

# Promjene vegetacije na području središnje Hrvatske tijekom holocena

---

Hruševar, Dario

Doctoral thesis / Disertacija

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:842623>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-08-07**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)





Sveučilište u Zagrebu

PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET  
BIOLOŠKI ODSJEK

Dario Hruševar

**PROMJENE VEGETACIJE NA PODRUČJU  
SREDIŠNJE HRVATSKE TIJEKOM HOLOCENA**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2018.



University of Zagreb

FACULTY OF SCIENCE  
DEPARTMENT OF BIOLOGY

Dario Hruševar

**VEGETATION CHANGES ON THE AREA OF  
CENTRAL CROATIA DURING HOLOCENE  
PERIOD**

DOCTORAL THESIS

Zagreb, 2018

“Ovaj je doktorski rad izrađen u Botaničkom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom prof. dr. sc. Božene Mitić te u Hrvatskom geološkom institutu pod vodstvom dr. sc. Koraljke Bakrač, a u sklopu Sveučilišnog poslijediplomskog doktorskog studija Biologije pri Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.“



## ZAHVALE

Od sveg srca zahvaljujem se dragoj mentorici, profesorici Boženi Mitić, koja mi je nesebično podarila svoju znanstvenu stručnost, ali i toplu ljudsku podršku u svim fazama mog profesionalnog, ali i životnog razvoja. Brojne 'izazovne' situacije prevladane su uz stanovitu bezbrižnost zahvaljujući njezinom neupitnom povjerenju i zaraznom optimizmu, koji su značajno pospješili moju osobnu motiviranost i usredotočenost na izradu i pisanje disertacije. Osjećam se polaskanim što mi je ukazala na mogućnosti koje pruža palinologija kao znanstvena disciplina koja svojom metodom povezuje prirodoslovno-biotehničke discipline s društveno-humanističkim, u kojima i sam nalazim osobni interes u izučavanju. Moji prvi kontakti sa znanstvenom zajednicom u inozemstvu učinjeni su upravo na njezinu inicijativu, kao što i brojne odlaske u Beč kod dr Martine Weber, dr Halbritter Heidemarie i dr Reinharda Zettera imam zahvaliti upravo njoj. Njezina briga i razumijevanje ne mogu se riječima dovoljno istaknuti!!! Hvala!

Zahvaljujem dr Doroti Nalepki i dr Adamu Walanusu na srdačnom dočeku u Krakowu, kao i korisnim savjetima oko upotrebe *PolPala*, specijaliziranog programa koji 'nosi' rezultate ovoga rada. Neizmerno hvala dr Grzegorzu Worobiecu, dr Piotru Kołaczeku, dr Moniki Karpiński-Kołaczek, dr Benjaminu Dietreau, dr Elini van Asperen i dr Bas van Geelu na brojnim proslijeđenim člancima i pomoći u određivanju nepeludnih palinomorfa, čime su rezultati ovoga rada značajno premašili početna očekivanja. Vaša otvorenost osnažila je moje znanstveno samopouzdanje.

Zahvaljujem dr. sc. Koraljki Bakrač što je preuzela suodgovornost ispred Hrvatskog geološkog instituta za moj što uspješniji doktorandski put te svojim brojnim savjetima unaprijedila kvalitetu izrade disertacije, ali i slobodi koju mi je pružila u mom osobnom znanstvenom razvoju. Bez njezine susretljivosti oko korištenja neophodne opreme i usluga laboratorija, izrada disertacije bila bi znatno otežana. Pri tome velika hvala Dragici Kovačić za sav njezin doprinos u izradi palinoloških predmetnica i otvorenost u prijenosu iskustva stečenog godinama rada.

Teško je dovoljno istaknuti zahvalnost profesoru Antunu Alegru koji je svojim eruditskim znanjem značajno unaprijedio i olakšao brojna dvojbeno 'pitanja', u rasponu od biološke do lingvističke tematike. „Antunova pinceta“ značajno je olakšala i ubrzala izolaciju organske tvari u svrhu datiranje starosti uzoraka, a time skratila brojne radne vikende - dobiveno vrijeme ne

može se novcem naplatiti, a korisne sugestije se ne iščitavaju samo na stranicama znanstvenih radova...docentici Renati Šoštarić dugujem veliku zahvalnost za otvaranje „arhiva“ mojim potrebama, njezina prebogata biblioteka palinoloških radova bila je izvorom brojnih članaka ugrađenih u uvod ili raspravu same disertacije. Također je svojim brojnim korisnim savjetima, ali i otvorenošću i interesom za rezultate disertacije, značajno olakšala brojne nedoumice. Hvala i profesoru Vladimiru Hršaku na potpori i korisnim savjetima, posebice oko osmišljavanja naslova disertacije!

Sav napor u pokušaju otkrivanja vegetacijskih promjena u prošlosti ne bi bio moguć bez jake, vedre i radišne ekipe geologa okupljene oko docenta Slobodana Mike - on sam, kao i dr. sc. Nikolina Ilijanić, dr. sc. Ozren Hasan, Dea Brunović i Dragana Šolaja, dr. sc. Tamara Marković i drugi dali su značajan doprinos vađenju jezgre ili savjetima oko procedura nužnih da se provedu potrebne analize i unaprijedi kvaliteta ovog rada. Osim toga, neizmjernom potporom i konstruktivnim raspravama učinili su moje napore rasterećenima, a panike oko determinacija, rokova i procedura rastočenima u smjehu. Brojna slavlja i zdravice u Zavodu za mineralne sirovine pružili su mi osjećaj pripadnosti Hrvatskom geološkom institutu, bez obzira što sam ondje bio samo 'gost u prolazu'. U vađenju jezgre i zanimljivim raspravama isticao se Ivan Razum, mr. sc. Martina Šparica Miko zadužila me analizama ugljika i dušika te im se iskreno zahvaljujem. Svi oni su bez zadržke pospješili moja nastojanja da uspijem u preuzetom izazovu.

Veliko hvala dugujem i svojim brojnim kolegama s Biološkog odsjeka, Vedranu Šegoti, dr. sc. Nini Vuković, dr. sc. Zorani Sedlar, dr. sc. Sari Essert, dr. sc. Ivanu Radosavljeviću, dr. sc. Ivani Rešetnik, dr. sc. Ivani Šoli, dr. sc. Valeriji Vujčić i ostalima koji su me nesebično ohrabivali i s kojima sam mogao iskreno podijeliti sve žalosti i radosti doktorandskog 'puta'. Vaše razumijevanje za sve moje situacije bilo je neizmjerno! Veliko hvala i profesorima Toniju Nikoliću, Zlatku Liberu i Sandru Bogdanoviću na razumijevanju i potpori.

Moja otvorenost dolasku na Botanički zavod bila je pospješena prethodnim pozitivnim iskustva rada u Botaničkom vrtu PMF-a Sveučilišta u Zagrebu - na tome veliko hvala mr. sc. Biserki Juretić, Darku Mihelju, dr. sc. Dubravki Sandev, dr. sc. Vanji Stamenkoviću i dr. sc. Sanji Kovačić. Tijekom rada u Vrtu, a kasnije u Botaničkom zavodu, svojim optimizmom, jednostavnošću, odgovornošću i pristupačnošću posebno me zadužila Ružica Topić. Ružice, ti si pravi cvijet, kao što ti i ime govori! Ostaj takva i dalje!

Posebno se zahvaljujem i dr. sc. Igoru Boršiću i Katji Jelić na svim prijateljskim gestama tijekom moga rada u Državnom zavodu za zaštitu prirode i kasnije na iskazanom razumijevanju i potpori. Žao mi je što naša druženja nisu bile češća i duža, ali nadam se to ispraviti u nadolazećoj budućnosti...

...i ponajviše hvala onima koji nisu odustajali od mene ni kada sam bio neraspoložen i kada sam 'davio' svojim 'monolozima': Martini i Srećku, Damiru, Jeleni, Vedranu, Lani, Kristini, Olji, Vlatki, Nikolini, Neni - hvala na neizmjernom razumijevanju koje samo Svemir može valjano nagraditi. Od naših studentski poznanstava do danas mislimo smo jedni s drugima, i kada se tjedne kave pretvore u mjesečne ili kvartalne susrete, još uvijek smo tu jedni za druge! Hvala i brojnim članovima Sekcije za botaniku studentske udruge BIUS, posebice Marini, Luki i Ani na brojnim uspješnim suradnjama i susretima ispunjenima radošću.

Hvala Petri, Borisu i Tomislavu koji su podnosili moja stanja radosti i tuge, i s kojima sam tako često dijelio sve svoje brige i radosti...još od osnovnoškolskih/srednjoškolskih dana naši susreti ne prestaju biti jednako uzbudljivi i ispunjeni prijateljskom potporom! Hvala Heleni što se toliko iskreno uživljavala u sve moje životne prilike i neprilike, uz bezgraničan optimizam i beskrajno povjerenje. Uvijek mi sve dobro 'zacopraš'! U moj znanstveni, ali i unutarnji 'razvoj', ugrađen je i djelić vaših iskrenih poticaja i potpora!

I hvala mojoj obitelji i kumovima, svima vama koji ste podupirali u ovom naporu - ne mogu ne spomenuti Mesaroše, Šimunčiće, Zdelarce, Lukšiće, Kreševljake, Prevolnike, Turčiče i na kraju moje Hruševare. Dragom ocu Željku, majci Mariji i sestri Kristini ne mogu se na ovome svijetu dovoljno odužiti na svim predivnim trenucima zajedništva i potpori. Vaša pomoć i razumijevanje bili su ključni da se razvijem u osobu kakva jesam, sa svim kvalitetama i manama, ali iz te se kože ne može. Hvala što ste uvijek tu za mene!!!

I hvala Onomu koji svime upravlja na način da Svemirom odjekuje harmonija sfera...

## PROMJENE VEGETACIJE NA PODRUČJU SREDIŠNJE HRVATSKE TIJEKOM HOLOCENA

DARIO HRUŠEVAR

Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Botanički zavod,  
Marulićev trg 9a, Zagreb

U sedimentu uzorkovane jezgre Blatuše utvrđeno je 76 peludnih i 124 nepeludnih palinomorfa (42 ekološki indikativnih). Na temelju akumuliranih regionalnih palinoloških vrsta utvrđene su sljedeće zone: *Pinus - Fagus - (Ulmus)* (Zona 1, dubina 175 – 210 cm, razdoblje od ~2450. do ~1650. g. pr. Kr.), *Fagus - Alnus* (Zona 2, dubina 85 - 175 cm, razdoblje od ~1650. g. pr. Kr. do ~450. g. pos. Kr.), *Poaceae - Fagus - (Quercus)* (Zona 3a, dubina 45 - 85 cm, razdoblje od ~450. do ~1300. g. pos. Kr.) i *Poaceae - Carpinus - (Quercus - Fagus)* (Zona 3b, dubina 5 - 45 cm, razdoblje od ~1300. do 1935. g. pos. Kr.). Sastav lokalnih palinoloških vrsta i ekološki indikativnih nepeludnih palinomorfa ukazuje na dinamiku hidrološkog režima, kao i trofičkih uvjeta na staništu, s povremenom dominacija vrsta iz porodice Cyperaceae, papratnjača - Polypodiales ili maha tresetara - *Sphagnum*. Tijekom Zone 1 i Zone 3b istraživano područje predstavlja mozaik močvarne vegetacije i vlažnih livada, s djelomično razvijenom cretnom vegetacijom. Zonu 2 karakterizira relativna lokalna dominacija papratnjača, a Zonu 3a relativna dominacija maha tresetara. Udjeli arborealne peludi, antropogenih indikatora, pougljenjenih čestica i palinološko bogatstvo ukazuju na različiti intenzitet antropogenog pritiska, koji je najizraženiji u razdoblju od razvijenog srednjeg vijeka do danas. Pougljenjene čestice dokaz su regionalnih i lokalnih požara kao bitnog čimbenika u procesima sukcesije. Količina i kvaliteta analiziranih palinomorfa omogućuje primjenu rezultata rekonstrukcije holocenskih postglacijalnih vegetacijskih promjena za isto razdoblje na užem području središnje Hrvatske.

(177 stranica, 45 slika, 27 tablica, 415 literaturnih navoda, 13 priloga, jezik izvornika hrvatski)

Ključne riječi: Blatuša, cret, paleookoliš, palinomorfi, palinologija

Mentor: Prof. dr. sc. Božena Mitić  
Dr. sc. Koraljka Bakrač  
Ocjenjivači: Izv. prof. dr. sc. Antun Alegro  
Doc. dr. sc. Slobodan Miko  
Doc. dr. sc. Renata Šoštarić  
Zamjena: Prof. dr. sc. Joso Vukelić

Rad prihvaćen: 7. veljače 2018.

VEGETATION CHANGES ON THE AREA OF CENTRAL CROATIA DURING  
HOLOCENE PERIOD

DARIO HRUŠEVAR

University of Zagreb, Faculty of Science, Department of Biology, Division of Botany,  
Marulićev trg 9a, Zagreb

In the sediment of the Blatuša peatland, 76 pollen and 124 non-pollen palynomorphs (42 ecologically indicative) were found. Based on the accumulated regional palynological taxa, the following zones were identified: *Pinus - Fagus - (Ulmus)* (Zone 1, depth 175 - 210 cm, period from ~ 2450 to 1650 BC), *Fagus - Alnus* (Zone 2, depth 85 - 175 cm, period from ~ 1650 BC to ~ 450 AD), *Poaceae - Fagus - (Quercus)* (Zone 3a, depth 45 - 85 cm, period from ~ 450 - 1300 AD) and *Poaceae - Carpinus (Quercus - Fagus)* (Zone 3b, depth 5 - 45 cm, period from 1300 to 1935 AD). The composition of the local palynological taxa and the ecologically indicative non-pollen palynomorphs indicates the dynamics of the hydrological regime as well as the trophic conditions on the habitat, with occasional domination of species from the family Cyperaceae, ferns Polypodiales or peat moss - *Sphagnum*. During the Zone 1 and 3b, the researched area was a mosaic of wetland vegetation and wet meadows, with partially developed peatland vegetation. Zone 2 is characterized by the relative local domination of the ferns, and Zone 3a by the relative dominance of the peat moss. The shares of arboreal pollen, anthropogenic indicators, charcoal particles and palynological richness point to the different intensity of anthropogenic pressure, which is mostly pronounced in the period from the developed Middle Ages to the present. Charcoal particles are evidence of regional and local fires as essential factors in succession processes. The quantity and quality of the analysed palynomorphs enable us to apply the results of the reconstruction of Holocene postglacial vegetation changes for the same period for a narrower area of central Croatia.

(177 pages, 45 figures, 27 tables, 415 references, 13 supplements, original in Croatian)

Keywords: Blatuša, palaeoenvironment, palynology, palynomorphs, peatland

Supervisor: Božena Mitić, PhD, Prof.  
Koraljka Bakrač, PhD

Reviewers: Antun Alegro, PhD, Assoc. Prof.  
Slobodan Miko, PhD, Asst. Prof.  
Renata Šoštarić, PhD, Asst. Prof.

Substitute: Joso Vukelić, PhD, Prof.

Thesis accepted: 7<sup>th</sup> February 2018

## SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b>	1
CILJEVI I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA	3
<b>2. LITERATURNI PREGLED</b>	6
2.1. PALINOLOGIJA – MOĆNO ORUĐE U RUKAMA ZNANSTVENIKA	6
2.2. SPORE I PELUDNA ZRNCA – POGLED U MIKROSVIJET BILJAKA	8
2.3. NEPELUDNI PALINOMORFI – POTENCIJALNO KORISNI EKOLOŠKI INDIKATORI	11
2.3.1. Nepeludni palinomorfi <i>sensu stricto</i>	11
2.3.2. Nepeludni palinomorfi <i>sensu lato</i>	14
2.3.3. Pougljenjeni mikro- i makro- ostaci kao alat za razumijevanje okolišnih promjena	17
2.4. MODELI DISPERZIJE PELUDA	18
2.5. IZBOR PODRUČJA ZA PALEOVEGETACIJSKA ISTRAŽIVANJA	20
2.6. TAFONOMSKI PROCESI	29
2.7. IZOTOPI UGLJIK I NJIHOVA ULOGA U ODREĐIVANJU STAROSTI ORGANSKIH UZORAKA	33
2.8. OMJER UGLJIK I DUŠIKA	35
2.9. UTJECAJ KLIME I TLA NA BILJNI POKRIVAČ ZEMLJE	37
2.10. ZNAČAJKE ISTRAŽIVANOG PODRUČJA	44
2.11. POVIJEST OBITAVANJA LJUDI NA ŠIREM PODRUČJU BLATUŠE- OD METALNIH DOBA DO DANAŠNJICE	50
2.12. POVIJEST PALINOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA HOLOCENSKIH SEDIMENATA NA PODRUČJU HRVATSKE	52

<b>3. METODE RADA</b>	55
3.1. TERENSKI RAD	55
3.2. LABORATORIJSKE ANALIZE	55
3.2.1. Fotografiranje	56
3.2.2. Opis sedimenata prema Troels-Smith sustavu	56
3.2.3. Utvrđivanje boje sedimenata prema Munsellu te spektralna analiza boja	58
3.2.4. Analiza magnetskog susceptibiliteta	59
3.2.5. Mjerenje pH	60
3.2.6. Analiza ukupnog ugljika, dušika i C/N omjera	60
3.2.7. Datiranje starosti uzorka radioaktivnim ugljikom <sup>14</sup> C metodom AMS-a	61
3.2.8. Palinološka analiza	63
3.2.8.1. Fizikalno-kemijska obrada sedimenta	63
3.2.8.2. Izrada palinoloških predmetnica	64
3.3 KVALITATIVNA I KVANTITATIVNA ANALIZA PALINOMORFA I POUGLJENJENJIH ČESTICA	66
3.3.1. Određivanje i prebrojavanje palinomorfa i pougljenjenih čestica	66
3.3.2. Peludna suma i funkcionalne jedinice vegetacije	67
3.4. RELEVANTNO PODRUČJE IZVORA PELUDA	68
3.5. STATISTIČKA OBRADA PODATAKA	70
<b>4. REZULTATI</b>	72
4.1 OPIS JEZGRE I ANALIZA SEDIMENTA UPOTREBOM TROELS-SMITH SUSTAVA	72
4.2. SPEKTRALNA ANALIZA BOJE I MAGNETSKI SUSCEPTIBILITET	74
4.3. pH SEDIMENTA	75
4.4. ANALIZA UKUPNOG UGLJIKA, DUŠIKA I C/N OMJERA	76
4.5. ANALIZA DATIRANJA RADIOAKTIVNIM UGLIKOM <sup>14</sup> C METODOM AKCELERATORSKE MASENE SPEKTROMETRIJE (AMS)	78
4.6. PALINOLOŠKA ANALIZA PELUDNIH PALINOMORFA	80

4.6.1. Morfološko-taksonomske grupe peludnih polinomorfa	81
4.6.2. Peludno bogatstvo i suma peludnih palinomorfa u sedimentu jezgre	83
4.6.3. Zastupljenost peludnih palinomorfa u sedimentu jezgre	84
4.7. ANALIZA NEPELUDNIH PALINOMORFA	87
4.7.1. 'Taksonomska' analiza nepeludnih palinomorfa	87
4.7.2. Zastupljenost nepeludnih palinomorfa u sedimentu jezgre	89
4.8. ANALIZA PALINOMORFA I POUGLJENENIH ČESTICA	92
4.8.1. Brojnost pougljenjenih mikro-i makro-čestica	92
4.8.2. Zastupljenost palinomorfa i pougljenjenih čestica u sedimentu jezgre	92
4.9. FUNKCIONALNE JEDINICE VEGETACIJE	96
4.9.1. Životni oblici palinoloških vrsta	96
4.9.2. Peludne zone opisane regionalnim palinološkim vrstama	103
4.9.3. Funkcionalne grupe peludnih palinomorfa - osnovna vegetacijska podjela	105
4.9.4. Funkcionalne grupe peludnih palinomorfa - detaljnija podjela	110
4.9.5. Dinamika vegetacijskih promjena temeljena na regionalnim palinološkim vrstama	113
4.9.6. Dinamika promjena stanišnih uvjeta temeljena na lokalnim palinološkim vrstama i ekološki indikativnim nepeludnim palinomorfima	115
4.10. STATISTIČKA ANALIZA MEĐUODONOSA ABIOTIČKIH ČIMBENIKA, PALINOMORFA I POUGLJENJENIH ČESTICA	121



<b>5. RASPRAVA</b>	125
5.1. PALEOOKOLIŠNA REKONSTRUKCIJA TEMELJENA NA MEĐUODNOSU ABIOTSKIH ČIMBENIKA, NEPELUDNIH PALINOMORFA I LOKALNIH PALINOLOŠKIH VRSTA	125
5.2. REGIONALNE I LOKALNE PROMJENE VEGETACIJE TE STANIŠNIH UVJETA NA PODRUČJU CRETA U BLATUŠI	130
<b>6. ZAKLJUČCI</b>	145
<b>7. LITERATURA</b>	149
<b>8. POPIS PRILOGA</b>	177
<b>PRILOZI</b>	I-XXII
<b>ŽIVOTOPIS</b>	XXIII-XXVI

## 1. UVOD

Život današnje civilizacije odvija se u razdoblju antropocena, u kojim se utjecaj vrste *Homo sapiens* ogleda u svim segmentima biosfere, a izravnim utjecajem ili posrednom interakcijom biosfere na atmosferu, hidrosferu i litosferu na ukupnost života na Zemlji. Promjene tokova rijeka, kao i izgradnja akumulacijskih jezera, prekomjerna proizvodnja teško razgradive plastike, količina radioaktivnih nuklida oslobođenih kao rezultat nuklearnih pokusa ili eksplozije nuklearnih bombi, zagađenja vode, tla i zraka prekomjernom upotrebom fosilnih goriva, skladištenje otpada, razvoj industrije, itd. - samo su neke aktivnosti koje upućuju na činjenicu kako naš ekološki otisak postaje sve pogubniji za geobiološke resurse jedinog mjesta u Svemiru pogodnog za opstanak čovjeka. Od svemirskih postaja, brojnih komunikacijskih i špijunskih satelita do američkih istraživačkih programa, čije su letjelice poput *Voyagera 1* (udaljene 140 astronomskih jedinica) danas u međuzvezdanom prostoru i *Voyagera 2* (udaljene 115 astronomskih jedinica) u vanjskoj heliosferi gdje se utjecaj solarnih vjetrova po snazi gotovo izjednačava s pritiskom rijetkog međuzvezdanog plina, jasno je da se ljudski otisak na Univerzum ogleda i preko granica poznate nam? Zemlje. Pojmovi kojima se društvo do sredine 20. st. uopće nije bavilo, poput emisije stakleničkih plinova, očuvanja bioraznolikosti, proglašavanje ekoloških mreža i dr., postaju dio svakodnevnih medijskih natpisa, organizacije okruglih stolova, intelektualnih rasprava jer narušena ekološka ravnoteža stubokom mijenja eksploatacijske resurse društva, utječući na protok novčanih sredstava, gospodarsku i socijalnu sigurnost, a time posredno i na vojno-političku stabilnost i kulturnu odvedenost svake društvene zajednice.

Ipak, postojalo je razdoblje kada vrsta *Homo sapiens* nije bila jedina vrsta hominida (izumrli *Australopithecus*, *Paranthropus*, *Homo erectus*, itd.), kada je postala jedina ljudska vrsta, ali s ograničenim utjecajem na prirodu i golom borbom za opstanak na planetu, ali i kada se sve to značajno mijenja - prelaskom sa lovno-sakupljačkog na ratarsko-stočarsku poljoprivredu. Ta neolitička revolucija (koju više treba shvatiti kao prijelaz, a manje kao naglu i korjenitu smjenu strategije preživljavanja), nakon početnog pada u brojnosti stanovništva uzrokovanih interakcijom životinja s ljudima (i prelaskom bolesti s prethodnih na potonje) uskoro je izrodila složeno društvo (rangirajuće nasuprot egalitarnom), sjedilačko, te napredniji oblik poljoprivredne djelatnosti kroz selekciju biljnih i životinjskih svojti, upotrebu pluga, navodnjavanje, itd. U tome napretku je veliku važnost imala *prirodna osnova* te *kultura* - društvena i simboličko-duhovna dimenzija ljudske civilizacije. Dakle, tijekom holocena unutar kopnenog prostora kojeg nastanjuje ljudska vrsta počinje se odvijati gospodarska aktivnost, od

sječa šuma za ogrjev ili upotrebe drveta kao građevnog materijala do paljenja šuma za dobivanje slobodnog prostora u svrhu sadnje žitarica i ostalih gospodarskih značajnih kultura te ishrane stoke – koliko je povijest ljudske civilizacije isprepletena sa utjecajem na ekosustav govori i primjer poopćenog pogleda dosega grčke kulture kao područja koje seže „tamo gdje se sadi i raste maslina“, a rimske kao područja „gdje se uzgaja i uspijeva vinova loza“.

Kako su prirodni resursi najveće bogatstvo pojedine države, a raznolikost flore i očuvanost vegetacije značajke kojima se Hrvatska ističe na europskoj razini, nametnula se potreba detaljnijeg osvrta na promjene u biljnom pokrovu, i to u razdoblju kada se čovjek još nije nametnuo biti 'gospodarem' prirode, ali i razdoblja koje se, u danas rijetko naseljenom Kordunu i Banovini, utjecaj čovjek možda može utvrditi i promjenama u sastavu flore i vegetacije 'pročitanim' kroz promjene u količini peludnih zrnaca i spora, ali i ostalih palinomorfa akumuliranih u tresetnim naslagama Blatuše. Problematici će se pristupiti s gledišta biogeologije postglacijalne flore i vegetacije, što je pak u najužoj vezi s geomorfologijom istraživanog područja, njegovim pedološkim značajkama, promjenama klimatskih parametara i/ili antropogenog pritiska, a pomoću palinološke metode kao moćnog oruđa u postupku rekonstrukcije paleookolišnih čimbenika. Poznavanje tih promjena bitno je za predikciju potencijalnog budućeg stanja okoliša, kao i gospodarskih aktivnosti koji su zasnovani na prirodnoj osnovi, prije svega šumarstvu i agronomiji. Nadam se da će izložena dinamika vegetacijskih promjena biti od interesa brojnim znanostima i znanstvenim disciplinama, te da će osim grupe biologa, geologa, geografa, agronoma, šumara i klimatologa njen doprinos biti bitan i arheolozima, povjesničarima, antropolozima, etnologima, demografima, filozofima, itd. - zapravo svima koji se bave interakcijom čovjeka s prirodom i žele promjene u biljnom pokrovu dovesti u vezu bilo s prirodnim ili ljudskim čimbenikom. Zbog ograničenja koje donosi vrijeme i cijena određenih analiza, jasno da će ovdje izloženi rezultati biti samo 'kap u moru' složene povijesti okoliša, ali nadam se da će barem malo odškrinuti vrata našem razumijevanju prirodne osnove kao temelja na kojem izrasta društvo i na čijim se resursima neko društvo uzdiže ili propada. Ako nam pak napredak donese život u svijetu mehatronike i virtualnosti, neka barem ostane zabilježeno kako je Zemlja u jednom svom sićušnom dijelu prostorvremena izgledala kada čovjek nije vidljivo ostavljao svoj ekološki 'otisak' i koje promjene su nastale u biljnom pokrovu, baš zbog tog 'otiska', kroz povijest pa sve do početka 20. st.

## CILJEVI I HIPOTEZA ISTRAŽIVANJA

Ovim istraživanjem dobiveni paleopalinološki podaci iz razdoblja holocena bit će korisni za razumijevanje florističkog bogatstva, ali i promjena u sastavu i strukturi vegetacije kao najboljem pokazatelju stanišnih prilika na regionalnoj ili lokalnoj razini. Po prvi put se u pokušaju interpretacije paleookolišnih promjena koriste različite skupine organizama, te su uz spore biljka/peludna zrnca u izradu peludnih dijagrama uključene i amebe, spore gljiva, ciste algi, itd. - sve te skupine često su limitiranog interpretativnog potencijala, bilo da se ne mogu precizno odrediti ili da su kao precizno određeni široke ekološke valencije, ipak ponekad mogu osvijetliti određene lokalne procese ili naglasiti dominantne paleoekološke čimbenike, poput kretanja/dubine vodnog lica, temperature i stupnja trofije na samom staništu, kao i utjecaja čovjeka na ekosustav. Uvrščivanje različitih sistematskih/funkcionalne grupa u opis stanišnih prilika predstavlja novinu i snažan iskorak u proučavanju holocenskih sedimenata na području Republike Hrvatske. Broj i veličina pougljenjenih čestica (mikro- i makro-) bitni su za razumijevanje učestalosti, trajanja i veličine požara, te je analiza pougljenjenih ostataka važan parametar u razumijevanju vatre na procese sukcesije samog istraživanog područja. Kvalitativni i kvantitativni sastav peluda, nepeludnih palinomorfa i pougljenjenih ostataka predstavlja koristan alat za interpretaciju antropogenog utjecaja, kojeg doduše nije uvijek lako razlikovati od (mikro)klimatskih promjena koje mogu rezultirati sličnim promjenama u sastavu vrsta protista, biljaka, gljiva i životinja te biljnog pokrova nekog područja. Rezultati istraživanja koji omogućuju utvrđivanje vegetacije i dinamike njenih promjena trebali bi pomoći u razumijevanju niza pojava u prirodi i društvu, koji su od interesa prirodoslovnom, društvenom i humanističkom području.

Izborom creta na Blatuši kao mjesta uzorkovanja trebalo naglasiti važnost cretnih staništa, ali i općenito skrenuti pažnju javnosti na stanišne tipove koji su od značaja za EU i kao takvi uključeni u EU ekološku mrežu Natura 2000. Acidofilni cretovi su zbog specifičnih abiotičko-biotičkih uvjeta idealni 'arhivari' palinomorfa i kao takvi predstavljaju ponajbolji 'fundus' dokaza neophodnih za paleoekološke interpretacije. Peludni 'otisak' nudi potencijalnu mogućnost razumijevanja areala biljnih svojti te procesa njihovog širenja što je u vezi sa klimatskim (klimazonalna vegetacija), specifičnim hidrološkim ili pedološkim čimbenicima (azonalna vegetacija), a nerijetko u vezi s gospodarskim aktivnostima (autohtone i alohtone vrste – arheofiti i neofitift) kojom se stanovništvo na istraživanom području bavilo tijekom prošlosti, s naglaskom na poljoprivredu, tj. izbor biljnih kultura, i uz njih dolazećih pratećih korova, koje su uzgajali i koristili u prehrani. Na europskoj razini, ovo istraživanje bi trebalo

omogućiti kompletiranje slike dinamike biljnog pokrova između središnje Europe i Balkanskog poluotoka jer je općenito južno područje središnje Europe te većina jugoistočne Europe (s izuzetkom Rumunjske i Bugarske) zbog rijetkih pogodnih staništa koja omogućuju prezervaciju palinomorfa, a dijelom i zbog lošije gospodarske situacije, slabije istražena. Dobivena saznanja moći će se primijeniti u zaštiti prirode u slučaju kada determinacija peluda dopušta utvrđivanje određene svojte na taksonomskoj razini vrste jer tada pelud postaje „kranski“ dokaz o prisutnosti te određene svojte na istraživanom području, a u budućnosti, kada se izrade kvalitetni modeli temperaturnih kretanja te rasporeda i količine oborina za središnju Hrvatsku, bit će od koristi i šumarima pri izradi gospodarskih osnova jer će funkcionalne skupine biljaka u geološkoj prošlosti moći biti korištene u predikciji buduće vegetacije pri sličnim klimatskim promjenama. Također, kako će od strane arheologa broj otkrivenih lokaliteta rasti, a precizna datiranja arheoloških lokaliteta/artefakata akumulirati, promjene u biljnom pokrovu lakše će se dovesti u vezu s društvenim ustrojem i navikama ponašanja karakterističnima za populacije ljudi na područje Korduna i Banovine te će zasigurno biti od pomoći u razumijevanju neolitizacije, brzine i intenziteta kojima su ljudske populacije mijenjale svoj kulturološki obrazac. Rezultati istraživanja trebali bi ojačati edukacijski kapacitet područja pod posebnom državnom skrbi (općina Gvozd) te izradom edukativnih tabli i popularno-znanstvenih brošura omogućiti posjetiteljima posebnog botaničkog rezervata „Don močvar“, kao i domaćem stanovništvu, upoznavanje sa bioraznolikošću područja i promjenama kojima su prirodni ekološki sustavi izloženi. Sve bi to trebalo potaknuti znanstvenu radoznalost u posjetitelja i naglasiti važnost interdisciplinarnog pristupa u tumačenju kompleksnih promjena prirodne osnove, utjecati na senzibiliziranje lokalnog stanovništva i posjetitelja na potrebu zaštite prirode te motivirati stanovništvo na osnivanje i razvoj civilnih udruga usmjerenih na pitanje ekologije i zaštite prirode kao i razvoj održivog turizma. Ciljevi ovog istraživanja su sljedeći:

- dati pregled tipova palinomorfa i biljnih makrofosila prisutnih u sedimentu jezgre
- kvalitativnom i kvantitativnom analizom palinomorfa odrediti zastupljenost peludnih tipova te s njima povezanih biljnih svojti te ostalih odredljivih skupina organizama u sedimentu jezgre
- utvrditi udjele funkcionalnih grupa biljaka te količinu pougljenjenih čestica
- utvrditi razdoblja (i trajanje) dominacije određenih vegetacijskih tipova i njihovih naglih promjena
- istražiti jesu li promjene vegetacije posljedica klimatskih ili antropogenih čimbenika

- istražiti odražava li površinski sloj creta recentni sastav flore i vegetacije
- istražiti u kojoj mjeri pelud i nepeludni palinomorfi oslikavaju lokalne promjene na području Blatuše

Hipoteza:

Količina i kvaliteta očuvanosti peluda u sedimentu creta “Đon močvar” omogućava preciznu rekonstrukciju postglacijalnih promjena vegetacije na području središnje Hrvatske tijekom holocena.

## 2. LITERATURNI PREGLED

### 2.1. PALINOLOGIJA – MOĆNO ORUĐE U RUKAMA ZNANSTVENIKA

Palinologija je znanstvena disciplina koja se bavi proćavanjem palinomorfa. Sam pojam skovan je sredinom 20. st. (Hyde i Williams 1944), a dolazi od grćkog glagola *paluno*, -ei, u znaćenju posipati, tj. grćke imenice *pale*, u znaćenju prah i grćke imenice *logos*, u znaćenju rijeć, u doslovnom prijevodu *znanost o rasipanju praha*. U ućem smislu palinologija proućava spore biljaka i peludna zrnca. Prema Smol i sur. (2001) palinoloćka analiza u bitnom se temelji na sljedećim postavkama:

1. Spore i peludna zrnca biljke produciraju u velikim kolićinama
2. Većina peluda i spora pada na zemlju
3. Spore i peludna zrnca se mogu dobro oćuvati u anaerobnim uvjetima kao što su cretovi, tresetića, jezera, morska/oceanska dna
4. Spore i peludna zrnca se u atmosferi mijećaju, uslijed zraćnih turbulencija, što rezultira formiranjem ujednaćene peludne kiće (eng. *pollen rain*) iznad odrećenog podrućja
5. Udio odrećenog peludnog tipa u peludnoj kići u ovisnosti je o abundanciji biljne vrste kojoj pripada stoga je sastav peludne kiće odraz sastava vegetacije, tj. uzorak peludne kiće je 'snimak' vegetacije na odrećenom podrućju tijekom odrećenog vremena
6. Peludna zrnca i spore su odredljive do odrećene taksonomske razine
7. Kada analiziramo palinoloćki uzorak sedimenta odrećene starosti, rezultat je popis vegetacije na podrućja taloćenja u tom specifićnom prostorvremenskom kontekstu
8. Kada analiziramo peludni spektar jezgre temeljem nekoliko uzoraka sedimenta, dobivamo sliku vegetacijskih promjena u vremenu koje odgovaraju razdoblju starosti uzorkovanih sedimenta jezgre
9. Usporedbom dva ili više peludnih spektara dobivenih analizom razlićitih jegri sedimenata uzorkovanih na razlićitim mjestima, moguće je usporediti promjene u vegetacijskom pokrovu tijekom vremena na razlićitim podrućjima

Pod pojmom *palinomorfi* podrazumijevamo različite mikrostrukture koje se nalaze u palinološkom uzorku (Hesse i sur. 2009), tj. na predmetnom stakalcu na kojem smo željeni palinološki uzorak prekrili pokrovnim stakalcem i podvrgli analizi upotrebom svjetlosnog mikroskopa. Palinomorfi su, dakle, mikroskopske strukture veličine između 5 i 500 mikrometara, poput peludnih zrnaca i spora biljaka, gljiva, cista algi, organa člankonožaca, jajašca oblića i dugoživaca, itd., kojima otpornost daju složeni polimeri - sporopolenin, dinosporin, hitin, pseudohitin (Faegri i Iversen 1989, Bakrač 2015) i/ili algenan (de Leeuw i sur. 2006).

Početak moderne palinologije seže u 1916. g. kada je Šveđanin Lennard von Post prezentirao prvi peludni dijagram u sklopu 16. susreta skandinavskih prirodoslovaca u današnjem Oslu (Manten 1966). Njegov student Gunnar Erdtman je 1921. g. obranom doktorske disertacije, pisane na njemačkom jeziku, dokazao da se pelud može koristiti kao 'oruđe' u analizi kvartarnih promjena klime i vegetacije te „van Postovu palinološku metodu“ učinio iskoristivom i izvan granica skandinavskog jezičnog područja (Faegri i Iversen 1989). Godine 1924. Assarson i Granlund uvode obradu uzoraka sedimenta fluorovodičnom kiselinom (HF) u svrhu uklanjanja silikata (Faegri i Iversen 1989), a braća Erdtman 1934. g. publiciraju metodu acetolize (Manten 1966, Traverse 2007) kojom se uklanja glavna organske tvari (Faegri i Iversen 1989). Van Postov palinološki iskorak i navedena poboljšanja u razvoju metodologije priprema peludnih uzoraka doprinijela su upotrebi peluda i spora u različite svrhe, npr. u geologiji, arheologiji i paleobotanici (Manten 1966), a s posebnim osvrtom, u novije vrijeme, na antropogeni utjecaj, koji se, doduše, pojavljuje se već na samom početku palinoloških istraživanja (Godwin 1934, Iversen 1949).

Razlog zbog kojeg se palinologija afirmirala kao 'dobar alat' u građenju znanstvene istine o bio/geološkoj prošlosti Zemlje je otpornosti sporopolenina kao ključnog polimera peluda i spora. Ilustracije radi, pelud i spore mogu kratkotrajno biti izložene temperaturi od 300 °C, a da im struktura ostane nenarušena (Zetzsche 1929). Tek zagrijavanje sporopolenina na 500 °C čađavim plamenom uzrokuje njegov kolaps (Mitić 2017). Precizna molekularna struktura sporopolenina i dalje je nejasna (Southworth 1990) iako se kao arbitrarna formula najčešće spominje  $C_{90}H_{142}O_{27}$  (Zetzsche i Vicari 1931). Sporopolenin je polimer sa zasićenim i nezasićenim ugljikovodicima i fenolima (Southworth 1990), tj. preciznije rečeno polimer sastavljen od karotenoida i karotenoidnih estera (Brooks i Shaw 1968). S druge strane, palinomorfi su različite skupine organizama koje su u nekoj fazi životnog ciklusa produciraju mikrostrukture ili su i sami mikroskopskih dimenzija, te ih možemo naći u



stijenama/sedimentima različite starosti, na različitim mjestima i u različitim okolišima. Zato palinomorfe i možemo smatrati mikroključevima za razumijevanju biološke raznolikosti na Zemlji (Blackmore 2007). Upravo to otvara mogućnost prodora paleopalinologije u paleontologiju (Traverse 2007).

Prema Moore i sur. (1991) palinologija se upotrebljava u:

1. taksonomiji
2. genetičkim i evolucijskim istraživanjima
3. melisopalinologiji
4. forenzici
5. istraživanjima alergena
6. istraživanjima povijesti vegetacije, i to na razini pojedinačnih svojti i/ili biljnih zajednica
7. povezivanju organskih 'nanosa' sa određivanjem potencijalnih vremenskih datacija
8. istraživanju klimatskih promjena
9. istraživanjima antropogenog utjecaja na vegetaciju

## 2.2. SPORE I PELUDNA ZRNCA – POGLED U MIKROSVIJET BILJAKA

Jednostanično peludno zrnce je mikrospora, višestanično peludno zrnce je snažno reducirani muški gametofit. Kako spore i peludna zrnca nastaju mejozom (redukcijском diobom), njihov kromosomski sastav je polovičan (haploidan - n). Germinativno područje spora je proksimalni pol, dok je germinativno područje peludnih zrnaca ili distalni pol ili ekvatorijalno područje ili se otvori (aperture) za 'klijanje' nalaze po čitavoj površini stijenke (pantoaperturadni tip peludnog zrnca). Jednostanično peludno zrnce može ući u androgenezu, što se koristi u uzgoju nekih poljoprivrednih kultura poput pamuka ili duhana.

Razlog zbog kojeg su spore i peludna zrnca informativna proizlazi iz činjenice da one značajno variraju u izgledu (pritom zadržavajući dosljednost u izgledu unutar svojte koja iz proizvodi), uglavnom se stvaraju i otpuštaju u okoliš u velikom broju te je vjerojatnost njihovog očuvanja u sedimentu, zahvaljujući otpornosti sporopolenina, velika (Blackmore 2007).

Spore razlikujemo prema:

- 1) 'ožiljcima' na proksimalnom polu (germinativnom području) (Traverse 2007):

- a) triletne
- b) monoletne
- c) aletne
- d) zonante

Peludna zrnca razlikujemo prema (Hesse i sur. 2009, modificirano prema Mitić 2017):

- 1) jedinicama rasprostranjivanja, npr. monada, diada, tetrada, poliada
- 2) obliku, npr. prolavno, sferoidalno, oblatno, iregularno
- 3) veličinskim klasama:
  - a) vrlo sitna < 10
  - b) sitna (10  $\mu\text{m}$  - 24  $\mu\text{m}$ )
  - c) srednje velika (25  $\mu\text{m}$  - 49  $\mu\text{m}$ )
  - d) velika (50  $\mu\text{m}$  - 99  $\mu\text{m}$ )
  - e) vrlo velika (100  $\mu\text{m}$  do 200  $\mu\text{m}$ )
  - f) divovska > 200  $\mu\text{m}$
- 4) obliku, broju i položaju apertura
  - a) sakatni
  - b) inaperturatni
  - c) kolpatni (npr. tri-, tetra-, itd.; stefano)
  - d) kolporatni (npr. tri-, tetra-, itd.; stefano)
  - e) poratni (npr., tri-, tetra-, itd.; stefano, poli)
  - f) sulkatni (npr., mono)
  - g) ulceratni (npr. mono)
- 5) ornamentaciji ili skulpturiranosti eksine, npr. psilatna, skabratna, striatna, retikulatna, ehinatna, itd.

U nazivlju ornamentacije postoji veći broj prijelaznih oblika, ali i nedosljednosti u dosljednom korištenju termina.

Kod građe spora razlikujemo ova tri sloja:

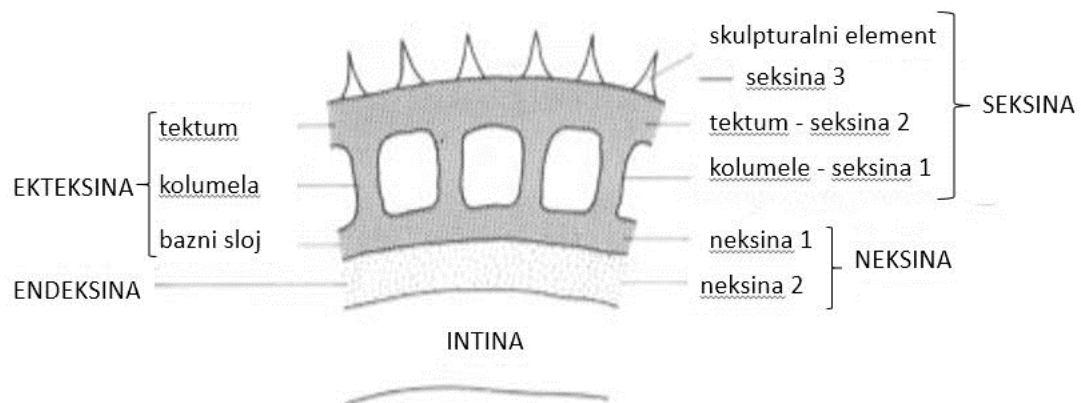
- a) perisporij (Erdtman 1943)/ perispore (Russow 1872) – vanjski ovoj koji okružuje eksosporium i, ovisno o udjelu ugrađenog sporopolenina, otporan ili neotporan na acetolizu (Punt i sur. 2007)

- b) eksosporij (Erdtman 1943)/ eksospore (Jackson 1928) – vanjski sloj stijenke spore s velikim udjelom sporopolenina, otporan na acetolizu, vjerojatno homologan eksini peludnih zrnaca (Punt i sur. 2007)
- c) endosporij (Erdtman 1943)/endospore (Jackson 1928) – unutarnji sloj stijenke spore, vjerojatno homologan intini peludnog zrnca (Punt i sur. 2007)

Kod građe peludnih zrnaca razlikujemo tri ili dva sloja:

- a) perina (Erdtman 1943) – vanjski ovoj koji okružuje eksosporij i, ovisno o udjelu ugrađenog sporopolenina, otporan ili neotporan na acetolizu (Punt i sur. 2007). Prisutan kod nekih golosjemenjača, npr. u roda *Taxodium* (Traverse 2007).
- b) eksina (Fritzsche 1837) – vanjski sloj stijenke peludnog zrnca, građen uglavnom od sporopolenina (Zetsche 1932) s malim udjelom polisaharida (Rowley i sur. 1981), otporan na acetolizu (Punt i sur. 2007).
- c) intina (Fritzsche 1837) – unutarnji sloj stijenke peludnog zrnca, građen od celuloze i pektina (Traverse 2007) te neotporan na acetolizu (Punt i sur. 2007).

Postoje dvije terminologije slojeva eksine peludnog zrnca (Slika 1). Po Faegriju (1956) valja razlikovati ekteksinu (*ectexine*) i endeksinu (*endexine*), a na temelju različitog bojenja i topljivosti u vrućem 2-aminoetanolu (Mitić 2017). Erdtman (1966) ističe podjelu vanjske stijenke peludnog zrnca na skulpturiranu seksinu (*sexine*) i neskulpturiranu neksinu (*nexine*) koja je primjerenija za razlikovanje peludnih zrnaca upotrebom svjetlosnog mikroskopa (Mitić 2017).



Slika 1. Građa stijenke peludnog zrnca – podjela prema Faegriju i Erdtmanu (preuzeto iz Moore i sur. 1991)

Seksina se sastoji od stupića (*columella*) koji sami stvaraju, ovisno o izgledu, gustoći i rasporedu, neki od uzoraka, npr. psilatna (*psilate*), klavatna (*clavate*), gematna (*gemmate*) ili bakulatna (*baculate*) ornamentacija, ili pak nose 'krović' (*tectum*), sloj na kojem se nalaze skulpturalni elementi, npr. ehinatna ili psilatna ornamentacija. Neke ornamentacije, poput verukatne (*verrucate*), nastaju ili zbog specifičnog izgleda samih stupića (*columella*) ili zbog skulpturalnih elemenata na samom 'kroviću' (*tectum*) koji nalikuju stupićima (*columella*). Determinacija samih peludnih zrnaca velikim se dijelom zasniva upravo na ornamentaciji eksine, koja se zbog velike sličnosti opisanih uzoraka i brojnih prijelaznih oblika teško može riječima precizno opisati zbog čega je ponekad nužno posjedovati, za utvrđivanje nekih biljnih vrsta, rodova ili porodica, referentnu kolekciju peluda kako bi postupak određivanja postigao potrebnu preciznost (Moore i sur. 1991).

### 2.3. NEPELUDNI PALINOMORFI – POTENCIJALNO KORISNI EKOLOŠKI INDIKATORI

Već je ranije istaknuto da brojne skupine organizama u nekoj fazi života ili prolaze kroz, ili same proizvode, mikrostrukture koje zbog sadržaja kompleksnih polimera često bivaju očuvani u predmetnici s palinološkim uzorkom. Ukoliko su takve strukture odredljive na nekoj nižoj taksonomskoj razini ili im je poznata ekologija, mogu poslužiti za interpretaciju okolišnih uvjeta na nekom užem području tijekom određenog vremena. U grupu takvih korisnih indikatorskih mikroorganizama svakako valja ubrojiti okućene amebe, spore gljiva, te spore/ciste nekih algi. Nepeludni palinomorfi, uz navedene, uključuju i mikroskopske strukture kolnjaka, dugoživaca, rašljoticalca, oblića i trzalaca u palinološkim preparatima (van Geel 2001). Od pionirskog rada na temu nepeludne palinologije (van Geel 1972), broj opisanih palinomorfa je značajno narastao i uzrokovao svojevrsni 'šum' u snalaženju među opisanim strukturama, što zbog međusobne sličnosti različitih palinomorfa, što zbog opisa istih struktura, u radovima različitih autora, pod novim kodom. Snalaženje je značajno olakšala Miola (2012) napravivši reviziju opisanih struktura i dodijeljenih im imena. U svom radu prikazala je više od 1300 palinomorfa koji se u znanstvenim radovima pojavljuju od 1972. g. do 2011. g.

#### 2.3.1. Nepeludni palinomorfi *sensu stricto*

Tu ubrajamo različita koljena organizama čije su strukture ili njihove razvojne faze mikroskopskih dimenzija, a odlikuje ih prisustvo na kiseline i baze (tj. acetolizu) otporne polimere poput sporopolenin, dinosporin, hitin, pseudohitin i algenana.

## Gljive i plijesni

Zahvaljujući otpornom polimeru hitinu (Briggs i sur. 2000), tj. udjelu tog polimera u različitim strukturama, spore gljiva, njihova plodišta/dijelovi plodišta ili hife samog micelija često se mogu naći u sedimentima različite geološke starosti (Faegri i Iversen 1989, Traverse 2007). Prema Gelorini (2011), većina nepeludnih palinomorfa u palinološkom uzorcima odnosi se na askospore, konidije i hlamidospore gljiva, a njih produciraju sljedeće skupine od 'interesa': a) patogene vrste gljiva (npr. *Fusarium* i *Puccinia*), b) mikorizne gljive (npr. *Glomus*) i c) saprofitske vrste gljiva, od koje su koprofilne vrste, posebice one koje obligatno rastu i razvijaju se na izmetu biljoždera, izuzetno važne za interpretaciju okoliša (npr. *Sordaria*, *Podospora*). U posljednje se vrijeme sve više istražuju i ostali obligatni koprofilni rodovi, poput *Sporomiella* (Davis 1987, van Geel 2003, Davis i Shafer 2006) i *Delitschia* (Krug i sur. 2004). Za paleookolišne rekonstrukcije van Geel (2001) naglašava sljedeće skupine gljiva: parazitske i saprofitske vrste koje se redovito pojavljuju u kombinaciji s određenim biljkama domaćinima, odnosno na njihovim ostacima, b) one vrste gljiva koje se samo u posebnim/specifičnim uvjetima pojavljuju na domaćinima ili njihovim ostacima, c) gljive koje rastu na izmetu, d) gljive koje se pojavljuju na sagorjelim biljnim ostacima. Van Geel (2001) i Aptroot i van Geel (2006) su utvrdili da većina spora gljiva deponiranih u sedimentu jezera fosiliziraju na mjestu/blizu mjesta same sporulacije, čime spore gljive postaju vrijedan alat u interpretiranju lokalnih paleookolišnih promjena.

## Alge

Zahvaljujući algenanu, koji doduše nije doduše filogenetski i ekološki široko raširen (Kodner i sur. 2009), ali ga sinetiziraju neke recentne alge (Chlorophyta, Eustigmatophyta, Prasinophyta i jedna skupina unutar Dinophyta) i dinosporinu (karakterističan za Dinophyta) (de Leeuw i sur. 2006) u sedimentu su česti nalazi stanice, tkiva, kolonije ili ciste različitih skupina alga.

Dinociste slatkovodnih dinoflagelata (Dinophyta) korisni su indikatori promjene temperature i saliniteta vode (slatkovodne, brakične i morske vrste) (Marret i sur. 2009), a sve se češće uključuju u istraživanje okolišnih promjena s naglaskom na antropogeno uzrokovanu eutrofikaciju (Krueger i sur. 2011, McCarthy i sur. 2011, Krueger 2012, Danesh i sur. 2013, McCarthy i Krueger 2013).

Sve se veća pažnja poklanja i rodu *Pediastrum*, slatkovodnom indikatoru, za razoblje od krede do sadašnjice (Batten 1996), kao i 'odgovoru' te alge na promjenu vrijednosti pH (Weckström i

sur. 2010, Turner 2012), dostupnost hranjivih soli (Komárek i Jankovská 2001, Pasztaleniec i Poniewozik 2004), razinu vode (Kaufman i sur. 2010, Whitney i Mayle 2012) i kvalitetu vode (Jankovská i Pokorný 2002, Cabecinha i sur. 2009). Nažalost, rod *Pediastrum* se najčešće ne određuje do razine vrste (npr. Kuhry 1997, Yu 2000, Mileckal i Szeroczynska 2005, Cook i sur. 2011, Danesh i sur. 2013) iako je to od iznimne važnosti za preciznu interpretaciju paleookolišnih uvjeta.

U paleoekološkim istraživanjima kao indikatorna alga na značenju dobiva i *Botryococcus*, tj. 'odgovor' ove vrste na klimatske promjene, trofičko stanje vode ili promjene u visini vodnog stupca (Singh i sur. 1981, Medeanic i sur. 2010, Levine i sur. 2012, Garel i sur. 2013).

Zygnemataceae su zelene nitaste zelene alge koje nastavaju plitke, stajaće, kisikom bogate slatke vode jezera, bara ili ih nalazimo na vlažnom tlu. Unutar porodice postoji dvanaest rodova od kojih su neki, poput rodova *Mougeotia*, *Zygnema*, *Spirogyra* i *Debarya* česti u fosilnim nalazima, ekološki indikativni i relativno lako odredljivi (van Geel 2001). Zigospore razreda Zygnemataceae pojavljuju se u fosilnim nalazima od razdoblja karbona na dalje (van Geel i Grenfell 1996). Aplanospore se razvijaju u rano proljeće, u uvjetima relativno tople i plitke, uglavnom do 0,5 m duboke, vode. Brojni radovi pokazuju upotrebu aplanospora i zigospora kao paleookolišnih indikatora (van Geel 1976, van Geel i van der Hammen 1978, Ellis-Adam and van Geel 1978, van Geel i sur. 1989, Zippi i sur. 1990, Kuhry 1997, Rull i sur. 2008, Cook i sur. 2011, Montoya i sur. 2010, Montoya i sur. 2011).

Plaktonske jednostanične ili kolonijalne slatkvodne vrste konjugoficeja svrstane su u red Desmiales (Viličić 2002), a neke vrste su indikativne za proces eutrofikacije (Šovran i sur. 2013). U posljednje vrijeme sve je više studija koja dijelom obrađuju i ovu skupinu algi (Carrion i Navarro 2002, Rull i sur. 2008, Montoya i sur. 2012, Danesh i sur. 2013) čija je rasprostranjenost i brojnost utjecana s pH i električnom vodljivošću vode (Štěpánková i sur. 2008).

### Akritarhi

Pod ovim pojmom podrazumjevamo uglavnom jednostanične strukture za koje se pretpostavlja da vjerojatno pripadaju algama, ali čije je biološko podrijetlo nije sa sigurnošću utvrđeno (Evitt 1963). U prošlosti su se u ovo kategoriju ubrajale i dinociste (Traverse 2007), međutim kada se jednom utvrdi sigurna pripadnost nekog akritarha određenoj taksonomskoj grupi, on se uklanja iz ove umjetne skupine. Jednostavni akritarhni fosili poznati su još od razdoblja arheozoika

(Javaux i sur. 2010) ili proterozoika (Huntley i sur. 2006), a složeniji od ranog paleozoika (Munnecke i sur. 2012). Uglavnom se radi o morskim organizmima, a nalazimo ih i u holocenskim sedimentima (Roncaglia 2004, Roncaglia i Kuijpers 2004, Seidenkrantz i sur. 2008).

### 2.3.2. Nepeludni palinomorfi *sensu lato*

Tu ubrajamo različita koljena organizama čije su strukture ili njihove razvojne faze mikroskopskih dimenzija, a često ih nalazimo u palinološkim uzorcima. One mogu biti otporni, djelomično otporni ili neotporni na kiseline ili baze (tj. acetolizu), a 'stijenska' im je građena od silikatnih, karbonatnih, fosfatnih ili celuloznih spojeva ili se pak radi o zooklastičnom materijalu, npr. mandibulama, ticalima, itd. bogatom hitinom. Ovdje navedene skupine odgovaraju grupama organizama zabilježenih u palinološkim uzorcima s Blatuše.

#### Alge

Dijatomeje (Diatomeae) pripadaju u razred Bacillariophyceae, odjel Chrysophyta (Viličić 2002), a zahvaljujući kremenju 'kućici' ( $\text{SiO}_2 \times \text{H}_2\text{O}$ ) od dviju 'ljušturica' često se očuvaju u sedimentima različite starosti (ponekad je akumulacija fosiliziranih dijatomeja tolika da one stvaraju „dijatomejsku zemlju“ – organogenetsko porijeklo stijena). Široko su rasprostranjene alge, prisutne u velikom broju na različitim staništima i sposobne su adaptirati se na različite ekološke uvjete. Brzo reagiraju na promjene u staništu te predmet su brojnih istraživanja (Battarbee i sur. 2001). Sastav vrsta i njihova brojnost u ovisnosti je o osvjetljenju, količini otopljenog kisika, temperaturi, pH, salinitetu, koncentraciji hranjivih soli i mineralnom sastavu okoliša kojeg nastanjuju (Reitz i Shackley 2012). Brojni radovi potvrđuju njihov 'odgovor' na promjenu fizikalno-kemijskih parametara, poput pH (Birks i sur. 1990, Cumming i sur. 1992) i temperature (Richardson i sur. 2000, Korhola i sur. 2000), te kemijsko-bioloških, poput zagađenja (Dixit i sur. 1992, Reavie i Smol 1998) ili dostupnosti nutrijenata (Smol i Stoermer 2010, Tropea i sur. 2011). Već od samog početka 20. st. nastoji ih se povezati s antropogenim utjecajem (Kolkwitz i Marsson 1908). Diatomeje omogućuju i razlikovanje matičnog od donesenog materijala jer lokalne dijatomeje se, za razliku od donesenih, odlikuju manjim udjelom vrsta sa strganim ljušturicama (Reitz i Shackley 2012).

## Okučene amebe

Okučene amebe su protisti koji spadaju u koljeno Sarcodaria, podkoljeno Sarcodina, razred Rhizopoda (Scott i sur. 2001). To su jednostanični mikroorganizmi, veličine uglavnom od 20-200  $\mu\text{m}$  s citoplazmom 'zatvorenom' u diskretnu 'kućicu' (otuda i ime). U palinološkim preparatima najčešće su silikatne okučene amebe, tj. rodovi: *Assulina*, *Campascus*, *Corythion*, *Cyphoderia*, *Euglypha* (uključujući i *Paraeuglypha*), *Heleopera*, *Lesquereusia*, *Nebela*, *Paulinella*, *Placocista*, *Quadrullela* (uključujući i *Paraquadrula*), *Sphenoderia*, *Tracheleuglypha* i *Trinema* (Douglas i Smol 2001). Okučene amebe su uobičajenijih protisti cretova s brojnošću koja ide i do  $16 \times 10^6$  jedinki po  $\text{m}^2$  ili biomasom od 1g po  $\text{m}^2$  (Heal 1962). Međutim, moguće ih je naći na različitim staništima, od jezera i obala rijeka do pustinjskih predjela (Tolonen 1985). Dobri su indikatori okoliša iz nekoliko razloga: brojne su vrstama i raznolike u izgledu, zahvaljujući vrhovnoj poziciji u mikrobnom hranidbenom lancu značajni su pokazatelji disturbancije, većina vrsta je kozmopolitski rasprostranjena, specifična morfologija 'kućice' olakšava određivanje vrsta, a zahvaljujući prezervacijskom potencijalu relativno su česte u sedimentu (Bonnet 1973, Charman i sur. 2000, Gilbert i sur. 1998, 2000). Okučene amebe korisne su u smislu utvrđivanja promjene hidrološkog režima ili pH vrijednosti na staništu, kao i zagađenosti tla ili voda teškim metalima (Charman i Warner 1992, Gilbert i sur. 1998, Foissner 1999 i Mitchell i sur. 2003). Njihove populacije kontrolirane su fizičkim parametrima, poput svjetlosti, vlažnosti, temperature te izvora minerala za izgradnju 'kućica' (Booth 2002, Charman i sur. 2000, Heal 1962, Meisterfeld 1977, Mieczan 2010). Ipak, vlažnost i pH supstrata se čini kao najvažniji među njima (Charman i sur. 2000). Lamentowicz i Mitchell (2005) utvrdili su tri ekološke grupe okućenih ameba: a) duboko vodeno lice i niski pH, b) nisko vodeno lice i niski pH, c) srednje duboko vodeno lice i visoki pH. Dobri su indikatori i za promjenu trofičkog stanja sustava (Schönborn 1962).

## Kolnjaci

Kolnjaci (razred Rotatoria) su mikroskopski višestanični organizmi (Habdija i sur. 2004), veličine 60–250  $\mu\text{m}$  (Dodds 2002). Opisano je otprilike 1.800 vrsta, od kojih 90% nastava slatkovodne sustave (Habdija i sur. 2004). U sfagnumskim cretovima, 97% svih vrsta kolnjaka se mogu naći jedino u površinskom sloju do 5 cm dubine (Bateman and Davis 1980). Pejler i Berzins (1993) su, istražujući oligotrofne cretove, zabilježili 328 vrsta, od kojih 20 do 30 dolazi praktički isključivo na ombotrofnim staništima. Iako su načini razmnožavanja kolnjaka složeni, trajna jaja s debelom ljuskom su ta koja se najčešće očuvaju i učestalo nalaze u palinološkim



uzorcima, iako se rijetko uključuju u paleoekološke analize. Neka istraživanja ukazuju da antropogeni utjecaj smanjuje pojavnost trajnih jaja vrste *Trichocerca cylindrica* (Müller 1970) ili oprezno dovode u vezu pojavu trajnih jaja vrste *Anuraeopsis fissa* s porastom temperature vode (Ralska-Jasiewiczowa i van Geel 1991). Ipak, dodata istraživanja su potrebna da bismo ih mogli koristiti kao kvalitetne paleookolišne indikatore (van Geel 2001).

### Rakovi

Na svijetu je opisano oko 35.000 različitih vrsta rakova (Habdija i sur. 2004), od čega oko 4.000 vrsta nalazimo u slatkovodnim ekosustavima (Covich i Thorp 1991). Integumentnu funkciju obavlja hitin-proteinska kutikula ojačana kalcijevim karbonatom i fosfatom (Habdija i sur. 2004), zbog čega u fosilnim nalazima često nalazimo dijelove egzoskeleta poput ticala (samo kod Copepoda), štitnika glave (samo kod Cladocera), čeljusti (mandibule), itd. Te dijelove je ponekad moguće, i to samo do određene razine, precizno odrediti (Korhola i Rautio 2002). Neke grupe slatkovodnih rakova zazauzimaju središnje mjesto u hranidbenom lancu i ekosustavu voda: veslonošci (Copepoda) i rašljoticalci (Cladocera) su ključni primarni potrošači u jezerima, a dekapodni rakovi su bitni svežderi u bentičkom hranidbenom lancu vodenih tijela. Slatkovodnih veslonožaca u svijetu je opisano oko 500-injak (Williamson 1991), neke vrste predstavljaju bitan element bentosa rijeka, jezera i podzemlja dok druge čine zooplankton jezera. Hitinske strukture rašljoticalaca imaju veći potencijal očuvanja od mekih tijela veslonožaca, što rezultira uobičajenim pomakom iz Copepoda-dominantnog vodenog stupca na Cladocera-dominirajući sloj sedimenta i fosiliziranog materijala - tj. u sedimentima veslonožci se uglavnom ne detektiraju (Rautio i sur. 2000).

### Dugoživci

Dugoživci (koljeno Tardigrada) je relativno mala skupina bezkralježnjaka prosječne veličine 200-500 µm, premda neke vrste jedva dosežu 50 µm, a neke premašuju 1 mm pa su vidljive i golim okom (McInnes 1994). Poznato je nešto više od 900 vrsta, međutim precizno određivanje često zahtijeva i prisustvo jajeta što ponekad onemogućava svrstavanje određenih jedinki u 'sigurne' vrste (Garey i sur. 2008). Dugoživce nalazimo ih na različitim staništima, svugdje gdje je slobodna voda prisutna - u mahovinama i lišajevima, listincu, zemlji i pijesku, na submerznom bilju, tepisima alga ili pak nastavaju akvatički bentos, slatkovodni ili morski (McInnes 1994, Garey i sur. 2008). Ostaci dugoživaca su učestali nepeludni palinomorfi u jezerskim jezgrama sedimenta, naročito u polarnom području ili na visokim nadmorskim

visinama (Gibson i sur. 2007, Cromer i sur. 2008). Jaja dugoživaca bitna su za precizno određivanje vrsta unutar rodova poput *Dactylobiotus*, *Macrobiotus*, *Minibiotus*, *Paramacrobiotus*, *Ramazzottius* itd., ili grupa vrsta poput ‘furciger’, ‘harmsworthi’, ‘hufelandi’, ‘richtersi’, itd. (Ramazzotti and Maucci 1983, Bertolani and Rebecchi 1993, Biserov 1998, Claxton 1998, Binda i Pilato 1999, Pilato i sur. 2002, Kaczmarek i sur. 2011, Kaczmarek i sur. 2012a, 2012b). Gibson i sur. (2007) i Cromer i sur. (2008) su pokazali da je dinamika populacije dugoživaca korisna u razumijevanju kolonizacije nekog područja te boljeg razumijevanja procesa eutrofikacije i klimatskih promjena. S obzirom da je ekologija brojnih vrsta dugoživaca, kao i geografska rasprostranjenost istih, uglavnom nepoznata, ova skupina pruža tek ograničenu informaciju o paleooklolišnim uvjetima. Ipak, dobro očuvana jajašca u mladim sedimentima mogu biti korisno oruđe u rukama paleontologa - npr. rodovi *Dactylobiotus* i *Murrayon* upućuju na prisutstvo slatkovodnih staništa, a *Richtersius coronifer* na suhe ili vrlo suhe okolišne uvjete (Jankovská i sur. 2016).

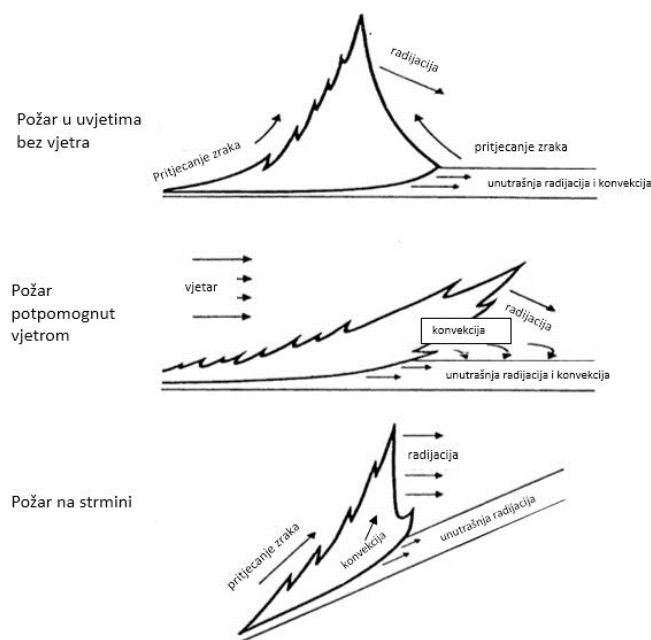
### 2.3.3. Pougljenjeni mikro- i makro- ostaci kao alat za razumijevanje okolišnih promjena

Vatra je važan čimbenik brojnih svjetskih ekosustava, a požari često imaju značajan okolišni utjecaj, npr. atmosfersko zagađenje, destrukcija biljnog pokrova, erozija tla, itd. Procjena je da prirodnim uzrokom izazvani požari godišnje sagore osam milijardi tona biljnog pokrova, prijeteći s jedne strane opstanku nekih vrsta, ali i otvarajući stanište za prodor nekih drugih, novih. Prirodni su požari najčešće izazvani munjama, vulkanskim erupcijama ili udarima meteorita, a tijekom holocena nameće se čovjek kao čimbenik u sve češćem izazivanju požara (Scott i sur. 2000). Pougljenjeni biljni ostaci dobivaju prefiks *mikro-* ukoliko su manji od 100 µm, odnosno *makro-* ako su veći od 100 µm. Mikročestice ugljena indikativne su za ekstralokalne i regionalne požare, dok su makročestice ugljena ne transportiraju daleko od izvora požara (Whitlock i Larsen 2001). Model ponašanja vatre prema van Wagner (1969) i Johnson (1992) preuzet je iz Moore i sur. (2000) i prikazan na Slici 2. Rekonstrukcija procesa opožarivanja najčešće se izvodi iz:

- a) prisutstva čestica ugljena kao izravnog dokaza gorenja
- b) peludnih dokaza o promjenama vegetacije koje mogu biti u tijesnoj vezi s požarom
- c) litoloških dokaza, poput erozije ili vatrom utjecanih minerala

Rata akumulacije čestica ugljena ovisi o karakteristikama požara (veličina opožarene površine i intezitet požara) i oblicima transporta istih. Pyne i sur. (1996) su utvrdili da požari niskog intenziteta (nisko oslobađanje topline po jedinici vremena) produciraju značajnu količinu

čestica zbog niske učinkovitosti izgaranja. S druge strane, Ward i Hardy (1991) su utvrdili da su veće čestice ugljena karakteristične za intenzivne požare koje turbulentni vjetrovi, uslijed gorenja, premještaju izvan zone izgaranja. Gedye i sur. (2000) ukazuju da je magnetska susceptibilnost također utjecana požarima, tj. osjetljivošću na temperaturu (Marmet i sur. 1999) pri čemu vrijedi pravilo da što je viša temperatura, to je izraženija vrijednost magnetske susceptibilnosti (Brodard i sur. 2012). Kako su vrhunci krivulje čestica ugljena u peludnom dijagramu rezultat deponiranja čestica tijekom požara, ali i nakon požara, te su porijeklom primarnog ili sekundarnog izvora, nije lako analizom precizno utvrditi jačinu, veličinu i trajanje požara, ali su vrijedan alat u pokušaju interpretacije paleookoliša.



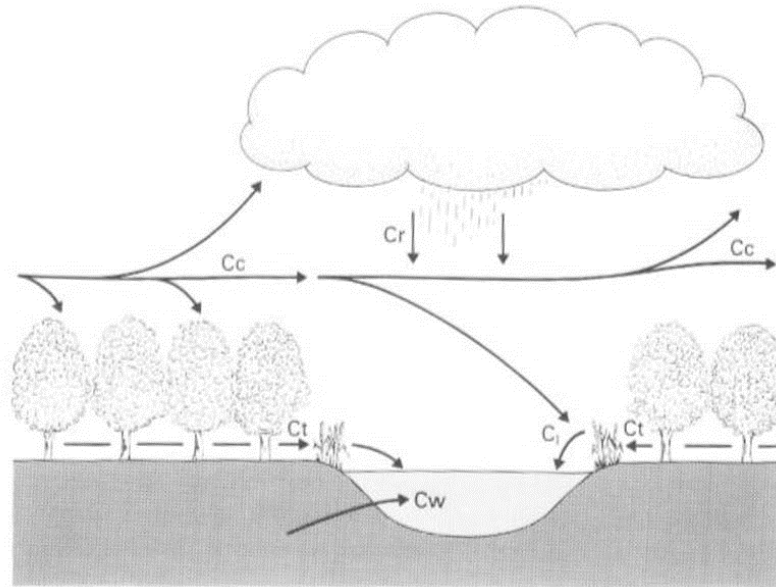
Slika 2. Ponašanje vatre prema van Wagner (1969) i Johnson (1992) (preuzeto iz Moore i sur. 2000).

Podaci o česticama ugljena se prezentiraju kao rata akumulacije čestica ugljena (eng. *charcoal accumulation rates*) ili postotak u odnosu na peludni zbroj (eng. *percentage of the pollen sum*) ili omjer u odnosu na peludni zbroj (eng. *ratio of the pollen sum*).

## 2.4. MODELI DISPERZIJE PELUDA

U bilo kojem području bogatom nataloženim peludom bitno je u obzir uzeti izvor peludnih zrnaca, vektore prijenosa kao i biotičko-abiotičke parametre koji utječu na očuvanje/fosilizaciju peludnih (i ne peludnih) palinomorfa. Prema Tauber (1965) i Moore i sur. (1991) komponente koje utječu na palinofloru nekog područja su sljedeće (Slika 3):

1. Komponenta promjera stabla (eng. *Trunk space component* - Ct) - odnosi se na pelud koji na tlo pada iz krošnje stabla ili je porijeklom od grmlja i zeljastog bilja koje raste podno same krošnje istog. Takvi palinomorfi su pod utjecajem zračnih kretanja ispod krošnje, ali se uslijed naleta vjetra mogu izdići iznad nje same i uključiti se u opće strujanje zraka. Brzina kretanja zraka podno krošnje izraženija je od one u samoj krošnji (zbog otpora lišća) pa se nešto peluda, ukoliko se krošnja drveta nalazi uz mjesto pogodno za očuvanje palinomorfa, primjerice cret ili jezero, akumulira nedaleko od samog debla, dakle odmaknuto (izmaknuto) od stabla, iako najveća količina završi na tlu (tj. podno same krošnje).
2. Komponenta krošnji (eng. *Canopy component* - Cc) – odnosi se na pelud koju zahvate zračna strujanja iznad krošnje i čije se dio, uslijed termalnog izdizanja zračnih masa, transferira visoko u troposferu i na velike udaljenosti (Hirst i sur. 1967). Dio tog peluda može se akumulirati i na obližnjem cretu ili jezeru samo ako su ta staništa dovoljno velika da ih zahvati transport peluda na velike udaljenosti.
3. Komponenta kiše (eng. *Rain component* - Cr) – odnosi se na pelud u troposferi koja služi kao jezgra za formiranje vodenih kapi, pri čemu kiša koja tako nastane dodatno, pri padu, prikuplja peludna zrnca uklanjajući vjerojatno glavninu peluda iz atmosfere.
4. Lokalna ili komponenta gravitacije (eng. *Local or gravity component* - Cl) – odnosi se na pelud hidrofita, helofita i amfibijskih vrsta biljaka, odnosno priobalne vegetacije (jezero) ili za cret specifičnih vrsta za koje se s pravom očekuje da će deponirati većinu peludnih zrnaca (ili spora u slučaju paratnjača i mahovima) upravo u sediment staništa kojeg nastavaju (jer je ono mjesto pogodne akumulacije palinomorfa). U ovu skupinu biljaka valja ubrojiti vrste iz porodica Cyperaceae (šaševi), ponekad i Poaceae (trave poput roda *Glyceria* ili *Phragmites*) te mahovinske vrste roda *Sphagnum*, itd.
5. Drugotna ili komponenta ispiranja (eng. *Secondary or inwashed component* - Cw) – odnosi se na pelud koji je u neki sustav unesen vodotokom ili erozijom. Ukoliko je u određeni sustav (primjerice vodotokom) unesen pelud (onaj koja nije bio prethodno ukomponiran u sediment) s neke druge lokacije, poveća se udio nelokalne komponente. To, međutim, sa stanovišta proučavanja promjena u vegetacijskom pokrovu šireg regionalnog područja ne uzrokuje nikakvu poteškoću u interpretaciji povijesti vegetacije. Ipak, ukoliko uslijed erozije sedimenta dođe do mobiliziranja palinomorfa iz starijih/mlađih geoloških slojeva, nastupa problem u interpretaciji paleookoliša.



