

Utvrđivanje vegetacije pleistocena okoline Petničke pećine na osnovu analize polena

Izvršena je analiza polena uzoraka zemlje uzetih iz pleistocenskog sloja u Petničkoj pećini sa ciljem rekonstrukcije vegetacije šire okoline lokaliteta. Dobijeni rezultati ukazuju na prisustvo zeljastih, drvenastih, listopadnih i vodenih tipova biljaka, što ukazuje na postojanje močvarnog ekosistema u blizini pećine i potvrđuje pretpostavku da se u vreme pleistocena Petnička pećina nalazila na granici stepске i šumske vegetacije. Pronađeni polen pripada periodu interglacijacije ris-virm koji se odigrao pre oko 127-115 hiljada godina. Prisustvo polena u pećini verovatno je vezano za tok reke Banje ili za životinje koje su je nastanjivale tokom pleistocena.

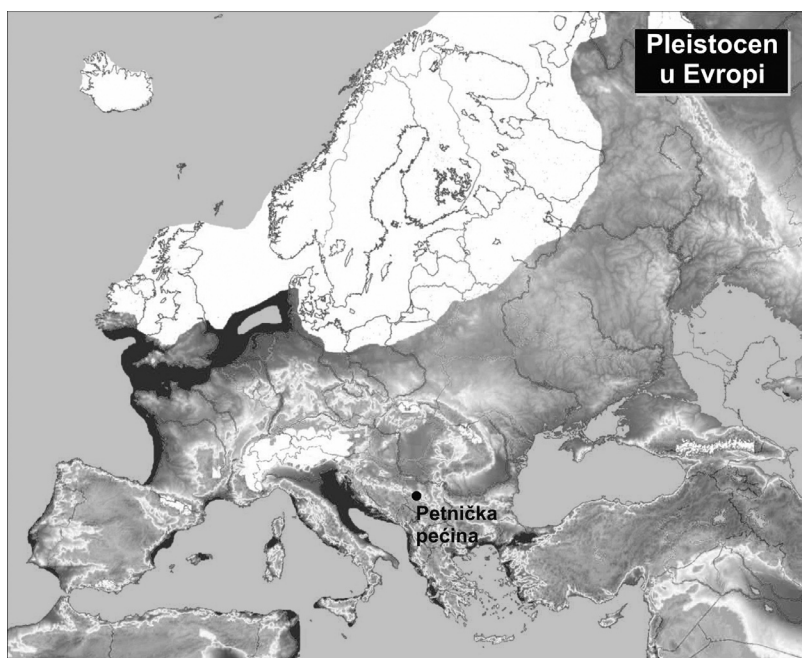
Uvod

Petnička pećina se nalazi u selu Petnica, 7 km jugoistočno od centra Valjeva, na oko 200 m nadmorske visine. Nastala je na kontaktu trijaskih krečnjaka i pliocenskih jezerskih sedimenata. Pećina se sastoji iz gornjeg i donjeg dela sa dva zasebna ulaza (slika 2). Iz Donje pećine, koja ima oblik široke potkapine dužine oko 22 m, izvire rečica Banja. Gornja pećina, čiji se ulaz takođe nalazi na severnoj strani padine brda Rogljević, sastoji se od dugačke i razgranate mreže pećinskih kanala, ukupne dužine oko 530 m. U njenim gornjim dvoranama formirani su manji baseni (dvorane) u kojima su se nataložili kvartarni sedimenti i koji nose nazive: Visoka dvorana, Dvorana pred ždrelom, Medveđa dvorana i Kanal sa ambisom (Dimitrijević 1997: 189-190).

