

# Ugotavljanje sedimentacijskih vrzeli v jamskih sedimentih – primer iz jame Divje babe I (Slovenija)

## Identification of depositional hiatuses in karst infillings – Example from Divje babe I cave (Slovenia)

Janez TURK

Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Titov trg 2, SI-6230 Postojna, Slovenija  
e-mail: janez.turk@zrc-sazu.si

Prejeto / Received 7. 4. 2011; Sprejeto / Accepted 5.5.2011

*Ključne besede:* pleistocen, sedimentacijska vrzel, klastični sedimenti, morfologija klastov, datacije, Slovenija  
*Key words:* Pleistocene, hiatus, clastic sediments, morphology of clasts, datings, Slovenia

### Izvleček

Jama Divje babe I je svetovno znano paleolitsko najdišče v Cerkljanskem hribovju. V prispevku pozornost posvečam pomenu ugotavljanja sedimentacijskih vrzeli, ki se pojavljajo med odloženimi sedimenti. Na vrzeli najbolj zanesljivo sklepamo z radiometričnim datiranjem, vendar je to cenovno draga metoda. V Divjih babah I je bila razvita nova metoda ugotavljanja sedimentacijskih vrzeli, ki temelji na preučevanju morfoloških oblik klastov. S to metodo smo v jami Divje babe I sklepali na štiri sedimentacijske vrzeli v sedimentih globine od - 207 do - 481 cm pod današnjimi jamskimi tlemi. Primerjava z radiometrično določenimi vrzeli je potrdila obstoj dveh sedimentacijskih vrzeli, medtem ko je obstoj ostalih dveh dvomljiv. Vendar je prepoznavanje vrzeli z radiometričnimi datacijami v veliki meri odvisno od gostote datacij v sedimentnem zaporedju. Obstoj dveh domnevnih vrzeli bi lahko zanesljivo potrdili ali ovrgli z dodatnimi datacijami ali pa z drugimi analizami, predvsem preučevanjem preperelosti klastov na njihovih, kjer sklepamo da se vrzeli pojavljata.

### Abstract

The Divje babe I cave is world known Paleolithic site in western Slovenia. In this paper, special interest is given to the identification of sedimentary hiatuses in karst infillings. Hiatuses can be the most reliably identified by detailed radiometric dating throughout the profile. However, this method is very expensive from economical point of view. New approach was developed in Divje babe I cave. Study of morphological characteristics of clast, may reveal the position of hiatuses. Four presumable hiatuses were assessed in sedimentary profile ranging from depth - 281 cm to - 481 cm below the contemporary ground floor in Divje babe I cave. Two hiatuses can be confirmed by results of radiometric datings, but another two hiatuses are doubtful. However, the identification of hiatuses by radiometric dating greatly depends on vertical length between two dated levels. Larger the length, greater the probability that hiatus was overlooked. Reliability of two presumable hiatuses can be confirmed by additional radiometric datings or with another analysis, such as measurement of degree of weathering.

### Uvod

Jamski sedimenti so za arheologe in geologe zelo pomembni, saj hranijo podatke o paleo-ekoloških razmerah, ki so vladale v času, ko so se ti odlagali na jamska tla (FARRAND, 2001; WOODWARD & GOLDBERG, 2001; QUINF, 2006; TURK & TURK, 2010). S pomočjo radiometričnih datacij, ki se opravljajo predvsem na kosteh, zobeh (npr. jamskega medveda), oglju in ožganih kremenovih artefaktih (ti se nahajajo v bližini ognjišč) lahko razmeroma zanesljivo ugotavljamo čas v katerem se je sedimentni nivo z datirano najdbo odložil na jamskih tleh. Z datacijami torej določamo kronološki potek in-

terpretiranih ekoloških sprememb in ugotavljamo časovna obdobja v katerih je jama obiskoval človek. Časovni obseg paleo-ekoloških rekonstrukcij je odvisen od starosti sedimentov, ti v arheoloških jamskih najdiščih običajno dosegajo starost vsaj nekaj 10.000 let. Vendar se sedimenti ne odlagajo ves čas zvezno, upoštevati je potrebno dejstvo da se hitrost sedimentacije spreminja, v določenih obdobjih pa se sedimentacija lahko zaustavi. Tedaj govorimo o t.i. sedimentacijski vrzeli ali hiatusu, ki lahko traja tudi 10.000 let in več. Del sedimentov lahko v jami manjka zaradi erozijskih procesov ali soliflukcije. Sedimenti so lahko erodirani zaradi hidrološke aktivacije kraških kana-

lov v jamskem sistemu (npr. v zelo vlažnih časovnih obdobjih, kakršne so bile ledene dobe) (CAMPY et al., 1994).

V kolikor del sedimentnega zaporedja zaradi omenjenih razlogov manjka, potem za določeno časovno obdobje ni možno izdelati rekonstrukcije ekoloških razmer. Ugotavljanje sedimentacijskih vrzeli v sedimentnem zaporedju je težavno. V tem prispevku obravnavam analize, s katerimi sklepamo na sedimentacijske vrzeli.