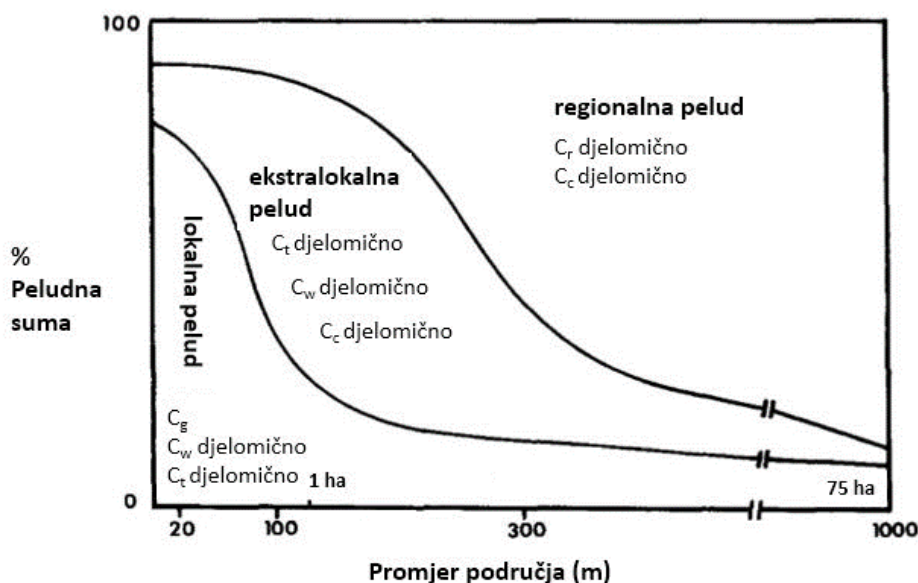
Slika 3. Komponente koje utječu na palinofloru nekog područja, taloženjem palinomorfa u jezeru ili cretu (preuzeto iz Moore i sur. 1991)

## 2.5. IZBOR PODRUČJA ZA PALEOVEGETACIJSKA ISTRAŽIVANJA

Područje izvora peluda (eng. *pollen source area*) se definira kao zona iz kojeg dolazi određeni udio peluda koji se akumulirao na području uzorkovanja. Iako arbitrarna, ta vrijednost u paleovegetacijskim istraživanjima najčešće iznosi 70%. Za gusti sklop krošnja istraživanja pokazuju da glavnina peluda ne padne dalje od 20-30 m od svog izvora (Andersen 1970, Bradshaw 1981). To je navelo Jacobsona i Bradshawa (1981) da ovisno o udaljenosti akumuliranog peluda (ili područja uzorkovanja) od mjesta njihovog izvora (biljaka koje ga produciraju) razlikuju:

- a) lokalni pelud – koji dolazi s udaljenosti do 20m
- b) ekstralokalni pelud – kojemu je izvor od mjesta uzorkovanja/akumulacije između 20 m i nekoliko stotina metara
- c) regionalni pelud – koji dolazi s udaljenosti veće od nekoliko stotina metara

Za područje akumulacije od 1 ha karakteristična je dominacija lokalnog i ekstralokalnog peluda (Currier i Kapp 1974, Jacobson 1979), dok je za područja površine oko 5 ha ili više karakteristična dominacija regionalnog peluda (Jacobson i Bradshaw 1981, Slika 4).



Slika 4. Povezanost veličine područja akumuliranja palinomorfa i udjela lokalnog, ekstralokalnog i regionalnog peluda i spora u istraživanom sedimentu (preuzeto iz Jacobson i Bradshaw 1981)

Za područje južne Švedske, Prentice i sur. (1987) su izračunali da 70% peluda u istraživanim malim i srednje velikim jezerima dolazi s udaljenosti od 30-50 km. Ipak, Sugita (1994) matematički dokazuje dobru koreliranost peluda i abundancije biljaka i pri 30-45% obuhvaćenog područja izvora peluda (naspram favoriziranih 70%). Dakle, relevantno područje izvora podataka, dakle ono izvan kojeg malo dodatnih podataka o linearnoj povezanosti peluda i abundancije biljaka možemo dobiti iznosi:

- za polumjer bazena  $r=2$  m relevantna udaljenost biljaka od ruba bazena je 50-100 m
- za  $r=50$  m, relevantana udaljenost biljaka od ruba bazena iznosi 300-400 m
- za  $r=250$  m relevantna udaljenost biljnog pokrova od ruba bazena iznosi 600-800 m

Iako s navedenih udaljenosti dolazi 30-45% ukupnog peluda, to je dovoljno da se objasni lokalni vegetacijski sastav vrsta.

### Cretovi

Cretovi (engl. *mires* ili *peatlans* 'u užem smislu') su vlažna staništa karakterizirana nakupljanjem treseta - nepotpuno razgrađenih, većinom biljnih dijelova (listovi, stabljike, korijenje, ostaci debla, s velikim udjelom mahovina i često naglašenom važnošću roda *Sphagnum* – mah tresetar) koji se nakupljaju na samom mjestu svog nastanka, tj. sedentarno

(Rydin i Jeglum 2006). Naslage treseta nastaju, dakle, kao rezultat akumulacije organskog materijala, uglavnom biljnog porijekla, u slučaju kada rata produkcije organske tvari u biljnoj zajednici nadmašuje stopu biljne respiracije, potrošnje materijala utroškom od strane biljoždera i mikrobne razgradnje (Moore 1987). Na temelju hidrološkog režima cretove možemo podijeliti na ombrogene i minerogene. U uvjetima povećane vlažnosti (npr. oceanska klima) ili kada niske temperature značajno smanje evaporaciju (i indirektno transpiraciju), moguć je nastanak treseta koji nije podzemnom vodom pod utjecajem mineralnog sastava bazične podloge supstrata. Takav cret izoliran je od matične podloge te se 'hrani' samo oborinskom vodom – ombrogeni cretovi (Moore i sur. 1991). U uvjetima viših temperatura i manje količine padalina, cretovi su uglavnom ograničeni na udoline, te su podzemnom vodom u trajnom kontaktu s mineralnim sastavom matičnog supstrata na kojem se razvijaju. To su minerogeni cretovi koje možemo podijeliti na (Rydin i Jeglum 2006).:

- a) topogene – ravne, kod kojih je voda prisutna statički, kao rezultat samog položaja creta, npr. u poplavnoj ravnici ili udolini
- b) soligene – nagnute, sa protokom tekuće vode kroz sam treset ili po površini supstrata
- c) limnogene – uz jezera, rijeke ili kanale koji periodički plave okolno područje

Jedno od najvažnijih svojstva cretova, u smislu njihovog razvoja i funkcije, jest da su takva staništa diplotelma, dakle razlikujemo dva sloja s drugačijim fizikalno-kemijskim svojstvima i stopom biološke razgradnje (Ivanov 1981, Ingram 1983): akrotelm i katotelm. Akrotelm je aerirani, 'aktivni sloj', koji zauzima položaj iznad najniže razine vodnog lica na staništu i u kojem su prisutne oscilacije u visini vodnog stupca. Ispod tog sloj nalazi se katotelm, trajno potopljen i anoksični, 'neaktivni sloj', uglavnom humificiraniji i tamniji u odnosu na akrotelm. U akrotelmu su prisutni procesi razgradnje palinomorfa, u katotelmu su oni konzerviraju. Na katotelmu otpada glavina volumena creta (Moore i sur 1991).

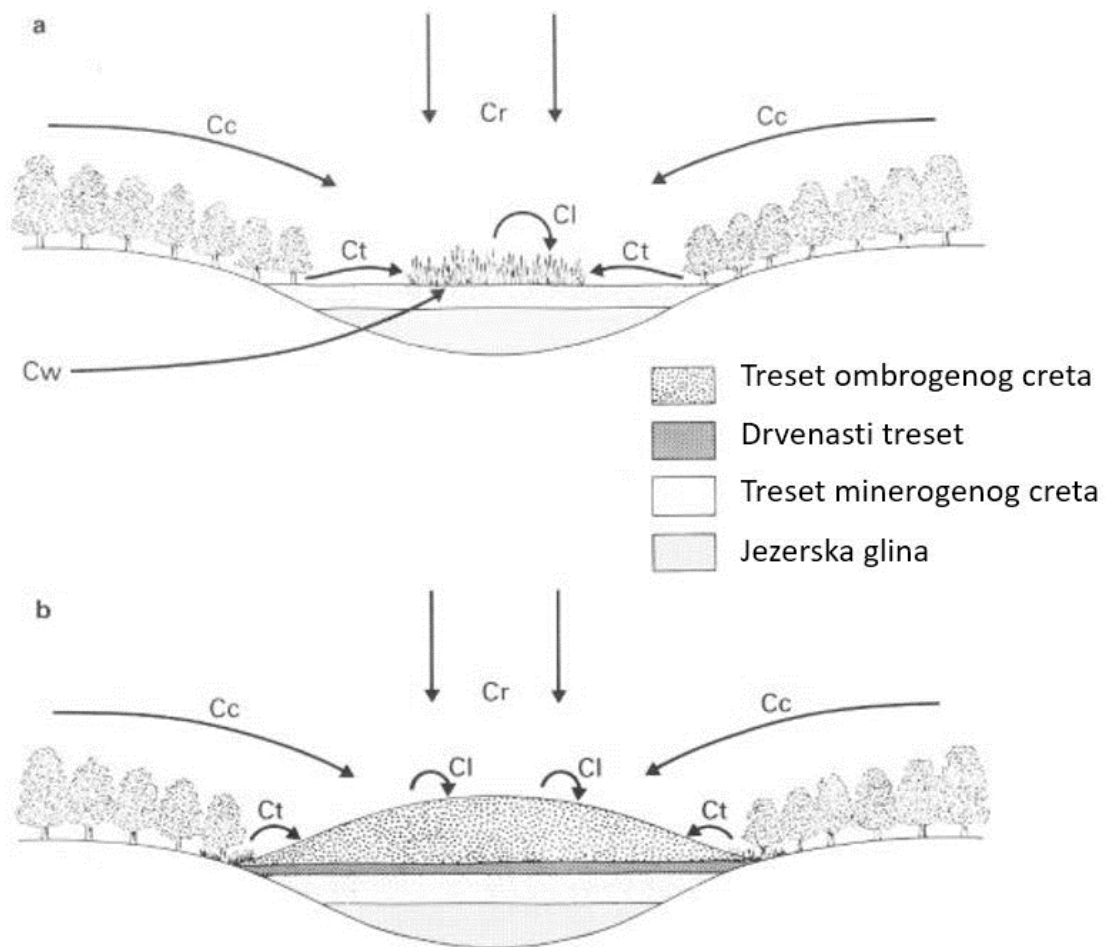
Na temelju produktivnosti creta i dostupnosti nutrijenata cretove možemo podijeliti na:

- a) oligotrofne
- b) mezotrofne
- c) eutrofne

U kategoriju oligotrofnih cretova, a na temelju hidrološkog režima, redovito ulaze ombrogeni i počesto minerogeni cretovi niskog pH. Doduše, poznati su slučajevi oligotrofije i kod minerogenih cretova s visokom vrijednošću pH, ukoliko su bogati kalcijevim ionima, jer tada

fosfor postaje praktički nedostupan nutrijent uslijed formiranja slabo topljivih kalcijevih fosfata (Rydin i Jeglum 2006).

Sve komponente disperzije peluda prisutne su na minerogenim cretovima (Slika 5): komponenta promjera stabla (Ct), komponenta krošnji (Cc), komponenta kiše (Cr), komponenta lokalnosti (Cl), ali i, najčešće u manjoj mjeri, komponenta ispiranja (Cw). U ombotrofnim cretovima, zbog izolacije od matične podloge, ne postoji komponenta ispiranja (Cw) što olakšava palinološku analizu i interpretaciju.



Slika 5. Disperzija peluda i spora u minerogenom (gornji prikaz) i ombotrofnom (donji prikaz) cretu (preuzeto iz Moore i sur. 1991)

Tijekom dužeg geološkog razdoblja geomorfološke, topografske ili sukcesijske promjene mogu modificirati značaj pojedinog oblika disperzije peluda (Moore i sur. 1991). Također, ovisno o veličini samog recipijentnog bazena (Prentice i sur. 1987, Sugita 1994) ovisi koja komponenta disperzije će najviše pridonijeti palinoflori nekog područja i sukladno tome hoće li prevladati lokalni (ekstralokalni) ili regionalni elementi. U cretovima se odvija, uslijed promjene visine



vodnog stupca u akrotelmu, uzdizanje-spuštanje peludnih zrnaca (Clymo i McKay 1987), ali takva kretanja se općenito odvijaju unutar jednog desetljeća (Clymo 1973) i ne utječu na analizu poduzorka sedimenta koji su rezultat višedesetljetnog akumuliranja treseta. Jasno razlikovanje lokalne komponente na cretovima je otežano, jer neke svojite, poput trava (Poaceae), mogu biti lokalnog karaktera (npr. beskoljenka - *Molinia caerulea* koja zaraštava cret ili trska - *Phragmites communis* koja pripada močvarnoj vegetaciji) i regionalnog (razne arenateretalne svojite trava koje dolaze na livadama u širem okruženju creta), a slično je i sa šaševima (Cyperaceae) koji su vrstama i pokrovnošću često brojni na cretovima, ali isto tako mogu biti bitan element prizemnog sloja šume i u tom slučaju pripadati ekstralokalnom elementu.

U tresetnim profilima nalaze se fosilizirane strukture mikroskopske (spore, peludna zrnca, ciste algi, itd.) i/ili makroskopske (biljni ili životinjski organi, cijeli organizmi) veličine, kao i različiti arheološki ostaci. Te strukture su ondje *in situ* ili su pak doneseni vjetrom, vodom, životinjama, itd. (Rydin i Jeglum 2006), a zahvaljujući njihovoj dobroj prezervaciji na tresetištima, Godwin (1981) im je nadjenao naziv „tresetna arhiva“ (eng. *peat archive*). Paleoekološka istraživanja na cretovima najčešće uključuju, uz praćenje povijesti vegetacije, sljedeće analize (Joosten i Clarke 2002) :

- a) detaljnu rekonstrukciju života ljudi
- b) analizu intezitete vulkanskih erupcija
- c) mjerenje atmosferskog taloženja teških metala
- d) mjerenje atmosferskog taloženja dušika
- e) procjenu atmosferske količine ugljičnog dioksida
- f) praćenje klimatskih promjena
- g) s klimatskim promjenama povezanog osciliranja inteziteta sunčevog zračenja

### Jezera

Pogodna vodena tijela za peleoekološke interpretacije. Većina materijala koja se taloži u jezeru najčešće je alohtoni materijal, donesen tekućicama koja se ulijevaju u njega. Dio peluda do površine jezera stiže nošen vjetrom, dio peluda sa površine tla ili iz zemlje vodotocima (ukoliko se neki potok ili rijeka ulijeva u jezero) bude unesen u površinski stupac jezerske vode sa područja pripadajućeg sliva, a dio je rezultat peludne kiše. Naravno, dio peludnog materijala rezultat je produkcije biljnih vrsta što rastu kao plivajuća ili zakorjenjena vegetacija u samom jezeru, odnosno amfibijskih vrsta uz sam njegov rub. Jezera variraju u volumnu zapremine,

veličini vodnog sliva, topografiji, geologiji, količini nutrijenata i sve te karakteristike utječu na uzorak peludnog priljeva (eng. *pollen influx*) i sedimentaciju. Periodi u kojima nastupa resuspenzija i redepozicija peluda korespondiraju s izotermijom jezera (nestaje termalna stratifikacija vodenog stupca što, u slučaju umjereno dubokih jezera, rezultira miješanjem vode epilimnija i hipolimnija) koja je karakteristična za holomiktička jezera (monomiktička jezera – izotermija jednom godišnje, dimiktička jezera – izotermija dva puta godišnje, polimiktička jezera – izotermija je učestala tijekom cijele godine). Dodatnu komplikaciju predstavlja erozija koja je izraženija u plićoj vodi uz rub jezera, međutim, zbog redepozicije materijala sedimentacija je naglašenija u dubljoj vodi. Navedeni procesi ujednačavaju sediment, a time i sastav palinomorfa, što smanjuje rezoluciju u uočavanju promjena u vegetaciji koja bi se mogla postići bliskim uzorkovanjem jezgri sedimenta. Općenito, paleoekološki najinformativnija su meromiktička jezera (takva u kojima nikada ne dolazi do miješanja čitavog stupca vode, zbog dubine izotermija vodnog stupca nije moguća) u kojima izostaje resuspenzija materijala, a sediment pokazuje jasnu laminiranu strukturu – tamnija područja sedimenta bogatija su organskom tvari što je povezano sa kasnojletnom i jesenskom 'cvatnjom' fitoplanktona, dok svjetlija područja uglavnom odgovaraju kalcijevom karbonatu (vapnencu) deponiranom u proljeće. Takva godišnja 'tamno-svijetla' zonacija korisna je u procjeni stope sedimentacije, ali i korisna u procjeni skale starosti. Kod jezerskih sedimenata je uglavnom lakše razlikovati lokalni elemente vegetacije nego u cretova, a mala jezera, premda u akumulaciji peluda utjecana komponentom promjera stabla (Ct) i komponente gravitacije (Cl), zbog učestalog donosa palinomorfa vodotocima bolje odražava regionalnu komponentu peluda nego cret istog promjera (Moore i sur 1991).

#### Jarci, rovovi, šanci

Zbog male površine korisna, premda limitirano, za interpretaciju isključivo lokalnih paleoekoloških procesa i nešto podesnija za okolišnu arheologiju. Kako su navedene strukture artificijalnog podrijetla i često izloženi popravcima ili urušavanju, zbog učestale erozije formiranje peludnog stratigrafskog uzorka najčešće je onemogućeno. Međutim, u nedostatku primjerenijih staništa za uzorkovanje (jezera i cretovi), valja se i na takve tipove staništa osloniti (Moore i sur 1991).

## Tlo

Relativno loš medij za paleoekološka istraživanja. Peludna zrnca na tlu izložena su mehaničkim oštećenjima, ali i fizikalno-kemijskim procesima koji otežavaju njihovo očuvanje. Zahvaljujući biocenozi tla česta su vertikalna miješanja palinomorfa (Walch i sur. 1970) te je zonacija najčešće poremećena. Ipak, Erdtman (1943) i Dimbleby (1957) su demonstrirali da neki tipovi tla mogu biti dovoljno bogati peludnim materijalom, ukoliko je njihov pH niži od 5. Ukoliko je pH tla 6 ili je tlo još bazičnije, tada dobra očuvanost peluda i spora nije moguća. U slučaju istraživanja tla travnjaka, fitoliti kao silikatne inkrustacije koje se međusobno razlikuju ovisno o grupi trava više no peludna zrnca istih, mogu biti informativna po pitanju zastupljenosti pojedinih skupina. Procjeđivanje peluda kroz tlo odvija se procijenjenom brzinom od 10 cm u 300 godina (Dimbleby 1985), međutim to je u ovisnosti o stavu i teksturi tla, vodozračnom kapacitetu tla itd., kao i tipu peludnih zrnaca. Uz potrebitu opreznost, moguće je interpretirati peludne dijagrame tla, unatoč svim prethodno navedenim izazovima (Moore i sur. 1991).

## Humus crnogoričnih šuma i vriština

Mor je vrsta humusa karakteristična za crnogorična šume i vrištine. Ovaj tip humusa nastaje pod uvjetima niske biološke aktivnosti u tlu. Mineralizacija organske tvari polako napreduje stvarajući slojeve u koji je struktura organskog materijala, najčešće biljnog, sačuvana. Mineralizacija je usporena najvjerojatnije zbog visokog udjela polifenola u takvom supstratu i slabe aktivnosti mikroba (Davis i sur. 1964). Ipak, gljive kiselih staništa, kao i beskralježnjaci, sudjeluju u transformaciji biljnih ostataka. U takvim okolnostima stvara se sloj velike debljine. C/N omjer mor humusa je uvijek viši od 20 ili čak 30-40, dok je pH niski. Unutar ove kategorije humusa Stochkmarr (1975) razlikuje *copromor* – mrvljiv humus koji je prošao kroz probavni sustav kolutićavih coelomata (kolutićavci i člankonošci) te *mycomor* koji je tvrdi i žilaviji te bogat hifama gljiva. Potonji se obično razvija u sastojinama u kojima dominira bukva (*Fagus* spp.), vrijes (*Calluna* spp.) te, možda, božikovina (*Ilex* spp.) Profili humusa, kao kratki odsječci sedimenta, osvjetljavaju samo trenutne lokalne paleoekološke uvjete, područja kojeg promjer dosega rijetko kada prestiže 60 m, međutim analizom više profila unutar crnogorične šume, makar svaki bio limitiran relativno malim 'dosegom', puno se zanimljivih informacija o vegetacijskoj povijesti šume može saznati. Bradshaw (1988) ističe vrijednost jezgri humusa u pokušaju interpretacije ljudskog upravljanja šumskim resursom.

### Sedra (tufa)

To su kalcijevim karbonatom bogati sedimenti, najčešći u krškim vodotocima, čiji rast pospješuju cijanobakterije, alge, mahovine (Pentecost 1978). U takvim sedimentima nerijetko se nađu i peludna zrnca, koja bivaju očuvana zahvaljujući konstantnoj uronjenosti u vodu i hipoksično/anoksičnim uvjetima. Međutim, zbog nerijetko brzog rasta sedre, pelud je prisutan najčešće u niskoj koncentraciji. Zbog stratificiranosti, mogu biti kvalitetan izvor podataka o paleookolišnim uvjetima (González-Amuchastegu i Serrano 2015.) Kako se sedra uglavnom formira u gornjem, izvorišnom dijelu vodotoka, a učestalo i na samom izvoru relativno malog promjera, pelud koja se ugrađuje u takav tip sedimenta najčešće dolazi od krošnji drveća ili biljaka koje rastu neposredno uz sam izvor (Ct i Cl disperzijska komponenta), ali moguća je i ugradnja ispranog peluda (Cw disperzijska komponenta) u sediment te stoga profil sedre reflektira naglašeno lokalnu sekvencu vegetacijske povijesti. Pad u količini stvorene tufe zamijećen je u razdoblju holocena kao posljedice antropogenog utjecaja (Gonzalez Martin i Rubio 2000, Guendon i sur. 2003)

### Aluvijalni sedimenti

Ovo je često važan izvor materijala za palinološku analizu i s njom povezanu rekonstrukciju vegetacijskog pokrova. Općenito, aluvijalni segment je anorganski (iako udio anorganske/organske komponente značajno varirao ovisno o prirodi supstrata koji erodira u slivnom području). Burrin i Scaife (1984) kao i Moore (1984) su pokazali kako vlažnija klima ili destrukcija vegetacijskog pokrova mogu povećati stopu sedimentacije. Najveći izazov u interpretaciji peludnih dijagrama dobivenih analizom jezgri aluvijalnog sedimenta tiče se pretaloženih i erodiranih palinomorfa. Fizički transport peludnih zrnaca u anorganski materijal praćen je fizičkim oštećenjima poput gužvanja i preklapanja, a pelud na površini tla vodonosnika izložena je oksidaciji i mikrobnjogradaciji. Ipak, ponekad su aluvijalni nanosi kvalitetno stratificirani i premda zbog pretaloživanja palinomorfa ne omogućuju preciznu interpretaciju podataka, mogu biti informativni u domeni praćenja općih trendova u vegetacijskom pokrovu.

### Prapor (les)

Prapor ili les je pjeskoviti, vjetrom nanešen materijal karakterističan za stepe, a lijepi primjer su takva područja u Panonskoj ravnici, kao i na zapadu Europe. Lesna zavalna na području Mađarske najduže je istraživana unutar čitavog Karpatsko bazena - počeci istraživanja sežu u

sredinu 19. st. (Wolf 1867), s lesnim slojem koji je u glavnini formiran tijekom razdoblja posljednjeg ledenog doba (van Meerbeek i sur. 2009) ili posljednjeg permafroznog maksimuma (Vandenberghe i sur. 2014). Pelud je u takvom tipu sedimenta obično prisutan u niskim koncentracijama te je kod pripreme preparata bitno kvalitetno ukloniti silikate fluorovodičnom kiselinom (Moore i sur. 1991). Brojni autori naznačuju da je razdoblje od kasnog ledenog doba do srednjeg holocena vrijeme formiranja tla na prapornoj podlozi (Kuhn 2003, Dreibrodt i Bork 2005, Reiß i sur. 2009), s prevladavajućim černoizjemom u Europi tijekom faze atlantika ili u kasnom holocenu (Alexandrovsky i Chichagova 1998, Eckmeier i sur. 2007).

### Spilje

Disperzija peludnih zrnaca i spora u spiljskom sustavu i očuvanje palinomorfa u sedimentima spilja i pećina još uvijek je obilježena brojnim nepoznanicama (Hunt i Fiacconi 2017). Ipak, poznato je da peludni materijal u spilje može biti unesen strujanjem zraka (Dimbleby 1985), te takav pelud sastavom odgovara peludnoj kiši (eng. *pollen rain*) karakterističnoj za šire područje ili je rezultat lokalne produkcije peluda i spora biljnih vrsta što nastavaju ulazni dio spiljskog sustava (Hunt i Fiacconi 2017). U transport peludnih zrnaca često su uključeni ljudi i životinje (Dimbleby 1985), poput kukaca, ptica i šišmiša (Hunt i Fiacconi 2017). Ukoliko voda protječe spiljskim sustavom, pelud iz šireg slivnog područja također može biti mineralizacijom 'zatočen' u stalagmitima (Moore i sur. 1991). S obzirom da su samo neke spilje poplavljene, pelud i ostali palinomorfi u većini njih su izloženi mikrobnoj i kemijskoj degradaciji (Hunt i Fiacconi 2017), zbog čega su peludna zrnca u sedimentima spilja rijetka ili prisutna u niskim koncentracijama. Guano u spiljama često može biti bogat entomofilnim peludom, ukoliko se šišmiši uglavnom hrane leptirima i pčelama, a spilje sjeverne Afrike bogate su izmetom ovaca, međutim općenito malo korisnih informacija se može dobiti analizom ovakvih sedimenata (Dimbleby 1985). Ipak, Martin (1973) upotrebljava naslage u spilji Australije za dokumentiranje vegetacijskih promjena izazvanih naseljavanjem Aboridžina u okolno područje.

### Ledenjaci

Kompaktni snijeg koji se nakuplja prelazeći postupno u led, formirajući ledenjak ili glečer, odlikuje se stratificiranim nanosima prašine i peluda. Sezonalne promjene u donosu peluda, kao i neuobičajene meteorološke pojave, poput pješčanih oluja koje nad područje Europe mogu donijeti i palinomorfe iz Afrike, moguće je detektirati upravo analizama leda. Na visokim

zemljopisnim širinama, koncentracije peluda su niske pa je potrebna značajno veća količina 'supstrata' za palinološku analizu (Fredskild i Wagner 1974).

### Izmet

Pelud u izmetu može biti dobar pokazatelj prehrambenih navika čovjeka ili životinja, kao i područja obitavanja istih (hranilišno područje). Izvori peluda u ljudskom probavilu su sljedeći (Schoenwetter 1974): a) iz hrane i pića, b) pelud transferiran između hrane, c) pelud koji je iz atmosfere 'uhvaćen' na prehrambenu namirnicu, d) inhaliran pelud progutan zajedno sa sluzi dišnog sustava. Ukoliko u izmetu dominira pelud entomofilnih vrsta, onda je vjerojatnost 'kontaminacije' uzoraka peludom iz atmosfere ili inhalacijom malo vjerojatna.

### Med

Predstavlja izvor peluda koji daje sliku o sastavu entomofilnih vrsta biljaka na području kojeg prelijeću pčele. Ipak, pronalazak fosiliziranog meda može biti rezultat trgovine između ljudskih zajednica, a ne nužno aktivnosti pčela na nekom području. Također, vjetrom nošen pelud lako se integrira na viskoznu površinu meda (Moore i sur. 1991).

## 2.6. TAFONOMSKI PROCESI

Pojam tafonomija skovan je sredinom 20. st., kao znanost o tranziciji životinjskih ostataka iz biosfere u litosferu (Efremov 1940), a kasnije je pojam proširen i na ostale skupine organizama. Pojednostavljeno, to je znanost o procesu kojim živi organizmi postaju fosilizirni (Behrensmeyer i Kidwell 1985), a obuhvaća:

- a) biostratinomiju - proces koji se odvijaju u razdoblju od uginuća - nekrolize, do uklapanja organizma u sediment
- b) dijagenezu - proces koji se odvijaju nakon uklapanja fosila u sediment.

Biostratinomija uključuje destruktivne procese koje prethode dijagenezi: fizičke (npr. mehanički lom), kemijske (npr. oksidacija) i biološke promjene (npr. truljenje). Postmortalni procesi ne završavaju biostratinomijom jer se i unutar sedimenta odvijaju kemijski procesi koji mogu otopiti ili promijeniti fosile, a ako su sedimenti mekani (glina, lapor) može nastupiti i plastična deformacija (Sremac 1999). Granica između biostratinomije i dijageneze nerijetko je arbitrarna (Fernández López 2000). Palinoflora nekog područja u ovisnosti je o produkciji palinomorfa, njihovom rasprostranjivanju, prezervacijskom potencijalu i sedimentaciji, dakle

tafonomskim procesima (Traverse 2007). Anemofilne svojte (oprašivanje vjetrom) najčešće produciraju znatno veći broj peludnih zrnaca po prašnici u odnosu na zoofilne-entomofilne svojte (oprašivanje životinjama, tj. kukcima) dok hidrofilne svojte (oprašivanje vodom) te autogamne svojte (samooprašivanje), poput nekih suvremenih žitarica, rijetko nalazimo 'evidentirane' u sedimentima (Tablica 1)

Tablica 1. Produkcijski potencijal peluda anemofilnih i entomofilnih biljaka (prema Erdtman 1969)

Svojta	Broj peludnih zrnaca po prašnici	Broj peludnih zrnaca po cvijetu	Broj peludnih zrnaca po resi	Indeks relativne produkcije peluda (cf. Fagus=1.0)
<i>Trifolium pratense</i>	220			
<i>Acer platanoides</i>	1.000	8.000		
<i>Malus sylvestris</i>	1.44-6.250			
<i>Calluna vulgaris</i>	2.000 tetrada			
<i>Fraxinus excelsior</i>	12.500			
<i>Secale cereale</i>	19.000	57.000		
<i>Rumex acetosa</i>	30.000	180.000		
<i>Juniperus communis</i>		400.000		
<i>Pinus sylvestris</i>		160.000		15,8
<i>Picea abies</i>		600.000		13,4
<i>Betula pubescens</i>			6.000,000	
<i>Alnus glutinosa</i>			4.500,000	17,7
<i>Quercus robur</i>		1.250,000		
<i>Fagus sylvatica</i>				1,0
<i>Quercus petraea</i>				1,6
<i>Carpinus betulus</i>				7,7
<i>Betula pendula</i>				13,6
<i>Corylus avellana</i>				13,7
<i>Tilia cordata</i>				13,7

Prezervacija peludnih zrnaca spora u ovisnosti je o postojanju - odsutstvu eksine, tj. debljini eksine/količini sporopolenina koja je uložena u vanjsku stjenku peluda i spora. Nepostojanje eksine uočeno je u nekih vrsta kritosjemenjača unutar porodica morskih cvjetnica: Hydrocharitaceae (Pettitt 1980) i Cymodoceaceae (McConchie i sur. 1982, Pettitt i sur. 1984). Pojedine vrste unutar porodica Callitrichaceae (Martinsson 1993), Strelitziaceae (Rowley i sur.1997), Lauraceae (van der Merwe i sur. 1990) ili Musaceae (Faegri i Iversen 1989) imaju pak iznimno tanku eksinu zbog čega su sve prethodno navedene svojite izuzetno rijetko možemo naći fosilizirane. Kako poentira Traverse (2007) „da je ta lovoropalidna tendencija (malo sporopolenina u eksini) prevladala, palinologija kenozoika ticala bi se više dinoflagelata nego što je to slučaj“. Međutim, eksperimentalna oksidacija dinoflagelatnih cista također je pokazala razliku u prezervacijskom potencijalu otpornog dinosporina. Peridoidne ciste se oksidacijom puno lakše uništavaju od cisti s nastavcima (Hopkins i McCarthy 2002). S malim udjelom sporopolenina ističu se među papratnjačama preslice (rod *Equisetum*), a od drveća unutar kritosjemenjača topole (rod *Populus*) te su te svojite često podzastupljene u analiziranim uzorcima supstrata (Traverse 2007). S druge strane, pelud lipa (rod *Tilia*), božikovine (rod *Ilex*) i spore papratnjača (porodica Polypodiaceae) su izuzetno otporne te njihova prekomjerna brojnost može upućivati na loše uvjete očuvanja palinomorfa i na gubitak drugih peludnih tipova (Jacobson i Bradshaw 1981). Na oksidaciju najveću otpornost pokazuje bisakatni pelud golosjemenjača. Peludna zrnca općenito pokazuju veću otpornost na ovaj kemijski proces od dinocista (Hopkins i McCarthy 2002).

Fizikalno-kemijska svojstva supstrata također su izuzetno bitna u kontekstu tafonomije palinomorfa. Kiseli okoliš (niski pH) značajno više pogoduje prezervaciji palinomorfa od lužnatih sredina (visoki pH), kao što i reducirajući okolišni uvjeti i mirno taloženje povećavaju vjerojatnost očuvanja palinomorfa u odnosu na oksidirajuće uvjete praćene disturbancijom. Općenito uzevši, kisik predstavlja izuzetnu prijetnju očuvanju palinomorfa (Traverse 2007).

Biološki procesi također su bitna komponenta tafonomije. U kiselim sfagnumskim cretovima dušik-fiksirajuće bakterije roda *Azotobacter* nedostaju, a nitrificirajuće bakterije, kao i aerobne bakterije koje razgrađuju celulozu, uopće nisu prisutne. Gljive rastu na samom površinskom sloju creta, a aktinomicete gotovo posve izostaju (Rydin i Jeglum 2006). Takva biološka struktura cretnog stupa jasno upućuje na smanjenje biološkog potencijala razgradnje. Prezervacijski potencijal biljnog materijala je najveći u (sub)akvatičkim sustavima, tj. u permanentnim vodenim tijelima kada stopa evaporacije nadvladava precipitaciju ili u cretovima



kada stopa precipitacije nadilazi evaporaciju (Gastaldo 2010). Naravno, pri tome je bitno da rata akumulacije sitnih klastičnih sedimenata bude veća od stope raspadanja organske tvari. Kada se i nađu 'ukopani' u supstrat, za prezervaciju mikro i/ili makro biljnih ostataka je bitno da se nalaze na stratigrafskoj razini ispod maksimalne razine pada vodnog stupca kako ne bi došlo po propadanja i gubitka fosiliziranog organskog materijala (Gastaldo i Demko 2011). Suprotno tome, najmanja vjerojatnost očuvanja palinomorfa prisutna je u površinskim slojevima sedimenta direktno izloženima atmosferi (tj. kisiku iz zraka), s velikim oscilacijama podzemne vode, dotoka nadzemne vode ili razlikama u količini i rasporedu atmosferskih oborina što pogoduje pedogenezi i recikliranju ugljika (Gastaldo i Demko 2011). Kada govorimo o cretu, akrotelm je zona gdje uslijed izloženosti kisiku i promjenama u visini stupca vode nastupaju procesi razgradnje, a katotelm osigurava dobru prezervaciju mikro/makro biljnih i životinjskih ostataka. Iako su močvarna staništa nerijetko dobar izbor staništa za paleovegetacijska istraživanja, ukoliko visina vodnog stupca značajno varira, mogu biti mjesta snažne pedogeneze i recikliranja ugljik i kao takva nepogodna za palinološka istraživanja (Gastaldo i sur. 1989).

Spore i peludna zrnca, dinociste i spore gljiva dimenzija su koje odgovaraju prahu ili finim česticama pijeska. Općenito uzevši, palinomorfi su niske specifične gravitacije ( $\sim 1,4$ ), što im uz činjenicu da sadrže unutrašnji šuplji prostor, a i često tijekom tafonomskog procesa bivaju spljošteni, daje ponešto drugačiju karakteristike u odnosu na mineralne čestice iste veličine (specifična gravitacija nešto je veća i iznosi  $\sim 2.4$  ili više). Brzina taloženja mineralnih čestica slijedi Stokesov zakon (sila otpora kojom su opterećeni sferični predmeti sa veoma malim Reynoldsovim brojevima u neprekidnom viskoznom fluidu), međutim zbog navedenih specifičnih karakteristika palinomorfa (nepravilne sfere, šuplji prostori, često brojni nastavci ili nabori na površini) oni pokazuju sporiju brzinu taloženja u odnosu na minerale (Stanley 1965), ponekad i do 50%. Shodno tome, dubina vode u jezeru/minerogenom cretu i udaljenost od obale igraju ulogu u tafonomiji različitih klasa palinomorfa (Traverse 2007).

Destrukcija eksine (Tablica 2) slijedi razne putove u različitim situacijama: u muljevitim sedimentima uobičajena je promjena strukture palinomorfa, u cretovima (tresetištima) uobičajenija je površinska korozija dok u životinjskom izmetu najčešće, zbog biološko-kemijskih procesa u probavnom traktu, palinomorfi bivaju zgužvani (Cushing 1966). Općenito uzevši, nepostojanje biljnih makrofosilnih i/ili mikrofosilnih ostataka rezultat je sedimentoloških procesa i postojeće geokemije i/ili klime koja ne podržava prezervaciju ili, pak, interakcije krajobrazu i klime (Gastaldo i Demko 2011).

Tablica 2. Osjetljivost izabranih peludnih tipova na procese korozije i oksidacije (prema Havinga 1964)

a.) Osjetljivost na koroziju izabranih peludnih tipova

<i>Lycopodium</i>	niska
Pinidae	
<i>Tilia</i>	
<i>Corylus</i>	
<i>Alnus, Betula</i>	
<i>Quercus</i>	
<i>Fagus</i>	visoka

b.) Osjetljivost na oksidacijske procese izabranih peludnih tipova

<i>Lycopodium clavatum</i>	niska
<i>Polypodium vulgare</i>	
<i>Pinus sylvestris</i>	
<i>Tilia</i> spp.	
<i>Alnus glutinosa, Corylus avellana</i>	
<i>Betula</i> spp.	
<i>Carpinus betulus</i>	
<i>Populus</i> spp., <i>Quercus</i> spp., <i>Ulmus</i> spp.	
<i>Fagus sylvatica, Fraxinus excelsior</i>	
<i>Acer pseudoplatanus</i>	
<i>Salix</i> spp.	visoka

## 2.7. IZOTOPI UGLJIKA I NJIHOVA ULOGA U ODREĐIVANJU STAROSTI ORGANSKIH UZORAKA

Akceleratorska masena spektrometrija (*Accelerator mass spectrometry* – AMS) je visoko osjetljiva metoda detekcije niskih koncentracija (obično u rasponu između  $10^{-12}$  i  $10^{-16}$ ) prirodnih izotopa radionuklida i stabilnih nuklida. Čitav niz nuklida analizira se metodom AMS-a:  $^{10}\text{Be}$ ,  $^{36}\text{Cl}$ ,  $^{26}\text{Al}$  (prva dva izotopa često se nađu zarobljena u ledu i koriste se u svrhu hidrogeoloških tumačenja, sva tri izotopa se često koriste za datiranje starosti stijena, a potonji i u proučavanju metaboličkih procesa u živim bićima)  $^{41}\text{Ca}$  (udjeli ovog izotopa se često mjere pri testiranju nuklearnog naoružanja),  $^{59}\text{Ni}$  i  $^{129}\text{I}$  (u svrhu praćenja traga premještanja nuklearnog otpada iz skladišnih prostora),  $^{236}\text{U}$  i  $^{239}\text{Pu}$ , međutim svi oni zajedno brojem analiziranih uzoraka ne čine niti 10% od broja analiziranih izotopa ugljika  $^{14}\text{C}$  (Hellborg i Skog 2008). Organski uzorci u sedimentu najpogodniji su materijal za datiranje starosti, a u tresetnim staništima najpogodniji za AMS analizu jesu dijelovi maha tresetara (rod *Sphagnum*) (Slika 6).

Ugljik u prirodi dolazi u tri izotopa: na stabilni  $^{12}\text{C}$  odnosi se 98.9% ukupnog ugljika, na stabilni  $^{13}\text{C}$  1.11%, a na radioaktivni  $^{14}\text{C}$  svega 0.00000000010%. U gornjoj atmosferi dušikov atom ( $^{14}\text{N}$ ) prihvaća neutron uslijed kozmičkog zračenja, pri čemu gubi proton i nastaje  $^{14}\text{C}$ . Ovaj radioaktivni izotop ugljika se oksidira u  $^{14}\text{CO}_2$  kojeg primarni proizvođači procesom fotosinteze (npr. brojni protoktisti i biljke) ugrađuju u svoj organizam, a metaboličkim procesima završava u organizmima potrošača (npr. životinje) i/ili razlagača (npr. gljive) ili ulazi u sastav voda gdje mogu nastati karbonatni minerali – time  $^{14}\text{C}$  postaje dijelom globalnog kruženja ugljika.



Slika 6. Listići i stabalca maha tresetara (rod *Sphagnum*) (fotografirao D. Hruševar)

Koncentracija  $^{14}\text{C}$  u živom organizmu je stalna jer je stalnom izmjenom tvari uspostavljena izotopna ravnoteža između gubitka uslijed radioaktivnog raspada i nadoknađivanja  $^{14}\text{C}$  atoma iz atmosfere. Nakon smrti organizama prestaje i izmjena tvari te nastupa radioaktivni raspad – vrijeme poluraspada iznosi 5.730 godina (Turetsky i sur. 2004). Dakle, tijekom procesa propadanja (razgradnje) organske tvari radioaktivni izotop  $^{14}\text{C}$  raspada se na dušik  $^{14}\text{N}$  uz emisiju beta ( $\beta$ ) čestica, odnosno elektrona. Nakon devet poluživota, što odgovara približno 50 000 radiokarbonskih godina BP organizam ne prihvaća nove izotope pa se koncentracija  $^{14}\text{C}$  konstantno smanjuje, ostaje samo 2 % radioaktivnog  $^{14}\text{C}$  u uzorku. Ograničenje detekcije  $^{14}\text{C}$  za metodu akceleratorске masene spektrometrije iznosi 1-2 % sadašnjeg ugljika (što odgovara omjeru  $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$  od oko  $10^{-15}$ ), što postavlja gornju granicu radiokarbonske metode na nešto više od 50.000 godina. Važno je naglasiti da se ovom metodom ne dobivaju apsolutne vrijednosti broja  $^{14}\text{C}$  atoma koji se mjere već se određuje relativan izotopni udio  $^{14}\text{C}$  prema stabilnim izotopima ( $^{13}\text{C}$  ili  $^{12}\text{C}$ ) te se starost određuje usporedbom ovog udjela sa standardom poznatog sadržaja  $^{14}\text{C}$ .

Prilikom izbora materijala za datiranje, valja biti svjestan i određenih problema. Naime, efekt rezervora može utjecati na postupak datiranja na način da utvrđena starost nije realna. Tako

korijenje biljka, koje prodire dublje u supstrat može te slojeve supstrata učiniti mlađim nego što oni jesu, a s druge strane, mikorizne gljive mogu reciklirati stariji ugljik, primjerice iz nakupljnog metana u katotelmu, te zahvaljujući transportu tog ugljika do korijena biljaka učini dataciju određenog sloja sedimenta starijom nego što jest (Kilian i sur. 1995). I CO<sub>2</sub> nastao razgradnjom starijeg treseta također može biti ugrađen u metabolički proces živih mahovina i ostalih cretnih biljaka dajući stariju vrijednost datiranja, međutim istraživanja pokazuju da <20% ugljika na površini creta vodi porijeklo od takvih procesa truljenja i razgradnje (Jugner i sur. 1995). S druge strane, otopljeni organski ugljik (*dissolved organic carbon* - DOC), koji može biti vertikalno redistribuiran (Waddington i Roulet 1997), ponekad potječe od korijenskih eksudata te može postati izvorom za produkciju metana sa značajno većim udjelom <sup>14</sup>C, smanjujući time i starost samog uzrokovanog materijala (Charman i sur. 1999). Značajan otklon od realne starosti pokazuju morski organizmi koji u svoje ljušturice često ugrađuju ugljik porijeklom iz mnogo starijih vapnenačkih stijena, a ponekad su prisutna velika neslaganja u starosti huminske kiseline i huminske frakcije (Shore i sur. 1995). Osim što produkcija i količina radioaktivnog izotopa varira u atmosferi uslijed promjena u sunčanoj aktivnosti, tj. povezana je sa solarnim vjetrom (Bard i sur. 1997), različiti organizmi imaju različitu stopu ugradnje izotopa ugljika, tako biljke preferiraju lakši <sup>12</sup>C u odnosu na <sup>13</sup>C i <sup>14</sup>C što im daju nešto veću starost no što proizlazi iz koncentraciju radioaktivnog ugljika u samoj atmosferi (Turetsky i sur. 2004).

## 2.8. OMJER UGLJIKA I DUŠIKA

Analiza udjela organskog ugljika i ukupnog dušika važna je u paleookolišnim istraživanjima, s naglaskom na paleolimnološka istraživanja, jer može ukazivati na porijeklo organske tvari i produktivnost vodnog tijela. Povećani udjeli organskog ugljika i ukupnog dušika u sedimentima ukazuju na povećan donos nutrijenata u sustav i/ili povećanu produktivnost samog akvatičkog sustava, te su povezani s toplijim klimatskim uvjetima. Koncentracije dušika variraju ovisno o udjelu terestričkih biljka, odnosno fitoplanktona u akvatičkom sustavu, ali i o dostupnosti kisika u sedimentu te biocenoza mikroorganizama prisutnima u sedimentu (Meyers i Teranes 2001).

Omjer ukupnog ugljika i ukupnog dušika (C/N omjer) daje informaciju o doprinosu fitoplanktona i algi s jedne strane, odnosno vaskularnih biljaka s druge strane, ukupnoj količini

organske tvari u sedimentu (Meyers 2003) vodnih tijela. Preciznije, C/N omjer za alge iznosi 5-8, za kopnene C3 biljke >16, za C4 biljke >35 (Curtis i sur. 2010). Organska tvar porijeklom od fitoplanktona i algi ima atomsku vrijednost C/N omjera uglavnom između 4 i 10, dok vaskularne biljke uglavnom daju vrijednost C/N omjera u iznosu 20 ili više, uključujući i akvatičke makrofite (Ho i Meyers 1994, Meyers 1994). Atomske vrijednosti C/N omjera koje se kreću između 12-17 (Meyers 1994), odnosno 10-20 (Mackie i sur. 2005, Zong i sur. 2006) smatraju se pokazateljem miješanja akvatičkog i terestričkog materijala.

Kuhry i Vitt (1996) su utvrdili za tresetišta Kanade, analizirajući treset porijeklom od vrste *Sphagnum fuscum*, vrijednosti C/N omjera u rasponu od 48 do 89, s prosjekom od 64. Za C/N omjer živih mahovina vrste *Sphagnum fuscum* dobivene su vrijednosti od 55 do 76, s prosjekom od 65. Berger i sur. (2017) daju vrijednosti C/N omjera za prijelazno područje između ombrotrofnog i minerotrofnog dijela tresetišta, koje uz vrste roda *Sphagnum* (primjerice *S. magellanicum*, *S. cuspidatum*, *S. fuscum*) nastavaju i brojne svojte porodice Cyperaceae (npr. *Eriophorum* spp., *Carex* spp.) od 41.5 do 52.6, s najmanjom vrijednošću izmjerenom na dijelu tresetišta s dominacijom rogoza (*Typha* spp.), i najvišom na dijelu tresetišta s većom količinom listinca. Općenito, vrijednosti C/N omjera se razlikuju ovisno o tipu treseta. Geneza creta često je povezana s procesom terestrijalizacije (Gasiorowski i Kupryjanowicz 2009) pa vrijednosti C/N omjera mogu biti indikativne u tumačenju slijeda sukcesije. S druge strane, omjer je informativan u smislu procijene stupnja razgradnje organske tvari, što se temelji na relativno većem gubitku ugljika prilikom procesa truljenja i raspadanja organske tvari u tresetištima, uz istovremenu zadržavanje ujednačene koncentracije dušika (Sternberg i sur. 2007). Što je stupanj razgradnje organske tvari veći, vrijednost C/N omjera je manja. Stupanja razgradnje treseta općenito se povećava s dubinom, ali razlike u vrijednosti mogu biti neznate što naglašava složenost procesa i fluktuaciju čimbenika koji kontroliraju proces razgradnje (Broder i sur. 2012). Tako, primjerice, Cabezas i sur. (2012) iznose podatak C/N omjera za karbonatima bogato riparijsko tresetište, s kojega je prirodna vegetacija sveze *Caricion davallianae* gotovo posve nestala, u rasponu od 22.7 (umjereni stupanj razgradnje) do 15.7 (visoki stupanj razgradnje). Zanimljivi su podaci koje iznosi Säurich i sur. (2017) - za tresetišta u (polu)prirodno stanju, ukoliko su ombrotrofni, vrijednosti C/N omjera iznose 57, a ukoliko su minerotrofni, C/N omjer iznosi 23. Umjerena disturbancija tresetišta izaziva smanjenje vrijednosti omjera te za ombrogene cretova ona iznosi 23, a za minerogene 17. Iako je proces truljenja i razgradnje povezan s abiotičkim čimbenicima, poput temperature, vlage, pH, ali i biotičkim čimbenicima, prvenstveno zajednicama mikroorganizama koje sudjeluju u razgradnji

organske tvari, kvaliteta i kvantiteta treseta, gledana kroz postotne udjele ugljika i dušika, tj. vrijednosti C/N omjera u sedimentu, ovise i o zastupljenosti skupina koje su proteinima bogate, a celulozom siromašne - alge, odnosno proteinima siromašne, a celulozom bogate - vaskularne biljke (Hedges i sur. 1986, Meyers 1994). Međutim, i sami omjeri unutar iste grupe oblika variraju, pa primjerice svježe lišće lipe (*Tilia cordata*) daje vrijednost C/N omjera od 49.6, a ono johe (*Alnus glutinosa*) od 21.3. Unutar vodenih makrofita, kao uobičajene vegetacije na minerogenim tresetištima, vrijednosti C/N omjera također značajno osciliraju, primjerice rogoz (*Typha latifolia*) daje vrijednost od 40.4, a trstika (*Phragmites australis*) od 20.0. Palozzi i Lindo (2017) utvrdile su značajnu razliku u vrijednostima C/N omjera između treseta porijeklom od mahovina roda *Sphagnum* (51.5 do 76.9) i onog porijeklom od vrsta iz porodice Cyperaceae, s dominacijom šaševa - *Carex* spp. (24.6 do 28.8). Schrautzer i sur. (2013) su pokazali da se vrijednosti C/N omjera kreću pak u uskom rasponu za različita staništa – biljne vrste združene u različite sveze, npr. *Magnocaricion elatae*, *Caricion nigrae* i *Calthion palustris* stvaraju supstrat s vrijednostima između 12 i 16. S druge strane, Brown i sur. (1998) su označili vrijednost C/N omjera >20 kao indikativnu za unos drvenastih biljaka u vodno tijelo. Uglavnom, iz iznesenog je vidljivo da iako široko upotrebljavana, zbog kompleksnosti procesa koji utječu na procese razgradnje organske tvari, počevši od sastava vrsta na nekom području do čitavog niza abiotičkih i biotičkih čimbenika, vrijednosti omjera ugljika i dušika, premda indikativne, valja uzimati uz stanoviti oprez u razmatranje.

## 2.9. UTJECAJ KLIME I TLA NA BILJNI POKRIVAČ ZEMLJE

Na rasprostranjenost biljnih vrsta i zajednica koje one formiraju utječe niz čimbenika, prije svega temperatura i vlažnost koji su ujedno i osnovni parametri u definiranju klime. Ti abiotički čimbenici utječe i na proces pedogeneze - nastanak tla u ovisnosti je o mineralnom sastavu geološke podloge, ali i biljnim vrstama koje su je kolonizirale, kao i zajednicama razlagada u tlu. Kroz uzajamnu vezu klime, biljnog pokrivača i tla, unatoč mjestimičnim otklonima i nesavršenom preklapanju, realizira se zonalni raspored vegetacije na Zemljinoj površini – zonalni biomi ili zonobiomi. Takvih ekološki usklađenih klimatskih zona s pratećim biljnim pokrovom i tipom tla na površini Zemlje trenutno ima devet (Walter 1983):

1. zonobiom vazdazelenih tropskih kišnih šuma na lateritnom tlu u vlažnoj ekvatorijalnoj klimi

2. zonobiom listopadnih tropskih (monsunskih) šuma i savana na crvenkastom lateritnom tlu u periodično vlažno-suhom tropskoj klimi
3. zonobiom pustinjaške vegetacije na sivom pustinjaškom tlu u suhoj suptropskoj klimi
4. zonobiom tvrdolisne drvenaste (mediteranske) vegetacije na crvenici u periodično vlažno-suhom suptropskoj klimi
5. zonobiom vazdazelenih šuma na crvenkastom podzolastom tlu u prohladnoj i vlažnoj (maritimnoj) umjerenom klimi
6. zonobiom vegetacije listopadnih šuma na smeđem šumskom zemljištu u vlažnoj (maritimnoj) umjerenom klimi
7. zonobiom stepске vegetacije na černozeru u suhoj (kontinentalnoj) umjerenom klimi
8. zonobiom vazdazelenih četinarske vazdazelene vegetacije (tajga) na podzolastom zemljištu u hladnoj, borealnoj umjerenom klimi
9. zonobiom tundri i polarnih pustinja na oglejnom vlažnom tresetnom zemljištu u polarnom (arktičkoj i antarktičkoj) polarnom klimi

Vegetacije primorske Hrvatske pripada 4. zonobiomu – tvrdolisna drvenasta (mediteranska) vegetacija na crvenici u periodično vlažno-suhom suptropskoj klimi, a vegetacija kontinentalne Hrvatske pripada 6. zonobiomu – vegetacija listopadnih šuma na smeđem šumskom zemljištu u vlažnoj (maritimnoj) umjerenom klimi.

### Vegetacija

Flora je skup svih vrsta, a vegetacija skup biljnih zajednica nekog područja (Šugar 1990). Prema Kimmins (1997) vegetacijska klasifikacija nastoji identificirati diskretne, ali ponavljajuće klase relativno homogenih vegetacijskih zajednica ili asocijacija o kojima vjerodostojni zaključci mogu biti izvedeni. Klasifikacija pretpostavlja ili da prirodne vegetacijske grupe zbilja postoje ili da je razumno odjeliti kontinuum varijacija u biljnom pokrovu (sastav i strukturu) u seriju arbitrarnih klasa. Ta serija se može temeljiti na: fiziognomiji, florističkoj karakterizaciji, dominaciji/pokrovnosti dominirajućeg biljnog 'kata' (stratuma), potpunoj florističkoj kompoziciji i fiziognomsko-florističkoj karakterizaciji, itd.

U Europi je široko prihvaćen koncept potpune florističke kompozicije u klasifikaciji biljnih zajednica koja se temelji se na asocijaciji, a koju promiče Zürich-Montpellier fitocenološka škole. Asocijacija je apstrahirana biljna zajednica određene (nedvosmislene) florističke kompozicije koju karakterizira ujednačena fiziognomija, a razvija se na ujednačenom staništu (Flahault i Schröter 1910). Braun-Blanquet (1928), kao glavni

predstavnik i popularizator Zürich-MontPELLIERSKE škole, definirao je asocijaciju kao "biljnu zajednicu karakteriziranu nedvosmislenim florističkim i sociološkim značajkama" koja pokazuje, prisustvom dijagnostičkih vrsta, određenu neovisnost. Dijagnostičke vrste su one koje svojom relativnom konstantnošću pojavljivanja ili pokrovnošću definiraju zajednicu i omogućuju razlikovanje jedne asocijacije od druge (Whittaker 1962). Vremenom se broj opisanih asocijacija značajno povećao pri čemu je svaka karakterizirana sa svega nekoliko dijagnostičkih vrsta, što je dovelo, i još uvijek dovodi, do toga da se asocijacije razlikuju uglavnom (samo?) temeljem razlikovnih vrsta (Weber i sur. 2000). Zürich-MontPELLIER škola uvodi pojam asocijacije kao sistematske jedinice klasifikacije, bez obzira na status/stupanj sukcesije te se prema Braun-Blanquetovom pristupu vegetaciji asocijacija koristi i kao 'mjera' za opis zapuštenih polja, travnjaka i šuma bez predmijevanja i opterećenja činjenicom u kakvom su odnosu takvi oblici vegetacije s vegetacijskim klimaksom nekog područja. S druge strane Daubenmire (1952) pojmu asocijacija pristupa drugačije – on traži i uzrokuje najmanje 'uznemirene' i najstarije biljne zajednice koje su blizu klimaksa (eng. *near climax*) tražeći ih u čitavom nizu različitih okoliša kao temelj za opisivanje klimaks asocijacije (eng. *climax association*). Takav stav proizlazi iz uvjerenju da klasifikacija temeljena na klimaks tipovima vegetacije najbolje odražava potencijalnu biotičku produkciju nekog područja u uvjetima postojećih okolišnih čimbenika (Daubenmire 1953).

Općenito, vegetacija može biti:

#### 1. Zonalna

- a) klimazonalna - razvoj biljnih zajednica odraz je općih klimatskih prilika (npr. bukova šuma s velikom mrtvom koprivom u brdskom pojasu Hrvatske)
- b) intrazonalna - razvoj biljnih zajednica određen je ekološkim čimbenikom u ekstremu (npr. vegetacija slatina)
- c) ekstrazonala – dio zonalne vegetacije jedne zone koja se pod specifičnim uvjetima razvija i u drugoj susjednoj zoni (npr. gorska šuma bukve i jele može se na sjevernim ekspozicijama spustiti u brdske šume bukve, primjer Medvednice u Hrvatskoj)

#### 2. Azonalna - razvoj biljnih zajednica manje je pod utjecajem općih klimatskih prilika, a više pod nekim drugim čimbenikom, primjerice hidrološkim (npr. poplavna šuma vrba i topola) ili tipom tla (npr. šuma kestena na kiselim tlima)

Klimazonalna vegetacija se fitogeografski raščlanjuje u vertikalne vegetacijske pojaseve i horizontalne vegetacijske zone. Budući da osnovicu prirodne klimazonalne vegetacije



Republike Hrvatske izgrađuju šume, za osnovicu fitogeografske raščlanjenosti vegetacije poslužila je upravo šumska vegetacija. Klimazonalna šumska vegetacija Hrvatske pripada dvjema vegetacijskim regijama - Mediteranskoj regiji i Eurosibirsko-sjevernoameričkoj šumskoj regiji, subregiji bukve. Eurosibirska šumska regija raščlanjena je na planarni, kolini, montani, altimontani, subalpini i adalpini pojas (Trinajstić 1998).

Na palinofloru blatuškog bazena utječu biljne zajednice triju pojasa: planarnog, kolinog i montanog. Za planarni pojas značajne su šume hrasta lužnjaka (*Quercus robur*) koji u zavisnosti od dominantnih ekoloških čimbenika tvori nekoliko značajnih šumskih zajednica. Tu se posebice ističe pojava azonalne vegetacije poplavnih šuma vrbe, topole i johe koja može, snažnom produkcijom peluda, ostaviti snažan paleopolinološki 'otisak' u sedimentu. Kolini pojas u Hrvatskoj izgrađuju ponajprije šume hrasta kitnjaka (*Quercus petraea*), samo mjestimično šume hrasta medunca (*Q. pubescens*). Orografski, taj pojas zauzima područje brežuljaka i niskih brda, te podnožje gora do po prilici 300 (-350) m nadmorske visine. Tu je česta pojava azonalne vegetacije pitomog kestena koja se razvija na kiselom tlu. Najveći dio brdskog i gorskog područja Hrvatske obrašćuju upravo čiste brdske bukove šume. Pojas brdskih bukovih šuma zauzima u vertikalnom smjeru područje u rasponu između 300-650 m na kopnenoj strani Dinarida, te između 700-900 (-1100) m na primorskoj padini Dinarida, a u sjevernoj Hrvatskoj (gorja savsko-dravskog međuriječja, rubni dijelovi Gorskoga kotara, Žumberačko i Samoborsko gorje, Petrova i Zrinska gora) između 250-900 m (Trinajstić 1998).

Tipovi vegetacijskih promjena:

- a) primarne sukcesije (naseljavanje biljaka i formiranje zajednica na supstratu kojeg vegetacija nikada prije nije nastavala)
- b) sekundarna sukcesija (stupnjevita promjena u kojoj populacije slijede/zamjenjuju jedna drugu dovodeći do promjene i time i do slijeda izmjena biljnih zajednica, npr. sukcesija šikare u šumu)
- c) fenološke promjene (na razini jedinke - listanje, cvjetanje, itd., ili pak, na razini biljne zajednice, sezonsko (periodičko) pojavljivanje i nestajanje - npr. geofita ili terofita)

Kada govorimo o upotrebi palinološke metode u rekonstrukciji biljnog pokrova treba na umu imati da se njena rezolucijska moć nalazi između fiziognomskog pristupa biljnom pokrovu (šume, travnjaci) i biljnih zajednica razine sveze ili reda (npr. sveza *Fagion sylvaticae* - srednjoeuropske bukove i bukovo-jelove šume, red *Molinietalia caeruleae* - vlažne livade

Srednje Europe). Ovisno o brzini sedimentacije, brzini odvijanju sukcesije na nekom području, ali i vremenskom 'uzorku' koji naš analizirani poduzorak sedimenta kondenzira u sebi, možemo zahvatiti optimum svake faze sukcesije (livada/šikara/šuma) ili međufaze (većim dijelom livada zarasla u šikara/veći udio vrsta šume u šikari). Promjene u vegetaciji također ne prate 'u stopu' promjenu klime, tj. prema Bergu (1958) klima se brže mijenja od vegetacije i zato se one ne mogu potpuno preklapati. Također, palinoflora je rezultat produkcije peluda i spora zonalne i azonalne vegetacije, ali i odraz lokalnog/ekstralokalnog i regionalnog peludnog 'otiska' i zato se palinološka metoda precizno ne uklapa niti u jedan navedeni model, a opet je palinoflora odraz svih vegetacijski kategorija te ih dijelom objašnjava.

### Dinamika vegetacije tijekom holocena

Holocen ili poslijeledeno doba (eng. *post-glacial period*) započelo je prije nekih 10 000 godina prije sadašnjice (BP – *before present*, kao načelna godina uzima se 1950. g. pos. Kr.). Razdoblje holocena možemo podijeliti na sljedeće periode, poznate kao Blytt-Sernanderove sekvence (Težak-Gregl 2017) s pripadajućim biljnim pokrovom (Frey i Lösch 2010):

- a) preboreal (~10 100 BP do ~9 000 BP) – *Pinus/Betula* (razdoblje bora i breze)
- b) boreal (~9 000 BP do ~ (8 000) 7500 BP) – *Corylus/Quercetum mixtum* (razdoblje lijeske te mješovitih šuma hrasta (*Quercus* spp.), brijesta (*Ulmus* spp.), johe (*Alnus* spp.), jasena (*Fraxinus* spp.) i lipe (*Tilia* spp.))
- c) atlantik (~ (8 000) 7500 BP do (5000) 4500 BP) - *Quercetum mixtum/Corylus* razdoblje mješovitih šuma hrasta (*Quercus* spp.), brijesta (*Ulmus* spp.), johe (*Alnus* spp.), jasena (*Fraxinus* spp.) i lipe (*Tilia* spp.) sa lijeskom
- d) subboreal (~ (5 000) 4 500 BP do (2 750) 2 500 BP) - *Quercetum mixtum/Alnus* i *Fagus* (razdoblje mješovitih šuma hrasta (*Quercus* spp.), brijesta (*Ulmus* spp.) jasena (*Fraxinus* spp.) i lipe (*Tilia* spp.) sa johom (*Alnus*) i bukvom (*Fagus*)
- e) subatlantik (2 750) 2 500 BP do danas) - ranije razdoblje karakterizira *Quercus/Fagus/Carpinus* (pelud hrasta opada, učestalije se pojavljuju bukva i grab), a kasnije *Fagus/Carpinus/Picea* (preteže pelud bukve, hrasta i smreke), a učestalija je i pojava *Cerealia* (pelud žitarica).

U razdoblju preboreala središnju Europu nastava gusta borova šuma sa sveprisutnom brezom i lijeskom, a prvi put se u peludnim dijagramima može opaziti pojava hrasta i brijesta.

U borealu dolazi do snažnijeg zgrijavanja i porasta temperature čija je srednja vrijednost bila za 1 °C viša no što je danas. Dominante vrste u peludnom dijagramu su lijeska, hrast i brijest. U ovom razdoblju nastupa kratkotrajno razdoblje suhe i vrlo hladne klime poznate po nazivom „događaj 8200 godina prije sadašnjosti“ (eng. *8.2 kyr event*) koje predstavlja značajnu iznimku od općih trendova holocenskog klimatskog optimuma.

Razdoblje atlantika predstavlja najtoplije i najvlažnije razdoblje postglacijala s prosječnom temperaturom barem 1.5 °C višom no što je danas, ali s mogućim rasponom rasta temperature, u pojedinim predjelima, čak do 4 °C. Od drvenastih vrsta dominiraju hrast, brijest i lipa. U istočnom dijelu središnje Europe i dalje je velika abundancija bora, smreka je prisutna u istočnom sredogorju, a bukva i jela u južnoj i jugoistočnoj Europi. Vlažne udoline uglavnom nastavaju joha i jasen.

U subborealu klima je kontinentalnija sa hladnijim zimama i većom varijabilnošću u količini i rasporedu padalina. Hrast postaje rjeđi, joha preteže u vlažnim udolinama, a širi se areal bukve. Jela je uspjela proširiti na jug sve do Pirineja, a smreka zauzima na području središnje Europe sličan areal kao i danas. U drugom dijelu subboreala grab se širi sve do centralnog dijela središnje Europe.

U subatlantiku klima je općenito hladnija i ujednačeno vlažna. Ovaj period se naziva još i „razdoblje bukve“ koja postaje sveprisutna na području središnje Europe, a i grab širi svoj areal, naročito prema istoku. Planinske šume sastoje se najčešće od bukve, jele i smreke, a potonja vrsta dominirana područjem Alpa, u vršnoj šumskoj zoni, i dandanas (Frey i Lösch 2010). Brzina širenja drvenastih vrsta prilikom postglacijalnog širenja šume u središnjoj Europi tijekom holocena (Lang 1994, Bonn i Poschlod 1998) dana je u Tablici 3.

Ipak, valja imati na umu da su klimatske varijabilnosti prisutne i u razdoblju subatlantika: primjerice, u razdoblju nove ere ističu se „srednjovjekovna klimatska anomalija“ (eng. *Medieval Climate Anomaly - MCA*) od 800 do 1300. g. (Stine 1994), tj. od ~900. do 1350. g. (Graham i sur. 2011), poznatija pod starijim nazivom „srednjovjekovno toplo doba“ (eng. *Medieval Warm Period - MWP*) (Lamb 1965) te „malo ledeno doba“ (eng. *Little Ice Age - LIA*) u razdoblju 1300. do 1800. g. (Fagan 2000), tj. 1400. do 1850. g. (Mann 2002).

Tablica 3. Brzina širenja drvenastih svojti na području središnje Europe (prema Lang 1994, Bonn i Poschlod 1998)

Svojta	širenje svojte (u kilometarima godišnje)	Propagacijski skokovi (u kilometrima po godini)
<i>Betula pendula</i>	0,25 - 2	2,5 - 20
<i>Pinus sylvestris</i>	1,5	15 - 60
<i>Corylus avellana</i>	0,5 - 1,5	5 - 15
<i>Carpinus betulus</i>	0,05 - 1	1 - 20
<i>Ulmus</i> spp.	0,1 - 1	3 - 30
<i>Quercus</i> spp. (listopadne svojte)	0,005 - 0,5	2,2 - 15
<i>Alnus glutinosa</i>	0,5 - 2	7,5 - 30
<i>Fraxinus excelsior</i>	0,2 - 0,5	5 - 12,5
<i>Tilia</i> spp.	0,05 - 0,5	0,5 - 5
<i>Acer</i> spp.	0,5 - 1	10 - 20
<i>Picea abies</i>	0,06 - 0,5	1,8 - 15
<i>Abies alba</i>	0,04 - 0,3	1,2 - 9
<i>Fagus sylvatica</i>	0,17 - 0,35	7 - 14

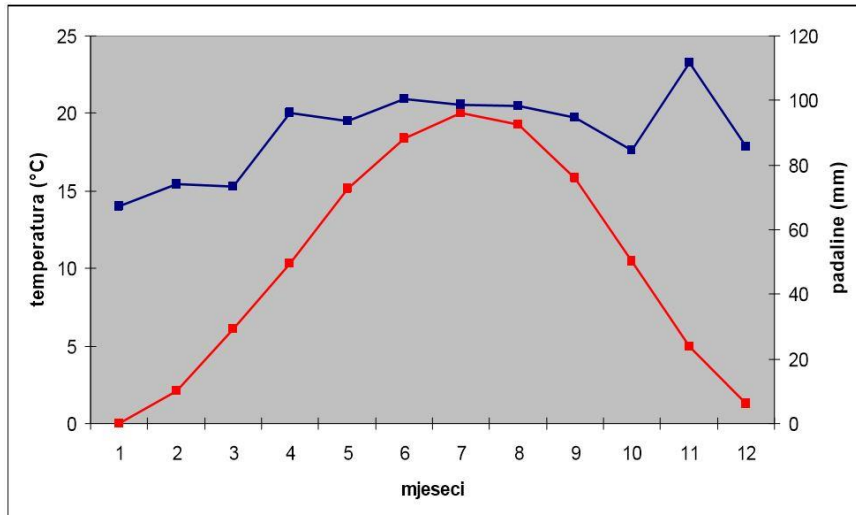
Na sjevernoj hemisferi tijekom srednjovjekovne klimatske anomalije, koja je svoj toplinski vrhunac imala između 950. i 1100. g., temperatura je bila 0.6°C viša nego u razdoblju od 1960. do 1990., a tijekom malog ledenog doba temperatura je bila oko 1.1 °C niža nego u razdoblju od 1880-1960 (Christiansen and Ljungqvist 2012). Prethodno je bilo sušno razdoblje, a potomje vlažno na području Pirinejskog poluotoka (Martin-Puertas i sur. 2010, Nieto-Moreno i sur. 2011), dok je na području Rumunjske situacija bila posve suprotna, tj. za vrijeme srednjovjekovne klimatske anomalije klima je bila značajno vlažnija no što je danas, a u većem dijelu malog ledenog doba suša (Feurdean i sur. 2015). To ukazuje na potrebu opreza prilikom poopćivanja podataka o klimatskim kretanjima i/ili njihovog korištenja kao indikativnog za susjedna područja.

## 2.10. ZNAČAJKE ISTRAŽIVANOG PODRUČJA

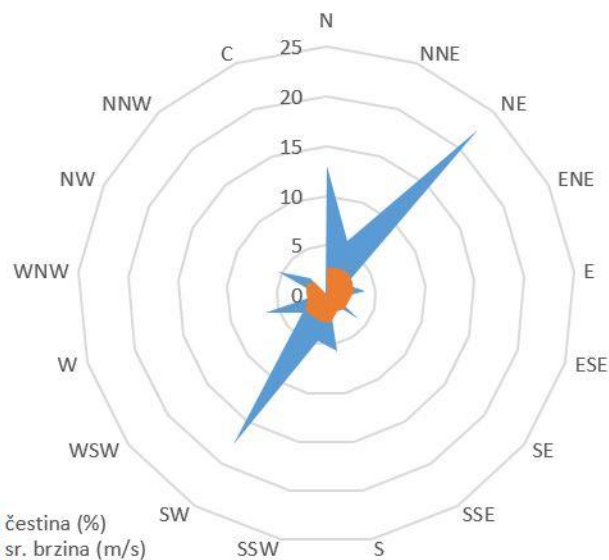
### Topografija, geologija i klima Blatuše

Cret Đon močvar, koji ćemo u kasnijem dijelu teksta jednostavno označavati kao Blatuša, prema istoimenom selu uz koje se nalazi) smješten je u središnjoj Hrvatskoj, na krajnjem istoku Korduna, u graničnom području s Banovinom. Administrativno pripada općini

Gvozd, a topografski se nalazi u udolini okruženoj brežuljcima koji se naslanjaju na Petrovu goru - sa zapadne i južne strane nalaze se Šabića brdo (199 m), Oštri vrh (188 m) i Ćubanovac (171 m), a s istočne strane obronci Topličke kose. Samo područje creta je na nadmorskoj visini od oko 130 m, s blagim nagibom o juga prema sjeveru. Sjeveroistočnom stranom creta protječe potok Čemernica. Na temelju hidrologije, količine hranjivih tvari i geokemije, cret na Blatuši spada u grupu minerogenih cretova, s relativno visokim koncentracijama otopljenog magnezija, mangana, natrija i željeza u tlu, ali siromašan nutrijentima, odnosno oligotrofan. Razvijen je na kiselim pješčenjacima s proslojcima nepropusne gline te se može smatrati soligenim minerotrofnim cretom, na kojem su mjestimice razvijeni pojedinačni ombrotrofni sfagnumski humci (Modrić-Surina 2011). Šire područje karakterizira pojava kiselih magmatskih stijena paleozojske starosti (permski grauvakni i kvarcni pješčenjaci, konglomerati, šejlovi i barit), a samu geološku podlogu na području creta čine pijesci i šljunci s proslojcima gline pliocenske i kvartarne starosti (Korolija i sur. 1979). Osnovni mineralni sastojak pijesaka je kvarc, a sporedni feldspati, čestice kvarcita i rožnaca. Glina se javlja u lećastim proslojcima debljine 2 do 8 m, a među njenim mineralima prevladava ilit nad kaolinitom, dok je montmorilonit sporedni sastojak (Korolija i sur. 1981). Prema Köppenovoj klimatskoj klasifikaciji područje Blatuše pripada klimatskom tipu Cfb – umjereno topla vlažna klima s toplim ljetom: srednja temperatura zraka najtoplijeg mjeseca niža je od 22 °C (Šegota i Filipčić 2003). Prosječna godišnja količina oborina za obližnju klimatološku postaju Topusko u razdoblju od 1965. do 1990. godine iznosi 1079 mm. Srednja godišnja temperatura zraka za Topusko je 10,3 °C, najhladniji mjesec je siječanj sa srednjom mjesečnom temperaturom od -0,4 °C, a najtopliji je mjesec srpanj sa srednjom mjesečnom temperaturom od 20,0 °C (Mesić 2000). Godišnji hod prosječnih mjesečnih temperatura i prosječne količine padalina prikazan je Slikom 7, a ruža vjetrova za Topusko Slikom 8.



Slika 7. Godišnji hod prosječnih vrijednosti temperature i padalina za Topusko u razdoblju od 1965.-1990. (prema podacima DMHZ-a)



Slika 8. Ruža vjetrova za Topusko u razdoblju od 1981.-2016 (prema podacima DHMZ-a)

### Fora i vegetacija

Cret Blatuša nalazi se na nadmorskoj visini od oko 130 m nadmorske visine, u zoni koja pripada ilirskim hrastovo - grabovih šumama. Brežuljke koji okružuju cret obrasta šuma hrasta kitnjaka i običnog graba (*Epimedio-Carpinetum betuli*) s primiješanim hrastom cerom (*Quercus cerris*) i, posebice na kiselim tlima, pitomim kestenom (*Castanea sativa*). Na zapuštenim šumskim krčevinama razvili su se brezici s bujadi (*Pteridio-Betuletum*) (Alegro i Šegota 2008) složene i

još uvijek ne posve jasne sinekologije i flornog sastava (Vukelić 2012). Bujad (*Pteridium aquilinum*) čini i čiste sastojine - bujadnice (bujadare), a ova vrsta pojedinačno prodire i na cret. Bazen Blatuše predstavlja mozaik staništa te u njemu nalazimo, da naznačimo one najbitnije, karakteristične elemente ombrogenih i minerogenih cretova (Alegro i Šegota 2008, Alegro i Šegota 2009):

- a) zajednica bijele šiljkice (As. *Rhynchosporium albae* W. Koch 1926) najznačajnija i površinski najzastupljenija, zauzimajući u južnom dijelu creta površinu od nekoliko stotina četvornih metara (Slika 9). To je u Hrvatskoj reliktna i vrlo rijetka zajednica koja je s većine lokaliteta nestala (Antonić i sur. 2005). Iako je vrlo mala populacija šiljkice nedavno pronađena na cretu u Dubravici (Hruševac i sur. 2007) bazen Blatuše predstavlja za sada jedino nalazište zajednice *Rhynchosporium albae* u Hrvatskoj.
- b) zajednica rosike i zvjezdastog šaša (As. *Drosero-Caricetum stellulatae* Ht. (1950) 1962) se razvija na plićoj tresetnoj podlozi, na podvirnim terenima, a indikativna je za prijelazne cretove. U Hrvatskoj danas postoje još samo vrlo male, često s površinom od samo nekoliko kvadratnih metara, fragmentarno razvijene i vrlo ugrožene sastojine (Antonić i sur. 2005). Zajednica je razmjerno bogata rosikom, dok je zvjezdasti šaš relativno rijedak. U zajednici se još pojavljuje *Eriophorum angustifolium* i *Carex lasiocarpa*.
- c) zajednica končastog šaša (As. *Caricetum lasiocarpae* W. Koch 1926) je vjerojatno najveća u Hrvatskoj, do sad analiziran na Plitvičkim jezerima (Šegulja 2005) i Sundečcu (Alegro i sur., usmeno priopćenje). Karakteristična je za niske cretove koji su utjecani podvirnom vodom, a na Blatuši zauzima zamočvarena mjesta na kojima dubina vode iznosi do 50 cm. Uz vrstu *Carex lasiocarpa* česte svojte su *Cirsium palustre*, *Iris pseudacorus*, *Lycopus europaeus*, *Lysimachia vulgaris*, *Peucedanum palustre*, *Succisella inflexa* i *Valeriana dioca*.
- d) sastojine vrsta *Sphagnum capillifolium*-*Sphagnum palustre*-*Polytrichum longisetum* (*Sphagnum medium*-*Polytrichum strictum*) predstavljaju vrlo osiromašenu i oskudno razvijenu vegetaciju koja upućuje na element ombrotrofije - nadignut (visoki) cret koji se gotovo isključivo 'hrani' oborinskom vodom. Mahovi tresetari - *Sphagnum capillifolium* (uključujući *Sphagnum rubellum*) i *Sphagnum palustre* s vrlo malim udjelom vrste *Sphagnum magellanicum* formiraju povišene, jastučaste uzvisine visoke

30-60 cm, na kojima je čest i vlasak *Polytrichum longisetum*. Međutim, tipične vrste vaskularne flore srednjo- i sjevernoeuropskih visokih cretova izostaju.