Prve pisane podatke o Petničkoj pećini daju Joakim Vujić 1826. godine, a potom Josif Pančić 1856. godine, koji navode da se pećina sastoji iz dva dela: gornjeg suvog i donjeg vlažnog. Godine 1892. i 1893. M. Valtrović, Đ. Jovanović i J. Cvijić vrše prva arheološka iskopavanja u Medveđoj dvorani. Neposredni tragovi čovekovog boravka tom prilikom nisu pronađeni. Godine 1969, pod okriljem Narodnog muzeja Valjeva, ponovo počinje istraživanje Petničke pećine. Istraživanja se odvijaju prema projektu arheologa Valjevskog muzeja Novaka Miloševića. Istovremeno se radila i

Sara Milojević (1997), Kragujevac, Lepenički bulevar 1-9/7, učenica 2. razreda Prve kragujevačke gimnazije

Bogdan Ranđelović (1996), Leskovac, Koste Stamenkovića 15, učenik 3. razreda Gimnazije Leskovac



Slika 1.
Geografski položaj
Petničke pećine sa
granicom leda u doba
pleistocena

Figure 1.
Geographic position of
Petnica cave with the
boundary of the ice
during Pleistocene

geološka obrada lokaliteta koju su obavljali Branko Jurašinović i Đura Kostić, geolozi. Ovim istraživanjem pronađeni su brojni ostaci životinjskih kostiju i zuba (Lazarević 1988: 27-30).

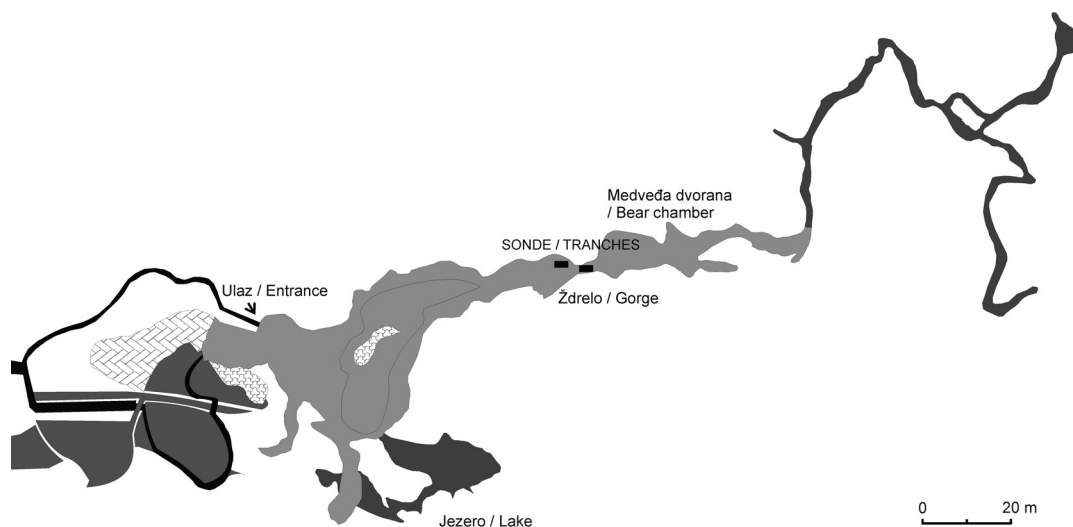
Prilikom realizacije studentske prakse Rudarsko-geološkog fakulteta Beogradskog univerziteta vršena su paleontološka iskopavanja u više navrata i to 1992, 1994. i 1995. godine u Dvorani pred ždrelom i u samom Ždrelu. Ovim istraživanjima, pored konstatovanja velikog broja kasnopleistocenskih životinja, utvrđena je i stratigrafija kvartarnih slojeva pećine do dubine od 2.6 metara (Kostić i Dimitrijević 1996: 137-146).

Na osnovu položaja same pećine, koja se nalazi između Panonske nizije i dinarskog masiva (slika 1), i rezultata ranijih istraživanja (Dimitrijević 1997: 189-190; RGF 1992), može se pretpostaviti da se Petnička pećina nalazila na granici stepske i šumske vegetacije u vreme pleistocena (Janković *et al.* 1984: 14; Stevanović *et al.* 1992: 229-230). Cilj našeg istraživanja je rekonstrukcija vegetacije pleistocena okoline Petničke pećine pomoću analize polena.

