

FLUVIALNI SEDIMENTI V KRIŽNI JAMI

(s 27 slikami v besedilu)

FLUVIAL SEDIMENTS IN KRIŽNA JAMA

(with 27 Figures in Text)

R A D O G O S P O D A R I Č

(Inštitut za raziskovanje krasa SAZU, Postojna)



UVOD

V skromni literaturi o Križni jami so opisane njene hidrološke razmere, kapniške tvorbe in zanimiva morfologija. A. S c h m i d l (1854, 284) je popisal vhodne rove in na novo odkriti del Medvedjega rova, pred njim pa je C e r a r (Zö r r e r, 1834) objavil prvi približni načrt in opis teh rovov. Najbolj sta poudarjala nahajališča medvedjih kosti v suhem Medvedjem rovu, ki jih je nato v letih 1878 in 1879 izkopaval F. v. H o c h s t e t t e r. Takrat je I. S z o m b a t h y na novo izmeril Medvedji rov in v njem s posebnimi simboli razlikoval diluvialno in recentno ilovico ter sigove kope (Arhiv JZS in Inštitut za raziskovanje krasa SAZU).

Poljudni opisi Križne jame I. M i c h l e r j a (1934, 1934 a) govorijo o podzemeljskih jezerih, kapniških skupinah in podorih Kalvariji, Križni gori in Kristalni gori, o podzemeljskem svetu, ki je povečal zanimanje za raziskovanje in večkratne obiske domačinov in članov Društva za raziskovanje jam v Ljubljani.

Navdušenost nad tem podzemljem se je po drugi svetovni vojni močno povečala (A. Š e r k o in I. M i c h l e r). Ohranjeni so zapiski številnih ekskurzij s podatki o odkritjih novih rovov. Do l. 1971 je bilo odkritih nad 8 km rovov. Kljub mnogim podatkom pa žal še nimamo popolnega, verodostojnega načrta vsega znanega podzemlja Križne jame. Načrt iz l. 1961 v merilu 2 : 2880 prikazuje razne odseke jame različno natančno; najmanj zanesljive so širine rovov in dvoran.

V zapisniku T. P l a n i n e z dne 30. 4. in 4. 5. 1958 so prvič omenjeni v konglomerat sprijeti sedimenti po jamskem dnu in stenah. Za nahajališče konglomerata ob Matjaževem rovu je T. P l a n i n a navedel, da se je material odložil, preden so nastale podorne dvorane in sigove kope. Alohtone in tudi druge sedimente iz Križne jame omenja še P. H a b i č (1963, 103), ki sicer govori še na splošno o značaju in pomenu sedimentov in oblikah akumulacij v kraških jamah.

Intenzivne speleološke raziskave okoli Cerkniskega jezera v letih 1968—1971 so zajele njegov pritočni kraški svet, kjer je Križna jama pglavilni speleološki objekt. Pri ekskurzijah v to jamo pa smo vnovič postali pozorni na konglomerate, ki jih omenja T. P l a n i n a, in na ostali fluvialni material, ki ga v tej jami ne manjka. Zbrali smo dosti podatkov o njegovih nahajališčih, v laboratoriju pa pregledali njihovo petrografsko in granulacijsko sestavo. Raziskave so pokazale zanimive podatke o izvoru jamskih naplavin in njihovi zvezi z razvojem jamskih prostorov, ki jih doslej še nismo poznali. Zato smo zbrano gradivo podrobneje obdelali v pričujoči razpravi.

O JAMSKIH SEDIMENTIH NA SPLOŠNO

Jamski sedimenti so bili sprva zanimivi, kolikor je bilo v njih mogoče najti organske ostanke ledenodobnih živali in orodje pračloveka. Z napredkom prazgodovinskega raziskovanja po svetu in na Slovenskem krasu pa je postalo preučevanje samih sedimentov zelo potrebno pri ugotavljanju ledenodobnih klimatskih razmer in pogojev bivanja pračloveka pred jamami in v njih. Za ugotavljanje pleistocenskih klimatskih razmer so domači preučevalci paleolitika S. Brodar (1966), F. Osle (1967) in drugi zlasti analizirali grušč pri jamskih vhodih, krioturbatske pojave v sedimentih, eolske in fluvialne sedimente ter druge pojave, ki so metodološko obravnavani v klasičnem delu o jamskih sedimentih E. Schmidtove (1958).

Z razvojem speleološke znanosti in vse večjim kopičenjem znanja in podatkov o jamah so sedimenti pridobili na vrednosti in pomenu. Na oblikovanje prostorov in nastajanje sedimentov daleč od jamskih vhodov učinkujejo činitelji, ki so manj vezani na spremenljivo temperaturo, bolj pa na hidrološke in morfološke pogoje, ki tod vladajo. V tem drugačnem trodimenzionalnem sedimentacijskem okolju nastaja tako imenovani »notranji facies« sedimentov kot ga imenuje E. White (1968, 116), za razliko od »zunanega facies« pri jamskih vhodih, kjer je opaziti odločujoč vpliv z zmrzaljo povezanega mehanskega razpadanja stropa in sten. Preučevanje »notranjega facies« sedimentov omogoča pojasniti nekatere speleogenetske procese v jami ter hidrološke, morfološke in geološke razmere v okolici jame, če so med najdenimi sedimenti tudi taki izvenjamskega izvora.

Jamske sedimente preučujemo z različnimi analitskimi metodami. Najbolj pogostno ugotavljamo granulacijsko in petrografsko sestavo, v posebnih primerih pa lahko opravimo še druge analize (R. Riedl, 1960). Dobljeni podatki o sedimentih so toliko bolj tehtni, kolikor jim lahko določimo še lego in razmerje do podzemeljskega prostora. Tako pridemo do podatkov o načinu transporta in odlaganju naplavin ter o njih relativni starosti v primerjavi z različnimi jamskimi prostori.

Analize omogočajo razdeliti jamske sedimente v različne skupine glede na izvor, nastanek, agregatno stanje in lego sedimentov v podzemeljskem prostoru. V monografijah o krasu in v speleoloških učbenikih najdemo več klasifikacij. Tako deli G. Kyrle (1923, 85) jamsko vsebino na avtohtono in deponirano, pri čemer je znatno bolj popolno obdelal sigo in led kot pa razne naplavljenе sedimente. Tudi G. Warwick (1953) posveča največ prostora sigi in podorom, medtem ko so klastični naplavljeni sedimenti postali predmet večjega zanimanja šele v delih zadnjih desetih let. Omeniti je treba študijo A. Böglja (1961) o jamski ilovici v jami Hölloch (Švica), ki jo najde v aktivni coni (v trajnem in občasnem vodotoku) in v inaktivni coni brez vodotokov. Po izvoru deli ilovico na alohtono, ki v jamah prevladuje, ter na avtohtono in paravtohtono. Pod le-to razume ilovico, ki je bila v jamo prestavljena pretežno po vertikalni poti skozi špranje v stropu.

Podobno je razčlenil sedimente iz Postojnske jame S. Brodar (1966). Razlikoval je alohtoni flišni nasip, paravtohtono flišno ilovico in rdečo ilovico ter avtohtono sigo in grušč. Na podlagi te razdelitve je med seboj primerjal

številne odkopane profile in sestavi razvojno shemo kraškega podzemlja ob Pivški kotlini, kakršno je bil v grobem postavil že prej (S. Brodar, 1952).

Ph. Renault (1968) je razdelil jamsko vsebino po kemičnih in fizikalnih zakonih, ki se uveljavljajo v podzemlju med kamnino in vodo, v naslednje tipe:

1. produkte korozije (ostanke dekalifikacije, sigo, jamsko mleko),
2. produkte gravitacije (ilovnate prevleke, podorne bloke in grušč),
3. produkte transporta ali vodnih tokov (gline, peske in prode).

Material je lahko eksogen (alohton) ali endogen (avtohton).

Zb. Wojcik (1966, 106) se je oprijel poenostavljene petrografske klasifikacije in razlikuje:

1. kemične usedline,
2. organske usedline,
3. klastične usedline, ki so avtohtone in alohtone.

V delu o naplavinah v tatranskih jamah podrobneje obravnava le skupino »mehanskih vodnih sedimentov«, ki je v klasifikaciji G. A. Maksimoviča (1963) uvrščena v skupino alohtonega gradiva.

Nekoliko bolj razčlenjeno petrološko razdelitev navaja E. White (1968, 116):

Klastični sedimenti

avtohtoni
podori
ostanki preperevanja
organski ostanki

alohtoni

transportirana ilovica
pesek in prod
puhlica

Kemični sedimenti

karbonati (siga)
evaporiti
železovi in manganski
hidrati
led
fosfati

Navedene razdelitve se bistveno ne razlikujejo. Videti je, da sta Ph. Renault (1968) in H. Trimmel (1968) v skladu z monografskim značajem zadnjih publikacij dala splošne okvire razdelitve, kamor lahko vključimo bolj specificirane ostalih avtorjev, ki so nastale ob raziskovanju ene vrste sedimentov ali pa skupine naplavin v posameznih jamah regionalno omejenega krasa.

Iz vseh razdelitev nadalje izhaja, da so jasno izločene naplavine, ki bi jih, tako kot G. A. Maksimovič (1963), označili za mehanski vodni sediment alohtonega izvora. To so namreč ilovice, peski in prodi, ki so v raziskano jamo prispeli od drugod. V jamskem okolju so bili nato nekje cementirani v konglomerat, pokriti s sigo, spet erodirani in razkrojeni, z njimi se je pomešal razpadni material jamskih sten in stropa, tako da predstavljajo zelo pester, a koristen vir podatkov o speleogenetskih procesih v jami. Ker pa so pglavitne sestavine teh klastičnih naplavin izvenjamskega izvora, je njih vrednost za rekonstrukcijo razvoja jame glede na bližnjo in daljno okolico še toliko bolj pomembna.

Pri teh raziskavah so seveda značilni predvsem petrološki in geološki podatki o sedimentih in zakraselih kamninah ter podatki o nezakraselem svetu, od koder je pričakovati največji dotok klastičnega, v vodi netopljivega gradiva. Primerni geološki podatki in petrografska analiza so zato najbolj potrebni, če hočemo razločiti nahajališča naplavin v jami. Pri tem delu pa naletimo na več težav.

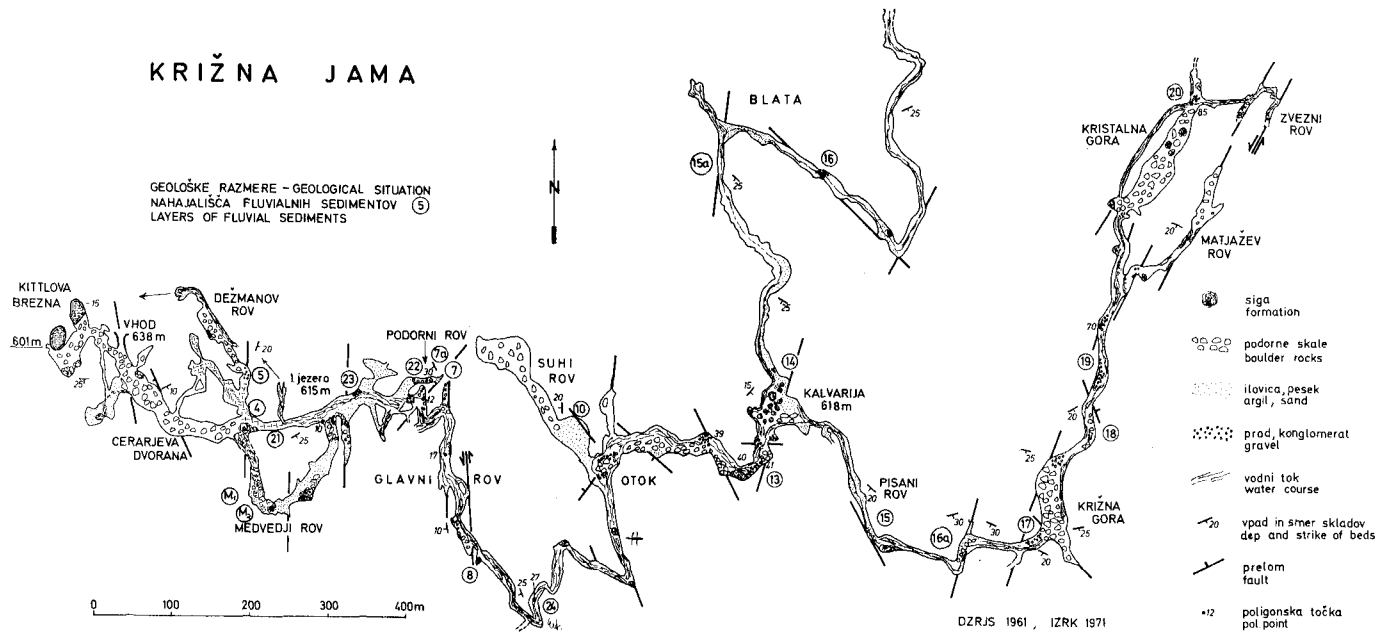
Kjer je material nevezan, vzorce lahko brez težav presejemo in analiziramo, kjer pa je s karbonatnim vezivom na pol ali docela zvezan v konglomerat, ga je težko zdrobiti na sestavne dele ali napraviti zbruske. Težava je tem večja, če so sestavni delci tudi karbonatni, ki se pri razkrajanju z 10 % HCl topijo poleg veziva. V vzorcih iz Križne jame smo vzorec poskušali drobiti mehanično in kemično, a pri tem dobivali za analizo ustrezen material le pri na pol vezanem konglomeratu, ki smo ga mogli drobiti mehanično. Pri trdno vezanem pa je bila npr. za analizo zrnivosti in procentualno petrografsko sestavo dana le možnost preštevanja kosov na različno orientiranih ploskvah vzorcev v velikosti okoli 1 dm².

Z analizami zrnivosti smo spoznali razmerje med ilovico, peskom in prodrom, s petrografskimi pa ugotovili različne kamnine in njihov odstotek v posameznem vzorcu. Razlikovali smo alohtoni, paravtohtoni in avtohtoni material in uvideli, da mešanica različnih materialov priča o različnih hidroloških razmerah. Ilovica in drobni peski npr. lahko v vodi lebdijo (*suspended load*) in se odlagajo drugače kot pa material, ki ga voda vleče ali premika po dnu struge (*bed load*). Za razvoj jame ali skalnega dna je zelo koristna informacija o legi vzorca ali sedimenta v prostoru (na dnu, ob steni, na stropu, na sigi ali pod njo, na pritočni ali odtočni strani rova itd.) in njegova razprostranjenost (v vodi, v suhih rovih ali povsod).

MORFOLOŠKE IN GEOLOŠKE POSEBNOSTI KRIŽNE JAME

Dostopno podzemlje Križne jame je bilo doslej že večkrat opisano (I. Michler, 1934; V. Bohinec, 1961; T. Planina, 1965). Zato vemo, da se splet podzemeljskih rogov v skupni dolžini 8 km razteza od vhoda proti vzhodu in da potekata končna dva rova — Blata in druga polovica Pisanega rova — proti severu do sifonov in čelnih podorov. Razlikujemo suhe in vodne rove ter več podornih dvoran. Suhi rovi so zanimivi, ker so v njih vidni peščeni in ilovnati fluvialni sedimenti in ker se v njih javljajo sige in podorne skale. Podiranje je mestoma zavzelo tak obseg, da imamo opraviti s podornimi dvoranami (Kalvarija, Kristalna gora, Križna gora itd.). Današnji vhod in oblike sosednjih rogov so povezane z rušenjem stropa in sten. Podorni rov in Suhi rov se končajo s podori. Redka siga v Križni jami se je odlagala na naplavine v obliki posameznih kop, v podornih dvoranah pa tudi v številnih stalagmitih in stalaktitih.

Med suhimi rovi je posebno zanimiv Medvedji rov. Od Cerarjeve dvorane ga deli sigova kopa, segajoča do stropa, v njem samem pa so še druge podobne sige. Prav tako so v njem ohranjeni ilovnati in peščeni sedimenti, ki kažejo na poplavni značaj nekdanje jamske reke. Takih naplavin je največ ob današnjem jamskem vhodu, kjer so tudi nekdanji vodni rovi drugače usmerjeni kot današnji. Po načrtu vidimo, da so Suhi rov, Podorni rov, Medvedji rov in Cerarjeva dvorana sestavni del nekdanjega poglavitnega vodnega kanala, ki ga je kasneje na zahodni strani, ob današnjem jamskem vhodu prekinila podorna vrtača. Zasuti suhi rovi Križne jame nam kažejo tako le del speleogenetskih procesov, to je razpadanje stropovja in sten ter nastajanje sige; morfološki elementi, ki so povezani z aktivnim vodnim tokom, so zakriti ali preoblikovani.



Sl. 1. Križna jama. Floris z vrisanimi tektonskimi podatki in nahajališči analiziranih alohtonih sedimentov

Fig. 1. Križna jama. The ground plan with tectonical data and finding-places of analysed allohtonous sediments



Sl. 2. Križna jama, Glavni rov. Plast dolomita (zgoraj) je manj odstranjena kot plast apnenca (spodaj), kjer so oblike erozijskega in korozijskega delovanja vode. Foto P. Habič

Fig. 2. Križna jama, Glavni rov (the Principal Channel). The dolomite bed (up) is less eroded than the limestone bed (down), where the forms of erosive and corrosive water activity could be observed, Photo by P. Habič

Mnogo več izpovedujejo vodni rovi, saj smo v njih priče današnjega oblikovanja podzemeljske struge. Jamska reka korodira in erodira skalo, pogloblja strugo in razgalja fluvialne naplavine proda in konglomerata, ki so v suhih rovih pokriti s sigo, peščenimi naplavinami in podori. Pogled v razvojno pot je znatno olajšan, zadevni sklepi so bolj zanesljivi. Pri 1. jezeru nastaja prečni profil rova v obliki ležeče, proti SE nagnjene elipse. V Glavnem rovu, kjer so skladi skoraj vodoravni, imamo opraviti s kvadratnimi profili, kjer so lepo vidne erozijske police in fasetirane stene. Ob prelomih je opaziti povišani strop in nastajanje sige. Značilen je del kanala med Otokom in Kalvarijo, ki dokazuje mlajše razpadne procese ob hkratnem toku jamske reke, ki erodira dno in steno ter razgalja starejši alohtoni prod. Blata so skoraj zapolnjena z ilovico, med njihovimi bregovi pa se na skalnem dnu vendarle kažeta prav tako starejša prod in siga. Podobni

pojavi so v Pisanem rovu in prav tja do Kristalne gore in sklepnega Zveznega rova.

