

Opera Instituti Archaeologici Sloveniae

25

**DOLGOROČNE
SPREMEMBE
OKOLJA**

1

Uredila:
MAJA ANDRIČ

Zbirka / Series
Uredniki zbirke / Editors of the series
Uredniki zvezka / Editors of the issue

OPERA INSTITUTI ARCHAEOLOGICI SLOVENIAE 25

Jana Horvat, Andrej Pleterski, Anton Velušček
Maja Andrič, Borut Toskan, Urban Šilc, Miloš Bavec

Maja Andrič (ur. / ed.)

DOLGOROČNE SPREMEMBE OKOLJA 1

Recenzenti / Reviewed by Anton Velušček, Irena Debeljak, Miloš Bavec, Franci Gabrovšek, Mitja Kaligarič, Andrej Kranjc, Boris Kryštufek, Sonja Lojen, Dimitrij Mlekuž, Darko Ogrin, Urban Šilc, Tjaša Tolar, Tomaž Verbič in dva anonimna recenzenta/recenzentki / and two anonymous reviewers

Prevod / Translation Mark Valentine

Jezikovni pregled / Language Editors Urška Kosec, Sonja Likar, Alan McConnell-Duff

Tehnična ureditev / Technical Editor Mateja Belak

Oblikovanje ovitka / Front cover design Tamara Korošec

Risbe / Drawings Tamara Korošec

Računalniški prelom / DTP Mateja Belak

Priprava slikovnega gradiva / Preparation of illustrations Tamara Korošec, Drago Valoh, Mateja Belak

Izdala in založila / Published by Inštitut za arheologijo ZRC SAZU, Založba ZRC

Zanju / Represented by Oto Luthar, Jana Horvat

Glavni urednik / Editor-in-Chief Aleš Pogačnik

Izid knjige sta podprla / Published with the support of Javna agencija za knjigo RS, Znanstvenoraziskovalni center SAZU

Fotografija na ovitku / Front Cover photo Maja Andrič

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

903:56(082)
56:574(082)(0.034.2)

DOLGOROČNE spremembe okolja 1 [Elektronski vir] / uredila Maja Andrič ; [prevod Mark Valentine ; risbe Tamara Korošec]. - El. knjiga. - Ljubljana : Inštitut za arheologijo ZRC SAZU, Založba ZRC, 2013. - (Opera Instituti Archaeologici Sloveniae, ISSN 1408-5208 ; 25)

ISBN 978-961-254-592-5 (pdf)
<https://doi.org/10.3986/9789612545925>
1. Andrič, Maja
269267200



© 2012, ZRC SAZU, Inštitut za arheologijo, Založba ZRC

Vse pravice pridržane. Noben del te knjige ne sme biti reproduciran, shranjen ali prepisan v kateri koli obliki oz. na kateri koli način, bodisi elektronsko, mehansko, s fotokopiranjem, snemanjem ali kako drugače, brez predhodnega pisnega dovoljenja lastnikov avtorskih pravic.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publisher.

DOLGOROČNE SPREMEMBE OKOLJA 1

Uredila
Maja Andrič



LJUBLJANA 2012

VSEBINA

Predgovor (Maja ANDRIČ)	7
Mali sesalci kot orodje za prepoznavanje paleookoljskega zapisa – vloga tafonomije ali drobni tisk, ki ga ne gre zanemariti (Borut TOŠKAN)	9
Floristična raziskava alg v izbranih slovenskih barjih (Aleksandra KRIVOGRAD KLEMENČIČ)	25
Geoarheološke lastnosti zapolnitev vrtač na Divaškem Krasu (jugozahodna Slovenija) (Tomaž FABEC)	43
Dolgoročen vpliv človeka na biotsko raznovrstnost: Primerjava fitocenoloških in palinoloških rezultatov (Bela krajina) (Urban ŠILC in Maja ANDRIČ)	55
Dendrokronologija in njena uporabnost za rekonstrukcijo paleookolja (Tom LEVANIČ)	63
Spremembe agrobiodiverzitete v zadnjih 150 letih na podlagi raziskave semen iz gradbenega materiala cimprane hiše (Igor PAUŠIČ, Sonja ŠKORNIK in Mitja KALIGARIČ)	71
Rekonstrukcija paleookolja Tržaškega zaliva v holocenu z uporabo geokemijskih metod (Nives OGRINC, Stefano COVELLI, Bojan OGORELEC, Jadran FAGANELI in Mihael BUDJA)	81
Starost jamskih sedimentov v Sloveniji (Nadja ZUPAN HAJNA, Andrej MIHEVC, Petr PRUNER in Pavel BOSÁK)	89
Vpliv sprememb rabe tal na geomorfne procese v zadnjih stoletjih na primeru Zgornjega Posočja (Matej GABROVEC, Blaž KOMAC in Matija ZORN)	101

Program Dolgoročne spremembe okolja 1 (maj 2011)	111
Vabilo Dolgoročne spremembe okolja 2 (maj 2013)	113
Etične smernice (Maja ANDRIČ)	115
Navodila za avtorje (Maja ANDRIČ)	117
Obrazec za recenzente (Maja ANDRIČ)	119

CONTENTS

Preface (Maja ANDRIČ)	7
Small mammals as a tool to recognise the palaeoenvironmental signature – the role of taphonomy or the small print, which should not be overlooked (Borut TOŠKAN)	9
Floristic research of algae in selected bogs of Slovenia (Aleksandra KRIVOGRAD KLEMENČIČ)	25
Geoarchaeological nature of the doline infills in the Divača Karst region (SW Slovenia) (Tomaž FABEC)	43
Long-term impact of man on biodiversity. A comparison of phytocoenological and palynological results (Bela krajina) (Urban ŠILC and Maja ANDRIČ)	55
Dendrochronology and its application in the reconstruction of the palaeoenvironment (Tom LEVANIČ)	63
Seed diversity from cob cottage building material indicates changes in agrobiodiversity in the past 150 years (Igor PAUŠIČ, Sonja ŠKORNIK and Mitja KALIGARIČ)	71
Reconstruction of the Holocene palaeoenvironment of the Gulf of Trieste by using geochemical methods (Nives OGRINC, Stefano COVELLI, Bojan OGORELEC, Jadran FAGANELI and Mihael BUDJA)	81
The age of cave sediments in Slovenia (Nadja ZUPAN HAJNA, Andrej MIHEVC, Petr PRUNER and Pavel BOSÁK)	89
The influence of land-use changes on geomorphic processes during recent centuries on the example of Zgornje Posočje (the Upper Soča Valley)(Matej GABROVEC, Blaž KOMAC and Matija ZORN)	101

PREDGOVOR

Maja ANDRIČ

*“Nismo proučevalci nekega predmeta, ampak problemov.
In problemi lahko zarežejo naravnost čez katerikoli predmet ali disciplino.” (Popper 1963, 67)*

Preučevanje dolgoročnih sprememb okolja je zapletena naloga, ki zahteva multidisciplinarno povezovanje med vedami in v naši knjigi predstavljamo nekaj primerov takega sodelovanja. Paleoekologija je podobna drugim vedam: tudi paleoekologi potrebujemo definicijo raziskovalnega problema, postavljamo hipoteze in dopuščamo možnost njihove ovržbe (Popper 1998). Prednost večjega števila delovnih hipotez je v tem, da nakazujejo smeri raziskovanja, ki bi jih drugače spregledali, vsaka hipoteza pa s sabo prinaša tudi nove raziskovalne metode. Ta raznolikost metod in ved bogati razlago in načine razmišljanja (Chamberlin 1890), še zlasti, če pri načrtovanju in izvedbi paleoekološke raziskave sodelujejo raziskovalci, ki se ukvarjajo z različnimi področji naravoslovja in humanistike.

Sodelovanje med ekologi in paleoekologi je pomembno za razumevanje dolgoročnih procesov v pokrajini in krepí interpretativne možnosti obeh ved, vendar je žal zelo redko. Vzrokov za to je več: ekologi, ki neposredno preučujejo okoljske procese, so omejeni le na krajša časovna obdobja (nekaj let, desetletij), medtem ko paleoekologi sicer lahko preučujemo daljša časovna obdobja, vendar pa ne neposredno: opazujemo lahko le fosilni zapis (npr. mikroskopske in makroskopske ostanke rastlin in živali ter kemično sestavo sedimenta), ki ga potem interpretiramo glede na današnje ekološke procese. Poleg tega si paleoekologi le redko zastavljamo tipično ekološka raziskovalna vprašanja, povezana

z biodiverzitetjo in varstvom okolja, medtem ko se ekologi osredotočajo na kratkotrajno dogajanje v pokrajini, zanemarjajo pa daljše (tisočletne) okoljske procese in človekov vpliv na 'naravno' okolje (Willis in Birks 2006, Froyd in Willis 2008, Jackson in Hobbs 2009).

Čeprav se z opisanim problemom srečujejo v vseh državah, je ta v slovenskem raziskovalnem okolju še prav posebej izrazit: v Sloveniji nimamo raziskovalnega inštituta, ki bi se sistematično ukvarjal izključno z raziskavami nekdanjega okolja, zato specialistov za številna raziskovalna področja sploh nimamo. Raziskovalci smo razpršeni po različnih organizacijah, naš glavni problem je zaplankanost znotraj ved in institucij.

Cilj knjige *Dolgoročne spremembe okolja* in konference z enakim naslovom (<http://iza2.zrc-sazu.si/sl/strani/dolgorocne-spremembe-okolja-2#v>), ki jo organiziramo vsaki dve leti, je okrepiti komunikacijo in sodelovanje med slovenskimi raziskovalci, ki se ukvarjamo s paleoekološkimi in ekološkimi raziskavami. Skupaj lahko izvajamo kvalitetnejše raziskave in bolje razumemo okoljske procese.

V knjigi je predstavljenih devet prispevkov. Prvi prispevek avtorja Boruta Toškana opozarja na pomen tafonomskih procesov pri nastajanju arheozoološkega zapisa. Avtor pokaže, kako prehranjevalne navade sov in drugi procesi na arheo-

loškem najdišču pomembno vplivajo na odlaganje kostnih ostankov malih sesalcev, s pomočjo katerih rekonstruiramo nekdanje okolje v okolici arheoloških najdišč na Ljubljanskem barju. Tudi alge so dober kazalnik okoljskih razmer in imajo velik raziskovalni potencial za rekonstrukcijo okolja v preteklosti. Študija Aleksandre Krivograd Klemenčič predstavlja izjemno pestrost barjanskih vrst alg v Sloveniji ter ranljivost njihovih habitatov. Zaradi pomanjkanja takšnih, za paleoekološke raziskave primernih habitatov na Divaškem Krasu, ki je arheološko zelo zanimiva regija, vemo le malo o razvoju holocenske kraške pokrajine. Prispevek Tomaža Fabca razkriva, da so vrtače zelo dragocen vir pedoloških in (geo)arheoloških podatkov o vplivu človeka na razvoj nekdanje krajine. Vpliv človeka na biotsko raznovrstnost je bil pomemben tudi v Beli krajini, kjer je primerjava rezultatov fitocenoloških in palinoloških raziskav, ki sta jo opravila Urban Šilc in Maja Andrič, pokazala, da ekstenzivne motnje vplivajo na sestavo vegetacije in skozi daljša časovna obdobja prispevajo k ohranjanju biotske raznovrstnosti v pokrajini. Dendrokronološke raziskave so med arheologi, ki jih zanima čim natančnejše določanje starosti arheoloških najdišč, zelo dobro znane. Prispevek Toma Levaniča predstavlja drugo, med arheologi malo manj znano vlogo dendrokronologije: njeno uporabnost pri rekonstrukciji nekdanjega okolja in klime. Šesti prispevek, katerega avtorji so Igor Pavšič, Sonja Škornik in Mitja Kaligarič, predstavlja ostanke semen, pridobljene iz gradbenega materiala več kot sto let stare cimprane hiše iz Lendavskih goric, s pomočjo katerih so avtorji rekonstruirali biodiverzitetno plevelnih združb nekdanje kulturne krajine. Nives Ogrinc, Stefano Covelli, Bojan Ogoelec, Jadran Faganeli in Mihael Budja s pomočjo geokemične analize in radiokarbonskega datiranja štirih vrtin rekonstruirajo holocensko paleookolje Tržaškega zaliva, ki je bilo v času würmske regresije kopno, prepleteno s strugami rek in barji. Avtorji so s pomočjo analize izotopske sestave sedimenta rekonstruirali tudi holocenska nihanja morske

gladine. V osmem prispevku Nadja Zupan Hajna, Andrej Mihevc, Petr Pruner in Pavel Bosák predstavljajo paleomagnetne in magnetostratigrafske raziskave v jamah in razkrivajo, da je veliko jamskih sedimentov verjetno bistveno starejših od pleistocena in holocena; najstarejše plasti so verjetno miocenske starosti. Prispevek Mateja Gabrovca, Blaža Komca in Matije Zorna, s katerim se končuje knjiga, opozarja na uporabnost katastrskih virov za preučevanja intenzivnosti geomorfni procesov. Avtorji so s pomočjo podatkov o rabi tal v zadnjih dveh stoletjih izdelali model erozijskih procesov za Zgornje Posočje.

Vsebina knjige je zelo raznolika. Avtorjem se zahvaljujem za ves trud, ki so ga vložili v pisanje prispevkov. Rada bi se zahvalila še vsem recenzentom, lektorjem, urednikom zvezka in sodelavcem, ki so sodelovali pri tehnični pripravi knjige. Izid knjige je sofinancirala Javna agencija za knjigo Republike Slovenije.

LITERATURA

- CHAMBERLIN, T. C. 1890, The method of multiple working hypotheses, *Science* 15 (366), 92–96, Reprinted: Chamberlin, T. C. 1965. The method of multiple working hypotheses, *Science* 148 (May 1965), 754–758.
- FROYD, C. A. in K. J. WILLIS 2008, Emerging issues in biodiversity & conservation management: The need for a paleoecological perspective, *Quaternary Science Reviews* 27, 1723–1732.
- JACKSON, S. T. in R. J. HOBBS 2009, Ecological restoration in the light of ecological history, *Science* 325, 567–569.
- POPPER, K. R. 1963, *Conjectures and refutations*, London. (Citirano po: B. Borstner, K. R. Popper – metodološki problemi znanosti (spremnna beseda). – V: Popper, 1998, 351–375.)
- POPPER, K. R. 1998, Logika znanstvenega odkritja, Ljubljana.
- WILLIS, K. J. in H. J. B. BIRKS 2006, What is natural? The need for a long-term perspective in biodiversity and conservation, *Science* 314, 1261–1265.

MALI SESALCI KOT ORODJE ZA PREPOZNAVANJE PALEOOKOLJSKEGA ZAPISA – VLOGA TAFONOMIJE ALI DROBNI TISK, KI GA NE GRE ZANEMARITI

SMALL MAMMALS AS A TOOL TO RECOGNISE THE PALAEOENVIRONMENTAL SIGNATURE – THE ROLE OF TAPHONOMY OR THE SMALL PRINT, WHICH SHOULD NOT BE OVERLOOKED

Borut TOŠKAN

Inštitut za arheologijo ZRC SAZU, Novi trg 2, p.p. 306, SI-1000 Ljubljana; borut.toskan@zrc-sazu.si

Izvleček

Analiza izkopanih ostankov malih sesalcev z arheoloških najdišč predstavlja arheozoologom/paleontologom in arheologom pogosto velik problem. Težave se lahko pojavijo že pri samem vzorčenju, saj je za zajetje tako majhnih najdb nujna uporaba specifičnih izkopavalnih tehnik (npr. mokro sejanje sedimenta). Vendar pa lahko tudi oblikovanje še tako bogatega vzorca ostane povsem brezpredmetno, če ustrezen napor ni bil namenjen tudi razumevanju tafonomske zgodovine analiziranega skupka. Podcenjevanje navedene problematike lahko namreč močno omeji potencialni pomen razpoložljivega vzorca malih sesalcev za interpretacijo nekdanjega okolja, lastnosti naselbine, iz katere analizirano gradivo izhaja, ali pa načina preživljanja njenih prebivalcev. V prispevku avtor poišče prepoznavne in zanesljive arheozoološke, sedimentološke, palinološke, paleobotanične in tudi arheološke indice, na podlagi katerih skuša oceniti vpliv tafonomskih procesov na mikrosesalsko akumulacijo z bakrenodobnega kolišča Resnikov prekop na Ljubljanskem barju. Z analizo relevantnih podatkov o fragmentiranosti in stopnji prebavljenosti kosti, zastopanosti posameznih skeletnih elementov, taksonomski sestavi vzorca ostankov malih in velikih sesalcev ter specifičnosti samega najdiščnega konteksta skuša oceniti paleookolje v okolici teh naselbin. Pri tem upošteva tudi podatke z več drugih sočasnih najdišč z istega območja.

Ključne besede: bakrena doba, Ljubljansko barje, mali sesalci, tafonomija, paleookolje

Abstract

The analysis of micromammal remains recovered from buried contexts is frequently problematic for archaeologists and archaeozoologists/palaeontologists alike. First of all, appropriate excavation techniques (e.g. wet-sieving of the sediment) are to be employed to recover items of such a diminutive size. But even if a large enough sample is available, its taphonomic history is to be understood. Alternatively, the significance of the micromammal assemblage for settlement, subsistence and ecological interpretation is very difficult to evaluate. In the article the author seeks recognizable and reliable archaeozoological, sedimentological, palynological, palaeobotanical and archaeological signatures to assess the effect of taphonomic history on micromammal assemblage from the Copper Age pile-dwelling settlement of Resnikov prekop (Ljubljansko barje, Slovenia). Relevant signatures of bone damage and digestion, skeletal survivorship, taxonomic composition of small and large mammal assemblages as well as context are examined and compared to analogue data from several other coeval pile-dwellings from the same area with the aim of interpreting the then palaeoenvironment in the surroundings of these settlements.

Keywords: Copper Age, Ljubljansko barje, small mammals, taphonomy, palaeoenvironment

Mali sesalci so veliko boljši kazalec nekdanjih habitatov, kot to velja za velike sesalce. Praviloma gre namreč za taksone, ki jih označujejo ozke ekološke zahteve, bistveno manjša pa je tudi njihova mobilnost. Navkljub temu so se v našem prostoru ostanki malih sesalcev z arheoloških najdišč začeli uporabljati kot orodje za prepoznavanje paleookoljskega zapisa šele konec prejšnjega stoletja. Takrat je namreč sejanje sedimenta iz kulturne plasti končno postalo standardni sestavni del arheološkega raziskovanja (glej Turk 2007: 17), kar je bil nujni predpogoj za oblikovanje zadovoljivo bogatih vzorcev. V naslednjih dveh desetletjih je bilo tako objavljenih kar nekaj študij, ki so učinkovito izkoristile tovrstni potencial mikrofavničnih tafocenoz (npr. Kryštufek 1997; Rabeder 2004; Toškan in Kryštufek 2004; 2007; Toškan 2009a; Toškan in Dirjec 2011). A oblikovanje dovolj velikega vzorca je le eden v nizu korakov na poti do uspešnega prepoznavanja paleookoljskega zapisa. Tako ni nič manj pomembna niti pozorna analiza zgodovine nastanka preučevane tafocenoze, vključno z njenimi eventualnimi modifikacijami v bolj ali manj dolgem poodložitenem obdobju. Neuspeh v tem segmentu raziskave ali celo njegovo zanemarjanje lahko namreč resno ogrozi potencialno interpretativno vrednost analiziranih mikrofavničnih skupkov. To želim praktično prikazati na primeru študije najdb malih sesalcev s koliščarskih naselbin Ljubljanskega barja, ki jo predstavljam v tem prispevku.

LJUBLJANSKO BARJE V KOLIŠČARSKI DOBI

V petem tisočletju pr. n. št. so prišli na območje osrednje Slovenije ljudje, ki so si na tem prostoru postavili prve stalne naselbine. Tisti, ki so se zadržali na obrobju Ljubljanskega barja, so si za bivališča postavljali kolišča, tj. stavbe na kolih na obrežju takrat še razmehroma velikega jezera. Koliščarji so bili prvi poljedelci v osrednji Sloveniji ter obenem tudi prvi, ki so se ukvarjali z živinorejo in ki so uporabljali lončenino. Eno pomembnejših dejavnosti je nedvomno predstavljala metalurgija bakra, za potrebe tega prispevka pa je pomembno poudariti predvsem to, da so bili tudi večji lovci in ribiči (Velušček 2008).

Koliščarji so Ljubljansko barje naseljevali v valovih. Po propadu prvih stalnih naselbin iz sredine petega tisočletja pr. n. št. so se te na obravnavanem območju ponovno pojavile šele slabo tisočletje kasneje ter nato tu skoraj brez prekinitev vztrajale približno 500 let. Naslednja vrzel v poselitvi je trajala med okvirno 31. in 28. stoletjem pr. n. št., čemur je sledil še poslednji razcvet in nato počasen zaton, datiran okoli sredine drugega tisočletja pr. n. št. Takrat naj bi se namreč celotno območje nekdanjega jezera zamočvirilo, novi naseljenci pa so si naselbine začeli postavljati na trdinskem obrobju (Velušček 2008; Velušček in Čufar 2010; Velušček *et al.* 2011).

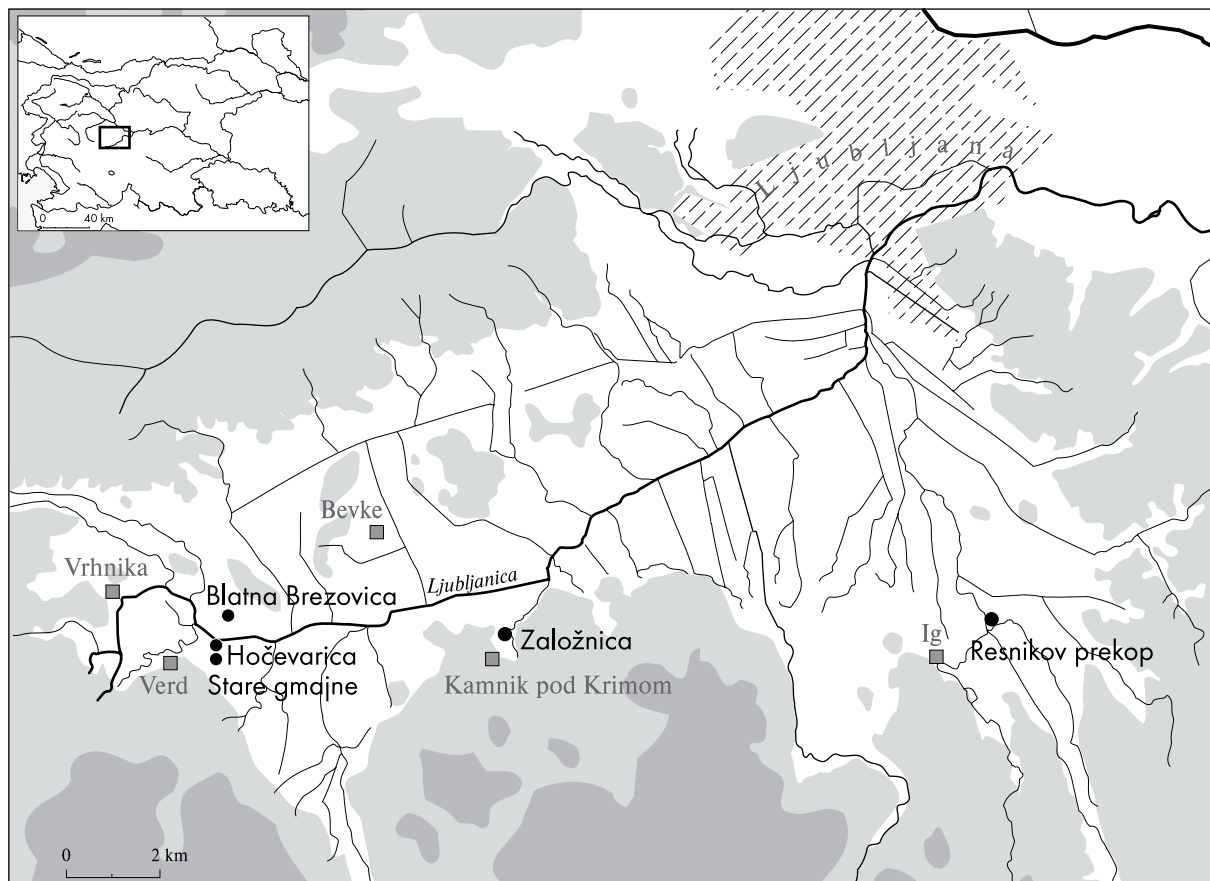
VZORČENJE MIKROFAVNE

Prva koliščarska naselbina na Ljubljanskem barju je bila odkrita davnega 17. julija 1875 pri vasi Studenec (današnji Ig), ko so domačini pri kopanju jarka ob Ižanski cesti naleteli na staro lončenino, koščene, rožene in kamnite najdbe ter vertikalne kole. O dogodku je bil obveščen kustos deželnega muzeja v Ljubljani Dragotin Dežman, ki je zgolj nekaj dni zatem organiziral eno izmed prvih uradnih arheoloških izkopavanj na Slovenskem. Od takrat do danes se na Ljubljanskem barju raziskuje skoraj brez prekinitve, šele v drugi polovici devetdesetih let prejšnjega stoletja pa so izkopavalci začeli posvečati ustrezno pozornost tudi ostankom malih sesalcev. Takrat je namreč z raziskovanjem na Ljubljanskem barju začel Inštitut za arheologijo ZRC SAZU iz Ljubljane, ki je kot standardni sestavni del arheoloških sondiranj tudi na tem območju uvedel mokro sejanje kulturne plasti. To je končno omogočilo zadovoljivo zajemanje drobnih najdb, vključno s kostmi in zobmi malih sesalcev (Velušček 2006a).

Pretežni del danes razpoložljivega gradiva izvira iz najdišč, kjer so bila v tem času opravljena sondiranja in je bila tako lahko presejana celotna kulturna plast z območja posameznih sond. Ob tem je bil del najdb zajet tudi s sejanjem manjših vzorcev sedimenta, pridobljenih med skupno petimi akcijami vzorčenja arheološkega lesa za dendrokronološke raziskave. Uporabljena sita so bila vseskozi enaka, tj. s premerom luknjic 3 mm in 1 mm. Vzorci posameznih frakcij so bili v nadaljevanju pregledani pod stereomikroskopom, kar je omogočilo izločitev ostankov malih sesalcev. V primeru nekaterih najdišč je zbrano gradivo vključevalo tako zobe in čeljustnice kot tudi postkranialne skeletne elemente, spet drugič pa večinoma ali celo samo izolirane zobe in ostanke čeljustnic. Taksonomski determinaciji so bili v vseh primerih podvrženi zgolj ostanki kranialnega skeleta.

NAJDIŠČA

Na območju Ljubljanskega barja je bilo doslej odkritih okrog 40 lokacij z ostanki bakrenodobnih koliščarskih naselbin, vendar pa so najdbe malih sesalcev zaenkrat znane z le petih od njih: Resnikov prekop na Ižanskem, Hočevarica in Stare gmajne pri Verdu, Blatna Brezovica ter Založnica pri Kamniku pod Krimom (*sl. 1*). Število določenih primerkov (NISP; *Number of Identified Specimens*) na posamezno najdišče niha med štiri in 135, najmanjše število primerkov (MNI; *Minimum Number of Individuals*) pa med ena in 23. Zaradi očitnih razlik v velikosti vzorcev se seveda ti močno razlikujejo tudi po reprezentativnosti. V nadaljevanju zato osrednjo pozornost namenjam obema najbogatejšima vzorcema: tistemu s Starih gmajn in tistemu z Resnikovega prekopa.



Sl. 1: Lokacija obravnavanih kolišč na Ljubljanskem barju.

Fig. 1: Location of the studied pile-dwelling settlements at Ljubljansko barje.

RESNIKOV PREKOP

Resnikov prekop, okvirno datiran v 46. stoletje pr. n. št., je najstarejša doslej odkrita koliščarska vas na Ljubljanskem barju (Velušček 2006b). Najdišče je bilo predmet večkratnih sondažnih akcij (Velušček 2006b: 19 ss). Ostanke malih sesalcev so bili pridobljeni med terenskim raziskovanjem leta 2002 (za celovit opis metodologije terenskega raziskovanja glej Velušček 2006b: 22 ss). Od mikrofavnističnih najdb so bili iz presejanega sedimeta sistematično pobirani zgolj zobje in ostanke čeljustnic. Izločanje postkranialnih skeletnih elementov je bilo v nasprotju s tem le delno.

Ob ostankih sesalske mikrofavne je bilo na Resnikovem prekopu sicer najdenih tudi 586 kosti in zob velikih sesalcev. Taksonomsko jih je bilo mogoče opredeliti 108 (Drobne 1964; Toškan in Dirjec 2006).

HOČEVARICA

Hočevarica je koliščarska naselbina iz 36. stoletja pr. n. št. (Čufar in Kromer 2004). Sondiranja na površini 8 m² iz leta 1998 (glej Velušček [ur.] 2004) so navrgla 15

najdb malih sesalcev (Toškan in Dirjec 2004a: 123). V vseh primerih gre za čeljustnice navadnega polha (*Glis glis*). Posebnost vzorca s Hočevarice je ta, da so bili med pregledovanjem presejanega sedimeta ostanke malih sesalcev pobrani zgolj iz 3 mm frakcije, medtem ko je bila milimetrski v celoti zavržena. Zaradi tega so bili izolirani zobje izgubljeni, kar seveda bistveno zmanjšuje reprezentativnost gradiva.

Med skupno 4352 izkopanimi ostanki velikih sesalcev je bilo 560 primerkov taksonomsko določljivih vsaj do nivoja rodu oziroma v primeru drobnice do ravni poddružine (Toškan in Dirjec 2004a).

STARE GMAJNE

Koliščarska naselbina Stare gmajne je bila odkrita leta 1992 ter nato večkrat terensko raziskovana (tj. leta 2002, 2004, 2006 in 2007; Velušček 2009a). Datirana je približno v sredino 2. polovice 4. tisočletja pr. n. št. (Čufar *et al.* 2009; Velušček 2009b: 28 ss). Od skupno 135 tam najdenih ostankov malih sesalcev jih trinajst izvira iz manjših vzorcev sedimeta, ki so bili pobrani med vzorčenjem arheološkega lesa v drenažnih jarkih. Pre-

ostanek (N = 122) je bil pobran s površine t. i. sonde 2, izkopane leta 2006. Analiziran vzorec vključuje tako ostanke kranialnega kot tudi postkranialnega skeleta.

Od najdb velikih sesalcev je bilo doslej obdelano le gradivo, pridobljeno med pregledovanjem drenažnih jarkov v letih 2002 in 2004. Skupno je bilo tako doslej določenih 690 kosti in zob ter ob tem še 40 obdelanih primerkov (tj. izdelkov in polizdelkov), ki pa delno izvirajo tudi iz sond 1–3 (Toškan 2009b, tab. 14.3).

BLATNA BREZOVICA

Mali sesalci z najdišča Blatna Brezovica so bili pridobljeni med terenskim raziskovanjem leta 2003. Takratna sondiranja so bila sicer večinoma omejena na območje, ki je bilo raziskano že leta 1953. Na samem robu izkopavališča pa so bile vendarle dosežene tudi še nedotaknjene plasti, kjer so bili nato odvzeti vzorci sedimenta za naravoslovne raziskave (Velušček 2009c: 137). Ker so bili ti vzorci majhni (tj. skupaj le 0,25 m³), je pričakovano pičlo tudi število najdenih ostankov malih sesalcev. Študija ostankov velikih sesalcev iz te nasebine iz konca 4. tisočletja pr. n. št. (Velušček 2009b: 28) ni bila nikoli izvedena. Objavljenih je le nekaj koščenih artefaktov (Korošec 1963: T. 16–20; Toškan 2009b: 296 s).

ZALOŽNICA PRI KAMNIKU POD KRIMOM

Koliščarska naselbina Založnica je okvirno datirana v 25. stoletje pr. n. št. (Velušček in Čufar 2003; Velušček *et al.* 2011). Mali sesalci izvirajo iz manjših vzorcev sedimenta, ki so bili pobrani med vzorčenjem arheološkega lesa v drenažnih jarkih med leti 1999 in 2001. Njihovo število je zato razmeroma skromno. Ob tem je treba omeniti, da so bili med pregledovanjem presejanega sedimenta pod stereomikroskopom pobrani zgolj ostanki zob in čeljustnic, ne pa tudi postkranialnih skeletnih elementov.

Od ostankov velikih sesalcev so bili doslej objavljeni le podatki za skromen vzorec, ki je bil pridobljen med pregledovanjem drenažnih jarkov leta 2009. Od 52 najdb jih je bilo taksonomsko določljivih 32 (Velušček *et al.* 2011: tab. 4).

MALI SESALCI S KOLIŠČARSKIH NASELBIN

Seznam najdb sesalske mikrofavne po posameznih najdiščih je podan v *tabeli 1*. Z vidika izpovednosti paleoekološke interpretacije obstajajo med posameznimi vzorci velike razlike, seveda v odvisnosti od njihove velikosti. Kljub temu večino gradiv povezuje prevladujoč delež ostankov gozdnih vrst. Tako je zagotovo v primeru

Starih gmajn, kjer delež najdb navadnega polha (*Glis glis*), rumenogrlje miši (*Apodemus flavicollis*; glej sl. 2) in gozdne voluharice (*Myodes glareolus*) presega dve tretjini vrednosti indeksa "najmanjše število osebkov" (= MNI) za celotni vzorec. Navadni polh prevladuje tudi v gradivu z Založnice in je celo edina zastopana vrsta v vzorcu s Hočevarice, kjer milimetrška frakcija sedimenta sicer ni bila pregledana. V primeru Blatne Brezovice je bilo mogoče ožje taksonomsko opredeliti zgolj dve spodnji čeljustnici (od tega eno z ohranjenim prvim spodnjim meljakom), ki pripadata rodu belonogih poljskih miši (g. *Apodemus*). Determinacija do nivoja vrste žal ni bila mogoča, tudi ne pri primerku z M₁. Navedeni zob se namreč po svoji dolžini in širini (1,89 x 1,20 mm) umešča ravno na mejo med recentne primerke rumenogrlje miši in navadne belonoge miši (*Apodemus sylvaticus*) iz Slovenije (Toškan 2002; sl. 38).

Tafonomska analiza obdelanih ostankov malih sesalcev je kot (osrednji) dejavnik akumulacije izpostavila sove. Na to kaže tako stopnja ohranjenosti najdb kot tudi vzorec zastopanosti in fragmentiranosti posameznih skeletnih elementov. Slednje je sicer mogoče verodostojno oceniti zgolj v primeru Starih gmajn. Tamkajšnji vzorec je namreč eden od le dveh, pri katerih so bili med pregledovanjem presejanega sedimenta pod stereomikroskopom sistematično pobirani tudi ostanki postkranialnega skeleta. Drugi tak vzorec je tisti z Blatne Brezovice, ki pa žal vključuje le sedem najdb (NISP = 4) in je zato povsem nereprezentativen.

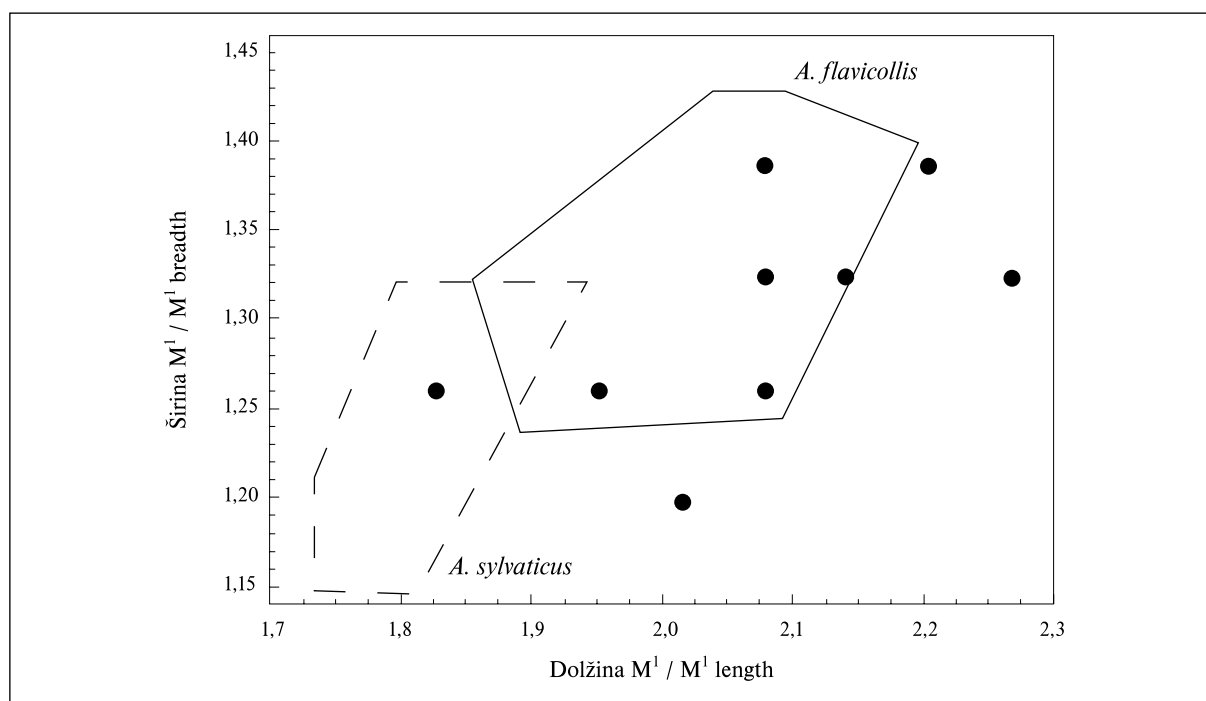
V gradivu s Starih gmajn so najbolj zastopani skeletni elementi zobje, čeljustnice ter dlančnice oziroma stopalnice, pri čemer so najdbe razmeroma dobro ohranjene. Tako imajo denimo med dvanajstimi najdenimi mandibulami spodnji rob spodnječeljustničnega telesa poškodovan le trije primerki. Podoben vzorec zastopanosti posameznih skeletnih elementov malih sesalcev, ki za nameček izkazujejo primerljivo skromno stopnjo fragmentiranosti, je značilen prav za ostanke plena mnogih vrst sov (glej npr. podatke za lesno in pegasto sovo, ki jih podaja Andrews 1990, sl. 3.2–3.3 in tab. 3.7). Pri drugih potencialnih dejavnikih akumulacije mikrofavnističnih najdb, kot so to lahko dnevne ujede ali pa nekateri sesalski plenilci (npr. divja mačka, kuna zlatica, lisica ipd.), med ostanki plena nasprotno prevladujejo posamezni elementi postkranialnega skeleta. Ti ostanki so praviloma tudi bistveno bolj fragmentirani. Delež spodnjih čeljustnic z manjkajočim spodnjim robom spodnječeljustničnega telesa tako denimo skoraj brez izjeme presega 70 odstotkov (Andrews 1990: 45 ss in tab. 3.7).

Dodatne indice o dejavniku akumulacije obravnavane tafocenoze sem pridobil z analizo podatkov o stopnji prebavljenosti izbljuvanih/iztrebljenih kosti in zob. Gre za pristop, ki je v smislu zanesljivosti rezultatov celo v prednosti pred študijo vzorca fragmentiranosti najdb. Do drobljenja kosti namreč ne prihaja le med procesom konzumiranja uplenjene živali, temveč tudi še potem,

Tab. 1: Zastopanost posameznih taksonov malih sesalcev na koliščarskih naselbinah z Ljubljanskega barja. Količina najdb je podana kot število določenih primerkov (NISP) in najmanjše število osebkov (MNI).

Table 1: Representation of individual taxa of small mammals at the pile-dwelling settlements from Ljubljansko barje. The quantity of finds is given as the number of identified specimens (NISP) and the minimum number of individuals (MNI).

Takson / Taxon	Resnikov prekop		Hočevarica		Stare gmajne		Blatna Brezovica		Založnica	
	NISP	MNI	NISP	MNI	NISP	MNI	NISP	MNI	NISP	MNI
<i>Erinaceus roumanicus</i>					1	1				
<i>Erinaceus</i> sp.					7	≤ 2				
<i>Neomys fodiens</i>	1	1								
<i>Neomys anomalus</i>	1	1								
<i>Arvicola terrestris</i>	42	8			5	2				
<i>Myodes glareolus</i>	1	1			1	1				
<i>Microtus agrestis/arvalis</i>	29	16			1	1				
<i>Microtus</i> sp.	1	-								
indet. Arvicolinae	10	-					2	-	2	-
<i>Apodemus</i> sp.	1	1			46	7	2	1		
<i>Micromys minutus</i>					1	1				
<i>Glis glis</i>			15	?	73	10			9	2
SKUPAJ / TOTAL	86	28	15	?	135	25	4	1	11	2

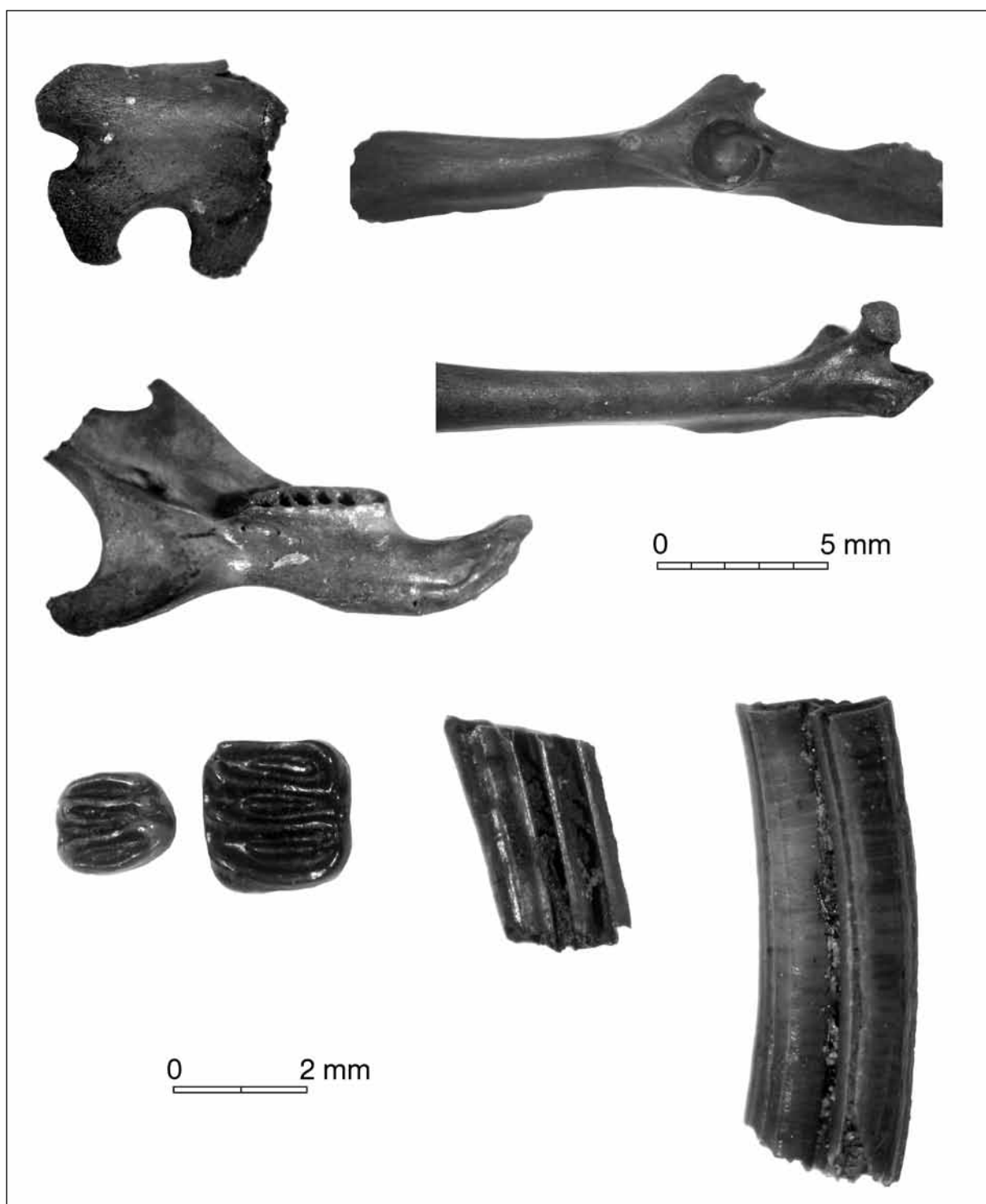


Sl. 2: Odnos med dolžino prvega zgornjega meljaka in njegovo širino pri *Apodemus flavicollis/sylvaticus* s Starih gmajn. Poligona obkrožata vrednosti za 35 recentnih primerkov *A. flavicollis* (sklenjena črta) in 35 recentnih primerkov *A. sylvaticus* (prekinjena črta) iz osrednje Slovenije. Vse mere so v mm.

Fig. 2: Relation between the length of the first upper molar and its width for *Apodemus flavicollis/sylvaticus* from Stare gmajne. The polygon encloses values of 35 recent specimens of *A. flavicollis* (continuous line) in 35 recent specimens of *A. sylvaticus* (dotted line) from central Slovenia. All measurements are in mm.

ko je plenilec neprebavljene ostanke že iztrebil oziroma izbljuval (Lyman 1999: 315 ss; glej tudi Tolar *et al.* 2010). V nasprotju s tem razni poodložiteni procesi sledov delovanja prebavnih sokov ne morejo popačiti (Andrews

1990: 64). Poleg tega je v tovrstne analize mogoče vpeljati tudi vzorce, v katere postkranialni skeletni elementi med pregledovanjem posameznih sedimentnih frakcij pod stereomikroskopom niso bili (sistematično) vključeni.



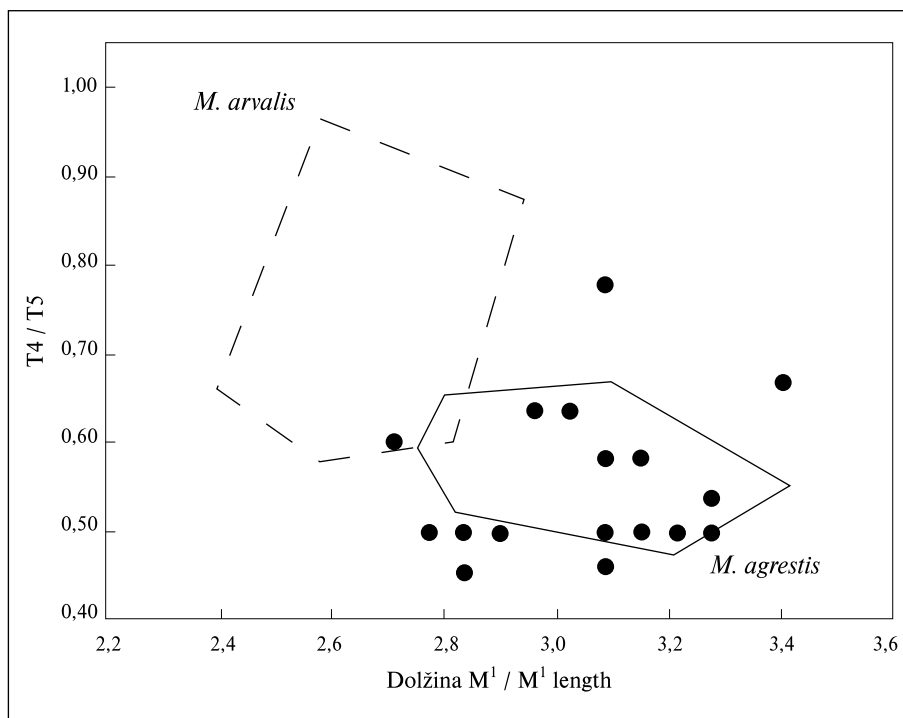
Sl. 3: Izbor ostankov malih sesalcev s Starih gmajn.

Fig. 3: Selection of the remains of small mammals from Stare gmajne.

Razlike med posameznimi skupinami plenilcev v stopnji prebavljenosti ostankov plena so namreč lepo prepoznavne tudi na primeru izoliranih zob (Andrews 1990: 65 ss).

Na podlagi petih tukaj obravnavanih vzorcev s koliščarskih naselbin Ljubljanskega barja je mogoče

nedvomno zaključiti, da večina najdenih zob in postkranialnih skeletnih elementov ne izkazuje nikakršnih vidnejših znakov delovanja prebavnih sokov plenilca (glej npr. Andrews 1990: sl. 3.19–3.20, sl. 3.28). Skromen je tudi delež ostankov z blago izraženimi tovrstnimi



Sl. 4: Odnos med količnikom trikotnikov T4 in T5 kot imenovalcem ($T4/T5$) in dolžino prvega spodnjega meljaka (M_1) pri *Microtus agrestis/arvalis* z Resnikovega prekopa. Poligona obkrožata vrednosti 45 recentnih *M. agrestis* (sklenjena črta) in 45 recentnih *M. arvalis* (prekinjena črta) iz osrednje Slovenije (povzeto po Kryštufek 1997: sl. 7.8). Vse mere so v mm.

Fig. 4: Relation between the quotient of triangles T4 and T5 as denominators ($T4/T5$) and length of the first lower molar (M_1) for *Microtus agrestis/arvalis* from Resnikov prekop. The polygon encloses values of 45 recent specimens of *M. agrestis* (continuous line) and 45 recent specimens of *M. arvalis* (broken line) from central Slovenia (from Kryštufek 1997: Fig. 7.8). All measurements are in mm.

modifikacijami (glej npr. Andrews 1990: sl. 3.27 A–G), medtem ko najdb z očitnimi znaki izpostavljenosti plenilčevim prebavnim sokovom praktično v celoti primanjkuje (sl. 3). Analizirano prazgodovinsko gradivo s koliščarskih naselbin tako tudi v tem pogledu izkazuje veliko podobnost z ostanki plena v izbljuvkih sov. Posledice delovanja prebavnih sokov dnevnih ujed, še bolj pa sesalcev, so namreč bistveno izrazitejše (Andrews 1990: 64 ss). Slednje drži tudi za človeka (Crandall in Stahl 1995), ki je sicer v primeru kolišč z Ljubljanskega barja pomemben delež zaužitega mesa pridobil prav z (ribo) lovom (Toškan 2008). Na podlagi rezultatov tafonomske analize lahko torej kot osrednji dejavnik akumulacije ostankov malih sesalcev v primeru vseh petih preučevanih najdišč utemeljeno izpostavimo ravno sove.

RESNIKOV PREKOP

Specifično mesto med ostanki malih sesalcev s koliščarskih naselbin Ljubljanskega barja zaseda Resnikov prekop (glej tab. 1). Paleookoljski zapis navedenega vzorca namreč odstopa od sicer splošne slike o prevladi gozdov nad odprtimi habitati. Namesto tega naj bi bila širša okolica najdišča ob nastanku preučevane tafocenoze

noze precej vodnata (verjetno stoječa ali počasi tekoča voda, morda mestoma tudi močvirje ali nizko barje), sicer pa poraščena z visoko travo, grmičevjem in le posameznimi drevesi (Toškan in Dirjec 2006: 144 s). Ob podatkih o vrstni sestavi in deležu zastopanosti posameznih taksonov (tab. 1) je o tem mogoče sklepati tudi iz rezultatov metričnega razlikovanja med ostanki poljske voluharice (*Microtus arvalis*) in travniške voluharice (*M. agrestis*). Ti namreč kažejo na očitno prevlado slednje (sl. 4), ki jo danes največkrat najdemo ravno na gosto zaraslih vlažnih in zamočvirjenih travnikih ter v gostem visokem rastlinju na bregovih počasi tekočih ali stoječih voda, poljska voluharica pa je nasprotno pogostejša na poljih, travnikih in pašnikih (Kryštufek 1991: 144 s).

Kot že navedeno zgoraj, je na podlagi rezultatov tafonomske analize tudi v primeru Resnikovega prekopa vlogo osrednjega dejavnika akumulacije ostankov malih sesalcev smiselno pripisati sovam. Podatki o vrstni sestavi in deležu zastopanosti posameznih taksonov znotraj preučevane tafocenoze lahko tako služijo kot povsem legitimno izhodišče za rekonstrukcijo habitatne slike okolice najdišča v obdobju kopičenja najdb. Pri tem sama favnistična sestava vzorca seveda ne odseva dejanske sestave tedanje združbe malih sesalcev, saj se v

NAČIN FORMIRANJA NAJDIŠČA RESNIKOV PREKOP

njej kažejo tudi preference plenilca do različnih kategorij plena (Andrews 1990: 29 s). Prav zaradi tega je mogoče iz podatkov o zastopanosti posameznih taksonov v izbljuvanih ostankih hrane okvirno sklepati na vrsto sove, ki je te živali uplenila. Sodeč po podatkih iz *tabele 1* naj bi tako osrednjo vlogo pri akumulaciji tafocenoze na Resnikovem prekopu odigrala mala uharica (*Asio otus*) (Kryštufek 1980: tab. 3; Tome 1998–99). Po drugi strani naj bi bila vsaj v primeru Starih gmajn v tem smislu ključna prehransko precej oportunistična lesna sova¹ (*Strix aluco*) (Kryštufek 1980: tab. 2). Pri tem ni nepomembno, da ta velja za razmeroma sedentarno vrsto s prostorsko omejenim teritorijem (12–20 ha; Andrews 1990: 192). Iz tega namreč izhaja, da je stala koliščarska vas na Starih gmajnah razmeroma blizu gozda. Razdalja med njima naj tako po vsej verjetnosti ne bi presežala 500 metrov, če je imela lesna sova na območju (takrat že opuščene) kolišča počivališče, pa bi utegnila biti še celo precej manjša (tj. < 100 m).

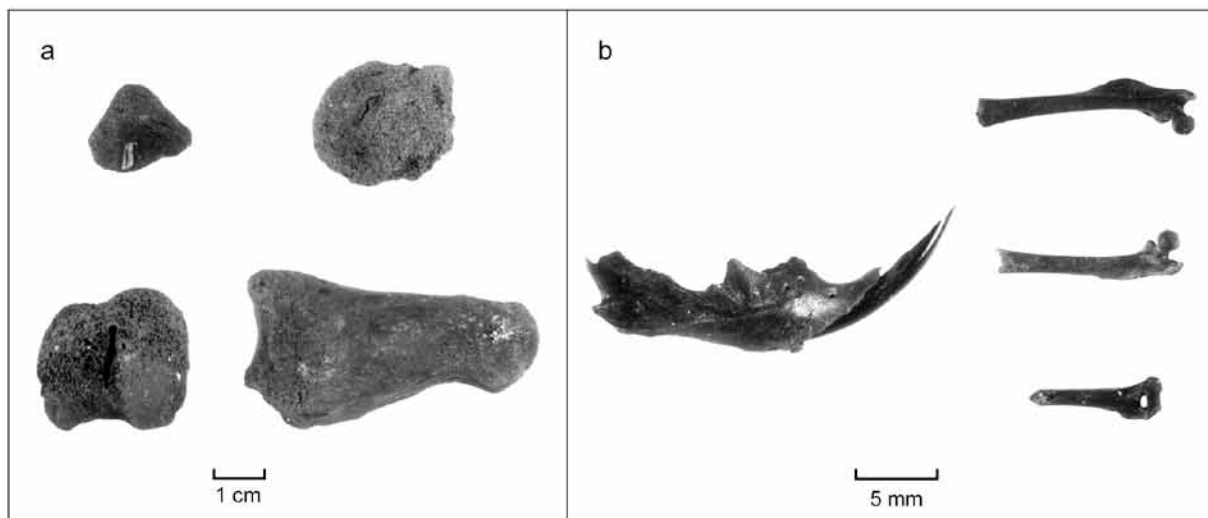
Po drugi strani je lovno območje male uharice razmeroma veliko in tudi do desetkrat presega tistega, ki pripada lesni sovi. Poleg tega navedena vrsta pri lovu izkazuje očitno preferenco do odprtih habitatov (Andrews 1990: 184). Po podatkih o zgornji meji velikosti plena se vrsti bistveneje ne razlikujeta (tj. med 100 in 200 g pri mali uharici ter okrog 150 g pri lesni sovi). Za potrebe tega članka pa je sicer umestno omeniti to, da izbljuvki male uharice vključujejo ostanke bistveno večjega deleža zaužitih živali, kot to velja za lesno sovo. Prebavni sokovi slednje so namreč precej agresivnejši, tako da do 60 odstotkov zaužitih živali raztopijo v celoti, vključno s kostmi (Andrews 1990: 192).

Očitno torej je, da med obravnavanima vrstama sov določena odstopanja v prehranskih navadah vsekakor obstajajo. Vendar pa tako za malo uharico kot še toliko bolj za lesno sovo velja, da so živalski ostanke v njunih izbljuvkah sicer dober kazalec dejanske združbe malih sesalcev v danem okolju (Andrews 1990: 184, 193). Ugotovljene razlike v sestavi mikrofavnističnega vzorca z Resnikovega prekopa v primerjavi s tistimi z Založnice, Hočevarice, Blatne Brezovice ter predvsem s Starih gmajn tako pač ni mogoče zadovoljivo razložiti le s specifičnimi preferencami plenilcev do posameznih kategorij plena. Odločilno vlogo je očitno res odigral obstoj dejanskih razlik v odprtosti krajine v neposredni okolici obravnavanih koliščarskih vasi.

¹ Kot izrazito gozdna vrsta bi lahko sicer prišla v poštev tudi kozača (*Strix uralensis*), saj ta prav tako lahko izkazuje preferenčno plenjenje navadnega polha (Vrezec 1998–99). Vendar kozača izbljuvkov ne kopiči na enem mestu, temveč jih odmetava po vsem svojem tudi do 500 ha velikem teritoriju (Vrezec 1998–99: 75). Takšno vedenje pa ni skladno z dejstvom, da je bil vzorec s Starih gmajn praktično v celoti pridobljen pri terenskem raziskovanju zgolj ene sonde v izmeri skromnih 15 m². Sodeč po bogastvu zajetega gradiva je to namreč moralo vključevati ostanke razmeroma velikega števila izbljuvkov (prim. Andrews 1990: append. tab. 7).

Sodeč po zgoraj navedenih podatkih naj bi bilo torej ožje zaledje najstarejše koliščarske vasi na Ljubljanskem barju – Resnikovega prekopa – bistveno bolj odprto kot v primeru drugih tukaj obravnavanih kolišč. Rezultati izrazito multidisciplinarno zastavljenega preučevanja zgodovine formiranja navedenega najdišča pa takšen sklep postavljajo pod vprašaj. Kot so bolj ali manj neposredno pokazale sedimentološka (Turk 2006), biomorfna (Golyeva 2006), palinološka (Andrič 2006), makrobotanična (Culiberg 2006), arheološka (Velušček 2006b: 42 ss) ter tafonomsko zastavljena arheozoološka analiza (Toškan in Dirjec 2006: 145 ss), je bil namreč na Resnikovem prekopu del sedimenta, datiranega med okvirno 6000 in 200 pr. n. št., iz profila odnesen zaradi delovanja tekoče vode. Z drugimi besedami – nekoč v obdobju po opustitvi koliščarske vasi je čez najdišče tekkel neznan vodni tok ter odnašal avtohtoni in prinašal alohtoni material. Pri tem je pomembno, da je bila v tem procesu odnesena tudi sama kulturna plast. Navedeni vodotok je še pred koncem 1. tisočletja pr. n. št. presahnil oz. se umaknil drugam (Andrič 2006: 108). Kot posledica opisanih hidroloških aktivnosti so tako na območju najdišča Resnikov prekop povečini ostale le težje najdbe, kot so npr. lončenina, kamni ali večje kosti. Te so vse ležale praktično tik nad jezersko kredo v spodnjem delu aluvialne plasti (Velušček 2006b: 26).

Glede na zgoraj navedeno se lahko tako upravičeno vprašamo, kako so se na Resnikovem prekopu potemtakem uspeli ohraniti ostanke malih sesalcev, ki seveda sodijo med drobne najdbe. Za odgovor sta ključna dva podatka: da so med sicer prevladujočimi prazgodovinskimi arheološkimi ostalinami na sami jezerski kredi ležale tudi posamezne rimskodobne najdbe (Velušček 2006b: 42 s) ter da je bil dovršen del ostankov velikih sesalcev močno obrušen zaradi izpostavljenosti drobnim peščenim delcem, ki jih je s seboj nosil vodni tok (*sl. 5a*). Med ostanki malih sesalcev (*sl. 5b*) namreč podobnih znakov obrušenosti niso kazale niti čeljustnice niti ostanke postkranialnih skeletnih elementov, čeprav bi ob izpostavljenosti že omenjenemu vodotoku kaj takega sicer pričakovali (prim. Andrews 1990: 18 s in tam navedeni viri). To vsekakor sproža številna razmišljanja, med drugim tudi o tem, ali so ostanke malih sesalcev z Resnikovega prekopa sploh res prazgodovinske starosti? Da temu nemara ni bilo tako posredno kaže prisotnost zgoraj že omenjenih rimskih ostalin, po vsej verjetnosti povezljivih z vicalno cesto, ki naj bi Ljubljansko barje prečkala prav mimo Resnikovega prekopa (Velušček 2006b: 43 in tam navedeni viri). Najdene so bile namreč ravno v sedimentu, ki se je pričel ponovno odlagati po presahnitvi/premiku vodotoka z območja najdišča proti koncu 1. tisočletja pr. n. št. Po analogiji se torej kot povsem legitimna ponuja tudi možnost, da se je šele



Sl. 5: Različna stopnja obrušenosti ostankov velikih (a) in malih sesalcev (b) v gradivu z Resnikovega prekopa. Foto: M. Zaplatil.
Fig. 5: Various degrees of wear of the remains of large (a) and small mammals (b) in material from Resnikov prekop. Photo: M. Zaplatil.

takrat (ali celo še pozneje) začelo tudi kopičenje kosti in zob malih sesalcev. Ker so prazgodovinske najdbe pred okoli dva tisoč leti zaradi zgoraj opisanih hidroloških aktivnosti ležale praktično na površju, mešanje z mlajšimi najdbami antične starosti namreč samo po sebi v ničemer ne preseneča.

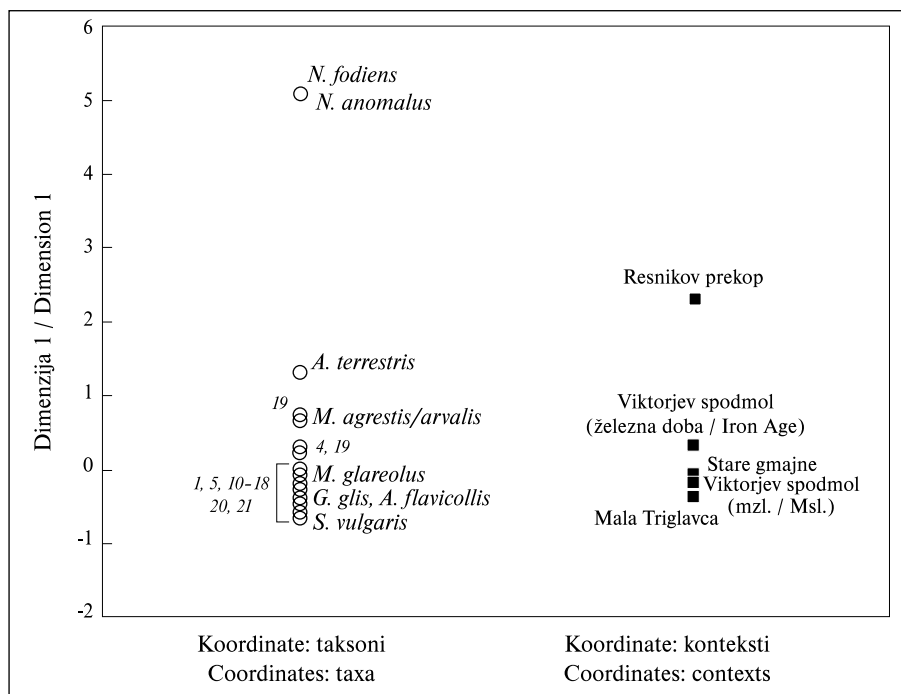
VELIKI SESALCI KOT NEODVISNI KAZALEC

Nov kronološki okvir mikrofavnističnega gradiva z Resnikovega prekopa postavlja v drugačno luč tudi tezo o bistveno bolj odprti krajini v okolici navedenega najdišča glede na stanje v ožjem zaledju drugih v tem primeru obravnavanih kolišč. V rimskem času je bila namreč vegetacija na Ljubljanskem barju domnevno zelo podobna današnji (Andrič 2006: 108 s). Za razliko od pretežno z bukovim gozdom porasle krajine v obdobju pred okvirno 6000 leti pr. n. št. sta bila za območje Resnikovega prekopa v času po okvirno 200 pr. n. št. namreč ugotovljena upad koncentracije peloda dreves in porast zelišč. Na obravnavanem območju se je torej očitno izoblikovala poplavna ravnica, ki je postala zaradi človekovega vpliva na okolje zelo odprta (Andrič 2006: 105 ss). Pri tem je pomenljivo, da v takšnem okolju tudi danes najdemo pravzaprav povsem iste vrste terestričnih malih sesalcev kot v vzorcu z Resnikovega prekopa, vključno z večinsko zastopanostjo travniške voluharice (Kryštufek 1982: 40 ss).

Kljub predstavljenim argumentom v prid interpretaciji o mlajši, tj. rimskodobni starosti mikrofavnističnih ostankov z Resnikovega prekopa, sem navedeno tezo podvrjel še dodatnemu testiranju. Zato sem nameraval

uporabiti podatke o ostankih velikih sesalcev z istih petih kolišč in njihov paleookoljski odtis primerjati z odtisom že predhodno analiziranih mikrofavnističnih vzorcev. Žal so bili zadovoljivo bogati vzorci tako mikro kot tudi makro živalskih ostankov razpoložljivi le v primeru Resnikovega prekopa in Starih gmajn, zato sem v analizo vključil še primerjalno gradivo iz mezolitskih sedimentov Male Triglavce pri Divači (Pohar 1990; Toškan 2009a) ter mezolitskih in starejšeželeznodobnih kontekstov Viktorjevega spodmola pri Famljah (Toškan in Dirjec 2004b; Toškan in Kryštufek 2004). Pri tem širitev geografskega okvirja na Kras ni problematična, saj primerjava paleookoljskega odtisa ostankov malih in velikih sesalcev poteka izključno znotraj (!) vsakega posameznega najdišča.