- e) sastojine suhoperke (*Eriophorum angustifolium*) razvijene pogotovo u istočnom dijelu Đon močvara na podlozi s mahovima tresetarima, prije svega vrstom *Sphagnum palustre*.
- f) sastojine mahova tresetara s običnim vrijeskom (*Calluna vulgaris*) razvijene su u jugoistočnom dijelu područja. Humke mahova tresetara (*Sphagnum capillifolium* i *Sphagnum palustre*) prorašta vrijesak i mjestimice lepršavi sit (*Juncus effusus*).



Slika 9. Zajednica bijele šiljkice (As. *Rhynchosporium albae*) na Blatuši

(fotografirao D. Hruševar)

Na cretu su prisutne i biljne zajednice karakteristične za močvarnu vegetaciju (Alegro i Šegota 2008):

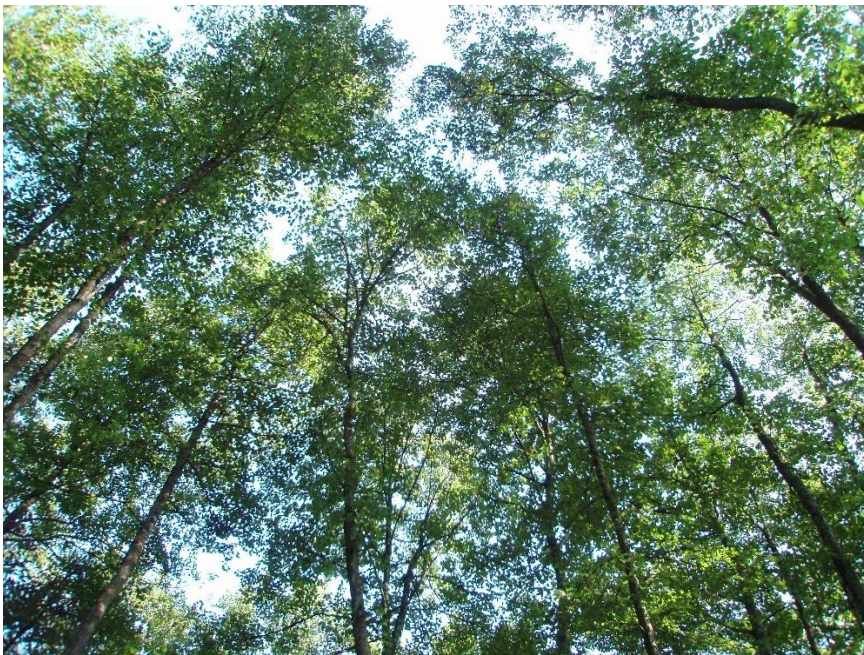
- g) zajednica širokolisnog rogoza (*Typhaetum latifoliae* G. Lang 1973) razvijena je na sjeveroistočnom rubu creta gdje zauzima nekoliko stotina četvornih metara. Ova zajednica graniči sa zajednicom končastog šaša, a ekološki ih diferencira količina vode.
- h) zajednice visokih šaševa (*Magnocaricion*) također je razvijena u sjeveroistočnom dijelu creta.



- i) sastojine trske (*Phragmites australis*) razvijene su osobito na sjevernom i istočnom rubu ceta te prodiru u njega. Trščak na sjevernom rubu ceta u prizemnom sloju obrastao je gustim humcima vrste *Sphagnum palustre*, što ukazuje da se tu ne radi o primarnoj močvarnoj zajednici trščaka, već o zaraštavanju rubnih dijelova ceta u trsku.

te šumsku vegetaciju (Alegro i Šegota 2008):

- j) šumame i šikarama crne joha – jošici (*Carici elongatae-Alnetum glutinosae* W. Koch 1926 ex Tx. 1931) se razvijaju na vlažnim, trajno mokrim tlima, mjestimice s trajno prisutnom stajaćom vodom (Slika 10). Prizemni sloj je dobro razvijen i čine ga vrste *Rubus hirtus*, *Athyrium filix-femina*, *Dryopteris filix-mas*, *Dryopteris dilatata*, *Scirpus sylvaticus*, *Phragmites australis*, *Carex brizoides*, *Carex acutiformis*. U ovim sastojinama javlja se i obična breza (*Betula pendula*) i trušljika (*Frangula alnus*).



Slika 10. Jošici na Blatuši (fotografirao D. Hruševar)

Prema dosadašnjim istraživanjima (Alegro i Šegota 2008) blatuški bazen broji 140 svojti vaskularne flore: 66 svojti opaženo je na samom cretnom 'licu' (Slika 11), 57 svojti u neposrednoj blizini ceta, a 17 svojti zabilježeno je u jošicima (Alegro i Šegota 2008). Joha (*Alnus glutinosa*), trušiljka (*Frangula alnus*) i obična breza (*Betula pendula*) sudjeluju u sukcesiji ceta (Slika 11), a zaraštavanju pridonosi i prestanak košnje te nestanak ekstenzivnog stočarenja i s njime povezane ispaše (Topić i Stančić 2006).



Slika 11. Površina cřeta zarasta obiĉnom brezom *Betula pendula*, koja podosta nalikuje strogo zaštićenoj cřetnoj brezi *Betula pubescens*, pa je prilikom uklanjanja drveća s cřeta potreban dodatni oprez (fotografirao D. Hruševar)

Āitava površina cřeta je u odreĉenoj mjeri obrasle travom beskoljenkom (*Molinia coerulea*/*Molinia arundinacea*) koja je prirodni element cřeta, ali svojom prekomjernom pokrovnošću olakšava prodor vrstama necretnih staništa (Alegro i Šegota 2008). Na podruĉju cřeta Đon moĉvar pronaĉeno je ukupno pet kritiĉno ugroženih svojti od kojih su njih ĉetiri tipično cřetne vrste, dok nalaz vrste *Lycopodiella inundata*, za koju se već ranije smatralo da je nestala sa cřeta, nije potvrĉen (Alegro i Šegota 2008): cřetna i blatuška breza (*Betula pubescens* Ehrh. i *B. x blatušae* Pevalek), okruglolisna rosika (*Drosera rotundifolia* L.) (Slika 12), bijela šiljkica (*Rhynchospora alba* (L.) Vahl (Slika 12), uskolisna suhoperka (*Eriophorum angustifolium* Honck.) te moĉvarna broćika (*Galium uliginosum* L.) koja nije strogo vezana za vegetaciju cřetova.





Slika 12. *Rhynchospora alba* (lijevo) i *Drosera rotundifolia* (desno) kritično su ugrožene svojte u flori Hrvatske (fotografirao D. Hruševar)

## 2.11. POVIJEST OBITAVANJA LJUDI NA ŠIREM PODRUČJU BLATUŠE – OD METALNIH DOBA DO DANAŠNJICE

Na području Korduna, Banovine i Pokuplja povijest obitavanja ljudi možemo pratiti dalje u prošlost no što je sama procijenjena starost jezgre sedimenta: u razdoblju eneolitika ili bakrenog doba (od ~4500. g. pr. Kr. do ~ 2 500 g. pr. Kr.) (Težak-Gregl 2017) prisutni su materijalni ostaci lasinjske i vučedolske kulture (Škiljan 2007). Tijekom brončanog doba na širem području istraživanja dominantna je kultura polja sa žarama koju, kao što sam naziv govori, karakterizira spaljivanje pokojnika i pohranjivanje pepela istog sa žarom u zemlju. Ona traje od 13. do 8. st. pr. Kr. Na području Korduna, iako nisu pronađena groblja, neke od gradina datiraju u razdoblje kasnog brončanog doba: Kirin-grad, Samograd između Pecke i Crnog Potoka, Turska kosa iznad Velike Vranovine i Nikolino brdo u Topuskom (Škiljan 2007). I ostava iz Maličke, nedaleko same Blatuše, pripada ovom razdoblju (Balen-Letunić 1985). U razdoblju željeznog doba koje traje od 8. st. pr. Kr. do 1. st. pos. Kr. (Potrebica 2013) etnicitet stanovništva se već može preciznije odrediti: na sjevernom dijelu Korduna živjeli su Kolapijani, a u susjednoj Banovini Segestani. Naselje sa lokaliteta Turska kosa, premda brončanodobne starosti, svoj procvat doživljava baš u starije željezno doba (8. do 4. st. pr. Kr.). Već krajem 2.

st. pr. Kr. provaljuju Rimljani na područje Korduna, međutim rimska prevlast na području koje bi uključivalo i Blatušu rezultat je Oktavijanovog vojnog pohoda u 1. st. pr. Kr. koji, zauzećem Segestike (današnji Sisak), pokorava Kelte. Vjerojatni vojni pravac kretanja Oktavijanovih trupa prema Segestici odvijao se preko Slunja, Veljuna, Kolarića, Vojnića i Gvozda (Vrginmosta), premda je moguć i alternativni pravac dolinom Mrežnice i Kupe (Škiljan 2007). Porazeni Kelti, Japodi i Panonci nisu se mirili s rimskim prisustvom pa su učestalo organizirali bune (16., 11. i 10. g. pr. Kr.) koje guši Tiberije, a 6. g. pos. Kr. pobunilo se čitavo područje unutrašnjeg Ilirika (Batonov ustanak) te sukobi traju naredne tri godine. Na kraju Rimljani odnose pobjedu i grade na temeljima Segestike 'svoju' Sisciu. Rimskim spomenicima posebno je bogato područje Topuskog (Škiljan 2007) nedaleko od Blatuše. Siscia se posljednji put spominje u prvoj polovici 6. st., a u istom su vjerojatno grad osvojila pridošla plemena Avara i Slavena. Sisak se ponovno spominje tek početkom 9. st., a općenito su nalazi iz razdoblja ranog srednjeg vijeka rijetki – iznimku predstavlja Kirin-grad u kojem se grobni ukopi mogu pratiti od 9. do 11. st. Velika povijesna bitka između Petra Svačića i Kolomana Arpadovića krajem 11. st. također se mogla odigrati nedaleko od Blatuše, iako se i lokaliteti poput Velike i Male Kapele ili Zrinska gora, uz Petrovu goru kao tradicionalno područje odigravanja bitke, sve češće spominju kao izgledni (Škiljan 2007). U razdoblju razvijenog srednjog vijeka na području današnjih općina Gvozd i Topusko ljudi obitavaju u Boviću (spomen na katoličku crkvu iz 1334. g., Perni (status slobodnog kraljevskog grada ima od 1225. g.) i Topuskom (cistercitska opatija), a pavlinski samostan na Velikom Petrovcu osnovan je 1303 g. Na temelju povlastica koje su stanovnici Perne dobili, saznajemo da je istima dopuštena sadnja vinograda na brežuljcima Gradišće i Žalac (Škiljan 2007). U razdoblju kasnog srednjeg vijeka i novog vijeka nadvila se Osmanska opasnost na čitavo područje današnjeg Korduna, Banovine i Pokupskog. Godine 1548. Osmanlije su navalili na Pernu i imanje Steničnjak, ali tom prilikom grad nije bio spaljen. Međutim, deset godina kasnije Osmanlije na čelu s Malkoč-begom spalile su Pernu, Zlat, Krstinju, Kladušu, Vrnograč, Bojnu i okolna mjesta. Godine 1562. Turci su krenuli na Pernu sa četiri stotine vojnika, ali ih je porazila vojska Herberta Auersperga, međutim tri godine kasnije razorili su zidine cistercitske opatije u Topuskom. Godine 1689. hrvatska banska vojska provalila je u Pounje i potukla Osmanlije na Zrinskom polju, oslobodivši time područje između Kupe i Une. Potiskivanjem Osmanlija s područja Banovine i Korduna dolazi do naseljavanja kršćanskog stanovništva, najčešće pravoslavne vjeroispovjesti. Tako proces oživljavanja Topuskog kreće 1687. g., a Vrginmosta 1688. g. Ipak, Perna ponovno stradava u ratovima s Osmanlijama 1717. i 1788. g. (Škiljan 2007), a zbog čestih sukoba s Osmanlijama dolazi do zbjega stanovništva koje napušta i Topusko. Poljoprivreda i šumarstvo, a u manjoj mjeri i

rudarstvo, predstavljaju glavninu gospodarsko-ekonomske aktivnosti Banske krajine u novom vijeku. Šume se naveliko krče što pokušava zabranom, izdanom 1736. g., zauzdati ban Esterhazy (Holjevac i Močanin 2007). Uvodi se cijepljenje i sadnja voćki, napose šljiva (Pavličević 1988), intenzivira se uzgoj žitarica, gomoljika i sočivica te u 19. st. upravo 1. banska pukovnija sa sjedištem u Glini postaje, po iskorištenosti tla, vodeća u cijeloj Vojnoj krajini. Brojna danas manja mjesta Korduna i Banovine sredinom ili početkom druge polovice 19. st. doživljavaju demografski vrhunac, primjerice Perna najviše stanovnika, njih 1317, broji godine 1857., nakon čega počinje proces napuštanja ruralnih krajeva i depopulacije stanovništva na istraživanom području, koji se nastavio i tijekom 20. st. (Brozović i sur. 2009).

## 2.12. POVIJEST PALINOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA HOLOCENSKIH SEDIMENATA NA PODRUČJU HRVATSKE

U Hrvatskoj su paleopalinološka istraživanja provedena u svim njenim biogeografskih regijama: sredozemnoj, alpinskoj i kontinentalnoj. U sredozemnoj biogeografskoj regiji palinološke analize holocenskih sedimenata, dijelom u svrhu razumijevanja promjena u biljnom pokrovu, provedena su u Istri - u Paludu pokraj Rovinja (Beug 1977), Prapoču (Andrič 2001, 2006) i Čepić polju (Balbo i sur. 2006) te Dalmaciji – u Bokanjačkom blatu nedaleko Nina (Grüger 1996), u dolini Neretve pokraj Metkovića (Brande 1973) te na zapadnoj obali Mljeta (Beug 1962, Jahns i Bogaard 1998). U alpinskoj biogeografskoj regiji istraženi su Trstenik i Fužine (Gigov i Nikolić 1960, Šercelj 1971) te Plitvička jezera (Culiberg i Šercelj 1981, 1994, Srdoč i sur. 1985). U kontinentalnoj biogeografskoj regiji istražena su samo dva lokaliteta: Dubravica i Blatuša (Gigov i Nikolić 1960). Pregled paleopalinoloških i arheobotaničkih istraživanja na području Hrvatske u preglednom radu je izložila Šoštarić (2004, 2005) te su istraživani lokaliteti iz toga rada, nadopunjeni dodatnim istraživanjima provedenima u međuvremenu, prikazana na Slici 13.



Slika 13. Geografski položaj lokaliteta na kojima su vršena paleopalinoška istraživanja holocenske vegetacije (usklađeno prema Šošarić 2004, 2006 i nadopunjeno novijim istraživanjima).

Kako svaku biogeografsku regiju odlikuje različiti sastav flore, a time i biljnih zajednica u kojima su te biljne svojte združene, u daljnjem tekstu osvrst će biti dan samo za područje kontinentalne biogeografske regije čiju problematiku pokrivaju rezultati ove disertacije. Gigov i Nikolić (1960) prilažu peludne dijagrame u svrhu analize promjena vegetacije, međutim njihove sekcije jezgrinog profila nisu datirane pa se niti dinamika vegetacije, kao niti dužina trajanja pojedinog vegetacijskog 'uzorka', ne mogu smjestiti u 'definirani' vremenski okvir. Vodeći se mišlju da se slične promjene u biljnom pokrovu događaju u različitim područjima Europe tijekom istih vremenskih razdoblja, oni promjene vegetacije vremenski dovode u vezu sa sličnim 'uzorkom' koji je utvrđen za područje sjeverozapadne Europe, područjem koje je paleopalinoškim istraživanjima 'najpokrivenije'. Međutim, to poopćeno viđenje dinamike promjena biljnog pokrova odgovaralo je tadašnjem duhu vremena, međutim ne i suvremenim načinima interpretacijama paleookoliša. Također, tadašnje interpretacije nisu poklanjale pažnju

razdvajanju lokalnog od regionalnog paleopalinološkog elementa, a nisu postojali niti radovi koji bi definirale pojedine palinološke vrste kao pokazatelje antropogenog utjecaja, što je sve bio poticaj da se pristupi ponovnoj analizi akumuliranih palinomorfa u sedimentu creta na Blatuši. Osim utvrđivanja regionalnog i lokalnog biljnog pokrova i promjenama u sastavu i strukturi vegetacije izazvane klimatskim ili antropogenim čimbenicima tijekom (kasnog) holocena, prvi put se učešće različitih skupina organizama, akumuliranih u sedimentu, koristi u svrhu paleoookolišne rekonstrukcije blatuškog bazena.

### 3. METODE RADA

Palinološka analiza holocenskih sedimenata uključuje nekoliko segmenata: terensko vađenje neporemećene jezgre sedimenta, laboratorijsku obradu sedimenta, izolaciju organske tvari za datiranje starosti uzoraka upotrebom akceleratorne masene spektrometrije (u svrhu procjene udjela izotopa  $^{14}\text{C}$ , laboratorijsku obradu i izolaciju palinomorfa, određivanje tipa peluda i spora biljaka te ostalih nepeludnih palinomorfa (spore gljiva, ciste algi, ameba, itd...) kao i njihovo prebrojavanje, uključujući i pougljenjene čestice, upotrebom svjetlosnog mikroskopa, izrada fotoarhive, upotreba specijaliziranog programa za obradu podataka te interpretaciju peludnih dijagrama.

#### 3.1. TERENSKI RAD

U svibnju 2014. g. pomoću udarne bušilice *Eijkelpomp* promjera 100 mm na cretu u Blatuši pristupljeno je vađenju jezgre sedimenta. Analizom jezgre potvrđeno je da sediment sadrži dovoljno palinomorfa za paleokolišnu rekonstrukciju. U travnju 2015. g. izvađena je neporemećena jezgra sedimenta (koordinate X=5571555, Y=5019628) duljine 210 cm koja je upotrebljena u svrhu izrade disertacije. Jezgra čiji sadržaj se sastoji od gline u donjem dijelu, treseta te živih mahovina roda *Sphagnum* u vršnom dijelu, oštrim je nožem razrezana na poduzorke duljine 5 cm. Svaki je poduzorak stavljen u plastičnu vrećicu sa jasno naznačenom dubinom te su po završetku terenskog dijela istraživanja svi poduzorci spremljeni u hladnjak na temperaturu od  $+4^{\circ}\text{C}$ .

#### 3.2. LABORATORIJSKE ANALIZE

Jezgra s poduzorcima od 5 cm analizira se tako da se uzdužnim prerezom jedna polovica arhivira, dok se druga koristi za detaljan opis strukture i sastava sedimenta. Polovica koja se koristi za opis jezgre potom se dijeli na dva dijela, od kojih se jedan dio koristi za analizu makroskopskih biljnih/životinjskih ostataka, tj. za izolaciju organske tvari potrebne za datiranje starosti uzoraka, tj. biostratigrafskog sloja i za izolaciju palinomorfa, na čijem kvalitativnom i kvantitativnom sastavu se temelji izrada palinoloških dijagrama. Druga polovica koristi se za granulometrijske i geokemijske analize. Dakle, gledamo li ukupnu jezgru sedimenta, 1/2 izvađene jezgre ostaje u arhivi, 1/4 se koristi za analizu makro- i mikro- organskih ostataka, a 1/4 za geološke/geokemijske analize.



### 3.2.1. Fotografiranje

Prvi korak pri istraživanju jezgre sedimenta jest vizualni opis jezgre. To obuhvaća fotodokumentiranje prerezane jezgre koje je obavljene pomoću fotoaparata Canon EOS 500D, pričvršćenog na stalak i s uključenim reflektorom za osvjetljavanje. Istovremeno je uz uzdužno prerezanu jezgru fotografirana paleta za kalibraciju X-Rite ColorChecker Passport (X-Rite, Incorporated, 2009), pomoću koje se dobivene fotografije RAW formata kalibriraju u programu Lightroom (Adobe Photoshop Lightroom 3.3). Koristeći paletu boja X-Rite ColorChecker Passport, Lightroom kalibrira fotografije na način da stvara kalibracijski spektar koji se primjenjuje za odabrane fotografije.

### 3.2.2. Opis sedimenta prema Troels-Smith sustavu

Sastav i struktura sedimenta opisuje se iz razloga dohvaćanja što više okolišnih informacija iz abiotske/organske komponente. Troels-Smith sustav, premda zahtjevan, najlogičniji je i najobuhvatniji sustav klasifikacije sedimenata koji donosi informaciju o:

- a) fizičkim osobitostima sedimenta
- b) humifikaciji sedimenta
- c) sastavu sedimenta

Fizičke osobitosti odnose se na sljedeće komponente, sve u rasponu vrijednosti od 0 do 4:

- a) nig (*nigror*) - stupanj tamnoće (0 označava svijetlo, npr. kvarcni pijesak, a 4 tamno, poput humificiranog treseta)
- b) strf (*stratificatio*) - stupanj stratifikacije (0 označava homogeni sediment, a 4 sediment koji se sastoji od brojnih lamela, strukturnih ili različito obojenih slojeva)
- c) elas (*elasticitas*) - stupanj elastičnosti (0 označava odsustvo mogućnosti da deformirani sediment povрати svoj oblik, a 4 maksimalnu sposobnost deformiranog sedimenta da se povрати u prijašnji oblik)
- d) sicc (*siccitas*) - stupanj suhoće (0 označava vodu, 4 osušeni sediment)

### Humifikacija

- a) Humo (*humositas*) - stupanj humifikacije, tj. razgradnje organske tvari u huminsku kiselinu

Sastav sedimenta temelji se na šest temeljnih komponenti:

1. Sh (*Substantia humosa*) - posve dezintegrirana organska tvar, crna i homogena i bez jasne strukture
2. a) Tb (*Turfa bryophytica*) – treset sastavljen od mahovinskih ostataka koji su često odredljivi (npr. *Turfa Sphagni*, *Turfa Hypnacea*, *Turfa Polytrichi*)  
b) Tl (*Turfa lignosa*) – treset sastavljen od drven(ast)ih ostataka koji su često odredljivi  
c) Th (*Turfa herbacea*) – treset sastavljen od korijenja zeljastih biljaka, podzemnih stabljika i nadzemnih izdanaka povezanih s korijenjem koji ponekad mogu biti odredljivi (npr. *Turfa Phragmitis*, *Turfa Dryopteridis*)
3. a) Dl (*Detritus lignosus*) – sediment s komadićima drva ili kore > 2 mm  
b) Dh (*Detritus herbosus*) – sediment sa zeljastim ostacima biljaka > 2 mm, poput stabljika, listova i sjemenki  
c) Dg (*Detritus granosus*) – sediment s ostacima biljaka <2 mm, a > 0,1 mm, mogu biti prisutni i životinjski fragmenti
4. a) Ld (*Limus detrituosus*) – najčešći oblik jezerskog mulja, uglavnom elastični, nemasni neljepljivi sediment građen od više-manje razgrađenih mikroorganizama ili biljnih ostataka koji su < 0.1 mm  
b) Lso (*Limus siliceus organogenes*) – sediment građen od silikatnih skeleta protista, ali i biljaka i životinja, često se naziva diatomit. Kada je čist, radi se o svijetlom supstratu, neelastičnom i suhom  
c) Lc (*Limus calcareus*) – laporasti sediment građen od kalcijevog karbonata. Kada je čist, svijetliji je i gušći od diatomita  
d) Lf (*Limus ferrugineus*) – sediment sastavljen od željeznih oksida ili sulfida. U reduciranim uvjetima je crnkast, a izložen zraku poprima žućkastu ili crvenkastu boju.
5. a) As (*Argilla steatodes*) – sediment sastavljen od čestica gline koje su < 0.002 mm i koje kao vlažne pokazuju veliku plastičnost  
b) Ag (*Argilla granosa*) – sediment sastavljen od čestica veličine 0.002 do 0.06 mm koji pokazuju manju plastičnost i drobi se u prah, prije nego u tvrde grumenčice kao glina
6. a) Ga (*Grana arenosa*) – fini pijesak sa česticama veličine 0.06 do 0.6 mm  
b) Gs (*Grana subarralia*) – grubi pijesak s česticama veličine 0.6 do 2 mm  
c) Gg (*Grana glareosa*) – sitni do srednje veliki šljunak. Ukoliko je veličinska frakcija <6 mm, zove se Gg (min.) - *Grana glareosa minor*, ukoliko je > 6 mm, zove se Gg (maj.) - *Grana glareosa major*.

U opisu sedimenta jezgre od fizičkih osobitosti utvrđene su sve fizičke komponente te im je dodijeljena vrijednost od 1 do 4: stupanj tamnoće (*darkness*), stupanj stratificiranosti (*stratification*), stupanj elastičnosti (*elasticity*) i stupanj suhoće (*dryness*) te su utvrđivane glavne komponente sedimenta: *Substantia humosa* (Sh), različiti oblici *Turfe* (Tb, Tl, Th), *Detritusa* (Dl, Dh, Dg), *Limusa* (Ld, Lso, Lc, Lf), *Argille* (As, Ag) i *Grane* (Ga, Gs, Gg), odnosno njihovi razmjerni udjeli čiji zbroj nužno mora iznositi 4. Međutim, ponekad može nastupiti problem u prepoznavanju/razlikovanju temeljnih komponenti. Detritus je lako utvrditi kao tip sedimenta u jezerima no problem nastupa kada govorimo o cretovima gdje se ta dva sedimenta mogu razlikovati tek upotrebom mikroskopa. Bitna razlika između detritusa i turfe jest u tome što se detritus sastoji od nadzemnih dijelova biljaka koji nisu povezani s korijenjem. S druge strane, problem može biti i u razlikovanju *Limus detrituosusa* od humificirane turfe - u limusu nedostaju fragmenti korijenja, a za razliku pak od *Substantia humosa*, u limusu su prisutni i obligatni akvatički organizmi. *Argilla* je, za razliku od limusa, u suhom stanju sipljivija, a u vlažnom stanju plastična, i manje elastična. Deskriptivni opis sedimenta temelji se na osjetilu vida pa je kao takav podložan određenoj subjektivnosti, međutim kada ista osoba analizira čitav profil jezgre, uvijek zauzima isti otklon od zamišljene idealne procijene čime se sustav dovodi u stanje uvjetne objektivnosti.

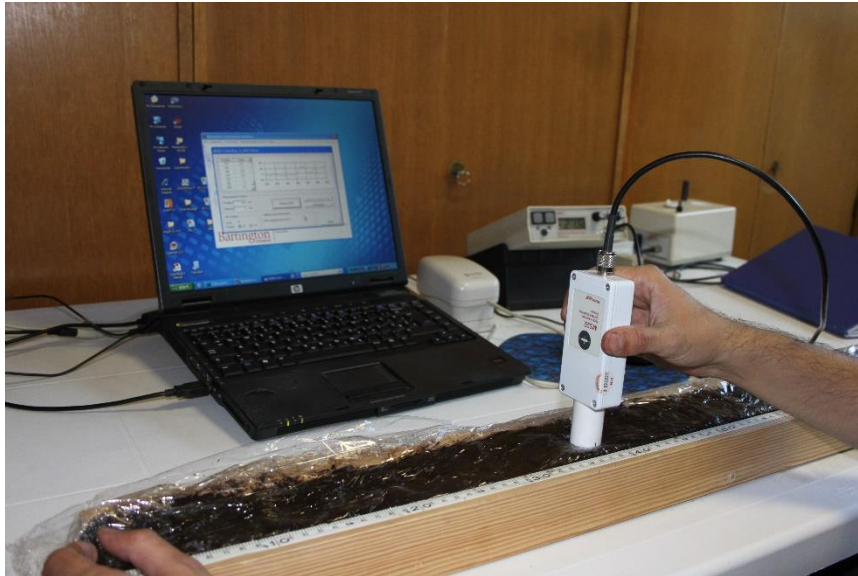
### 3.2.3. Utvrđivanje boje sedimenta prema Munsellu te spektralna analiza boja

Boja sedimenta određivana je prema Munsellovom atlasu boja (Munsell Color, 1994) na mokrim uzorcima pri danjem svjetlu. Bitno je utvrditi boju prije no što proces oksidacije odmakne, dakle na 'sirovoj' jezgri. Utvrđuje se vrijednost nijansa boje (*hue*) – crveno, žuto, plavo, itd., svjetline (*value*) i zasićenje bojom (*chroma*). S obzirom da različite osobe različito percipiraju boje, utvrđivanju boje po Munsellu uvjetovano je stanovitim subjektivitetom (Wolf 2011). Uz ovu konvencionalnu metodu boja sedimenta je utvrđivana i spektrofotometrom X-Rite DTP22/Digital Swatchbook, s promjerom otvora 6 mm. Boja je kvantitativno izražena u CIE  $L^*a^*b^*$  vrijednostima. Model CIE  $L^*a^*b^*$  (CIELAB) je najkompletniji prostor boje određen prema međunarodnoj komisiji za osvjetljenje (fra. *Commission Internationale de l'Eclairage*) i opisuje sve boje vidljive ljudskom oku kao trodimenzionalan model. Parametar  $L^*$  definira svjetlinu i ima raspon od 0 (crno) do 100 (bijelo). Parametar  $a^*$  odnosi se na varijaciju u crvenoj i zelenoj boji i ima raspon od +60 (crveno) do -60 (zeleno). Parametar boje  $b^*$  definira varijaciju žute i plave boje i također ima raspon od +60 (žuto) i -60 (plavo). U teoriji

ove analize stoji činjenica da uzorak ne može biti u isto vrijeme zelen i crven, niti plav i žut. Kao rezultat toga, pojedinačne vrijednosti mogu se koristiti za opis odnosa crveno/zeleno i žuto/plavo.

#### 3.2.4. Analiza magnetskog susceptibiliteta

Magnetski susceptibilitet jest mjera magnetičnosti materijala, koje je inducirano slabim magnetskim poljem (Evans i Heller 2003). Atmosferski izvori magnetičnih minerala uključuju vulkanski materijal (tefru) i prašinu nastalu antropogenim aktivnostima (Last i Smol 2001), te povišen magnetski susceptibilitet može biti indikator tefre i vulkanske aktivnosti u bližem području. Najveći magnetski susceptibilitet imaju magnetični minerali, kao što je magnetit (ferimagnetičan), dok malo niže vrijednosti ima hematit (antiferomagnetičan). Slab magnetski susceptibilitet imaju paramagnetični minerali (npr. minerali glina, biotit i pirit). Negativne vrijednosti imaju minerali koji su dijamagnetični i ne sadrže željezo, poput karbonata i kvarca, kao i organske tvari. Većina magnetičnih minerala u jezerskim sedimentima potječe iz vodnog sliva, ali mogu biti uneseni u jezero rijekama i vjetrom. Magnetski susceptibilitet u pleistocenskim/holocenskim jezerskim sedimentima varira kako se mijenjaju paleookolišni uvjeti u jezeru/slivu, odnosno karbonatna sedimentacija (nizak MS) ili erozija siliciklastičnog materijala (viši MS), te upućuje na klimatske promjene i ljudsku aktivnost (Dearing 1999, Maher 2011). Također može ukazivati na prisutnost gorenja, tj. vatru kao okolišni čimbenik te se koristi zajedno sa udjelom pougljenjenih čestica u svrhu razlikovanja lokalnih od regionalnih požara. U istraživanju je korišten Bartingtonov uređaj s MS2E ravnim površinskim senzorom (Slika 14) koji mjeri volumni MS na uzdužno prepiljenoj polovici jezgre sedimenata, pri čemu je bitno izvršiti mjerenje kad su senzor i površina jezgre približno iste temperature. Vrijednosti MS-a izmjerene su za svaki poduzorak, dakle u razmacima od 5 cm.



Slika 14. Bartingtonov uređaj s MS2E ravnim površinskim senzorom za mjerenje magnetičnosti materijala (fotografirala dr. sc. N. Ilijanić)

### 3.2.5. Mjerenje pH

pH metar je elektronski instrument koji se koristi za mjerenje pH, tj. kiselosti ili bazičnosti supstrata. Tipični pH metar se sastoji od specijalne sonde za mjerenje (staklene elektrode) spojene na elektronski metar koji mjeri i prikazuje izmjerenu pH vrijednost. Sonda pH metra mjeri pH vrijednost kao aktivnost vodikovih iona koji okružuju njezin okrugli završetak. Sonda proizvodi malu voltažu (oko 0,06 volti po jedinici pH) što se mjeri i prokazuje kao pH vrijednost pomoću pH metra. Za potrebe ovog istraživanja upotrebljen je HACH H170 pH metar s elektrodom za krute uzorke (Sension Gel-filled pH Electrode), staklena elektroda utiskivala se u vlažan sediment te je nakon nekoliko desetaka sekundi bilo moguće očitati vrijednos kiselosti/bazičnosti sedimenta na samom ekranu uređaja.

### 3.2.6. Analiza ukupnog ugljika, dušika i C/N omjera

Nakon pripreme sedimenta liofilizacijom, analiza dušika i ugljika napravljena je od strane mr. sc. Martine Šparice Miko pomoću CN analizatora za tla i sedimente, Thermo Fischer Scientific, Flash 2000 NC Analyzer (program Eager Xperience). CN analizator radi na principu spaljivanja uzoraka na visokim temperaturama, uz nastanak  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  i  $\text{N}_2$ . Odvaže se 30 mg usitnjenog uzorka i pakira u kositrenu zdjelicu, koja se potom savije u kapsulu, te se tako pripremljen uzorak stavlja u automatski nosač uzorka. Uzorak se zajedno s kapsulom spaljuje u prvom reaktoru u čistom kisiku (99,996%) na  $900^\circ\text{C}$ , pri čemu se sav ugljik u uzorku oksidira u  $\text{CO}_2$ . Također dolazi do oksidacije dušika u uzorku i nastaju dušikovi oksidi ( $\text{NO}_x$ ) i

molekularni dušik (N<sub>2</sub>). Plin nosilac je helij (He), koji vodi nastale produkte do drugog reaktora, gdje bakar (Cu) reducira nastale dušikove okside do molekularnog dušika, na 680°C. Nastali plinovi (CO<sub>2</sub> i N<sub>2</sub>) i voda potom prolaze kroz tzv. adsorpcijski filter, gdje se uklanja zaostala voda pomoću magnezijevog perklorata, prije nego plinovi odu na plinsko-kromatografsku (GC) kolonu pri sobnoj temperaturi. Prvi kroz kolonu prolazi dušik, a zatim ugljikov dioksid, te se pomoću detektora toplinske provodljivosti (TCD-*thermal conductivity detector*) dobiju udjeli dušika i ugljika. Preciznost i točnost analize kontrolirana je ponavljanjem mjerenja pojedinih uzoraka i mjerenjem referentnog materijala – tlo koje sadrži poznate udjele dušika i ugljika (*Soil NC Reference Material*; %N=0,21 i %C=2,29).

Za određivanje ukupnog organskog ugljika, TOC (*Total Organic Carbon*) korištena je direktna metoda. U direktnoj metodi, anorganski ugljik se otapa prije mjerenja na CN analizatoru. To je učinjeno tako da se uzorak tretirao s klorovodičnom kiselinom (1 g uzorka + 8 ml 4,2M HCl) (modificirano prema Tung i Tanner 2003), čime su otopljeni karbonatni minerali (kalcit, aragonit, dolomit), te se nakon toga izmjerio postotak organskog ugljika u netopivom ostatku. Da bismo dobili organski ugljik u uzorku, korišten je korekcijski faktor,  $k_f = \text{početna/konačna masa uzorka}$ .

### 3.2.7. Datiranje starosti uzoraka radioaktivim ugljikom <sup>14</sup>C metodom AMS-a

Svrha pripreme materijala za datiranje metodom AMS-a je dobivanje grafitne mete (dakle od čistog ugljika) koja je podrijetlom od samih uzoraka. Postupak se sastoji od (Goslar i Czernik 2000): kemijskog predtretmana, spaljivanja uzorka, pročišćivanja CO<sub>2</sub>, grafitizacije, pritiska na grafitnu metu i mjerenja. Kemijski predtretman se provodi u svrhu uklanjanja 'suvišnog' materijala (npr. bakterijski CO<sub>2</sub>, huminska/fulvinska kiselina, itd.) koji može kontaminirati izabrane uzorke za datiranje (poput nadzemnih dijelova biljaka - sjemenke, drvo, kosti životinja/ljudi, ljušturice životinja, ugljen, pelud, itd.) Sastoji se od tretmana kiselinom-lužinom-kiselinom (*acid-alkali-acid treatment* – AAA procedura). Vruća klorovodična kiselina (HCl) uklanja karbonate, natrijeva lužina (NaOH) sekundarne organske kiseline, a ponovna (i završna) upotreba kiseline služi neutralizaciji uzorka.

Pripremljeni uzorak se spaljuje radi dobivanja CO<sub>2</sub>. Sagorijevanje se provodi u kvarcnoj epruveti s bakrenim (II) oksidom kao izvorom kisika za izgaranje i srebrnom vunom za uklanjanje plinovitog sumpora i spojeva klora. Ovaj postupak se provodi na visokoj temperaturi

od ~900 °C u trajanju od oko četiri sata te u uvjetima visokog vakuma. Pročišćavanje CO<sub>2</sub> također se odvija u uvjetima visokog vakuma, s napuknutom cjevčicom koja omogućuje otpuštanje plinova. Vodena para sublimira pomoću 'zamke' ohlađene pomoću suhog leda i alkohola na otprilike -70 °C, a CO<sub>2</sub> se sakuplja u staklenoj bočici ohlađenoj tekućim dušikom na oko -180 °C. Temeljem prikupljene količine CO<sub>2</sub> se izračunava masa ugljika, a to pak omogućuje procjenu koncentracije istog u samom uzorku.

Zatim slijedi grafitizacija kojom se CO<sub>2</sub> reducira u grafit tijekom reakcije s vodikom na temperaturi od 600-630 °C (ovisno o brzini redukcije za specifični uzorak), a u prisutnosti željeza kao katalizatora. Neposredno prije grafitizacije, željezo se oksidira 15 minuta i reducira 30 minuta na 400 °C kako bi se aktivirala katalitička svojstva. Omjer mase željeza i masenog udjela ugljika (Fe/C) jednak je 2. Zatim su uvode CO<sub>2</sub> i H<sub>2</sub> u stehiometrijskim količinama: količina CO<sub>2</sub> je ekvivalentna 1 mg ugljika uz dodatak približno 20% H<sub>2</sub> u suvišku kako bi se osigurala potpuna redukcija. Višak CO<sub>2</sub> se pohranjuje u odvojenu bočicu i prenosi na posebnu staklenu cijev za mjerenje stabilnih izotopa ugljika.

Nastali grafit hvata se na željezu, a dobivena smjesa Fe i ugljika predstavlja "grafitnu" metu koja se preša na nosače meta za mjerenje akceleratorom. Cijeli postupak grafitizacije se provodi u posebno konstruiranoj vakuumskoj liniji.

Grafine mete smještaju se na izvor iona AMS sustava koji stvara struju negativno nabijenih ugljikovih iona. Ioni s različitim masama potom se sekvencionalno ubrizgavaju te postižu veliku energiju ubrzani djelovanjem električnog polja. U reakciji s atomima argona dolazi do promjene njihovog naboja te pozitivni ioni napuštaju akcelerator. Potom isti bivaju analizirani u magnetskom i električnom polju u svrhu selekcije odgovarajuće mase i energije. Struje izotopa <sup>12</sup>C i <sup>13</sup>C mjere se u Faradayovim čašama, dok se <sup>14</sup>C izotopi detektiraju i broje.

Datiranje metodom radioaktivnog ugljika <sup>14</sup>C akcelatorskom masenom spektrometrijom (AMS) napravljeno je u centru Gadam, u laboratoriju za datiranje radioaktivnim ugljikom (Gliwice, Poljska). Gadam centar kalibrira mjerene <sup>14</sup>C datume pomoću programa OxCal, verzija 4.2.3 (Bronk Ramsey i sur. 2010) u kojem su korištene IntCal.13 kalibracijske krivulje (Reimer i sur. 2013). Modeli dubine-starosti (eng. *age-depth models*) konstruirani su za cret pomoću programa CLAM 2.2 (Blaauw 2010). Prema međunarodnoj konvenciji, rezultati radiokarbonskog datiranja se izražavaju kao mjerena <sup>14</sup>C starost u godinama prije sadašnjosti

(eng. *years before present* – „years BP“), pri čemu je „sadašnjost“ definirana kao godina 1950. pos. Kr. (tj. 1950 AD) (Turetsky i sur. 2004).

### 3.2.8. Palinološka analiza

Palinološka analiza je zbirni naziv za čitav niz postupaka koji se provode u svrhu izrade vegetacijskog dijagrama i interpretacije istog. U ovom istraživanju primjenjena je metoda pripreme uzoraka prema Faegri i Iversen (1989), djelomično modificirana. U bitnom se postupak sastoji od:

1. fizikalno-kemijske obrade sedimenta u svrhu odvajanja makroskopskih biljnih ostataka te izolacije i koncentriranja palinomorfa
2. izrade palinoloških predmetnica
3. određivanja i prebrojavanja palinomorfa te mikro- i makro- pougljenjenih čestica
4. statističke obrade podataka putem specijaliziranog palinološkog programa

#### 3.2.8.1. Fizikalno-kemijska obrada sedimenta

Uzorci jezgre poduzorkovani su u 5 cm intervalima, sediment svakog poduzorka je izvagan te tretiran natrijevim pirofosfatom ( $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ) u svrhu disperzije glinenih čestica. Zatim slijedi prosijavanje kroz sita s promjerom mreže od 215  $\mu\text{m}$  i 10  $\mu\text{m}$  - čestice gline prolaze kroz oba sita, makroskopski biljni/životinjski ostaci se zadržavaju na situ s mrežom otvora od 215  $\mu\text{m}$  te se takav organski materijal odlaže u Petrijeve posude i pregledava lupom, a palinomorfi se, zajedno s krupnijim česticama sedimenta, zadržavaju na situ s mrežom otvora od 10  $\mu\text{m}$ . Slijedi ispiranje palinomorfa s 'nečistoćama' u staklenu čašu u kojoj se talože na dno te se prelijevaju u epruvetu s metanolom i centrifugiraju na 3500 okretaja tijekom 5 minuta. Voda se dekantira iz epruvete, a talog s palinomorfima ulazi u kiselinsku obradu – u epruvetu se ulijeva 20% klorovodična kiselina (HCl) u svrhu uklanjanja karbonata s dodatkom jedne ili dvije *Lycopodium* tablete poznate koncentracije spora (Stockmarr 1971, 1973) koja će kasnije poslužiti izračunu koncentracije palinomorfa u uzorku. Tako pripremljen sadržaj epruvete stavlja se u vodenu kupelj na 60 °C u trajanju od 45 minuta. Potom kiselinu treba isprati što se čini višekratnim ulijevanjem destilirane vode s metanolom i centrifugiranjem. Lakmus papirom se provjerava pH sadržaj epruvete. Ukoliko talog s palinomorfima sadrži veliku količinu silikata, uzorak se tretira 48% fluorovodičnom kiselinom (HF) te se epruvete drže u vodenoj kupelji 30-60 minuta. Ohlađene, epruvete centrifugiramo na 3500 okretaja tijekom 5 minuta.

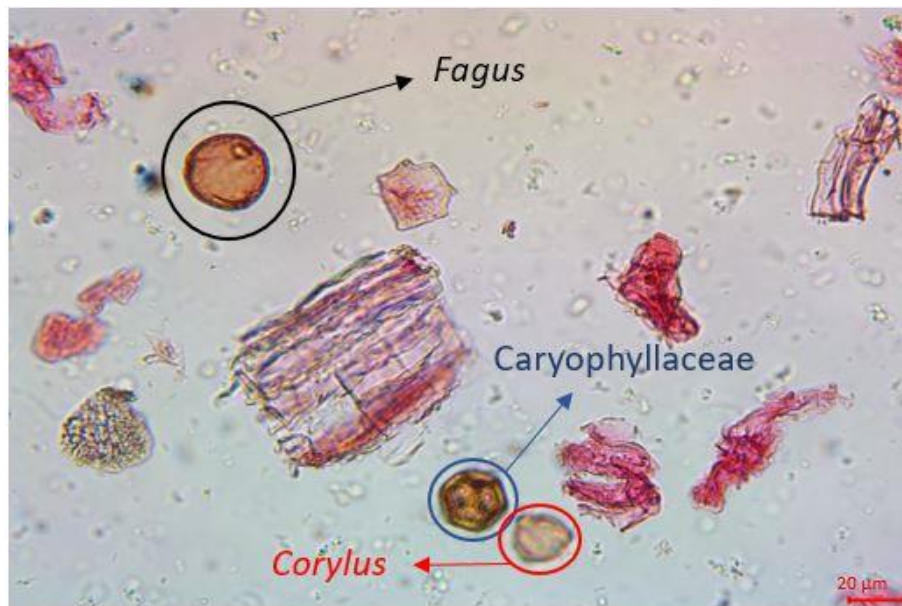


Bitno je da kiselinska obrada uvijek završi s klorovodičnom kiselinom, dakle nakon tretiranja uzorka HF-om i dekantiranja iste, u epruvetu nalijevamo 20% HCl te takve epruvete ponovno uvodimo u vodenu kupelj u trajanju od 30-60 minuta. Potom iz epruvete supernatant izlijemo u staklenu čašu s vodom te se peludna zrnca tijekom noći slegnu. Slijedi postupak acetolize koji se primjenjuje u svrhu dodatnog uklanjanja organske tvari, primarno celuloze, ali i za bojenje stijenke peludnih zrnaca i spora kako bi ornamentacija bila naglašenija. Pri tome je bitno da je uzorak koji ulazi u postupak acetolize suh, tj. talog s palinomorfima treba biti dehidriran, a uklanjanje vode se postiže ispiranjem s ledenom octenom kiselinom uz centrifugiranje, postupak se ponavlja nekoliko puta. Potom se priprema acetolizna mješavina koja se sastoji od anhidrida octene kiseline i koncentrirane sulfatne kiseline ( $H_2SO_4$ ) u volumnim omjerima 9:1 koja se ulijeva u epruvete s palinomorfima. Epruvete se na 3 minute uranjaju u vodenu kupelj pri čemu je bitno stakleni štapić za miješanje ukloniti kako se vodena para ne bi na njemu kondenzirala i uzrokovala eksplozivnu reakciju u dodiru sa  $H_2SO_4$ . Nakon centrifugiranja supernatant se odlijeva u spremnik s velikom količinom vode, a uzorak se ispira ledenom octenom kiselinom uz centrifugiranje. Više poduzoraka je provedeno paralelno i kroz postupak acetolize ili su uklopljeni u predmetnicu bez tog postupka, međutim njihovom međusobnom usporedbom nije zamijećena razlika u kvaliteti palinomorfa (očuvanost, izraženost determinacijskih obilježja) kao niti 'čistoća' samog sadržaja predmetnice. Na kraju preostaje pripremiti uzorke za uklapanje na predmetnicu. U epruvete s palinomorfima i destiliranom vodom kapnemo safranin (u svrhu bojanja) i protresemo uzorak Vibromixom. Epruvete se ponovno centrifugiraju na 3500 okretaja tijekom 5 minuta. Nakon centrifugiranja destilirana voda se dekantira, a ulijeva se TBA (*tert*-butanol ili *tert*-butil alkohol) te se epruvete s uzorkom ponovno centrifugiraju. Na kraju se 'talog' s palinomorfima i TBA najčešće prelijeva u male kivete, ponovno centrifugira, što više TBA se dekantira (a dobro je da kivete stoje otvorene par sati u svrhu isparavanja njegove što veće količine) te se na kraju ulijeva silikatno ulje, najbolje u volumenu tri puta većem no što je volumen 'taloga' s palinomorfima. Kiveta s palinomorfima u silikatnom ulju izvor je peluda i nepeludnih palinomorfa za daljnja mikroskopiranja.

### 3.2.8.2. Izrada palinoloških predmetnica

Predmetnica može biti trajna ili se pristupa izradi polutrajnog preparata. Trajna predmetnica dobiva se tako da na predmetno stakalce kapnemo uzorak s palinomorfima (najbolje koristiti sadržaj epruvete prije nego što se u 'talog' s palinomorfima doda TBA) i predmetnicu stavimo na zagrijani rešo kako bi voda isparila. Pri tome je bitno da se palinološki

uzorak (kapljica destilirane vode s palinomorfima) dobro osuši, ali ne i da zakuha (provrije) te kada voda ispari stavljamo malu količinu glicerina i želatine (komadić veličine zrna prosa) koji brzo iz krutog prelazi u tekuće stanje (zbog zagrijanosti predmetnice) te se iglicom tekuća želatina pomiješa s palinomorfima i prekrije pokrovnim stakalcem. Pokrovnicu pritisnemo na predmetnicu palcem i preparat s palinološkim uzorkom je spreman za mikroskopiranje (Slika 15).



Slika 15. Predmetnica s palinološkim uzorkom – pod mikroskopom se jasno uočavaju peludna zrnca bukve (*Fagus*), lijeske (*Corylus*) i karanfilki (*Caryophyllaceae*)

Ipak, određivanje i prebrojavanje palinomorfa je olakšano upotrebom/izradom polutrajnog preparata. Na predmetnicu nanese iglicom palinološki uzorak iz kivete sa silikatnim uljem, ako je gustoća palinomorfa velika dodamo i kap čistog silikatnog ulja, i prekrijemo uzorak pokrovnicom. Ovakvi palinomorfi su samo dijelom imobilizirani te blagim lupkanjem pokrovnice iglicom omogućavamo promjenu položaja samih palinomorfa, a time povećavamo vjerojatnost uočavanja determinacijskih karakteristika istih pa je i udio odredljivih palinomorfa veći, kao i sama preciznost odredbe. Ipak, potencijala mobilnost palinomorfa u polutrajnim preparatima zahtijeva i veći oprez prilikom prebrojavanja jer se povećava mogućnost da iste palinomorfe nehotično dva ili više puta prebrojimo.

### 3.3. KVALITATIVNA I KVANTITATIVNA ANALIZA PALINOMORFA I POUGLJENJENIH ČESTICA

#### 3.3.1. Određivanje i prebrojavanje palinomorfa i pougljenjenih čestica

Iako je prošlo više od stoljeća od kada se 'van Postova' palinološka metoda primjenjuje, relativno je malo literaturnih ključeva i/ili atlasa koji olakšavaju postupak determinacije peluda i spora. Također, kada i postoje ključevi koriste različitu terminologiju, ponekad razdvajaju 'tipove' ili 'grupe' peluda prema različitim kriterijima, ili ne obuhvaćaju sve razrede biljaka, npr. Beug (2015) u svom detaljnom ključu ne uključuje spore mahovina i papratnjača, dok Moore i sur. (1991) to čine, ali donose slabiji pregled tipova i grupa peluda vaskularne flore. Kako bi se nejasnoće umanjile, u ovoj disertaciji su odredbe palinomorfa nevaskularne flore usklađene prema Moore i sur. (1991), a također i peludna zrnca golosjemenjača. Kritosjemenjače su pak određivane prema Beugu (2015). Kratica t. iza imena palinološke vrste odnosi se na tip (njem. *Typ*) peluda, i primjenjivana je sukladno Beugu (2015). Zbog velike sličnosti između pojedinih peludnih tipova, ponekad je za kvalitetno određivanje uzorka peluda i spora nužno posjedovati referentnu palinološku zbirku (dakle peluda i spora prikupljenih iz sporangija/cvjetova živih ili herbariziranih biljaka) koja se provodi kroz prethodno opisanu kiselinsku obradu i bojanje.

Za određivanje nepeludnih palinomorfa (eng. *non-pollen palynomorphs* - NPP) ne postoji jedinstveni ključ koji bi obuhvatio mikroskopske stadije različitih skupina organizama ili organizme mikroskopskih dimenzija koji pripadaju različitim taksonomskim kategorijama već se determinacija istih temelji na opisu i priloženim fotografija palinomorfa objavljenih od stručnjaka za različite skupine organizama u različitim časopisima (npr. van Geel 1972, 1976, van Geel i sur. 1989, 2003, Carrion i Navarro 2002, Barthelmes i sur. 2006, Cugny i sur. 2010, Dietre i sur. 2012, 2014, itd.) Pregledni rad od velike pomoći u snalaženju među više od 1000 opisanih palinomorfa objavlja je Miola (2012), doduše bez slikovnih priloga, ali s navedenim kodovima i taksonomskom pripadnošću palinomorfa gdje god je to bilo moguće.

Pougljenjene čestice su razdvojene u dvije frakcije: mikro < 100 µm (*microcharcoal*) i makro >100 µm (*macrocharcoal*) na temelju duljine najduže osi (Breitenlechner i sur. 2010).

Kod prebrojavanja peluda i spora većina autora smatra da je > 300 prebrojanih palinomorfa relevantno za izradu peludnih dijagrama i interpretacije dinamike vegetacije (Rydin i Jeglum

2006, Andrič i sur. 2009, Keen i sur. 2014) te se tako broj utvrđenih peludnih zrnaca drveća, grmlja i povijuša (eng. *arboreal pollen* - AP) te grmića i zeljastih biljaka (eng. *non-arboreal pollen* – NAP) u sedimentu Blatuše redovito kretao ~ 300, a s pridruženim lokalnim vrstama (hidrofiti/helofiti, spore paprati i mahovina) redovito premašivao 500 utvrđenih palinomorfa. Nepeludni palinomorfi *sensu stricto* i *sensu lato* su određivani s istih predmetnica kao i peludna zrnca i spore biljaka, a njihovo prebrojavanje se provodilo sve dok zbroj peludnih zrnaca (> 300) nije premašio statistički minimum nužan za iscertavanje peludnih krivulja i pravilnu interpretaciju. Isto načelo je primjenjivano i kod prebrojavanje pougljenjenih čestica. U palinološke uzorke dodane *Lycopodium* tablete poznate koncentracije *Lycopodium* spora omogućuju procjenu koncentracije palinomorfa i pougljenjenih čestica u uzorku.

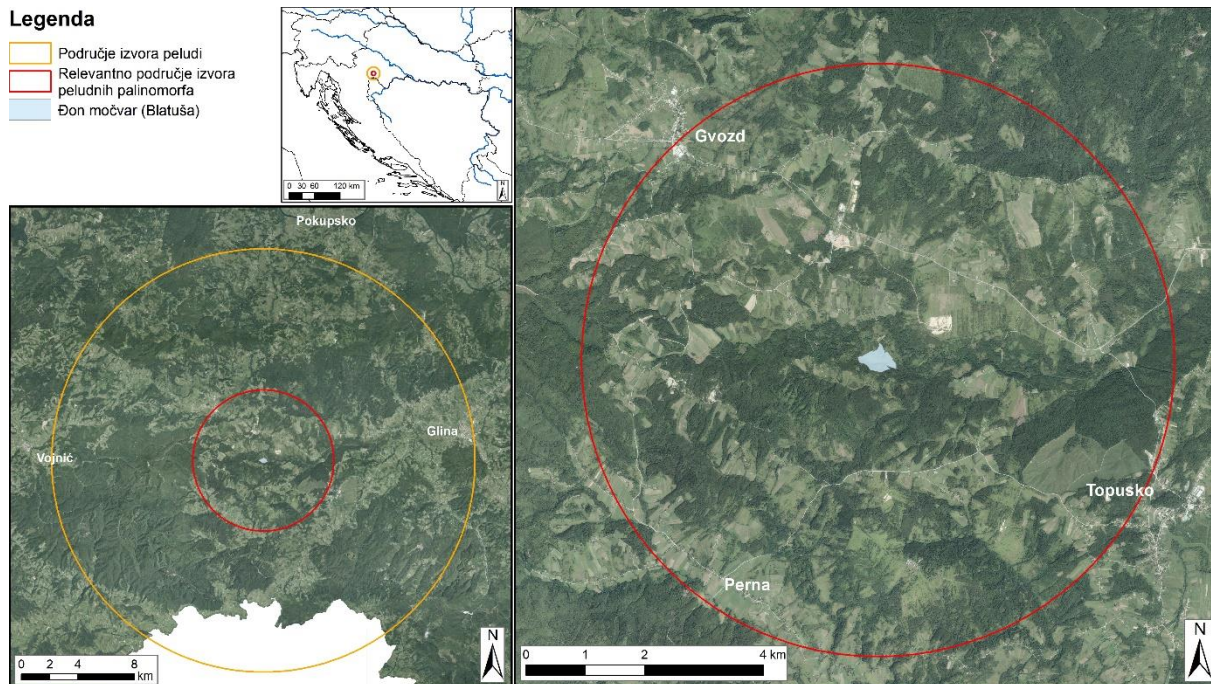
### 3.3.2. Peludna suma i funkcionalne jedinice vegetacije

Pelud i spore možemo razdijeliti u različite funkcionalne jedinice. Najuočajanija je podjela peludnih tipova i spora u sljedeće kategorije (životne oblike): drveće, grmlje, zeljaste biljke te lokalna vegetacija (Faegri i Iversen 1989). Dok drveće, grmlje i zeljaste biljke najčešće pripadaju regionalnom elementu, lokalna vegetacija obuhvaća peludne tipove i spore biljnih svojti čiji je areal rasprostranjenosti najčešće ograničen vodnim režimom (hidrofiti, helofiti) ili kiselošću supstrata. Unutar zeljastih biljaka najčešće se izdvajaju i zasebno prikazuju antropogeni indikatori poput kultiviranih svojti, ruderalnih i korovnih vrsta, a lokalni element obuhvaća akvatičke, amfibijske ili cretne vrste te one koje produciraju spore, dakle papratnjače i mahovine. Peludni tipovi drveća i grmlja ujedanjuju se u kategoriju *arboreal pollen* – AP (pelud drvenastih vrsta), dok pelud zeljastih vrsta predstavlja *non-arboreal pollen* – NAP (pelud zeljastih vrsta). Udjeli NAP/AP govore o 'otvorenosti' staništa ekstralokalnog/regionalnog područja. Kako sastav vrsta koje nastavaju isključivo istraživano područje (cret ili jezero) ne bi 'zamaskirao' omjer peluda drvenastih vrsta naspram zeljastih, peludni tipovi i spore lokalne vegetacije (akvatičke, amfibijske, cretne vrste, te spore papratnjača i mahovina) se isključuju iz peludne sume. Dakle, peludna suma (TS – eng. *total sum*) predstavlja zbroj peludnih zrnaca AP i NAP kategorije, dok se udjeli lokalnih palinoloških vrsta (akvatičke, cretne, sporomorfne - mahovine i papratnjače) računaju kao dodatak njihovog udjela peludnoj sumi. Primjerice, postotni udio Cyperaceae za određeni poduzorak sedimenta odgovara formuli  $\text{Cyperaceae} / (\text{TS} + \text{Cyperaceae}) * 100$ . Ista se formula primjenjuje i za računanje udjela nepeludnih palinomorfa i pougljenjenih čestica.

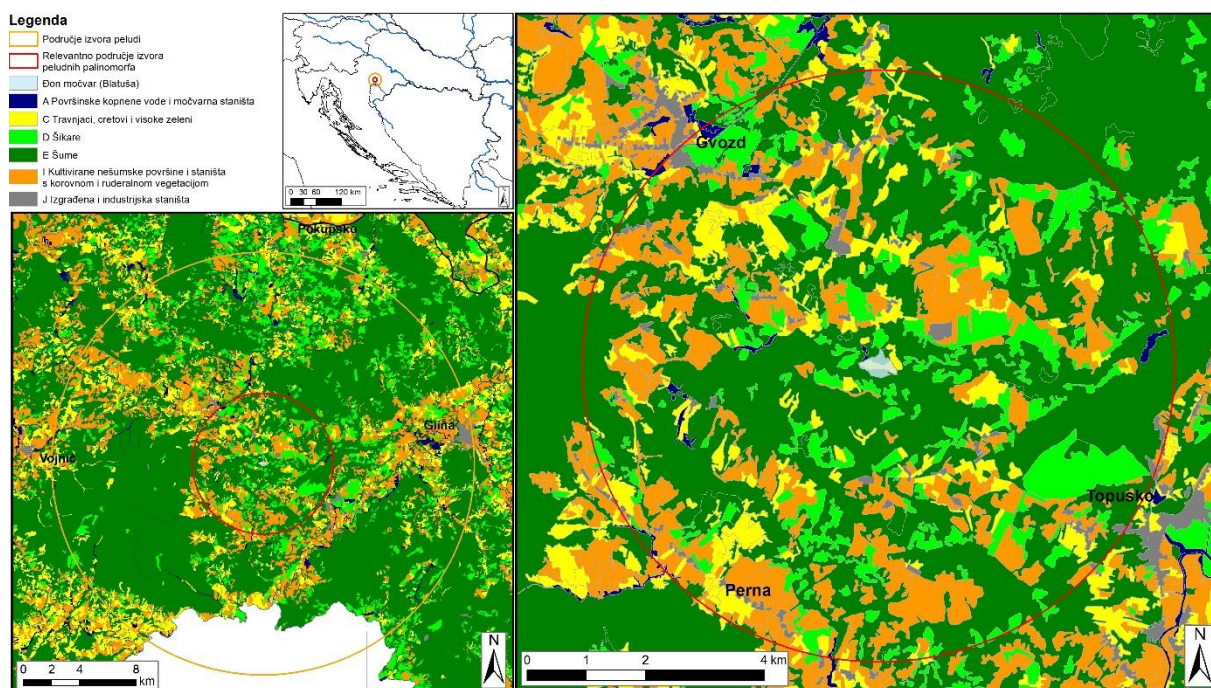
### 3.4. RELEVANTNO PODRUČJE IZVORA PELUDA

Rekonstrukcija paleookoliša u ovisnosti je s područjem koje je izvor peluda (Bunting i sur. 2004) i najviše pridonosi peludnoj kiši. Prentice (1985, 1987, 1988) razvija model koji u procjeni veličine područja relevantnog za praćenje promjena u biljnom pokrovu uzima u obzir aerodinamička svojstva različitih palinomorfa (produkcija i disperzija) te veličinu 'bazena' akumulacije peludnih palinomorfa. Taj model pretpostavlja da što je veći 'bazen' akumulacije palinomorfa, tim se bolje ogledaju promjene u vegetaciji na širem području. Prenticeovo područje izvora peluda kao model je primjenjivije na homogenu vegetaciju (Hellman i sur. 2009) te implicira površinom veće područje izvora peluda u odnosu na Sugittu (Bunting i sur. 2005). Sugitta (1994) uvodi prostornu heterogenost vegetacije u diskusiju o području koje se ima smatrati izvorom peluda te definira relevantno područje izvora peluda na sljedeći način: „Korelacija između zasićenja područja peludom i procijenjene udaljenosti vegetacije treba voditi asimptoti kako se područje vegetacijskog uzorkovanja povećava“. On definira odnos između broja akumuliranog peluda po jedinici vremena i područja vegetacije koje okružuje mjesto uzorkovanja. Na taj način relevantno područje izvora peluda predstavlja površinu izvan koje se ta korelacija ne potvrđuje. Prentice statistički u teoriji dokazuje da 70% peluda dolazi s područja čiji promjer iznosi ~ 30 km od mjesta njihove akumulacije, dok Sugitta pokazuje da je relevantan izvor peluda najčešće područje u širini 2-5 km od mjesta uzorkovanja. Primjenom Prenticeovog modela na istraživano područje Blatuše, izvor peluda čini kružnica koja obuhvaća područje općine Vojnić na zapadu, općine Pokupsko na sjeveru, grad Glinu na istoku, te granično područje s Republikom Bosnom i Hercegovinom (rijeka Una) na jugu. Sugittin model za relevantno područje izvora peluda pretpostavlja područje općine Topusko i općine Gvozd, s većim naseljima Topusko, Perna, Vrginmost. Područje obuhvata područja koje predstavlja izvor peluda prikazan je na Slici 16 s naglaskom na geografiju područja, odnosno na Slici 17 s naglaskom na tipove staništa koji su obuhvaćeni Prentice-Sugittinim modelom.





Slika 16. Geografski položaj područja akumulacije peludnih palinomorfa (plavo područje) u kojemu se ogledaju promjene u vegetaciji s obzirom na Prenticeov model (šire područje, žuta kružnica) i Sugittin model (uže područje, crvena kružnica). Kartu je izradio dr. sc. Igor Boršić.



Slika 17. Položaj područja akumulacije peludnih palinomorfa (plavo područje) s prikazom različitih stanišnih tipova koji se nalaze obuhvaćeni Prenticeovom modelom izvora peluda (šire područje, žuta kružnica) i Sugittinim model relevantnog izvora peluda (uže područje, crvena kružnica). Kartu je izradio dr. sc. Igor Boršić

### 3.5. STATISTIČKA OBRADA PODATAKA

Za prepoznavanje i utvrđivanje odgovarajućih granica peludnih zona nužnih za interpretaciju biljnog pokrova, tj. dinamike vegetacije, dostupne su različite statističke metode (Gordon 1999, Legendre i Birks 2012) od kojih su brojne integralni dio specijaliziranih palinoloških programa (npr. Tilia, PolPal, PSIMPOLL, Zone i R paket Rioja). U svrhu izrade disertacije korišten je program PolPal (Walanus i Nalepka 1999, Nalepka i Walanus 2003), verzija 2016. Isti taj program (različite verzije) koriste i veće tvrtke i znanstvene institucije u Hrvatskoj, poput INA-Naftaplina i Hrvatskog geološkog instituta (Brajković 2011). PolPal je program za brojanje palinomorfa, tabelarno pohranjivanje i grafičko prikazivanje podataka dobivenih numeričkim analitičkim metodama. Ovaj program izračunava i grafički prikazuje podatke dobivene sljedećim metodama:

- a) ConSLink (*constrained single link*) - varijanta aglomerativnog klasteriranja s jednom vezom u kojoj su klasteri prinuđeni sastojati se od susjednih uzoraka ili grupa uzoraka.
- b) CONISS (*Constrained incremental sum-of-squares cluster analysis*) - stratigrafski ograničena klasterska analiza gdje su grupe susjednih uzoraka ili skupine uzoraka grupirane zajedno kako bi se minimizirali kvadrati suma unutar grupe i time maksimirali kvadrati suma između grupa. Koristi se za zoniranje stratigrafskih podataka.

ConSLink i CONISS su dvije metode koje se razlikuju od toga kako se tretira novi klaster. S prvom, nazvanom ograničenom analizom pojedinačnih veza ili ConSLink, razlike između klastera i uzorka izvan klastera smatra se najmanjom nejednakošću između uzorka i bilo kojeg uzorka unutar klastera (Legendre i Birks 2012). Ova metoda koristi funkciju kvadratnog korijena kako bi povećala vidljivost svojti s malim udjelom. S drugom tehnikom, koja se naziva ograničena inkrementalna analiza suma kvadrata ili CONISS (Grim 1987), statistički pojam 'disperzija' ili 'suma kvadrata' se izračunava za svaki klaster i ponovo preračunava kako se klasteri spajaju (Legendre i Birks 2012). Matrica se traži za dva susjedna stratigrafska klastera čije spajanje daje najmanje povećanje ukupne disperzije. U oba slučaja, aglomeracija se nastavlja sve dok se čitav skup podataka ne kombinira u jedan klaster. Mjera nejednakosti koja se najčešće koristi u programu CONISS je kvadratna euklidska udaljenost (Legendre i Birks 2012), izračunata iz netransformiranog ili transformisanog (standardiziranog, kvadratnog korijena ili normaliziranog (Prentice 1980) podatka/podataka, ali i druge udaljenosti su dozvoljene.

- c) PCA (*principal component analysis*) - metoda ordinacije indirektna gradijentne analize koja definira najpovoljniju linearnu kombinaciju varijabli (latentne varijable) kako bi se minimalizirao ukupan zaostatak sume kvadrata i pronalazi sljedeću linearnu kombinaciju koja nije korelirana s prethodnim kombinacijama. PCA pretpostavlja linearni model odgovora na ove latentne varijable. U tom procesu pretvara izvorne varijable multivarijantnih podataka u nove kompozitne varijable koje nisu korelirane i predstavljaju smanjenje proporcija varijance podataka. Glavni cilj metode je smanjiti dimenzionalnost podataka i pronalaženje latentnih varijabli.
- d) Rarefakcija (*Rarefaction Analysis*) - metoda standardizacije uzoraka za procjenu taksonomskog bogatstva na uobičajenu (ujednačenu) veličinu uzorka i za procjenu broja svojti koja se može očekivati u uzorcima ukoliko bi svi imali istu brojnost palinomorfa.

Dakle, iz navedenog proizlazi da PolPal izračunava i grafički prikazuje podatke dobivene ConSLink i CONISS analizom klastera, podatke dobivene analizom glavnih komponenti (PCA) i komparativnom analizom utvrđenih svojti „razrijeđenih“ do najniže sume (eng. *Rarefraction Analysis*). Dijagrami kao i krivulje učestalosti nepeludnih palinomorfa i pougljenjenih čestica rezultat su obrade statističkim alatima ugrađenim u PolPal programski paket, neovisno izražavamo li njihove udjele postotkom ili koncentracijom.

U svrhu analize statističke značajnosti međusobnih utjecaja abiotičkih čimbenika, vegetacije i pougljenjenih čestica kao indikatora opožarivanja korištene su višestruke linearne regresije u excelu uz pomoću paketa Real Statistic. U svrhu korekcije problema višestruke komparacije korištena je Holm – Bonferronijeva metoda.



## 4. REZULTATI

### 4.1. OPIS JEZGRE I ANALIZA SEDIMENTA UPOTREBOM TROELS-SMITH SUSTAVA

Jezgra je nehomogena i odlikuje se promjenama u sastavu sedimenta, kako omjerima treseta i gline tako i tipovima treseta koji prevladavaju u različitim stratigrafskim slojevima (Tablica 4, Slika 18, Prilog 1). U prvih 10 centimetara sediment jezgre čine živi i posve nerazgrađeni dijelovi maha tresetara (rod *Sphagnum*) koji bojom (HUE 10R 3/4 *dusky red*) značajno odskakuju od ostatka sedimenta. Potom slijedi dio jezgre (10-40 cm) sa tresetom sastavljenim od drven(ast)ih ostataka, veliki dio volumena sedimenta odnosi se na korijenje drveća, uz nešto treseta sastavljenog od mahovinskih ostataka. Sediment je tamnosmeđe boje (10YR 2/2 *very dark brown*). Jezgra je relativno homogena na dubini od 40-110 cm, s ravnomjernim udjelom treseta sastavljenog od drvenastih ostataka, s jedne strane, te mahovinskih ostataka i zeljastih biljaka, s druge strane. Boja sedimenta je crna (10YR 2/1 *black*). U slojevima dubine 110-155 cm pridolazi i drvenasti detritus, ali boja je i dalje ista. U poduzorku dubine 155-160 cm pridolazi glina, koja pak dominira u dubinskim slojevima od 160-210 cm, a boja sedimenta je tamnosiva (10YR 3/1 *very dark gray*). U posljednjih 10 cm dubine (200-210 cm) boja sedimenta je također tamnosiva, ali ponešto drugačije nijanse (2.5Y 3/1 *very dark gray*).

Tablica 4. Jezgra opisana Troels-Smith sustavom

DUBINA (cm)	TROELS-SMITH
0-10	Tb4
10-15	Tb1 Tl2 Th1
15-40	Tb1 Tl3
40-85	Tb1 Tl2 Th1
85-90	Tb1 Tl2
90-110	Tb1 Tl2 Th1
110-155	Tb+ Tl2 Th1 D11
155-160	Tb+ Tl1 Th1 D11 Lf+ As1
160-210	Tb+ Tl1 Th+ D11 Lf+ As3

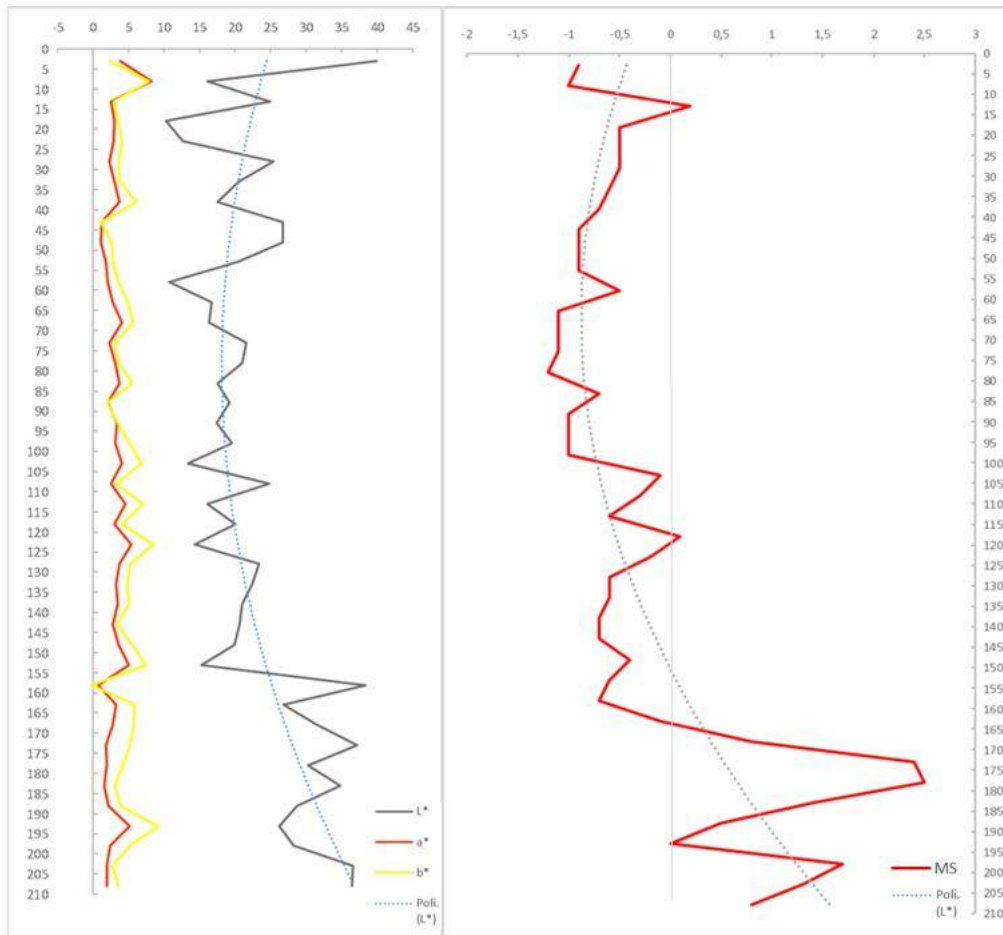


Slika 18. Fotodokumentirani dijelovi jezgre

## 4.2. SPEKTRALNA ANALIZA BOJE I MAGNETSKI SUSCEPTIBILITET

Boja jezgre, dobivena spektralnom analizom boje u obliku CIE  $L^*a^*b^*$ , pokazala je varijabilnost s dubinom (Slika 19, Prilog 2). Vrijednost  $L^*$  varira duž čitave duljine jezgre, posebice u prvih 60 cm dubine, s nešto manjim oscilacijama u posljednjih 50 cm (dubina od 160-210 cm). Polinomska linija trenda, koja se općenito koristi za podatke čije vrijednosti čas rastu čas padaju, jasno ukazuje da sam vršni dio jezgre, a posebice posljednja trećina duljine jezgre, pokazuju značajniju svjetlinu (bjelinu) u odnosu na ostatak sedimenta. Najveće vrijednosti bjeline,  $L^*$  u rasponu od 36.42 do 39.92, izmjerene su u poduzorcima dubine 205-210 cm, 200-205 cm, 170-175 cm, 155-160 cm i 0-5 cm, dok je jezgra najtamnija u poduzorcima 15-20 cm, 55-60 cm, 20-25 cm, 100-105 i 120-125 cm, u kojima se vrijednost bjeline  $L^*$  kreće od 10.26-14.29. Vrijednost svjetline varira unutar 30 jedinica u teoretskom rasponu koji iznosi 100 jedinica (0 za crno i 100 za bijelo). Vrijednosti  $a^*$  koje se teoretski kreću od +60 (crveno) do -60 (zeleno) te  $b^*$  koje se teoretski kreću od +60 (žuto) do -60 (plavo) također variraju duž čitave jezgre, ali sa značajno manjim oscilacijama. Tako je najniža vrijednost  $a^*$ , u rasponu od 0.69 do 1.75, izmjerena u poduzorcima 166-160 cm, 45-50 cm, 40-45 cm, 180-185 cm, 50-55 cm i 170-175 cm, a najviše vrijednosti, u rasponu od 4.49 do 8.23, u poduzorcima dubine 110-115 cm, 150-155 cm, 190-195 cm, 120-125 cm i 5-10 cm. Ipak, navedena razlika ne iznosi niti 10 jedinica u rasponu koji se teoretski može kretati do 120 jedinica. Najniža vrijednost  $b^*$ , u rasponu od -0.26 do 2.61, izmjerena je u poduzorcima 155-160 cm, 40-45 cm, 85-90 cm, 0-5 cm i 45-50 cm, a najviše vrijednosti  $b^*$ , od 7.03 do 9.16, u poduzorcima dubine 110-115 cm, 150-155 cm, 5-10 cm, 120-125 cm i 195 cm. Međutim, i  $b^*$  vrijednost oscilira unutar 10 jedinica u teoretskom rasponu koji iznosi 120 jedinica.