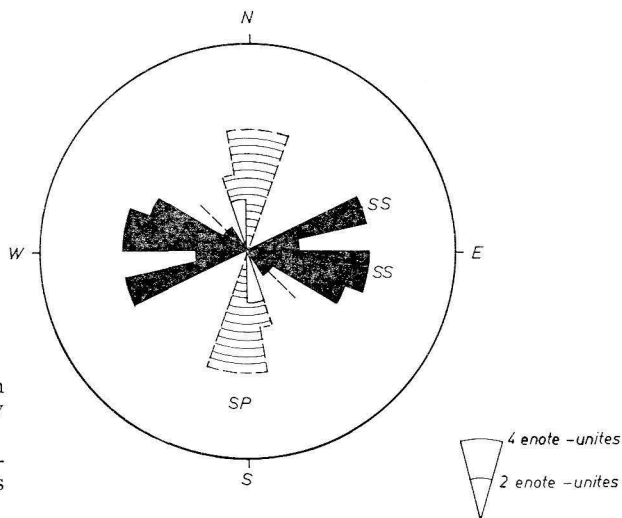
Morfologija Križne jame je v mnogočem odvisna od geološkega okolja, v katerem se giblje jamska reka, svoj pečat pa so ji dali še številni speleogenetski procesi, ki so se v njej uveljavljali v nedavni geološki preteklosti. Med te sodijo nedvoumno fluvialni alohtoni sedimenti.

V vseh dostopnih rovih Križne jame vidimo svetlosivi mikritski apnec liasno-doggerske epohe. V meter debelih skladih apnenca so pogostna gnezda dolomita (sl. 2). Sklenjen horizont dolomita, kakršnega poznamo na površju med liasno in zgornjetriasno serijo, je opaziti le v Zveznem rovu za Kristalno goro, kjer priteka v Križno jamo voda, rovi pa niso več prehodni.

Dolomit je bolj obstojen proti eroziji in koroziji jamske reke kot apnec. Iz apnenčevih sten vodnih rogov izstopajo dolomitna gnezda kot nekakšni roglički, kape in pokrovčki. Mikrooblike rogov so povezane s pojavljanjem dolomita med apnencem, manj pa so nanj vezane mikrooblike, prečni profili in smeri rogov. V tem pogledu so bile odločujoče smeri skladov in prelomov.

V našem diagramu (sl. 3) so združene smeri skladov in prelomov, ki smo jih merili v različnih rovih jame. Plasti so nagnjene za okoli 20° proti jugu in jugo-jugovzhodu. Odstopanja od teh smeri vidimo ob prelomih in v Glavnem rovu med 2. jezerom in Otokom, kjer so skladi položni ali nagnjeni proti zahodu in severu.

Prelomi v smeri S—J večinoma prečkajo sklade. Na njihovih drsniških ploskvah vidimo vodoravne raze, nastopajo torej zmični prelomi, kjer so se paketi drug proti drugemu premaknili vodoravno. Prelomi nastopajo pogosto v parih, ob njih je kamnina zdrobljena v brečo. Podorne dvorane in široki rovi s podornimi pobočji so dostikrat vezani na take cone (Kristalna gora, Križna gora, 1. Podorni rov). Posamezni prelomi so razgaljeni tudi v vodnih kanalih, kjer podornih pojavov ni. Iz tega sklepamo, da je dotok in učinek korodirajoče vode vezan le na te dislokacije in na tiste cone, kjer so prelomi bolj pogostni.



Sl. 3. Križna jama. Diagram smeri skladov (ss) in prelomov (sp)

Fig. 3. Križna jama. The diagram of beds (ss) and faults (sp) directions

Zanesljivo in podrobno primerjavo med tektonsko strukturo in smermi rovov bo možno napraviti, ko bomo imeli na voljo natančnejši načrt Križne jame. Za zdaj se moramo zadovoljiti z oceno, da so dostopni rovi med vhomom in Kalvarijo večinoma vzporedni z lezikami, dotočna Blata in Pisani rov z obema Gorama pa potekata prečno na smer skladov, a vzporedno s prelomi. Tu oblikovani erozijski vodni rovi imajo mnogo manjši strmec kot so nagnjeni skladi. Iz tega sklepamo, da je voda pri pretoku in oblikovanju rova zlahka premagovala geološke ovire. Med Kalvarijo in današnjim vhomom, kjer se rovi cepijo v različne smeri, pa so lokalni geološki činitelji vplivali na njen nekdanji in današnji pretok. Erozijska moč vode je bila nedvomno večja na dotočni (Blata, Pisani rov), kot na odtočni strani (Glavni rov, suhi rovi ob današnjem vhomu) zaradi proda, ki ga je v jamo prinašala voda. Do Kalvarije pa se je večina tega materiala morda že usedla, s čimer je močno oslabela nadaljnja erozijska moč jamske reke. Tudi s tega razvojnega stališča je pomembno spoznati ohranjena nahajališča fluvialnih alohtonih sedimentov.

NAHAJALIŠČA FLUVIALNIH SEDIMENTOV V KRIŽNI JAMI

Fluvialne sedimente smo našli po vsej jami v večji ali manjši količini. Razlikovali smo naplavine peska in ilovice — v suhih, obdobjno poplavljenih in vodnih kanalih — ter prod, deloma sprijet v konglomerat v vodnih kanalih.

Posamezna preiskana nahajališča teh sedimentov smo oštevilčili na načrtu Križne jame (sl. 1), skice nahajališč pa prikazujemo posebej v večjem merilu in tudi s fotografijami (sl. 4—20).

Naplavine v suhih rovih blizu jamskega vhoda

Pod podornimi bloki Cerarjeve dvorane je rjava ilovica pomešana z gruščem in sigo. Ilovico je odložila nekdanja, v višini okoli 620 m mirujoča oziroma zajezena voda. Pri sigovi kopi Čimborasu se odcepi proti jugu rov, ki bi popeljal do Medvedjega rova, če ne bi bil v razdalji 10 m zadelan s sigovo kopo. V Medvedji rov pa lahko vstopimo iz vodnega kanala pri 1. jezeru in si ga lahko ogledamo v dolžini 325 m. V njem spoznamo, kako so sedimenti sestavljeni in kako zapolnjujejo rov. Tukajšnje naplavine, med katerimi so tudi številne kosti jamskega medveda, sta opisala M. Brodar in R. Gospodarič (1973). Ugotovila sta, da je Medvedji rov skoraj do stropa zapolnjen z alohtonim peskom in ilovico, ki ju je odložila mirujoča poplavna voda do nadm. višine 620 m, to je 15 m više od današnjega skalnega dna Glavnega rova pri 1. ponoru. Današnja valovita tla rova pa so nastala pri kasnejšem preoblikovanju, ko je prenikajoča voda odlagala sigo in izpirala ilovnato peščen sediment. Ta proces izpiranja in zasigavanja traja še danes. Kostni jamskega medveda ležijo v vrhnjih plasteh ilovice in peska, ki so odložene med plasti sige. Iz tega sklepamo, da so jamski medvedi zahajali v rov, ko je bil suh in imel uravnana tla iz sige in strnjene ilovice. Visoka voda je le občasno zašla v rov in do neke mere ovirala njegovo trajno »poselitev«. Jamski medvedje so mogli zahajati v Medvedji rov, ko je bil ta še neposredno dostopen iz Glavnega rova. Kasneje nastala sigova kopa je to zvezo prekinila. Iz

zbranih podatkov je možno le okvirno sklepati na obdobje »poselitve« Križne jame z jamskimi medvedi in s tem na obdobja poplavl oziroma nanašanja ilovice in peska. Najbližje obdobje, ki pride v poštev, je zadnji topli sunek (W II/III) zadnjega glaciala (W III).

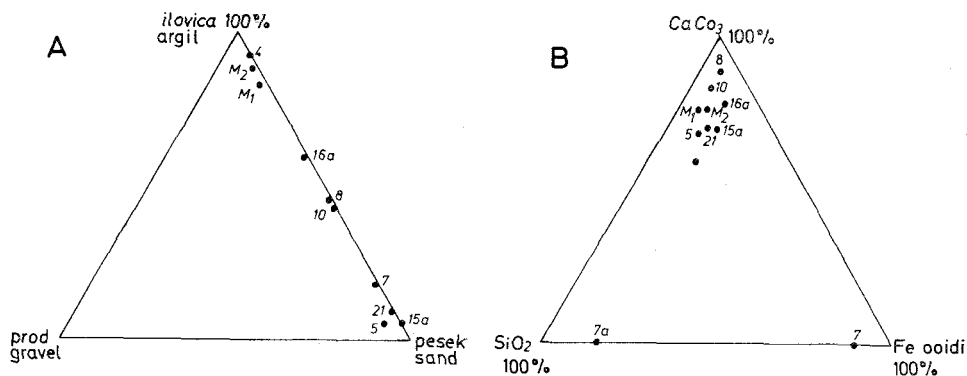
Iz drugih lokalitet v Sloveniji (F. Osole, 1967) je namreč znano, da je v zadnjem poledenitvenem sunku (W III) v naših krajih jamski medved že izumrl. Ker smo našli kosti med plastmi sige, ki odražajo dva topla sunka (verjetno WII/III in W I/II), lahko datiramo »poselitve« Križne jame nazaj do starejšega Würma. V tisti dobi je tudi še računati na poplavljanje Medvedjega rova in na drugačne hidrološke in morfološke razmere v vsej Križni jami.

Nadaljnje naplavine najdemo v Dežmanovem rovu. Vanj pridemo iz Cerarjeve dvorane, potem ko se spustimo po pobočju sigove kope Čimborasa do skalnega dna. Skalni rov ima po dnu številne sigove kotlice in nekaj stalagmitov, po stenah pa prevleke in zavese. Naplavine so ob stenah, v skalnih špranjah, v kotlicah, precejšen kup ilovice pa se je ohranil tudi v sklepu rova.

Ob severni s sigo prevlečeni steni, meter nad strugo, je 90 % recentne ilovice, 3 % peska in 7 % koralaste sige (vzorec 4 in 5). Pesek ima 80 % oglatih, le delno zaobljenih kremenovih zrn, 18 % okroglih ooidov limonita in njegovih odkruškov ter 2 % oolitov boksita.

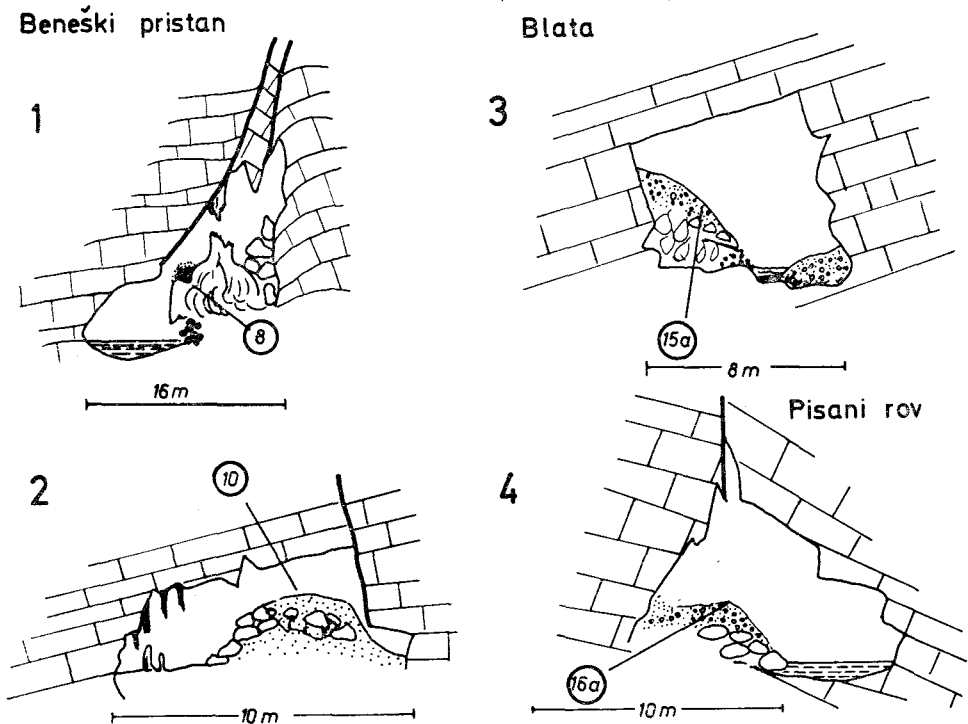
Pesek in ilovica v notranjosti jame

Sestavo peska, ki ga odlaga današnja visoka voda, spoznamo v rovu 1. ponora. V špranji južne stene, 2 m nad skalnim dnom, je vzorec 21 z 90 % peska in 10 % ilovice. Pesek ima 70 % karbonatnih snovi, kjer so vštete tudi hišice jamskih polžev, 20 % je oglatega kremenca, 10 % pa limonitnih ooidov (sl. 4). Ta pesek z ilovico je podoben pesku v Dežmanovem rovu in v Medvedjem rovu. Zrnatost kaže na lebdeči tovor, ki ga je odložila voda, ko se je v špranji ob steni umirila.



Sl. 4. Križna jama. Trikotni diagrami zrnivosti (A) in petrografske sestave (B) peskov. Vzorci M₁—M₂ so iz Medvedjega rova

Fig. 4. Križna jama. Triangle diagrams of granulation (A) and petrographic composition (B). Samples M₁—M₂ are from Medvedji rova (the Bear's Gallery)



Sl. 5. Križna jama. Prečni profili rovov z nahajališči peska
 Fig. 5. Križna jama. The cross sections of the galleries with sand finding-places

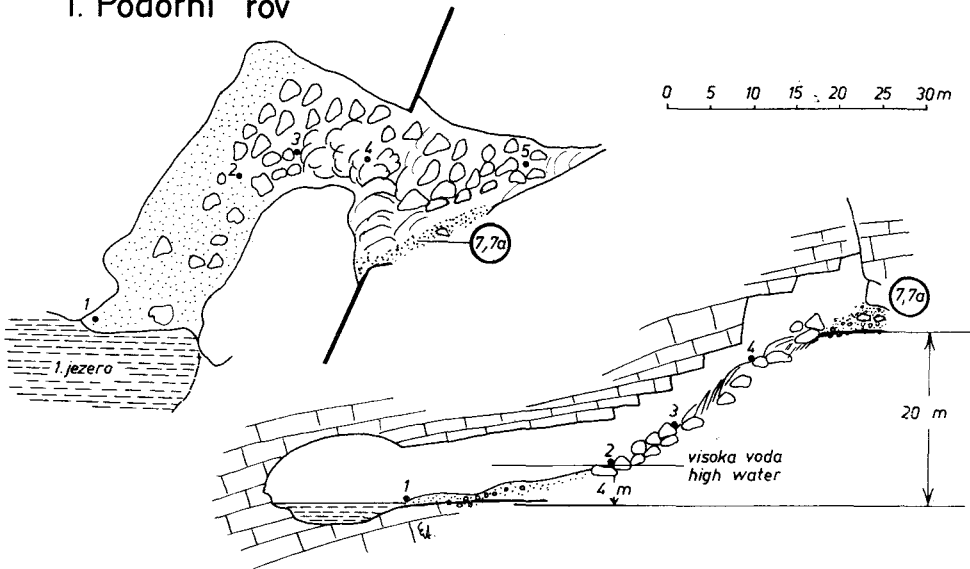
Poplaverni material najdemo v suhih in vodnih rovih globlje v jami, npr. pri Beneškem pristanu, v Suhem rovu, v Blatih in v Pisanem rovu.

Pri Beneškem pristanu (sl. 5, profil 1) je skozi strop ob južni steni pritekala kapnica in odložila sigo v večjo kope. V ponvice ob vznožju kope pa je jamska reka odložila pesek (vzorec 8). Če izvzamemo karbonatne sestavine, je le-ta sestavljen iz ogleatega kremena, limonitnih in boksitnih oolitov ter sljude. Material je odložila občasna visoka voda, ki je nastopala po nastanku sigove kope. Imela je vsaj tri metre višjo gladino kot danes. Takrat je tekla še prek skalnega praga med 1. in 2. jezerom in tudi v Dežmanov rovu.

Z naplavljenim materialom je domala zapolnjen tudi Suhi rov (sl. 5, profil 2). Vzorec 10 je iz kupa peščene ilovice v prvem delu rova. Zrnavost in petrografska sestava tega materiala je podobna tistemu iz Dežmanovega rova. Med karbonati je opaziti nekaj zrn dolomita, sicer pa prevladuje oglati in zaobljeni kremen, manj je oolitov boksita in limonita. Tudi to je nekdanji lebdeči tovor, ki se je odložil v širokem jamskem prostoru, čim se je vodni tok umiril.