Pri izbiri metodologije sem se odločil za uporabo korespondenčne analize (*Correspondence analysis*; StatSoft, Inc. 2001). Kot vstopni podatek so služile vrednosti kazalcev količine najdb za posamezne taksone (tj. NISP oziroma MNI), in sicer ločeno za velike in male sesalce. Rezultati za slednje so prikazani na *sliki 6* in v *tabeli 2*, pri čemer prve tri dimenzije povzemajo 88,5 odstotka celotne inercije. Kot kažejo podatki o inerciji in vrednostih \cos^2 , je v kontekstu obravnavane problematike še najbolj povedna porazdelitev vzorcev vzdolž dimenzije 1. Ta namreč očitno razlikuje med vzorci s pomembnim deležem vrst raznih tipov odprtih habitatov (glej npr. veliki voluhar, travniška/poljska voluharica) in tistimi, ki vključujejo večjo količino ostankov gozdnih vrst (vsota relativne inercije za gozdno voluharico, rumenogrlo miš, navadnega polha in veverico presega 12 odstotkov celotne inercije, ki jo povzema dimenzija 1; *tab. 2*). Skladno z zgoraj predstavljenimi rezultati se Resnikov prekop na *sliki 6* umešča še najbližje prav starejšeželeznodobnemu



Sl. 6: Razporeditev petih vzorcev subfosilnih ostankov malih sesalcev iz Slovenije vzdolž prve dimenzije korespondenčne analize, izračunane na osnovi podatkov o najmanjšem številu osebkov (MNI) posameznega taksona. Poimenovani so le najpovednejši taksoni (glej tab. 2); ostali so označeni zgolj z zaporedno številko pojavljanja v tabeli 2. Odstotek povzete celotne inercije po dimenzijah: dimenzija 1 = 43,7 %, dimenzija 2 = 25,8 %, dimenzija 3 = 19,0 %. Skupna inercija = 0,49; $\chi^2 = 493,95$; stop. prostosti = 84; $p = 0,000$.

Vira: Viktorjev spodmol – Toškan in Kryštufek (2004); Mala Triglavca – Toškan (2009a).

Fig. 6: Projection of five samples of subfossil small mammal remnants from Slovenia onto first two dimensions of correspondence analysis, calculated on the basis of the minimum number of individuals (MNI) per individual taxa. Only the most revealing taxa are mentioned (see Table. 2); others are marked only with the sequential number of their appearance in Table 2. Percentage of total inertia according to dimension 1 = 43.7 %, dimension 2 = 25.8 %, dimension 3 = 19.0 %. Total inertia = 0.49; $\chi^2 = 493.95$; degrees of freedom = 84; $p = 0.000$.

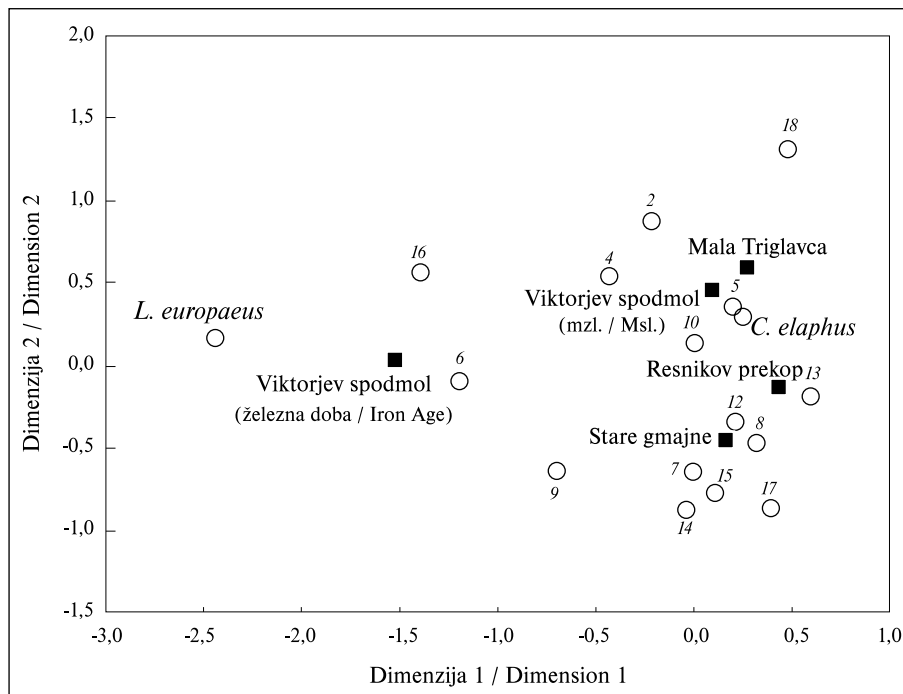
Source: Viktorjev spodmol – Toškan and Kryštufek (2004); Mala Triglavca – Toškan (2009a).

Tab. 2: Prispevek posameznih taksonov malih sesalcev k skupni inerciji in k inerciji, ki jo povzema vsaka od prvih treh dimenzij korespondenčne analize.

Table 2: Contribution of individual taxa of small mammals to the total inertia and the inertia summarised by each of the first three dimensions of the correspondence analysis.

Takson Taxon	Skupaj / Total		Dim. 1		Dim. 2		Dim. 3	
	Kakovost Quality	Rel. inerc. Rel. Inert.	Inercija Inertia	cos ² Cos ²	Inercija Inertia	cos ² Cos ²	Inercija Inertia	cos ² Cos ²
1. <i>E. roumanicus</i>	0,90	0,086	0,000	0,001	0,274	0,820	0,037	0,081
2. <i>Arvicola</i> sp.	0,99	0,140	0,227	0,707	0,073	0,135	0,117	0,158
3. <i>M. glareolus</i>	0,69	0,073	0,043	0,256	0,016	0,055	0,148	0,383
4. <i>M. agrestis/arv.</i>	0,99	0,164	0,318	0,847	0,038	0,059	0,082	0,094
5. <i>M. minutus</i>	0,91	0,044	0,001	0,007	0,112	0,655	0,060	0,256
6. <i>Apodemus</i> sp.	0,67	0,032	0,036	0,484	0,002	0,018	0,029	0,173
7. <i>G. glis</i>	0,99	0,109	0,030	0,119	0,365	0,862	0,011	0,019
8. <i>N. fodiens</i>	0,99	0,071	0,119	0,736	0,009	0,032	0,083	0,222
9. <i>N. anomalus</i>	0,99	0,071	0,119	0,736	0,009	0,032	0,083	0,222
10. <i>C. suaveolens</i>	0,49	0,014	0,010	0,295	0,002	0,035	0,012	0,166
11. <i>C. leucodon</i>	0,68	0,004	0,000	0,005	0,007	0,459	0,005	0,218

... se nadaljuje ... / ... continued ... →



Sl. 7: Razporeditev petih vzorcev subfosilnih ostankov velikih sesalcev iz Slovenije vzdolž prvih dveh dimenzij korespondenčne analize, izračunane na osnovi podatkov o najmanjšem številu določenih primerkov (NISP) posameznega taksona. Poimenovani so le najpovednejši taksoni (glej tab. 3); ostali so označeni zgolj z zaporedno številko pojavljanja v tabeli 3. Odstotek povzete celotne inercije po dimenzijah: dimenzija 1 = 42,0 %, dimenzija 2 = 28,0 %, dimenzija 3 = 25,4 %. Skupna inercija = 0,76; $\chi^2 = 1159,1$; stop. prostosti = 68; $p = 0,000$.

Viri: Viktorjev spodmol – Toškan in Dirjec (2004b); Mala Triglavca – Pohar (1990); Resnikov prekop – Toškan in Dirjec (2006); Stare gmajne – Toškan (2009b: tab. 14.3).

Fig. 7: Projection of five samples of subfossil large mammal remnants from Slovenia onto first two dimensions of correspondence analysis, calculated on the basis of the number of identified specimens (NISP) per individual taxa. Only the most revealing taxa are mentioned (see Table 3); others are marked only with the sequential number of their appearance in Table 3. Percentage of total inertia according to dimension 1 = 42.0 %, dimension 2 = 28.0 %, dimension 3 = 25.4 %. Total inertia = 0.76; $\chi^2 = 1159.1$; degrees of freedom = 68; $p = 0.000$.

Source: Viktorjev spodmol – Toškan in Dirjec (2004b); Mala Triglavca – Pohar (1990); Resnikov prekop – Toškan and Dirjec (2006); Stare gmajne – Toškan (2009b: Table 14.3).

Takson Taxon	Skupaj / Total		Dim. 1		Dim. 2		Dim. 3	
	Kakovost Quality	Rel. inerc. Rel. Inert.	Inercija Inertia	cos ² Cos ²	Inercija Inertia	cos ² Cos ²	Inercija Inertia	cos ² Cos ²
12. <i>S. minutus</i>	0,99	0,009	0,010	0,472	0,000	0,003	0,026	0,524
13. <i>S. alpinus/aran.</i>	0,70	0,004	0,004	0,400	0,000	0,016	0,006	0,292
14. <i>T. europaea</i>	0,95	0,047	0,010	0,088	0,051	0,278	0,146	0,587
15. <i>Ch. nivalis</i>	0,76	0,005	0,000	0,021	0,011	0,603	0,003	0,138
16. <i>M. liecht./subt.</i>	0,99	0,024	0,033	0,600	0,008	0,084	0,040	0,316
17. <i>D. bogdanovi</i>	0,70	0,004	0,004	0,400	0,000	0,016	0,006	0,292
18. <i>C. migratorius</i>	0,25	0,016	0,006	0,152	0,004	0,062	0,004	0,045
19. <i>R. rattus</i>	0,99	0,006	0,002	0,169	0,002	0,104	0,024	0,720
20. <i>D. nitedula</i>	0,60	0,007	0,003	0,191	0,002	0,057	0,014	0,361
21. <i>M. avellanarius</i>	0,72	0,027	0,016	0,257	0,005	0,044	0,060	0,424
22. <i>S. vulgaris</i>	0,20	0,041	0,011	0,117	0,011	0,069	0,005	0,024

Tab. 3: Prispevek posameznih taksonov velikih sesalcev k skupni inerciji in k inerciji, ki jo povzema vsaka od prvih treh dimenzij korespondenčne analize.

Table 3: Contribution of individual taxa of large mammals to the total inertia and the inertia summarised by each of the first three dimensions of the correspondence analysis.

Takson Taxon	Skupaj / Total		Dim. 1		Dim. 2		Dim. 3	
	Kakovost Quality	Rel. inerc. Rel. Inert.	Inercija Inertia	cos ² Cos ²	Inercija Inertia	cos ² Cos ²	Inercija Inertia	cos ² Cos ²
<i>L. europaeus</i>	1,00	0,34	0,790	0,984	0,005	0,004	0,014	0,010
<i>M. meles</i>	1,00	0,03	0,003	0,051	0,090	0,914	0,003	0,031
<i>M. putorius</i>	0,98	0,00	0,003	0,512	0,004	0,441	0,000	0,031
<i>Martes</i> sp.	0,98	0,01	0,004	0,357	0,011	0,581	0,001	0,039
<i>L. lutra</i>	0,10	0,01	0,000	0,018	0,001	0,050	0,001	0,033
<i>V. vulpes</i>	0,98	0,02	0,052	0,977	0,001	0,007	0,000	0,001
<i>C. familiaris</i>	0,94	0,02	0,000	0,000	0,051	0,920	0,001	0,024
<i>U. arctos</i>	0,62	0,00	0,002	0,193	0,006	0,413	0,000	0,016
<i>F. silvestris</i>	0,98	0,00	0,006	0,512	0,008	0,441	0,001	0,031
<i>Sus</i> sp.	0,16	0,03	0,000	0,001	0,017	0,155	0,000	0,004
<i>C. elaphus</i>	0,92	0,09	0,079	0,352	0,181	0,538	0,010	0,027
<i>C. capreolus</i>	1,00	0,02	0,010	0,244	0,038	0,592	0,012	0,164
<i>A. alces</i>	1,00	0,22	0,016	0,031	0,002	0,003	0,853	0,966
Caprinae	0,99	0,13	0,000	0,001	0,418	0,886	0,055	0,106
<i>B. taurus</i>	0,99	0,05	0,002	0,017	0,139	0,758	0,045	0,221
<i>B. primigenius</i>	0,99	0,01	0,028	0,849	0,007	0,139	0,000	0,002
<i>C. fiber</i>	1,00	0,00	0,002	0,148	0,011	0,688	0,003	0,162
<i>C. lupus</i>	0,62	0,01	0,001	0,071	0,011	0,524	0,001	0,024

vzorcu iz Viktorjevega spodmola, v zaledju katerega naj bi v tistem času prevladovale odprte travniško-pašniške površine (Toškan in Dirjec 2004b: 148 ss; Toškan in Kryštufek 2004: 128 ss). Kolišče s Starih gmajn se nasprotno pridružuje obema mezolitskima kontekstoma s Krasa, za katera je bila postavljena teza o prevladujoči vlogi zaprtih, gozdnatih habitatov (Toškan in Kryštufek 2004: 128 ss; Toškan in Dirjec 2004b: 148 ss; Toškan 2009a: 125 ss).

Rezultati analize ostankov velikih sesalcev se z navedenim v marsičem skladajo, razlikujejo pa se v eni pomembni podrobnosti: tj. v relativni legi Resnikovega prekopa vzdolž dimenzije 1 (sl. 7). Slednja sicer tudi v tem primeru razlikuje med vzorci z vidno zastopanostjo vrst odprtih habitatov (predvsem poljskega zajca; leva polovica grafa) in tistimi, kjer pomemben delež pripada gozdnim živalim (v prvi vrsti jelenu; desna polovica grafa, glej tab. 3). A tokrat se med zadnje – ob obeh mezolitskih vzorcih s Krasa in tistemu s koliščarske naselbine na Starih gmajnah – umešča tudi Resnikov prekop, s čemer kot edino najdišče s pretežno travnato-pašniškim zaledjem izstopa Viktorjev spodmol v obdobju starejše železne dobe. Ugotovitev je pomembna, saj Resnikov prekop prikazuje kot najdišče z gozdnatim zaledjem brez obsežnejših odprtih habitatov, kar v luči paleookoljskega odtisa mikrofavnističnega gradiva z istega najdišča vsaj

posredno vsekakor podpira tezo o nesočasnosti tam najdenih ostankov velikih in malih sesalcev.

SKLEP

V prispevku sem želel opozoriti na pasti, na katere lahko naletimo pri paleookoljskih interpretacijah mikrofavnističnih tafocenoz v primeru neustreznega pristopa k osvetljevanju dejavnikov akumulacije teh najdb ter zgodovine formiranja najdišč, iz katerih analizirane tafocenoze izvirajo. Prav zadostna pozornost ob zastavljanju tovrstnih vprašanj je bila namreč ključna pri odkritju in interpretaciji tafonomskih posebnosti skupka malih sesalcev z Resnikovega prekopa, kar je nazadnje pripeljalo do ugotovitev o mlajši geološki starosti navedenega vzorca. Skladni s takšnim sklepom so tudi rezultati analize ostankov velikih sesalcev ter izsledki palinoloških raziskav in avifavnistične študije (Andrič 2006; Janžekovič in Malez 2006: 135; Toškan in Dirjec 2006).

Zahvala

Zahvaljujem se Borisu Kryštufku in Maji Andrič za kritično komentiranje predhodne verzije besedila. Analizirane živalske ostanke je iz presejanega sedimenta izločil Janez Dirjec.

LITERATURA / REFERENCES

- ANDREWS, P. 1990, *Owls, caves and fossils*, London.
- ANDRIČ, M. 2006, Ali lahko analiza pelodnega zapisa v kulturni plasti arheološkega najdišča pove, kakšna vegetacija je rasla v okolici? Primer: Resnikov prekop. – V: Velušček 2006, 103–113.
- CRANDALL, B.D. in P.W. STAHL 1995, Human digestive effects on a micromammalian skeleton, *Journal of Archaeological Science* 22, 789–797.
- CULIBERG, M. 2006, Rastlinski ostanki z arheološkega najdišča Resnikov prekop. – V: Velušček 2006, 129–132.
- ČUFAR, K. in B. KROMER 2004, Radiokarbonsko datiranje kronologij širin branik s Hočevarice. – V: Velušček 2004, 281–285.
- ČUFAR, K., A. VELUŠČEK, T. TOLAR in B. KROMER 2009, Dendrokronološke raziskave na koliščarskih naselbinah Stare gmajne in Blatna Brezovica. – V: Velušček 2009, 177–195.
- DROBNE, K. 1964, Živalske kosti z Resnikovega prekopa, *Poročilo o raziskovanju neolita in eneolita v Sloveniji* 1, 61–64.
- GOLYEVA, A.A. 2006, Paleokološka rekonstrukcija na osnovi biomorfne analize. Primer: Resnikov prekop. – V: Velušček 2006, 115–122.
- JANŽEKOVIC, F. in V. MALEZ 2006, Ptičji ostanki (Aves) s koliščarske naselbine Resnikov prekop pri Igu na Ljubljanskem barju. – V: Velušček 2006, 133–138.
- KOROŠEC, J. 1963, Prazgodovinsko kolišče pri Blatni Brezovici, *Razprave I. razreda SAZU* 14/10, 1–67.
- KRYŠTUFEK, B. 1980, Nekaj o prehrani sov na Ljubljanskem barju, *Biosistematika* 6(1), 91–92.
- KRYŠTUFEK, B. 1982, Sesalci (Mammalia) Ljubljanskega barja, *Biološki vestnik* 30(2), 33–56.
- KRYŠTUFEK, B. 1991, *Sesalci Slovenije*, Ljubljana.
- KRYŠTUFEK, B. 1997, Mali sesalci (Insectivora, Chiroptera, Rodentia). – V: I. Turk (ur.), *Mousterienska koščena piščal in druge najdbe iz Divjih bab I v Sloveniji*, Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 2, 99–113, Ljubljana.
- LYMAN, R.L. 1999, *Vertebrate taphonomy*, Cambridge.
- PAVŠIČ, J. (ur.) 2008, *Ljubljansko barje. Neživi svet, rastlinstvo, živalstvo, zgodovina in naravovarstvo*, Ljubljana.
- POHAR, V. 1990, Sesalska makrofavna v starejšem holocenu, *Poročilo o raziskovanju paleolita, neolita in eneolita v Sloveniji* 18, 43–47.
- RABEDER, G. 2004, Micro-mammals from pleistocene sediments of Potočka zijalka (Slovenia). – V: M. Pacher, V. Pohar in G. Rabeder (ur.), *Potočka zijalka – Palaeontological and archaeological results of the campaigns 1997-2000*, Mitteilungen der Kommission für Quartärforschung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften 13, 55–66, Wien.
- StatSoft, Inc. 2001, *STATISTICA* (data analysis software system), version 6.0.
- TOLAR, T., S. JACOMET, A. VELUŠČEK in K. ČUFAR 2010, Recovery techniques for waterlogged archaeological sediments: a comparison of different treatment methods for samples from Neolithic lake shore settlements, *Vegetation history and archaeobotany* 19(1), 53–67.
- TOME, D. 1998–99, Zimska prehrana male uharice *Asio otus* v Sloveniji, *Acrocephalus* 21, 3–7.
- TOŠKAN, B. 2002, *Dinamika v združbi malih sesalcev (Insectivora, Chiroptera, Rodentia) in vrstni obrati južno od Alpske poledenitve v mlajšem pleistocenu in starejšem holocenu*. – Magistrsko delo, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo, Ljubljana.
- TOŠKAN, B. 2008, Živalstvo v koliščarski dobi. – V: Pavšič 2008, 153–158.
- TOŠKAN, B. 2009a, Small terrestrial mammals (Soricomorpha, Chiroptera, Rodentia) from the Early Holocene layers of Mala Triglavca (SW Slovenia), *Acta carsologica* 38(1), 117–133.
- TOŠKAN, B. 2009b, Artefakti iz kosti, rogovij in zob z bakrenodobnih kolišč Stare gmajne in Blatna Brezovica. – V: Velušček 2009, 287–307.
- TOŠKAN, B. in J. DIRJEC 2004a, Hočevarica – analiza ostankov makrofavne. – V: Velušček 2004, 76–132.
- TOŠKAN, B. in J. DIRJEC 2004b, Ostanki velikih sesalcev v Viktorjevem spodmolu. – V: Turk 2004, 135–167.
- TOŠKAN, B. in J. DIRJEC 2006, Ostanki sesalske favne na Resnikovem prekopolu, Ljubljansko barje. – V: Velušček 2006, 139–154.
- TOŠKAN, B. in J. DIRJEC 2011, Velike podnebne spremembe razkrite na podlagi malih fosilov. Nekdanje okolje na meji med zgodnjim in srednjim würmom v okolici Divjih bab I (Z Slovenija). – V: B. Toškan (ur.), *Drobci ledenodobnega okolja, zbornik ob življenskem jubileju Ivana Turka*, Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 21, 155–180, Ljubljana.
- TOŠKAN, B. in B. KRYŠTUFEK 2004, Ostanki malih sesalcev (Insectivora, Chiroptera, Rodentia) v Viktorjevem spodmolu. – V: Turk 2004, 114–134.
- TOŠKAN, B. in B. KRYŠTUFEK 2007, Mali terestrični sesalci (Erinaceomorpha, Soricomorpha, Chiroptera, Rodentia) iz Divjih bab I. – V: I. Turk (ur.), *Divje babe I, paleolitsko najdišče mlajšega pleistocena v Sloveniji. 1. del: Geologija in paleontologija*, Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 13, 193–219, Ljubljana.
- TURK, I. (ur.) 2004, *Viktorjev spodmol in Mala Triglavca, prispevki k poznavanju mezolitskega obdobja*

v Sloveniji, Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 9, Ljubljana.

TURK, I. 2007, Uvod. – V: I. Turk (ur.), *Divje babe I, paleolitsko najdišče mlajšega pleistocena v Sloveniji. 1. del: Geologija in paleontologija*, Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 13, 13–23, Ljubljana.

TURK, J. 2006, Ugotavljanje paleoekoloških sprememb na Ljubljanskem barju v holocenu na primeru sedimentov z Resnikovega prekopa. – V: Velušček 2006, 93–98.

VELUŠČEK, A. (ur.) 2004, *Hočevarica, eneolitsko kolišče na Ljubljanskem barju*, Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 8, Ljubljana.

VELUŠČEK, A. (ur.) 2006, *Resnikov prekop, najstarejša koliščarska naselbina na Ljubljanskem barju*, Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 10, Ljubljana.

VELUŠČEK, A. 2006a, Uvod. – V: Velušček 2006, 15–16.

VELUŠČEK, A. 2006b, Resnikov prekop – sondiranje, arheološke najdbe, kulturna opredelitev in časovna uvrstitev. – V: Velušček 2006, 19–85.

VELUŠČEK, A. 2008, Nekoč so na Ljubljanskem barju živeli koliščarji. – V: Pavšič 2008, 159–169.

VELUŠČEK, A. (ur.) 2009, *Koliščarska naselbina Stare gmajne in njen čas*, Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 16, Ljubljana.

VELUŠČEK, A. 2009a, Koliščarska naselbina Stare gmajne pri Verdu. – V: Velušček 2009, 46–121.

VELUŠČEK, A. 2009b, Koliščarska naselbina Stare gmajne in njen čas. – V: Velušček 2009, 11–34.

VELUŠČEK, A. 2009c, Koliščarska naselbina Blatna Brezovica. – V: Velušček 2009, 133–165.

VELUŠČEK, A. in K. ČUFAR 2003, Založnica pri Kamniku pod Krimom na Ljubljanskem barju – naselbina kulture Somogyvár-Vinkovci, *Arheološki vestnik* 54, 123–158.

VELUŠČEK, A. in K. ČUFAR 2010, Dating of the pile dwellings at the Ljubljansko barje, Slovenia - the situation in 2008. – V: I. Matuschik *et al.* (ur.), *Vernetzungen: Aspekte siedlungsarchäologischer Forschung. Festschrift für Helmut Schlichtherle zum 60. Geburtstag*, 345–355, Freiburg im Breisgau.

VELUŠČEK, A., B. TOŠKAN in K. ČUFAR 2011, Zaton kolišč na Ljubljanskem barju, *Arheološki vestnik* 62, 51–82.

VREZEC, A. 1998–99, Prispevek k poznavanju prehrane kozače *Strix uralensis macroura* na Kočevskem, *Acrocephalus* 21, 77–78.

beloprsi jež	<i>Erinaceus roumanicus</i> Barrett-Hamilton, 1900
črna podgana	<i>Rattus rattus</i> (Linnaeus, 1758)
dinarska voluharica	<i>Dinaromys bogdanovi</i> (Martino, 1922)
divja mačka	<i>Felis silvestris</i> Schreber, 1775
divji prašič	<i>Sus scrofa</i> Linnaeus, 1758
domače govedo	<i>Bos taurus</i> Linnaeus, 1758
domači pes	<i>Canis familiaris</i> Linnaeus, 1758
domači prašič	<i>Sus domesticus</i> Erxleben, 1777
drevesni polh	<i>Dryomys nitedula</i> (Pallas, 1778)
evropski bober	<i>Castor fiber</i> Linnaeus, 1758
gorska rovka	<i>Sorex alpinus</i> Schinz, 1837
gozdna rovka	<i>Sorex araneus</i> Linnaeus, 1758
gozdna voluharica	<i>Myodes glareolus</i> (Schreber, 1780)
ilirski voluharica	<i>Microtus liechtensteini</i> (Wettstein, 1927)
jazbec	<i>Meles meles</i> (Linnaeus, 1758)
koze (poddružina)	Caprinae (subfamilia)
kuna belica	<i>Martes foina</i> (Erxleben, 1777)
kuna zlatica	<i>Martes martes</i> (Linnaeus, 1758)
lisica	<i>Vulpes vulpes</i> (Linnaeus, 1758)
los	<i>Alces alces</i> (Linnaeus, 1758)
mala rovka	<i>Sorex minutus</i> Linnaeus, 1766
močvirski rovka	<i>Neomys anomalus</i> Cabrera, 1907
navadna belonoga miš	<i>Apodemus sylvaticus</i> (Linnaeus, 1758)
navadna veverica	<i>Sciurus vulgaris</i> Linnaeus, 1758
navadni dihur	<i>Mustela putorius</i> Linnaeus, 1758
navadni jelen	<i>Cervus elaphus</i> Linnaeus, 1758
navadni krt	<i>Talpa europaea</i> Linnaeus, 1758
navadni polh	<i>Glis glis</i> (Linnaeus, 1766)
podlesek	<i>Muscardinus avellanarius</i> (Linnaeus, 1758)
poljska rovka	<i>Crocidura leucodon</i> (Hermann, 1780)
poljska voluharica	<i>Microtus arvalis</i> (Pallas, 1778)
poljski zajec	<i>Lepus europaeus</i> Pallas, 1778
povodna rovka	<i>Neomys fodiens</i> (Pennant, 1771)
pragovedo	<i>Bos primigenius</i> Bojanus, 1827
prtljikava miš	<i>Micromys minutus</i> (Pallas, 1771)
rjavi medved	<i>Ursus arctos</i> Linnaeus, 1758
rumenogrla miš	<i>Apodemus flavicollis</i> (Melchior, 1834)
snežna voluharica	<i>Chionomys nivalis</i> (Martins, 1842)
srna	<i>Capreolus capreolus</i> (Linnaeus, 1758)
travniška voluharica	<i>Microtus agrestis</i> (Linnaeus, 1761)
vidra	<i>Lutra lutra</i> (Linnaeus, 1758)
volk	<i>Canis lupus</i> Linnaeus, 1758
vrtna rovka	<i>Crocidura suaveolens</i> (Pallas, 1811)
vrtna voluharica	<i>Microtus subterraneus</i> (de Selys-Longchamps, 1836)

Priloga: Seznam v besedilu omenjenih taksonov velikih in malih sesalcev. Imena si sledijo po abecednem vrstnem redu.

Alpine shrew	<i>Sorex alpinus</i> Schinz, 1837
aurochs	<i>Bos primigenius</i> Bojanus, 1827
badger	<i>Meles meles</i> (Linnaeus, 1758)
Balkan snow vole	<i>Dinaromys bogdanovi</i> (Martino, 1922)
bank vole	<i>Myodes glareolus</i> (Schreber, 1780)
bi-coloured white-toothed shrew	<i>Crocidura leucodon</i> (Hermann, 1780)
black rat	<i>Rattus rattus</i> (Linnaeus, 1758)
brown bear	<i>Ursus arctos</i> Linnaeus, 1758
brown hare	<i>Lepus europaeus</i> Pallas, 1778
Caprinae (subfamily)	Caprinae (subfamilia)
cattle	<i>Bos taurus</i> Linnaeus, 1758
common dormouse	<i>Muscardinus avellanarius</i> (Linnaeus, 1758)
common mole	<i>Talpa europaea</i> Linnaeus, 1758
common pine vole	<i>Microtus subterraneus</i> (de Selys-Longchamps, 1836)
common shrew	<i>Sorex araneus</i> Linnaeus, 1758
common vole	<i>Microtus arvalis</i> (Pallas, 1778)
dog	<i>Canis familiaris</i> Linnaeus, 1758
edible dormouse	<i>Glis glis</i> (Linnaeus, 1766)
European beaver	<i>Castor fiber</i> Linnaeus, 1758
field vole	<i>Microtus agrestis</i> (Linnaeus, 1761)
forest dormouse	<i>Dryomys nitedula</i> (Pallas, 1778)
harvest mouse	<i>Micromys minutus</i> (Pallas, 1771)
lesser white-toothed shrew	<i>Crocidura suaveolens</i> (Pallas, 1811)
Liechtenstein's pine vole	<i>Microtus liechtensteini</i> (Wettstein, 1927)
Miller's water shrew	<i>Neomys anomalus</i> Cabrera, 1907
moose	<i>Alces alces</i> (Linnaeus, 1758)
Northern white-breasted hedgehog	<i>Erinaceus roumanicus</i> Barrett-Hamilton, 1900
otter	<i>Lutra lutra</i> (Linnaeus, 1758)
pig	<i>Sus domesticus</i> Erxleben, 1777
pine marten	<i>Martes martes</i> (Linnaeus, 1758)
pygmy shrew	<i>Sorex minutus</i> Linnaeus, 1766
red deer	<i>Cervus elaphus</i> Linnaeus, 1758
red fox	<i>Vulpes vulpes</i> (Linnaeus, 1758)
red squirrel	<i>Sciurus vulgaris</i> Linnaeus, 1758
roe deer	<i>Capreolus capreolus</i> (Linnaeus, 1758)
snow vole	<i>Chionomys nivalis</i> (Martins, 1842)
stone marten	<i>Martes foina</i> (Erxleben, 1777)
water shrew	<i>Neomys fodiens</i> (Pennant, 1771)
western polecat	<i>Mustela putorius</i> Linnaeus, 1758
wild boar	<i>Sus scrofa</i> Linnaeus, 1758
wildcat	<i>Felis silvestris</i> Schreber, 1775
wolf	<i>Canis lupus</i> Linnaeus, 1758
wood mouse	<i>Apodemus sylvaticus</i> (Linnaeus, 1758)
yellow-necked mouse	<i>Apodemus flavicollis</i> (Melchior, 1834)

Enclosure: List in wording of mentioned taxa of large and small mammals. The names are in alphabetical order.

FLORISTIČNA RAZISKAVA ALG V IZBRANIH SLOVENSKIH BARJIH

FLORISTIC RESEARCH OF ALGAE IN SELECTED BOGS OF SLOVENIA

Aleksandra KRIVOGRAD KLEMENČIČ

Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta, Zdravstvena pot 5, SI-1000 Ljubljana; aleksandra.krivograd@zf.uni-lj.si

Izvleček

V osmih barjih v Sloveniji in v Črnem jezeru na Pohorju smo ugotavljali vrstno sestavo in razširjenost taksonov alg. Vzorce alg smo nabirali v različnih letnih časih v letih 2005 in 2006. Raziskovali smo le pritrjene (bentoške) alge. Določili smo 375 taksonov iz desetih razredov alg, od tega smo 85 taksonov alg v Sloveniji zasledili prvič. 44 za Slovenijo novih taksonov pripada razredu Bacillariophyceae, 14 Zygnematophyceae, 12 Cyanophyceae, 8 Chlorophyceae, 3 Xanthophyceae, 2 Euglenophyceae, 1 Dinophyceae in prav tako 1 razredu Chrysophyceae. Največ za Slovenijo novih taksonov pripada rodovom *Navicula* (12), *Pinnularia* (9) in *Eunotia* (6).

Ključne besede: barja, alge, Slovenija

Abstract

In eight bogs in Slovenia and in the Črno jezero lake on Pohorje the species composition and distribution of algal taxa were determined. Samples of algae were gathered in different seasons in years 2005 and 2006. Only attached (benthic) algae were studied. 375 taxa from ten different classes of algae were determined, of which 85 taxa were observed in Slovenia for the first time. 44 of the first observed taxa belonged to the class Bacillariophyceae, 14 to the class Zygnematophyceae, 12 to the class Cyanophyceae, eight to the class Chlorophyceae, three to the class Xanthophyceae, two to the class Euglenophyceae, one to the class Dinophyceae, and one to the class Chrysophyceae. Most taxa new for Slovenia belonged to genera *Navicula* (12), *Pinnularia* (9) and *Eunotia* (6).

Keywords: bogs, algae, Slovenia

UVOD

Alge so najstarejši prokariotski in evkariotski fotosintetski organizmi. Predstavniki te geografsko najbolj razširjene skupine rastlin so prilagojeni na najrazličnejše življenjske pogoje. Naseljujejo področja z ekstremno nizkimi temperaturami (Arktika, Antarktika), z ekstremno visokimi temperaturami (termalni vrelni), so odporne na visoke pritiske v oceanskih globlinah, na nizke intenzitete svetlobe, visoko stopnjo radiacije ipd. (Cvijan in Blaženčič 1996). Med ekosisteme z ekstremnimi življenjskimi pogoji spadajo tudi barja. Zaradi značilnih pogojev je vzročna povezava med dejavniki okolja ter uspevanjem oziroma prostorsko in količinsko razporeditvijo posameznih rastlinskih vrst zelo tesna in tipična (Martinčič *et al.* 1979). Barja delimo v dve veliki skupini, na visoka (ombrotrofna) in nizka (minerotrofna). Pod pojmom visoka barje razumemo površine, ki so toliko dvignjene nad nivo talne vode, da je v rizosferi živih barjanskih rastlin vsak kontakt s to vodo izključen. Celotni vodni režim teh rastlin je odvisen izključno od padavin (dežja, snega), ob čemer padavine istočasno predstavljajo tudi edini oziroma najpomembnejši vir dotoka mineralnih snovi, če izvzamemo prah, ki ga prinaša veter. Vsa druga barja, kjer vodni režim ni odvisen izključno od padavin, imenujemo nizka barja (Martinčič *et al.* 1979). Alge v barjanskih vodah so se morale prilagoditi neugodnim razmeram. Prva in za mnoge organizme nepremostljiva ovira je nizek pH. Naslednji omejujoč dejavnik je pomanjkanje hranilnih snovi, npr. fosforja in dušika, ki jih je v barju sicer dovolj, vendar jih alge

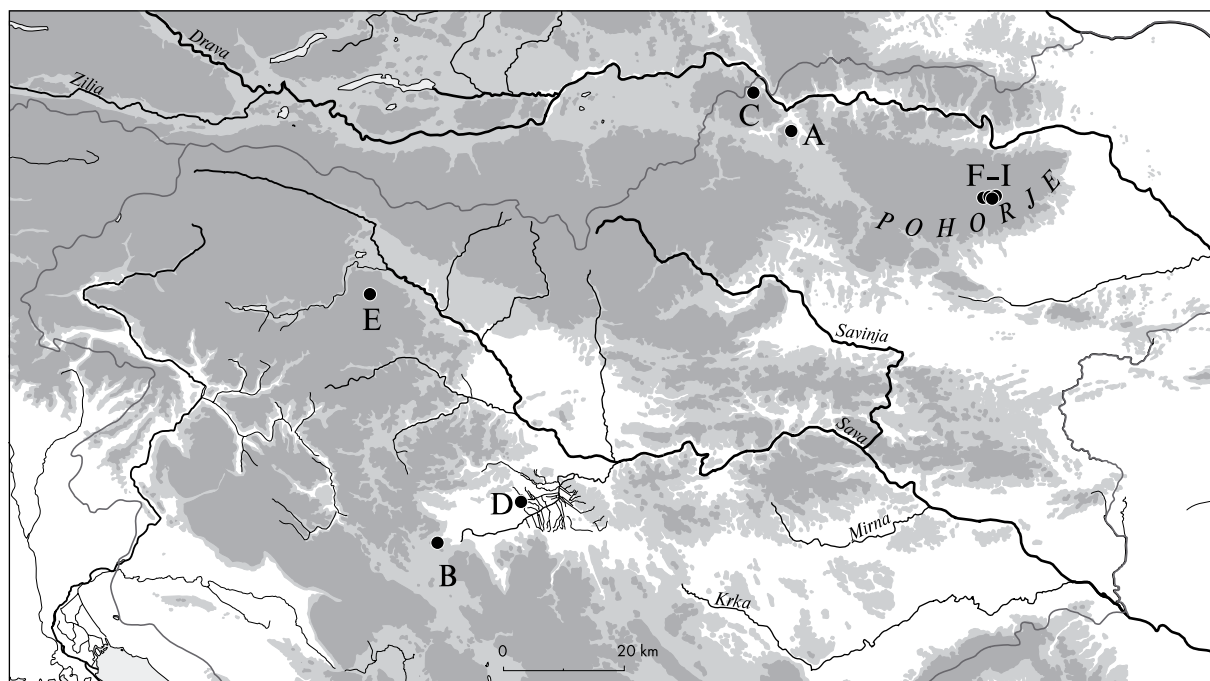
zaradi nepopolnega razkroja organskega materiala ne morejo uporabljati. Tudi temperaturna nihanja na barju so velika. Podnevi se temne površine šote in barjanska voda močno segrejejo, ponoči pa močno ohladijo. Barja so pomembni ekosistemi za ohranjanje biodiverzitete, čeprav je številna barja v preteklosti uničil človek z izkopavanjem šote, melioracijo, črpanjem podtalnice ipd. Biodiverziteti alg je v šotnih barjih lahko zelo visoka, pojavljanje nekaterih vrst alg pa je omejeno le na šotna barja (Lenzenweger 1996).

Namen naše raziskave je bilo določiti vrstno sestavo in pogostost pojavljanja posameznih vrst bentoških alg v izbranih barjih Slovenije in ob tem ugotoviti, katera izbrana barja imajo visoko biodiverziteti alg in v katerih barjih živijo redke in ogrožene vrste alg. Na podlagi pridobljenih rezultatov lahko določimo prednostne naloge za zaščito izbranih barij ter posledično za ohranitev njihove visoke biodiverzitete in s tem funkcije ter vloge za okolje, kot je na primer razstrupljanje onesnaževal (Bacares 2009).

MATERIALI IN METODE DELA

OPIS VZORČNIH MEST

Vzorčna mesta so prikazana na *sliki 1*. V *tabeli 1* so za posamezna vzorčna mesta podane Gauss-Krügerjeve koordinate, površina, geološka podlaga, zasenčenost, vodna površina ter opis substrata, na katerem smo nabirali vzorce alg.



Sl. 1: Zemljevid Slovenije z označenimi vzorčnimi mesti. Za oznake vzorčnih mest glej *tabelo 1*.
 Fig. 1: Map of Slovenia with marked sample sites. For sampling site labels see *table 1*.

Tab. 1: Seznam vzorčnih mest z Gauss-Krügerjevimi koordinatami, površino, geološko podlago, zasenčenostjo, prosto vodno površino in opisom substrata, na katerem smo nabirali vzorce alg.

Table 1: List of sampling sites with Gauss-Krüger coordinates, surface area, bedrock, shading, free water surface and description of substrata on which algae samples were collected.

Oznaka Label	Vzorčno mesto Sampling site	Koordinate Coordinates (Gauss-Krüger)	Površina Surface area (ha)	Geološka podlaga Bedrock	Zasenčenost Shading	Prosta površina Free surface area	Substrat, na katerem smo nabirali vzorce alg Substrata in which algae samples were collected
A	barje na Koroškem Selovcu	X = 5502390 Y = 5156150	0,01	Silikat Silicate	Nezasenčeno Unshaded	Ne No	Potopljeni deli amfibijskih rastlin Submerged parts of amphibious plants
B	barje Žejna dolina	X = 5435660 Y = 5089110	2	Apnenec Limestone	Nezasenčeno Unshaded	Da Yes	Šotni mah Peat moss
C	barje pri Holmcu	X = 5491240 Y = 5156900	2	Silikat Silicate	Delno zasenčeno Partly shaded	Da Yes	Šotni mah, potopljeni in emergentni makrofiti Peat moss, submerged and emergent macrophytes
D	barje Mali plac na Ljubljanskem barju	X = 5452400 Y = 5094400	1,5	Apnenec Limestone	Zasenčeno Shaded	Da Yes	Les, odmrli rastlinski material, emergentni makrofiti Wood, dead plant material, emergent macrophytes
E	barje Ledina na Jelovici	X = 5431535 Y = 5124542	23	Apnenec Limestone	Nezasenčeno Unshaded	Da Yes	Šotni mah, potopljeni in emergentni makrofiti Peat moss, submerged and emergent macrophytes
F	barje nad Tinčevo bajto na Pohorju	X = 5537800 Y = 5148400	0,007	Silikat Silicate	Zasenčeno Shaded	Da Yes	Šotni mah, les, emergentni makrofiti, odmrli organski material Peat moss, wood, emergent macrophytes, dead organic material
G	barje I na poti na Osankarico na Pohorju	X = 5535715 Y = 5144006	0,01	Silikat Silicate	Nezasenčeno Unshaded	Ne No	Šotni mah Peat moss
H	barje II na poti na Osankarico na Pohorju	X = 5535746 Y = 5143880	0,004	Silikat Silicate	Delno zasenčeno Partly shaded	Da Yes	Šotni mah, les, emergentni makrofiti, odmrli organski material Peat moss, wood, emergent macrophytes, dead organic material
I	Črno jezero na Pohorju	X = 5535290 Y = 5144800	1	Silikat Silicate	Nezasenčeno Unshaded	Da Yes	Šotni mah, les, emergentni makrofiti Peat moss, wood, emergent macrophytes

BARJE NA KOROŠKEM SELOVCU

Vzorčno mesto leži pod kmetijo Konečnik na Koroškem Selovcu. Sodi med povirna močvirja, kjer voda ob izviru zastaja.

BARJE ŽEJNA DOLINA

Žejna dolina pri Hotedršici je pretežno naravno ohranjena dolina z nizkimi barji v zgornjem in osrednjem delu. Vzorce smo nabirali v barju na levi strani

ceste proti Hoderšici. Tu uspevajo številne močvirske vrste: navadni mrzličnik (*Menyanthes trifoliata*), boljši šaš (*Carex pulicaris*), močvirska logarica (*Fritillaria meleagris*), močvirski munec (*Eriophorum vaginatum*), loeselijeva grezovka (*Liparis loeselii*), vodna perunika (*Iris pseudacorus*), beli lokvanj (*Nymphaea alba*) in močvirska samoperka (*Parnassia palustris*). Posebnost Žejne doline je, da tu uspevajo kar štiri različne vrste mesojedih rastlin, in sicer dolgolistna rosika (*Drosera anglica*), okroglostna rosika (*Drosera rotundifolia*), navadna mastnica (*Pinguicula vulgaris*) in mala mešinka (*Utricularia minor*).

BARJE PRI HOLMCU

Vzorčno mesto je približno dva kilometra pred mejnim prehodom Holmec na Koroškem. Na eni strani je omejeno z železniškimi tiri, na drugi s smrekovim gozdom. V večji meri ga poraščata šotni mah (*Sphagnum* spp.) in širokolistni rogoz (*Typha latifolia*). Tu uspevajo še enostavni ježek (*Sparganium emersum*), pokončni ježek (*Sparganium erectum*), triprsti mrzličnik (*Menyanthes trifoliata*), navadna kalužnica (*Caltha palustris*), preslice (*Equisetum* spp.), trstičje (*Phragmites australis*), močvirski petoprstnik (*Comarum palustre*) in druge močvirske rastline. Vzorce smo nabirali na različnih delih barja.

BARJE MALI PLAC NA LJUBLJANSKEM BARJU

Barje Mali plac leži v naravnem rezervatu Mali plac na osamelcu Kostanjevica pri Bevkah. Dvignjeno je približno 10 metrov nad barjansko ravnino. Živega barja, kjer bi trajno zastajala voda in bi se v njej tvorila šota, ni. Najbolj razširjena rastlinska vrsta na barju Mali plac je širokolistni rogoz (*Typha latifolia*), katerega sestoji pokrivajo dobro tretjino površine in sestavljajo združbo *Typhetum latifoliae*. Območja s trajno vodo poraščajo še združbe togega šašja (*Caricetum elatae*), kljunastega šašja (*Caricetum rostratae*) in sestoji mlahavega ježka (*Sparganium neglectum*). Ponekod uspeva pestra mešanica različnih amfibijskih vrst, in sicer togi šaš (*Carex elata*), ostrí šaš (*Carex acuta*), kljunasti šaš (*Carex rostrata*), vodna perunika (*Iris pseudacorus*), gozdni sitec (*Scirpus sylvaticus*) in močvirska krpača (*Thelypteris palustris*) (Martinčič 2003).

BARJE LEDINA NA JELOVICI

Barje Ledina leži na dnu zaprte podolgovate doline na južnem delu Jelovice pod Kosmatim vrhom na vznožju Oglovska in Pašnega vrha. Barje je bilo leta 1999 razglašeno za naravni rezervat. Vzorce smo nabirali v manjšem vodnem telesu na jugozahodnem delu barja, ki je ob robu poraslo s šotnimi mahovi (*Sphagnum* spp.), klasastim rmancem (*Myriophyllum spicatum*) in preslicami (*Equisetum* spp.).

BARJE NAD TINČEVO BAJTO NA POHORJU

Vzorčno mesto se nahaja nad Tinčevo bajto na Pohorju. Vodno telo je plitvo, v njem je polno lesnih ostankov in odmrlega rastlinskega materiala, obdajajo ga šotni mahovi (*Sphagnum* spp.) in gozdni sitec (*Scirpus sylvaticus*). V okolici vzorčnega mesta med lesnimi

rastlinami uspevajo smreke (*Picea abies*) in posamezne vrbe (*Salix* sp.).

BARJE I NA POTI NA OSANKARICO

Vzorčno mesto se nahaja na poti od Sv. Treh Kraljev do doma na Osankarici na Pohorju. Barje napaja manjši potoček. Poleg šotnih mahov (*Sphagnum* spp.) uspevajo tu še kljunasti šaš (*Carex rostrata*), različne vrste trav in posamezne smreke (*Picea abies*).

BARJE II NA POTI NA OSANKARICO

Vzorčno mesto se nahaja ob cesti, ki vodi od Sv. Treh Kraljev do doma na Osankarici na Pohorju. Barje obdajajo smreke (*Picea abies*) in posamezne vrbe (*Salix* sp.). Poleg različnih vrst trav tu uspeva tudi navadno ločje (*Juncus effusus*).

ČRNO JEZERO NA POHORJU

Jezero obkroža pas združbe kljunastega šaša (*Caricetum rostratae*), ki prehaja v pas ruševja (*Pinus mugo*) in pozneje v smrekov gozd (*Picea abies*). V združbi kljunastega šaša poleg drugih barjanskih rastlin uspevajo tudi okroglostna rosika (*Drosera rotundifolia*), nožničavi munc (*Eriophorum vaginatum*) in kot floristična posebnost šotna mahova *Sphagnum dusenii* in *Sphagnum riparium*, saj je to njuno edino nahajališče v Sloveniji (Urbanek 1995). Tu uspevajo še posamezne vrbe (*Salix* sp.).

VZORČENJE IN LABORATORIJSKA ANALIZA BENTOŠKIH ALG

Alge smo vzorčili v različnih letnih časih v letih 2005 in 2006 (tabela 2). Na posameznem vzorčnem mestu smo nabrali do štiri vzorce alg, skupno 35 vzorcev na 9 vzorčnih mestih. Hkrati smo na vseh vzorčnih mestih, kjer je bila zadostna količina vode, merili tudi osnovne fizikalne in kemijske dejavnike: pH, temperaturo, električno prevodnost, vsebnost kisika v vodi in nasičenost vode s kisikom s pomočjo WTW prenosnega multimetra (APHA 1992).

Alge smo vzorčili semikvantitativno, na posameznem vzorčnem mestu so bili vzorci izbrani naključno in so vsebovali alge z različnih naselitenih površin. Nabirali smo jih tako, da smo postrgali površino prodnikov, kamnov, skal, makrofitov, potopljenega lesa in drugih potopljenih predmetov (steklenic, pločevink, plastenk ...) in oželi mahove, potopljene v vodi. Vzorce smo pregledali žive, nekatere pa smo že na terenu fiksi-

Tab. 2: Seznam vzorčnih mest z datumi vzorčenja, odebeljeno so zapisani datumi meritev fizikalnih in kemijskih dejavnikov.
 Table 2: List of sampling sites with sampling dates. Dates of measurements of physical and chemical parameters are marked in bold.

Vzorčno mesto / Sampling site	Datumi vzorčenja / Date of sampling
barje na Koroškem Selovcu	9.1.2005, 8.5.2005, 21.8.2005, 31.10.2005
barje Žejna dolina	13.5.2005, 19.8.2005, 9.11.2005 , 16.6.2006
barje pri Holmecu	8.5.2005, 24.7.2005, 31.10.2005, 25.3.2006
barje Mali plac na Ljubljanskem barju	23.1.2005, 26.5.2005, 19.8.2005, 9.11.2005
barje Ledina na Jelovici	28.6.2005, 9.9.2005, 16.11.2005, 22.6.2006
barje nad Tinčevo bajto na Pohorju	27.4.2005, 6.8.2005, 4.11.2005 , 28.5.2006
barje I na poti na Osankarico na Pohorju	21.5.2005, 6.8.2005, 4.11.2005, 28.5.2006
barje II na poti na Osankarico na Pohorju	21.5.2005, 6.8.2005 , 28.5.2006
Črno jezero na Pohorju	21.5.2005, 6.8.2005, 4.11.2005 , 28.5.2006

rali s 35-odstotnim formaldehidom v razmerju ena proti devet, tako da je bila končna koncentracija formaldehida v vzorcih približno 4-odstotna (Schaumburg *et al.* 2004).

V laboratoriju smo vzorce alg pregledali pod svetlobnim mikroskopom Nikon Eclipse E400 in Nikon Eclipse TE300, opremljenim z digitalno kamero Nikon Digital Camera DXM 1200, Japonska, ter s programsko opremo za analizo slike Lucia 4.6, Laboratory Imaging s.r.o., Češka. Da smo lahko določili kremenaste alge do nivoja vrste, smo morali vzorce predhodno primerno obdelati s koncentrirano HNO_3 (Schaumburg *et al.* 2004). Iz očiščenih vzorcev smo pripravili trajne preparate z Naphraxom (Schaumburg *et al.* 2004). Trajne preparate kremenastih alg smo pregledali pod $1000 \times$ in $1200 \times$ povečavo s pomočjo faznega kontrasta. Druge skupine alg smo pregledali pod $600 \times$, $1000 \times$ in $1200 \times$ povečavo, po potrebi smo uporabili fazni kontrast. Posamezne celice alg smo fotografirali, da smo jih lahko identificirali tudi s pomočjo slike na ekranu (tako vidimo celice močno povečane), zato ni bila potrebna takojšnja identifikacija pod mikroskopom. Pri pregledu vzorcev smo ocenili pogostost posameznih taksonov alg na način, kot ga je opisala Grbovič (1994).

Pri določanju alg smo uporabili sledeče določevalne ključe: Heering (1914), Lazar (1960), Starmach (1966–1983), Hindák *et al.* (1978), Krammer in Lange

Bertalot (1997a, b; 2004a, b), Hindák (1996), Lenzenweger (1996–2003), Krammer (2000), Komárek in Anagnostidis (1998; 2005), Hindák (2006), Wołowski in Hindák (2005).

REZULTATI

FIZIKALNI IN KEMIJSKI DEJAVNIKI

Razpon osnovnih fizikalnih in kemijskih dejavnikov na izbranih vzorčnih mestih je prikazan v tabeli 3. Spremembe temperature vode so na vseh vzorčnih mestih sledile spremembam temperature zraka. Največji razpon temperature smo izmerili na vzorčnih mestih Mali plac in barje Ledina. V Črnem jezeru so bile izmerjene vrednosti električne prevodnosti nižje od $50 \mu\text{S}/\text{cm}$. Revni z elektroliti sta bili še vzorčni mesti barje pri Holmecu in barje nad Tinčevo bajto na Pohorju. Najnižje vrednosti pH smo izmerili v Črnem jezeru na Pohorju (5,1–6,2), barju pri Holmecu (5,1–5,6) in barju Ledina na Jelovici (5,5–6,7). Vsebnosti kisika v vodi in nasičenosti vode s kisikom so bile v času meritev najnižje na vzorčnih mestih barje pri Holmecu in barje Ledina na Jelovici v poletnih in jesenskih mesecih, ko so bile temperature vode visoke in je v vodi potekala intenzivna razgradnja organskega materiala.

Tab. 3: Razpon osnovnih fizikalnih in kemijskih dejavnikov na posameznih vzorčnih mestih leta 2005 in 2006 (Krivograd Klemenčič *et al.* 2010). Za oznake vzorčnih mest glej tabelo 1.

Table 3: Range of basic physical and chemical parameters of individual sampling sites in years 2005 and 2006 (Krivograd Klemenčič *et al.* 2010). For sampling site labels see Table 1.

Vzorčno mesto / Sampling site	pH	T [°C]	χ [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	O_2 [mg/L]	O_2 [%]
barje Žejna dolina	7,0–7,9	9,3–14,2	188–441	6,84–8,38	61,4–101,0
barje pri Holmecu	5,1–5,6	3,0–10,6	58–110	0,19–9,53	5,7–80,2
barje Mali plac na Ljubljanskem barju	6,5–6,8	0,9–22,2	115–194	1,05–2,22	9,1–17,7
barje Ledina na Jelovici	5,5–6,7	4,6–25,0	65–211	0,45–2,69	6,5–24,3
barje nad Tinčevo bajto na Pohorju	7,0–7,1	7,3–13,9	53–60	2,71–8,07	32,1–75,8
Barje II na poti na Osankarico na Pohorju	6,4–7,6	10,2–13,4	131–174	5,52–6,63	59,0–70,8
Črno jezero na Pohorju	5,1–6,2	9,4–20,5	24–36	7,27–9,14	90,2–97,1

FLORISTIČNE RAZISKAVE

V osmih barjih in v Črnem jezeru smo skupno identificirali 375 taksonov iz 10 razredov alg (tabela 4). Po številu identificiranih taksonov so prevladovala kremenaste alge s 181 (48 %) taksoni, sledile so Zygnematophyceae z 81 (21 %), Cyanophyceae z 52 (14 %), Chlorophyceae s 42 (11 %), Xanthophyceae z 8 (2 %), Dinophyceae s 3 (1 %), Chrysophyceae s 3 (1 %), Euglenophyceae s 3 (1 %), Charophyceae z 1 (0,5 %) in Florideophyceae prav tako z 1 taksonom (0,5 %). V barju na Koroškem Selovcu smo skupno identificirali 79, v barju Žejna dolina pri Hotedršici 118, v barju pri

Holmcu 59, v barju Mali plac na Ljubljanskem barju prav tako 59, v barju Ledina na Jelovici 125, v Črnem jezeru na Pohorju 105, v barju nad Tinčevo bajto 85, v barju I na poti na Osankarico 51 in v barju II na poti na Osankarico 84 taksonov alg. V vseh devetih barjih so po številu identificiranih taksonov prevladovala kremenaste alge. V barju na Koroškem Selovcu, barju Žejna dolina, barju pri Holmcu, barju Ledina, Črnem jezeru in v barju I na poti na Osankarico so kremenastim algam sledile Zygnematophyceae, v barju II na poti na Osankarico in barju nad Tinčevo bajto Chlorophyceae ter v barju Mali plac na Ljubljanskem barju cianobakterije (Krivograd Klemenčič *et al.* 2010).

Tab. 4: Vrstna sestava alg v izbranih barjih Slovenije (Krivograd Klemenčič *et al.* 2010). S + so označeni taksoni, ki doslej niso bili zabeleženi na območju Slovenije (Krivograd Klemenčič *et al.* 2009). Za oznake vzorčnih mest glej tabela 1.

Table 4: Species composition of algae from selected marshlands of Slovenia (Krivograd Klemenčič *et al.* 2010). Taxa which till now have not been recorded in the area of Slovenia (Krivograd Klemenčič *et al.* 2009) are labelled with +. For sampling site labels see Table 1.