Osredotočam se na tiste sedimentacijske vrzeli, ki so posledica zastojev v sedimentaciji. V kraških jamah in spodmolih, kjer so znana nekatera najbolj tipična paleolitska najdišča, je navadno večina klastičnega materiala avtohtonega izvora. V zmernih in severnih geografskih širinah prihaja do intenzivnega krušenja jamskega oboda ob vходу v jamo zaradi zmrzovanja. Tu je vpliv zunanje klime na jamsko največji. Zaradi delovanja zmrzali se obod kruši in na jamskih tleh se kopiči krioklastični grušč. Hitrost tovrstne sedimentacije je odvisna predvsem od klimatskih razmer, oziroma od pogostosti menjavanja zmrzovanja in taljenja (ko temperatura pogosto niha okoli 0 °C) in fizikalnih lastnosti kamnin predvsem pojavljanja nezveznosti (razpoke, plasti). Razlogi za krušenje jamskega oboda so tudi drugi, na primer rast sekundarnih mineralov med plastmi v matični kamnini, ter potresi itd. (OSBORNE, 2002; SASOWSKY, 2007). Jamski sedimenti so tudi alohtoni in paravtohtoni, vendar je v arheoloških najdiščih delež teh sedimentov običajno majhen v primerjavi z avtohtonimi klastičnimi sedimenti. Alohtoni sedimenti so bili prineseni v jamsko okolje od zunaj, z vodo, vetrom lahko pa jih je prinesel človek ali pa živali (npr. prah). Fluvialne sedimente najdemo le v aktivnih jamskih sistemih, kjer ima voda tudi znaten erozijski vpliv na avtohtone sedimente (WHITE, 2007; WOODWARD & GOLDBERG, 2001). Najbolj pogosti paravtohtoni jamski sedimenti so kosti.

Ugotavljanje morebitnih sedimentacijskih vrzeli v sedimentni skladovnici je ena izmed pomembnih nalog strokovnjakov (arheologov, geologov), ki te sedimente preučujejo. Najzanesljiveje lahko na pojav vrzeli sklepamo s pomočjo radiometričnih datacij. V kolikor se v profilu med dvema sosednjima datiranimi nivojema pojavlja velik časovni skok, potem lahko sklepamo, da se nekje vmes pojavlja sedimentacijska vrzel. Bolj pogoste kot so datacije po globini profila, bolj zanesljiva je metoda. Če so datacije v profilu razmeroma redke (vertikalna razdalja med datiranimi nivoji velika), potem je večji časovni skok lahko tudi posledica izrazite spremembe v hitrosti sedimentacije. Hitrost sedimentacije se lahko spreminja tudi za faktor sto (FARRAND, 2001). Problem te metode je da so goste (številne) datacije v profilu cenovno drage, zato so jame, kjer so profili jamskih sedimentov tako detajlno datirani redke.

Obstajajo tudi nekatere druge metode ugotavljanja sedimentacijskih in erozijskih vrzeli v jamskih sedimentih, vendar so manj zanesljive. Kemično močno preperel sedimentni nivo je lahko kazalec sedimentacijske vrzeli. Kemično prepe-

revanje je močnejše v sedimentih, ki so dalj časa izpostavljeni površinskim pogojem (to se pravi v vrhnjem sloju jamskih tal). Z zasutjem sedimentov pa se preperevanje zaustavi. Na močno preperevanje v nekdanjih jamskih tleh kažejo barva sedimentov, klasti so razmeroma dobro zaobljeni, delež glinene komponente je povečan, delež karbonatne komponente (CaCO<sub>3</sub>) pa znižan v primerjavi s sosednjimi nivoji, manjša je tudi pH vrednost (FARRAND, 2001).

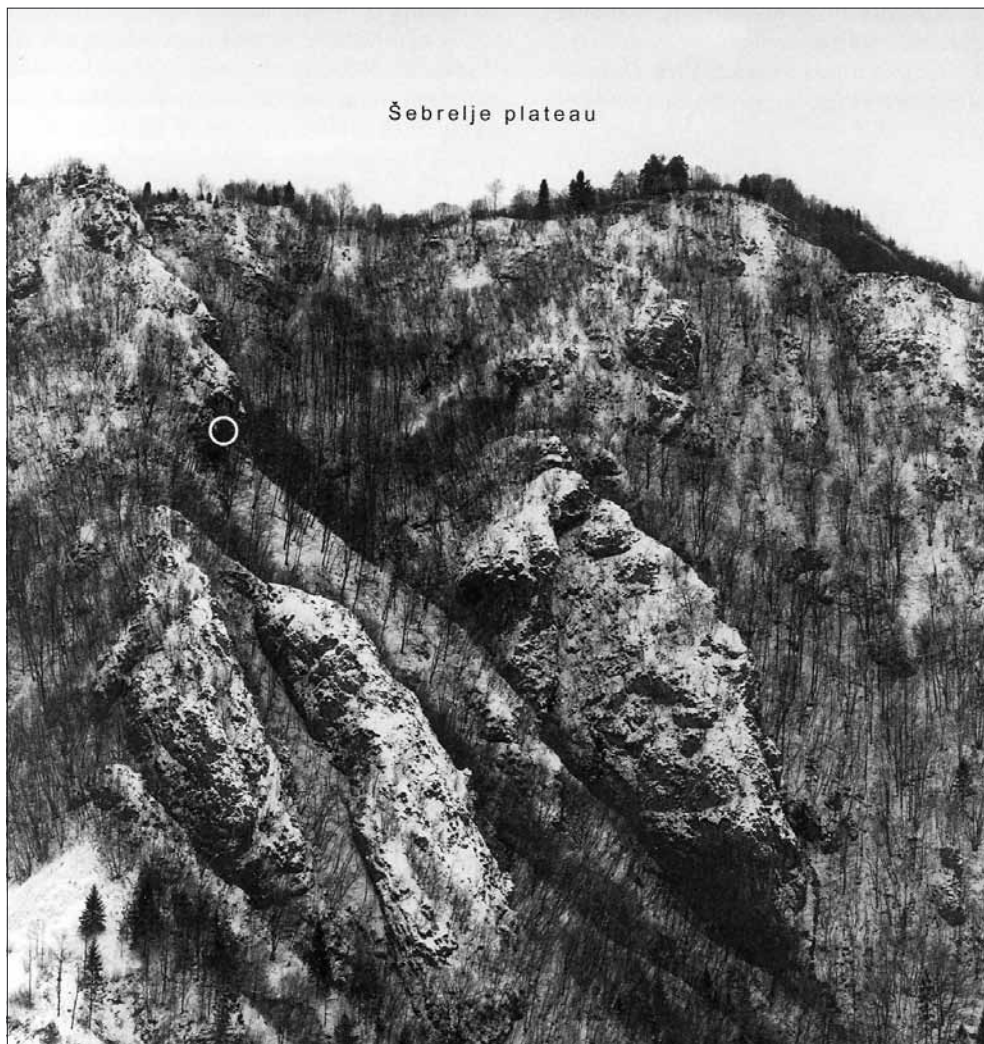
Temnejši ali rdečkasti sedimentni nivo, ki se pojavlja v sedimentni sekvenci je lahko kazalec dolgotrajnega preperevanja na nekdanjih jamskih tleh. Kemična korozija poteka predvsem z vodo (npr. preniklo vodo). V primeru, ko je sedimentacija prekinjena za daljše časovno obdobje, ima voda na razpolago dovolj časa, da selektivno raztaplja ostre robove klastov. Ti sčasoma postanejo vse bolj zaobljeni. Kemična korozija povzroča tudi razne razjede na klastih in kosteh. Površina karbonatnih, predvsem dolomitnih klastov postane drobljiva, oziroma »mokasta« (FARRAND, 2001; TURK et al., 2007).