Materijali i metode

Istraživanje je izvršeno u tri faze: uzimanje uzoraka zemlje, laboratorijska analiza i pripremanje preparata sa mikroskopiranjem.

Uzorkovanje. Uzorci za analizu uzeti su iz dve sonde koje su istraživane 1992. godine prilikom paleontološko-arheoloških istraživanja u Dvorani pred ždrelom i u samom Ždrelu (slika 2). Stratigrafije kvartarnih slojeva iz obe sonde, definisane prilikom tih istraživanja, poslužile su nam



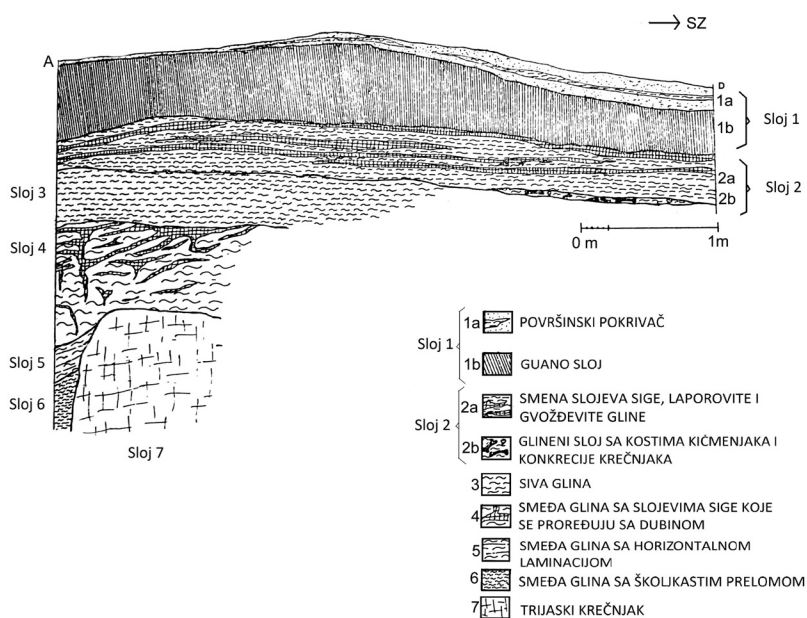
za detektovanje pleistocenskog sloja 2b iz kojeg su uzeti uzorci za analizu (slika 3 i 4). Sloj 2b nalazi se na dubini od 60 cm na oba mesta, a sastoji se od sivih glina, krečnjačke konkrecije i kosti pleistocenskih kičmenjaka (Kostić i Dimitrijević 1996: 137). Na terenu je sloj prepoznat na osnovu stratigrafskih skica terenskog istraživanja (1996: 137-146). Profili sonde su najpre bili podvrgnuti detaljnom čišćenju radi jasnog prepoznavanja slojeva, a potom su iz sloja 2b, 15 cm horizontalno od vertikalne ivice profila sonde, uzeti uzorci zemljišta za analizu. Prilikom uzimanja uzoraka poštovana je potrebna procedura u cilju sprečavanja kontaminacije uzoraka. Na isti način su uzeta po dva kontrolna uzorka – sa površine profila sonde i podne površine u neposrednoj blizini sonde.