Taxa / Sampling site	A	B	C	D	E	F	G	H	I
PROKARYOTA									
CYANOPHYTA									
CYANOPHYCEAE									
+ <i>Anabaena augstumnalis</i> Schmidle									*
<i>Anabaena inaequalis</i> (Kützing) Bornet & Flahault	*								
<i>Anabaena</i> spp.		*			*	*	*	*	
<i>Aphanocapsa grevillei</i> (Berkeley) Rabenhorst		*		*	*				
+ <i>Aphanocapsa hyalina</i> (Lyngbye) Hansgirg						*			
<i>Aphanocapsa parasitica</i> (Kützing) Komárek & Anagnostidis				*				*	*
<i>Aphanothece microscopica</i> Nägeli			*						
<i>Aphanothece saxicola</i> Nägeli				*					
<i>Aphanothece stagnina</i> (Sprengel) A. Braun			*						
<i>Calothrix</i> spp.			*						
+ <i>Calothrix minima</i> Frémy				*					
<i>Calothrix weberi</i> Schmidle			*					*	
<i>Chroococcus limneticus</i> Lemmermann				*					
<i>Chroococcus membraninus</i> (Meneghini) Nägeli		*							
+ <i>Chroococcus obliteratus</i> Richter		*							
+ <i>Chroococcus prescottii</i> Drouet & Daily		*							
+ <i>Chroococcus quaternarius</i> Zalessky				*					
<i>Chroococcus turgidus</i> (Kützing) Nägeli		*			*				*
<i>Coelomorion pusillum</i> (Van Goor) Komárek		*							
+ <i>Cyanothece major</i> (Schröter) Komárek		*							
<i>Cylindrospermum</i> sp.					*				
<i>Geitlerinema splendidum</i> (Greville ex Gomont) Anagnostidis	*							*	
<i>Gloeocapsa compacta</i> Kützing							*		
<i>Gloeocapsa magma</i> (Brébisson) Hollerbach				*					
<i>Gomphosphaeria aponina</i> Kützing		*							
<i>Heterolebleinia</i> spp.				*					
<i>Leptolyngbya</i> spp.						*			
<i>Leptolyngbya valderiana</i> (Gomont) Anagnostidis & Komárek	*								
+ <i>Limnothrix redekei</i> (Van Goor) Meffert								*	
+ <i>Merismopedia hyalina</i> (Ehrenberg) Kützing			*						
<i>Merismopedia punctata</i> Meyen		*							

Taxa / Sampling site	A	B	C	D	E	F	G	H	I
<i>Microcystis wesenbergii</i> (Komárek) Komárek				*					
<i>Nostoc commune</i> Vaucher		*	*					*	
<i>Nostoc paludosum</i> Kützing					*				
<i>Nostoc verrucosum</i> Vaucher								*	
<i>Oscillatoria anguina</i> (Bory) Gomont					*				
<i>Oscillatoria princeps</i> Vaucher		*			*				
<i>Oscillatoria subbrevis</i> Schmidle								*	
<i>Oscillatoria tenuis</i> Agardh ex Gomont					*				
<i>Phormidium aerugineo-coeruleum</i> (Gomont) Anagnostidis & Komárek	*								
<i>Phormidium amoenum</i> Kützing								*	
<i>Phormidium breve</i> (Kützing ex Gomont) Anagnostidis & Komárek				*					
<i>Phormidium formosum</i> (Bory) Anagnostidis & Komárek		*			*				
<i>Phormidium interruptum</i> Kützing						*			
<i>Phormidium</i> spp.		*	*		*				*
+ <i>Pseudanabaena biceps</i> Böcher		*							
<i>Pseudanabaena catenata</i> Lauterborn		*							
<i>Pseudanabaena</i> sp.					*				
<i>Tolypothrix</i> sp.								*	
<i>Tychonema bornetii</i> (Zukal) Anagnostidis & Komárek		*			*				
+ <i>Woronichinia elorantae</i> Komárek & Komárková-Legnerová			*						
<i>Woronichinia</i> sp.					*				
EUKARYOTA									
EUGLENOPHYTA									
EUGLENOPHYCEAE									
<i>Euglena</i> spp.			*				*		
+ <i>Euglena anabaena</i> Mainx								*	
+ <i>Phacus alatus</i> Klebs									*
DINOPHYTA									
DINOPHYCEAE									
+ <i>Amphidinium sphagnicola</i> Conrad		*							
<i>Gymnodinium</i> spp.			*	*	*				
<i>Peridinium</i> sp.								*	
HETEROKONTOPHYTA									
XANTHOPHYCEAE									
<i>Botryochloris minima</i> Pascher						*			*
+ <i>Characiopsis anas</i> Pascher									*
+ <i>Characiopsis tuba</i> (Hermann) Lemmermann					*				
+ <i>Gloeobotrys bichlorus</i> Ettl					*				
<i>Ophiocytium cochleare</i> A. Braun	*	*			*	*		*	*
<i>Ophiocytium lagerheimii</i> Lemmermann						*		*	*
<i>Tribonema affine</i> West			*					*	
<i>Vaucheria</i> spp.				*				*	
CHRYSTOPHYCEAE									
<i>Dinobryon sertularia</i> Ehrenberg	*				*				*
+ <i>Stylopyxis</i> sp.				*					
<i>Synura uvella</i> Ehrenberg						*			
BACILLARIOPHYCEAE									
<i>Achnanthes coarctata</i> (Brébisson) Grunow				*					
<i>Achnanthes flexella</i> (Kützing) Brun		*			*				
<i>Achnanthes hungarica</i> (Grunow) Grunow			*	*	*				
<i>Achnanthes laevis</i> Oestrup		*							
<i>Achnanthes lanceolata</i> (Brébisson) Grunow	*	*	*		*	*		*	*
<i>Achnanthes minutissima</i> Kützing	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Taxa / Sampling site	A	B	C	D	E	F	G	H	I
<i>Achnanthes oblongella</i> Oestrup		*							*
<i>Achnanthes petersenii</i> Hustedt		*			*				*
<i>Achnanthes</i> spp.	*			*					
+ <i>Achnanthes subatomoides</i> (Hustedt) Lange-Bertalot						*	*		*
<i>Amphipleura pellucida</i> (Kützing) Kützing		*			*				
<i>Amphora libyca</i> Ehrenberg		*			*	*			
<i>Amphora montana</i> Krasske	*								
<i>Amphora pediculus</i> (Kützing) Grunow								*	
<i>Anomoeoneis brachysira</i> (Brébisson) Grunow							*		*
<i>Anomoeoneis styriaca</i> (Grunow) Hustedt		*							
<i>Anomoeoneis vitrea</i> (Grunow) Ross		*			*				*
+ <i>Aulacoseira distans</i> (Ehrenberg) Simonsen									*
<i>Caloneis alpestris</i> (Grunow) Cleve		*							
<i>Caloneis bacillum</i> (Grunow) Cleve	*								
+ <i>Caloneis leptosoma</i> (Grunow) Krammer	*								
<i>Caloneis silicula</i> (Ehrenberg) Cleve		*			*				
<i>Caloneis</i> spp.	*							*	
<i>Caloneis tenuis</i> (Gregory) Krammer	*	*			*				
<i>Cocconeis neodiminuta</i> Krammer						*			
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg		*	*	*		*	*		
<i>Cyclotella bodanica</i> Grunow		*							
<i>Cyclotella distinguenda</i> Hustedt					*				
+ <i>Cyclotella glabriuscula</i> (Grunow) Hakansson		*							
<i>Cyclotella</i> spp.		*							
<i>Cymatopleura solea</i> var. <i>apiculata</i> (W. Smith) Ralfs			*						
<i>Cymbella affinis</i> Kützing		*			*				
<i>Cymbella amphicephala</i> Nägeli		*							
+ <i>Cymbella amphicephala</i> var. <i>hercynica</i> (Schmidt) Cleve								*	
<i>Cymbella aspera</i> (Ehrenberg) Cleve		*	*		*	*		*	
<i>Cymbella cesatii</i> (Rabenhorst) Grunow		*			*				*
<i>Cymbella cistula</i> (Ehrenberg) Kirchner					*				
<i>Cymbella cymbiformis</i> Agardh		*			*				
<i>Cymbella delicatula</i> Kützing		*		*			*		
<i>Cymbella gracilis</i> (Ehrenberg) Kützing	*		*			*	*		*
<i>Cymbella incerta</i> (Grunow) Cleve					*				
<i>Cymbella mesiana</i> Cholnoky	*								
<i>Cymbella microcephala</i> Grunow		*			*	*		*	
<i>Cymbella minuta</i> Hilse			*						
<i>Cymbella naviculiformis</i> Auerswald	*				*	*		*	*
<i>Cymbella perpusilla</i> Cleve-Euler	*						*		
<i>Cymbella silesiaca</i> Bleisch	*	*		*	*	*		*	
<i>Cymbella sinuata</i> Gregory					*	*			
<i>Cymbella</i> spp.	*								
<i>Cymbella subaequalis</i> Grunow		*						*	
+ <i>Cymbella subcuspidata</i> Krammer					*				
<i>Denticula kuetzingi</i> Grunow		*						*	
<i>Denticula tenuis</i> Kützing	*	*		*	*	*			
<i>Diatoma anceps</i> (Ehrenberg) Kirchner	*								
<i>Diatoma mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing					*	*			*
<i>Diatoma moniliformis</i> Kützing						*	*		
<i>Diatoma vulgare</i> Bory					*	*	*		
<i>Diploneis elliptica</i> (Kützing) Cleve		*			*	*			
<i>Diploneis oblongella</i> (Nägeli) Cleve-Euler		*						*	

Taxa / Sampling site	A	B	C	D	E	F	G	H	I
+ <i>Diploneis petersenii</i> Hustedt	*				*	*		*	
<i>Diploneis</i> spp.	*								
<i>Epithemia adnata</i> (Kützing) Brébisson		*				*			
<i>Eunotia arcus</i> Ehrenberg		*			*	*	*		
<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehrenberg) Mills	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Eunotia exigua</i> (Brébisson ex Kützing) Rabenhorst	*		*			*	*	*	*
+ <i>Eunotia implicata</i> Nörpel	*		*			*	*	*	*
+ <i>Eunotia incisa</i> Gregory				*					*
+ <i>Eunotia meisteri</i> Hustedt			*						
<i>Eunotia microcephala</i> Krasske							*		
+ <i>Eunotia nymanniana</i> Grunow							*		
<i>Eunotia paludosa</i> var. <i>paludosa</i> Grunow							*		*
+ <i>Eunotia paludosa</i> var. <i>trinacria</i> (Grunow) Nörpel							*		*
<i>Eunotia praerupta</i> Ehrenberg		*			*				*
+ <i>Eunotia serra</i> var. <i>tetraodon</i> (Ehrenberg) Nörpel							*		
<i>Eunotia</i> spp.					*				
<i>Eunotia tenella</i> (Grunow) Hustedt						*	*		*
<i>Fragilaria biceps</i> (Kützing) Lange-Bertalot		*							
<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières	*			*		*	*		*
<i>Fragilaria construens</i> (Ehrenberg) Grunow		*							
<i>Fragilaria construens</i> f. <i>subsalina</i> (Hustedt) Hustedt									*
<i>Fragilaria fasciculata</i> (C. Agardh) Lange-Bertalot		*							
<i>Fragilaria pinnata</i> Ehrenberg					*				
<i>Fragilaria tenera</i> (W. Smith) Lange-Bertalot		*			*			*	
<i>Fragilaria ulna</i> (Nitzsch) Lange-Bertalot		*			*				
<i>Fragilaria virescens</i> Ralfs	*					*	*	*	
<i>Frustulia rhomboides</i> (Ehrenberg) De Toni					*	*	*	*	*
<i>Frustulia vulgaris</i> (Thwaites) De Toni	*				*	*			
<i>Gomphonema acuminatum</i> Ehrenberg				*	*	*			
+ <i>Gomphonema affine</i> Kützing						*			
<i>Gomphonema angustatum</i> (Kützing) Rabenhorst	*				*				*
<i>Gomphonema angustum</i> Agardh		*		*		*			
<i>Gomphonema clavatum</i> Ehrenberg	*			*	*	*		*	
<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg	*	*			*	*	*		*
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing	*	*	*	*	*	*	*	*	*
+ <i>Gomphonema subtile</i> Ehrenberg		*							
<i>Gomphonema truncatum</i> Ehrenberg		*			*	*			
<i>Gyrosigma attenuatum</i> (Kützing) Rabenhorst		*							
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow	*			*	*	*		*	
<i>Mastogloia smithii</i> Thwaites		*							
<i>Meridion circulare</i> var. <i>circulare</i> (Greville) C. A. Agardh				*	*				
+ <i>Meridion circulare</i> var. <i>constrictum</i> (Ralfs) Van Heurck	*					*			
+ <i>Navicula amphibola</i> Cleve					*				
<i>Navicula angusta</i> Grunow	*								
<i>Navicula bryophila</i> Boye Petersen	*	*				*			
<i>Navicula capitatoradiata</i> Germain						*		*	
<i>Navicula contenta</i> Grunow								*	
<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing	*	*		*	*	*		*	
<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot									*
+ <i>Navicula elginensis</i> var. <i>cuneata</i> (M. Møller) Lange-Bertalot	*								
<i>Navicula elginensis</i> var. <i>elginensis</i> (Gregory) Ralfs	*				*				
<i>Navicula gregaria</i> Donkin			*						
+ <i>Navicula hambergii</i> Hustedt	*								

Taxa / Sampling site	A	B	C	D	E	F	G	H	I
+ <i>Navicula heimansii</i> Van Dam & Kooyman		*							*
+ <i>Navicula ignota</i> var. <i>palustris</i> (Hustedt) Lund					*				
+ <i>Navicula jaernefeltii</i> Hustedt									*
<i>Navicula lanceolata</i> (Agardh) Ehrenberg		*							
+ <i>Navicula lapidosa</i> Krasske									*
<i>Navicula minuscula</i> var. <i>minuscula</i> Grunow								*	
<i>Navicula mutica</i> var. <i>mutica</i> Kützing					*			*	
+ <i>Navicula nivaloides</i> Bock									*
+ <i>Navicula placenta</i> Ehrenberg	*								
+ <i>Navicula porifera</i> Hustedt							*		
+ <i>Navicula pupula</i> var. <i>pseudopupula</i> (Krasske) Hustedt					*				
<i>Navicula pupula</i> var. <i>pupula</i> Kützing		*			*	*	*	*	
<i>Navicula radiosa</i> Kützing		*			*			*	
<i>Navicula rhynchocephala</i> Kützing									*
<i>Navicula seminulum</i> Grunow				*					
<i>Navicula</i> spp.	*	*	*	*		*		*	*
<i>Navicula stroemii</i> Hustedt		*							
<i>Navicula subtilissima</i> Cleve					*	*	*		*
+ <i>Navicula tridentula</i> Krasske	*								
<i>Navicula veneta</i> Kützing	*							*	
<i>Neidium affine</i> (Ehrenberg) Pfitzer	*							*	
<i>Neidium ampliatum</i> (Ehrenberg) Krammer								*	*
<i>Neidium bisulcatum</i> (Lagerstedt) Cleve	*		*		*	*	*		
<i>Neidium iridis</i> (Ehrenberg) Cleve					*			*	
<i>Neidium productum</i> (W. Smith) Cleve	*								
<i>Neidium septentrionale</i> Cleve-Euler									*
+ <i>Nitzschia alpina</i> Hustedt	*		*						
<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow					*	*			
<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Grunow		*					*		*
<i>Nitzschia fonticola</i> Grunow	*						*		
<i>Nitzschia frustulum</i> (Kützing) Grunow				*					
<i>Nitzschia gracilis</i> Hantzsch				*					*
+ <i>Nitzschia hantzschiana</i> Rabenhorst			*					*	
<i>Nitzschia linearis</i> (Agardh) W. Smith		*	*		*	*			
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith	*			*	*	*		*	
+ <i>Nitzschia perminuta</i> (Grunow) M. Peragallo		*	*			*	*		*
<i>Nitzschia sinuata</i> var. <i>sinuata</i> (Thwaites) Grunow		*							
<i>Nitzschia</i> spp.			*		*				
+ <i>Pinnularia acrosphaeria</i> Rabenhorst					*				
<i>Pinnularia appendiculata</i> (Agardh) Cleve	*	*	*	*		*	*		
<i>Pinnularia borealis</i> Ehrenberg	*								
+ <i>Pinnularia borealis</i> var. <i>rectangularis</i> Carlson				*					
+ <i>Pinnularia braunii</i> (Grunow) Cleve									*
+ <i>Pinnularia castraregina</i> Krammer	*								
+ <i>Pinnularia divergentissima</i> (Grunow) Cleve									*
<i>Pinnularia gibba</i> Ehrenberg	*	*	*	*	*	*	*	*	*
+ <i>Pinnularia gibba</i> var. <i>linearis</i> Hustedt									*
+ <i>Pinnularia intermedia</i> (Lagerstedt) Cleve						*			
<i>Pinnularia interrupta</i> W. Smith					*	*		*	*
<i>Pinnularia maior</i> (Kützing) Rabenhorst	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehrenberg) Cleve	*			*	*	*	*	*	*
+ <i>Pinnularia nodosa</i> (Ehrenberg) W. Smith	*	*	*						
+ <i>Pinnularia obscura</i> Krasske	*			*		*			

Taxa / Sampling site	A	B	C	D	E	F	G	H	I
<i>Pinnularia rupestris</i> Hantzsch				*			*	*	*
<i>Pinnularia</i> spp.	*			*					
+ <i>Pinnularia stomatophora</i> (Grunow) Cleve	*				*				
<i>Pinnularia subcapitata</i> Gregory	*		*	*		*	*	*	*
<i>Pinnularia viridis</i> (Nitzsch) Ehrenberg	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Rhopalodia gibba</i> (Ehrenberg) O. Müller	*	*							*
<i>Stauroneis acuta</i> W. Smith						*			
<i>Stauroneis anceps</i> Ehrenberg	*					*		*	*
<i>Stauroneis kriegerii</i> Patrick	*			*					
+ <i>Stauroneis legumen</i> (Ehrenberg) Kützing	*								
<i>Stauroneis phoenicenteron</i> (Nitzsch) Ehrenberg	*	*			*	*			*
<i>Stauroneis smithii</i> Grunow						*		*	
+ <i>Stenopterobia curvula</i> (W.Smith) Krammer	*								
<i>Surirella angusta</i> Kützing						*			
<i>Surirella biseriata</i> Brébisson					*				
<i>Surirella</i> spp.	*								
<i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth) Kützing		*	*	*	*	*	*		*
CHLOROPHYTA									
CHLOROPHYCEAE									
<i>Ankistrodesmus falcatus</i> (Corda) Ralfs									*
<i>Apatococcus lobatus</i> (Chodat) J. B. Petersen	*								
+ <i>Asterococcus superbis</i> (Cienowski) Scherffel								*	*
+ <i>Carteria crucifera</i> Korschikoff									*
<i>Chaetophora incrassata</i> (Hudson) Hazen					*				
+ <i>Characium ensiforme</i> Hermann			*						
<i>Chlamydomonas</i> spp.		*	*		*			*	*
<i>Chlorella</i> spp.						*			
<i>Chlorella vulgaris</i> Beijerinck			*						
<i>Draparnaldia plumosa</i> (Vaucher) Agardh									*
<i>Gloeocystis ampla</i> (Kützing) Rabenhorst						*			*
<i>Keratococcus bicaudatus</i> (A. Braun) Boye-Petersen								*	
<i>Klebsormidium flaccidum</i> (Kützing) Silva, Mattox & Blackwell						*	*		*
+ <i>Microspora abbreviata</i> (Rabenhorst) Lagerheim						*		*	
<i>Microspora floccosa</i> (Vaucher) Thuret					*				
<i>Microspora pachyderma</i> (Wille) Lagerheim									*
+ <i>Microspora palustris</i> var. <i>minor</i> Wichmann							*		
<i>Microspora stagnorum</i> (Kützing) Lagerheim	*								
<i>Microthamnion kuetzingianum</i> Nägeli			*			*		*	*
<i>Oedogonium</i> spp.		*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Oocystis parva</i> West & West			*						
<i>Oocystis solitaria</i> Wittrock		*							*
<i>Oocystis</i> sp.								*	
<i>Palmodictyon varium</i> (Nägeli) Lemmermann			*						
<i>Pandorina morum</i> (O. F. Müller) Bory			*					*	
<i>Scenedesmus brasiliensis</i> Bohlin				*	*			*	
<i>Scenedesmus ecornis</i> (Ralfs) Chodat									*
+ <i>Scenedesmus maximus</i> (W. & G.S. West)					*				
+ <i>Scenedesmus ovalternus</i> Chodat		*							
<i>Scenedesmus serratus</i> (Corda) Bohlin								*	
<i>Scenedesmus</i> sp.					*				
<i>Scenedesmus velitaris</i> Komárek								*	
<i>Stigeoclonium farctum</i> Berthold									*
<i>Stigeoclonium subuligerum</i> Kützing						*			

Taxa / Sampling site	A	B	C	D	E	F	G	H	I
<i>Stigeoclonium tenue</i> Kützing				*		*			*
<i>Trentepohlia aurea</i> (L.) Martius	*	*	*					*	
<i>Ulothrix aequalis</i> Kützing				*					
<i>Ulothrix variabilis</i> Kützing					*			*	
+ <i>Uronema elongatum</i> Hodgetts	*								
ZYGNETOPHYCEAE									
<i>Actinotaenium palangula</i> (Brébisson) Teiling			*						
<i>Actinotaenium</i> sp.									*
<i>Actinotaenium turgidum</i> (Brébisson) Teiling		*							
<i>Closterium abruptum</i> W. West					*				
<i>Closterium attenuatum</i> Ralfs					*			*	
+ <i>Closterium costatum</i> Corda ex Ralfs									*
<i>Closterium diana</i> Ehrenberg ex Ralfs		*			*				
<i>Closterium ehrenbergii</i> Meneghini ex Ralfs				*					
<i>Closterium incurvum</i> Brébisson									*
<i>Closterium intermedium</i> Ralfs					*				*
<i>Closterium kuetzingii</i> Brébisson		*			*				
<i>Closterium leibleinii</i> Kützing ex Ralfs								*	*
<i>Closterium lineatum</i> Ehrenberg				*	*				
<i>Closterium moniliferum</i> (Bory) Ehrenberg ex Ralfs				*		*			
<i>Closterium navicula</i> (Brébisson) Lütkemüller						*			
<i>Closterium parvulum</i> Nägeli	*	*		*	*	*			
<i>Closterium ralfsii</i> Brébisson ex Brébisson		*							
+ <i>Closterium ralfsii</i> var. <i>hybridum</i> Rabenhorst					*				
<i>Closterium rostratum</i> Ehrenberg ex Ralfs					*				*
<i>Closterium</i> spp.		*		*	*				
<i>Closterium striolatum</i> Ehrenberg ex Ralfs				*	*	*			*
<i>Cosmarium botrytis</i> Meneghini		*			*				
<i>Cosmarium cucumis</i> (Corda) Ralfs					*				
+ <i>Cosmarium depressum</i> f. <i>minuta</i> Heimerl									*
+ <i>Cosmarium furcatospermum</i> W. & G.S. West									*
<i>Cosmarium granatum</i> Brébisson		*							
<i>Cosmarium holmiense</i> var. <i>integrum</i> Lundell					*				
<i>Cosmarium impressulum</i> Elfving		*							
<i>Cosmarium leave</i> Rabenhorst								*	
+ <i>Cosmarium microsphinctum</i> var. <i>crispulum</i> Nordstedt		*							
<i>Cosmarium obtusatum</i> (Schmidle) Schmidle		*							
<i>Cosmarium ochthodes</i> Nordstedt			*						
<i>Cosmarium pachydermum</i> Lundell		*							
<i>Cosmarium perforatum</i> Lundell					*				
<i>Cosmarium punctulatum</i> Brébisson		*							
+ <i>Cosmarium pygmaeum</i> var. <i>heimerlii</i> (W.&G.S.West) Krieger & Gerloff									*
<i>Cosmarium quadratum</i> Ralfs							*		
<i>Cosmarium quadrum</i> Lundell		*							
<i>Cosmarium regnellii</i> Wille					*				
<i>Cosmarium</i> spp.	*	*						*	*
<i>Cosmarium subcucumis</i> Schmidle	*								
<i>Cosmarium subgranatum</i> (Nordstedt) Lütkemüller					*				
<i>Cosmarium tetraophthalmum</i> (Kützing) Brébisson		*							
+ <i>Cosmarium vexatum</i> var. <i>lacustre</i> Messikommer		*						*	
<i>Cylindrocystis brebissonii</i> Meneghini		*					*		*
<i>Desmidium swartzii</i> (Agardh) Agardh ex Ralfs					*				
+ <i>Euastrum ansatum</i> var. <i>pyxidatum</i> Delponte			*						

Taxa / Sampling site	A	B	C	D	E	F	G	H	I
<i>Euastrum bidentatum</i> Nägeli					*				
<i>Euastrum binale</i> (Turpin) Ehrenberg			*						*
<i>Euastrum oblongum</i> (Greville) Ralfs			*						
<i>Hyalotheca dissiliens</i> (J. E. Smith) Brébisson ex Ralfs					*				
+ <i>Hyalotheca dissiliens</i> f. <i>bidentula</i> (Nordst.) Boldt					*				
<i>Micrasterias crux-melitensis</i> (Ehrenberg) Hassall ex Ralfs					*				
<i>Micrasterias rotata</i> (Greville) Ralfs ex Ralfs			*						
+ <i>Micrasterias thomasi</i> Archner									*
<i>Mougeotia</i> spp.	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Netrium digitus</i> (Ehrenberg) Itzigs. & Rothe		*	*				*		*
<i>Penium polymorphum</i> (Perty) Perty									*
<i>Pleurotaenium ehrenbergii</i> (Brébisson) de Bary					*				
<i>Pleurotaenium trabecula</i> (Ehrenberg) Nägeli		*			*			*	
+ <i>Pleurotaenium trabecula</i> var. <i>crassum</i> Wittrock			*						
<i>Spirogyra</i> spp.		*			*			*	
<i>Spondylosium pulchellum</i> Archner									*
<i>Staurastrum alternans</i> (Brébisson) Ralfs		*							
+ <i>Staurastrum brachiatum</i> Ralfs									*
<i>Staurastrum echinatum</i> Brébisson ex Ralfs					*				
<i>Staurastrum muricatum</i> (Brébisson) Ralfs									*
<i>Staurastrum muticum</i> (Brébisson) Ralfs					*				
<i>Staurastrum polymorphum</i> Brébisson									*
<i>Staurastrum punctulatum</i> Brébisson	*								*
<i>Staurastrum</i> sp.					*				
<i>Stauroidesmus dejectus</i> (Brébisson ex Ralfs) Teiling		*							*
+ <i>Stauroidesmus extensus</i> var. <i>isthmus</i> (Heimerl) Coes.									*
+ <i>Stauroidesmus triangularis</i> (Lagerheim) Teiling									*
<i>Teilingia granulata</i> (Roy & Biss.) Bourrelly		*							*
<i>Tetmemorus laevis</i> (Kützing) ex Ralfs							*		*
<i>Zygnema</i> spp.		*	*		*		*	*	*
CHAROPHYCEAE									
<i>Chara</i> sp.		*							
RHODOPHYTA									
FLORIDEOPHYCEAE									
<i>Audouinella chalybea</i> (Lyngbye) Fries									*

RAZPRAVA

FIZIKALNI IN KEMIJSKI DEJAVNIKI

Nizke temperature v zimskem obdobju na barju Mali plac (0,9 °C) in barju pri Holmcu (3 °C) so bile posledica pokritosti proste vodne površine z ledom. Ostala vzorčna mesta v času vzorčenja niso bila zamrznjena. V poletnem obdobju so temperature vode v barju na Jelovici dosegle do 25 °C, predvsem zaradi plitve stoječe vode in sončne lege. V večini primerov smo v poletnem obdobju izmerili višjo temperaturo vode na nezasenčenih vzorčnih mestih, medtem ko v zimskem obdobju ni bilo opaznih razlik med zasenčenimi in nezasenčenimi vzorčnimi mesti. Nizka elektroprevodnost in nizek pH v Črnem jezeru ter v barju pri Holmcu in barju nad Tin-

čevo bajto sta najverjetneje posledica silikatne geološke podlage. Negro *et al.* (2003) poročajo, da se fizikalni in kemijski dejavniki vode spreminjajo tudi v odvisnosti od geološke podlage. Elektroprevodnost, pH, vsebnost kalcija in karbonatno-bikarbonatni sistem imajo velik vpliv na razvoj in strukturo združb alg, še posebej na razvoj in strukturo združb kremenastih alg in leptok (Dell'Uomo in Pellegrini 1993). V poletnem obdobju smo opazili povišane vrednosti pH v nekaterih barjih (Ledina, barje II na poti na Osankarico, Žejna dolina), kljub nizkim izmerjenim vrednostim elektroprevodnosti. Razlog so lahko visoke poletne temperature, ki favorizirajo visoko fotosintetsko aktivnost, posledica katere je povišan pH tudi ob nizki električni prevodnosti, majhnih količinah nutrientov in kationov (Muñoz *et al.* 2003). Rauch *et al.* (2006) so ugotovili, da je elektropre-

vodnost poleg pH najpomembnejši okoljski dejavnik, ki vpliva na razporeditev združb alg. Wheeler in Proctor (2000) sta razdelila barja na tista, ki imajo pH nižji od 5,5 (visoka barja), in tista s pH višjim od 5,5 pH (nizka barja). Glede na izmerjene pH vrednosti vsa preiskovana barja sodijo med nizka barja.

Prostorske in časovne spremembe fizikalnih in kemijskih dejavnikov vplivajo na pojavljanje in relativno pogostost posameznih vrst alg, hkrati pa tudi na specifično sestavo njihovih združb (Rauch *et al.* 2006).

FLORISTIČNE RAZISKAVE

V vseh preiskovanih barjih so po številu identificiranih vrst prevladovali **Bacillariophyceae (kremenaste alge)**. Mataloni in Tell (1996), Watanabe *et al.* (2000), Krivograd Klemenčič in Vrhovšek (2003), Negro *et al.* (2003) in Borics *et al.* (2003) so ugotovili, da so v barjih ponavadi prevladujoče kremenaste alge, medtem ko so bile v barjih, ki so jih preučevali Watanabe *et al.* (2000) in Muñoz *et al.* (2003), prevladujoče zelene alge iz reda Desmidiiales. Med kremenastimi algami se je največkrat pojavljala vrsta *Tabellaria flocculosa*, ki je bila prisotna v sedmih od devetih preiskovanih barjih. Manjkala je le v barju na Koroškem Selovcu in v barju II na poti na Osankarico, ki nista šotni barji. *T. flocculosa* se je masovno pojavljala v barju Ledina na Jelovici in v Črnem jezeru, v preostalih barjih je bila posamična. Pojavljanje vrste *T. flocculosa* je odvisno predvsem od pH vodnega telesa. Patrick (1977) je zapisal, da v vodah z nizkim pH, kjer je veliko huminskih kislin, med kremenastimi algami prevladuje vrsta *T. flocculosa*, pogosti so tudi rodovi *Eunotia*, *Frustulia* in *Pinnularia*. V preiskovanih barjih je bil rod *Eunotia* skupno zastopan s 13 taksoni, rod *Frustulia* z dvema taksonoma in rod *Pinnularia* z 20 taksoni. Največje število vrst iz rodov *Eunotia* in *Pinnularia* smo zaznali v šotnih barjih Črno jezero, barje I na poti na Osankarico in barje nad Tinčevo bajto, kjer je bil pH kisel, vrednosti električne prevodnosti pa nizke. Visoko število vrst rodu *Pinnularia* smo ugotovili tudi v barju na Koroškem Selovcu (11) in barju Mali plac na Ljubljanskem barju (10). Med identificiranimi taksoni kremenastih alg je bila tudi vrsta *Nitzschia gracilis* (Črno jezero, barje Mali plac), ki je značilna vrsta evropskih šotnih barjih (Muñoz *et al.* 2003). Vrsta *Enotia exigua* je bila prisotna v vseh štirih vzorcih, nabranih v barju I na poti na Osankarico (ožet šotni mah). *E. exigua* sodi med aerofitske oziroma briofitske vrste in naseljuje šotne otoke tudi, kadar so ti popolnoma suhi (Kingston 1982). Masovno so se pojavljali še taksoni *Achnanthes minutissima* (Žejna dolina, Ledina), *Anomooneis vitrea* (Žejna dolina), *Eunotia bilunaris* (Holmec), *Navicula radiosa* (Ledina, barje II) in *Nitzschia hantzschiana* (barje II). *A. vitrea* je značilna vrsta kisljih barjih z razponom pojavljanja od 3,6 do 6,5 pH (Pouličková *et al.* 2001). V vseh

osmih barjih in v Črnem jezeru so bile prisotne vrste *Achnanthes minutissima*, *Eunotia bilunaris*, *Gomphonema parvulum*, *Pinnularia gibba* in *P. maior*. Naštete vrste so splošno razširjene, prisotne so tudi v barjih drugod po svetu (Mataloni in Tell 1996; Mataloni 1999; Pietryka 2000; Watanabe *et al.* 2000; Nováková 2002; Negro *et al.* 2003; Muñoz *et al.* 2003; Krivograd Klemenčič in Vrhovšek 2003).

Taksoni iz reda **Desmidiiales (lepotke)** so bili v večjem številu zastopani v barjih Žejna dolina (23), Ledina (27) in Črnem jezeru (26); vsa tri barja so šotna. Šibko kisle barjanske vode so pravo življenjsko okolje lepotk, ki imajo tu tudi najvišjo vrstno diverziteteto (Dell'Uomo in Pellegrini 1993). Lepotke potrebujejo za uspevanje poleg kislega pH tudi oligotrofne pogoje, kot so v šotnih barjih, kjer šotni mahovi porabljajo hranila iz vode (Muñoz *et al.* 2003). V naši raziskavi so bili vsi predstavniki lepotk prisotni le posamično. Tudi raziskave drugih avtorjev potrjujejo, da se lepotke v barjih pojavljajo v velikem številu vrst, vendar v majhni zastopanosti osebkov posameznih vrst (Dell'Uomo in Pellegrini 1993; Krivograd Klemenčič in Vrhovšek 2003; Muñoz *et al.* 2003; Mataloni 1999). Z najvišjim številom taksonov sta bila zastopana rodova *Cosmarium* (24) in *Closterium* (18). Lepotke so se pojavljale v večjem številu v vodnih očesih (Ledina, Žejna dolina), v barju I na poti na Osankarico, kjer ni bilo proste vodne površine in smo vzorčili alge na šotnih otokih, pa smo ugotovili le štiri predstavnike lepotk (*Cosmarium quadratum*, *Cylindrocystis brebissonii*, *Netrium digitus* in *Tetmemorus laevis*). Tudi Muñoz *et al.* (2003) so ugotovili, da se v šotnih barjih lepotke pojavljajo predvsem v vodnih očesih, za dvignjena območja barjih pa so manj značilne. Med predstavniki razreda **Zygnematophyceae (jarmovke)** so se masovno pojavljali še taksoni *Mougeotia* spp. (Žejna dolina, Mali plac, Ledina, barje II), *Spirogyra* spp. (Žejna dolina, Ledina) in *Zygnema* sp. (Žejna dolina).

Predstavniki razreda **Chlorophyceae (zelene alge)** so bili zastopani v vseh devetih barjih, z največjim številom vrst v Črnem jezeru, barju pri Holmcu in v barju II na poti na Osankarico. V Črnem jezeru je bila maja 2005 prevladujoča vrsta *Microspora pachyderma*, pogosto so se pojavljale vrste *Stigeoclonium tenue* (Mali plac, Črno jezero, barje nad Tinčevo bajto), vrste iz rodu *Oedogonium* (Ledina, Črno jezero, barje nad Tinčevo bajto), *Draparnaldia plumosa* (Črno jezero) in *Chlamydomonas* sp. (barje II na poti na Osankarico). Nekateri izmed naštetih taksonov (*Stigeoclonium*, *Oedogonium*, *Chlamydomonas*) nakazujejo na povečano količino nutrientov v oligotrofnih barjih pri nizkih vrednostih pH. O pojavljanju vrste *Microspora pachyderma* v šotnih barjih na Poljskem poroča tudi Pietryka (2000).

Iz razreda **Dinophyceae** smo v barjih identificirali tri taksoni. *Amphidinium sphagnicola* je bil prisoten v barju Žejna dolina in je za Slovenijo nova vrsta. Vrsti iz rodu *Gymnodinium* sta bili masovno prisotni meseca

maja v barju pri Holmcu in januarja v barju Mali plac, takson *Peridinium* sp. pa smo identificirali v barju II na poti na Osankarico. O masovnem pojavljanju vrst iz rodov *Gymnodinium* in *Peridinium* v šotnem barju (Wisconsin, ZDA) poročajo Graham *et al.* (2004), našeti trije rodovi pa so značilni tudi za evropska barja (Nováková 2002; Muñoz *et al.* 2003; Rauch *et al.* 2006).

Cyanophyceae (cianobakterije) so bile v večjem številu vrst prisotne v barjih Žejna dolina, Holmec, Mali plac, Ledina in v barju II na poti na Osankarico, redke pa so bile v barju I na poti na Osankarico, kjer smo določili samo taksona *Anabaena* sp. in *Gloeocapsa compacta*. Vrste iz rodu *Anabaena* so značilne za otoke šotnega mahu (Muñoz *et al.* 2003), saj jim fiksacija atmosferskega dušika omogoča dobro uspevanje v oligotrofnih šotnih barjih (Basilier *et al.* 1978). Masovno se je pojavljala vrsta *Phormidium amoenum* v barju II na poti na Osankarico, pogoste so bile vrste *Aphanothece microscopica* (Holmec), *Merismopedia hyalina* (Holmec), *Geitlerinema splendidum* (Koroški Selovec, barje II), *Gomphosphaeria aponina* (Žejna dolina), *Phormidium* sp. (Žejna dolina), *Pseudanabaena biceps* (Žejna dolina), *P. catenata* (Žejna dolina), *Tychonema bornetii* (Žejna dolina, Ledina) in *Anabaena augstumnalis* (Črno jezero). Vrste *A. microscopica*, *G. splendidum* in *P. catenata* so bile prisotne tudi v šotnih barjih na Češkem (Nováková 2002). Pietryka (2000) poroča o prisotnosti vrste *Anabaena augstumnalis*, ki je za Slovenijo nova vrsta, v šotnih barjih na Poljskem, Krivograd Klemenčič in Vrhovšek (2003) pa o prisotnosti vrste *G. aponina* v Lovrenških jezerih na Pohorju. Cyanophyceae so ponavadi dobri pokazatelji evtrofikacije, vendar tudi drugi avtorji poročajo o cianobakterijah kot pomembnem sestavnem delu združb alg v oligotrofnih okoljih (Krivograd Klemenčič in Vrhovšek, 2003; Muñoz *et al.* 2003, Borics *et al.* 2003; Rauch *et al.* 2006). Cyanophyceae so najpomembnejša skupina alg v vodah z visokimi koncentracijami organskih snovi, ki vodo močno obarvajo. Zaradi nizke intenzivnosti svetlobe v takšnih vodah in fakultativne heterotrofije imajo cianobakterije prednost pred evkariontskimi algami (Muñoz *et al.* 2003). Iz razredov **Euglenophyceae**, **Xanthophyceae**, **Chrysophyceae**, **Florideophyceae** in **Charophyceae** smo v preiskovanih barjih identificirali le nekaj taksonov alg. Predstavniki razreda Euglenophyceae so bili prisotni v barju pri Holmcu, v Črnem jezeru in v barju I in II na poti na Osankarico. Euglenophyceae so značilne za evtrofne vode (Wołowski in Hindák 2005), vendar so prisotne tudi v oligotrofnih šotnih barjih (Mataloni in Tell 1996; Watanabe *et al.* 2000; Muñoz *et al.* 2003; Borics *et al.* 2003; Rauch *et al.* 2006). Prisotnost evglenofitov v oligotrofnih vodah si lahko razložimo z njihovo sposobnostjo aktivnega premikanja, ki jim omogoča doseganje optimalnih svetlobnih razmer in koncentracij nutrientov (Muñoz *et al.* 2003). Muñoz *et al.* (2003) navajajo, da so predstavniki skupine Euglenophyceae še posebej pogosti na dvignjenih območjih

barij (šotnih otokih), to pa potrjuje tudi naša raziskava, ko smo v barju I na Osankarici identificirali vrsto *Euglena* sp. z relativno oceno 3 (pogosta).

ZAKLJUČKI

V izbranih barjih in v Črnem jezeru smo skupno ugotovili 85 taksonov, novih za Slovenijo (Krivograd Klemenčič 2007; Krivograd Klemenčič *et al.* 2009). 44 za Slovenijo novih taksonov pripada razredu Bacillariophyceae, 14 Zygnematophyceae, 12 Cyanophyceae, 8 Chlorophyceae, 3 Xanthophyceae, 2 Euglenophyceae, 1 Dinophyceae in prav tako 1 razredu Chrysophyceae. Največ za Slovenijo novih taksonov pripada rodovom *Navicula* (12), *Pinnularia* (9) in *Eunotia* (6). V barju na Koroškem Selovcu smo identificirali 15, v barju Žejna dolina 13, v barju pri Holmcu 11, 6 v barju Mali plac na Ljubljanskem barju, v barju Ledina 12, v Črnem jezeru 27, v barju nad Tinčevo bajto 10, v barju I na poti na Osankarico 8 in v barju II na poti na Osankarico 9 za Slovenijo novih taksonov. Razlogi za visoko število novo zabeleženih taksonov so predvsem sledeči (Krivograd Klemenčič 2007; Krivograd Klemenčič *et al.* 2009):

1. Nizka stopnja raziskanosti alg na območju Slovenije. V Sloveniji je alge sistematično raziskoval le Lazar (1975). Po letu 1975 so na ozemlju Slovenije delovali posamezni algologi, vendar je bilo raziskovanje alg omejeno predvsem na onesnažene vodotoke in jezera (zadrževalnike). Lazar (1975) je v svojem delu dobro predstavil razrede Chlorophyceae, Zygnematophyceae, Chrysophyceae in Euglenophyceae. V manjši meri je raziskal Cyanophyceae, Chrysophyceae in Xanthophyceae. Za razred Bacillariophyceae pa je v svojem delu (Lazar, 1975) zapisal: "Podatki o diatomejah so zelo pomanjkljivi, ker sem se omejil le na tiste, ki so splošno razširjene in pogoste, ter na take, ki sem jih lahko določil brez večje izgube časa." Domnevamo, da je to tudi eden izmed razlogov, zakaj smo v naši raziskavi ugotovili največ novih taksonov iz skupine kremenastih alg in manj iz skupine cianobakterij, zelenih alg in drugih skupin alg.

2. Neraziskanost izbranih habitatov. V pričujoči raziskavi smo izbrali tista barja, ki do sedaj algološko še niso bila ali pa so bila slabo raziskana, zato težko primerjamo naše rezultate z rezultati preteklih raziskav. Najvišje število novozabeleženih taksonov (28) smo ugotovili v Črnem jezeru na Pohorju, ki je edino jezero s kislim pH v Sloveniji in kot tako predstavlja habitat za veliko vrst alg, ki drugje v Sloveniji ne uspevajo. Barja na območju Slovenije sta raziskovala Pevalek (1924) in Lazar (1975), vendar so mnoga nahajališča (habitati), ki jih opisujeta v svojih delih, nerazpoznava (ni podane natančne lokacije) ali uničena. Večinoma so se njune raziskave osredotočale na barje Šijec (Pokljuka), različna barja na Gorenjskem (Veliko blejsko barje, barje pri Stari Fužini, barje pri Bledu), Lazar (1975) pa je raziskoval

tudi barja na Pohorju. Barja v Sloveniji sta v kasnejšem času raziskovala tudi Krivograd Klemenčič in Vrhovšek (2003), vendar sta se v svoji raziskavi osredotočila le na barje Šijec na Pokljuki in Lovrenška jezera na Pohorju.

3. Prezrtost določenih vrst alg. Veliko vrst alg, predvsem manjših (pod 10 µm), lahko avtorji napačno identificirajo ali pa jih preprosto ne opazijo; lahko jih prezrejo tudi zaradi neustrezne metode vzorčenja. V naši raziskavi za identifikacijo kremenastih alg nismo uporabljali elektronskega mikroskopa predvsem zaradi težav s pripravo vzorcev za elektronsko mikroskopijo (SEM). Večina naših vzorcev je bila nabrana v stoječih vodah na silikatni podlagi z veliko organskega materiala, ki ga s pripravo vzorcev kremenastih alg s koncentrirano HNO₃ (Schaumburg *et al.* 2004) nismo mogli odstraniti v taki meri, da bi bila z elektronskim mikroskopom

vidna struktura površine celic. Domnevamo, da bi z uporabo primernejšega postopka priprave kremenastih alg za elektronsko mikroskopijo in identifikacije alg s pomočjo elektronskega mikroskopa ugotovili še veliko večje število za Slovenijo novih vrst kremenastih alg.

Za ohranjanje barjanskih vrst alg z vidika pestrosti in specifičnosti habitatov ter vrstne diverzitete so pomembna vsa neonesnažena barja v Sloveniji, kjer še ni večjih posegov človeka. Glede na rezultate naše raziskave pa je med preiskovanimi devetimi barji treba v prvi vrsti zaščititi barje Ledina na Jelovici, barje pri Holmcu na Koroškem, barje Žejna dolina pri Hotedršici ter Črno jezero na Pohorju, saj gre za edinstvene habitate na območju Slovenije z visoko biodiverzitetno redkih barjanskih alg, ki so prav tako ogrožene kot barja, v katerih se nahajajo.

LITERATURA / REFERENCES

- BACARES, E. 2009, Biodiversity, pollutants, and Mediterranean wetlands. – V: Bayona J.M. (ur.) in Garcia J. (ur.) *Proceeding: 3rd Wetland Pollutant Dynamics and Control-WETPOL 2009*, 19–20, Barcelona.
- BASILIER, K., U. GRANHALL in T. STENSTROM 1978, Nitrogen fixation in wet minerotrophic moss communities of a subarctic mire, *Oikos* 31, 236–246.
- BORICS, G., B. TÓTHMÉRÉSZ, I. GRIGORSZKY, J. PADISÁK, G. VÁRBÍRÓ in S. SZABO 2003, Algal assemblage types of bog-lakes in Hungary and their relation to water chemistry, hydrological conditions and habitat diversity, *Hydrobiologia* 502, 145–155.
- CVIJAN, M. in J. BLAŽENČIČ 1996, *Flora algi Srbije. Cyanophyta*, Beograd.
- DELL'UOMO, A. in E. PELLEGRINI 1993, Desmids from a peat-bog in the northern Apennines (Italy), *Algalological Studies* 68, 27–38.
- ETTL H. (ur.), J. GERLOFF (ur.), H. HEYNIG (ur.) in D. MOLLENHAUER (ur.), *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, Stuttgart.
- GRAHAM, J.M., A.D. KENT, G.H. LAUSTER, A.C. YANNARELL, L.E. GRAHAM in E.W. TRIPLETT 2004, Seasonal dynamics of phytoplankton and planktonic protozoan communities in a northern temperate humic lake: diversity in a dinoflagellate dominated system, *Microbial ecology* 48, 528–540.
- GRBOVIČ, J. 1994, *Uporabnost različnih postopkov za oceno kakovosti hudourniških vodotokov*. – Doktorska disertacija, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo, Ljubljana.
- HEERING, W. 1914, Chlorophyceae III. Ulothrichales Microsporales, Oedogoniales. Heft 6. – V: Pascher A. (ur.), *Die Süßwasser-flora Deutschlands, Österreichs und der Schweiz*, Jena.
- HINDÁK, F. 1996, *Ključ na určovanie nerozkorených vlaknitých zelených rias (Ulotrichineae, Ulotrichales, Chlorophyceae)*, Bratislava.
- HINDÁK, F., P. MARVAN, J. KOMÁREK, K. ROSA, J. POPOVSKÝ in O. LHOTSKÝ 1978, *Sladkovodné riasy*, Bratislava.
- HINDÁK, F. 2006, *Zelené kokálne riasy (Chlorococcales, Chlorophyceae) CD*, Bratislava.
- KINGSTON, J.C. 1982, Association and distribution of common diatoms in surface samples from northern Minnesota peatlands, *Nova Hedwigia. Beihefte* 73, 333–346.
- KOMÁREK, J. in K. ANAGNOSTIDIS 1998, Cyanoprokaryota. 1 Teil: Chroococcales. – V: Ettl *et al.* (ur.), *Band 19/1*, Heidelberg, Berlin.
- KOMÁREK, J. in K. ANAGNOSTIDIS 2005, Cyanoprokaryota. 2 Teil: Oscillatoriales. – V: Büdel B. (ur.), L. Krienitz (ur.), G. Gärtner (ur.) in M. Schagerl (ur.), *Süßwasserflora von Mitteleuropa, Band 19/1*, München.
- KRAMMER, K. 2000, The genus *Pinnularia*. – V: Lange-Bertalot (ur.), *Diatoms of Europe, Vol. 1*, Ruggell.
- KRAMMER, K. in H. LANGE-BERTALOT 1997a, Bacillariophyceae. 1. Teil: Naviculaceae. – V: Ettl *et al.* (ur.), *Band 2/1*, Stuttgart.
- KRAMMER, K. in H. LANGE-BERTALOT 1997b, Bacillariophyceae. 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. – V: Ettl *et al.* (ur.), *Band 2/2*, Stuttgart.
- KRAMMER, K. in H. LANGE-BERTALOT 2004a, Bacillariophyceae. 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. – V: Ettl *et al.* (ur.), *Band 2/3*, Stuttgart.
- KRAMMER, K. in H. LANGE-BERTALOT 2004b, Bacillariophyceae. 4. Teil: Achnantheaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema, Gesamtliteraturverzeichnis Teil 1-4. – V: Ettl *et al.* (ur.), *Band 2/4*, Stuttgart.

- KRIVOGRAD KLEMENČIČ, A. in D. VRHOVŠEK 2003, Algae in the peat bogs Lovrenška jezera and Šijec in Slovenia, *Natura Croatica* 12(3), 141–150.
- KRIVOGRAD KLEMENČIČ, A. 2007, *Alge v izbranih vodnih in kopenskih habitatih – floristični in ekološki vidiki*. – Doktorska disertacija, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo, Ljubljana.
- KRIVOGRAD KLEMENČIČ A., M.J. TOMAN in D. BALABANIČ 2009, Records of new algal taxa within various aquatic and aerophytic habitats in Slovenia, *Natura Sloveniae* 11, 5–26.
- KRIVOGRAD KLEMENČIČ, A., N. SMOLARŽVANUT, D. ISTENIČ in T. GRIESSLER-BULC 2010, Algal community patterns in Slovenian bogs along environmental gradients, *Biologia* 65(3), 422–437.
- LAZAR, J. 1960, *Alge Slovenije. Seznam sladkovodnih vrst in ključ za določanje*, Ljubljana.
- LAZAR, J. 1975, *Razširjenost sladkovodnih alg v Sloveniji*, Ljubljana.
- LENZENWEGER, R. 1996, Desmidiaceenflora von Österreich. Teil 1. – V: Kies L. (ur.) in R. Schnetter (ur.), *Bibliotheca phycologica, Band 101*, Berlin-Stuttgart.
- LENZENWEGER, R. 1997, Desmidiaceenflora von Österreich. Teil 2. – V: Kies L. (ur.) in R. Schnetter (ur.), *Bibliotheca phycologica, Band 102*, Berlin-Stuttgart.
- LENZENWEGER, R. 1999, Desmidiaceenflora von Österreich. Teil 3. – V: Kies L. (ur.) in R. Schnetter (ur.), *Bibliotheca phycologica, Band 104*, Berlin-Stuttgart.
- LENZENWEGER, R. 2003, Desmidiaceenflora von Österreich. Teil 4. – V: Kies L. (ur.) in R. Schnetter (ur.), *Bibliotheca phycologica, Band 111*, Berlin-Stuttgart.
- MARTINČIČ, A. 2003, Barje na ljubljanskem barju – nekaj, včeraj, danes in jutri, *Proteus* 65(6), 246–256.
- MARTINČIČ, A., P. VRHUNC, F. BATIČ in D. VRHOVŠEK 1979, Floristično-ekološka omejitev visokih barij v Sloveniji, *Biološki vestnik* 27(1), 49–62.
- MATALONI, G. 1999, Ecological studies on algal communities from Tierra del Fuego peat bogs, *Hydrobiologia* 391, 157–171.
- MATALONI, G. in G. TELL 1996, Comparative analysis of the phytoplankton communities of a peat bog from Tierra del Fuego (Argentina), *Hydrobiologia* 325, 101–112.
- MUÑOZ, J., J.J. ALDASORO, A. NEGRO, C. DE HOYOS in J.C. VEGA 2003, Flora and water chemistry in a relict mire complex: the Sierra Segundera mire area (Zamora, NW Spain), *Hydrobiologia* 495, 1–16.
- NEGRO, A.I., C. DE HOYOS in J.J. ALDASORO 2003, Diatom and desmid relationships with the environment in mountain lakes and mires of NW Spain, *Hydrobiologia* 505, 1–13.
- NOVÁKOVÁ, S. 2002, Algal flora of subalpine peat bog pools in the Krkonoše Mts, *Preslia* 74, 45–56.
- PATRICK, R. 1977, Ecology of freshwater diatoms and diatom communities. – V: D. Werner (ur.), *The biology of diatoms*, 284–322, Oxford.
- PEVALEK, I. 1924, *Geobotanička i algološka istraživanja cretova u Hrvatskoj i Sloveniji*. Rad Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti, Knjiga 230, 29–117.
- PIETRYKA, M. 2000, Biodiversity of phycoflora of the peat bogs in the Izerskie Mountains, *Opera Corcontica* 37, 351–358.
- POULÍČKOVÁ, A., K. BOGDANOVÁ, P. HEKERA in P. HÁJKOVÁ 2001, Diatom flora of the springs on the borderline between Moravia and Slovakia I. Northeastern part of the territory, *Czech Phycology, Olomouc* 1, 63–68.
- RAUCH, A., C. FESL in M. SCHAGERL 2006, Influence of environmental variables on algal associations from a floating vegetation mat (Schwingmoor Lake Lunzer Obersee, Austria), *Aquatic Botany* 84, 129–136.
- SCHAUMBURG, J., U. SCHMEDTJE, C. SCHRANZ, B. KÖPE, S. SCHNEIDER, P. MEILINGER, G. HOFMANN, A. GUTOWSKI in J. FOERSTER 2004, *Instruction Protocol for the Ecological Assessment of Running Waters for Implementation of the EU Water Framework Directive: Macrophytes and Phytobenthos*, München.
- STARMACH, K. 1966, Cyanophyta - Sinice, Glauciphyta – Glaukofity. – V: Starmach K. (ur.), *Flora słodkowodna polski*, Warszawa.
- STARMACH, K. 1968, Xanthophyceae – Roznowiciowe. – V: Starmach K. (ur.), *Flora słodkowodna polski*, Warszawa.
- STARMACH, K. 1972, Chlorophyta III. Zielonice Nitkovate: Ulotrichales, Ulvales, Prasiolales, Sphaeropleales, Cladophorales, Chaetophorales, Trentepohliales, Siphonales, Dichotomosiphonales. – V: Starmach K. (ur.), *Flora słodkowodna polski*, Warszawa.
- STARMACH, K. 1974, Cryptophyceae, Dinophyceae, Raphidophyceae. – V: Starmach K. (ur.), *Flora słodkowodna polski*, Warszawa.
- STARMACH, K. 1977, Phaeophyta-Brunatnice, Rhodophyta – Krasnorosty. – V: Starmach K. (ur.), *Flora słodkowodna polski*, Warszawa.
- STARMACH, K. 1980, Chrysophyceae - Zlotowiciowce (oraz zooflagellata wolnozyjace). – V: Starmach K. (ur.), *Flora słodkowodna polski*, Warszawa.
- STARMACH, K. 1983, Euglenophyta – Eugleniny. – V: Starmach K. (ur.), *Flora słodkowodna polski*, Warszawa.
- URBANEK, J. 1995, Rastlinstvo pohorskih barij, *Proteus* 57(9-10), 348–351.
- WATANABE, M.M., S. MAYAMA, M. HIROKI in H. NOZAKI 2000, Biomass, species composition and diversity of epipelagic algae in mire pools, *Hydrobiologia* 421, 91–102.
- WHEELER, B.D. in M.C.F. PROCTOR 2000, Ecological gradients, subdivisions and terminology of north-west European mires, *Journal of Ecology* 88, 187–203.
- WOŁOWSKI, K. in F. HINDÁK 2005, *Atlas of Euglenophytes*, Bratislava.

GEOARHEOLOŠKE LASTNOSTI ZAPOLNITEV VRTAČ NA DIVAŠKEM KRASU (JUGOZAHODNA SLOVENIJA)

GEOARCHAEOLOGICAL NATURE OF THE DOLINE INFILLS IN THE DIVAČA KARST REGION (SW SLOVENIA)

Tomaž FABEC

Center za preventivno arheologijo, Zavod za varstvo kulturne dediščine Slovenije, Poljanska 40, SI-1000 Ljubljana;
tomaz.fabec@cpa-rs.si

Izvleček

Z arheološkim sondiranjem sedimentnih zapolnitev številnih vrtač na Divaškem krasu smo pridobili obsežno bazo pedoloških in arheoloških podatkov, na podlagi katerih poskušamo razbrati razvoj kraške krajine v holocenu in vpliv človeka nanjo. Sledovi preteklih človekovih aktivnosti v vrtačah so dovolj jasni, da v njih lahko prepoznamo strategije izrabe in nihanja v njihovi intenzivnosti. Preliminarni rezultati potrjujejo dosedanje teze (npr. Cenni in Bartoli 1999; Mlekuž 2005), da so bile v prazgodovinskem obdobju strategije izrabe vezane predvsem na živinorejo (oziroma pašništvo) in jih je šele v novem veku zamenjal polikulturalni tip kmetijstva, s katerim se oblikuje t. i. agro-kraška krajina (*paysage agro-karstiques*, Nicod 1987).

Ključne besede: Kras, vrtače, geoarheologija, resedimenti, kraška krajina

Abstract

Archaeological sampling of the doline infills from the Divača Karst produced a large database of archaeological and pedological data. This is used as a starting-point to study changes in the Karst landscape and the role of human impact. Traces of past human activity in the doline enable recognition of the rhythms of land-use intensity. Other studies (Cenni in Bartoli 1999; Mlekuž 2005), support the idea, that the main activities in the doline were linked to herding and animal husbandry. They were only recently substituted with new agricultural practices, thus forming the modern, agrarian Karst landscape (*paysage agro-karstiques*, Nicod 1987).

Keywords: Kras, dolines, geoarchaeology, resediments, karst landscape

UVOD

Razen redkih izjem (npr. Novaković in Simoni 1997; Novaković 2001; Bavdek 2003) se arheologi niso posebej ukvarjali z vrtačami na Krasu. Šele v zadnjih desetletjih so začeli odpirati vprašanja o preteklih krajinah (Karouškova-Soper 1983; Slapšak 1995; Novaković 2001).

S širjenjem vinogradništva od 80. let prejšnjega stoletja naprej se je pričelo intenzivno odvažanje zemlje iz vrtač, kar je privedlo do odkritja številnih novih arheoloških najdb. Njihova prisotnost je bila na začetku interpretirana kot posledica koluvialnih procesov v povezavi z meteorno (vodno) erozijo, zaradi katere naj bi bili sedimenti in tla z arheološko vsebino površinsko izprani iz neposredne okolice vrtač (Osmuk 1992; 1995), kar pa so geofizikalne raziskave (Mušič 1997) kmalu ovrgle. Rezultati arheoloških sondiranj (Bavdek 2003) in terenskih pregledov vrtač na Krasu (Novaković *et al.* 1999) kažejo, da jih je človek intenzivneje uporabljal predvsem v bronasti dobi oziroma v času poselitve gradišč in v novem veku. Šlo naj bi za obdobji največjega poljedelskega pritiska na krajino zaradi povečane demografske rasti, ko so vrtače v kontekstu takratnega poljedelstva in živinoreje funkcionirale kot ene redkih za kmetijstvo primernih površin (Novaković *et al.* 1999, 126; Novaković 2001). Barfield (1972: 201) je menil, da sega njihovo kmetijsko obdelovanje že v neolitik, nekatere najdbe naj bi dokazovale celo paleolitsko poselitev (Dolzani 1993; Novaković 1996). Teza o prazgodovinski poljedelski uporabi vrtač je sicer še vedno aktualna, kljub temu pa je takšna interpretacija po drugi strani lahko dvomljiva. Namreč, če so se ljudje v srednjem in novem veku preživljali s polikulturnim kmetijstvom (Panjek 2006, 68–69), tega ne moremo z gotovostjo trditi za čas pozne prazgodovine. Najstarejši dokazi o kultiviranih rastlinah na Krasu so verjetno iz eneolitskega obdobja (4.–3. tisočletje pr. n. št., Turk *et al.* 1993: 70–71), vendar pa naj bi do njihove splošne uporabe prišlo šele v rimskem obdobju (od 2. stol. pr. n. št., Culiberg 2005). Iz tega sklepamo, da se je v bronasti dobi prebivalstvo preživljalo predvsem z živinorejo (Andrič 2002; 2004; Cenni in Bartoli 1999; Culiberg 2005). Poleg tega vrtače niso najbolj primerne za poljedelstvo, saj je zanje značilna posebna, za kulturne rastline neugodna mikroklima (gre predvsem za učinke temperaturne inverzije in slabše osončenosti, Gams 1974: 159; Poldini *et al.* 1984: 235; Panjek 2006:

49). V novem veku sta rast mest (Trst, Gorica, Tržič, Koper itd.) in demografska eksplozija v 19. stoletju povzročili izredno veliko povpraševanje po različnih kmetijskih pridelkih in tako močno povečali pritisk kmetovalcev na krajino. Kraško prebivalstvo se je na te potrebe intenzivno odzvalo in hkrati razvilo skrajne strategije izrabe prostora. Fenomen delanih vrtač (tj. vrtač, ki jim je človek spremenil obliko in talne pogoje, ko je izboljševal zemljo za obdelovanje) gre v tej luči obravnavati v kontekstu oblikovanja *agro-kraške krajine* (oz. *paysages agro-karstiques*, kot jo definira Nicod 1987, 98; glej tudi Panjek 2006). Kljub temu da porast števila gradišč opozarja na rast prebivalstva od bronaste dobe dalje, pa tedaj takšni procesi, kot so značilni za novi vek, arheološko niso dokumentirani, zato menimo, da vzporejanje prazgodovinske in novoveške uporabe vrtač ni najbolj primerno.

V sklopu projekta nove trase železniškega tira Divača–Koper smo člani ekipe Centra za preventivno arheologijo Zavoda za varstvo kulturne dediščine Slovenije v sodelovanju z dr. T. Verbičem, Arhej d.o.o., na območju predvidene trase izvedli predhodne arheološke raziskave. Veliko pozornosti smo namenili prav vrtačam, ki se na odseku med Divačo in Preložami nahajajo v razmeroma velikem številu (*sl. 1*). Izhajali smo iz predpostavke, da je vrtače možno obravnavati kot redke površinske geomorfne oblike na Krasu, v katerih je akumulacija sedimentov izrazitejša od erozije, in jih lahko zaradi kontinuiranega nalaganja sedimentov obravnavamo kot posamezne sedimentacijske bazene. V njih se podatki o naravnih in antropogenih procesih ohranijo lažje in bolj kontinuirano kot kjerkoli drugje. Tako smo se odločili, da v njih izvedemo sondažne izkope in zberemo čim več podatkov, na podlagi katerih bi lahko spregovorili na eni strani o njihovi človekovi uporabi skozi čas, na drugi pa o vplivu človeka na krajino in o njenem preoblikovanju v preteklosti.

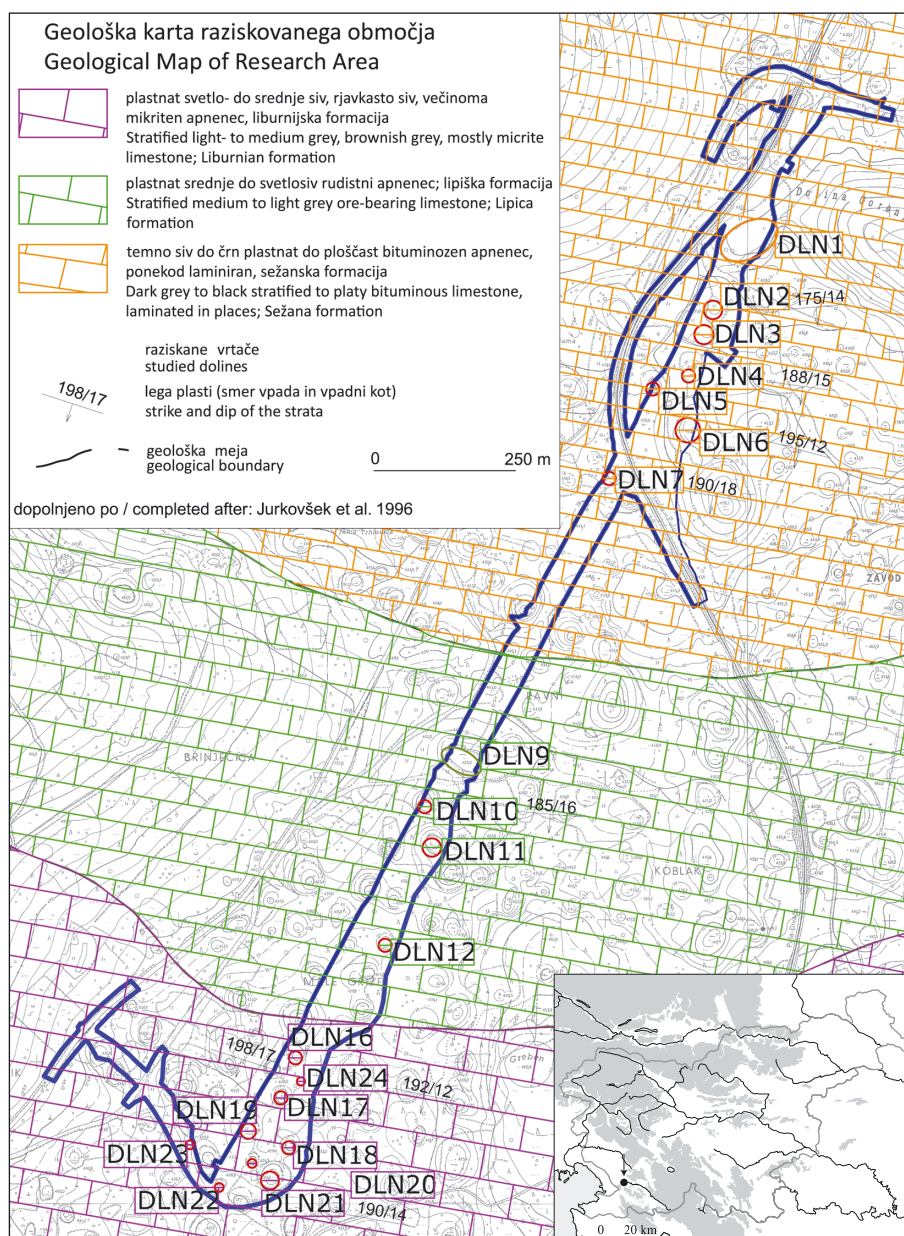
IZHODIŠČNA VPRAŠANJA IN METODE DELA

Glavni cilj raziskave je prepoznavanje naravnih procesov in antropogenih aktivnosti na vzorcu vrtač z Divaškega krasa ter posledično rekonstrukcija vloge človeka v razvoju kulturne krajine. Osnovno vprašanje raziskave je torej: *Kateri procesi so odločilno vplivali na kraško krajino v holocenu in*

kakšna je bila pri tem vloga človeka? Vprašanje na analitični ravni pa se glasi: *Kako in kdaj so se oblikovale sedimentne zapolnitve v opazovanih vrtačah ter kaj pomenijo sledovi človeških aktivnosti v njih?*

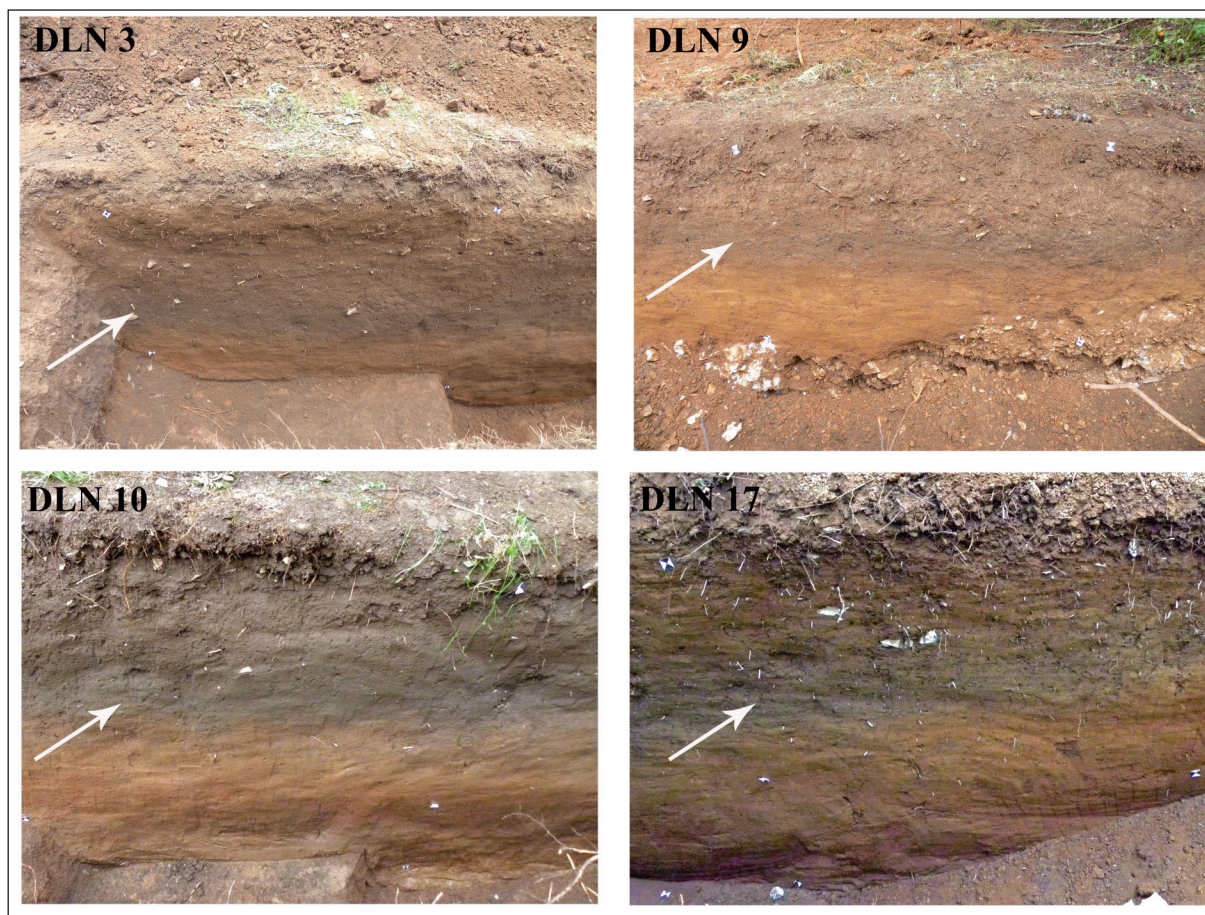
V celoti smo strojno izkopalni 30 testnih jarkov v 21 vrtačah različnih velikosti in globin. Kjer je bilo možno, smo testne jarke izkopalni vzdolž sredine celotnega dna vrtače, v nekaterih smo jarke izkopalni na več mestih. Izkope smo praviloma poglobljali, dokler nismo dosegli kamnite podlage. To nam je

navadno uspelo le na robovih, proti sredini pa smo poglobljanje pogosto prekinjali, ko smo dosegli zelo skeletne, debelozrnate sedimente (predvsem grušče in blokovne grušče), ki so se jasno ločili od zgornjih drobnozrnatih sedimentov. Dokumentiranje in zbiranje podatkov je potekalo na več ravneh. Najprej smo beležili geografske značilnosti posameznih vrtač (zakraselost, vegetacijo, antropogene površinske strukture ipd.). Največ truda smo vložili v pregled stratigrafskega zaporedja



Sl. 1: Območje raziskav in mezozojska geološka podlaga ob predvideni trasi drugega železniškega tira Divača–Koper. Odsek med Divačo in Preložami. Dopolnjeno po Verbič 2010.

Fig. 1: Area of research and Mesozoic geological basement along the planned second route of the railway line Divača – Koper. The section between Divača and Prelože. Completed after Verbič 2010.



Sl. 2: Sedimenti in pokopana tla na profilih testnih sond v vrtačah DLN 3 (globina profila približno 2,7 m), DLN 9 (globina profila približno 1,6 m), DLN 10 (globina profila približno 2,6 m) in DLN 17 (globina profila približno 2,6 m). Avtor fotografij J. Jerončič.
 Fig. 2: Sediments and buried soil profiles at dolines DLN 3 (approx. profile depth 2.7 m), DLN 9 (approx. profile depth 1.6 m), DLN 10 (approx. profile depth 2.6 m) in DLN 17 (approx. profile depth 2.6 m). Photographs: J. Jerončič.

njihovih zapolnitev. V vrtačah smo v vertikalnih profilih izvajali meritve magnetne susceptibilnosti s korakom 5 cm, te profile pa smo potem vzorčili. Skupno je bilo opravljenih okoli 3000 meritev s terenskim merilcem magnetne susceptibilnosti SM-30 (ZH Instruments) in pobranih okoli 1000 vzorcev tal za nadaljnje laboratorijske analize. Vzorčili smo tudi zoglenele rastlinske ostanke, ki smo jih deloma uporabili za radiokarbonske analize (laboratorij univerze v Brindisiju, Centro di datazione e diagnostica, Dipartimento di Ingegneria dell'Innovazione, Università del Salento - CEDAD) in bodo hkrati osnova za razumevanje razvoja tamkajšnjega vegetacijskega pokrova (obdelava dr. M. Culiberg). Trenutno je večji del zbranega gradiva še v obdelavi, tako da so v tem prispevku predstavljene ugotovitve in hipoteze zgolj preliminarne smernice, ki jih bodo laboratorijske analize bodisi potrdile ali ovrgle.

