

Univerzita Karlova
Přírodovědecká fakulta
Ústav geologie a paleontologie

Studijní program: Geobiologie

Studijní obor: Geobiologie



Bc. Karel Koubský

Lidský vliv na holocenní vývoj vegetace v Severní Makedonii
Human impact on the Holocene vegetation development in North Macedonia

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce:
RNDr. Vojtěch Abraham, Ph.D.

Konzultant:
Doc. RNDr. Jakub Sakala, Ph.D.

Praha, 2023

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité prameny a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 18. 8. 2023

Podpis.....

Poděkování:

Na tomto místě bych rád vyjádřil velké díky všem, kteří mi byli jakkoli nápomocni při vypracování této práce. Jmenovitě děkuji RNDr. Janu Hoškovi, Ph.D. za poskytnuté rady a pomoc s interpretací geochemických dat. Děkuji také svému konzultantovi, doc. RNDr. Jakubu Sakalovi, Ph.D. za praktické rady a formální připomínky k práci. Dále děkuji všem kolegům z kvartérně-paleoekologické skupiny za jejich vstřícnost a ochotu pomoci; zvláště chci poděkovat Mgr. Tomáši Radoměřskému, který se ujal zpracování pylových vzorků. Největší dík ovšem náleží mému školiteli, RNDr. Vojtěchu Abrahamovi, Ph.D., za jeho vedení, konstruktivní připomínky i za nebyvalou trpělivost, zejména v posledních týdnech.

Děkuji také Katedře botaniky Přírodovědecké fakulty UK za poskytnutí zázemí, laboratoře a potřebného vybavení. Mé díky směřují rovněž k pracovníkům Národního parku Pelister a Univerzitní knihovny v Bitole za jejich milý přístup a poskytnutí všech materiálů.

Děkuji rovněž i mé rodině za veškerou podporu a trpělivost.

Abstrakt:

Tato práce si klade za cíl rekonstruovat holocénní vegetační vývoj v Severní Makedonii s ohledem na lidský vliv; konkrétně se zaměřuje na období pozdního holocénu, kdy současně probíhají změny ve využívání krajiny a ve strategii osídlení, jež vedou ke zvýšenému tlaku člověka na okolní prostředí.

K popisu vývoje vegetace byl pro analýzu vybrán sedimentární profil z malého jezera v pohoří Pelister. Celkem 26 vzorků bylo zpracováno a analyzováno pod světelným mikroskopem na přítomnost pylových a nepylových objektů. Na základě výsledků pylové stratigrafie a radiokarbonového datování bylo potvrzeno, že vegetační záznam pokrývá celé období holocénu. Raný holocén je charakterizován postupným nárůstem lesní vegetace a poklesem stepní vegetace. Ve středním holocénu se objevují ve větší míře sekundární antropogenní indikátory. Pozdní holocén již vykazuje známky nepřetržité lidské přítomnosti. Ve srovnání s nížinami vykazuje horský záznam spíše nespojitou přítomnost primárních indikátorů (obilovin); vysoké procento sekundárních ukazatelů nicméně naznačuje nepřetržitý vliv člověka v horských oblastech.

Celkově bylo potvrzeno, že horské masivy na území Severní Makedonie poskytují cenný záznam environmentálních změn, který je důležitý pro další paleoenvironmentální rekonstrukce v této oblasti.

Klíčová slova:

Holocén – vývoj vegetace – doba bronzová – doba železná – antropogenní indikátory

Abstract:

This thesis aims to reconstruct the Holocene vegetation development in North Macedonia in relation to human activities; specifically, it focuses on the late Holocene period, when changes in land-use and settlement strategy were simultaneously taking place, which lead to an increased human pressure on the surrounding environment.

To describe the vegetation development, a sedimentary profile from a small lake in the Pelister Mountains was chosen for analysis. A total of 25 samples were processed and analysed under a light microscope for the presence of pollen and non-pollen objects. Based on the results of pollen stratigraphy and radiocarbon dating, it was confirmed that the vegetation record covers the entire Holocene period. The early Holocene is characterized by a gradual increase in forest vegetation and a decrease in steppe vegetation. In the middle Holocene, secondary anthropogenic indicators show up in higher numbers. The late Holocene is already showing signs of continuous human presence. Compared to the lowlands, the mountain record shows a rather discontinuous presence of primary indicators, which nevertheless appear after the 5th millennium before present. High percentages of secondary indicators indicate continuous human influence in the mountains.

Overall, it has been confirmed that mountainous areas of Northern Macedonia provide a valuable record of environmental changes, that is crucial for further paleoenvironmental reconstructions in this area.

Key words:

Holocene - vegetation development - Bronze Age - Iron Age - anthropogenic indicators

Obsah

1 Úvod	9
2 Charakteristika studovaného území.....	11
2.1 Geologie a tektonika	11
2.2 Klima a vegetace	12
3 Současný stav poznatků	16
3.1 Paleoeologické výzkumy na jižním Balkánu	16
3.2 Přehled vývoje vegetace za posledních 20 000 let.....	17
3.2.1 Glaciální maximum (20,0–16,0 ka BP).....	17
3.2.2 Přejchod z pozdního glaciálu do holocénu (16,0–11,7 ka BP).....	18
3.2.3 Raný holocén (11,7–8,2 ka BP).....	18
3.2.4 Střední holocén (8,2–4,2 ka BP)	19
3.2.5 Pozdní holocén (4,2 ka–0 BP).....	19
3.2 Archeologické výzkumy	20
3.2.1 Neolit	20
3.2.3 Doba bronzová a železná.....	21
3.3 Vliv člověka na vegetaci během holocénu	22
3.3.1 Antropogenní indikátory	22
4 Metodika práce	26
4.1 Odběr vzorků.....	26
4.2 Radiokarbonové datování	28
4.3 Pylová analýza	28
4.4 Geochemie	29
5 Výsledky.....	30
5.1 Sedimentologie	30
5.2 Age-depth model.....	30
5.3 Výsledky pylové analýzy	31
5.4 Interpretace profilu	33
5.5 Erozně-sedimentační dynamika	36
6 Diskuze.....	38
7 Závěr	40
Seznam použité literatury	41
Přílohy	49
I. Celkový pylový diagram.....	49
II. Zaznamenané rostliny při přechodu pohoří Pelister.....	50

Seznam použitých zkratek:

Chronologické

AD – *Anno Domini*; našeho letopočtu (AD 1950 = současnost)

BC – *Before Christ*; před naším letopočtem (např., 2000 BC = 3950 BP)

BP – *Before present*; před současností (současnost = AD 1950)

ka – tisíce let

Ma – miliony let

Archeologické

LBAC – *Late Bronze Age Collapse*; kolaps pozdní doby bronzové

Palynologické

AP – *Arboreal pollen*; stromový pyl

NAP – *Non-arboreal pollen*; nestromový pyl

NPP(s) – *Non-pollen palynomorphs*; nepylové objekty

1 Úvod

Vývoj vegetace, klimatu a historie osídlení na jižním Balkánu je předmětem vědeckého zkoumání již po desetiletí. Státy bývalé Jugoslávie představují ovšem z velké části neprobádané území, kde stále chybí kvalitní sedimentární záznamy pokrývající celé období holocénu. Světlou výjimkou je v tomto ohledu Severní Makedonie, konkrétně pak oblast Ochridského a Prespanského jezera, kde jezerní sedimenty poskytly nejdelší kontinuální záznam environmentálních změn v Evropě zahrnující podstatnou část kvartéru (Wagner *et al.* 2023).

Ačkoliv součástí sedimentárního záznamu je i období holocénu (Wagner *et al.* 2009), většina dosavadních výzkumů byla zaměřena na dynamiku vegetace a klimatu na větších časových i prostorových škálách (např. Lézine *et al.* 2010; Sadori *et al.* 2016b; Panagiotopoulos *et al.* 2020; Donders *et al.* 2021) a holocennímu vývoji tak byla věnována nesrovnatelně menší pozornost, i přesto, že nedávné výzkumy ukázaly na důležitou roli člověka při utváření podoby místní krajiny během holocénu (Francke *et al.* 2019, López-Blanco *et al.* 2020). Toto území je navíc známo bohatou archeologickou evidencí (Naumov 2020), která až na výjimky nebyla dosud konfrontována s paleoekologickými daty (Hošek *et al.* 2021, Brechbühl *et al.* 2023).

Pravěké osídlení na území Severní Makedonie je doloženo již od neolitu a jedním z jeho typických rysů jsou tzv. nákolní stavby, které se vyskytovaly na březích jezer a okraji mokřadů od raného neolitu až po dobu železnou (Kuzman 2017, Hafner *et al.* 2021). Zánik většiny těchto osad spadá do přelomu doby bronzové/rané doby železné a je spojen s náhlým přesunem obyvatelstva do výše položených sídlišť (Verčík *et al.* 2019). Vzhledem k tomu, že se osady nacházejí v tektonicky aktivní oblasti, byl jako hlavní důvod uvažován náhlý pokles určitých segmentů jezerního pobřeží vyvolaný zemětřesením, které se mělo odehrát na konci pozdní doby bronzové (Hošek *et al.* 2021). V úvahu je ovšem nutné vzít i další faktory, které se v závěru doby bronzové (tedy 13./12. stol. BC) projevují – jedná se totiž doslova o přelomové období, kdy na mnoha místech východního Středomoří dochází ke krizi či kolapsu rozvinutých společností – města a osady jsou náhle opuštěny či zničeny a několik následujících století se vyznačuje kulturním úpadkem, pro které se v řecké archeologii vžilo příznačné pojmenování „doba temna“ (Molloy 2022). Příčiny této krize dosud nejsou spolehlivě objasněny; mnoho badatelů se pokouší hledat vysvětlení v podobě přírodních katastrof, např. intenzivních zemětřesení (Nur & Cline 2000), náhlých změn klimatu

(Weninger *et al.* 2009), případně v kombinaci se společenskými a ekonomickými změnami (Knapp & Manning 2016). Ověřování rozdílných hypotéz ovšem naráží na stejný problém, totiž nedostatek dokladů, které by mapovaly toto období v dostatečném rozlišení a jež by pocházely z blízkosti lidských sídel (cf. Hazell *et al.* 2022).