V Pisanem rovu (sl. 5, profil 4) je peščena ilovica odložena v višini vodne gladine, pa tudi v špranjah in razširjenih odsekih rova nad njo. V kolenastem

1. Podorni rov



Sl. 6. Križna jama, 1. Podorni rov. Tloris in vzdolžni prerez z ležiščem peska (vzorca 7 in 7 a)

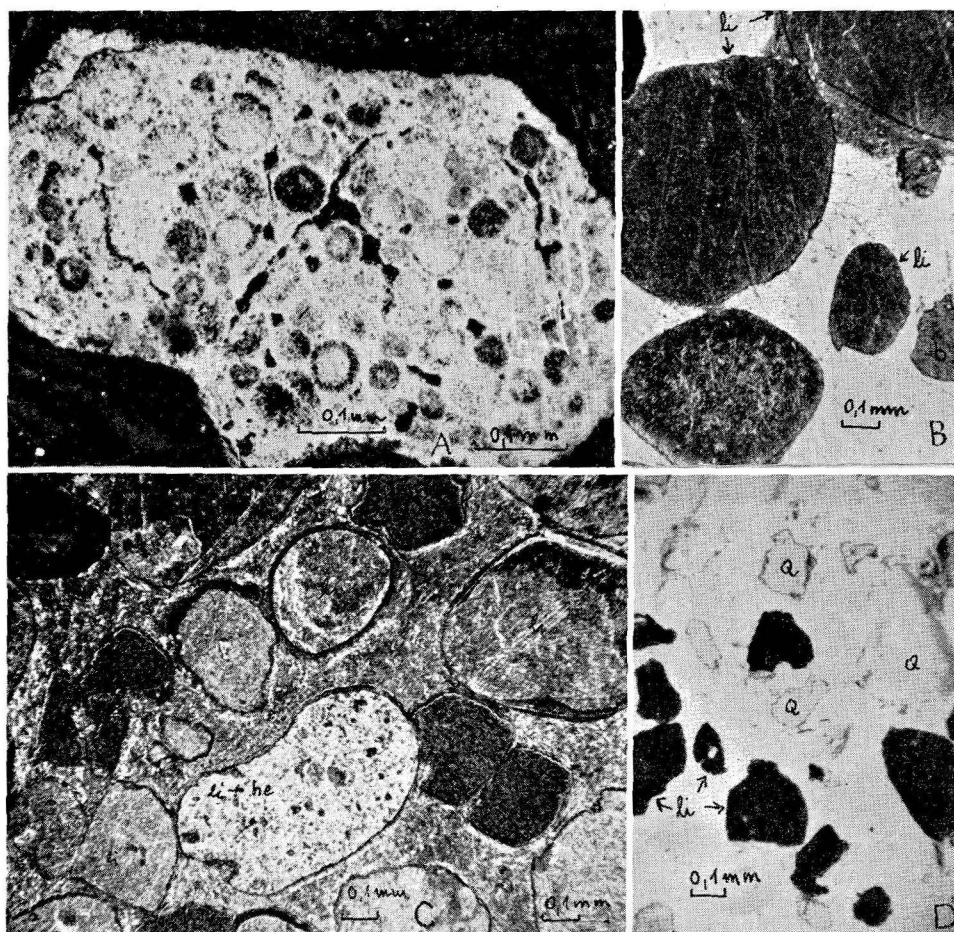
Fig. 6. Križna jama, 1. Podorni rov (the 1st Collapsed Gallery). Ground plan and longitudinal section with sand layers (samples 7 and 7 a)

odseku Pisanega rova pred Križno goro smo vzeli za analizo vzorec 16 a. V peščenih zrnih prevladuje frakcija 0,2—0,1 mm, ki vsebuje 87 % karbonata, 6 % kremenca in 7 % limonitnih oolitov. Med večjimi zrni je opaziti dolomit. Pesek s frakcijo 0,2—0,1 mm se je mogel usedati pri praktično stoječi vodi (hitrost pretoka okoli 1,5 cm/s).

Vzorec 15 a iz Blat (sl. 5, profil 3) je sestavljen iz 55 % karbonata, 15 % kremenca in 10 % limonita. V pesku prevladuje frakcija od 0,5—0,1 mm, se pravi, da ga je odložila voda z največjo hitrostjo pretoka okoli 2 cm/s. Tak material zapolnjuje skoraj polovico prostora ob stenah, sredi rova pa je ob njem izoblikovana struga. Voda odplavlja ilovico in pesek, razgalja spodnjo sigo, podorne skale in alohtoni konglomerat na skalnem dnu. V začetku Blat vidimo na skalni podlagi erozijske ostanke konglomerata (vzorec 14) in na njem zrastle meter visok stalagmit. Njegov zgornji del je prevlečen z ilovico, nastal je torej po odlaganju konglomerata in pred odložitvijo peščenoilovnate naplavine. Mlajša erozija je poglobila strugo v živo skalo, ker je lažje odnašala apnenec kot na njem odloženi in sprijeti konglomerat, erodirala pa je tudi spodnji del stalagmita.

Sediment v 1. Podornem rovu

Poseben pesek je odložen v rovu, ki se dviguje 20 m nad 1. jezerom proti severovzhodu (sl. 6). V prvem delu rova se ilovnata tla dvigajo polagoma, v drugem delu pa nenadno, ker so iz podornih blokov in sige. Sklepni najvišji



Sl. 7. Križna jama, 1. Podorni rov. Pesek vzorcev 7 in 7a, A — zbrusek oolitnega boksita v odsevni svetlobi, B — dobro zaobljena limonitna zrna (li), delno izkristaljena v goethit (g), C — koloidna zrna limonita (li) z goethitom in hematitom (he) v odsevni svetlobi, D — peščena zrna limonita (li, črno) in kristali kremenca (Q, belo) v presevni svetlobi. Foto E. Grobelšek

Fig. 7. Križna jama, 1. Podorni rov (the 1st Collapse Gallery), samples 7 and 7a, A — oolitic bauxite (thin section in reflex light), B — well rounded limonite grains (li), partly crystalized in goethit (g), C — colloidal limonite grains (li) with goethit and hematite (he) in reflex light, D — sand limonite grains (li, black), and quartz crystals (Q white) in transparent light. Photo by E. Grobelšek

prostor je trikotna dvorana; sredi njene južne, 2–3 m visoke stene je razgaljen meter visok in 5 m širok sloj ilovnatnega peska (vzorec 7 in 7a). Bolj in manj sprijeti pasovi imajo 65 % karbonatnega veziva, 30 % oglatih zrn in kristalov kremenca ter 5 % limonitnih ooidov. V nevezanih pasovih pa sta samo kremen

in limonitni ooidi v vseh procentualnih razmerjih. Najštevilnejša so zrna velikosti 1—0,1 mm, kjer spoznamo 90 % rumenih in rjavih ooidov limonita, 10 % oglatih zrn svetlega kremenca in nekaj boksita.

Mineraloška analiza je pokazala, da so v pesku oolitni boksit, okrogli ooidi koloidalnega limonita z izkristaljenim goethitom in zrna kremenca (sl. 7). Kemična analiza ooidov (SiO_2 22,4 %, TiO_2 0,8 %, Fe_2O_3 47,7 %, Al_2O_3 5,8 %, CaO sled, MgO 0,57 %, MnO 0,014 %, NiO —, P_2O_5 sled) in njih precejšnja žarozguba (14,3 % pri 1000°C) govori, da imamo opraviti z različnimi limonitnimi tvorbami.*

Na alohtoni izvor obravnavanega peska sklepamo po petrografski sestavi, ki je današnjemu okolju tuja, po jasni plastovitosti peščenih pasov in po 20 cm velikih kosih matičnega apnenca med peskom, ki so vanj padli med transportom. Tako ohranjeni sediment je mogel odložiti le nekdanji vodni tok na absolutni višini okoli 437 m, to je najmanj 20 m nad današnjo gladino vode v jami.

Iz povedanega sledi, da limonitni ooidi in kremen nista nastajala v podzemlju, ampak na površju, še preden je bil razvit današnji podzemeljski sistem Križne jame. Morda je to naplavljanje uvrstiti v stari pleistocen ali pliocen, ko je tukajšnji kras še imel površinsko hidrografsko mrežo. Prestavljanje vodotokov v podzemlje so spremljali površinski sedimenti, ki so se porazgubili po manjših in večjih podzemeljskih votlinah blizu površja. Od tam pa so jih ponekod padavine izprale v niže ležeče, mlajše rove, ponekod, npr. Podornem rovu, pa so ostali neodplavljeni. Ponornica, kakršno poznamo v Križni jami, je s svojo spremenljivo gladino prenašala tak pesek naprej po podzemlju in ga odlagala tam, kjer je zastajala, npr. v Medvedjem rovu, Suhem rovu in drugod. Dosti pa ga je tudi odnesla v še neznane podzemeljske kanale in tja med naplavine Cerkniskega jezera, h kateremu je odtokala.

Limonitni ooidi so pogostni v naplavinah drugih okoliških jam, npr. v Mrzli jami pri Ložu, pa tudi ob Cerkniskem jezeru, npr. v Strmški jami in v Suhadolici ter na kraškem površju ob jezeru. Bogato so zastopani v vseh würmskih naplavinah jezera samega (R. Gospodarič, 1970).

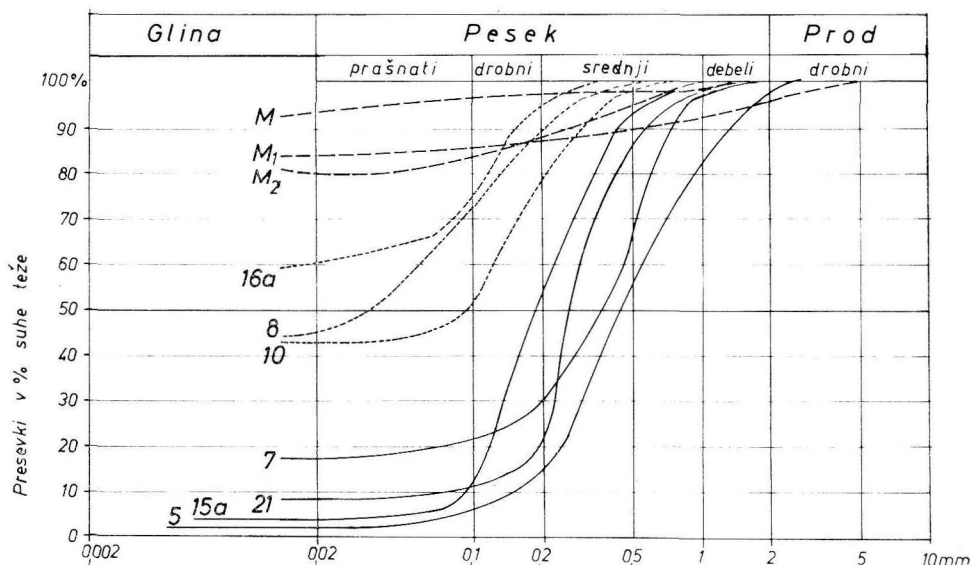
Značilnosti peska v Križni jami

Pregledani vzorci kažejo več skupnih značilnosti:

1. Petrografsko so sestavljeni iz avtohtonih karbonatov ter alohtonega kremenca in limonitnih ooidov.

2. Po zrnavosti jih lahko razdelimo v tri skupine (sl. 4 in 8). Vzorci 21, 15 a in 5 so bili odloženi v špranje pri današnjem vodotoku, ko se je voda umirila in oddala svoj lebdeči tovor. Podobna hidrološka situacija je verjetno obstajala tudi pri odlaganju peska v 1. Podornem rovu (vzorec 7) v starejši razvojni fazi Križne jame. Vzorci 8, 10 in 16 a odražajo stanje visoke vode in odlaganje v razširjenih prostorih. Material vzorcev M_1 , M_2 in 4 z vmesnimi kostmi jamskega medveda in sige pa je zapolnil Medvedji rov, Veliko in Cera-

* Analize je opravila ing. E. Grobelškova, za kar se ji na tem mestu najlepše zahvaljujem.



Sl. 8. Križna jama. Krivulje zrnivosti preiskanih vzorcev peska
 Fig. 8. Križna jama. Granulation curves of examined sand samples

rjevo dvorano ter Dežmanov rov do absolutne višine 620 m. To odlaganje je starejše kot pa v Suhem rovu in današnjem vodnem koritu.

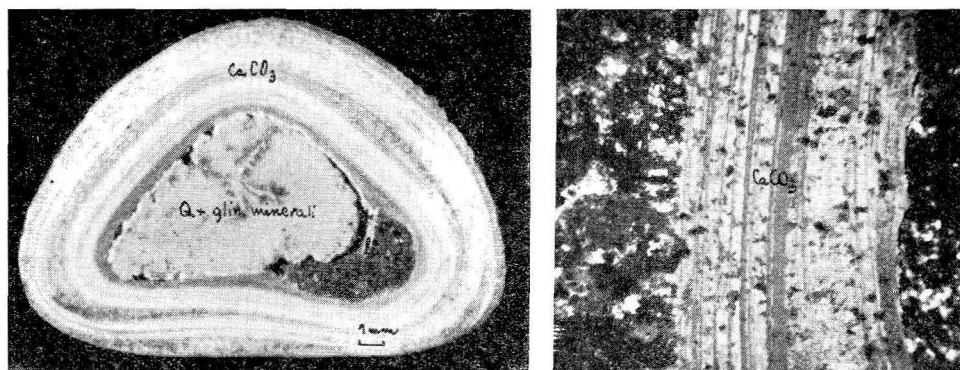
3. Po legi v rovih sodeč je pesek odložen tam, kjer se je hitrost vode zmanjšala zaradi morfoloških okoliščin. Gladina vode je bila lahko pri tem višja kot je najdeni sediment.

4. Obravnavane naplavine odražajo hidrološke situacije, ki v Križni jami zdaj ne nastopajo več. Današnji vodni pretok ima tudi ob visoki vodi vse možnosti hitrega toka po razsežni jami, in sicer s hitrostjo okoli 1 m/s. Analizirani pesek pa kaže na znatno manjše hitrosti vode, ki je nastopala ob drugačni oblikovanosti podzemeljske struge in ob drugačnih klimatskih razmerah v oklici jame.

5. Časovni reper takratnega speleogenetskega dogajanja so sedimenti s sigo in kostmi jamskega medveda v Medvedjem rovu. Če upoštevamo navedbe raziskovalcev slovenskega paleolitika (med njimi F. Osole, 1967), da je v naših krajih jamski medved že izumrl v zadnjem würmskem stadialu, so naplavine v Medvedjem rovu starejše od zadnjega würmskega interstadiala (W II/W III).

Prod in konglomerat v vodnih rovih

Na nadaljnjo skupino naplavin naletimo na različnih mestih jame med Dežmanovim rovom in njenima skrajnima točkama za Kristalno goro in Blati. Opisali bomo posamezna vzvodna najdišča, lego sedimenta v prostoru ter njegove granulacijske in petrografske lastnosti. V sigovih ponvica Dežmanovega rova smo zbrali ploščate, do 1 cm velike prodnike rdečega oolitnega

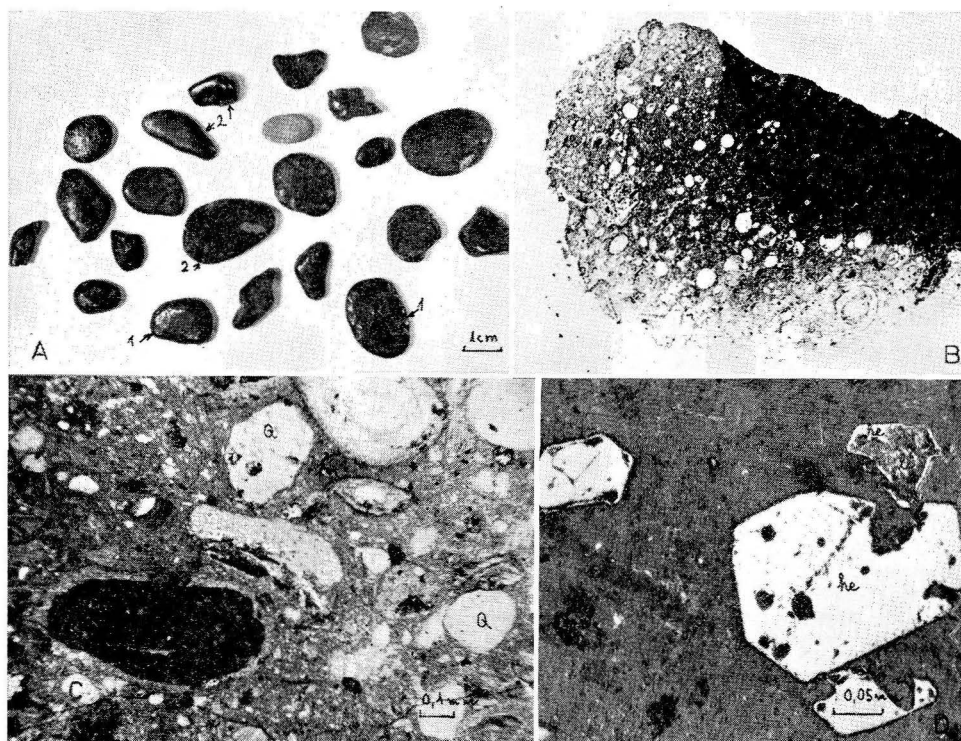


Sl. 9. Križna jama, Dežmanov rov. Zbrusek jamskega bisera v odsevni svetlobi in preseku CaCO_3 obročkov, kjer vidimo preraščanje radialnih kalcitnih zrn v koncentrične obročke. Foto E. Grobelšek

Fig. 9. Križna jama, Dežmanov rov (the Dežman's Gallery). Thin section of the cave pearl in reflex light and cross section of the CaCO_3 rings, where the radial calcite grains overgrown in concentric rings are seen. Photo by E. Grobelšek

boksita. Nekateri med njimi so obdani z ovoji sige, tako da lahko govorimo o boksitnih pizolitih. Prodнике je v rov nanescila še trajno tekoča voda, po njenem umiku v nižje nadstropje pa jih je oblivala kapnica in jih spremenila v »jamske bisere«. Nekaj biserov brez boksitnega jedra je analizirala E. Grobelškova (1971) in v enem izmed njih ugotovila, da ima v jedru kremen z infiltriranim limonitom in glineno snovjo. Jedro je obdano s 15 ovoji kalcita (sl. 9). Pizoliti z boksitom v jedru so bolj redki, vendar se razlikujejo od drugih po večji teži. Zgradba pizolitov iz Križne jame je delno že znana (Z. Wojcik, R. Gospodarič, 1964).

Boksitne prodnike nahajamo v vdolbinah skalnega dna po vsem Vodnem rovu. Vodni rov ima izrazito erozijsko obliko s fasetami in policami ter najbolj poglobljeno skalno dno med vsemi drugimi rovi Križne jame. Ima podobo cevi, izdelane v skali. Današnje dno je kotanjasto zaradi mlajših sigovih pregrad. V kotanjah pred pregradami so številni kupi boksita. Kot specifično težje jih more današnji tok le premetavati, ne pa odnesti, ker nima tolikšne transportne moči, da bi jih dvignil čez sigove pregrade. Sem pa jih je nekoč nanescila voda iz erodiranih vzvodnih nahajališč konglomerata in proda. V prostoru Otoka je boksita največ (sl. 10). Nekaj kosov je analizirala E. Grobelškova in ugotovila za boksit značilno kemično sestavo: SiO_2 6,1 %, TiO_2 1,9 %, Fe_2O_3 19,2 %, Al_2C_3 64,4 %, CaO sled, MgO 0,06 %, MnO 0,01 %, Ni —, P_2O_5 sled. Ugotovila je nadalje, da imajo do 3 cm veliki prodniki gladko, svetlečo se in motno površino ter oolitno strukturo. Vendar zbrusek ne kaže na prave oolite z jedrom, pač pa na okroglaste koloidne tvorbe limonita. Vidimo še nenakomerno infiltriran limonit, ki je delno že kristalil v goethit, poleg pa še koloidni boehmit, hidrargilit, nekaj kremena in kaolina. V koloidni osnovi so tudi kristali hematita, kakršne smo že videli v najmanjših frakcijah zgoraj obravnavanih peskov.