REZULTATI IN DISKUSIJA

Glede na makroskopska opazovanja sedimentnih zapolnitev v posameznih vrtačah lahko trdimo, da je njihova strukturiranost v nekaterih vidikih medsebojno podobna. Nekatere plasti se pojavljajo v skoraj vseh vrtačah v podobni stratigrafski legi. Tak primer so npr. pokopana tla, ki smo jih odkrili v večini vrtač (sl. 2). Ta (A_0) talni horizont se je v večini primerov jasno ločil od ostalih sedimentov, predvsem zaradi temne obarvanosti in sivorjavih odtenkov, ki najbrž nakazujejo večjo vsebnost huminskih snovi. To in podobne zakonitosti iz različnih vrtač smo poskušali povezati v celoto, tako nam je uspelo izdelati referenčno stratigrafsko sekvenco (sl. 3), na katero verjetno lahko vezemo posamezne sedimentne plasti dobršnega dela raziskanih vrtač. Na ta način izdelano stratigrafsko sekvenco so podprle tudi radiokarbonske datacije posameznih plasti

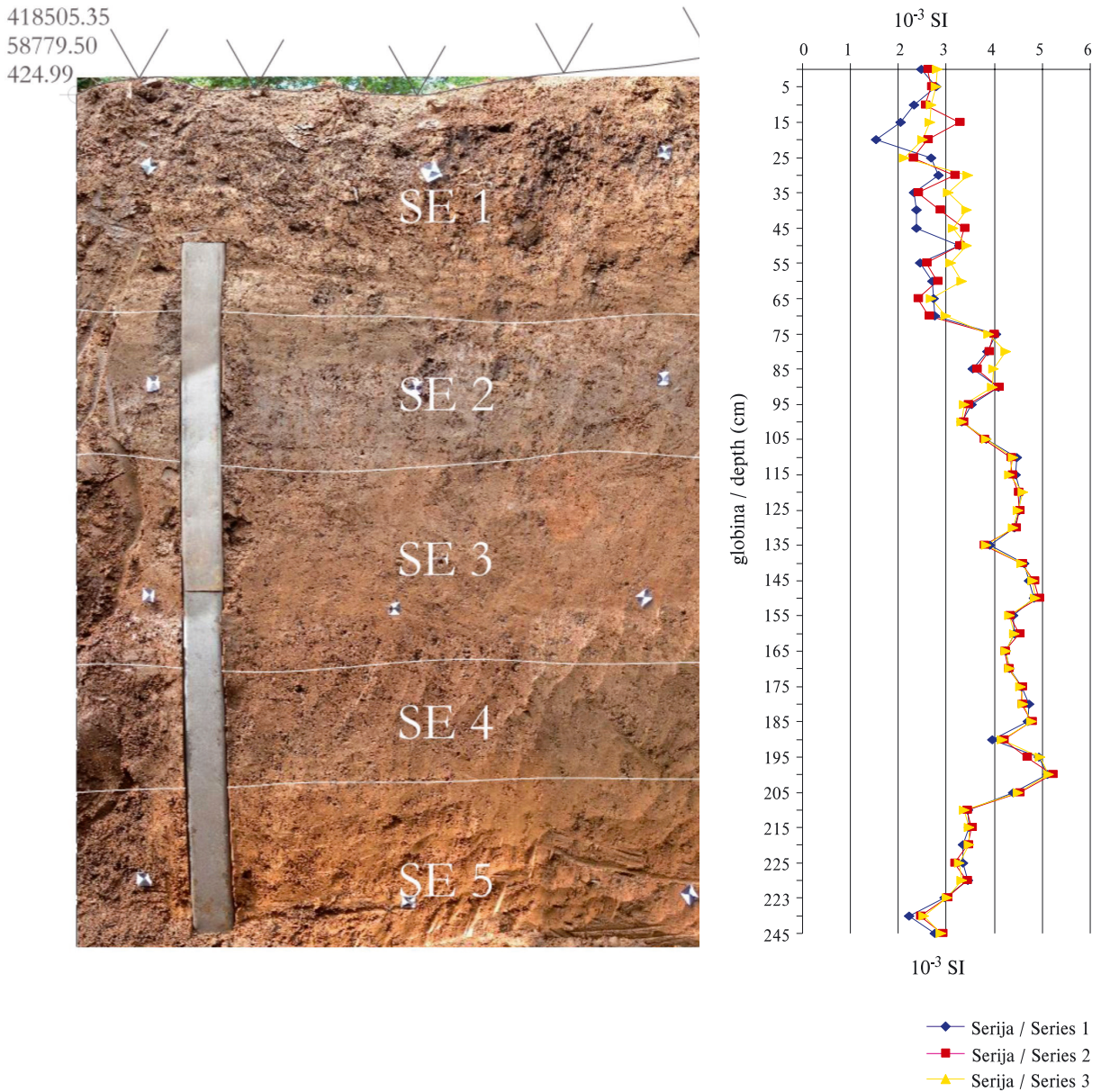
sedimentne enote/plasti (od vrha proti dnu) sediment units/stratum (from top to bottom)	povprečna debelina average thickness (m)	relativna datacija relative dating	radiokarbonska datacija radiocarbon dating
rjava do temno rjava, malo do srednje skeletna / brown to dark brown, small to medium skeletons	0,7	16.,18. st. n. št. (cent. AD)	1720–1820 AD, 1450–1650 AD
temno rumenkasto rjava, posamezni kamni /dark yellowish brownm separate stones			
temno rjava, rumenkasto rjava / dark brown, yellowish brown			
temno siva, rjava, temno rjava, pokopana tla /dark grey, brown, dark brown, buried soil	0,3	6., 7. st. n. št. (cent. AD), 16. stol. n. št. (cent. AD)	1460–1650 AD, 560–670 AD, 560–710 AD
rdeče rjava / red brown	0,6	2. tisočletje pr. n. št. / 2nd millennium BC	1450–1260 BC
rdeče rjava, temno rumenkasto rjava, prisotnost oranžnih grudic / red brown, dark yellowish brown, presence of orange clods			1900–1660 BC, 2880–2580 BC, 1890–1660 BC, 1500–1310 BC, 1690–1490 BC, 1830–1610 BC, 1410–1190 BC, 2290–2020 BC, 1890–1660 BC, 670–400 BC, 1950–1730 BC
močno rjava, temno rumenkasto rjava / strong brown, dark yellowish brown	1	sredina 4. tisočletja pr. n. št. / mid 4th mil. BC	3540–3360 BC
rdeče rjava, temno rdečkasto rjava / red brown, dark reddish brown		10., 11. tisočletje pr. n. št. (mil. BC)	9180–8710 BC, 10930–10810 BC, 10770–10050 BC
gruč /scree	?	pleistocen? / pleistocene?	?

Sl. 3: Referenčna stratigrafska sekvenca sedimentnih zapolnitev raziskanih vrtač. V prvem stolpcu so navedene značilnosti sedimentnih plasti, v drugem njihove povprečne debeline ter v tretjem in četrtem čas njihovega nastanka. ¹⁴C datacije z razponom 2σ. Fig. 3: Reference stratigraphic sequence of sediment infills of the studied dolines. The first column lists the characteristics of the sediments, the second their average thickness, and the third and fourth, the time of their origin with ¹⁴C dating at a range of 2σ.

iz različnih vrtač, ki so pokazale, da gre za plasti, ki so dejansko nastale v istih obdobjih (sl. 4).

Prva hipoteza, ki jo lahko gradimo na podlagi predlagane referenčne sekvence, je, da so vsaj nekateri dejavniki, ki so pogojevali sedimentne zapolnitve v vrtačah, regionalnega obsega. Primer tega je prej omenjeni horizont pokopanih tal, ki doslej edini govori o dovolj stabilnih okoljskih pogojih, v katerih so se lahko oblikovala humozna tla. Glede na raziskane vrtače pričakujemo, da je do takih pogojev v holocenu prišlo le enkrat, okvirno v času med pozno antiko in srednjim vekom.

Zavedali smo se, da je časovna umestitev sedimentnega zaporedja eden ključnih predpogojev za interpretacijo preteklih okoljskih procesov in človekovih vplivov nanje. Pri tem so nam na terenu dajale oporo predvsem arheološke najdbe, boljši vpogled v kronologijo sedimentne sekvence pa smo dobili z rezultati radiokarbonskih analiz zoglenelih drobcev lesa. Te analize kažejo, da so sedimentne zapolnitve vrtač skoraj v celoti holocenske. Kljub temu da so bili nekateri drobci oglja odkriti na dnu sedimentnih zapolnitev in da so bili razmeroma veliki (navadno tudi do 0,5 cm³), kar zmanjšuje možnosti za njihovo infiltracijo, sega



Sl. 4a: Izsek fotografije vzdolžnega profila št. 21 skozi vrtačo DLN 9 kot primer stratigrafske strukturiranosti sedimentnih zapolnitev raziskanih vrtač in rezultat treh nizov meritev magnetne susceptibilnosti (Verbič 2010), ki so bile opravljene na prikazanem izseku profila s korakom 5 cm.

Fig. 4a: Part of the photography of longitudinal profile no. 21 through doline DLN 9, as an example of stratigraphic structuralisation of sediment infills of the studied dolines and the results of three sets of measurements of magnetic susceptibility (Verbič 2010), which were taken at 5cm steps.

GEOARHEOLOŠKE LASTNOSTI ZAPOLNITEV VRTAČ NA DIVAŠKEM KRASU (JUGOZHODNA SLOVENIJA)

SE	debelina thickness	tekstura texture	skelet skeleton	barva colour	spodnja meja lower boundary	14C (BP)	2σ kalibr. calibration	lab. št. vzorca sample lab. no.	dat. material material dated	najdbe finds
1	0,8m	glinen melj / clay slit	grušč, kamninski bloki / rubble, stone blocks	rjava / brown	postopna / graduated	215±40	1720AD- 1820AD	LTL5454A	oglje / charcoal	gradbeni material, lončenina / building material, earthenware
2	0,4m	glinen melj / clay slit	brez / none	temno sivo rjava / dark grey brown	postopna / graduated	343±40	1460AD- 1650AD	LTL5453A	oglje / charcoal	
3	0,6m	glinen melj, redke grudice prežganih tal / clay slit, rare lumps of burnt soil	brez /none	temno rjava / dark brown	postopna / graduated					zelo redki odlomki prazg. lončenine / very rare fragments of prehistoric earthenware
4	0,3m	glinen melj z grudicami prežganih tal /clay slit with lumps of burnt earth	redki kam- ninski bloki / rare stone blocks	temno rjava / dark brown	postopna / graduated	3301±45 3407±40	1690BC- 1490BC 1830BC- 1610BC	LTL5455A LTL5470A	oglje / charcoal	oglje, lončenina / charcoal, earthenware
5	> 0,5m	glinen melj / clay slit	brez /none	rumeno rjava / yellowish brown						

Sl. 4b: Osnovne značilnosti dokumentiranih stratigrafskih enot. Sedimentna zapolnitev vrtače DLN 9 je izrazito homogena. Označuje jo skoraj popolna odsotnost debelozrnatih klastov, ki se pretežno pojavljajo le v vrhnjem delu stratigrafske enote (SE) 1, ter s prstnim preizkusom določena meljasta zrnastost. Temna obarvanost SE 2 je najbrž posledica večje vsebnosti humoznih snovi in smo jo zato opredelili kot horizont pokopanih tal. SE 4 se je od "okolice" ločila le po prisotnosti grudic prežganih tal, oglja in lončenine. Meje med stratigrafskimi enotami so postopne. Na robovih dna vrtače je SE 5 ležala nad plastjo grušč, ki je prekrival skalno podlago (glej *sliki 2 in 6*).

Fig. 4b: The sediment infill of doline DLN 9 is distinctly homogeneous, indicating the almost complete absence of coarse-grained clasts that appear predominantly only in the upper part of stratigraphic unit (SE) 1, and silty sediment texture, determined by the finger test. The dark colour of the SE 2 is most probably the result of a greater content of humic substances. We therefore defined it as the buried soil horizon. SE 4 was separated from its "surroundings" only by the presence of lumps of burnt earth, charcoal and earthenware. The boundaries between the stratigraphic units are gradual. At the edges of the bottom of the doline, SE 5 lay on a stratum of gravel, which covered a rocky foundation (see *Figs. 2, 6*).



DLN 1, profil 02



DLN 1, profil 03

Sl. 5: Domnevno jamski sedimenti na severovzhodnem (profil 02) in južnem (profil 03) robu dna vrtače DLN 1 (zahodni del doline Gorenjski Radvanj). Gre za intenzivno rumene in intenzivno rdeče ilovice, ki so v prvem primeru ležale 0,7 m pod površjem, v drugem pa približno na globini 1,5 m. Avtor fotografij J. Jerončič.

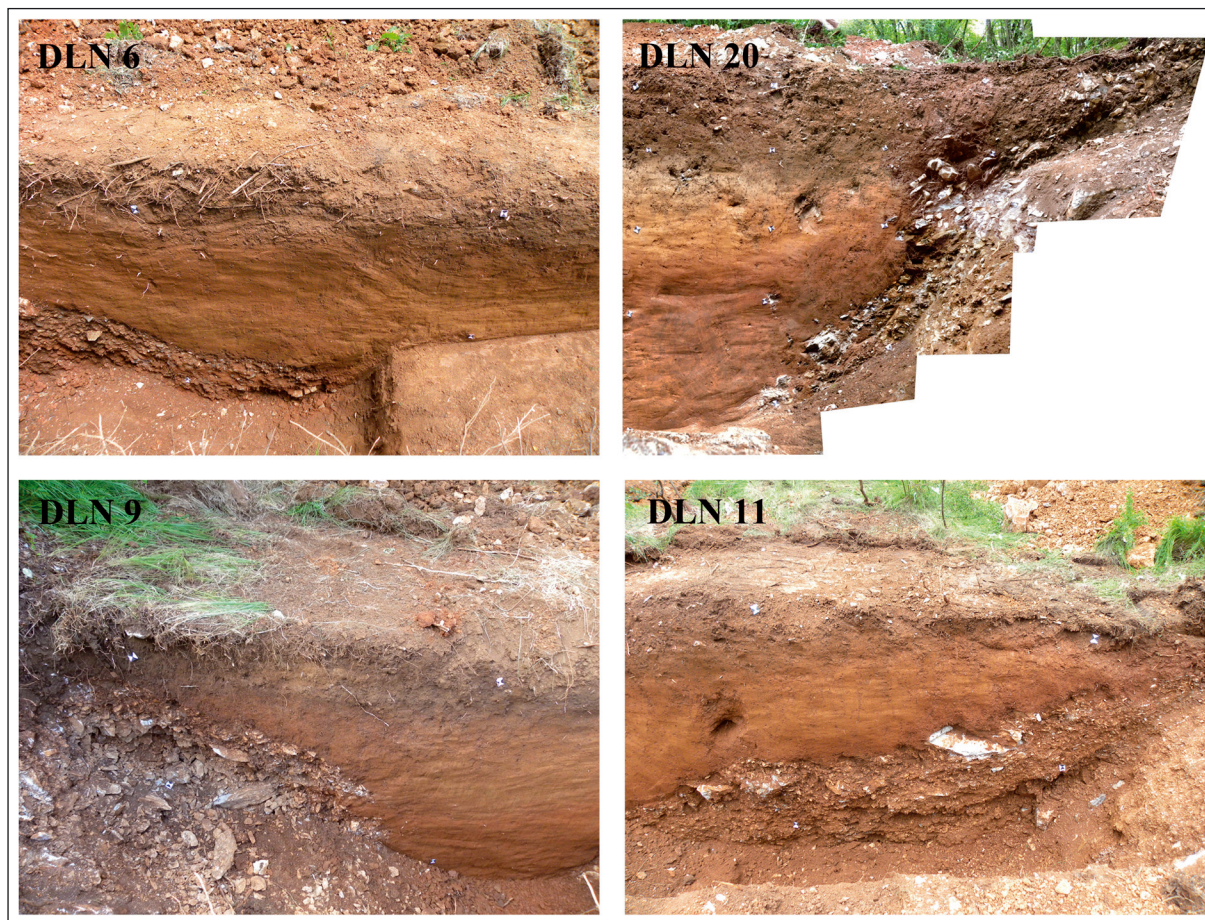
Fig. 5: Presumed cave sediments at the northeastern (profile 02) and southern (profile 03) edge of the doline floor DLN 1 (western part of the valley of Gorenjski Radvanj). It comprises of strong yellow and strong red loam which in the first sample has been lying 0.7 m beneath the surface, and in the second at an approximate depth of 1.5 m. Photography: J. Jerončič.

njihova najstarejša starost v čas zgodnjega holocena. Starejši so najbrž le horizonti prave *terra rosse* (v smislu kraških rdečih tal) in domnevno jamski sedimenti, predvsem rumene in rdeče ilovice, ki smo jih odkrili le v redkih vrtačah v najnižjih delih profilov (sl. 5).

Holocenske zapolnitve navadno ležijo na zelo skeletnih sedimentih, predvsem na gruščih in blokovnih gruščih (sl. 6). Ti navadno ležijo neposredno nad apnencem. Večinoma je grušč ostrorob, kosi pripadajo skoraj izključno lokalnemu apnencu, med njimi se lahko pojavljajo tudi redki kosi sige. V nekaterih primerih so klasti grušč lokalno zlepljeni s kalcitnim vezivom. Drobnozrnate osnove v grušču skoraj ni, klasti so ponekod prekrti le s tanko glinasto prevleko. Grušč je včasih zelo dobro sortiran, opazna je imbricacija v smeri naklona dna vrtače. Domnevamo, da je ta grušč pleistocenske

starosti, njegova kronološka opredelitev bo postala jasnejša ob rezultatih luminiscenčne analize vzorca tanke lečaste plasti peščenega melja, ki smo jo v eni izmed vrtač odkrili med gruščem. V tej luči velja vsekakor opozoriti na možnost, da so bile vrtače na Krasu v zgornjem pleistocenu vsaj deloma brez sedimentnih zapolnitev. Taka teza ima vsekakor implikacije na celotno pleistocensko kraško krajino.

Na osnovi makroskopskih opažanj domnevamo, da so holocenski sedimenti v vrtačah po nastanku vsaj delno, morda tudi pretežno eolski. Na to opozarja skoraj popolna odsotnost debelozrnatih klastov in domnevna meljasta zrnavost (določena le s prstnim preizkusom), hkrati pa tudi očitna odsotnost koluvijskih sedimentnih tekstur. V prid eolskemu nanosu govori tudi geometrija plasti, ki je dokaj ravna in ne sledi konkavni oblikovanosti dna vrtače (glej npr. sl. 2 in 6). Meje med drobnozrnatimi



Sl. 6: Grušč na dnu vrtač DLN 6 (približna globina profila 2,2 m), DLN 20 (približna globina profila 2,8 m, DLN 9 (približna globina profila 2,3 m) in DLN 11 (približna globina profila 2,1 m). Avtor fotografij J. Jerončič.

Fig. 6: Rubble at the bottom of dolines DLN 6 (approx. profile depth 2.2 m), DLN 20 (approx. profile depth 2.8 m) and DLN 9 (approx. profile depth 2.3 m) in DLN 11 (approx. profile depth 2.1 m). Photography: J. Jerončič.

sedimenti in plastni grušča na njihovem dnu so povsod ostre, ne glede na dejstvo, da so slednje ponekod nagnjene tudi za več kot 30° . Ta ostra meja nakazuje na popolnoma različne sedimentacijske procese.

Na podlagi makroskopskih opažanj bi bilo sedimentne zapolnitve vrtač ustrezno obravnavati kot *pedosedimentne komplekse* (*pedo-sedimentary complexes*; Durn 2003) oziroma *pedosedimente*. Z izrazom pedosedimentni kompleksi opredeljujemo sedimentne materiale, ki jih sukcesivno z nastajanjem (sedimentacijo) preoblikujejo tudi pedogeni procesi, pri čemer ponekod ni zanemarljiv antropogeni vpliv. Gre torej za sedimentna telesa z zelo "burno" zgodovino, mineralna zrna v takih telesih so lahko prešla skozi številne in hkrati različne procese resedimentacije in pedogeneze. Na podlagi splošno znane geološke zgodovine lahko v teh pedosedimentih konkretno pričakujemo

material flišnega pokrova, ki je lahko prešel skozi svojo "jamsko" fazo ali pa tudi ne. Poleg tega lahko pričakujemo eolski material, morda celo različnih izvorov, ne smemo pa izključiti netopnega ostanka karbonatnih kamnin iz raztopljenega nadkritja današnjega terena, ki je dosegel debelino nekaj sto metrov (Verbič 2010).

O vplivu človeka na okolje v tej fazi raziskav težko govorimo. Morda je nihanje intenzivnosti sedimentacije vezano tudi na človekove dejavnosti, npr. na intenzivno pašo, izsekavanje ali požiganje gozda, kar povzroča pospešeno erozijo tal na površju. Do najintenzivnejše akumulacije sedimentov v vrtačah je prišlo v zadnjem tisočletju (*sl. 3*), ko se je povprečno odložilo vanje skoraj 1 m drobnozrnatega sedimenta. To je več, kot se ga je odložilo v 7000 letih na začetku holocena. Med terenskim delom smo odkrili sledove človekove uporabe

vrtač iz obdobja pozne bronaste dobe ter novega veka. V prvem primeru smo jih prepoznali tako na podlagi prisotnosti drobnih najdb, predvsem odlomkov lončenine in kamnitih artefaktov, kot tudi s pomočjo znakov antropogenizacije sedimentov (prisotnost grudic prežganih tal, oglja ipd.; sl. 7). Predvsem ti govorijo o človekovih aktivnostih, ki so lahko vezane na kurjenje vegetacije in premetavanje tal, vendar najbrž ne do te mere, da bi lahko sklepali na poljedelsko obdelavo. Lomi keramičnih črepinj so večinoma ostri. Črepinje iste posode so lahko ležale na zelo omejeni površini, kar pomeni, da so ostale *in situ* in niso bile podvržene morebitni antropogeni (npr. oranje) ali naravni (npr. delovanje vode) razpršitvi. V primeru poznobronastodobnega konteksta smo odkrili tudi zoglenelo vejevje, ki domneve o kmetijski obdelavi tal prav tako ne podpira. Predvidevamo, da je te pokazatelje možno bolje povezovati s strategijami gospodarske izrabe prostora, ki vključujejo prakse požiganja vegetacije za čiščenje in pridobivanje pašnikov. Na obstoj takih praks naj bi pokazali tudi rezultati izkopavanja v Podmolu pri Kastelcu na Petrijskem krasu, kjer je bila prisotnost drobnozrnate frakcije v eneolit-skem-bronastodobnem sedimentu interpretirana kot posledica vetrne erozije, ki so jo omogočala neporasla tla v okolici najdišča (Turk *et al.* 1993: 56).

Premik k večji sedentarnosti in teritorialnosti s pojavom gradišč (Novaković 2001) je najbrž povzročil večji pritisk na krajino tako s strani ljudi kot tudi njihovih živali. Prostor gibanja se je zmanjšal, kar je povzročilo večjo koncentracijo aktivnosti na okolico naselij. Predvsem od srednje (pozne?) bronaste dobe dalje je premik k bolj uravnoteženemu izkoriščanju domačih živali (Mlekuž 2005) s pospeševanjem govedoreje in prašičereje na račun ovčereje (Fabec 2011) morda spodbudila potreba po novih pašniških površinah. Rezultati statistične analize objavljenih podatkov o živalskih ostankih iz časa od eneolitika do konca železne dobe (Fabec 2011) kažejo, da se od srednje (pozne?) bronaste dobe s postopnim manjšanjem uporabe jam in uveljavljanjem gradišč vse bolj širi govedoreja in prašičereja. Ta premik bi lahko razumeli kot posledico večje raznolikosti strategij upravljanja z živalmi in večje potrebe po sekundarnih živalskih produktih. Toškan in Dirjec (2007) sta poudarila, da kostni zapisi z gradišča Tabor v Tomaju jasno kažejo na izkoriščanje živali za sekundarne produkte, kar je ugotavljala tudi G. Petrucci za Kaštelir nad Korošci (1997). Sherrat (1981) predpostavlja, da je ena od



Sl. 7: Primer antropogeniziranih tal (drobci oglja, artefakti, grudice prežganih tal) v vrtači DLN 3. Čas prve polovice 2. tisočletja pr. n. št.

Fig. 7: An example of anthropogenised soil (fine charcoal, artefacts, lumps of burnt soil) in doline DLN 3. Dates from first half of 2nd millennium BC.

posledic revolucije pri uporabi sekundarnih virov tudi intenzifikacija lova. Uporaba živali za mleko, volno in vleko pomeni, da so žive živali dragocenejši produkti kot mrtve (meso). Porast deleža prašičev v tej fazi bi torej lahko bil odgovor na potrebo po živalskih beljakovinah, ki ji govedo in drobnica niso več mogli zadoščati. Poznobronastodobni sledovi človekovih aktivnosti v vrtačah bi tako lahko bili posledica kurjenja gozda in odstranjevanja panjev za kvantitativno in kvalitativno večanje pašniških površin. Požiganje podrasti namreč povzroči rast zelišč in večjo hranljivost poganjkov in tako povečuje nosilnost okolja (Mellars 1976; Moore 1997). Med drugim je govedo pri paši veliko bolj zahtevno od drobnice, tako da je izboljšava pašnikov morda tudi posledica takratnih sprememb v sestavu čred.

Sledove novoveških človekovih aktivnosti smo odkrili v skoraj vseh vrtačah. Govorijo o kmetijski uporabi prostora, odražajo pa se v domnevem povečanem deležu organskega materiala v tleh, kar se makroskopsko kaže v temnejši obarvanosti tal in prisotnosti drobnih najdb, predvsem odlomkov lončenine, opečnega gradbenega materiala ter izjemoma živalskih ostankov (kosti, lupin morskih školjk). Ti elementi so najbrž rezultat smetenja kot posledice gnojenja njivskih površin. Prisotnost grušča in kamninskih blokov v vrhnjem horizontu večine vrtač smo povezali s strategijami izboljšave tal, ki jih je za ta prostor dokumentiral tudi D. Radinja (Radinja 1987).

V dveh vrtačah smo dokumentirali s kamenjem zapolnjeni jami, ki sta najbrž ostanek strategij za pridobivanje obdelovalnih površin. V poznem srednjem in predvsem v novem veku je bilo namreč prilagajanje vrtač za kmetijsko uporabo zelo razširjeno, pri čemer je bilo pogosto prav izkopavanje zemlje na njihovem dnu, ki je bila nato odpeljana na teren, kjer so tla manj globoka. Nastale jame so bile zasute z otrebljenim kamenjem (Gams *et al.* 1971; Radinja 1987). Sledove prilagoditve vrtač za kmetijsko uporabo smo dokumentirali tudi na površini, šlo je predvsem za suho zidane zidove ter ostre prehode med dnom in pobočji, kar je posledica večanja ornih površin.

NAMESTO ZAKLJUČKA

Z arheološkim sondiranjem vrtač na območju trase novega železniškega tira med Divačo in Preložami (Kras, Slovenija) je bila zbrana obsežna

baza podatkov, na osnovi katere je možno sklepati o procesih oblikovanja kraške krajine ter o vlogi človeka pri tem. Predstavljene hipoteze, ki smo jih postavili na osnovi terenskega dela in ki čakajo na potrditev s strani laboratorijskih analiz, so v tej fazi raziskav le preliminarne smernice, ki namigujejo, da so sedimentne zapolnitve vrtač razmeroma mlade tvorbe. Po nastanku imajo zelo pestro zgodovino, pri kateri je na koncu resedimentacijske verige predvidoma imel večjo vlogo vetrni nanos. V njih so se ohranili makroskopski sledovi človekovih aktivnosti. Ti nakazujejo, da so se prvi intenzivni posegi v krajino zgodili v bronasti dobi, do ponovne in še veliko bolj intenzivne uporabe pa je prišlo šele v novem veku. Starejši izmed makroskopskih sledov se kažejo kot sledovi kurjenja vegetacije in poseganja v tla, ki so morda rezultat požigalniških praks za potrebe živinoreje in pašništva. Mlajši so posledica kmetijskih posegov v krajino, ki je v času zadnjih stoletij prejšnjega tisočletja pridobila značilnosti tipične agro-kraške krajine.

LITERATURA / REFERENCES

- ANDRIČ, M. 2002, The Holocene Vegetation Dynamics and the Formation of Neolithic and present-day Slovenian Landscape, *Documenta Praehistorica* 28, 133–175.
- ANDRIČ, M. 2004, Paleookolje v Sloveniji in severnemu delu hrvaške Istre v pozni prazgodovini, *Arheološki vestnik* 55, 509–523.
- BAVDEK, A. 2003, Vrtače. V: Prešeren, D. (ur.), *Zemlja pod vašimi nogami, Arheologija na avtocestah Slovenije*, 285–287.
- BARFIELD, L. 1972, The first neolithic cultures of Northern Italy. *Fundamenta A/3*, 7, Wien.
- CENNI, S. in F. BARTOLI 1999, Analisi paleobiologica dei resti ossei rinvenuti nel pozzo iniziale dell'Abisso Cesca (Gabrovizza – Carso triestino). *Atti della Società per la Preistoria e Protostoria della Regione Friuli-Venezia Giulia*, XI, 1997-1998 (1999), 91–103.
- CULIBERG, M. 2005, Paleobotanične raziskave na Krasu. V: Mihevc, A. (ur.) *Kras, voda in življenje v kamniti pokrajini*, 149–154, Ljubljana.
- DOLZANI, L. 1993, Rinvenimenti di strumenti in selce presso Aurisina nel Carso Triestino. *Atti della Società per la Preistoria e Protostoria della Regione Friuli-Venezia Giulia* VII, 1992 (1993), 7–12.
- DURN, G. 2003, Terra Rossa in the Mediterranean Region: Parent Materials, Composition and Origin, *Geologia Croatica* 56, 83–100.
- FABEC, T. 2011. *Ekonomike kovinskih obdobj* na Krasu. – Tipkopolis, Center za preventivno arheologijo, Zavod za varstvo kulturne dediščine Slovenije, OE Nova Gorica, Nova Gorica.
- GAMS, I. 1974, *Kras*, Ljubljana.
- GAMS, I., F. LOVENČAK in B. INGOLIČ 1971, Krajna vas. Študija o prirodnih pogojih in agrarnem izkoriščanju Krasa, *Geografski zbornik* 12, 261–263.
- KAROUŠKOVA-SOPER, V. 1983, The castellieri of Venezia Giulia, NE Italy (2nd - 1st mil. B.C.), *British Archaeological Reports, International series* 192, Oxford.
- MELLARS, P. 1976, Fire ecology, animal populations and man: a study of some ecological relationships in prehistory, *Proceedings of the Prehistoric Society*, 42, 14–54.
- MLEKUŽ, D. 2005, *Trajektorije sprememb mezolitskih in neolitskih krajin dinarske Slovenije*. – Doktorska disertacija, Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Oddelek za arheologijo Ljubljana.
- MOORE, J. 1997, The infernal cycle of fire ecology. – V: Topping, P. (ur.), *Neolithic landscapes*, vol. 2, Neolithic Studies Group Seminar Papers, 33–40, Oxford.
- MUŠIČ, B. 1997, Magnetic susceptibility measurements in dolinas, *Annales* 10, 37–42.
- NICOD, J. 1987, Amenagements agraires dans de petites depressions karstiques (en Provence et dans les Causes, et dans quelques regions de comparaison en Italie et Yugostavie, – V: Kunaver, J. (ur.), *Karst and Man*, Proceeding of the international Symposium on Human Influence in Karst, Ljubljana.

- NOVAKOVIĆ, P. 1996, Sežana-Drenje, *Varstvo spomenikov* 37, 102.
- NOVAKOVIĆ, P. 2001, *Prostorska in pokrajinska arheologija: študija na primeru Krasa*. – Doktorska disertacija, Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Oddelek za arheologijo Ljubljana.
- NOVAKOVIĆ, P. in H. SIMONI 1997, Archaeology of the Kras dolinas (Arheologija kraških dolin), *Annales* 10, 19–36.
- NOVAKOVIĆ, P., H. SIMONI in B. MUŠIČ 1999, Karst dolinas: evidence of population pressure and exploitation of agricultural resources in karstic landscapes, – V: P. Leveau (ur.), *Environmental Reconstruction in Mediterranean Landscape Archaeology. The Archaeology of Mediterranean Landscapes* 2, 123–134, Oxford.
- OSMUK, N. 1992, Poročila, *Varstvo spomenikov* 34, 208, 236–237, 240, 297.
- OSMUK, N. 1995, Poročila, *Varstvo spomenikov* 35, 99, 109, 171.
- PANJEK, A. 2006, *Človek, zemlja, kamen in burja. Zgodovina kulturne krajine Krasa* (oris od 16. do 20. stoletja). Koper.
- PETRUCCI, G. 1997, La fauna protostorica e romana. Scavi Sprintendenza 1988-1992, V: F. Maselli Scotti (ur.), *Il Civico museo archeologico di Muggia*, 121–132, Trst.
- POLDINI, L., G. GIOITTI, F. MARTINI in S. BUDIN 1984, *Introduzione alla flora e alla vegetazione del Carso*, Trieste.
- RADINJA, D. 1987, Modern agricultural land improvement in Slovene Dinaric karst, V: Kunaver, J. (ur.), *Karst and man*, Proceedong of the International Symposium on Human Influence in Karst, 123–35, Ljubljana.
- SHERRATT, A. 1981, Plough and pastoralism: aspects of the Secondary Products Revolution, V: Hodder, I., G. Isaac in N. Hammond (ur.), *Pattern of the past*, 261–306, Cambridge.
- SLAPŠAK, B. 1995, *Možnosti študija poselitve v arheologiji*, *Arheo* 17, Ljubljana.
- TOŠKAN, B. in J. DIRJEC 2007, *Sesalska makrofavna z najdišča Tabor (Tomaj – Škerlj). Poročilo za leto 2007*. – Tipkopolis, Arhiv Inštituta za arheologijo ZRC SAZU, Ljubljana.
- TURK, I., Z. MODRIJAN, T. PRUS, M. CULIBERG, A. ŠERCELJ, V. PERKO, J. DIRJEC in P. PAVLIN 1993, Podmol pri Kastelcu - novo večplastno arheološko najdišče na Krasu, Slovenija, *Arheološki vestnik* 44, 45–96.
- VERBIČ, T. 2010, *Problem tal/resedimentov v pregledanih vrtačah in njihova prostorninska magnetna susceptibilnost*. – Tipkopolis, Center za preventivno arheologijo, Zavod za varstvo kulturne dediščine Slovenije, Ljubljana.

DOLGOROČEN VPLIV ČLOVEKA NA BIOTSKO RAZNO- VRSTNOST: PRIMERJAVA FITOCENOLOŠKIH IN PALINOLOŠKIH REZULTATOV (BELA KRAJINA)

LONG-TERM IMPACT OF MAN ON BIODIVERSITY. A COMPARISON OF PHYTOCOENOLOGICAL AND PALYNOLOGICAL RESULTS (BELA KRAJINA)

Urban ŠILC¹ in Maja ANDRIČ²

¹ Biološki Inštitut Jovana Hadžija, ZRC SAZU, Novi trg 2, SI-1000 Ljubljana; urban.silc@zrc-sazu.si

² Inštitut za arheologijo, ZRC SAZU, Novi trg 2, 1000 SI-Ljubljana; maja.andric@zrc-sazu.si

Izvleček

V raziskavi smo primerjali rezultate palinološke in fitocenološke raziskave, da bi pojasnili vzroke dolgotrajnih biodiverzitetnih in ekosistemskih sprememb v Beli krajini (Slovenija). Fosilni pelod nakazuje, da je bil človekov vpliv na vegetacijo pomemben skozi celotno obdobje holocena s fazami povečanja in vplivom na biotsko raznovrstnost, čemur je sledilo hitro zaraščanje z gozdom. Po drugi strani pa rezultati sukcesije opuščenih steljnjkov (*Pteridio-Betuletum*) v zadnjih petdesetih letih kažejo na hitro zaraščanje krajine in upadanje vrstne raznolikosti v gozdnih sukcesijskih stadijih. Obe raziskavi kažeta, da se vegetacija dinamično spreminja in da imajo ekstenzivne motnje pomen za ohranjanje biotske raznovrstnosti.

Ključne besede: Slovenija, spremembe vegetacije, steljnik, biotska pestrost

Abstract

This research compares pollen and phytosociological data in order to understand long-term biodiversity and ecosystem changes in the Bela krajina region of Slovenia. The fossil pollen indicates that human impact on the vegetation was significant throughout the Holocene, with phases of increased impact and biodiversity, followed by rapid forest recovery. On the other hand, the results of the study of succession in abandoned litter-raking forests (*Pteridio-Betuletum*) in last 50 years show fast reforestation of the landscape and an evident decrease in species diversity in forest successional stages. Both researches show dynamic changes of vegetation and the importance of moderate disturbances for biodiversity conservation.

Keywords: Slovenia, vegetation changes, litter-raking forest, biodiversity

UVOD

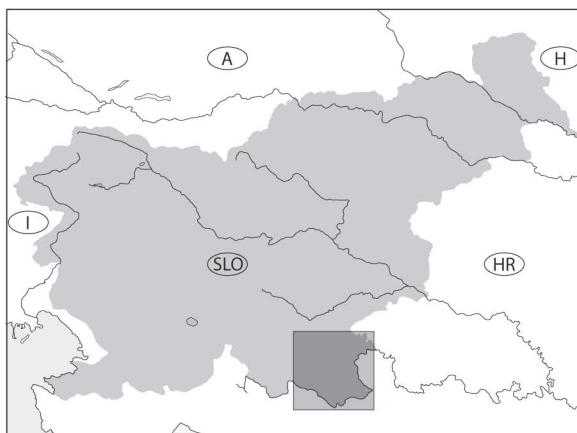
Človekov vpliv na krajino in biotsko pestrost v njej je že dolgo znan. V neolitiku pred pribl. 7000–6000 leti so skupnosti prvih evropskih poljedelcev in živinorejcev krčile in/ali požigale manjše površine gozda (Willis in Bennett 1994). Skupaj z gojenjem kulturnih rastlin so se razširili tudi pleveli, ruderalne vrste ter rastline, značilne za pašne površine, spremenila pa se je tudi sestava gozda (npr. Behre 1981; Tinner *et al.* 1999). Zaradi človekovega pritiska na okolje se je oblikovala mozaična krajina s povečano biotsko raznovrstnostjo (Birks *et al.* 1990). Zelo dinamičen razvoj holocenskega rastlinstva opazamo tudi v Sloveniji; brez tisočletnega človekovega vpliva na okolje bi bila današnja krajina bistveno drugačna od siceršnje (Andrič in Willis 2003). Na pelodnih diagramih iz Bele krajine (npr. v obdobju pred dobrimi 8000 leti) prevladuje pelod bukve (Andrič 2007), kar je glede na današnjo vegetacijo presenetljivo (Marinček in Čarni 2002). Takšne raziskave razvoja dolgoročnih (> 50 let) sprememb vegetacije nam pomagajo razumeti, kako so nastale in se razvijale stare kulturne krajine, vendar pa s pomočjo palinoloških raziskav ne moremo neposredno opazovati nekdanjih sukcesijskih in drugih ekoloških procesov ali podrobno rekonstruirati rastlinskih združb. To nam omogočajo raziskave recentnih sukcesij, ki so posledica opuščanja človekovega vpliva na vegetacijo.

Namen članka je prikazati rezultate dveh neodvisnih raziskav na območju Bele krajine in pokazati njuno dopolnjevalnost tako v razumevanju preteklih dogodkov kot tudi pri napovedovanju prihodnjega razvoja vegetacije.

METODE

PALINOLOŠKA RAZISKAVA

Vrtina na mokrišču Mlaka v Beli krajini (*sl. 1*) je bila izvrtana z vrtalnikom Livingstone. Palinološki vzorci so bili pripravljani po standardnem laboratorijskem postopku (Bennett in Willis 2001), starost vrtine pa je bila določena z radiokarbonskim datiranjem. Pelodni diagram je bil izrisan s pomočjo računalniškega programa PSIMPOLL (Bennett 1998), s katerim je bila izračunana tudi palinološka pestrost (palynological richness). Pri izračunu palinološke pestrosti je bila uporabljena analiza ocene palinološke pestrosti (= število različnih pelodnih tipov v vzorcu $E(T_n)$), če bi v vsakem vzorcu prešteli enako število (n) pelodnih zrn (rarefaction analysis; Birks in Line 1992). Podrobnejša metodologija je predstavljena v prvotni objavi (Andrič 2007).



Sl. 1: Raziskovano območje z označenima lokacijama obeh raziskav: palinološke pri Mlaki in vegetacijske pri Bojancih.
Fig. 1: Research zone with marked locations of both studies: Palynological at Mlaka and vegetational at Bojanci.

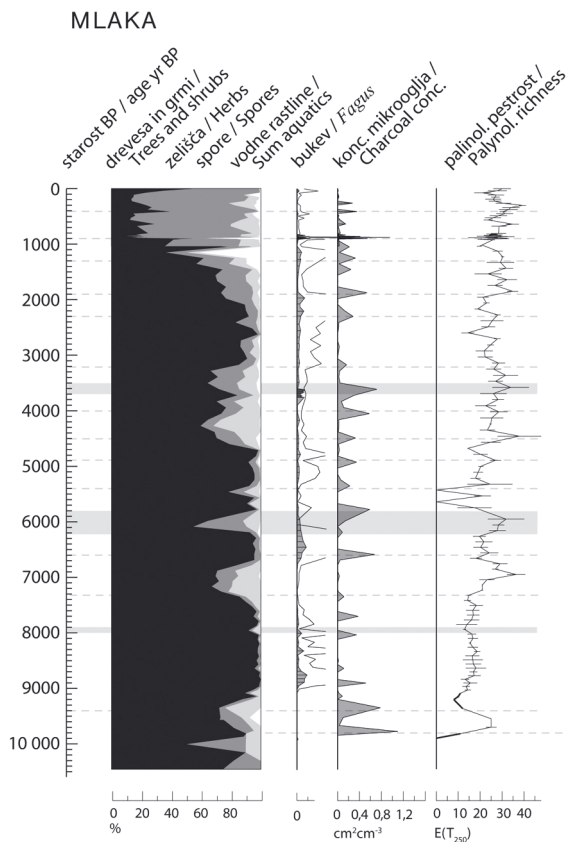
VEGETACIJSKA RAZISKAVA

Vegetacijske popise smo naredili po standardni srednjeevropski metodi (Braun-Blanquet 1964) na ploskvah, ki smo jim predhodno določili starost na nizu letalskih posnetkov. Popisne ploskve so bile standardne velikosti 100 m². Podrobnejša metodologija je predstavljena v prvotni objavi (Čarni *et al.* 2007).

REZULTATI

PALINOLOŠKA RAZISKAVA

Fosilni pelod (*sl. 2*) nakazuje, da je bil vpliv človeka na vegetacijo Bele krajine pomembno prisoten v celotnem holocenu z obdobji, ko se je pritisk povečeval in obdobji, ko se je gozd hitro obnavljal (Andrič 2007).



Sl. 2: Pelodni diagram prikazuje spremembe vegetacije (in krajine) v zadnjih 10.000 letih (povzeto po Andrič 2007). Krivulja za palinološko pestrost ($E(T_{250})$) prikazuje pričakovano število taksonov na vzorec, če bi v vsakem vzorcu prešteli 250 pelodnih zrn.

Fig. 2: Pollen diagram showing changes of vegetation in the past 10,000 years (from Andrič 2007). The curve for palynological diversity ($E(T_{250})$) shows the expected number of taxa per sample if one counts in each sample 250 pollen grains.

Sprva je bila krajina v zgodnjem holocenu odprta (pojavljali so se številni požari), nato pa je sledila sprememba v gozdni sestavi od 8.900 cal. BP (pred današnjim časom). Povečal se je predvsem delež bukve, ki pa se je nato med 7.500 in 7.000 cal. BP zmanjšal. Razlog za povečanje deleža bukve naj bi bil predvsem klimatski, tj. povečanje količine padavin (Andrič 2007). Tudi zmanjšanje deleža bukve morda lahko povežemo s klimatskimi nihanjem, predvsem z zmanjšanjem količine padavin. Arheoloških najdišč, zanesljivo datiranih v to obdobje, namreč (še) ne poznamo.

Kasnejše spremembe krajine in vegetacije (po 6900 cal. BP) pa že lažje pripišemo vplivu človeka (poljedelstvo in živinoreja), saj se v neposredni okolici Mlake okrog 6100 cal. BP pojavljajo tudi že prva neolitska arheološka najdišča (Budja 1992; Mason in Andrič 2009). V naslednjih tisočletjih je intenzivnost človekovega vpliva v okolici Mlake nihala, obdobja intenzivnejšega izsekavanja in/ali požiganja gozda pogosto sovpadajo

s povečano palinološko pestrostjo (palynological richness, sl. 2). Okoli 4.800 cal. BP se poveča intenzivnost gojenja žit, kar povezujemo z arheološkimi najdišči iz bronaste dobe.

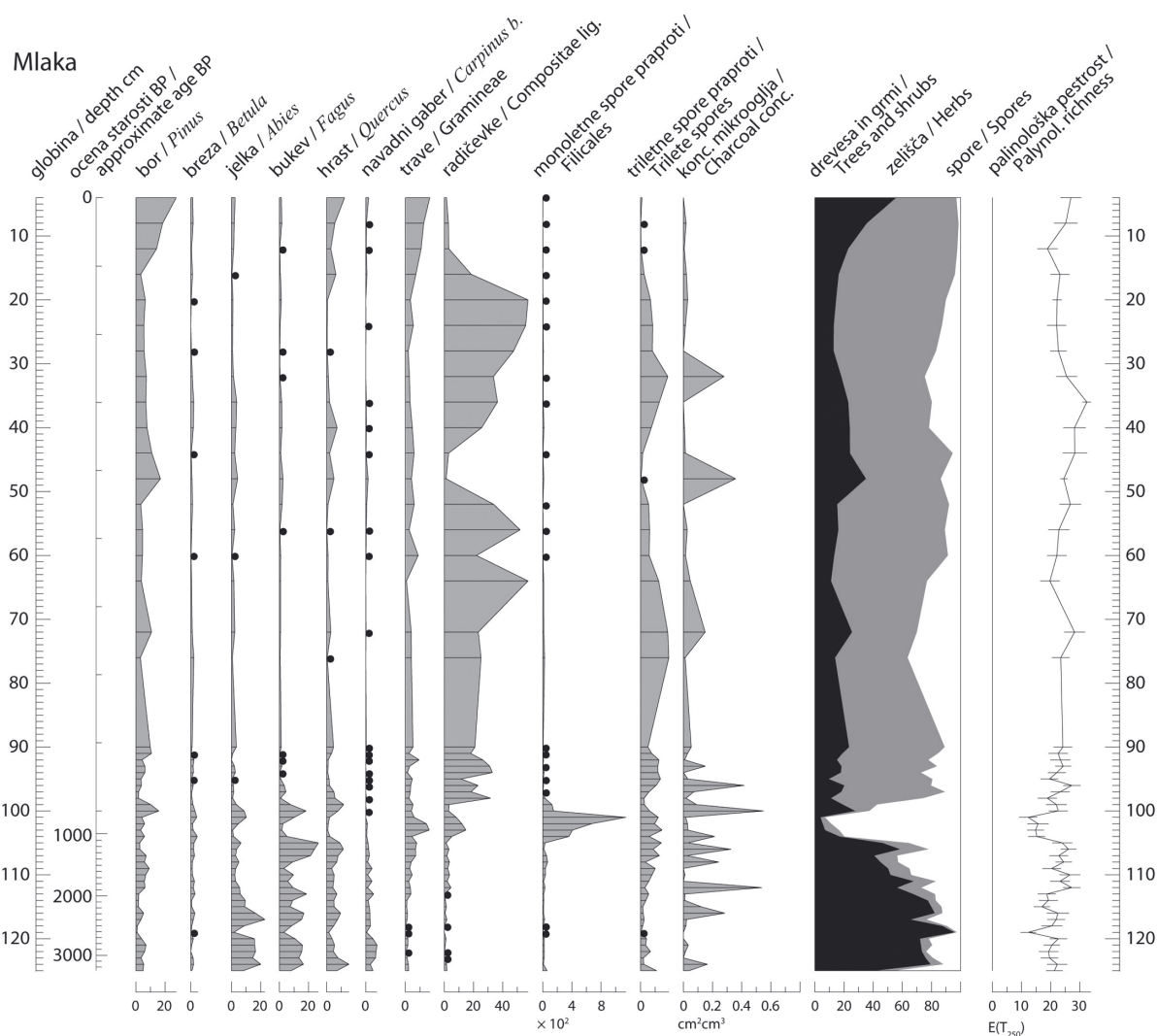
Bolj podrobno so te spremembe prikazane na diagramu (sl. 3), ki prikazuje spremembe zadnjih 3000 let. Močno krčenje gozdne vegetacije je datirano tudi v rimsko obdobje (100 n. št. = 1900 cal. BP), ko je palinološka pestrost narasla. Zadnjih tisoč let opazamo upad bukve in porast triletnih spor praproti, kamor uvrščamo tudi orlovo praprot (*Pteridium aquilinum*). V zgodnjem srednjem veku se je krčenje gozdnih površin in oblikovanje odprtega prostora (oz. negozdnih površin) nadaljevalo (približno 1000 n. št.). Takrat je nastala odprta krajina, podobna današnji, palinološka pestrost pa je upadla, verjetno zaradi preintenzivnega pritiska na okolje. V tem obdobju je delež monoletnih spor praproti narasel, delež gozda pa je najbolj drastično upadel. Po letu 1100 n. št. je palinološka pestrost zopet narasla. V pelodnem spektru iz tega obdobja prevladujejo zelišča; palinološka pestrost niha med 19 in 27 taksonov (na 250 prešteti pelodnih zrn).

V zadnjih desetletjih lahko opazimo težnjo po zaraščanju gozdnih površin in palinološka pestrost v teh zgodnjih sukcesijskih fazah naraste do 27. Narasla količina bora kaže na zaraščanje krajine, saj je bor v sekundarni sukcesiji med prvimi. To nakazuje, da je bil človekov vpliv in pritisk na krajino v prvih desetletjih 20. stoletja prevelik oz. da je šel pritisk na biodiverzitetu čez najvišjo možno mero, z zaraščanjem krajine v zadnjih desetletjih pa biotska raznovrstnost spet narašča.

VEGETACIJSKA RAZISKAVA

Tudi vegetacijske raziskave kažejo na dinamično spreminjanje vegetacije, ki pa je posledica opuščanja človekovega pritiska oz. gospodarjenja. Za Belo krajino so značilni brezovi stelniki (asociacija *Pteridio-Betuletum* Trinajstić & Šugar ex Rauš & Matić 1994), ki so nastali kot posledica ekstenzivnega steljarjenja v daljšem časovnem obdobju (Šilc *et al.* 2008). Steljarjenje je pripravljeno stelje (nastilja), ki se uporablja za zagotavljanje suhega in toplega ležišča domačim živalim. Zato so želi praprot ali pa kosili in grabili zeliščno in mahovno plast na vselej istih lokacijah, ob čemer so nastale posebne, drugotne rastlinske združbe (Robič 1992). Zaradi opuščanja steljarjenja (odseljavanje, manjša potreba po stelji, zmanjšanje števila glav živine) se številni stelniki ponovno zaraščajo v gozd (Paušič 2012).

Na podlagi starih katastrov (Franciscejski kataster iz let 1825 in 1880) in recentne karte habitatnih tipov (2005) je prikazana sprememba krajine na majhnem območju pri vasi Bojanci kot primer splošnega procesa v Beli krajini (sl. 4). Spremembe so znatne predvsem zaradi povečanja gozdnih površin.



Sl. 3: Pelodni diagram na vrtini Mlaka. Prikazane so spremembe v zadnjih 3.000 letih (Andrič 2007).
 Fig. 3: Pollen diagram at the Mlaka well showing changes in the past 3,000 years (Andrič 2007).

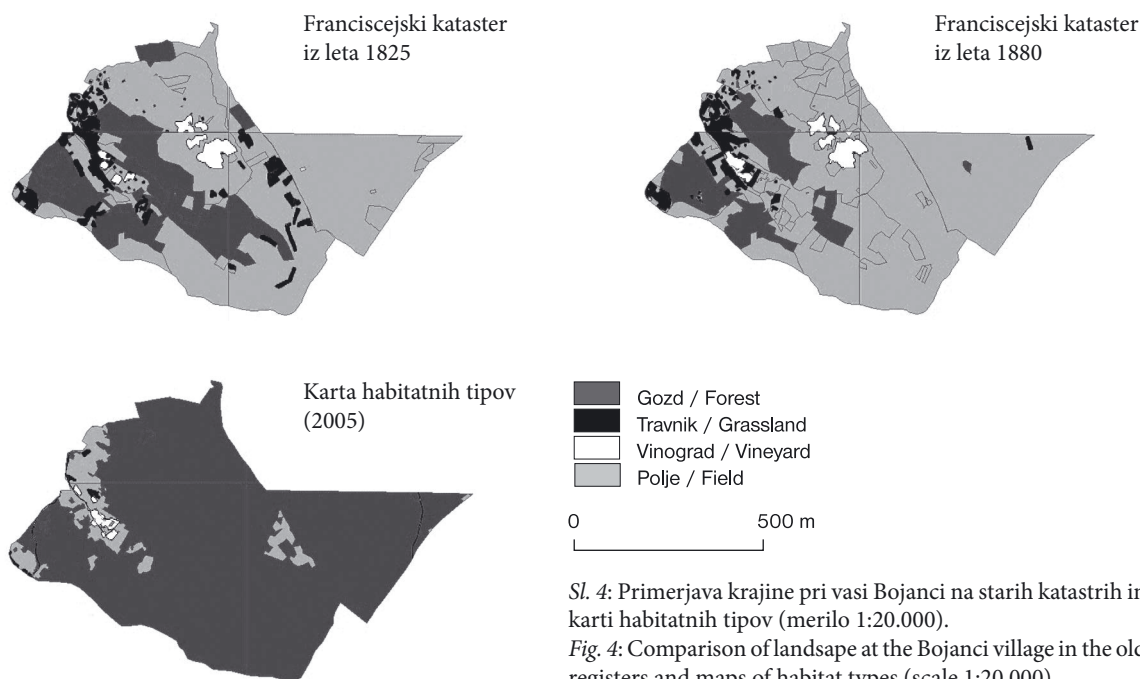
S pomočjo starih katastrskih načrtov in letalskih posnetkov smo določili starost določenih steljniov in sukcesijski niz njihovega zaraščanja. V vsaki zaplati smo naredili vegetacijski popis in opazovali spremembe v floristični sestavi in strukturi vegetacije. Sukcesija poteka od združbe vrese (asociacija *Genisto sagittalis-Callunetum* Horvat 1931) preko stadijev z orlovo praproto in brezo, stadija rdečega bora in breze do končne združbe, ki predstavlja gabrov gozd (asociacija *Abio albae-Carpinetum* Marinček 1994). S spremembami floristične sestave se spreminjajo tudi tla, saj pH tal prehaja iz kislega v nevtralnejše območje, povečuje pa se količina dušika, fosforja, kalcija in magnezija (Čarni *et al.* 2007).

Sprememba števila vrst v sekundarni sukcesiji je jasno vidna (sl. 5a). Ravno tako upada Shannon-Wienerjev indeks (sl. 5b) proti klimaksnemu stadiju. Pri obeh kazalcih je opazen rahel porast v sredini sukcesijskega niza.

DISKUSIJA

Fitocenologija in palinologija imata zaradi specifičnih metod in ciljev raziskav, ki jih uporabljata, različen domet glede časovnega obdobja. Palinologija za razliko od fitocenologije omogoča opazovanje dolgoročnega razvoja rastlinstva, vendar pa je pri prostorski, časovni in taksonomski natančnosti omejena.

Na prostorsko reprezentativnost palinološkega najdišča vpliva predvsem velikost močvirja. Primerjava pelodnega zapisa z okoliško vegetacijo je namreč pokazala, da v manjših jezerih in močvirjih prevladuje pelod lokalne, v večjih pa regionalne vegetacije (Jacobson in Bradshaw 1981). Na manjših najdiščih, ki so po velikosti primerljiva z Mlako (premer najdišča pribl. 30 m), prevladuje pelod rastlin, ki so rasle nekaj metrov (\leq pribl. 20 m) od roba bazena (pribl. 73 %

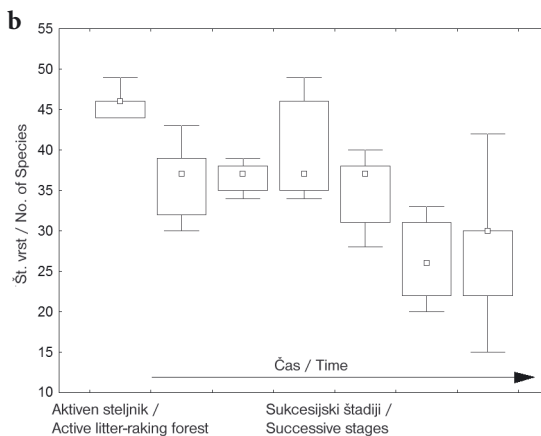
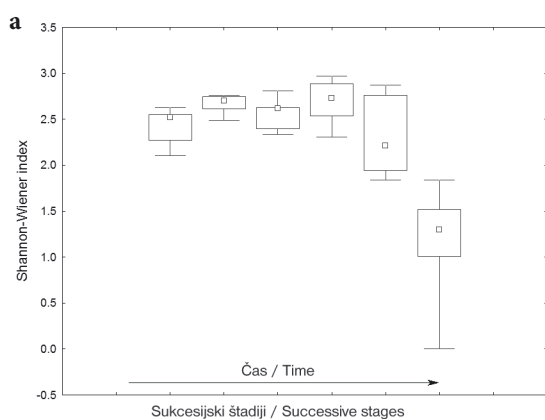


Sl. 4: Primerjava krajine pri vasi Bojanci na starih katastrih in karti habitatnih tipov (merilo 1:20.000).

Fig. 4: Comparison of landscape at the Bojanci village in the old registers and maps of habitat types (scale 1:20,000).

peloda). Peloda “ekstralokalne” vegetacije, ki je rasla od pribl. 20 m do nekaj sto metrov od roba bazena, je manj (pribl. 18 %), še manj pa je peloda vegetacije širše regije (nekaj 100 m do nekaj km, pribl. 9 %, Jacobson in Bradshaw 1981). Pelodni zapis paleoekološkega najdišča Mlaka torej v prvi vrsti daje informacije o dogajanju v neposredni okolici, na dobrih 3000 m² površine (oz. skupaj z “ekstralokalno” vegetacijo na nekaj 10 ha veliki površini) in je zato občutljiv za dogajanje na posameznih sukcesijskih ploskvah.

Pelodni zapis Mlake ima za razliko od fitoceno- loških raziskav nekoliko slabšo časovno resolucijo vzorčenja. Gostota vzorcev na pelodnem diagramu, kjer je bil v večjem delu vrtine brez presledkov analiziran vsak centimeter sekvence, je pribl. 25–80 let na vzorec. To nam omogoča opazovanje sprememb vegetacije s časovno ločljivostjo desetletij/stoletij, da lahko vsaj v nekaterih delih diagrama, kjer je ločljivost največja, vidimo glavne sukcesijske faze (pri tem si pomagamo tudi z obdobji, ko je bilo vegetacijsko dogajanje na površinah okrog Mlake v isti razvojni fazi).



Sl. 5: a – Spreminjanje števila vrst v različnih sukcesijskih stadijih, kot prvi stadij je prikazan še aktiven steljnič, b – spreminjanje Shannon-Wienerjevega diverzitetnega indeksa v različnih sukcesijskih stadijih. Vsak okvir z ročaji (angl. boxplot) predstavlja en sukcesijski stadij (povzeto po Čarni *et al.* 2007).

Fig. 5: a – Changes in the number of species in various successional stages; as the first stage the active litter-raking forest is shown, b – changing of Shannon-Wiener diversity index at different successional stages. Each boxplot represents one successional stage (from Čarni *et al.* 2007).

Palinologija in fitocenologija imata tudi različno taksonomsko natančnost; fitosociologija je pri opisu združb in določanju rastlinskih vrst mnogo natančnejša, pelod pa pogosto lahko določimo le do rodu ali družine natančno. Ker posamezni taksoni tvorijo različno količino peloda, v palinologiji za merjenje biotske pestrosti ne moremo uporabiti Shannon-Wienerjevega indeksa, ki upošteva tako število različnih taksonov kot tudi njihovo pogostost. V nasprotju s pogostostjo je število taksonov v palinološkem zapisu lahko konkreten in koristen podatek za oceno palinološke pestrosti, vendar samo če je število prešteti pelodnih zrn v vsakem vzorcu standardizirano na enako število ($E(T_n)$) (rarefaction analysis, Birks in Line 1992). Palinološka pestrost odraža spremembe vegetacije na področju, od koder je na naše najdišče prihajal pelod, kar lahko enačimo z α diverzitetno znotraj vsake enote vegetacijskih tipov, tj. vegetacijsko mozaično zgradbo (γ krajinska diverzitetna, Whittaker 1976), oziroma bogastvom vegetacijskih sestavin (združb) v krajini (Walker 1989).

Študija, ki sta jo opravila Birks in Line (1992) na najdiščih v Veliki Britaniji, je pokazala, da palinološka pestrost odraža mozaično strukturo krajine in floristično pestrost vegetacijskih tipov, ki naj bi bila največja ob zmernem vplivu človeka ("intermediate disturbance hypothesis", Grime 1973). Palinološka pestrost pa poleg rastlinske raznolikosti v krajini lahko odraža tudi enakomernost ("evenness", Odgaard 1999, 2001; van der Knaap 2009). Ko v pelodnem zapisu močno prevladuje le nekaj taksonov (ki so hkrati močni producenti peloda), je verjetnost, da najdemo pelod redkejših taksonov manjša, s tem pa se zmanjšuje tudi palinološka pestrost vzorca. Zato je pri neposrednem povezovanju palinološke pestrosti z biotsko raznovrstnostjo potrebna previdnost (van der Knaap 2009).

Ekološke raziskave trenutne vegetacije so lahko tudi primer rekonstrukcije procesov v preteklosti. Nastanek negozdne, odprte krajine je bil hiter in zaradi gospodarjenja se je ustvaril nekakšen kvazi-ekvilibrum,

ki pa se ob opuščanju gospodarjenja hitro spremeni. Z izrazom kvazi-ekvilibrum želimo poudariti ravnovesno stanje v okolju, ki se odraža v posebni rastlinski združbi, katere obstoj je odvisen od trajnega ekstenzivnega človekovega vpliva. Obe raziskavi kažeta na povečanje diverzitet na začetku sukcesije in na njeno zmanjševanje zaradi konkurence, ki se ob tem povečuje, ko se zmanjšuje motnja.

Spremembe v sekundarni sukcesiji so se pokazale za presenetljivo hitre (40 do 50 let za obnovo gabrovega gozda; Čarni *et al.* 2007). Razlog je za razliko od podobnih procesov na silikatu v srednji in severni Evropi v apnencu kot matični podlagi. Ob nadaljnjem opuščanju gospodarjenja in zaraščanju pričakujemo ponovno obnovitev gabrovih gozdov, ponekod mogoče tudi bukovih, če predpostavljamo, da bodo klimatske razmere ostale enake. Rezultati palinološke raziskave in nekdanje prevladovanje bukovih gozdov namreč lahko nakazujejo tudi prihodnji razvoj vegetacije. Ali lahko pričakujemo, da se bo ponovno naselila bukev oz. da bo njenih sestojev več? Ob pričakovanih klimatskih spremembah pa seveda lahko pričakujemo tudi nove in drugačne spremembe gozdne vegetacije. Kutnar *et al.* (2009) predvidevajo ob zvišanju povprečne temperature precejšnje spremembe in večjo zastopanost toploljubnih gozdnih združb.

Za ohranjanje diverzitet je potrebna uravnotežena frekvenca pojavljanja motenj (intermediate disturbance hypothesis) tako na krajinskem nivoju kot tudi na nivoju rastlinskih združb. To je pomembno z naravovarstvenega vidika, saj želimo v Beli krajini ohraniti stelnike kot značilen tip krajine, ki pa je povezana s tradicionalnim načinom gospodarjenja.

Zahvala

Za izdelavo slik se zahvaljujemo Tamari Korošec, za pripombe na prvotno verzijo besedila pa Mitji Kaligariču, Tjaši Tolar ter anonimnemu recenzentu.

LITERATURA / REFERENCES

ANDRIČ, M. in K. J. WILLIS 2003, The phytogeographic regions of Slovenia: a consequence of natural vegetation environmental variation or prehistoric human activity?, *Journal of ecology* 91, 807–821.

ANDRIČ, M. 2007, Holocene vegetation development in Bela krajina (Slovenia) and the impact of first farmers on the landscape, *The Holocene* 17(6), 763–776.

BEHRE, K.-E. 1981, The interpretation of anthropogenic indicators in pollen diagrams, *Pollen et spores* 23, 225–245.

BENNETT, K. D. 1998, Documentation for PSIMPOLL 3.00 and PSCOMB 1.03: C programs for plotting pollen diagrams and analysing pollen data. Cambridge. <http://chrono.qub.ac.uk/psimpoll/psimpoll.html> (16. maj 2007)

BENNETT, K. D. in K. J. WILLIS 2001, Pollen. V: Smol J. P. Birks, H. J. B. in Last W. M. (ur.), *Tracking environmental change using lake sediments. Volume 3: terrestrial, algal and siliceous indicators*, 5–32, Dordrecht.