Laboratorijska analiza. Na digitalnoj vagi je izmereno po 0.5 g zemlje svakog uzorka, koji su potom preneti u polipropilenske graduisane kivete od 15 mL. Za dalju analizu uzoraka korišćene su serije jakih kiselina i baza za otklanjanje neželjenih organskih i neorganskih materija. Za otklanjanje karbonata korišćene su 10% i koncentrovana HCl, dok su za izdvajanje silikata i humusa korišćene koncentrovana HF, 10% HNO₃ i 10% KOH. Nakon svakog dodavanja kiselina i baza, uzorci su mešani ručno i uz pomoć vorteksa, dekantovani i centrifugirani 5 minuta na 2500 obrtaja/min. Svi postupci dodavanja kiselina i baza vršeni su u digestoru, uz preduzete mere predostrožnosti. Ovako pripremljeni uzorci su presuti u ependorf epruvete, u koje je sipano malo vode. Da bi se uzorci obojili, u ependorf epruvete su Pasterovom pipetom dodate po dve kapi pripremljenog 1% rastvora safranina u 85% glicerola. Tako napunjeni ependorfi ostavljeni su da stoje preko noći, u vodenom kupatilu, na 80°C.

Priprema preparata i mikroskopiranje. Na predmetnu pločicu iz ependorf epruveta sipana je kap pripremljenog uzorka. Uzorak je polako razmazan i prekriven pokrovnim staklom, a zatim je nanet sloj bezbojnog laka. Preparati su ostavljeni nekoliko sati da bi se predmetne pločice dobro

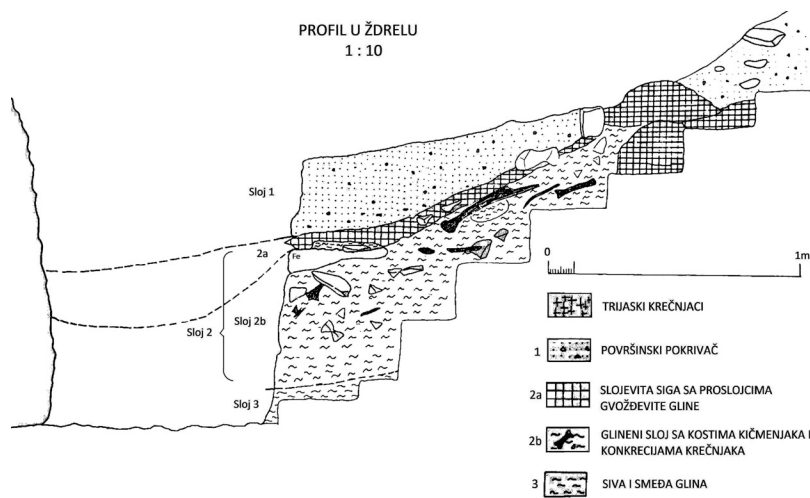
Slika 2.
Plan Petničke pećine sa
označenim mestom
uzorkovanja (prema:
Lazarević 1988)

Figure 2.
Plan of the Petnica Cave
with marked location of
sampling (according to:
Lazarević 1988)



Slika 3.
Skica vertikalne stratigrafije iz sonde u Dvorani pred ždelom (RGF 1992).

Figure 3.
Sketch of vertical trench stratigraphy in the Hall before the Gorge: 1a – land cover, 1b – guano layer, 2a – sequence of tuff, marl and Ferruginous clay layers, 2b – clay layer with the bones of vertebrate and limestone concretion, 3 – gray clay, 4 – brown clay with the layers of tuff which become scarce going deeper, 5 – brown clay with the horizontal lamination, 6 – brown clay with the shell fracture, 7 – Triassic limestone (RGF 1992).



Slika 4.
Skica vertikalne stratigrafije iz sonde u Ždrelu (RGF 1992).

