removed. Today it lies under the motorway between Kozina and Divača.

kraških pojavih, med katerimi še posebej izločimo doline, vrtače, udore ter druge morfološke oblike. Kasneje s pomočjo terenskega ogleda določimo kriterije za kartiranje območja izbrane trase. Na terenu s krasoslovnega vidika ovrednotimo različne kamninske segmente. Na kartah tematsko predstavimo znane vhode v podzemne prostore ter jih dopolnimo z morebitnimi novimi. Na podlagi površinskega kartiranja in genetske interpretacije morfološko izraženih in v reliefu zaznavnih denudiranih jam napravimo prognozo podzemeljskih votlin. Če je potrebno, na podlagi površinskega kartiranja predvidimo možnost deponij viškov materiala.

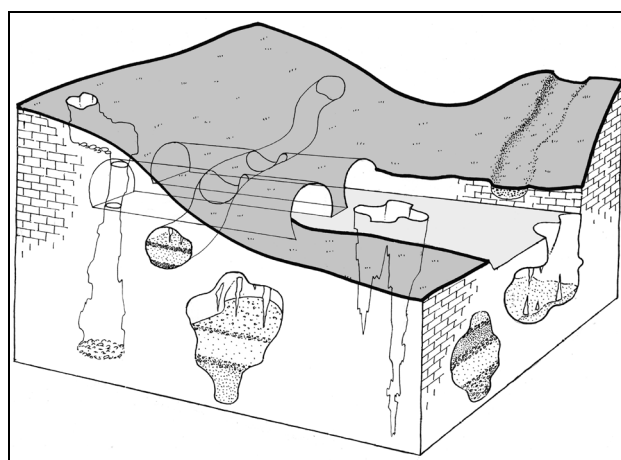
Iz izkušenj vemo, da v sleherni trasi, ki prečka kras, med graditvijo naletimo na podzemne votline in dele jamskih sistemov. Obliko in tip votlin lahko delno predvidimo s pomočjo interpolacije površinskih in podzemskih pojavov. Jamam, ki jih zasledimo v širši okolici trase, določimo vrsto, njihov položaj in vlogo v vodonosniku, obliko, skalni relief, naplavine in sigo v njih ter jih predstavimo na ustreznih kartah. Terensko preverimo verodostojnost znanih podatkov ter jih dopolnimo z morebitnimi novimi meritvami ter genetsko interpretacijo (npr. zapolnitve z alohtonimi klastičnimi sedimenti). Zaradi boljšega razumevanja predstavimo dosedanje poznavanje prevotljenosti vodonosnika in izdelamo prognoze s posebnim poudarkom na pričakovanih lito-tektonskih spremembah kamnine.

Zaradi specifičnih lastnosti karbonatne kamnine lahko kraške vode, ki poniknejo na obravnavanem območju, brez težav najdejo neposredne poti v podzemlje (kraški vodonosnik); 100 m debele kamnine lahko preidejo že v dobri uri. Kljub temu da so flišne kamnine, ki so na Krasu v stalnem neposrednem kontaktu s karbonati, pogosto predstavljene kot izključno neprepustni

skladi, moramo poudariti, da je fliš (marsikje manjših debelin) le izolirana leča na prepustnih karbonatnih kamninah. Poleg tega je treba tudi vedeti, da se v flišnih kamninah prav tako oblikujejo, sicer manj številni, podzemni prevodni kanali ter da na flišu zbrana padavinska voda odteka v kras. Zato opravimo terensko hidrogeološko kartiranje. V ta namen razmejimo in določimo osnovne značilnosti hidrogeoloških enot na širšem območju trase, popišemo hidrološke objekte (zajeti in nezajeti izviri, površinski tokovi, vodne jame, vrtine, merilne postaje in drugo) ter določimo fizikalno-kemične lastnosti izvirov. Če je treba, opravimo sledilna poizkusa ob nizkih in visokih vodah predvsem za določitev smeri in hitrosti podzemnega toka na širšem območju trase. Izdelamo in nadgradimo obstoječe hidrogeološke karte z rezultati terenskega kartiranja in sledilnih poizkusov, izdelamo inventar o stanju okolja ter opravimo oceno vpliva gradnje na kraške vode.