Environmentální a společenská krize v současnosti představuje výzvu pro hledání analogických situací, které je možné nacházet i v holocenní minulosti. Blízkost archeologických nalezišť a paleoekologických záznamů v okolí Ochridského a Prespanského jezera představuje unikátní příležitost pro sledování dopadů environmentálních změn na lidské osídlení a interakcí člověka s prostředím jak na lokálním, tak na regionálním měřítku.

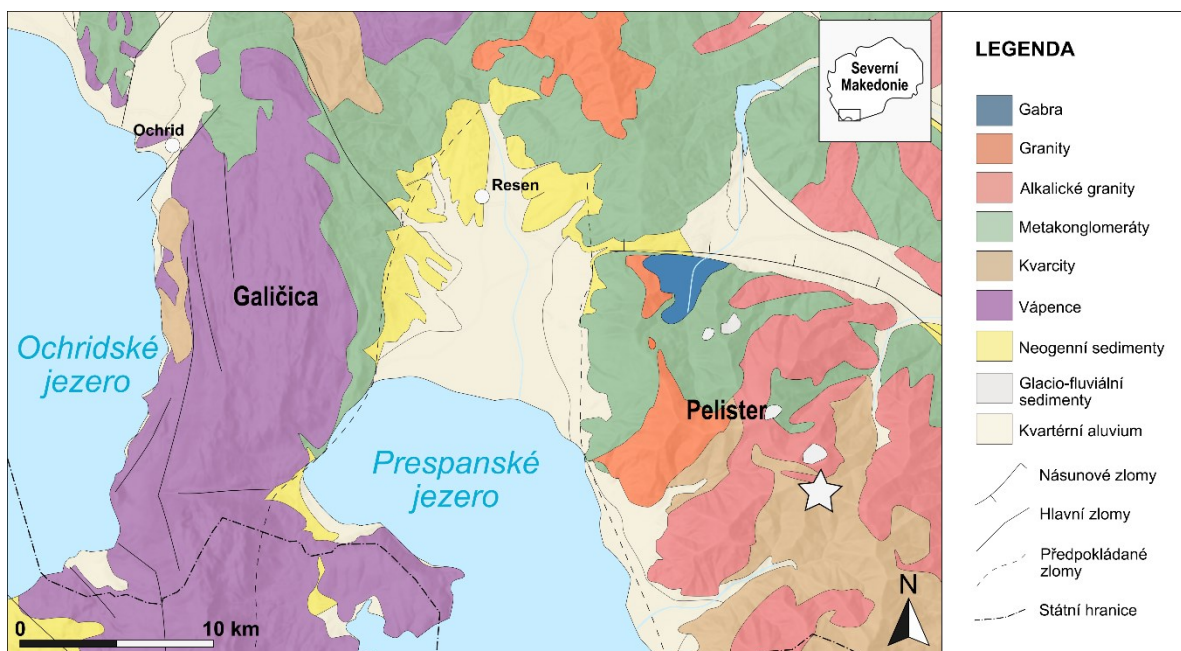
Cílem této práce je popsat vegetační vývoj na základě pylové analýzy sedimentů zazemněného jezírka z nedalekého pohoří Pelister a získat tak širší perspektivu o holocenním vývoji v Severní Makedonii. V úvodních kapitolách je proto nejprve prezentován přehled dosavadních výsledků paleoekologických a archeologických výzkumů z okolí, včetně rozdílů mezi jednotlivými regiony. Dále jsou v práci stručně popsány hlavní metody studia vlivu člověka na vegetaci. Práce se zabývá otázkou, zda je možné z pylového záznamu určit, jaké hlavní činitele se podílely na environmentálních změnách v holocénu a do jaké míry se ve vývoji vegetace projevuje vliv člověka.

2 Charakteristika studovaného území

2.1 Geologie a tektonika

Okolí Ochridského a Prespanského jezera je charakterizováno velmi pestrými topografiemi, kde se střídají vysoké horské masivy se širokými údolními. Na modelaci této dynamické krajiny se významně podílela tektonická činnost, jejíž projevy je možné dodnes sledovat. Začátek tektonických pohybů na jihozápadě Severní Makedonie je kladen do období druhohor a třetihor, kdy alpinská orogeneze způsobila vyzdvižení Dinárských hor a tvorbu příkrovů, které se nasunuly přes starší prvohorní podloží (Kilias *et al.* 2010). Po ústupu kompresního režimu během miocénu až pliocénu začala Z-V extenze, která měla za následek rifting a aktivaci zlomového systému v přibližném sz.-jv. směru (Dumurdžanov *et al.* 2004). Rifting vyvolal pokles korových bloků podél zlomů, čímž došlo k vytvoření členitého reliéfu s tektonicky formovanými příkopy oddělenými vysokými hrástami tvořícími dnešní pohoří Galičica a Pelister. V průběhu pozdního pliocénu až pleistocénu se v mezihorských příkopech vytvořily sedimentární pánve, které postupně zaplnily mokřady a jezera (viz Lindhorst *et al.* 2010, Hoffmann *et al.* 2012).

Pohoří Pelister (známé také jako „Baba“) představuje nejstarší blok paleozoického metamorfního komplexu vyzdvižený podél zlomů severojižního směru, tvořený zejména paleozoickými metamorfity – fylitickými břidlicemi, metamorfovanými pískovci, konglomeráty – do nichž pronikají tělesa granitoidů, gaber a diabasů. Charakteristickým horninovým typem jsou tzv. pelisterské žuly; alkalické granity ordovického stáří, které tvoří i hojná „kamenná moře“ (Dimitrov 2008). Na paleozoický podklad nasedají neogenní sedimenty, které jsou překryty mocným pokryvem kvartérních uloženin, jež tvoří i hlavní výplň okolních sedimentárních pánví (viz obr. 1) (Petrušev *et al.* 2021).



Obr.1. Zjednodušená geologická mapa okolí Ochridského a Prespanského jezera. Zkoumaná lokalita je označena hvězdičkou. Sestaveno dle různých autorů. Podkladová mapa Esri (<https://www.arcgis.com/apps/mapviewer/index.html>).

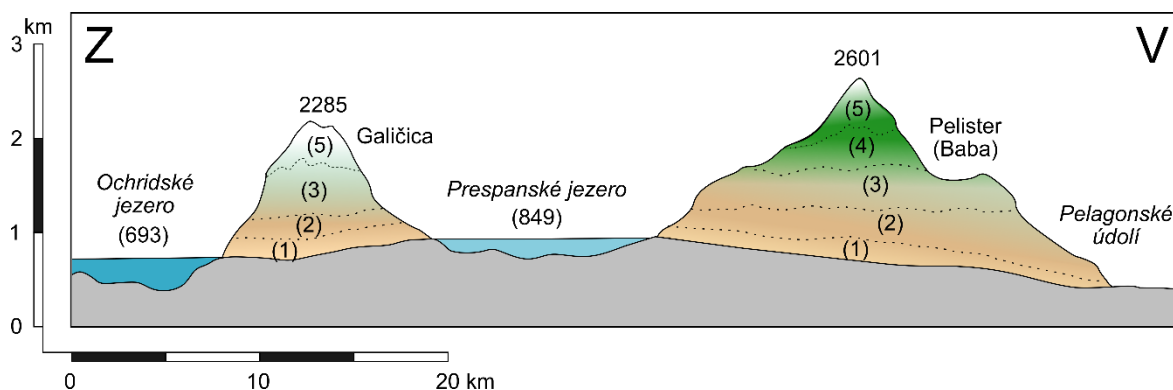
2.2 Klima a vegetace

Převážně hornatý reliéf významně ovlivňuje klimatické poměry v regionu. Zatímco v údolích a nížinách se průměrné roční teploty pohybují kolem 11 °C, směrem do vyšších poloh rychle klesají. Klima v regionu je na pomezí kontinentálního a sub-mediteránního; léta jsou suchá a teplá, kdežto zimy chladné a srážkově bohaté. Srážky se pohybují v průměru 700–800 mm, s nadmořskou výškou výrazně rostou (Milevski *et al.* 2015). Na základě dostupných měření z pohoří Pelister se průměrná roční teplota pohybuje kolem 8,3 °C, průměrné teploty v nejchladnějších měsících (leden, únor) klesají na -2 °C, resp. až na -7 °C v nejvyšších polohách; nejtepleji je pak v průběhu letních měsíců, zejména v červenci (maxima kolem 18 °C) (Dimitrov 2008).

Díky pozici na přechodu mezi kontinentálním a středomořským klimatem je toto území křižovatkou středoevropských, balkánských a mediteránních elementů (Polunin 1980), což přispívá k vysoké diverzitě a endemismu. Vliv na diverzitu má také rozmanité geologické podloží – např. zatímco pohoří Galičica je tvořeno zkrasovatělými alkalickými vápenci a dolomity, pohoří Pelister dominují staré metamorfované horniny a odolné vyvřeliny (Panagiotopoulos *et al.*, 2013). Mj. se zde vyskytují i některé třetihorní relikty (např. borovice *Pinus peuce* a *Pinus heldreichii*, rostoucí v okolních pohořích, či břestovec

Celtis planchoniana vyskytující se pouze na ostrově Golem Grad) (Acevski & Mandžukovski 2019).

Vegetace bývá rozlišena do několika výškových stupňů, počínaje od hladiny (~900 m n. m.) až do nejvyšších horských partií (>2200 m n. m.) (Sadori *et al.* 2016a). V nížinách převažují kulturní stepi; v pahorkatinných oblastech roste smíšený les, který ve vyšších polohách přechází do jehličnatého; nad hranicí lesa se pak vyskytují alpské trávníky a keřovité porosty (viz profil na obr. 2).