Vse opisane spremembe potekajo le v tistih sedimentih, ki so daljše časovno obdobje izpostavljeni preperevanju v vrhnjem sloju jamskih tal. To se pravi, da je bila tedaj nadaljnja sedimentacija prekinjena za daljše časovno obdobje, pomembno pa je tudi, da sedimenti niso bili podvrženi eroziji in izrazitejšemu premeščanju (kot je na primer v hidrološko aktivnih jamah). Jakost pedogenih procesov in post-sedimentacijskih sprememb ni odvisna zgolj od trajanja sedimentacijske vrzeli, pač pa tudi od klimatskih razmer. Vpliv zunanje klime je največji ob samem jamskem vходу. V kolikor želimo sedimentacijsko vrzel v sedimentnem zaporedju tudi prepoznati, naj bi ta po nekaterih podatkih morala trajati vsaj nekaj sto let, še bolj verjetno pa vsaj tisoč let. V tem primeru preperevanje odloženih sedimentov na jamskih tleh napreduje do te mere, da so spremembe v sedimentu tudi po njegovem zasutju dovolj prepoznavne oziroma značilne (FARRAND, 2001).

Opisane metode prepoznavanja sedimentacijskih vrzeli so bolj ali manj kvalitativne. Alternativno metodo je razvil I. Turk, v času arheoloških izkopavanj v jami Divje babe I (TURK et al., 2007). V nadaljevanju se osredotočam na podrobno razlago te metode, ki temelji na preučevanju morfoloških značilnosti klastov v sedimentnem zaporedju. Preučuje se delež kemično korodiranih klastov v različnih sedimentnih nivojih.

### Jama Divje babe I

Jama Divje babe I se nahaja na pobočju med dolino Idrijce in Šebreljsko planoto v Cerkljanskem hribovju (sl. 1). Vhod v horizontalno jamo je na nadmorski višini 450 m, dolina reke Idrijce je 230 m nižje. Jama, ki je dolga 45 m in široka do 15 m, se je izoblikovala v triasnem dolomitu. Širše območje ima danes submediteransko klimo. Povprečna letna temperatura znaša okoli 9 °C, količina letnih padavin pa okoli 1800 mm (TURK et al., 2005).



Slika 1.  
Lega jame Divje babe I pod robom Šebreljske planote. Vhod v jamo je označen s krogcem (povzeto po TURK et al., 2005).

Figure 1.  
The Divje babe I cave on the slope below the Šebrelje plateau. Entrance to the cave is marked with circle (from TURK et al., 2005).

Jama Divje babe I je poleg Potočke zijalke najpomembnejše paleolitsko najdišče v Sloveniji. Kamene najdbe pripadajo večinoma mousterieniu, v manjši meri tudi aurignacieniu. Jama je v svetovnem merilu zaslovela predvsem po najdbi koščene piščali iz obdobja neandertalca (datirana okoli 60.000 let pred sedanostjo) (TURK et al., 2006; TURK, 2010; TURK & DIMKAROSKI, 2011), vendar tudi sicer velja za eno izmed najbolj sistematično in interdisciplinarno preiskanih paleolitskih najdišč na svetu. Jama je bila predvsem brlog jamskemu medvedu, o čimer pričajo številni kostni ostanki, občasno jo je obiskoval tudi neandertalec in kasneje moderni človek, vendar številnim antropogenim sledovom navkljub, kostnih ostankov človeka v času izkopavanja (1980–1999) niso našli. Poleg obširnih arheoloških raziskav so najdbe preučevali tudi paleontologi, palinologi, sedimentologi in drugi strokovnjaki. Izdelane so bile ekološke, ter tudi temperaturne in vlažnostne rekonstrukcije okolja iz obdobja poznega pleistocena (TURK et al., 2006; TURK & TURK, 2010). Ob pomoči številnih radiometričnih datacij so bile te rekonstrukcije dobro kronološko uvrščene v pleistocensko dogajanje. Nekatere izmed rekonstrukcij so bile popolnoma inovativne in nudijo nov, natančnejši vpogled v klimatske razmere v pleistocenu na območju slovenskega predalpskega sveta in tudi srednje Evrope.