Kratko lahko strneva temeljne smernice načrtovanja prometnic:

- izbor trase temelji na podlagi celostne presoje krasa s poudarkom na lokalnih značilnostih;
- izbrani potek trase se izogiba tudi posameznim izjemnim kraškim pojavom;
- eden prednostnih ciljev načrtovanja je ohranjanje kraškega vodonosnika.



Sl. 3: Različne jame, ki so se odprle med graditvijo avtoceste (Knez & Slabe, 2005).

Fig. 3: Different caves that opened during the motorway construction (Knez & Slabe, 2005).

KRASOSLOVNI NADZOR OB GRADITVI

Odstranitev prsti in rastja s kraškega površja in seveda večja zemeljska dela pri kopanju cestnih usekov in predorov so razkrila površinske, epikraške in podzemeljske kraške pojave. Naša naloga je te pojave preučiti kot del naravne dediščine, svetovati način njihovega ohranjanja in seveda seznanjati graditelje z novimi



Sl. 4: Jama brez stropa pri Povirju, iz katere so bile odstranjene naplavine in siga.

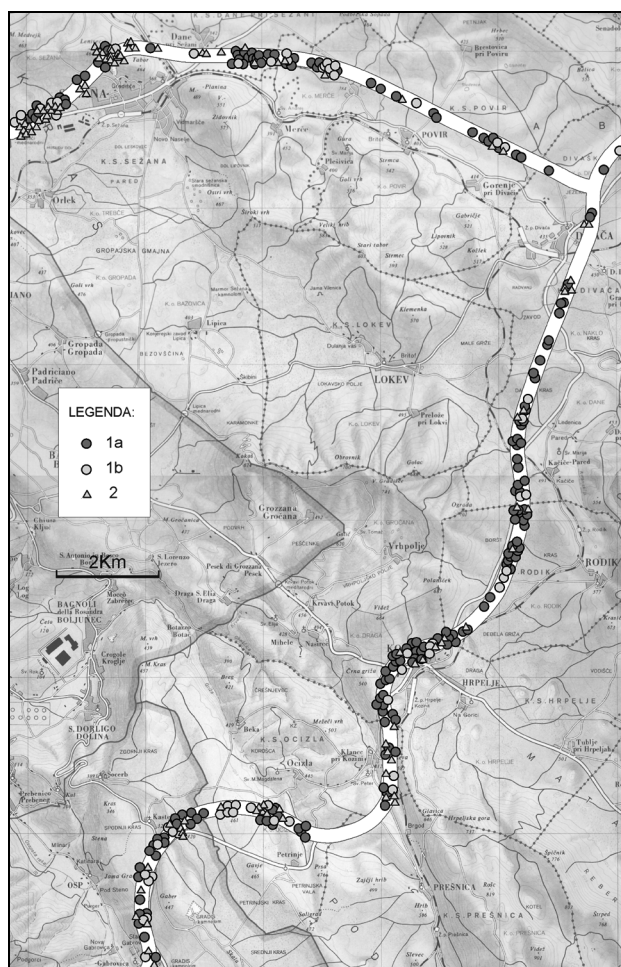
Fig. 4: A roofless cave near Povir, from which sediments and flowstone were removed.

spoznanji. Ti izsledki jim pomagajo pri premoščanju gradbenih ovir.