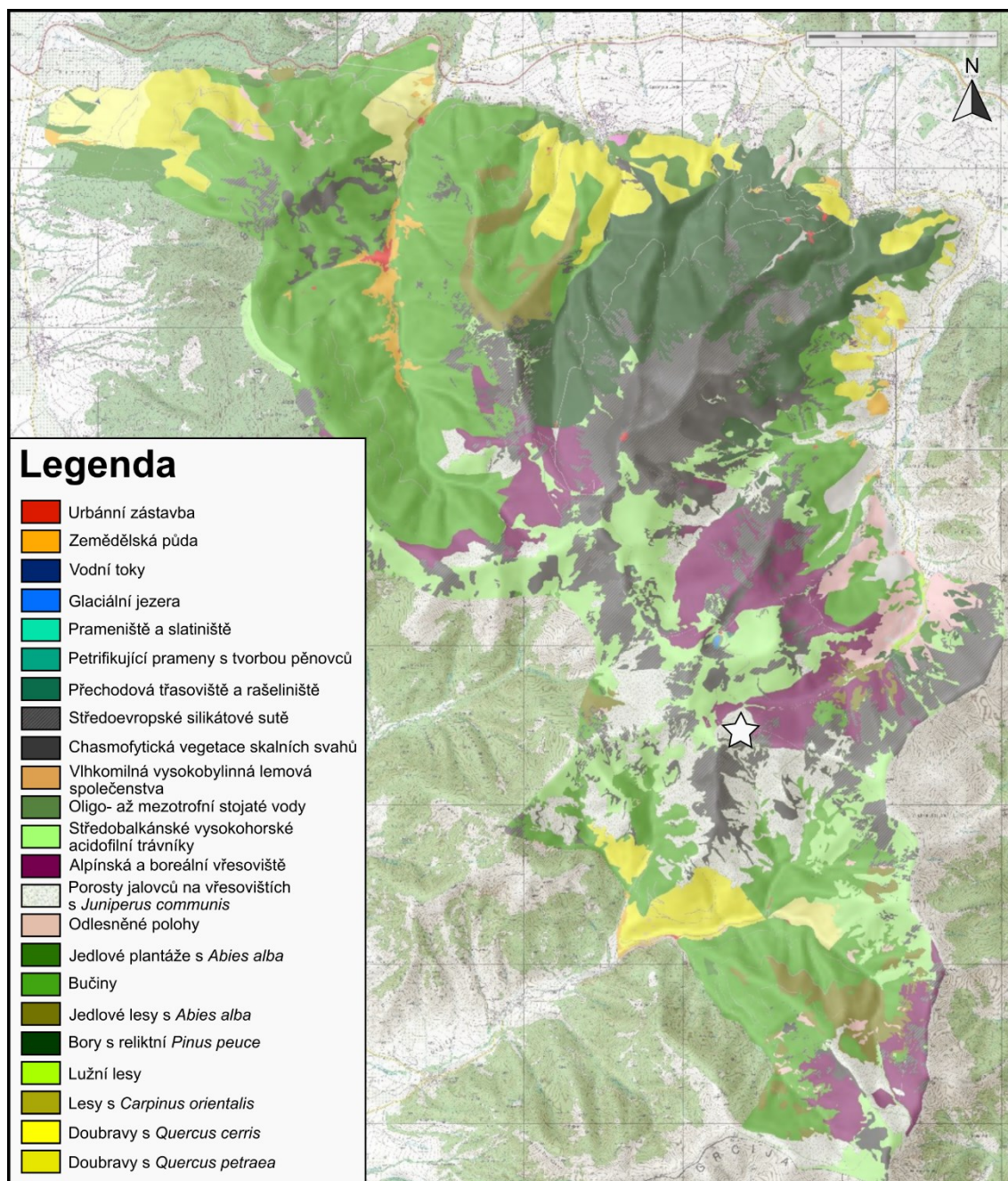
Obr. 2. Schematická vegetační zonace v úseku od Ochridského jezera po pohoří Pelister. Čísla označují jednotlivé vegetační stupně; (1) louky a kulturní stepi (2) smíšené dubohabřiny (3) horské bučiny, (4) jehličnaté lesy s borovicemi, (5) (sub)alpínské bezlesí. Dle Kolčakovskiho *et al.* (1994), s doplněním informací podle Panagiotopoulose *et al.* (2013).

V nižších polohách se rozprostírají lužní a smíšené opadavé lesy s některými typickými prvky tzv. pseudomacchie neboli šibljaku (např. *Phillyrea latifolia*, *Pistacia terebinthus*). Na úpatí pohoří Galičica se rozprostírají především smíšené teplomilné doubravy s různými druhy opadavých (*Quercus cerris*, *Q. frainetto*, *Q. pubesens*) i polo-opadavých dubů (*Quercus trojana*) spolu s habry (*Carpinus orientalis*) a v nejteplejších expozicích také s jalovcem ztepilým (*Juniperus excelsa*), který je zde považován za tercierní relikv (Matevski *et al.* 2011). Směrem do vyšších poloh (nad 1200–1400 m n. m.) přecházejí do horských bučin s dominantním bukem lesním (*Fagus sylvatica*). Podél řek a horských potoků se vyskytují měkké luhy s vrbou bílou (*Salix alba*). Na nestabilních svazích lze často narazit na suťové lesy, kde se vyskytují náročnější druhy stromů jako např. javory (*Acer platanoides*), jasany (*Fraxinus excelsior*) a lípy (*Tilia cordata*, *T. platyphyllos*). V údolích a roklích jsou hojné lesy tvořené lískami, javory a habry (*Corylus colurna*, *Acer obtusatum*, *Carpinus betulus*), ve vyšších polohách se mohou přidávat také habrovce (*Ostrya carpinifolia*). Horský vegetační stupeň představují jedlo-borové lesy s jedlí makedonskou

(*Abies borisii-regis*), které jsou nad hranicí lesa vystřídány subalpínskou vegetací s hojnými jalovci (*Juniperus communis*), jež často zarůstají původní otevřená stanoviště (Matevski *et al.* 2011). Nejvyšší polohy nad 1900 m n. m. byly v minulosti intenzivně spásány, což vedlo ke snížení horní hranice lesa na současnou úroveň (Polunin 1980, Kolčakovski 1994).

Na východním břehu vystupuje horský masiv Pelister, který odděluje Prespanské jezero od Pelagonského údolí. Jedná se o jedno z nejnižněji položených pohoří na Balkánském poloostrově s alpínským charakterem; střetávají se zde středoevropské horské druhy s balkánskými endemity (Národní park Pelister 2020). Na západních svazích se rozprostírají převážně bučiny, v lesním podrostu je hojně zastoupená hasivka orličí (*Pteridium aquilinum*), která je v polohách nad 1500 m n. m. nahrazovaná borůvkou (*Vaccinium myrtillus*). V blízkosti horských toků a pramenů se vyskytují aluviální lesy s olší lepkavou (*Alnus glutinosa*). Na severně orientovaných svazích (obvykle v pásu 1800–2000 m n. m.) se rozprostírají borové lesy (*Pinus sylvestris*, *P. nigra*, *P. heldreichii*) s největší evropskou populací reliktní borovice makedonské (*Pinus peuce*) (Panagiotopoulos *et al.* 2013, Národní park Pelister 2020). Tento druh, označovaný tradičně jako molika, je charakteristický uspořádáním jehlic ve svazku po pěti (Haploxyylon-typ), což podle některých autorů reflektuje i název Pelister (*pele steni* – „pět listů“).

V subalpínském pásmu pohoří se již hojně vyskytují nízké křovinné formace s jalovci (*Juniperus communis/nana*), které přechází ve vřesoviště dominované borůvkami (*V. myrtillus*) a vřesovci (*Bruckethalia spiculifolia*). Nejvyšší polohy jsou pokryty alpínskými trávníky, které dotváří mozaiku bezlesí. V blízkosti horských jezer se vyskytují přechodová rašeliniště s rašeliníky (*Sphagnum* spp.) a ostřicová slatiniště (s dominantní *Carex macedonica*). Na tomto typu stanovišť se mj. vyskytují vzácné endemické druhy cévnatých rostlin (např. *Crocus pelistericus*, *Dianthus myrtinervius*, *Sempervivum octopodes*) (Národní park Pelister 2020).



Obr. 3. Mapa stanovišť v Národním parku Pelister. Značení odpovídá jednotné evropské klasifikaci (EUNIS). Zkoumaná lokalita je pro ilustraci vyznačena hvězdičkou. Převzato z plánu péče o NP Pelister (2020, upraveno).

3 Současný stav poznatků

3.1 Paleoekologické výzkumy na jižním Balkánu

V oblasti, která zahrnuje historické území Makedonie, je většina poznatků o holocenním vývoji soustředěna primárně na území severního Řecka, kde paleoekologický výzkum započal již v 60. letech minulého století a během 80.–90. let zde vznikla relativně bohatá síť vegetačních profilů v různých kontextech pokrývajících jak nízko položené oblasti (např. Bottema 1982, Willis 1992a), tak i vysokohorské polohy (Willis 1992b, Gerasimidis & Athanasiadis 1995, Lawson *et al.* 2005). Nejnovější poznatky o postglaciálním vývoji pochází zejména z okolí čtyř jezer (Limni Kastoria, Zazari, Petron a Vegoritis), kde je možné sledovat historii vegetace za posledních ~20 000 let (Gassner *et al.* 2020).

V sousední Albánii je holocenních záznamů o poznání méně; zatím jediný záznam je situován do pánve Korčë v blízkosti bývalého jezera Maliq (Denèfle *et al.* 2000), kde se mj. vyskytuje kontinuální osídlení již od neolitu a umožňuje tak přímé srovnání s vegetačními záznamy (Fouache *et al.* 2010).

Paleobotanické záznamy na území Severní Makedonie se koncentrují do prostoru tzv. velkých jezer. Tato oblast je známa výskytem jezerních obydlí, která jsou v současnosti pod vodní hladinou. Pod záštitou mezinárodního projektu zde bylo od roku 2013 získáno několik vrtů jezerními sedimenty, jejichž společný záznam sahá až do staršího pleistocénu (1,36 Ma) (Wagner *et al.* 2023). Holocenní záznamy pochází zejména z pobřeží Ochridského jezera (Wagner *et al.* 2009). Jeden z profilů se nachází přímo v blízkosti archeologické lokality (Brechtbühl *et al.* 2023), další záznam je k dispozici z aluviální pláně na SV pánve (Hošek *et al.* 2021). Období holocénu je zaznamenáno i v sousedním Prespanském jezeře (Panagiotopoulos *et al.* 2013).