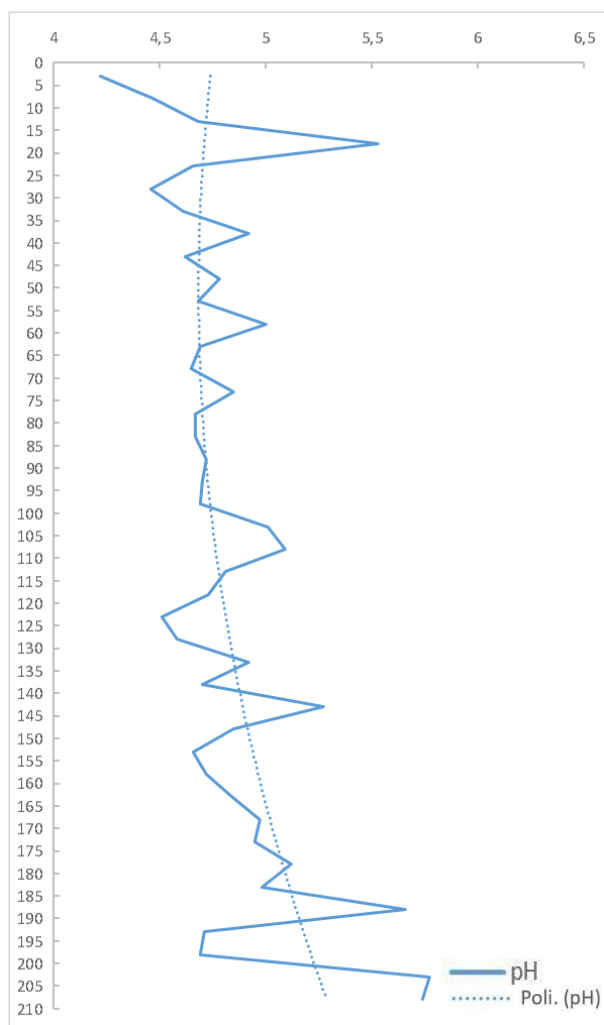
Magnetski susceptibilitet (MS) jezgre izmjeren je pomoću MS2E senzora za jezgru sedimenata u petcentimetarskim intervalima (za svaki poduzorak) na cijelom rasponu jezgre (Slika 19). Vrijednost magnetskog susceptibiliteta kreće se od  $-1.2$  do  $2.5 \times 10^{-6}$  cgs. Općenito uzevši, glavnina jezgre odlikuje se niskim, negativnim vrijednostima, uglavnom u rasponu od  $-1$  do  $0$ , te u prvih  $4/5$  duljine jezgre pozitivne vrijednosti MS-a su zabilježene samo u poduzorcima dubine 10-15cm i 115-120 cm. Najniže pak vrijednosti zabilježene su u poduzorcima dubine 75-80 cm, 60-65 cm, 65-70 cm, 70-75 cm. Posljednju  $1/5$  duljine jezgre karakterizira odsutstvo negativnih vrijednosti, ali su tu oscilacije ponajveće te u ovom dijelu jezgre MS vrijednosti dosežu svoj maksimum (više od  $2 \times 10^{-6}$  cgs u poduzorcima dubine 170-175 cm i 175-180 cm).



Slika 19. Vrijednosti CIE parametara spektralne analize boja (lijevo) i magnetskog susceptibiliteta (desno)

### 4.3. pH SEDIMENTA

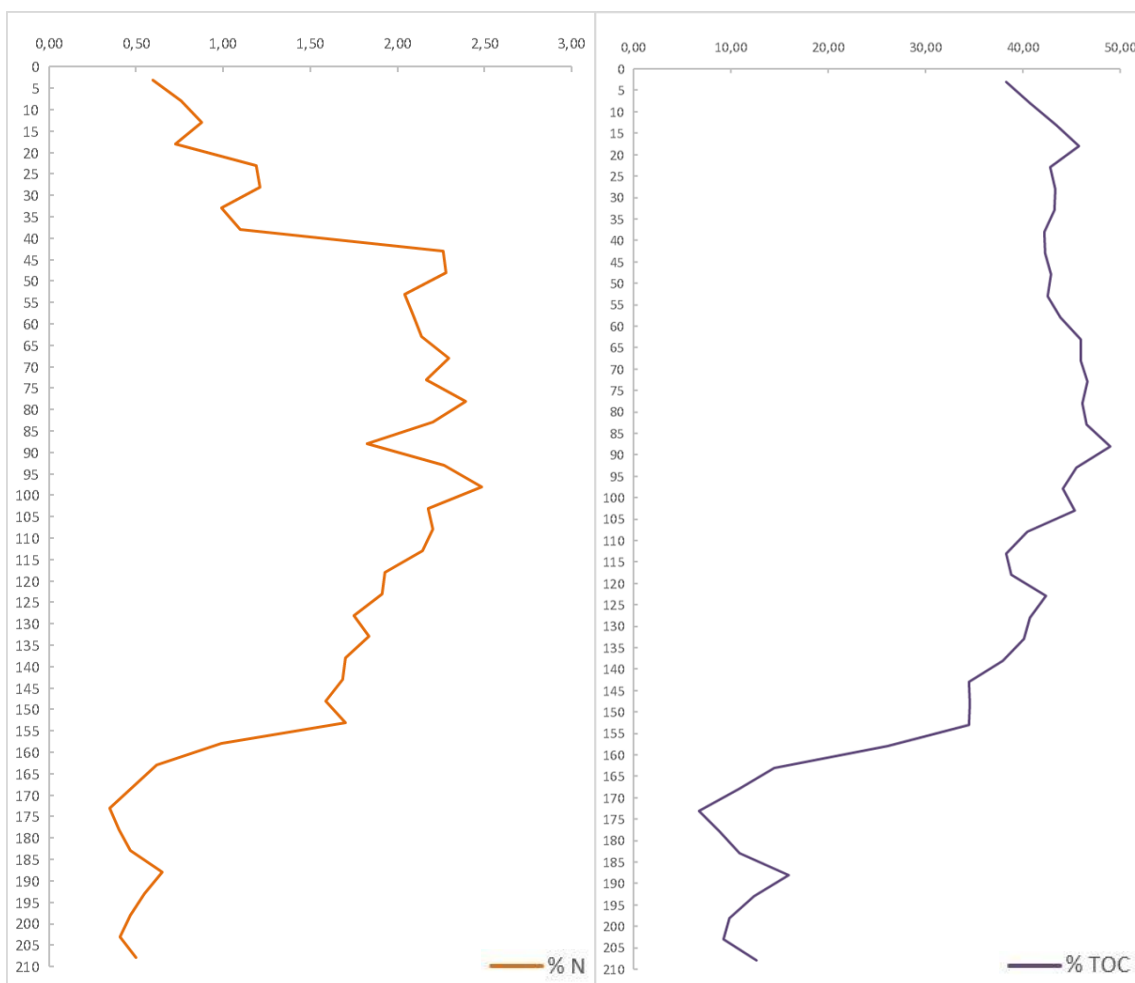
Aciditet supstrata je mjereno HACH H170 pH metrom s elektrodom za krute uzorke (Sension Gel-filled pH Electrode). Vrijednosti pH duž cijelu jezgru se kreću od 4.22 do 5.77, pri tome značajno oscilirajući (Slika 20, Prilog 2). Supstrat je najkiseliji u poduzorcima dubine 0-5 cm, 25-30 cm i 5-10 cm, gdje vrijednosti pH ne prelaze 4.5, a najmanje je kiseo u posljednjih 10 cm dubine (200-210 cm) gdje se vrijednosti kreću oko 5.7. Veliki otklon u vrijednostima pokazuje poduzorak dubine 15-20 cm (porast pH na 5.53) te poduzorci u posljednjih 30 cm dubine (180-210 cm) u kojima vrijednost pH oscilira za čitavu jedinicu pH i kreće se između 4.69 i 5.77.



Slika 20. Krivulja promjene vrijednosti pH duž jezgre sedimenta

#### 4.4. ANALIZA UKUPNOG UGLJIKA, DUŠIKA I C/N OMJERA

U jezgri sedimenata izmjereni su postotni udjeli ukupnog dušika (%N) i ugljika, tj. organskog ugljika (% TOC) direktnom metodom, na svih 42 poduzoraka (Slika 21, Prilog 2). Vrijednosti ukupnog ugljika i organskog ugljika su identične jer u sedimentu Blatuše nije utvrđena prisutnost anorganskog ugljika. Također je utvrđen omjer između dušika i organskog ugljika (C/N). Tablični prikaz rezultata CN analiza prikazan je u Prilogu 2.

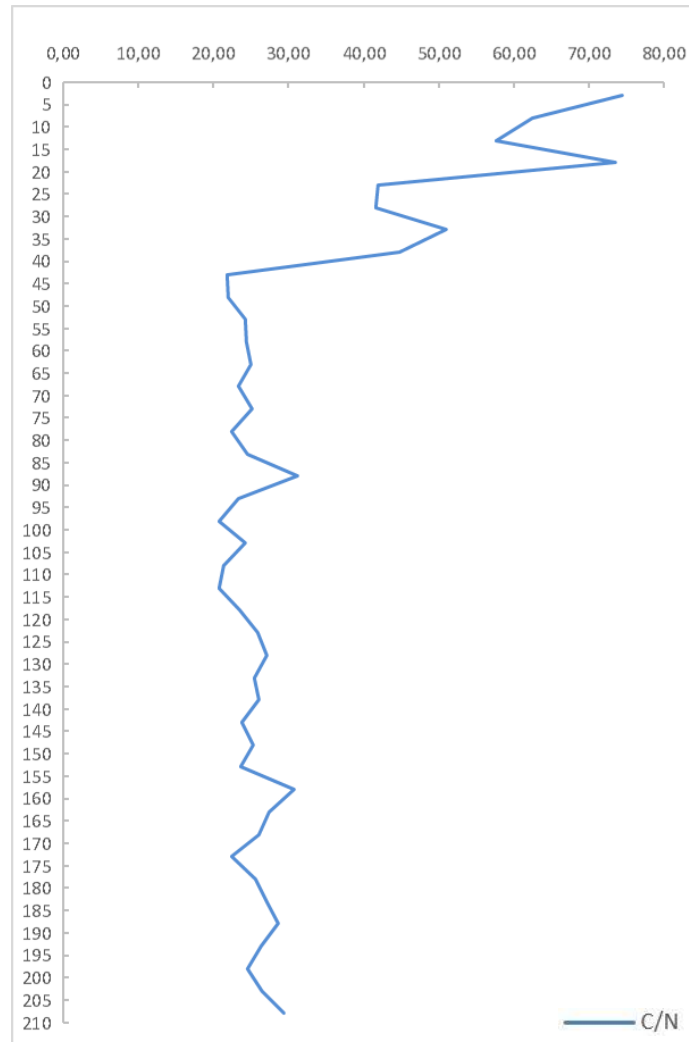


Slika 21. Postotni udjeli dušika (% N) lijevo te ukupnog organskog ugljika (desno) u sedimentu Blatuše

Udio dušika nizak je u prvih 40 cm jezgre (0.60-1.21 %). Vrijednosti se značajno povećavaju kod poduzorka dubine 40-45 cm (2.26 %) i sve do dubine od 155 cm vrijednosti ostaju visoke (1.59 – 2.48 %). Do naglog pada postotnih udjela dušika dolazi u posljednjih 50 cm (160-210 cm) gdje se vrijednosti kreću od 0.35 do 0.65 % i niže su u odnosu na površinski dio jezgre. Udjel organskog ugljika visok je u prvih 155 cm duljine jezgre te se kreće od 34.51 do 49.03 %, da bi potom naglo pao te u posljednjih 50 cm jezgre (dubina 160-210 cm) rijetko prelazi ~15 %, uz istovremene velike oscilacije u vrijednostima udjela (6.77- 15.98 %).

Vrijednosti omjera ukupnog organskog ugljika (%TOC) i ukupnog dušika (%N) dan je na Slici 22. U dijelu jezgre dubine 40-210 cm uočene su oscilacije u vrijednostima atomskog C/N omjera koje se kreću od 21 (poduzorak dubine 95-100 cm) do 31 (poduzorak dubine 85-90 cm), s prosječnom vrijednošću C/N omjera od 25. U dubinskoj zoni od 0-40 cm uočljiv je trend

porsta C/N vrijednosti, uz istovremeno značajno izraženije oscilacije iste. Tako primjerice C/N vrijednost poduzorka dubine 20-25cm iznosi 42, a već sljedeći poduzorak, dubine 15-20 cm, ima vrijednost C/N omjera 74. Najveća vrijednost omjera utvrđena je u samom površinskom uzorku (dubina 0-5 cm) te iznosi 75.



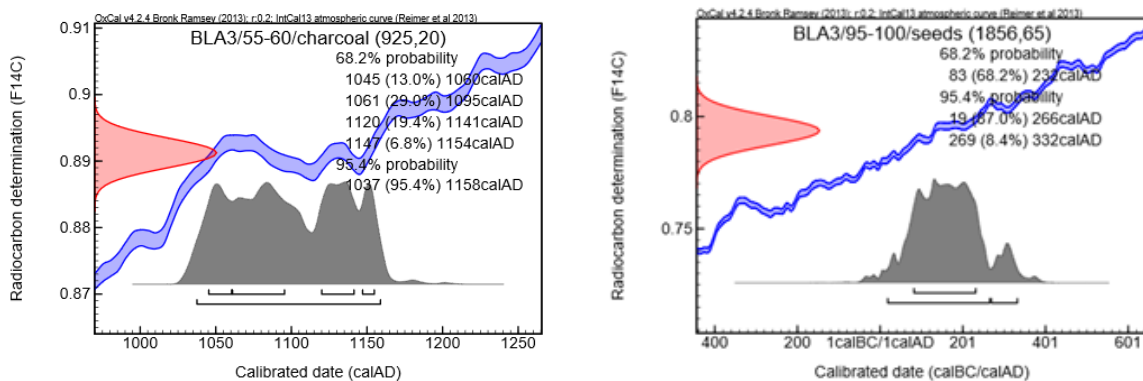
Slika 22. Krivulja vrijednosti atomskog C/N omjera

#### 4.5. ANALIZA DATIRANJA RADIOAKTIVNIM UGLJIKOM $^{14}\text{C}$ METODOM AKCELERATORSKE MASENE SPEKTROMETRIJE (AMS)

Datirani su organski uzorci iz poduzorka sedimenta dubine 55-60 cm i 95-100 cm. (Tablica 5). U njima je pronađen pogodan materijal za datiranje, ugljen u prethodnom, a sjemenke šaša u potonjem (Slika 23). Za dodatna tri uzorka aktivnost  $^{14}\text{C}$  je bila iznimno niska, identična s pozadinskim šumom, te nije bilo moguće odrediti točnu starost.

Tablica 5. Rezultati datiranja metodom AMS  $^{14}\text{C}$  (Gadam Centre) uzoraka iz jezgre. Mjereni  $^{14}\text{C}$  datumi su kalibrirani pomoću OxCal programa (Bronk Ramsey 2013) upotrebom atmosfereke „post-bombing“ NH1 krivulje (Hua i sur. 2013).

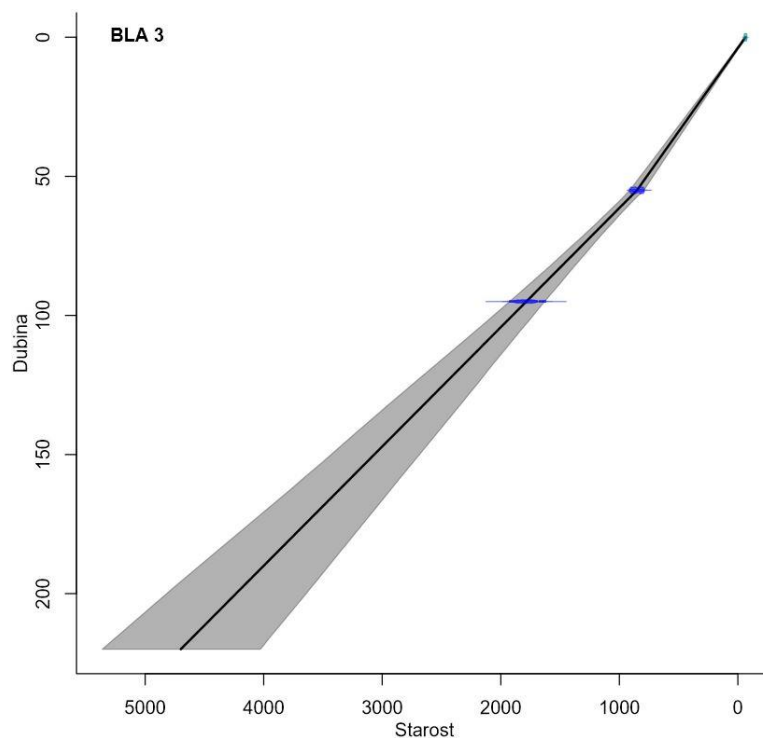
No.	Labor. Br.	Naziv uzorka	Starost $^{14}\text{C}/\text{F}^{14}\text{C}$	Doseg kalendarske starosti za 68.2% i 95.4% razinu vjerojatnosti
2	GdA-5125	BLA3/55-60 cm ugljen	925 ± 20	68.2% 1045AD (13.0%) 1060AD 1061AD (29.0%) 1095AD 1120AD (19.4%) 1141AD 1147AD (6.8%) 1154AD 95.4% 1037AD (95.4%) 1158AD
3	GdA-5127	BLA3/95-100 cm sjemenke	1856 ± 65	68.2% 83AD (68.2%) 232AD 95.4% 20AD (87.0%) 266AD 270AD (8.4%) 333AD



Slika 23. Lijevi dio prikaza odnosi se na AMS-om datirani uzorak pougljenjenog ostatka, dok se desni dio prikaza odnosi na datiranje starosti sjemenki šaša

Na temelju datiranja sedimenata napravljen je model dubina/starost sedimenta Blatuše pomoću programa CLAM (Blaauw 2010), koji koristi Intcal13 kalibracijske krivulje (Reimer i sur. 2013). Starost je izražena u cal BP (kalendarskim godinama prije sadašnjosti) ovisno o dubini jezgre, a aproksimacija je učinjena modelom linearne interpolacije (Slika 24) i to tako da je rezultat analize datiranja starosti ugljena iz poduzorka dubine 55-60 cm akceleratorom masenom spektrometrijom uglavljen na dubinu od 58 cm, a rezultat analize datiranja starosti sjemenki šaša iz poduzorka dubine 95-100 cm uglavljen na 98 cm dubine.





Slika 24. Model dubina/starost sedimenta dobiven aproksimacijom rezultata Gadam centra

Procjenjena starost sedimenta svakog poduzorka, u rezolucijom od 1 cm, s optimalnom starošću sedimenta, ali i rasponom starosti istih od minimalne do maksimalne procjenjene vrijednosti, dan je u Prilogu 3. Također, uz procijenjenu starost navedena je i rata akumulacije organskog materijala.

#### 4.6. PALINOLOŠKA ANALIZA PELUDNIH PALINOMORFA

Jezgra duljine 210 cm podijeljena je na 41 poduzorak, svaki duljine 5 cm, pri čemu površinskih 5 cm jezgre, zbog rahlosti živog maha tresetara (rod *Sphagnum*) nije sadržavao dovoljno peluda i spora da bi bio uključen u palinološku analizu. Biljni makrofosili (sjemenke) uočeni su u svega tri poduzorka zbog čega ih nije bilo moguće upotrijebiti za rekonstrukciju paleookoliša te su izostavljeni iz analize. Umjesto njih analizirani su nepeludni palinomorfi. Svi ostali poduzorci (od 5-210 cm dubine) obilovali su peludnim i nepeludnim palinomorfima te je udovoljeno zahtjevu za prebrojavanje minimalno 300-njak peludnih zrnaca AP i NAP peluda. Ukupno je prebrojano 31.036 palinoloških palinomorfa - najmanje u poduzorku dubine 60-65 cm (486 zrnaca), a najviše u poduzorku dubine 155-160 cm (1.277 zrnaca). Prosjek po

predmetnici iznosi 757 zrnaca. Nepeludni palinomorfi su prebrojavani na bazi prebrojanih peludnih palinomorfa, dakle 31.036 peludnih palinomorfa bilo je dovoljno da se uoče 1.318 struktura nepeludnih palinomorfa (NPP). Prosječno su po predmetnici za svaki poduzorak prebrojane 32 nepeludne strukture različite sistematske pripadnosti. Ukupan broj pougljenjenih čestica iznosi 13.970.

#### 4.6.1. Morfološko-taksonomske grupe peludnih palinomorfa

U sedimentu Blatuše zabilježeno je ukupno 6 tipova spora i 70 peludnih tipova, što daje ukupno 76 palinoloških vrsta (Prilog 4a, Prilog 4b) utvrđenih prebrojavanjem 31.036 peludnih palinomorfa. Najmanji broj peludnih tipova po poduzorku analizirane jezgre iznosi 14, a najveći 34, dok je prosječan broj 20 utvrđenih peludnih tipova po svakom poduzorku. Peludni palinomorfi pripadaju taksonomski različitim kategorija biljaka: mahovinama, papratnjačama te sjemenjačama (golosjemenjače i kritosjemenjače). Sve spore i peludni tipovi imaju monade kao disperzijske jedinice, izuzev tetrada kod rosike (*Drosera rotundifolia* tip), rogoza (*Typha latifolia* tip) i vrijesova (Ericaceae) te pseudomonada, koje su zapravo znatno izmjenjene tetrade uslijed fuzioniraja prilikom procesa same 'zriobe' peluda kod šaševa (Cyperaceae). Na temelju 'ožiljaka' (*lete*) kod spora razlikujemo:

a) triletne:

1. mahovine (podrazreda Antocerotidae i podrazreda Bryidae zastupljene sporama roda *Sphagnum*)
2. crvotočine (svojta *Lycopodiella inundata*)
3. 'prave' papratnjače (rod *Pteridium*)

b) monoletne

1. 'prave' papratnjače (porodica Polypodiaceae *sensu lato*)

c) spore bez ožiljka („leta“)

1. 'neprave' papratnjače (rod *Equisetum*)

Na temelju broja položaja i tipa apertura razlikujemo unutar monada:

a) bisakatni pelud golosjemenjača

1. rodovi *Abies* (jela), *Picea* (smreka) i *Pinus* (bor)

b) inaperturatni pelud

1. golosjemenjače - rod *Ephedra* (kositrenica)

2. kritosjemenjače - rod *Populus* (topola)
- c) kolpatni pelud kritosjemenjača:
1. tristefanokolpatni: *Fraxinus* (jasen), *Salix* (vrba), *Quercus* (hrast), *Acer* (javor), *Viscum album* (bijela imela), Brassicaceae (krstašice), Ranunculaceae (žabnjaci), *Succisa* t. (preskoč) i *Valeriana officinalis* t. (odoljen)
  2. heksastefanokolpatni: *Mentha* t. (metvica) i Rubiaceae (broćike)
  3. heksokolpatni: *Ranunculus acris* t. (žabnjak)
- d) kolporatni pelud kritosjemenjača:
1. tristefanokolporatni: *Tilia* (lipa), *Fagus* (bukva), *Sorbus* grupa (oskoruša), *Castanea* (pitomi kesten), *Hedera helix* (bršljan), *Vitis* (vinova loza), *Frangula alnus* (krkavinka), *Cornus mass* t. (drijen), *Viburnum opulus* t. (udikovina), *Viburnum lantana* (udikovina), *Xanthium spinosum* t. (dikica), *Centaurea jacea* t. (zečina), *Carduus* t./*Cirsium* (stričak/osjak) *Matricaria* t. (kamilica), *Senecio* t. (staračac), *Artemisia* (pelin), Cichoriaceae (glavočike jezičnjače), *Fagopyrum* (heljda), *Solanum nigrum* t. (pomoćnica), Apiaceae (štitarke), *Filipendula* t. (končara), Fabaceae (mahnarke), *Euphorbia* (mlječika), *Geranium* (iglica), *Sanguisorba minor* t. (krvara) i *Rumex acetosa* t. (kiselica)
  2. tristefanokolporatni (heteroaperturatni): *Lythrum* (vrbica)
  3. heksastefanokolporatni pelud: *Sanguisorba officinalis* (ljekovita krvara)
- e) poratni pelud kritosjemenjača:
1. tristefanoporatni: *Betula* (breza), *Corylus* (lijeska), *Circaea* (bahornica), Urticaceae (koprive) i Campanulaceae (zvončići)
  2. tetrastefanoporatni: *Carpinus* (grab) i *Myriophyllum spicatum* (klasasti krocanj)
  3. pentastefanoporatni: *Alnus* (joha) i *Ulmus* (brijest)
  4. polipantoporatni: *Juglans* (orah), *Plantago lanceolata* t. (trputac), *Plantago major-media* t. (trputac), *Polygonum persicaria* t. (dvornik), *Calystegia* (ladolež) Caryophyllaceae (karanfili), Chenopodiaceae (lobode)
- f) sulkatni pelud kritosjemenjača: Liliopsida (jednosupnice)
- g) ulceratni pelud kritosjemenjača: *Nymphaea* (lopoč), *Sparganium* t. (ježinac), Poaceae (trave) i Cerealialia (žitarice)

Na temelju broja položaja i tipa apertura razlikujemo unutar tetrada:

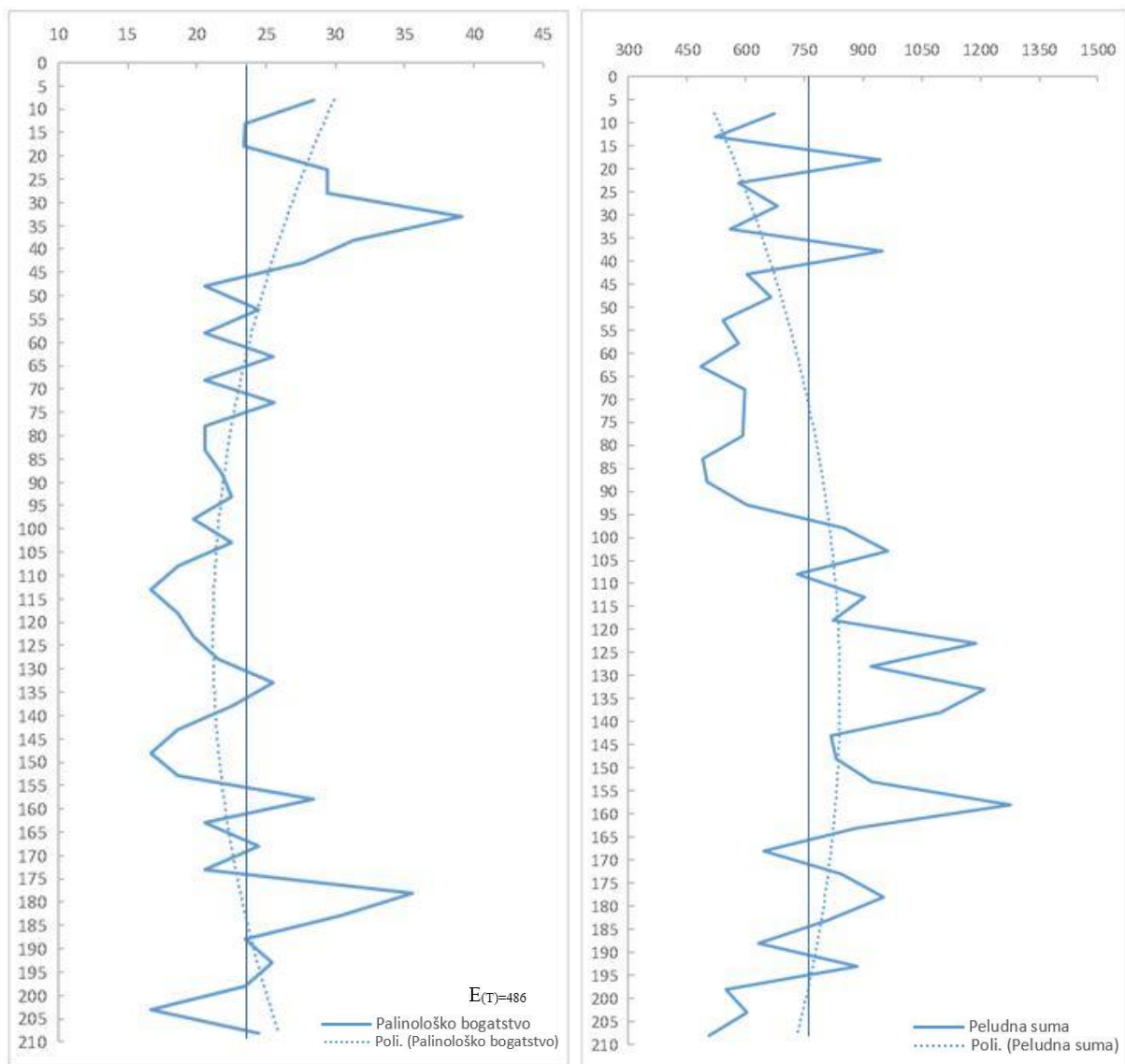
- a) ulceratni pelud kritosjemenjača: *Typha latifolia* t. (rogoz), *Drosera rotundifolia* t. (rosika) i Ericaceae (vriješovi)
- b) poroidni pelud kritosjemenjača: Cyperaceae (šaševi)

#### 4.6.2. Peludno bogatstvo i suma peludnih palinomorfa u sedimentu jezgre

U interpretaciji paleookoliša, jedna od bitnih izračuna odnosi se na palinološko bogatstvo (broj peludnih tipova) u svakoj zoni akumulacije peludnih palinomorfa. U sedimentu jezgre ukupno je zabilježeno 76 peludnih tipova i spora, kako je već navedeno u prethodnom poglavlju. Gledajući apsolutne vrijednosti, broj peludnih tipova se kreće od 18 (poduzorci dubine 110-115 cm, 145-150 cm, 200-205 cm) do 41 (poduzorak dubine 30-35 cm). Međutim kako se broj prebrojanih palinomorfa svakog poduzorka razlikuje, primjenjena je metoda rarefakcije prema formuli  $E(T_n) = \sum_{i=1}^T 1 - \left[ \frac{(N-Ni)!(N-n)!}{(N-Ni-n)!N!} \right]$  pri čemu je  $T=486$ , što je i najmanji broj prebrojanih palinomorfa u svim poduzorcima jezgre (prosjek je 757), a u svrhu 'razrijeđivanja' cjelokupnog uzorka i preciznije međusobne usporedbe palinološkog bogatstva između uzoraka s različitim kvantitativnim bogatstvom palinomorfa. Očekivane vrijednosti palinološkog bogatstva u standardiziranom palinomorfskom uzorku (broj peludnih tipova nakon rarefakcije) kreće se od 17 do 39. Palinološko bogatstvo i peludna suma svakog poduzorka prikazani su na Slici 25. Pregled prosječnog palinološkog bogatstva i prosječne peludne sume po lokalnoj peludnoj zoni sedimenta dan je u Tablici 6.

Tablica 6. Očekivani broj peludnih tipova i zbroj peludnih palinomorfa po poduzorku unutar svake peludne zone sedimenta (PZS)

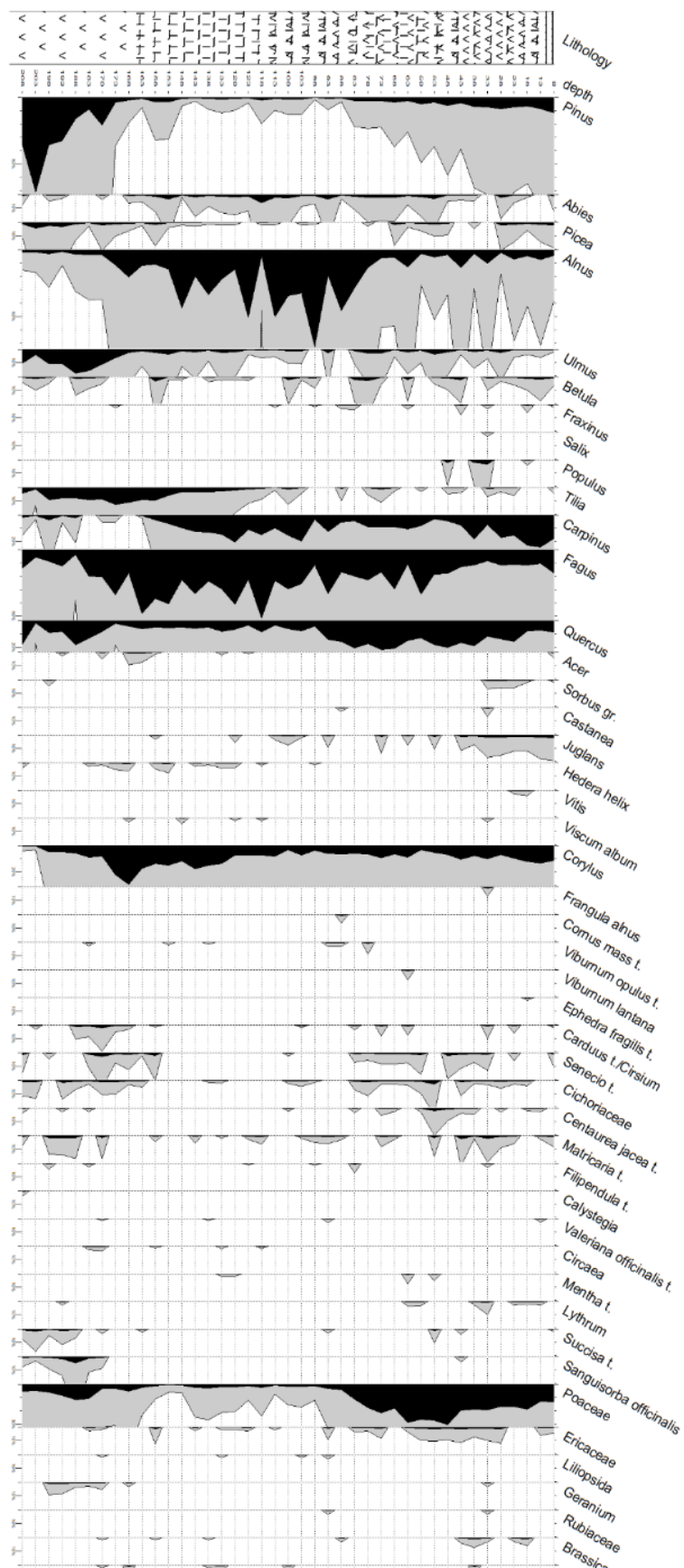
DUBINA (cm)	PZS	Palinološko bogatstvo	Peludna suma
5-45	Zona 3b	29	690
45-85	Zona 3a	22	569
85-175	Zona 2	21	890
175-210	Zona 1	26	706



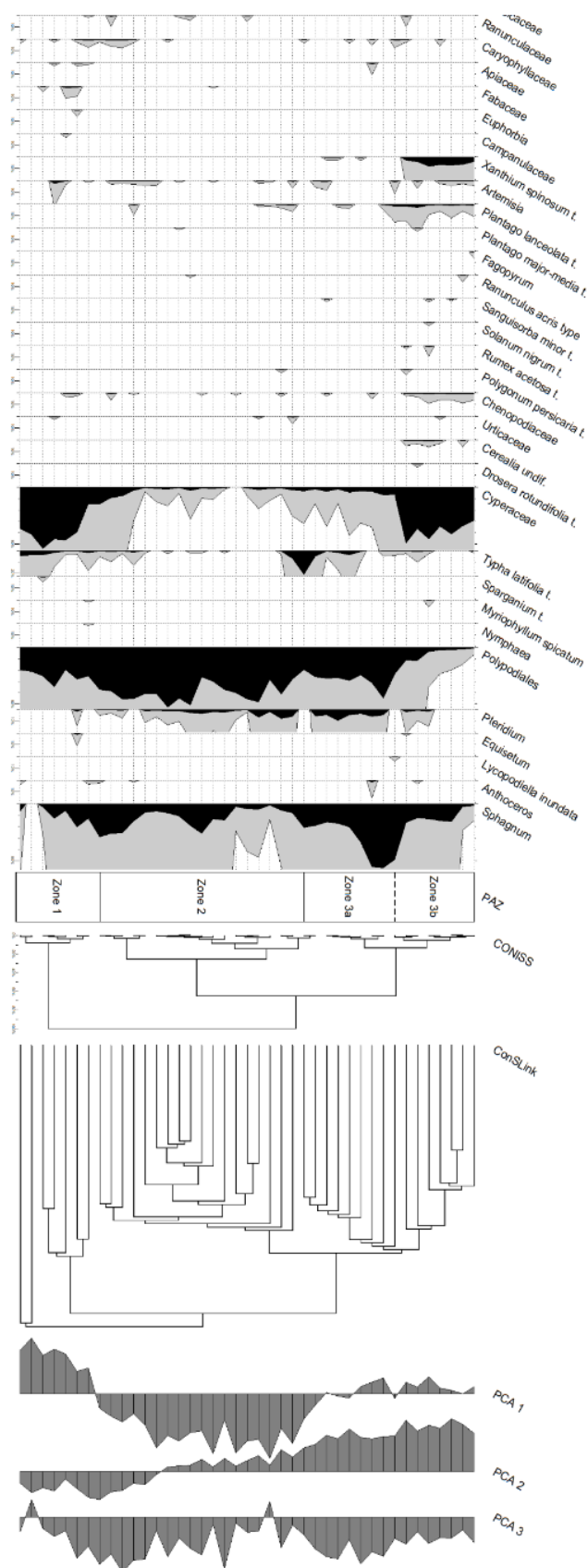
Slika 25. Očekivana palinološka vrijednost u poduzorcima sedimenta nakon rarefakcije (lijevo) i peludna suma svakog poduzorka (desno)

#### 4.6.3. Zastupljenost peludnih palinomorfa u sedimentu jezgre

Usporedbom zastupljenosti akumuliranih palinomorfa u sedimentu jezgre, a pomoću specijaliziranih programa za obradu podataka, dobivaju se peludni dijagrami i na osnovu njih, pomoću statističkih analiza, definiraju se peludne zone sedimenta. Prikaz peludnih dijagrama svih peludnih tipova i spora dan je na Slici 26. Na temelju prisutnosti/odsutnosti peludnih palinomorfa te razlike u postotnim udjelima istih, definirane su peludne zone sedimenta.



Slika 26. Zastupljenost palinomorfa i peludne zone regionalnih palinomorfa oblikovane CONISS, ConSLink i PCA statističkom analizom



Slika 26. Nastavak

Podaci dobiveni ConSLink i CONISS analizom klastera te analizom glavnih komponenti (PCA) ukazuju na postojane četiri sloja akumulacije palinomorfa koje se mogu podijeliti na tri zone: Zona 1, Zona 2 i Zona 3, a ova potonja na dvije podzone Zona 3a i Zona 3b. CONISS analizom dobiveni klasteri koji se sastavom i brojem palinomorfa razlikuju 50% ili više, smatrani su zasebnim peludnim zonama, oni kojima razlika iznosi >25% smatrani su podzonama, a manja razlika između klastera nije uzimana u obzir. Analiza glavnih komponenta obuhvatila je sve one svojte kojima je postotni udjel u sumi veći od 0,12 %, točnije 28 svojti: *Pinus*, *Abies*, *Picea*, *Alnus*, *Ulmus*, *Betula*, *Populus*, *Tilia*, *Carpinus*, *Fagus*, *Quercus*, *Juglans*, *Corylus*, *Carduus* t./*Cirsium*, *Senecio* t., *Cichoriaceae*, *Centaurea jacea* t., *Matricaria* t., *Lythrum* , *Succisa* t., *Sanguisorba officinalis*, Poaceae, Ericaceae, Apiaceae, Fabaceae, *Xanthium spinosum* t., *Artemisia*, *Plantago lanceolata* t. Postotak varijance objašnjen s prvom PCA osi iznosi 35 %, s drugom PCA osi 23 %, a treća PCA os daje 16% objašnjenja varijance.

#### 4.7. ANALIZA NEPELUDNIH PALINOMORFA

##### 4.7.1. 'Taksonomska' analiza nepeludnih palinomorfa

Nepeludni palinomorfi (NPP) obuhvaćaju mikrostrukture različitih sistematskih skupina. Na bazi prebrojanih 31.036 peludnih palinomorfa, uočeno je 1.318 nepeludnih palinomorfa razvrstanih u 315 tipova. 42 tipa nepeludnih palinomorfa bilo je moguće, na temelju opisa iz ranije objavljenih radova, svesti pod određeni kodni naziv i/ili svrstati u neku od taksonomskih kategorija te se dalje u tekstu nazivaju ekološki indikativni nepeludni palinomorfi (EINPP, Prilog 5). Ostalih 273 palinomorfa dobilo je kodni naziv DON i uz njega pripadajući broj (od DON 1 do DON 273). Na temelju 41 pregledane predmetnice uočene su sljedeće taksonomske skupine ili umjetne grupe organizama (Tablica 7) :

- a) Arthropoda (člankonošci) uključuju spermatofore veslonožaca - Copepoda, ali i dijelove tijela grinja – Oribatei
- b) Tardigrada (dugoživci) su zastupljeni jajašcima, a unutar njih je bilo moguće odrediti samo rod *Macrobiotus*
- c) Rotifera (kolnjaci) su zastupljeni jedino vrstom *Habrotrocha angusticollis*
- d) Platyhelminthes (virnjaci) su zastupljeni samo dijelovima tjela koji pripadaju jedinkama reda Neorhabdoceala



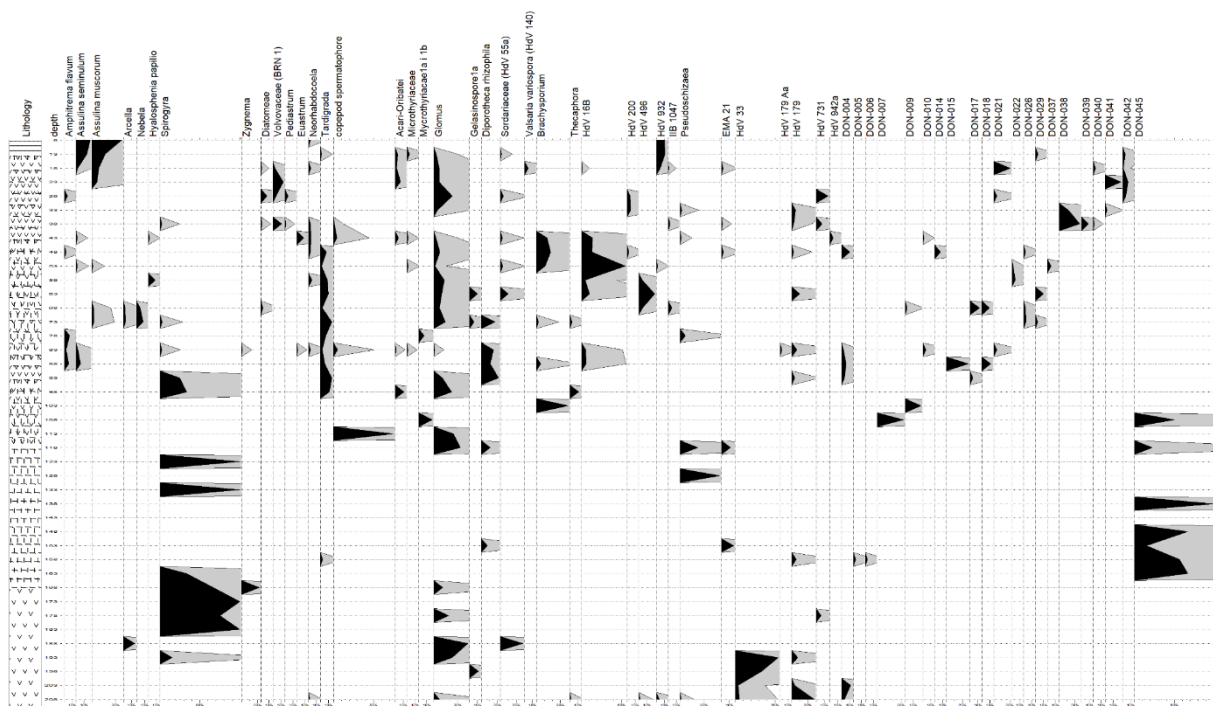
- e) Sarcodina (sluzavci) su zastupljeni okućenim amebama, a utvrđene su vrste: *Amphitrema flavum*, *Assulina seminulum*, *Assulina muscorum*, *Hyalosphenia papilio*, *Nebela* spp.
- f) Algae (alge) su zastupljene rodovima *Spirogyra*, *Zygnema*, *Pediastrum*, *Euastrum* te jedinkama iz porodica Volvovaceae (BRN 1) i iz razreda Bacillariophyceae (syn. Diatomeae). Dvjestrukturama koje najvjerojatnije pripadaju algama nije bilo moguće pobliže odrediti taksonomsku pripadnost te su opisane pod kodom DON 1 i DON 2.
- g) Mycota (gljive) zastupljene su jedinkama vrste *Diporothea webbiae* (HdV-143), *Valsaria variospora* (HdV-140), potom jedinkama iz rodova *Thecaphora*, *Podospora*, *Gelasinospora*, *Brachysporium*, *Glomus*, jedinkama iz porodice Microthyriaceae i Sordariaceae (HdV-55A), kao i tipovima spora gljiva čija taksonomska pripadnost još nije razriješena: HdV-16B, HdV-200, HdV-496, HdV-932, IIB-1047. Veliki broj struktura, točnije njih 88, koje pripadaju gljivama, a koje do sada nisu opisane u znanstvenim radovima niti im je bilo moguće preciznije odraditi taksonomski status, opisno je pod kodom od DON 3 do DON 91.
- h) Acritarch (akritarh) je umjetna kategorija koja obuhvaća mikrostrukture nepoznatog porijekla, makar se pretpostavlja da većina struktura unutar ove kategorije taksonomski pripada algama ili gljivama. Od prije opisanih mikrostrukture, u ovu kategoriju svrstavamo jedinice roda *Pseudoschizaea*, EMA-21, HdV-33, HdV-179, HdV-179A, HdV-184, HdV-307B, HdV-731, HdV-942A, a novopisani akritarhi iz sedimenta Blatuše opisani su pod kodom od DON 92 do DON 199.
- i) Tkiva nisu mogla biti preciznije određena te su opisana u radu pod kodnim nazivima od DON 200 do 229.
- j) Zooklasti (životinjski ostaci ili fragmenti) najčešće se odnose na usne aparate različitih skupina organizama te su opisani pod kodnim nazivima od DON 230 do DON 273.

Tablica 7. Taksonomske i umjetne grupe utvrđenih nepeludnih palinomorfa

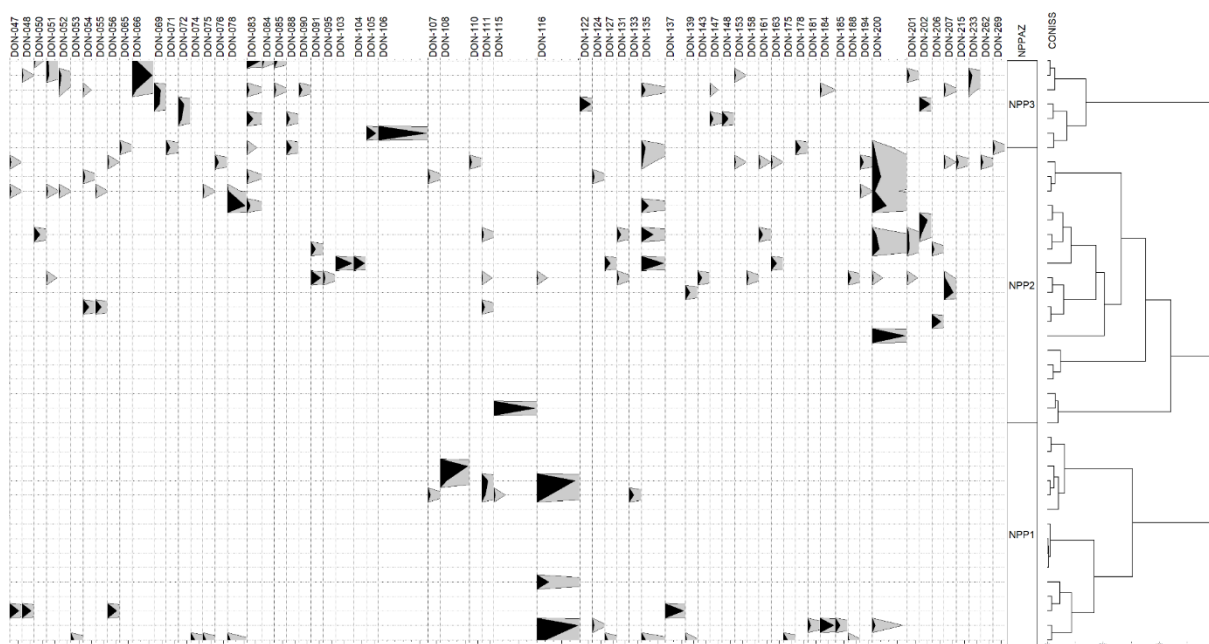
Skupina	poznati NPP-ovi	nepoznati NPP-ovi	ukupno	postotak(%)
Člankonošci	21	0	21	1,59
Dugoživci	26	0	26	1,97
Kolnjaci	1	0	1	0,08
Virnjaci	14	0	14	1,06
Sluzavci	104	0	104	7,89
Alge	74	2	76	5,77
Gljive	239	367	606	45,98
Akritarhi	82	272	354	26,86
Tkiva	0	69	69	5,24
Zooklasti	0	47	47	3,57
ukupno	561	757	1318	100,00

#### 4.7.2. Zastupljenost nepeludnih palinomorfa u sedimentu jezgre

Prebrojani nepeludni palinomorfi iz sedimenta jezgre pomoću specijaliziranog programa PolPal grafički su vizualizirani i prezentirani pomoću postotnih dijagrama, a daljnjom statističkom analizom, definiraju se lokalne zone akumulacije nepeludnih palinomorfa. Prikaz dijagrama učestalosti svih nepeludnih palinomorfa dan je u Slici 27. Na temelju prisutnosti/odsutnosti palinomorfa te razlike u postotnim udjelima istih, definirane su lokalne zone akumulacije nepeludnih palinomorfa.

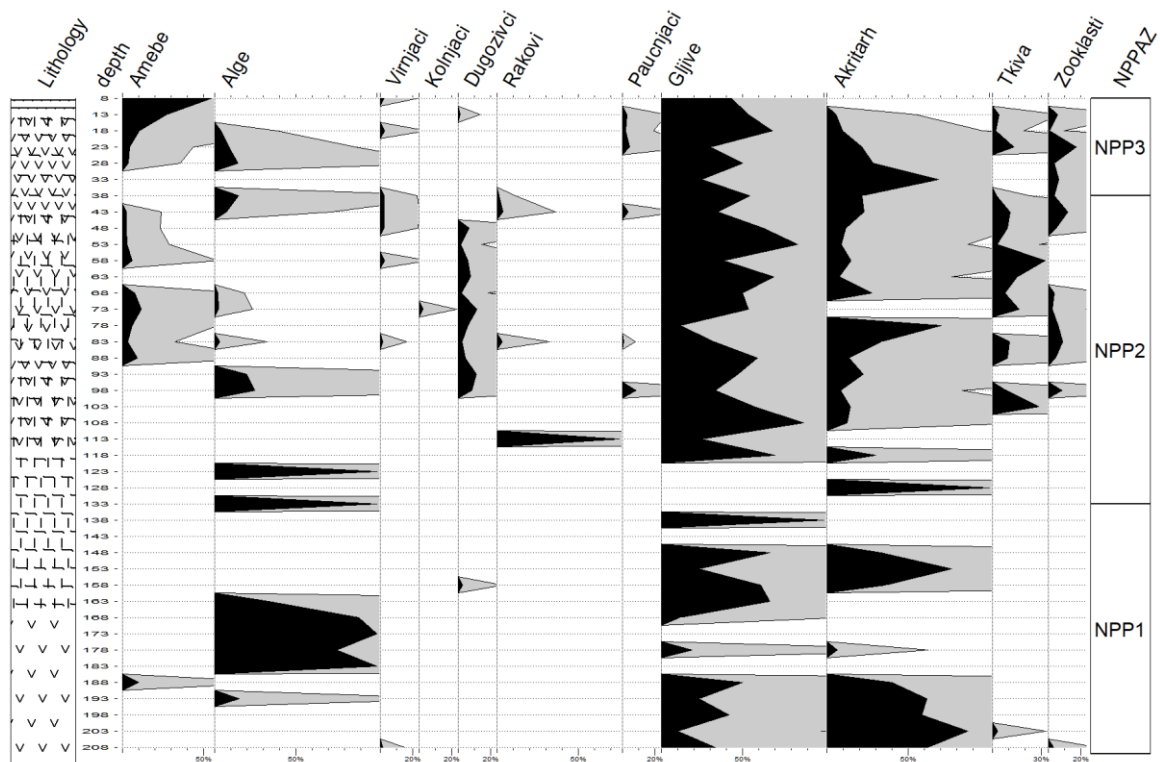


Slika 27. Peludni dijagrami nepeludnih palinomorfa sa zonama akumulacije istih



Slika 27. Nastavak

Podaci dobiveni CONISS analizom klastera ukazuju na postojane tri zone akumulacije nepeludnih palinomorfa (NPPAZ): NPP1, NPP2 i NPP3. Zasebnim zonama akumulacije smatrani su oni klasteri koji su se nakon provedene CONISS analize razlikovali 50% ili više. Udjeli viših 'taksonomskih' kategorija nepeludnih palinomorfa prikazani su na Slici 28. Prosječni udjeli svake 'taksonomske' kategorije palinomorfa po lokalnoj akumulacijskoj zoni dani su u Tablici 8., a njihovi prosjeci po poduzorku svake akumulacijske zone u Tablici 9.



Slika 28. Udjeli 'taksonomskih' kategorija nepeludnih palinomorfa iz sedimenta Blatuše

Tablica 8. Prosječni udjeli palinomorfa po lokalnim zonama akumulacije NPP-a (Am - amebe, Al - alge, V- virnjaci, K - kolnjaci, D - dugoživci, R - rakovi, P - paučnjaci, G - gljive, Ak - akritarhi, T - tkiva, Z - zooklasti)

DUBINA (cm)	NPP-AZ	% Am	% Al	% V	% K	% D	% R	% P	% G	% Ak	% T	% Z
5-40	3	22,1	2,8	1,4	0	0,3	0	1,4	49,7	16,6	2,2	3,6
40-135	2	3,4	5,7	1,2	0,1	3,4	1,6	0,7	49	21,3	8,8	4,8
135-210	1	0,4	9,2	0,4	0	0,7	0	0	34,4	53,5	0,7	0,7

Tablica 9. Prosječna udjeli palinomorfa po poduzorku unutra svake lokalne zone akumulacije NPP-a (Am - amebe, Al - alge, V- virnjaci, K - kolnjaci, D - dugoživci, R - rakovi, P - paučnjaci, G - gljive, Ak - akritarhi, T - tkiva, Z - zooklasti)

DUBINA (cm)	NPP-AZ	% Am	% Al	% V	% K	% D	% R	% P	% G	% Ak	% T	% Z
5-40	3	3,16	0,39	0,2	0	0,04	0	0,2	7,1	2,37	0,32	0,51
40-135	2	0,18	0,3	0,06	0,01	0,18	0,09	0,04	2,58	1,12	0,46	0,25
135-210	1	0,02	0,61	0,02	0	0,05	0	0	2,29	3,57	0,05	0,05

Zonu akumulacije nepeludnih palinomorfa NPP1 karakterizirana je s gotovo 50% udjelom spora/plodnih tijela gljiva te visokim udjelom ameba, s dominacijom roda *Assulina*. NPP2 također se ističe s gotovo 50% udjelom spora/plodnih tijela gljiva te visokim udjelom akritarha. NPP3 zona pokazuje apsolutnu dominaciju akritarha te visoki udio spora/plodnih tijela gljiva. Promatrano po poduzorku sedimenta, okućene amebe su najzastupljenije u NPP3, alge u NPP1, virnjaci u NPP3, kolnjaci, dugoživci i rakovi u NPP2, paučnjaci i gljive u NPP3, akritarhi u NPP1, tkiva u NPP2 te zooklasti u NPP3 zoni akumulacije nepeludnih palinomorfa.

#### 4.8. ANALIZA PALINOMORFA I POUGLJENJENIH ČESTICA

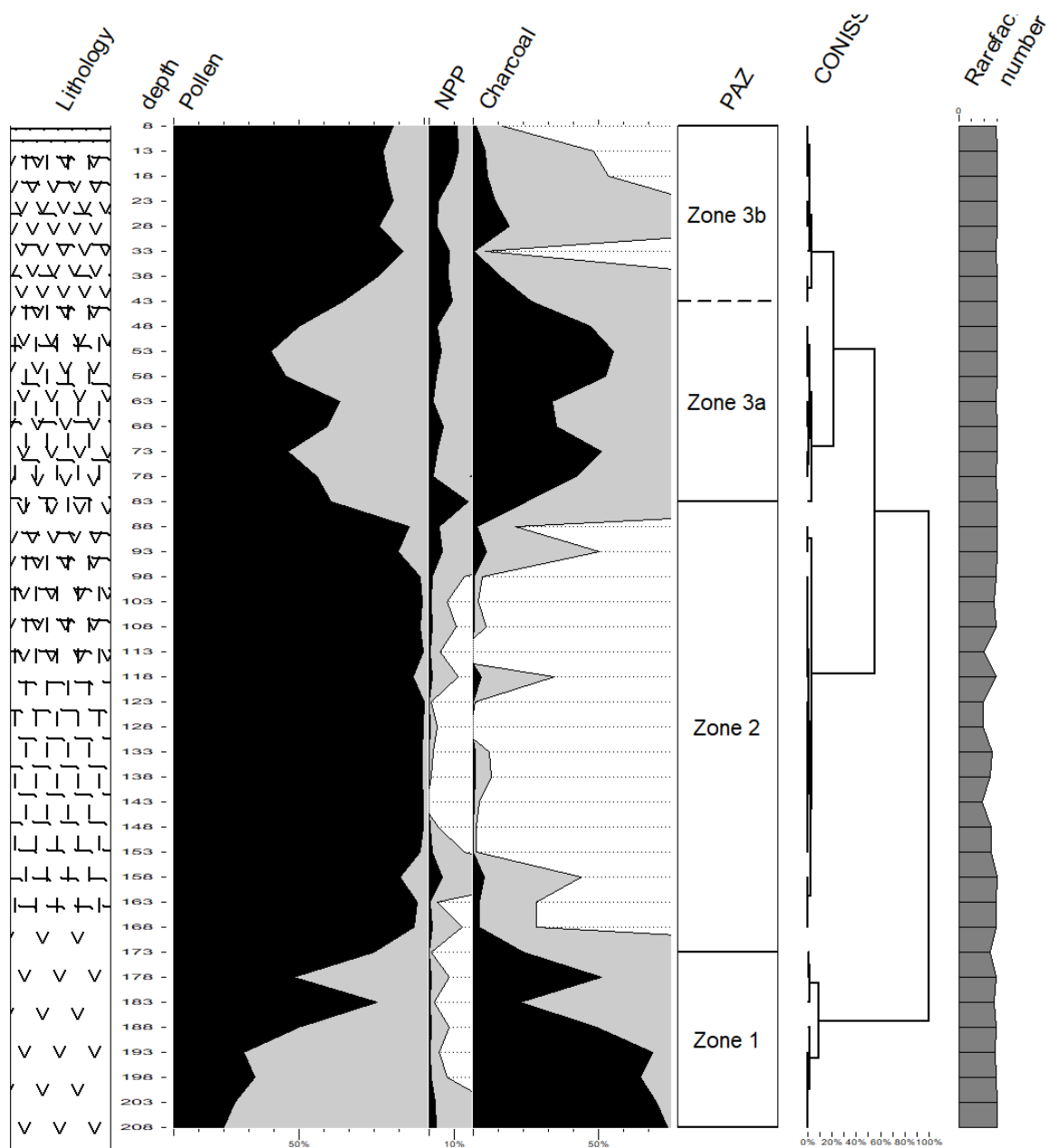
##### 4.8.1. Brojnost pougljenjenih mikro- i makro- čestica

Usporedno s prebrojavanjem peludnih palinomorfa (peludna zrnca i spore) brojeni su i nepeludni palinomorfi te pougljenjene čestice koje su odmah razvrstane u dvije veličinske kategorije: mikročestice (veličina od 10-100  $\mu\text{m}$ ) te makročestice ( $> 100 \mu\text{m}$ ). Broj zabilježenih pougljenjenih čestica iznosi 13.970, od tog broja 9.436 čestica se odnosi na mikro frakciju, a 4.534 na makrofrakciju. Na posljednjih 20 cm jezgre (dubina od 190-210 cm) otpada gotovo 52% od ukupnog broja pougljenjenih čestica

##### 4.8.2. Zastupljenost palinomorfa i pougljenjenih čestica u sedimentu jezgre

U palinološkim istraživanjima koriste se postotni udjeli u svrhu izrade palinoloških krivulja. Temeljem relativnih omjera palinomorfa (pelud, spore te nepeludni palinomorfi) i pougljenjenih čestica formiraju se statistički značajne peludne zone sedimenta (PZS ili PAZ). Kako broj prebrojanih palinomorfa se razlikuje u svakom poduzorku, metodom rarefakcije uzorak se razrjeđuje na najmanji zajednički nazivnik kako bi se udjeli pojedinih peludnih tipova, spora i nepeludnih palinomorfa, kao i pougljenjenih čestica, mogli uspoređivati što neovisnije o veličini palinološkog uzorka. Statističkom CONISS analizom pomoću programa PolPal dobivene su peludne zone (Slika 29). Ukupno se razlikuju tri peludne zone:

- a) Zona 3 obuhvaća stupac jezgre dubine 5 - 85 cm. Zona se dijeli u dvije podzone – Zona 3b dubine je od 5 - 45 cm, a Zona 3a dubine je od 45 - 85 cm.
- b) Zona 2 obuhvaća stupac jezgre dubine od 85 - 175 cm.
- c) Zona 1 obuhvaća stupac jezgre dubine od 175 - 210 cm.



Slika 29. Krivulje postotnih udjela palinomorfa i pougljenjenih čestica rarefakcijskim 'razrjeđivanjem' i CONISS analizom daju 4 odsječka jezgre, tj. tri zone koje se odlikuju različitom akumulacijom istih duž jezgre sedimenta.

Gledajući ukupne postotne udjeli peluda i spora, nepeludnih palinomorfa i pougljenjenih čestica, uočava se dominacija svake od ovih grupa u različitim peludnim zonama sedimenta (Tablica 10). Zona 2 sadrži više od polovice prebrojenog peluda duž jezgre, 3/4 nepeludnih plinomorfa nalazimo u Zoni 3, posebice u Podzoni 3a, a pougljenjene čestice apsolutno dominiraju u najdubljem dijelu jezgre, tj. Zoni 1.

Tablica 10. Postotni udjeli akumuliranih palinomorfa i pougljenjenih čestica po zonama duž jezgre sedimenta

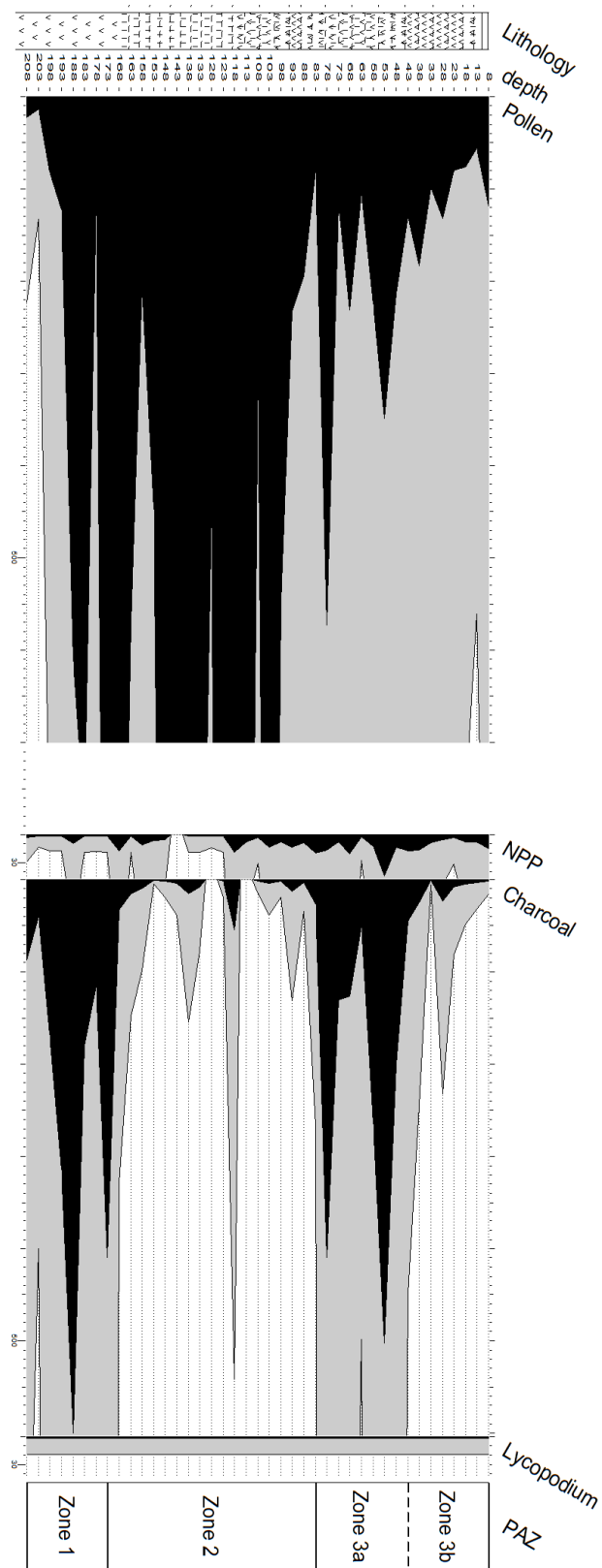
DUBINA (cm)	PZS	(%) Pelud	(%) NPP	(%) Pougljenjene čestice
5-45	Zona 3b	17,78	40,44	4,42
45-85	Zona 3a	14,67	30,05	27,97
85-175	Zona 2	51,63	15,71	2,96
175-210	Zona 1	15,92	13,81	64,65

Ipak, kako različite zone zauzimaju različitu duljinu odsječka same jezgre sedimenta, valja udjele svake od spomenute grupe palinomorfa i pougljenjenih čestica promatrati s obzirom na njihovu zastupljenost po poduzorku unutar svake zone (Tablica 11). Dakle, promatrano neovisno o dulji odsječka jezgre, uočljivo je da Zona 1 sadrži više peludnih palinomorfa nego Zona 3b, kao i da Zona 1, iako je u njoj akumulirano najmanje nepeludnih palinomorfa duž jezgre sedimenta, po poduzorku sadrži više nego dvostruko više NPP-ova u odnosu na Zonu 2.

Tablica 11. Postotni udjeli palinomorfa i pougljenjenih čestica po poduzorku unutar svake zone jezgre sedimenta

DUBINA (cm)	PZS	% peluda po poduzorku	% NPP-a po poduzorku	% pougljenjenih čestica po poduzorku
5-45	Zona 3b	2,22	5,06	0,55
45-85	Zona 3a	1,83	3,76	3,50
85-175	Zona 2	2,87	0,87	0,16
175-210	Zona 1	2,27	1,97	9,24

Osim postotnih udjela, u palinološkim analizama korisno je izračunati i koncentraciju palinomorfa i pougljenjenih čestica te je prikaz krivulja koncentracije istih dan na Slici 30.



Slika 30. Krivulje koncentracije peluda, nepeludnih palinomorfa i pougljenjenih ostataka (radi preglednosti grafa umanjene 10x).



Koncentracije palinomorfa i pougljenjenih čestica značajno variraju po svakom poduzorku. Akumulirana pelud svoju najmanju koncentraciju od 132.468, odnosno 223.197 zrnaca po gramu ima u posljednjih 10 cm jezgre (dubina od 200-210 cm), a maksimalna vrijednost od čak 23.005,080 u poduzorku dubine 120-125 cm. Koncentracije nepeludnih palinomorfa značajno su manje te se kreću od 13.620 (poduzorak dubine 200-205 cm) do 444.636 (poduzorak dubine 50-55 cm). Poduzorak 140-145 cm ne sadrži niti jedan uočenu nepeludnu palinomorfnu strukturu te je koncentraciji ravna ničtici. Poduzorci dubine 125-130 cm i 110-115 cm ne sadrže niti jednu pougljenjenu česticu, a u ostalim poduzorcima njihova koncentracija se kreće od 4.833 (poduzorak dubine 150-155 cm) do 6.002,586 (poduzorak dubine 185-190 cm). Izračun prosječenih koncentracija po poduzorku unutar svake akumulacijske zone ukazuje na visoku koncentraciju peluda unutar Zone 2, nepeludnih palinomorfa unutar Zone 3a i gotovo podjednake koncentracije pougljenjenih čestica unutar Zone 1 i Zone 3a (Tablica 12).

Tablica 12. Koncentracijske vrijednosti palinomorfa i pougljenjenih čestica po poduzorku unutar svake zone jezgre sedimenta

DUBINA (cm)	PZS	Koncentracija peluda po poduzorku	Koncentracija NPP-a po poduzorku	Koncentracija pougljenjenih čestica po poduzorku
5-45	Zona 3b	1.093,416	103.995	138.692
45-85	Zona 3a	2.363,578	174.618	2.137,984
85-175	Zona 2	10.646,758	65.191	311.352
175-210	Zona 1	2.489,463	30.434	2.149,929

#### 4.9. FUNKCIONALNE JEDINICE VEGETACIJE

##### 4.9.1. Životni oblici palinoloških vrsta

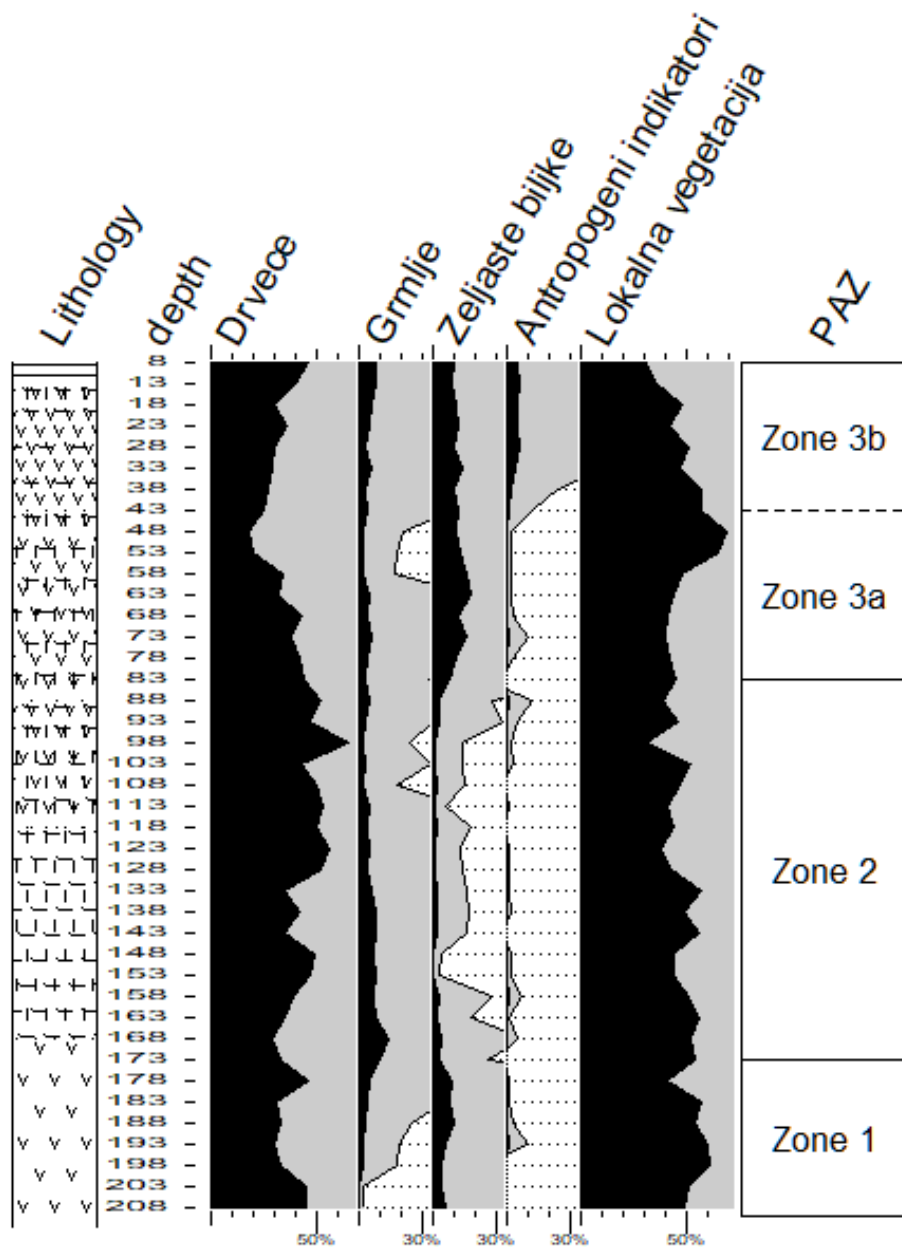
Uobičajena podjela na životne oblike obuhvaća sljedeće skupine: drveće, grmlje, zeljaste biljke. Kako su ruderalne i korovne vrste sekundarni (potencijalni) indikatori antropogenog pritiska, a posebice kultivirane svojite kao primarni (direktni) indikatori čovjekovog utjecaja, izdvajaju se unutra skupine zeljastih biljaka antropogeni indikatori kao zasebna skupina. Lokalna vegetacija također obuhvaća zeljaste biljke, ali ograničenog areala (akvatičke, amfibijske i cretne svojite, kao i papratnjače i mahovine) koje ne karakteriziraju šire područje već su specifični za mikrolokaciju samog bušenja jezgre. Broj peludnih tipova/tipova spora kao i prebrojanih palinomorfa unutra svake grupe životnih oblika dan je u Tablici 13, a prosječna postotna zastupljenost svake navedene skupne po peludnoj zoni sedimenta sa lokalnom vegetacijom, i bez lokalne vegetacije, u Tablici 14, Slika 31, odnosno Tablici 15.