- BIRKS, H. J. B. in J. M. LINE 1992, The use of rarefaction analysis for estimating palynological richness from Quaternary pollen-analytical data, *The Holocene* 2(1), 1–10.
- BIRKS, H. J. B., M. LINE in T. PERSSON 1990, Quantitative estimation of human impact on cultural landscape development. – V: Birks H. H., Kaland P. E. in Moe D. (ur.), *The cultural landscape – past, present and future*, 220–240, Cambridge.
- BUDJA, M. 1992, Neolithic and Eneolithic settlement patterns in Bela krajina region of Slovenia, *Memoire del Museo Civico di Storia Naturali di Verona (Iia Serie)*, Sezione Scienze Dell'uomo, 4, 119–127.
- ČARNI, A., P. KOŠIR, A. MARINŠEK, U. ŠILC in I. ZELNIK 2007, Changes in structure, floristic composition and chemical soil properties in succession of birch forests, *Periodicum Biologorum* 109, 13–20.
- GRIME, J. P. 1973, Competitive exclusion in herbaceous vegetation, *Nature* 242, 344–347.
- JACOBSON, G. L. in R. H. W. BRADSHAW 1981, The selection of sites for palaeovegetational studies, *Quaternary research* 16, 80–96.
- JACOBSON, G. L. in BRADSHAW, R. H. W. 1981, The selection of sites for palaeovegetational studies, *Quaternary research* 16, 80–96.
- KUTNAR L., KOBLEK A. in BERGANT K. 2009, Vpliv podnebnih sprememb na pričakovano prostorsko prerasporeditev tipov gozdne vegetacije, *Zbornik gozdarstva in lesarstva* 89, 33–42.
- MARINČEK, L. in A. ČARNI 2002, *Komentar k vegetacijski karti gozdnih združb Slovenije v merilu 1:400.000*, Ljubljana.
- MASON, P. in M. ANDRIČ 2009, Neolithic/Eneolithic settlement patterns and Holocene environmental changes in Bela Krajina (south-eastern Slovenia), *Documenta Praehistorica* 36, 327–335.
- ODGAARD, B. V. 1999, Fossil pollen as a record of past biodiversity, *Journal of biogeography* 26(1), 7–17.
- ODGAARD, B. V. 2001, Palaeoecological perspectives on pattern and process in plant diversity and distribution adjustments: a comment on recent developments, *Diversity and distributions* 7, 197–201.
- PAUŠIČ, A. 2012, Rastlinske vrste in njihove morfološke posebnosti: kazalci nekdanjega gospodarjenja s krajino, *Proteus* 74(7), 304–312.
- ROBIČ, D. 1992, Steljarjenje v slovenskih gozdovih nekoč, danes in jutri. – V: Anko B. (ur.), *Bogastvo iz gozda: zbornik republiškega seminarja*, 73–86, Ljubljana.
- ŠILC, U., A. ČARNI, P. KOŠIR, A. MARINŠEK in I. ZELNIK 2008, Litter-raking forests in SE Slovenia and in Croatia, *Hacquetia* 7, 71–88.
- TINNER, W., P. HUBSCHMID, M. WEHRLI, B. AMMANN in M. CONDERA 1999, Long-term forest fire ecology and dynamics in southern Switzerland, *Journal of ecology* 87, 237–289.
- van der KNAAP, W. O. 2009, Estimating pollen diversity from pollen accumulation rates: a method to assess taxonomic richness in the landscape, *The Holocene* 19(1), 159–163.
- WALKER, D. 1989, Diversity and stability. – V: Cherrett J. M. (ur.), *Ecological concepts – The contribution of ecology to an understanding of the natural world*, 115–145, Oxford.
- WHITTAKER, R. H. 1976, Evolution of species diversity in land communities, *Evolutionary biology* 10, 1–67.
- WILLIS, K. J. in K. D. BENNETT 1994, The Neolithic transition – fact or fiction? Palaeoecological evidence from the Balkans, *The Holocene* 4, 326–330.

DENDROKRONOLOGIJA IN NJENA UPORABNOST ZA REKONSTRUKCIJO PALEOOKOLJA

DENDROCHRONOLOGY AND ITS APPLICATION IN THE RECONSTRUCTION OF THE PALAEOENVIRONMENT

Tom LEVANIČ

Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, SI-1000 Ljubljana; tom.levanic@gozdis.si

Izvleček

V prispevku predstavljamo les kot predmet dendrokronoloških raziskav, dendrokronologijo kot metodo rekonstrukcije paleookolja in nekaj primerov rekonstrukcije na različnih prostorskih nivojih. Drevesne branike analiziramo na več načinov, in sicer tako, da jim izmerimo širine, gostoto, določimo razmerja stabilnih izotopov in analiziramo anatomsko zgradbo. Ker na rast drevesa in nastanek ter lastnosti branike vpliva tudi klima, lahko pod določenimi pogoji trdimo, da ti podatki iz drevesnih branik oz. "proksipodatki" nadomeščajo merjene klimatske podatke. S pomočjo modelov, ki vzpostavijo povezavo med "proksipodatki" in merjenimi klimatskimi podatki, lahko rekonstruiramo klimo v obdobja pred merjenimi klimatskimi podatki in postavimo aktualne klimatske spremembe v časovni in prostorski kontekst. Dosedaj so bile narejene številne rekonstrukcije pretekle klime, ki temeljijo na dendrokronoloških in drugih "proksipodatkih" (npr. analizah izvrtkov iz šotnih barij, ledenih izvrtkov, kapnikov, premikanja ledenikov ...). Kombiniranje več "proksipodatkov" se imenuje "multiproksi" pristop, ki v strokovni javnosti vedno bolj pridobiva na veljavi, ker omogoča najbolj verodostojne rekonstrukcije.

Ključne besede: dendrokronologija, dendroklimatologija, les, rekonstrukcija paleookolja

Abstract

In this paper we present wood as an object of dendrochronological research, dendrochronology as a method of the paleoenvironment reconstruction, and some cases of reconstructions on a small and large scale. Tree-rings can be analysed in several ways: one can measure the ring-width, density, determine the ratio of stable isotopes and analyse the anatomical structure of the ring. Since the growth of trees, formation and properties of the rings are all, at least partially, influenced by climate, it can be said that these data are substitute or "proxy" data for the measured climate data. With the aid of models that establish a link between the tree-ring data and measured climate data we can reconstruct past climate for the period without existing climate data and place the current climate change in a temporal and spatial context. Thus far, researchers have done a number of reconstructions of past climate based on dendrochronological and other "proxy" data (e.g. cores from peat bogs, ice cores, speleothemes, retreat of the glaciers,...). A "Multi-proxy" approach, which is a combination of several "proxy" data, is increasingly gaining in force in the research arena because it gives the most reliable reconstruction of the paleoenvironment so far.

Keywords: dendrochronology, dendroclimatology, wood, reconstruction of paleoenvironment

UVOD

Ključ za razumevanje prihodnosti leži v naši preteklosti. To je motiv, zaradi katerega se dendrokronologija podajamo v preučevanje rasti dreves in iskanje starih dreves na najodročnejših lokacijah. Drevesa so dolgoživi organizmi, ki ob rasti v določenem okolju v letnih debelinskih prirastkih shranjujejo informacije o obdajajočem okolju in o njegovih spremembah. S preučevanjem informacij, ki jih vsebujejo letni debelinski prirastki ali branike, lahko dendrokronologija razvozla preteklo dogajanje v bližnji ali daljni okolici drevesa. Ko raziskujemo rast dreves na ekstremnih rastiščih, tj. rastiščih, kjer na rast drevesa pomembno vpliva samo en okoljski dejavnik, npr. klima, lahko s pomočjo iz branik pridobljenih informacij rekonstruiramo klimatske parametre za več sto ali celo tisoč let v preteklost. Branike v sebi ne skrivajo samo podatka o širini letnega prirastka v določenem letu, pač pa vsebujejo še mnoge druge informacije, kot so npr. širina ter gostota ranega in kasnega lesa, kemijska zgradba branike, izotopska zgradba branike ali različni anatomske parametri branike. Podatke, pridobljene iz širine branik, ki posredno nakazujejo spreminjanje klime, imenujemo "proksi" ali nadomestni podatki. Termin "nadomestni" uporabljamo zato, ker drevesa v letnem prirastku ne hranijo informacije npr. o temperaturi v določenem letu, ampak se na bolj ali manj ugodne rastne razmere v določenem letu odzivajo z boljšo ali slabšo rastjo. Ob poznavanju rasti drevja raziskovalci ugotavljamo, kako klimatske razmere v določenem letu vplivajo na rast, zato lahko z uporabo statističnih metod razvijemo modele, s pomočjo katerih rast drevja povežemo s klimatskimi razmerami v določenem letu, nato pa sklepamo iz posameznih branik, kakšna je bila npr. povprečna poletna temperatura v določenem letu. Ker drevesa dosegajo visoke starosti (več sto ali celo tisoč let) in ker večina merjenih meteoroloških podatkov ne presega 150 let, lahko z uporabo "proksipodatkov" rekonstruiramo klimo daleč (tudi več tisoč let) v preteklost, v obdobje, za katerega nimamo merjenih meteoroloških podatkov.

Tako spoznamo, kakšna je bila klima v preteklosti, odgovorimo na vprašanje, ali je moderna klima toplejša ali hladnejša, kot je bila v preteklosti; lahko tudi identificiramo pretekla obdobja, ko je bila klima toplejša ali pa hladnejša kot danes. Spoznanja, temelječa na informacijah, ki se skrivajo v drevesnih branikah, lahko združimo s spoznanji drugih raziskovalcev, ki delajo npr. z ledenimi izvrtki, pelodnimi analizami, historičnimi podatki o klimi ali globokomorskimi školjkami v t. i. "multiproksi" pristopu. Ta nam pomaga razkriti skrivnosti naše pretekle klime, postaviti aktualne klimatske spremembe v časovni kontekst in v sodelovanju s superračunalniškimi centri, kjer so nameščeni modeli napovedovanja bodoče klime na Zemlji, povečati zanesljivost modelov spreminjanja klime v prihodnosti.

DENDROKRONOLOGIJA

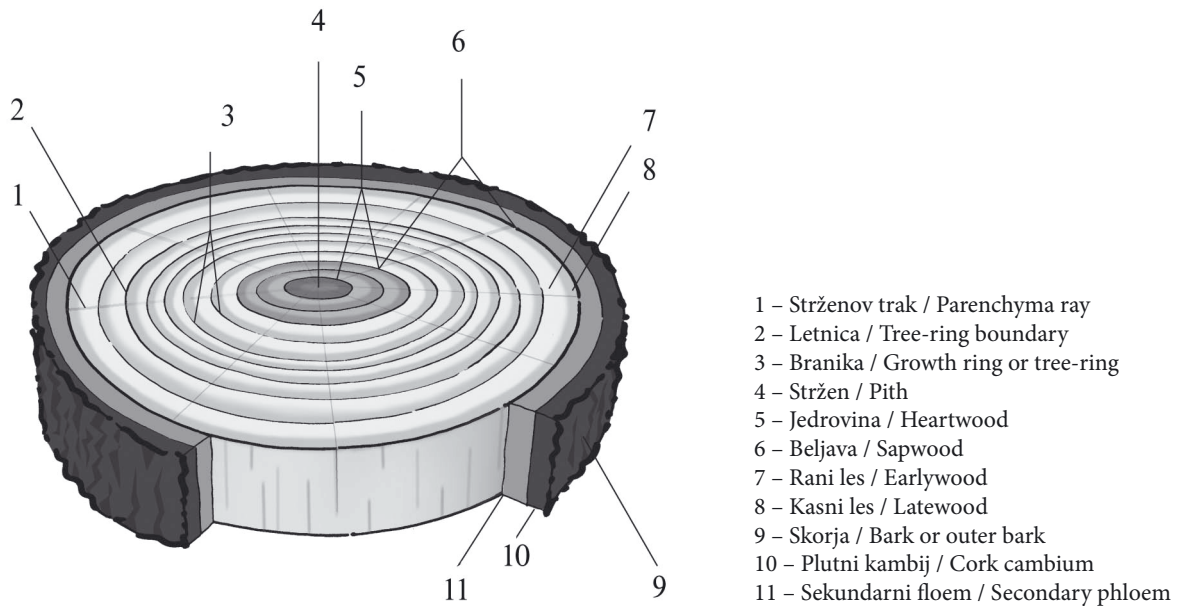
Dendrokronologija je veda, ki uporablja datirane kronosekvence drevesnih branik za natančno umestitev zgodovinskih in okoljskih dogodkov ter procesov v čas. Je datirna tehnika, ki temelji na primerjavi prirastnega vzorca dreves, nam zagotavlja absolutne datacije lesa z letno natančnostjo za obdobje holocena oz. zadnjih 12.000 let. Je edina absolutna datirna tehnika lesa; podobna, a manj natančna datirna tehnika lesa je še metoda z radioaktivnim izotopom ogljika ^{14}C (ali preprosto C14). Kljub temu da je slednja manj natančna, pa lahko z njo datiramo les na daljši časovni skali – pribl. 58.000–62.000 let. C14 datacijo se velikokrat uporablja v kombinaciji z dendrokronološkimi meritvami, saj lahko v primeru lesa z dendrokronološkimi meritvami znatno izboljšamo natančnost C14 datacije.

S štetjem drevesnih branik (= letnih prirastkov drevesa) dendrokronolog ugotavlja njihovo starost, vendar pa je štetje branik samo po sebi manj pomemben del dendrokronologovega dela. Bistveno pomembnejše so meritve, ki jih lahko opravi na posamezni braniki in zaporedje teh meritev z danim specifičnim vzorcem, ki nam omogoča datacijo in sinhronizacijo. Na osnovi zaporedja širin branik in značilnega vzorca debelinskega priraščanja dendrokronolog sklepa na razmere v okolju, v katerem so določeni debelinski prirastki nastali. Preko značilnosti drevesne branike (npr. širina, anatomske značilnosti, izotopska sestava branike ali gostota branike) posredno sklepa na klimatske, širše tudi na okoljske razmere, v katerih so drevesne branike nastale. To nam, podkrepjeno z veliko statistike in matematike, omogoča rekonstrukcijo paleookolja za nekaj sto in tudi več tisoč let nazaj v preteklost.

LES

Les oz. drevesna branika je v središču dendrokronoloških raziskav, zato je dobro poznati nekaj osnovnih izrazov, ki jih dendrokronologija uporablja. Drevesna branika ali preprosto **branika** je letni debelinski prirastek drevesa (*sl. l*). Meja med dvema branikama je navidezna črta, ki se imenuje **letnica**. Tipično braniko sestavljata **rani in kasni les**. Rani les nastaja na začetku rastne sezone. Njegova značilnost so večji prevodni elementi in tanjše celične stene. Kasni les je makroskopsko temnejši od ranega. Nastaja poleti, njegova značilnost so tanjši prevodni elementi, debelejšje celične stene in boljše mehanske lastnosti. Treba pa je poudariti, da je ta razlaga, čeprav točna, nekoliko poenostavljena in da nismo upoštevali razlik v anatomski strukturi lesa med iglavci ter venčastoporoznimi in difuznoporoznimi listavci.

Osnova dendrokronologije je, kot že rečeno, **branika**. Branika nastane, če drevo raste v klimatskih razmerah, kjer obdobje rasti za dalj časa prekine obdobje,



- 1 – Strženov trak / Parenchyma ray
- 2 – Letnica / Tree-ring boundary
- 3 – Branika / Growth ring or tree-ring
- 4 – Stržen / Pith
- 5 – Jedrovina / Heartwood
- 6 – Beljava / Sapwood
- 7 – Rani les / Earlywood
- 8 – Kasni les / Latewood
- 9 – Skorja / Bark or outer bark
- 10 – Plutni kambij / Cork cambium
- 11 – Sekundarni floem / Secondary phloem

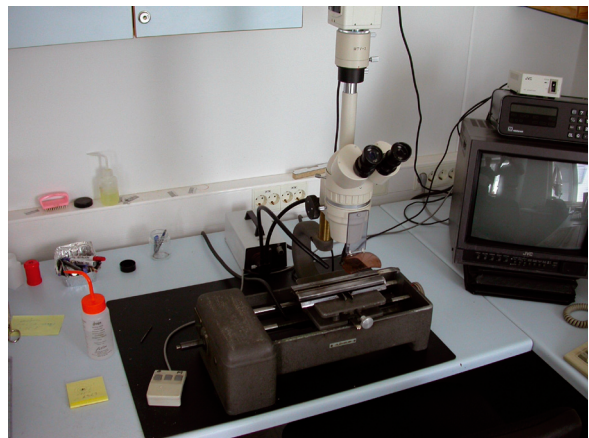
Sl. 1: Prerez stebela s tipičnimi anatomskimi elementi lesa. Risba: Tamara Korošec.

Fig. 1: Cross-section of trunk with typical anatomical elements of wood. Drawing: Tamara Korošec.

neugodno za rast (npr. zima). Pri tem je pomembno, da je prekinitev rasti usklajena s koledarskimi leti, saj v nasprotnem primeru z osnovno dendrokronološko tehniko – **datiranjem** – ne moremo določiti leta nastanka branik in metoda ne izpolni osnovne predpostavke. Tako npr. v zmerni klimi ali visoko na severu rast dreves prekine zima, ki natančno sovпада s koledarskimi leti. Za ostale klimatske pasove, kot je npr. tipična mediteranska klima, to ne drži, saj lahko tam drevesa prenehajo z rastjo, ko razmere za rast niso ugodne (npr. v vročem in sušnem poletju) in z njo nadaljujejo, ko so razmere za rast ugodnejše (npr. zgodaj spomladi ali jeseni). Nekoliko bolje je v monsunskem podnebju, kjer se izmenjujeta toplo/vlažno poletje in hladna/suha zima, ki relativno dobro sovpadata s koledarskimi leti, popolnoma drugače pa je v tropskem vlažnem podnebju; tu debelinski prirastek nastaja v povezavi z internimi ravnimi ritmi v drevesih in v večini primerov nima nikakršne povezave s koledarskimi leti.

KAJ MERIMO IN KAKO MERITVE PRETVORIMO V KORISTNO INFORMACIJO

Na začetku so dendrokronologi predvsem šteli branike in merili njihovo širino. Zato so razvili t. i. merilne mizice, ki so bile sprva popolnoma ročne, kasneje pa so preko kontrolne elektronike povezali merilno mizico in računalnik (glej sl. 2).



Sl. 2: Eklund, ena prvih merilnih mizic, ki je bila sprva ročna, nato pa nadgrajena za prenos podatkov v računalnik.

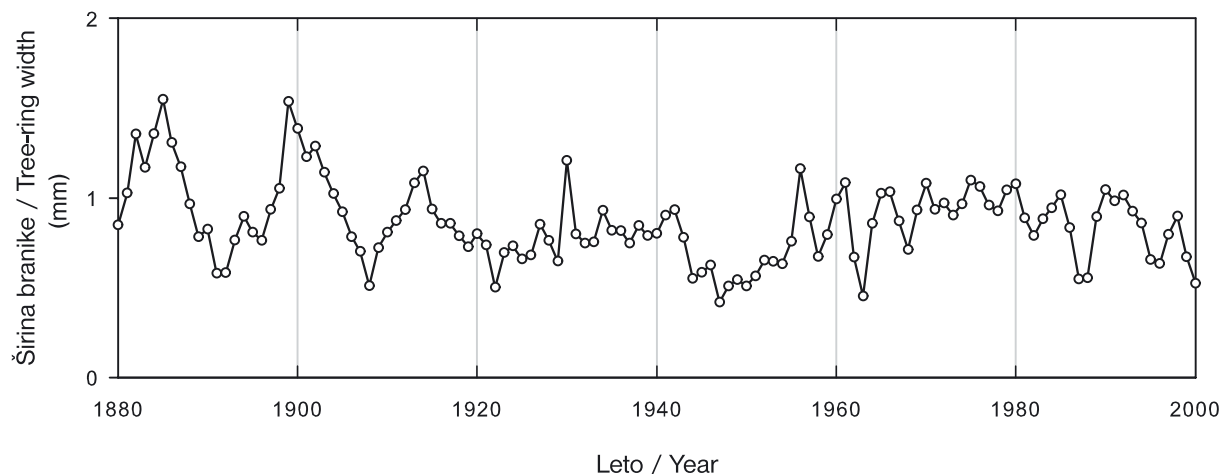
Fig. 2: Eklund, one of the first measurement apparatuses, which was initially manual, then upgraded for computer data transfer.

Uvajanje računalnikov v dendrokronologijo je prineslo številne prednosti in omogočilo hiter razvoj dendrokronologije. Z razvojem novih merilnih tehnik in s pocenitvijo nekaterih ključnih inštrumentov so se razvile nove metode merjenja parametrov v širinah branik. Tu imam v mislih predvsem merjenje gostote oz. gostotnega profila branik z rentgensko densitometrijo, merjenje razmerja stabilnih izotopov v branikah in merjenje določenih anatomskih značilnosti branik (npr. rane/kasnege lesa, premerov prevodnih elementov ipd.).

MERJENJE ŠIRIN BRANIK

Merjenje širin branik spada med enostavnejše dendrokronološke tehnike. Merimo širine branik ali letnih debelinskih prirastkov drevesa, in sicer na prečnem prerezu debla (smer, ki je pravokotna na os debla). Meritve lahko izvajamo na tankih (5 mm) in debelih (12 mm) izvrtkih, pa tudi na kolutih. Širine branik lahko merimo tudi na lesu, ki je vgrajen v konstrukcije ali predelan v pohištvo. Edini pogoji so, da imamo dostop do objekta raziskave, da ima les dovolj branik in da so te dobro vidne. Meritve se ponavadi opravlja z ročno merilno mizico, priključeno na računalnik (npr. sistem LINTAB), kjer je nameščena ustrezna programska oprema. Z razvojem tehnike so vedno bolj v uporabi tudi modernejši pristopi, kot je npr. uporaba skenerjev v kombinaciji s programi za avtomatsko prepoznavanje branik ali sistem ATRICS (Levanič 2007), ki s pomočjo zelo zmogljive programske in strojne opreme zajame sliko izvrtka ali koluta, ki jo nato obdelamo v programih za avtomatsko prepoznavanje branik (npr. WinDendro).

Širine branik ponavadi merimo na 1/100 ali 1/1000 mm natančno. Rezultat meritve širin branik je kronologija širin branik, ki jo najlažje prikažemo v obliki grafa, kjer so na osi X leta, na osi Y pa širine branik. Ko kronologijo (oz. kronologije) narišemo na grafu, tudi najlažje vidimo, kako se drevesa odzivajo na okoljske dražljaje in kakšen je skupen odziv (sl. 3).



Sl. 3: Kronologija širin branik prikazana kot črta z leti na osi x in širinami branik na osi y.

Fig. 3: Chronology of tree-ring widths shown as a line with years on x-axis and ring widths on y-axis.

MERJENJE GOSTOTE LESA V BRANIKI

Meritve gostote lesa v braniki ali densitometrija je relativno moderna dendrokronološka tehnika, ki izkorišča dejstvo, da različne gostote lesa prepuščajo različne količine rentgenskih žarkov, tako jih redkejši rani les prepušča več kot gostejši kasni les (Schweingruber *et al.* 1978). Ta ugotovitev je temelj densitometrije. Ko rentgensko sliko

vzorca lesa damo v analizator, dobimo za vsako braniko niz podatkov, ki vključujejo podatke o gostoti ranega in kasnega lesa, podatke o meji med ranim in kasnim lesom, maksimalni gostoti kasnega lesa in razmerju med ranim in kasnim lesom. Kot "stranski produkt" analize dobimo tudi podatek o širini branike ter ranega in kasnega lesa. Slabost densitometrije je, da je uporabna samo za analiziranje lesa iglavcev, ki je lesno-anatomsko zelo homogen, les listavcev pa ni primeren za takšno analizo. Alternativa rentgenski densitometriji je t. i. metoda "blue reflectance", ki izkorišča dejstvo, da lignin kot pomembna sestavina celične stene žari v ultravijolični in deloma v modri svetlobi. Tako lahko z nekoliko boljšim skenerjem poskeniramo vzorec in potem analiziramo samo modri spekter slike. Rezultat bo približno podoben rentgenski densitometriji, pri tem pa ne bomo potrebovali drage rentgenske naprave. Tudi pri tehniki "blue reflectance" ostaja metoda omejena samo na iglavce.

STABILNI IZOTOPI V BRANIKAH

Merjenje vsebnosti stabilnih izotopov v lesu in povezava teh meritev z rekonstrukcijo paleookolja spada med najnovejše (in najdražje) tehnike v dendrokronologiji. Zaslugo za to ima predvsem večja dostopnost (in deloma pocenitev) masnih spektrometrov za merjenje stabilnih izotopov (IRMS) in razvoj merilnih tehnik na

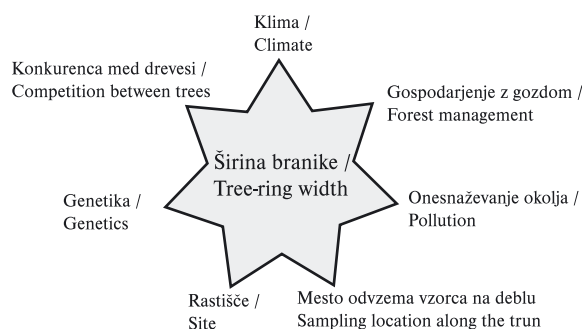
način, da lahko analiziramo tudi zelo majhne količine celuloze. Za razliko od analize širin branik, kjer merimo širino branike, pri analizi razmerja stabilnih izotopov v lesu z masnimi spektrometri ugotavljamo, kakšno je razmerje med stabilnimi izotopi v celulozi posamezne branike in referenčno celulozo. Ekstrakcija branik iz izvrtka in pridobivanje α -celuloze je delovno zelo zahteven postopek, ki terja zelo natančna tehnika,

veliko časa in je tudi zelo drag. Ugotavljanje razmerja stabilnih izotopov v lesu temelji na sežigu α -celuloze v masnem spektrometru. Najpogosteje ugotavljeni izotopi v lesu so stabilni izotopi ogljika, kisika in vodika. Vsi trije izotopi so zelo kvalitetni nadomestki za določene klimatske parametre (npr. temperaturo, zračno vlago, osončenost, zastrtost z oblaki ...). Vendar pa je treba poudariti, da drevesa niso pasivni naravni termometri in da je v ozadju zelo kompleksna fiziologija sprejemanja ogljikovega dioksida in vode v rastlinsko telo, zato pretirano poenostavljanje odnosa med izotopi v lesu in klimo ni na mestu.

DREVO JE NARAVNI ARHIV OKOLJSKIH PODATKOV

Če pogledamo na drevo nekoliko drugače, ne kot na organizem, ki prirašča lesno maso in ga zato posekamo, temveč kot na organizem, ki raste in se razvija v nekem okolju, ugotovimo, da je rast drevesa odraz razmer, v katerih se je razvijalo. Drevo je torej nekakšen naravni pomnilnik, ki v branikah beleži podatke o okolju, v katerem določena branika nastaja.

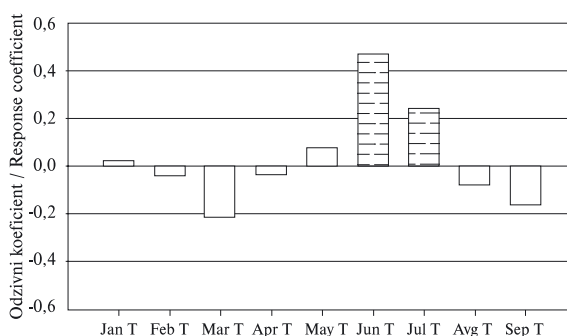
Okoljski dogodki, ki vplivajo na drevo, so številni in kot vidimo na *sliki 4*, niso samo okoljski; nekaj je tudi takšnih, ki so pogojeni z genetskimi in fiziološkimi razlikami med drevesi. Veliko jih je tudi takih, ki sicer ključno vplivajo na rast drevesa, vendar so posledica človekovega delovanja, npr. gospodarjenja z gozdom, onesnaževanja okolja ali povečevanja koncentracij različnih plinov v okolju, ki so posledica človeške dejavnosti (npr. CO_2 , NO_x ali SO_2). Kljub vsemu ostaja klimatski vpliv na rast drevesa najpomembnejši, saj vpliva na celotno fiziologijo drevesa. Klima širše gledano tudi določa, katera drevesna vrsta bo poraščala določeno rastišče. Tako npr. toplejša in sušnejša rastišča poraščajo drevesa, ki so tolerantna na višje temperature in manjše količine padavin (npr. črni bor), medtem ko hladnejša rastišča poraščajo drevesne vrste, ki jim prija nižje povprečne temperature in večja količina padavin (npr. smreka).



Sl. 4: Na širino branike vplivajo številni dejavniki; naštetih je samo najpomembnejši.

Fig. 4: Several factors affect tree-ring width – only the most important are mentioned.

Vpliv klime na rast drevesa se kaže neposredno v širini branike, njeni gostoti ali razmerju stabilnih izotopov v braniki. Najbolj izrazito vpliva klima na rast dreves v t. i. mejnih conah, torej na robovih arealov ali na zgornji gozdni meji. Tako je Levanič (2005) na zgornji gozdni meji v JV Alpah ugotovil, da so junijske temperature ključne za debelinsko rast macesna. Toplejši ko je junij, širša bo branika (*sl. 5*). Junij je namreč tisti mesec, ko je v visokogorju lahko že dovolj toplo, da se rast začne, lahko pa je še veliko snega in se rast še ne more začeti. V visokogorju je obdobje rasti zelo kratko, večina debelinske rasti se konča do sredine avgusta, zato je zgodnejši začetek rasti (v juniju) tako zelo pomemben.



Sl. 5: Na nadpovprečni debelinski prirastek macesna na zgornji meji ključno vplivajo nadpovprečne temperature v juniju in deloma v juliju.

Fig. 5: A key factor on the above-average radial growth of the larch at the upper boundary is the above-average temperature in June and partly in July.

OD BRANIKE K REKONSTRUKCIJI KLIME

Dejstvo, da lahko uporabimo različne parametre branik za rekonstrukcijo paleookolja, je ena največjih dodanih vrednosti dendrokronologije. Drevesna branika tako ni več samo debelinski prirastek drevesa, ki drevesu omogoča prevajanje vode, saj jo lahko pretvorimo v "proksipodatek", ki služi kot nadomestilo za rekonstrukcijo klime v obdobja pred instrumentalnimi meritvami. S tem ne pridobimo samo informacije, kakšna je bila klima v preteklosti, ali je bilo topleje ali hladneje, temveč pridobimo tudi pomembno informacijo, kam lahko umestimo aktualne klimatske spremembe. Hkrati tudi odgovorimo na vprašanja, ali je danes dejansko topleje, kot je bilo kdajkoli poprej, ali so aktualni ekosistemi na Zemlji že bili kdaj v preteklosti izpostavljeni povišanim temperaturam in pomanjkanju padavin in ali dejansko grozi ekosistemski kolaps.

Za kvalitetne rekonstrukcije potrebujemo dve vrsti podatkov: merjene meteorološke in dendrokronološke podatke. Večina merjenih klimatskih nizov je z vidika spreminjanja klime relativno kratkih, meritve so dokaj

zanesljive od leta 1850 dalje. Pred tem letom sicer obstajajo meritve temperature in količine padavin, vendar načini in mesto merjenja niso bili standardizirani, zato so primerjave močno otežene. V okviru historične meteorologije se sicer številne skupine v Evropi ukvarjajo z rekonstrukcijo evropske klime na podlagi arhivskih virov (Brázdil *et al.* 2010; Camuffo *et al.* 2010), vendar je to delo zelo zahtevno, dolžina tako proizvedenih klimatskih časovnih nizov pa je močno odvisna od kvalitete arhivskega gradiva. Arhivski viri so poleg vsega tudi regionalno omejeni ali pa v njih ni mogoče najti informacij, ki nas zanimajo.

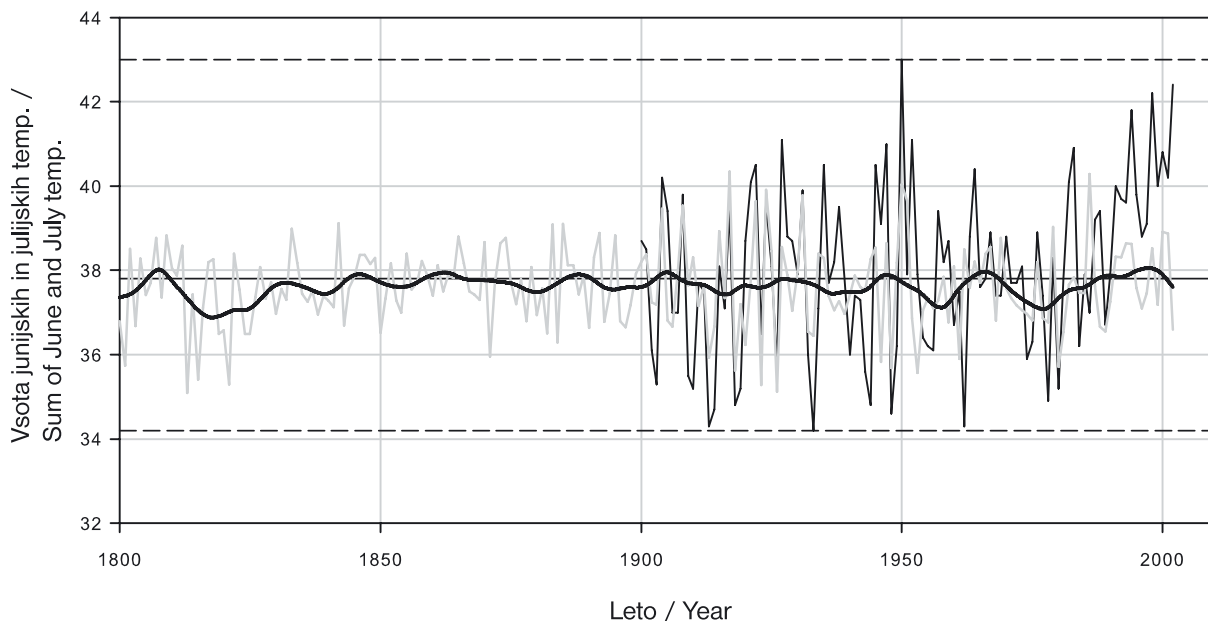
Drugi niz podatkov so dendrokronološke meritve. V primerjavi z merjenimi meteorološkimi podatki so dendrokronološki nizi samo do neke mere odraz klime v določenem okolju in so kot taki manj zanesljivi nosilci informacij o okolju, vendar pa so bistveno daljši in zaradi tega izjemno primerni za rekonstrukcijo klime in umeščanje aktualnih klimatskih sprememb v ustrezno časovno in prostorsko perspektivo (Committee 2006). Ker obstaja statistična povezava med merjenimi meteorološkimi in dendrokronološkimi podatki, so raziskovalci kmalu prišli na idejo, da bi manjkajoče/neobstoječe klimatske nize skušali nadomestiti s “proksipodatkom”, ki je z opazovanim klimatskim parametrom (npr. povprečno mesečno temperaturo) v dobri povezavi. Letni

debelinski prirastki dreves so se tako pokazali za zelo uporabne pri rekonstrukciji klime v obdobja, za katera nimamo na razpolago drugih klimatskih podatkov.

Statistična povezava širine branike in klimatskega parametra nam omogoča postavitev modela odvisnosti širine branike od klime in rekonstrukcijo klimatskega parametra v obdobje pred instrumentalnimi meritvami. Tako je npr. Levanič (2005) na zgornji gozdni meji v JV Alpah s pomočjo širin branik macesna rekonstruiral junijske in julijske temperature na zgornji gozdni meji (sl. 6). Ugotovitve se skladajo z ugotovitvami drugih raziskovalcev, da je bilo obdobje pred letom 1900 relativno hladnejše od obdobja 1900–2000, kar do neke mere potrjuje tezo o “mali ledeni dobi”.

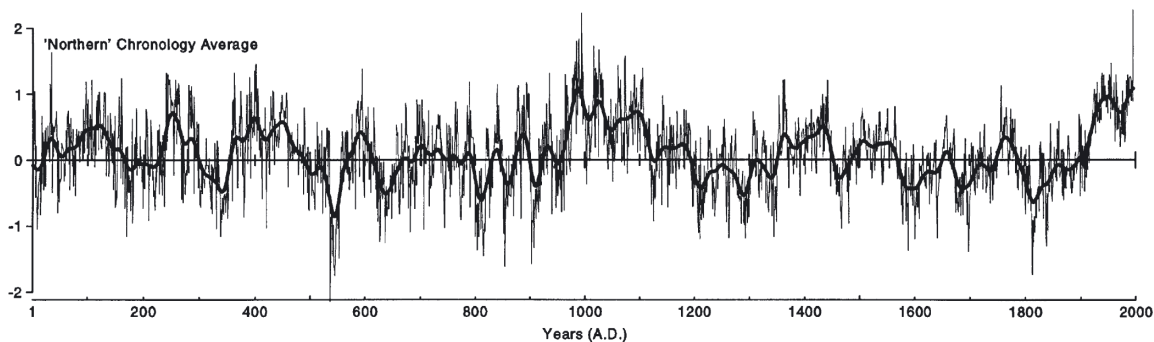
Podobno, vendar na daljši časovni skali in bistveno večjem geografskem prostoru, so Briffa in sodelavci na osnovi kronologij širin branik rekonstruirali poletne temperature za severno poloblo za zadnjih 2000 let (Briffa 2000) in med prvimi dokazali veliko uporabnost drevesnih branik za rekonstrukcijo paleookolja na zelo velikem območju.

Drevesne branike niso edini “proksipodatek” za klimo, med bolj znanimi so še dokumentarni in arhivski viri (npr. čas trgatve ali žetve), stabilni izotopi v



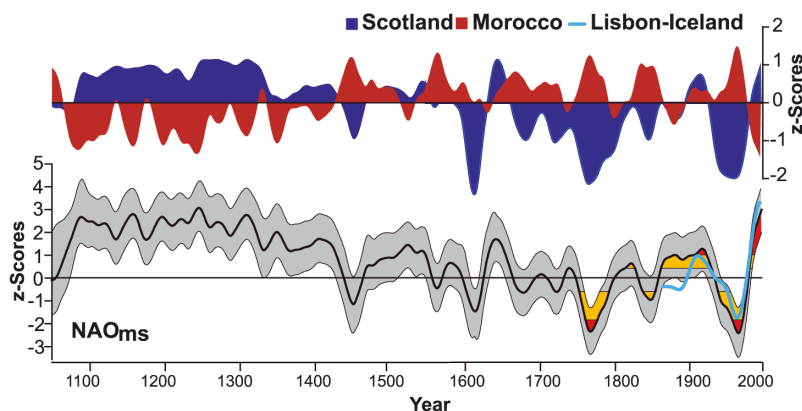
Sl. 6: Statistična povezava širine branike in klimatskega parametra (povprečne mesečne temperature) nam omogoča razvoj modela odvisnosti širine branike od klime in rekonstrukcijo klimatskega parametra v obdobje pred instrumentalnimi meritvami. Primer rekonstrukcije na sliki kaže, da smo pri izračunu imeli na voljo 100 let merjenih meteoroloških podatkov (1900–2000, črna tanka črta) in da smo opravili rekonstrukcijo poletnih temperatur za obdobje pred letom 1900 (na sliki med 1800 in 1900); rekonstrukcija je prikazana s črno krivuljo.

Fig. 6: The statistical connection of annual ring width and climatic parameters (average monthly temperature) enables us to make a model of the dependence of ring width on the climate and reconstruction of climatic parameters in the time before instrumental measurements were taken. An example of the reconstruction in the image shows that for the calculation we had available 100 years of measured meteorological data (1900–2000, thin black line) and that we performed the reconstruction of summer temperatures for the period before 1900 (in the image between 1800 and 1900) – the reconstruction is shown with a black curve.



Sl. 7: Rekonstrukcija poletnih temperatur za severno poloblo. Briffa in sodelavci so za osnovo vzeli kronologije širin branik za različne drevesne vrste. Rekonstrukcija dobro pokaže srednjeveško toplo obdobje (cca. 850–1200 AD) in Malo ledeno dobo (cca. 1350–1850 AD). Vir: Briffa 2000, sl. 1 (z dovoljenjem Elsevier, 21. 6. 2012, št. 2933551436877).

Fig. 7: Reconstruction of summertime temperatures for the northern hemisphere. Briffa et al took as the basis the chronology of tree-ring widths for different tree species. The reconstruction shows well the mediaeval warm period (cca. 850-1200 AD) and Little Ice Age (cca. 1350-1850 AD). Source: Briffa 2000, Fig. 1. (Reprinted with permission from Elsevier, 21. 6. 2012, Licence No. 2933551436877.)



Sl. 8: Rekonstrukcija NAO (North Atlantic Oscillation) – črna črta v sivem polju s pomočjo širin branik različnih drevesnih vrst v Maroku in kapnikov na Škotskem. Vir: Trouet *et al.* 2009, sl. 1 (z dovoljenjem AAAS, 8. 5. 2012, št. 2904080208420).

Fig. 8: Reconstruction of the NAO (North Atlantic Oscillation) – black line in grey field with aid of annual ring widths of different tree species in Morocco and stalactites in Scotland. Source: Trouet *et al.* 2009, Fig. 1. (Reprinted with permission from AAAS, 8. 5. 2012, Licence No. 2904080208420.)

ledenih izvirkih, korale in morski sedimenti, jezerski sedimenti, kapniki, pelod, podatki o spremembi ledenikov za več sto let nazaj (sl. 7). Na sliki 8 vidimo, kako so Trouet in sodelavci (2009) z uporabo različnih “proksipodatkov” – kapnikov in drevesnih branik – rekonstruirali indeks severnoatlantskega kroženja (NAO), ki ima zelo močan vpliv na klimo v Evropi. V času srednjeveškega toplega obdobja je bil indeks severnoatlantskega kroženja izrazito pozitiven, v času male ledene dobe pa pretežno negativen.

SKLEP

Združevanje znanj in kombiniranje različnih “proksipodatkov” nam omogoča vpogled v spremi-

njanje klime na Zemlji na način, kot ga doslej še ni bilo. To nam omogoča umeščanje aktualnih klimatskih sprememb v časovni in prostorski kontekst. Pri tem ne smemo pozabiti, da imajo različni “proksipodatki” svoje prednosti in slabosti. Slabost kronologij drevesnih branik je, da smo časovno dokaj omejeni, najdaljše kronologije so dolge 10.000–12.000 let, večina kronologij pa je bistveno krajših (od nekaj sto do nekaj tisoč let). Z nekaterimi drugimi “proksipodatki” lahko sestavimo bistveno daljše kronologije in izvedemo rekonstrukcijo klime za bistveno daljša časovna obdobja, kot to zmoremo s kronologijami drevesnih branik. Velika prednost datiranih kronologij drevesnih branik je, da so ne glede na dolžino edini “proksipodatki” z letno resolucijo, zato so izjemno koristne za analizo klimatskih sprememb v zadnjih nekaj tisoč letih.

Vse pogosteje pa se dogaja, da raziskovalci s kombiniranjem različnih "proksipodatkov" pridobivamo nove informacije in odpravljamo slabosti posameznih

podatkov (npr. nezanesljivost odziva dreves), tako da so rezultati analiz vedno bolj preverljivi in verodostojni. Prihodnost bo zato še zelo zanimiva.

LITERATURA / REFERENCES

BRÁZDIL, R., D. WHEELER, C. PFISTER 2010, European climate of the past 500 years based on documentary and instrumental data, *Climatic Change* 101(1), 1–6.

BRIFFA, K.R. 2000, Annual climate variability in the Holocene: interpreting the message of ancient trees, *Quaternary Science Reviews* 19(1–5), 87–105.

CAMUFFO, D., C. BERTOLIN, M. BARRIEN-DOS, F. DOMINGUEZ-CASTRO, C. COCHEO, S. ENZI, M. SGHEDONI, A. della VALLE, E. GARNIER, M.J. ALCOFORADO, E. XOPLAKI, J. LUTERBACHER, N. DIODATO, M. MAUGERI, M. NUNES in R. RODRIGUEZ 2010, 500-year temperature reconstruction in the Mediterranean Basin by means of documentary data and instrumental observations, *Climatic Change* 101(1), 169–199.

Committee on Surface Temperature Reconstructions for the Last 2,000 Years, National Research Council

2006, *Surface temperature reconstructions for the last 2,000 years*, Washington.

LEVANIČ, T. 2005, Vpliv klime na debelinsko rast macesna (*Larix decidua* Mill.) na zgornji gozdni meji v JV Alpah = Effect of climate on growth of European larch (*Larix decidua* Mill.) at the upper timberline in the SE Alps, *Zbornik gozdarstva in lesarstva* 78, 29–55.

LEVANIČ, T. 2007, ATRICS - A new system for image acquisition in dendrochronology, *Tree-Ring Research* 63(2), 117–122.

SCHWEINGRUBER, F.H., H.C. FRITTS, O.U. BRÄKER, L.G. DREW in E. SCHÄR 1978, The X-ray technique as applied to dendrochronology, *Tree Ring Bulletin* 38, 61–91.

TROUET, V., J. ESPER, N.E. GRAHAM, A. BAKER, J.D. SCOURSE in D.C. FRANK 2009, Persistent Positive North Atlantic Oscillation Mode Dominated the Medieval Climate Anomaly, *Science* 324(5923), 78–80.

SPREMEMBE AGROBIODIVERZITETE V ZADNJIH 150 LETIH NA PODLAGI RAZISKAVE SEMEN IZ GRADBENEGA MATERIALA CIMPRANE HIŠE

SEED DIVERSITY FROM COB COTTAGE BUILDING MATERIAL INDICATES CHANGES IN AGROBIODIVERSITY IN THE PAST 150 YEARS

Igor PAUŠIČ, Sonja ŠKORNIK in Mitja KALIGARIČ

Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Oddelek za biologijo, Koroška cesta 160, SI-2000 Maribor;
igor.pausic@uni-mb.si, sonja.skornik@uni-mb.si, mitja.kaligarc@uni-mb.si

Izvleček

Rastlinski material je neposreden vir informacij o prisotnosti vrst na nekem območju v preteklem obdobju. V članku opisujemo izvirno metodo proučevanja biodiverzitete kulturne krajine iz sredine 19. stoletja, ki temelji na rastlinskih ostankih, predvsem semenih, pridobljenih iz gradbenega materiala ometa cimprane hiše v Lendavskih Goricah (SV Slovenija). Iz vzorca nekaj več kot 100 kilogramov materiala (ilovice, peska, plev in rezane slame) smo zbrali 7626 semen. Determinirali smo 7269 semen, ki pripadajo 89 taksonom oziroma 81 vrstam večinoma različnih plevelov (predvsem žitnih), nekaj pa je tudi ruderalnih in travniških vrst. Primerjava z recentno floristično sestavo plevelne vegetacije s širšega območja Lendavskih goric potrjuje velike spremembe v agrobiodiverziteti v zadnjih 150 letih. Nekatere vrste, prisotne v vzorcu, so danes redke ali lokalno izumrle, nasprotno pa nekatere, danes pogoste vrste, v obravnavanem času še niso bile prisotne. Raziskava podaja vpogled v vrstno sestavo plevelnih združb in s tem kaže na agrobiodiverziteti iz obdobja 19. stoletja.

Gljučne besede: arheofitocenoza, posušena semena, plevelna vegetacija, Slovenija

Abstract

Plant material is an important source of the presence of plant species from past periods in one area. We provide an innovative method of describing the biodiversity of the agricultural landscape from the mid-19th century, based on desiccated plant remnants, especially seeds, obtained from the building material of a cob cottage in the Lendavske gorice area (NE Slovenia). From a sample of 100 kg of material (consisting of loam, sand, chaff and straw) we collected 7626 seeds. 7269 seeds belong to 89 taxa or 81 plant species, mainly different weed (mostly segetal), but also some ruderals and grassland species. A comparison between the recent species composition of weed vegetation from the area reveals major changes in agrobiodiversity in the last 150 years. Some species, present in the sample, are today rare or locally extinct; on the contrary, certain present-day common species were not yet present that time. The method offers a good, direct insight into species composition and thus to agrobiodiversity from the 19th century period.

Keywords: archaeophytocoenosis, desiccated seeds, weed vegetation, Slovenia

UVOD

Metode proučevanja zgodovine vegetacije slonijo predvsem na dokazih, kot so ohranjena rastlinska tkiva, semena, plodovi in pelod. To so neposredni viri, ki jih pridobimo na terenu. Za novejša obdobja so uporabni tudi herbariji, literatura, kartografski in slikovni material ter vegetacijski popisi. Združba rastlinskih ostankov iz arheoloških najdišč, ki je bila ob delovanju človeka ali naravnih dejavnikov akumulirana na enem mestu, je, razen peloda iz vrtin, pomemben vir informacij pri proučevanju pretekle vegetacije. To je tako imenovana tanatocenoza (Beneš *et al.* 2002) oz. združba rastlinskih ostankov. V takih primerih lahko vsaj teoretično rekonstruiramo rastlinske združbe nekega območja in potegnemo vzporednice oz. primerjave z današnjim stanjem v prostoru. Nekatere tovrstne raziskave so rastlinske ostanke pridobile iz gradbenega materiala (npr. Ernst in Jacomet 2005), pri čemer je človek glinenemu materialu z vgrajevanjem rastlinskih tkiv ali organov (slama s plevami in semeni žit ter vegetativnimi deli drugih rastlin) povečal trdnost. Suh vtisnjen rastlinski material, dobro izoliran pred vplivi okolja, je tako ostal v ilovici, ne da bi prišlo do propada organskega materiala. Semena in druge rastlinske ostanke tako pogosto najdemo v lončevini ali v zgradbah, ki so bile ometane z ilovico, sezidane iz ilovnatih zidakov in opek. Ilovica je kot naravni gradbeni material na skoraj vseh gosto poseljenih območjih prisotna več kot 10.000 let (Zbašnik-Senegačnik 2005). Najstarejše ohranjene ilovnate zgradbe doslej so našli

v današnjem Izraelu, v Jerihu (Zohary in Hopf 2004). Ilovica je bila pred deset tisoč leti pomemben gradbeni material prvih mestnih naselij v Mezopotamiji, ki pa se do danes niso ohranila. V evropskem prostoru so dokazi o uporabi ilovnatnega gradiva že iz časov prvih civilizacij (Zbašnik-Senegačnik 2005). Tehnika gradnje z ilovico, pomešano s slamo, je bila, upoštevajoč število danes ohranjenih stavb, nasploh najbolj razširjen tradicionalni način gradnje. V Srednji Evropi se je gradnja z ilovico, pomešano z rastlinskim materialom, začela močneje razvijati v 16. stoletju, predvsem zaradi pomanjkanja lesa (Zbašnik-Senegačnik 2005). Cimprana hiša, ponekod ji pravijo tudi cimprana kočā ali kar cimprača, je lesena hiša ali vinska klet (*sl. 1*), zgrajena iz lesenih brun, pokrita s slamnato streho (Zbašnik-Senegačnik 2005), ki so jo pri novejših objektih zamenjali strešniki. V takšni obliki, kot jih poznamo danes, izvirajo iz začetka 19. stoletja, redko pa tudi že iz 18. stoletja. Cimper je naziv za lesno kladno konstrukcijo, sicer pa je nemška popačenka za besedo *zimmern* (tesati) in *Zimmermann* (tesar). Hiše so bile majhne in ometane z ilovico. Za gradnjo sten se je uporabljal bukov ali gabrov les, včasih celo topolovina. Bruna so otesali in jih zlagali vodoravno. Na vogalih in na stikih prečnih sten so bruna preklapljali in križno povezovali med seboj. To je bila običajna kladna konstrukcija. Omenjeno kladno konstrukcijo so od zunaj in od znotraj ometali z 2–3,5 cm debelo plastjo ilovnatnega ometa – blata. Material so pripravili tako, da so ilovico premešali s plevami in slamo, pogostokrat tudi s peskom (Zbašnik-Senegačnik 2005). Zmes so



Sl. 1: Primer izvirne cimprače iz Lendavskih gorici.

Fig. 1: An example of original cob cottage from Lendavske gorice.

pripravljali v plitvi jami v neposredni bližini hiše, ki so jo ometavali. Z bosimi nogami so gnetli zmes ilovice ter rastlinskega materiala ob konstantnem dodajanju vode. Zmes so gnetli tako dolgo, dokler ni imela primerne konsistence. Potem so material z rokami nanašali na lesene stene, služil pa je tudi kot polnilo med vrzelmi posameznih lesenih brun. Na koncu so ometane stene prebelili z apnom.

Namen naše študije je bil, da iz gradbenega materiala (ometa) izbrane cimprane zidanice zberemo posušena semena ali plodove ter jih ločimo od ostalega rastlinskega, živalskega in anorganskega materiala. Opravili smo kvantitativno in kvalitativno analizo zbranega materiala: določili smo rastlinske vrste in glede na število najdenih semen/plodov posamezne vrste sklepali na pogostnost te vrste v času gradnje stavbe. Prisotnost in pogostnost rastlinskih vrst, predvsem plevelov in ruderalnih vrst iz sredine 19. stoletja, smo primerjali z današnjim stanjem na istem prostoru.

MATERIAL IN METODE

Kot objekt proučevanja smo izbrali zapuščeno cimprano zidanico (sl. 1) v Lendavskih gorica, SV Slovenija (N46°33'43,36", E16°28'41,68"), danes intenzivni vinogradniški krajini. Cimprano klet lastnika Josipa Paušiča smo lahko natančno datirali s pomočjo katastrskih virov iz leta 1872 (Fehér János földmivelű, nős Végi Máriával. Hegyvámbirtok, Alsó Lendva, list 578, parcela 984).

Kataster navaja, da sta se takrat (1872) na parceli poleg zidanice nahajala še vinograd in travnik.

Ostanke semen/plodov smo pridobili iz ilovnatega ometa, ki sta mu bila med gradnjo primešana slama z ostalim rastlinskim materialom in pesek. Osredotočili smo se na zbiranje semen/plodov. Ilovnato fasado smo odstranjevali iz notranjosti objekta, saj smo tako izključili možnost kontaminacije s semeni iz časa po končani gradnji. Približno 3 do 4 centimetre debel sloj ometa smo odstranjevali in pri tem previdno ločili zunanjo plast, pobeljeno z apnom, od glinenega materiala, ki se je nahajal med leseno konstrukcijo in plastjo apna. Zbrali in analizirali smo pribl. 100 kg takšnega gradbenega materiala iz različnih delov stavbe. Material smo za 30 minut namočili v vodi. Sledilo je ločevanje ilovice od organskega materiala s spiranjem preko sit s tremi različnimi velikostmi odprtin mrež (2,5, 1,0 in 0,5 mm).

Material s sit smo osušili pri sobni temperaturi. V njem se je ohranila slama skupaj s plevami žit, vseboval pa je tudi plodove in semena (sl. 2) in druge rastlinske dele (npr. posušeno listje) ter ostanke živali (hišice polžev, elite hroščev in drobne koščice malih sesalcev). Ločevanje semen/plodov od ostalega materiala je bilo opravljeno s pomočjo stereolupe pri 16-kratni povečavi, za semena/plodove, ki so manjši, pa smo uporabili 25-kratno povečavo. Pri določevanju semen/plodov smo uporabili referenčno zbirko recentnih semen/plodov ZRC SAZU (Ljubljana), zbirko semen/plodov Oddelka za biologijo FNM Maribor ter sledečo literaturo: Bertsch (1941), Katz *et al.* (1965) ter Bojnansky in Fargasová (2007).



Sl. 2: Pestrost najdenih semen; stereolupa, 10 x povečava.

Fig. 2: Diversity of seeds found, stereo magnifier, 10x enlargement.

Za primerjavo plevelne vegetacije z začetka 19. stoletja z današnjo smo oblikovali kategorije pogostosti/redkosti rastlinskih vrst v regiji, drugod po Sloveniji ter na sosednjih območjih (v Avstriji in na Madžarskem). Podatke o današnji prisotnosti taksonov v Prekmurju smo povzeli po Bakanu (2006). Nomenklatura taksonov se zgleduje po Mali flori Slovenije (Martinčič *et al.* 2007) z izjemo taksona *Paronychia cephalotes* Steven. IUCN kategorije ogroženosti rastlinskih vrst so bile za floro Slovenije, Avstrije in Madžarske pridobljene z Rdečih seznamov ogroženih rastlinskih vrst Slovenije (Pravilnik 2002), Madžarske (Király 2007) in Avstrije (Niklfeld in Schrott-Ehrendorfer 1999).

Delitev vrst glede na preferenco habitata na rastline motenih rastišč (ruderalne, plevelne vrste) ter na travniške, gozdne, grmiščne in močvirske vrste smo povzeli po Ellenbergu *et al.* (1992). Po istem viru (Ellenberg *et al.* 1992) smo povzeli tudi uvrstitev vrst motenih rastišč (ruderalni in plevelov) v sintaksone in nomenklaturu sintaksonov.

REZULTATI

Največ rastlinskega materiala pripada plevam žit. Ker pa je bila naša raziskava usmerjena v analizo divjih vrst (plevelov, ruderalnih, travniških in gozdnih vrst) smo ostanke žitnih vrst izločili iz nadaljnjih analiz.

Iz približno 100 kilogramov analiziranega materiala ometa cimprane hiše smo izločili 7269 semen in plodov. Od tega je bilo 7143 semen/plodov samoniklih rastlinskih vrst in 126 semen/plodov nesamoniklih rastlinskih vrst. Semena/plodovi pripadajo skupaj 89 taksonom; 7222 semen/plodov od tega pripada 81 vrstam (celotni podatki so prikazani v *tab. 1*), ostale (47 semen/plodov) smo določili do rodu (8 taksonov: *Carex*, *Euphorbia*, *Juncus*, *Plantago*, *Ranunculus*, *Rubus*, *Viola*).

Med kultiviranimi (ali podivjanimi) rastlinami smo poleg že prej izločenih žit odkrili še 126 semen/plodov, ki pripadajo 6 različnim vrstam kultiviranih (ali podivjanih) rastlin (*tab. 1*). Najpogostejši so ostanki navadnega kopra (*Anethum graveolens* L.), vinske trte (*Vitis vinifera* L.) in ajde (*Fagopyrum esculentum* Moench).

Samonikle vrste rastlin, ki smo jih odkrili, so značilnice številnih različnih rastlinskih združb. Prevladujočo skupino tako glede na število vrst kot tudi število semen/plodov sestavljajo plevelne vrste (vegetacija razredov *Secalietea*, *Chenopodieta* in drugih), ki so zastopane z 48 vrstami in 4062 ostanki semen/plodov (*sl. 3, tab. 1*). Najpogostejši plodovi in semena vrst vegetacije poletnih žitnih plevelov pripadajo vrstam sivozeleni muhvič (*Setaria pumila* Poir.), zeleni muhvič (*S. viridis* L.), bela metlika (*Chenopodium album* L.) in mnogosemna metlika (*C. polyspermum* L.).

Prevladujoči plodovi in semena vrst vegetacije zimskih žitnih plevelov (*Secalietea*) pripadajo njivski spominčici (*Myosotis arvensis* L.), smrdljivi pasji kamilici (*Anthemis cotula* L.), navadnemu srakopercu (*Apera spica-venti* L.) in njivski pasji kamilici (*Anthemis arvensis* L.).

Druga največja skupina po številu najdenih semen/plodov je skupina travniških vrst, saj je bilo najdenih 2490 semen/plodov, ki pripadajo 20 vrstam. Pogosta so semena/plodovi lasaste šopulje (*Agrostis tenuis* Sibth.), male kislice (*Rumex acetosella* L.) in navadne kislice (*Rumex acetosa* L.). Najdeni plodovi in semena pripadajo samo 4 vrstam gozda in gozdnega roba, pri čemer pa je presenetljiva številčnost semen votlega petelinčka (*Corydalis cava* L.), ki smo jih našli več kot 500 (*tab. 1*).

Naleteli smo na semena/plodove 5 vrst, ki imajo v Sloveniji, Avstriji in na Madžarskem status ogroženih rastlinskih vrst: kokalj (*Agrostemma githago* L.), smrdljiva pasja kamilica (*Anthemis cotula* L.), plavica (*Centaurea cyanus* L.), kopjastolistna lazica (*Kickxia elatine* L.) in njivska zlatica (*Ranunculus arvensis* L.). To so tradicionalni in hkrati močno ogroženi arheofiti (tujerodne rastline, prinesene na naše območje pred odkritjem Amerike). Poleg teh vrst omenimo še dvomljivi mak (*Papaver dubium* L.), ki ima v Sloveniji status regionalno ogrožene vrste. Prav tako so zanimive tudi najdbe semen/plodov ruderalnih, travniških in močvirskih vrst, ki so dandanes ogrožene tako v Sloveniji, Avstriji kot na Madžarskem. Takšne so npr. vrbovolstni primožek (*Bupthalmum salicifolium* L.), pikasti mišjak (*Conium maculatum* L.), močvirski dimek (*Crepis paludosa* Moench), iglasta sita (*Eleocharis acicularis* L.), britanski oman (*Inula britannica* L.) in močvirski silj (*Peucedanum palustre* L.) (*tab. 1*). Omeniti velja najdbno vrste, ki tako na območju Prekmurja kot tudi drugod po Sloveniji še ni bila zabeležena (Martinčič *et al.* 2007), in sicer vrsta *Paronychia cephalotes* (55 plodov).

RAZPRAVA

Eden izmed bogatih virov rastlinskih ostankov, v večini semen in plodov, ki nakazujejo antropogeno vegetacijo iz novejšega časa (tj. zadnjih nekaj stoletij), lahko prihaja tudi iz gradbenega materiala, kot so zidaki in vezni material z dodano slamo in plevami (Zohary in Hopf 2004). Semena/plodovi se pogosto najdejo tudi v materialu, s katerim so v srednjem veku in zadnjih stoletjih mašili luknje in razpoke v tleh (Lohmann 1987; Rösch in Fischer 1999; Fischer in Rösch 1999; Ernst in Jacomet 2005) – takšen material s tal starih stavb so proučevali v različnih delih Evrope. Semena/plodove je mogoče izločiti tudi iz pomožnega materiala za strešne kritine, kjer je bila prav tako uporabljena prst z različnimi dodatki (npr. Smith *et al.* 1999; Benecke 2003; Willerding 2003). Vsi omenjeni avtorji poročajo predvsem o najdbah semen/plodov kulturnih rastlin in spremljajočih semen/plodov

Tab. 1: Seznam 81 rastlinskih vrst, identificiranih na osnovi 7222 semen/plodov, izločenih iz pribl. 100 kg ometa cimprane hiše. Vrste so združene v skupine glede na habitat, ki mu dajejo prednost (Ellenberg *et al.* 1992; Martinčič *et al.* 2007). Vrste motenih rastišč (ruderalne vrste in pleveli) smo klasificirali v fitocenološke skupine (razrede) (Ellenberg *et al.* 1992). Za vsako vrsto je navedeno število semen/plodov ter IUCN kategorija v recentni lokalni in regionalni flori z oznakami skrajno ogrožena vrsta (CR), prizadeta vrsta (EN), ranljiva vrsta (VU), premalo podatkov o vrsti (DD). Vrste, ki do sedaj še niso bile zabeležene v recentni lokalni flori (subpanonskem fitogeografskem območju Slovenije) ali v Sloveniji nasploh, so označene z NR. Vrste brez oznak predstavljajo pogoste vrste.

Tab. 1: A list of 81 plant species identified on the basis of 7,222 seeds/fruit, separated from approx. 100 kg of plaster from the cob cottage. The species are gathered in groups with respect to preferable habitat (Ellenberg *et al.* 1992; Martinčič *et al.* 2007). We classified the species of disturbed sites (ruderals and weeds) into phytocenological groups (classes) (Ellenberg *et al.* 1992). For each species the number of seeds/fruits are stated together with the IUCN category on recent local and regional flora: seriously endangered species (CR), affected species (EN), vulnerable species (VU), and insufficient data on species (DD). The species which till now have not been recorded in recent local flora (sub-Pannonian phytogeographical area of Slovenia) or in Slovenia, in general, are marked NR. Species with no label represent common ones.