Kraško površje členijo vrtače in jame brez stropa (Sl. 4). Vrtače so znamenje današnjega oblikovanja površja s padavinsko vodo, ki navpično prenika skozenj in nato po nezalitem delu vodonosnika do podzemeljskih voda. Nekaterne vrtače so bolj, druge pa manj izrazito zapolnjene s prstjo. Na njihovem dnu se odpirajo brezna in špranje, skozi katere odteka voda. Prst je treba odstraniti iz vrtač, dna utrditi s svodasto zloženimi skalami, ustja brezni so namreč pogosto manjša kot bližnje votline pod njimi, in vrtače nato zapolniti s plastmi gruščca. Podobnih oblik ali pa bolj podolgovate so jame brez stropa. To so stare jame, ki so spričo znižanja kraškega površja "pogledale" na dan, torej nimajo več zgornjih delov oboda. Tudi iz njih je treba odstraniti drobnozrnat zapolnitve, v tem primeru so to stare jamske naplavine in jame nato zapolniti s skalami in gruščem. Voda bi namreč lahko te naplavine sčasoma odnesla in na površju bi se lahko pojavil grez.

Epikras prepredajo špranje, zlasti izrazite so v krednem apnencu, manj pa v paleogenskem, več se jih je odprlo na dnu in pobočjih vrtač. Večinoma so zapolnjene s prstjo in njihove stene razčlenjene s podtalnimi skalnimi oblikami. Zaradi znižanja kraškega površja je veliko brezni že tik pod njim.

Na 60 km trase avtocest, ki so bile izgrajene v zadnjih letih na Krasu, se je odprlo več kot 350 jam (Sl. 5). Jame lahko glede na razvoj vodonosnika delimo na stare jame, skozi katere so se pretakali vodni tokovi, ko je bil kraški vodonosnik višje obdan in prekrit s flišem in brezna, skozi katere se voda navpično pretaka s prepustnega kraškega površja do podzemeljskih voda. Najgloblje brezno je merilo 110 m (Sl. 6). Stare jame so prazne (Sl. 7) ali pa zapolnjene z naplavino (Sl. 8), slednjih je skoraj dve tretjini jam, ena tretjina jam pa je že brez stropa.