Sedimentna skladovnica sestoji v 99 % iz dolo- mitnih klastičnih kamnin avtogenega izvora. Izkopanih je bilo 12 m sedimentov, vendar kamninsko dno jame ni bilo doseženo. Sklepajo, da se to nahaja več deset metrov globlje. Izkopavanja so potekala v več jamskih sektorjih, v prvi fazi ob samem vhodu v jamo in v kasnejši fazi tudi v notranjosti jame. Ohranjenih je večje število profilov. Prav ti nudijo možnost nadaljnjih raziskav tudi za geologe in palinologe, saj je detajlno vzorčenje možno le po profilih.

Jama je radiometrično zelo dobro datirana (BLACKWELL et al., 2009). Najstarejši izkopani sedimenti so stari okoli 120.000 let. V času od približno 40.000 oziroma 35.000 let pred sedanostjo pa do danes v jami ni bilo odlaganja novih klastičnih sedimentov, pač pa se na tleh lokalno izloča siga. Torej gre za dolgotrajno sedimentacijsko vrzel, ki še vedno traja.

#### Metoda dela in znanstvene osnove

Zvezno vzorčenje sedimentnih vzorcev za potrebe tu obravnavane raziskave je potekalo v dveh profilih. Profila skupno obsegata 2,8 m debelo sedimentno zaporedje, na štirih različnih globinah razpolagamo z radiometričnimi datacijami. Sediment na globini približno - 250 cm se

je odložil pred okoli 50.000 leti, kot so pokazale radiometrične datacije. Vrhnji nivo v obravnavanem sedimentnem zaporedju se nahaja 43 cm višje (- 207 cm pod današnjimi jamskimi tlemi), sklepamo da se je odložil pred približno 45.000 leti. Sedimentni nivo na globini - 445 cm je bil datiran z elektronsko spinsko resonanco na 79.000 let. Skrajno spodnji nivo v obravnavanih profilih je na globini - 481 cm, torej lahko sklepamo da je star vsaj 80.000 let ali več. V grobem lahko trdimo, da so se sedimenti v vzorčenih profilih odlagali v časovnem obdobju med 80.000 in 45.000 leti pred sedanostjo. V omenjenem sedimentnem zaporedju smo poskušali prepoznati morebitne sedimentacijske vrzeli.

Sedimentno zaporedje, debelo 2,8 m smo poljubno razdelili na 28 vzorčnih nivojev, povprečne debeline 10 cm ( $\pm$  3 cm). Iz vsakega vzorčnega nivoja smo pobrali vse klaste, večje od 4 cm. Vse klaste iz vsakega izmed nivojev smo nato pregledali in se osredotočili na tiste klaste, ki so vsebovali značilne površinske morfološke oblike, nastale kot posledica primarne kemične korozije. To se pravi, da je kemična korozija potekala na jamskem obodu, kjer so nastale značilne reliefne korodirane oblike. Ko se je obod zaradi zmrzali krusil pa so se v sedimentu odložili fragmenti, na katerih najdemo reliefne oblike nastale s primarno korozijo oboda (sl. 2).

Kemična korozija jamskega oboda poteka zaradi delovanja kondenzne vlage. Ta se na obodu odlaga zaradi zračne cirkulacije. Topli (ali mrzli) zrak, ki v jamo vstopa iz zunanjega okolja, ob stiku s hladnejšo (toplejšo) kamnino tej odda vlago. Takšna kondenzna voda običajno ni zasičena s kalcijevim karbonatom, zato je agresivna in raztaplja karbonatno kamnino na kateri se odlaga.

Na jamskem stropu in stenah nastanejo značilne morfološke oblike, kakršne so fasete in razjede (SLABE, 1995; TARHULE-LIPS & FORD, 1998).

Selektivna kemična korozija, ki poteka sekundarno v jamskih tleh, povzroča predvsem zaoblevanje klastov. Če pa prenikla voda dalj časa kaplja na točno določeno točko na klastu, potem tam z raztapljanjem izdolbe razjedo. Vendar mora biti prenikla voda nenasičena s kalcijevim karbonatom.

Sedimentacijske vrzeli smo poskušali prepoznati po deležu reliefno korodiranih klastov v vzorčenih nivojih. V primeru, ko je jamski strop stabilen daljše časovno obdobje je hkrati tudi bolj izpostavljen raztapljanju s kondenzno vlago. Ta ima na razpolago dovolj časa, da se na stropu oblikujejo številne reliefne oblike. Jamski strop je običajno stabilen v obdobjih tople klime, ko je delovanje zmrzali in mehansko preperevanje majhno (TURK et al., 2007).

Vendar je potrebno upoštevati, da ni samo čas tisti, ki vpliva na oblikovanje reliefnih oblik na obodu ob prisotnosti kondenzne vlage. Vsebnost vlage je večja v vlažnih časovnih obdobjih in kondenzna vlaga lahko bolj raztaplja jamski obod že ob neki zmerni hitrosti krusenja in sedimentacije. Na splošno naj bi bila vodna korozija najbolj intenzivna prav ob pogojih vlažne in hladne klime (DREYBRODT et al., 2005). Podatki kažejo, da so bile hladne klimatske faze v povprečju tudi bolj vlažne (TURK et al., 2005), zato je večji delež reliefno korodiranih klastov pričakovati tudi v tistih sedimentnih nivojih, ki so se odlagali v mrzli klimi in kjer je torej potekala razmeroma hitra sedimentacija.