Vzhledem ke skutečnosti, že holocenní vývoj je v této oblasti je poněkud nesourodý, je následující přehled holocenního vývoje uváděn s přihlédnutím k povaze jednotlivých regionů (nížiny vs. vrcholové polohy). Pro přehlednost jsou uváděny pouze pylové záznamy z okolí studované lokality (viz obr. 4).



Obr. 4. Přehled lokalit s holocenním záznamem v okruhu o poloměru cca. 60 km od zájmové lokality. (1) Ploča Mičov Grad (Brechtbühl *et al.*, 2023), (2) Grašnica (Hošek *et al.*, 2021), (3) Limni Zazari (Gassner *et al.*, 2020), (4) Jezero Prespa (Panagiotopoulos *et al.*, 2013) (5) Ochridské jezero (Wagner *et al.*, 2009), (6) Jezero Kastoria/Orestias (Kouli & Dermizakis, 2008; Kouli, 2015), (7) Slatiniště Nisi a horské rašeliniště Boras (Lawson *et al.*, 2005), (8) Bývalé jezero Maliq (Denéfle *et al.*, 2000), (9) Horská rašeliniště Voras a Paiko (Gerasimidis & Athanasiadis, 1995), (10) Rašeliniště Rezina a Gramousti (Willis, 1992a, b) (mimo mapu), (11) Jezero Vegoritisi a Khimatidis (Bottema, 1982). V mapě jsou zvýrazněny některé významné prehistorické osady (dle Hafner *et al.*, 2021).

3.2 Přehled vývoje vegetace za posledních 20 000 let

3.2.1 Glaciální maximum (20,0–16,0 ka BP)

Suché a chladné podmínky glaciálního maxima (~20 000–16 000 let BP) se na jižním Balkánu projevují vysokým zastoupením nelesní vegetace (*Artemisia*, *Chenopodiaceae*) s občasným výskytem borovic (*Pinus*), jalovců (*Juniperus*) a v malé míře také listnatých stromů, jako jsou opadavé duby (*Quercus*) či břízy (*Betula*). Sporadická přítomnost jilmů a habrů/habrovců (*Ulmus*, *Ostrya/Carpinus orientalis*-type) vypovídá o skutečnosti, že okolní podmínky umožňovaly přežít i teplomilným dřevinám (Lawson *et al.* 2005).

3.2.2 Přechod z pozdního glaciálu do holocénu (16,0–11,7 ka BP)

Následující období pozdního glaciálu se v místní vegetaci utvořila mozaika lesních a nelesních společenstev – v blízkosti Ochridského i Prespanského jezera je doložen výskyt dubu (*Quercus*), buku (*Fagus*), lípy (*Tilia*) či jilmu (*Ulmus*). (Panagiotopoulos *et al.* 2013, Brechbühl *et al.* 2023). Refugiální podmínky, které v této oblasti panovaly již od začátku kvartéru (Panagiotopoulos *et al.* 2020), umožnily existenci smíšeného listnatého lesa s největší pravděpodobností v nižších a středních polohách poblíž jezerní hladiny, kde panovaly příznivější vlhkostní poměry (Panagiotopoulos *et al.* 2013). Vyšší polohy byly pokryty většinou borovicemi (Lawson *et al.* 2005).

Přechod z pozdního glaciálu do mladšího dryasu (~12 800 let BP) je charakteristický chladnějším a suššími klimatickými podmínkami, doprovázené dramatickým úbytkem lesní (< 40% AP) a rozšířením stepní vegetace, projevující se v nižších polohách (Denèfle *et al.* 2000, Bordon *et al.* 2009, Brechbühl *et al.* 2023).

3.2.3 Raný holocén (11,7–8,2 ka BP)

Na přelomu pozdního glaciálu a raného holocénu dochází k rychlému úbytku stepní vegetace a rozšíření lesa. Zatímco raný holocén v Albánii a severním Řecku je relativně stabilní, v oblasti Severní Makedonie je raně holocenní klima přerušované náhlými ochlazeními, jež patrně souvisí s pronikáním chladných vzdušných mas ze severu (Vogel *et al.* 2010). Na počátku holocénu dochází k oteplení a rozšíření listnatých stromů, jako jsou olše (*Alnus*), vrby (*Salix*) či jedle. Vzápětí se rozšiřují smíšené dubohabřiny (*Quercus*, *Carpinus*), spolu s jilmy a lípou (*Tilia*). Postup lesa se zpomaluje na hranici raného a středního holocénu, kdy dochází ke krátkodobému rozšíření stepí v souvislosti s rapidním ochlazením během tzv. 8,2 ka eventu, kdy v jižní Albánii průměrné roční teploty klesají až k bodu mrazu (Bordon *et al.* 2009). Chladné podmínky se nicméně neprojevují všude a např. vegetace Ochridského jezera ochlazení téměř nezaznamenává (Brechbühl *et al.* 2023).

V tomto období se objevují také první doklady o zemědělství v podobě sekundárních antropogenních indikátorů (*Plantago lanceolata*-type, *Polygonum aviculare*-Typ, Cerealia), které je možné sledovat především na lokalitách v jižním Řecku a v nižších polohách – ve vyšších polohách je raně holocenní vývoj v podstatě bez přerušení (Lawson *et al.* 2005).

3.2.4 Střední holocén (8,2–4,2 ka BP)

Ve středním holocénu dochází k expanzi lesa a ke zvýšení diverzity lesní vegetace, kdy se k ostatním dřevinám připojují také jedle a buk (před cca 7500 lety), který později expanduje na úkor jedle a stává se dominantním prvkem vegetace (Gerasimidis & Athanasiadis 1995, Gassner *et al.* 2020, Brechbühl *et al.* 2023). Postupně roste zastoupení habru a habrovce (*Carpinus/Ostrya*) a naopak ustupují olše, vrby a lísky. Později se rozšiřují traviny a také ořešáky (*Juglans*). Na konci středního holocénu (~5 000 let BP) dochází k poklesu stromového pylu (AP) a šíření ruderalních bylin (např. *Plantago lanceolata*) a kulturních plodin. V okolí Ochridského jezera se objevuje i pyl olivovníku (*Olea*), což značí intenzivní vliv člověka v regionu (Wagner *et al.* 2009).

3.2.5 Pozdní holocén (4,2 ka–0 BP)

Během pozdního holocénu se projevuje několik suchých klimatických výkyvů (4,2 ka & 3,2 ka event sensu Mayewski *et al.* 2004). Shodou okolností se v těchto obdobích projevuje výraznější nárůst antropogenních indikátorů. Vliv člověka je patrný zejména v závěru doby bronzové (3 000 let BP), kdy dochází k odlesnění a následné erozi v povodí Ochridského jezera (Francke *et al.* 2019) i v sousední pánvi Korçë (Fouache *et al.* 2010). Zároveň se v palynologické evidenci objevují platany (*Platanus*), kaštanovníky (*Castanea*) a ořešáky (*Juglans*) (Bottema 1982). Také lze pozorovat postupný nárůst nelesní vegetace, což koresponduje s rostoucím počtem osídlení a rozšiřováním zemědělských aktivit. Intenzita lidského vlivu roste jak v níže položených oblastech, tak i ve vysokohorských polohách (Lawson *et al.* 2005). Během posledních ~2 500 let BP již většina paleoenvironmentálních záznamů ukazuje na silný vliv člověka, který se projevuje pokračujícím odlesňováním a pastvou, která probíhá nejprve v nižších a později i ve vyšších polohách a projevuje se poklesem AP, příchodem primárních i sekundárních antropogenních indikátorů (*Plantago*-type, Cerealia) a nárůstem koprofilních spor (Wagner *et al.* 2009, Vogel *et al.* 2010, Leng *et al.* 2010, Panagiotopoulos *et al.* 2013). Jak lze logicky očekávat, vliv člověka v blízkosti lidských sídel se projevuje dříve a silněji, než na vzdálenějších lokalitách (Brechbühl *et al.* 2023).

3.2 Archeologické výzkumy

Oblast jižního Balkánu zahrnuje území několika různých států, národností, jazyků a také různých historických zkušeností; archeologický výzkum na balkánském poloostrově byl silně podmíněn historicko-kulturním kontextem. Většina pozornosti byla z logických důvodů zaměřena především na Řecko a ostatní části Balkánského poloostrova tak byly často opomíjené. Z toho důvodu je i většina archeologických záznamů situována na řecké území, přestože území Severní Makedonie již v současnosti vydává stále nové objevy, které doplňují celkový obraz o vývoji lidského osídlení.

3.2.1 Neolit

Ačkoliv v prostoru jižního Balkánu existují důkazy pro přítomnost lidí již v paleolitu a mezolitu, první hmatatelné doklady lze s jistotou zasadit až do neolitu, kdy se do oblasti severního Řecka rozšiřuje zemědělství (Chrysostomou *et al.* 2015, Naumov *et al.* 2023). Zatím nejstarší radiokarbonově potvrzená data pocházejí ze severního Řecka, kde se zemědělské osídlení datuje do poloviny 7. tisíciletí BC (Chrysostomou *et al.* 2015, Karamitrou-Mentessidi *et al.* 2015, Maniatis & Adaktylou 2021). Postupně se neolitický způsob života předává z jihu na sever podél říčních toků dále do vnitrozemí, kde se první stálá sídliště objevují na přelomu 7. a 6. tisíciletí BC (Naumov 2016b, Antolín *et al.* 2020). Podobná data pocházejí také z albánského území (Allen & Gjipali 2014).

V oblasti tzv. velkých jezer a Pelagonského údolí se neolitické osídlení objevuje již během raného neolitu. První obyvatelé osidlují břehy řek a jezer, kde začínají s výstavbou osad a posléze i stratifikovaných sídlišť (tzv. tellů) (Naumov 2016b). Tellová sídliště byla stavěna na vhodných vyvýšených místech, aby byla chráněna před častými záplavami (cf. Naumov 2020). Na základě podobné materiální kultury lze doložit, že se nejednalo o izolované komunity, nýbrž o jednotnou kulturu, která se udržovala intenzivními kontakty, přetrvávajícími až do pozdního neolitu (Naumov 2016a).