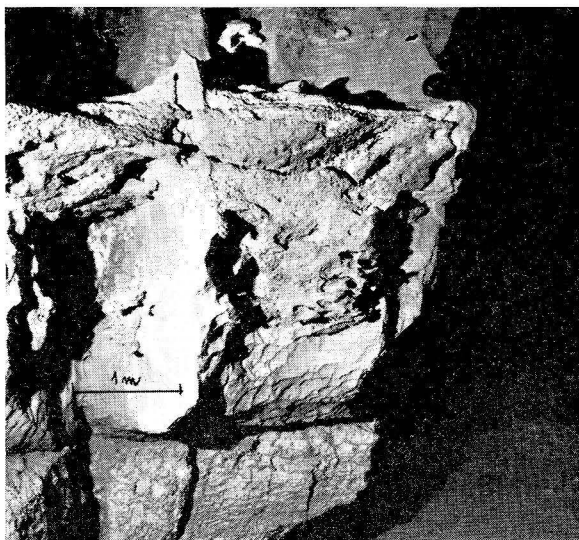
Sl. 10. Križna jama, Otok. Boksitni prodniki, A — sploščeni prodniki rogljičastega (1) in dobro poliranega boksita (2), B — oolitni prodnik v zbrusku, temno le limonit, C — oolitna struktura boksita v presewni svetlobi, belo so kremen in Al minerali, črno in sivo pa limonit, D — hematitni kristali v koloidni osnovi oolitnega boksita, zbrusek v odsewni svetlobi. Foto E. Grobelšek

Fig. 10. Križna jama, Otok (the Island). Bauxite pebbles, A — flattened pebbles of horny (1) and good polished (2) bauxite, B — oolitic pebble in thin section, the dark is limonite, C — oolitic bauxite structure in transparent light, the white is quartz and Al minerals, black and grey is limonite, D — hematite crystals in colloidal basis of oolitic bauxite, thin section in reflex light. Photo by E. Grobelšek

Konglomerat ob 1. jezeru

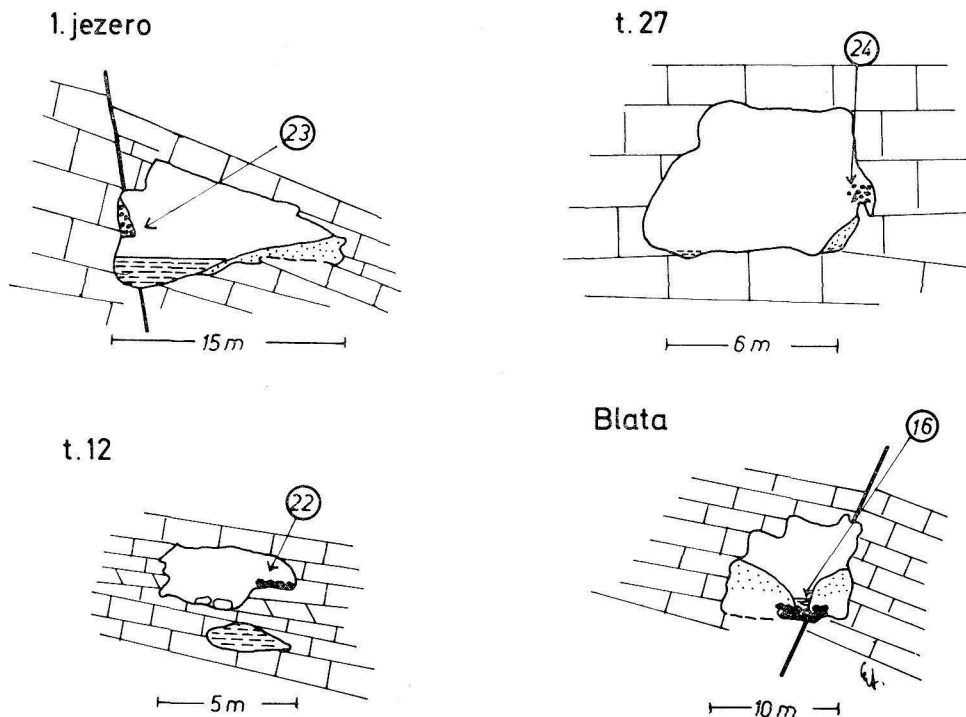
V severni steni 1. jezera je več pokončnih špranj in ovalnih prehodov med njimi. Erozijski ostanek konglomerata v velikosti 2×2 m se drži ovalne stene 2 m nad nizko gladino vode (sl. 11). Konglomerat izstopa po rumenkasti barvi od sive stene, čeprav se po stopnji erozijske izoblikovanosti med seboj ne razlikujeta. Konglomerat opazimo, če smo s čolnom tik stene. Je ostanek prodnega zasipa na nekdanjem skalnem dnu rova, ki je bilo pozneje znižano (sl. 12, profil 1).

V konglomeratu (vzorec 23) so raznobarvni prodniki in peščenoilovnato sigasto vezivo v prostorninskem razmerju 1 : 1. Analiza zrnivosti je pokazala

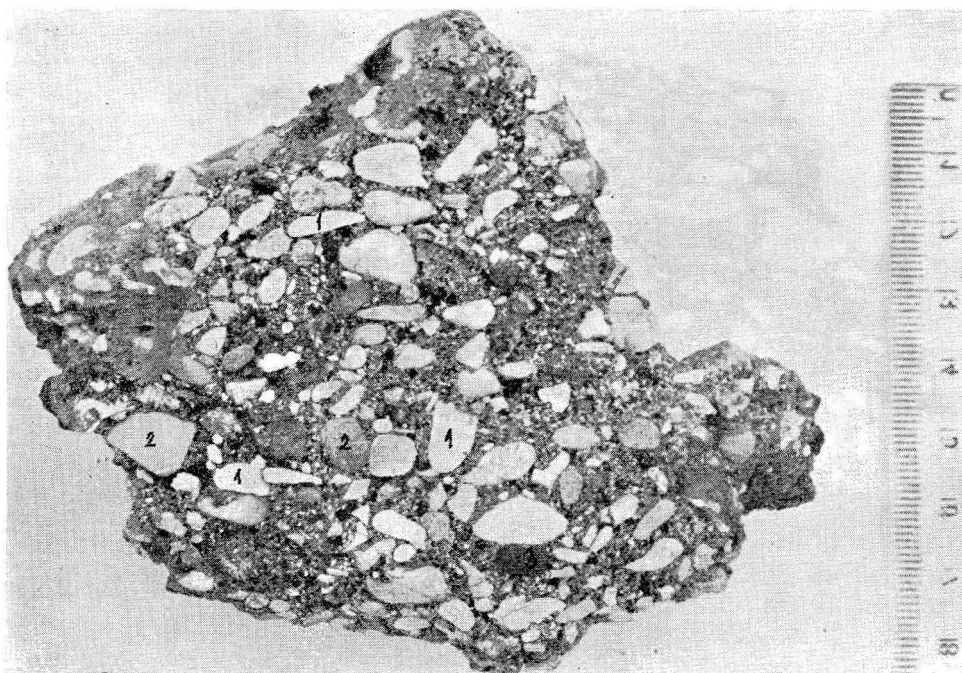


Sl. 11. Križna jama. Konglomerat v steni nad 1. jezerom.
Foto P. Habič

Fig. 11. Križna jama. The conglomerate in the wall above the 1. jezero (the 1st Lake).
Photo by P. Habič



Sl. 12. Križna jama. Prečni profili rovov z nahajališči proda
Fig. 12. Križna jama, cross sections of the galleries with gravel finding-places



Sl. 13. Križna jama. Alohtoni konglomerat med 1. in 2. jezerom (vzorec 22), 1 — triasni dolomit, 2 — liasni dolomit, 3 — boksit. Foto C. Narobè

Fig. 13. Križna jama. Allothous conglomerate between the 1. jezero (the 1st Lake) and 2. jezero (2nd Lake), sample 22, 1 — triassic dolomite, 2 liassic dolomite, 3 — bauxite. Photo by C. Narobè

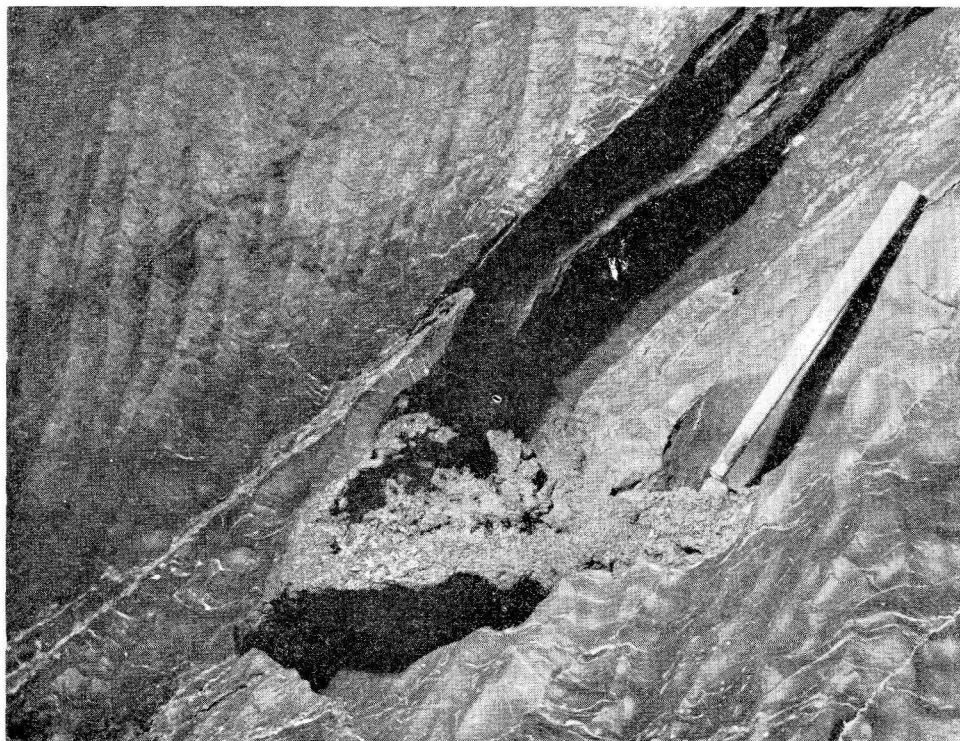
65 % proda, 22 % peska in 13 % ilovice. Prod ima 53 % triasnega dolomita, 9 % jurskega dolomita, 11 % oglatih kosov jurskega apnenca in 27 % ploščnatih kosov boksita. Prodnike triasnega dolomita spoznamo po svetlosivi barvi, drobnnozrnati strukturi in prepredenosti z drobnimi kalcitnimi žilicami. Takšne značilnosti ima zgornjetriasni dolomit na južni strani Bloškega polja. Jurski (liasni) dolomit izstopa po zrnati strukturi in rjavosivi barvi. Ti prodniki so zašli v jamo skupaj s prodniki triasnega dolomita s pomočjo vode, ki je tekla skozi mejni triasni in liasni dolomit. Nekaj jurskega dolomita lahko izhaja iz jame same, saj sega njen danes dosegljivi sklep do primarnega nahajališča tega dolomita. Oglate kose apnenca je voda pobrala med pretokom v vodnem rovu. Med kratkim transportom se niso mogli zaobliti. Dokaj zaobljeni in ploščati prodniki oolitnega boksita so brez reda pomešani med ostale prodnike. Voda jih je odložila istočasno z dolomitom, se pravi, da jih je prenašala po jami. Zato je boksit prav tako alohtonega izvora, njegovo primarno ležišče je iskati na površju v hidrografskem zaledju Križne jame.

Vezivo obravnavanega vzorca 23 je peščeno, ilovnato in apneno. V njem je 60 % karbonata, 25 % kremenovih delno zaobljenih zrn, 10 % limonitnih ooidov

in 5 % oolitov boksita. Karbonati so avtohtoni. Nekaj zaobljenih zrn rdečega kremena kaže na dolg transport in izvor v triasnih kamninah izven jame. Limonitni ooidi so po naravi svojega nastanka okrogli ali vsaj ploščnati, prav tako ooliti boksita, ki so delci večjih prodnikov. Peščeno ilovnato vezivo pa je podobno pesku, kakršnega smo analizirali v suhih in občasno poplavljenih odsekih rogov.

Med 1. in 2. jezerom pri poligonski točki 12 (sl. 12) je na skalnem pragu viden erozijski kanal iz razvojne faze, ko je jamska reka stalno tekla 2—3 m višje kot danes, ko teče v nedostopnem rovu, ki je sifonski in trajno zalit z vodo. Prestavitev v sifonski tok je morda povezana s tukajšnjo geološko zgradbo. Med dobro vidnimi skladi apnenca je meter debel sklad dolomitiziranega apnenca, pod njim si je voda izdolbla današnjo pot. V starejši razvojni fazi pa je uspešno premagovala to petrografske oviro, ker je imela večjo transportno in erozijsko moč.

V obravnavanem kanalu je 1—2 dm debela plast konglomerata (vzorec 22) tu in tam obdana s sigo. Prod je bil odložen na nekdanje dno rova, ki ga je naknadna erozija po sredini poglobila za meter.



Sl. 14. Križna jama, Vodni rov, v skalni špranji ohranjen erozijski ostanek sprijetega proda in peska. Foto P. Habič

Fig. 14. Križna jama, Vodni rov (the Water Channel). The erosional gravel and sand rests are conserved in the rocky fissure. Photo by P. Habič

Analizirani vzorec konglomerata ima 68 % proda, 13 % peska in 19 % ilovice, je torej sestavljen podobno kot najbližji vzorec 23. Prodna frakcija ima dobro zaobljene, bolj ploščnate kot okrogle kose. Videti je paralelno odlaganje enkrat večjih, drugih manjših prodnikov. Prodniki so s sigovim vezivom slabo sprijeti (sl. 13).

V prodni frakciji so kosi triasnega in jurskega dolomita, razmeroma dosti je oglatega in zaobljenega raznobarvnega roženca, ki zanj sodimo, da ima primarno ležišče v triasnih kameninah. Roženec je prestal podobno transportno pot kot triasni dolomit. Oolitni boksit nastopa v manjših prodnikih in količini kot v vzorcu 23. Kaže, da se je specifično težji boksit usedal iz vode pred ostalimi prodniki, saj ga je več v nižjih kot v višjih plasteh. V največji frakciji proda so redno kosi dolomita, apnenca in roženca, boksit pa je šele v naslednjih manjših frakcijah. Pri nekdanjem, pa tudi današnjem vodnem transportu je treba računati na odlaganje materiala različne specifične teže. Peščena frakcija ima podobno sestavo kot pri vzorcu 23.

Erozijske ostanke konglomerata najdemo v vijugavem Vodnem rovu še 3 m nad skalnim dnom pri poligonski točki 17, 2,5 m nad vodo pri točki 27 (sl. 12, profil 3 in sl. 14). Tukajšnji vzorec (sl. 14) pa je sestavljen le iz močno zasiganega debelega peska. Skoraj ves ostali prod, ki je bil nedvomno odložen po skalnem dnu je erodiran.

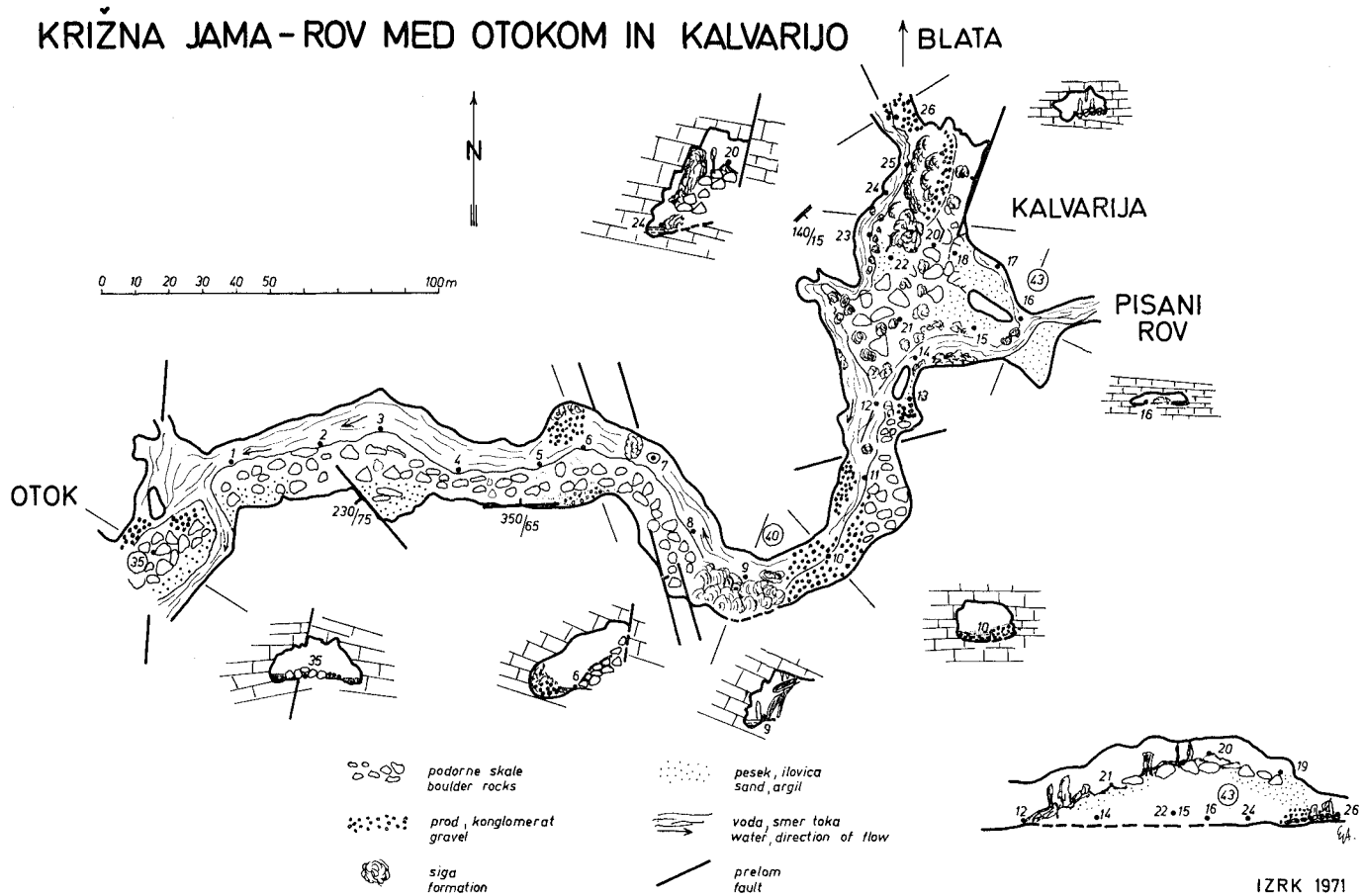
Konglomerat okoli Kalvarije

Glavni rov med Otokom in Kalvarijo se razlikuje od zgoraj obravnavanih po dvakrat večji razsežnosti in po podornem materialu ob južni steni (sl. 15). Proti jugovzhodu položno nagnjeni, pol metra debeli skladi so presekan in pretrti ob prelomih. Podorne skale so delno prekrите s poplavnim peskom in ilovico tudi do 20 m nad današnjim vodnim tokom. Skozi pretrti strop prenikajoča voda je odložila sigo le pri pol. t. 40, kjer baldahini sige zapolnjujejo južno polovico rova. Današnja voda spodjeda bloke in sigo, da se lomijo v vodno korito, pa tudi erodira skalno dno in odnaša stari prod in konglomerat. Ta se je ohranil tam, kjer ga je sigo trdno sprijela s skalo (pri t. 39) in povsod tam, kjer ga je obvarovala pred erozijo (sl. 16). Tako si razlagamo obsežno ohranjeno nahajališče konglomerata v prostoru pred Kalvarijo. Siga in podorni bloki so zavirali tok vode in pospešili usedanje njenega plazečega tovora (proda) na skalno dno in ga tudi kasneje delno obvarovali pred erozijo.