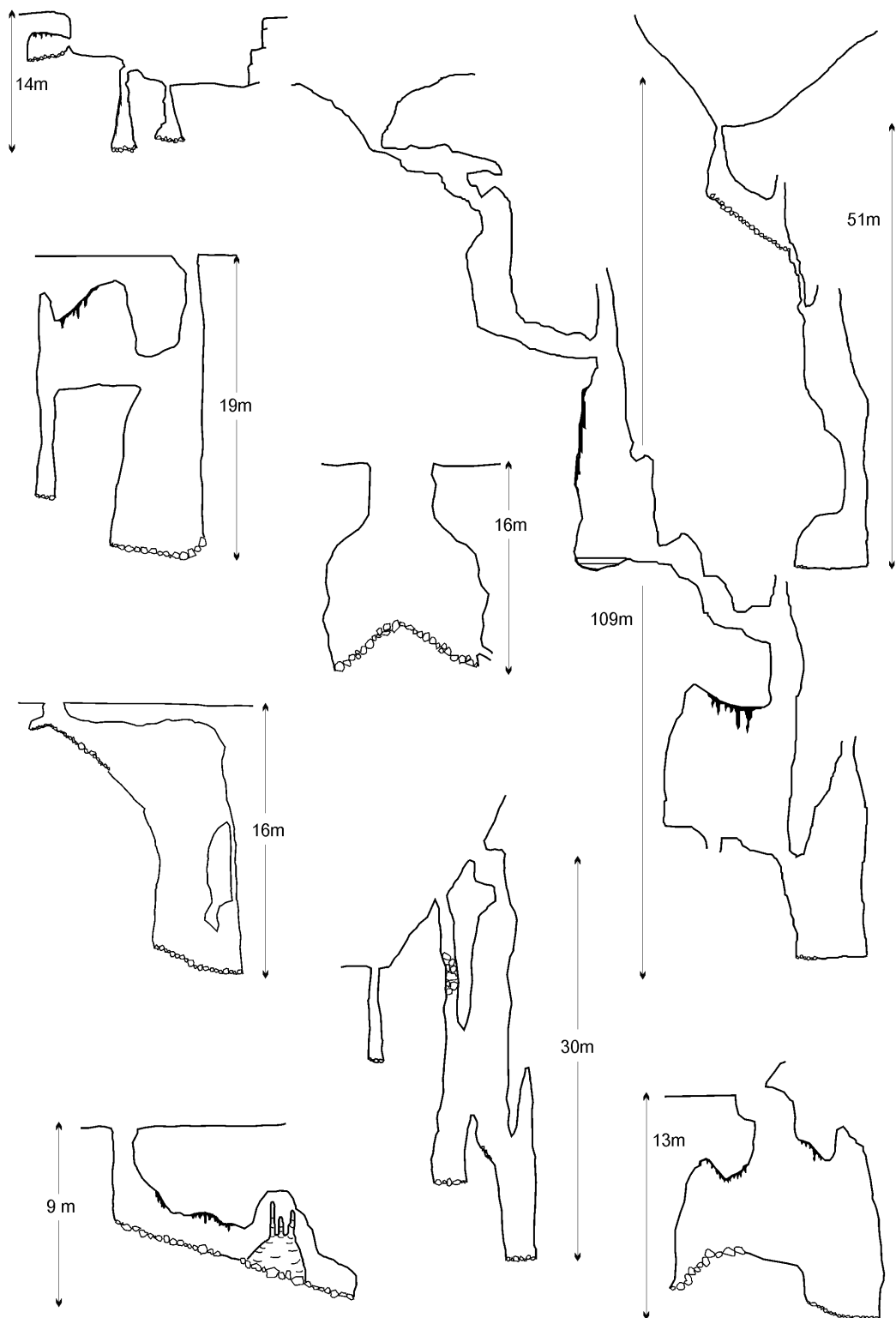


Sl. 5: Jame, ki so se odprle med graditvijo med Razdrtom, Fernetiči in Črnim kalom. Legenda: 1. stare jame: a) jame, zapolnjene s sedimenti in siga, b) nezapolnjene, votle jame; 2. brezna. Avtocesta je na skici 15-krat širša.

Fig. 5: Caves that opened during the construction in the area from Razdrto, Fernetiči and Črni kal. Legend: 1. old caves: a) caves filled with sediment and flowstone, b) unfilled, empty caves; 2. shafts. Motorway on sketch is 15-times enlarged.

Jame se odpirajo pri odstranjevanju rastja in prsti s površja in še zlasti veliko se jih je odprlo pri kopanju cestnih usekov. Pri miniranju kamnine so se vdrli njihovi stropi, v brežinah pa so se ohranili prečni preseki rovov. Največ brezni se je odprlo na dnu vrtač, ko so odstranili prsti in naplavine iz njih.

Vse jame smo dobro preučili, narisali načrte, opredelili njihovo obliko, skalni relief, zbrali smo vzorce naplavin za paleomagnetne in pelodne raziskave, vzorce sig pa za mineraloške raziskave in datacije. Na podlagi oblike jame in geoloških danosti smo predvideli njihova nadaljevanja, kar bo še zlasti koristilo graditeljem



Sl. 6: Med graditvijo so se odprle jame različnih oblik in velikosti, kar je narekovalo tudi nadaljnja gradbena dela.
Fig. 6: During the construction, many caves of different shape and size open; this dictated further appropriate construction works.