V období raného a středního neolitu byl vliv člověka na krajinu spíše minimální; rozvíjející se zemědělství mělo vliv až v pozdním neolitu, tj. v polovině 6. tisíciletí, kdy se na březích jezer začíná rozvíjet nový typ osídlení – kúlová obydlí (tzv. *palafittes*), skládající se z jednotlivých domů postavených na širokých dřevěných plošinách. Podobné osady se objevují v širokém okolí, např. v jezerní pánvi Korčë v Albánii nebo v jezerní pánvi Amindeon v severním Řecku (Fouache *et al.* 2010, Chrysostomou *et al.* 2015, Kouli 2015).

Na přechodu mezi 5. a 4. tisíciletím dochází k opouštění mnoha neolitických sídlišť v severním Řecku a přerušení osídlení na několik staletí, které se obnovuje až během rané doby bronzové (Andreou 2010). Konec jedné sídelní fáze dendrochronologicky datovaný do poloviny 5. tisíciletí lze doložit také na Ochridském jezeře (lokality Ploča Mičov Grad); je ovšem možné, že archeologické výzkumy ještě neodhalily všechny fáze osídlení (Bolliger *et al.* 2023).

3.2.3 Doba bronzová a železná

Na počátku doby bronzové se v širokých údolích střední a severní Makedonie vytváří síť nových, většinou neopevněných sídel stále bez centrální organizace nebo sociální stratifikace (Gimatidis 2018). V rané a střední době bronzové dominují zejména tellová sídliště, tzv. *toumba*, která nacházíme např. v okolí Soluňského zálivu (Toumba Thessaloniki, Assiros či Kastanas). Na konci doby bronzové se objevují vyvýšená sídliště na kopcích (viz např. kolonie na Chalkidiki) a vznikají nová kultovní místa; zároveň s v materiální kultuře objevují goblety tzv. mykénského typu, které dosvědčují kontakty s egejskou oblastí („euboiská koiné“). Kulturní vývoj na přelomu pozdní doby bronzové a rané době železné se vyznačuje značnou heterogenitou jak v typech osídlení, tak i mírou konektivity mezi jednotlivými kulturními celky.

Na konci doby bronzové a zejména pak začátkem doby železné (~1000 BC) dochází k markantním změnám ve stylu osídlení, malé osady v aluviálních plání a na březích jezera jsou opouštěny a nově jsou budována opevněná sídliště na svazích hor a na kopcích v minimální výšce 700 m n. m. (Kuzman 2017, Verčik *et al.* 2019). Rychlý společenský rozvoj vede k centralizaci nových sídlišť, z nichž se postupem času stávají pevnosti (např. Plaošnik) a města (např. Lychnidos = starověký Ochrid) (Ardjanliev & Verčik 2018).

V okolí Ochridského a Prespanského jezera přichází na přelomu doby bronzové a železné zvýšení intenzity lidských aktivit (eroze, odlesňování) (Wagner *et al.* 2009, Francke *et al.* 2019, López-Blanco *et al.* 2020). Jedním z faktorů této změny mohl být zřejmě objev nerostného bohatství a přechod ke zpracování kovů. Metalurgie se na území Severní Makedonie rozvíjí již od neolitu (známé jsou např. doklady v podobě různých měděných šperků a ozdob, později i nástrojů a zbraní) (Mitovski 2018), nicméně k jejímu hlavnímu rozvoji dochází právě během doby železné zřejmě v souvislosti s rozvíjejícím se obchodem ve Středomoří (Izdebski *et al.* 2020). Z této doby pochází mj. nálezy stříbrných mincí ze starověkého města Damastion. Ačkoliv poloha tohoto místa není přesně známa, určité

indicie (nálezy železných nástrojů a strusek) nasvědčují tomu, že starověká těžební činnost se mohla odehrávat i v blízkosti Ochridského jezera (viz Davies 1932).

Raná doba železná je reprezentována již novými sídlištními strategiemi – vznikají trapézové sídliště (např. Pentalofos, Sindos). V 8. století BC se v oblasti jižního Balkánu ochlazuje klima, což se projevuje vzestupem hladiny některých jezer (Maliq) a přesunem obyvatelstva od jezerních osad do vyvýšených míst na kopcích (Fouache *et al.* 2010). Pokračuje osídlení na vyvýšených pahorcích (tombly i trapézy) – některá sídliště jsou v průběhu 8./7. stol. BC opouštěna (Kastanas, Assiros), jiná pokračují bez přerušení (Sindos) a začínají se rozšiřovat – mění se na opevněná sídliště. Tellová sídliště jsou přerušena mezi 7.–6. stol. BC mimo Thessaloniki, které získává ústřední roli v regionu; od 6. stol. se objevují nová centrální sídliště a dochází k reurbanizaci regionu (Gimatidis 2018).

3.3 Vliv člověka na vegetaci během holocénu

Během holocénu se zásadním způsobem mění vztah člověka k přírodním ekosystémům; zavedení zemědělství působí významné změny v krajině, jako je rozšíření bezlesí a příchod nových rostlinných druhů a společenstev (Giesecke *et al.* 2019). V nově vznikajících prostředích prosperují druhy vázané na pravidelnou disturbanci (Tinner *et al.* 2003) a také se šíří druhy vázané na extenzivní polní hospodaření (Willis 1994, Kouli 2015). Toto široké spektrum rostlin je v pylové analýze obvykle považováno za doklad lidské činnosti (Behre 1981). Vzhledem k charakteru pylového záznamu je problematické prokázat *s jistotou* vliv člověka; lze pouze konstatovat určitou *pravděpodobnost* zvýšené lidské činnosti na základě výskytu určitých druhů (viz antropogenní indikátory níže).

3.3.1 Antropogenní indikátory

V moderním pojetí zahrnuje tato skupina pylové i nepylové objekty, které bývají na základě indikačního potenciálu rozlišovány na dvě podskupiny:

Primární indikátory

Podle všeobecně přijímané definice se jedná o různé druhy bylin a stromů, které byly pěstovány za účelem sklizně jedlých částí (Behre 1981). Přítomnost primárních indikátorů tak dokládá bezprostřední činnost člověka. Jedná se o zemědělské plodiny, především

obiloviny, např. pšenice (*Triticum*-type), žito (*Secale cereale*) či oves (*Hordeum*-type) a luštěniny (např. *Pisum sativum*). Někteří autoři do této skupiny řadí také dřeviny produkující ořechy nebo ovoce, např. ořešáky (*Juglans*), či kaštanovníky (*Castanea sativa*). U těchto druhů je však nutné vzít v úvahu jejich možnou přítomnost v krajině ještě před příchodem člověka (viz Mercuri *et al.* 2013).

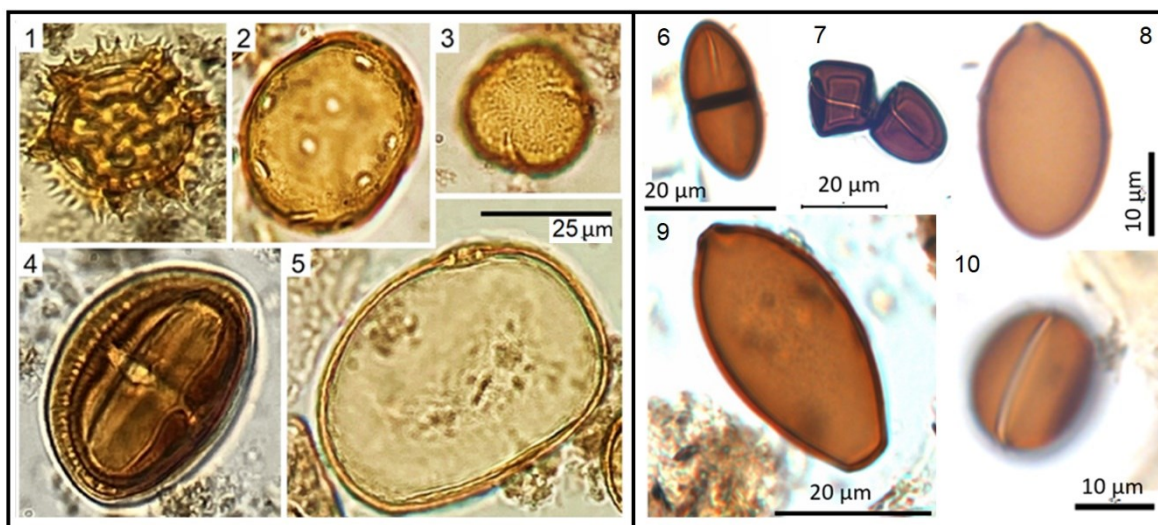
Sekundární indikátory

Tato skupina zahrnuje rostliny, jež nebyly záměrně pěstovány, nicméně činnost člověka jim poskytla dostatek příležitostí pro růst a šíření, kterých by za normálních podmínek nedosáhly (Behre 1981). Do této skupiny patří různé druhy ruderální a synantropní vegetace, které lze považovat za nepřímý doklad lidského vlivu na vegetaci. Mezi sekundární indikátory řadíme typické plevele, jako jsou šťovíky (*Rumex* spp.) a zástupce podčeledi čekankovité (Cichorioideae), jejichž výskyt dobře indikuje blízkost pastvin a obdělávaných polí (Florenzano *et al.* 2015). Přítomnost pastvin či opuštěných polí mohou také dobře reflektovat jitrocele snášející sešlap (zejména *Plantago major*) a další typy disturbancí (Behre 1981). Významné jsou také nitrofilní druhy, někdy označované jako rumištní, které snášejí vysoké obsahy živin v půdě, a jsou tak charakteristické především pro obdělávané oblasti bohaté na dusík – typicky kopřivy (*Urtica*), pelyňky (*Artemisia* spp.), nebo i čeleď merlíkovitých (*Chenopodiaceae*) (Behre 1981).