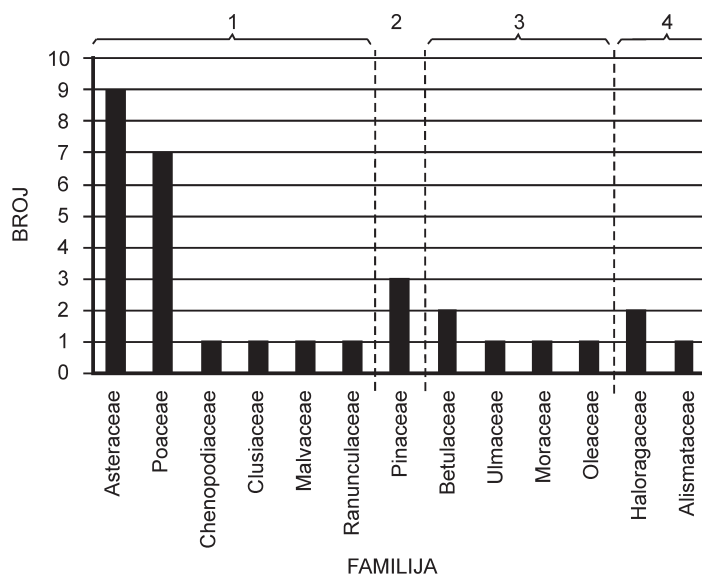
Figure 4.
Sketch of vertical trench stratigraphy in the Gorge; Triassic limestone: 1 – land cover, 2a – stratified siga with the Ferruginous clay interlayers, 2b – clay layer with the bones of vertebrate and limestone concretion, 3 – gray and brown clay (RGF 1992).

zalepile. Ukupno je napravljeno 60 preparata, od kojih su 24 preparata činili kontrolni uzorci. Ovako pripremljeni preparati bili su spremni za mikroskopiranje. Za mikroskopiranje svih uzoraka korišćeni su svetlosni mikroskopi marke Leica DM750, nakon čega su očuvana polenova zrna mikroskopirana na konfokalnom mikroskopu marke Olympus FLUOVIEW FV1000. Determinacija je izvršena na osnovu oblika, veličine i teksture, uz pomoć atlasa polena PalDat – Palynological Database (www.paldat.org), South Florida Information Access – SOFIA (www.sofia.usgs.gov), Science & Plants for Schools (www.saps.plantsci.cam.ac.uk).

Rezultati

Analizom su konstantovana 92 zrna polena. Od toga je determinisano je 31 zrno, dok je 61 zrno ostalo nedeterminisano. Pored nedovoljno očuvanih fragmenata polena, zbog malih dimenzija nije determinisan i izvestan broj dobro očuvanih zrna čija se brojnost ne može zanemariti (njih dvadesetak); ova zrna su loptastog su oblika, sa jednom porom, a njihov prečnik varira između 4 i 8 μm , pa je za njih bilo teško odrediti familiju ili rod.

Determinisano je ukupno 13 familija, koje su svrstane po tipovima na: drvenaste četinarske, drvenaste listopadne, zeljaste i vodene biljke. Najdominantnije su familije zeljastog tipa, čiji udeo zastupljenosti iznosi preko 60% determinisanih uzoraka. Potom slede listopadne familije sa oko 20%, pa zatim vodene i četinarske sa po 10% zastupljenosti (slika 5).



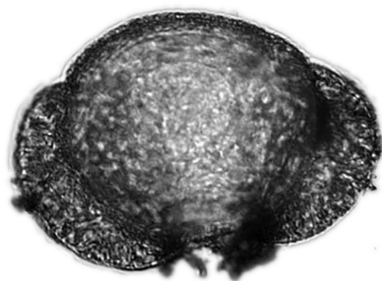
Slika 5.

Broj pronađenih polenovih zrna po familijama iz pleistocenskog sloja:
1 – zeljaste biljke,
2 – četinari,
3 – listopadne biljke,
4 – vodene biljke.

Figure 5.

Number of found pollen grains classified in families from the Pleistocene layer:
1 – herbaceous plants,
2 – conifers,
3 – deciduous plants,
4 – aquatic plants.

Pomoću konfokalnog mikroskopa bilo je moguće determinisati tri polenova zrna do taksonomske kategorije roda. To su rodovi: *Myriophyllum* iz familije Haloragaceae, *Pinus* iz familije Pinaceae (slika 6) i *Fraxinus* iz familije Oleaceae.