Tablica 13. Kvalitativna i kvantitativna analiza palinomorfa po svakoj skupini životnih oblika

Životni oblici	Broj peludnih tipova/ tipova spora	Broj palinomorfa
Drveće	20	12.357
Grmlje	6	1.539
Zeljaste svojte	25	1.815
Antropogeni indikatori	13	300
Lokalna vegetacija	12	15.008

Tablica 14. Udjeli životnih oblika po peludnoj zoni sedimenta

DUBINA (cm)	PZS	% Drveće	% Grmlje	% Zeljaste biljke	% Antropogeni indikator	% Lokalna vegetacija
5-45	Zona 3b	32,5	5,5	10,9	4,3	46,8
45-85	Zona 3a	33,7	3,4	13,1	0,3	49,5
85-175	Zona 2	44,9	6,0	1,7	0,0	47,2
175-210	Zona 1	37,3	2,5	6,9	0,3	53,0

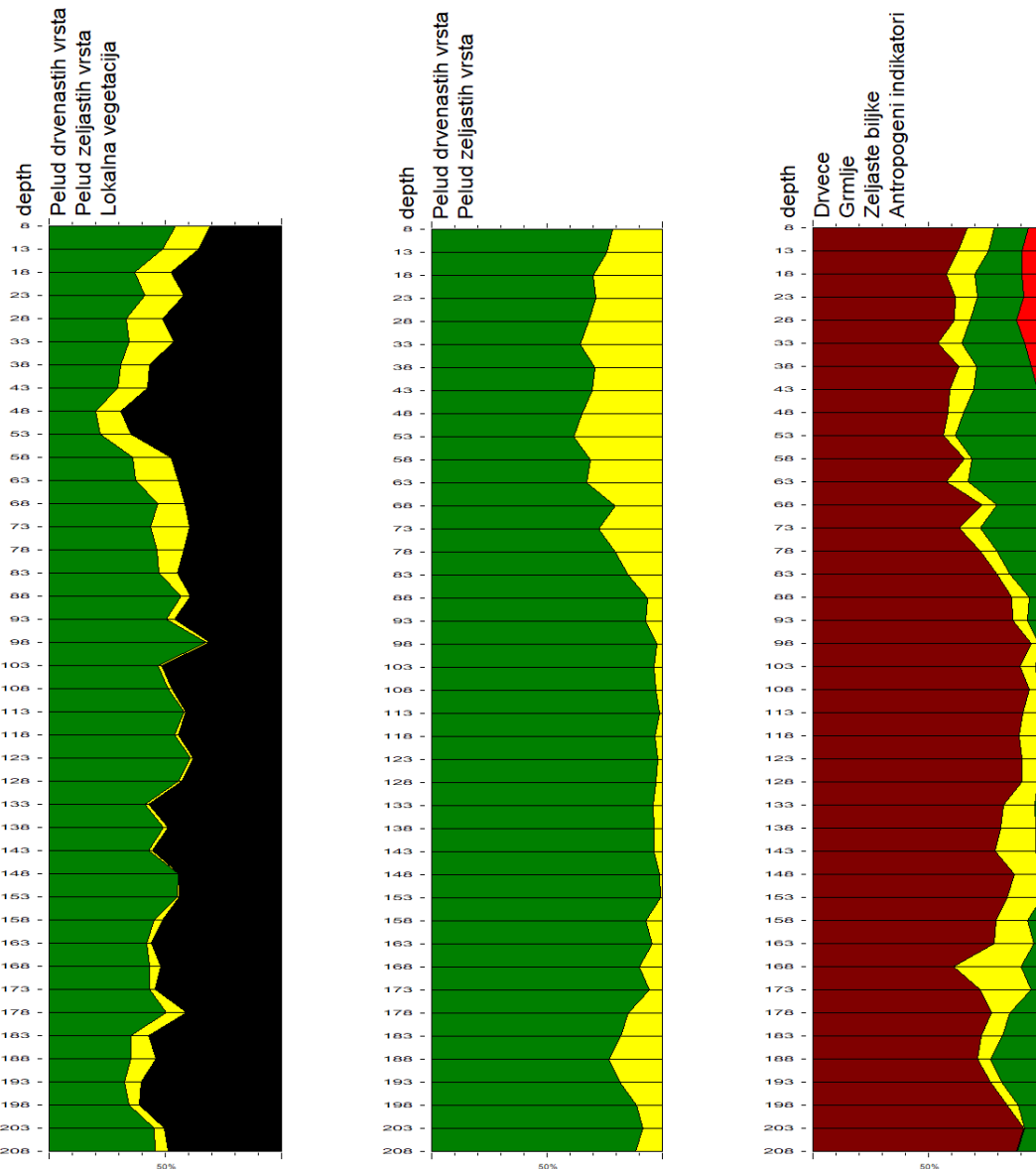


Slika 31. Postotni udjeli životnih oblika duž jezgre sedimenta

Tablica 15. Udjeli životnih oblika bez lokalne vegetacije (regionalna zastupljenost palinomorfa)

DUBINA (cm)	PZS	% Drveće	% Grmlje	% Zeljaste biljke	% Antropogeni indikator
5-45	Zona 3b	61,1	10,4	20,5	8,0
45-85	Zona 3a	66,7	6,8	25,9	0,6
85-175	Zona 2	85,0	11,3	3,3	0,4
175-210	Zona 1	79,4	5,3	14,8	0,6

Postotni udjeli drveća i grmlja udružuju se u kategoriju peluda drvenastih vrsta (eng. *arboreal pollen*), dok zeljaste svojite (uključivo i antropogene indikatore te lokalnu vegetaciju) čine kategoriju peluda zeljastih vrsta (eng. *non-arboreal pollen*) (Slika 32). Kako bi se izbrisao peludni 'otisak' lokalne vegetacije, priložen je i dijagram odnosa AP/NAP bez lokalne vegetacije (Slika 32).

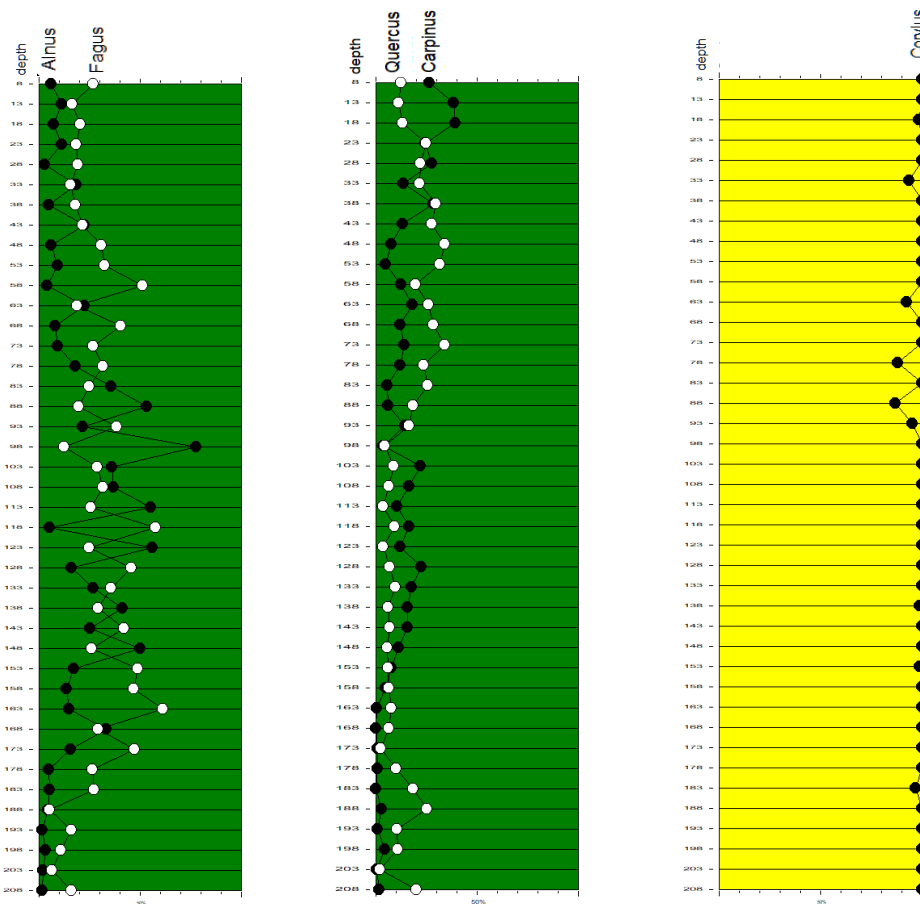


Slika 32. Udjeli peluda drvenastih i zeljastih vrsta s obzirom na lokalnu vegetaciju (lijevi dijagram), odnosno bez lokalne vegetacije (središnji dijagram). Udjele peluda životnih oblika na regionalnoj razini dan je u desnom dijagramu.

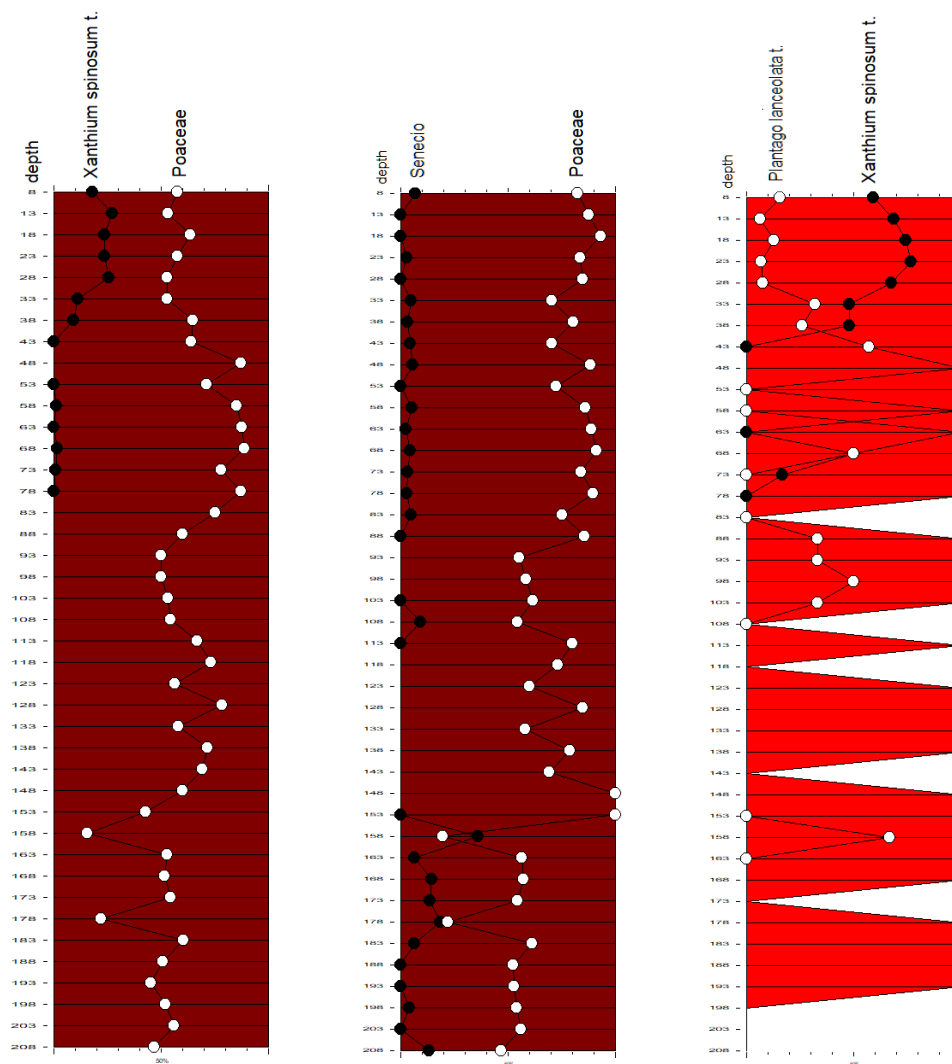
Rezultati pokazuju da najveći udio lokalna vegetacija (zastupljenost peludnih palinomorfa ~60% ili više) postiže u poduzorcima dubine 190-200 cm (procijenjena starost sedimenta ~4163 do ~3929 godina BP, tj, od ~2213. do ~1979 pr. Kr.) te 45-55 cm (803 do 645 godina BP, tj. od 1147 do ~1305. g. pos. Kr.). Udio lokalne vegetacije u svim je peludnim zonama sedimenta visok i iznosi preko 45%, međutim jedino u Zoni 3 premašuje 50%-ni udjel (53%). Izuzmemo li lokalni element, dobivamo udjele palinomorfa drvenastih (drveće i grmlje) te zeljastih svojiti (zeljaste, uključujući i antropogene svojite) koje karakteriziraju šire regionalno područje. Udjeli peludnih palinomorfa zeljastih vrsta premašuju 25% jedino u Zoni 3, a tada gotovo duž cijele te zone, izuzev poduzoraka dubine 75-85 cm, 65-70 cm i 5-15 cm. Udjeli peludnih palinomorfa drveća prosječno su najveći u Zoni 2, a isto je i s grmljem, dok zeljaste palinološke vrste svoj najveći prosječni udio postižu u Zoni 3a. Antropogeni indikatori dostižu 5% udjel jedino u Zoni 3b, i ispod te vrijednosti ne padaju niti u jednom poduzorku te zone, pokatkad premašujući 10% udjel, kao u poduzorku dubine 25-30cm (409 do 330 godina BP, tj od ~1541.g. do ~1620.g).

U skupini „drveće“ razlikujemo 20 peludnih tipova: *Pinus*, *Abies*, *Picea*, *Alnus*, *Ulmus*, *Betula*, *Fraxinus*, *Salix*, *Populus*, *Tilia*, *Carpinus*, *Fagus*, *Quercus*, *Acer*, *Juglans*, *Sorbus* gr., *Castanea*, *Hedera helix*, *Vitis*, *Viscum album*. Najvećim brojem akumuliranih peludnih zrnaca u sedimentu ističu se bukva - *Fagus* (ukupno 3700 prebrojanih peludnih zrnaca), joha - *Alnus* (2976 peludnih zrnaca), grab - *Carpinus* (1521 peludnih zrnaca) i hrast - *Quercus* (1510 peludnih zrnaca) te su njihovi postotni udjeli po svakom poduzorku unutar životnog oblika „drveće“ prikazani dijagramom (Slika 33). U skupini „grmlje“ razlikujemo 6 peludnih tipova: *Corylus*, *Frangula alnus*, *Cornus mas* t., *Viburnum opulus* t., *Viburnum lantana*, *Ephedra fragilis* t., međutim na na lijesku - *Corylus* se odnosi 99% prebrojanih palinomorfa unutar spomenutog životnog oblika, točnije 1524 od 1539 peludnih zrnaca. Unutar životnog oblika „zeljasto bilje“ u sedimentu je zabilježeno postojanje 38 peludnih tipova: *Carduus* t./*Cirsium*, *Senecio* t., *Centaurea jacea* t., *Matricaria* t., *Filipendula* t., *Calystegia*, *Valeriana officinalis* t., *Circaea*, *Geranium*, *Mentha* t., *Lythrum*, *Succisa* t., *Sanguisorba officinalis*, *Euphorbia*, *Xanthium spinosum* t., *Artemisia*, *Plantago lanceolata* t., *Plantago major-media* t., *Fagopyrum*, *Ranunculus acris* t., *Sanguisorba minor* t., *Solanum nigrum* t., *Rumex acetosa* t., *Polygonum persicaria* t., *Chenopodiaceae*, *Urticaceae*, *Cerealia*, *Poaceae*, *Cichoriacea*, *Ericaceae*, *Rubiaceae*, *Brassicaceae*, *Ranunculaceae*, *Caryophyllaceae*, *Apiaceae*, *Fabaceae*, *Campanulaceae*, *Liliopsida*. Brojem akumuliranih palinomorfa ističu se trave - *Poaceae* (1324 peludna zrnca) i *Xanthium spinosum* t. (152 peludna zrnca). Izuzmemo li iz skupine „zeljaste biljke“ antropogene elemente, onda uz najbrojnije trave na drugo mjesto pridolazi *Senecio* t.

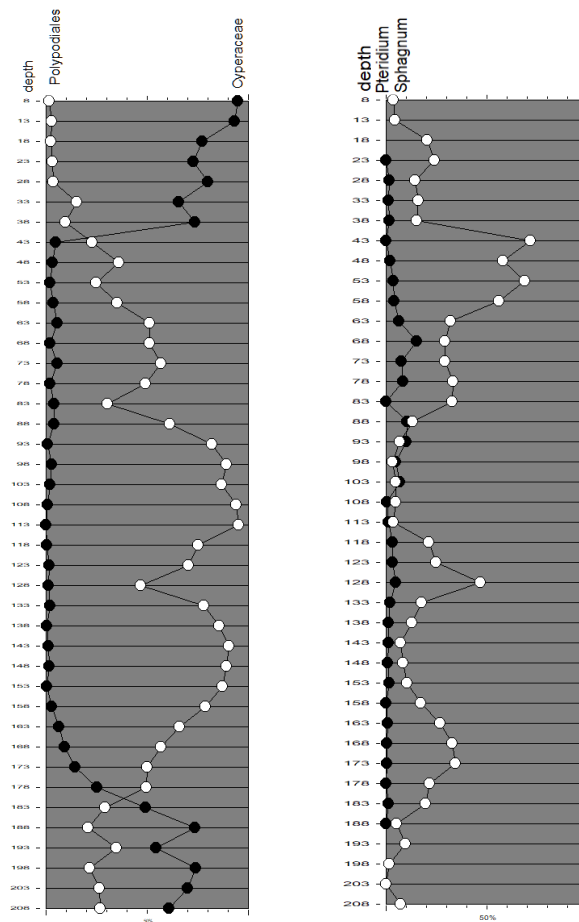
(84 peludna zrnca), a unutra skupine „antropogeni indikatori“ uz najbrojni *Xanthium spinosum* t. pridolazi *Plantago lanceolata* t. (50 peludnih zrnaca). Lokalna vegetacija predstavljena je sa 6 peludnih tipova: *Drosera rotundifolia* t., *Typha latifolia* t., *Sparganium* t., *Myriophyllum spicatum*, *Nymphaea*, Cyperaceae i 6 tipova spora: *Pteridium*, Polypodiales, *Equisetum*, *Lycopodiella inundata*, *Anthoceros*, *Sphagnum*. Unutar lokalne vegetacije brojem akumuliranih palinomorfa ističu se paprati – Polypodiales (7739 spora), šaševi – Cyperaceae (3537 peludnih pseudomonada), mah-tresetar – *Sphagnum* (3171 spora) i bujad – *Pteridium* (331 spora). Postotni udjeli najbrojnijih peludnih tipova i tipova spora po svakom životnom obliku zasebno prikazani su dijagramima te su njihovi omjere prikazani po svakom poduzorku sedimenta jezgre (Slika 33).



Slika 33. Postotni udjeli peluda bukve – *Fagus*, johe – *Alnus* (lijevi dijagram), graba – *Carpinus* i hrasta – *Quercus* (središnji dijagram) unutar životnog oblika „drveće“ te lijeske – *Corylus* unutar grmlja (desni dijagram) te šaševa – Cyperaceae i paprati (Polypodiales) unutar lokalne vegetacije



Slika 33. Nastavak. Postotni udjeli peluda trava – Poaceae i glavočika cjevnjača – *Xanthium spinosum* t. unutar životnog oblika „zeljasto bilje“ (lijevi dijagram), trava – Poaceae i glavočika cjevnjača – *Senecio* t. unutar zeljastih biljaka sa izuzetim antropogenim indikatorima te glavočika cjevnjača – *Xanthium spinosum* t. i trputca – *Plantago lanceolata* t. unutar skupine antropogeni indikatora (desni dijagram)



Slika 33. Nastavak. Postotni udjeli spora papratnjača - Polypodiales i peludnih zrnaca šašava – Cyperaceae unutar skupine „lokalna vegetacija“ (lijevi dijagram) te spora bujadi – *Pteridium* i maha tresetara – *Sphagnum* unutar te iste skupine (desni dijagram)

#### 4.9.2. Peludne zone opisane regionalnim palinološkim vrstama

Peludna suma računa se kao zbroj udjela peluda drvenastih vrsta (arborealna pelud - AP) i zeljastih vrsta (nearborealna pelud – NAP), pri čemu se se isključuje lokalna vegetacija (pelud (semi)akvatičkih vrsta (npr. *Typha*, *Cyperaceae*, *Myriophyllum spicatum*...) te spore papratnjača i mahovina (npr. Polypodiales, *Pteridium*, *Sphagnum*, itd.). Peludne zone daju prikaz stanja vegetacije na širem području koje je izvor peluda. Prikaz stanja regionalne vegetacije dan je u Tablici 16.



Tablica 16. Peludne zone s opisom udjela palinoloških vrsta te AP/NAP omjera

PELUDNE ZONE		OPIS ZONA
8cm	~1888AD	<p>Arborealna pelud (AP) ~ 71%. Relativna dominacija peluda trava - Poaceae (17%). Drvenaste vrste (AP) pokazuju ujednačene udjele peluda: <i>Carpinus</i> do ~24% (prosječno 16.1%), <i>Quercus</i> do ~19% (prosječno 12.4%), <i>Fagus</i> do ~ 18% (prosječno 11.9%), <i>Corylus</i> do ~13% (prosječno 10.2%), <i>Pinus</i> do ~12% (prosječno 7.5%), <i>Alnus</i> do ~13% (prosječno 6.2%).</p> <p>Nearborealna pelud (NAP), uz spomenute trave, ističe se udjelom <i>Xanthium spinosum</i> t. (do ~8%, prosječno 4.9%), <i>Plantago lanceolata</i> t. (do ~3%, prosječno 1.3%).</p>
<p>Zona 3b</p> <p><b>POACEAE-CARPINUS-</b> (<b>QUERCUS-FAGUS</b>)</p>		
43cm	~1336AD	<p>Arborealna pelud ~ 73%. Relativna dominacija peluda trava - Poaceae (22.7%). Od drvenastih vrsta ističu se sljedeći peludni tipovi: <i>Fagus</i> do ~33% (prosječno 21.2%), <i>Quercus</i> do ~21% (prosječno 18.1%), <i>Carpinus</i> do ~10% (prosječno 7.1%) te <i>Corylus</i> do ~9% (prosječno 6.5%). Niti jedan peludni tip nearborealnog peluda, izuzev trava, ne prelazi 1%.</p>
<p>Zona 3a</p> <p><b>POACEAE-FAGUS-</b> (<b>QUERCUS</b>)</p>		
83cm	~517AD	<p>Arborealna pelud ~ 96%. Relativna dominacija peluda sljedećih drvenastih vrsta: <i>Fagus</i> do ~52% (prosječno 30.1%) i <i>Alnus</i> do ~73% (prosječno 28.4%), <i>Corylus</i> do ~29% (prosječno 11.7%), <i>Carpinus</i> do ~20% (prosječno 9.5%) i <i>Quercus</i> do ~16% (prosječno 6.3%). Niti jedan peludni tip nearborealnog peluda, izuzev trava, ne prelazi 1%.</p>
<p>Zona 2</p> <p><b>FAGUS-ALNUS</b></p>		
88cm	~400AD	<p>Arborealna pelud ~85%. Relativna dominacija peluda sljedećih drvenastih vrsta: <i>Pinus</i> do ~71% (prosječno 31.5%), <i>Fagus</i> do ~20% (prosječno 12.1%), <i>Ulmus</i> do ~18% (prosječno 11.6%), <i>Quercus</i> do ~18% (prosječno 10.7%), <i>Tilia</i> do ~9% (prosječno 7%).</p>
<p>Zona 1</p> <p><b>PINUS-FAGUS-</b> (<b>ULMUS</b>)</p>		
173cm	~1583BC	
178cm	~1699BC	
208cm	~2399BC	

#### 4.9.3. Funkcionalne grupe peludnih palinomorfa – osnovna vegetacijska podjela

U pokušaju rekonstrukcije vegetacije koristimo peludne palinomorfe, dakle peludna zrnca i spore, koje grupiramo u različite funkcionalne jedinice. Za razliku od recentnih vegetacijskih istraživanja koja se na području središnje Europe uglavnom baziraju na Braun-Blanqueovoj fitocenološkoj školi, rekonstrukcija vegetacije upotrebom palinomorfa općenitija je u svom zaključku i ne može ulaziti u finu raščlambu zbog različite produkcije i disperzije peluda i spora različitih biljnih vrsta i tafonomskih procesa prilikom fosilizacije koji utječu na to koji tipovi palinomorfa i u kojem broju/količini će se akumulirati u sedimentu uzorkovane jezgre.

Grupiranje palinomorfa u funkcionalne vegetacijske jedinice stvar je pristupa istraživača, a u ovom radu primjenjuju se najčešći modeli korišteni u pokušaju rekonstrukcije vegetacije na području središnje Europe.

Funkcionalne vegetacijske jedinice određene peludnim palinomorfima prikazani su u Tablici 17.

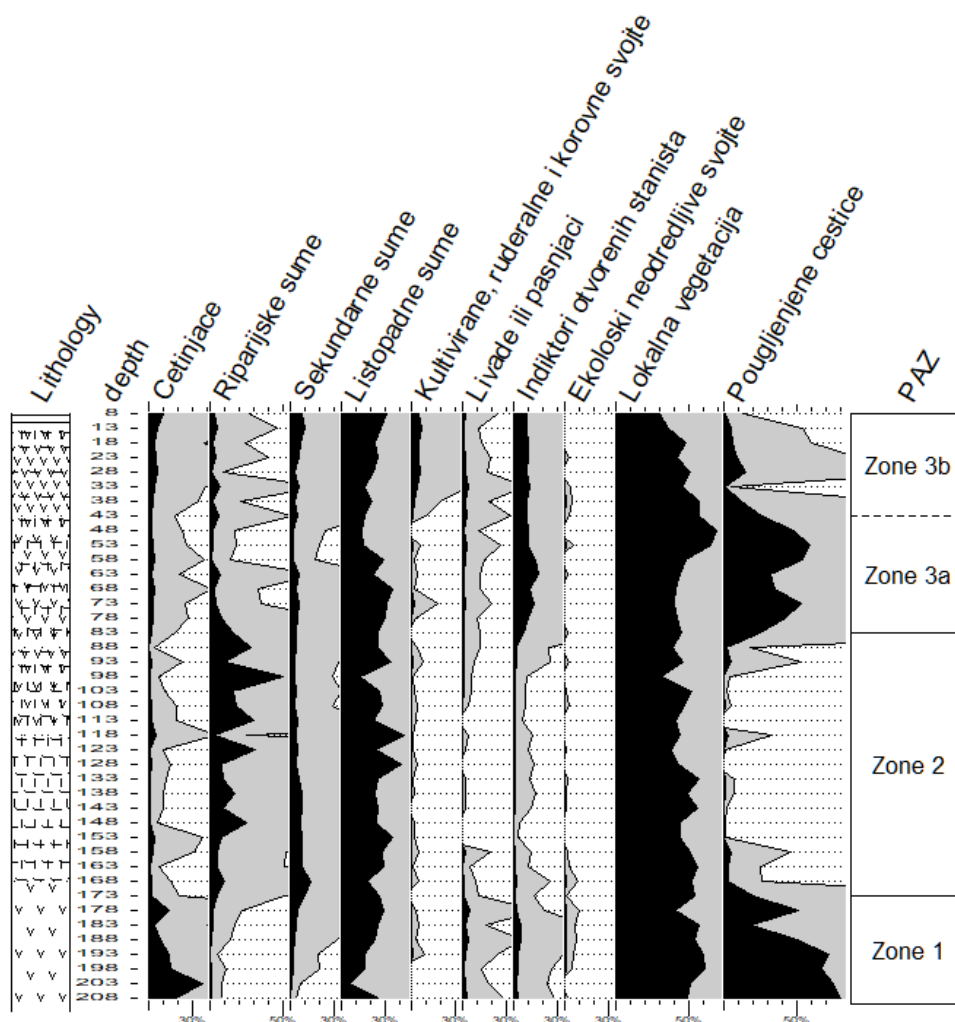
Prosječni udjeli različitih vegetacijskih jedinica po peludnim zonama, nastalih kao rezultat grupiranja palinomorfa u funkcionalne jedinice biljnog pokrova, dan je u Tablici 18, a postotne vrijednosti po svakom poduzorku na Slici 34. Brojem palinomorfa ističe se lokalna vegetacija, a potom listopadne šume. Gledano po zonama, lokalna vegetacija čini relativnu ili apsolutnu većinu. Kako lokalni element čini ~50% prebrojanih palinomorfa, lokalna vegetacija se zanemaruje pri pokušaju interpretacije promjena u biljnom pokrovu na regionalnoj razini, a u svrhu preglednosti i razumijevanja istih. Prosječni udjeli pojedinih funkcionalnih jedinica vegetacije po peludnim zonama, bez lokalne vegetacije, dan je u Tablici 19, a grafički prikaz postotnih udjela svake funkcionalne jedinice vegetacije po poduzorku dan je na slici 34, a udjeli istih prikazanih u AP-NAP obliku dijagrama predočeni su Slikom 35.

Tablica 17. Funkcionalne vegetacijske jedinice određene peludnim palinomorfima

FUNKCIONALNE VEGETACIJSKE JEDINICE		PALINOMORFI (PELUDNI TIPOVI I SPORE)
VAZDAZELENE ŠUME	Četinjače	<i>Pinus, Abies, Picea</i>
LISTOPADNE ŠUME	Riparijske šume	<i>Alnus, Salix, Frangula alnus, Populus, Viburnum opulus t.</i>
	Sekundarne šume	<i>Betula, Corylus</i>
	Listopadne šume ravničarskog, brežuljkastog, brdovitog i gorskog područja	<i>Fraxinus, Tilia, Carpinus, Fagus, Quercus, Ulmus, Acer, Castanea, Cornus mas t., Sorbus gr., Viburnum lantana, Hedera helix, Viscum album</i>
ZELJASTE BILJKE	Kultivirane, ruderalne, i korovne svojte	<i>Vitis, Juglans, Xantium spinosum t., Artemisia, Chenopodiaceae, Cerealia, Plantago major-media t., Polygonum persicaria t., Fagopyrum, Sanguisorba minor t., Euphorbia, Solanum nigrum t., Circaea</i>
	Livade i pašnjaci	<i>Plantago lanceolata t., Ranunculus acris t., Rumex acetosa t., Rubiaceae, Urtica, Matricaria t., Senecio t., Brassicaceae, Cichoriaceae, Sanguisorba officinalis, Succisa t., Centaurea jacea t., Cardus t./ Cirsium</i>
	Indikatori otvorenih staništa	<i>Valeriana officinalis t., Mentha t., Lythrum, Filipendula t., Ericaceae, Ephedra fragilis t., Poaceae</i>
	Ekološki indiferentne svojte	<i>Geranium, Calystegia, Ranunculaceae, Caryophyllaceae, Apiaceae, Fabaceae, Rubiaceae, Campanulaceae, Liliopsida</i>
LOKALNA VEGETACIJA		<i>Myriophyllum spicatum, Nymphaea, Drosera rotundifolia t., Cyperaceae, Typha latifolia t., Sparganium t., Equisetum, Lycopodiella inundata, Polypodiales, Pteridium, Anthoceros, Sphagnum</i>

Tablica 18. Prosječna zastupljenost različitih funkcionalnih jedinica vegetacije (Č - četinjače, R - riparijske šume, S - sekundarne šume, L - listopadne šume, K - kultivirane, ruderalne i korovne vrste, T - travnjaci, O - otvorena staništa, EI - ekološki indiferentne vrste, L - lokalna vegetacija) po peludnim zonama sedimenta.

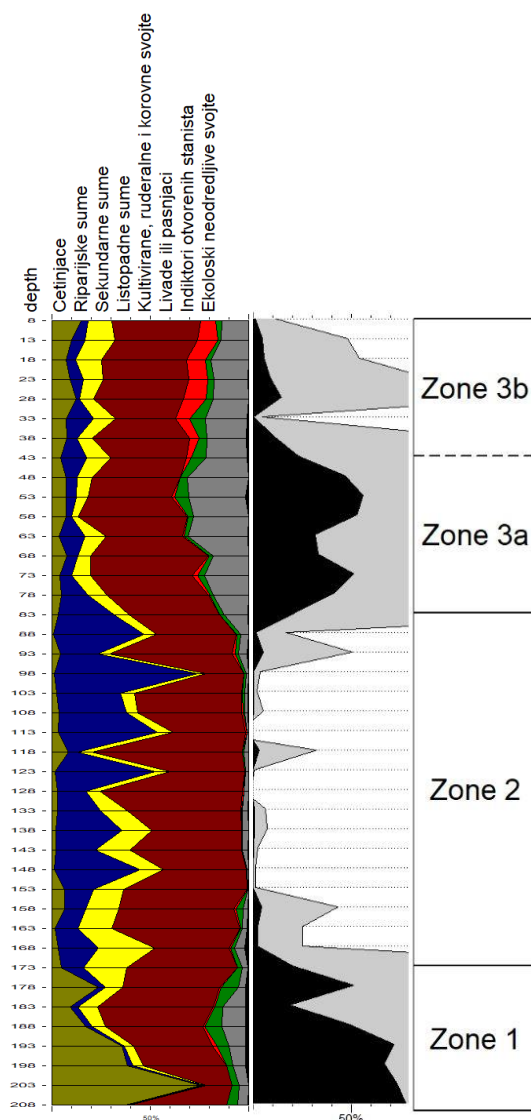
DUBINA	PZS	% Č	% R	% S	% L	% K	% T	% O	% EI	% L
5-45	3b	5	3,4	5,9	22,8	4,3	2,1	9,5	0,2	46,8
45-85	3a	2,8	5,1	3,9	25,2	0,4	1,5	11,5	0,1	49,5
85-175	2	1,7	15,8	6,2	27,1	0,2	0,5	1,2	0,1	47,2
175-210	1	15,1	1,3	2,8	20,7	0,3	2,9	3,4	0,6	53



Slika 34. Postotni udjeli funkcionalnih jedinica vegetacije i pougljenjenih čestica po poduzorku, uključujući i lokalnu vegetaciju

Tablica 19. Udjeli različitih vegetacijskih jedinica (Č - četinjače, R – riparijske šume, S – sekundarne šume, L – listopadne šume, K - kultivirane, ruderalne i korovne vrste, T - travnjaci, O - otvorena staništa, EI - ekološki indiferentne, L - lokalna vegetacija) temeljem grupiranja peludnih palinomorfa

DUBINA	PZS	% Č	% R	% S	% L	% K	% T	% O	% EI
5-45	3b	9,4	6,5	11,1	42,9	8,1	4	17,8	0,4
45-85	3a	5,5	10	7,7	49,9	0,9	2,9	22,9	0,2
85-175	2	3,2	29,9	11,7	51,3	0,5	0,9	2,2	0,3
175-210	1	32	2,7	5,9	44,1	0,7	6,1	7,1	1,3



Slika 35. Udjeli različitih vegetacijskih jedinica na regionalnoj razini sa udjelima pougljenjenih čestica

Četinjače su najzastupljenije u Zoni 1, riparijske, sekundarne i listopadne šume u Zoni 2, kultivirane, ruderalne i korovne vrste te travnjaci (livade i pašnjaci) u Zoni 3b, indikatori otvorenih staništa u Zoni 3a, a ekološki neodredljive (indiferentne) svojte u Zoni 1.

Gledano po peludnim zonama sedimenta, > 3/4 peludnih palinomorfa Zone 1 pripada listopadnim šumama i šumama četinjača, međutim unatoč velikoj zastupljenosti arborealnog peluda, ~14 % peluda odnosi se na indikatore otvorenih staništa, travnjake ili indikatore antropogenog utjecaja (kultivirane, ruderalne ili korovne svojte). Za ovu je zonu karakterističan najniži udio peluda riparijskih vrsta, tj. jošika (jer *Alnus* pridonosi sa 96.8% unutar ove vegetacijske jedinice) te sekundarnih šuma, tj. lijeske (jer *Corylus* pridonosi sa 89.7 % unutar ove kategorije) unutar čitave analizirane jezgre. U isto je vrijeme postotni udio pougljenjenih čestica u ovom najkraćem odsječku jezgre je najveći, kako po ukupnom udjelu (~65 %) tako i po broju pougljenjenih čestica po svakom poduzorku sedimenta ove peludne zone.

U Zoni 2 apsolutnu prevlast imaju palinomorfi koji pripadaju listopadnim vrstama drveća, a postotni udio riparijskih šuma je najveći (~30 %). Udio peluda koji bi upućivao na otvorenost staništa je izuzetno nizak - indikatori otvorenih staništa, travnjaka (livade ili pašnjaci) te indikatori antropogenog utjecaja (kultivirane, ruderalne ili korovne svojte) iznose skromnih 3.6 %. Udio četinjača je također najniži duž cijele jezgre upravo u ovoj zoni. U ovoj zoni udio pougljenjenih čestica je najniži duž čitave jezgre, i po ukupnoj količini unutar peludne zone i po broju čestica unutar samih poduzoraka sedimenta.

U Zoni 3a gotovo ~50% peludnih palinomorfa se odnosi na pelud listopadnog drveća, ali je udio vegetacijskih jedinica koje ukazuju na otvorenost staništa najveći - indikatori otvorenih staništa, travnjaci (livade ili pašnjaci) te indikatori antropogenog utjecaja (kultivirane, ruderalne ili korovne svojte) čine više od 1/4 prebrojanih palinomorfa (26.7 %). Također, udio pougljenjenih čestica je visok - trećina od ukupnog broja svih prebrojanih pougljenjenih čestica nalazi se u Zoni 3a, premda je njihov broj po poduzorku gotovo triput manji nego u Zoni 1. Zona 3b ponajviše se razlikuje od Zone 3a značajnim porastom udjela kultiviranih, ruderalnih i korovnih palinoloških vrsta unutra vegetacijskih jedinica koje ukazuju na otvorenost staništa. Antropogeni indikatori niti u jednoj ranije spomenutoj peludnoj zoni ne prelaze 1%, dok je u Zoni 3b njihov prosječan udio 8.1 %. Udio listopadnih vrsta je nešto manji nego u Zoni 3a, uz istovremeni porast sekundarnih šuma i udjela četinjača.

#### 4.9.4. Funkcionalne grupe peludnih palinomorfa – detaljnija podjela

Vegetacijske jedinice prethodnog poglavlja mogu se detaljizirati tako da se listopadne vrste dodatno razdijele u '*Quercetum mixtum*' ili '*Fagetum*' (Tablica 20)

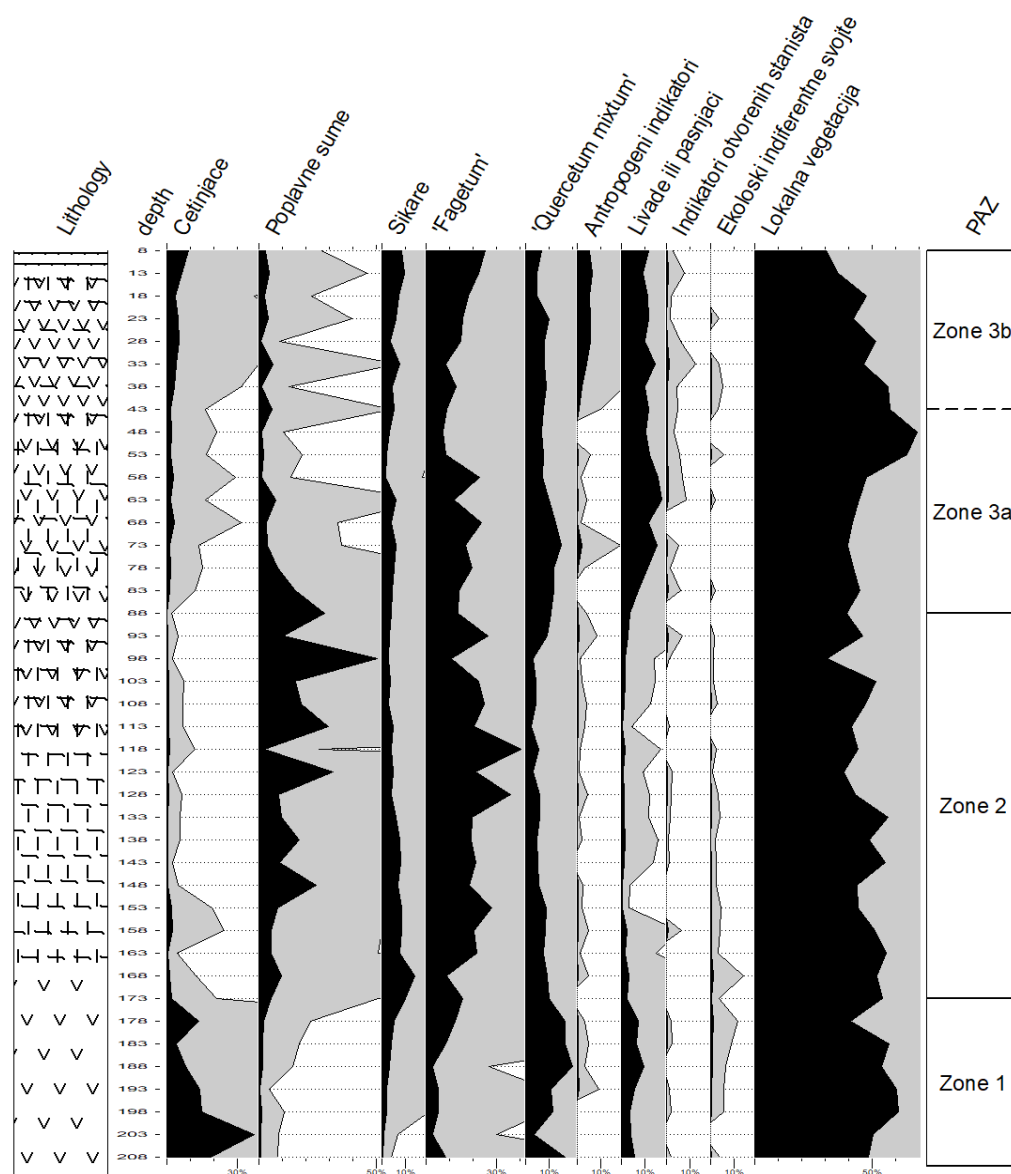
Tablica 20. Funkcionalne jedinice vegetacije s podijelom listopadnih šuma na '*Quercetum mixtum*' i '*Fagetum*'

VEGETACIJSKA JEDINICA	PALINOMORFI (PELUDNI TIPOVI I SPORE)
Četinjače	<i>Pinus, Picea</i>
Poplavne šume	<i>Alnus, Salix, Frangula alnus, Viburnum opulus t.</i>
Šikare	<i>Populus, Betula, Corylus</i>
' <i>Fagetum</i> '	<i>Abies, Carpinus, Fagus</i>
' <i>Quercetum mixtum</i> '	<i>Fraxinus, Tilia, Quercus, Ulmus, Acer, Castanea, Cornus mas t., Sorbus gr., Viburnum lantana</i>
Antropogeni indikatori	<i>Vitis, Juglans, Xanthium spinosum t., Artemisia, Chenopodiaceae, Cerealia, Plantago major-media t., Polygonum persicaria t., Fagopyrum, Sanguisorba minor t., Euphorbia, Solanum nigrum t., Circaea</i>
Travnjaci (livade ili pašnjaci)	<i>Plantago lanceolata t., Ranunculus acris t., Rumex acetosa t., Rubiaceae, Urtica, Matricaria t., Senecio t., Brassicaceae, Cichoriaceae, Sanguisorba officinalis, Succisa t., Centaurea jacea t., Carduus t./Cirsium</i>
Indikatori otvorenih staništa	<i>Valeriana officinalis t., Mentha t., Lythrum, Filipendula t., Ericaceae, Ephedra fragilis t. Poaceae</i>
Ekološki indiferentne svojte	<i>Geranium, Calystegia, Ranunculaceae, Caryophyllaceae, Apiaceae, Fabaceae, Rubiaceae, Campanulaceae, Liliopsida, Hedera helix, Viscum album</i>
Lokalna vegetacija	<i>Myriophyllum spicatum, Nymphaea, Drosera rotundifolia t., Cyperaceae, Typha latifolia t., Sparganium t., Equisetum, Lycopodiella inundata, Polypodiales, Pteridium, Anthoceros, Sphagnum</i>

Prosječni udjeli različitih vegetacijskih jedinica po peludnim zonama, nastalih kao rezultat grupiranja palinomorfa u funkcionalne jedinice biljnog pokrova, dan je u Tablici 21. Brojem palinomorfa ističe se lokalna vegetacija, a potom listopadne šume. Kako lokalni element čini ~50% prebrojanih palinomorfa, lokalna vegetacija se zanemaruje pri pokušaju interpretacije promjena u biljnom pokrovu na regionalnoj razini, a u svrhu preglednosti i razumijevanja istih. Prosječni udjeli pojedinih funkcionalnih jedinica vegetacije po peludnim zonama, bez lokalne vegetacije, dan je u Tablici 22, a grafički prikaz postotnih udjela svake funkcionalne jedinice vegetacije po poduzorku na Slici 36, odnosno na Slici 37 s pougljenjenim česticama.

Tablica 21. Prosječna zastupljenost različitih funkcionalnih jedinica vegetacije (Č - četinjače, P – poplavne šume, Š - šikare, 'Fag' – sastojine bukve, 'Quer' – sastojine hrasta, A - antropogeni indikatori, T - travnjaci, O – indikatori otvorenih staništa, EI - ekološki indiferentne svojte, L - lokalna vegetacija) po peludnim zonama sedimenta

DUBINA (cm)	PZS	% Č	% P	% Š	% 'Fag'	% 'Quer'	% A	% T	% O	% EI	% L
5-45	3b	4,7	3,1	6,2	15,8	7,3	4,3	11,1	0,5	0,2	46,8
45-85	3a	2	5	4	15,6	10,4	0,4	12,6	0,4	0,1	49,5
85-175	2	0,9	15,7	6,2	21,8	6,1	0,2	1,5	0,1	0,3	47,1
175-210	1	14,9	1,3	2,8	6,9	13,9	0,3	6,1	0,1	0,6	53

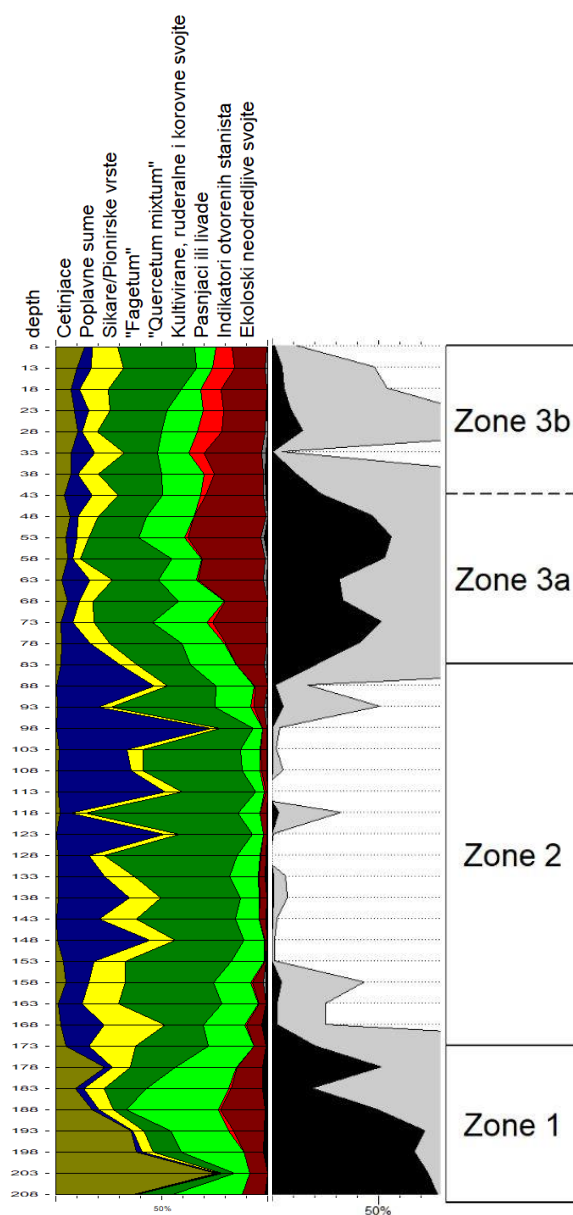


Slika 36. Postotni udjeli vegetacijskih jedinica po poduzorku, uključivo i lokalna vegetacija



Tablica 22. Prosječni udjeli pojedinih funkcionalnih jedinica (Č - četinjače, P - poplavne šume, Š - šikare, 'Fag' – sastojine bukve, 'Quer' – sastojine hrasta, A - antropogeni indikatori, T - travnjaci, O – indikatori otvorenih staništa, EI - ekološki indiferentne svojite), bez lokalne vegetacije

DUBINA (cm)	PZS	% Č	% P	% Š	% 'Fag'	% 'Quer'	% K	% T	% O	% EI
5-45	3b	8,7	5,8	11,7	29,7	13,7	8,1	20,9	0,9	0,4
45-85	3a	3,9	9,8	7,9	30,9	20,6	0,9	24,9	0,9	0,2
85-175	2	1,7	29,8	11,7	41,1	11,6	0,5	2,9	0,3	0,5
175-210	1	31,7	2,7	5,9	14,6	29,6	0,7	13	0,3	1,4



Slika 37. Udjeli različitih vegetacijskih jedinica na regionalnoj razini sa pridruženim udjelima pougljenjenih čestica

Četinjače (bez jele) su najzastupljenije u Zoni 1, poplavne šume u Zoni 2, šikare podjednako u Zoni 2 i Zoni 3b, antropogeni indikatori svoju najveću vrijednost postižu u Zoni 3b, travnjaci (livade i pašnjaci) u Zoni 3a, a indikatori otvorenih staništa s jednakim udjelima su zastupljeni kroz Zonu 3. Ekološki indiferentnih svojti ima najviše u Zoni 1, ali općenito je njih udio u svim zonama jako nizak. 'Fagetum' koji osim bukve - *Fagus*, obuhvaća i grab - *Carpinus* te jelu - *Abies*, najzastupljeniji je u Zoni 2, a 'Quercetum mixtum' koji osim hrasta - *Quercus*, obuhvaća i jasen - *Fraxinus*, lipu - *Tilia*, brijest - *Ulmus*, javor - *Acer*, pitomi kesten - *Castanea*, drijenak - *Cornus mas* t., oskorušu - *Sorbus* gr. i udikovinu - *Viburnum lantana* u Zoni 1, koja je uostalom i jedina peludna zona u kojoj ova vegetacijska jedinica nadvladava udjelom 'Fagetum'.

Gledajući udjele pojedinih vegetacijskih jedinica po peludnoj zoni sedimenta, razlika u odnosu na prethodno poglavlje i nema, jer su sve kategorije u oba primjera iste, samo što je kategorija „listopadno drveće“ (iz prethodnog poglavlja) razdijeljena u vegetacijske jedinice: 'Quercetum mixtum', skupinu vrsta prilagođenih na nižu količinu padalina (premda brojne vrste ove skupine podnose plavljenja i grade azonalnu vegetaciju) te 'Fagetum', vrste koje rastu i konkurentne su u uvjetima hladnije klime i veće količine padalina (premda uspješno rastu jedino izvan dohvata poplavnih voda). Jedino odstupanje odnosi se na uklanjanje jele – *Abies* iz kategorije „četinjače“ i svrstavanje iste u 'Fagetum', međutim kako udio jele čini 13.6% peluda četinjača, ova vrijednost, premda nije zanemariva, je bez utjecaja na poredak važnosti udjela pojedinih vegetacijskih jedinica u odnosu na peludne zone iz prethodnog poglavlja pa iste u opisu ne ćemo ponavljati.

#### 4.9.5. Dinamika vegetacijskih promjena temeljena na regionalnim palinološkim vrstama

U svrhu preglednosti prethodno izloženih rezultata, sažeti prikaz udjela životnih oblika, funkcionalnih jedinica vegetacije te pougljenjenih čestica stavljeni su u međuodnos i prikazani Tablicom 23, odnosno Tablicom 24.

Tablica 23. Sažeti prikaz udjela životnih oblika i funkcionalnih jedinica vegetacije temeljenih na regionalnim peludnim tipova. Ovaj prikaz tako daje pregled promjena u biljnom pokrovu ekstralokalne i regionalne vegetacije. U tablici je dan i prikaz udjela pougljenjenih čestica kao indikatora požara.

DUBINA	STAROST (BP)	STAROST (AD/BC)	PELUDNA ZONA	ŽIVOTNI OBLICI	VEGETACIJSKE JEDINICE	POUGLJENJENE ČESTICE
5-10	62	1888. AD	POACEAE - CARPINUS - (QUERCUS - FAGUS)	AP ~71%. Drveće > zeljaste biljke > grmlje. Zeljasti antropogeni indikatori zastupljeni sa 8%.	Apsolutna dominacija listopadnih šuma (~61%). Relativna dominacija 'Fagetum'-a (~30%), a udjeli 'Quercetum mixtum' i šikara (s dominacijom lijeske - <i>Corylus</i> ) približni (14% naspram 12%). Četinjače zastupljene s 9%. Travnjaci/otvorena staništa čine ~22%, a antropogeni indikatori čak 8%.	Pougljenjene čestice umjereno brojne. Indikatori regionalnog požara zastupljeni s udjelom do ~40% (u prosjeku 13%), a indikatori lokalnog požara do ~14% (u prosjeku 6%)
10-15	141	1809. AD				
15-20	219	1731. AD				
20-25	298	1652. AD				
25-30	377	1573. AD				
30-35	456	1494. AD				
35-40	535	1415. AD				
40-45	614	1336. AD	POACEAE - FAGUS - (QUERCUS)	AP ~73%. Drveće > zeljaste biljke > grmlje. Zeljasti antropogeni indikatori, zastupljeni sa 0.6%.	Apsolutna dominacija listopadnih šuma (~68%). Relativna dominacija 'Fagetum'-a (~31%), a slijedi 'Quercetum mixtum' ~21% pa riparijske šume (~10%). Travnjaci/otvorena staništa >25%.	Pougljenjene čestice brojne. Indikatori regionalnog požara zastupljeni s udjelom do ~74% (u prosjeku 51%), a indikatori lokalnog požara do ~71% (u prosjeku 34%)
45-50	692	1258. AD				
50-55	771	1179. AD				
55-60	850	1100. AD				
60-65	967	983. AD				
65-70	1083	867. AD				
70-75	1200	750. AD				
75-80	1317	633. AD	FAGUS - ALNUS	AP ~96%. Drveće > grmlja > zeljaste biljke. Zeljasti antropogeni indikatori zastupljeni sa 0.4%	Apsolutna dominacija listopadnih šuma (~93%). Relativna dominacija 'Fagetum'-a (~41%), ali gotovo ~30% riparijskih šuma (s apsolutnom dominacijom johe - <i>Alnus</i> ). Šikara zastupljena s gotovo 12% (apsolutnom dominacijom lijeske - <i>Corylus</i> ). Travnjaci/otvorena staništa čine svega ~3% peludnih palinomorfa.	Pougljenjene čestice izrazito malobrojne. Iako indikatori regionalnog požara dosežu udio i do 32%, nerjetki su poduzorci s manje od 1% pa čak i bez pougljenjenih čestica. Indikatori lokalnog požara dosežu udio do 7%, ali pougljenjene čestice također nisu prisutne u svim poduzorcima. Prosječna zastupljenost indikatora regionalnog požara iznosi 4%, a lokalnog 1%.
80-85	1433	517. AD				
85-90	1550	400. AD				
90-95	1666	284. AD				
95-100	1783	167. AD				
100-105	1900	50. AD				
105-110	2016	66. BC				
110-115	2133	183. BC				
115-120	2250	300. BC				
120-125	2366	416. BC				
125-130	2483	533. BC				
130-135	2600	650. BC				
135-140	2716	766. BC				
140-145	2833	883. BC				
145-150	2950	1000. BC				
175-180	3649	1699. BC				
180-185	3766	1816. BC				
185-190	3883	1933. BC				
190-195	3999	2049. BC				
195-200	4116	2166. BC				
200-205	4233	2283. BC				
205-210	4349	2399. BC				

Tablica 24. Sažeti prikaz međusobnih odnosa različitih vegetacijskih jedinica uz opis čimbenika koji ukazuju na utjecaj vatre, odnosno antropogeni pritisak i njime povezane udjele antropogenih indikatora i broja peludnih tipova (apsolutno peludno bogatstvo). Simbol < upućuje na poredbenu razliku manju od 25 %, simbol << na razliku u udjelu koja iznosi od 25-50 %, simbol <<< na razliku od 50-75 % te <<<< upućuje na razliku u udjelu od 75-100 %.

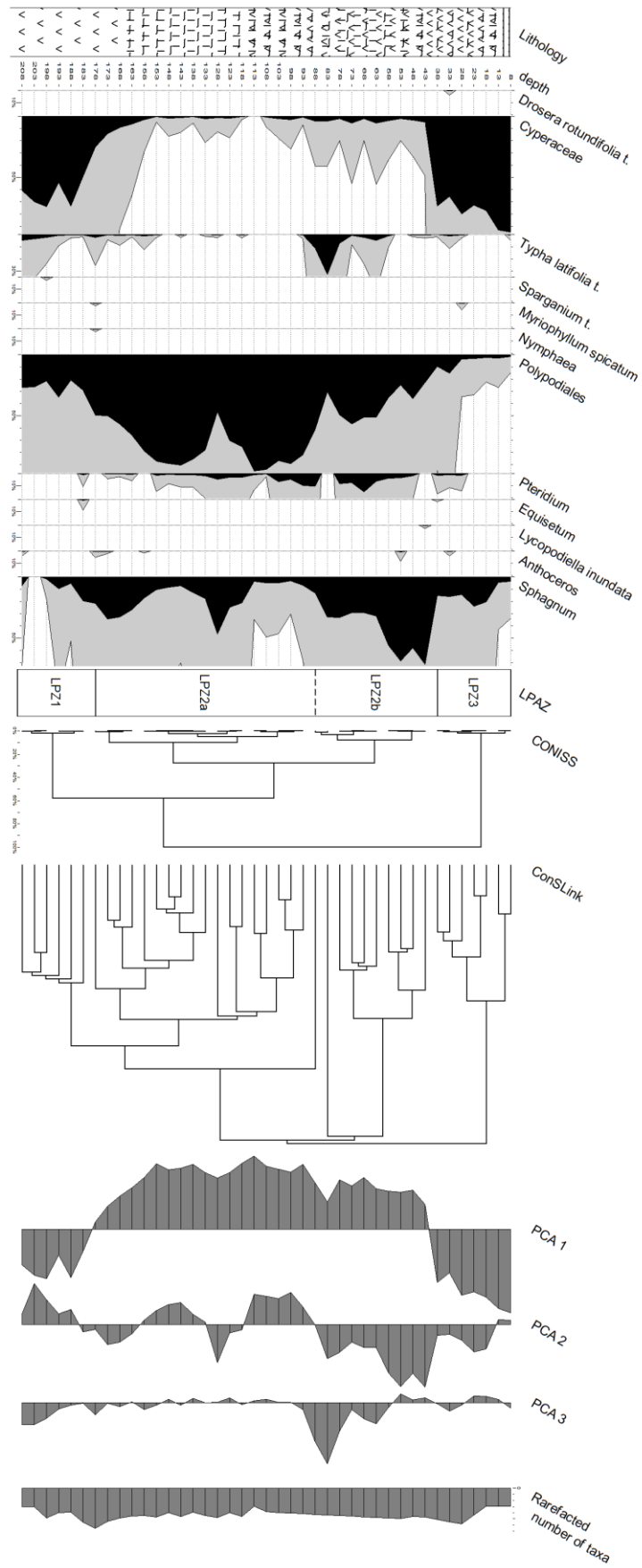
DUBINA	STAROST (BP)	STAROST (AD/BC)	PELUDNA ZONA	ČETINJAČE :LISTOPADNE ŠUME	POPLAVNE : OSTALE ŠUME	QUERCETUM :FAGETUM	STANIŠTA	POŽARI	ANTROPOGENI INDIKATORI	APSOLUTNO PELUDNO BOGATSTVO
5-10	62	1888. AD	POACEAE - CARPINUS - (QUERCUS-FAGUS)	<<<<	<<<<<	<<	mozaik šuma i nešumskih staništa	umjereno česti, diskontinuirani	8% primarni i sekundarni	52
10-15	141	1809. AD								
15-20	219	1731. AD								
20-25	298	1652. AD								
25-30	377	1573. AD								
30-35	456	1494. AD								
35-40	535	1415. AD								
40-45	614	1336. AD	POACEAE - FAGUS - (QUERCUS)	<<<<	<<<<<	<<	mozaik šuma i nešumskih staništa i/ili djelomično otvoren šumski sklop	česti i kontinuirani	<1% sekundarni	34
45-50	692	1258. AD								
50-55	771	1179. AD								
55-60	850	1100. AD								
60-65	967	983. AD								
65-70	1083	867. AD								
70-75	1200	750. AD								
75-80	1317	633. AD	FAGUS - ALNUS	<<<<	<<	<	potpuna prevlast šumskih sastojina i/ili zatvoren šumski sklop	rijetki, nekontinuirani	<1% sekundarni	45
80-85	1433	517. AD								
85-90	1550	400. AD								
90-95	1666	284. AD								
95-100	1783	167. AD								
100-105	1900	50. AD								
105-110	2016	66. BC								
110-115	2133	183. BC								
115-120	2250	300. BC								
120-125	2366	416. BC								
125-130	2483	533. BC								
130-135	2600	650. BC								
135-140	2716	766. BC								
140-145	2833	883. BC								
145-150	2950	1000. BC	PINUS - FAGUS - (ULMUS)	<<	<<<<<	>>>	mozaik šuma i nešumskih staništa i/ili djelomično otvoren šumski sklop	česti i kontinuirani	<1% sekundarni	41
150-155	3066	1116. BC								
155-160	3183	1233. BC								
160-165	3299	1349. BC								
165-170	3416	1466. BC								
170-175	3533	1583. BC								
175-180	3649	1699. BC								
180-185	3766	1816. BC								
185-190	3883	1933. BC								
190-195	3999	2049. BC								
195-200	4116	2166. BC								
200-205	4233	2283. BC								
205-210	4349	2399. BC								

#### 4.9.6. Dinamika pomjena stanišnih uvjeta temeljena na lokalnim palinološkim vrstama i ekološki indikativnim nepeludnim palinomorfima

U razmatranju o lokalnim promjenama okoliša i biogeomorfologiji nekog područja u određenom vremenu sagledavaju se dvije bitne komponente - lokalna vegetacija i nepeludni

palinomorfi, ali u promatranju tih promjena bitno je u obzir uzeti i procese opožarivanja jer je vatra čimbenik koji određene promjene usmjerava/omogućuje te umjereno ili iznimno utječe na terestričke, a nešto manje na akvatičke sustave. Peludni palinomorfi su korisni u mjeri u kojoj ih je moguće precizno odrediti i dovesti u vezu sa određenim ekološkim značenjem (ekološkom nišom), a nepeludni palinomorfi kada kao 'taksonomski' određeni imaju značenje ekološkog indikatora, iako postoji i takvi nepeludni palinomorfi kojima je taksonomski status nepoznat, ali zbog utvrđenog ekološkog značenja korisni su u interpretaciji paleookolišnih promjena. Iako je broj nepeludnih palinomorfa uočenih u sedimentu Blatuše velik, najveći broj njih odnosi se na novootkrivene strukture te je njihova interpretativna vrijednost manja no što bi se na temelju broja tipova palinomorfa i ukupnog broja prebrojanih struktura moglo zaključiti. Stoga se u rekonstrukciji paleookolišnih promjena na cretu Blatuše moramo osloniti na lokalnu vegetaciju i one nepeludne palinomorfe kojima je utvrđena ekološka indikativna vrijednost.

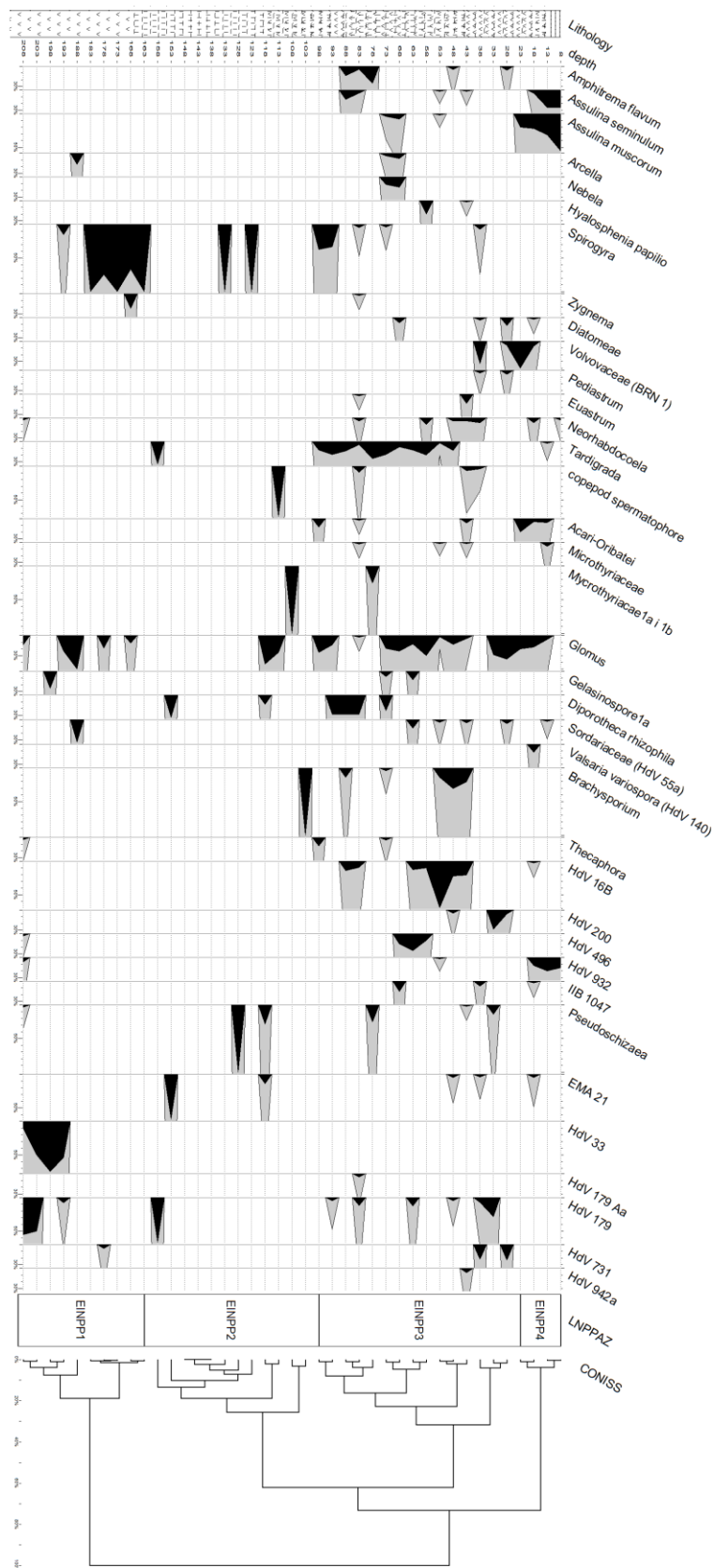
Peludni palinomorfi lokalne vegetacije, čiji zastupljenost u sedimentu je prikazana na Slici 38. upućuju na postojanje 3 statistički značajne zone akumulacije. Pomoću CONISS, ConSLink i PCA analize u sedimentu tako možemo razlikovati zonu LPZ1, LPZ2, LPZ3 pri čemu je zona LPZ2 podijeljena na dvije podzone LPZ2a i LPZ2b. Ekološki indikativni nepeludni palinomorfi, čija zastupljenost u sedimentu je prikazana na Slici 39, također su statistički analizirani, a CONISS analiza daje četiri zone akumulacije EINPP1, EINPP2, EINPP3 i EINPP4. Opis lokalne vegetacije u sedimentu Blatuše i ekološki indikativnih nepeludnih palinomorfa dan je u Tablici 25, odnosno Tablici 26.



Slika 38. Postotna zastupljenost peludnih palinomorfa i zone akumulacije istih

Tablica 25. Peludne zone lokalne vegetacije

LOKALNA VEGETACIJA		OPIS ZONA LOKALNE VEGETACIJE
8cm	~1888AD	Dominacija šaševa - Cyperaceae (do ~49%, prosječno 38.5%). Mahovine roda <i>Sphagnum</i> zastupljene su udjelom do ~17% (prosječno 10.9%), a papratnjače - Polypodiales s <5%. Peludno zrnce <i>Drosera rotundifolia</i> t. ukazuje na prisustvo tipičnih biljnih vrsta svojstvenih cretnoj vegetaciji.
LPZ 3 <b>CYPERACEAE</b>		
38cm	~1415AD	Relativna dominacija mahovina - <i>Sphagnum</i> do ~57% (prosječno 29.7%) i papratnjača - Polypodiales do ~45% (prosječno 28.1%). Prosječne udjele po poduzorku sedimenta, između 3% i 5% imaju i sljedeće svojte: <i>Pteridium</i> > <i>Typha latifolia</i> t. > Cyperaceae
43cm	~1336AD	
LPZ 2b <b>SPHAGNUM-POLYPODIALES</b>		
88cm	~400AD	Relativna dominacija papratnjača - Polypodiales do ~53% (prosječno 40%). Mahovine roda <i>Sphagnum</i> dosežu udi do ~29% (prosječno 12.9%). Prosječni udjeli spora bujadi - <i>Pteridium</i> i šaševa - Cyperaceae po poduzorku su niski, ovih prethodnih 1.9%, potonjih 3.5%. Pojava peluda lopoča - <i>Nymphaea</i> i krocnja - <i>Myriophyllum spicatum</i> t. u donjim dijelovima sedimenta ukazuje na postojanje vodenog tijela.
93cm	~284AD	
LPZ 2a <b>POLYPODIALES-SPHAGNUM</b>		
178cm	~1699BC	Relativna dominacija šaševa - Cyperaceae do 54% (prosječno 44%). Udjel spora papratnjača - Polypodiales do ~35% (prosječno 24.8%), mahovina roda <i>Sphagnum</i> do ~28% (prosječno 8.1%) te <i>Typha latifolia</i> t. do ~4% (prosječno 2.3%).
183cm	~1816BC	
LPZ 1 <b>CYPERACEAE-POLYPODIALES</b>		
203cm	~2399BC	



Slika 39. Postotna zastupljenost ekološki indikativnih nepeludnih palinomorfa i zone akumulacije istih

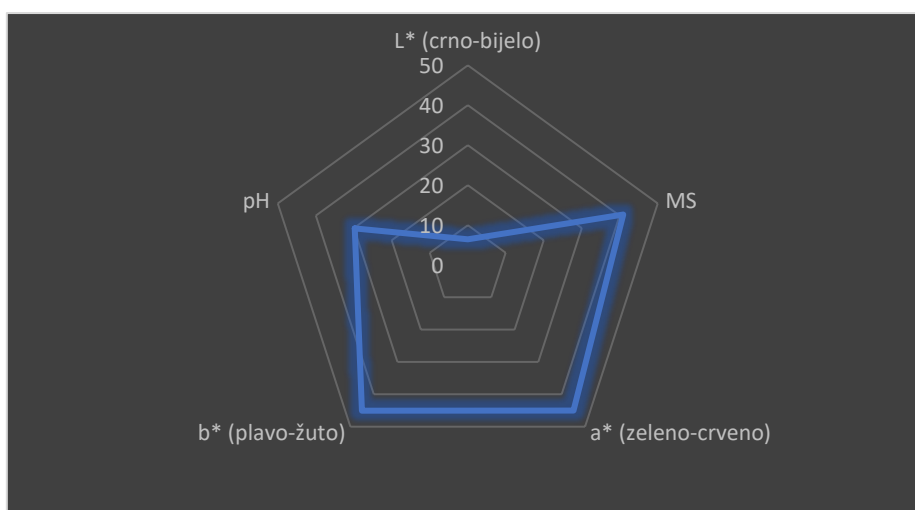


Tablica 26 . Zone akumulacije ekološki indikativnih nepeludnih palinomorfa

ZONE EKOLOŠKI INDIKATIVNIH NEPELUDNIH PALINOMORFA		OPIS ZONA
8cm	~1888AD EINPP 4 <b>ASSULINA</b>	Dominacija ameba roda <i>Assulina</i> : <i>Assulina muscorum</i> do ~6.5% (prosječno 2.9%) i <i>Assulina seminulum</i> do 3% (prosječno 1.5%). Spore gljiva HdV-932 i rod <i>Glomus</i> u prosjeku zastupljene s 1.2, odnosno 0.6%
23cm	~1652AD	
28cm	~1573AD EINPP 3 <b>HdV-16B</b>	Dominacija spora gljiva HdV-16B ( <i>Byssothecium circinans</i> ) koje postižu udjel do ~15% (prosječno 1.2%). Relativno su brojne i spore gljiva roda <i>Brachysporium</i> (do 3.5%, prosječno 0.7%) i <i>Diporothea rhizophila</i> (ispravnije <i>Diporothea webbie</i> , do ~4%, prosječno 0.6%) te gljive roda <i>Glomus</i> (do ~2%, prosječno 0.7).
98cm	~167AD	
103cm	~50AD EINPP 2 <b>GLOMUS - SPIROGYRA</b>	Zona s niskim udjelom ekološki indkativnih palinomorfa. Najbrojnije su gljive roda <i>Glomus</i> (do ~0.6%, prosječno 0.06%) te spore alge roda <i>Spirogyra</i> (do 0.4%, prosječno 0.06%). S prosječnim udjelom od 0.05% ističu se još i akritarhi: <i>Pseudoschizaea</i> , HdV-179 i EMA-21.
163cm	~1349BC	
168cm	~1466BC EINPP 1 <b>HdV-179 - SPIROGYRA</b>	Zona s dominacijom akritarha HdV-179 (do ~5.8%, prosječno 0.7%). Značajni su i udjeli spora alge roda <i>Spirogyra</i> (do ~2.1%, prosječno 0.6%) te akritarha HdV-33 (do ~2%, prosječno 0.6%). Glljiva roda <i>Glomus</i> zastupljena je s prosječnom vrijednošću od 0.5%.
208cm	~2399BC	

#### 4.10. STATISTIČKA ANALIZA MEĐUODNOSA ABIOTIČKIH ČIMBENIKA, PALINOMORFA I POUGLJENJENIH ČESTICA

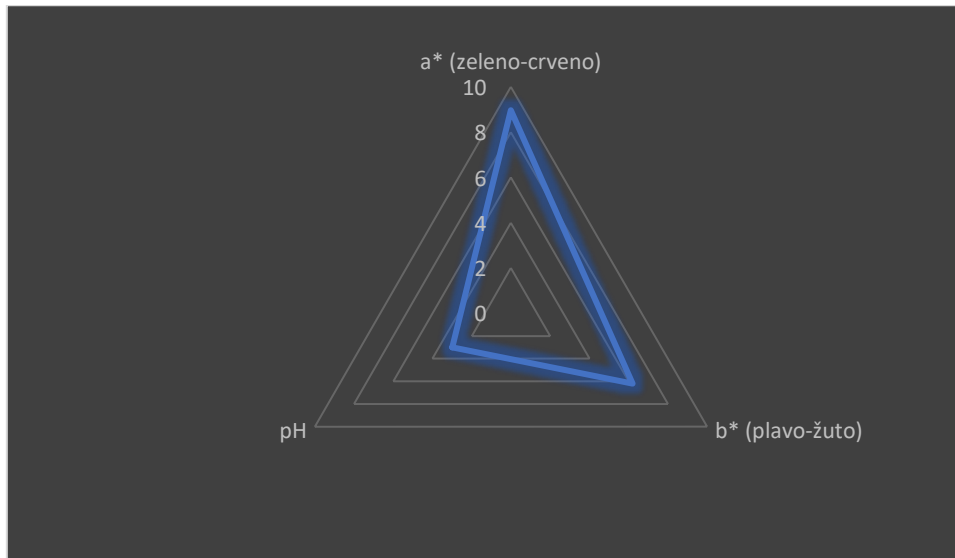
Sastav i struktura vegetacije utjecana je abiotičkim i biotičkim čimbenicima. Premda je raspon abiotičkih čimbenika širok, u ovom istraživanju fokus je stavljen na svojstva tla, preciznije na već spomenutu boju sedimenta, magnetski susceptibilitet, pH te ukupni ugljik i ukupni dušik u sedimentu. Rezultat statističke analize prikazan je na Slici 40.



Slika 40. Utjecaj abiotičkih čimbenika na lokalnu vegetaciju

Visoka pozitivna vrijednost regresijskog koeficijena za boju b\* te negativna vrijednost za varijaciju boje a\* i magnetski susceptibilitet, kao uostalom znatno niže vrijednosti regresijskog koeficijenta za pH supstrata i varijaciju svjetline sediment L\* nisu, međutim, potkrijepljene statističkom značajnošću (Prilog 6). Niti za jednu od spomenutih abiotičkih kategorija se ne može, dakle, s 95 % vjerojatnošću tvrditi da nije rezultat slučajnosti.

Slična je situacija s utjecajem navedenih parametara na ekološki indikativne nepeludne palinomorfe. Ovdje je utvrđen najveći regresijski koeficijent za vrijednost boje a\* (Slika 41), međutim niti taj, kao niti preostala dva parametra, nakon provedene analize ne pokazuju statističku značajnost (Prilog 7).

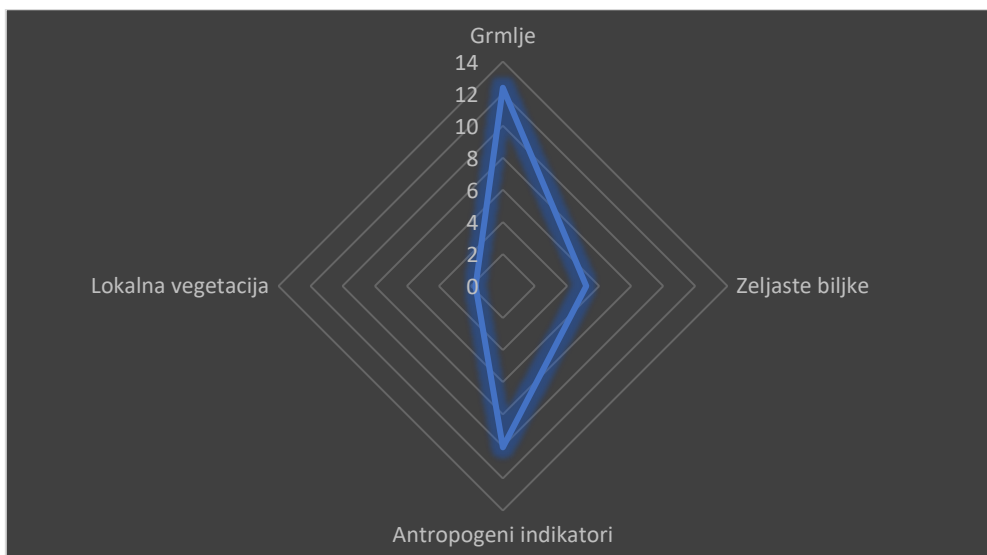


Slika 41. Utjecaj abiotičkih čimbenika na ekološki indikativne nepeludne palinomorfe

Statistička značajnost ustanovljena je jedino između pougljenjenih čestica i boje L\* (Prilog 8) što, očekivano, znači da one svojom brojnošću utječu na svjetlinu/tamnoću sedimenta.