Sedimentacijska vrzel se konča s ponovno vzpostavitev postopnega krusenja jamskega oboda, kar je običajno posledica zaostitve klimatskih



Slika 2.

Reliefno korodiran klast. Značilne reliefne oblike so nastale na jamskem obodu, zaradi korozije s kondenzno vlago. Ko se je strop odkrusil, najdemo klaste s takšnimi oblikami v sedimentu (foto Drago Valoh).

Figure 2.

Cavernously corroded clast. Characteristic morphologic features are formed on the cave ceiling and walls, due to the condensation corrosion. Such clasts can be found in sediments, because of the breaking down of the ceiling (photo Drago Valoh).

razmer. Po naši razlagi naj bi se v sedimentnem nivoju, ki se je odložil takoj po ponovni vzpostavitvi krušenja, odložilo precej večje število klastov z značilnimi reliefnimi oblikami (nastalimi kot posledica primarne korozije jamskega oboda), kot pa v sedimentnem nivoju ki se je odložil tik pred nastopom sedimentacijske vrzeli. Delež reliefno korodiranih klastov naj bi bil v vseh nadaljnjo odloženih nivojih razmeroma velik. Mrzla in vlažna klima je narekovala hitro sedimentacijo, hkrati pa tudi intenzivno korozijo jamskega stropa. Navkljub razmeroma hitremu krušenju jamskega stropa, naj bi na njem nastajale značilne reliefno korodirane oblike, ki jih po odkrušitvi najdemo v sedimentu.

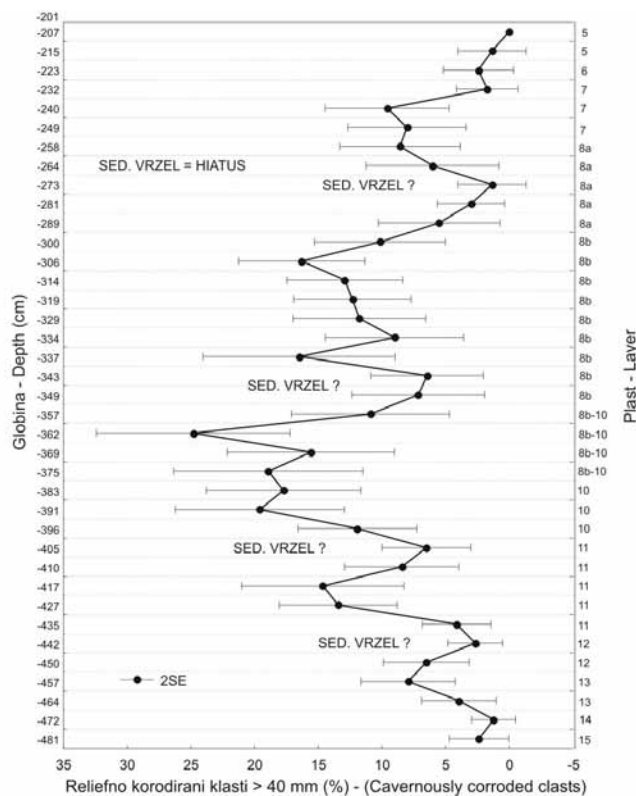
### Rezultati in razprava

Rezultat morfološke analize klastov iz zvezno vzorčenih profilov je krivulja, ki prikazuje delež reliefno korodiranih klastov v posameznih nivojih. Delež reliefno korodiranih klastov izrazito upade v štirih sedimentnih (vzorčnih) nivojih, na globinah - 442 do - 435, - 410 do - 405 cm, - 349 do - 343 cm in - 273 cm. Po interpretaciji opisani pod poglavjem metode naj bi se nekje znotraj štirih omenjenih globin nahajale sedimentacijske vrzeli (sl. 3).

Rezultate smo poskušali preveriti z neodvisno metodo, ki temelji na radiometričnih datacijah. Te sicer niso bile opravljene zvezno v dveh obravnavanih profilih, pač pa so bile datacije AMS  $^{14}\text{C}$  (datacije ogljikovega izotopa  $^{14}\text{C}$  z metodo pospeševalnega masnega spektrometra), ESR (elektronska spinska resonanca) izvedene v številnih drugih profilih. Datacije so potekale po izdvojenih plasteh. Iz grafa (sl. 4), ki prikazuje starost določene plasti (glede na datacijo), lahko sklepamo na hitrost sedimentacije. Nenavadno velik horizontalni (časovni) premik med dvema sosednjima plastema predstavlja spremembo v hitrosti sedimentacije, oziroma obstaja zelo veliko verjetnost, da je premik posledica sedimentacijske vrzeli. Značilnejši časovni premiki se pojavljajo znotraj plasti 17, med plastema 12 in 13 ter nekje znotraj plasti 7 (sl. 4). V teh primerih torej sklepamo, da gre za sedimentacijske vrzeli.