Slika 6.
Polen bora (*Pinus*)

Figure 6.
Pine (*Pinus*) pollen
grain

Radi eliminisanja kontaminacije savremenim polenom, pregledana su 24 preparata sa kontrolnim uzorcima. Svega tri preparata kontrolnih uzoraka, sa postojeće površine pećine, sadržala su po jedno zrno, ali nije bilo poklapanja sa polenom iz uzoraka uzetih iz pleistocenskog sloja. U ostalim kontrolnim uzorcima nije bilo polena, što govori da do kontaminacije nije došlo.

Diskusija

Analizom je dobijeno da veliki udeo polenovih zrna pripada zeljastim tipovima biljaka, koji ukazuju na postojnje otvorenih prostranstva sa prisustvom stepskih elemenata (Argant i Dimitrijević 2007: 79). Najveći deo polena zeljastih biljaka pripada porodicama glavočika (Asteraceae) i trava (Poaceae), koje su tipične za stepsku vegetaciju. Osim njih, pronađena su i polenova zrna drvenastih tipova biljaka, koja ukazuju na prisustvo šumskih ekosistema. Postojanje šumskog i stepskog ekosistema u okolini Petničke pećine može se objasniti njenim položajem. Naime, pećina se nalazi na dinarskom masivu, na granici Dinarida i Panonske nizije. Severno od pećine, na predelima Panonske nizije, došlo je do taloženja jezerskih sedimenata, nakon povlačenja Panonskog jezera, pogodnih za razvoj stepske vegetacije, dok se južno nalaze pretežno planinski predeli, pogodni za razvoj šumske vegetacije (Đalić *et al.* 2012: 57).

Na osnovu analize rezultata dobijenih ovim istraživanjem, moguće je izvršiti datiranje sloja u okviru geološke periode pleistocena. Na osnovu veće zastupljenosti polena listopadnih drvenastih biljaka od četinarskih, najverovatnije je u pitanju period topljenja leda, jer se u to vreme četinari povlače iz južnih krajeva Evrope, a zapažen je i veći broj vodenih površina tokom ovog perioda (Stevanović *et al.* 1992: 92). Pronađena polenova zrna porodica Chenopodiaceae (pepeljuga), Moraceae i Clusiaceae, koje preferiraju topliju klimu i period interglacijacije, potkrepljuju ovu pretpostavku (Chase 2003: 401).

Da sloj iz kojeg su uzeti uzorci polena pripada periodu kasnog pleistocena potvrđuju i nalazi sa iskopavanja sonde iz 1992. godine. S obzirom da su uzorci uzeti iz sloja kasnog pleistocena, pronađena polenova zrna mogu

se smestiti ili u period poslednje interglacijacije ris-virm (pre 127-115 hiljada godina), ili period kraja pleistocena (pre oko 10 hiljada godina). Međutim, u istom sloju iz kojeg su uzeti uzorci za ovu analizu pronađeni su fosilni ostaci pećinskog medveda (*Ursus spelaeus*). Pećinski medved je izumro pre oko 27 hiljada godina (Stiller 2010: 975), pa njegovi ostaci pronađeni u uzorkovanom sloju, isključuju mogućnost datovanja sloja u period kraja pleistocena. Dakle, kako neke od pronađenih biljnih familija nisu karakteristične za period glacijacije, jedino rešenje datovanja sloja iz kojeg su uzeti uzorci polena ostaje period poslednje interglacijacije ris-virm (pre 127-115 hiljada godina). Pretpostavku da se pronađeni polen može smestiti u period interglacijacije mogu da potvrde nalazi polena vodenih biljaka roda *Myriophyllum* i familije Alismataceae, karakteristični za močvarne predele.