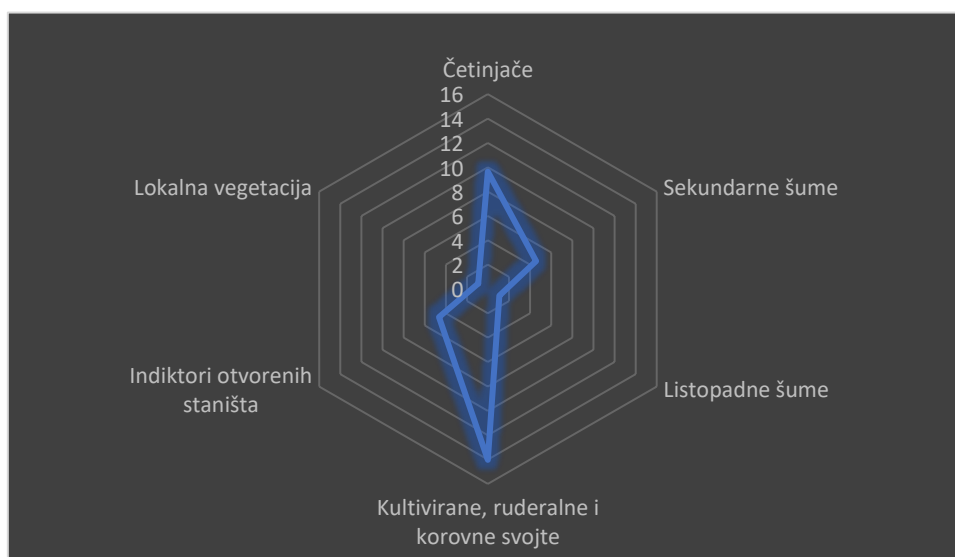
Udio organske tvari, tj. ukupnog organskog ugljika (%TOC) te udio ukupnog dušika (%N) drugi je potencijalni pokazatelj prilika na staništu, odnosno je li neko tresetište kontinuirano ili diskontinuirano bilo nastavano cretnom vegetacijom. Iz tog je razloga ispitan odnos ukupnog (organskog) ugljika i dušika na lokalnu vegetaciju. Provedenom analizom utvrđeno je da je učinak dušika zasjenjen udjelom ukupnog organskog dušika kao i da postoji statistički značajna korelacija između lokalne vegetacije i ukupnog organskog ugljika (Prilog 9). To je naravno posve očekivano jer tresetni materijal nastaje od biljnih dijelova svojiti koje nastavaju cret, a uvjeti anoksije i nižeg pH usporavaju proces mineralizacije. Statistički značajna korelacija utvrđena je i između ukupnog organskog ugljika i ekološki indikativnih nepeludnih palinomorfa (Prilog 10).

Također je sagledavan učinak požara na vegetaciju (Slika 42). Premda je regresijski koeficijent visok za grmlje i antropogene indikatore (Slika 43) nije ustanovljena statistička značajnost (Prilog 11) između pougljenjenih čestica i bilo kojeg predstavljenog životnog oblika.



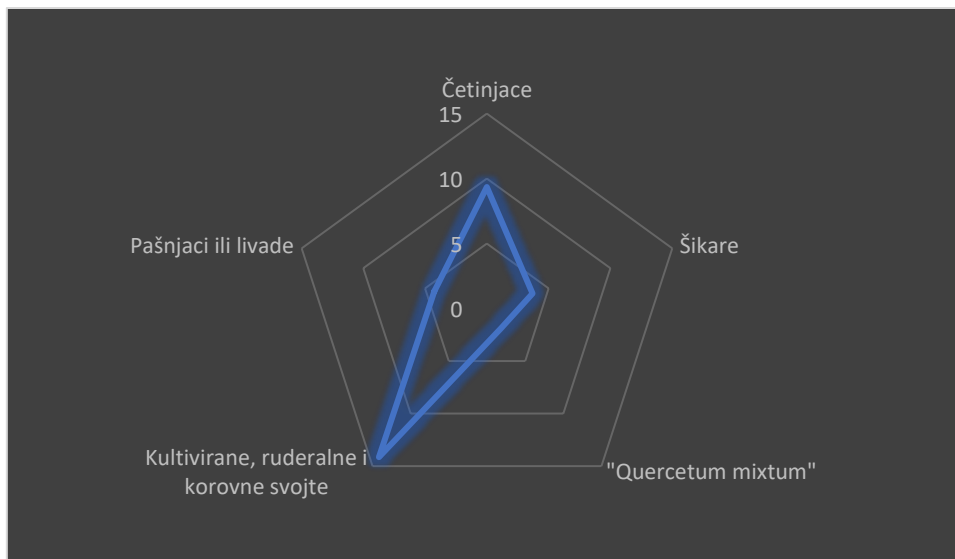
Slika 42. Vizualizacija regresijskih koeficijenata u analizi međuodnosa pougljenjenih čestica (utjecaja vatre) i životnih oblika palinoloških vrsta

Situacija je ipak nešto drugačija kada se uđe u precizniju rasčlambu biljnog pokrova na funkcionalne jedinice vegetacije (Slika 43, Prilog 12). Tada je posebno naglašen negativan regresijski koeficijent za kultivirane, ruderalne i korovne svojte te pozitivan za četinjače. Ipak, statistička značajnost između pougljenjenih čestica i funkcionalnih jedinica vegetacije utvrđena je samo u slučaju četinjača. Time visoki udjeli indikatora požara i četinjača izlaze iz 'zone nesigurnosti', odnosno sa 95% sigurnošću se ta povezanost može smatrati neslučajnom.



Slika 43. Vizualizacija regresijskih koeficijenata u analizi odnosa pougljenjenih čestica (utjecaja vatre) na funkcionalne jedinice vegetacije

Od interesa je bilo utvrditi utjecaj regionalnog požara na '*Fagetum*' i '*Quercetum mixtum*' (Slika 44), odnosno jesu li požari favorizirali neki od oblika listopadne vegetacije. Međutim, tijekom same analize statistički model odbacio je '*Fagetum*', '*Quercetum mixtum*' ima izuzetno malu vrijednost regresijskog koeficijenta, a kultivirane, ruderalne i korovne svojte, premda vizualizirane visokim pozitivnim regresijskim koeficijentom, nisu dobile potvrdu statističke značajnosti (Prilog 13). I ovom analizom, unatoč niskom regresijskom koeficijentu, statističku značajnost zadobile su jedino šume četinjača.



Slika 44. Vizualizacija regresijskih koeficijenata u analizi međuodnosa pougljenjenih čestica (utjecaja vatre) i funkcionalnih jedinica vegetacije

## 5. RASPRAVA

### 5.1. PALEOOKOLIŠNA REKONSTRUKCIJA TEMELJENA NA MEĐUODNOSU ABIOTSKIH ČIMBENIKA, NEPELUDNIH PLINOMORFA I LOKALNIH PALINOLOŠKIH VRSTA

U postupku paleookolišne rekonstrukcije creta na Blatuši analiziran je sastav i boja sedimenta (prema Munsellu te spektralna analiza boja), magnetski susceptibilitet, pH, te kvalitativni i kvantitativni sastav peludnih i nepeludnih palinomorfa, kao i brojnost pougljenjenih čestica akumuliranih u sedimentu. Sve su te analize poduzete kako bi se procesi koji su utjecali na promjenu biogeomorfologije istraživanog područja mogli što potpunije razumjeti, a u svrhu odgonetavanja geneze samog cretnog bazena i mijena koje su se na području istraživanja odvijala kroz vrijeme. Iako svaka od provedenih pojedinačnih analiza sama po sebi pridonosi tek mali udjelom u razumijevanju složene interakcije klime, geološke podloge, flore i vegetacije koja nastava supstrat (matičnu podlogu ili procesom pedogeneze nastalo tlo) kao i antropogenog pritiska kojemu je određeno područje potencijalno izloženo, rezultati analiza uzeti zajedno u promišljanje postižu učinak sinergije i omogućuju da se većina procesa osvijetli i razumije, premda zaključake u interpretaciji paleookoliša uvijek valjati uzeti uz stanovitu ogradu. Jedno od pitanja koja se nameće u ovom istraživanju tiče se starosti samog creta kao i njegove geneze, naime je li blatuški bazen od samog svog postanka uistinu cret ili se na istraživanom području izmjenjuju različiti tipovi staništa, a cretna vegetacija se pojavljuje samo povremeno *tijekom vremena* ili traje privremeno *u vremenu*? Naime, dva su temeljna mehanizma nastanka cretova: na suhoj mineralnoj podlozi razvija se cretna vegetacija procesom paludifikacije ili se pak neko vodno tijelo (npr. jezero) u procesu terestrijalizacije pretvara u cretno stanište (Rydin i Jeglum 2006, Jakab i sur. 2009, Onweremadu i sur. 2014). No prije nego što se vratimo raščlambi ove problematike, osvrnimo se na starost creta. Gigov i Nikolić (1960) su, bušeći sedmente na Blatuši, zaključili da debljina tresetnog sloja na nekim dijelovima creta, točnije južnim, iznosi do 4.8 m i time uslovno potvrdili raniju pretpostavku da je cret na Blatuši vjerojatno najstariji na području Hrvatske te da mu starost valja vremenski povezati s početkom razdoblja odledbe, što je pretpostavio još Pevalek (1925). Tom prilikom propušteno je datirati starost slojeva samog sedimenta jezgre jer metoda datiranja radioaktivnim ugljikom  $^{14}\text{C}$  tek ulazi u upotrebu. Kako je analizirana jezgra u ovoj disertaciji duljine 210 cm, jasno je da datiranje starosti organskih uzoraka bilo kojeg njenog odsječka ne može dati odgovor na pitanje kada se tresetna vegetacija prvi put pojavljuje na istraživanom području, ali ipak datiranje starosti ove kraće jezgre omogućava intrpretaciju blatuškog bazena, uključivo i pitanje

geneza samog cretnog staništa, u savim novom svjetlu. Naime, provedeno datiranje starosti organskih uzoraka metodom radioaktivnog ugljika  $^{14}\text{C}$  akcelatorskom masenom spektrometrijom, dobivene su starosni odsječci za poduzorak dubine 55-60 cm (uglavljeno na 58 cm) i 95-100 cm (uglavljeno na 98 cm) od 850 godina BP za prethodni (ugljen), odnosno 1783 godina BP za potonji (sjemenke šaša) uzorak. Dakle, rezultati datiranja starosti uzoraka pokazuju da sediment s dubine od 58 cm potječe iz ~1100. g. pos. Kr., a onaj s dubine od 98 cm iz ~167 g. pos. Kr. Provedenom lineranom aproksimacijom pomoću CLAM programa dominantno tresetni sediment može se datirati sve do poduzorka dubine 155-160 cm, odnosno 3183 godina BP ili do ~1188 g. pr. Kr. U tom poduzorku, međutim, unatoč prevlasti organskog tresetnog materijala pojavljuje se po prvi put glina, i to s udjelom od 1/4. U poduzorku dubine 160-165 cm glina je već apsolutno dominantan sediment jezgre s udjelom od 3/4 ili više. Dakle, na prijelazu iz 12. u 13. st. pr. Kr. zbila se znatna promjena u sastavu sedimenta istraživanog područja te je glina s prvim centimetrom poduzorka dubine 160-165 cm postala relativno, a moguće i apsolutno prevladavajuća komponenta sedimenta analizirane jezgre i tako ostaje sve do 210 cm dubine, kolika je maksimalna dubina same analizirane jezgre. Temeljem aproksimirane starosti, glina kao prevladavajuća komponenta sedimenta karakterizira posljednjih 50 cm jezgre čija je starost lineranom aproksimacijom procjenjena na 4396 godina BP (210 cm dubine) i 3229 godina BP (160 cm dubine), dakle u razdoblje od ~2446. g. pr. Kr. do ~1279. g. pr. Kr. Na žalost, rezultati datiranja starosti organskog uzorka s dubine od 155-160 cm, dakle prvog poduzorka u čijem se sastavu pojavljuje glina, nisu do trenutka završavanja pisanja ove disertacije bile poznate autoru pa je procjenu starosti svih poduzoraka dubljih od 100 cm potrebno uzeti uz stanoviti oprez, iako je proces grafitizacije organske tvari s navedene dubine dovršen i rezultati akcelatorske masene spektrometrije će uskoro biti poznati. Uz uvjet da će analizirani organski uzorak imati uski 'raspon' starosti, njegova kvaliteta omogućit će pouzdaniju interpretaciju dubinskog dijela jezgre u kojem je glina glavna komponenta sedimenta, a u odnosu na proveden postupak aproksimacije.

U početnom dijelu ove rasprave spomenuto je da tresetišta nastaju paludifikacijom ili terestrijalizacijom, dakle cret se razvija na suhoj mineralnoj podlozi u prethodnom, odnosno 'kolapsom' otvorenog vodnog tijelu u potonjem slučaju. Glina kao sediment može biti i osnova suhe mineralne podloge, ali također može biti rezultat akumulacije sedimenta u stabilnom vodnom tijelu ili rezultat plavljenja terena. Postavlja se pitanje može li se temeljem provedenih analiza utvrditi koji je dominantan mehanizam nastanka creta na području Blatuše? Iako je paludifikacija glavni mehanizam stvaranja treseta na svjetskoj razini (Heinselman 1970,

Frenzel 1983, Gore 1983, Johnson 1985, Glaser 1987), opći razvojni modeli tresetišta u području umjerene klime pokazuju da visoke ljetne temperature ograničavaju nakupljanje treseta iznad razine podzemnih voda (Damman 1979) te stoga terestrijalizacija, kao mehanizam nastanka tresetišta, zadobiva prednost pred paludifikacijom u području umjerene klime. Nastanak tresetišta autogenom sukcesijom iz jezera i/ili sukcesija iz minerogenih (podzemnom vodom 'hranjenih') cretova u ombrogene ('hranjene' isključivo kišnicom) uobičajen je obrazac razvoja tresetišta koji je dokumentiran stratigrafskim analizama od strane brojnih autora, uzgred spomenimo Kuhry i sur. (1993), Magyari i sur. (2001), Michaelis (2002). Uostalom, brojna istraživanja na cretnim staništima srednje ili jugoistočne Europe su upravo cretovi nastali terestrijalizacijom: u Mađarskoj koja ne obiluje cretnim staništima primjerice Sirok Nyirjes To (Gardner 2002) i Báb-tava (Magyari 2008), u Sloveniji Ljubljansko barje (Andrič 2007), premda kod potonjeg ostaje otvoreno pitanje je li ono u prošlosti bilo jezero ili poplavna ravnica/udolina (Andrič 2009), da spomenimo samo države s kojom Hrvatska graniči. Naravno, primjeri geneze cretova iz okruženja ne reflektiraju mehanizam nastanka creta u Blatuši, ali daje sliku prevladavajućeg mehanizma njihovog nastanka u području umjerene klime, gdje visoke ljetne temperature i manja količina padalina mogu imati inhibitorni učinak na rast i razvoj maha tresetara. Više nam informacija mogu dati komponente samog supstrata.

Prevladavajuća glina u sedimentu nerijetko se dovodi u vezu s procesom akumulacije materijala u vodnim tijelima, preciznije vodama stajaćicama (Torres i sur. 2005) ili pak s procesom aluvijacije - donosom sedimenta u močvarni sustav (Azeez i sur. 2000). Dakako, akumulacija gline može biti posljedica erozije tla, ali i to je onda najčešće povezano s hidrologijom promatranog područja, kao i donosa vjetrom (Kearns i sur. 1982). U slučaju pak čestih plavljenja, donos organskog i anorganskog materijala (poput gline ili silta) je povećan, te se na plavljenim područjima razvijaju najčešće močvare ili tresetišta s malom količinom treseta (Rydin i Jeglum 2006).

Već u rezultatima prikazana krivulja postotnog udjela ukupnog ugljika (koji u slučaju sedimenta s Blatuše u potpunosti odgovara organskom ugljiku, tj.  $TC = TOC$ ), jasno pokazuje niske vrijednosti u donjih 50 cm jezgre, u odnosu na značajno više udjele u poduzorcima ostalih ('gornjih') 160 cm jezgre. Vrijednosti ukupnog ugljika u odsječku dubine 160-210 cm (kojeg karakterizira akumulacija gline) kreću se između 6.8 % i 16 % s prosjekom od 11.2 % TOC. S druge strane, tresetni sediment koji dominira u sedimentu dubine od 0-155 cm pokazuje postotne udjele ugljika između 34.5% i 49%, s prosjekom od 42.3 % TOC. Kao što prisustvo



gline u sedimentu jezgre uočeno po prvi put u poduzorku dubine 155-160 cm, tako je i po pitanju udjela ugljika ovaj poduzorak intermedijalan te se vrijednošću od 26.2 % TOC nalazi između viših vrijednosti plićih tresetnih poduzoraka i nižih vrijednosti dubljih glinovitih mineralnih frakcija. Ako ovaj poduzork uključimo u tresetni dio jezgre, tada prosječna vrijednost ugljika za dubinski odsječak jezgre od 0-160 cm iznosi 41.7 % TOC. Znanstvenici nisu usuglasili minimalnu vrijednost postotnog udjela organske tvari u sedimentu koja ima biti utvrđena da bi se isti mogao smatrati tresetom. Postoje 'konzervativniji' pristup koji minimalni udjel postavlja iznad 50% ali i 'liberalniji' pristup koji minimalni udjel od 20% organske tvari u sedimentu smatra zadovoljavajućim. Ipak, prevladavajući stav većeg dijela znanstvene zajednice je da organske tvari mora biti minimalno 30% kako bi se sediment mogao smatrati tresetom (Xuehui i Jinming 2009). Udjeli organskog ugljika koji se u donjem dijelu analizirane jezgre, tj. u sekvenci jezgre dubine od 160-210 cm u prosjeku kreću oko 11.2 % govore u prilog činjenici da početnih 50 cm jezgre predstavljaju sediment koji porijeklo ne vodi od cretne vegetacije, tj. u prilog postojanja močvarne vegetacije (trave i šaševi) koje je prethodilo nastanku cretne vegetacije. Udjeli ukupnog dušika (%N) također pokazuju značajnu razliku između glinovitog sedimenta, dakle u dubinskoj sekvenci od 160-210 cm gdje je prosječna vrijednost %N = 0.49, i tresetnog dijela s prosječnom vrijednošću %N = 1.74. Općenito, niski udjeli %TOC i %N u glinovitom sedimentu karakteristični su za nisko produktivna jezera u kojima stoga dominira mineralna komponenta (Hansen 1959). Vrijednosti dobivene za glinoviti sediment s Blatuše bliske su onima utvrđenima za oligotrofna vodena tijela (npr. Ilijanić 2014) premda niske vrijednosti %TOC i %N mogu biti rezultat visokog stupnjem mineralizacije organske tvari koja se događa izmjenom oksičnih i anoksičnih uvjeta (Reddy i sur. 2009). Vlaženje i isušivanje zemlje povezano s plavljenjem tla, a time i izmjena oksičnih i anoksičnih uvjeta u supstratu, dovodi do pojačane stope razgradnje organske tvari i pada pH vrijednosti, a time se poplavna područja mogu transformirati iz recipijenta (skladišta) ugljika u biosferi do njegovog izvora (Reddy i sur. 2009). Primjerice, stvaranje treseta ugljik se skladišti u tlu, međutim oksidacijom istog, dolazi do mineralizacije organske tvari i nastajanje ugljičnog dioksida (Reddy i sur. 2009) ili pak u anoksičnim uvjetima do stvaranja metana. Nastajanje metana je pak utjecano pH vrijednošću i otežano se odvija ako je sredina kiselija (Ye i sur. 2012). Keller i Bridgham (2007) su, uspoređujući ombrogene te prijelazne i bogate minerogene cretove, utvrdili najveću stopu anaerobne mineralizacije ugljika (produkt je metan) upravo u prijelaznim minerogenim cretovima. Također, poplavna područja predstavljaju skladište ili pak izvor dušika i fosfora (Mitsch i Gosselink 1986), a nije neobično da su skladište jednih, a izvor drugih elemenata (van der Peijl i Verhoeven 2000). Prusty i sur. (2009) pokazuju za močvarna

staništa vrijednosti %TOC koje se kreću između 15 do 25, a %N između ~0.75 i ~1.1. U sedimentu Blatuše značajno kolebanje pH vrijednosti u posljednjih 50 cm jezgre, od prevladavajuće umjerene kiselosti (pH 4.5-5.5) do poduzoraka (185-190 cm, 200-205 cm i 205-210 cm dubine) koji su blago kiseli (pH >5.5 i <7). U procesu mineralizacije organske tvari prokarioti imaju najvažniju ulogu, koju pak svojim metaboličkim aktivnostima nadopunjuju gljive. Na niski pH veću osjetljivost pokazuju bakterije, dok su na anoksične uvjete osjetljivije gljive (Lin i sur. 2012). Naglašeno niske vrijednosti %N vjerojatno su posljedica denitrifikacije uzrokovane metaboličkim aktivnostima specifičnim zajednicama mikroorganizama koje nastavaju anoksične uvjete. Premda su kisela jezera s prevladavajućim anoksičnim uvjetima bogata huminskom kiselinom, niske vrijednosti TOC-a u sedimentu ne govore tome u prilog. Ako bi se ojim slučajem i smatralo da je cret na Blatuši u razdoblju subboreala bio vodno tijelo, u njemu udio organskih kiselina bogatih ugljikom ili nije bio visok ili je pak potrošnja ugljikom i dušikom bogatih organskih spojeva konzumacijom od strane mikroorganizama bila toliko intenzivna da je ugljik predstavljao limitirajući faktor u njihovom razvoju, čime i sama količina akumuliranog ugljika u sedimentu postaje niska. Da mikrobiološka aktivnost uzrokuje smanjenje udjela ugljika, gledajući u relativnom odnosu na dušik, pokazuju Broder i sur. (2012), a gubitak ugljika je izraženiji u odnosu na gubitak dušika tijekom procesa razgradnje (Kuhry i Vitt 1996, Hornibrook i sur. 2000). Ipak, vjerojatnije je da je plavljenje ili izmjena vlažne i suhe faze podržavala razvoj makrofita poput trstike (*Phragmites australis*), šaševa (*Carex* spp.) ili šašina/oblića (*Scirpus* spp./*Schoenoplectus* spp.) S obzirom da neki poduzorcji gline pokazuju tek blagu, a ne umjerenu kiselost, pH supstrata vjerojatno nije predstavljao bitan limit stope razgradnje organske tvari u najdubljim analiziranim poduzorcima.

Utvrđene vrijednosti C/N omjera u sedimentu Blatuše pokazuju nešto manje oscilacije u dubljem dijelu jezgre (40-210 cm) nego u površinskih 40 cm. Pri tome nije utvrđena razlika u vrijednosti omjera za dubinski dio jezgre u kojem dominira glina (160-210 cm dubine) i nešto plići dio u kojem je dominantna organska tvar. Različiti sastav sedimenta (glina i treset), a ujednačene vrijednosti C/N omjera u stupcu dubine 40-210 cm proizlaze iz dva moguća paleookolišna scenarija. Ili dubinska sekvenca jezgre s dominacijom gline predstavlja oligotrofno vodeno tijelo sa snažnim donosom alogenog materijala, primjerice listinca okolnog drveća, ili je pak sama glina rezultat donosa materijala nabujalim potokom, odnosno uslijed opožarivanja erozijom nanesenog materijala sa okolnih uzvišenja, pa je samo istraživano područje plavljena udolina što je omogućilo razvoj močvarne vegetacije, primjerice trava i šaševa. Rydin i Jeglum (2006) iznose podatak da se vrijednost C/N omjera za treset porijeklom

od *Sphagnum* kreće između 50 i 60, a onaj porijeklom od šaševa iznosi oko 20, dok Chanton i sur. (2008) za vrijednost C/N omjera za treset porijeklom od *Sphagnum* iznose nešto više vrijednosti, 46-89, ovisno o dubini, odnosno 30-40 za treset porijeklom od vrsta iz roda *Carex*. Međutim, Herzsuh i sur. 2010 zaključuju da upotreba C/N omjera nije pouzdana u zaključivanju o autohtonosti/terogenom donosu materijala u plitka jezera kao i da se te vrijednosti između recentnog i fosilnog materijala također značajno razlikuju. Atomi C/N omjer u glinovitom sedimentu Blatuše, unatoč niskom postotnom udjelu dušika, ne pokazuju značajan odstup dobivenih vrijednosti u odnosu na tresetni dio jezgre zbog proporcionalnog smanjenja udjela ukupnog dušika u tom istom odsječku sedimenta jezgre. S druge strane, površinskih 10 cm jezgre građeno je od živih mahovina roda *Sphagnum*, a preostalih 30 cm (10-40 cm dubine) sedimenta čini drven(ast)i treset (udio od ili preko 3/4) koji zbog visokog sadržaja lignina povisuje atomski omjer ugljika i dušika u korist onog prvog (Tripepi 2011). Značajan porast C/N vrijednosti u posljednjih 40 cm jezgre možda manje sugerira promjene na staništu, no što ukazuje na različiti stupanj razgradnje organske tvari, iako udio drven(ast)og treseta može ukazivati na zaraštavanje cereta drvenastim vrstama. S druge strane, drven(ast)i treset može nastati kao rezultat urušavanja stabla iz neposredne blizine iako samo područje uzorkovanja nužno i nije bilo prekriveno šumom. Sve to još jednom ukazuje na potrebu multidisciplinarnog pristupa u pokušaju rekonstrukcije paleokolišnih čimbenika istraživanog područja, kao i važnost sinergijskog učinka pojedinačnih analiza na konačan zaključak.

## 5.2. REGIONALNE I LOKALNE PROMJENE VEGETACIJE TE STANIŠNIH UVJETA NA PODRUČJU CRETA U BLATUŠI

Radi bolje preglednosti, rezultati promjena u biljnom pokrovu te paleokolišnih značajki creta na Blatuši dani su u Tablici 27.

### Stariji subboreal ~2450. pr. Kr. do ~1650. pr. Kr., 210-175 cm dubine

Peludna Zona 1 – *Pinus* - *Fagus* - (*Ulmus*), preteže lokalna vegetacija *Cyperaceae* - *Polypodiales* kao i lokalna zona ekološki indikativnih nepeludnih palinomorfa HdV-179 – *Spirogyra*.

Zonu 1 karakterizira veliki udio akumuliranog bisakatnog peluda bora - *Pinus*, a iako je pelud bukve - *Fagus* druga po udjelu, prevlast pokazuju vrste iz vegetacije '*Quercetum mixtum*' – napose brijest - *Ulmus*, hrast - *Quercus* i lipa - *Tilia*.

Tablica 27. Usporedba različitih akumulacijskih zona palinomorfa (regionalni peludni tipovi, lokalni peludni tipovi te ekološki indikativni nepeludni palinomorfi) na istraživanom području. Prevladavajuća klimatska obilježja preuzeta su iz Hasan (2017).

DUBINA	STAROST BP	STAROST (AD/BC)		PELUDNE ZONE	LOKALNA VEGETACIJA	ZONE EKOLOŠKI INDIKATIVNIH NEPELUDNIH PALINOMORFA	PREVLADAVAJUĆA KLIMATSKA OBILJEŽJA
5-10	62	1888. AD	SUVREMENO DOBA	8cm ~1888AD	CYPERACEAE	8cm ~1888AD	Današnji uvjeti
10-15	141	1809. AD					EINPP 4 ASSULINA
15-20	219	1731. AD	NOVI VIJEK	POACEAE-CARPINUS- (QUERCUS-FAGUS)	23cm ~1652AD	"Little Ice Age" (Malo ledeno doba) 1350-1850. g.	
20-25	298	1652. AD			KASNI SREDNJI VIJEK		43cm ~1336AD
25-30	377	1573. AD	RAZVIJENI SREDNJI VIJEK	48cm ~1258AD		EINPP 3 HdV-16B	
30-35	456	1494. AD			RANI SREDNJI VIJEK		POACEAE-FAGUS- (QUERCUS)
35-40	535	1415. AD	RANI SREDNJI VIJEK	83cm ~517AD		POLYPODIALES-SPHAGNUM	
40-45	614	1336. AD			ANTIKA		88cm ~400AD
45-50	692	1258. AD	ZELEZNO DOBA	FAGUS-ALNUS		EINPP 2	
50-55	771	1179. AD			RANI SREDNJI VIJEK		173cm ~1583BC
55-60	850	1100. AD	BRONČANO DOBA	178cm ~1699BC		163cm ~1349BC	
60-65	967	983. AD			BRONČANO DOBA		183cm ~1816BC
65-70	1083	867. AD	BRONČANO DOBA	178cm ~1699BC		EINPP 1	
70-75	1200	750. AD			BRONČANO DOBA		183cm ~1816BC
75-80	1317	633. AD	BRONČANO DOBA	178cm ~1699BC		HdV-179 - SPIROGYRA	
80-85	1433	517. AD			BRONČANO DOBA		178cm ~1699BC
85-90	1550	400. AD	BRONČANO DOBA	178cm ~1699BC		HdV-179 - SPIROGYRA	
90-95	1666	284. AD			BRONČANO DOBA		178cm ~1699BC
95-100	1783	167. AD	BRONČANO DOBA	178cm ~1699BC		HdV-179 - SPIROGYRA	
100-105	1900	50. AD			BRONČANO DOBA		178cm ~1699BC
105-110	2016	66. BC	BRONČANO DOBA	178cm ~1699BC		HdV-179 - SPIROGYRA	
110-115	2133	183. BC			BRONČANO DOBA		178cm ~1699BC
115-120	2250	300. BC	BRONČANO DOBA	178cm ~1699BC		HdV-179 - SPIROGYRA	
120-125	2366	416. BC			BRONČANO DOBA		178cm ~1699BC
125-130	2483	533. BC	BRONČANO DOBA	178cm ~1699BC		HdV-179 - SPIROGYRA	
130-135	2600	650. BC			BRONČANO DOBA		178cm ~1699BC
135-140	2716	766. BC	BRONČANO DOBA	178cm ~1699BC		HdV-179 - SPIROGYRA	
140-145	2833	883. BC			BRONČANO DOBA		178cm ~1699BC
145-150	2950	1000. BC	BRONČANO DOBA	178cm ~1699BC		HdV-179 - SPIROGYRA	
150-155	3066	1116. BC			BRONČANO DOBA		178cm ~1699BC
155-160	3183	1233. BC	BRONČANO DOBA	178cm ~1699BC		HdV-179 - SPIROGYRA	
160-165	3299	1349. BC			BRONČANO DOBA		178cm ~1699BC
165-170	3416	1466. BC	BRONČANO DOBA	178cm ~1699BC		HdV-179 - SPIROGYRA	
170-175	3533	1583. BC			BRONČANO DOBA		178cm ~1699BC
175-180	3649	1699. BC	BRONČANO DOBA	178cm ~1699BC		HdV-179 - SPIROGYRA	
180-185	3766	1816. BC			BRONČANO DOBA		178cm ~1699BC
185-190	3883	1933. BC	BRONČANO DOBA	178cm ~1699BC		HdV-179 - SPIROGYRA	
190-195	3999	2049. BC			BRONČANO DOBA		178cm ~1699BC
195-200	4116	2166. BC	BRONČANO DOBA	178cm ~1699BC		HdV-179 - SPIROGYRA	
200-205	4233	2283. BC			BRONČANO DOBA		178cm ~1699BC
205-210	4349	2399. BC	BRONČANO DOBA	178cm ~1699BC		HdV-179 - SPIROGYRA	
					BRONČANO DOBA		208cm ~2399BC

Udio peluda bora može biti dvojak - ili ova vrsta formira lokalnu populaciju koja brojnom produkcijom peluda i velikom sposobnošću prezervacije istog značajno povećava udio ove vrste u zoni akumulacije peluda ili se zbilja radi o relativno velikom udjelu bora u šumskim sastojinama tijekom sedmostoljetnog razdoblja na području između Vojnića i Gline, međutim laka pelud bora može prevaliti udaljenosti i preko stotinjak kilometara (Traverse 2007). Kako je bor vrsta s širokom ekološkom valencijom - podnosi različite hidrološke i temperaturne obrasce te raste na različitim tipovima tala, nije moguće isključiti njegovo prisustvo i na samom području blatušskog bazena (lokalni element), ali to bez makroskopskih biljnih ostataka (listovi, sjemenke, češeri) nije moguće sa sigurnošću utvrditi.

Za područje središnje Europe utvrđeno je redovito pojavljivanje požara, počevši s razdobljem subatlantika, u šumama s dominacijom vrste *Pinus sylvestris*, izazvanih udarima munje ili

ljudskim djelovanjem (Adamek i sur. 2015). Bor je bila najčešća vrsta drveća koja je u razdoblju od 8600 do 200 g. pr. Kr. gorjela na području južne Švedske (Olsson i sur. 2009), a vjerojatno su takve sastojine bile zahvaćene ljudskim djelovanjem u svrhu oslobađanja zemljišta za dobivanje obradivog tla ili pak uzgoja stoke. Količina pougljenjenih čestica i kontinuiranost požara na samom području istraživanja poklapa se sa postotno najvišim udjelima peluda bora akumuliranog u sedimentu te napravljena statistička analiza jasno govori u prilog činjenici da je upravo bor ona biljna vrsta koja je omogućavala požare (vidi poglavlje Rezultati), a time i sama najčešće sagorijevala. Česti požari favoriziraju hrast u biljnom pokrovu, a sastojine hrasta podnose znatno bolje disturbanciju u vidu ispaše, za razliku od bukve (Kuneš i sur. 2015). U tom smislu valja fitosociološke odnose u ovoj akumulacijskoj zoni peluda više promatrati kroz utjecaj požarenja (prirodnog ili antropogenog) i gospodarenja prostorom - antropogeni utjecaj kroz mogući uzgoj svinja i favoriziranja hrasta, kao vrste koja svojim plodovima prehranjuje i životinje i čovjeka, nego samo i jedino utjecajem klimatskih prilika. Utjecaj lokalnog stanovništva ipak je teško procijeniti. Iako su iz razdoblja brončanog doba poznate neke gradine, poput već spomenutog Kirin-grada, Samograda između Pecke i Crnog Potoka, Turske kose iznad Velike Vranovine i Nikolinog brda u Topuskom (Škiljan 2007), sve u relativno neposrednoj blizini Blatuše, a poznata je i ostava iz Maličke koja pripada brončanom dobu (Balen-Letunić 1985), malo je materijalnih dokaza koji bi osvijetlili način prehrane i oblike gospodarske aktivnosti kojeg su nosioci bili stanovnici toga područja. Zapravo je područje Banovine, arheološki gledano, među najneistraženijim područjem kontinentalne Hrvatske, ali će budućnost zasigurno iznjedriti brojne nove dokaze o kulturi stanovnika Pokuplja, Banovine, Korduna i Pounja. Do tada se valja pouzdati u rezultate provedene palinološke analize te na temelju izuzetno niske koncentracije sekundarnih antropogenih indikatora, zaključiti da se stanovništvo bavilo poljoprivredom niskog inteziteta, više stočarstvom nego ratarstvom. To bi onda značilo da se paljenjem šuma oslobođeni prostor nije toliko koristio za uzgoj biljnih kultura, poput lana, konoplje ili žitarica, čiji pelud nije uočen u analiziranim poduzorcima sedimenta Zone 1, koliko za napasanje stoke na travnjacima ili ekstenzivnog uzgoja pripitomljenih životinja uz šume/u šumi, uz sveprisutan lov divljači.

Premda široke ekološke valencije, šumski bor - *Pinus sylvestris*, kao taksonomski najizglednija svojta koja nastava šire područje Blatuše unutar palinološke vrste bora, je u pogledu temperature i padalina konkurentniji u uvjetima hladnije i suše klime (Panagiotopoulos i sur. 2013), a s druge strane udio mezofilnih svojti poput hrasta, jasena - *Fraxinus*, javora - *Acer*, itd. (Ruiz-Alonso i Zapata 2015) značajno premašuje 'fagetalne' svojte, poput bukve - *Fagus*, graba

- *Carpinus* i jele - *Abies*, ujedno i indikatore hladnijih i vlažnijih uvjeta (Traverse 2007). Imajući na umu da su u prilog antropogenog favoriziranja hrasta izneseni brojni dokazi za područje središnje Europe, u procjeni temperaturnih odnosa vjerojatno treba dati nešto veću prednost najzastupljenijem boru i bukvi, kao indikatorima hladnijih uvjeta, unatoč prevlast 'Quercetum mixtum' šume nad 'Fagetum'-om. Peludni dijagrami mnogo su jasniji po pitanju hidroloških promjena u vremenu. Udio vrsta karakterističnih za suše klimatske prilike, poput bora te vrsta vegetacije 'Quercetum mixtum', primjerice hrasta, lipe, javora, itd. značajno je iznad onih kojima porast količine oborina omogućava bolju konkurentnost, primjerice graba, bukve i jele (Kulkarni 2016). To upućuje na zaključak da je prosječna količina oborina bila niska ili da je njihova raspodjela bila takva da je tijekom vegetacijskog razdoblja bilo dugotrajnih sušnih razdoblja. Ukratko, klima između 2400. i 1700. g. pr. Kr. vjerojatno je bila hladna i zasigurno suha.

U Zoni 1 znakovit je visoki udio brijesta - *Ulmus*, koji doseže udjelom u pojedinim poduzorcima do 18%, a u prosjeku 11.6%. U razdoblju subboreala udio brijesta od ~20% u peludnim dijagramima nije iznenađujući, no također se njegova vrijednost smanjuje na <5% tijekom srednjeg holocena, na području južne Švedske ili Njemačke najkasnije oko ~3800 pr. Kr. (Skog i Regnell 1995, Kubitz 2000). Na području Estonije do pada udjela brijesta dolazi kasnije, u razdoblju između 3800 i 3200 g. pr. Kr. (Saarse i Veski 2001), a u Poljskoj između ~2900 i 2250 g. pr. Kr. (Ralska-Jasiewiczowa 1980, Szal i sur. 2014). Nekoliko je hipoteza koje nastoje objasniti značajan pad udjela ove biljne vrste u šumskim sastojinama, od klimatskih promjena, antropogenog utjecaja do holandske bolesti brijesta uzrokovane gljivicom *Ceratocystis ulmi* (Szal i sur. 2014) no koje god od ovih predloženih rješenja se može smatrati točnim za područje istraživanja, činjenica je da se u širem području Blatuše populacija brijesta zadržala razmjerno dobro razvijenom sve do poduzorka dubine 170-175cm (~1583. g. pr. Kr.) u kojem se događa pad udjela, i nakon kojeg, u plićim i mlađim poduzorcima sedimenta, udio peluda brijesta više nikada ne dostiže niti 5%. Tako je u Zoni 1 udio peluda brijesta najmanje tri puta veći, gledano po maksimalnom dosegu udjela u poduzorku, a prosječno najmanje šest puta veći nego u ostalim mlađim zonama akumulacije peluda (Zona 2, Zona 3a, Zona 3b). Ovako visoki udjeli akumuliranog peluda brijesta nisu zabilježeni u peludnim dijagramima država središnje Europe za razdoblje od 2400. do 1700. g. pr. Kr. (npr. vidi Magyari i sur. 2009, Mirosław-Grabowska i sur. 2015). Kako uzorkovana jezgra s Blatuše na dohvaća u razdoblje atlantika ili prve polovine starijeg subboreala, nije moguće zaključiti predstavljaju li visoki udjeli peluda brijesta u Zoni 1 rast ili pad u odnosu na prethodna razdoblja, no svakako pokazuje da je do pada udjela

brijesta na istraživanom području došlo puno kasnije nego u ostalim dijelovima Europe te da je brijest razmjerno prisutniji u šumama kontinentalnog dijela Hrvatske no što je to slučaj sa središnjim dijelom srednje Europe. Ipak, bit će potrebno prikupiti podatke iz više jezgara sa šireg istraživanog područja prije no što se ova značajna indicija može sa sigurnošću potvrditi.

U Zoni 1 također znakovit je relativno visoki udio peluda ljekovite krvare - *Sanguisorba officinalis* unutar životnog oblika zeljastih biljaka. To je vrsta koja nastava vodom zasićena tla uz rubove jezera (Zaharescu i sur. 2017) ili se razvija na plavljenim livadama (Gowing i sur. 2002), a nalazimo je unutar različitih sveza: *Calthion*, *Molinion*, *Filipendulion* (Landolt i sur. 2010). Karakteristična je vrsta nizinskih livada košarica (Topić i Vukelić 2009) te kasna ljetna košnja pospješuje prisutnost vrste na vlažnim livadama (Gowing i sur. 2002). Intenzivna ispaša negativno djeluje na populaciju ljekovite krvare (Treweek i sur. 1997), premda kasna košnja na koju se nadovezuje ispaša niskog inteziteta pospješuje zasijavanje iste (Smith i sur. 1996). U Velikoj Britaniji se vlažni travnjaci s ljekovitom krvarom već stoljećima održavaju kasnom košnjom (lipanj/srpanj) nakon koje slijedi ispaša slabijeg inteziteta. Court-Picon i sur. (2006) su utvrdili značajnu korelaciju između pojavnosti peluda ljekovite krvare u sedimentu tla i antropogenog utjecaja na području udolina francuskih Alpa te označili pelud krvare kao indikatora košnje. Osim ljekovite krvare, unutar NAP skupine kontinuirano i većim udjelom prisutan je pelud *Succisa* tipa koji obuhvaća dvije biljne svojte: livadni preskoč - *Succisa pratensis* i svinutu preskočicu - *Succisella inflexa* (Beug 2015). *Succisa pratensis* karakteristična je vrsta napuštenih tresetišta (Billeter i sur. 2007, Hejzman i sur. 2005, Rosenthal 2010) ili pak košenih cretova (Hooftman i sur. 2003). Vrsta pokazuje značajno veću klijavost sjemenki na travnjacima izloženim ispaši, ali i najveću stopu preživljavanja na napuštenim područjima, te tek nešto veću na livadama košaricama u odnosu na pašnjake (Stammel i sur. 2003). Livadni preskoč reagira negativno na zakiseljavanje tla (van den Berg i sur. 2005) kao na eutrofikaciju (Bühler i Schmid 2001). Bunting (2003) za istu procjenjuje područje relevantnog izvora peluda na udaljenost do 2 m čime ova svojta, tradicionalno grupirana u kategoriju regionalnih vrsta, ima izrazito lokalni karakter. Recentnim istraživanjima flore blatušskog bazena (Alegro i Šegota 2008) ova vrsta nije pronađena, čime se doduše postojanje ove vrste na području istraživanja u prošlosti ne može isključiti, međutim *Succisella inflexa* i dandanas raste na samom cretu. Općenito, svinuta preskočica raste unutar sveze *Molinion*, *Calthion*, *Magnocaricion* (Oberdorfer 1994) i *Filipendulion* (Bróz i Bielecki 2008), koje su karakterizirane trajnim zadržavanjem pliče vode ili privremenim – dužim ili kraćim plavljenjem, općenito većom zasićenošću tla vodom, međutim, čini se da na pojavu i

razvoj održivih populacija vrste *Succisella inflexa* utječe način održavanja zemljišta. Naime, već nekoliko godina neodržavanja/zapuštanja zemljišta vodi gotovo potpunom nestanku jedinki svinute preskočice, a akumulacija organske tvari (listinca) onemogućava uspješnu obnovu posredstvom sjemenki (Overbeck i sur. 2003). Najveću prijatnu populaciju ove, za Poljsku rijetke, vrste predstavlja zarastanje staništa vrbom – *Salix* i trušljikom – *Frangula alnus* (Bróž i Bielecki 2008) što dosta podsjeća na recentnu situaciju unutar blatuškog bazena. Ipak, vrsta pokazuje i mogućnost klonalnog širenja puzajućim rizomima (Overbeck i sur. 2003) što u uvjetima dužeg zadržavanja vode, koja onemogućuje razvoj drvenaste vegetacije, možda omogućava opstanak ove vrste i na područjima, barem lokalno, koja nisu pod antropogenim pritiskom? Kontinuirano prisutnost peluda *Sanguisorba officinalis* u sedam poduzoraka sedimenta (210-175 cm dubine) i *Succisa* tipa (210-185 cm dubine), što daje vremenski kontinuitet od 700 godina u slučaju prethodne, odnosno ~460 godina u slučaju potonje, vjerojatno upućuje na antropogenu aktivnost. Teško je vjerovati da se proces sukcesije odvijao toliko sporo da zarastanje područja istraživanja drvenastim vrstama, jer ono klimazonalno pripada šumskoj vegetaciji, ne bi dovelo do nestanka ljekovite krvare i potencijalno livadnog preskoča/vjerojatnije svinute preskočice, a da se u tome dijelom ne ogleda i antropogeni pritisak. Veliki udjel pougljenjenih čestica te kontinuiranost regionalnih i lokalnih požara mogla je doduše, otežati zarastanje blatuškog bazena drvećem te je vatra zasigurno bila bitan faktor u održavanju staništa otvorenim, čime su stvoreni uvjeti za održivo prisustvo populacija biljnih svojiti karakterističnih za tresetišta i/ili vlažne/poplavne livade na istraživanom području. Mali postotni udjeli riparijskih šuma s jedne strane, primjerice anemofilna joha – *Alnus* ne premašuje 4% udjela niti u jednom poduzorku Zone 1, dok se u toj istoj zoni udjeli entomofilne ljekovite krvare pojavljuje s udjelom do 4.8%, a s druge strane na prisustvo trajne ili povremene, pliće ili dublje vode prilagođena vegetacija sveze *Magnocaricion*, zastupljena peludom šaševa - *Cyperaceae* udjelom do ~54%, jasno govori u prilog hidrološkom režimu nepovoljnog za razvoj drveća i grmlja. Dominacija zeljastih helofita govori u prilog prezasićenosti tla vodom, ili uslijed pojačane precipitacije ili pak redovitog plavljenja obližnjeg potoka čime su, uz glinenu podlogu supstrata, stvoreni uvjeti za razvoj helofitne vegetacije i livadnih vrsta prilagođenih vlažnim uvjetima supstrata. Uzimajući u obzir činjenicu da *Cyperaceae* čine lokalnu vegetaciju - Bunting (2003) za istu utvrđuje područje relevantnog izvora peluda na udaljenost do 2 m, čini se da mineralni sediment (apsolutna dominacija gline) nije rezultat dugotrajnog taloženja u jezeru, već posljedica učestalog plavljenja potoka koji prolazi rubom creta, a vjerojatno dijelom i erozije sedimenta s okolnog uzvišenja, čemu su požari zasigurno značajno pridonijeli. Naime, ukoliko je na istraživanom području bilo



formirano jezero, primjerice s blago položenom obalom koja je omogućavala obilan razvoj vegetacije šaševa, kako objasniti izuzetno niske udjele ugljika i dušika u sedimentu? Vjerojatnije je pretpostaviti da je periodična izmjena oksičnih i anoksičnih uvjeta dovela do snažne mineralizacije dušika i njihove niske koncentracije u sedimentu gline. Iako su spore maha tresetara – *Sphagnum* prisutne u sedimentu, one su zastupljene malim udjelom, a u Zoni 1 niti ne čine kontinuiranu krivulju. To govori da su vrste iz sveze *Magnocaricion* činile glavninu vegetacije, a cretne vrste bile su prisutne u znatno manjoj mjeri, ili su se njihove populacije uspjele zadržati dovoljno daleko te njihovi palinomorfi nisu sačuvani u sedimentu. Zastupljeniji nepeludni poput akritarha HdV-179, ili zelenih algi *Spirogyra* i *Zygnema*, govore u prilog postojanju plitkih 'kratkoživućih' voda stajaćica – jaružica ili vodom ispunjenih depresija te mezotrofno-eutrofnim uvjetima u takvimvlažnim staništima, koje iste preferiraju (López-Sáez i sur. 1998). I *Spirogyra* i pojava virnjaka (*Neorhabdocoela*) u Zoni 1 vjerojatno upućuju na inicijalno veću stopu organske tvari u akvatičkom sustavu (Haas 1996). Akritarh *Pseudoschizaea* u nešto većoj i gljiva roda *Glomus* u nešto manjoj mjeri upućuju na postojanje slatke vode izložene značajnim sezonskim kolebanjima, uključujući i sušu (López-Sáez i sur. 2000), a oba se palinomorfa smatraju ujedno i indikatorom erozije nerijetko izazvane antropogenim utjecajem (van Geel i sur. 1983, 1989, López-Sáez i sur. 2000, Florenzano i sur. 2013). Međutim, Kołaczek i sur. (2013) dokazuju da prisutstvo spora roda *Glomus* u sedimentu tla također može biti rezultat akumulacija spora iste u zoni korjenja, a uslijed arbuskularne mikorize koju *Glomus* ostvaruje sa biljkama koje uobičajeno nastavaju tresetišta. Općenito, niske koncentracije i mala postotna zastupljenost nepeludnih palinomorfa ne omogućuju sigurne tvrdnje, ali su indikativni u opisu okolišnih uvjeta na staništu.

#### Stariji subboreal i stariji subatlantik ~1650. pr. Kr. do ~450. pos. Kr., 175 – 85 cm dubine

Peludna Zona 2 – *Fagus* - *Alnus*, preteže lokalna vegetacija Polypodiales - *Sphagnum* te lokalna zona ekološki indikativnih nepeludnih palinomorfa *Glomus* – *Spirogyra*.

Početak ove zone karakterizira nagli pad udjela peluda bora i nešto blaži pad udjela brijesta u peludnom dijagramu. Istovremeno dolazi do značajnog porasta udjela lijeske - *Corylus* i lipe - *Tilia*, koje najveću zastupljenost postižu u poduzorku starosti ~1450. g., kada se maksimalnom zastupljenošću pojavljuje i javor - *Acer*, vrsta koja općenito kroz sve zone sedimenta pokazuje diskontinuitet u pojavljivanju i općenito izrazito nisku zastupljenost. Početkom Zone 2 dolazi i do porasta udjela bukve - *Fagus* i johe - *Alnus*. Količina pougljenjenih čestica u samom početku zone još je viska, ali ubrzo pada te požari više nisu kontinuirani. S obzirom da je ustanovljena statistička značajnost između požara i sastojina bora, čini se da je opožarene površine zauzela

na početku procesa sukcesije lijeska. I lijeska i lipa su relativno otporne na sušu i preferiraju blaže zime (Kuneš i sur. 2015). S druge strane, povećan udio bukve valja pripisati donosu sa vršnih područja okolnih uzvišenja dok je značajan udio johe u peludnom dijagramu vjerojatno manje rezultat povećane vlažnosti/precipitacije, a više je rezultat njenog lokalnog pojavljivanja na samom području blatuškog bazena. Naime, gledajući sastav lokalne vegetacije, uočljiv je značajan pad i trend smanjenja peluda šaševa, uz istovremeni značajan porast udjela spora maha tresetara – *Sphagnum* i spora papratnjača. Povećanje udjela maha tresetara ukazuje na proces tresetizacije područja te se krajem prethodne Zone 1 i početkom Zone 2 počinje odvijati dinamičan proces transformacije područja iz pretežno močvarnog u pretežno cretno. Da je na samom prijelazu između ovih dviju Zona bilo formirano trajnije vodeno tijelo na području današnjeg ceta, ukazuju nalazi peluda klasastog krocnja - *Myriophyllum spicatum* i lopoča - *Nymphaea*, međutim vjerojatno ubrzo nastupa zatrpavanje istog sedimentom i pelud hidrofитnih vrsta iščezava. Razvoja tresetišta terestrijalizacijom uobičajen je proces nastanka cretova te se nerijetko njihov nastanak objašnjava procesom koje uključuje prvotno postojanje jezera, nakon čega slijedi faza minerotrofnog creta koje često dovodi do stvaranja ombrotrofnih dijelova creta ili samog ombrotrofnog creta (Jauhiainen i sur. 2004, Tuittila i sur. 2012, O'Reilly i sur. 2014). Iako je moguće da veliki udio porasti monoletnih spora papratnjača - Polypodiales predstavlja njihovu akumulaciju iz jošika na rubnim dijelovima tresetišta, primjerice *Athyrium filix-femina*, *Dryopteris carthusiana*, *Dryopteris filix-mas*, *Dryopteris dilatata* i dandanas rastu u šikarama johe koja zaraštava cret (Alegro i Šegota 2008), možda su u prošlosti područje nastavale i na kiseliji supstrat prilagođenija *Dryopteris cristata* ili pak u jošicima uobičajeno česte vrste – *Thelypteris palustris* ili *Osmunda regalis* (Muller i sur. 2012) koje nisu uočene na području istraživanja, ali rastu na područjima nedaleko od samog creta (Nikolić 2017). Sinkrono povećanje udjela spora paprati i peluda johe indicira da se radi o vrstama papratnjača prilagođenih vlažnim uvjetima. Šaševi i paprati, kao indikatori lokalne pojačane vlažnosti područja, uobičajeni su i u drugim područjima Europe (Bałaga 2007, Expósito i sur. 2017). Međutim, povećanje udjela spora maha tresetara upućuje na proces ombrotrofikacije. Taj proces u vlažnim ekosustavima može biti pospješten drenažom, a pad visine vodnog lica pospješuje rast pokrovnosti maha tresetara (Tahvanainen 2011). Pad vlažnosti ujedno je na samom području blatuškog bazena nesumnjivo pospješio zarastanje creta johom. Iako se povećanje udjela riparijskih vrsta povezuje s porastom vodnog lica, koje je nerijetko izazvano upravo povećanjem precipitacije, u slučaju Blatuše, kako to pokazuje lokalna vegetacija, pojava i udjel johe korespondira sa značajnim padom zastupljenosti vrsta iz porodice šaševa (uključujući rodove *Carex*, *Scirpus*, *Rhynchospora*) koje nerijetko nastavaju depresije u kojima

se dugotrajno zadržava voda. Smanjenje vodnog lica tako je pospješilo ombrotrofikaciju na području uzorkovanja jezgre i istovremeno dovelo do formiranja jošika u rubnim zonama područja. Ipak, u samom vršnom dijelu zone uočljiv je kratkotrajan, ali značajan udio peluda *Typha latifolia* tipa. I danas se u sjeveristočnom dijelu creta može naći zajednica *Typhaetum latifoliae* G. Lang 1973 na površini od nekoliko stotina četvornih metara (Alegro i Šegota 2008). Zona 2 predstavljena je visokim udjelom peluda bukve - *Fagus* i joha - *Alnus*, a s udjelom od gotovo 10% ističe se i grab - *Carpinus*. Kako joha predstavlja azonalnu vegetaciju, klimazonalna vegetacija predstavljena je prvenstveno bukvom i grabom. S udjelima >15% ističe se u donjoj trećini Zone 2 već spomenuta lijeska - *Corylus*, a njezin udio kontinuirano pada prema vršnom dijelu zone. To ukazuje na proces sukcesije jer je lijeska vrsta koja zahtjeva svjetlost za uspješan rast (Kolář i sur. 2016) te povećanjem udjela drugih drvenastih vrsta gubi na konkurentnosti. To pokazuje da se otvorenost šumskog sklopa smanjuje. Istovremeno s padom udjela peluda lijeske i lipe središnjim dijelom ove zone, dolazi do kontinuiranog rasta udjela graba te u samom vršnom dijelu Zone 2 hrasta - *Quercus*. U vršnom dijelu ove zone dolazi po povećanja udjela pougljenjenih čestica, nakon što je njihova brojnost gotovo kontinuirano bila uglavnom niska, a u nekim poduzorcima nisu niti bile prisutne. Zanimljivo je kako lokalna zona ekološki indikativnih nepeludnih palinomorfa, koja je u početnim poduzorcima ove zone još uvijek predstavljena najvećim udjelom akritarha HdV-179 i alge *Spirogyra* uskoro postaje izuzetno bogata sporama gljive *Glomus*, pri čemu *Spirogyra* udjelom ostaje drugi najbrojni NPP. *Glomus* se osim indikatora erozija smatra indikativnim za kolonizaciju rubova vodenih tijela i aktivnost rizosfere (Carrion i Navarro 2002). Međutim i visoki udio *Pseudoschizaea* govori u prilog velike fluktuacije vode na istraživanom području kao i vjerojatnoj eroziji. Gornji dio zone donosi 'uvod' u lokalnu zonu ekološki indikativnih palinomorfa s prevlašću gljive *Bysothecium circinans* (HdV-16B), međutim, u vršnom dijelu Zone 2 lokalna zona EINPP-a označena je najvećim udjelom spora gljive *Diporotheca webbiae* (HdV-143). Spore ove gljive karakteristične su za vlažne eutrofne sedimente (Hillbrand i sur. 2012) i redovito se nalaze u tresetištima naseljenima johom (van Geel i sur. 1989, Barthelmes i sur. 2006, Prager i sur. 2006, Cugny i sur. 2010). Bez utvrđivanja statističke značajnosti ne može se sigurno tvrditi da nužno ova vrsta implicira prisustvo joha na staništu, premda Garcia-Moreiras i sur. (2015) daju dodatnu potvrdu povezanosti jošika i gljive *D. webbiae* (HdV-143). Ipak, Hillbrand i sur. (2012) otvaraju mogućnost da ova gljiva im i nekog drugog domaćina, a van Geel i Aptroot (2006) predlažu *Thelypteris palustris* kao mogućeg domaćina, premda je i ta paprat karakteristična upravo za tresetišta nastavana johom. Hawksworth i sur. (2016) pokazuju da su spore gljiva HdV-143 pogreškom pripisane vrsti *Diporotheca rhizophila*,

kojoj je domaćin isključivo rod *Solanum* te da nalaze iste u tresetištima valja pripisati novoopisanoj vrsti *Diporothea webbiae*, kojoj je domaćin paprat *Thelypteris palustris* i koja uglavnom nastava tresetišta s johom.

Stariji subatlantik, srednji subatlantik i početak mlađeg subatlantika ~450. pos. Kr. do ~1300. pos. Kr., 85-45 cm dubine

Peludna Zona 3a – *Poaceae* - *Fagus* - (*Quercus*), preteže lokalna vegetacija *Sphagnum* - Polypodiales te lokalna zona ekološki indikativnih nepeludnih palinomorfa *Byssothecium circinans* (HdV-16B).

Regionalno zonu karakteriziraju slični udjeli triju palinoloških vrsta: trave - *Poaceae*, bukva - *Fagus*, hrast - *Quercus*. Premda arborealna pelud prevladava, visok je udio nearborealnog peluda što ukazuje na smanjenje šumskog pokrova. Ipak, kako lokalna vegetacija ukazuje na daljnju ombrotrofizaciju staništa, s obzirom na porast udjela spora maha trsetara - *Sphagnum*, moguće je da lokalno širenje beskoljene - *Molinia caerulea*/*M. arundinacea* povećava udio trava više no što je tome mogla doprinijeti deforestacija na širem području koje se smatra relevantnim izvorom peluda. Naime, kako blatuška depresija predstavlja mozaik staništa, tranzitno područje između močvare i creta, ne može se isključiti niti snažan doprinos helofitne trske - *Phragmites australis* ukupnom zbroju peluda trava, koja je zajedno s beskoljenkom i dandandanas zastupljena značajnim udjelom na istraživanom području. Drugim riječima, značaj pad udjela peluda drvenastih vrsta koji sugerira deforestaciju i otvorenost staništa možda je više odraz zarastanja creta trskom ili beskoljenkom u razdoblju ranog i razvijenog srednjeg vijeka nego dokaz antropogene aktivnosti na širem regionalnom području. Međutim, poznato je iz povijesnih vrela da je ovo razdoblje, napose u prvoj polovici, bilo dinamično po pitanju seobe stanovništva, od provale Gota, Langobarda, Avara, Slavena i Ugra, do dolaska Tatara (Škiljan 2007, Borić i Dumbović 2008) koncem ove zone. Bor u peludnom dijagramu zastupljen udjelima od 2 do 6%, a njegova niska abundancija uz istovremenu veliku količinu pougljenjenih čestica kao indikatora redovitih požara, upućuju na činjenicu da u ovoj zoni četinjače možda nisu glavni izvor gorivog materijala. Iako je utvrđena statistički značajna koreliranost između sastojina bora i opožarenih čestica, teško se oteti dojmu da vatrenom buktinjom nisu bili zahvaćeni i jošici, s obzirom da se u ovoj podzoni udio johe - *Alnus* značajno opada, a povećava se udio maha trsetara - *Sphagnum*. Damblon (1992) je utvrdio kako disturbancija jošika uzrokovana vatrom, dovodi do pada populacije johe što otvara prostor ekspanziji trava. Tome se posebice prilagodila beskoljenka - *Molinia*, formirajući snažne busenove čiji izdanci ostaju neoštećeni tijekom požara (Damblon 1992). Međutim, snažni požari mogu utjecati na tresetišta

na način da gorenje okolne vegetacije dovodi do promjene rate evapotranspiracije i time neposredno do podizanje razine vode na staništu, ili pak gorenje samog treseta dovodi do stvaranja depresija koje se lako ispune vodom (Väliranta i sur. 2007). Mikrolokacije ispunjene vodom mogle su podržati razvoj helofitne vegetacije pa tako primjerice rogoz - *Typha latifolia* t. pokazuje najveće udjele peluda upravo u ovoj podzoni, a možda mu se pridružila i trska - *Phragmites australis*, međutim bez makrofosilnih ostataka iste, ova tvrdnja ne može dobiti na potvrdi. Pelud trske se, naime, ne može sa sigurnošću razlikovati od peluda ostalih trava. Niske koncentracije peluda šaševa - *Cyperaceae* kao i lokalni ekološki indikativni nepeludni palinomorfi govore više u prilog zasušivanju creta tijekom ovog razdoblja. Naime, najprisutnije vrste gljiva u ovoj podzoni, *Byssothecium circinans* (HdV-16B), *Brachysporium* (HdV-360) i *Diporothea webbiae* (HdV-143) govore u prilog zasušivanju creta. *Byssothecium circinans* (HdV-16B) je gljiva koja izbjegava visoku razinu vode (van Geel 1978), a indikator je prisutnosti drveta u supstratu (Montoya i sur. 2010) i uobičajena je u tresetu porijeklom od beskoljenke - *Molinia*. *Brachysporium* (HdV-360) je indikator johe na staništu (Barthelmes i sur. 2012), a *Diporothea webbiae* (HdV-143) se uočava u tresetištima obraslima johom ili u onima kojima dominiraju šaševi, a najvjerojatniji domaćin gljivici je joha - *Alnus* (Cugny i sur. 2011) ili paprat močvarna zelenka - *Thelypteris palustris* (van Geel i Aptroot 2006, Hawksworth i sur. 2016). Malim udjelom, ali kontinuiranom trostoljetnom zastupljenošću odlikuje se gljivica HdV-496 čiji se nalazi pripisuju tresetištima porijeklom od beskoljenke - *Molinia*. Iz jaružica ove zone vjerojatno potječu spermatorfi kopepodnih račića, a s manjim udjelom je uočena i alga *Spirogyra*. Udjeli ameba roda *Assulina* su niski, ali njihova pojava indikativna je za nisku razinu nutrijenata, kakvi prevladavaju u siromašnim minerotrofnim cretovima (van Geel i sur. 1989) te indiciraju suhu fazu creta (Schnitche i sur. 2003). Iako se drastičan pad udjela peluda johe ne može posve bez svake sumnje razjasniti sušim uvjetima na staništu i učestalim požarima, sve navedeno pospješuje uvjerenje da u Zoni 3a prevladavaju procesi ombrotrofije (porast udjela maha tresetara - *Sphagnum*) nasuprot minerotrofiji (niski udjeli šaševa - *Cyperaceae* i johe - *Alnus*) što se ogleda i u sastavu vrsta/tipova gljiva (*Byssothecium circinans* HdV-16B, *Brachysporium* HdV-360, *Diporothea webbiae* HdV-143, *Gelasinospore*) i okućenih ameba (*Assulina seminulum* i *Assulina muscorum*).

Mlađi subatlantik i početak najmlađeg subatlantika ~1300. pos. Kr. do 1935. pos. Kr., 45-5 cm dubine

Peludna Zona 3b – *Poaceae* - *Carpinus* - (*Quercus* - *Fagus*), preteže lokalna vegetacija šaševa - *Cyperaceae* te lokalna zona ekološki indikativnih nepeludnih palinomorfa *Byssothecium circinans* (HdV-16B) u donjem dijelu i amebe roda *Assulina* u vršnom dijelu sedimenta.

Regionalno zonu karakteriziraju slični udjeli četiriju palinoloških vrsta: trave - *Poaceae*, graba - *Carpinus*, hrasta - *Quercus* i bukve - *Fagus*, a visok je i udio lijeske - *Corylus* i bora - *Pinus*. Udio arborealnog polena je nizak za područje koje klimazonalno pripada šumskoj vegetaciji. Porast udjela peluda nekih vrsta drveća i grmlja, poput lijeske i bora, može ukazivati na krčenje šuma (izlučivanjem stabala ili paljenjem) što onda otvara prostor razvoju šikara i pospješuje udio svjetloljubivih pionirskih vrsta (Kolar i sur. 2016, Kulkarni 2016). U peludnom dijagramu se prvi put pojavljuje palinomorfi primarnih antropogenih indikatora: pelud žitarica - *Cerealia*. U ovoj zoni orah - *Juglans*, kao primjer arborikulture, prvi puta čini kontinuiranu krivulju pojavljivanja, kao i *Xanthium spinosum* tip (vrste *Xanthium spinosum* i *Ambrosia artemisiifolia*), lobodnjače - *Chenopodiaceae* i, nešto kasnije, pelin - *Artemisia*, antropogeni indikatori koji ukazuju na ispašu, ratarstvo ili općenito na zemljište utjecano čovjekom (Behre 1981, Court-Picon i sur. 2006, Li i sur. 2008, Brun 2011). Pojavljuje se i pelud vinove loze - *Vitis* (sredina prve polovice 17. st.) i heljde - *Fagopyrum* (kraj druge polovice 19. st.) kao indikatori prebivanja čovjeka i njegovih gospodarskih aktivnosti na području koje predstavlja relevantan izvor peluda. Najveći udjel peluda odnosi se na trave - *Poaceae* pa iako ne možemo razlikovati pelud arenateretalnih od molinietalnih travnjaka ili tršćaka, veliki broj peludnih tipova indikativnih za antropogeni pritisak sugerira da je u ovoj zoni niski udio arboretalnog peluda manje rezultat mogućeg zaraštavanja creta travama, a više rezultat krčenja šuma i pretvaranja šumskih sastojina u pašnjake, livade košanice ili obradive površine za sadnju biljnih kultura. Ovakve su promjene i očekivane jer u neposrednoj blizini creta u dolazi do porasta gospodarske aktivnosti izgradnjom cistercitskog samostana u Topuskom i izgradnjom katoličke crkve na Nikolinom brdu tijekom 13. st., što pruža osnovu za razvitak naselja koje ubrzo prerasta u trgovište (Borić i Dumbović 2008). Godine 1303. osnovan je i samostan na Petrovcu (Petrova gora), a nedaleko od Blatuše nalazio se znameniti grad Perna, kojemu su još 1225. g. dodijeljene kraljevske povlastice (Škiljan 2007). Prema povelji stanovnici Perne imaju pravo na sjeću drveća za grijanje ili gradnju kuća, kao i sadnju vinograda na brežuljcima Gradišće i Žalac. Gorički arhiđakonat, čijem rubnom području pripada samo područje istraživanja, u prvoj polovici 14. st. brojio je 42 crkve (Novak 2011). Sve to ukazuje na pojačanu gospodarsku aktivnost tijekom razvijenog srednjeg vijeka koja se ogleda i u porastu peluda antropogenih

indikatora. Primjerice, suličasti trputac - *Plantago lanceolata* tip kao indikator pašnjaka čini kontinuiranu krivulju od samog početkom 13. st. kojoj se pridružuje kontinuirano i značajnije pojavljivanje peluda oraha - *Juglans* na prijelazu 13./14. st. i na prijelazu 14./15. st. kontinuirano i značajnije pojavljivanje peluda dikice - *Xanthium spinosum* tip i lobodnjača - *Chenopodiaceae*, kao uobičajenih korovnih vrsta u ratarstvu. Prvi nalazi peluda žitarica - *Cerealia* datirane su u sami početak 15. st. Sve ovo govori u prilog gospodarskom prosperitetu ovog područja u razdoblju razvijenog/kasnog srednjeg vijeka, kao i vjerojatnije značajnijem naseljavanju stanovnika na područje Perne i Topuskog. Međutim, uslijed turskih upada trgovište Topusko počinje propadati već u drugoj polovini 15. stoljeća, kada općenito zamire trgovina dolinom rijeke Une (Adamček 1980), a poznate su i opsade Perne početkom 16. st. da bi na koncu grad bio spaljen godine 1558. g. (Škiljan 2007). Premda se razdoblje osmanlijskih osvajanja dovode u vezu sa pustošenjem graničnog područja koje se ne smije shvatiti kao jasno definirana linija već prije kao pojas „ničije zemlje“ (Vlašić 2017), iz peludnih dijagrama s Blatuše nije vidljivo ono što se zasigurno na najvećim dijelom pograničnog područja i događalo: „Pljačkaški pohodi (tzv. akini) i ratna pustošenja doveli su do depopulacije, a potom i do deagrarizacije prostora. Zapravo, cijeli ciklički niz zbivanja determinirao je ove devastacijske pojave: ratna pustošenja - depopulacija - opadanje zemljoradnje preobrazba prirodne okoline (napose po pitanju vegetacije)“ (Šarić 2003). Premda je broj izbjeglog stanovništva zasigurno bio velik, kao i broj poginulih osoba što se odražavalo na gospodarsku aktivnost, nesumnjivo da je od strane Osmanlija zaposjednute utvrde valjalo održavati te je u njima boravila vojska, kao što su se i kršćanske utvrde dodatno, tijekom sukoba, utvrđivale. Stalno prisutnu vojsku valjalo je nahraniti pa se čini da vjerojatnu depopulaciju prostora nije pratila istovremeno napuštanje poljoprivredne proizvodnje ili razmjerni pad agrarnih aktivnosti povezan s procesom depopulacije. Očigledno je potreba održavanja borbeno spremene vojske nužno od kmetova i seljaka zahtijevala održavanje stočnog fonda, a djelomice i ratarske proizvodnje, na prostoru između rijeka Kupe i Une te općine Vojnića i grada Gline, koje smo definirali kao područje relevantno za izvor peluda. To je možda dovelo čak i do porasta, barem lokalno, gospodarskih aktivnosti. Uostalom, prostor između Kupe i Une tijekom kasnog srednjeg i ranog novog vijeka je vjerojatno bilo među najgušće naseljenim područjima Ugarsko-hrvatskoga kraljevstva uopće (Vedriš 2016), a pojava većeg broja peludnih tipova povezanih s antropogenim pritiskom govori u prilog navedenoj tvrdnji. Krivulje većine antropogenih indikatora pokazuju kontinuiranost pojavljivanja biljnih vrsta vezanih uz ispašu ili ratarstvo. Diskontinuirano pojavljivanje peluda žitarica - *Cerealia* možda upućuje na značajnije okretanje stanovništva stočarskoj proizvodnji tijekom 18. st., premda prekid u palinološkom dijagramu

može biti povezan i s izmicanjem oranica podalje od samog creta, kao i transportom peluda i tafonomskim procesima koji su utjecali na prezervaciju istog. Uostalom, činjenica je da nakon 1683. g. dolazi do povlačenja Osmanlija prema Bosni, a na oslobođeno području se doseljava vlaško stanovništvo (Škiljan 2007). Izgradnja pravoslavne crkve tijekom 18. st. u Perni, Boviću, Kirinu, itd. (Škiljan 2007) ukazuje na značajnije doseljavanje i povećanje udjela pravoslavnog stanovništva na području Pokuplja i Pounja. Kako je vlaško stanovništvo bilo dominantno stočarsko, moguće je da upravo entička promjena stanovništva dovodi do zapostavljanja ratarstva (Hasičić 2004). Uostalom, Vojna krajina tijekom 19. st. imala je bolje razvijeno stočarstvo nego Hrvatska, a značajno se razvilo voćarstvo, posebice uzgoj šljiva (Pavličević 1988). Tijekom 19. st. Vojna krajina bila je među posljednjima u Habsburškoj Monarhiji/Austro-Ugarskom Carstvu po površini šuma, dočim je 1. banska pukovnija, sa sjedištem u Glini, gustoćom stanovnika bila najnapučenija u cijeloj Vojnoj krajini (Pavličević 1988), a takvo populacijsko kretanje stanovnika i s time povezana gospodarska aktivnost podržavaju smanjene udjela arborealnog peluda u sedimentu i više vrijednosti udjela kultiviranih, ruderalnih i korovnih vrsta.

Lokalna vegetacija upućuje na proces zamočvarenja creta. Osim značajnog porasta udjela šaševa - *Cyperaceae*, u jednom poduzorku je utvrđena pojava klasastog krocnja - *Myriophyllum spicatum*. Vjerojatno je uslije pojačane količine oborina (malo ledeno doba proteglo se svojim trajanjem glavninom ove zone), izljeva potoka ili možda uslijed gorenja treseta bilo formirano vodno tijelo koje se ubrzo ispunilo sedimentom. Prisutne alge *Spirogyra*, *Zygnema* te dijatomeje govore o fluktuaciji vode i vjerojatno postojanju plićeg vodnog tijela/depresije ispunjene vodom koja je podržavala populacije algi.

Nepeludni palinomorfi ukazuju da se od kraja 17. st. na samoj mikrolokaciji uzorkovanja jezgre odvijaju procesi ombrotrofije i smanjenja vlažnosti te su u gornjoj polovici Zone 3b prisute populacije okućenih ameba *Assulina muscorum* i *Assulina seminulum*, karakterističnih za sušu fazu creta (Schnitche i sur. 2003). Osim njih, udjelom se ističu gljive *Glomus*, HdV-932 i ostaci paučnjaka Acari - Oribatei (HdV-36). Premda se potonji uzimaju kao općeniti indikatori cretova zaraslih jonom - *Alnus* ili brezom - *Betula* te ih se povezuje sa nagomilanim listincem na tlu, trulom drvnom masom, a učestalo se nalaze u mahovinama, bez preciznije identifikacije (najbolje do razine vrste) ne mogu se koristiti kao vjerodostojni ekološki indikatori (Schelvis i van Geel 1989).



Iako se promjene u biljnom pokrovu na ekstralokalnoj i regionalnoj razini koriste za razumijevanje klimatskih promjena, palinološka analiza temeljena na jednoj jezgri, zbog složene interakcije 'čovjek – vegetacija – klima' ne omogućuje donošenje zaključaka o kretanju temperature i promjena u količini i/ili režimu padalina kao najbitnijim klimatskim obilježjima. Ipak, temeljem promjena u sastavu lokalne vegetacije te ekološki indikativnih nepeludnih palinomorfa moguće je utvrditi promjene u hidrološkom režimu, a djelomično i trofičke uvjete na samoj mikrolokaciji istraživanja. O tome je već podosta rečeno u samoj Raspravi, a sažeti prikaz dan je na Slici 45.

DUBINA	STAROST (BP)	STAROST (AD/BC)	LOKALNA VEGETACIJA	HIDROLOGIJA	EKOLOŠKI INDIKATIVNI NPP-ovi	TROFIJA	LOKALNA VEGETACIJA	LOKALNI POŽARI	EKOLOŠKI INDIKATIVNI NPP-ovi
5-10	62	1888. AD	CYPERACEAE	↑	ASSULINA	↓	↑	↑	ASSULINA
10-15	141	1809. AD		↓					
15-20	219	1731. AD							
20-25	298	1652. AD							
25-30	377	1573. AD							
30-35	456	1494. AD	SPHAGNUM - POLYPODIALES	↓	BYSSOTHECIUM CIRCINANS (HdV-16B)	↑	↑	BYSSOTHECIUM CIRCINANS (HdV-16B)	
35-40	535	1415. AD							
40-45	614	1336. AD							
45-50	692	1258. AD							
50-55	771	1179. AD							
55-60	850	1100. AD							
60-65	967	983. AD							
65-70	1083	867. AD							
70-75	1200	750. AD							
75-80	1317	633. AD							
80-85	1433	517. AD	POLYPODIALES - SPHAGNUM	↓	GLOMUS - SPIROGYRA	↓	↓	GLOMUS - SPIROGYRA	
85-90	1550	400. AD							
90-95	1666	284. AD							
95-100	1783	167. AD							
100-105	1900	50. AD							
105-110	2016	66. BC							
110-115	2133	183. BC							
115-120	2250	300. BC							
120-125	2366	416. BC							
125-130	2483	533. BC							
130-135	2600	650. BC							
135-140	2716	766. BC							
140-145	2833	883. BC	CYPERACEAE - POLYPODIALES	↑	HdV-179 - SPIROGYRA	↑	↑	HdV-179 - SPIROGYRA	
145-150	2950	1000. BC							
150-155	3066	1116. BC							
155-160	3183	1233. BC							
160-165	3299	1349. BC							
165-170	3416	1466. BC							
170-175	3533	1583. BC							
175-180	3649	1699. BC							
180-185	3766	1816. BC							
185-190	3883	1933. BC							
190-195	3999	2049. BC							
195-200	4116	2166. BC							
200-205	4233	2283. BC							
205-210	4349	2399. BC							

Slika 45. Promjene lokalnog hidrološkog režima, trofije i broja pougljenjenih čestica

## 6. ZAKLJUČCI

Sedimentološke, geokemijske i palinološke analize, uz AMS datiranje organskih uzoraka temeljem izotopa  $^{14}\text{C}$ , omogućile su rekonstrukciju paleookoliša Blatuše i određivanje promjena u biljnom pokrovu, tj. dinamike vegetacije tijekom razdoblja subboreala i subatlantika (kasni holocen), čime je potvrđena hipoteza ovog istraživanja.