	Število semen in plodov No. of seeds/fruits	IUCN kategorija / IUCN category			
		Lokalno	Slovenija	Avstrija	Madžarska
		Local	Slovenia	Austria	Hungary
Moteni habitati					
Disturbed habitats					
Secalietea					
<i>Agrostemma githago</i>	6	EN	VU	CR	VU
<i>Anthemis arvensis</i>	123				
<i>Anthemis cotula</i>	354	EN		EN	DD
<i>Apera spica-venti</i>	221				
<i>Aphanes arvensis</i>	6				
<i>Centaurea cyanus</i>	26		VU	EN	
<i>Fallopia convolvulus</i>	19				
<i>Galium aparine</i>	3				
<i>Kickxia elatine</i>	8	EN		CR	
<i>Myosotis arvensis</i>	456				
<i>Papaver dubium</i>	8	CR			
<i>Papaver rhoeas</i>	11				
<i>Ranunculus arvensis</i>	5	EN		EN	
<i>Raphanus raphanistrum</i>	4				
<i>Sinapis arvensis</i>	47	NR			
<i>Vicia hirsuta</i>	1				
Chenopodieta					
<i>Amaranthus lividus</i>	1				
<i>Amaranthus retroflexus</i>	1				
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	8				
<i>Chenopodium album</i>	397				
<i>Chenopodium hybridum</i>	1				
<i>Chenopodium polyspermum</i>	345				
<i>Matricaria perforata</i>	3				
<i>Polygonum persicaria</i>	96				
<i>Settaria pumila</i>	1020				
<i>Settaria viridis</i>	542				
<i>Sonchus arvensis</i>	9				
<i>Sonchus oleraceus</i>	3	NR			
<i>Stellaria media</i>	36				

Ostali razredi motenih habitatov
Other taxa from disturbed habitats

<i>Aegopodium podagraria</i>	1			
<i>Agrostis stolonifera</i>	78			
<i>Carduus acanthoides</i>	2			
<i>Cerastium arvense</i>	17			
<i>Cirsium arvense</i>	7			
<i>Conium maculatum</i>	1		EN	
<i>Daucus carota</i>	3			
<i>Epilobium hirsutum</i>	5			
<i>Erodium cicutarium</i>	3			
<i>Inula britannica</i>	2			EN
<i>Oxalis corniculata</i>	4			
<i>Panicum miliaceum</i>	31			
<i>Polygonum aviculare</i>	45			
<i>Polygonum lapathifolium</i>	31			
<i>Rumex crispus</i>	35			
<i>Scleranthus annuus</i>	9			
<i>Senecio viscosus</i>	2		NR	
<i>Silene latifolia</i>	25			
<i>Veronica hederifolia</i>	1			

Traviščna vegetacija
Meadow vegetation

<i>Agrostis tenuis</i>	2138			
<i>Arenaria serpyllifolia</i>	38			
<i>Bupthalmum salicifolium</i>	1		NR	VU
<i>Cirsium oleraceum</i>	1			
<i>Crepis capillaris</i>	9			
<i>Crepis paludosa</i>	2		VU	
<i>Heracleum sphonondylium</i>	1			
<i>Hieracium lactucella</i>	1			
<i>Leontodon autumnalis</i>	21			
<i>Leontodon hispidus</i>	4			
<i>Linum catharticum</i>	6			
<i>Luzula multiflora</i>	2			
<i>Paronychia cephalotes</i>	55		NR	NR
<i>Plantago lanceolata</i>	3			
<i>Ranunculus acris</i>	19			
<i>Rumex acetosa</i>	48			
<i>Rumex acetosella</i>	86			
<i>Stellaria graminea</i>	34			
<i>Taraxacum officinale</i>	15			
<i>Tragopogon pratensis</i>	6			

Močvirska vegetacija
Wetland vegetation

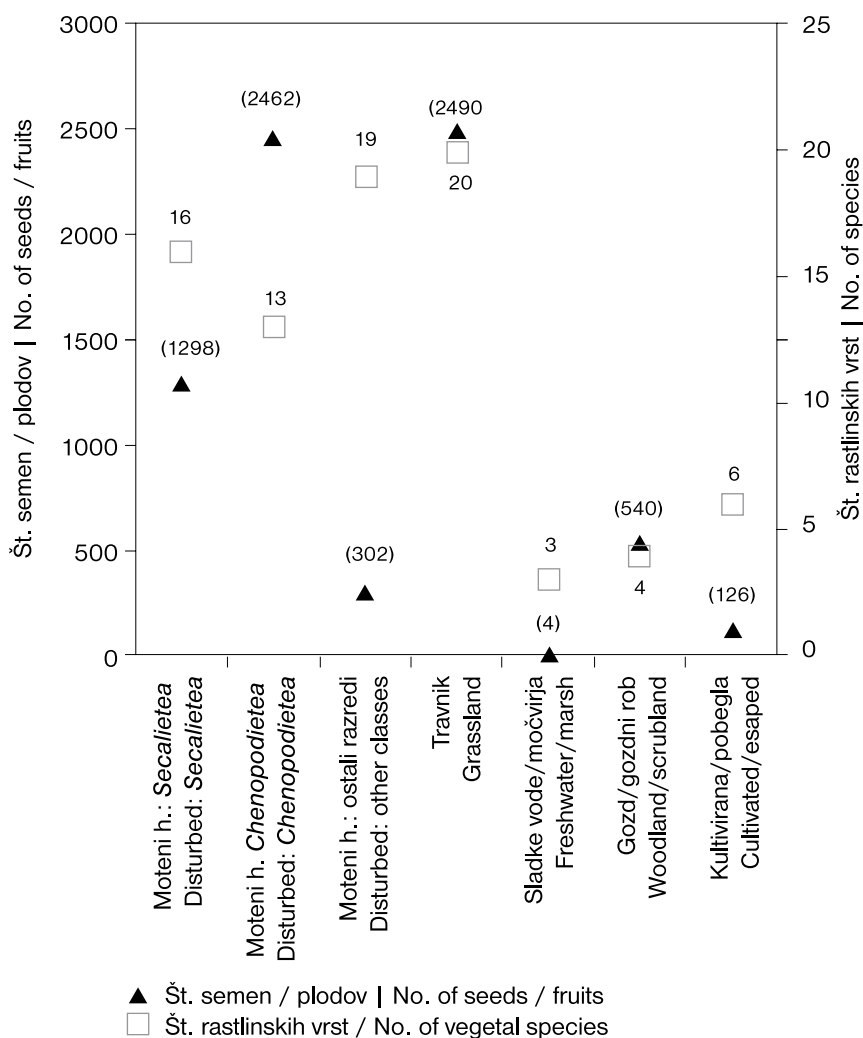
<i>Carex pseudocyperus</i>	2				
<i>Eleocharis acicularis</i>	1		VU	CR	
<i>Peucedanum palustre</i>	1		VU	EN	VU

Gozdna/grmiščna vegetacija
Forest/shrub vegetation

<i>Corydalis cava</i>	523
<i>Hypericum hirsutum</i>	3
<i>Oxalis acetosella</i>	13
<i>Pulmonaria officinalis</i>	1

Kultivirane/podivjane vrste
Cultivated species and taxa that
escaped from gardens/fields

<i>Anethum graveolens</i>	82
<i>Cucurbita pepo</i>	3
<i>Fagopyrum esculentum</i>	14
<i>Helianthus annuus</i>	4
<i>Medicago sativa</i>	4
<i>Vitis vinifera</i>	19



Sl. 3: Število vrst (in njihovih semen/plodov) glede na preferenco habitata (Ellenberg *et al.* 1992). V stolpcih so zapisane vrednosti natančnega števila vrst in diaspor (v oklepajih).

Fig. 3: Number of species (and their seeds/fruits) with respect to habitat preference (Ellenberg *et al.* 1992). The columns show the values of the exact number of species and seeds/fruits (in parentheses).

plevelnih vrst. V študiji iz Švice sta avtorja (Ernst in Jacomet 2005) najdena semena iz tal v stavbah in razpokah v tleh interpretirala tudi ekološko; grobo določeni sintaksoni kažejo predvsem na rastlinski material iz gojenih travnikov in pašnikov, zaznala pa sta tudi združbo žitnih (razred *Secalietea*) in okopavinskih plevelov (razred *Chenopodietea*). Kmetijstvo ustvarja nove habitate, ki jih pred prehodom na poljedelstvo v naravi ni bilo (Zechmeister *et al.* 2002). Predpostavlja se, da je ekstenzivno kmetijstvo ohranjalo razmeroma visoko stopnjo biodiverzitete, ki pa je s prehodom na intenzivno, mehanizirano in industrializirano kmetijstvo močno upadla (Zechmeister *et al.* 2003). To se, tako kot prehod na poljedelstvo, ni zgodilo naenkrat in povsod ob istem času. V Evropi je proces potekal od druge polovice 19. stoletja in tja v 21. stoletje. Poprej pester mozaik njiv, vinogradov, sadovnjakov, travišč in ekstenzivna obdelava so bili dejavniki, ki so omogočili najdeno pestrost arheofitov, segetalnih in ruderalnih vrst. Intenzifikacija pridelave, uvajanje zaščitnih sredstev kot tudi čiščenje semen in uporaba komercialnih (kupljenih, povečini hibridnih) semen ter monokultur so razlogi, zakaj veliko plevelnim vrstam ni uspelo slediti nadaljnjim hitrim prilagoditvam. Situacija v Sloveniji je bila verjetno podobna kot drugje v srednjeevropskem in predalpskem prostoru. Še na začetku 20. stoletja naj bi bilo kmetijstvo osrednje Slovenije povečini ekstenzivno (Šilc in Čarni 2005). Obrobne pokrajine (npr. Goričko, Haloze, predeli Dolenjske, Istra) so ostale takšne tudi še po 2. svetovni vojni. Intenzifikacija kmetijstva je, tako kot drugod po Sloveniji, tudi v nižinskem delu Prekmurja pospešeno spreminjala kmetijsko krajino od sredine 20.

stoletja dalje, kar se odraža v vrstno siromašnejši plevelni flori. Vrste, kot npr. plavica (*Centaurea cyanus* L.), kokalj (*Agrostema githago* L.), njivska zlatica (*Ranunculus arvensis* L.) in dvomljivi mak (*Papaver dubium* L.), so tako danes na območju, ki smo ga raziskovali, praktično izumrle (sl. 4). O pestrosti vegetacije z začetka 19. stoletja pričajo tudi vrste, ki v Prekmurju do sedaj še niso bile potrjene oz. je veljala njihova prisotnost za vprašljivo. S prisotnostjo semen/plodov v vzorcu smo potrdili, da so na začetku 19. stoletja v okolici Lendavskih goric še uspevale vrste: smrdljiva pasja kamilica (*Anthemis cotula* L.), vrbovolstni primožek (*Bupthalmum salicifolium* L.), lepljivi grint (*Senecio viscosus* L.), njivska gorčica (*Sinapis arvensis* L.) in navadna škrbinka (*Sonchus oleraceus* L.). S prisotnostjo semen/plodov v vzorcu smo potrdili tudi prisotnost vrste *Paronychia cephalotes*, ki danes v Sloveniji ne uspeva. Ta vrsta raste sicer v bližini Kostela (Keszthely) na Madžarskem (Király 2007). Morda je v začetku 19. stoletja uspevala tudi na območju Lendavskih goric. Gre za termofilno vrsto plitkih apnenčastih tal, ki uspeva na kraškem območju severno od Blatnega jezera na suhih, sončnih, predvsem primarnih rastiščih. Malo verjetno je, da bi nekoč uspevala tudi na kmetijsko nekultiviranih tleh Lendavskih goric, saj so te iz nekarbonatne osnove. Obstaja možnost, da je vrsta iz okolice Kostela zašla v Lendavske gorice s pomočjo človeka, saj je bilo to območje tedaj tako gospodarsko kot kulturno mnogo bolj povezano (pripadalo je isti državi).

Največje število najdenih ostankov je pripadalo travam, kot so sivozeleni muhvič (*Setaria pumila* Po-



Sl. 4: Prizor, ki ga danes na Dolinskem in v Lendavskih goricah ne srečamo več.
Fig. 4: A scene that we no longer see nowadays in Dolinsko and Lendavske gorice.

ir.), zeleni muhvič (*Setaria viridis* L.) in lasasta šopolja (*Agrostis tenuis* Sibth.). Dobro sta zastopani družini *Polygonaceae* in *Chenopodiaceae* z nekaj sto semeni. Votli petelinček (*Corydalis cava* L.), sicer pretežno gozdna vrsta, je bila prisotna z več kot 500 semeni. Semena votlega petelinčka so bila verjetno prinesena iz bližine kopa silikatnega peska, ki so ga primešali glini pri postopku gradnje v tem prispevku obravnavane cimprače. Sam izkop je verjetno potekal v bližnjem gozdu, kjer je omejena vrsta številčna. Presenetilo nas je tudi 456 semen njivske spominčice (*Myosotis arvensis* L.), ki velja danes v vzhodnem Prekmurju za redko plevelno vrsto. Po drugi strani pa v naših vzorcih nismo zasledili nekaterih ruderalnih vrst in plevelov, ki so danes pogoste in splošno razširjene vrste, kot npr. kanadska hudoletnica (*Conyza canadensis* L.) Cronq.), navadni kristavec (*Datura stramonium* L.), navadni ščir (*Amaranthus retroflexus* L.) in drobnocvetni rogovilček (*Galinsoga parviflora* Cav.), ki veljajo za najbolj razširjene invazivne vrste v Evropi (Lambdon *et al.* 2008). Prav tako nismo našli ostankov

dandanes zelo invazivnih neofitov, kot sta npr. enoletna suholetnica (*Erigeron annuus* (L.) Pers.) in pelinolistna ambrozija (*Ambrosia artemisiifolia* L.), kar pa ni težko interpretirati, saj je znano, da je 50 % neofitov prišlo v Evropo po letu 1899 (Lambdon *et al.* 2008).

SKLEP

Povzamemo lahko, da združba semen/plodov, primešanih gradbenemu materialu cimprane vinske kleti, odraža arheofitocenozo s sredine 19. stoletja. Starost preučevanega rastlinskega materiala ocenjujemo na vsaj 135 let. Kvalitativna in kvantitativna sestava ter prisotnost nekaterih danes redkih ali ogroženih vrst nam ponujata redke vpogled v pestrost agrobiodiverzitete preteklega časa, ob čemer hkrati dokazujemo, da je način pridobivanja rastlinskih makroostankov (semen in plodov) iz ometa lahko uspešno orodje raziskovanja arheofitocenz.

LITERATURA / REFERENCES

BAKAN, B. 2006, *Slikovni pregled višjih rastlin Prekmurja, prispevek k poznavanju flore Prekmurja*, Lendava.

BENECKE, N. 2003, Die Landwirtschaft bei den Germanen und in den römischen Provinzen bis zur Völkerwanderungszeit: Haustierhaltung. – V: Benecke N., P. Donat, E. Gringmuth-Dallmer, U. Willerding (ur.), *Frühgeschichte der Landwirtschaft in Deutschland*, Beiträge zur Ur- und Frühgeschichte Mitteleuropas 14, 59–91.

BENEŠ, J., J. KAŠTOVSKÝ, R. KOČÁROVÁ, P. KOČÁR, K. KUBEČKOVÁ, P. POKORNÝ in P. STAREC 2002, Archaeobotany of the Old Prague Town defence system, Czech Republic: archaeology, macro-remains, pollen, and diatoms, *Vegetation History and Archaeobotany* 11, 107–119.

BERTSCH, K. 1941, *Früchte und Samen, ein Bestimmungsbuch zur Pflanzenkunde der Vorgeschichtlichen zeit*, Stuttgart.

BOJNANSKÝ V. in A. FARGASOVÁ 2007, *Atlas of Seeds and Fruits Central and East-European Flora: The Carpathian Mountains Region*, Dordrecht.

ELLENBERG, H., H.E. WEBER, R. DULL, V. WIRTH, W. WERNER in D. PAULISSEN 1992, Zeigerwerte der Pflanzen in Mitteleuropa. Datebank 3, *Scripta Geobotanica* 18, 1–258.

ERNST M. in S. JACOMET 2005, The value of the archeobotanical analysis of desiccated plant remains from old buildings: methodological aspects and interpretation of crop weed assemblages, *Vegetation history and archeobotany* 15, 45–56.

FISCHER E. in M. RÖSCH 1999, Denkmalpflege, Hausforschung und Archäobotanik, Pflanzen in Lehmstrukturen historischer Gebäude als Dokumente früheren Lebens, *Denkmalpflege in Baden-Württemberg* 2, 76–84.

Kataster 1872: Fehér János földmivelő, nős Végi Máriával. Hegyvámirtok, Alsó Lendva, list 578.

KATZ, N.J., S.V. KATZ in M.G. KIPIANI 1965, *Atlas and keys of fruits and seeds occurring in the quaternary deposits of the USSR*, Moscow.

KIRÁLY, G. 2007, *Vörös Lista. A magyarországi edényes flóra veszélyeztetett fajai*, Sajtás kiadás, Sopron.

LAMBDON, P.W., F. LLORET in P.E. HULME 2008, Do non-native species invasions lead to biotic homogenization at small scales? The similarity and functional diversity of habitats compared for alien and native components of Mediterranean floras, *Diversity and Distributions* 14, 774–785.

LOHMANN, J. 1987, *Paläo-Ethnobotanische Untersuchungen an Baumaterial von Bauernhäusern des 16.-18. Jh. in der Oberpfalz*. – Msc. thesis, University of Göttingen, Göttingen.

MARTINČIČ, A., T. WRABER, N. JOGAN, V. RAVNIK, A. PODOBNIK, B. TURK in B. VREŠ 2007, *Mala flora Slovenije. Ključ za določanje praprotnic in semenk*, Ljubljana.

NIKLFIELD, H. in L. SCHRATT-EHRENDORFER 1999, Rote Liste gefährdeter Farn- und Blütenpflanzen Österreichs. Grüne Reihe des Bundesministeriums für Umwelt, *Jugend und Familie* 10, 33–151.

Pravilnik 2002, Pravilnik o uvrstitvi ogroženih rastlinskih in živalskih vrst v rdeči seznam, Ur.l. RS, št. 82/2002. Ljubljana.

RÖSCH, M. in E. FISCHER 1999, Pflanzenreste aus einer Lehmwand - Dokumente von Landwirtschaft und Ernährung im 14. Jahrhundert. – V: *Unter Putz und Pflasterstein - Bauforschung und Mittelalterarchäologie in Reutlingen* - Zum Beispiel Pfäfflinshofstr. 4, 126–138.

SMITH, D., J. LETTS in A. COX 1999, Coleoptera from Late Medieval Smoke-Blackened Thatch (SBT): their Archaeological Implications, *Environmental Archaeology* 4, 9–17.

ŠILC, U. in A. ČARNI 2005, Changes in weed vegetation on extensively managed fields of central Slovenia between 1939 and 2002, *Biologia, Bratislava* 60(4), 1–8.

WILLERDING, U. 2003, Die Landwirtschaft im frühen Mittelalter (6.-10.Jh.): Garten, Obst und Weinbau. – V: Benecke N., P. Donat, E. Gringmuth-Dallmer, U. Willerding (ur.), *Frühgeschichte der Landwirtschaft in Deutschland*, Beiträge zur Ur- und Frühgeschichte Mitteleuropas 14, 162–172.

ZBAŠNIK-SENEGAČNIK, M. 2005, Tradicionalna gradnja z ilovico, *AR: arhitektura, raziskave* 1, 40–45.

ZECHMEISTER, H. G., I. SCHMITZBERGER, B. STEURER, J. PETERSEIL in T. WRBKA 2003, The influence of land-use practices and economics on plant species richness in meadows, *Biological conservation* 114, 165–177.

ZOHARY, D. in M. HOPF 2004, *Domestication of plants in the old world. The Origin and Spread of Cultivated Plants in West Asia, Europe, and the Nile Valley*, Oxford.

REKONSTRUKCIJA PALEOOKOLJA TRŽAŠKEGA ZALIVA V HOLOCENU Z UPORABO GEOKEMIJSKIH METOD

RECONSTRUCTION OF THE HOLOCENE PALAEO- ENVIRONMENT OF THE GULF OF TRIESTE BY USING GEOCHEMICAL METHODS

Nives OGRINC¹, Stefano COVELLI², Bojan OGORELEC³,
Jadran FAGANELI⁴ in Mihael BUDJA⁵

¹ Institut "Jožef Stefan", Odsek za znanosti o okolju, Jamova 39, SI-1001 Ljubljana; nives.ogrinc@ijs.si

² Università degli studi di Trieste, Dipartimento di Geoscienze, Via E. Weiss 2, IT-34127 Trieste; covelli@univ.trieste.it

³ Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ul. 14, SI-1000 Ljubljana; bojan.ogorelec@geo-zs.si

⁴ Morska biološka postaja, Nacionalni inštitut za biologijo, Fornace 41, SI-6330 Piran; faganeli@mbss.org

⁵ Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Oddelek za arheologijo, Aškerčeva 2, SI-1000 Ljubljana; miha.budja@ff.uni-lj.si

Izvleček

Rekonstrukcijo paleookolja v Tržaškem zalivu skozi najmlajše geološko obdobje, holocen, smo izvedli s pomočjo geokemijskih analiz štirih vrtin (V-3, MK-6, V-5 in V-6) v priobalnem pasu južnega dela zaliva in treh radiokarbonsko datiranih jeder (GT1, GT2 in GT3) iz severnega in osrednjega dela zaliva. V času würmske regresije je bilo na območju Tržaškega zaliva kopno pod vplivom rečnih nanosov, lokalno pa so se nahajala močvirja in barja s plastmi šote. Prerez sedimenta na globini 48 m v vrtini MK-6 kaže, da je zgodnjeholocenski-poznoledenodobni sediment nastal ob vdoru morja v dolino reke Rižane pred približno 10.000 do 11.000 leti. V tem obdobju je bil notranji, vzhodni del še pod vplivom rečnega nanosa Rižane. Sediment morskega izvora začne prevladovati v času najintenzivnejše morske transgresije na globini 26 m v vseh priobalnih vrtinah, kar je mnogo globlje kot v severnem in osrednjem delu in kaže na bistveno hitrejšo stopnjo sedimentacije v priobalnem pasu. V centralnem delu Tržaškega zaliva je bila hitrost sedimentacije nižja; morski sediment prevladuje na globlinah 1,6 m v jedru GT1, 2,1 m v jedru GT2 in 1,0 m v jedru GT3. Nižje pod morsko gladino prevladuje rečni oziroma brakični sediment s starostjo 9030 ± 70 let BP v GT1, 9380 ± 40 let BP v GT2 in 9160 ± 50 let BP v GT3. Ti rezultati se ujemajo s predvidenim dvigovanjem morske gladine v severnem Jadranu v času holocena.

Ključne besede: holocen, paleookolje, sedimenti, geokemija, stabilni izotopi, datiranje, severni Jadran

Abstract

The reconstruction of the Holocene paleoenvironment was performed in the Gulf of Trieste by geochemical analysis of four boreholes (V-3, MK-6, V-5 in V-6) from the offshore region and three cores dated with ¹⁴C (GT1, GT2 in GT3) taken in the North and central part of the gulf. During the Würm regression the present Northern Adriatic continental shelf together with the Gulf of Trieste was a wide fluvio-lacustrine plain, where rivers coexisted with swamps and bogs forming peat soils. The cross-section of the Holocene sediment in MK-6 at a depth of 48 m below the present sea level indicates that the early Holocene – late Glacial sediment occurred about 10,000–11,000 years BP, when the sea started to enter the Rižana valley. At that time the eastern part of the Bay of Koper was still covered by the Rižana fluvial deposits. Marine sedimentation prevailed over brackish sedimentation during the most intensive marine transgression at the depth of 26 m in all four boreholes. The marine sediment is present at the depth of 1.6 m, 2.1 and 1.0 m in GT1, GT2 and GT3 cores in the central part of the Gulf of Trieste, respectively indicating the lower rate of sedimentation compared to offshore regions. In the lower part of these sediments the fluvial-brackish sediment prevails, dated to 9030 ± 70 BP in GT1, 9380 ± 40 BP in GT2 and 9160 ± 50 BP in GT3. These data are in good agreement with the general sea-level rise in the northern Adriatic in the Holocene

Keywords: Holocene, paleoenvironment, sediments, geochemistry, stable isotopes, dating, N Adriatic

UVOD

Tržaški zaliv je plitev zaliv v skrajnem severnem delu Jadranskega morja. Meri okrog 500 km² s povprečno globino 17 m in najglobljim osrednjim delom, globokim približno 25 m. Omejuje ga 21 km dolga črta med Gradežem in Savudrijo. Zaliv leži v stiku z istrsko karbonatno platformo, Krasom in Furlansko ravnino (naplavno ravnico) na zahodu, ki se je od terciarja dalje hitro pogrezala (Ogorelec *et al.* 1991). Vzhodna obala, kjer leži Trst in Slovensko primorje, je razčlenjena; najgloblje so vrezani Miljski, Koprski in Piranski zaliv. Plitva Koprski in Piranski zaliv (maksimalna globina je približno 15 m) na jugu imata podoben obseg in izvor. Oba izvirata iz dviganja morja med zadnjo transgresijo in sta podobno kot Miljski zaliv pod vplivom pritokov manjših rek: Rižane, Dragonje, Glinščice in Ospa.

Današnji obrisi Tržaškega zaliva so se oblikovali v kvartarju, ko je nastala jadranska morska kotanja in se je izoblikovala njena sedanja obala. Zaliv je nastal z napredujočim odlaganjem večinoma karbonatnega materiala z reko Sočo iz Julijskih Alp. Iz plitvega zaliva je štrlel osamljen Koprski otok (več imen, npr. *Capritana insula*, *Caprea insula*; Šašel 1976; geografija: Repolusk 2001). Podoba otoka je zaradi močvirne okolice in delte reke Rižane imel tudi grič Sermin, ki se je dvigal 3 km severovzhodno od Koprškega otoka (arheološka podoba: Horvat 1997).

V podlagi morskega sedimenta so ob slovenski obali flišne plasti eocenske starosti, ob Savudrijski obali in pri Izoli pa v manjšem obsegu apnenci paleogenske in kredne starosti (Ogorelec *et al.* 1991). Te plasti tudi oblikujejo in gradijo obalo zaliva. Po zadnji poledenitvi se je morje zopet dvignilo in poplavelo Jadransko kotlino. Spremembe v holocenu, ki so opazne v številnih jedrih, izvrtanih v sedimentu Tržaškega zaliva, so odraz globalnih sprememb gladine morja v času transgresije. Morska gladina je bila v času maksimalne würmske poledenitve pred 18.000 leti okrog 120 m nižja kot danes (Fairbanks, 1989; Correggiari *et al.* 1996a). Tako je bil Jadran severno od linije Ancona–Zadar kopno. Morje se je sprva relativno hitro dvigalo, povprečno 10 m v 10.000 letih (Amorosi *et al.* 1999). Največji obseg je imelo pred približno 5000 leti, ko je segalo še okoli 50 km v notranjost delte Pada, pod morjem pa so bile tudi Beneška laguna in laguni pri Maranu in Gradežu (Bortolami *et al.* 1977; Marocco, 1991). Pred približno 5000 leti se je dviganje precej upočasnilo, tako da se je morje v zadnjih 20.000 letih dvignilo le še za okrog 2 metra (povprečno 1 mm leto⁻¹).

Glavni namen prispevka je rekonstrukcija paleookolja (prikazana na *sliki 1*) skozi najmlajše geološko obdobje, s pomočjo geokemijskih analiz daljših jeder iz Koprškega in Piranskega zaliva ter plitvejših vrtin, izvrtanih v sedimentu severnega in centralnega dela Tržaškega zaliva.

DALJŠA JEDRA IN VRTINE

Daljša jedra in vrtine smo odvzeli na različnih lokacijah Tržaškega zaliva (*sl. 1*). Jedra GT1, GT2 in GT3 so bila odvzeta v severnem in osrednjem delu Tržaškega zaliva in so globoka 2,4 m, 3,2 m in 1,3 m (Ogrinc *et al.* 2005; Covelli *et al.* 2006). V notranjem delu Koprškega zaliva so izvrtali tri vrtine različnih globin. Vrtina V-3, ki je globoka 41 m, je locirana v koprski tovorni luki, vrtini MK-6 in V-5 sta globoki 43 m; prva je izvrtana pod Žusterno na morski globini 7 m, druga 200 m od Kopra na morski globini 5 m (Ogorelec *et al.* 1997). Vrtino V-6, globoko 40 m, so izvrtali v Sečoveljskih solinah (Ogorelec *et al.* 1981; 2000). Sediment jeder in vrtin smo razrezali po globini na različno debele segmente. Vzorce smo presejali, posušili in homogenizirali. V suhem sedimentu smo določili zrnatost in mineralno sestavo, vsebnost in izotopsko sestavo organskega ogljika (OC) in celotnega dušika (TN) ter meritve aktivnosti ¹⁴C v organskem ogljiku in školjkah.

ANALIZE

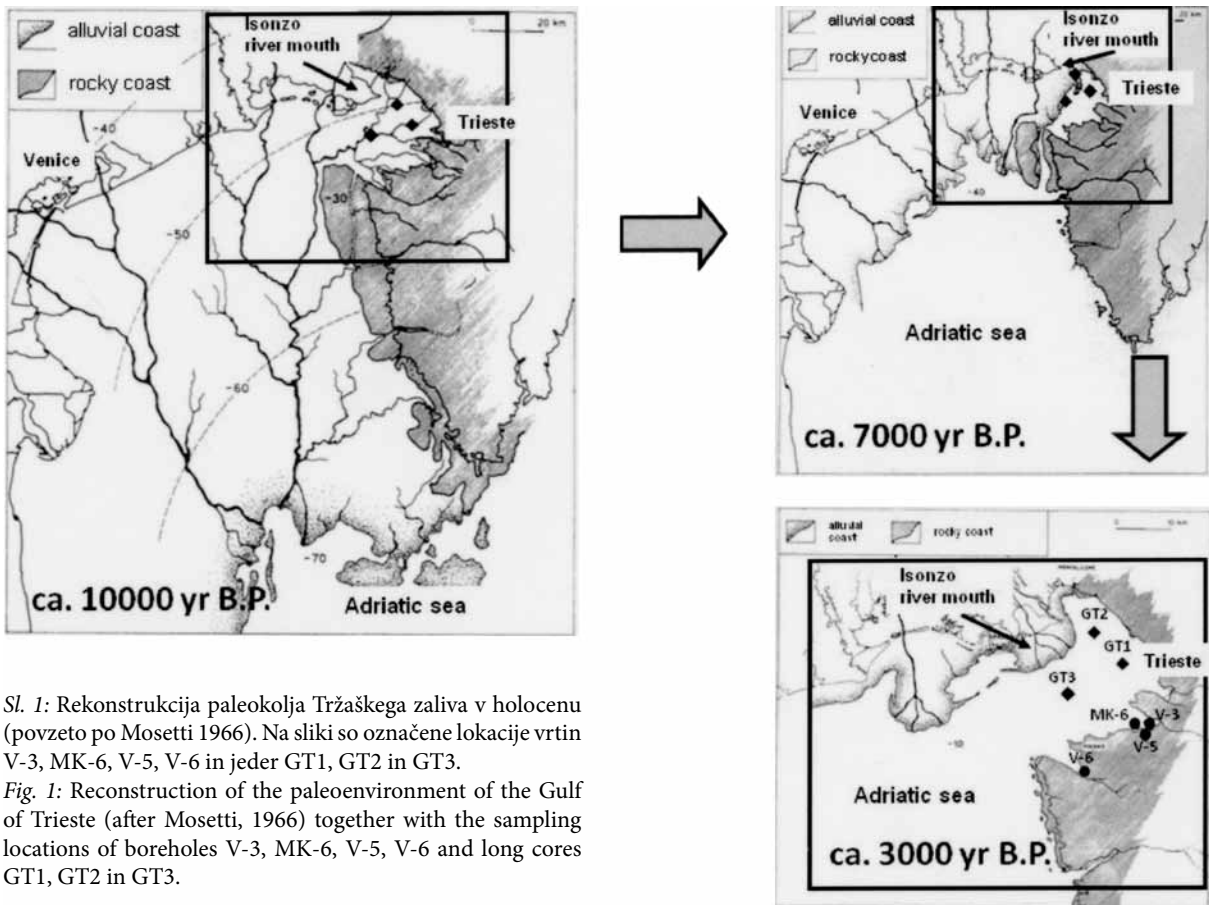
Zrnatost sedimenta smo določili s kombinirano metodo sejanja in lasersko analizo frakcije pod 63 μm, mineralno sestavo vzorcev z rentgensko difraktometrično analizo s pomočjo Philipsovega difraktometra, delež karbonatov pa kompleksometrično (Müller 1964).

Nadalje smo določili koncentracije in izotopsko sestavo OC in TN v sedimentu, in sicer koncentracijo OC in TN z elementnim analizatorjem C, H, N, S Carlo Erba EA 1108 pri sežigni temperaturi 1020 °C (Hedges in Stern 1984). Meritve izotopske sestave ogljika in dušika smo izvedli na masnem spektrometru Europa 20-20 s preparativnim nastavkom ANCA-SL za trdne in tekoče vzorce. Rezultati meritev izotopske sestave so podani z vrednostmi δ relativno glede na mednarodne standarde (VPDB za ogljik, atmosferski dušik za dušik) in izraženi v ‰ po spodnji enačbi:

$$\delta^{15}\text{N} (\delta^{13}\text{C}) (\text{‰}) = \left(\frac{R_{\text{vz}} - R_{\text{st}}}{R_{\text{st}}} \right) \times 1000 \quad (1)$$

R_{vz} (¹⁵N/¹⁴N, ¹³C/¹²C) je pri tem razmerje težkega proti lahkemu izotopu v vzorcu in R_{st} razmerje težkega proti lahkemu izotopu v standardu. δ-vrednost vsakega standarda je definirana z vrednostjo 0 ‰. Pozitivne vrednosti pomenijo, da vsebuje vzorec več težkega izotopa kot standard, negativne pa, da ga vsebuje manj.

¹⁴C meritve v sedimentu OC iz vrtin GT1 in GT3 so bile izvedene z AMS (Accelerator Mass Spectrometer) na Woods Hole Oceanographic Institution (MA, ZDA), medtem ko so bili vzorci iz vrtine GT2 in školjk izmerjeni z AMS v Beta Analytic (Miami, FL, ZDA).



Sl. 1: Rekonstrukcija paleokolja Tržaškega zaliva v holocenu (povzeto po Mosetti 1966). Na sliki so označene lokacije vrtin V-3, MK-6, V-5, V-6 in jeder GT1, GT2 in GT3.

Fig. 1: Reconstruction of the paleoenvironment of the Gulf of Trieste (after Mosetti, 1966) together with the sampling locations of boreholes V-3, MK-6, V-5, V-6 and long cores GT1, GT2 in GT3.

REKONSTRUKCIJA PALEOOKOLJA V TRŽAŠKEM ZALIVU

Sediment priobalnih vrtin V-3, izvrtanih v koprski luki, in vrtin MK-6 in V-5 pred Žusterno lahko razdelimo na dva dela. V vrtini V-3 tvori spodnjih 15 m rečni nanos reke Rižane, menjavajo se plasti peska, proda in meljaste gline. Sedimentološke analize nakazujejo, da je vrhnjih 25 m sedimenta morskega izvora. Temno siv glinasti melj je zelo enoten po zrnatosti in mineralni sestavi, pogosto vsebuje foraminifere in školjčne lupine. V vrtinah MK-6 in V-5 rečnega nanosa ne opazimo. Pri obeh gre v celoti za bolj homogen sediment, siv glinast mulj s srednjo zrnatostjo 4 do 10 μm , kakršnega opazimo tudi v recentnem sedimentu na površini osrednjega dela Koprškega zaliva. V celotni vrtini se pojavljajo fosilni ostanki, foraminifere (predvsem miliolide), školjke in drobni polži. Delež karbonata se giblje med 12 in 23 %, razen na globinah pod 26 m, kjer ga je le 5 do 6 %. Nižji delež karbonata pripisujemo povečanemu vplivu kopenskega nanosa. V vseh treh vrtinah sta med minerali najpogostejša kalcit in kremen. Sledijo glineni minerali (illit, klorit in mineral z zmesno strukturo tipa illit/montmorillonit, glinenci, dolomit in pirit, ki v rečni sekvenci vrtine V-3 ni prisoten) (Ogorelec *et al.* 1984; 1997).

Tudi na osnovi rezultatov izotopskih meritev ^{13}C in ^{15}N v organski snovi lahko v vrtinah določimo dve sedimentacijski okolji; zgornje (mlajše) morsko in spodnje (starejše) brakično. Tipična organska snov kopenskega izvora ima naslednje vrednosti: $\delta^{13}\text{C}_{\text{OC}} \sim -26\%$, $\delta^{15}\text{N}_{\text{TN}} \sim 0,4\%$ in atomsko razmerje OC/TN ~ 18 , morska organska snov pa $\delta^{13}\text{C}_{\text{OC}}$ med -22 in -20% , $\delta^{15}\text{N}_{\text{TN}} \sim 8,6\%$, OC/TN ~ 8 (Meyers 1994; 1997). Morsko sedimentacijsko okolje prevladuje do globine 15 m v vrtini V-3, 19 m v MK-6 in 10 m v vrtini V-5. Morska sedimentacija v vrtini V-3 je bila pod variabilnim vplivom vnosa kopenske organske snovi z reko Rižano, medtem ko glede na izotopsko sestavo ogljika in dušika ter razmerje OC/TN opazimo, da izvira organska snov v vrtinah MK-6 in V-5 pretežno iz morskih mikroalg in makrofitov. Okolje rečne sedimentacije karakterizirata nižja vrednost $\delta^{13}\text{C}_{\text{OC}} \sim -26\%$ in višje razmerje OC/TN > 12 . Delež kopenskega OC v teh delih sedimenta, določen na osnovi masne bilance, znaša 70–100 %. Povišane vrednosti $\delta^{15}\text{N}$, ugotovljene v nekaterih globinah rečne sedimentacijske sekvence, kažejo, da je N tudi morskega izvora (Ogrinc *et al.* 2007).

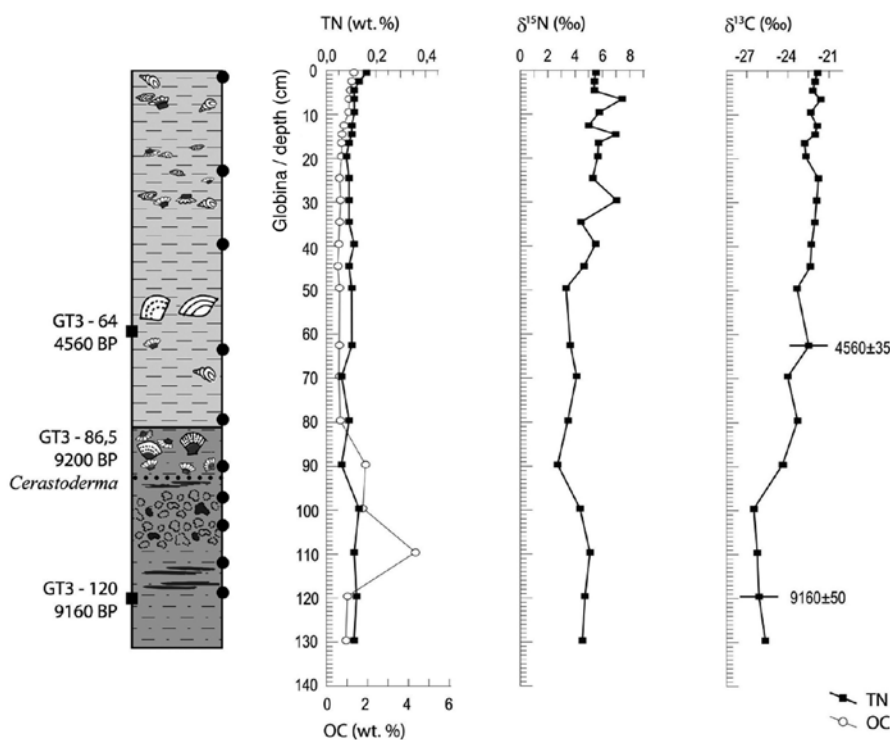
Zrnatost in mineralna sestava vrtine V-6 iz Sečoveljskih solin je precej enotna. Tudi v tej vrtini sta napogostejša nizkomagnezijev kalcit in kremen. Slede

minerali glin in glinenci, medtem ko so dolomit, pirit in goethit zastopani v manjših količinah ali pa se pojavljajo v sledovih (Ogorelec *et al.* 1981). Med minerali glin močno prevladuje illit, sledijo klorit, kaolinit, montmorillonit in lojvec. Delež karbonatne frakcije se giblje med 9,6 in 24,9 %, povprečno okrog 20 %. Dolomit je detritičnega izvora, njegov delež znaša 2 do 4 %. Avtigenega izvora je siderit, ki je nastal v fazah močvirske sedimentacije. Glede na zrnatost sedimenta lahko ločimo prehode med različnimi sedimentacijskimi okolji v holocenu od rečnih do brakičnih in tipično morskih. Rečne nanose na globinah 35–26 m, sestavljene iz peska in zaglinjenega proda, so nad globino 26 m nadomestili nanosi glin z visoko vsebnostjo foraminifer brakičnega in morskega izvora. Analize foraminifer nakazujejo tri glavne intervale morskega sedimenta na globinah 4,5, 10,5 in 17,7–24 m, medtem ko se šotne plasti z debelino tudi do 60 cm pojavljajo na globinah 8, 11 in 26,5 m (Ogorelec *et al.* 1981; 2000). Spreminjanje sedimentacijskih okolij v vrtini V-6 zasledujemo tudi z vrednostmi $\delta^{13}\text{C}_{\text{OC}}$ in razmerji OC/TN (Faganeli *et al.* 1987; Ogrinc *et al.* 2005). V površinskem sedimentu debeline nekaj m se pojavlja organska snov z vrednostmi $\delta^{13}\text{C}_{\text{OC}}$ okrog -21 ‰, tipičnimi za morsko okolje, medtem ko so razmerja OC/TN višja (med 4 in 78) od pričakovanih razmerij, ki jih imajo alge. Vzrok za povišane vrednosti je lahko povečana morska produkcija (Meyers 1994) ali prisotnost detritičnih makrofitov, ki

imajo v povprečju visoke vrednosti OC/TN. Prisotnost makrofitov zasledimo na nekaterih globinah tudi s povišanimi vrednostmi $\delta^{13}\text{C}_{\text{OC}}$, ki dosežejo najvišjo vrednost $-18,7$ ‰ na globini 1,5 m. Spreminjanje med brakičnim in morskim okoljem v holocenu je na podlagi vrednosti $\delta^{13}\text{C}_{\text{OC}}$ vidno na globinah 6–8 m, 8–14 m, in 16–24 m, ki se ujemajo s spremembami, ugotovljenimi na osnovi zrnatosti sedimenta. Najvišje vsebnosti OC 2,43 ut. % smo zasledili na globini 26 m, vzporedno z vrednostmi $\delta^{13}\text{C}_{\text{OC}}$ 25,8 ‰ in $\delta^{15}\text{N}_{\text{TN}}$ 3,6 ‰, ki so značilne za kopensko okolje.

Sedimentološke in geokemijske raziskave daljših priobalnih vrtin kažejo, da morsko sedimentacijsko okolje v vrtini V-3 prevladuje do globine 15 m, 19 m v MK-6 in 10 m v vrtini V-5. Morska sedimentacija v vrtini V-3 je bila pod variabilnim vplivom vnosa kopenske organske snovi z reko Rižano, medtem ko opažamo, da izvira organska snov v vrtinah MK-6 in V-5 pretežno iz morskih mikroalg in makrofitov. Spreminjanje med kopenskim in morskim okoljem je bilo v vrtini V-6 v Sečovljskih solinah do globine 26 m pestrejša in odvisno od občasnega vdora morja v delto.

Sediment jeder plitvih vrtin GT1, GT2 in GT3 lahko razdelimo na tri dele (Covelli *et al.* 2006). Zgornji je sestavljen iz peščenega mulja nizke poroznosti, ki se z globino spremeni v kompaktnjšo usedlino enake mineralne sestave. Vmesna plast sedimenta nakazuje prehod



Sl. 2: Vertikalni profili litologije, koncentracije in izotopske sestave organskega ogljka (OC, $\delta^{13}\text{C}_{\text{OC}}$) ter celokupnega dušika (TN, $\delta^{15}\text{N}_{\text{TN}}$) v jedru GT3 v centralnem delu Tržaškega zaliva.

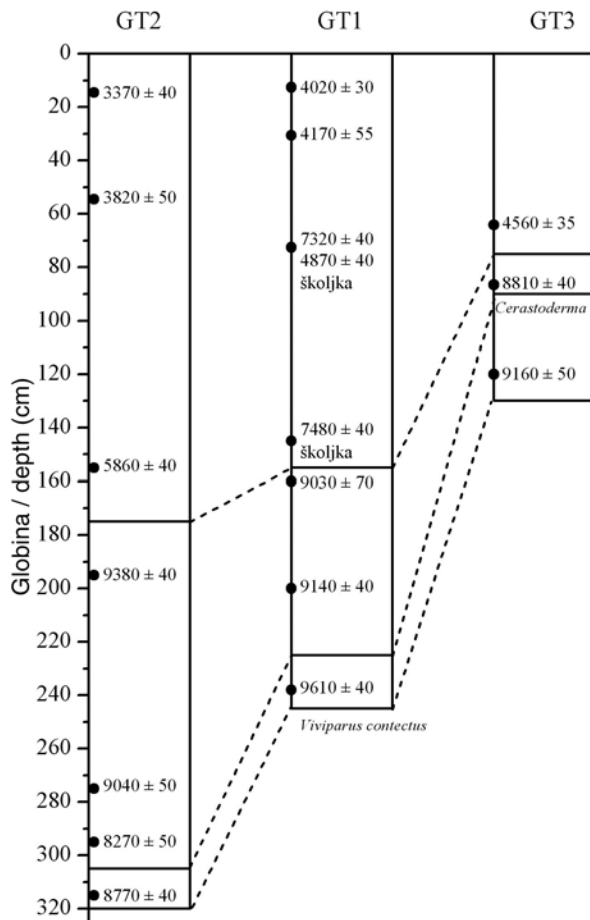
Fig. 2: Vertical profiles of lithology, concentration and isotopic composition of organic carbon (OC, $\delta^{13}\text{C}_{\text{OC}}$) and total nitrogen (TN, $\delta^{15}\text{N}_{\text{TN}}$) in the core GT3 in the central part of the Gulf of Trieste.

brakičnega v morsko okolje. Na dnu jeder v globinah 150–200 cm v GT1, 290–320 cm v GT2 in 100–120 cm v GT3 (slika 2) je prisoten sediment, ki po svojih sedimentoloških in geokemijskih značilnostih ustreza rečnemu izvoru. V teh plasteh zasledimo najvišje vsebnosti OC do 4,3 ut. % in najnižje $\delta^{13}\text{C}_{\text{OC}}$ vrednosti ($-26,6 \pm 0,4 \text{ ‰}$). Razmerja OC/TN se spreminjajo v območju $8,3 < \text{OC}/\text{TN} < 13,7$, vrednosti $\delta^{15}\text{N}_{\text{TN}}$ pa se gibljejo v razponu med 1,4 in 5,2 ‰ (Ogrinc *et al.* 2005). V jedru GT1 smo v teh plasteh sedimenta zasledili sladkovodnega polža *Viviparus contectus*. Povprečne vrednosti v vmesni plasti sedimenta so naslednje: $\delta^{13}\text{C}_{\text{OC}} = -22,6 \pm 0,7 \text{ ‰}$, $\delta^{15}\text{N}_{\text{TN}} = 4,5 \pm 1,1 \text{ ‰}$, C/N = $7,0 \pm 1,5$. Na osnovi izotopske masne bilance smo ovrednotili delež kopenskega OC, ki niha med 30 in 60 % in je nižji v zgornjih plasteh sedimenta. Vsebnost OC morskega izvora narašča proti površini, kjer je viden tudi vpliv naraščajoče eutrofikacije. Naraščajoča eutrofikacija na površini sedimenta je nadalje razvidna tudi iz vrednosti $\delta^{15}\text{N}_{\text{TN}}$, ki se proti površini sedimenta povečujejo (Ogrinc *et al.* 2005). Največ morskih školjk in polžev (*Turritella* sp.) opazimo na globinah 78–82 cm in 113–123 cm v jedru GT1, 175–200 m v jedru GT2 in po celotni globini jedra GT3, z izjemo globine 52–60 cm, kjer so prisotne morske školjke *Ostrea edulis* in cevasti črvi *Serpulidae* sp.

Za ugotavljanje dviga morske vode v zadnji poleđeni dobi se najbolj uporabljata dve metodi: datacije z določitvijo izotopske sestave ^{14}C v vzorcih sedimenta iz različnih globin in palinološka metoda, ki temelji na študiju peloda rastlin. Na podlagi analiz ^{14}C je razvidno, da se v vertikalnih profilih (jedrih, vrtinah) zgodnji holocenski oz. poznoglacialni morski sediment (starost 10.000 do 11.000 let) pojavi v južnem delu zaliva, ko je morje pričelo vdirati v dolino reke Rižane. Približni nivo kažejo šotne plasti, ki so nastajale na močvirskih ravninah ob ustjih nekdanjih rek. Najgloblji (najstarejši) holocenski sediment v notranjem delu Koprškega zaliva zasledimo v vrtini MK-6, ki je locirana najbližje proti odprtemu delu Tržaškega zaliva. Te spremembe zasledimo na dnu vrtine tik nad flišno podlago, na globini 48 m pod sedanjo morsko gladino. Medtem ko je bil južni del doline že poplavljen, sta bila severni in vzhodni del še vedno pod vplivom rečnih nanosov. Najmočnejši morski transgresijski sunek v Koprskem zalivu zasledimo na globini 26 m pod sedanjo morsko gladino (Ogorelec *et al.* 1997), ko je morski sediment popolnoma prevladal nad rečnim. Ta globina se ujema z globino v vrtini V-6, izvrtani v Sečoveljskih solinah, kjer je bila starost kosa lesa ocenjena na 9180 ± 120 let BP (Ogorelec *et al.* 1981). Podatki iz vrtine nakazujejo sočasno dviganje gladine morja v severnem Jadranu in sedimentacijske procese v holocenu. V istem obdobju preide rečno oziroma brakično okolje v vseh treh vrtinah, V-3, MK-6 in V-5, v morsko. Prostor bonifike in koprškega otoka je bil v tem času še vedno del kopnega.

Datacije $^{14}\text{C}_{\text{OC}}$ v jedrih GT1, GT2 in GT3 v osrednjem delu Tržaškega zaliva kažejo na to, da segajo vse tri sedimentne sekvence v zgodnji holocen in GT1 hkrati še v pozni glacial (slika 3). V najgloblji plasti sedimenta je datacija OC na osnovi analiz $^{14}\text{C}_{\text{OC}}$ pokazala na starost 9030 ± 70 let BP in 9140 ± 40 let BP v jedru GT1, in 9160 ± 50 let BP v jedru vrtine GT3 (slika 2), kar se ujema z datacijo vrtine V-6. Podobno starost, 9610 ± 40 let BP, smo določili tudi sladkovodnemu polžu *V. contectus*, prisotnem v jedru GT1. Na teh globinah zasledimo najnižje vrednosti $\delta^{13}\text{C}_{\text{OC}}$ in visoka razmerja OC/TN, ki so posledica OC rečnega izvora in obilne vegetacije, kot so močvirja in aluvialne ravnice. Podobne karakteristike kaže tudi sediment v jedru GT2 na globinah 295–315 cm s starostjo OC 8270 ± 50 do 8770 ± 40 let BP. Analize $^{14}\text{C}_{\text{OC}}$ kažejo, da je nastopila morska transgresija v teh treh sekvencah z začetkom pred približno 9000 leti in se nadaljevala vsaj do pred 6000 leti. Vsi ti podatki se ujemajo z zgodnjeholocenskim modelom severnega Jadranskega morja, razvitim na podlagi letne/globinske porazdelitve OC (Correggiari *et al.* 1996b; Amorosi *et al.* 1999; Preti 1999). Datacija plasti sedimentov v vrtini GT2, ocenjena na 9380 ± 40 let BP na globini 195 cm in 9040 ± 50 let BP na globini 275 cm, pa se z modelno izračunanimi vrednostmi ne ujema (slika 3). Še večja neskladja so vidna v zgornjih 60 cm sedimenta, kjer so starosti v vseh treh jedrih med 4560 ± 35 in 3370 ± 40 leti BP, starost sedimenta na globini 55 cm z uporabo Hg kot geokronološkega sledilca v jedru GT2 pa je ocenjena na leto AD 1913 (Covelli *et al.* 2006). Rezultati starosti nakazujejo na prisotnost zelo starega OC z verjetnim izvorom iz fosilnega OC, kerogena, ki se z reko Sočo transportira v Tržaški zaliv. Na osnovi izotopske masne bilance smo izračunali, da je takega OC v sedimentu v zgornjih 60 cm približno 45 % (Ogrinc *et al.* 2005). Tudi meritve ^{14}C v školjkah se na globini 75 cm v vrtini GT1 ne ujemajo z meritvami ^{14}C v OC. Starost OC na globini 72,5 cm je ocenjena na 7320 ± 40 let BP, medtem ko je školjka iz globine 75 cm pokazala starost 4870 ± 40 let BP. Dobro ujemanje med starostjo OC in starostjo sladkovodnega polža zasledimo na globini 240 cm, kjer je starost polža ocenjena na 9610 ± 40 let BP (sl. 3).

Po debelini sedimenta in datacijah s ^{14}C lahko sklepamo na hitrost morske sedimentacije, ki je v Koprskem zalivu ocenjena na 2,5 do 4 mm na leto, samo za zgornjih nekaj metrov sedimenta morskega izvora pa znaša ta hitrost okrog 2,2 mm na leto. V vrtini V-6 je na osnovi analiz ^{14}C hitrost sedimentacije ocenjena na 3 mm na leto (Ogorelec *et al.* 1997). Počasnejšo sedimentacijo v zadnjih 2000 letih lahko v Koprskem zalivu podkrepimo z izotopskimi datacijami in arheološkimi izkopavanji tako imenovanega renesančnega mestnega obzidja v Kopru (Župančič 1985). Meritve aktivnosti ^{14}C školjke vrste *Cardium* sp. iz globine 1,24 m kažejo na starost pred 1367 ± 83 leti, kar ustreza hitrosti sedimentacije 1 mm na leto. Ta podatek se ujema s hitrostjo sedimentacije



Sl. 3: Konvencionalna starost organskega ogljika in lupin mehkušcev, določena z analizami ^{14}C v jedrih sedimentov v centralnem delu Tržaškega zaliva.

Fig. 3: Conventional age of organic carbon and mollusk shells determined with ^{14}C analysis in sediment cores in the central part of the Gulf of Trieste.

Beneške lagune, lagun Marano in Grado in Caorle v zadnjem obdobju in kaže na usklajeno dviganje morske gladine v zadnjih 2000 letih (Favero in Stefanon, 1980; Marocco 1991). Hitrost sedimentacije v osrednjem delu Tržaškega zaliva je bila s pomočjo Hg ocenjena na 2,2 mm na leto, medtem ko je v bližini izliva reke Soče višja – okoli 3,5 mm na leto (Covelli *et al.* 2006).

Rezultati geokemijskih analiz v vrtnah in jedrih se dopolnjujejo s pelodnimi analizami. Na osnovi pelodnih analiz delimo vrtni V-3 in V-6 na tri dele (Šercelj 1981). V peščenem rečnem nanosu med 26 in 43 m v vrtni V-3 sediment ne vsebuje peloda. S transgresijo se na globini 26 m pojavi pelod hrasta in bresta, medtem ko se na globini 18 in 16 m pojavlja že toplodobna vegetacija s prevladujočimi bukovimi gozdovi in s pelodom borovca. Na globini 10,8 m prvič zasledimo pelod kulturnih rastlin oljke in vinske trte, ki jih je v Istro naselil človek, verjetno v rimskem obdobju. Pelodne analize jeder GT1, GT2

in GT3 kažejo, da je bila razkrita kontinentalna polica današnjega Tržaškega zaliva v poznem glacialu pokrita z gozdovi (Willis *et al.* 2001). Ti so bili sestavljeni tako iz termofilnih dreves, kot so bukev (*Fagus*), lipa (*Tilia*), hrast (*Quercus*), brest (*Ulmus*), kot tudi iz tistih, ki so tolerirali nižje temperature, kot so bor (*Pinus*), smreka (*Picea*) in jelka (*Abies*). Na prehodu poznega glaciala (würm) v holocen ni bilo večjih sprememb v vegetaciji. V zgodnjem holocenu je gozd prekrival večino sedanjega Tržaškega zaliva, čeprav je bila pokrajina od današnjega obalnega pasu proti sredini zaliva bolj odprta (porasla s travami in bičevjem v GT1 in GT3).

SKLEPI

V času würmske regresije je bilo današnje priobalno območje severnega Jadrana vključno s Tržaškim zalivom kopno, prepleteno s strugami rek, močvirji in barji. Zasipali so ga rečni nanosi mulja, peska in proda, na območjih močvirij in barij pa so nastala šotna tla. Dvig morske gladine in vdor morja v severni Jadran zasledimo v dveh obdobjih. Sprva je bil dvig relativno hiter in se je upočasnil pred približno 5000 leti, ko je bil obseg morja največji. Drugi vdor se je pojavil pred približno 3000 do 2000 leti, ko je nastal tudi današnji Tržaški zaliv. V zadnjih 2000 letih se je dvigovanje morja precej upočasnilo in od rimskega obdobja dvignilo le še za okrog 2 m. Razširjeni prostor Tržaškega zaliva med zgodnjim holocenom je lahko omogočil pomembno migracijsko pot med Balkanom in Apeninskim polotokom za favno in floro pa tudi za prazgodovinske populacije. Dvig morske gladine je nadalje povzročil spremembe v nastanku in značilnostih sedimenta in vplival na izlive rek ter s tem na rečni nanos materiala v zaliv. Spremembe dviga morske gladine so pokazale tudi litološke, geokemijske in pelodne analize v vrtnah in jedrih, odvzetih v Tržaškem zalivu. Najgloblji (najstarejši) holocenski sediment zasledimo v vrtni MK-6 na globini 48 m pod sedanjo morsko gladino. Vrtino, ki je najbližje Tržaškemu zalivu, naj bi prvič poplavilo pred približno 10.000 do 11.000 leti, ko je morje pričelo hitro prodirati proti Padski nižini in severu. V tem času je bil vzhodni del Koprškega zaliva pod vplivom rečnega nanosa reke Rižane. Kasneje se je morska gladina spustila, zato opazimo v vrtni MK-6 na globinah med 26 in 36 m brakično okolje. Najmočnejši morski transgresijski sunek zasledimo v vseh vrtnah (V-3, MK-6, V-5 in V-6) na globini 26 m pod sedanjo morsko gladino, ko je po sedimentoloških karakteristikah morski sediment prevladal nad rečnim in brakičnim. Ta nivo časovno ustreza nivoju približno pred 9000 leti, kar ga uvršča v obdobje splošne morske transgresije na prehodu iz würma v holocen. Na podlagi vrednosti $\delta^{13}\text{C}_{\text{OC}}$ je pretežno morski sediment na tej globini prisoten le v vrtni V-6. V ostalih vrtnah se

vrednosti $\delta^{13}\text{C}_{\text{OC}}$, tipične za morsko okolje, pojavljajo v vrtini V-3 na globinah 15 m, 19 m v MK-6 in 10 m v vrtini V-5. V jedrih GT1, GT2 in GT3 je morski sediment prisoten na globinah 1,6 m, 2,1 m in 1,0 m. Nižje pod morsko gladino prevladuje rečni oziroma brakični sediment s starostjo 9030 ± 70 let BP v GT1, 9380 ± 40 let BP v GT2 in 9160 ± 50 let BP v GT3. Kot je razvidno, je bila sedimentacija oziroma nalaganje morskega sedimenta na priobalnih območjih več kot 10-krat hitrejša v primerjavi s centralnim delom Tržaškega zaliva, kjer je morski sediment globok le do 1 m.

V prihodnosti lahko pričakujemo nadaljnje spreminjanje morske gladine v Tržaškem zalivu, ki je povezano z več dejavniki, predvsem s človeškimi aktivnostmi in dolgoročnimi klimatskimi spremembami v okolju. Verjetno bo zasipavanje še naprej dokaj uravnoteženo z dvigovanjem morske gladine, medtem ko bi toplejša klima oziroma otoplitve verjetno vplivale na pospešeno abrazijo obale, višjo bioprodukcijo ter s tem na višjo stopnjo sedimentacije. Upoštevati pa moramo tudi pospešeno dviganje morske gladine, povzročeno zaradi globalnih klimatskih sprememb.

LITERATURA / REFERENCES

AMOROSI, A., M.L. COLALONGO, G. PASINI in D. PRETI 1999, Sedimentary response to Late Quaternary sea-level changes in the Romagna coastal plain (northern Italy), *Sedimentology* 46, 99–121.

BORTOLAMI, G., J.C. FONTES, F. MARKGRAF in E.D. BARKER 1977, Land, sea and climate in the northern Adriatic region during late Pleistocene and Holocene, *Paleogeography Paleoclimatology Paleoecology* 21, 139–156.

CORREGGIARI, A., M.E. FIELD in F. TRINCARDI 1996a, Late Quaternary transgressive large dunes on the sediment-starved Adriatic shelf. – V: De Batist, M., Jacobs, J. (ur.), *Geology of Siliciclastic Shelf Seas*. Geological Society Special Publications 117, 155–169.

CORREGGIARI, A., M.E. FIELD in F. TRINCARDI 1996b, Late pleistocene and Holocene evolution of the North Adriatic Sea, *Il Quaternario* 9, 697–704.

COVELLI, S., G. FONTOLAN, J. FAGANELI in N. OGRINC 2006, Anthropogenic markers in the Holocene stratigraphic sequence of the Gulf of Trieste (Northern Adriatic Sea), *Marine geology* 230, 29–51.

FAGANELI, J., B. OGORELEC, M. MIŠIČ, T. DOLENEC in J. PEZDIČ 1987, Organic geochemistry of two 40-m sediment cores from the Gulf of Trieste (Northern Adriatic), *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 25, 157–167.

FAIRBANKS, R.G. 1989, A 17,000-year glacio-eustatic sea level record: Influence of glacial melting rates on the Younger Dryas event and deep-ocean circulation, *Nature* 342, 637–642.

FAVERO, V. in A. STEFANON 1980, Würmian to present sedimentary sequence in the Lagoon Venice from uniboom records and boreholes, *27th Congress Assemble Plénaire – Cagliari. Comité de Géologie Géographie Marines*, Cagliari.

HEDGES, J.I. in J.H. STERN 1984, Carbon and nitrogen determinations in carbonate-containing solids, *Limnology and Oceanography* 29, 657–663.

HORVAT, J. (ur.). 1997. Sermin. *Prazgodovinska in zgodnjerimska naselbina v severozahodni Istri*, Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 3, Ljubljana.

MAROCCO, R. 1991, Evoluzione tardopleistocenica-olocenica del delta del F. Tagliamento e delle Lagune di Marano e Grado (Golfo di Trieste), *Il Quaternario* 4, 223–232.

MEYERS, P.A. 1994, Preservation of elemental and isotopic source identification of sedimentary organic matter, *Chemical Geology* 114, 289–302.

MEYERS, P.A. 1997, Organic geochemical proxies of paleoenvironmental, paleolimnologic and paleoclimatic processes, *Organic Geochemistry* 27, 213–250.

MOSETTI, F. 1966, Morfologia dell'Adriatico settentrionale, *Bolletino di Geofisica Teorica ed Applicata* 8, 138–150.

MÜLLER, G. 1964, Methoden der Sedimentuntersuchung. – V: Engelhardt von W., Füchtbauer H., Müller G. (ur.), *Sediment-Petrologie*, Teil I, Schweizerbart, Stuttgart.

OGORELEC, B., M. MIŠIČ, A. ŠERCELJ, F. CIMERMAN, J. FAGANELI in P. STEGNAR 1981, The sediment of the saltmarsh of Sečovlje, *Geologija* 24, 179–216.

OGORELEC, B., M. MIŠIČ, J. FAGANELI, A. ŠERCELJ, F. CIMERMAN, T. DOLENEC in J. PEZDIČ 1984, Quaternary sediment of the borehole V-3 in the Bay of Koper, *Slovensko morje in zaledje* 6(7), 165–186.

OGORELEC, B., M. MIŠIČ, J. FAGANELI, P. STEGNAR in B. VRIŠER 1987, Recentni sediment Koprškega zaliva = The recent sediment of the Bay of Koper (Northern Adriatic), *Geologija* 30, 87–121.

OGORELEC, B., M. MIŠIČ in J. FAGANELI 1991, Marine geology of the Gulf of Trieste (northern Adriatic): Sedimentological aspects, *Marine Geology* 99, 79–92.

OGORELEC, B., J. FAGANELI, M. MIŠIČ in B. ČERMELJ 1997, Reconstruction of paleoenvironment in the Bay of Koper (Gulf of Trieste, northern Adriatic), *Annales* 11, 187–200.

OGORELEC, B., M. MIŠIČ in J. FAGANELI 2000, Sečovlske soline – geološki laboratorij v naravi = The Sečovlje salt-pans – a geological laboratory in nature, *Annales 10(2)*, 243–252.

OGRINC, N., G. FONTOLAN, J. FAGANELI in S. COVELLI 2005, Carbon and nitrogen isotope compositions of organic matter in coastal marine sediments (the Gulf of Trieste, N Adriatic Sea): indicators of sources and preservation, *Marine Chemistry 95*, 163–181.

OGRINC, N., J. FAGANELI, B. OGORELEC in B. ČERMELJ 2007, The origin of organic matter in holocene sediments in the bay of Koper (Gulf of Trieste, northern Adriatic sea) = Izvor organske snovi v holocenskem sedimentu Koprškega zaliva, *Geologija 50*, 179–188.

PRETI, M. 1999, The Holocene transgression and the land–sea interaction south of the Po delta, *Geologija 61*, 143–159.

REPOLUSK, P. 2001, Koprška Brda, - V: D. Perko in M. Orožen Adamič (ur.), *Slovenija – Pokrajina in ljudje*, 268–281, Ljubljana.

ŠAŠELJ, J. 1976, Koper. Capodistria, *Arheološki vestnik 25 (1974)*, 446–461.

ŠERCELJ, A. 1981, Pelod v kvartarnih sedimentih Soške doline. – V: Ogorelec *et al.* 1981, 129–147.

WILLIS, K.J., M. ANDRIČ, N. HUGGETT in S. COVELLI 2001, Holocene transgression of the Adriatic Sea, *International Conference on past climate variability through Europe and Africa*, Aix-on-Provence.

ŽUPANČIČ, M. 1985, Koper/Cesta JLA – Renesansno mestno, *Arheološki pregled 36*, 188–189.

STAROST JAMSKIH SEDIMENTOV V SLOVENIJI

THE AGE OF CAVE SEDIMENTS IN SLOVENIA

Nadja ZUPAN HAJNA¹, Andrej MIHEVC¹, Petr PRUNER² in Pavel BOSÁK^{1,2}

¹ Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Titov trg 2, SI-6230 Postojna;
zupan@zrc-sazu.si; mihevc@zrc-sazu.si

² Institute of Geology AS CR, v. v. i., Research centre Puškinovo náměstí, Rozvojová 135/1, CZ-165 00 Praha 6;
pruner@gli.cas.cz; bosak@gli.cas.cz

Izvleček

Kras kot geomorfni sistem je pomemben kopenski vir informacij o preteklih razmerah v okolju; njihov najpomembnejši nosilec so različni sedimenti, ki so prisotni in široko razširjeni po površju, predvsem pa v jamah, ki delujejo kot pasti, v katerih se nabirajo in predvsem dobro ohranjajo.