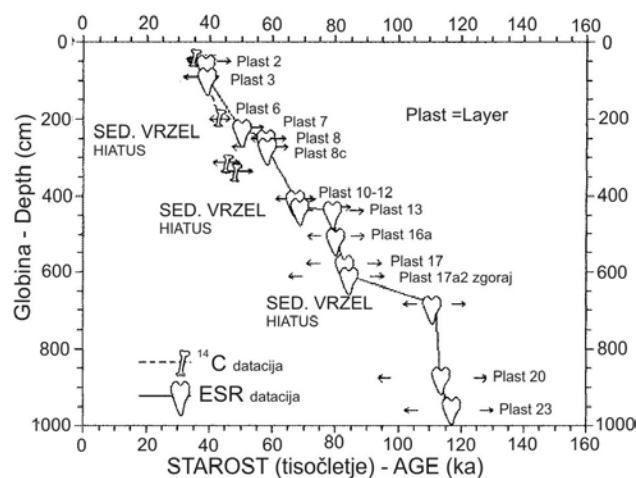
Domnevne sedimentacijske vrzeli, na katere smo sklepali na podlagi zveznega vzorčenja oziroma deleža reliefno korodiranih klastov v sedimentnih (vzorčnih) nivojih, smo primerjali s sedimentacijskimi vrzelmi, določenimi s pomočjo radiometričnih datacij. Prva metoda nakazuje pojav štirih sedimentacijskih vrzeli v sedimentih globine - 281 do - 481 cm pod današnjimi jamskimi tlemi. Nasprotno radiometrične datacije nakazujejo le dve izraziti vrzeli v obravnavanem sedimentnem zaporedju. Tretja vrzel, ki jo nakazujejo radiometrične datacije se pojavlja v plasti 17, na globini okoli 650 cm. Profila, ki smo ju preučevali v tem prispevku do te globine ne segata.

Radiometrične datacije kažejo, da se je vrzel pojavila nekje med sedimenti okoli globine - 430 cm. Ta vrzel naj bi trajala približno 8000 let



Slika 3. Krivulja prikazuje odstotek reliefno korodiranih klastov po različnih vzorčnih nivojih v jami Divje babe I. Znotraj nivojev, kjer odstotek reliefno korodiranih klastov izrazito upade, sklepamo da se pojavlja sedimentacijska vrzel.

Figure 3. Curve of relative abundance of cavernously corroded clasts, collected from various sedimentary (sampling) levels. Sedimentary hiatuses presumably occur somewhere within levels, that contain significantly low percentage of cavernously corroded clasts in comparison with adjacent levels.



Slika 4. Datacije po plasteh v jami Divje babe I. Velik časovni preskok (velika horizontalna razdalja) med dvema datacijama nakazuje, da se nekje vmes pojavlja sedimentacijska vrzel. V sedimentih globine do 10 m pod današnjimi jamskimi tlemi sklepamo na tri sedimentacijske vrzeli, ki jih nakazujejo radiometrične datacije. Te so potekale predvsem z metodo elektronske spinske resonance opravljene na zobeh (ESR) in deloma z metodo  $^{14}\text{C}$  na kostnih ostankih (povzeto po TURK, 2007).

Figure 4. Radiometric dates in Divje babe I cave. All layers were dated. Great horizontal steps are interpreted as sedimentary hiatuses. Greater the step, greater the temporal span between the deposition of two adjacent layers. There are presumably three significant sedimentary hiatuses in 10 m thick sedimentary sequence, due to the result of radiometric datings. Enamel of cave bear teeth was dated by electron spin resonance (ESR), bones were dated by  $^{14}\text{C}$  method (from TURK, 2007).

(78.000 do 70.000 pred sedanostjo). To sedimentacijsko vrzel lahko povežemo z vrzeljo določeno z morfološko analizo klastov. Slednja se pojavljala na podobni globini, nekje med - 442 in - 435 cm pod današnjimi jamskimi tlemi (sl. 3 in 4).

Sedimentacijsko vrzel, ki naj bi se glede na radiometrične datacije pojavljala nekje okoli globine - 250 cm, lahko dokaj zanesljivo povežemo z vrzeljo na globini okoli - 273 cm ugotovljeno z morfološko analizo (sl. 3 in 4).

Kvantitativna metoda preučevanja morfoloških značilnosti klastov v zvezno vzorčenem profilu je nakazala še dve sedimentacijski vrzeli, ki pa ju do sedaj opravljene radiometrične datacije niso potrdile. Ena hipotetična vrzel naj bi se nahajala nekje v globini okoli - 405 cm in druga med globinama - 349 do - 343 cm (sl. 3).

### Sklep

Metoda ugotavljanja sedimentacijskih vrzeli z zastopanostjo reliefno korodiranih klastov je pokazala razmeroma dobro ujemanje z drugo neodvisno metodo, ki temelji na radiometričnih datacijah in velja za najbolj zanesljivo metodo ugotavljanja vrzeli. S primerjavo smo potrdili obstoj dveh izmed štirih sedimentacijskih vrzeli, na katere sklepamo na podlagi preučevanja morfoloških značilnosti klastov, ki so bili zvezno vzorčeni v dveh profilih. Čeprav se vrzeli ugotovljene z obema metodama, ne pojavljajo natančno v istih globinah, so primerjave zanesljive. Upoštevati je potrebno, da so radiometrične datacije potekale v različnih jamskih profilih in da so plasti v jami nagnjene pod kotom 8°. Zato lahko prihaja do manjših neskladnosti, ko primerjamo globine v različnih jamskih lokacijah.

Obstoj ostalih dveh sedimentacijskih vrzeli na globinah okoli - 405 cm in - 349 do - 343 cm je zaenkrat še vprašljiv. Dokazati bi jih bilo potrebno z drugimi neodvisnimi metodami, kakršno je detajlno datiranje sedimentacijskih horizontov okoli globin, kjer naj bi se ti dve vrzeli nahajali. Preverili bi jih lahko tudi z analizo preperelosti klastov in kosti v teh nivojih. Preperevanje v času sedimentacijske vrzeli je bistveno povečano.