Vzorca 13 a in 13 b sta iz konglomerata v nahajališču pri pol. t. 40. Prodniki so bili odloženi v različno debelih plasteh, kjer so enkrat bolj, drugič manj povezani s peščenoilovnatim vezivom (sl. 17). Ploščnati delci so odloženi paralelno, vidimo pa tudi njihove pokončne lege. Plazeči tovor je odložila ob skalnem dnu različno hitro tekoča voda.

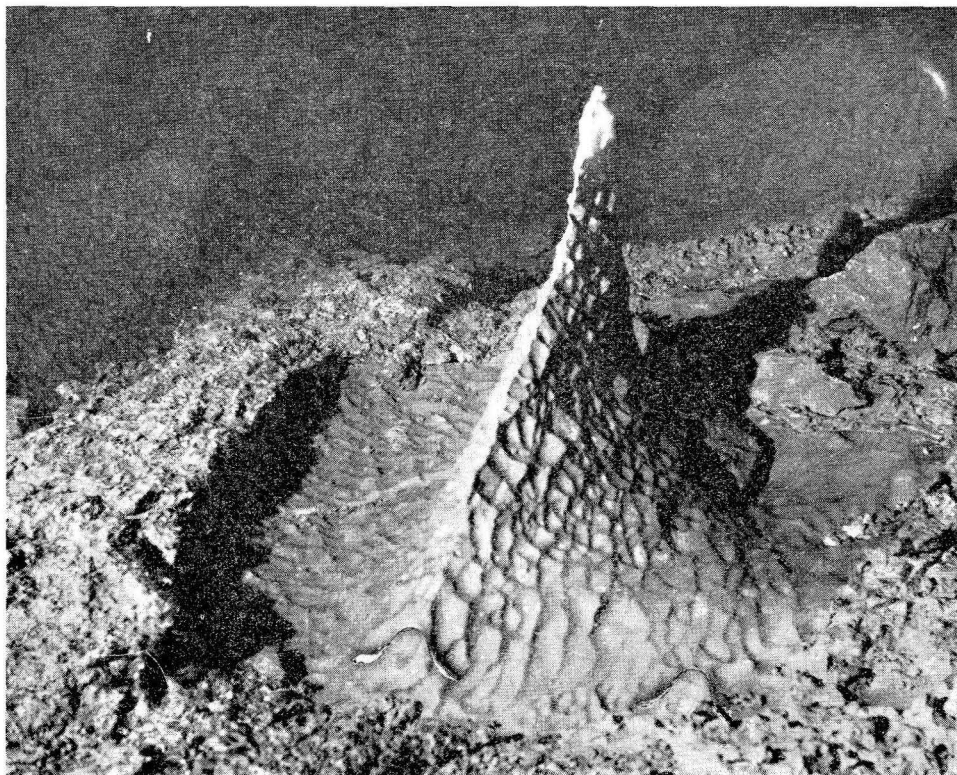
Oba analizirana vzorca se razlikujeta po količini dolomitnih prodnikov. Vrhnja konglomeratna plast ima več dolomita (85 %) kot spodnja (55 %), tu je pa zato več zaobljenega roženca in kremena (40 %). Med delci so tudi oglati kosi matičnega sivega apnenca. V obeh vzorcih je 60 % peščenoilovnatega veziva.

KRIŽNA JAMA - ROV MED OTOKOM IN KALVARIJO



Sl. 15. Križna jama, rov med Otokom in Kalvarijo z nahajališči alohtonega proda in konglomerata

Fig. 15. Križna jama, the channel between Otok (the Island) and Kalvarija (the Calvary) with finding-places of allothonous gravel and conglomerate



Sl. 16. Križna jama, Otok, na skalnem dnu okrog skalne čeri ohranjeni konglomerat.
Foto P. Habič

Fig. 16. Križna jama, Otok (the Island). The conglomerate conserved on the rocky bottom around the rocky reef. Photo by P. Habič

Prod ob Kalvariji se je odložil in ohranil zaradi posebne morfološke situacije, ki je pogojena s strukturo okoliške kamnine. Sigova kopa in podori so vplivali na potek sedimentacije, kakršno lahko vidimo tudi na področju Blat za podorno Kalvarijo. Tudi tamkajšnji podor je zaviral pretok vode in omogočil odlaganje plazečega tovara, ki sta ga kasneje pokrila siga ter poplavna ilovica in pesek.

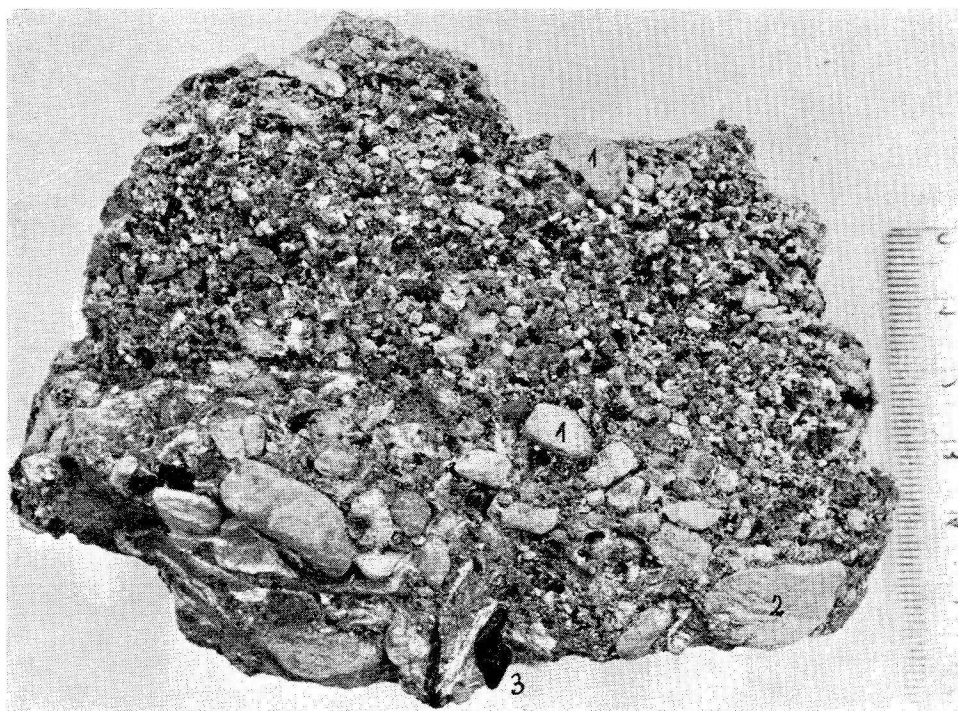
Vzorec 16 smo vzeli med Medvodjem in Ključem v Blatih (sl. 12, profil 4). Nekaj dm debela plast leži na skalni podlagi pod poplavno ilovico in peskom. Med ilovnatimi bregovi teče voda v pol metra široki, v skalno podlago vdeleni strugi. Razkrit konglomerat je slabo vezan s peščenim vezivom, ki ga je v primerjavi s prodniki skoraj polovica.

Prod je sestavljen iz 80 % triasnega in jurskega dolomita, 15 % zaobljenih in oglatih, črnih ter belih kosov roženca in 5 % boksitnih zrn. Zaobljeni prodniki dolomita so odloženi paralelno. Sestava kaže na zaledje, sestavljeno iz dolomita in kamnine, ki ima dosti roženca. V tem primeru bi bile to lahko

zgorjetriasne kamnine Blok. Odsotnost boksitnih zrn lahko tolmačimo s tem, da tam ni boksitnih ležišč. V vzorcu manjkajo tudi kosi matičnega apnenca. Sklepamo, da je bila transportna pot skozi kompaktni rov brez podorov kratka. V enakomerno širokem in visokem rovu Blat je kamnina dejansko malo pretrta. Zanimivo je, da je analizirani vzorec zelo podoben zgornjemu delu konglomeratne plasti (13 b) pri Kalvariji. Kaže, da sta bila odložena istočasno ob podobnih hidroloških razmerah. Z rastjo podora Kalvarije ali pa morfoloških sprememb v zaledju pa je bila dotočna vloga Blat zavrtta in prekinjena. Voda je zastajala in nanašala le še ilovnato peščen sediment, kot smo ga spoznali pri vzorcu 15 a. Kasnejša oživljena erozija je začela spodjedati podorni grič in omogočila vnovično vodno funkcijo Blat, ki ima danes 1,5 m nižje skalno dno kot sosednji Pisani rov.

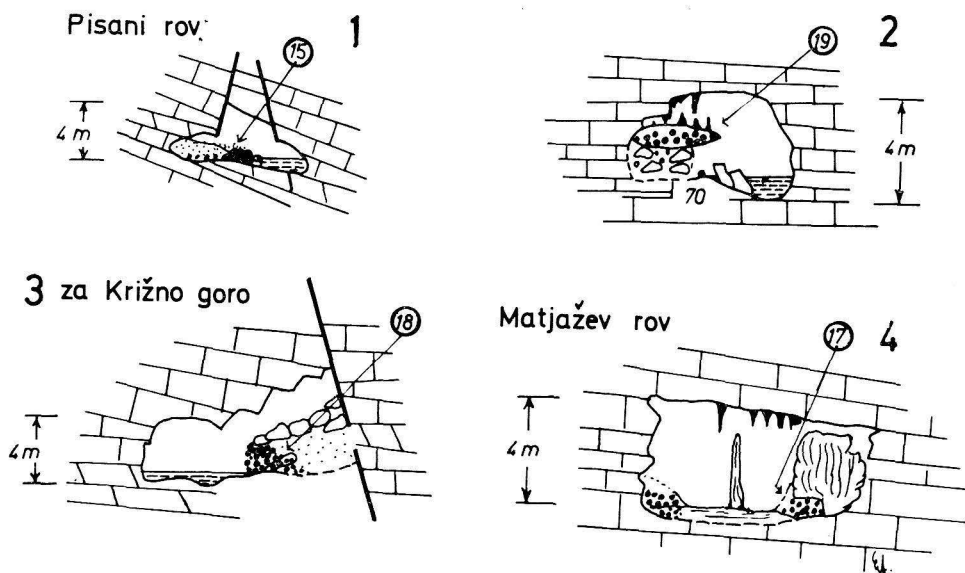
Prod in konglomerat v Pisanem rovu in ob Križni gori

Med Kalvarijo in Križno goro je Pisani rov, ki ga označuje predvsem nizki začetni del takoj za podorom Kalvarije. Ob stenah, ki so zaradi nizkega stropa zelo neizrazite, so se vendarle ohranili nanosi ilovice in peska, na nekem



Sl. 17. Križna jama, Kalvarija. Alohtoni konglomerat (vzorec 13), 1 — triasni dolomit, 2 — liasni dolomit, 3 — boksit. Foto C. Narobè

Fig. 17. Križna jama, Kalvarija (the Calvary). The allothous conglomerate (sample 13), 1 — triassic dolomite, 2 — liassic dolomite, 3 — bauxite. Photo by C. Narobè



Sl. 18. Križna jama, prečni profili rovov z nahajališči proda
 Fig. 18. Križna jama, cross section of the galleries with gravel finding-places

mestu pa stoje celo trije kapniki, katerih podnožje je zalito z vodo. Nedvomno so zrastle na suhem, kasneje pa jih je zalila voda, občasno prav do vrhnje konice, ki je 2 m nad današnjo nizko gladino vode. Pod ilovico pa smo vseeno lahko videli 2—3 dm debelo konglomeratno plast vzorca 15 (sl. 18, profil 1) na starejšem skalnem dnu, ki je meter višji od današnjega. Voda še vedno znižuje recentno skalno dno ob jugozahodni steni, na konglomerat ob severovzhodni steni pa odlaga, kadar je visoka, ilovico in pesek.

Vzorec 15 ima 55 % proda, 35 % peska in 10 % ilovice. Peščenoilovnatega veziva je manj kot zlepljenih delcev. Zrnavost je dokaj enakomerna, krivulja pa strma v odseku srednjega in delno drobnega proda. Tu prevladujejo zgornje-triasni in liasni dolomitni prod (65 %) in kosi (20 %) sivoga, belega in celo rdečega roženca, ostali sestavini pa sta boksit in matični apnenec (sl. 19).

V decimeter debelem vzorcu je videti štiri proge različne zrnivosti. V vrhnji progji so večji kosi dolomita ($30 \times 14 \times 6$ mm) in boksita ($20 \times 17 \times 5$ mm) kot pa v spodnjih, drugi in tretji progji. Večji prodniki dolomita so zopet v najspodnejši četrti progji ($13 \times 10 \times 5$ mm). Tako vidimo tudi tu značilno spremenljivo sedimentacijo plazečega tovara, ki ga je odlagala voda po dnu rova.

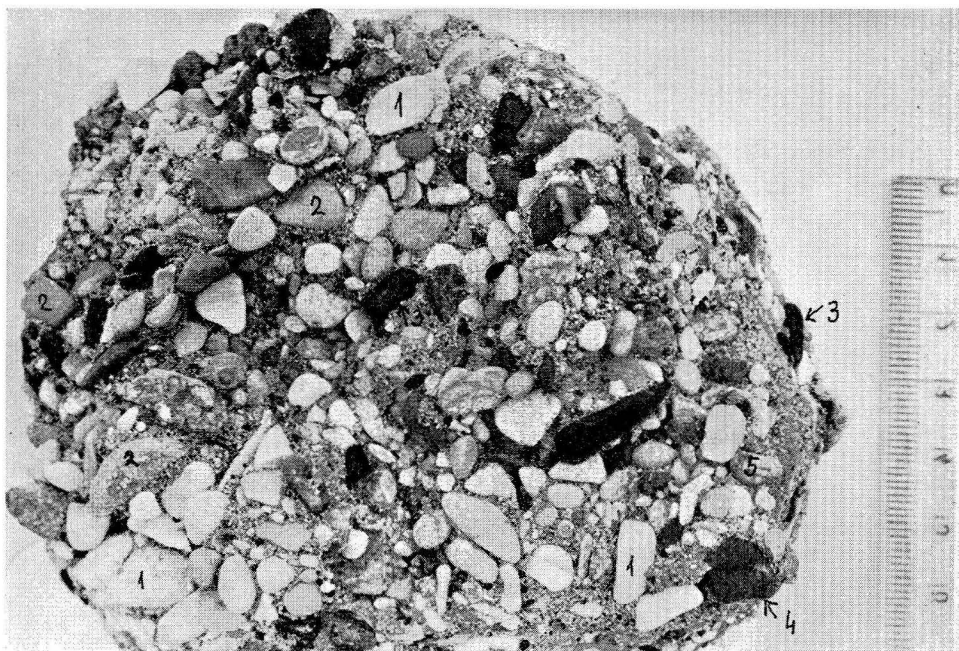
Omeniti je treba rdečkasto karbonatno in peščeno vezivo, ki ga v doslej obravnavanih vzorcih še nismo srečali. Takšne barve je ilovica, ki jo naplavlja v vodni rov skozi strop prenikajoča voda.

To dokazuje, da se je podobno prenikanje skozi strop dogajalo tudi v času sedimentacije proda in da je obstajala »terra rossa« v stropnih špranjah, morda

celo na površju nad jamo. V peščeni frakciji veziva se prvič pojavlja precej oolitov boksita, ki ga je v vseh nadaljnjih vzorcih iz območja Križne gore in Kristalne gore neprimerno več kot v Blatih. Sklepati smemo, da je prinašala tekoča voda skozi ta krak Križne jame večino boksita, ki ga v jami srečamo.