pri njihovi sanaciji. Skušali smo ohraniti čim več jam. Najlaže smo ohranjali brezna. Njihove manjše vhode smo zaprli z betonskimi ploščami. Prav tako je bilo moč ohraniti stare jame, katerih obodi so bili trdni. Jame, ki pa so se odprle zaradi miniranja in so bile v prettri kamnini, je bilo treba razminirati in zasuti. Jame, ki so jih presekali useki in katerih vhodi so v njihovih brežinah, pa smo zaprli s skalnatimi zidovi. Njihovi obodi so namreč preveč prettri in jame so zato neprimerne za nadaljnje obiskovanje, iz jam, ki so zapolnjene z naplavinami, pa bi voda lahko na cestišče odnašala ilovico. Eno izmed dobro ohranjenih jam smo pustili odprto za ogled potnikom, ki prestopajo mejo z Italijo. Najbolj zanimive in dobro ohranjene jame pa smo zaščitili v celoti in čeprav so pod avtocesto, so dostopne. Do njih namreč vodijo betonske cevi, ki se ob cesti zaključijo z zaprtim jaškom.

Preučevali smo tudi posledice različnih miniranj v jamah, kar nam koristi pri nadaljnji graditvi in ohranjanju kraških pojavov.

NOVA SPOZNANJA O RAZVOJU KRASA, PRIDOBLENA MED GRADITVIJO AVTOCEST

Posebna in pogosta kraška oblika so jame brez stropa. Ta, danes tudi pomembna površinska kraška oblika je že znan pojav, ki pa ni bil v celoti preučen. Posvečeno mu je bilo premalo pozornosti, saj je delež tovrstnih površinskih pojavov precej večji, kot je bilo domnevano. Število objav o jamah brez stropa je povezano z graditvijo novih odsekov avtocest (Knez & Šebela, 1994; Šebela & Mihevc, 1995; Slabe, 1996, 1997a, 1997b, 1998; Mihevc, 1996; Mihevc & Zupan



Sl. 7: Udor stropa jame med graditvijo useka pri počivališču pri Divači.

Fig. 7: A cave roof collapse during the construction of the roadcut near a rest place in the vicinity of Divača.

Hajna, 1996; Kogovšek *et al.*, 1997; Mihevc *et al.*, 1998; Šebela *et al.*, 1999; Knez & Slabe, 2000, 2001, 2002, 2004a, 2004b, 2005). Oblika jame brez stropa je posledica vrste in oblike jame ter razvoja kraškega vodonosnika in njegovega površja v različnih geoloških, geomorfoloških, podnebnih in hidroloških razmerah. Izrazitost površinske oblike jame brez stropa pa je narekovana s hitrostjo odnašanja naplavin iz jame v primerjavi z nižanjem okolnega površja. Na površini razberemo prst in rastje ali pa pasove naplavine in sige, če je to počasno, ko pa je hitrejše, so jame brez stropa na kraškem površju podobne vrtačam, nizom vrtač ali pa so podolgovate zajede. Pogosto so splet različnih starih oblik, jam torej, in današnjega oblikovanje krasa z vrtačami in brezni.

Velik delež jam je bil zapolnjen z naplavinami. Največkrat so to poplavne drobnozrnate flišne naplavine, vmes pa so tudi plasti proda. Vzeli smo tudi vzorce naplavin za paleomagnetne raziskave in za naplavine v jamah pri Kozini in Divači smo ugotavljali, da so starejše olduvai dobe. Zato sklepamo, da so jame posledica messinske krize in so bile fosilizirane po ponovni zapolnitvi mediteranske kotanje z vodo, torej pred približno 5,2 milijona leti (Bosak *et al.*, 2000).

Skratka, jame brez stropa so vse bolj razločno berljiv pojav na kraškem površju, so pomemben del epikrasa in izjemna sled razvoja kraškega vodonosnika. Naši izsledki so koristni tudi pri načrtovanju različnih posegov v kras.

Po datacijah naplavin razbiramo najstarejša obdobja zakrasevanja Krasa in ugotavljamo, da so najstarejše jame na krasu precej starejše, kot so to predvidevali krasoslovci pred nami.



Sl. 8: V avtocestnem useku odkrita, s sedimenti v celoti zapolnjena jama.

Fig. 8: A cave discovered in the roadcut is completely filled up by sediments.