V prispevku obravnavana metoda ugotavljanja sedimentacijskih vrzeli (kvantitativna morfološka analiza klastov) ni uporabna v vseh jamskih okoljih. Večinski sediment mora predstavljati krioklastični grušč, ki se je odkrušil z jamskega oboda.

## Identification of depositional hiatuses in karst infillings – Example from Divje babe I cave (Slovenia)

### Summary

Hiatuses as a result of breaks in sedimentation are discussed in the paper. Sediments in karst infillings as Palaeolithic caves and rock shelters usually derive mainly from breaking of cave wall and

ceiling due to frost action, such clastic sediments are autochthonous. The rate of sedimentation in caves depends on climate conditions, especially on frequency of freeze-thaw action and properties of the rock (especially, fracturing).

It is a crucial work and also challenges for archaeologists and geologists to identify a depositional hiatuses through sedimentary sequence. The most reliable method to identify depositional gaps is based on radiometric dates. Significant offset in a series of radiometrically dated levels may be interpreted as a hiatus. Dates should be taken at sufficiently short distance through sedimentary sequence, to find such offsets. If the vertical distance between two dates is high, the offset may be a result of change of sedimentation rate. However radiometric dates are expensive and there are a few sites where sedimentary profiles were dated well enough for such interpretations of sedimentation.

Hiatuses were studied in Divje babe I cave. The cave is situated at an elevation of 450 m a. s. l. and 230 m above the Idrija Valley in western Slovenia (Fig. 1). The horizontal cave is 45 m long and up to 15 m wide. It developed in massive Cordevolian dolomite (Triassic). The host rock is crystalline, very porous, late diagenetic dolomite. The climate of the area today is submediterranean, with a mean annual temperature around 9 °C. The precipitation maximum occurs in the late autumn (November), the mean annual precipitation is around 1,800 mm, and the mean annual evapotranspiration is around 570 mm. The climate of the area is therefore very humid today (TURK et al., 2005).

Divje babe I cave is one of the most investigated Paleolithic site in Slovenia. The second biggest artifact assemblage (mostly Mousterian, with only a small part belonging to the Aurignacian) in Slovenia was collected in this cave, including a Neanderthal flute (TURK et al., 2006; TURK, 2010; TURK & DIMKAROSKI, 2011). The cave is also a rich paleontological site, with 99% of its excavated fossil bones belonging to the cave bear (*Ursus spelaeus*).

A 280 cm thick sedimentary sequence, composed from two sequential profiles, was studied in Divje babe I cave. The sequence was arbitrarily divided into 28 levels or samples, each of which was around 10 cm thick. According to available radiometric dates from the profiles, the studied sedimentary sequence was deposited in the period from 80,000 BP (the base part) to 45,000 BP (the top part). In each of the 28 levels, all the clasts larger than 40 mm from 0.02 m<sup>3</sup> of bulk sediment were collected and studied. We were interested in clasts whose surfaces were pre-depositionally chemically corroded by condensed water (Fig. 2). Condensed moisture occurs in caves due to the circulation of warmer air over the colder walls and ceiling. Where water condensing on the soluble rock of cave walls and ceilings is not saturated with respect to the carbonate, the potential exists for dissolution to occur. Condensation corrosion creates characteristic rock relief forms in caves. Condensation corrosion to a large extent affects

the cave ceiling and walls when the ceiling and walls remain stable for a significantly long period and also when the climate is very humid. Ceiling and walls are stable during warm climate phases, when the rate of sedimentation is low. Climate can be very humid during cool climate phases, when the rate of sedimentation is high, but condensation corrosion can still affect cave ceiling and walls greatly due to the higher intensity of the corrosion (TURK et al., 2007).

Our hypothesis is based on the fact that, the sedimentary layer that corresponds to the resumption of the sedimentation process after a hiatus should contain a significantly higher percentage of clasts with surfaces affected by pre-depositional condensation corrosion in comparison with the adjacent lower layer that was deposited much more slowly. Hiatuses can therefore be identified by the relative abundance of pre-depositionally corroded clasts along a sedimentary profile.

Depositional hiatuses within the studied profiles were determined from the graph representing the relative abundance of chemically (condensation) corroded clasts in all 28 levels (Fig. 3). According to our hypothesis, hiatuses occur somewhere within levels in which the relative abundance of chemically corroded clasts is low in comparison with adjacent levels. These levels are found at depths from - 442 cm to - 435 cm, at - 405 cm, from - 349 cm to - 343 cm, and at - 273 cm.

Hiatuses assumed from the curve of the abundance of chemically (condensation) corroded clasts (Fig. 3) were compared with hiatuses that were determined by more reliable radiometric dates from other studies in the cave in which faunal and other organic remains within layers were dated using AMS  $^{14}\text{C}$  (accelerator mass spectrometry) and ESR (electron spin resonance) methods (Fig. 4).

According to radiometric dating, one hiatus occurred at a depth of approximately - 430 cm (Fig. 4). This hiatus lasted from around 78,000 BP to 70,000 BP. This hiatus was also determined by studying the abundance of chemically corroded clasts, and in our profile it appears somewhere between depths - 442 cm and - 435 cm (Fig. 3).

Another hiatus occurred around a depth of - 250 cm that lasted approximately from 58,000 BP to 50,000 BP according to radiometric dates (Fig. 4). This hiatus appears at a depth of around - 273 cm in our profile (Fig. 3).