Jako nepřímý doklad lidského vlivu na prostředí lze dále využít i vyšší zastoupení pylu bylin vůči pylu dřevin (poměr AP:NAP), které je možné spojit s intenzivnějším hospodařením (např. jako důsledek těžby dřeva/udržování volných ploch pro pastvu) (Bottema 1982). Otevřenost krajiny může být také doložena kontinuální přítomností světlomilných rostlin (např. *Artemisia*, *Chenopodiaceae*), případně rozšířením prvků sekundární xerothermní vegetace (Cichorioideae, *Cirsium*-type, *Juniperus*, *Carpinus orientalis*/*Ostrya*-type) (Marinova *et al.* 2012).

Při interpretaci antropogenních indikátorů je nutné brát v úvahu, že některé pylové typy mohou zahrnovat jak druhy silně asociované s lidskou činností, tak i druhy rostoucí volně v přírodě (např. šťovíky či jitrocele) (cf. Deza-Araujo *et al.* 2022). Dále je nutné mít na paměti, že zastoupení pylů může být ovlivněn různými faktory, např. rozdíly v pylové produkci (mezi silnými a slabými producenty) (Senn *et al.* 2021). Důležitou roli hraje i poloha záznamu, kdy s rostoucí nadmořskou výškou dochází k postupnému zvyšování

zastoupení pylů transportovaných na delší vzdálenosti a naopak úbytku lokální pylové produkce (Markgraf 1980).



Obr. 5 Ukázka některých primárních a sekundárních antropogenních indikátorů, vč. některých zájmových typů koprofilních houbových spor: (1) Cichorioideae, (2) *Juglans*, (3) *Rumex*-type, (4) *Centaurea*-type, (5) *Cerealia*, (6) *Delitschia*, (7) *Sporormiella*, (8) *Sordaria*, (9) *Podospora*, (10) *Coniochaeta*. Fotografie pylových zrn autor, fotografie NPP převzaty ze Shumilovskikh *et al.*, 2021 (upraveno).

Ostatní indikátory

Kromě pylů rostlin lze za ukazatele lidské činnosti považovat také další objekty různého taxonomického zařazení, které v pylové analýze sdružujeme do skupiny tzv. nepylových palynomorf (*non-pollen palynomorphs* – NPPs), jako jsou např. spory hub či mikrouhlíky (tzv. charcoaly), jejichž význam spočívá zejména v kombinaci s primárními a sekundárními indikátory.

Pylové preparáty často obsahují zbytky hub ve formě silnostěnných, tmavě zbarvených spor nebo hyf. Zatímco hyfy nelze většinou identifikovat, spory hub mají specifickou morfolonii, kterou je možné srovnávat s moderní mykoflorou (např. Van Geel & Aptroot 2006). Taxonomicky se nejvíce zaznamenaných houbových spor řadí k houbám vřeckovýtrusým (Ascomycetes) a stopkovýtrusým (Basidiomycetes), pro paleoekologické účely je však spíše využíván systém klasifikace do skupin na základě nutričních strategií než podle taxonomie (Shumilovskikh *et al.* 2021). Obvykle se odlišují houby saprotrofní, vázané na trus (koprofilní), dřevokazné (lignikolní), popř. žijící v půdě jako paraziti nebo jako

mykorhizní houby. Z hlediska určování lidského vlivu jsou významnou skupinou zejména spory koprofilních hub (viz obr. 5), jejichž výskyt lze spojit s přítomností pasoucích se býložravců, díky čemuž jsou považovány za silný a lokální indikátor pastvy (Brun 2011).

Mikroskopické uhlíky (obvykle <100 μ m) jsou široce využívány k rekonstrukci požárů v holocenní minulosti a mohou tak poskytnout informace o lidském vlivu na strukturu vegetace (Vannière *et al.* 2008). Vyšší početnost uhlíků obvykle znamená vyšší požárovou aktivitu, ačkoliv pro doložení lokálních požárů je nutné využít i další typy proxy (Whitlock & Larsen 2001).

Speciální případem nepřímých dat schopných zaznamenat činnost člověka jsou také různá geochemická data, která jsou schopna odhalit období zvýšené eroze a pomoci tak v rekonstrukci erozních událostí z jezerních sedimentů, které jsou zásadní pro pochopení vazby mezi klimatem a půdním vývojem. Mezi nejpoužívanější metody patří rentgen-fluorescenční spektroskopie (XRF), jež umožňuje měřit obsahy např. litogenních prvků kontinuálně napříč sedimentem (Arnaud *et al.* 2012).

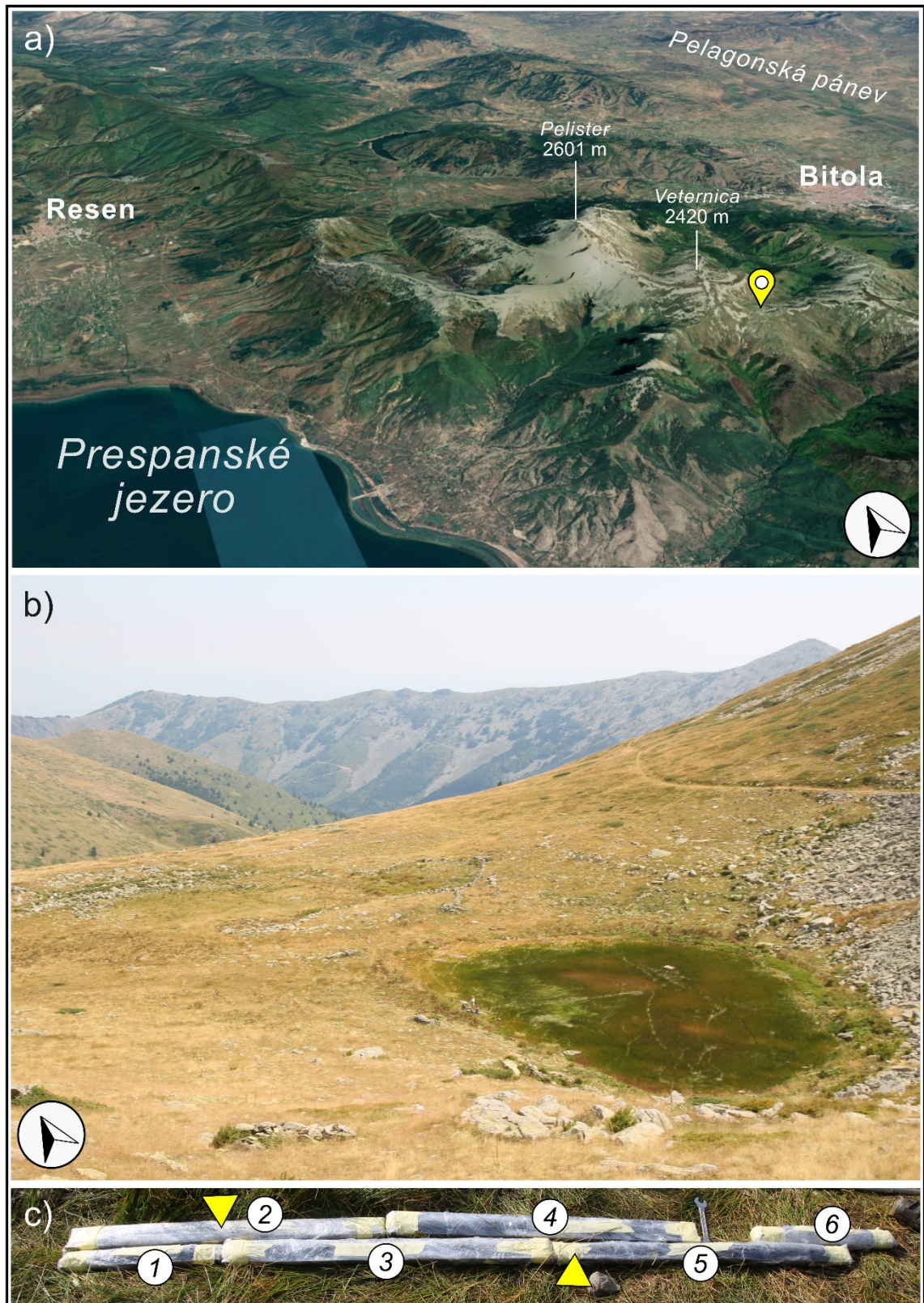
4 Metodika práce

Pro sledování vývoje vegetace a k ověření vlivu člověka byl zvolen profil v pohoří Pelister, jež tvoří přirozenou hranici mezi Prespanským jezerem a Pelagonským údolím. Lokalita Orlova Bari (též známá jako Orlovo jezero) se nachází v nadmořské výšce 2039 m n. m. na severovýchodní straně pohoří asi 16 km jihozápadně od města Bitola a 2,5 km jihovýchodně od vrcholu Veternica (2420 m n. m.) (40°57'7.2" s.š. 21°12'40.7" v.d., viz obr. 6a). Zazemněné jezírko je usazeno v menší kruhovitě depresi ohraničené od JV strmou skalní stěnou pokrytou volnou kamenitou sutí (viz obr. 6b). Jezírko je periodické, tj. disponuje vodou pouze v průběhu vlhké sezóny a jinak je téměř bez vody. Okolí lokality je porostlé vysokohorskou bylinnou vegetací. Lokalita v minulosti sloužila jako napajedlo pro zvířata, která se v okolí i pásla (Vasileski 2006).

4.1 Odběr vzorků

Jezerní sediment byl odebrán v srpnu 2021 vedoucím práce, a to z centrální části pomocí ručního vrtáku. Celkem takto bylo získáno 6 jednotlivých vrtů, které se následně použily pro sestavení kompozitního vrtu (viz obr. 6c). Odebraný sediment byl po vytažení uložen do plastových koryt a v horizontální poloze převezen do laboratoře katedry botaniky PřF UK, kde proběhlo také jeho vzorkování. Z každého vrtného jádra byl v intervalech po 10 cm odebrán vzorek o objemu 1 cm³. Takto získaných 26 vzorků bylo následně podrobena standardní proceduře acetolýzy. Do každého vzorku byla ještě před chemickým zpracováním přidána tableta markeru (*Lycopodium*) se známým množstvím spor ($n = 185884$) pro určení koncentrace pylů a mikroskopických uhlíků. Vzorky byly ošetřeny zředěnou kyselinou chlorovodíkovou (HCl) a hydroxidem draselným (KOH), aby byly zbaveny huminových látek a polysacharidů; dále koncentrovanou kyselinou fluorovodíkovou (HF) pro odstranění silikátů. Do vzorků byla také přidána kyselina octová a acetanhydrid s kyselinou sírovou pro odstranění zbývajících nečistot. Získaný pylový koncentrát byl následně doplněn glycerinem v poměru s vodou 1:1.