ZAKLJUČEK

Ugotavljamo, da je sodelovanje krasoslovcev pri graditvi avtocest na krasu koristno. Pomembno pa je, da se vključujemo tako v načrtovanje kot v graditev ter seveda tudi kasneje v spremljanje vplivov, ki jih imajo avtoceste na okolje, torej v celosten proces poseganja v občutljivo kraško pokrajino. Na ta način je ta lahko smiselno, ohranjamo naravno dediščino, poglobljamo te-

meljno znanje o nastanku in razvoju krasa in graditvi avtocest v tem svojevrstnem okolju. Poznamo več različnih vrst krasa in vsak zahteva svojstven pristop, zato mora biti sodelovanje med graditelji stalno in sprotno. V zadnjih desetih letih nam je ta spoznanja v Sloveniji v veliki meri uspelo uresničiti in sodelovanje med načrtovalci in graditelji cest ter krasoslovci nam je vzor tudi pri načrtovanju in izvedbi drugih posegov v kras.

KARSTOLOGICAL RESEARCH DURING THE CONSTRUCTION OF MOTORWAYS CROSSING THE SLOVENE KARST

Martin KNEZ & Tadej SLABE

Karst Research Institute of the ZRC SAZU, SI-6230 Postojna, Titov trg 2

E-mail: knez@zrc-sazu.si

SUMMARY

Karstologists are taking part in motorway construction planned in the karst. In preliminary studies we select the most suitable alignments together with the planners and study, by regular karstological control during the construction, the newly discovered karst phenomena as well as help builders to overcome the karst properties; at the same time we try to preserve as many of these phenomena as possible. During the construction of the recent part of motorway, more than 350 caves opened on 60 km of the foreseen roadway. Different types of caves reflect the evolution of through-flow and outflow aquifer due to underground water table and karst surface lowering.

When planning and choosing the alternatives of laying out, one must consider geological, geomorphological, speleological and hydrogeological circumstances and the integrity of karst regions where motorways are constructed. We tried to avoid important karst phenomena, such as collapse dolines, large dolines, caves and karst walls, and by impermeable construction of a roadway tried to prevent the pollution flowing from it into underground waters. During the motorway construction, earthworks uncovered the karst surface and in places where the roadway was cut deeper into it or rocks excavated by tunnels, numerous karst caverns opened reflecting the development of aquifer. We investigated all the caves; we studied sediments and flowstone in them and attempted to preserve more important ones, considering that caves constitute a significant part of our natural heritage. This research supplemented new knowledge related to formation and evolution of karst. In particular important are new achievements related to roofless caves and to their shape on the karst surface, which can be usefully applied by planning new road sections. In view of the newly acquired experience, we may recognise them on the karst surface even before the earthworks started.

Key words: motorway construction, karst, karst cave, Classical Karst (Kras), Slovenia

LITERATURA

Bosak, P., M. Knez, D. Otrubova, P. Pruner, T. Slabe & D. Venhodova (2000): Paleomagnetic Research of Fossil Cave in the Highway Construction at Kozina (Slovenia). *Acta carsologica*, 29/2, 15–33.

Knez, M. & S. Šebela (1994): Novo odkriti kraški pojavi na trasi avtomobilske ceste pri Divači. *Naše jame*, 36, str. 102.

Knez, M. & T. Slabe (2000): Jame brez stropa so pomembna oblika na kraškem površju: s krasoslovnega nadzora gradnje avtocest na krasu. V: Gostinčar, A. (ur.): 5. slovenski kongres o cestah in prometu. Zbornik povzetkov referatov. Družba za raziskave v cestni in prometni stroki Slovenije, Ljubljana, 2000, str. 29.

Knez, M. & T. Slabe (2001): Karstology and expressway construction. *Proceedings of 14th IRF Road World Congress*, Paris.