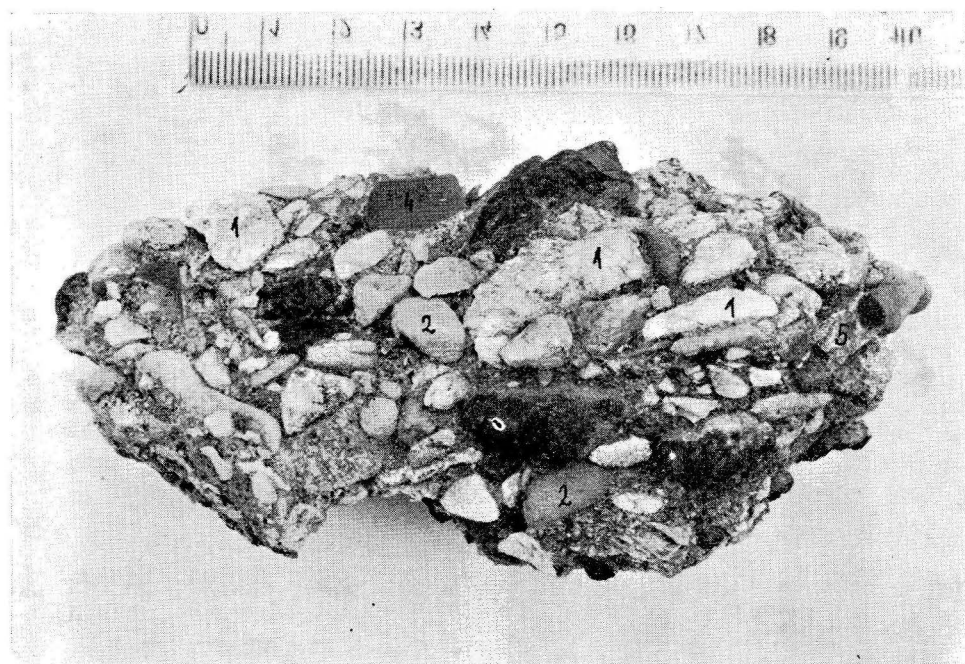
Tudi vzorec 17 (sl. 20), vzet iz nahajališča konglomerata ob severni steni Križne gore, ima razmeroma mnogo boksita. Pol metra debela plast konglomerata pokriva živo skalo malo nad vodno gladino. Vzorec kaže še zrna dolomita in roženca v rdečkastem ilovnatem peščenem vezivu, ki zavzema več kot polovico prostorninske teže vzorca.

Med dolomitnimi prodniki je največ jurskih. Številni oglati kosi matičnega apnenca pa so v zvezi z bližino podorne Križne gore. Tako sestavo sedimenta in njegovo odlaganje si razlagamo tako, da je vodni tok izpiral manjše kose apnenca med podornimi bloki in jih skupaj z ostalim materialom odložil za podorom v razširjenem prostoru, kjer je izgubil transportno moč. Podorna Križna gora je nastajala tako med transportom alohtonega materiala. Rov pa takrat seveda še ni mogel biti tako prekinjen s podornimi bloki kot danes, ko teče voda skozi neprehodne špranje.



Sl. 19. Križna jama, konglomerat iz Pisanega rova (vzorec 15), 1 — triasni dolomit, 2 — liasni dolomit, 3 — boksit, 4 — liasno doggerski apnenec, 5 — triasni roženec. Foto C. Narobè

Fig. 19. Križna jama, conglomerate from Pisani rov (the Gay Coloured Channel), sample 15, 1 — trassic dolomite, 2 liassic dolomite, 3 — bauxite, 4 — liassic-dogger limestone, 5 — triassic chert. Photo by C. Narobè



Sl. 20. Križna jama, Križna gora. Alohtoni konglomerat (vzorec 17), 1 — triasni dolomit, 2 — liasni dolomit, 3 — boksit, 4 — liasnodoggerski apnenec, 5 — triasni roženec.
Foto C. Narobè

Fig. 20. Križna jama, Križna gora (the Cress Mountain). The allohtonous conglomerate, sample 17, 1 — triassic dolomite, 2 — liassic dolomite, 3 — bauxite, 4 — liassic-dogger limestone, 5 — triassic chert. Photo by C. Narobè

Naplavine na obeh straneh podora Križne gore so različno sprijete. Onkraj podora so kupi proda, tostran podora po kupi konglomerata. Razlika v sprijetosti je povezana z dotokom kapnice. Skozi pretrti strop pritekajoča voda je ob stiku z jamsko reko nizvodno odložila sigo in povezala prod v konglomerat.

Za Križno goro (sl. 18, profil 3) smo analizirali prod vzorca 18. Prod (45%), pesek (38%) in ilovica (17%) so odloženi v meter debeli plasti na skalni blok, 2 m nad današnje gladino vode. Ker smo lahko analizirali nesprijeti material, dobljeni podatki odražajo pravo, tipično sestavo prodnate naplavine, ki lahko z njo primerjamo vse ostale vzorce konglomerata po jami. V obeh trikotnih diagramih in krivuljah zrnivosti (sl. 24 in 25) se vzorec 18 lepo vključuje med ostale vzorce. V meter debeli plasti sedimenta so svetlejše in temnejše proge neenakomerno odloženih prodnikov in peska. Vzeli smo tri poprečne vzorce (18 a, 18 b, 18 c) iz 35 cm debelih plasti, ki se mikroskopsko razlikujejo. Analiza je pokazala, da ima srednja plast dosti več delno zaobljenega roženca kot spodnja in zgornja plast, kjer prevladujejo prodniki jurskega dolomita. V vrhni plasti nastopajo v prodni in peščeni frakciji namesto roženecv boksiti, prodniki triasnega dolomita pa manjkajo. Za peščeno frakcijo srednje plasti velja omeniti

majhen odstotek kremenca (5 %) in rdečkasti videz plasti zaradi rdeče ilovice v vezivu. V taki sestavi vidimo različno mehanično razpadanje materiala v porečju takratne ponikalnice in tudi spremembe v njenih površinskih tokovih. Erozijska je bila osredotočena na neposredno okolico ponorov in jame, kjer prevladujeta jurski dolomit in apnenec ter boksit v njem.

Vzorec 19 smo vzeli s pol metra debele konglomeratne plasti, ki je ohranjena ob zahodni steni pri pol. t. 70, preden se Pisanemu rovu priključi Matjažev rov (sl. 18, profil 2). Na skalni podlagi so podorni bloki z nevezanim sedimentom, navzgor pa je trdna plast konglomerata pokrita s sigovo skorjo. Sedimente spodjeda jamska reka, ki sicer teče ob vzhodni steni in pogloblja skalno strugo. Verjetno je nekdanja segla prodna plast čez ves rov. Skorja sige vrh naplavin kaže na razvojno obdobje, ko je bil pretok vode zmanjšan na najmanjšo možno mero. Poplavni pesek na sigi pa odraža poplavno vodo, ki je ob normalnem vodnem stanju močneje erodirala kot naplavljala. Speleogenetski procesi so se odvijali v sledečem vrstnem redu:

- poglobljanje vodnega korita, erozijska;
- obdobje pogostnih poplav in zastojev pretoka vode;
- odlaganje sige, suha doba;
- večkratno odlaganje proda na podorne bloke in med nje;
- poglobljanje skalnega dna in erodiranje sten, podiranje stropa;
- nastajanje širokega in nizkega rova ob lezicah.

Konglomerat vzorca 19 ima 50 % prodnate, 35 % peščene in 15 % ilovnate frakcije; zadnji dve frakciji sta zajeti v vezivu skupaj s 50 % sige. V produ so kosi liasnega in zgornjetriasnega dolomita, boksita in roženca oziroma kremenca. V peščeni frakciji so poleg karbonatov še delno zaobljen kremen, limonitni ooidi in ooliti boksita.

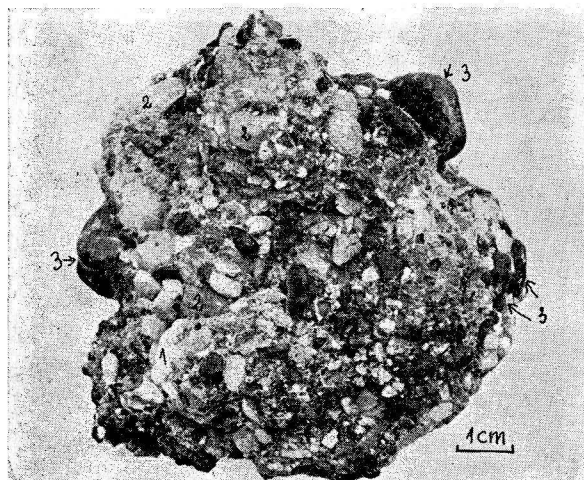
Prod in konglomerat okrog Kristalne gore

Konglomerat je ohranjen v obliki erozijskih ostankov ob stenah prav do podnožja Kristalne gore, kjer smo ga videli celo 5 m nad današnjo vodno gladino. Zasigan prod je v Zveznem rovu; prav pod stropom so do 2 cm veliki prodniki. Delno sprijeto naplavino v 4 m visoki plasti smo opazili konec Zveznega rova tam, kjer je možen sestop v Koralni rov in na Kristalno goro. Ta sediment vzorca 20 (sl. 21) ima sledeče karakteristike:

Makroskopsko ni opaziti nobene plastovitosti, vse je pomešano brez reda. Rdečkastega veziva je 50 %. Prodnata frakcija ima odločno največ boksita, nekaj zaobljenega roženca in liasnega apnenca. Podobno je sestavljena peščena frakcija, kjer je prav tako med vsemi do sedaj obravnavanimi vzorci najmanj karbonata in največ boksita, ni pa limonitnih ooidov. Po tej sestavi je vzorec dokaj drugačen od ostalih.

Konglomerat pod sigovo prevleko na stropu srečamo še prav v sklepu Zveznega rova onkraj gore. Tudi v njem je največ boksita v drobnem produ.

Možnost za tolmačenje ostalih nahajališč proda v nizvodnem vodnem kanalu pa vidimo v pojavu Matjaževega rova in v njem nastopajočega proda oziroma konglomerata (sl. 18, profil 4). Ta rov se danes le izjemoma spremeni v vodni rov. Večinoma je suh z zasiganimi tlemi, ki so meter višja od današnje



Sl. 21. Križna jama, Koralni rov. Alohtoni konglomerat, vzorec 20, 1 — triasni dolomit, 2 — liasni dolomit, 3 — boksit.
Foto C. Narobè

Fig. 21. Križna jama, Koralni rov (the Coral Gallery). The allochthonous conglomerate, sample 20, 1 — triassic dolomite, 2 — liassic dolomite, 3 — bauxite. Photo by C. Narobè

vodne gladine v Pisanem rovu. Voda je skozenj pritekala takrat, ko se je v jami odlagal prod. Ta je odložen v Matjaževem rovu v višini sigovih tal in nad njimi. Prod je celo pod mogočnim, v spodnjem delu delno erodiranim stebrom sige. Iz medsebojnega prepletanja teh pojavov sklepamo na:

- recentno rast sige;
- občasno zatišje z visoko vodo, odlaganje blata;
- erodiranje starejše sige in proda, poglobljanje struge;
- odlaganje sige in
- odlaganje proda po skalnem dnu hkrati z erozijo v rovu.

Medtem ko se je poglobljanje struge v Pisanem rovu nadaljevalo (sl. 22), je Matjažev rov z vsem svojim starejšim inventarjem ostal na »suhem«. Prestavitev vodotoka v Zvezni rov je morda povzročilo vse bolj intenzivno podiranje Kristalne gore, ki je z manjšimi razsežnostmi že obstajala v dobi aktivnosti Matjaževega rova. To dokazujejo med prodom nastopajoče podorne skale pri Koralnem rovu in v začetku Zveznega rova (sl. 23).

Značilnosti proda v Križni jami

V skupnem pregledu proda in konglomeratov pridemo do sledečih sklepov:

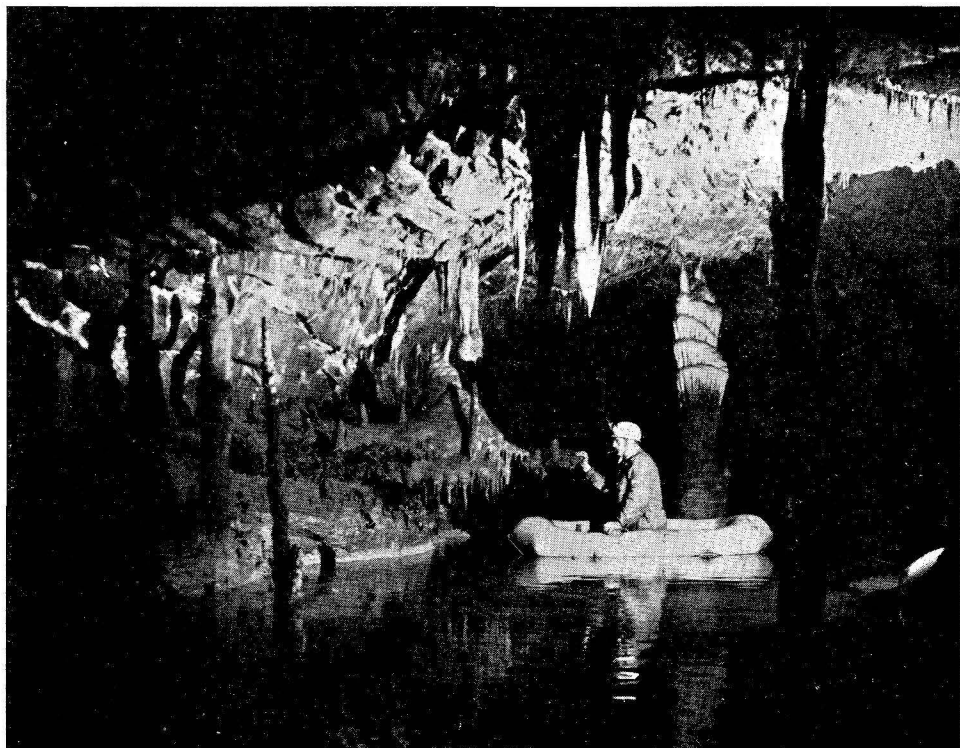
1. Prod in konglomerat nahajamo v vodnih rovih po vsej jami. Verjetno sta tudi v obdobju poplavljenih in suhih rovih, vendar ju pokrivajo mlajše, peščenoilovnate naplavine, siga in podori.

2. Več tega sedimenta je ohranjenega ob stenah in na skalnem dnu okoli Kalvarije, Kristalne gore in Križne gore, kar si razlagamo z morfologijo podzemeljskega prostora. Voda se je tod bolj ustavljala in odlagala več materiala kot drugod.

3. Razmerje med prodom, peskom in ilovico je precej stalno. Krivulje zrnivosti poedinih vzorcev se med seboj le malo razlikujejo.

4. Med konglomeratom na pritočni in odtočni steni Križne jame so razlike v sprjetosti. Na pritočni strani je več rahlo vezanega materiala, medtem ko so na odtočni strani ohranjeni manjši ostanki trdnih konglomeratov. Različna sprjetost je precej odvisna od tega, kje so bili prodniki odloženi in kako so jih poznejši speleogenetski procesi ohranili pred sigotvorno vodo ali pred erozijo.

5. Zrnavost proda se po jami bolj spreminja kot zrnavost peska. Prod s kamninami različne specifične teže je bil odložen ob neenakomernih hidroloških pogojih. Sloji konglomerata in proda so sestavljeni iz bolj prodnatih in manj prodnatih plasti, kjer vidimo ponekod dobro, drugod pa slabo plastovitost, zrnavost se spreminja po vertikali in horizontali.



Sl. 22. Križna jama, pred Kristalno goro. Vodni rov krasijo številni kapniki. Siga je nastajala še v suhem rovu vrh alohtonega proda, ki je bil kasneje erodiran, kopa sige (v sredini slike) pa je obvisela ob steni. Voda je zalila rov in na sigo odložila poplavno ilovico. Foto P. Habič

Fig. 22. Križna jama, before Kristalna gora (the Crystal Mountain). The Water channel is decorated by numerous concretions. The flowstone originated in the dry gallery above the allothonous gravel, which have been eroded later, and the concretion's stack (in the middle of the photo) remains hanging on the wall. The water has inundated the channel and deposited inundation loam above the concretions. Photo by P. Habič

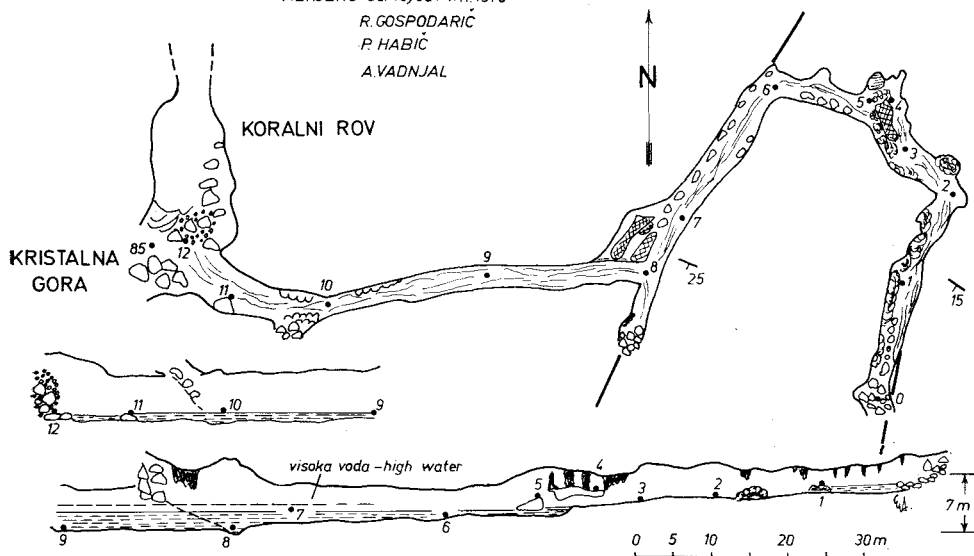
KRIŽNA JAMA – Zvezni rov

MERJENO: Surveyed: 4. 11. 1970

R. GOSPODARIĆ

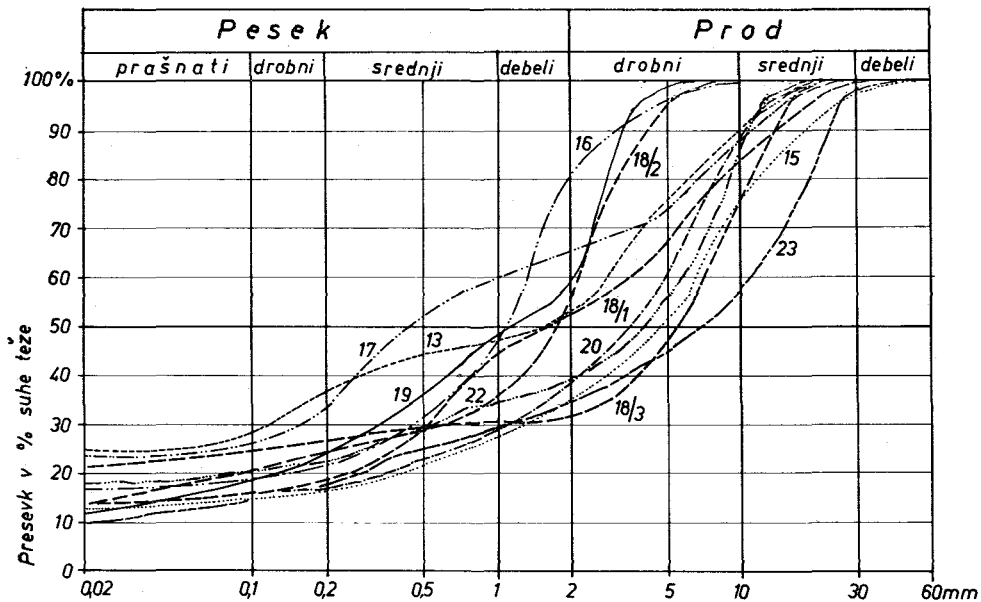
P. HABIĆ

A. VADNJAL



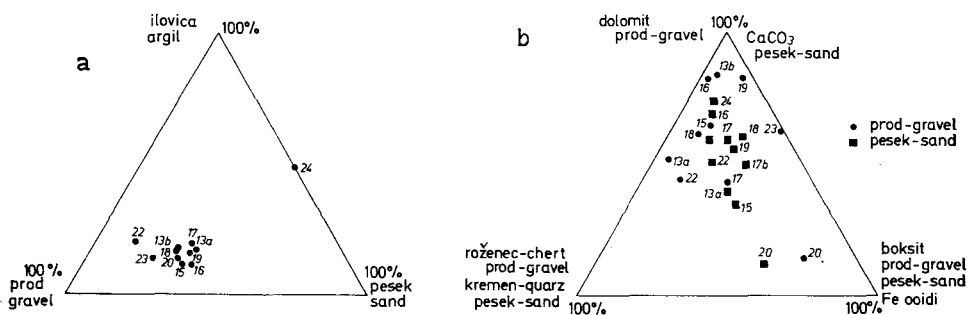
Sl. 23. Križna jama, Zvezni rov. Tloris

Fig. 23. Križna jama, the Union Gallery. Groundplane



Sl. 24. Križna jama. Krivulje zrnivosti preiskanih vzorcev prod

Fig. 24. Križna jama, the granulation curves of examined gravel samples



Sl. 25. Križna jama. Trikotnika zrnivosti (a) in petrografske sestave (b) proda
 Fig. 25. Križna jama, triangles of granulometry (a) and petrographic composition (b) of the gravel

6. Petrografska sestava je pokazala, da sta zgornjetriasi in liasni dolomit poglavitna sestavina proda, nato sledita boksit in roženec ter delno kremen. Najmanj je dolomita v prodru ob Kristalni gori (vzorec 20), kjer pa prevladuje boksit (sl. 25).