Kromě pylové analýzy byl proveden také vegetační a floristický průzkum okolí, jehož výsledky jsou uvedeny v příloze II.



Obr. 6–a) 3D pohled na lokalitu Orlova bari v aplikaci Google Earth (vyznačeno hvězdičkou), **b)** pohled na lokalitu od SV. **c)** fotografie odebraného materiálu s vyznačeným pořadím jednotlivých vrtných jader a přibližnou polohou vzorků určených na datování (označeny žlutě): ① 0-50 cm, ② 0-100 cm, ③ 50-150 cm, ④ 100-150 cm, ⑤ 150-250 cm, ⑥ 220-270 cm (foto V. Abraham).

4.2 Radiokarbonové datování

Pro zjištění obsahů izotopu ^{14}C byly z vrtných jader odebrány 3 vzorky, jež byly proplaveny a z nich získané rostlinné makrozbytky pak putovaly na datování do Radiouhlíkové laboratoře CLR, provozované Ústavem jaderné fyziky a Archeologickým ústavem AV ČR v Praze. Nicméně nastalé komplikace během datování nakonec neumožnily získat datum pro nejspodnější vzorek, ve výsledcích jsou proto prezentována jen data dvě (viz tab. 2).

4.3 Pylová analýza

Každý vzorek na pylovou analýzu byl připraven v podobě standardního mikroskopického preparátu. Vzorky byly pozorovány na mikroskopu Olympus BX51 pod procházejícím světlem se zvětšením 400x. V případě pylových typů vyžadujících větší zvětšení (např. obilovin) bylo využito mikroskopu Leica DM1000 LED, který umožňuje až 1000násobné zvětšení při použití olejové imerze (anisol). Snahou autora bylo pokusit se určit alespoň 400 pylových zrn na preparát. K počítání pylových zrn byl využit volně dostupný program PolyCounter ve verzi 3.1.6 (<http://polsystems.rits-palaeo.com/>). Kromě pylových objektů byly počítány i nepylové objekty, reprezentované zejména spory hub. Ve vzorcích byla zaznamenávána také přítomnost mikroskopických uhlíků $\geq 10 \mu\text{m}$.

Vzhledem k lokaci materiálu bylo nutné kromě klasických určovacích klíčů pro evropskou floru (Beug 2004) využít také specializované klíče (Chester & Raine 2001) a online databáze PalDat (www.paldat.org) a NPP-ID (Shumilovskikh *et al.* 2022). V případě problematických typů bylo využito referenční pylové sbírky na katedře botaniky PŘF UK.

Získaná surová pylová data byla převedena na procenta, kdy pylová suma byla počítána jako součet celkového stromového pylu (AP) a nestromového pylu (NAP). Počet spor markeru (*Lycopodium*) byl poté vztáhnut k celkovému množství všech určených pylových zrn v jednotlivých vzorcích. Nepylové objekty (spory hub) a pyly lokální vegetace (mokřadní a vodní rostliny) byly vyčleněny zvlášť a nejsou tak zahrnovány do celkové sumy. Pylová procentuální data byla graficky znázorněna pomocí programů C2 (Juggins 2014) a R (R Core Team 2022). Pro zjednodušení pylového diagramu byla provedena zonace metodou součtu nejbližších čtverců (CONISS) v programu R za použití balíčků ‚analogue‘ a ‚rioja‘ (Simpson *et al.* 2021, Juggins 2022). Tato metoda umožňuje rozdělit pylový diagram na

daný počet signifikantních zón, tak aby byla minimalizována celková variance. Určení počtu signifikantních zón bylo provedeno pomocí tzv. broken-stick modelu (Bennett 1996).

4.4 Geochemie

Za účelem kvantitativního zhodnocení přínosu terigenního materiálu do jezera byla na vrtném jádře provedena rentgen-fluorescenční analýza (XRF). Měření probíhalo v laboratoři České geologické služby na ED-XRF ručním spektrometru VANTA ELEMENT. Tento přístroj, s rozlišením detektoru 137eV kaMn, je v optimálním případě schopen stanovit obsah téměř všech prvků s protonovým číslem větším než 12 (tj. těžší než Mg). Měření probíhalo kontinuálně přímo na vrtném jádře s krokem jednotlivých měření 3 mm. Z naměřeného prvkové spektra jsou v této práci prezentovány pouze výsledky pro variace obsahu titanu (Ti), který je v paleolimnologické praxi obvykle využíván jako relevantní indikátor erozně-sedimentačních procesů v povodí jezera.

5 Výsledky

5.1 Sedimentologie

Bázi profilu tvoří šedá vrstva jílovito-písčitého jílu, který přechází do tmavě zbarveného jílového sedimentu s příměsí organiky. Další část profilu vytváří šedohnědá, jílovitá vrstva. Svrchní část profilu tvoří hnědá organická vrstva s hojnými rostlinnými makrozbytky.

Tabulka 1: Základní litologický popis

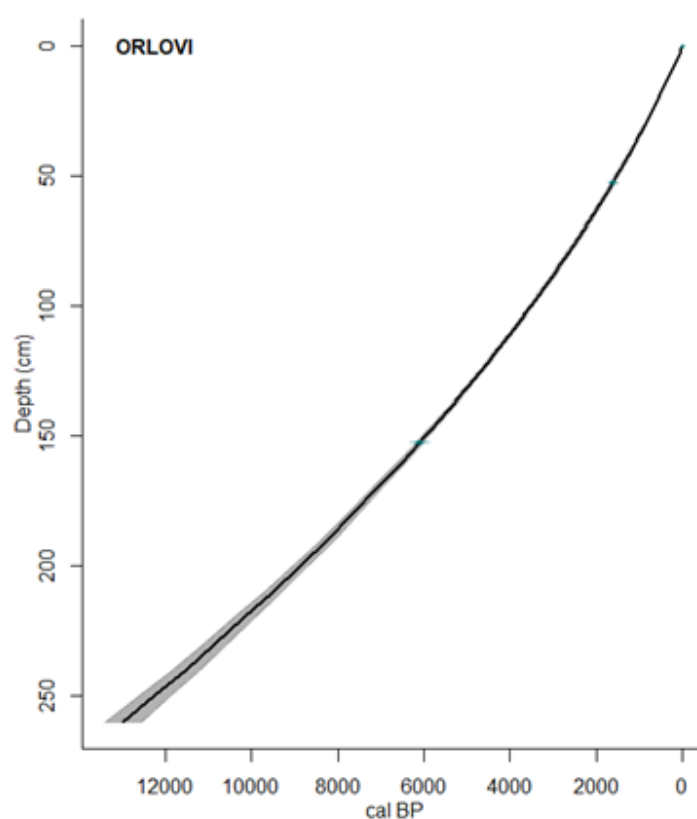
Hloubka (cm)	Popis
0–66 cm	Hnědý organický sediment s rostlinnými zbytky
66–100 cm	Drobivý šedohnědý sediment
100–197 cm	Šedohnědý jílovitý sediment
197–251 cm	Tmavě zbarvený jílovitý sediment
251–273 cm	Světle šedý, jílovito-písčitý sediment

5.2 Age-depth model

K vytvoření age-depth modelu byla zvolena metoda klasického modelování pomocí balíčku clam (Blaauw 2010). Za počáteční datum modelu bylo arbitrárně zvoleno 0 BP. K interpolaci age-depth modelu byla zvolena metoda „cubic spline“. Dle výsledného age-depth modelu lze konstatovat, že věk radiokarbonových dat se směrem do hloubky zvyšuje. Z důvodu absence data pro bazální vzorek je možné počátek sedimentace na lokalitě orientačně zasadit do období před ~13 000 lety.

Tabulka 2: Radiokarbonová datace provedená v Radiouhlíkové laboratoři CRL (AV ČR). Radiokarbonová data byla kalibrována v R program s pomocí balíčku ‚clam‘ (Blaauw 2010).

Vrtné jádro	Hloubka (cm)	Kód laboratoře	¹⁴ C věk BP (nekalibrovaný)	¹⁴ C věk cal. BP (kalibrovaný)
0-100 cm	57-60 cm	CRL OB-4	1616 ± 25	1536–1467
150-250 cm	156-159 cm	CRL OB-3	6100 ± 43	7075–6855
220-270 cm	227-230 cm	—	—	—



Obr. 7. Základní age-depth model pro lokalitu Orlova Bari

5.3 Výsledky pylové analýzy

V pylovém záznamu bylo identifikováno více než 70 různých pylových a nepylových objektů, které se podařilo určit s různou taxonomickou přesností. V případě nejistého taxonomického zařazení jsou v pylovém diagramu uváděny tzv. pylové typy (značené obvykle koncovkou -Typ nebo -type dle autora popisu), které mohou zahrnovat více druhů (nebo i rodů). Pylová zrna se vyskytovala ve velkém množství a velmi dobrém stupni

zachování; pouze vzorky ze svrchních 60 cm obsahovaly již málo pylu, který byl většinou špatně zachován.

Na základě broken-stick modelu byl profil rozdělen celkem na 5 pylových zón:

PAZ1: 260 cm (12 970—12 241 BP)

Na bázi profilu zcela dominuje pelyněk (64 %), ve vysokém zastoupení jsou také merlíkovité (Chenopodiaceae). Většinu pylového spadu tvoří byliny (zejména trávy), pouze minimum patří dřevinám (borovice, smrk).