Analiza sedimenta jezgre, dužine 210 cm, omogućila je razlikovanje minerogenog dijela jezgre (160-210 cm), s dominacijom gline i organogenog dijela jezgre (0-160 cm), s dominacijom treseta. Minerogeni dio jezgre ima iznimno nizak postotni udio ukupnog (organskog) ugljika i dušika, što indicira izmjenu oksičnih i anoksičnih uvjeta, vjerojatno povezanih s periodičkim plavljenjima i/ili dužim zadržavanjem vode na staništu, uz povremena zasušivanja sedimenta. Omjer C/N ne pokazuje razliku između minerogenog i organogenog dijela creta jer se duž većeg dijela jezgre (dubine 40-210 cm) kreće između 21 i 31, što su vrijednosti karakteristične za močvarna staništa, odnosno minerotrofna tresetišta s dominacijom trava i šaševa. Površinskih 40 cm jezgre pokazuje značajno veće vrijednosti C/N omjera, koje se približavaju onima karakterističnima za ombrotrofna tresetišta s dominacijom maha tresetara - *Sphagnum*. Dominiraju umjereno kiseli supstrati (pH 4.5 - 5.5), naročito u minerogenom dijelu jezgre, a površinskih 10 cm čine kiseli sedimenti (pH < 4.5), s dominacijom maha tresetara - *Sphagnum*.

Određivanje starosti organskih uzoraka (datiranje) metodom radioaktivnog izotopa  $^{14}\text{C}$ , uz program CLAM, napravljena je linearna interpolacija te je dobiven model „dubina-starost“ koji sediment 210 cm duboke jezgre procjenjuje na ~ 4 500 kalibriranih godina starosti. Dakle, najdublji poduzorak jezgre potječe iz razdoblja ~2 450. g. pr. Kr., što potvrđuje da se sve analizirane promjene u kvalitativnom i kvantitativnom sastavu palinomorfa odnose na razdoblje kasnog holocena, točnije obuhvaćaju razdoblja subboreala i subatlantika.

U sedimentu Blatuše prebrojano je ukupno 31.036 peludnih palinomorfa, 1.318 nepeludnih palinomorfa te 9.436 pougljenjenih čestica regionalnog i 4.534 čestica lokalnog požara. Kvalitativnom analizom utvrđeno je 76 tipova peludnih palinomorfa, od kojih 64 pripada regionalnim, a 12 lokalnim peludnim tipovima. Utvrđeni su i ekološki indikativni nepeludni palinomorfi koji obuhvaćaju 42 svojte svrstane u različite taksonomske/ekološke grupe: amebe, alge, virnjaci, kolnjaci, dugoživci, člankonošci, gljive i akritarhi. Različiti postotni udjeli palinomorfa, analizirani ConSLink i CONISS statističkom metodom, omogućili su biostratigrafsko zoniranje jezgre u peludne zone akumuliranih regionalnih peludnih

palinomorfa, peludne zone lokalne vegetacije i zone ekološki indikativnih nepeludnih palinomorfa.

Utvrđeni regionalni peludni palinomorfi čine sljedeće akumulacijske zone:

Zona 1 (dubina 175 - 210 cm, kasni subboreal, od ~2450. pr. Kr. do ~1650. pr. Kr) predstavljena je vegetacijom *Pinus - Fagus - (Ulmus)*. Udio arborealnog peluda je ~ 85 %, a peludno bogatstvo čini 41 palinološka vrsta što upućuje na mozaik šuma i nešumskih staništa i/ili djelomično otvoren šumski sklop. Visoki je udjel četinjača u kojima bor čini 78 % peludnog doprinosa. Požari su u ovoj zoni učestali, kontinuirani, a visoki udjel pougljenjenih čestica karakterističnih za regionalne (< 100 µm) ili lokalne požare (> 100 µm) sugerira možebitnu lokalnu prisutnost bora na istraživanom području. Pelud žitarica - *Cerealia* nije utvrđena, a udio sekundarnih antropogenih indikatora je <1%. Ipak, višestoljetna kontinuirana prisutnost vrsta karakterističnih za livade košanice, poput ljekovite krvare - *Sanguisorba officinalis* ili onih kojima poljopriveda niskog intenziteta pogoduje, poput preskoča ili preskočice - *Succisa* tip, ukazuje na mogući veći antropogeni pritisak no što se iščitava iz udjela sekundarnih antropogenih indikatora. Ove vrste bi vjerojatno trebalo smatrati indikativnima za prisutnost poljoprivredne proizvodnje brončanodobnih zajednica.

Zona 2 (dubina 85 - 175 cm, stariji i mlađi subboreal te stariji subatlantik, od ~1650. pr. Kr. do ~450. pos. Kr) predstavljena je vegetacijom *Fagus - Alnus*. Udio arborealnog peluda iznosi ~ 96 %, a peludno bogatstvo čini 45 palinoloških vrsta što upućuje na značajno povećanje udjela šumskih sastojina na području Korduna, Pokuplja, Banovine i Pounja i/ili zatvoreniji šumski sklop na samom području današnjeg creta. Požari su rijetki i nekontinuirani. Premda povećani udio peluda johe može sugerirati vlažnije uvjete na širem području, geomorfologija reljefa sugerira ujedno i lokalni karakter ove vrste, a njezino se širenje može dovesti u vezu s promjenom hidrološkog režima na samom području istraživanja (točnije pad vodnog stupca ili kraće zadržavanje poplavne vode na blatuškom bazenu). Primarni antropogeni indikatori nisu utvrđeni, a sekundarni su prisutni s < 1%. Sve navedeno sugerira pad antropogenog pritiska, ali ovu indiciju treba uzeti uz stanoviti oprez, jer je broj palinoloških vrsta nešto veći u odnosu na Zonu 1.

Zona 3a (dubina 45 - 85 cm, stariji i srednji subatlantik i sam početak mlađeg subatlantika, od ~450. pos. Kr. do ~1300. pos. Kr) predstavljena je vegetacijom *Poaceae - Fagus - (Quercus)*. Udio arborealnog peluda iznosi 73 %, ali niska vrijednost peludnog bogatstva (34 palinološke vrste) upućuje manje na heterogenost staništa, a više na snažniju zastupljenost komponenti lokalne vegetacije. Požari su u ovoj zoni česti i kontinuirani, a smanjenje udjela drvenastih

vrsta pogoduje širenju zeljastih biljaka. Najveći udio u palinološkom dijagramu imaju trave - Poaceae, međutim ujednačeni porast i veliki udio pougljenjenih čestica regionalnih i lokalnih požara sugerira da je i samo područje creta bilo opožarivano te pelud trava vjerojatno predstavlja više lokalnu nego regionalnu komponentu. Primarni antropogeni indikatori nisu utvrđeni, a sekundarni su prisutni s udjelom < 1 %. Mali broj palinoloških vrsta uz istovremeno niski udjel antropogenih indikatora upućuju na slab antropogeni pritisak što udio arborealnog peluda dovodi više u vezu s lokalnim zbivanjima (gorenje lokalnih šuma i otvaranje samog tresetišta različitim vrstama trava, vjerojatnije zaraštavanjem beskoljenkom - *Molinia*) nego regionalnim stanjem vegetacije.

Zona 3b (dubina 5 - 45 cm, mlađi i najmlađi subatlantik, od ~1300. pos. Kr. do 1935.g. pos. Kr.) predstavljena je vegetacijom Poaceae - *Carpinus* - (*Quercus* - *Fagus*). Udio arborealnog peluda iznosi 71 %, a peludno bogatstvo čine 52 palinološke vrste što upućuje na krčenje šuma i povećanje heterogenosti staništa (izmjena šumskih sastojina, travnjaka i kultiviranih površina). Požari su nešto rjeđi, a količina pougljenjenih čestica manja nego u prethodnoj podzoni. Najveći udio u palinološkom dijagramu imaju trave - Poaceae, što uz niži udjel arborealnog peluda i istovremeno značajno palinološko bogatstvo snažno indicira antropogeni pritisak na biljni pokrov. Utvrđena je prisutnost peluda žitarica - *Cerealia*, vinove loze - *Vitis* i heljde - *Fagopyrum*, a sekundarni antropogeni indikatori prisutni su s udjelom od 8 %, s naglašenim udjelom dikice - *Xanthium spinosum* tip.

Istraživanjem su utvrđene i sljedeće zone akumulacije palinomorfa lokalne vegetacije:

LPZ1 zona (dubina 180 - 210 cm, kasni subboreal, od ~2450. pr. Kr. do ~ 1750. g. pr. Kr.) predstavljena je vegetacijom Cyperaceae - Polypodiales. Dominacija vrsta porodice Cyperaceae ukazuje na uvjete opterećenja sedimenta vodom, a visoki udjeli akritarha HdV-179 i alge *Spirogyra*, karakterističnih za mezotrofno-eutrofne plićake koji periodički presušuju, upućuju na postojanje uvjeta koji podržavaju močvarnu vegetaciju. Udjeli spora maha tresetara - *Sphagnum* su niski te linija njegovog palinološkog dijagrama nije kontinuirana, što ukazuje da današnje područje creta u razdoblju kasnog subboreala predstavlja ili plavljeno močvarno područje ili minerogeni cret, ali s dominacijom šaševa i/ili trava dok su tipične cretne vrste prisutne manjom pokrovnošću. Na prijelazu zone LPZ1 i LPZ2a utvrđena je pelud akvatičkih vrsta: klasastog krocnja - *Myriophyllum spicatum* i lopoča - *Nymphaea*, što upućuje na postojanje vodnog tijela s otvorenom vodenom površinom.

LPZ 2a zona (dubina 90 - 180 cm, stariji i mlađi subboreal te starij subatlantik, od ~1750. pr. Kr. do ~350. pos. Kr.) predstavljena je vegetacijom Polydiales - *Sphagnum*. Unutar zone LPZ2a dolazi do porasta udjela spora maha tresetara, uz relativnu dominaciju spora papratnjača.

LPZ 2b zona (dubina 40 - 90 cm, stariji i srednji subatlantik i sam početak mlađeg subatlantika, od ~350. pos. Kr. do ~1380. pos. Kr.) predstavljena je vegetacijom *Sphagnum* – Polydiales. Unutar te zone spore maha tresetara imaju relativnu dominaciju, što govori o porastu ombrotrofnih uvjeta na staništu.

LPZ3 (dubina 5 - 40 cm, mlađi i najmlađi subatlantik, od ~1300. pos. Kr. do 1935.g. pos. Kr. - predstavljena je vegetacijom Cyperaceae, što upućuje na porast vodnog lica, što uz prisutnost peluda klasastog krocnja - *Myriophyllum spicatum* u jednom poduzorku, ukazuje i na kratkotrajno formiranje vodnog tijela, vjerojatno dublje depresije ispunjene vodom.

Istraživanjem su utvrđene i sljedeće zone akumulacije ekološki indikativnih nepeludnih palinomorfa:

EINPP1 (dubina 165 - 210 cm, kasni subboreal, od ~2450. pr. Kr. do ~ 1400. g. pr. Kr.) predstavljena je akritarhom HdV-179 i algom *Spirogyra*.

EINPP2 (dubina 100 - 165 cm, mlađi subboreal i kasni subatlantik, od ~1400. g. pr. Kr. do ~120. g. pos. Kr.) predstavljena gljivom *Glomus* i algom *Spirogyra*.

EINPP3 (dubina 25 - 100 cm, kasniji, srednji i mlađi subatlantik, od 120. g. pos. Kr. do 1620. g. pos. Kr.) predstavljena je gljivom *Bysothecium circinans* (HdV-16B).

EINPP4 (dubina 5 - 25 cm, mlađi i najmlađi subatlantik, od ~1620. pos. Kr. do 1935. g. pos. Kr.) predstavljena je okućenim amebama roda *Assulina*.

Pad udjela alge *Spirogyra*, koja je doduše u zoni EINPP2 još uvijek prisutna velikim udjelom, uz istovremeni porast udjela gljive *Glomus* u zoni EINPP2 te *Bysothecium circinans* (HdV-16B) u zoni EINPP3, zajedno s porastom udjela gljiva i akritarha upućuje na dinamiku hidrološkog režima (plavljenje i zasušivanje). Na samoj mikrolokaciji uzorkovanja sedimenta zamjetna je tendencija pada vlažnosti u razdoblju od mlađeg subboreala do današnjice, na što upućuju NPP-ovi indikativni za zaraštanje creta travama, vjerojatno beskoljenkom - *Molinia* ili drvećem, vjerojatno johom - *Alnus*, uz povremena postojanja jaružica ili depresija ispunjenih vodom. Značajni udjeli okućenih ameba EINPP4 zone u vršnih 25 cm sedimenta suprostavljaju se uznapredovaloj minerotrofiji blatuškog bazena tijekom LPZ3 zone, a vrste *Assulina muscorum* i *Assulina seminulum* ukazuju na kontinuiranu sušu fazu na samoj mikrolokaciji uzorkovanja sedimenta, koja traje od sredine prve polovice 17. st. do danas, premda udjeli lokalne vegetacije upućuju na suprotan hidrološki obrazac.

## 7. LITERATURA

- Adamček J (1980) Agrarni odnosi u Hrvatskoj od sredine XV. do kraja XVII. stoljeća. Sveučilišna naklada Liber, Zagreb
- Adámek M, Bobek P, Hadincová V, Wild J, Kopecký M (2015) Forest fires within a temperate landscape: A decadal and millennial perspective from a sandstone region in Central Europe. *Forest Ecology and Management* 336: 81-90
- Alegro A, Šegota V (2008) Florističke i vegetacijske značajke Botaničkog rezervata "Đon močvar" u Blatuši. Državni zavod za zaštitu prirode. Zagreb
- Alegro A, Šegota V (2009) Mahovi tresetari i njihova staništa u Hrvatskoj. Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb
- Alexandrovsky AL, Chichagova OA (1998) Radiocarbon age of Holocene palaeosols of the East European forest – steppe zone. *Catena* 34: 197–207
- Andersen ST (1970) The relative pollen productivity and pollen representation of North European trees, and correction factors for tree pollen spectra determined by surface pollen analyses from forests. *Danm Gcol Unders II* (96): 1-99
- Andrič M (2001) Transition to Farming and Human Impact on the Slovenian Landscape. Unpubl. PhD Thesis, University of Oxford
- Andrič M (2006) Prapoče pollen core and Holocene vegetation change in northern Istria. U: Miracle PT, Forenbaher Š (ur) Prehistoric Herders in Istria (Croatia): the Archaeology of Pupićina Cave. Archaeological Museum of Istria, Pula
- Andrič M (2007) Why were the Neolithic landscapes of Bela krajina and Ljubljana Marshes regions of Slovenia so dissimilar? *Documenta Praehistorica* 34: 177-189
- Andrič M, Massafiero J, Eicher U, Ammann B, Leuenberger MC, Martinčič A, Marinova E, Brancelj A (2009a) Multi-proxy Late-glacial palaeoenvironmental record from Lake Bled, Slovenia. *Hydrobiologia* 631: 121–141
- Andrič M (2009b) Holocenske paleoekološke in paleohidrološke razmere na Ljubljanskem barju – prispevek k diskusiji. *Arheološki vestnik* 60: 317-331
- Antonić O, Kušan V, Bakran-Petricioli T, Alegro A, Gottstein-Matočec S, Peternel H, Tkalčec Z (2005) Klasifikacija staništa Republike Hrvatske ([www.drypis.info](http://www.drypis.info))
- Azeez PA, Nadarajan NR, Mittal DD (2000) The impact of a monsoonal wetland on groundwater chemistry. *Pollution Research* 19(2): 249–255
- Bakrač K (2015) Where to look for palynomorphs? U: Marjanac Lj (ur) Book of Abstracts and excursion guidebook of the 4th Scientific meeting Quaternary geology in Croatia and Slovenia. Croatian Academy of Sciences and Arts, Zagreb

- Bałaga K (2007) Transformation of lake ecosystem into peat bog and vegetation history based on Durne Bagno mire (Lublin Polesie, E Poland). *Geochronometria* 29: 23-43
- Balbo AL, Andrič M, Rubinić J, Moscariello A, Miracle PT (2006) Palaeoenvironmental and archaeological implications of a sediment core from Polje Čepić, Istria, Croatia. *Geologia Croatica* 59(2): 107–122
- Balen-Letunić D (1985) Ostava kasnog brončanog doba iz Malicke. *Vjesnik Arheološkog muzeja u Zagrebu* 18(1): 35-44
- Bard E, Rostek F, Sonzogni C (1997) Inter-hemispheric synchrony of the last deglaciation inferred from alkenone palaeothermometry. *Nature* 385: 707-710.
- Barthelmes A, Prager A, Joosten H (2006) Palaeoecological analysis of *Alnus* wood peats with special attention to non-pollen palynomorphs. *Review of Palaeobotany and Palynology* 141: 33–51
- Battarbee RW, Carvalho VJ, Jones RJ, Flower G, Cameron N, Bennion H, Juggins S (2001) Diatoms. U: Smol JP, Birks HJB, Last W (ur) *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Vol. 3: Terrestrial, Algal, and Siliceous Indicators*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht
- Batten DJ (1996) Green and blue-green algae, 7C colonial chlorococcales. U: Jansonius J, McGregor DC (ur) *Palynology: principles and applications*. American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation.
- Bateman LE, Davis CC (1980) The Rotifera of hummock-hollow formations in a poor (mesotrophic) fen in Newfoundland. *Internationale Revue der Gesamten Hydrobiologie* 65: 127–53.
- Behre KE (1981) The interpretation of anthropogenic indicators in pollen diagrams. *Pollen et Spores* 23: 225-245
- Behrensmeyer AK, Kidwell SM (1985) Taphonomy's contribution to paleobiology. *Paleobiology* 11: 105-119
- Berg LS (1958) *Geographischen Zonen der Sowjetunion I*. Teubner Verlag, Leipzig
- Berger S, Gebauer G, Blodau C, KH Knorr (2017) Peatlands in a eutrophic world – Assessing the state of a poor fen-bog transition in southern Ontario, Canada, after long term nutrient input and altered hydrological conditions. *Soil Biology and Biochemistry* 114: 131-144
- Bertolani R, Rebecchi L (1993) A revision of the *Macrobotus hufelandi* group (Tardigrada, Macrobiotidae), with some observations on the taxonomic characters of eutardigrades. *Zoologica Scripta* 22:127-152
- Beug HJ (1962) Über die ersten anthropogenen Vegetationsveränderungen in Süddalmatien an Hand eines neuen Pollendiagrammes vom »Malo Jezero« auf Mljet. *Veröff Geobot Inst Stiftung Rübel, Zürich* 37: 9–15

- Beug HJ (1977) Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen im Küstenbereich von Istrien (Jugoslawien). *Flora* 166: 357–381
- Beug JH (2015) Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete. Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München
- Billeter R, Peitinger M, Diemer M (2007) Restoration of montane fen meadows by mowing remains possible after 4–35 years of abandonment. *Botanica Helvetica* 117: 1–13
- Binda MG, Pilato G (1999) *Dactylobiotus lombardoi* sp. n. (Eutardigrada: Macrobiotidae) from Tierra del Fuego, with a key to the *Dactylobiotus*-species. *Zoologischer Anzeiger* 238: 147–15
- Biserov VI (1998) Tardigrades of the Caucasus with a taxonomic analysis of the genus *Ramazottius* (Parachela: Hysibiidae). *Zoologischer Anzeiger* 236: 139–159
- Birks HJB, Line JM, Juggins S, Stevenson AC, ter Braak CJF (1990) Diatoms and pH reconstruction. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Biological Sciences* 327: 263–278
- Blackmore S (2007) Pollen and spores: Microscopic keys to understanding the earth's biodiversity. *Plant Systematics and Evolution* 263: 3-12
- Blaauw M (2010) Methods and code for „classical“ age-modeling of radiocarbon sequences. *Quaternary Geochronology* 5: 512-518
- Bonn S, Poschod P (1998) *Ausbreitungsbiologie der Pflanzen Mitteleuropas*. Quelle & Meyer, Wiesbaden
- Bonnet L (1973) Le Peuplement Thecamoebien des Mousses Corticoles. *Protistologica* 9: 319-338
- Booth RK 2002. Testate amoebae as paleoindicators of surface-moisture changes on Michigan peatlands: modern ecology and hydrological calibration. *Journal of Paleolimnology* 28: 329-348
- Borić VJ, Dumbović BB (2008) Topusko – urbogeneza naselja. *Radovi Instituta za povijest umjetnosti* 32: 269-284
- Bradshaw RHW (1981) Modern pollen representation factors for woods in south-east England. *Journal of Ecology* 69: 45-70
- Bradshaw RHW (1988) *Spatially-precise studies of forest dynamics*. U: Huntley B, Webb T (ur) *Vegetation History III*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht
- Brajković D (2011) *Palinotaksonomska analiza fosilne flore okolice Podsuseda*. Doktorska disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu
- Brande A (1973) Untersuchungen zur postglazialen Vegetationsgeschichte im Gebiet der Neretva-Niederung (Dalmatien, Herzegowina). *Flora* 162: 1–44
- Braun-Blanquet J (1928) *Pflanzensoziologie. Gründzuge der Vegetationskunde*. Springer Verlag, Berlin



- Breitenlechner E, Hilber M, Lutz J, Kathrein Y, Unterkircher A, Oeggel K (2010) The impact of mining activities on the environment reflected by pollen, charcoal and geochemical analyses. *Journal of Archaeology Sciences* 37: 1458–1467
- Briggs DEG, Evershed RP, Lockheart MJ (2000) The biomolecular paleontology of continental fossils. *Paleobiology* 26 (Suppl 4): 169–193
- Brodard A, Guibert P, Leveque F, Mathé V, Carozza L, Burens-Carozza A (2012) Thermal characterization of ancient hearths from the cave of Les Fraux (Dordogne, France) by thermoluminescence and magnetic susceptibility measurements. *Quaternary Geochronology* 10: 353-358
- Broder K, Blodau C, Biester H, Knorr KH (2012) Peat decomposition records in three pristine ombrotrophic bogs in southern Patagonia. *Biogeosciences* 9: 1479–1491
- Bronk Ramsey C, Dee M, Lee S, Nakagawa T, Staff RA (2010) Developments in the calibration and modeling of radiocarbon dates. *Radiocarbon* 52 (2-3): 953-961
- Brooks J, Shaw G (1968) Identity of sporopollenin with older kerogen and new evidence for the possible biological source of chemicals in sedimentary rocks. *Nature* 220: 678-679.
- Brun C (2011) Anthropogenic indicators in pollen diagrams in eastern France: a critical review. *Vegetation History and Archaeobotany* 20: 135-142
- Brown KH, Bouwkamp JC, Goui FR (1998) The influence of the C:P ratio on the biological degradation of municipal solid waste. *Compost Science & Utilization* 6(1): 53-58
- Bróz E, Bielecki M (2008) Występowanie czarcikęsika Kluka *Succisella inflexa* (Kluk) Beck na Wyżynie Małopolskiej. *Chrońmy Przyrodę Ojczystą* 64(3): 14–25
- Brozović D, Kovačec A, Ravlić S (2009) Hrvatska enciklopedija. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, Zagreb
- Bühler CH, Schmid B (2001) The influence of management regime and altitude on the population structure of *Succisa pratensis*: implication for vegetation monitoring, *Journal of Applied Ecology* 38: 689-698
- Bunting MJ (2003) Pollen-vegetation relationships in non-arboreal moorland taxa. *Review of Palaeobotany and Palynology* 125: 285-298
- Bunting MJ, Gaillard M-J, Sugita S, Middleton R, Broström A (2004) Vegetation structure and pollen source area. *The Holocene* 14(5): 651-660
- Bunting MJ, Armitage R, Binney HA, Waller M (2005) Estimates of “relative pollen productivity” and “relevant source area of pollen” for major tree taxa in two Norfolk (UK) woodlands. *The Holocene* 15: 459–465
- Burrin PJ, Scaife RG (1984) Aspects of Holocene valley sedimentation and floodplain development in southern England. *Proceedings of the Geologists' Association* 95(1): 81-96

- Cabecinha E, Cortes R, Cabral JA, Ferreira T, Lourenço M, Pardal MA (2009) Multi-scale approach using phytoplankton as a first step towards the definition of the ecological status of reservoirs. *Ecological Indicators* 9: 240–255
- Cabezas A, Gelbrecht J, Zwirnmann E, Barth M, Zak D (2012) Effects of degree of peat decomposition, loading rate and temperature on dissolved nitrogen turnover in rewetted fens. *Soil Biology and Biochemistry* 48: 182–191
- Carrion JS, Navarro C (2002) Cryptogam spores and other non-pollen microfossils as sources of paleoecological information - case studies from Spain. *Annales Botanici Fennici* 39: 1-14
- Chanton JP, Powelson DK, Abichou T, Hater G (2008) Improved field methods to quantify methane oxidation in landfill cover materials using stable carbon isotopes. *Environmental Science & Technology* 42(3): 665-670
- Charman DJ, Aravena R, Bryant CL, Harkness DD (1999) Carbon isotopes peat, DOC, CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> in a Holocene peatland on Dartmoor, southwest England. *Geology* 127: 539-542
- Charman DJ, Hendon D, Woodland W (2000) The Identification of Testate Amoebae (Protozoa: Rhizopoda) in Peats. Quaternary Research Association Technical Guide 9. Quaternary Research Association, London
- Charman DJ, Warner BG (1992) Relationship between testate amoebae (Protozoa:Rhizopoda) and the micro-environmental parameters on a forested peatland in northeastern Ontario. *Canadian Journal of Zoology* 70: 2474-2482
- Christiansen B and Ljungqvist FC (2012) The extra-tropical Northern Hemisphere temperature in the last two millennia: Reconstructions of low-frequency variability. *Climate of the Past* 8: 765–786
- Claxton SK (1998) A revision of the genus *Minibiotus* (Tardigrada: Macrobiotidae) with descriptions of eleven new species from Australia. *Records of the Australian Museum* 50: 125–160.
- Clymo RS (1973) The growth of *Sphagnum*: some effects of environment. *Journal of Ecology* 61 849–69
- Clymo RS, Mackay D (1987) Upwash and downwash of pollen and spores in the unsaturated surface layer of *Sphagnum*-dominated peat. *New Phytologist* 105: 175–83
- Cook EJ, van Geel B, van der Kaars S, van Arkel J (2011) A review of the use of non-pollen palynomorphs in palaeoecology with examples from Australia. *Palynology* 35(2): 155–178
- Court-Picon M, Buttler A, de Beaulieu JL (2006) Modern pollen/vegetation/land-use relationships in mountain environments: An example from the Champsaur valley (French Alps). *Vegetation History and Archaeobotany* 15: 151–168
- Covich AP, Thorp JH (1991) Crustacea: Introduction and Peracarida. U: Thorp JH i Covich AP (ur), *Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates*. Academic Press, San Diego.

- Cromer L, Gibson JAE, McInnes SJ (2008) Tardigrade remains from lake sediments. *Journal of Paleolimnology* 39: 143–150.
- Cugny C, Mazier F, Galop D (2010) Modern and fossil non-pollen palynomorphs from the Basque mountains (western Pyrenees, France): the use of coprophilous fungi to reconstruct pastoral activity. *Vegetation History and Archaeobotany* 19: 391-408
- Culiberg M, Šercelj A (1981) Pollen analyses of the sediments of Plitvička jezera (Lakes of Plitvice). *Acta Botanica Croatica* 40: 147–154
- Culiberg M, Šercelj A (1994) Palinološke raziskave v Nacionalnem Parku Plitvice. Razprave, Slovenska Akademija Znanosti in Umetnosti, Razred za Naravoslovne Vede, Ljubljana
- Cumming BF, Smol JP, Kingston JC, Charles DF, Birks HJB, Camburn KE, Dixit SS, Uutala AJ, Selle AR (1992) How much acidification has occurred in Adirondack region lakes (New York, USA) since pre-industrial times? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 49: 128–141
- Currier PJ, Kapp RO (1974) Local and regional pollen rain components at Davis Lake, Montcalm County, Michigan. *Michigan Academician* 7: 211-225
- Curtis CJ, Flower R, Rose N, Shilland J, Simpson GL, Turner S, Yang H, Pla S (2010) Palaeolimnological assessment of lake acidification and environmental change in the Athabasca Oil Sand Region, Alberta. *Journal of Limnology* 69: 92–104
- Cushing EJ (1966) Evidence for differential pollen preservation in Late Quaternary sediments in Minnesota. *Review of Palaeobotany and Palynology* 4: 87–101
- Damblon F (1992) Palaeobotanical analyses of *Eriophorum* and *Molinia* tussocks as a means of reconstructing recent history of disturbed mires in the Haute-Ardenne, Belgium. *Review of Palaeobotany and Palynology* 75: 273-288
- Damman WH (1979) Geographic Patterns in Peatland Development in Eastern North America. *Proceedings of the International Symposium on Classification of Peat and Peatlands*. International Peat Society, Hyytiälä
- Danesh DC, McCarthy FMG, Volik O, Drljapan M (2013) Non-pollen palynomorphs as indicators of water quality in Lake Simcoe, Ontario, Canada. *Palynology* 37: 231–245
- Daubenmire RF (1952) Forest vegetation of northern Idaho and adjacent Washington, and its bearing on concepts of vegetation classification. *Ecological Monographs* 22: 301-330
- Daubenmire RF (1953) Classification of the Conifer Forests of eastern Washington and Northern Idaho. *Northwest Science* 27: 17-24
- Davies RI, Coulson CB, Lewis DA (1964) Polyphenols in plant, humus and soils. *Journal of Soil Science* 15: 299-317
- Davis OK (1987) Spores of the dung fungus *Sporormiella*: increased abundance in historic sediments and before Pleistocene megafaunal extinction. *Quaternary Research* 28: 290-294

- Davis OK, Shafer DS (2006) Sporormiella fungal spores, a palynological means of detecting herbivore density. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 237(1): 40-50
- Dearing JA (1999) Environmental Magnetic Susceptibility: Using the Bartington MS2 System. British Library Cataloguing in Publication Data
- de Leeuw JW, Versteegh GJM, van Bergen PF (2006) Biomacromolecules of plants and algae and their fossil analogues. *Plant Ecology* 189: 209–233
- Dietre B, Gauthier E, Gillet F (2012) Modern pollen rain and fungal spore assemblages from pasture woodlands around Lake Saint-Point (France). *Review of Palaeobotany and Palynology* 186: 69–89
- Dietre B, Walser C, Lambers K, Reitmaier T, Hajdas I, Haas JN (2014) Palaeoecological evidence for Mesolithic to Medieval climatic change and anthropogenic impact on the Alpine flora and vegetation of the Silvretta Massif (Switzerland/Austria). *Quaternary International* 353: 3-16
- Dimbleby GW (1957) Pollen analysis of terrestrial soils. *New Phytologist* 56: 12-28
- Dimbleby GW (1985) *The Palynology of Archaeological Sites*. Academic Press, London
- Dixit AS, Dixit SS, Smol JP (1992) Long-term trends in lake water pH and metal concentrations inferred from diatoms and chrysophytes in three lakes near Sudbury, Ontario. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 49(1): 17–24
- Dodds WK (2002) *Freshwater Ecology - Concepts and Environmental Applications*. Accademic Press, San Diego
- Douglas MSV, Smol JP (2001) Siliceous protozoan plates and scales. U: Smol JP, Birks HJB, Last W (ur) *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Vol. 3: Terrestrial, Algal, and Siliceous Indicators*. Kluwer Academic Publishers, Dordecht
- Dreibrodt S, Bork HR (2005) Historical soil erosion an dlandscape development at Lake Belau (North Germany) – a comparison of colluvial deposits and lake sediments. *Zeitschrift für Geomorphologie* 139: 101–128
- Eckmeier E, Gerlach R, Gehrt E, Schmidt MWI (2007) Pedogenesis of Chernozems in Central Europe - A review. *Geoderma* 139(3-4): 288-299
- Efremov IA (1940) Taphonomy: new branch of paleontology. *Pan-American Geologist* 74: 81-93
- Ellis-Adam AC, van Geel B (1978) Fossil zygosporangia of *Debarya glyptosperma* (De Bary) Witttr. (Zygnemataceae) in Holocene sandy soils. *Acta Botanica Neerlandica*, 27: 389–396
- Erdtman G (1943) *An Introduction to Pollen Analysis*. Chronica Botanica Company, Waltham
- Erdtman G (1966) Sporoderm morphology and morphogenesis. A collection of data and suppositions. *Grana Palynologica* 6: 318-323

- Expósito I, Burjachs F, Allué E (2017) Filling in the gaps: The contribution of non-pollen palynomorphs to knowledge about the local environment of the Sierra de Atapuerca caves during the Pleistocene. *Quaternary International* 433A: 224-242
- Evans ME, Heller F (2003) *Environmental magnetism. Principles and applications of enviromagnetics* Academic Press, San Diego
- Evitt WR (1963) A discussion and proposals concerning fossil dinoflagellates, hystrichospheres and acritarchs. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 49: 158-164
- Fagan B (2000) *The Little Ice Age: How Climate Made History, 1300-1850*. Basic Books, New York
- Faegri K (1956) Recent trends in palynology. *Botanical Review* 22: 639-664
- Faegri K, Iversen J (1989) *Textbook of pollen analysis - 4<sup>th</sup> edition*. The Blackburn Press, Caldwell
- Fernández-López SR (2000) *Temas de Tafonomía*. Departamento de Paleontología, Universidad Complutense de Madrid, Madrid
- Feurdean A, Galka M, Kuske E, Tantau I, Lamentowicz M, Florescu G, Liakka J, Hutchinson SM, Mulch A, Hickler T (2015) Last Millennium hydro-climate variability in Central–Eastern Europe (Northern Carpathians, Romania). *The Holocene* 25(7): 1179-1192
- Flahault C, Schröter C (1910) *Phytogeographische Nomenklatur*. Berichte und Anträge 3, Third International Congress of Botany, Brussels, Belgium, 14-22
- Florenzano A, Mercuri AM, Carter JC (2013) Economy and environment of the Greek colonial system in southern Italy: pollen and npps evidence of grazing from the rural site of Fattoria Fabrizio (6th - 4th cent. BC; Metaponto, Basilicata). *Annali di Botanica* 3: 173–181
- Foissner W (1999) Protist Diversity: Estimates of the Near-Imponderable. *Protist* 150: 363-368
- Fredskild B, Wagner P (1974) Pollen and fragments of plant tissue in core samples from the Greenland Ice Cap. *Boreas* 3: 105-108
- Frey W, Lösch R (2010) *Geobotanik - Pflanze und Vegetation in Raum und Zeit*. 3. Auflage. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg
- Frenzel B (1983) Mires-repositories of climatic information or self-perpetuating ecosystems? U: Gore AJP (ur) *Ecosystems of the World 4A Mires*. Swamp, Bog, Fen, Moor, Elsevier, New York
- Fritzsche CJ (1837) Ueber den Pollen. *Mem Sav Etrang Acad Sci Petersbourg* 3: 649-672
- Gardner AR (2002) Neolithic to Copper Age woodland impacts in northeast Hungary? Evidence from the pollen and sediment chemistry records. *The Holocene* 12(5) :541–553
- García-Moreiras I, Sánchez JM, Muñoz Sobrino C (2015) Modern pollen and non-pollen palynomorph assemblages of salt marsh and subtidal environments from the Ría de Vigo (NW Iberia). *Review of Palaeobotany and Palynology* 219: 157-171

- Garel S, Schnyder J, Jacob J, Dupuis C, Boussafir C, Le Milbeau C, Storme JY, Iakovleva AI, Yans J, Baudin F, Fléhoc F, Quesnel F (2013) Paleohydrological and paleoenvironmental changes recorded in terrestrial sediments of the Paleocene–Eocene boundary (Normandy, France). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 376: 184–199
- Garey JR, McInnes SJ, Brent Nichols P (2008) Global diversity of tardigrades (Tardigrada) in freshwater. *Hydrobiologia* 595: 101–106
- Gasiorowski M, Kupryjanowicz M (2009) Lake-peat bog transformation recorded in the sediments of the Stare Biele mire (Northeastern Poland). *Hydrobiologia* 631(1): 143–154
- Gelorini V (2011) Diversity and palaeoecological significance of non-pollen palynomorph assemblages in East African lake sediments. Doctoral Thesis. University of Gent, Faculty of Sciences, Department of Biology
- Gastaldo RA (2010) Peat or no peat: Why do the Rajang and Mahakam deltas differ? *International Journal of Coal Geology* 83: 162-172
- Gastaldo RA, Bearce SC, Degges C, Hunt RJ, Peebles MW, Violette DL (1989) Biostratigraphy of a Holocene oxbow lake: A backswamp to mid-channel transect. *Review of Palaeobotany and Palynology* 58: 47–60
- Gastaldo RA, Demko TM (2011) The Relationship Between Continental Landscape Evolution and the Plant-Fossil Record: Long Term Hydrologic Controls on Preservation. U: Allison PA, Botjter DJ (ur) *Taphonomy - Process and Bias Through Time*, 2<sup>nd</sup> edition. Springer, Dordrecht.
- Gedye SJ, Jones RT, Tinner W, Ammann B, Oldfield F (2000) The use of mineral magnetism in the reconstruction of fire history: a case study from Lago di Origlio, Swiss Alps. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 164: 101–110
- Gibson JAE, Cromer L, Agius JT, McInnes SJ, Marley NJ (2007) Tardigrade eggs and exuviae in Antarctic lake sediments: insights into Holocene dynamics and origins of the fauna. *Journal of Limnology* 66 (Suppl. 1): 65–71
- Gigov A, Nikolić V (1960) Rezultati analize polena na nekim tresavama u Hrvatskoj. *Glasnik Prirodnjačkog muzeja*, B15: 3–26
- Gilbert D, Amblard C, Bourdier G, Francez, AJ (1998) The Microbial Loop at the Surface of a Peatland: Structure, Function, and Impact of Nutrient Input. *Microbial Ecology* 35: 83-93
- Gilbert D, Amblard C, Bourdier G, Francez AJ, Mitchell EAD (2000) Le Regime Alimentaire des Thecamoebians. *L'Année Biologique* 39: 57-68
- Glaser PH (1987) The Ecology of Patterned Boreal Peatlands of Northern Minnesota: a Community Profile. Biological Report 85, University of Minnesota Limnological Research. University of Minnesota, Minneapolis
- Godwin H (1934) Pollen analysis. An outline of the problems and potentialities of the method. Part II. General applications of pollen analysis. *New Phytologist* 33: 325–358
- Godwin H (1981) *The archives of the peat bogs*. Cambridge University Press, Cambridge

- González-Amuchastegu MJ i Serrano E (2015) Tufa buildups, landscape evolution and human impact during the Holocene in the Upper Ebro Basin. *Quaternary International* 364: 54-64
- Gonzalez Martin JA, Rubio F (2000) Las transformaciones antropicas del paisaje de los sistemas ftuviales tobaceos del Centro de Espafia. *Bol R Soc Esp Hist Nat (secc. Geol.)* 96(112): 155-186
- Gordon AD (1999) *Classification*. Chapman & Hall, London
- Gore AJP (1983) Introduction. U: Gore AJP (ur) *Ecosystems of the World 4A Mires. Swamp, Bog, Fen, Moor*, Elsevier, New York
- Goslar T, Czernik J (2000) Sample preparation in the Gliwice Radiocarbon Laboratory for AMS <sup>14</sup>C dating of sediments. *Geochronometria* 18: 1-8
- Gowing DJG, Tallowin JRB, Dise NB, Goodyear J, Dodd ME, Lodge RJ (2002) A review of the ecology, hydrology and nutrient dynamics of floodplain meadows in England. *English Nature Research Report No. 446*, Peterborough
- Graham NE, Ammann CM, Fleitmann D, Cobb KM, Luterbacher J (2011) Support for global climate reorganization during the “Medieval Climate Anomaly”. *Climate Dynamics* 37(5–6): 1217–1245
- Grim EC (1987) CONISS: A FORTRAN 77 program for stratigraphically constrained cluster analysis by the method of incremental sum of squares. *Computers and Geoscience* 13: 13-35.
- Grüger E (1996) Pollen records and age determination of site Bokanjacko Blato. Supplement to “Vegetational change”. U: Chapman J, Shiel R, Batović Š (ur) *The Changing Face of Dalmatia: Archaeological and Ecological Studies in a Mediterranean Landscape*. Leicester University Press, London
- Guendon JL, Ali AA, Roiron P, Terral JF, D’Anna A, Diaz Del Omo F, Baena Escudero R (2003) Les travertins de St. Antonin : Séquence géobotanique et climato-anthropique holocène. *Karstologia* 41: 1-14.
- Haas JN (1996) Neorhabdocoela oocytes - palaeoecological indicators found in pollen preparations from Holocene freshwater lake sediments. *Review of Paleobotany and Palynology* 91: 371-382
- Habdija I, Primc Habdija B, Radanović I, Vidaković J, Kučinić M, Špoljar M, Matoničkin R, Miliša M (2004) Protista-Protozoa i Metazoa-Invertebrata. *Funkcionalna građa i praktikum*. Meridijani, Samobor
- Hansen K (1959) Sediments from Danish lakes. *Journal of Sedimentary Petrology* 29(1): 38-46
- Hasan O (2017) Paleookolišna rekonstrukcija slivova Karinskoga mora, Novigradskoga mora i Velebitskoga kanala tijekom holocena. *Doktorski rad*. Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu
- Hasičić A (2004) Slavonija u Sastavu Osmanskog Carstva. *Diplomski rad*. Filozofski fakultet, Univerzitet u Sarajevu

- Havinga AJ (1964) Investigation into the differential corrosion susceptibility of pollen and spores. *Pollen et spores* 6: 621–635
- Hawksworth DL, van Geel B, Wiltshire PEJ (2016) The enigma of the *Diporothea* palynomorph. *Review of Palaeobotany and Palynology* 235: 94-98
- Heal OW, (1962) The abundance and microdistribution of testate amoebae (Protozoa: Rhizopoda) in *Sphagnum*. *Oikos* 13: 35-47
- Hedges JI, Clark WA, Quay PD, Richey JE, Devol AH, Santos UdM (1986) Compositions and fluxes of particulate organic material in the Amazon River. *Limnology and Oceanography* 31: 717–738
- Heinselman ML (1970) Landscape evolution, peatland types and the environment in the Lake Agassiz Peatlands Natural Area, Minnesota. *Ecology* 40: 235-61
- Hejcman M, Auf D, Gaisler J (2005) Year-round cattle grazing as an alternative management of hay meadows in the Giant Mts. (Krkonoše, Karkonosze), the Czech Republic. *Ekológia (Bratislava)* 24: 419-429
- Hellborg R, Skog G (2008): Accelerator mass spectrometry. *Mass Spectrometry Reviews* 27: 398– 427
- Hellman S, Gaillard MJ, Bunting J, Mazier F (2009) Estimating the Relevant Source Area of Pollen in the past cultural landscapes of southern Sweden – A forward modelling approach. *Review of Palaeobotany and Palynology* 153: 259-271
- Herzschuh U, Mischke S, Meyer H, Plessen B, Zhang C (2013) Lake nutrient variability inferred from elemental (C, N, S) and isotopic (d13C, d15N) analyses of aquatic plant macrofossils. *Quaternary Science Reviews* 29: 2161-2172
- Hesse M, Halbritter H, Zetter, R, Webber, M, Buchner R, Frosch-Radivo, A, Ulrich, S (2009) *Pollen Terminology, An illustrated handbook*. Springer, Wien
- Hillbrand M, Hadorn P, Cugny C, Hasenfratz A, Galop D, Haas JN (2012) The palaeoecological value of *Diporothea rhizophila* ascospores (*Diporotheaceae*, *Ascomycota*) found in Holocene sediments from Lake Nussbaumersee, Switzerland. *Review of Palaeobotany and Palynology* 186: 62-68
- Ho ES, Meyers PA (1994) Variability of early diagenesis in lake sediments: evidence from the sedimentary geolipid record in an isolated tarn. *Chemical Geology* 112: 309–324
- Hooftman DAP, van Kleunen M, Diemer M (2003) Effects of habitat fragmentation on the fitness of two common wetland species, *Carex davalliana* and *Succisa pratensis*. *Oecologia* 134(3): 350-359
- Holjevac Ž, Moačanin N (2007) Hrvatska povijest u ranome novom vijeku. Hrvatsko-slavonska vojna krajina i Hrvati pod vlašću Osmanskog Carstva u ranome novom vijeku. *Barbat i Leykam international*, Zagreb



- Hopkins JA, McCarthy FMG (2002) Post-depositional palynomorph degradation in Quaternary shelf sediments: a laboratory experiment studying the effects of progressive oxidation. *Palynology* 26: 167-184
- Hornibrook ERC, Longstaffe FJ, Fyfe WS (2000) Evolution of stable carbon isotope compositions for methane and carbon dioxide in freshwater wetlands and other anaerobic environments. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 64(6): 1013-1027
- Hruševar D, Zlatar V, Župan D, Posavec V (2007) *Rhynchospora alba* - terensko opažanje DZZP-a. U: Nikolić T (ur) *Flora Croatica Database – on line* (<http://hirc.botanic.hr/fcd>)
- Hua Q, Barbetti M, Rakowski AZ (2013) Atmospheric radiocarbon for the period 1950-2010. *Radiocarbon* 55(4): 2059-2072
- Hunt CO, Fiacconi M (2017) Pollen taphonomy of cave sediments: What does the pollen record in caves tell us about external environments and how do we assess its reliability? *Quaternary International* (u tisku), DOI: 10.1016/j.quaint.2017.05.016
- Huntley JW, Xiao S, Kowalewski M (2006) 1.3 billion years of acritarch history: an empirical morphospace approach. *Precambrian Research* 144: 52-68
- Hyde HA, Williams DW (1944) The right word. *Pollen Analysis Circular* 8: 6
- Ilijanić N (2014) Minerali glina u jezerskim sedimentima istočno jadranske obale kao pokazatelji promjena okoliša tijekom kasnog pleistocena i holocena. Doktorska disertacija. Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu
- Ingram HAP (1983) Hydrology. U Gore AJP (ur) *Mires: swamp, bog, fen and moor. Ecosystems of the world 4A*. Amsterdam, Elsevier, 67–158
- Ivanov KE (1981) *Water Movement in Mirelands*. Academic Press, London
- Iversen J (1949) The influence of prehistoric man on vegetation. *Danmarks Geologiske Undersøgelse* 4(3): 1–25
- Jackson BD (1928) A glossary of botanic terms with their derivation and accent – 4<sup>th</sup> edition. Gerald Duckworth & Co., London
- Jacobson GL Jr (1979). The paleoecology of white pine (*Pinus strobus*) in Minnesota, *Journal of Ecology* 67 697-726
- Jacobson GL Jr, Bradshaw RHW (1981) The selection of sites for paleovegetational studies, *Quaternary Research* 16: 80–96
- Jahns S, Bogaard van den C (1998) New palynological and tephrostratigraphical investigations of two salt lagoons on the island of Mljet, south Dalmatia, Croatia. *Vegetation History and Archaeobotany* 7: 219–234
- Jakab G, Majkut P, Juhasz I, Gulyas S, Sumegi P, Torocsik T (2009) Palaeoclimatic signals and anthropogenic disturbances from the peatbog at Nagybarkany (North Hungary). *Hydrobiologia* 631(1): 87–106

- Jankovská V, Pokorný J (2002) Microfossils palaeoecology of a Medieval fishpond system (Vajgar, Czech Republic). *Folia Geobotanica* 37: 393–398
- Jankovská V, Roszkowska M, Kaczmarek Ł (2016) Remains of non-pollen-palynomorphs – tardigrades from Spitsbergen found during pollen analyses. *Polar Record* 52 (265): 450–463
- Jauhiainen S, Pitkainen A, Vasanderl H (2004) Chemostratigraphy and vegetation in two boreal mires during the Holocene. *The Holocene* 14(5): 769-779
- Javaux E, Marshall C, Bekker A (2010) Organic-walled microfossils in 3.2-billion-year-old shallow-marine siliciclastic deposits. *Nature* 463: 934–938
- Johnson, C.W. (1985) *Bogs of the Northeast*. University Press of New England, Hanover
- Jonson AL, Swan CM (2014) Drivers of vegetation species diversity and composition in urban ecosystem. U: McCleery R, Moorman CE, Peterson MN (ur) *Urban Wildlife Conservation: Theory and Practice*. Springer Verlag, New York
- Joosten H, Clarke D (2002) Wise use of mires and peatlands. International Mire Conservation Group and International Peat Society. Saarijärven Offset Oy, Saarijärvi.
- Jugner H, Sonninen E, Possnert G, Tolonen K (1995) Use of bomb produced <sup>14</sup>C to evaluate the amount of Co<sub>2</sub> emanating from two peat bog in Finland. *Radiocarbon* 37:567-573
- Kaczmarek Ł, Gołdyn B, Prokop ZM, Michalczyk Ł (2011) New records of Tardigrada from Bulgaria with the description of *Macrobiotus binieki* sp. nov. (Eutardigrada: Macrobiotidae) and a key to the species of the harmsworthi group. *Zootaxa* 2781: 29–39
- Kaczmarek Ł, Schabetsberger R, Litwin M, Michalczyk Ł (2012a) A new freshwater eutardigrade from Fiji and Vanuatu (Oceania), with remarks on the genus *Dactylobiotus*. *New Zealand Journal of Zoology* 39(4): 311–318
- Kaczmarek, Ł., Zawierucha K, Smykla J, Michalczyk Ł (2012b) Tardigrada of the Revdalen (Spitsbergen) with the descriptions of two new species: *Bryodelphax parvuspolaris* (Heterotardigrada) and *Isohypsibius coulsoni* (Eutardigrada). *Polar Biology* 35: 1013-1026
- Kaufman DS, Anderson RS, Hu FS, Berg E, Werner A (2010) Evidence for a variable and wet Younger Dryas in southern Alaska. *Quaternary Sci Rev* 29: 1445-1452
- Kearns FL, Autin WJ, Gerdes RG (1982) Occurrence and stratigraphy of organic deposits, St. Mary Parish, Louisiana. Geological Society of America Meeting of NE and SE Sections, Abstracts with programs: 14, 30
- Keen HF, Gosling WD, Hanke F, Miller CS, Montoya E, Valencia BG, Williams JJ (2014) A statistical sub-sampling tool for extracting vegetation community and diversity information from pollen assemblage data. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 408: 48-59
- Keller JK, Bridham SD (2007) Pathways of anaerobic carbon cycling across an ombrotrophic-minerotrophic peatland gradient. *Limnology and Oceanography* 52(1): 96–107

- Kilian MR, van der Plicht J, van Geel B (1995) Dating raised bogs: new aspects of AMS 14C wiggles matching, a reservoir effect and climatic change. *Quaternary Science Reviews* 14: 959–966
- Kimmins JP (1997) *Forest Ecology. A Foundation for Sustainable Management*. 2nd edit. Prentice Hall, New York
- Kodner RB, Summons RE, Knoll AH (2009) Phylogenetic investigation of the aliphatic, non-hydrolyzable biopolymer algaenan, with a focus on green algae. *Organic Geochemistry* 40: 854–862
- Kołaczek P, Zubek S, Błaszczkowski J, Mleczko P, Margielewski W (2013) Erosion or plant succession — How to interpret the presence of arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota) spores in pollen profiles collected from mires. *Review of Palaeobotany and Palynology* 189: 29–37
- Kolář J, Kuneš P, Szabó P, Hajnalová M, Svitavská Svobodová H, Macek M, Tkáč P (2016) Population and forest dynamics during the Central European Eneolithic (4500–2000 BC). *Archaeological and Anthropological Sciences*, 1-12
- Kolkwitz R, Marsson M (1908) Ökologie der pflanzlichen Saprobien. *Berdsch bot Ges* 26a: 505–519
- Komárek J, Jankovská V (2001) Review of the green algal genus *Pediastrum*: implications for pollen-analytical research. *Bibliotheca of Phycologia* 108, J Cramer, Berlin, Stuttgart
- Korhola A, Rautio M (2002) Cladocera and other branchiopod crustaceans. U: Smol JP, Birks HJB, Last W (ur) *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Volume 4: Zoological Indicators*. Kluwer Academic Publishers, New York
- Korhola A, Weckström J, Holmström L, Erästö P (2000) A quantitative climatic record from diatoms in Northern Fennoscandia. *Quaternary Research* 54: 284–294
- Korolija B, Živaljević T, Šimunić A (1979) Osnovna geološka karta SFRJ. 1:100000. Savezni geološki zavod, Beograd. List Slunj L 33-104
- Korolija B, Živaljević T, Šimunić A (1981) Osnovna geološka karta SFRJ. 1:100000. Tumač za list Slunj L33-104. Savezni geološki zavod, Beograd
- Krueger AM (2012) Freshwater dinoflagellates as proxies of cultural eutrophication: a case study from Crawford Lake, Ontario. *Diplomski rad*. Brock University, St Catharines
- Krueger AM, McCarthy FMG, McAndrews JH, Turton CL (2011) Cultural eutrophication of Crawford Lake – a palynological perspective *Leading Edge Conference, 2011* [http://issuu.com/niagaraescarpmentcommission/docs/krueger\\_et\\_al?mode=windowandvie](http://issuu.com/niagaraescarpmentcommission/docs/krueger_et_al?mode=windowandvie)
- Krug JC, Benny GL, Keller HW (2004) Coprophilous fungi. U: Mueller GM (ur) *Biodiversity of fungi*. Academic Press, Burlington

- Kubitz B (2000) Die holozäne Vegetations- und Siedlungsgeschichte in der Westeifel am Beispiel eines hochauflösenden Pollendiagrammes aus dem Meerfelder Maar. *Dissertationes Botanicae* 339, J. Cramer, Stuttgart.
- Kuhn P (2003) Micromorphology and Late Glacial/Holocene genesis of Luvisols in Mecklenburg - Vorprommen (NE Germany). *Catena* 54: 537–555
- Kuhry P, Hooghiemstra H, van Geel B, van der Hammen T (1993) The El Abra stadial in the eastern Cordillera of Colombia (South America). *Quaternary Science Reviews* 12: 333-343
- Kuhry P (1997) The palaeoecology of a treed bog in western boreal Canada: a study based on microfossils, macrofossils and physico-chemical properties. *Review of Palaeobotany and Palynology* 96: 183–224
- Kuhry P, Vitt DH (1996) Fossil Carbon/Nitrogen Ratios as a Measure of Peat Decomposition. *Ecology* 77(1): 271-275
- Kulkarni CJ (2016) *Lessons from the Past: Unfolding the Dynamics among Climate, Balkan Landscapes, and Humans over the Past Millennium*. CUNY Academic Works, New York
- Kuneš P, Svobodová-Svitavská H, Kolář J, Hajnalová M, Abraham V, Macek M, Tkáč P., Szabó P (2015) The origin of grasslands in the temperate forest zone of east-central Europe: long-term legacy of climate and human impact. *Quaternary Science Reviews* 116: 15–27
- Lamb HH (1965) The Early Medieval Warm Epoch and its Sequel. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 1: 13–37
- Lamentowicz M, Mitchell EAD (2005) The ecology of testate amoebae (Protists) in Sphagnum in North-western Poland in relation to peatland ecology. *Microbial Ecology* 50: 48-63
- Landolt E, Bäumler B, Erhardt A, Hegg O, Klözl F, Lämmli W, Nobis M, Rudmann-Maurer K, Schweingruber FH, Theurillat J, Urmi E, Vust M, Wohlgemuth T (2010) : *Flora indicativa. Ökologische Zeigerwerte und biologische Kennzeichen zur Flora der Schweiz und der Alpen*. 2. Auflage. Haupt Verlag, Bern
- Lang G (1994) *Quartäre Vegetationsgeschichte Europas. Methoden und Ergebnisse*. Gustav Fischer Verlag, Jena
- Last WM, Smol JP (2001) *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments – Volume I*. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht
- Legendre P, Birks HJB (2012) From classical to canonical ordination. U: Birks HJB, Lotter AF, Juggins S, Smol JP (ur) *Tracking Environmental Change using Lake Sediments, Volume 5: Data handling and numerical techniques*. Springer, Dordrecht
- Levine S N, Lini A, Ostrofsky ML, Bunting L, Burgess H, Leavitt PR, Reuter D, Lami A, Guilizzoni P, Gilles E (2012) The eutrophication of Lake Champlain's northeastern arm: Insights from paleolimnological analyses. *Journal of Great Lakes Research* 38(1): 35-48
- Li Y, Zhou L, Cui H (2008) Pollen indicators of human activity. *Chinese Science Bulletin* 53(9): 1281-1293

- Lin X, Green S, Tffaily MM, Prakash O, Konstantinidis KT, Corbett JE, Chanton JP, Cooper WT, Kostka JE (2012) Microbial Community Structure and Activity Linked to Contrasting Biogeochemical Gradients in Bog and Fen Environments of the Glacial Lake Agassiz Peatland. *Applied and Environmental Microbiology* 78(19): 7023–7031
- López-Sáez JA, van Geel B, Martín Sánchez M (2000) Aplicación de los microfósiles no polínicos en Palinología Arqueológica. U: Oliveira Jorge V (ur) Contributos das Ciências e das Tecnologias para a Arqueologia da Península Ibérica. Actas 3º Congresso de Arqueologia Peninsular 9, Porto
- López-Sáez JA, van Geel B, Farbos-Textier S, Diot MF (1998) Remarques paléoécologiques à propos de quelques palynomorphes non-polliniques provenant de sédiments quaternaires en France. *Revue de Paléobiologie* 17: 445–459
- Mackie EAV, Leng MJ, Lloyd JM, Arrowsmith C (2005) Bulk organic <sup>13</sup>C and C/N ratios as palaeosalinity indicators within a Scottish isolation basin. *Journal of Quaternary Science* 20: 303–312
- Magyari EK, Jakab G, Sümegei P, Szöör G (2008) Holocene vegetation dynamics in the Bereg Plain, NE Hungary – the Báb-tava pollen and plant macrofossil record. *Acta GGM Debrecina* 3: 33-50
- Magyari EK, Buczkó K, Jakab G, Braun M, Pál Z, Karátson D, Papp P (2009). Palaeolimnology of the last crater lake in the Eastern Carpathian Mountains - a multiproxy study of Holocene hydrological changes. *Hydrobiologia* 631: 29–63
- Magyari E, Sümegei P, Braun M, Jakab G, Molnár M (2001) Retarded wetland succession: anthropogenic and climatic signals in a Holocene peat bog profile from north-east Hungary. *Journal of Ecology* 89: 1019-1032
- Maher BA (2011) The magnetic properties of Quaternary aeolian dusts and sediments, and their palaeoclimatic significance. *Aeolian Research* 3: 87-145
- Mann ME (2002) Little Ice Age. U: MacCracken MC, Perry JS (ur) *Encyclopedia of Global Environmental Change*. Wiley, Chichester
- Mantel AA (1966) Half a century of modern palynology. *Earth-Science Reviews* 2: 277–316
- Marmet E, Bina M, Fedoroff N, Tabbagh A (1999) Relationships between human activity and the magnetic properties of soils: A case study in the Medieval site of Roissy-en-France. *Archaeological Prospection* 6(3): 161–170
- Marret F, Mudie P, Aksu A, Hiscott RN (2009) A Holocene dynocist record of the two-step transformation of the Neoeuxinian brackish water lake into the Black Sea. *Quaternary International* 197: 72-86
- Martin HA (1973) Palynology and historical ecology of some cave excavations in the Australian Nullabor. *Australian Journal of Botany* 21: 283-316

- Martín-Puertas C, Jiménez-Espejo F, Martínez-Ruiz F, Nieto-Moreno V, Rodrigo M, Mata MP, Valero-Garcés BL (2010) Late Holocene climate variability in the southwestern Mediterranean region: an integrated marine and terrestrial geochemical approach. *Climate of the Past* 6: 807-816
- Martinsson K (1993) The pollen of Swedish *Callitriche* (*Callitrichaceae*) - trends towards submerge. *Grana* 32: 198–209
- McCarthy FMG, Krueger AM (2013) Freshwater dinoflagellates in paleolimnological studies: *Peridinium* cysts as proxies of cultural eutrophication in the southeastern Great Lakes region of Ontario, Canada
- McCarthy FMG, Mertens KN, Ellegaard M, Sherman K, Pospelova V, Ribeiro S, Blasco S, Vercauteren D (2011) Resting cysts of freshwater dinoflagellates in southeastern Georgian Bay (Lake Huron) as proxies of cultural eutrophication. *Review of Palaeobotany and Palynology* 166: 46–62
- McConchie CA, Knox RB, Ducker SC, Pettitt JM (1982) Pollen wall structure and cytochemistry in the seagrass *Amphibolis griffithii* (*Cymodoceaceae*). *Annals of Botany* 50: 729–732
- McInnes SJ (1994) Zoogeographic distribution of terrestrial/freshwater tardigrades from current literature. *Journal of Natural History* 28(2): 257-352
- Medeanic S, Hirata F, Dillenburg SR (2010) Algal Palynomorphs Response to Environmental Changes in the Tramandai Lagoon, Southern Brazil, and Climatic Oscillations in the 20th Century. *Journal of Coastal Research* 26: 726–735
- Meisterfeld R (1977) Die horizontale und vertikale Verteilung der Testaceen (*Rhizopoda*: *Testacea*) in *Sphagnum*. *Archiv für Hydrobiologie* 79: 319-356
- Mesić M (2000) Značajke podneblja. U: Bogunović M (ur) Agroekološka studija program razvitka poljoprivrede na području Sisačko-moslavačke županije. Posebni dio Agroekologija. Zagreb, Agronomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu
- Meyers PA (1994) Preservation of elemental and isotopic source identification of sedimentary organic matter. *Chemical Geology* 144: 289–302
- Meyers PA (2003) Applications of organic geochemistry to paleolimnological reconstructions: A summary of examples from the Laurentian Great Lakes. *Organic Geochemistry* 34: 261-289
- Meyers PA i Teranes JL (2001) Sediment organic matter. U: Last WM, Smol JP (ur) *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments: Physical and Geochemical Methods, Developments in Paleoenvironmental Research, Volume 2*. Springer, New York
- Michaelis D (2002) Die spät- und nacheiszeitliche Entwicklung der natürlichen Vegetation von Durchströmungsmooren in Mecklenburg-Vorpommern am Beispiel der Recknitz. *Dissertationes Botanicae* 365: 1–188

- Mieczan T (2010) Vertical micro-zonation of testate amoebae and ciliates in peatland waters in relation to potential food resources and grazing pressure. *International Review of Hydrobiology* 95: 86-102
- Mileckal K, Szeroczynska K (2005) Changes in macrophytic flora and planktonic organisms in Lake Ostrowite, Poland, as a response to climatic and trophic fluctuations. *Holocene* 15(1): 74-84
- Miola A (2012) Tools for Non-Pollen Palynomorphs (NPPs) analysis: A list of Quaternary NPP types and reference literature in English language (1972– 2011). *Review Palaeobotany and Palynology* 186: 142–161
- Mirosław-Grabowska J, Niska M, Kupryjanowicz M (2015) Reaction of lake environment on the climatic cooling- Transition from the Eemian Interglacial to Early Vistulian on the basis of Solniki palaeolake sediments (NE Poland). *Quaternary International* 386: 158–170
- Mitić B (2017) *Palinologija – interna skripta*. Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb
- Mitchell EAD, Gilbert D, Buttler A, Amblard C, Grosvernier P, Gobat JM (2003) Structure of Microbial Communities in Sphagnum Peatlands and Effect of Atmospheric Carbon Dioxide Enrichment. *Microbial Ecology* 46: 187-199
- Mitsch WJ, Gosselink JG (1986) *Wetlands*. Van Nostrand Reinhold, New York
- Modrić-Surina (2011) Utjecaj ekoloških čimbenika na vegetacijske značajke cretova u Hrvatskoj. Doktorska disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu.
- Montoya E, Rull V, Nogué (2011) Early human occupation and land use changes near the boundary of the Orinoco and the Amazon basins (SE Venezuela): palynological evidence from El Paují record. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 310: 413–426
- Montoya E, Rull V, van Geel B (2010) Non-pollen palynomorphs from surface sediments along an altitudinal transect of the Venezuelan Andes. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 297(1): 169-183
- Montoya E, Rull V, Vegas-Vilarrúbia T (2012) Non-pollen palynomorph studies in the Neotropics: The case of Venezuela. *Review of Palaeobotany and Palynology* 186: 102–130
- Moore PD, Webb JA, Collinson M (1991) *Pollen analysis – 2<sup>nd</sup> edition*. Blackwell, London.
- Moore PD (1984) Clues to past climate in river sediments. *Nature* 308: 316
- Moore PD (1987) Ecological and hydrological aspects of peat formation. U Scott AC (ur) *Coal and Coal-bearing Strata: Recent Advances*. Geological Society Special Publications 32. Oxford, Blackwell Scientific Publications, 7-15
- Muller SD, Miramont C, Bruneton H, Carre´ M, Sottocornola M, Court-Picon M, de Beaulieu J-L, Nakagawa T, Schevin P (2012) A palaeoecological perspective for the conservation and restoration of wetland plant communities in the central French Alps, with particular emphasis on alder carr vegetation. *Review of Palaeobotany and Palynology* 171: 124–139

- Müller H (1970) Ökologische Veränderungen im Otterstedter See im Laufe der Nacheiszeit. Ber Naturhistorische Gesellschaft Hannover 114: 33–46
- Munnecke A, Delabroye A, Servais T, Vandembroucke TRA, Marco Vecoli M (2012) Systematic occurrences of malformed (teratological) acritarchs in the run-up of Early Palaeozoic  $\delta^{13}\text{C}$  isotope excursions. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 367-368: 137-146
- Nalepka D, Walanus A (2003) Data processing in pollen analysis. Acta Palaeobotanica 43(1): 125-134
- Nieto-Moreno V, Martinez-Ruiz F, Giralt S, Jiménez-Espejo F, Gallego-Torres D, Rodrigo-Gamiz M, Garcia-Orellana J, Ortega-Huertas M, de Lange GJ (2011) Tracking climate variability in the western Mediterranean during the Late Holocene: a multiproxy approach. Climate of the Past 7: 1395–1414
- Nikolić T (2013) Sistematska botanika. Raznolikost i evolucija biljnog svijeta. Alfa, Zagreb
- Nikolić T (2017) Morfologija biljaka. Razvoj, građa i uloga biljnih tkiva, organa i organskih sustava. Alfa, Zagreb
- Novak A (2011) Gorski arhiđakonat Zagrebačke biskupije od 1334. do 1501. godine (povijesni razvoj crkvenoadministrativnog područja)”. Doktorska disertacija. Hrvatski studiji, Sveučilište u Zagrebu
- Oberdorfer E (1994) Pflanzensoziologische Exkursionsflora, 7. Aufl. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart
- Olsson MT, Erlandsson M, Lundin L, Nilsson T, Nilsson Å, Stendahl J (2009) Organic carbon stocks in Swedish Podzol soils in relation to soil hydrology and other site characteristics. Silva Fennica 43(2): 209-222
- Onweremadu EU, Osuaku SK, Akamigbo FOR, Njoku CC i Osuaku HE (2014) Terrestrialization, paludification and pedogenesis of soils of a polluted wetland. International Journal of Science, Environment and Technology 3 (5): 1668 – 1678
- O'Reilly BC, Finkelstein SA and Bunbury J (2014) Pollen-derived paleovegetation reconstruction and long-term carbon accumulation at a fen site in the Attawapiskat River watershed, Hudson Bay Lowlands, Canada. Arctic Antarctic and Alpine Research 46: 6–18
- Overbeck G, Kiehl K, Abs C (2003) Seedling recruitment of *Succisella inflexa* in fen meadows: Importance of seed and microsite availability. Applied Vegetation Science 6: 97-104
- Palozzi JE, Lindo Z (2017) Pure and mixed litters of Sphagnum and Carex exhibit a home-field advantage in Boreal peatlands. Soil Biology and Biochemistry 115: 161-168
- Panagiotopoulos K, Aufgebauer A, Schäbitz F, Wagner B (2013) Vegetation and climate history of the Lake Prespa region since the Lateglacial. Quaternary International 293: 157–169



- Pasztaleniec A, Poniewozik M (2004) *Pediastrum* species (Hydrodictyaceae, Sphaeropleales) in phytoplankton of Sumin Lake (Leczna-Włodawa Lakeland). *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 73(1): 39–46
- Pavličević D (1988) O agrarnim odnosima u Banskoj Hrvatskoj 1860-1873. *Radovi Zavoda za hrvatsku povijest Filozofskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu* 21(1): 45-80
- Pejler B, Berzins B (1993) On the ecology of mire rotifers. *Limnologica* 23: 295–300
- Pentecost A (1978) A blue-green algae and fresh water carbonate deposits. *Proceedings of the Royal Society London*, B200: 43-61
- Pettitt JM (1980) Reproduction in seagrasses: nature of the pollen and receptive surface of the stigma in Hydrocharitaceae. *Annals of Botany* 45, 257–271
- Pettitt JM, McConchie CA, Ducker SC, Knox RB (1984) Reproduction in seagrasses: pollen wall morphogenesis in *Amphibolis antarctica* and wall structure in filiform grains. *Nordic Journal of Botany* 4: 199–216
- Pevalek I (1925) Geobotanička i algološka istraživanja cretova u Hrvatskoj i Sloveniji. *Rad Akademije* 230, Zagreb
- Pilato G, Binda MG, Lisi O (2002) Notes on tardigrades of the Seychelles with the description of two new species. *Bolletino della Accademia Gioenia di Scienze Naturali Catania* 35: 503–517
- Pokorný P, Jankovská V (2000) Long-term vegetation dynamics and the infilling process of a former lake (Švarcenberk, Czech Republic). *Folia Geobotanica* 35(4): 433–457
- Potrebica H (2013) *Kneževi željeznog doba*. Meridijani, Zagreb
- Prager A, Barthelmes A, Theuerkauf M, Joosten H (2006) Non-pollen palynomorphs from modern Alder carrs and their potential for interpreting microfossil data from peat. *Review of Palaeobotany and Palynology* 141(1–2): 7-31
- Prentice IC (1980) Multidimensional scaling as a research tool in Quaternary palynology: a review of theory and methods. *Review of Palaeobotany and Palynology* 31: 71-104
- Prentice, IC, Berglund, BE, Olsson, T (1987) Quantitative forest-composition sensing characteristics of pollen samples from Swedish lakes. *Boreas* 16: 43–54
- Prentice, IC (1985) Pollen representation, source area, and basin size: Toward a unified theory of pollen analysis. *Quaternary Research* 23: 76–86
- Prentice IC (1988) *Records of vegetation in time and space*. U Huntley B, Webb T (ur.) *Vegetation History III*, Kluwer Academic Press, Dordrecht
- Prusty BAK, Chandra R, Azeez PA (2009) Distribution of carbon, nitrogen, phosphorus, and sulfur in the soil in a multiple habitat system in India. *Australian Journal of Soil Research* 47: 177–189

- Punt W, Hoen PP, Blackmore S, Nilsson S, Le Thomas A (2007) Glossary of pollen and spore terminology. *Review of Palaeobotany and Palynology* 143: 1-81
- Pyne SJ, Andrew PL i Laven RD (1996) *Introduction to Wildland Fire*, 2<sup>nd</sup> edition. John Wiley & Sons, New York
- Ralska-Jasiewiczowa M (1980) Late-glacial and holocene vegetation of the Bieszczady Mts (Polish Eastern Carpathians). *Panstwowe wydawnictwo naukowe, Krakow*
- Ralska-Jasiewiczowa M (1989) The Lake Districts. U: Ralska-Jasiewiczowa M (ur) Environmental changes recorded in lakes and mires of Poland during the last 13 000 years. *Acta Palaeobotanica* 29(2): 75-76
- Ralska-Jasiewiczowa M, van Geel B (1991) Early human disturbance of the natural environment recorded in annually laminated sediments of Lake Gosciaz, central Poland. *Vegetation History and Archaeobotany* 1: 33-42
- Ramazzotti G, Maucci W (1983) Il Phylum Tardigrada. *Memorie dell'Instituto Italiano di Idrobiologia* 41: 1–1012
- Rautio M, Sorvari S, Korhola A (2000) Diatom and crustacean zooplankton communities, their seasonal variability and representativeness in the sediment of subarctic Lake Saanajärvi. *Journal of Limnology* 59: 81–96
- Reavie ED, Smol JP (1998) Epilithic diatoms of the St Lawrence River and their relationships to water quality. *Canadian Journal of Botany* 76: 251–257
- Reddy PVV, Rao SSSN, Pratibha MS, Sailaja B, Kavya B, Manorama RR, Singh SM, Srinivas TNR, Shivaji S (2009) Bacterial diversity and bioprospecting for cold-active enzymes from culturable bacteria associated with sediment from a melt water stream of Midtre Lov'enbreen glacier, an Arctic glacier. *Research in Microbiology* 160: 538–546
- Reimer PJ, Bard E, Bayliss A, Beck JW, Blackwell PG, Bronk Ramsey C, Buck CE, Cheng H, Edwards RL, Friedrich M, Grootes PM, Guilderson TP, Hafliadason H, Hajdas I, Hatté C, Heaton TJ, Hoffmann DL, Hogg AG, Hughen KA, Kaiser KF, Kromer B, Manning SW, Niu M, Reimer RW, Richards DA, Scott EM, Southon JR, Staff RA, Turney CSM, van der Plicht J. 2013. IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0–50,000 years cal BP. *Radiocarbon* 55(4): 1869–1887
- Reiß S, Dreibrodt S, Lubos, CCM, Bork HR (2009) Land use history and historical soil erosion at Albersdorf (northern Germany) – ceased agricultural land use after the pre-historical period. *Catena* 77: 107–118
- Reitz RJ, Shackley M (2012) *Environmental Archaeology*. Springer, New York
- Richardson TL, Gibson CE, Heaney SI (2000) Temperature, growth and seasonal succession of phytoplankton in Lake Baikal, Siberia. *Freshwater Biology* 44: 431–440
- Roncaglia L (2004) New acritarch species from Holocene sediments in central West Greenland. *Grana* 43: 81-88

- Roncaglia L, Kuijpers A (2004) Palynofacies analysis and organic-walled dinoflagellate cysts in late-Holocene sediments from Igaliku Fjord, South Greenland. *Holocene* 14(2): 172-184
- Rosenthal G (2010) Secondary succession in a fallow central European wet grassland. *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* 205: 153–160
- Rowley JR, Dahl AO, Sungupta S, Rowley JS (1981) A model of exine substructure based on dissection of pollen and spore exines. *Palynology* 5: 107-152
- Rowley, JR, Skvarla JJ, Chissoe WF (1997) Exine, onciform zone and intine structure in *Ravenala* and *Phenakospermum* and early wall development in *Strelitzia* and *Phenakospermum* (Strelitziaceae) based on aborted microspores. *Review of Palaeobotany and Palynology* 98: 293–301
- Ruiz-Alonso M, Zapata L (2015) Transformation and human use of forests in the Western Pyrenees based on archaeological wood charcoal. *Quaternary International* 364: 86-93
- Rull V, López-Sáez J, Vegas-Vilarrúba T (2008) Contribution of non-pollen palynomorphs to the paleolimnological study of a high altitude Andean lake (Laguna Verde Alta, Venezuela). *Journal of Paleolimnology* 40: 399– 411
- Russow EAF (1872) Vergleichende Untersuchungen betreffend die Histiologie (Histiographie und Histiogenie) der vegetativen und sporenbildenden Organe und die Entwicklung der Sporen der Leitbündel-Kryptogamen, mit Berücksichtigung der Histologie der Phanerogamen, ausgehend von der Betrachtung der Marsiliaceen. *Mémoires de l'Académie Impériale des Sciences de Saint-Pétersbourg* 19(1): 1-207
- Rydin H, Jeglum JK (2006) *The Biology of Peatlands*. Oxford University Press, Oxford
- Saarse L, Veski S (2001) Spread of broad-leaved trees in Estonia. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences. Geology* 50 (1): 51–65
- Säurich A, Tiemeyer B, Don A, Bechtold M, Amelung W, Freibauer A (2017) Vulnerability of soil organic matter of anthropogenically disturbed organic soils. *Biogeosciences Discussions* 1–33
- Schelvis J, van Geel B (1989) A palaeoecological study of the mites (Acari) from a lateglacial deposit at Usselo (The Netherlands). *Boreas* 18: 237-243
- Schnitchen C, Magyari E, Tóthmérész B, Grigorszky I, Braun M (2003) Micropaleontological observations on a Sphagnum bog in East Carpathian region – testate amoebae (Rhizopoda: Testacea) and their potential use for reconstruction of micro- and macroclimatic changes. *Hydrobiologia* 506(1-3) 45–49
- Schoenwetter J (1974) *Pollen Analysis of Human Paleofeces from Upper Salts Cave*. U: Watson PJ (ur) *Archeology of the Mammoth Cave Area*. Academic Press, Lexington
- Schönborn W (1962) Die Ökologie der Testaceen im oligotrophen See, dargestellt am Beispiel des Grossen Stechlinsees. *Limnologia* 1: 111-182