7. Petrografska sestava peska v konglomeratu se odlikuje po enakih odstotkih ooidov, delno zaobljenih zrn kremenca in po različni količini dolomitnih oziroma kalcitnih vključkov. Njihov odstotek se spreminja med 10—60 %.

8. Pesek analiziranih vzorcev konglomerata in proda se petrografsko ujema s peskom v suhih in obdobjno poplavljenih rovih.

Mehanizem odlaganja proda in peska

Preiskave so pokazale, da se je alohtoni material odlagal na dva različna načina: kot plazeči in lebdeči tovor.

Na skalno dno in stene se je odlagal prod v eni razvojni fazi. Tedaj je morala teči po jami reka s hitrostjo najmanj 1 m/s, da je lahko prenašala alohtoni material in ga prestavljala po skalnem dnu. Ta mejna hitrost velja za okoli 10 mm velike prodnike, kakor je razvidno iz krivulje mejnih hitrosti za odlaganje plazečega tovara (E. White, 1968, 124). Ob spremenljivi hitrosti vode so se premikali včasih večji, včasih le manjši kosi, tako da je neenakomerno odlaganje po skalnem dnu povsem razumljivo. Specifično težji in enako veliki prodniki boksita so se ob določeni hitrosti vode manj premikali in hitreje odložili kot specifično lažji, a enako veliki prodniki dolomita in roženca. Zato tudi najdemo v nekaterih vzorcih več boksita, v drugih pa več dolomita.

Poleg proda je voda prenašala tudi pesek in ilovico. Pesek se je usedal skupaj s prodrom, kolikor bolj se je približeval prodni frakciji, a lebdeč in potoval z vodo, če je bil drobnejši. Pri sedimentiranju proda pa je bila hitrost pretoka mnogo večja. Lebdeči material se je mogel usedati le v rovih, kjer je takratna voda zastajala, ne pa v rovih, kjer se je odlagal prod. V tisti dobi ni moglo priti do večjih akumulacij ilovnatnega peska, lebdeči tovor je voda odnesla s seboj v neznane podzemeljske prostore in v Cerknjiško jezero.

Hidrološke razmere so se spremenile potem, ko se je konglomerat že zacementiral in bil delno prekrit s sigo. Nikjer namreč nismo opazovali neposrednega prehoda prodnih plasti v peščene ali ilovnate, ki bi kazale na postopno zmanjševanje hitrosti vode.

Pri odložitvi proda in sige smo priče hidrološkim razmeram, ki se odlikujejo z velikimi količinami suspendiranega peska in ilovice. Gladina tedanje podzemeljske reke se je spreminjala in dosegla celo višine celotne evakuacije rovov v skali. Ko se je prilagajala morfološko različnim rovom, pa je spreminjala hitrost in transportno moč ter tako oddajala lebdeči tovor v široke prostore in rove, na podore in sigo. Tedaj so se zapolnili Suhi rov, Medvedji rov, Cerarjeva in Velika dvorana ter sklep Dežmanovega rova.

Ta faza, ki gotovo odraža spremembo v površinski klimi, pa ni trajala do danes. V nekem obdobju je voda začela erodirati, odnašati ilovnato peščeno naplavino, sigo in konglomerat pod njo ter navsezadnje še poglobljati staro skalno dno. V kamnini si je poiskala boljše prevodne poti skozi Zvezni rov ob Kristalni gori, skozi Glavni rov med Otokom in 1. jezerom ter skozi Dežmanov rov. Prav tako je pustila ob strani današnje suhe rove. Sifoni med 1. in 2. jezerom ter med 1. ponorom in Dežmanovim rovom in Šulcejevo razpoko so le nadaljevanje te erozijske faze. Primer Matjaževega rova kaže, da je vmes nastajala še siga in da so se razvijali podori.

Izvor fluvialnih sedimentov

Petrografska preiskava je pokazala, da so v produ in konglomeratu štiri pogloblitve sestavine:

1. prodniki zgornjetriasnega in liasnega dolomita,
2. prodniki in grušč roženca,
3. prodniki oolitnega boksita in
4. grušč liasnega apnenca, to je matične kamnine.

V vezivu sta pogloblitvi sestavini kremen in limonitni ooidi.

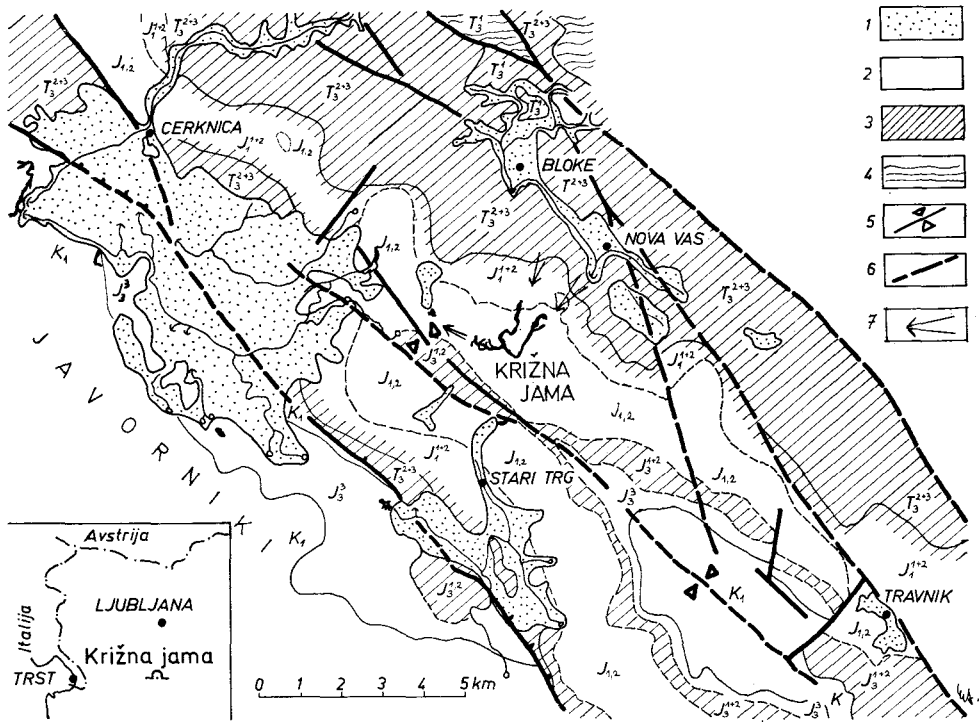
Oglat grušč matičnega apnenca je avtohton, lahko bi rekli tudi paravtohton, ker je doživel le kratek transport. Jamska reka je apnenec odtrgala iz okoliških podornih skal, sten in dna. Takih vključkov je več okoli podornih dvoran Kalvarije, Križne in Kristalne gore, manj pa v Blatih, kjer podorov ni.

Naslednji po dolžini transporta je liasni dolomit. Zaobljenost prodnikov govori, da je prispel v danes znana nahajališča iz prostorov, ki so izvotljeni v litološkem horizontu, kjer liasni apnenec konkordantno prehaja navzdol v zgornjetriasni dolomit. Tega prehoda v jami ne moremo doseči.

Prodniki zgornjetriasnega dolomita so alohtoni. Zelo zaobljeni imajo dostikrat milimetrski prepereli ovoj. Morda so kot prodniki že obstajali v površinskem povirju.

Med alohtone spadajo tudi raznobarvni roženci. Zaobljeni in oglati kažejo na prepereli material v izvenjamskih nahajališčih. V poštev prihajajo zgornjetriasni skrilavci, peščenjaki in dolomiti z roženci, ki jih geološka karta kaže severno od Bloškega polja. Tam je tudi največ zgornjetriasnega dolomita. Omenjene alohtone prodnike je v jamo naplavila voda z Bloškega polja in okolice. Od tod prihaja voda v Križno jamo še danes.

Naslednjo skupino alohtonih naplavin sestavljajo oolitni boksiti. V konglomeratu nastopajo kot prodniki, v pesku pa kot posamični ooliti. Boksiti so skoraj v vseh vzorcih. Njih količina pa nizvodno od Kristalne gore proti Kalvariji in Dežmanovemu rovu pada. Ker v Blatih boksita nismo našli, se zdi, da se podzemeljski prostori onkraj Kristalne gore približujejo primarnim boksitnim ležiščem v jurskih in drugih apnencih. V bližini Križne jame poznamo boksitne prodnike v Mrzli jami pri Ložu (R. Gospodarič, 1971), ki je nekoč delovala kot izvorna vodna jama. Po njeni legi in razsežnosti sodimo, da je mogla odvajati kraške vode neposrednega zaledja, krasa vzhodno od Loža tja do Loškega

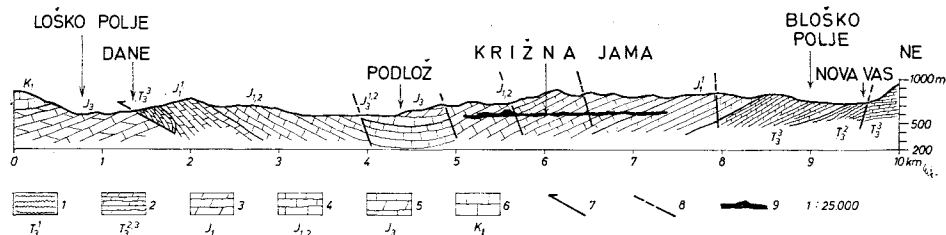


Sl. 26. Skica geološke zgradbe okolice Križne jame, sestavljena po geol. karti listov Postojna in Ribnica 1 : 100 000.

- | | |
|-------------------|---------------------------|
| 1 — kraška polja, | 5 — sinklinala, |
| 2 — apnenc | 6 — prelom, |
| 3 — dolomit | 7 — podzemeljski tok vode |
| 4 — skrilavec | |

Fig. 26. The sketch of the geological structure in the vicinity of Križna jama, composed after Geological map, sheets Postojna and Ribnica 1 : 100 000.

- | | |
|---------------------|------------------------------|
| 1 — karstic poljes, | 5 — syncline, |
| 2 — limestone | 6 — fault, |
| 3 — dolomite | 7 — underground water course |
| 4 — schist | |



Sl. 27. Vzdolžni geološki profil med Bloškim in Loškim poljem s položajem Križne jame.

1 skrilavec, 2 dolomit-zg. trias, 3 dolomit-lias, 3 apnenec, lias-dogger, 5 apnenec in dolomit, malm, 6 apnenec, sp. kreda, 7 predjamski nariv, 8 prelom, 9 podzemeljski rovi Križne jame

Fig. 27. Longitudinal geological profile between Bloško and Loško poljes, the situation of Križna jama drawn in.

1 — schist, 2 — dolomite, Upper Triassic, 3 — dolomite, Liassic, 4 — limestone, Liassic-Dogger, 5 — limestone and dolomite, Malm, 6 — limestone, Lower Cretaceous, 7 — Predjama over-thrust, 8 — fault, 9 — underground channels of Križna jama

potoka. Ta svet sestavljajo jurske in kredne kamenine, kjer so možna primarna nahajališča boksita. Od tod je lahko voda prinesla boksit tudi v Križno jamo, oziroma v njen Zvezni in Pisani rov, ne pa tudi v Blata, kjer ga kakor rečeno, ni. Če je voda prinašala v Križno jamo različen prod, je še lažje dovajala kremenov pesek in ilovico z okoliškega kraškega površja in Bloškega polja. Kraško površje širše okolice jame je še danes tu in tam pokrito z ilovicami in peski, ki kažejo na nekdanje bolj obsežne krpe klastičnega materiala bodi fluvialnega, bodi eolskega izvora. Mnogo takega materiala so izprale v podzemlje tudi padavine. V to skupino spadajo tudi alohtoni limonitni ooidi.

Geološko zgradbo okolice Križne jame prikazuje sl. 26. Iz nje je razvidno, da je v jami ohranjeni prod mogel zaiti v podzemlje z nekraškega sveta Bloškega polja.

Najstarejše kamnine v okolici Križne jame so razgaljene na Bloškem polju. To so kamnine ladinske in karnijske stopnje: peščenjak, tufski lapor in glinasti skrilavec, dolomiti s plastmi in gomolji roženca, dolomitne breče, skrilavci in peščenjaki z Fe boksitno rudo. Norijsko in retsko stopnjo zastopajo pasasti in zrnati dolomiti. Ta, tako imenovani glavni dolomit, sestavlja tudi dno Loškega polja in se v ozkem pasu vleče proti severozahodu k Cerkniskemu jezeru ter proti jugovzhodu proti Pudobu. Omenjeni dolomit je le relativna hidrogeološka bariera za vode, ki se iz Bloškega polja podzemeljsko prebijajo v jurski apnenec in dolomit okolice Križne jame.

Triasni dolomit prehaja zvezno v liasni dolomit pri Bloški polici in na Loškem polju. Stratigrafsko debelino tega dolomita cenijo na 200 m, prehaja pa v skladoviti in oolitni apnenec srednjega liasa z vodilnimi litioidnimi školjkami.

Više ležeče, debeloskladoviti oolitni apnenec z gnezdi dolomita zgornjega liasa in doggerja vsebuje tekstularije, odlomke mehkužcev in krinoidov, torej nobenih vodilnih mikrofossilov. Ker za eno ali drugo kronostratigrafsko opredelitev vzorcev tudi vnovične preiskave apnenca med Bloško polico in Ložem niso

dale novih podatkov, uvrščamo kamnine v ožji okolici Križne jame v nerazčlenjeno liasnodoggersko serijo.

Favnistično je na območju Križne gore (856 m) zanimiv zrnati dolomit s polami apnenca ($J_3^{1,2}$). Apnenec vsebuje spodnjemalmske taumatoporele, tekstularije in troholine.

Vzhodno od Starega trga in na ponorni strani Loškega polja prikazuje geološka karta apnenec zgornjega malma z vodilnimi klipelinami iz spodnje krede.

V tektonskem pogledu sestavljajo kamnine obravnavanega ozemlja plutvo, simetrično sinklinalo (sl. 27), ki sega proti NW do Cerknice, proti SE pa se južno od Travnika podaljšuje v sinklinalo Racne gore. Tam se v jedru gube spodnjekredne, v območju Križne gore pa malmske plasti. S številnimi navpičnimi prelomi je guba razdeljena v pakete, ki so med seboj večinoma vodoravno premaknjeni. V jedru gube izstopa prelom NW — SE smeri kjer je pretrgana malmska serija. Pogostni so vzdolžni prelomi ob Bloškem polju, kjer se sinklinala stika z Bloško-rakitniško grudo. Med Gorenjim jezerom, Danami in Kozarščami na Loškem polju pa je SW-krilo sinklinala narinjeno na jurske in kredne kamnine Javornikov. Za razlago nastanka Križne jame je pomembno spoznanje, da je kras okolice Križne jame omejen na NE in SW strani z manj prepustnim dolomitom, da so najbolj razsežni in dostopni rovi Križne jame izdelani v severovzhodnem krilu sinklinala in da voda odteka vzporedno s sinklinalno osjo proti severozahodu k izviru Podsteberščice.

SKLEPI IN NADALJNI PROBLEMI

S preučevanjem alohtonih sedimentov v Križni jami smo želeli spoznati njih razširjenost, razmerje do avtohtonih sedimentov in lego do skalnih rogov, nadalje smo hoteli ugotoviti, kako in kakšne kamnine je jamska reka prenašala in odlagala po podzemeljskih prostorih v geološki zgodovini jame. Dobljene rezultate in sklepe lahko strnemo v naslednjem.