- Knez, M. & T. Slabe (2002):** Unroofed caves are an important feature of karst surfaces: examples from the classical karst. *Z. Geomorphol.*, 46(2), 181–191.
- Knez, M. & T. Slabe T (2004a):** Karstology and the opening of caves during motorway construction in the karst region of Slovenia. *Int. J. Speleol.*, 31(1/4), 159–168.
- Knez, M. & T. Slabe (2004b):** Highways on karst. In: Gunn, J. (ed.): *Encyclopedia of caves and karst science*. Fitzroy Dearborn, New York, London, p. 419–420.
- Knez, M. & T. Slabe (2005):** Caves and sinkholes in motorway construction, Slovenia. In: Waltham, T., F. Bell M. Culshaw (eds.): *Sinkholes and Subsidence: karst and cavernous rocks in engineering and construction*. Springer, Berlin, p. 283–288.
- Knez, M., A. Kranjc, B. Otoničar, T. Slabe & S. Svetličič (1994):** Posledice izlitja nafte pri Kozini. *Ujma*, 9, 74–80.
- Knez, M, B. Otoničar & T. Slabe (2003):** Subcutaneous stone forest (Trebnje, Central Slovenia). *Acta carsologica*, 32/1, 29–38.
- Knez, M., T. Slabe & S. Šebela (2004):** Karstification of the aquifer discovered during the construction of the expressway between Klanec and Črni Kal, Classical Karst. *Acta carsologica*, 33(1), 205–217.
- Kogovšek, J. (1993):** Water composition flowing off our roads. *Ujma*, 7, 67–69.
- Kogovšek, J. (1995):** Detailed monitoring of the quality of the water that runs off the motorway and its impact on karst water. *Annales, Ser. Hist. Nat.*, 7, 149–154.
- Kogovšek, J., T. Slabe & S. Šebela (1997):** Motorways in Karst (Slovenia). *Proceedings & Fieldtrip excursion guide*. 48th Highway geology symposium, p. 49–55.
- Mihevc, A. (1996):** The cave Brezstropa jama near Povir. *Naše jame*, 38, 65–75.
- Mihevc, A. (1999):** The cave and the Karst surface – case study from Kras, Slovenia. *Karst 99. Etude de géographie physique, Trav. 1999, Suppl. 28*, p. 141–144.
- Mihevc, A. & N. Zupan Hajna (1996):** Clastic sediments from dolines and caves found during the construction of the motorway near Divača, on the Classical Karst. *Acta carsologica*, 25, 169–191.
- Mihevc, A., T. Slabe & S. Šebela (1998):** Denuded caves. *Acta carsologica*, 27(1), 165–174.
- Slabe, T. (1996):** Karst features in the motorway section between Čebulovica and Dane. *Acta carsologica*, 13, 221–240.
- Slabe, T. (1997a):** Karst features discovered during motorway construction in Slovenia. *Environ. Geol.*, 32(3), 186–190.
- Slabe, T. (1997b):** The caves in the motorway Dane-Fernetiči. *Acta carsologica*, 26(2), 361–372.
- Slabe, T. (1998):** Karst features discovered during motorway construction between Divača and Kozina. *Acta carsologica*, 27(2), 105–113.
- Šebela, S. & A. Mihevc (1995):** The problems of construction on karst – the examples from Slovenia. In: Beck, B. F. & F. M. Pearson (eds.): *Karst geohazards, engineering and environmental problems in karst terrain*. *Proceedings of the 5th Multidisciplinary Conference on Dolines and Engineering and Environmental Impacts on Karst*. A. A. Balkema, Rotterdam, p. 475–479.
- Šebela, S., A. Mihevc & T. Slabe (1999):** The vulnerability map of karst along highways in Slovenia. In: Beck, B. F., A. J. Pettit & J. G. Herring (eds.): *Hydrogeology and engineering geology of dolines and karst – 1999*. *Proceedings of the 7th Multidisciplinary Conference on Dolines and the Engineering and Environmental Impacts on Karst*. A. A. Balkema, Rotterdam, p. 419–422.