V zadnjih dvajsetih letih je poznavanje starosti jamskih sedimentov v Sloveniji močno napredovalo, in to predvsem zaradi uporabe različnih datacijskih metod. Pred tem je prevladovalo mnenje, da so jamski sedimenti in tudi jame relativno mladi, da so se sedimenti v jamah odložili predvsem v pleistocenu in da jame niso bistveno starejše. Posebno nov pogled na sedimentacijo v jamah so odprle paleomagnetne in magnetostratigrafske raziskave, podprte z numeričnimi datacijami, mineraloškiimi, petrološkimi, geokemičnimi in geomorfološkiimi analizami. Z najnovejšimi študijami jamskih sedimentov v Sloveniji smo prišli do spoznanja, da so interpretacije posameznih faz odlaganja različnih sedimentov v jamah, vezanih samo na klimatske pogoje znotraj kvartarja, preveč enostavne, da so najstarejši jamski sedimenti verjetno miocenske starosti, da se sedimenti v jamah zelo dobro ohranijo in da vsebujejo zelo dobre podatke o klimatskih in drugih okoljskih spremembah neposredne okolice, česar nam razni globalni kazalniki sprememb ne pokažejo.

Ključne besede: jamski sedimenti, magnetne lastnosti, paleomagnetne datacije, kras, Slovenija

Abstract

Karst as a geomorphic system is an important terrestrial source of information about past environmental conditions; carriers of data are karst sediments, present and widespread above the karst surface and especially in the caves, which act as sediment traps, accumulating various sediments.

In the last twenty years, the knowledge of the ages of cave sediments in Slovenia has made substantial progress, primarily because of the use of different dating methods. Previously it was believed that the cave sediments and caves are relatively young and that the sediments in the caves sedimented mostly during the Pleistocene and that the caves are not much older. A new look at sedimentation in caves was opened with paleomagnetic and magnetostratigraphic research supported by numerical dating, mineralogical, petrological, geochemical and geomorphic analyses. With the latest studies of cave sediments in Slovenia we have come to realize that: the interpretation of the various stages of deposition of different sediments in the caves, linked only to the climatic conditions within the Quaternary, is too simple; that the oldest cave sediments are probably Miocene in age; that sediments in the caves are very well preserved and that they contain very good information on climate and other environmental changes of their surroundings, which various indicators of global changes do not offer.

Keywords: cave sediments, magnetic properties, paleomagnetic dating, karst, Slovenia

JAMSKI SEDIMENTI

V jamah, ki so aktivni ali reliktni drenažni kanali krasa, so različni sedimenti. Delimo jih po načinu nastanka na klastične, kemične in organske, po izvoru pa na avtohtone in alohtone. Vsaka vrsta sedimentov priča o pogojih nastanka in odložitve v jami.

Alohtoni jamski sedimenti so predvsem sedimenti, ki so jih v podzemlje z neprepustnega sveta prinesle reke ponikalnice. Pomembni so za spoznavanje okolja njihovega nastanka pred transportom in po odložitvi v jami. Enake kamnine na površju pri različnih pogojih v okolju (T, količina padavin, pH, Eh) različno prepelevajo. V preperelih ostankih se tako kopičijo različni minerali. Nekateri izvirajo iz prvotne kamnine, nekateri pa nastanejo med prepelevanjem. Pri prepelevanju eocenskega fliša, ki je dokaj pogosta kamnina v kontaktu s karbonatnimi kamninami v jugozahodni Sloveniji, so končni produkt njegovega prepelevanja najpogosteje kremen, ostanki glinencev in različni glineni ter železovi minerali, ki odražajo okolje prepelevanja (Zupan Hajna 1998). Jamski sedimenti tudi s svojimi magnetnimi lastnostmi (magnetna susceptibilnost) govorijo o tem, v kakšnem okolju so nastali, saj različni železovi minerali, ki so nosilci magnetnega zapisa, nastajajo v različnih okoljih, vendar pa se po odložitvi v stabilnem jamskem okolju nič več bistveno ne spreminjajo.

Pri preučevanju jamskih sedimentov moramo upoštevati specifične razmere, ki vladajo v podzemlju. V istem času se lahko v različnih delih iste jame odlagajo popolnoma različni sedimenti ali pa v enem delu jame prevladuje sedimentacija, v drugem pa erozija starejših nanosov. Tako dogajanje v jami ne odraža globalnih sprememb okolja zunaj jame in tudi ne v sami jami. Iz tega sledi, da na videz enakih sedimentov niti v eni sami jami (na primer Postojnski jami) ne moremo vedno interpretirati kot istodobne. Zato moramo pri preučevanju takih sedimentov poznati njihovo starost ter nujno upoštevati še celoten jamski sistem, hidrološke razmere na krasku in tudi morfologijo površja.

Jamski sedimenti lahko pridejo ponovno v stik s površjem zaradi denudacije kraškega površja nad jamami (Mihevc 2001a). Nekdaj jamske sedimente najdemo v brezstropih jamah, ki so pogosto oblikovane v nize podolgovatih vrtač. Ti sedimenti predstavljajo v večjem delu kraska pomemben vir nekarbonatnih mineralov. Kadar so dalj časa v stiku s površjem, so spet podvrženi procesom diageneze in pedogeneze ter tudi človekovim vplivom.

Tudi siga je kazalnik okolja, saj se praviloma ne izloča v suhih in hladnih klimatskih pogojih. Intenzivnost raztapljanja apnenca je odvisna od podnebja, to je od geografske širine, reliefa, količine padavin, temperature, pokritosti s prstjo, količine biogenega CO₂ v prsti in od lastnosti same karbonatne kamnine. Več kamnine ko se v nekem obdobju/okolju raztopi, več sige se lahko posle-

dično izloči v jamah. Tako se v nižjih legah, toplejšem podnebjju in pri večji količini padavin po navadi izloči več sige. Oblika sige je odvisna od načina dotoka vode, mineralna sestava in barva pa od prisotnosti različnih ionov v raztopini, to je od sestave izvorne kamnine, ki jo prenikajoča voda raztaplja, in vrste ter količine prsti in vegetacije nad jamo.

Za preučevanje jamskih sedimentov je pomembna tudi njihova lega v jami. Resda so najlažje dostopni v vhodnih delih jam, vendar so s tem tudi najbolj podvrženi zunanjim vplivom. Na te sedimente vplivajo predvsem dnevna in sezonska nihanja temperature ter dotok vode (padavine, poplave), ki lahko močno spremenijo tako njihove kemijske kot mehanske lastnosti, predvsem pa med seboj pomešajo plasti različnih starosti. Bolj ko so jamski sedimenti oddaljeni od jamskih vhodov, manj se spremenijo v teku časa. Tako smo med večletnimi raziskavami ugotovili, da lahko sedimenti v jami ostanejo popolnoma nespremenjeni tudi več milijonov let.

Starost sedimentov v jamah lahko določamo z absolutnimi (numeričnimi) metodami, to so tiste, ki nam povejo čas njihovega nastanka, in z relativnimi/primerjalnimi, ki nam povejo, kateri sedimenti so mlajši in kateri starejši. Metoda radioaktivnega izotopa ogljika se uporablja za datacije relativno mladih kapnikov, ker je njen doseg do 40.000 let. Starosti kapnikov v Postojnskem jamskem sistemu, dobljene z metodo ¹⁴C, so bile v mejah od 7.500 do 39.500 let (Franke in Geyh 1971; Gospodarič 1972). Z metodo U/Th, ki temelji na razmerju med izotopoma urana ²³⁴U in hčerinskega torija ²³⁰Th, datiramo starejše kapnike, ker je njen doseg z uporabo masnega spektrometra do 500.000 let. Še pred dvajsetimi leti je prevladovalo mnenje, da so sige pri nas zelo mlade, s tem pa tudi same jame ne bi bile po nastanku dosti starejše (Gospodarič 1981; Gospodarič 1988). Največ sige naj bi se po takratnem mnenju izločilo po zadnji ledeni dobi, predvsem v atlantiku (obdobje pred okrog 6.000 leti), ko je bilo pri nas topleje. Vendar so datacije z absolutnimi metodami pokazale, da je večina do sedaj preiskane sige starejša od 10.000 let, veliko pa je tudi starejše od dosega metode U/Th (Zupan 1991; Mihevc 1999; Mihevc 2002). Starejše kapnike (od dosega metode U/Th) lahko datiramo z metodo ESR, ki s sedanjo metodologijo, prirejeno za sige, seže do starosti 3 milijonov let, vendar ni najbolj zanesljiva. Z metodo ESR so bile v vzorcu iz Pisanega rova Postojnske jame določene starosti vrednosti 125.000–530.000 let (Ikeya *et al.* 1983), arheološke plasti v jami Divje babe pa 76.000–82.000 let (Lau *et al.* 1997). Datacije z metodo U/Pb (Ford in Williams 2007), ki se tudi uporablja za datacijo starejših sig, pa do sedaj pri našem delu še nismo uporabili.

V zadnjem času jamske sedimente čedalje pogosteje datiramo s paleomagnetno metodo (Zupan Hajna *et al.* 2008a), ki pa je le primerjalna. Zato je poleg geomagnetne časovne skale za natančnejšo opredelitev starosti treba uporabiti še kakšno drugo datacijsko metodo in

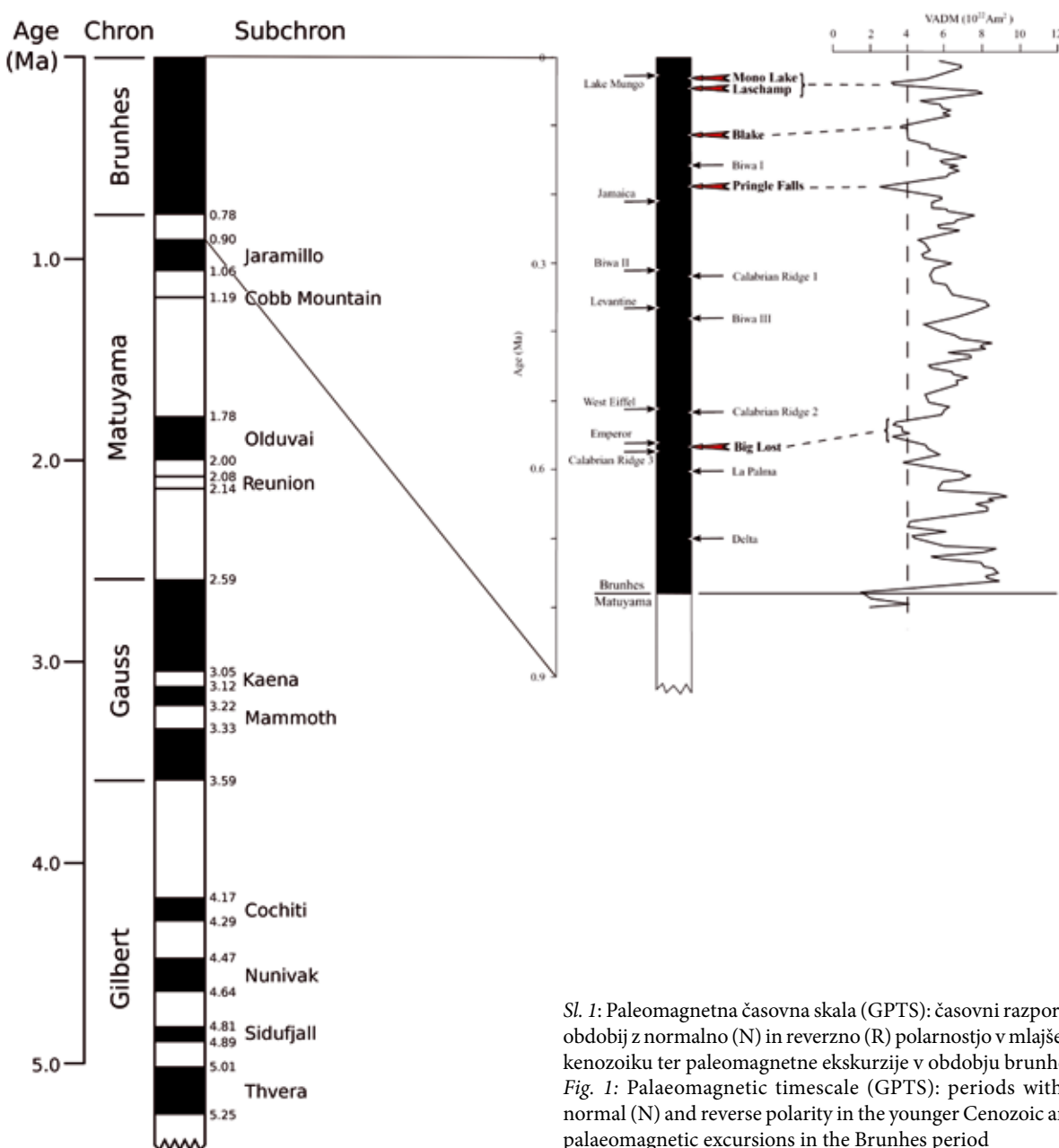
dobljene rezultate potem primerjati. Od leta 1997 smo raziskovalci z Inštituta za raziskovanje krasa ZRC SAZU in Inštituta za geologijo Češke akademije znanosti raziskovali jamske sedimente z devetnajstih lokacij v Sloveniji. Poleg že uveljavljenih geoloških metod (stratigrafija, sedimentologija, paleontologija, datiranje z metodo U/Th) smo se osredotočili predvsem na analize paleomagnetnih in magnetostratigrafskih lastnosti sedimentov.

PALEOMAGNETNA DATACIJSKA METODA

Paleomagnetna datacijska metoda sloni na dejstvu, da se v geološkem času spreminjajo lastnosti

magnetnega polja in položaj Zemljinega magnetnega pola. Spremembe so zapisane z orientacijo magnetnih mineralov (železovi minerali) v času njihovega usedanja ali kristalizacije. Spreminjaje položaja magnetnega pola vpliva na inklinacijo in deklinacijo, magnetna pola pa se lahko tudi zamenjata. Tako ločimo obdobja (magnetocone) z normalno (N) in reverzno (R) polarnostjo.

Obdobja posamezne polarnosti oziroma njihove lastnosti so zvezno zabeležena v strjeni lavi v območjih širjenja oceanskega dna. Te lastnosti so s pomočjo absolutnega datiranja lave povezali v geomagnetno časovno skalo (GPTS – geomagnetic polarity timescale), ki je prikazana na *sliki 1*. To je osnova, s katero potem primerjamo magnetne lastnosti analiziranih vzorcev sedimenta iz vzorčevanih profilov.



Sl. 1: Paleomagnetna časovna skala (GPTS): časovni razpored obdobj z normalno (N) in reverzno (R) polarnostjo v mlajšem kenozoiku ter paleomagnetne ekskurzije v obdobju brunhes. Fig. 1: Palaeomagnetic timescale (GPTS): periods with a normal (N) and reverse polarity in the younger Cenozoic and palaeomagnetic excursions in the Brunhes period

Sedimentni profil vzorčimo tako, da v njem vzamemo večje število vzorcev, ki jih in situ orientiramo (sl. 2). V orientiranih vzorcih kamnine ali finega sipkega sedimenta izmerimo v laboratoriju usmeritev naravnega remanentnega magnetizma v času usedanja/izločanja kamnine in magnetno susceptibilnost, ki jo določajo lastnosti različnih železovih mineralov. Dobljene rezultate iz profila potem primerjamo z GPTS in skušamo ugotoviti, v kateri del geomagnetne časovne skale spadajo naši vzorci, in to glede na število ter razporeditev normalnih in reverznih magnetocon ter ostalih magnetnih lastnosti vzorcev.

Metoda je le primerjalna, saj nam ne določi časa nastanka analiziranega sedimenta. In nima omejitve glede zgornje mejne starosti, ki jo še določamo, vendar

ima dve pomanjkljivosti. Obdobja trajanja posameznih magnetocon so lahko zelo dolga, zato datacija ni zelo natančna, pogosto pa tudi ne vemo, v katero ob obstoječih paleomagnetnih obdobjih spadajo naši rezultati, posebno ker sedimentacija v jami ni vedno zvezna in se tako posamezna obdobja v odloženem sedimentu ne odražajo realno. Zato potrebujemo za primerjavo analiziranega profila z GPTS tudi datiranje profila ali dela profila še z neko drugo metodo, na primer z eno od numeričnih datacijskih metod (^{14}C , U/Th, kozmogenimi nuklidi itd.), s fosili, z geomorfološkiimi analizami itd. Tako je bila na primer v Račiški pečini v Matarskem podolju posredno, glede na določitev fosilov in magnetnih lastnosti sedimentov v profilu, določena do sedaj najstarejša siga pri nas, in sicer naj bi bila stara nekaj več kot 3 milijone let (3 Ma).



Sl. 2: Vzorcevanje sedimentnega profila v Tajni jami za paleomagnetne analize z nemagnetnimi plastičnimi škatlicami.

Fig 2: Sampling of the sediment from profile in the Tajna jama cave for palaeomagnetic analysis using non-magnetic plastic boxes.

REZULTATI PALEOMAGNETNIH ANALIZ IN NJIHOV POMEN ZA POZNAVANJE STAROSTI KRASA

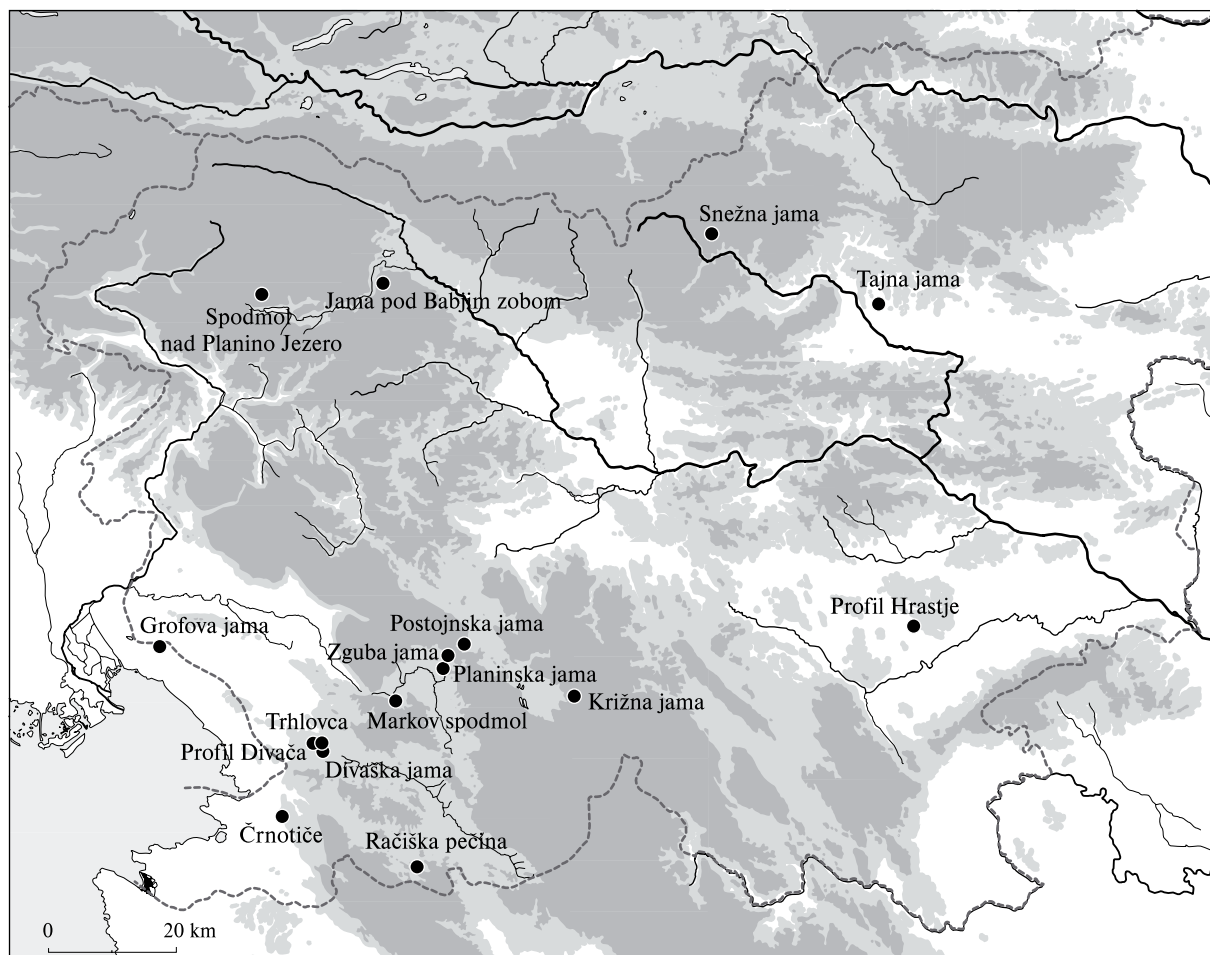
S paleomagnetno metodo smo preučevali kraške sedimente z različnih lokacij v Sloveniji (sl. 3). Vzorčevali smo sedimente v jamah na dinarskem, alpskem in izoliranem krasu. Sprva smo v profilih jemali vzorce v vertikalni z večjimi razdaljami med posameznimi vzorci (okrog 10 cm). Kasneje smo vzorčenje zgostili na centimetrsko razdaljo ter jemali tudi več vzorcev v istih plasteh. Tako gosto vzorčenje smo uporabili zato, da bi dobili čim popolnejšo magnetostratigrafsko sliko profila, ki bi omogočila detekcijo tudi najkrajše posamezne meje med magnetoconami, in bi lahko uporabili podatke za statistične analize rezultatov. V vseh vzorcih smo analizirali njihove magnetne lastnosti. Merili smo polarnosti (N ali R), usmeritev naravnega remanentnega magnetizma (D – deklinacija, I – inklinacija) in magnetno susceptibilnost (določajo jo lastnosti Fe-mineralov, kar pove okolje nastanka). Vzorci so bili preučevani s termalno demagnetizacijsko metodo (TD; 12 stopenj med 20 do

620 °C) in demagnetizacijsko metodo v izmeničnem magnetnem polju (AF; 14 stopenj med 1 do 100 mT); v njih smo preučevali tudi magnetno susceptibilnost.

Skupaj smo iz 39 sedimentnih profilov analizirali več kot 3.000 vzorcev. Rezultati so podrobno predstavljani v Zupan Hajna *et al.* (2008a), tu pa povzemamo le glavne izsledke. Paleomagnetne in magnetostratigrafske raziskave smo na nekaterih lokacijah primerjali z datacijami U/Th in paleontološkimi ter geomorfološkimi analizami. Tako kalibrirani podatki so pripomogli k rekonstrukciji speleogeneze, sedimentacije v jamah in zaporedja tektonskega razvoja kraškega reliefa.

KRAS

Prve paleomagnetne analize so bile narejene na območju Divaškega krasa (Bosák *et al.* 1998). Vzorci iz jame, popolnoma zasute s sedimenti, ki so jo razkrila dela na avtocesti Divača–Koper, iz Divaške jame ter Trhlovce so dali rezultate, ki so pokazali, da si v vzorčenih sedimentih sledi več normalno in reverzno pola-



Sl. 3: Vzorčna mesta v Sloveniji.

Fig. 3: Location of studied sites in Slovenia

riziranih con. Profil Divača je predstavljala stara jama, nad katero se je le delno ohranil močno razpadel strop. Jama je bila zapolnjena z alogenimi sedimenti, razkrila pa so jo dela pri gradnji avtoceste. Najnižja mogoča starost analiziranega profila je bila višja od 1,77 Ma. Razporeditev con z različno polarnostjo pa je nakazovala tudi mogoče večje starosti; na primer 5,23 Ma (dno normalno polarizirane subcone thvera znotraj obdobja gilbert). To veliko starost je nakazoval tudi tenak strop nad jamo, ki je odražal korozijo površja po nastanku jame. Rezultati paleomagnetnih analiz so bili dovolj dobri kljub temu, da smo vzorčevali zelo na redko (razdalja med posameznimi vzorci je bila večja od 10 cm), saj so pokazali, da je jamska zapolnitev bistveno starejša, kot se je prvotno pričakovalo. Pridobljeni rezultati tako niso bili v skladu s starejšimi do tedaj prevladujočimi modeli razvoja krasa (Radinja 1985; Gospodarič 1988), so pa potrjevali z geomorfološkiimi analizami brezstropih jam pridobljene starosti in s tem tudi nove ideje o razvoju krasa (Mihevc 1996). Datacije so pokazale minimalno mogočo starost sedimentov, ne pa prave starosti, saj magnetoccon nismo mogli primerjati z drugimi metodami, na primer paleontološkimi najdbami, ker v sedimentih ni bilo fosilov. Divaška jama in Trhlovca ležita v SZ delu uravnane Divaškega krasa. Sedimenti Divaške jame kažejo na enega od jasnih primerov začasne prekinitve rasti sige in sedimentacije v jami. Na podlagi rezultatov (Bosák *et al.* 1998) so bili sedimenti datirani na subcono jaramillo z normalno (N) polariteto znotraj reverznega (R) obdobja matuyama. Ponovljeno vzorčenje z gostejšim zajemanjem vzorcev v profilu je spremenilo to interpretacijo. Razporeditev R- in N-magnetoccon kaže na zagotovo starejše obdobje sedimentacije, kot je 1,78 Ma (Zupan Hajna *et al.* 2008a).

Grofova jama leži pod vrhom enega od manjših hribov na SZ robu Krasa na nadmorski višini 275 m, okrog 150 m nad uravnanim površjem planote. Glede na dosedanje raziskave sedimentov v jami in na njeno lego v prostoru predpostavljamo, da gre za najstarejše znane jamske sedimente na tem območju. Radiometrična datacijska analiza "fission track" apatita (iz frakcije težkih mineralov, primešanih glini) je dala starost $21,7 \pm 6,9$ Ma; vendar se moramo zavedati, da je to starost nastanka apatita in ne odložitve sedimenta v jami (Zupan Hajna *et al.* 2010).

PODGORSKI KRAS IN MATARSKO PODOLJE

Črnotiški kamnolom leži ob zahodnem robu Podgorskega krasa, na nadmorski višini okrog 440 m. Med izkoriščanjem kamnoloma so v njem naleteli na številne jame. Večina jih je bila popolnoma zapolnjenih s sedimenti. Preučili smo dva jamska sedimentna profila, ki smo ju poimenovali Črnotiče I in Črnotiče II (Bosák *et al.* 1999; Bosák *et al.* 2004; Mihevc 2007).

Prvi profil, Črnotiče I, sestavljajo plastovite, močno prekrstaljene sige z vmesnimi plastmi rdeče ilovice. Ilovice so se odložile nad korodirano/erodirano površino sige s poplavno vodo, v njih pa smo našli ostanke nedoločljivih ribjih zob. Normalne (N) in reverzne (R) zaznane magnetoccone v profilu so prekinjene in ločene s številnimi vrzelmi (hiatusi) in nezveznostmi, ki jim ni mogoče določiti časa trajanja. Zato je bila v tem profilu vsaka korelacija z geomagnetno polaritetno časovno skalo problematična. Kljub temu pa lahko iz razporeditve posameznih magnetoccon sklepamo, da je profil v celoti starejši kot vrh olduvajskega dogodka (1,77 Ma).

V nadaljevanju iste jame se je v kamnolomu odprl drugi s sedimenti zapolnjen jamski rov, širok okrog 10 m in visok 17 m. Spodnjih 9 m profila so predstavljale plasti fluvialnih sedimentov, kjer so se menjavale plastovite peščene in meljaste gline z lečami prodov. Večinoma so se usedli v mirnem jamskem okolju. Ti sedimenti so prekrili in konzervirali na steno pritrjene cevčice jamskega sladkovodnega serpulida *Marifugia cavatica* (Mihevc 2000). Ta žival še danes živi v mirno tekočih jamskih rekah na Dinarskem krasu in je pomemben okoljski indikator. V spodnjem delu profila smo našli tudi razpršene ostanke vretenčarjev, pomešane s fluvialnimi sedimenti, ki pripadajo bioconi MN15–MN16 (starost 3–4,1 Ma) (Horáček *et al.* 2007). V jamo jih je prinesla s površja reka ponikalnica ob poplavih. Preko teh naplavin so bile odložene rdeče ilovice, nad katerimi pa je rov v celoti zapolnjevala siga. V profilu izmerjene magnetoccone smo primerjali z GPTS (*sl. 1*) in jih primerjali s starostjo najdene fosilne favne. Po Bosák *et al.* (2004) in Horáček *et al.* (2007) je do zapolnitve jame najverjetneje prišlo v normalni magnetocconi gauss (2,6–3,6 Ma) ali pa v katerem od normalov (N-subcon) znotraj reverzne magnetoccone gilbert (to je 4,18–4,29 Ma ali 4,48–4,62 Ma). Na podlagi reliefnih značilnosti površja je verjetnejša večja starost sedimentne zapolnitve jame.

V zgornjem delu Matarskega podolja leži 304 m dolga Račiška pečina. Jama je preprost, blago nagnjen, do 10 m visok in širok rov, ki je ostanek starega jamskega sistema. Sedanji vhod v jamo je nastal zaradi denudacije površja in ne predstavlja vhoda, skozi katerega so v jamo prišli sedimenti. Preučeni profil, ki leži okrog 200 m od vhoda, je 13 m dolg in 3 m visok. Sestavlja ga več sigovih kop, ki se preraščajo tako, da je njegova sestavljena debelina 6,3 m. Sedimente v profilu smo datirali z več metodami. V profilu smo v peščenem sedimentu med plastmi sige našli ostanke malih sesalcev in nevretenčarjev (Moldovan *et al.* 2011). S pomočjo teh paleontoloških najdb (Horáček *et al.* 2007) smo lahko primerjali magnetostratigrafsko sekvenco profila z GPTS. Združba malih sesalcev (Apodemus, cf. Barsodia) pripada srednji ali pozni bioconi MN17 (1,8–2,4 Ma). Meja med N- in R-magnetoccono znotraj plasti z najdeno favno je bila postavljena v spodnji del olduvajskega subkrona (1,77–1,95 Ma). Spodnji del analizirane

plastu sige v preučnem profilu se da tako primerjati z normalno polarizirano magnetocoeno gauss in reverzno subconama caena in mammoth, ki se konča pred okrog 3,4 Ma. Preučeni profil daje pomemben vpogled tudi v jamsko sedimentacijo sig. Okrog 3 m debel profil je nastajal več kot 3 Ma, rast sige je večkrat zastala, to pa je bilo povezano tudi s spremembami mesta dotoka kapljavače vode. Na njegovem vrhu se še danes odlaga siga, ki je že prekrila pleistocenske klastične sedimente.

NOTRANJSKI KRAS

Preučili smo več sedimentnih profilov v jamah v okolici Postojne: v Postojnski jami 8 profilov, po dva profila v Zgubi jami, Markovem spodmolu in Križni jami ter en profil v Planinski jami. Podrobni paleomagnetni in magnetostratigrafski podatki so pokazali večjo kompleksnost kot redke predhodne megnetostratigrafske interpretacije (Šebela in Sasowsky 1999).

Največje starosti nakazujejo analizirani sedimenti v profilu Umetni tunel 1 v predoru med Postojnsko in Pivko jamo ter v Zgubi jami; ta jama leži plitvo pod površjem nad Postojnsko jamo. Magnetizem v obeh profilih lahko povezujemo z normalno (N) polariziranimi obdobji, starejšimi od 1,77 pa do več kot 3 Ma (Zupan Hajna *et al.* 2008b). Na veliko starost obeh sedimentnih profilov nakazuje predvsem višja nadmorska višina pri Zgubi jami ter pri sedimentih iz profila Umetni tunel 1 in morfologija rova s sedimenti, ki jo je presekala umetni predor med Postojnsko in Pivko jamo.

Večina analiziranih profilov v Postojnski jami, profil v biospeleološki postaji, oba profila v Spodnjem Tartarju, Pisanem rovu, Stari jami in profilu Umetni tunel 2 kažejo na odložitev sedimentov znotraj normalne magnetne cone, ki pa so zaradi ostalih magnetnih lastnosti (inklinacije, deklinacije in magnetne susceptibilnosti) verjetno različnih starosti. Tako je bilo na primer v daljšem normalnem obdobju v obeh profilih v Spodnjem Tartarju zaznanih več kratkih reverznih magnetocoen, ki odražajo le ekskurzije magnetnega polja. Vendar samo glede na magnetne lastnosti sedimentov ne moremo z gotovostjo interpretirati, v katerem obdobju z normalno polarizacijo ali pa v katerem delu posameznega normalnega obdobja so nastali. Podobno velja tudi za profil v Rudolfovem rovu v Planinski jami, kjer je v vzorcih zaznana le normalna polarizacija, vendar so občutne razlike v ostalih magnetnih lastnostih med spodnjim in zgornjim delom profila, kar nakazuje spremembe v okolju in času odložitve. Zaenkrat smo interpretirali večino sedimentacijskih profilov kot mlajše od 0,78 Ma, ki naj bi nastali med različnimi sedimentacijskimi dogodki znotraj obdobja brunhes. Vendar bomo za določitev dokončne starosti sedimentov v sistemu Postojnskih jam morali podrobneje analizirati vse rezultate in sedimente obdelati še s kakšnimi dodatnimi metodami.

Jama Markov spodmol, ki leži ob južnem robu Pivške kotline, je bila v preteklosti verjetno večkrat zapolnjena s sedimenti. Deli jame so še vedno zapolnjeni z njimi, drugod pa jih je ponikalnica erodirala. V boku rova je sigova kopa zaščitila več metrov visok profil pretežno drobnozrnatih sedimentov, ki je bil primeren za datiranje. V profilu so tri jasne sedimentacijske faze z vmesnimi erozijskimi vrzelmi, ki se odražajo z "in situ" preperevanjem vrhnjega dela sedimentov pod vsako vrzeljo. Te skorje preperevanja v vrhnjem delu erodiranih sedimentov nakazujejo spremembe v sedimentaciji (daljše prekinitve) in s preperevanjem tudi spremembo okolja po odložitvi sedimenta v jami, kar pa je lahko povezano tudi s spremembo klime zunaj jame. V zgornjem delu profila so bile odložene plastovite gline z normalno polarizacijo. Pod ostrim sedimentacijskim prehodom (hiatusom) so ležale raznobarvne plastovite ilovice z lečami peska in proda z reverzno polarizacijo. Ta razporeditev magnetocoen najverjetneje umešča profil v obdobje matuyama ali celo gauss. Pod raznobarvno ilovico pa diskontinuitetno leži plastovita ilovica z močnimi znaki preperevanja. V jamskem okolju zahteva tako preperevanje veliko časa in je običajno vezano na toplo in vlažno podnebje ter zadostno količino vode v sedimentu. Oboje potrjuje veliko starost sedimentov v profilu, saj so sedimenti v dnu profila stari 3,4 Ma ali več.

V Križni jami smo preučili dva profila, kjer so plasti gline s kostmi jamskega medveda pomešane s plastmi sige. Radiometrični podatki (Zupan Hajna *et al.* 2008a) so potrdili objavljene starosti in interpretacije Forda in Gospodariča (1989). Ostanke jamskega medveda v dveh plasteh so gotovo starejši od 125 ka. Paleomagnetni rezultati, prevladujoča normalna polarizacija v profilu in ena od kratkih ekskurzij magnetnega polja znotraj obdobja brunhes kažejo, da so sedimenti v dnu profila verjetno starejši od 146–160 ka (Bosák *et al.* 2010).

DOLENJSKI KRAS

V bližini Novega mesta smo v zapolnjeni vrtači preučili profil, ki smo ga po bližnjem naselju poimenovali Hrastje. Profil so sestavljale predvsem plasti gline in meljastih glin z vmesnimi peščenimi plastmi. V njem smo našli tudi ostanke rastlin in kopenskih gastro-podov. Celotni profil je imel normalno polarizacijo, razen vzorcev z dna profila, ki so bili reverzni (Zupan Hajna *et al.* 2008a). Ker za profil nismo pridobili drugih podatkov, s katerim bi ga lahko primerjali, ga lahko interpretiramo na več načinov. Sedimentacija v profilu je mlajša od 0,78 Ma, kratka R-cona pa je odraz neke ekskurzije magnetnega polja ali pa je spodnji reverzni del že blizu začetka obdobja matuyama (0,780 Ma). Manj verjetna je večja starost, razen če celotni profil ni starejši kot brunhes.

ALPSKI KRAS

V osrednjem delu Alp zaradi prevladujoče erozije na površju ni starejših sedimentov, ohranili pa so se v kraških jamah. Pomembni so sedimenti, ki so jih v jamah odložile reke ponikalnice pred glavnim vrezovanjem dolin, ki je sledilo tektonskemu dvigovanju Alp (Mihevc 2001b) in razčlenjevanju alpskega krasa z dolinami v posamezne hrbe in planote. Primerne profile za datiranje smo našli v jami pod Babjim zobom in spodmolu nad Planino Jezero. Starost sige v prvi jami in starost peščenih glin v drugi je višja kot 1,77 Ma, toda po njihovi legi v zgornjih pobočjih globokih rečnih dolin in na visoki nadmorski višini oziroma legi sta sedimenta verjetno veliko starejša.

Starost sige v Snežni jami najverjetneje sovpača z GPTS v časovnih razponih od 3 do 5 Ma (*sl. 4*) (Bosák *et al.* 2002; Zupan Hajna *et al.* 2010). Zaradi lege visoko nad sedanjim tokom Savinje pa sklepamo na njeno veliko večjo starost. To so potrdili tudi preliminarni rezultati paleomagnetnih in paleontoloških raziskav v novem, 4 m visokem profilu alogenih aluvialnih sedimentov v jami (Mihevc *et al.* 2010).

OSAMELI KRAS

Za osameli kras so značilni reke ponikalnice in obilo alogenih sedimentov v podzemlju. Kljub temu je v takih jamah težko najti za datiranje primerne profile, saj so starejši sedimenti pogosto prekriti z mlajšimi ali pa so erodirani in odneseni iz jam.

Primerni sedimentni profil smo našli v Tajni jami pri Polzeli. Jamo je oblikovala majhna ponikalnica, ki pa si je v rovu poglobila 10 m globok kanjon. V skalni niši visoko nad sedanjim vodotokom se je ohranil 2 m visok profil, ki ga sestavljajo laminirane gline. Datacija sedimenta je pokazala pričakovano veliko starost, saj smo v profilu našli več magnetnih obratov. Najverjetnejša starost sedimentov v Tajni jami je 3 do 3,4 Ma (Zupan Hajna *et al.* 2008a) v spodnjem delu profila, kjer je znotraj reverzne magnetcone prišlo do erozije in ponovne sedimentacije. Ob tej diskordanci se močno spremenijo magnetne lastnosti sedimenta, kar kaže na dolgo vrzel v sedimentaciji in lahko poviša starost sedimenta tudi na 4,18 Ma (vrh subcone cochiti). To zadnjo interpretacijo podpirajo tudi spremenjene vrednosti drugih parametrov, predvsem inklinacije.

SKLEP

Pri preučevanju jamskih sedimentov so raziskovalci v preteklosti, predvsem zaradi pomanjkanja primernih datacijskih metod, sedimente v glavnem navezovali na dogajanja v mlajšem pleistocenu in holocenu. Zlasti naj

bi na sedimente vplivala menjavanja toplih in hladnih pleistocenskih obdobij. Tako naj bi bilo odlaganje klastičnih sedimentov predvsem vezano na hladna obdobja, odlaganje sige pa na topla obdobja kvartarja. Datacije sig z ogljikovo metodo niso mogle bistveno vplivati na te interpretacije, in to zaradi relativno kratkega dosega te metode.

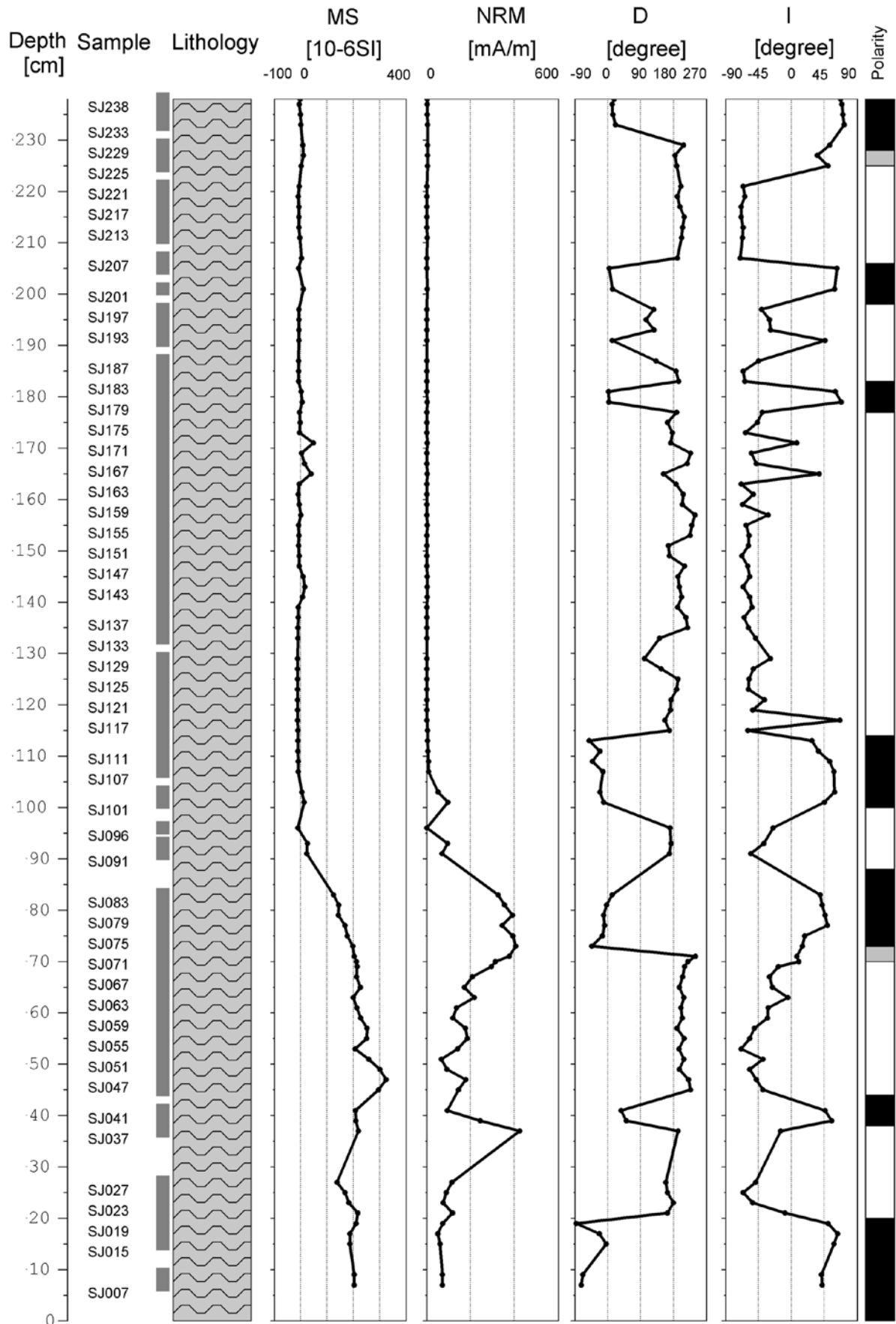
Kasnejše geomorfološke interpretacije ter analize brezstropih jam so jasno nakazale, da so v dostopnih jamah nekateri sedimenti pliocenske ali celo višje starosti. Vendar pa niso mogle dati natančnejših vrednosti, omogočiti primerjav med različnimi profili v istih ali sosednjih jamah ali pa podrobneje razčleniti posameznih sedimentnih profilov. S pomočjo paleomagnetnih raziskav sedimentov in drugih datacijskih metod, predvsem z biostratigrafijo, smo v več primerih določili veliko starost jamskih sedimentov in ugotovili, da jih je bilo v naših jamah veliko odloženih že v miocenu, torej so morale jame obstajati že takrat. Najstarejši jamski sedimenti so tako pri nas starejši od 5 Ma. Do sedaj pridobljeni podatki numeričnega in primerjalnega datiranja nakazujejo obstoj različnih zapolnitvenih faz (*tab. 1*). Iz raziskav izstopata dve starosti sedimentov v jamah: med 1,8–3,6 in okrog 4,1–5,4 milijona let, ki jih v prihodnosti lahko uporabimo za rekonstrukcijo kenozojskih tektonskih in kraških procesov v Sloveniji. Glede na dosedanje raziskave sedimentov v Grofovi jami na Krasu in glede na njeno lego v prostoru predpostavljamo, da gre tam zaenkrat za nam znane najstarejše jamske sedimente v Sloveniji; starost nastanka apatita iz njih je $21,7 \pm 6,9$ Ma, kar pa ne pomeni, da je to tudi starost njihove sedimentacije v jami, saj je ta lahko precej mlajša.

Ob velikem številu analiz so se pokazale tudi nekatere pomanjkljivosti in omejitve metode. Številne izhajajo iz lastnosti sedimentacijskega prostora in dogajanja v jamah. Jamski profili sedimentov so praviloma visoki le do nekaj metrov. V takšnem profilu je lahko sedimentacija zelo hitra, zato profili lahko vsebujejo le časovno ozek paleomagnetni zapis. Jamski sedimenti pogosto vsebujejo dolge sedimentacijske vrzeli. V Račiški pečini so na primer v profilu, ki je visok le 3 m, recentne



Sl. 4: Osnovne magnetne in paleomagnetne lastnosti v profilu sige iz Snežne jame. Legenda: depth – globina vzorca v profilu, sample – oznaka vzorca; litologija: valovi so sige; polarnost: črni predeli so normalni (N), beli so reverzni (R), sivi so mešani; MS – magnetna susceptibilnost, NRM – naravni remanentni magnetizem; D – deklinacija; I – inklinacija.

Fig. 4: Basic magnetic and palaeomagnetic characteristics in the flowstone profile from the Snežna jama cave. Legend: depth – depth of the sample in the profile, sample – sample label; lithology: speleothems are marked with wavy line; polarity: normal (N): black, reverse (R): white, mixed: grey; MS – magnetic susceptibility, NRM – natural remanent magnetism; D – declination; I – inclination



Tab. 1: Starosti jamskih sedimentov s preučevanih lokacij (po Zupan Hajna *et al.* 2008a).Table 1: The age of cave sediments from studied sites (after Zupan Hajna *et al.* 2008a)

Lokacija / Study site	Ime profila / Name of the profile	Starost /Age (Ma)		Obdobje / Time period
		Min.	Max.	
Grofova jama		?	do / up to 35	miocen/pliocen Miocene / Pliocene
Črnotiče	I	4.2	>5.4	
Briščiki		>1.77	>5.0	
Jama pod Kalom	Spodnji del	>1.77	>5.0	
Divčača profile		>1.77	>5.23	
Kozina profile		>1.77	>5.0	
Trhlovca		>1.77	>5.0	
Divška jama	Spodnji del	>1.2	>5.0	
Snežna jama		>1.2	>5.0	
Tajna jama		±0.78	4.18	
Jama pod Babjim zobom		>0.78	>1.77	
Spodmol nad Planino Jezero		>0.78	?	
Črnotiče	II Desni	1.77?	<3.58	
Črnotiče	II Glavni	1.8	3.58	
Račiška pečina		1.77	>3.4	
Markov spodmol	I	<0.78	3.58	
Markov spodmol	II	>0.78	>3.58	
Postojnska jama	Umetni tunel I	<0.99	>2.15	
Postojnska jama	Male jame	?	>0.78	
Postojnska jama	Bel peščenjak	?	>0.78	
Zguba jama	I+II	<0.78	>0.78	
Divška jama	Zgornji del	0.092	0.576	
Jama pod Kalom	Zgornji del	<0.05	<0.78	pleistocen Pleistocene (Mindel/Holocene)
Postojnska jama	Tartarus Sever	?	>0.78	
Postojnska jama	Tartarus Jug	>0.122	>0.78	
Postojnska jama	Pisani rov	>0.35	>0.78	
Postojnska jama	Stara jama	?	<0.78	
Planinska jama	Rudolfov rov	?	<0.78	
Račiška pečina	Vrh	<	<0.78	
Križna jama	I+II	≥0.03	<0.78	
Pečina v Borštu		>0.194	>0.78	

sig, starejše holocenske sig s plastmi oglja paleolitske starosti, pleistocenske kosti jamskega medveda, okrog 2 milijona let stare plasti peščene ilovice s kostmi malih sesalcev in v spodnjem delu do 3,2 milijona let stare sig. V profilu pa ni izražena nobena erozijska faza.

Kljub pomanjkljivosti metode pa so datacije jamskih sedimentov za interpretacijo podprte tudi z drugimi analizami, ki so pogosto edino sredstvo za rekonstrukcijo razvoja posameznih kraških oblik, razsežnih kraških regij ter speleogenetskih procesov. Uporaba različnih datacijskih metod v Sloveniji je omogočila natančnejše datacije kraških procesov in pogled v različne geološke, geomorfološke in speleološke dogodke v preteklosti.

THE AGE OF CAVE SEDIMENTS IN SLOVENIA

Summary

The chronostratigraphy of cave sediments in SW Slovenia completed by Rado Gospodarič in the 1980s was based on Pleistocene warm/cold cycles. Later U/Th dating indicated that speleothems from different caves in Slovenia are older. New dating principally results from the palaeomagnetism and magnetostratigraphy of cave sediments calibrated, in some sites, by U/Th, palaeontological and geomorphological analyses. We have conducted palaeomagnetic and magnetostratigraphic research on karst sediments in Slovenia since 1997. More than 3,000 samples were taken and analysed in 39 profiles at different locations in caves and on the surface. Standard palaeomagnetic analyses were used (thermal and alternating field demagnetisation, magnetic susceptibility measurements, etc.). Dating of cave sediments (flowstones and clastic sediments) by the application of the palaeomagnetic method is a difficult and sometimes risky task, as the method is comparative in its principles and does not provide numerical ages. Results from individual sites and their discussion clearly indicated some similarities in evolution both of caves and their fills. They also provided information on the evolution of the surface, weathering conditions, pedogenesis, etc.

The dating has been carried out especially in the south-western Slovenia (Kras) where Eocene flysch is the last marine deposit preserved in the geologic record. Oligocene to Quaternary represent the karst period with prevailing terrestrial evolution, surface denudation, erosion and karstification processes, which evolved in relation to the tectonic regime in the area. Only karst sediments can record post-Eocene processes and environmental changes. Speleogenesis and cave infilling processes in Slovenia are dated deeply below the Tertiary/Quaternary boundary. All cave fills were deposited within one, still lasting, period of post-Eocene karstification. The period can be subdivided into some distinct phases of massive deposition in caves, dated to about 5.4 – 4.1 Ma (Miocene–Pliocene), 3.6 – 1.8 Ma (Pliocene) and Quaternary.

Research of cave fills in the Dinaric, Alpine and isolated karsts opened new horizons for the interpretation of karst and cave evolution, both of individual geomorphologic units and of extensive areas. The data inform us that a number of common features and evolutionary trends exist in all studied areas. On the other hand, as the consequence of different post-Eocene tectonic regimes, there exist distinct differences in evolution of smaller geomorphic units within the more extensive ones.

LITERATURA / REFERENCES

- BOSÁK, P., P. PRUNER in N. ZUPAN HAJNA 1998, Paleomagnetic research of cave sediments in SW Slovenia, *Acta carsologica* 27(2), 151–179.
- BOSÁK, P., A. MIHEVC, P. PRUNER, K. MELKA, D. VENHODOVÁ in A. LANGROVÁ 1999, Cave fill in the Črnotiče Quarry, SW Slovenia: Palaeomagnetic, mineralogical and geochemical study, *Acta carsologica* 28(2), 15–39.
- BOSÁK, P., H. HERCMAN, A. MIHEVC in P. PRUNER 2002, High resolution magnetostratigraphy of speleothems from Snežna Jama, Kamniške-Savinja Alps, Slovenia. *Acta carsologica* 31(3), 15–32.
- BOSÁK, P., A. MIHEVC in P. PRUNER 2004, Geomorphological evolution of the Podgorski Karst, SW Slovenia: Contribution of magnetostratigraphic research of the Črnotiče II site with *Marifugia* sp., *Acta carsologica* 33(1), 175–204.
- BOSÁK, P., P. PRUNER, N. ZUPAN HAJNA, H. HERCMAN, A. MIHEVC in J. WAGNER 2010, Križna jama (SW Slovenia): Numerical- and correlated- ages from Cave Bear-bearing sediments = Primerjava številčne in korelirane starosti sedimentov z ostanki jamskega medveda v Križni jami, *Acta carsologica* 39(3), 529–549.
- FRANKE, H. in M. GEYH 1971, ^{14}C - datierungen von Kalksinter aus slowenischen Höhlen, *Der Aufschluss* 22(7–8), 235–237.
- FORD, D.C. in R. GOSPODARIČ 1989, U series dating studies of *Ursus spelaeus* deposits in Križna jama, Slovenia, *Acta carsologica* 18, 39–51.
- FORD, D. in P. Williams 2007, *Karst hydrogeology and geomorphology*, Chichester.
- GOSPODARIČ, R. 1972, Prvi podatki o absolutni starosti sige v Postojnski jami na podlagi ^{14}C , *Naše jame* 13, 91–98.
- GOSPODARIČ, R. 1981, Generations of speleothems in the Classical Karst of Slovenia, *Acta Carsologica* 9 (1980), 90–110.
- GOSPODARIČ, R. 1988, Paleoclimatic record of cave sediments from Postojna karst, *Annales de la Société Géologique de Belgique* 111, 91–95.
- HORÁČEK, I., A. MIHEVC, N. ZUPAN HAJNA, P. PRUNER in P. BOSÁK 2007, Fossil vertebrates and palaeomagnetism update one of the earlier stages of cave evolution in the Classical Karst, Slovenia: Pliocene of Črnotiče II site and Račiška pečina, *Acta carsologica* 37(3), 451–466.
- IKEYA, M., T. MIKI in R. GOSPODARIČ 1983, ESR Dating of Postojna Cave Stalactite, *Acta Carsologica* 11 (1982), 117–130.
- LAU, B., B.A.B. BLACKWELL, H. P. SCHWARCZ, I. TURK, J. I. BLICKSTEIN 1997, Dating a flautist? Using ESR (Electron Spin Resonance) in the Mousterian

- cave deposits at Divje Babe I, Slovenia, *Geoarchaeology* 12(6), 507–536.
- MIHEVC, A. 1996, Brezstropa jama pri Povirju, *Naše jame* 38, 92–101.
- MIHEVC, A. 1999, The caves and the karst surface - case study from Kras, Slovenia. - V: *Karst 99: colloque européen : des paysages du karst au géosystème karstique : dynamiques, structures et enregistrement karstiques* (Etudes de géographie physique, supplément, 28), Aix-en-Provence, 141–144.
- MIHEVC, A. 2000, Fosilne cevke iz brezstropne jame - verjetno najstarejši ostanki jamskega cevkarja Marifugia (Annelida: Polychaeta), *Acta carsologica* 29(2), 261–270.
- MIHEVC, A. 2001a, *Speleogeneza Divaškega krasa*. Zbirka ZRC, 27, Ljubljana.
- MIHEVC, A. 2001b, Jamski fluvialni sedimenti v Snežni jami na Raduhi in v Potočki zijalki, *Geološki zbornik* 16, 60–63.
- MIHEVC, A. 2002, Postojnska jama cave system, U/Th datation of the collapse processes on Velika Gora (Point 4). - V: F. Gabrovšek (ur.): *Programme and guide booklet for the excursions: Evolution of Karst: from Prekarst to Cessation, September, 17th-21st, 2002. Postojna*, 14–15, Postojna.
- MIHEVC, A. 2007, The age of karst relief in West Slovenia. *Acta carsologica* 36(1), 35–44.
- MIHEVC, A., P. PRUNER, in N. ZUPAN HAJNA 2010. Mio-pliocenska starost jamskih aluvialnih sedimentov v Snežni jami na Raduhi. - V: A. Košir, A. Horvat, N. Zupan Hajna in B. Otoničar (ur.), 3. *Slovenski geološki kongres, Bovec, 16.-18. september 2010. Povzetki in ekskurzije*, 34, Postojna.
- MOLDOVAN, O., A. MIHEVC, L. MIKO, S. CONSTANTIN, I. MELEG, A. PETCULESCU in P. BOSÁK 2011, Invertebrate fossils from cave sediments: a new proxy for pre-Quaternary paleoenvironments, *Biogeosciences* 8(7), 1825–1837.
- RADINJA, D. 1985, Kras v luči fosilne fluvialne akumulacije, *Acta carsologica* 14–15, 99–108.
- ŠEBELA, S. in I. SASOWSKY 1999, Age and magnetism of cave sediments from Postojnska jama cave system and Planinska jama Cave, Slovenia, *Acta carsologica* 28(2), 293–305.
- ZUPAN, N. 1991, Flowstone datations in Slovenia, *Acta carsologica* 20, 187–204.
- ZUPAN HAJNA, N. 1998, Mineral composition of clastic cave sediments and determination of their origin, *Kras i speleologia* 9(XVIII), 169–178.
- ZUPAN HAJNA, N., A. MIHEVC, P. PRUNER in P. BOSÁK 2008a *Palaeomagnetism and Magnetostratigraphy of Karst Sediments in Slovenia*, *Carsologica* 8, Ljubljana.
- ZUPAN HAJNA, N., A. MIHEVC, P. PRUNER in P. BOSÁK 2008b, Cave sediments from the Postojnska-Planinska cave system (Slovenia): evidence of multi-phase evolution in epiphreatic zone, *Acta carsologica* 37(1), 63–86.
- ZUPAN HAJNA, N., A. MIHEVC, P. PRUNER in P. BOSÁK 2010, Palaeomagnetic research on karst sediments in Slovenia, *International Journal of Speleology* 39(2), 47–60.

VPLIV SPREMEMB RABE TAL NA GEOMORFNE PROCESSE V ZADNJIH STOLETJIH NA PRIMERU ZGORNJEGA POSOČJA

THE INFLUENCE OF LAND-USE CHANGES ON GEOMORPHIC PROCESSES DURING RECENT CENTURIES ON THE EXAMPLE OF ZGORNJE POSOČJE (THE UPPER SOČA VALLEY)

Matej GABROVEC, Blaž KOMAC in Matija ZORN

Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU, Novi trg 2, SI-1000 Ljubljana;
matej@zrc-sazu.si; blaz.komac@zrc-sazu.si; matija.zorn@zrc-sazu.si

Izvleček

Na geomorfne procese vplivajo štiri poglobitni dejavniki: kamnine, podnebje, relief in raba tal. Čeprav so slednji trije do določene mere odvisni od človekove dejavnosti, je najbolj "obvladljiv" dejavnik raba tal. Posebej je pomembno razmerje med gozdnimi in kmetijskimi zemljišči. V času najintenzivnejše kmetijske rabe v 19. stoletju je gozd prekrival le približno tretjino ozemlja Slovenije, do danes pa je njegov delež narasel na skoraj 60 %. Tudi v predhodnih stoletjih se je delež gozdov zaradi spreminjanja števila prebivalcev in gospodarske rabe znatno spreminjal. Za obdobje od druge polovice 18. stoletja imamo na razpolago dobre kartografske vire, za predhodna razdobja pa lahko delež gozda ocenimo na podlagi zgodovinskih virov. Na podlagi podatkov o rabi tal lahko ocenimo intenzivnost geomorfni procesov v sodobnosti, na podlagi zgodovinskih podatkov o rabi tal pa tudi intenzivnost geomorfni procesov v preteklosti. V prispevku je predstavljena možnost uporabe katastrskih virov o rabi tal za ugotavljanje geomorfni procesov v zadnjih dveh stoletjih.

Ključne besede: geomorfni procesi, erozija, raba tal, pokrajinska zgodovina, Gavrilovičeva enačba, Zgornje Posočje

Abstract

Geomorphic processes are influenced by four main factors: rocks, climate, relief, and land use. Even though the last three factors depend on people's activities to a certain extent, land-use proves to be the most "manageable" factor. In this regard, the ratio between forests and farmland is especially important. At the time of the most intense agriculture in the nineteenth century, forest covered only about a third of Slovenian territory, whereas now its share has grown to nearly 60%. In the previous centuries, the share of forests also varied significantly due to changes in population size and land-use. Good cartographic sources are available for the period from the second half of the eighteenth century onwards, and for periods prior to that the share of forests can be estimated based on historical sources. Based on land-use information, changes in geomorphic processes can also be assessed. This paper presents a method for determining the intensity of geomorphic processes using cadastral land-use sources and as appropriate mathematical model.

Keywords: geomorphic processes, erosion, land-use, environmental history, Gavrilović equation, the Upper Soča Valley

UVOD

Geomorfni procesi (zemeljski plazovi, skalni podori, drobirski tokovi, erozija) so odvisni predvsem od naravnih vzrokov, nanje pa v dobršni meri vplivajo tudi družbenogeografski procesi. Obstajajo številni dokazi o posrednem in neposrednem vplivu družbe na geomorfne procese. Tako so z analizo hitrosti sedimentacije v morjih ugotovili, da človek povzroča desetkrat večjo erozijo prsti, kot je naravna (Wilkinson 2004). Vpliv človeka se kaže predvsem v pospešitvi erozijskih procesov. V Medmorski Ameriki naj bi bila erozija prsti poglaviti vzrok za propad majevske civilizacije; dokazana je povezanost izsekavanja tropskega gozda z obdobji pospešene erozije (Beach *et al.* 2006). Podobno je izsekavanje gozda v neolitiku (5500 pr. Kr.) na Poljskem vplivalo na povečano erozijo prsti, zaradi česar so nastali številni vršaji (Zygmunt 2009). Na Slovaškem so spremembe rabe tal ob kolonizaciji v drugi polovici 13. stoletja povečale erozijo. vzdolž poti, steza in mejic so nastali številni nekaj sto metrov dolgi in do 15 m globoki erozijski jarki, erodirano gradivo pa se je odlagalo v dnu dolin, ki so se s tem dvignile povprečno za meter (Stankoviansky 2003). Pretekle erozijske procese so ugotavljali tudi pri nas. V Beli krajini je na območju Gradca, domnevno na prehodu iz atlantika v subboreal, prišlo do močne erozije, ki naj bi bila posledica "... poseka gozda, do katerega je prišlo zaradi intenzivne živinoreje ..." (Mason 1995, 198–199). Podobno velja za hudournike. V porečju Belce v Zgornjesavski dolini so v letih 1925–1930 posekali veliko gozda; nastala so erozijska žarišča, s katerih je Belca letno odnesla od 20.000 do 50.000 m³ gradiva. To je med letoma 1945 in 1952 dvakrat zasulo cesto Jesenice–Kranjska Gora in leta 1951 povzročilo železniško nesrečo (Na praksi 1952, 122).

Opisani pojavi (našteli bi lahko še mnogo podobnih primerov, npr. Foster *et al.* 2009; Hesse in Baade 2009; Notebaert *et al.* 2009; Reiß *et al.* 2009) vsak na svoj način dokazujejo, da pri preučevanju sodobnih pojavov in procesov ne smemo zanemariti preteklih družbenogeografskih procesov (Marrs 2008).

Da bi dobili vpogled v preteklo erozijsko dogajanje pri nas, smo na primeru Zgornjega Posočja s pomočjo zgodovinskih virov in izbranega erozijskega modela ugotavljali spremembe v intenzivnosti erozijskih procesov v zadnjih dvesto letih. Običajno se erozijski modeli uporabljajo za oceno erozije zadnjih nekaj desetletij, mi pa smo oceno podaljšali v prvo polovico 19. stoletja, kar je po našem vedenju prvi tovrsten poskus.

MODELIRANJE GEOMORFNIH PROCESOV

Ker vpliva družbenih pokrajinskih prvin na naravne prvine ne moremo ovrednotiti le na podlagi opazovanja, je pomembno, da lahko procese modeliramo. Z

uporabo primernih matematičnih postopkov lahko z določeno stopnjo zanesljivosti, ki je močno odvisna od modela ter kakovosti uporabljenih virov (več o uporabnosti zgodovinskih virov za ugotavljanje preteklih geomorfni procesov glej Zorn 2009), ocenimo intenzivnost določenih procesov v preteklosti ali napovemo njihovo stopnjo v prihodnosti. To velja za družbene (gibanje prebivalstva) in naravne procese (količina erodiranega gradiva), kot tudi za procese v pokrajini, ki odražajo tesno povezanost obeh. To součinkovanje lepo kažejo spremembe rabe tal. Analize sprememb rabe tal so zaradi tega eden izmed pomembnejših pristopov za preučevanje preteklih pokrajin (Gabrovec *et al.* 2010).

Največkrat so spremembe geomorfni procesov zaradi sprememb rabe tal preučevali s pomočjo tako imenovanih erozijskih modelov. Pri njihovi uporabi pa se je treba zavedati, da še niso izdelali popolnega, kot piše Boardman (2006, 73, 77), a zaradi njihovih "... rezultatov ne smemo biti preveč razočarani, saj ... od modelov ne smemo pričakovati, da bodo [popolnoma, op. a.] posnemali naravo. Mišljeni so, da stvarnost poenostavijo ..."

Najpreprostejši so empirični erozijski modeli, ki temeljijo na kombinaciji kratkotrajnih meritev in matematičnih formul. Pri teh s pomočjo statističnih metod oziroma regresijske analize izračunamo povezanost med odvisno spremenljivko in nizom neodvisnih spremenljivk (Staut 2004). Uporabili smo tako imenovano Gavrilovičeva enačbo (1962; 1970; 1972), ki se skupaj z izpeljankami (npr. Lazarević 1968a; 1968b; 1985; Pintar *et al.* 1986) pri nas uporablja predvsem v vodarstvu (Petkovšek 2000).

Izvorna Gavrilovičeva enačba (1962, 156; 1970, 93; 1972, 112) za izračun povprečnega letnega sproščanja gradiva (erozije) se glasi:

$$W_a = T * P_a * \pi * \sqrt{Z^3} * F \quad (1)$$

Legenda:

W_a = povprečno letno sproščanje gradiva (m³/leto)

T = temperaturni koeficient

P_a = srednja letna količina padavin (mm)

Z = erozijski koeficient območja

F = velikost območja (km²)

$$T = \sqrt{\frac{T_0}{10}} * 0.1 \quad (2)$$

T_0 = povprečna letna temperatura (°C)

$$Z = Y * X_a * (\varphi + \sqrt{J_a}) \quad (3)$$

Y = koeficient erodibilnosti

X_a = koeficient vegetacijske zaščite

φ = koeficient razvitosti erozijskih pojavov

J_a = srednji naklon območja (%)

S pomočjo erozijskega koeficienta Z določimo intenzivnost ali gostoto erozijskih procesov (Staut 2004, 10).