1. Dosedanja literatura razen v dveh, treh noticah ne obravnava zanimivih alohtonih sedimentov v Križni jami. Izjema so le podatki o diluvialnih ilovicah v Medvedjem rovu te jame, ki jih je opisal F. v. H o c h s t e t t e r. Dosedanje poznavanje morfoloških, geoloških in hidroloških značilnosti Križne jame temelji na delnih deskriptivnih podatkih brez podrobnejših prikazov in analiz fluvialnih sedimentov kot enega izmed najbolj bistvenih pokazateljev speleogenetskega razvoja vsakega podzemlja. Iz obravnavanih geoloških in morfoloških razmer pa smo spoznali, da je prav v sedimentih iskati ključ za zanesljivejšo razlago nastanka in razvoja Križne jame med Bloškim, Loškim in Cerkniškim poljem.

2. Ostanke fluvialnih sedimentov so ohranjeni po vsej jami, tako da lahko gotovo sklepamo na nekdanjo mnogo bolj zapolnjeno in manj prehodno jamo kot jo poznamo danes. Medvedji rov, Suhi rov in del Glavnega rova med jamskim vhodom in Vodnim rovom še dokazujeta to staro, s sedimenti zapolnjeno podobo Križne jame. Današnje vodne rove je mlajša erozija večinoma ponovno izpraznila, voda je nekje razgalila prodni sediment, ki je v določeni starejši razvojni dobi pomagal oblikovati podzemeljski prostor, razkrila je skalno dno in začela oblikovati nižje sifonske pretoke po jami, drugod pa je sigo in sedimente zalila. Zaporedje speleogenetskih procesov smo poskušali razčleniti na

primerih v Medvedjem rovu, okrog Kalvarije in ob Matjaževem rovu s pripombo, da bo za popolnejšo razvojno sliko treba v prihodnje zbrati še več ustreznih podatkov.

3. Posebej smo preučili nekaj nasipov peska. Petrografska in granulacijska analiza kažeta na mlajši poplavni pesek v vodnih rovih in na pesek v suhih rovih, ki ga je voda odlagala kot svoj lebdeči tovor tam, kjer je zastajala. Petrografske je pregledani pesek sestavljen iz zrn kremenca, limonita in boksita, to je mineralov, ki jih ne manjka v starejših podornih plasteh in ki so ohranjeni v starejših votlinah, tudi 30 m nad današnjimi vodnimi rovi. Pesek v 1. Podornem rovu odraža po vsej verjetnosti fluvialni nastanek v posebnih geomorfoloških okoliščinah na kraškem površju nad jamo še tedaj, ko jam v današnjem obsegu še ni bilo. Podoben pesek je ohranjen sicer še v okoliških jamah, pa tudi v würmskih naplavinah Cerkniškega jezera ga srečamo povsod.

4. Prodne naplavine v 10 analiziranih vzorcih po vsej jami kažejo na plazeči tovor, ki ga je voda prenašala po nekdanjem skalnem dnu. Po velikosti raznovrstnih prodnikov je moč domnevati na najmanjšo hitrost jamske reke 1 m/s, da je lahko prod še prenašala in z njim erodirala. Ta hitrost je bila nekajkrat večja od danes ugotovljene. Prod je bil po odložitvi zasigan, kasneje pa marsikje erodiran. V danes znanih rovih so nizvodna nahajališča vedno redkejša, ker jih je zadenjska erozija najmočneje odnašala. Takšno erozijo je možno predpostaviti, ker med najbolj skrajnima nahajališčema proda pri 1. jezeru in okrog Kristalne gore nismo ugotovili padajoče zrnatosti, kakršna bi sicer nastajala ob odlaganju materiala v obliki »vršaja«, se pravi, da bi bila jamska reka bliže svojemu izvirnemu mestu odložila debelejši, bolj grob prod, bliže ponornemu mestu pa bolj droben in zaobljen prod.

5. Prod je sestavljen iz različnih kamnin: triasnega dolomita in roženca, liasnega dolomita in apnenca, oolitnega boksita in liasno-doggerskega apnenca.

Triasne in liasne kamnine gradijo porečje ponikalnic okrog Bloškega polja ter del podzemeljske poti med njihovimi požiralniki in dotočnimi sifoni v sklepu Blat in Zveznega rova. Liasno-doggerski apnenec kot matična kamnina vrodu dokazuje dokajšnjo erozijo jamskega prostora med odlaganjem proda. Apnenčevi avtohtoni kosi so oglati, ostali alohtoni pa zaobljeni.

Posebno mesto zavzemajo prodniki oolitnega boksita, ki zanj menimo, da ga je nanese voda iz ustreznih površinskih nahajališč na kraškem površju iz severnega in vzhodnega zaledja Križne jame. Poglavitni boksit je zahajal v jamo skozi Pisani rov, se pravi s ponikalnico, ki je južno od Nove vasi na Bloškem polju zahajala v podzemlje. Takšna hidrološka zveza je znana danes. Ne bi pa smeli izključiti možnosti, da je takratna jamska reka prinašala oolitni boksit iz vzhodnega kraškega zaledja Križne jame, se pravi s področja Racne gore, kamor bi se podzemlje Križne jame lahko razširjalo. Treba bo podrobneje preučiti kras zaledja Križne jame in nato ugotoviti razliko med triasnimi boksiti sedimentacijskega izvora in boksiti rudnih teles na kraških terenih. V pomoč nadaljnjemu preučevanju naj rabijo mineraloške analize v jami najdenega boksita z ustrežno dokumentacijo, ki jo navajamo.

6. Izvor fluvialnega proda v Križni jami je možno razložiti z znano geološko zgradbo ter hidrogeološkimi ter geomorfološkimi razmerami širše okolice, način odlaganja raznovrstnega in različno oblikovanega proda pa s hidrološkimi in klimatskimi razmerami, ki so na tukajšnjem krasu vladale v pleistocenu.

Bolj zapleteno pa bo ugotavljanje primarnih ležišč raznovrstnega peska, ker je bil v jami večkrat presedimentiran po vertikalni in horizontalni poti. Tu bo treba še dosti temeljitega, predvsem petrografskega raziskovanja.

7. V razpravi smo se komajda dotaknili vprašanja, v katerih obdobjih pleistocena se je odlagal fluvialni material, kdaj so nastajali ustrezni podzemeljski prostori in se odvijali ugotovljeni speleogenetski procesi. Iz posameznih nahajališč smo mogli razporediti le relativno zaporedje erozije in akumulacije v podzemlju Križne jame, absolutnih podatkov pa nimamo.

Kot dovolj oprijemljiv podatek relativne datacije smo uporabili pojavljanje kosti jamskega medveda v Medvedjem rovu te jame, ki nastopajo med dvema generacijama sige ter naplavljenimi peski in ilovico. Te kosti namreč ne morejo biti mlajše od zadnjega würmskega stadiala W III, saj je takrat po splošni sodbi naših paleolitikov jamski medved v naših krajih že izumrl. Križna jama bi tedaj bila verjetno s sedimenti že zapolnjena v zadnjem würmskem interstadialu (W II/III). Iz tega nadalje sledi, da je mlajša erozija povezana z zadnjim würmskim stadialom, odlaganje sedimentov in sige vrh njih pa s procesi v srednjem in starejšem würmu oziroma ostalem delu mlajšega pleistocena. Bolj zanesljive podatke glede relativne starosti procesov lahko nudijo primerjalne raziskave s sedimentov bogatimi kraškimi jamami drugod v porečju Ljubljane. Mnogo lahko koristi tudi absolutno datiranje jamske sige in organskih ostankov v naplavinah Cerknškega jezera, kjer je za vode Križne jame vedno bila lokalna erozijska baza.

Summary

FLUVIAL SEDIMENTS IN KRIŽNA JAMA

As one of more important caves of the slovene karst with the underground water, the Križna jama (The Cross Cave) among the Cerknica, Lož and Bloke karstic poljes can be considered. The cave is important by its rich exploring history from 1834 (J. Zörrer, 1834; A. Schmidl, 1854; F. v. Hochstetter, 1881; I. Michler, 1934, 1934 a; A. Šerko, I. Michler, 1948; T. Planina, 1965), and by its largeness of channels and length of about 8 km. of its till now known galleries, as well as by its interesting morphology and hydrology. In the cave the world famous finding-place of cave bear bones is situated; in 1971 the bones have been excavated again and their stratigraphic position between the autothonous and allothonous sediments have been studied (M. Brodar, R. Gospodarič, 1973). By the speleogenetical point of view very important allothonous sediments have been stated. As they were only partially known (R. Gospodarič, Zb. Wojcík, 1965) we studied them in detail and we bring the results in that study.

In the initial chapters the general particulars about the cave sediments (G. Kyrle, 1939; G. Warwick, 1953; E. Schmid, 1958; H. Riedl, 1960; H. Bögli, 1961; P. Habič, 1961; S. Brodar, 1952, 1966; F. Osole, 1967; H. Trimmel, 1968) and previous classification of their »interior facies« are done (G. A. Maksimovič, 1963; Zb. Wojcík, 1966; Ph. Renault, 1968; E. White, 1968). The description of the cave geological and morphological structure (Fig. 1, 2, 3), the fin-

ding-places, analyses and origin of fluvial cave sediments are treated later (Fig. 4 till 25).

In the whole cave the rests of the fluvial sediments are conserved therefore it could be stated that previously the cave has been much more filled and less open as it is today.

By Medvedji rov (The Bear's Gallery), Suhi rov (The Dry Gallery) and by the part of Glavni rov (The Principal Channel) between the entrance to the cave and Vodni rov (The Water Channel) the ancient picture of Križna jama, filled by sediments, is proved. By the younger erosion the recent water channels have been mostly reevacuated, the water denuded gravel sediment by which the underground spaces have been formed in the ancient development phase. The rocky bottom have been denuded and the lower siphon's transfuses across the cave have been formed, while in the other parts the concretions and sediments have been overflowed. By the example of the Medvedji rov, vicinity of Kalvariija (The Calvary) and Matjažev rov (The Matthew's Gallery) the succession of speleogenetical processes has been tried to be analysed.

Some sand dams have been separately studied. In the water channels the younger flooded sand and in the dry galleries the sand, deposited as the suspended load by the stagnant water have been proved by petrographical and granulative analyses (Fig. 4, 5, 6, 7, 8). Petrographically the examined sand is composed by the quartz, limonite and bauxite grain, thus by minerals, which are not found in the older collapsed beds, but preserved in the older caverns, even till 30 m. above today's water channels.

The sand in the 1. Podorni rov (The 1st Collapsed Gallery) in all probability represents the fluvial origin in special geomorphological conditions on the karstic surface above the cave in the time when there no caves in today's dimensions existed. Otherwise the similar sand is found in the near caves (R. Gospodarič, 1971) as well as in the würm alluvions of the Cerknisko jezero (The Lake of Cerknica).

The gravel alluvions in 10 analysed samples indicate the bedload, which have been transported on the ancient rocky bottom by the water (Fig. 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25). After the largeness of different pebbles the smallest speedness of 1 m/s of the underground river could be supposed, because the water transported the gravel and eroded with it.

The speedness of cave river was several times greater than today's. After the deposition the gravel has been concretioned and some-where eroded later. In today's known channels the downstreams finding-places are more rare, because the back erosion succeeded to displace them. Such erosion could be supposed while, between the extreme gravel finding-places at the 1. jezero (The 1st Lake) and around Kristalna gora (The Crystall Mountain) we have not found the declined granulation, which would be formed at the deposition of the material in the form of »alluvial fan«, that is to say, that near the sources of the underground river larger, more rough gravel, and near the ponor places thinner, and more rounded gravel could be deposited. The gravel is composed by different rocks: triassic dolomite and chert, liassic dolomite and limestone, oolitic bauxite and liassic-dogger limestone.

The water basin of sinking rivers around Bloško polje and a part of the underground conduct among their ponors and inflow siphons at crossing of Blata (The Mud) and Zvezni rov (The Unite Gallery) are composed by triassic and liassic rocks. Liassic-dogger limestone proves, as the maternal rock in the gravel, considerable

erosion of the underground space during the gravel's deposition. Limestone autothonous pieces are rough, while the other allothonous are rounded.

The special place is taken by the pebbles of oolitic bauxite, which have been deposited by the water from the karstic surface in the north and east hinterlands of Križna jama, as we suppose. The majority of bauxite came into the cave by Pisani rov (The Gay Coloured Channel), that is to say, by the sinking river south of Nova vas on Bloško polje. That hydrological connection is known today. However the possibility, that the pleistocene underground river transported the colithic bauxite from the eastern karstic hinterland of Križna jama, that is to say, from the region of Racna gora where the underground of Križna jama could be extended, can not be excluded. The karstic hinterland of Križna jama have to be studied in detail in order to state the difference between triassic bauxites of sedimental origin and ore bauxites on the karstic terrains. Mineralogical analyses of the bauxite, found in the cave, together with cited documentation can help the further studies.

The origin of fluvial gravel in Križna jama could be explained by the known geological structure and hydrogeological and geomorphological conditions of the surroundings (Fig. 26, 27) by the way of deposition of various and differently shaped pebbles and by particular hydrological and climatical conditions which prevailed in this part of the karst in Pleistocene. To state the primary layers of various sand which have been presedimented in the vertical and horizontal way in the cave is much more complicated. A lot of profound, specially petrographic explorations are still necessary.

The questions in which period of Pleistocene the fluvial material have been deposited, when the nowadays underground spaces had taken their origin and when the stated speleogenetical processes have been unrolled are just touched in that study. From the singular finding-places the continuance of erosion and accumulation in the underground of Križna jama can be just relatively disposed, but we have no absolute dates. The appearance of the cave bear bones in the Medvedji rov of that cave we have taken as enough sure date of relative datation. The bones were found between two generations of flowstone among deposited sands and clay. These bones could not be younger from the last würm stadial W III, because in that age after general opinion of our paleolithics the cave bear in our regions already became extinct. Križna jama has been already filled up by the sediments in the late würm interstadial (W II/III). And so it follows, that the younger erosion is connected by the last würm stadial, while the deposition of sediments and the flowstone above them by the processes in the middle and older würm, or well in other periods of younger Pleistocene. More sure dates about the relative age of processes can give us the comparative explorations of karstic caves, rich by sediments, which are situated in the other parts of water basin of Ljubljana. The absolute datation of cave concretions and organic rests in the alluvions of Cerknjsko polje, which have represented a local erosive base for the waters of Križna jama, can help us a lot.

In the Križna jama the rich rests of the fluvial sediments are conserved, showing the hydrographic conditions in Quaternary. The formation of the channels has been closely connected by the transport and accumulation of the sediments in the cave; therefore the sediments represent the important fact for the speleogenetical studies and morphological, stratigraphical and genetical correlation with the other longer caves of Dinaric karst is rendered possible.

Viri in literatura

- Arhiv Inštituta za raziskovanje krasa SAZU, Postojna.
 Arhiv Jamarske zveze Slovenije, Ljubljana.
- Bohinec, W., 1963. Die Križna jama bei Lož, Slowenien. Dritter Intern. Kong. Spel. 2, 211—214, Wien.
- Bögli, A., 1961: Die Höhlenlehme. Memoria. Rassegna Spel. Ital. 5, 1—21, Como.
- Brodar, M., R. Gospodarič, 1973. Medvedji rov v Križni jami in tamkajšnji ostanki jamskega medveda. Mladinski raziskovalni tabori (1971—1972), 30—46, Ljubljana.
- Brodar, S., 1952. Prispevek k stratigrafiji kraških jam Pivške kotline, posebej Parske golobine. Geogr. vestnik 24, 43—76, Ljubljana.
 — 1966. Pleistocenski sedimenti in paleolitska najdišča v Postojnski jami. Acta carsologica 4, 55—138, Ljubljana.
- Cerar (Zörrer), J., 1838. Beschreibung einer Berghöhle bei Heiligen Kreuz unweit Laas im Adelsberger Kreise nebst dem Grundrisse und Situation des Planes, Beiträge zur Naturgeschichte, Landwirtschaft und Topographie des Herzogthums Krain. 1, 76—88, Ljubljana.
- Gospodarič, R., 1971. O nekaterih jamah ob Cerkniškem jezeru. Mladinski raziskovalni tabori. 1971, 49—64, Ljubljana.
- Gospodarič, R., Z. Wojcík, 1965. Pripombe o nekaterih jamskih biserih iz jugoslovanskih jam. Naše jame 6 (1964), 30—34, Ljubljana.
- Habič, P., 1961. Nekaj oblik akumulacije in značaj sedimentov v kraških jamah. Drugi jug. spel. kongres, 101—106, Zagreb.
- Hochstetter, F. v., 1881. Die Kreuzberghöhle bei Laas in Krain. Denkschriften d. mathem.-naturw. Kl. Akad. d. Wissensch. Wien, 43, 1—18, Wien.
- Kyrle, G., 1921. Grundriss der Theoretischen Speläologie. 1, 1—339, Wien.
- Maksimovič, G. A., 1963. Osnovi karstovedenija. 1. Perm.
- Michler, I., 1934. Križna jama. Proteus 1/V, 97—102, Ljubljana.
 — 1934 a. Nova odkritja v Križni jami. Proteus 1/V, 188—195, Ljubljana.
- Osole, F., 1967. Zakajeni spodmol, jamska paleolitska postaja. Arheološki vestnik 18, 25—42, Ljubljana.
- Planina, T., 1965. Križna jama, projekt. Turistična zveza Cerknica.
- Renault, Ph., 1968. Contribution à l'étude des actions mécaniques et sédimentologiques dans la spéléogénèse. Annales de Spéléologie 23/III, 529—596, Lons-le-Saunier.
- Riedl, H., 1961. Grundsätzliche Bemerkungen zu feldmässigen Untersuchungen von Höhlensedimenten. Memoria. Rassegna Spel. Ital. 5, 3—9, Como.
- Schmid, E., 1958. Höhlenforschung und Sediment-Analyse. Basel.
- Schmidl, A., 1854. Die Grotten und Höhlen von Adelsberg, Lueg, Planina und Laas. Gedruckt, bei Leop. Sommer, Wien.
- Šerko, A., I. Michler, 1948. Postojnska jama in druge zanimivosti krasa. 1—66, Postojna — Ljubljana.
- Trimmel, H., 1968. Höhlenkunde. Braunschweig.
- Warwick, G., 1953. Cave Formations and Deposits. British Caving 62—82, London.
- Wojcík, Z., 1966. Geneza i wiek klastycznych osadów jaskin tatrzańskich. Prace Muzeum ziemi 9, 1—130, Warszawa.
- White, L. E., W. B. White, 1968. Dynamics of Sediment Transport in Limestone Cave. Bull. NSS 30/IV, 115—129, Arlington.