Jedno od objašnjenja prisustva polena u gornjoj dvorani Gornje pećine može biti tadašnji tok reke Banje. Naime, reka Banja je tokom pleistocena tekla kroz Gornju pećinu (Lazarević 1988: 24). U prilog ovome govori i prisustvo polena jasena (*Fraxinus*), drveta kome je potrebno vlažno zemljište i osvetljenost za opstanak (Argant i Dimitrijević 2007: 79). Takvo dospeće polena u Petničku pećinu se sada ne može dogoditi, jer je Banja tokom vremena izmenila svoj tok, pa sad izvire iz same pećine (Lazarević 1988: 24). Druga mogućnost je da je polen dospao putem vetra kroz otvore na tavanici (viglede). Ovoj pretpostavci ne idu u prilog kontrolni uzorci (uzeti sa postojeće, hodne površine pećine i sa površine profila u sloju 2b) u kojima nije bilo polena. Prisustvo polena može se pripisati i životinjama tog perioda koje su mogle uneti polen na razne načine, na primer, preko krzna ili šapa. Takođe, polen je mogao dospeti u pećinu i putem životinjskog koprolita, u kojem veoma dobro opstaje. Međutim, u dosadašnjim istraživanjima nije konstantovan koprolit ni jedne pleistocenske životinjske vrste.

Sudeći po konstantovanim tragovima životinja iz doba pleistocena, koje su nesumnjivo nastanjivale Petničku pećinu, ostaje otvoreno pitanje da li je pećina mogla poslužiti i kao stanište čoveka. S obzirom na tok reke Banje unutar pećine za vreme pleistocena, vrlo je verovatno da je pećina bila jako vlažna i nepodesna za duži boravak čoveka.

Zaključak

Na osnovu rezultata analaze polena uzoraka iz Petničke pećine možemo zaključiti da analizirani polen pripada periodu interglacijacije ris-virm (pre oko 127-115 hiljada godina) i da pripada vegetaciji šuma i stepa, što ujedno temelji polaznu pretpostavku ovog istraživanja. Pored polena koji pripada ovim vegetativnim sistemima beležimo i zrna karakteristična za močvare interglacijala.

Prisustvo polena u pećini može se vezati za rečni tok koji je u pleistocenu prolazio kroz Gornju pećinu, ili za životinje koje su je tada nastanjivale. Takođe, može se zaključiti da je vegetacija u okolini pećine bila pogodna za razvoj čovekovog pretka, ali je on najverovatnije nije koristio

kao svoje stalno stanište, kako zbog reke Banje koja je proticala kroz Gornju pećinu i činila je vlažnom i hladnom, tako i zbog velikih životinja koje su je u to vreme nastanjivale.

Zahvalnost. Ovom prilikom zahvaljujemo se dr Vladimiru Jovanoviću (Institut za biološka istraživanja „Siniša Stanković”), koji je pratio čitav tok našeg istraživanja. Zahvalili bismo se i Sanji Đurović (Botanička bašta „Jevremovac”), Sofiji Dragosavac i Nikoli Nonkoviću za doprinos pri realizaciji metodološkog dela projekta. Za davanje stručnih saveta i smernica u toku istraživanja kao i pomoći pri izboru literature, zahvaljujemo se Vigoru Majiću (Istraživačka stanica Petnica) i Desi Đorđević-Milutinović (Prirodnjački muzej u Beogradu).