The hiatuses that were assumed to have occurred around the depth of - 405 cm and somewhere between depths - 349 cm and - 343 cm in our profile (Fig. 3) were not confirmed by radiometric data. They remain questionable until they are proven by another independent measurement such as the magnitude of weathering of topsoil and its content (bones).

## Literatura

- BLACKWELL, B. A. B., YU, E. S. K., SKINNER, A. R., TURK, I., BLICKSTEIN, J. I. B., SKABERNE, D., TURK, J., LAU, B. 2009: Dating and Paleoenvironmental Interpretation of the Late Pleistocene Archaeological Deposits at Divje babe I, Slovenia. In: CAMPS, M., SZMIDT, C. (eds.): *The Mediterranean from 50 000 to 25 000 BP: Turning points and new directions*. Oxbow books, Oxford : 179–210.
- CAMPY, M., BINTZ, P., EVIN, J., LAVILLE, H. & CHA-LINE, J. 1994: Sedimentary record in French karstic infillings during the last climatic cycle. *Quaternaire*, 5/3–4: 157–163.
- DREYBRODT, W., GABROVŠEK, F. & PERNE, M. 2005: Condensation corrosion: a theoretical approach. *Acta carsologica*, 34/2: 317–348.
- FARRAND, W.R. 2001: Sediments and Stratigraphy in Rockshelters and Caves: A personal Perspective on Principles and Pragmatics. *Geoarchaeology*, 16/5: 537–557.
- OSBORNE, R.-A.-L. 2002: Cave breakdown by vadose weathering. *International journal of speleology*, 31/1–4: 37–53.
- SASOWSKY, I.-D. 2007: Clastic sediments in caves – imperfect recorders of processes in karst. *Acta carsologica*, 36/1: 143–149.
- SLABE, T. 1995: Cave Rocky Relief and its Speleogenetical Significance. Znanstvenoraziskovalni center SAZU, Ljubljana: 128 p.
- QUINF, Y. 2006: Complex stratigraphic sequences in Belgian caves correlation with climatic changes during the Middle, the Upper Pleistocene and the Holocene. *Geologica Belgica*, 9/34: 231–244.
- TARHULE-LIPS, R. F. A. & FORD, D. C. 1998: Condensation corrosion in caves on Cayman Brac and Isla de Mona. *Journal of Cave and Karst Studies*, 60/2: 84–95.
- TURK, I. 2007: Kronologija najdišča Divje babe I (Chronology of the Divje babe I). In: TURK, I. (ed.): *Divje babe I: Paleolitsko najdišče mlajšega pleistocena v Sloveniji*, I.del: Geologija in paleontologija (Divje babe I: Upper Pleistocene Palaeolithic site in Slovenia, Part 1: Geology and Paleontology). Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 13, Ljubljana: 159–166.
- TURK, M. 2010: Il flauto di Divje babe I – un manufatto del Neanderthal. *Histoire des Alpes*, 15: 133–149.
- TURK, I., SKABERNE, D., BLACKWELL, B. A. B. & DIRJEC, J. 2005: Ocena vlage v mlajšepleistocenskem kraškem okolju: paleoklima in paleomikrookolje v Divjih babah I, Slovenija (Assesing Humidity in the Upper Pleistocene Karst Environment: palaeoclimates and Palaeomicroenvironments at Divje Babe I, Slovenia). In: MIHEVC, A. (ed.): *KRAS: voda in življenje v kamniti pokrajini (KRAS: Water and life in a rocky landscape)*. Založba ZRC, Ljubljana: 173–198.
- TURK, I., BLACKWELL, B. A. B., TURK, J. & PFLAUM, M. 2006: Résultats de l'analyse tomographique informatisée de la plus ancienne flûte découverte à Divje babé I (Slovénie) et sa position chronologique dans le contexte des changements

- paléoclimatiques et paléoenvironnementaux au cours du dernier glaciaire (Results of computer tomography of the oldest suspected flute from Divje babé I (Slovenia) and its chronological position within global paleoclimatic and palaeoenvironmental change during Last Glacial). *L'antropologie*, 110: 293–317.
- TURK, I., SKABERNE, D., OREL, B., TURK, J., KRAJNC, A., SLEMENIK-PERŠE, L., & MEDEN, A. 2007: Sedimenti v najdišču Divje babe (Sediments at the Divje babe I site). In: I. TURK (ed.): *Divje babe I: Paleolitsko najdišče mlajšega pleistocena v Sloveniji*, I.del: Geologija in paleontologija. (Divje babe I: Upper Pleistocene Palaeolithic site in Slovenia, Part 1: Geology and Paleontology). Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 13, Založba ZRC, Ljubljana: 63–121.
- TURK, J. & TURK, M. 2010: Paleotemperature record in late pleistocene clastic sediments at Divje babe 1 cave (Slovenia). *Journal of archaeological science*, 34: 3269–3280, doi:10.1016/j.jas.2010.07.030.
- TURK, M. & DIMKAROSKI, L. 2011: Neandertalska piščal iz Divjih bab I: stara in nova spoznaja. In: B. TOŠKAN (ed.): *Drobci ledenodobnega okolja – zbornik ob življenjskem jubileju Ivana Turka*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 21, Založba ZRC, Ljubljana: 251–265, http://www.cpa.si/tidldibab.pdf.
- WHITE, W.-B. 2007: Cave sediments and paleoclimate. *Journal of Cave and Karst Studies*, 69/1: 76–93.
- WOODWARD, J.C. & GOLDBERG, P. 2001: The Sedimentary Records in Mediterranean Rockshelters and Caves: Archives of Environmental Change. *Geoarchaeology*, 16/4: 327–354.