Koeficient erodibilnosti (Y) je inverzna vrednost odpornosti prsti na dežno erozijo. Parametra Xa in φ sta določljiva na podlagi pisnih in kartografskih zgodovinskih virov (preglednica 1). Koeficient Xa sestavljata koeficient rabe tal X in koeficient pokrovnosti tal (z rastjem) a . Koeficient X je odvisen od vrste rabe tal, značilnosti združbe rastja in stopnje pokritosti površja z rastjem, medtem ko je koeficient a odvisen od protierozijskih ukrepov (zlasti v kmetijstvu). Koeficient φ označuje stopnjo izraženosti erozijskih procesov (njihovo vidnost) v pokrajini. Koeficienti so podrobneje razloženi v delih Gavrilovića (1962; 1970), Lazarevića (1968a; 1985) in Stauta (2004).

Velika splošnost spremenljivk in parametrov v Gavrilovićevi enačbi omogoča oceno erozijskih procesov tudi takrat, kadar nimamo dovolj informacij o obravnavanem območju. Metoda omogoča vpogled v erozijsko aktivnost na določenem območju v preteklosti, če so dostopni zanesljivi pisni zgodovinski viri ali dobre kartografske podlage, zemljevidi oziroma letalski posnetki (Petek in Fridl 2004).

Po Gavrilovićevi enačbi erozijo praviloma računamo po porečjih ali njihovih delih (hidrogeografskih enotah). Podatki o pretekli rabi tal seveda niso zbrani po naravnih enotah, ampak po katastrskih občinah. Katastrske občine v Zgornjem Posočju se v veliki meri ujemajo z mejami porečij oziroma njihovimi deli, saj je analiza topografskih kart z vrisanimi mejami katastrskih občin pokazala, da so hidrogeografske enote sicer razdeljene na več katastrskih občin, vendar posamezne katastrske občine ne segajo v več hidrogeografskih enot (Kranjska Gora ... 1981; Tolmin ... 1981).

Uporabljeni pristop ima tudi nekaj slabosti. Vsi podatki, tako naravnogeografski kot o rabi tal, so bili obdelani na ravni katastrske občine. Posameznim kategorijam rabe tal smo na primer pripisali povprečen naklon v katastrski občini. Dejansko pa so na primer njive na bolj uravnanih legah, gozdovi pa na nadpovprečno strmih. Tako so izračuni erozije za nekatere rabe tal precenjeni, za druge pa podcenjeni. Boljše rezultate bi dobili z obdelavo na ravni parcel, vendar ti podatki za starejša razdobja niso na voljo v digitalni obliki. Z vektoriziranjem zemljevidov franciscejskega katastra bi bilo mogoče za manjša izbrana območja v model vključiti natančnejše podatke rabe tal iz začetka 19. stoletja. Kritični smo lahko že do samega vira o rabi tal. V Sloveniji v zemljiškem katastru v zadnjih desetletjih

Preglednica 1: Primer izračuna povprečnega letnega sproščanja gradiva (W_a) za pet izbranih katastrskih občin v Zgornjem Posočju za leto 1879.

Table 1: Calculation of the average annual sediment production (W_a) for five selected cadastral municipalities in the Upper Soča Valley for the year 1879.

	KO	Trenta leva	Trenta desna	Strmec	Log pod Mangartom	Bovec
povprečno letno sproščanje gradiva (m ³ /leto) / average annual sediment production (m ³ /year)	W_a	325.667,26	280.315,07	238.624,87	216.445,85	577.091,41
erozijski koeficient / erosion coefficient	Z	2,38	3,39	3,69	2,85	2,56
temperaturni koeficient / temperature coefficient	T	0,19	0,18	0,18	0,21	0,20
povprečna letna količina padavin (mm) / average annual precipitation (mm)	P_a	2465,38	2394,07	2229,51	2571,22	2842,57
število pi / number pi	π	3,14	3,14	3,14	3,14	3,14
površina (km ²) / area (km ²)	F	59,77	33,10	26,39	26,19	77,25
povprečna letna temperatura (°C) / average annual temperature (°C)	T_a	3,67	3,25	3,32	4,53	4,19
koeficient erodibilnosti prsti / soil erodibility coefficient	Y	0,58	0,61	0,59	0,58	0,60
koeficient vegetacijske zaščite / vegetation protection coefficient	Xa	0,44	0,60	0,66	0,50	0,51
koeficient razvitosti erozijskih pojavov / extend of erosion phenomena coefficient	j	0,50	0,55	0,50	0,55	0,40
povprečni naklon površja (%) / average slope inclination (%)	J_a	80,79	75,69	80,60	86,88	63,23

namreč podatki o rabi tal niso bili več ustrezno vzdrževani. Danes je zato pomembnejši vir zemljevid rabe tal ministrstva, odgovornega za kmetijstvo (Raba 2002).

Poleg vira o rabi tal je treba biti kritičen tudi do samih izračunov, saj so ti plod modeliranja in ne meritev, rezultati obeh pa se po navadi (zelo) razlikujejo; modeli navadno podcenjujejo dejansko erozijo (glej Boardman 2006; Zorn 2008). Poleg tega predstavljeni model omogoča le izračun "povprečne" erozije, ki ne upošteva ekstremnejših erozijskih dogodkov (Staut 2004, 24). Pri teh je lahko količina sproščenega gradiva tudi večja od izračunane letne erozije. V Zgornjem Posočju se je tako samo z drobirskim tokom leta 2000 v Logu pod Mangartom v nižje lege premaknilo več kot milijon m³ gradiva (Komac in Zorn 2007), podobno velja tudi za potresa leta 1998 in 2004 (Mikoš *et al.* 2006). Da bi v model vključili vsaj ekstremne padavine, so v Sloveniji Pintar *et al.* (1986) izvirno Gavrilovićevo enačbo priredili tako, da so namesto letne količine padavin uporabili podatek o maksimalnih dnevnih padavinah. V naših izračunih smo se držali izvirne enačbe, saj niso na voljo podatki o ekstremnih padavinah, ki so poleg tega tudi veliko bolj variabilne kot povprečne letne padavine.

Pri interpretaciji je treba poznati tudi delovanje geomorfni procesov, saj je na primer odziv geomorfne sistema na spremembe rabe tal nelinearen; že majhna sprememba v deležu obdelovalnih zemljišč vpliva na razmeroma velike spremembe v sproščanju gradiva. Ob povečanju površine obdelovalnih zemljišč povprečna stopnja erozije v določenem porečju še hitreje naraste, saj je naklon na novo pridobljenih zemljišč pogosto večji od naklona običajnih obdelovalnih zemljišč (Van Rompaey *et al.* 2003).

RABA TAL IN KATASTRSKI VIRI

Podrobnejši podatki o rabi tal so za naše ozemlje znani od prve polovice 19. stoletja, od vzpostavitve zemljiškega katastra. Ta je v Sloveniji najpomembnejši podatkovni vir za ugotavljanje rabe tal v 19. in 20. stoletju. Temeljni namen zemljiškega katastra je določanje enotne davčne odmere na zemljišča, zaradi tega so bili podatki o rabi tal zelo kakovostni. Atributni podatki o rabi tal, vezani na vsako zemljiško parcelo, omogočajo vrsto zanimivih prostorskih analiz, med drugim so seveda uporabni za erozijsko modeliranje. Najstarejši kataster, ki je ohranjen za celotno ozemlje današnje Slovenije, je tako imenovani franciscejski kataster. Zemljiškokatastrska izmera je bila za večino slovenskega ozemlja izdelana do leta 1828, za Prekmurje pa po letu 1856. Zaradi zemljiškodavčne reforme (1869) je bil franciscejski kataster v letih po zemljiški odvezi posodobljen. Tako imenovani reambulanci kataster je nastal med letoma 1869 in 1887, temu je sledila še revizija leta 1896. Od takrat naprej naj bi bil vzdrževan,

kar pomeni, da naj bi se vpisovala vsaka sprememba v rabi in lastništvu. Seveda so velike družbene in politične spremembe v 20. stoletju na ozemlju Slovenije vplivale tudi na odnos do katastra in s tem posledično na njegovo slabše vzdrževanje in ažuriranje (Petek in Urbanc 2004). V zadnji četrtini 20. stoletja spremembe v kmetijski rabi tal niso bile več redno vpisovane. Ker sta v tem času prevladovala procesa ozelenjevanja in ogozdovanja, ocenjujemo, da se je erozija v zadnjih treh desetletjih bolj zmanjšala, kot kažejo modelski izračuni. Območja katastrskih občin so kljub številnim političnim spremembam zelo stabilna. Še največ sprememb je bilo med letoma 1960 in 1990, ko so meje katastrskih občin usklajevali z občinskimi mejami. Vendar pa je bila večina sprememb omejena na urbanizirana ravninska območja. V primerih sprememb meja med katastrskimi občinami smo pri primerjavah sprememb rabe tal združevali več katastrskih občin v večje enote, tako da so bile te v daljšem časovnem razdobju primerljive (Gabrovec in Kladnik 1997). V primeru Zgornjega Posočja se območja katastrskih občin nad Kobaridom niso spreminjala, več sprememb pa je bilo pri dolinskih katastrskih občinah med Kobaridom in Tolminom.

Podatki franciscejskega katastra so odlično ohranjeni in za večino katastrskih občin obsegajo zemljiškokatastrski načrt v merilu 1 : 2880 in več vrst elaboratov, ki opisujejo zemljišča po rabi in vrednosti ter lastništvo posameznih parcel. Poleg zemljiškokatastrskega načrta, kjer so posamezne kategorije rabe tal označene z različnimi barvami in preprostimi topografskimi znaki, so za analizo rabe tal v prvi polovici 19. stoletja zelo uporabne tudi zbirne preglednice, v katerih so navedene skupne površine posameznih kategorij rabe tal za vsako katastrsko občino. Ker so katastrske občine zelo majhne prostorske enote, so idealne za analizo in prikaz spreminjanja rabe tal v zadnjih dveh stoletjih. Franciscejski kataster loči devet zemljiških kategorij, med katerimi so najpomembnejše njive, travniki, pašniki, vinogradi in gozdovi, pozna pa tudi številne mešane kategorije (Petek in Urbanc 2004). Na podlagi analize franciscejskih katastrskih načrtov so bile tako v Sloveniji kot v drugih srednjeevropskih državah narejene številne študije, ki obravnavajo spreminjanje okolja in kulturne pokrajine od 19. stoletja do danes na območju posameznih vasi oziroma katastrskih občin (Gabrovec 1990; 1995; Gabrovec in Petek 2003; Mareš in Štych 2003; Petek 2005; Andrič *et al.* 2010; Bičik in Kupková 2010). Na podlagi prepisa podatkov o rabi tal iz zbirnih preglednic je bila analizirana raba tal v 19. stoletju tudi na regionalni ali državni ravni (Bičik *et al.* 2001; Petek 2005; Krausmann 2006; Bičik in Kupková 2010). Katastrski podatki so temeljni podatkovni vir vse do zadnje četrtine 20. stoletja (Gabrovec in Kladnik 1997), v zadnjih desetletjih pa so v ospredju viri, ki temeljijo na analizi letalskih in satelitskih posnetkov (Petek 2005; Feranec *et al.* 2010).

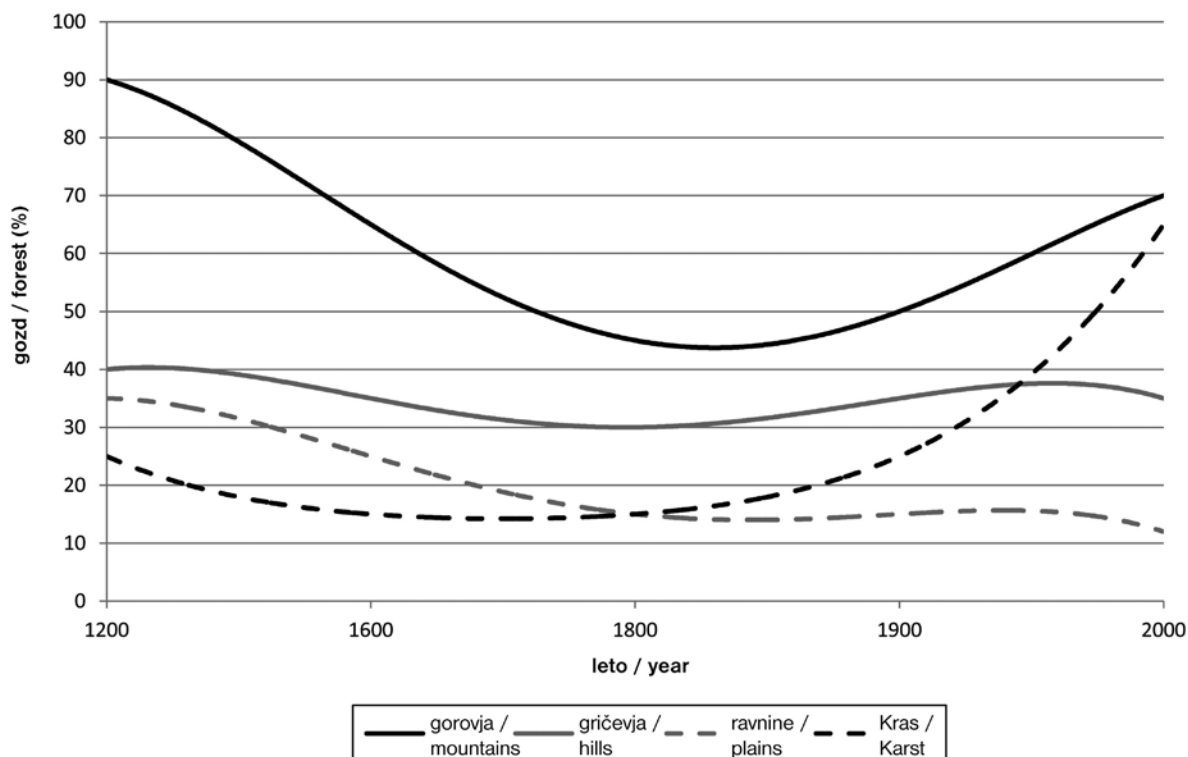
V drugi polovici 18. stoletja je bil vzpostavljen jožefinski kataster (Granda 1999), ki pa je žal le deloma ohranjen in zato za ugotavljanje rabe tal uporaben le v omejenem obsegu. V tem času, v letih 1763 do 1787, je bil za celotno ozemlje takratne monarhije izdelan tako imenovani jožefinski vojaški zemljevid v merilu 1 : 28.800 (Zorn 2007; Štular 2010). V devetdesetih letih 20. stoletja je bil pripravljen ponatis s spremnim besedilom v sedmih zvezkih (npr. Rajšp 1995). Na zemljevidu so z različnimi barvami označene osnovne kategorije rabe tal. Podrobna analiza tega vira za celotno državo še ni bila narejena, bilo pa je nekaj študij na testnih območjih (Pirnat 1999; Kušar in Hočevnar 2005).

Za starejša razdobja lahko rabo tal ocenjujemo le s pomočjo posrednih virov. Ena izmed možnosti je ocena kmetijskih površin na podlagi števila prebivalcev. Leta 1818, to je v času izdelave franciscejskega katastra, je na ozemlju današnje Slovenije živelo 838.000 ljudi (Fischer 1997). Delež gozda je bil takrat okoli 40 %, kmetijskih zemljišč pa 55 %. To pomeni, da so prebivalci ob takratnih kmetijskih tehnikah za pridelavo zadostne količine hrane potrebovali 1,3 ha kmetijskih zemljišč na prebivalca. Podobno površino kmetijskih zemljišč na prebivalca je izračunal tudi Krausmann (2001) za Avstrijo. Če od tod pogledamo še globlje v zgodovino in predpostavimo, da je pridelava hrane sorazmerna s širitvijo kmetijskih površin na račun krčenja gozda (Krausmann 2001),

lahko delež gozda ocenimo na podlagi ocene števila prebivalcev. Take ocene so seveda zelo problematične, saj se v daljšem razdobju lahko pomembno spremeni način obdelovanja kmetijskih zemljišč in s tem tudi potrebna površina zemljišča za pridelavo hrane za enega prebivalca. Močan je tudi vpliv rodovitnosti prsti v različnih naravnogeografskih pokrajinah in sprememb zaradi naravnih procesov, na primer na poplavnih območjih. Krčenje gozda seveda ni bilo povezano le s pridobivanjem kmetijskih zemljišč, ampak tudi z uporabo lesa kot energetskega vira v glažutah in fužinah (glej Gams (1959) za Pohorje).

Najstarejše vplive človeka na gozdno rastje lahko ocenimo z arheološkimi in palinološkimi raziskavami. Posledice prvega človekovega kmetovanja pred 7.000 leti v neolitiku lahko razberemo iz pelodnih diagramov (Andrič in Willis 2003). Tudi rabo tal v prazgodovinskih obdobjih bi se dalo grobo oceniti glede na gostoto poselitve in takratno gospodarstvo.

Za Slovenijo je zaradi njene pokrajinske pestrosti značilno, da se raba tal med posameznimi pokrajinami zelo razlikuje. Različni pa so tudi procesi spreminjanja rabe tal med posameznimi pokrajinami v različnih zgodovinskih obdobjih. Primer teh razlik je prikazan na *sliki 1*, kjer je podana groba ocena deleža gozda v izbranih naravnogeografskih regijah. Deleži gozda so za obdobje pred 19. stoletjem ocenjeni glede na ocene



Sl. 1: Ocena sprememb deleža gozda, prikazana s pomočjo trendnih črt, na izbranih tipih reliefa in na Krasu.

Fig. 1: The estimated changes in the share of forests on some types of relief and in the region of Kras, shown by trendlines.

števila prebivalcev, ki smo jih povzeli po zgodovinskih virih (Blaznik *et al.* 1970). Za grafični prikaz smo izbrali pokrajine, ki se med seboj precej razlikujejo glede spreminjanja gozdnih zemljišč. Pri analizi smo uporabili regionalizacijo Slovenije, ki je bila pripravljena na Geografskem inštitutu Antona Melika ZRC SAZU (Perko 1998). Prikazani so deleži gozdov v alpskih visokogorjih in hribovskih ter panonskih gričevjih in ravninah. Posebej smo prikazali tudi Kras, čeprav gre za pokrajino nižjega reda. Kras izstopa po zgodnji poselitvi in s tem povezanim krčenjem gozda ter nadpovprečno hitrem zaraščanju v zadnjih desetletjih.

EROZIJSKI PROCESI V ZGORNJEM POSOČJU

Vpliv sprememb rabe tal na erozijo smo s pomočjo katastrskih podatkov in Gavrilovičeve enačbe modelirali za zadnjih dvesto let v Zgornjem Posočju (slika 2; Komac

in Zorn 2008; Zorn *et al.* 2008). Na tej podlagi je bila skupna letna erozija na obravnavanem območju 1827. leta 4,76 milijona m³, približno tolikšna pa je bila tudi leta 1999. V vmesnem času se je erozija povečevala in leta 1953 dosegla 5,72 milijona m³ (slika 3). Specifična erozija je bila 1827. leta 133,4 t/ha, 1999. leta 135,5 t/ha, v vmesnem času pa je leta 1953 dosegla 160,3 t/ha.

Kot smo omenili v poglavju o modeliranju, imamo danes na voljo natančnejše podatke o rabi tal (npr. Raba 2002), kot so katastrski podatki. Tako je bila sodeč po zemljevidu rabe tal ministrstva, odgovornega za kmetijstvo (Raba 2002), izračunana povprečna letna erozija v Zgornjem Posočju leta 2000 manjša (3,05 milijona m³), kot je bila izračunana erozija na podlagi katastrskih podatkov za leto 1999. Do razlike med obema viroma je prišlo predvsem zato, ker so podatki zemljevida rabe tal (Raba 2002) na parcelni ravni. Manjši del razlike pa je posledica zastarelosti katastrskih podatkov.

Poglavitni razlog za višjo domnevno stopnjo erozije na začetku 20. stoletja je bila agrarna prenaseljenost



Sl. 2: Obravnavano območje v Zgornjem Posočju (kartografija: Jerneja Fridl, Matija Zorn).

Fig. 2: Study area in the Upper Soča Valley (cartography: Jerneja Fridl, Matija Zorn).

Katastrske občine / Cadastral municipalities: 1 Strmec, 2 Log pod Mangartom, 3 Trenta desna, 4 Trenta leva, 5 Bovec, 6 Koritnica, 7 Smast, 8 Žaga, 9 Cezsoča, 10 Soča desna, 11 Soča leta, 12 Trnovo, 13 Drežnica, 14 Vrsno, 15 Staro selo, 16 Sužid, 17 Kobarid, 18 Ladra, 19 Svino, 20 Idrsko, 21 Srpenica, 22 Kamno, 23 Volarje, 24 Dolje, 25 Zatulmin, 26 Čadrg, 27 Žabče, 28 Poljubinj, 29 Volče

območja in z njo povezana intenzifikacija kmetijskih zemljišč (Petek 2005). Ob koncu 19. stoletja je tudi pomanjkanje zemljišč spodbudilo ekonomsko emigracijo prebivalcev zlasti v zahodno Evropo, Severno Ameriko in Avstralijo.

Ker nas je zanimal predvsem učinek sprememb rabe tal na stopnjo erozije, v modelu nismo upoštevali sprememb podnebja v obravnavanem obdobju. Meteorologi ugotavljajo, da je bila v preteklih desetletjih za približno 15 % večja količina padavin, povprečna letna temperatura pa za nekaj odstotkov nižja od današnje (Dolinar 2010). Upoštevanje teh podatkov za pretekla desetletja približno za desetino zviša oceno stopnje erozije na obravnavanem območju predvsem na račun večje povprečne letne količine padavin (model ne upošteva njihove razporeditve). Ocenjujemo, da so spremembe rabe tal (slika 3) bolj vplivale na ocenjeno stopnjo erozije kot spremembe podnebja, predvsem zaradi dejstva, da meritve erozijskih procesov v Sloveniji kažejo, da so razlike v eroziji med različnimi rabami tal na podobnih naklonih površja tudi več desetkratne (Zorn 2008). Poleg tega se v spremembah rabe tal odsevajo zapleteni družbenogospodarski in tudi naravni procesi, ki so v zadnjih dveh stoletjih potekali v alpskem svetu (Petek 2005). Vseskozi se je zmanjševal delež njivskih površin, tako da je med letoma 1827 in 1999 upadel za polovico. Za približno 40 % se je zmanjšal tudi delež pašnikov, za

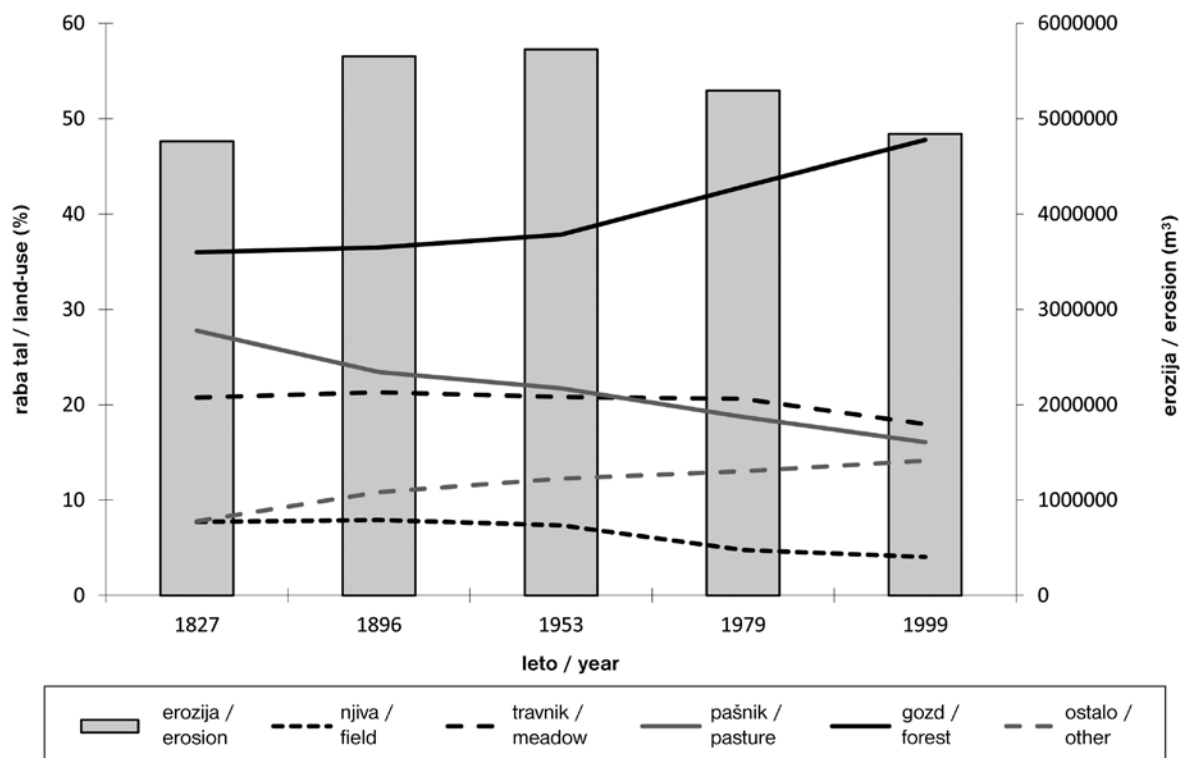
15 % pa je upadel delež travnikov. V istem času je za tretjino narasel delež gozda.

K zmanjšanju erozije v zadnjih desetletjih je pomembno prispevala predvsem varovalna vloga vedno večjih površin gozda na strmih pobočjih. Po naši oceni je zmanjšanje njivskih površin razmeroma malo prispevalo k upadu erozije, čeprav model tega zaradi primerjave na ravni katastrskih občin ni pokazal. Na obravnavanem ozemlju je bil delež njiv tudi v času največjega obsega v 19. stoletju slabih 8 %, poleg tega pa te ležijo pretežno v dnu dolin ali na rečnih terasah, kjer je erozija majhna zaradi majhnih naklonov površja.

Glede na površino, ki jo zavzema določena raba tal, lahko sklenemo, da je porast erozije v zadnjih približno sto letih povezan s še ne dovolj velikim deležem gozda in velikim deležem pašnikov. Obseg planinskih pašnikov se je začel zmanjševati šele po gospodarskem prehodu v sedemdesetih letih 20. stoletja, ko so se aktivni prebivalci v večji meri zaposlovali v industriji in niso bili več življenjsko odvisni od reje živine oziroma paše na planinah (Petek 2005)

SKLEP

Članek prikazuje, da so zgodovinski viri o rabi tal ne le pomemben vir za ugotavljanje sprememb kulturne



Sl. 3: Erozijski procesi v Zgornjem Posočju v m³ na leto in delež površin glede na rabo tal med letoma 1827 in 1999.

Fig. 3: Erosion in the Upper Soča Valley in m³ per year and the share of different land uses between 1827 and 1999.

pokrajine (npr. Petek in Urbanc 2004), ampak jih lahko uporabimo tudi za preučevanje intenzivnosti geomorfni procesov v preteklosti. Kot smo pokazali na primeru Zgornjega Posočja, nam tovrstni podatki, ob uporabi ustreznih erozijskih modelov, omogočajo ugotavljanje sprememb erozijskih procesov.

V prihodnje želimo namesto pisnih virov uporabiti natančnejše kartografske katastrske vire. Vendar je upo-

raba slednjih za večje prostorske enote še zelo zamudna, predvsem zaradi georeferenciranja starejših zemljevidov (Petek in Fridl 2004; Podobnikar 2009). Poleg tega je izziv v prihodnje tudi podaljšati časovno obdobje s pomočjo drugih virov, npr. najmanj do jožefinskega vojaškega zemljevida iz druge polovice 18. stoletja (Zorn 2007; Podobnikar 2009; Štular 2010), ob ustreznih pomoči drugih ved (arheologije, zgodovine) pa morda celo dlje.

LITERATURA IN VIRI / REFERENCES AND SOURCES

ANDRIČ, M in K. J. WILLIS 2003, The phytogeographical regions of Slovenia: a consequence of natural environmental variation or prehistoric human activity?, *Journal of Ecology* 91, 807–821.

ANDRIČ, M., A. MARTINČIČ, B. ŠTULAR, F. PETEK in T. GOSLAR 2010, Land-use changes in the Alps (Slovenia) in the fifteenth, nineteenth and twentieth centuries AD: a comparative study of the pollen records and historical data, *The Holocene* 20(7), 1023–1037.

BEACH, T., N. DUNNING, S. LUZZADDER-BEACH, D. E. COOK in J. LOHSE 2006, Impacts of the ancient Maya on soils and soil erosion in the central Maya Lowlands, *Catena* 65(2), 166–178.

BIČIK, I., L. JELEČEK in V. ŠTĚPÁNEK 2001, Land-use changes and their social driving forces in Czechia in the 19th and 20th centuries, *Land Use Policy* 18, 65–73.

BIČIK, I. in L. KUPKOVÁ 2010, Long-term and transformational land use changes in Czechia. – V: Y. Himiyama (ur.), *Land Use/Cover Changes in Selected Regions in the World*, 101–113, Hokkaido.

BLAZNIK, P., B. GRAFENAUER, M. KOS, in F. ZWITTER 1970, Kolonizacija in populacija. – V: *Gospodarska in družbena zgodovina Slovencev, Zgodovina agrarnih panog*, 29–127, Ljubljana.

BOARDMAN, J. 2006, Soil erosion science: Reflections on the limitation of current approaches, *Catena* 68(2-3), 73–86.

DOLINAR, M. 2010, *Spremenljivost podnebja v Sloveniji*, Ljubljana. Internet: <http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/text/sl/publications/spremenljivost%20podnebja.pdf> (20. 1. 2009).

FERANEC, J., G. JAFFRAIN, T. SOUKUP in G. HAZEU 2010, Determining changes and flows in European landscapes 1990–2000 using CORINE land cover data, *Applied Geography* 30, 19–35.

FISCHER, J. 1997, Slovenija: Prebivalstvo, naselja: razvoj. – V: *Enciklopedija Slovenije* 11, 340–341, Ljubljana.

FOSTER, G. C., R. C. CHIVERRELL, G. S. P. THOMAS, P. MARSHALL in P. HAMILTON 2009, Fluvial development and the sediment regime of the lower Calder, Ribble catchment, northwest England. *Catena* 77(2), 81–95.

GABROVEC, M. 1990, Pomen reliefa za geografsko podobo Polhograjskega hribovja, *Geografski zbornik* 30, 5–68.

GABROVEC, M. 1995, Dolomite areas in Slovenia with particular consideration on relief in land use, *Geografski zbornik* 35, 7–44.

GABROVEC, M. in D. KLADNIK 1997, Some new aspects of land use in Slovenia, *Geografski zbornik* 37, 7–64.

GABROVEC, M. in F. PETEK 2003, Changes in land use in the border zone of Slovenia and Austria – the case of Svečinske Gorice Hills. – V: L. Jeleček (ur.), *Dealing with Diversity*, 237–241, Praha.

GABROVEC, M., F. PETEK in D. KLADNIK 2010, Land use changes in the 20th century in Slovenia. – V: Y. Himiyama (ur.), *Land use, cover changes in selected regions in the world*, 41–52, Hokkaido.

GAMS, I. 1959, Pohorsko Podravje: razvoj kulturne pokrajine, *Dela* 9, *Inštitut za geografijo* 5, Ljubljana.

GAVRILOVIČ, S. 1962, Proračun srednje-godišnje količine nanosa prema potencijalu erozije, *Glasnik šumarskog fakulteta* 26, 151–168.

GAVRILOVIČ, S. 1970, Savremeni načini proračunavanja bujičnih nanosa i izrada karata erozije. – V: *Erozija, bujični tokovi i rečni nanos*, 85–100, Beograd.

GAVRILOVIČ, S. 1972, *Inženjering o bujičnim tokovima i eroziji*, Beograd.

GRANDA S. 1999, Dolenjska v luči jožefinskih merjenj, *Arhivi* 22(1-2), 68–72.

HESSE, R. in J. BAADE 2009, Irrigation agriculture and the sedimentary record in the Palpa valley, southern Peru, *Catena* 77(2), 119–129.

KOMAC, B. in M. ZORN 2007, *Pobočni procesi in človek*, Ljubljana.

KOMAC, B. in M. ZORN 2008, Izračun vpliva sprememb rabe tal na erozijo v Zgornjem Posočju s pomočjo GIS. – V: Perko D., M. Zorn, N. Razpotnik Visković, M. Čeh, D. Hladnik, M. Krevs, T. Podobnikar, B. Repe in R. Šumrada (ur.), *Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 2007–2008*, 83–94, Ljubljana.

Kranjska Gora, Topografska karta 1 : 50.000, 01 – Kranjska Gora-4, 1981, Ljubljana: Geodetski zavod SRS.

- KRAUSMANN, F. 2001, Land use and industrial modernization: an empirical analysis of human influence on the functioning of ecosystems in Austria 1830–1995, *Land Use Policy* 18, 17–26.
- KRAUSMANN, F. 2006, Forest Transition in Österreich: Eine sozialökologische Annäherung, *Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft* 148, 75–91.
- KUŠAR, G. in M. HOČEVAR 2005, Jožefinski (avstroogrski) vojaški zemljevid - "nov" vir informacij o gozdu, *Gozdarski vestnik* 63(10), 419–429.
- LAZAREVIČ, R. 1968a, Erozijska u slivu Gvozdačke reke – prilog metodici za izradu karte erozije, *Glasnik Srpskog geografskog društva* 49(2), 75–98.
- LAZAREVIČ, R. 1968b, Naučno-istraživački rad i problemi u oblasti borbe protiv erozije i bujičnih tokova. – V: *Materijali sa simpozijuma o problemima erozije u SR Srbiji*, 35–46. Beograd.
- LAZAREVIČ, R. 1985, Novi postupak za određivanje koeficijentata erozije (Z), *Erozija – stručno-informativni bilten* 13, 54–61.
- MAREŠ, P. in P. ŠTYCH 2003, Evaluation of historical changes of land-use in Czechia exemplified on selected study areas. – V: L. Jeleček (ur.), *Dealing with Diversity*, 269–275, Praha.
- MARRS, R. 2008, Landscape as a palimpsest: Grassland sustainability in Sweden, *Biological Conservation* 141(6), 1445–1446.
- MASON, P. F. J. 1995, Neolitska in eneolitska naselja v Beli krajini: naselja v Gradcu in izraba prostora v času od 5. do 3. tisočletja BC, *Poročilo o raziskovanju paleolitika, neolitika in eneolitika v Sloveniji* 22, 183–199.
- MIKOŠ, M., R. FAZARINC in M. RIBIČIČ 2006, Sediment production and delivery from recent large landslides and earthquake-induced rock falls in the Upper Soča River Valley, Slovenia, *Engineering geology* 86(2-3), 198–210.
- NA PRAKSI 1952, *Gozdarski vestnik* 10, 121–124.
- NOTEBAERT, B., G. VERSTRAETEN, T. ROMMENS, B. VANMONTFORT, G. GOVERS in J. POESEN 2008, Establishing a holocene sediment budget for the river Dijle, *Catena* 77(2), 150–163.
- PERKO, D. 1998, Regionalization of Slovenia. *Geografski zbornik* 38, 11–57.
- PETEK, F. 2005, *Spremembe rabe tal v slovenskem alpskem svetu*, Ljubljana.
- PETEK, F. in J. FRIDL 2004, Pretvarjanje listov zemljiško-katastrskega načrta v Gauss-Krügerjev koordinatni sistem, *Geografski vestnik*, 76(2), 75–87.
- PETEK, F. in M. URBANC 2004, The Franziscan land cadastre as a key to understanding the 19th-Century cultural landscape in Slovenia, *Acta geographica Slovenica* 44(1), 89–113.
- PETKOVŠEK, G. 2000, Procesno utemeljeno modeliranje erozije tal, *Acta hydrotechnica* 18(28), 41–60.
- PINTAR, J., M. MIKOŠ in V. VERBOVŠEK 1986, Elementi okolju prilagojenega urejanja vodotokov: alternativa utesnjevanju živih naravnih procesov v toge objekte, V: S. Simonović (ur.), *Drugi kongres o vodama Jugoslavije*, 800–814, Beograd.
- PIRNAT, J. 1999, Natural and artificial energy flows in forest and agricultural landscapes of Kočevsko, *Geografski zbornik* 39, 29–50.
- PODOBNIKAR, T. 2009, Georeferencing and quality assessment of Josephine survey maps for the mountainous region in the Triglav national park, *Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica* 44(1), 49–66.
- Raba kmetijskih zemljišč, različica 1.0*, 2002, Ljubljana.
- RAJŠP, V. 1995, *Slovenija na vojaškem zemljevidu 1763–1787*, Ljubljana.
- REIß, S., S. DREIBRODT, C. C. M. LUBOS in H.-R. BORK 2009, Land use history and historical soil erosion at Albersdorf (northern Germany) – Ceased agricultural land use after the pre-historical period, *Catena* 77(2), 107–118.
- STANKOVIANSKY, M. 2003, *Geomorfologická odozva environmentálnych zmien na území Myjavskej pahorkatiny*, Bratislava.
- STAUT, M. 2004, *Recentni erozijski procesi v porečju Dragonje*. – Diplomsko delo, Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo, Ljubljana.
- ŠTULAR, B. 2010, Jožefinski vojaški zemljevid kot vir za proučevanje preteklih pokrajin, *Geografski vestnik* 82(1), 85–96.
- Tolmin, Topografska karta 1 : 50.000, 05 – Gorica-2*, 1981, Ljubljana: Geodetski zavod SRS.
- VAN ROMPAEY, A., G. GOVER, G. VERSTRAETEN, K. VAN OOST in J. POESEN 2003, Modelling the geomorphic response to land use changes. – V: A. Lang, K. Hennrich in R. Dikau (ur.), *Long Term Hillslope and Fluvial System Modelling - Concepts and Case Studies from the Rhine River Catchment*, Lecture Notes in Earth Sciences, 101, 73–100, Berlin.
- WILKINSON, B. 2004, People cause more soil erosion than all natural processes, *Science Daily*. Internet: <http://www.sciencedaily.com/releases/2004/11/041103234736.htm> (20. 1. 2009).
- ZORN, M. 2007, Jožefinski vojaški zemljevid kot geografski vir, *Geografski vestnik* 79(2), 129–140.
- ZORN, M. 2008, *Erozijski procesi v slovenski Istri*, Ljubljana.
- ZORN, M. 2009, Uporaba zgodovinskih virov pri sorodnih vedah zgodovine, *Kronika* 57, 383–400.
- ZORN, M., B. KOMAC in M. GABROVEC 2008, Influence of land use changes on erosion in Slovenian Alps. – V: J. Kabrda in I. Bičík (ur.), *Man in the landscape across frontiers: landscape and land use change in Central European border regions*, 221–234, Prague.
- ZYGMUNT, E. 2009, Alluvial fans as an effect of long-term man-landscape interactions and moist climatic conditions: A case study from the Glubczyce Plateau, SW Poland, *Geomorphology* 108(1-2), 58–70.

DOLGOROČNE SPREMEMBE OKOLJA 2011 (PROGRAM SREČANJA)

PONEDELJEK, 16. 5. 2011

- 8.30 – 9.00 **Kava/čaj in nalaganje prezentacij** **as drivers of vegetation change in forest ecosystems of the Balkans**
- 9.00 – 9.05 **Uvod**
- 9.05 – 9.25 **Janez Turk**, Inštitut za raziskovanje krasa, ZRC SAZU: **Klastični jamski sedimenti kot kazalec paleoklimatskih in paleookoljskih razmer v Pleistocenu**
- 9.30 – 9.50 **Andrej Mihevc**, Inštitut za raziskovanje krasa, ZRC SAZU: **Sedimentacijsko dogajanje v jamah na prehodu iz pleistocena v holocen in recentni procesi v nekaterih jamah v zahodni Sloveniji**
- 9.55 – 10.20 **Zupan Hajna Nadja**, Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, **Jamski sedimenti kot okoljski indikatorji; njihova povednost ter problemi z interpretacijo na primerih iz Slovenije**
- 10.25 – 11.00 **Kava/čaj**
- 11.00 – 11.20 **Andrej Mihevc**, Inštitut za raziskovanje krasa, ZRC SAZU, **Erozija prsti na krasu v zahodni Sloveniji?**
- 11.25 – 11.45 **Tomaž Fabec**, ZVKDS, Center za preventivno arheologijo, **Projekt »pedoarheologija vrtač na Divaškem Krasu«**
- 11.50 – 12.10 **Borut Toškan**, Inštitut za arheologijo, ZRC SAZU, **Mali sesalci kot pokazatelj paleookolja**
- 12.15 – 12.35 **Elena V. Bužan in Boris Kryštufek**, Inštitut za biodiverzitetne študije, Znanstveno-raziskovalno središče Koper, Univerza na Primorskem, **Zgodovina biodiverzitete skozi prizmo molekularnih markerjev**
- 12.40 – 13.00 **Tom Nagel in Dejan Firm**, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, BF, Univerza v Ljubljani, **Natural and anthropogenic disturbances**
- 13.05 – 14.00 **Odmor za kosilo**
- 14.00 – 14.20 **Tom Levanič**, Gozdarski inštitut Slovenije, **Dendrokronologija in njena uporabnost za rekonstrukcijo paleookolja**
- 14.25 – 14.45 **Polona Hafner**, Gozdarski inštitut Slovenije, **et al., Rekonstrukcija klime na podlagi analize branik evropskega macesna (*Larix decidua* (Mill.))**
- 14.50 – 15.10 **Matej Gabrovec, Matija Zorn in Blaž Komac**, Geografski inštitut Antona Melika, ZRC SAZU, **Vpliv sprememb rabe tal na geomorfne procese v zadnjih stoletjih**
- 15.10 – 15.30 **Kava / čaj**
- 15.30 – 15.50 **Miloš Bavec**, Geološki zavod Slovenije, **Klima in tektonika z roko v roki – geološke nevarnosti v slovenskem alpskem svetu od poznega pleistocena do danes**
- 15.55 – 16.15 **Verbič Tomaž**, Arhej d.o.o. in **Johanna Lomax** Institute of Applied Geology, University of Natural Resources and Life Sciences (BOKU), **Vzrok in časovna opredelitev začetka zadnje ojezeritve na Ljubljanskem barju**
- 16.20 – 16.40 **Tomaž Verbič** Arhej, d.o.o. in **Aleksander Horvat**, Oddelek za geologijo in PIIR ZRC SAZU, **O zveznosti okoljskih sprememb v sedimentih zaporedjih Ljubljanskega barja**
- 16.45 – 17.05 **Andreja Kofol Seliger**, Inštitut za varovanje zdravja RS, **Sezonsko nihanje obremenjenosti zraka s cvetnim prahom ambrozije v povezavi z meteorološkimi krmilnimi parametri**

8.30 - 9.00 kava /čaj nalaganje prezentacij

9.00 – 9.20 **Andrej Martinčič, Spremembe flore in vegetacije na barju Mali plac (Ljubljansko barje) pod vplivom človeka**

9.25 – 9.30 **Maja Andrič, Inštitut za arheologijo ZRC SAZU, Mali plac (Ljubljansko barje) – preliminarni rezultati palinološke raziskave**

9.35 – 9.55 **Aleksandra Krivograd Klemenčič, Zdravstvena fakulteta, Univerza v Ljubljani, Biodiverzitetata alg v slovenskih šotnih barjih**

10.00 – 10.20 **Polona Vreča, Institut »Jožef Stefan«, Odsek za znanosti o okolju in Gregor Muri, Agencija RS za okolje, Sedimenti visokogorskih jezer na območju Julijskih Alp kot pokazatelj naravnih in antropogenih sprememb**

10.25 – 11.00 Kava / čaj

11.00 – 11.20 **Nives Ogrinc Institut »Jožef Stefan«, Odsek za znanosti o okolju, Giorgio Fontolan, Stefano Covelli in Jadran Faganeli, Geokemični markerji v holocenski stratigrafski sekvenci Tržaškega zaliva (S Jadran)**

11.25 – 11.45 **Sašo Poglajen in Petra Slavec, Harpha sea d.o.o., Potek nekdanje struge reke Rižane**

11.50 – 12.10 **Urban Šilc, Biološki inštitut Jovana Hadžija, ZRC SAZU, Igor Zelnik, Oddelek za biologijo, BF, Univerza v Ljubljani in Maja Andrič, Inštitut za arheologijo, ZRC SAZU, Dolgoročen vpliv človeka na biotsko raznovrstnost: Primerjava fitosocioloških in palinoloških rezultatov (Bela krajina)**

12.15 – 12.35 **Andraž Čarni, Biološki inštitut Jovana Hadžija, ZRC SAZU in Univerza v Novi Gorici in Andrej Paušič, Biološki inštitut Jovana Hadžija, ZRC SAZU, Sprememba krajinske zgradbe v obdobju 220 let v Sloveniji; na primeru Bele krajine**

12.40 – 13.00 **Andrej Paušič, Biološki inštitut Jovana Hadžija, ZRC SAZU in Andraž Čarni, Biološki inštitut Jovana Hadžija, ZRC SAZU in Univerza v Novi Gorici, Spremembe funkcionalnih rastlinskih znakov, ekoloških strategiji in morfoloških značilnosti združb v obdobju 220 let; študija iz Bele krajine**

13.05 – 14.00 Odmor za kosilo

14.00 – 14.20 **Mitja Kaligarič, Oddelek za biologijo, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Univerza v Mariboru, Metka Culiberg, Danijel Ivajnsič, Oddelek za biologijo, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Univerza v Mariboru, Novejša zgodovina vegetacije na primorskem Krasu**

14.25 – 14.45 **Igor Paušič, Sonja Škornik, Mitja Kaligarič, Oddelek za biologijo, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Univerza v Mariboru, Historična združba plevelov, zbrana v materialu iz butanih hiš v SV Sloveniji**

14.50 – 15.10 **Mateja Ferk, Geografski inštitut Antona Melika, ZRC SAZU, Paleopoplave v porečju Ljubljanice na primeru Planinskega polja**

15.15 – 15.35 **Benjamin Štular, MSHE C.N. Ledoux, Université de Franche-Comté, Besançon, Francija, Pretekle kulturne krajine. Nekatere neterenške metode in metode daljinskega zaznavanja, primer s Kobariške**

15.40 – 16.00 **Maja Andrič, Inštitut za arheologijo, ZRC SAZU, et al.: Poznoglacialna in holocenska vegetacija v Sloveniji – katere spremembe so posledica sukcesije, klimatskih nihanj ali človekovega vpliva na okolje? Primeri: Bela krajina, Ljubljansko barje, Šijec (Pokljuka) in Blejsko jezero**

16.05 – 16.25 **Phil Mason, ZVKDS, Center za preventivno arheologijo, Holocene landscape change in the lowland karst of Bela krajina – the case of Črnomelj bypass (western section)**

16.25 – 16.45 Kava/čaj

16.45 – 17.30 Okrogla miza

• **Ali ima ta konferenca možnosti, da se razvije v tradicionalno srečanje (n. pr. vsaki dve leti)? Če je odgovor da, v kakšni obliki, kaj bi prihodnjič naredili drugače?**

• **Objava prispevkov s konference - zakaj da in zakaj ne?**

• **Razno: Pobude in vprašanja raziskovalcev, predlogi za skupne akcije, projekte, ...**

DOLGOROČNE SPREMEMBE OKOLJA 2013 (Vabilo)

Spoštovani,

vljudno vas vabimo, da se udeležite konference 'Dolgoročne spremembe okolja 2013', ki bo predvidoma 7. in 8. maja 2013 v Ljubljani. Osnovna usmeritev konference ostaja enaka kot na našem zadnjem srečanju 'Dolgoročne spremembe okolja 2011' (http://iza.zrc-sazu.si/Si/kolokviji/Okolje_2011.pdf), ki so se ga udeležili predavatelji iz kar 14 različnih organizacij (glej 111–112). K sodelovanju vabimo raziskovalce, ki preučujejo dolgoročen razvoj okolja na območju Slovenije (lahko tudi širše), s poudarkom na multidisciplinarnem povezovanju med vedami. Več informacij o konferenci bo objavljenih na spletni strani konference (<http://iza2.zrc-sazu.si/sl/strani/palinologija-konference#v>) in dopisnem seznamu dso@zrc-sazu.si.

Zadnji rok za prijavo na konferenco je **10. januar 2013**. Prosim, da mi prijavni obrazec pošljete na naslov maja.andric@zrc-sazu.si. Zbiramo tudi ideje in predloge v zvezi z znanstveno vsebino in organizacijskimi vidiki konference. Če bi v okviru konference radi organizirali poseben tematski sklop, mi prosim do 20. septembra 2012 sporočite naslov in kratko vsebino teme (največ 200 besed) ter kontaktne podatke potencialnih predavateljev. Teme sklopov naj bodo izrazito interdisciplinarne in naj povezujejo raziskovalce z zelo različnih raziskovalnih področij, srečevanju enako mislečih bi se na tej konferenci radi izognili! Dialog med raziskovalci, ki se ukvarjajo s sorodnimi raziskovalnimi področji, je seveda nujno potreben, ampak takih konferenc je v Sloveniji in Evropi že veliko in ne potrebujemo še ene.

Maja Andrič

PRIJAVA NA DOPISNI SEZNAM
dso@zrc-sazu.si

Dopisni seznam dso@zrc-sazu.si je namenjen diskusiji o znanstvenih problemih in izmenjavi informacij. Prosim vas, da ne načenjate zelo ostrih in žaljivih polemik – če se bo pokazala potreba po diskusiji, bomo organizirali okroglo mizo! Za prijavo na dopisni seznam se, prosim, obrnite na naš računalniški center (rc@zrc-sazu.si, tel. (01) 4706 422).



P R I J A V N I C A

DOLGOROČNE SPREMEMBE OKOLJA 2013

Konferenca/delavnica/strokovni posvet – eno ali dvodnevno srečanje

Inštitut za arheologijo, ZRC SAZU

7. in 8. maj 2013

Prosim, prijavite se najkasneje do 10. januarja 2013!

Ime in priimek:

Raziskovalna organizacija:

Elektronska pošta:

Telefon:

Želim se udeležiti konference in predstaviti:

a) Naslov predavanja:

b) Naslov posterja:

Povzetek (največ 200 besed):

Bibliografija:

Prosim navedite svoje tri najboljše članke oziroma tiste reference, ki se nanašajo na temo srečanja.

Točna dolžina predavanj (ca. 15-25 minut) bo določena naknadno (januarja 2013) glede na število prijavljenih predavateljev.

Najlepša hvala!

Maja Andrič

Inštitut za arheologijo, ZRC SAZU, Novi trg 2, SI-1001 Ljubljana

maja.andric@zrc-sazu.si, tel. (01) 4706 434, 051 63 73 44, fax (01) 425 7757

ETIČNE SMERNICE

Maja ANDRIČ

RECENZENTSKI POSTOPEK

Komunikacija med avtorji, urednico (M. Andrič) in recenzenti poteka pisno prek elektronske (ali navadne) pošte. Recenziranje bo potekalo v dveh fazah:

1. Avtorji prispevek pošljejo urednici, ki preveri, ali so tehnične lastnosti prispevka ustrezne (prosim, glejte 'Navodila za avtorje') in okvirno oceni znanstveno vrednost prispevka. Naloga urednice je, da se na poslani prispevek čim prej odzove (trudila se bom, da bo to v roku največ 5–10 dni) in avtorja obvesti, da: a) je bil prispevek že poslan v recenziranje, ali pa b) je prispevek treba še izboljšati, preden bo poslan v recenzentski postopek

2. Prispevek ocenjujeta en ali dva recenzenta, ki imata na izbiro, da se podpišeta ali pa ostaneta anonimna. Avtorji niso anonimni. Recenzenti imajo za svoje delo 30 dni časa. Urednica pošlje recenzijo ali recenziji skupaj s svojim mnenjem avtorju. Od avtorjev pričakujemo, da manjše popravke vnesejo pribl. v enem mesecu, večje pa pribl. v 2–3 mesecih.

Če je avtorjev prispevka več, vsa komunikacija poteka prek enega (prvega/glavnega) avtorja v imenu vseh soavtorjev. V primeru nestrinjanja med recenzentom in avtorjem odloča urednica, ali sama, s pomočjo tretjega recenzenta ali članov uredniškega odbora. Recenzenti za svoje delo niso plačani, dobijo pa brezplačen izvod monografije, v kateri je bil objavljen prispevek, ki so ga recenzirali. Vsak avtor dobi en izvod knjige in elektronsko (.pdf) verzijo prispevka.

DISKRETNOST IN TRANSPARENTNOST

Urednica, recenzenti in člani uredniškega odbora javno ne komentirajo prispevkov, ki so v recenzentskem postopku. Recenzent rokopisa ne sme posredovati tretji osebi (razen z vednostjo urednice, če potrebuje mnenje dodatnega strokovnjaka, za katerega veljajo enaki etični standardi kot za recenzente).

Vsak prispevek bo označen z datumom 'Prejeto' in 'Revidirana različica sprejeta'. Prispevki bodo objavljeni v istem vrstnem redu, kot bodo sprejeti.

AVTORSKE PRAVICE

V prispevku objavljeni podatki so rezultat raziskovalnega dela avtorja oziroma vseh soavtorjev, ki so aktivno sodelovali pri raziskavi in/ali pisanju besedila ('sužnjelastništva' ne podpiramo). V primeru, da rokopis vsebuje podatke ali slikovno gradivo, katerega nosilec avtorskih pravic je drug raziskovalec ali založba, je prvi/glavni avtor dolžan priskrbeti dovoljenje za objavo. Objavljamo izvirna besedila, ki drugje še niso bila objavljena. Recenzente prosimo, da nas opozorijo na morebitne primere plagiatorstva ali konflikt interesov.

KOMUNIKACIJA RECENZENTI-AVTORJI

Komentarji recenzentov naj bodo vljudni in spoštljivi do avtorjev. Najboljši recenzent ni tisti, ki dlakocepsko najde vse napake, ampak ta, ki napiše konstruktivno kritiko in predlaga domiselne rešitve. Avtorje prosimo, naj bodo samokritični. Recenziranje bo zelo strogo, ker od njih želimo dobiti najboljše, kar zmorejo.

NAVODILA ZA AVTORJE

Maja ANDRIČ

ZNANSTVENA USMERITEV

V seriji 'Dolgoročne spremembe okolja' objavljamo rezultate raziskav nekdanjega in današnjega okolja. Še zlasti vabimo multidisciplinarne prispevke raziskovalcev, ki obravnavajo dolgoročen razvoj okolja na območju Slovenije (lahko tudi širše) v pleistocenu in holocenu (lahko tudi starejše), ekološke, geomorfološke, sedimentološke in kemične procese, naravovarstvene ukrepe, biotsko raznovrstnost, nastanek kulturne krajine in človekov vpliv na okolje nekoč in danes. Dobrodošli so prispevki z naslednjih področij: paleoekologija in ekologija (npr. arheozoologija, arheobotanika, palinologija, (paleo)limnologija ...), biologija, varstvo narave, geologija, geografija, kemija, arheologija, (paleo)klimatologija ... Ali smo na kakšno vedo še pozabili?

ODDAJA ROKOPISA

Prispevek, ki ga boste oddali, naj bo (izviren ali pregleden) znanstveni članek, pisan za strokovnjake drugih ved (npr. udeležence konferenc "Dolgoročne spremembe okolja", <http://iza2.zrc-sazu.si/sl/strani/palinologija-konference#v>) in zahtevnejše 'poljudnoznanstvene' bralce: slog pisanja mora biti jasen in razumljiv in naj vsebuje znanstveno argumentacijo in citiranje literature. Če se tema nanaša na rezultate, ki so že bili objavljeni drugje (npr. v revijah, specializiranih za vaše raziskovalno področje), in bi tokrat radi napisali bolj interdisciplinaren prispevek in problematiko osvetlili še iz drugega zornega kota kot v prvotni objavi, poleg rokopisa priložite še izvod prejšnje objave (objav).

Prispevke sprejemamo vse leto in se bomo trudili, da od oddaje do objave prispevka ne bo minilo več kot leto dni. Avtorji oddaje:

1. Spremeni dopis

Spremeni dopis z izjavo, da besedilo ni bilo objavljeno drugje in ne bo poslano kakšni drugi reviji ali monografiji, dokler bo v recenzentskem postopku za "Dolgoročne spremembe okolja". V dopisu lahko predlagate dva recenzenta (recenzentki), za katera želite, da bi ocenila vaše delo. Urednica si jemlje pravico, da vašo željo glede recenzentov upošteva ali pa ne. Lahko imenujete tudi raziskovalca (raziskovalko), za katerega želite, da vašega prispevka ne recenzira – v tem primeru bo urednica naklonjena vaši želji in bo ravnala diskretno. Če je avtorjev prispevka več, urednica komunicira samo z enim (glavnim oz. prvopodpisanim) avtorjem, ki zastopa vse soavtorje.

Rokopis (v elektronski obliki in na papirju) pošljite na naslov urednice:

Maja Andrič
Inštitut za arheologijo ZRC SAZU
Novi trg 2
SI-1001 Ljubljana
maja.andric@zrc-sazu.si
tel. (01) 4706 434

2. Rokopis

Besedilo naj bo dolgo največ 4.500 besed (+ reference), velikost črk 11, dvojni razmik vrstic, strani naj bodo oštevilčene. Ime datoteke Avtor_DSO.doc ali Avtor_et_al_DSO.doc. Zgradba besedila naj sledi klasični strukturi znanstvenega članka: Uvod/Metode/Rezultati/Diskusija/Sklep. Besedilo naj bo napisano v slovenščini, povzetek (največ 200 besed) pa v slovenščini in angleščini, s 6 ključnimi besedami. Naslov naj bo kratek, rokopis naj vsebuje tudi naslove in kontaktne podatke vseh avtorjev. Opombe pod črto niso zaželeno: če je informacija pomembna, potem sodi v glavno besedilo, če ni, potem je odveč, če pa je problem v tem, da gre za pomembne informacije, ki bi zmotile glavni tok pripovedi in argumentiranja in bi se besedilo na tem mestu

težko bralo, jih lahko predstavite v tabeli ali s sliko. Ker bodo besedilo brali raziskovalci drugih strok, vas prosimo, da se izogibate izrazito tehničnega žargona in kratic (ali pa terminologijo, zapletene raziskovalne metode ali kompleksne okoljske procese razložite ločeno, v pribl. 200–300 besed dolgem besedilu, ki bo natisnjeno v okvirčku ločeno od ostalega besedila).

Citiranje literature

Med besedilom:

Priimek avtorja in letnica v oklepaju, (Ogrinc *et al.* 2005), (Toškan in Dirjec 2011)

Na koncu:

OGRINC N., G. FONTOLAN, J. FAGANELI in S. COLVELLI 2005, Carbon and nitrogen isotope compositions of organic matter in coastal marine sediments (the Gulf of Trieste, N Adriatic Sea): indicators of sources and preservation, *Marine Chemistry* 95, 163–181.

TOŠKAN, B. in J. DIRJEC 2011, Velike podnebne spremembe razkrite na podlagi malih fosilov. Nekdanje okolje na meji med zgodnjim in srednjim würmom v okolici Divjih bab I (Z Slovenija). / Big climatic changes revealed by tiny fossils. Palaeoenvironment at the boundary between the early and middle würm in the surroundings of Divje babe I [W Slovenia]). – V: B. Toškan (ur.), *Drobci ledenodobnega okolja. Zbornik ob življenjskem jubileju Ivana Turka*. (Fragments of ice age environments. / *Proceedings on honour of Ivan Turk's jubilee*), Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 21, 155–179, Ljubljana.

Prosim, izpišite naslov revij in serij v celoti. Naslovi knjig in revij so v ležeči pisavi.

Tabele in slike

Skupno število tabel in slik je omejeno na 4–6 (le izjemoma, če je nujno, lahko tudi več). Prosim, da jih oddate v ločenih datotekah in jih ne dodajate med besedilo. Priložite tudi iztis tabel in slik. Poimenovanje datotek: Avtor_T_01 oz. Avtor_Sl_01. Tabele in grafi naj bodo v črno-beli tehniki, črte v tabelah naj ne bodo tanjše od 0,5 pt (točke) in ne debelejše od 1 pt, uporabite pisavo velikosti vsaj 6 pt. Rastrske slike sprejemamo v zapisih TIFF in JPG (JPEG), vektorske pa v zapisu EPS.

Pri pripravi slik se posvetujte s tehnično urednico Mateja Belak (mateja@zrc-sazu.si, tel. (01) 4706 384).

Priporočila

1. Rastrska grafika:

Črtne risbe (v programih imenovane line art ali black and white drawing) naj bodo skenirane v ločljivosti vsaj 600 dpi za končno velikost (16 cm, 12 cm ali stolpec: 7,65 cm). Kadar so uporabljene tudi sivine (greyscale), naj bodo risbe skenirane v ločljivosti 300 do 350 dpi (175 lpi)

2. Vektorska grafika:

Črte naj ne bodo tanjše od 0,2 pt, velikost črk naj ne bo manjša od 5,5 pt. Sivine naj bodo stopnjevane po 20 %. Znake zapišite s krivuljami, da ne bo težav s pisavami; slika naj ima izhodno ločljivost 2540 dpi.

Če rokopis vsebuje slikovno gradivo, katerega nosilec avtorskih pravic ni avtor (soavtorji) prispevka, je slednji (prvi/glavni) pred izidom monografije dolžan zagotoviti dovoljenje za objavo.

3. Kopija prvotne objave

Če v prispevku predstavljeni rezultati ne bodo objavljeni prvič, priložite tudi **kopijo prvotne objave**.

DOLGOROČNE SPREMEMBE OKOLJA

Recenzija

OBRAZEC BO POSREDOVAN (PRVEMU) AVTORJU (AVTORICI) PRISPEVKA, MOREBITNE PRIPOMBE ZAUPNE NARAVE POŠLJITE UREDNICI LOČENO. PROSIM, NAPIŠITE OCENO NAJKASNEJE V 30 DNEH. NAJLEPŠA HVALA, DA STE SI VZELI ČAS ZA RECENZIRANJE PRISPEVKA!

Naslov prispevka:

Avtor(ji):

Prejeto:

Kontrolni seznam (prosim, da s križcem (dvojni klik na kvadrateg/potrjeno) označite samo problematične točke, probleme, pa na kratko obrazložite pod točko 'Predlogi za izboljšavo rokopisa')

Znanstvena kakovost raziskave

- Ali je tema prispevka primerna za objavo v seriji 'Dolgoročne spremembe okolja'?
- Je prispevek izviren in prinaša pomembne novosti? Je raziskovalni problem pomemben, nov in dovolj podrobno definiran? Kakšen je širši (interdisciplinarni, mednarodni) pomen raziskave?
- Je naslov primeren in odraža vsebino? Daje povzetek dovolj informacij o najpomembnejših rezultatih in zaključkih?
- Uvod - so cilji raziskave dovolj jasno predstavljeni in umeščeni v kontekst dosedanjih raziskav?
- Metode in rezultati – so primerno predstavljeni?
- Diskusija in zaključek – temelji na dovolj obsežnem raziskovalnem delu? Je argumentacija jasna in dovolj poglobljena? So v prispevku podana interpretacija in zaključki podprti z zadostnimi podatki? Ali kakšne pomembne reference manjkajo?

Kakovost prispevka

- Ali je besedilo jasno in razumljivo napisano, glavno sporočilo prispevka pa razumljivo tudi raziskovalcem drugih strok? Je struktura besedila ustrezna? Si informacije sledijo v logičnem zaporedju?
- Ali je upoštevana omejitev dolžine rokopisa (največ 4500 besed)? Se kakšen del besedila po nepotrebnem ponavlja in bi ga brez škode lahko izpustili?
- Je vsa literatura citirana med besedilom navedena tudi na koncu, in obratno?
- So vse slike in tabele potrebne ali je kakšna odveč oziroma bi dve sliki lahko združili v eno? Dovoljeno število slik ali tabel je 4-6 (le izjemoma, ko je res potrebno, dovolimo kakšno dodatno sliko ali tabelo).
- Ali je kvaliteta slik zadovoljiva (dovolj velik font in debelina črt)?

Predlogi za izboljšavo rokopisa:

....

Splošna ocena

- Odlično (raziskava je vrhunska in uvaja pomemben nov raziskovalni pristop, ideje ali informacije)
- Dobro (raziskava je kvalitetna in prinaša pomemben napredek glede na dosedanje raziskave)
- Povprečno (raziskava je kvalitetna, vendar prinaša malo novosti in za večino bralcev ni zanimiva)
- Slabo (resne napake pri načrtovanju raziskave, analizi rezultatov in interpretaciji)

Priporočilo

- Članek je primeren za objavo po manjših popravkih, ponovno recenziranje ni potrebno
- Članek je primeren za objavo po srednje obsežnih popravkih
- Potrebni so obsežnejši popravki in ponovno recenziranje
- Članek ni primeren za objavo
- Članek je primeren za objavo v kakšni drugi publikaciji

Recenzent (recenzentka)

- želim ostati anonimen
 ni potrebno, da ostanem anonimen

Ime in priimek recenzenta:

- Po potrebi se avtor prispevka lahko posvetuje z mano, elektronski naslov:

PROSIM VAS, DA MOREBITNE PODROBNEJŠE PRIPOMBE VPIŠITE NEPOSREDNO NA ROKOPIS (NA PAPIRJU ALI PA POŠLJITE ELEKTRONSKO VERZIJO, KJER SO OPOMBE IN PREDLAGANE SPREMEMBE VNESENE Z VKLJUČENO OPCIJO 'SLEDI SPREMEMBAM'). HVALA.

Založba ZRC
<http://založba.zrc-sazu.si>
ZRC Publishing



9 789612 543761

30 €