- Schrautzer J, Sival F, Breuer M, Runhaar H, Fichtner A (2013): Characterizing and evaluating successional pathways of fen degradation and restoration. *Ecological Indicators* 25: 108-120
- Scott AC, Lomax BH, Collinson ME, Upchurch GR, Beerling DJ (2000) Fire across the K–T boundary: initial results from the Sugarite Coal, New Mexico, USA. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 164: 381–395
- Scott BD, Medioli FS, Schafer CT (2001) *Monitoring in Coastal Environments Using Foraminifera and Thecamoebian Indicators*. Cambridge University Press, Cambridge
- Seidenkrantz MS, Roncaglia L, Fischel A, Heilmann-Clausen C, Kuijpers A, Moros M (2008) Variable North Atlantic climate seesaw patterns documented by a late Holocene marine record from Disko Bugt, West Greenland. *Marine Micropaleontology* 1-2: 66-83
- Shore JS, Bartley DD, Harkness DD (1995) Problems encountered with the <sup>14</sup>C dating of peat. *Quaternary Science Reviews* 14: 373–383
- Singh G, Opdyke ND, Bowler JM (1981) Late Cainozoic stratigraphy, palaeomagnetic chronology and vegetational history from Lake George, N.S.W. *Journal of the Geological Society of Australia* 28(3-4): 435-452
- Skog G, Regnéll J (1995) Precision calendar-year dating of the elm decline in a sphagnum-peat bog in southern Sweden. *Radiocarbon* 37(2): 197–202
- Smith RS, Pullan S, Shiel RS (1996) Seed shed in the making of hay from mesotrophic grassland in a field in northern England: effects of hay cut date, grazing and fertilizer in a split-split-plot experiment. *Journal of Applied Ecology* 33: 833-841
- Smol JP, Cumming BF (2000) Tracking long-term changes in climate using algal indicators in lake sediments. *Journal of Phycology* 36: 986–1011
- Smol JP, Birks HJB, Last W (2001) *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Volume 3: Terrestrial, Algal, and Siliceous Indicators*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht
- Smol JP, Stoermer EF (2010) *The diatoms: Applications for environmental and earth sciences*. Cambridge University Press, Cambridge
- Southworth D (1990) Exine biochemistry. U Blackmore S, Knox RB (ur.) *Microspores: Evolution and Ontogeny*. San Diego, Academic Press, 193-212.
- Srdoč D, Obelić B, Horvatinčić N, Culiberg M, Šercelj A, Sliepčević A (1985) Radiocarbon dating and pollen analyses of two peat bogs in the Plitvice National Park. *Acta Botanica Croatica* 44: 41–46
- Sremac J (1999) *Opća paleontologija – skripta*. Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb
- Stammel B, Kiehl K, Pfadenhauer J (2003) Alternative management on fens: response of vegetation to grazing and mowing. *Applied Vegetation Science* 6: 245–254

- Stanley EA (1965) Abundance of pollen and spores off the eastern coast of the U.S. *Southeastern Geology* 7:25–33
- Sternberg LDL, Pinzon MC, Vendramini PF, Anderson WT, Jahren AH, Beuning K (2007) Oxygen isotope ratios of cellulose-derived phenylglucosazone: An improved paleoclimate indicator of environmental water and relative humidity. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 71: 2463–2473
- Stockmarr J (1975) Retrogressive forest development, as reflected in a mor pollen diagram from Mantingerbos, Drenthe, The Netherlands. *Palaeohistoria* 17: 38–51
- Sugita S (1994) Pollen representation of vegetation in quaternary sediments: theory and method in patchy vegetation. *Journal of Ecology* 82: 881–897
- Szal M, Kupryjanowicz M, Wyczółkowski M (2014) Late Holocene Changes in Vegetation of the Mrągowo Lakeland (NE Poland) as Registered in the Pollen Record from Lake Sałęt. *Studia Quaternaria* 31(1): 51–60
- Šarić M (2003) Turska osvajanja i eko-sistemske tranzicije u Lici i Krbavi na prijelazu iz kasnog srednjeg vijeka u rani novi vijek (15.-16.st.). U: Roksandić D, Mimica I, Štefanec N, Glunčić-Bužančić V (ur) *Triplex Confinium (1500-1800): Ekohistorija - Zbornik radova sa međunarodnog znanstvenog skupa održanog od 3. do 7. svibnja 2000. godine u Zadru. Književni krug i Zavod za hrvatsku povijest Filozofskog fakulteta Sveučilišta, Split i Zagreb*
- Šegota T, Filipčić A (2003) Köppenova podjela klima i hrvatsko nazivlje
- Šegulja N (2005) Vegetacija travnjaka, cretišta i močvarnih staništa Nacionalnog parka Plitvička jezera. *Natura Croatica* 14(2): 1-194
- Šercelj A (1971) Postglacijalni razvoj gorskih gozdov v Severozahodni Jugoslaviji. *Razprave SAZU* 4 r, 14 (9): 267–294
- Škiljan F (2007) Kulturno – historijski spomenici Korduna s pregledom povijesti Korduna od prapovijesti do 1881. *Srpsko narodno vijeće, Zagreb*
- Šoštraić R (2004) The development of vegetation in the inland area of Croatia during the Postglacial period. *Natura Croatica* 13(4): 357–369
- Šoštraić R (2005) The development of postglacial vegetation in coastal Croatia. *Acta Botanica Croatica* 64(2):383–390
- Šovran S, Jovanović V, Krizmanić J, Cvijan M (2013) Desmid flora from four peat bogs in Serbia. *Archives of Biological Sciences* 65(2): 721-732
- Štěpánková J, Vavrušková J, Hašler P, Mazalová P, Pouličková A (2008) Diversity and ecology of desmids of peat bogs in the Jizerské hory Mts. *Biologia* 63(6): 895-900
- Šugar I (1990) *Latinsko-hrvatski i hrvatsko-latinski botanički leksikon/Lexicon botanicum Latino-Croaticum et Croatico-Latinum*, Jugoslavenska akademija znanosti i umjetnosti i Globus - nakladni zavod, Zagreb

- Tahvanainen T (2011) Abrupt ombrotrophication of a boreal aapa mire triggered by hydrological disturbance in the catchment. *Journal of Ecology* 99(2): 404-415
- Tauber H (1965) Differential pollen dispersion and the interpretation of pollen diagrams with a contribution to the interpretation of the elm fall. *Danmarks Geol Undersogelse II*(89): 1-69
- Težak-Gregl T (2017) Prapovijest hrvatskih zemalja. Hrvatske zemlje od starijeg kamenog do bakrenog doba. Leykam International, Zagreb
- Tolonen K. (1985) Rhizopod analysis. U Berglund BE (ur.) *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. John Wiley & Sons, New York
- Topić J, Stančić Z (2006) Extinction of Fen and Bog Plants and their Habitats in Croatia. *Biodiversity & Conservation* 15(11): 3371–3381
- Topić J, Vukelić J (2009) Priručnik za određivanje kopennih staništa u Hrvatskoj prema Direktivi o staništima EU. Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb
- Torres V, Vandenberghe J, Hooghiemstra H (2005) An environmental reconstruction of the sediment infill of the Bogota basin (Colombia) during the last 3 million years from abiotic and biotic proxies. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 226: 127-148
- Traverse A (2007) *Paleopalynology – 2<sup>nd</sup> edition*. Springer, Dordrecht
- Treweek JR, Jose P, Benstead P (1997) *The wet grassland guide. Managing floodplain and coastal wet grasslands for wildlife*. The Royal Society for the Protection of Birds, London
- Trinajstić I (1998) Fitogeografsko rasčlanjenje klimazonalne šumske vegetacije Hrvatske. *Šumarski list* 9-10: 407-421
- Tripepi RR (2011) What is your substrate trying to tell you. Plant Science Division, University of Idaho
- Tropea AE, Paterson AM, Keller WB, Smol JP (2011) Diatoms as indicators of long-term nutrient enrichment in metal-contaminated urban lakes from Sudbury, Ontario. *Lake and Reservoir Management* 27(1): 48-60
- Tuittila E-S, Juutinen S, Frolking S, Väiliranta M, Laine AM, Miettinen A, Seväkivi ML, Quillet A, Merilä P (2012) Wetland chronosequence as a model of peatland development: Vegetation succession, peat and carbon accumulation. *The Holocene* 23(1): 25 –35
- Tung JWT, Tanner PA (2003) Instrumental determination of organic carbon in marine sediments. *Marine Chemistry* 80(2–3): 161–170
- Turetsky MR, Manning SWR, Wieder RK (2004) Dating recent peat deposits. *Wetlands* 24(2): 324–56
- Tropea AE, Paterson AM, Keller W, Smol JP (2011) Diatoms as indicators of long-term nutrient enrichment in metal-contaminated urban lakes from Sudbury, Ontario. *Lake Reservoir Management* 27: 48–60

- Turetsky MR, Manning SW, Kelman Wieder R (2004) Dating recent peat deposits. *Wetlands* 24(2): 324–356
- Turner F (2012) Green algae of genus *Pediastrum* as bioindicators in lake sediments: a novel approach based on size-measurements. *Quaternary International* 279-280: 503–504
- Väliranta M, Korhola A, Seppä H, Tuittila E-S, Sarmaja-Korjonen K, Laine J, Alm J (2007) High-resolution reconstruction of wetness dynamics in a southern boreal raised bog, Finland, during the late Holocene: a quantitative approach. *The Holocene* 17(8): 1093–1107
- van den Berg LJJ, Tomassen HBM, Roelofs JGM, Bobbink R (2005) Effects of nitrogen enrichment on coastal dune grassland: a mesocosm study. *Environmental Pollution* 138: 77–85
- Vandenberghe J, French HM, Gorbunov A, Marchenko S, Velichko AA, Jin H, Zhang T, Wan X (2014) Last Permafrost Maximum (LPM) map of the Northern Hemisphere: permafrost extent and mean annual air temperatures, 25e17ka BP. *Boreas* 43: 652-666
- van der Peijl MJ, Verhoeven JTA 2000: Carbon, nitrogen and phosphorus cycling in river marginal wetlands - a model examination of landscape geochemical flows. *Biogeochemistry* 50: 45–71
- van Geel B (1972) Palynology of a section from the raised peat bog Wietmarscher Moor, with special reference to fungal remains. *Acta Botanica Neerlandica* 21: 261–28
- van Geel B (1976) Fossil spores of Zygnemataceae in ditches of a prehistoric settlement in Hoogkarspel (The Netherlands). *Review of Palaeobotany and Palynology* 22(4): 337–344
- van Geel B (1978) A palaeoecological study of Holocene peat bog sections in Germany and The Netherlands, based on the analysis of pollen, spores and macro- and microremains of fungi, algae, cormophytes and animals. *Review of Palaeobotany and Palynology* 25: 1–120
- van Geel B (2001) Non-pollen palynomorphs U: Smol JP, Birks HJB, Last W (ur) *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Volume 3: Terrestrial, Algal, and Siliceous Indicators*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht
- van Geel B (2006) Quaternary non-pollen palynomorphs deserve our attention! *Review of Palaeobotany and Palynology* 141: 78
- van Geel B, Aptroot A (2006) Fossil ascomycetes in Quaternary deposits. *Nova Hedwigia* 82: 313-329
- van Geel B, Grenfell HR (1996) Green and blue-green algae, 7A Spores of Zygnemataceae. U J. Jansonius & D. C. McGregor (ur.) *Palynology: Principles and applications*. American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation
- van Geel B, Hallewas DP, Pals JP (1983) A Late Holocene deposit under the Westfriese Zeedijk near Enkhuizen (Prov. of Noord-Holland, The Netherlands): palaeoecological and archaeological aspects. *Review of Palaeobotany and Palynology* 38: 269-335
- van Geel B, van der Hammen T (1978) Zygnemataceae in Quaternary Colombian sediments. *Review of Palaeobotany and Palynology* 25(5): 377–392

- van Geel B, Buurman J, Brinkkemper O, Schelvis J, Aptroot A, van Reenen GBA, Hakbijl T (2003) Environmental reconstruction of a Roman Period settlement site in Uitgeest (The Netherlands), with special reference to coprophilous fungi. *Journal of Archaeological Science* 30: 873-883
- van Geel B, Coope GR, van der Hammen T (1989) Palaeoecology and stratigraphy of the Lateglacial type section at Usselo (The Netherlands). *Review of Palaeobotany and Palynology* 60: 25–129
- van der Merwe JJM, van Wyk AE, Kok PDF (1990) Pollen types in the Lauraceae. *Grana* 29: 185–196
- van Meerbeeck CJ, Renssen H, Roche DM (2009) How did Marine isotope stage 3 and Last Glacial Maximum climates differ? Perspectives from equilibrium simulations. *Climate of the Past* 5: 3-51
- Viličić D (2002) Fitoplankton Jadranskog mora – biologija i taksonomija. Školska knjiga, Zagreb
- Vlšić A (2017) Šume kao izvor prehrane. Uzgoj i trgovina kestenom u Požeštini u 16. i 17. stoljeću. U Župan D, Skenderović R (ur) Slavonske šume kroz povijest. Slavonski brod, Hrvatski institut za povijest - Podružnica za povijest Slavonije, Srijema i Baranje, 111-131
- Vukelić J (2012) Šumska vegetacija Hrvatske. Sveučilište u Zagrebu - Šumarski fakultet, Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb
- Waddington JM, Roulet NT (1997) Groundwater flow and dissolved carbon movement in a boreal peatland. *Journal of Hydrology* 191: 122-138
- Walanus A, Nalepka D (1999) PolPal. Program for counting pollen grains, diagrams plotting and numerical analysis. *Acta Palaeobotanica Suppl.* 2: 659-661.
- Walch KM, Rowley JR, Norton NJ (1970) Displacement of pollen grains by earthworms. *Pollen et Spores* 12: 39-44
- Walter H (1983) *Vegetation of the Earth and Ecological Systems of the Geo-Biosphere.* Springer, Berlin
- Ward DE, Hardy CC (1991) Smoke emissions from wildland fires. *Environment International* 17(2-3): 117-134
- Weber HE, Moravec J, Theurillat JP (2000) International Code of Phytosociological Nomenclature, 3rd edition. *Journal of Vegetation Science* 11(5):739-768
- Weckström K, Weckström J, Yliniemi L-M, Korhola A (2010) The ecology of *Pediastrum* (Chlorophyceae) in subarctic lakes and their potential as paleobioindicators. *Journal of Paleolimnology* 43: 61–73
- Whitlock C, Larsen C (2001) Charcoal as a fire proxy. U: Smol JP, Birks HJB, Last W (ur) *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Volume 3: Terrestrial, Algal, and Siliceous Indicators.* Kluwer Academic Publishers, Dordrecht



- Whittaker RH (1962) Classification of natural communities. *Botanical Review* 28:1-239
- Whitney BS, Mayle FE (2012) *Pediastrum* species as potential indicators of lakelevel change in tropical South America. *Journal of Paleolimnology* 47: 601–615
- Williamson CE (1991) Copepoda. U: Thorp JH i Covich AP (ur) *Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates*. Academic Press, San Diego
- Wolf H (1867) Geologisch-geographische Skizze der ungarischen Tiefebene (Geological and geographical sketch of the Hungarian Great Plain). U: *Jarbuch der Geologischen Reichsanstalt Wien* 17: 517-552
- Wolf AB (2011) Determining Whether Spectrophotometer CIE L\*a\*b\* Color Analysis is an Effective Alternative to Munsell Soil Color Charts for the Study of Burnt Bones. Insights from Analysis of Bab edh-Dhra EB II-III Burnt Bones. Honors Thesis, Oberline College.
- Xuehui M, Jinming (2009) Classification of Peat and Peatland. U Jinsheng G (ur) *Coal, Oil Shale, Natural Bitumen, Heavy Oil and Peat. Volume II*. Oxford, Eolss Publishers, 284-298
- Ye R, Qusheng J, Bohannana B, Kellerc JK, McAllistera SA, Bridghama SD (2012). pH controls over anaerobic carbon mineralization, the efficiency of methane production and methanogenic pathways in peatlands across an ombrotrophic-minerotrophic gradient. *Soil Biol & Biochemistry* 54: 36-47
- Yu Z (2000) Ecosystem response to Lateglacial and early Holocene climate oscillations in the Great Lakes region of North America. *Quaternary Science Reviews* 19: 1723-1747
- Zaharescu DG, Palanca-Soler A, Hooda PS, Tanase C, Burghilea CI, Lester RN (2017) Riparian vegetation in the alpine connectome: Terrestrial-aquatic and terrestrial-terrestrial interactions. *Science of the Total Environment* 601-602: 247-259
- Zetzsche F (1929) *Die chemischen Grundlagen du pollenanalyse*. Mitt naturforsch Ges, Bern
- Zetzsche F, Vicari H (1931) Untersuchungen uber die Membran der Sporen und Pollen II. 2. *Lycopodium clavatum*, *Helvetica Chimica Acta* 14: 58–78
- Zetzsche F (1932) Kork und cuticularsubstanzen. U: Klein G (ur) *Handbuch der Pflanzenanalyse*. Springer Verlag, Berlin, 205-215
- Zippi PA, Yung Y-T, McAndrews J, Stokes P, Norris G (1990) An investigation of the potential of zygnetacean zygospores, *Peridinium*, and Oberline College as paleoindicators of recent lake acidification. Environmental Research and Technology Transfer Conference, Toronto, Proceedings, vol 1, Ontario Ministry of the Environment
- Zong Y, Lloyd JM, Leng MJ, Yim WWS, Huang G (2006) Reconstruction of Holocene monsoon history from the Pearl River Estuary, southern China, using diatoms and carbon isotope ratios. *The Holocene* 16(2): 251-263

## 8. POPIS PRILOGA

Prilog 1. Opis jezgre sedimenta na temelju Troels-Smith sustava

Prilog 2. Vrijednosti magnetskog susceptibiliteta, pH sedimenta, %C, %N i C/N omjera

Prilog 3. Model „dubina-starost“ - rezultati radiokarbonskog datiranja aproksimirani modelom linearne interpolacije pomoću CLAM programa

Prilog 4. Palinološke vrste – tipovi peludnih palinomorfa

Prilog 5. Ekološki indikativni nepeludni palinomorfi

Prilog 6. Statistička analiza međuodnosa abiotičkih čimbenika i lokalne vegetacije

Prilog 7. Statistička analiza međuodnosa abiotičkih čimbenika i ekološki indikativnih nepeludnih palinomorfa

Prilog 8. Statistička analiza međuodnosa abiotičkih čimbenika i pougljenjenih čestica

Prilog 9. Statistička analiza međuodnosa ukupnog organskog ugljika i lokalne vegetacije

Prilog 10. Statistička analiza međuodnosa ukupnog organskog ugljika i duška na ekološki indikativne nepeludne palinomorfe

Prilog 11. Statistička analiza međuodnosa pougljenjenih čestica i životnih oblika palinoloških vrsta

Prilog 12. Statistička analiza funkcionalnih jedinica vegetacije i pougljenjenih čestica

Prilog 13. Statistička analiza funkcionalnih jedinica vegetacije (listopadne šume podijeljene na '*Quercetum mixtum*' i '*Fagetum*')

Prilog 1. Opis jezgre sedimenta na temelju Troels-Smith sustava

Dubina (cm)	0-4				Munsell	Komponente (zbroj = 4)						
	Tamnoća	Stratificiranost	Elastičnost	Suhoća		Mahovinski treset	Trset sastavljen od drvenastih ostataka	Trset nastao od uglavnom podzemnih ostataka zeljastih biljaka	Detritus nastao od drvenastih ostataka	Pougljnjeni ostaci	Željezovi oksidi	Glina
						Tb	Tl	Th	DI		Lf	As
0-5	1	0	4	3	HUE 10R 3/4 dusky red	4						
5-10	1	0	4	3	HUE 10R 3/4 dusky red	4						
10-15	3	0	2	2	10YR 2/2 very dark brown	1	2	1				
15-20	3	0	2	2	10YR 2/2 very dark brown	1	3					
20-25	3	0	2	2	10YR 2/2 very dark brown	1	3					
25-30	3	0	2	2	10YR 2/2 very dark brown	1	3					
30-35	3	0	2	2	10YR 2/2 very dark brown	1	3					
35-40	3	0	2	2	10YR 2/2 very dark brown	1	3					
40-45	3	0	3	2	10YR 2/1 black	1	2	1				
45-50	3	0	3	2	10YR 2/1 black	1	2	1				
50-55	3	0	3	2	10YR 2/1 black	1	2	1				
55-60	3	0	3	2	10YR 2/1 black	1	2	1				
60-65	3	0	3	2	10YR 2/1 black	1	2	1				
65-70	3	0	3	2	10YR 2/1 black	1	2	1				
70-75	3	0	3	2	10YR 2/1 black	1	2	1				
75-80	3	0	3	2	10YR 2/1 black	1	2	1				
80-85	3	0	3	2	10YR 2/1 black	1	2	1				
85-90	3	0	3	2	10YR 2/1 black	1	3					
90-95	3	0	3	2	10YR 2/1 black	1	2	1				
95-100	3	0	3	2	10YR 2/1 black	1	2	1				
100-105	3	0	3	2	10YR 2/1 black	1	2	1				
105-110	3	0	3	2	10YR 2/1 black	1	2	1				

Prilog 1. Nastavak

Dubina (cm)	0-4				Munsell	Komponente (zbroj = 4)						
	Tamnoća	Stratificiranost	Elastičnost	Suhoća		Mahovinski treset	Trset sastavljen od drvenastih ostataka	Trset nastao od uglavnom podzemnih ostataka zeljastih biljaka	Detritus nastao od drvenastih ostataka	Pougljnjeni ostaci	Željezovi oksidi	Glina
						Tb	Tl	Th	DI		Lf	As
110-115	3	0	2	2	10YR 2/1 black	+	2	1	1			
115-120	3	0	2	2	10YR 2/1 black	+	2	1	1			
120-125	3	0	2	2	10YR 2/1 black	+	2	1	1			
125-130	3	0	2	2	10YR 2/1 black	+	2	1	1			
130-135	3	0	2	2	10YR 2/1 black	+	2	1	1			
135-140	3	0	2	2	10YR 2/1 black	+	2	1	1			
140-145	3	0	2	2	10YR 2/1 black	+	2	1	1			
145-150	3	0	2	2	10YR 2/1 black	+	2	1	1			
150-155	3	0	2	2	10YR 2/1 black	+	2	1	1			
155-160	3	1	2	2	10YR 2/1 black	+	1	1	1		+	1
160-165	2	2	1	3	10YR 3/1 very dark gray	+	1	+			+	3
165-170	2	2	1	3	10YR 3/1 very dark gray	+	1	+			+	3
170-175	2	2	1	3	10YR 3/1 very dark gray	+	1	+		+		3
175-180	2	2	1	3	10YR 3/1 very dark gray	+	1	+		+		3
180-185	2	2	1	3	10YR 3/1 very dark gray	+	1	+				3
185-190	2	2	1	3	10YR 3/1 very dark gray	+	1	+				3
190-195	2	2	1	3	10YR 3/1 very dark gray	+	1	+				3
195-200	2	2	1	3	10YR 3/1 very dark gray	+	1	+				3
200-205	2	2	1	3	2.5Y 3/1 very dark gray	+	1	+				3
205-210	2	2	1	3	2.5Y 3/1 very dark gray	+	1	+				3

Prilog 2. Vrijednosti magnetskog susceptibiliteta, pH sedimenta, %C, %N i C/N omjera

DUBINA (cm)	Spektar boja prema CIELAB-u			MS	pH	N%	TOC%	atomski C/N
	L*	a*	b*					
0-5	39,92	3,81	2,45	-0,90	4,22	0,60	38,32	74,51
5-10	16,05	8,23	7,84	-1,00	4,47	0,76	40,73	62,59
10-15	24,90	2,56	2,83	0,20	4,68	0,88	43,48	57,64
15-20	10,26	3,01	3,53	-0,50	5,53	0,73	45,77	73,60
20-25	12,67	2,87	4,11	-0,50	4,66	1,19	42,82	42,01
25-30	25,38	2,31	3,64	-0,50	4,46	1,21	43,39	41,70
30-35	20,48	2,94	3,69	-0,60	4,61	0,99	43,31	50,98
35-40	17,55	3,69	6,08	-0,70	4,92	1,10	42,26	44,89
40-45	26,65	1,24	1,09	-0,90	4,62	2,26	42,29	21,80
45-50	26,73	1,12	2,61	-0,90	4,78	2,28	42,92	21,97
50-55	20,44	1,75	2,71	-0,90	4,68	2,04	42,60	24,34
55-60	10,70	2,04	3,57	-0,50	5,00	2,09	43,86	24,48
60-65	16,65	2,77	4,89	-1,10	4,69	2,14	45,97	25,07
65-70	16,35	4,05	5,64	-1,10	4,65	2,29	45,98	23,39
70-75	21,58	2,30	3,02	-1,10	4,85	2,16	46,67	25,15
75-80	21,00	3,10	3,62	-1,20	4,67	2,39	46,15	22,51
80-85	17,51	3,76	5,53	-0,70	4,67	2,21	46,57	24,63
85-90	19,22	2,03	1,89	-1,00	4,72	1,83	49,03	31,27
90-95	17,41	3,37	3,53	-1,00	4,70	2,27	45,57	23,42
95-100	19,51	3,12	5,14	-1,00	4,69	2,48	44,17	20,76
100-105	13,41	4,12	6,85	-0,10	5,01	2,18	45,36	24,33
105-110	24,83	2,56	3,19	-0,30	5,09	2,21	40,46	21,40
110-115	16,16	4,49	7,03	-0,60	4,81	2,15	38,35	20,84
115-120	20,00	2,94	4,09	0,10	4,73	1,93	38,88	23,49
120-125	14,29	5,44	8,53	-0,20	4,51	1,91	42,43	25,90
125-130	23,34	3,67	5,22	-0,60	4,58	1,75	40,75	27,14
130-135	22,37	3,25	4,73	-0,60	4,92	1,84	40,12	25,51
135-140	21,02	3,43	4,99	-0,70	4,70	1,70	38,01	26,03
140-145	20,67	2,77	3,39	-0,70	5,27	1,69	34,51	23,83
145-150	19,96	3,63	5,50	-0,40	4,85	1,59	34,55	25,35
150-155	15,22	5,05	7,43	-0,60	4,66	1,70	34,53	23,68
155-160	38,35	0,69	-0,26	-0,70	4,72	0,99	26,16	30,83
160-165	26,85	3,24	5,82	-0,10	4,84	0,62	14,52	27,47
165-170	31,53	2,81	5,71	0,80	4,97	0,49	10,84	26,03
170-175	37,17	1,75	5,18	2,40	4,95	0,35	6,77	22,45
175-180	30,30	1,91	4,15	2,50	5,12	0,41	8,91	25,60
180-185	34,76	1,52	3,03	1,40	4,98	0,47	10,96	27,22
185-190	28,67	2,13	3,84	0,50	5,66	0,65	15,98	28,65
190-195	26,19	5,11	9,16	0,00	4,71	0,55	12,41	26,46
195-200	28,30	2,45	5,13	1,70	4,69	0,47	9,86	24,59
200-205	36,63	1,87	2,77	1,30	5,77	0,41	9,28	26,49
205-210	36,42	1,93	3,51	0,80	5,74	0,50	12,63	29,40

Prilog 3. Model „dubina-starost“ - rezultati radiokarbonskog datiranja aproksimirani modelom linearne interpolacije pomoću CLAM programa

DUBINA (cm)	VRIJEDNOSTI DATIRANJA (godine BP)			RATA AKUMULACIJE SEDIMENTA (cm)	DUBINA (cm)	VRIJEDNOSTI DATIRANJA (godine BP)			RATA AKUMULACIJE SEDIMENTA (cm)
	min95%	max95%	preferirana			min95%	max95%	preferirana	
0	-73	-54	-64	0.0600961538461538	48	684	788	735	0.0600961538461538
1	-57	-37	-47	0.0600961538461538	49	699	806	752	0.0600961538461538
2	-40	-20	-31	0.0600961538461538	50	715	824	768	0.0600961538461538
3	-24	-4	-14	0.0600961538461538	51	730	842	785	0.0600961538461538
4	-8	13	3	0.0600961538461538	52	746	859	802	0.0600961538461538
5	9	30	19	0.0600961538461538	53	761	877	818	0.0600961538461538
6	25	47	36	0.0600961538461538	54	777	895	835	0.0600961538461538
7	41	64	53	0.0600961538461538	55	792	913	852	0.042863266180883
8	57	82	69	0.0600961538461538	56	817	935	875	0.042863266180883
9	72	99	86	0.0600961538461538	57	842	956	898	0.042863266180883
10	88	117	103	0.0600961538461538	58	865	979	922	0.042863266180883
11	104	134	119	0.0600961538461538	59	889	1002	945	0.042863266180883
12	120	152	136	0.0600961538461538	60	911	1027	968	0.042863266180883
13	136	169	153	0.0600961538461538	61	933	1051	992	0.042863266180883
14	151	187	169	0.0600961538461538	62	956	1076	1015	0.042863266180883
15	167	204	186	0.0600961538461538	63	979	1100	1038	0.042863266180883
16	182	222	202	0.0600961538461538	64	1001	1125	1061	0.042863266180883
17	198	240	219	0.0600961538461538	65	1022	1149	1085	0.042863266180883
18	214	257	236	0.0600961538461538	66	1042	1173	1108	0.042863266180883
19	230	275	252	0.0600961538461538	67	1064	1197	1131	0.042863266180883
20	245	293	269	0.0600961538461538	68	1085	1222	1155	0.042863266180883
21	261	310	286	0.0600961538461538	69	1107	1247	1178	0.042863266180883
22	277	328	302	0.0600961538461538	70	1128	1272	1201	0.042863266180883
23	293	345	319	0.0600961538461538	71	1150	1297	1225	0.042863266180883
24	308	363	336	0.0600961538461538	72	1170	1322	1248	0.042863266180883
25	324	381	352	0.0600961538461538	73	1191	1348	1271	0.042863266180883
26	340	398	369	0.0600961538461538	74	1211	1375	1295	0.042863266180883
27	355	416	386	0.0600961538461538	75	1231	1401	1318	0.042863266180883
28	371	433	402	0.0600961538461538	76	1251	1427	1341	0.042863266180883
29	387	451	419	0.0600961538461538	77	1271	1452	1365	0.042863266180883
30	402	469	435	0.0600961538461538	78	1291	1477	1388	0.042863266180883
31	418	486	452	0.0600961538461538	79	1311	1503	1411	0.042863266180883
32	434	504	469	0.0600961538461538	80	1332	1528	1435	0.042863266180883
33	449	522	485	0.0600961538461538	81	1352	1553	1458	0.042863266180883
34	465	540	502	0.0600961538461538	82	1373	1579	1481	0.042863266180883
35	481	557	519	0.0600961538461538	83	1392	1606	1505	0.042863266180883
36	496	575	535	0.0600961538461538	84	1412	1632	1528	0.042863266180883
37	512	593	552	0.0600961538461538	85	1432	1659	1551	0.042863266180883
38	528	610	569	0.0600961538461538	86	1451	1685	1575	0.042863266180883
39	543	628	585	0.0600961538461538	87	1471	1712	1598	0.042863266180883
40	559	646	602	0.0600961538461538	88	1490	1738	1621	0.042863266180883
41	574	664	619	0.0600961538461538	89	1509	1766	1645	0.042863266180883
42	590	681	635	0.0600961538461538	90	1530	1792	1668	0.042863266180883
43	605	699	652	0.0600961538461538	91	1550	1819	1691	0.042863266180883
44	621	717	668	0.0600961538461538	92	1571	1845	1715	0.042863266180883
45	637	735	685	0.0600961538461538	93	1591	1872	1738	0.042863266180883
46	652	752	702	0.0600961538461538	94	1610	1899	1761	0.042863266180883
47	668	770	718	0.0600961538461538	95	1630	1926	1785	0.042863266180883

Prilog 3. Nastavak

DUBINA (cm)	VRIJEDNOSTI DATIRANJA (godine BP)			RATA AKUMULACIJE SEDIMENTA (cm)	DUBINA (cm)	VRIJEDNOSTI DATIRANJA (godine BP)			RATA AKUMULACIJE SEDIMENTA (cm)
	min95%	max95%	preferirana			min95%	max95%	preferirana	
96	1650	1953	1808	0.042863266180883	144	2570	3271	2928	0.042863266180883
97	1669	1980	1831	0.042863266180883	145	2590	3298	2951	0.042863266180883
98	1688	2007	1855	0.042863266180883	146	2609	3325	2974	0.042863266180883
99	1707	2034	1878	0.042863266180883	147	2628	3351	2998	0.042863266180883
100	1726	2061	1901	0.042863266180883	148	2648	3378	3021	0.042863266180883
101	1745	2088	1925	0.042863266180883	149	2667	3405	3044	0.042863266180883
102	1764	2115	1948	0.042863266180883	150	2686	3432	3068	0.042863266180883
103	1785	2142	1971	0.042863266180883	151	2705	3458	3091	0.042863266180883
104	1805	2170	1995	0.042863266180883	152	2725	3485	3114	0.042863266180883
105	1825	2198	2018	0.042863266180883	153	2744	3512	3138	0.042863266180883
106	1845	2225	2041	0.042863266180883	154	2764	3539	3161	0.042863266180883
107	1864	2253	2065	0.042863266180883	155	2783	3567	3184	0.042863266180883
108	1883	2280	2088	0.042863266180883	156	2802	3595	3208	0.042863266180883
109	1902	2308	2111	0.042863266180883	157	2821	3623	3231	0.042863266180883
110	1921	2335	2135	0.042863266180883	158	2841	3651	3254	0.042863266180883
111	1940	2363	2158	0.042863266180883	159	2860	3678	3277	0.042863266180883
112	1959	2391	2181	0.042863266180883	160	2879	3705	3301	0.042863266180883
113	1979	2419	2204	0.042863266180883	161	2898	3732	3324	0.042863266180883
114	1998	2446	2228	0.042863266180883	162	2917	3759	3347	0.042863266180883
115	2017	2474	2251	0.042863266180883	163	2936	3786	3371	0.042863266180883
116	2036	2502	2274	0.042863266180883	164	2955	3814	3394	0.042863266180883
117	2056	2529	2298	0.042863266180883	165	2974	3842	3417	0.042863266180883
118	2075	2557	2321	0.042863266180883	166	2993	3870	3441	0.042863266180883
119	2094	2585	2344	0.042863266180883	167	3012	3898	3464	0.042863266180883
120	2113	2613	2368	0.042863266180883	168	3031	3926	3487	0.042863266180883
121	2131	2641	2391	0.042863266180883	169	3050	3954	3511	0.042863266180883
122	2149	2669	2414	0.042863266180883	170	3069	3982	3534	0.042863266180883
123	2168	2697	2438	0.042863266180883	171	3089	4010	3557	0.042863266180883
124	2186	2724	2461	0.042863266180883	172	3108	4038	3581	0.042863266180883
125	2205	2752	2484	0.042863266180883	173	3127	4066	3604	0.042863266180883
126	2225	2780	2508	0.042863266180883	174	3146	4094	3627	0.042863266180883
127	2244	2807	2531	0.042863266180883	175	3165	4122	3651	0.042863266180883
128	2264	2835	2554	0.042863266180883	176	3184	4150	3674	0.042863266180883
129	2282	2863	2578	0.042863266180883	177	3203	4178	3697	0.042863266180883
130	2301	2890	2601	0.042863266180883	178	3222	4206	3721	0.042863266180883
131	2320	2918	2624	0.042863266180883	179	3241	4234	3744	0.042863266180883
132	2339	2946	2648	0.042863266180883	180	3260	4262	3767	0.042863266180883
133	2358	2973	2671	0.042863266180883	181	3279	4290	3791	0.042863266180883
134	2378	3000	2694	0.042863266180883	182	3298	4318	3814	0.042863266180883
135	2397	3026	2718	0.042863266180883	183	3317	4346	3837	0.042863266180883
136	2416	3054	2741	0.042863266180883	184	3337	4374	3861	0.042863266180883
137	2435	3081	2764	0.042863266180883	185	3356	4402	3884	0.042863266180883
138	2455	3109	2788	0.042863266180883	186	3375	4430	3907	0.042863266180883
139	2474	3136	2811	0.042863266180883	187	3394	4458	3931	0.042863266180883
140	2493	3163	2834	0.042863266180883	188	3413	4486	3954	0.042863266180883
141	2513	3190	2858	0.042863266180883	189	3432	4514	3977	0.042863266180883
142	2532	3218	2881	0.042863266180883	190	3451	4542	4001	0.042863266180883
143	2551	3245	2904	0.042863266180883	191	3470	4570	4024	0.042863266180883

### Prilog 3. Nastavak

DUBINA (cm)	VRIJEDNOSTI DATIRANJA (godine BP)			RATA AKUMULACIJE SEDIMENTA (cm)
	min95%	max95%	preferirana	
192	3489	4598	4047	0.042863266180883
193	3508	4626	4071	0.042863266180883
194	3527	4654	4094	0.042863266180883
195	3546	4682	4117	0.042863266180883
196	3565	4710	4141	0.042863266180883
197	3585	4737	4164	0.042863266180883
198	3604	4765	4187	0.042863266180883
199	3623	4792	4211	0.042863266180883
200	3642	4819	4234	0.042863266180883
201	3661	4846	4257	0.042863266180883
202	3680	4873	4281	0.042863266180883
203	3700	4901	4304	0.042863266180883
204	3719	4928	4327	0.042863266180883
205	3739	4955	4350	0.042863266180883
206	3758	4982	4374	0.042863266180883
207	3778	5009	4397	0.042863266180883
208	3797	5036	4420	0.042863266180883
209	3817	5064	4444	0.042863266180883
210	3836	5091	4467	0.042863266180883



Prilog 4a. Palinološke vrste – regionalni tipovi peludnih palinomorfa

DUBINA (cm)	%Pinus	%Abies	%Picea	%Alnus	%Ulmus	%Betula	%Fraxinus	%Salix	%Populus	%Tilia	%Carpinus	%Fagus	%Quercus	%Acer	%Sorbus gr.	%Castanea
5-10	11,5	1,3	1,9	3,8	0,2	0,6	0,2	0,0	0,0	0,4	17,5	17,7	8,3	0,4	0,2	0,0
10-15	8,3	0,0	1,5	7,1	0,6	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	24,1	10,4	7,1	0,0	0,0	0,0
15-20	6,5	0,2	0,6	4,2	0,4	1,0	0,6	0,0	0,4	0,0	22,6	11,7	7,7	0,0	0,2	0,0
20-25	7,1	0,6	1,5	6,8	0,6	0,6	0,0	0,0	0,0	0,6	15,1	11,3	15,4	0,0	0,6	0,0
25-30	8,4	1,8	2,1	1,8	2,4	0,3	0,0	0,0	0,0	0,3	16,8	11,7	13,5	0,0	0,6	0,0
30-35	7,3	0,0	0,0	10,0	0,7	1,0	0,3	0,3	3,0	0,7	7,3	8,3	11,7	0,0	0,7	0,7
35-40	6,8	0,5	0,5	2,9	1,5	0,0	0,0	0,0	1,9	0,0	18,0	11,4	18,7	0,0	0,0	0,0
40-45	3,9	0,4	0,0	13,2	0,4	1,9	0,8	0,0	0,0	0,4	7,8	12,8	16,3	0,0	0,0	0,0
45-50	5,9	0,5	1,0	3,4	2,0	1,0	0,0	0,0	2,0	0,5	4,4	18,0	20,0	0,0	0,0	0,0
50-55	3,7	2,6	1,0	5,2	3,7	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6	18,3	17,8	0,0	0,0	0,0
55-60	4,9	1,6	0,7	2,6	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	8,2	33,4	12,8	0,0	0,0	0,0
60-65	2,6	0,7	0,4	13,0	1,9	1,9	0,4	0,0	0,0	0,0	10,4	10,7	14,8	0,0	0,0	0,0
65-70	3,7	2,0	1,7	5,7	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	8,9	29,4	20,9	0,0	0,0	0,0
70-75	2,2	1,9	0,0	5,8	2,8	0,6	0,0	0,0	0,0	1,1	8,9	17,0	21,4	0,0	0,0	0,0
75-80	2,3	2,0	0,3	13,0	2,6	2,9	0,0	0,0	0,0	0,6	8,7	22,9	17,1	0,0	0,0	0,0
80-85	2,2	1,1	0,0	28,3	1,1	1,8	0,4	0,0	0,0	0,0	4,4	19,9	20,2	0,0	0,0	0,0
85-90	0,3	0,3	0,0	45,8	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	1,0	5,2	17,0	15,7	0,0	0,0	0,3
90-95	0,9	3,4	0,0	18,7	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,6	33,1	14,1	0,0	0,0	0,0
95-100	0,2	0,7	0,2	73,0	0,0	0,9	0,2	0,0	0,0	0,0	3,2	11,7	4,1	0,0	0,0	0,0
100-105	1,3	0,9	0,2	32,3	1,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,4	19,6	25,6	7,7	0,0	0,0	0,0
105-110	1,3	2,3	0,0	34,4	1,0	2,1	0,0	0,0	0,0	1,3	15,2	29,5	5,9	0,0	0,0	0,0
110-115	0,9	2,1	0,2	50,4	0,6	0,0	0,2	0,0	0,0	0,2	9,6	23,2	3,2	0,0	0,0	0,0
115-120	2,0	6,1	0,2	4,6	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	14,8	51,5	8,3	0,0	0,0	0,0
120-125	0,4	1,2	0,0	50,6	0,4	0,3	0,0	0,0	0,0	1,2	10,7	22,3	3,2	0,1	0,0	0,0
125-130	1,0	1,5	0,2	14,4	2,1	0,2	0,0	0,0	0,0	1,9	20,3	41,3	6,3	0,0	0,0	0,0
130-135	1,2	1,3	0,2	22,0	2,5	0,2	0,0	0,0	0,0	2,7	14,5	29,5	7,9	0,2	0,0	0,0
135-140	0,9	0,9	0,2	33,5	0,9	0,4	0,0	0,0	0,0	3,0	12,8	23,7	5,0	0,0	0,0	0,0
140-145	0,3	1,6	0,3	19,8	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	12,4	33,2	5,5	0,0	0,0	0,0
145-150	0,6	0,2	0,2	43,7	1,3	0,2	0,0	0,0	0,0	3,2	9,6	22,8	4,9	0,0	0,0	0,0
150-155	3,1	3,1	0,4	14,5	3,7	0,2	0,0	0,0	0,0	6,0	6,4	40,9	5,0	0,0	0,0	0,0
155-160	3,2	1,3	1,8	10,8	2,6	3,4	0,0	0,0	0,0	9,5	3,7	37,0	5,0	0,2	0,0	0,0
160-165	0,8	0,5	0,3	11,5	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	9,2	0,3	47,9	5,9	0,8	0,0	0,0
165-170	1,9	0,6	0,6	20,3	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	11,3	0,0	17,7	3,9	1,0	0,0	0,0
170-175	3,6	0,0	1,0	11,2	6,5	0,0	0,3	0,0	0,0	12,7	0,5	34,0	1,8	0,0	0,0	0,0
175-180	20,9	0,4	2,1	3,7	11,3	0,5	0,0	0,0	0,0	8,9	0,5	20,2	7,8	0,5	0,0	0,0
180-185	8,9	0,0	0,3	3,7	16,1	0,9	0,0	0,0	0,0	9,2	0,0	19,9	13,3	0,0	0,0	0,0
185-190	15,9	0,0	1,4	3,1	17,9	1,4	0,0	0,0	0,0	7,9	2,1	3,8	17,9	0,0	0,0	0,0
190-195	32,3	0,3	3,1	1,1	10,9	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0	0,6	12,3	8,0	0,3	0,0	0,0
195-200	35,7	0,5	2,3	2,8	10,8	0,5	0,0	0,0	0,0	9,4	3,8	8,9	8,9	0,0	0,5	0,0
200-205	71,1	0,0	4,4	1,7	4,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,3	5,7	1,7	0,0	0,0	0,0
205-210	35,6	0,8	1,1	1,5	10,3	0,4	0,0	0,0	0,0	4,6	1,5	14,2	17,6	0,0	0,0	0,0

Prilog 4a. Nastavak

DUBINA (cm)	%Juglans	%Hedera helix	%Vitis	%Viscum album	%Corylus	%Frangula alnus	%Cornus mass t.	%Viburnum opulus	%Viburnum lantana	%Ephedra fragilis t.	%Carduus t./Cirsium	%Senecio t.	%Cichoriace ae	%Centauria jacea	%Matricaria t.	%Filipend- ula t.
5-10	1,9	0,0	0,0	0,0	11,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	1,1	0,0	0,0	0,9	0,0
10-15	1,8	0,0	0,0	0,0	13,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	0,0
15-20	1,2	0,0	0,4	0,0	12,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,4	0,2	0,0	0,0
20-25	1,2	0,0	0,3	0,0	9,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,6	0,3	0,0	0,6	0,0
25-30	1,5	0,0	0,0	0,0	6,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,3	0,9	0,0
30-35	1,7	0,0	0,0	0,3	10,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,3	0,3	0,0	2,0	0,3
35-40	0,7	0,0	0,0	0,0	7,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,2	0,5	0,2	0,0
40-45	1,2	0,0	0,0	0,0	10,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	1,2	0,4	2,3	0,0
45-50	0,0	0,0	0,0	0,0	6,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	1,0	0,0	0,0
50-55	1,0	0,0	0,0	0,0	5,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6	2,1	1,6	0,0
55-60	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	1,0	0,3	0,0	0,0
60-65	0,7	0,0	0,0	0,0	8,9	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,7	0,7	0,4	0,0	0,0	0,0
65-70	0,0	0,0	0,0	0,0	6,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,3	0,3	0,3	0,0
70-75	1,4	0,0	0,0	0,0	9,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,8	0,3	0,6	0,8	0,0
75-80	0,0	0,0	0,0	0,0	6,4	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,6	1,2	0,0	0,0	0,0
80-85	0,0	0,0	0,0	0,0	5,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,7	0,7	0,4	0,0	0,7
85-90	0,0	0,0	0,0	0,0	6,5	0,0	0,7	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0
90-95	0,9	0,0	0,0	0,0	6,1	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0
95-100	0,0	0,2	0,0	0,0	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,5	0,2
100-105	0,2	0,0	0,0	0,0	7,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,4	0,0	0,2	0,0
105-110	0,8	0,0	0,0	0,0	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	0,3	0,0	0,0
110-115	0,4	0,0	0,0	0,0	7,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
115-120	0,0	0,2	0,0	0,2	7,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0
120-125	0,0	0,0	0,0	0,0	7,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,1
125-130	0,6	0,4	0,0	0,2	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
130-135	0,0	0,4	0,0	0,0	13,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,2	0,0
135-140	0,0	0,2	0,0	0,0	14,8	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
140-145	0,0	0,3	0,0	0,0	17,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0
145-150	0,0	0,0	0,0	0,4	11,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
150-155	0,0	0,8	0,0	0,0	14,7	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
155-160	0,3	0,5	0,0	0,0	13,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	2,1	0,0	0,0	0,5	0,0
160-165	0,0	0,0	0,0	0,0	17,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,5	0,0	0,0	0,0
165-170	0,0	0,6	0,0	0,3	29,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	1,3	0,3	0,0	0,0	0,0
170-175	0,0	0,5	0,0	0,0	22,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,8	1,0	0,0	0,0	0,0
175-180	0,0	0,2	0,0	0,0	8,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,7	1,1	0,0	1,8	0,0
180-185	0,0	0,3	0,0	0,0	8,9	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,9	1,2	0,3	0,3	0,0	0,3
185-190	0,0	0,0	0,0	0,0	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,7	0,0	1,7	0,0
190-195	0,0	0,0	0,0	0,0	4,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	0,3	1,4	0,0
195-200	0,0	0,0	0,0	0,0	4,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	1,4	0,5
200-205	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0
205-210	0,0	0,4	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	1,1	0,4	0,8	0,0

Prilog 4a. Nastavak

DUBINA (cm)	%Calystegia	%Valeriana offici.	%Cirscea	%Mentha t.	%Lythrum	%Succisa t.	%Sanguisor ba offic.	%Poaceae	%Ericaceae	%Liliopsida	%Geranium	%Rubiaceae	%Brassicace aeae	%Ranuncula ceae	%Caryophyll aceae	%Apiaceae
5-10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	13,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10-15	0,0	0,3	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	12,8	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15-20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	19,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0
20-25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	16,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,6	0,0
25-30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,8	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30-35	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	19,0	1,0	0,0	0,3	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0
35-40	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	19,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,7	1,0	0,2	0,0
40-45	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,4	19,5	1,2	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,8	0,0
45-50	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,2	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
50-55	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	1,0	0,0	27,2	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	1,0
55-60	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	26,6	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
60-65	0,0	0,0	0,0	0,7	0,4	0,0	0,0	28,9	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0
65-70	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
70-75	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,7	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
75-80	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,7	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
80-85	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0
85-90	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0
90-95	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	3,4	0,9	0,3	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
95-100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
100-105	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
105-110	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0
110-115	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
115-120	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
120-125	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
125-130	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	2,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
130-135	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	2,1	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0
135-140	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0
140-145	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0
145-150	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
150-155	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
155-160	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	1,3	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,3	0,0
160-165	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0
165-170	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,2	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	1,0	0,6	0,0
170-175	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0
175-180	0,0	0,2	0,4	0,0	0,0	0,4	0,9	3,2	0,2	0,2	0,5	0,0	0,2	0,2	0,7	0,2
180-185	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	1,2	11,0	0,3	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3
185-190	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	4,8	11,7	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
190-195	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	1,1	1,4	8,3	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3
195-200	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,9	6,1	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
200-205	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,3	4,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
205-210	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,8	5,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0

Prilog 4a. Nastavak

DUBINA (cm)	%Fabaceae	%Euphorbia ceae	%Campanul aceae	%Xanthium spinos.	%Artemisia	%Plantago lanceolata	%Plantago major t.	%Fagopyru m	%Ranunculu s acis t.	%Sanguisor ba minor t.	%Solanum nigrum t.	%Rumex acetosa t.	%Polygonu m	%Chenopodi aceae	%Urticaceae	%Cereal
5-10	0,0	0,0	0,0	4,1	0,4	1,1	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0
10-15	0,0	0,0	0,0	6,5	0,3	0,6	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,6
15-20	0,0	0,0	0,0	7,1	0,4	1,2	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0
20-25	0,0	0,0	0,0	6,8	0,3	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,3	0,3
25-30	0,0	0,0	0,0	8,1	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	0,9	0,0	0,9	0,0	0,6
30-35	0,0	0,0	0,0	4,0	0,7	2,7	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,3
35-40	0,0	0,0	0,0	2,7	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,5	0,2	0,0	0,5
40-45	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
45-50	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
50-55	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0
55-60	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
60-65	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
65-70	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
70-75	0,0	0,0	0,0	0,3	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0
75-80	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
80-85	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
85-90	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0
90-95	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	0,0	0,0
95-100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
100-105	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0
105-110	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
110-115	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0
115-120	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
120-125	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
125-130	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0
130-135	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
135-140	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
140-145	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
145-150	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
150-155	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
155-160	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0
160-165	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
165-170	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0
170-175	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
175-180	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
180-185	0,9	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0
185-190	1,0	0,0	0,3	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0
190-195	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0
195-200	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
200-205	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
205-210	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Prilog 4b. Palinološke vrste – lokalni tipovi peludnih palinomorfa

DUBINA	%Drosera rotundifolia	%Cyperaceae	%Typha latifolia t.	%Sparganium t.	%Myriophyllum spicatum	%Nymphaea	%Polypodiales	%Pteridium	%Equisetum	%Lycopodium inundata	%Anthoceros	%Sphagnum
5-10	0,0	29,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5
10-15	0,0	34,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3
15-20	0,0	41,2	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,7
20-25	0,0	34,6	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	14,9
25-30	0,0	45,6	0,3	0,0	0,6	0,0	3,5	1,5	0,0	0,0	0,0	13,1
30-35	0,3	36,2	1,0	0,0	0,0	0,0	11,4	1,0	0,0	0,0	0,3	12,2
35-40	0,0	49,0	0,2	0,0	0,0	0,0	11,0	2,1	0,2	0,0	0,0	16,5
40-45	0,0	6,2	0,4	0,0	0,0	0,0	23,5	0,0	0,0	0,4	0,0	49,2
45-50	0,0	6,8	0,5	0,0	0,0	0,0	44,7	4,7	0,0	0,0	0,0	56,6
50-55	0,0	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	31,3	5,9	0,0	0,0	1,5	55,8
55-60	0,0	3,2	1,0	0,0	0,0	0,0	24,3	3,5	0,0	0,0	0,0	33,7
60-65	0,0	4,3	3,6	0,0	0,0	0,0	29,1	4,9	0,0	0,0	0,0	20,4
65-70	0,0	1,4	1,7	0,0	0,0	0,0	26,6	9,8	0,0	0,0	0,0	17,1
70-75	0,0	3,5	0,6	0,0	0,0	0,0	27,1	4,8	0,0	0,0	0,0	16,1
75-80	0,0	1,4	5,0	0,0	0,0	0,0	26,1	5,7	0,0	0,0	0,0	19,2
80-85	0,0	3,2	20,9	0,0	0,0	0,0	19,8	0,0	0,0	0,0	0,0	20,9
85-90	0,0	2,5	6,7	0,0	0,0	0,0	28,2	6,1	0,0	0,0	0,0	7,8
90-95	0,0	0,6	0,3	0,0	0,0	0,0	41,1	7,9	0,0	0,0	0,0	5,5
95-100	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	28,6	2,2	0,0	0,0	0,0	1,3
100-105	0,0	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	48,2	6,6	0,0	0,0	0,0	4,7
105-110	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	45,6	0,3	0,0	0,0	0,0	4,2
110-115	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	40,1	0,9	0,0	0,0	0,0	2,4
115-120	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	37,2	2,5	0,0	0,0	0,0	14,3
120-125	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	30,1	1,9	0,0	0,0	0,0	13,1
125-130	0,0	0,9	0,2	0,0	0,0	0,0	26,0	3,5	0,0	0,0	0,0	25,9
130-135	0,0	2,8	0,2	0,0	0,0	0,0	50,9	2,6	0,0	0,0	0,0	19,1
135-140	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	44,8	1,1	0,0	0,0	0,0	10,9
140-145	0,0	1,6	0,3	0,0	0,0	0,0	53,0	1,4	0,0	0,0	0,0	8,1
145-150	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	40,9	0,6	0,0	0,0	0,0	6,2
150-155	0,0	0,4	0,2	0,0	0,0	0,0	40,7	1,1	0,0	0,0	0,0	7,7
155-160	0,0	3,0	1,3	0,0	0,0	0,0	45,3	0,0	0,0	0,0	0,2	15,3
160-165	0,0	7,6	0,3	0,0	0,0	0,0	45,5	0,8	0,0	0,0	0,0	25,4
165-170	0,0	9,1	1,0	0,0	0,0	0,0	38,2	0,3	0,0	0,0	0,0	26,2
170-175	0,0	14,6	0,5	0,0	0,0	0,0	37,4	0,5	0,0	0,0	0,3	29,1
175-180	0,0	14,8	1,7	0,0	0,2	0,2	25,4	0,0	0,0	0,0	0,4	13,0
180-185	0,0	39,7	0,3	0,0	0,0	0,0	28,0	1,4	1,1	0,0	0,0	20,6
185-190	0,0	46,6	0,3	0,0	0,0	0,0	19,7	0,0	0,0	0,0	0,0	5,8
190-195	0,0	45,5	1,4	0,0	0,0	0,0	34,7	0,0	0,0	0,0	0,0	12,9
195-200	0,0	53,8	3,6	0,5	0,0	0,0	25,2	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7
200-205	0,0	41,8	3,6	0,0	0,0	0,0	21,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
205-210	0,0	36,5	4,4	0,0	0,0	0,0	20,2	0,0	0,0	0,0	0,4	6,5

Prilog 5. Ekološki indikativni nepeludni palinomorfi

DUBINA	ameba %Amphitrema flavum	ameba %Assulina seminulum	ameba %Assulina miscororum	amebe %Arcella	amebe %Nebela	ameba %Hyalospheni a papilio	alge %Spirogyra	alge %Zygnema	alge %Diatomeae	alge %Volvocaceae (RVN 1)	alge %Pediastrum	alge %Euastrum	vimjaci %Necorhabdoc oala	kolnjak %Habrotrocha angusticollis	duge ožjaci %Tardigrada
5-10	0,0	3,1	6,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0
10-15	0,0	2,6	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
15-20	0,0	0,4	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,6	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0
20-25	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
25-30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
30-35	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
35-40	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,2	2,1	0,2	0,0	0,5	0,0	0,0
40-45	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	0,8	0,0	0,0
45-50	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	1,4
50-55	0,0	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
55-60	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,7
60-65	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
65-70	0,0	0,0	0,3	0,3	0,6	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
70-75	0,0	0,0	0,3	0,3	0,8	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	1,4
75-80	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
80-85	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,4	0,0	0,0	0,0	0,4	0,7	0,0	0,7
85-90	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
90-95	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2
95-100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
100-105	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
105-110	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
110-115	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
115-120	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
120-125	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
125-130	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
130-135	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
135-140	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
140-145	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
145-150	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
150-155	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
155-160	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
160-165	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
165-170	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
170-175	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
175-180	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
180-185	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
185-190	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
190-195	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
195-200	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
200-205	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
205-210	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0

Prilog 5. Nastavak

DUBINA	dužšivci %Macrobiotus	rakovi %Spermatofori	veštonožača %Arhizari	paučnjaci %Acarif.	Oribatei Biljve	%Microthyriac eae	Biljve %Microthyriac ae1a i 1b	Biljve %Glomus	Biljve %Gelasiospor e	Biljva %Diporotheca rhizophila	Biljve %Sorbariaceae (HdV-55a)	Biljve %Podospora tip (HdV-36B)	Biljve %Valcarita variospora	Biljve %Strachyspori um	Biljve %Thecophora	Biljve %HdV- 16B	Biljve %HdV- 200
5-10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
10-15	0,0	0,0	0,6	0,6	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
15-20	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,2	0,0	
20-25	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
25-30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	
30-35	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	
35-40	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
40-45	0,0	1,2	1,2	0,4	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	3,4	0,0	3,4	0,0	
45-50	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	0,0	2,4	0,5	
50-55	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	3,5	0,0	15,1	0,0	
55-60	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	
60-65	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,4	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	
65-70	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
70-75	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	0,6	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	0,0	0,0	
75-80	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
80-85	0,4	1,4	0,4	0,4	0,0	0,4	0,0	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	
85-90	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,3	0,0	
90-95	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
95-100	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	
100-105	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	
105-110	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
110-115	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
115-120	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,2	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
120-125	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
125-130	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
130-135	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
135-140	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
140-145	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
145-150	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
150-155	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
155-160	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
160-165	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
165-170	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
170-175	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
175-180	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
180-185	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
185-190	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
190-195	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
195-200	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
200-205	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
205-210	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	

Prilog 5. Nastavak

DUBINA	elive %HdV- 496	elive %HdV 992	elive %HdV- 1047	akritah %P-seudoschiz aaa	akritah %EMA- 21	akritah %HdV- 33	akritah %HdV- 179A	akritah %HdV- 179	akritah %HdV- 184	akritah %HdV- 307B	akritah %HdV- 731	akritah %HdV- 942A
5-10	0,0	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10-15	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0
15-20	0,0	1,0	0,2	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20-25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0
25-30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0
30-35	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0
35-40	0,0	0,0	0,5	0,0	0,2	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	1,4	0,0
40-45	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2
45-50	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0
50-55	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
55-60	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
60-65	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0
65-70	0,6	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
70-75	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
75-80	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
80-85	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0
85-90	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
90-95	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
95-100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
100-105	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
105-110	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
110-115	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
115-120	0,0	0,0	0,0	0,4	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
120-125	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
125-130	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
130-135	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
135-140	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
140-145	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
145-150	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
150-155	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
155-160	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0
160-165	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
165-170	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
170-175	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
175-180	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0
180-185	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
185-190	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
190-195	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
195-200	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
200-205	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0
205-210	0,4	0,8	0,0	0,4	0,0	1,1	0,0	5,8	0,0	0,0	0,0	0,0



Prilog 6. Statistička analiza međudnosa abiotičkih čimbenika i lokalne vegetacije

Regression Analysis							
OVERALL FIT							
Multiple R	0,957050945		AIC	396,8170766			
R Square	0,915946512		AICc	399,2876648			
Adjusted R Square	0,904272416		BSC	405,3849369			
Standard Error	119,3795587						
Observations	41						
ANOVA							
				Alpha	0,05		
	df	SS	MS	F	p-value	sig	
Regression	5	5590836,755	1118167,351	78,45974083	2,45963E-18	yes	
Residual	36	513053,245	14251,47903				
Total	41	6103890					
	coeff	std err	t stat	p-value	lower	upper	vif
L* (crno-bijelo)	6,427247459	3,605354701	1,782694906	0,083071011	-0,884750782	13,7392457	2,31153
MS	-40,9253856	28,36387135	-1,442870231	0,157702282	-98,44998293	16,59921173	2,6808
a* (zeleno-crveno)	-45,0327532	31,20173093	-1,443277403	0,157588287	-108,3127965	18,24729013	5,09543
b* (plavo-žuto)	45,04930552	21,20150546	2,124816354	0,040536076	2,050659489	88,04795154	4,91709
pH	29,74752966	23,30683046	1,276343847	0,210006838	-17,52091338	77,0159727	1,35058

Prilog 7. Statistička analiza međudnosa abiotičkih čimbenika i ekološki indikativnih nepeludnih palinomorfa

Regression Analysis							
OVERALL FIT							
Multiple R	0,73953		AIC	221,291			
R Square	0,5469		AICc	222,402			
Adjusted R Square	0,51113		BSC	226,431			
Standard Error	14,3463						
Observations	41						
ANOVA							
				Alpha	0,05		
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p-value</i>	<i>sig</i>	
Regression	3	9440,01	3146,67	15,2888	1,10E-06	yes	
Residual	38	7820,99	205,815				
Total	41	17261					
	<i>coeff</i>	<i>std err</i>	<i>t stat</i>	<i>p-value</i>	<i>lower</i>	<i>upper</i>	<i>vif</i>
a* (zeleno-crveno)	8,96842	3,03423	2,95575	0,00533	2,82595	15,1109	3,66194
b* (plavo-žuto)	-6,2018	2,17025	-2,8576	0,00689	-10,595	-1,8083	3,4144
pH	2,99338	1,13589	2,63527	0,0121	0,69389	5,29287	1,14528

Prilog 8. Statistička analiza međudnosa abiotičkih čimbenika i pougljenjenih čestica

Regression Analysis							
OVERALL FIT							
Multiple R	0,64985	AIC	513,204				
R Square	0,4223	AICc	513,853				
Adjusted R Square	0,39268	BSC	516,631				
Standard Error	510,205						
Observations	41						
ANOVA							
				Alpha	0,05		
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p-value</i>	<i>sig</i>	
Regression	2	7421225	3710613	14,2546	2,3E-05	yes	
Residual	39	1E+07	260309				
Total	41	1,8E+07					
	<i>coeff</i>	<i>std err</i>	<i>t stat</i>	<i>p-value</i>	<i>lower</i>	<i>upper</i>	<i>vif</i>
MS	159,117	83,7057	1,90091	0,06472	-10,194	328,427	1,67962
L* (crno-bijelo)	16,9325	3,3543	5,04799	1,1E-05	10,1478	23,7172	1,67962

Prilog 9. Statistička analiza međudnosa ukupnog organskog ugljika i lokalne vegetacije

Regression Analysis						
OVERALL FIT						
Multiple R	0,848579002		AIC	438,141		
R Square	0,720086323		AICc	438,457		
Adjusted R Square	0,713088481		BSC	439,855		
Standard Error	206,6737945					
Observations	41					
ANOVA						
				Alpha	0,05	
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p-value</i>	<i>sig</i>
Regression	1	4395327,7	4395327,71	102,901	1,3E-12	yes
Residual	40	1708562,3	42714,0573			
Total	41	6103890				
	<i>coeff</i>	<i>std err</i>	<i>t stat</i>	<i>p-value</i>	<i>lower</i>	<i>upper</i>
ukupni TC	8,835138633	0,8709699	10,1440228	1,3E-12	7,07484	10,5954

Prilog 10. Statistička analiza međudnosa ukupnog organskog ugljika i duška na ekološki indikativne nepeludne palinomorfe

Regression Analysis							
OVERALL FIT							
Multiple R	0,739977		AIC	219,2302			
R Square	0,547567		AICc	219,8789			
Adjusted R Square	0,524365		BSC	222,6574			
Standard Error	14,1507						
Observations	41						
ANOVA							
				Alpha	0,05		
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p-value</i>	<i>sig</i>	
Regression	2	9451,546978	4725,773489	23,60027	0,0000001920	yes	
Residual	39	7809,453022	200,2423852				
Total	41	17261					
	<i>coeff</i>	<i>std err</i>	<i>t stat</i>	<i>p-value</i>	<i>lower</i>	<i>upper</i>	<i>vif</i>
N%	-12,1398	5,105701641	-2,377687064	0,02242	-22,467	-1,8125	2,724261
ukupni TC% (=TOC)	0,897415	0,223857788	4,008861882	0,000267	0,44462	1,35021	2,724261

Prilog 11. Statistička analiza međuodnosa pougljenjenih čestica i životnih oblika

Regression Analysis							
OVERALL FIT							
Multiple R	0,712997		AIC	510,5903			
R Square	0,508365		AICc	512,3046			
Adjusted R Square	0,455215		BSC	517,4446			
Standard Error	483,2224						
Observations	41						
ANOVA							
				Alpha	0,05		
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p-value</i>	<i>sig</i>	
Regression	4	8933629	2233407	9,564752	2,05E-05	yes	
Residual	37	8639645	233503,9				
Total	41	17573274					
	<i>coeff</i>	<i>std err</i>	<i>t stat</i>	<i>p-value</i>	<i>lower</i>	<i>upper</i>	<i>vif</i>
Grmlje	-12,3652	3,845649	-3,21538	0,002704	-20,1573	-4,5732	1,569882
Zeljaste biljke	5,194229	2,603728	1,99492	0,053456	-0,08142	10,46988	1,500767
Antropogeni indikator	-10,0597	7,428733	-1,35416	0,183899	-25,1117	4,99237	1,435806
Lokalna vegetacija	1,707949	0,528329	3,232737	0,002579	0,637453	2,778446	1,412015

Prilog 12. Statistička analiza funkcionalnih jedinica vegetacije i pougljenjenih čestica

Regression Analysis							
OVERALL FIT							
Multiple R	0,919067			AIC	467,3471122		
R Square	0,844684			AICc	470,7410516		
Adjusted R Square	0,818058			BSC	477,6285446		
Standard Error	279,2551						
Observations	41						
ANOVA							
				Alpha	0,05		
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p-value</i>	<i>sig</i>	
Regression	6	14843855	2473976	31,72439542	9,22E-13	yes	
Residual	35	2729419	77983,39				
Total	41	17573274					
	<i>coeff</i>	<i>std err</i>	<i>t stat</i>	<i>p-value</i>	<i>lower</i>	<i>upper</i>	<i>vif</i>
Četinjače	9,634173	1,062426	9,068087	1,02787E-10	7,477333	11,79101	1,234024
Sekundarne šume	-4,56272	2,483636	-1,83771	0,074696713	-9,60477	0,479334	2,054635
Listopadne šume	-1,0886	0,671434	-1,6213	0,113928758	-2,45168	0,274487	1,800644
Kultivirane, ruderalne	-14,0284	4,609608	-3,0433	0,004419862	-23,3864	-4,6704	1,736419
Indiktori otvorenih sta	4,643023	1,787306	2,597777	0,013635197	1,014599	8,271448	1,874479
Lokalna vegetacija	0,919272	0,417391	2,202426	0,034314317	0,071924	1,766621	1,678221

Prilog 13. Statistička analiza funkcionalnih jedinica vegetacije (listopadne šume podijeljene na '*Quercetum mixtum*' i '*Fagetum*')

Regression Analysis							
OVERALL FIT							
Multiple R	0,911375		AIC	468,9046			
R Square	0,830605		AICc	471,3752			
Adjusted R Square	0,807078		BSC	477,4725			
Standard Error	287,558						
Observations	41						
ANOVA							
				Alpha	0,05		
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p-value</i>	<i>sig</i>	
Regression	5	14596449	2919290	35,3042	6,44E-13	yes	
Residual	36	2976825	82689,59				
Total	41	17573274					
	<i>coeff</i>	<i>std err</i>	<i>t stat</i>	<i>p-value</i>	<i>lower</i>	<i>upper</i>	<i>vif</i>
Četinjace	9,348123	1,119377	8,351184	6,06E-10	7,077922	11,61833	1,270449
Šikare	-3,6907	1,799237	-2,05126	0,047572	-7,33973	-0,04168	1,512662
"Quercetum mixtum"	1,873342	1,722211	1,087754	0,283933	-1,61946	5,366148	1,46051
Kultivirane, ruderalne	-14,1491	4,973298	-2,84502	0,007282	-24,2355	-4,06282	1,900785
Pašnjaci ili livade	4,272265	1,88494	2,266525	0,029527	0,449428	8,095101	2,011692



## ŽIVOTOPIS

Dario Hruševar rođen je 25. listopada 1984. g. u Zagrebu, gdje je završio osnovnu i srednju školu. Akademske godine 2003./2004. upisuje studij biologije, usmjerenje ekologija, na Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Za vrijeme studija uključuje se u aktivnosti Udruge studenata biologije - BIUS, prvo kao član, a potom i kao voditelj Sekcije za botaniku. Sudjeluje u brojnim projektima Udruge (*Papuk* 2004, *Vis* 2005, *Učka* 2006, *Lastovsko otočje* 2007, *Kornati* 2009), ali i onima koje provodi Fakultet, poput *Karst Ecosystems Conservation Project - KEC* i *Countdown Towards 2010 in Zagreb: Community Involment in Biodiversity Assessment*. Godine 2008 vanjski je suradnik Instituta za primijenjenu ekologiju – OIKON te radi na projektu *Croatia - Conservation and Sustainable Biodiversity in the Dalmatian Coast through Greening Coastal Development - COAST*. Godine 2007. dobitnik je Pohvalnice Fakultetskog vijeća za izniman uspjeh i Stipendije grada Zagreba, a 2009. g. studij privodi kraju obranom diplomskog rada *Flora istočne Medvednice*, pod vodstvom doc. dr. sc. Antuna Alegra. Te iste godine sudjeluje u IAESTE studentskoj razmjeni te boravi dva mjeseca na AHG Sveučilištu u Krakowu pod mentorstvom dr Aleksandre Wagner.

U prosincu 2009. g. zapošljava se u Botaničkom vrtu PMF-a Sveučilišta u Zagreba na mjestu stručnog suradnika. U siječnju 2011. g. zapošljava se u Državnom zavodu za zaštitu prirode kao stručni suradnik za Ekološku mrežu Republike Hrvatske i na tom radnom mjestu ostaje do lipnja 2012. g. Tijekom rada u Državnom zavodu pohađa dvotjednu ljetnu školu *Knowledge, conservation and management of Plant Biodiversity of Mediterranean mountain ecosystems* (OPTIMA, Pro Herbario Mediterraneo i University of Palermo) te petodnevnu *Advances in Species distribution modelling in ecological studies and conservation* (Gran Paradiso National Park i University of Pavia).

U lipnju 2012. g. izabran je za znanstvenog novaka pod vodstvom prof. dr. sc. Božene Mitić, a u suradničkom zvanju asistenta i za rad na projektu 119-1191193-1227 *Bioraznolikost vaskularne flore Jadranskog područja* pri Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Uskoro se uključuje u provođenje COST akcije FA1101 *Omic*

*Technologies for Crop Improvement, Traceability, Determination of Authenticity, Adulteration and Origin in Saffron* (SMC Member), do završetka iste 2015. g. Tijekom 2013. i 2014. g. suradnik je na projektu *Forenzička palinologija* (bilateralna suradnja Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu sa Sveučilištem u Beču) što mu omogućuje boravke, u više navrata, na Institutu za botaniku u Beču. Godine 2016. uključuje se u COST akciju ES1304 te pohađa radionicu *Making a difference in Invasion Biology: Improving links between research, policy and practice* (Aix-Marseille University i ParrotNet).

U listopadu 2012. g. upisuje poslijediplomski doktorski studij Biologije na Biološkom odsjeku Prirodoslovno matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Rad na disertaciji izvodio je pod sumentorstvom voditeljica iz dviju ustanova - ispred Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta pod vodstvom prof. dr. sc. Božene Mitić, a ispred Hrvatskog geološkog instituta pod vodstvom dr. sc. Koraljke Bakrač, više znanstvene suradnice. U svrhu usvajanja znanja i vještina nužnih za uspješnu izradu disertacije tijekom 2017. g. pohađa radionicu u Varšavi *VIII Paleolimnology Session - Methods used in studies of Quaternary lake and peat sediments*, (Institute of Geological Sciences, Polish Academy of Sciences), u Liverpoolu *7th Workshop on Non-Pollen Palynomorphs* (University of Liverpool) i *From People to Oil Rock: Palynomorphs are the key* (The Micropalaeontological Society i University of Liverpool) te u Krakowu usavršava korištenje programa *PolPal* (W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences) specijaliziranog za izradu peludnih dijagrama.

Kao asistent-znanstveni novak aktivno sudjeluje u izvođenju praktikumske nastave iz kolegija: *Palinologija, Opća botanika, Morfologija i anatomija biljaka, Invazivne vrste* te *Terenske nastave iz botanike i zoologije*. Pomoćni je voditelj triju diplomskih radova. Godine 2017. dobio je studentsku nagradu *Brdo* za najboljeg asistenta po izboru studenata Biološkog odsjeka.

Član je *Hrvatskog botaničkog društva, Hrvatskog mikroskopijskog društva* i *Society for the Promotion of Palynological Research in Austria*.

Sudjeluje ili je sudjelovao u brojnim edukativnim i popularno-znanstvenim aktivnostima: *Noć biologije, Sveučilište za djecu, Smotra Sveučilišta, Tjedan botaničkih vrtova i arboretuma Hrvatske, Afirmativna nastava i inovativno učenje i poučavanje u gimnazijama ...*

Autor/koautor je jedne brošure, 11 članaka u časopisima od kojih je njih osam znanstvenih. Svi znanstveni radovi su s međunarodnom recenzijom, jedan citira baza SCI, a jedan baza CC.

Sudjelovao je na kongresima sa 27 priopćenja. Ostalih radova (elaborati, stručni prilozi) objavio je 12.

### POPIS ZNANSTVENIH RADOVA

#### U ČASOPISIMA KOJE CITIRA CURRENT CONTENTS

1. Tatjana P, Mamić M, Mitić B, Hrga I, Hruševar, D (2016) First aerobiological study in the Mediterranean part of Croatia (Dalmatia): pollen spectrum and seasonal dynamics in the air of Split. *Aerobiologia* (Bologna) 32(4): 709-723

#### U ČASOPISIMA KOJE CITIRA SCIENCE CITATION INDEKS

2. Hruševar D, Mitić B, Sandev D, Alegro A (2015) *Echinochloa colona* (L.) Link (Poaceae), a new species in the flora of Croatia. *Acta Botanica Croatica* 74(1): 159-164

#### OSTALI RADOVI S MEĐUNARODNOM RECENZIJOM

3. Hruševar D, Vladović D, Ževrnja N, Vlahović, D, Mitić, B (2017) *Convolvulus sabatius* subsp. *mauritanicus* (Boiss.) Murb. – just a new casual alien plant in Dalmatia or...?. *Periodicum biologorum*. 119(3): 219-222
4. Hruševar D, Mitić, B (2015) Contribution to the knowledge of plant diversity and habitat types of non-forest vegetation in the subalpine belt of Mt Troglav and its surroundings (Mt Dinara *sensu lato*) *Natura Croatica* 24(1): 1-17
5. Wagner A Hruševar D (2015) Contribution to the Knowledge of Plant Diversity in the Malopolska Region. Focus on Invasive Plants in Kraków and Vicinity. *International Journal On Advances in Life Sciences*. 7(3-4): 158-176
6. Hruševar D, Mitić B, Sandev D, Alegro A (2014): New records of vascular plants on the Mt Medvednica. *Natura Croatica* 23 (2): 275–286

7. Wagner A, Hruševar D, Ljubobratović U (2011) An attempt to evaluate the water bodies in selected rural regions in the vicinity of Kraków (Poland). *Advances of Agricultural Sciences Problem Issues* 561: 195-205

ZNANST. RAD U ZBORNIKU SKUPA S MEĐUNARODNOM RECENZIJOM

8. Wagner A, Hruševar D (2015) Plant Diversity in the Area of Water Bodies near Krakow - Focus on Invasive Plants. In Anonymous (ed.) *The Sixth International Conference on Bioenvironment, Biodiversity and Renewable Energies*, Roma

Ostale aktivnosti vidljive na stranicama CROSBİ bibliografije:

<https://bib.irb.hr/lista-radova?autor=335550>