Literatura

- Argant J., Dimitrijević V. 2007. Pollen analyses of Pleistocene hyaena coprolites from Montenegro and Serbia. U *Geološki anali Balkanskog poluostrva* (ur. V. Radulović). Beograd: Rudarsko geološki fakultet i Institut za regionalnu geologiju i paleontologiju, str. 73-80.
- Chase M. 2003. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. *Botanical Journal of the Linnean Society*, **141** (4): 399.
- Dimitrijević V. 1997. Gornjopleistocenski sisari iz pećinskih naslaga Srbije – doktorska disertacija. Rudarsko-geološki fakultet Univerziteta u Beogradu, Đušina 7, Beograd
- Đalić J., Milošević M., Gaudenji T., Štrbac D., Milivojević M. 2012. Panonska nizija kao morfostrukturalna jedinica Srbije. *Glasnik srpskog geografskog društva*, XCII: 47.
- Janković M., Pantić N., Mišić V., Diklić N., Gajić M. 1984. *Vegetacije SR Srbije, tom I*. Beograd: Srpska akademija nauke i umetnosti Odeljenje prirodno-matematičkih nauka
- Kostić N., Dimitrijević V. 1996. Kvartarni sediment Petničke pećine. U *Geološki anali Balkanskog poluostrva* (ur. V. Radulović). Beograd: Rudarsko geološki fakultet i Institut za regionalnu geologiju i paleontologiju, str. 137-146.
- Lazarević R. 1988. *Petnička pećina*. Valjevo: Turistički savez opštine Valjevo
- RGF 1992. Izveštaj sa terenske nastave studenata paleontologije održane u Petnici 9-15. aprila 1992. Đušina 7, Beograd.
- Stevanović P., Marović M., Dimitrijević V. 1992. *Geologija kvartara*. Beograd: Naučna knjiga

Stiller M. 2010. Withering Away – 25,000 Years of Genetic Decline Preceded Cave Bear Extinction. *Molecular Biology and Evolution*, **27** (5): 975.

www.paldat.org/ [pristup 24. 08. 2014]

www.sofia.usgs.gov/publications/papers/pollen_atlas/plates.html
[pristup 24. 08. 2014]

www.saps.plantsci.cam.ac.uk/pollen/ [pristup 24. 08. 2014]

Sara Milivojević and Bogdan Randelović

Pollen Analysis from Pleistocene Layer in Petnica Cave

The aim of this study was the reconstruction of the Pleistocene vegetation near Petnica cave. For this purpose palinological analysis was used. Pollen is a carrier of genetic material, and materials from the outer layer which can survive for a long period of time. Because of that, pollen analysis is used for the vegetation reconstruction of a certain period.

The Petnica cave is in the western part of the Balkan Peninsula, near Valjevo. The cave contains basins in which the Quaternary sediments were settled. The initial hypothesis suggested that the cave was a border line between the forest and steppe vegetation. The samples were collected from two trenches of the upper chambers in the upper part of the cave. In order to separate pollen from other material, the palinological method was used on the samples. A total of 92 pollen grains were detected by analysis, but 31 of them were determined. Determined pollen grains were classified into 13 families of plants. Families were divided according to types: deciduous woody, woody coniferous, herbaceous, and aquatic plants. The most dominant families are of the herbaceous type whose share in the presence is 60%. The presence of deciduous family is 20%, followed by aquatic with 10% and conifers with 10% of presence. Using a confocal microscope it was possible to determine the three pollen grains to the taxonomic categories of gender. These genders are: *Myriophyllum* (family Haloragaceae), *Pinus* (family Pinaceae) (Figure 6) and *Fraxinus* (family Oleaceae). All families and types are shown in the diagram (Figure 5). In order to determine the possibility of contamination, 24 control samples were reviewed. In only three control samples, with the running surface of the cave, pollen grains were detected, but there was no match with the pollen from the sample taken from the Pleistocene layers. The rest of the control sample was sterile, suggesting that contamination did not occur.

Based on these results, it was concluded that the analyzed pollen belonged to interglaciation Riss-Würm (the time before about 127 000 -115 000 years) and it belonged to the vegetation of forests and steppes,

which also proved the initial hypothesis of this research. In addition to pollen belonging to the above mentioned vegetative systems, the pollen, that belonged to wetlands created as a result of melting ice from the surrounding mountains was found. Based on the analysis of samples, we can conclude that the maturity of the pollen in the Pleistocene is in the relation with river flow that was passing by, and with the animals that inhabited the area during the Pleistocene. Also, it can be concluded that the vegetation in the vicinity of the cave was suitable for the development of the human ancestor, but it was not used as a habitat because of the river Banja, which flowed through the upper cave and made it damp and cold and because of the big animals which lived in the cave.