PAZ2: 250—200 cm (12 241—8872 BP)

V této zóně dochází k nápadnému nárůstu travin (Poaceae), objevují se listnaté stromy, včetně poměrně náročných typů (duby, lísky, jilmy, lípy), pylový spad borovic je minimální. Postupně získává převahu lípa (*Tilia*), ke které se vzápětí připojuje líska, jejíž křivka začíná rychle růst (*Corylus*). Objevuje se také jasan (*Fraxinus*). V zóně se mj. objevují první známky o činnosti člověka (sekundární indikátory – např. *Rumex*).

PAZ3: 190—110 cm (8253—3968 BP)

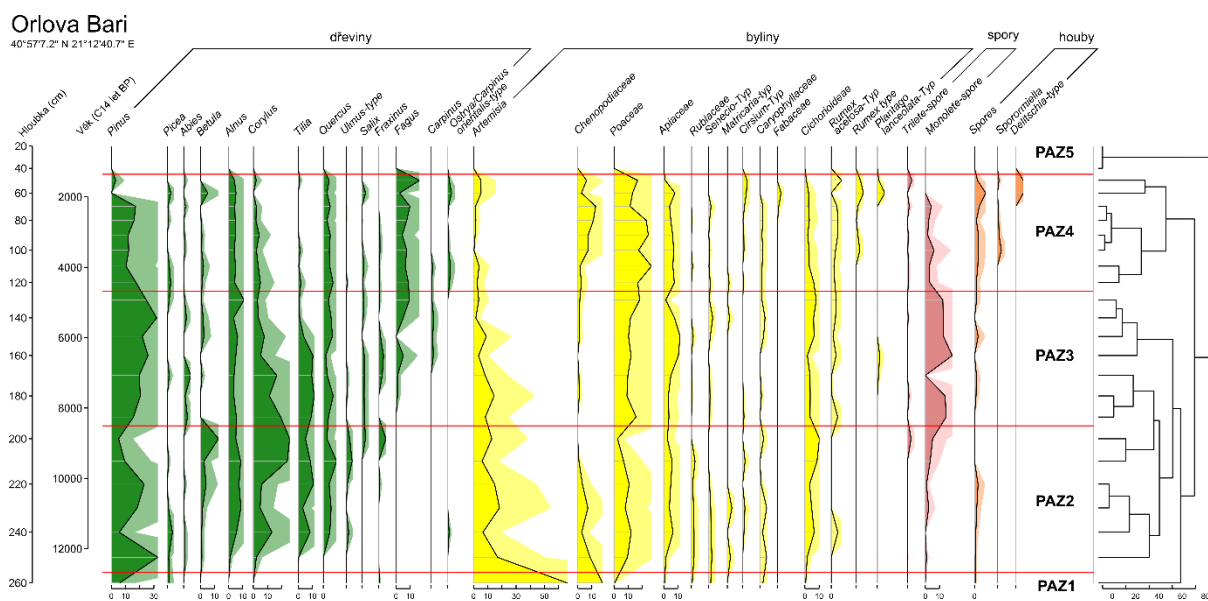
Dochází k mírnému nárůstu pylového spadu stromů, ve kterém stále dominuje líska a lípa, později se připojuje dub (*Quercus*) a objevuje se javor (*Acer*) a buk (*Fagus*). V průběhu zóny již objevují první primární indikátory (Cerealia ve 180 cm), které se však nevyskytují kontinuálně. Na konci zóny však již ubývá lísky a lípy spolu s pylem bylin – oproti tomu se rozšiřuje buk a jedle (*Abies*).

PAZ4: 100—40 cm (3515—1185 BP)

Postupně dochází k nárůstu pylu buku a travin, v rámci zóny se poprvé objevují primární antropogenní indikátory (*Secale*). Rovněž dochází k nárůstu dubu a buku, mizí pyl lípy a mj. se projevuje nárůst sekundárních antropogenních indikátorů (např. šťovíku, *Rumex* spp.) a houbových spor (*Sordaria*-type, *Sporormiella*-type).

PAZ5: 20—0 cm (556—0 BP)

Objevuje se velké množství houbových spor, zároveň pyl borovice dosahuje minima. Ve svrchních partiích je ještě možné pozorovat růst nestromového pylu (NAP), přestože obsah pylových zrn ve vzorcích se rychle zmenšuje. Nejsvrchnější vzorky obsahují již velmi málo pylu.



Obr.8 Pylový procentuální diagram s vybranými pylovými typy pro lokalitu Orlova Bari.

5.4 Interpretace profilu

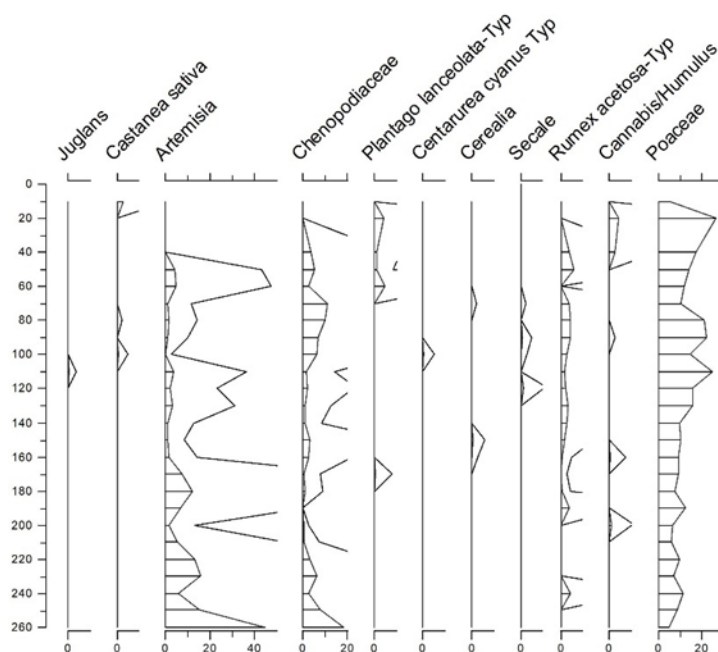
Pozůstatky po činnosti ledovců z údolí Veternica ukazují, že ke vzniku jezer v pohoří Pelister mohlo dojít až po posledním postupu ledovců, který se odehrál v období tzv. nejstaršího Dryasu (před ~15 000 lety) (Ribolini *et al.* 2018). Tomu by odpovídal začátek sedimentárního záznamu na lokalitě Orlova Bari, který dle age-depth modelu spadá do období před ~13 000 lety BP, tedy začínajícího chladného pulzu mladšího Dryasu (12,9–11,7 ka BP). Během tohoto období je v širokém okolí zaznamenáno ochlazení a aridifikace klimatu v souvislosti s dočasným ústupem rozvíjejících se lesních společenstev (Panagiotopoulos *et al.* 2013, cf. Brechbühl *et al.* 2023). Ačkoliv chronologie v této části profilu je poněkud nejistá (viz výše), pylové spektrum s vysokým zastoupením bylin (zejména pelyňku) a nízkým pylovým spadem dřevin na bázi profilu (viz obr. 8) tuto interpretaci podporuje.

První fáze holocénu (PAZ2) je obdobím, kdy na lokalitě dochází k rozšiřování lesů – k pionýrským dřevinám (borovice, bříza) se záhy připojují listnaté stromy. Následující období raného holocénu se projevuje např. nárůstem pylu olše (*Alnus*) a příchodem náročnějších prvků, např. lísky a lípy. Přítomnost těchto dřevin v rané fázi holocénu lze přičíst příhodným klimatickým podmínkám, které umožnily rychlou expanzi dřevin z blízkých refugií, např. z okolí Prespanského jezera (cf. Panagiotopoulos *et al.* 2013). Velmi rychlý nástup lesa přesto nevede k potlačení bylinné diverzity – okolní krajina měla zřejmě parkovitý ráz, kde se udržovaly volné plochy spíše s roztroušeně rostoucími dřevinami. Na místě dnešní lokality pravděpodobně již existovala vodní plocha s litorální vegetací, o čemž svědčí nálezy pylu šachorovitých (Cyperaceae) a poměrně vysoké zastoupení travin (Poaceae).

Při přechodu do další zóny pylového profilu (PAZ3), který spadá do doby před ~8000 lety, je možno sledovat příchod vlhčích a teplejších podmínek – v pylovém diagramu získává rychle převahu pyl lísky a lípy na úkor borovice a dalších dřevin. Zároveň ubývá pylu bylin a v pylovém profilu roste zastoupení monoletních spor, které náleží kapradinám. Lze předpokládat, že dochází k tvorbě prvních uzavřených lesních porostů. Před 8200 lety BP dochází k mírnému poklesu pylu teplomilných dřevin a nárůstu pylu trav a bylin. Líska a lípa posléze rychle ustupují, a naopak se objevuje pyl jedle a především buku, který začíná prudce expandovat před cca 7000 lety. V tomto období lze také sledovat postupný úbytek dřevin citlivých na disturbance, jako jsou lípy a jilmy. Zároveň se rozšiřují některé dřeviny, kterým disturbance naopak vyhovují (např. *Carpinus*). V širším okolí nicméně dochází po 7. tisíciletí k regeneraci lesa a úbytku zemědělských aktivit, což může souviset s opouštěním obydlí, které se odehrává na přelomu 6./5. tisíciletí BC (Kouli & Dermitzakis 2008, cf. Brechbühl *et al.* 2023).

Následující období pozdního holocénu (PAZ4) je obdobím restrukturalizace vegetace – ubývá lísky a lípy a zvyšuje se výskyt primárních indikátorů (např. *Secale*) a rovněž nárůst sekundárních antropogenních indikátorů (např. šťovíků, *Rumex*-type) a houbových spor (*Sordaria*-type, *Sporormiella*-type), což ukazuje na otevírání krajiny v souvislosti s antropogenní činností (odlesňování, pastevectví). Pozorovaný nárůst NAP a rychlý úbytek pylu borovice (*Pinus*) je zaznamenán také v blízkém okolí (cf. Panagiotopoulos *et al.* 2013). Konec holocénu je již plně ovlivňován člověkem, jak ukazují

vysoké zastoupení sekundárních antropogenních indikátorů včetně některých NPP. Poslední fáze profilu (PAZ5) se interpretuje obtížně kvůli nízkému obsahu pylových zrn.



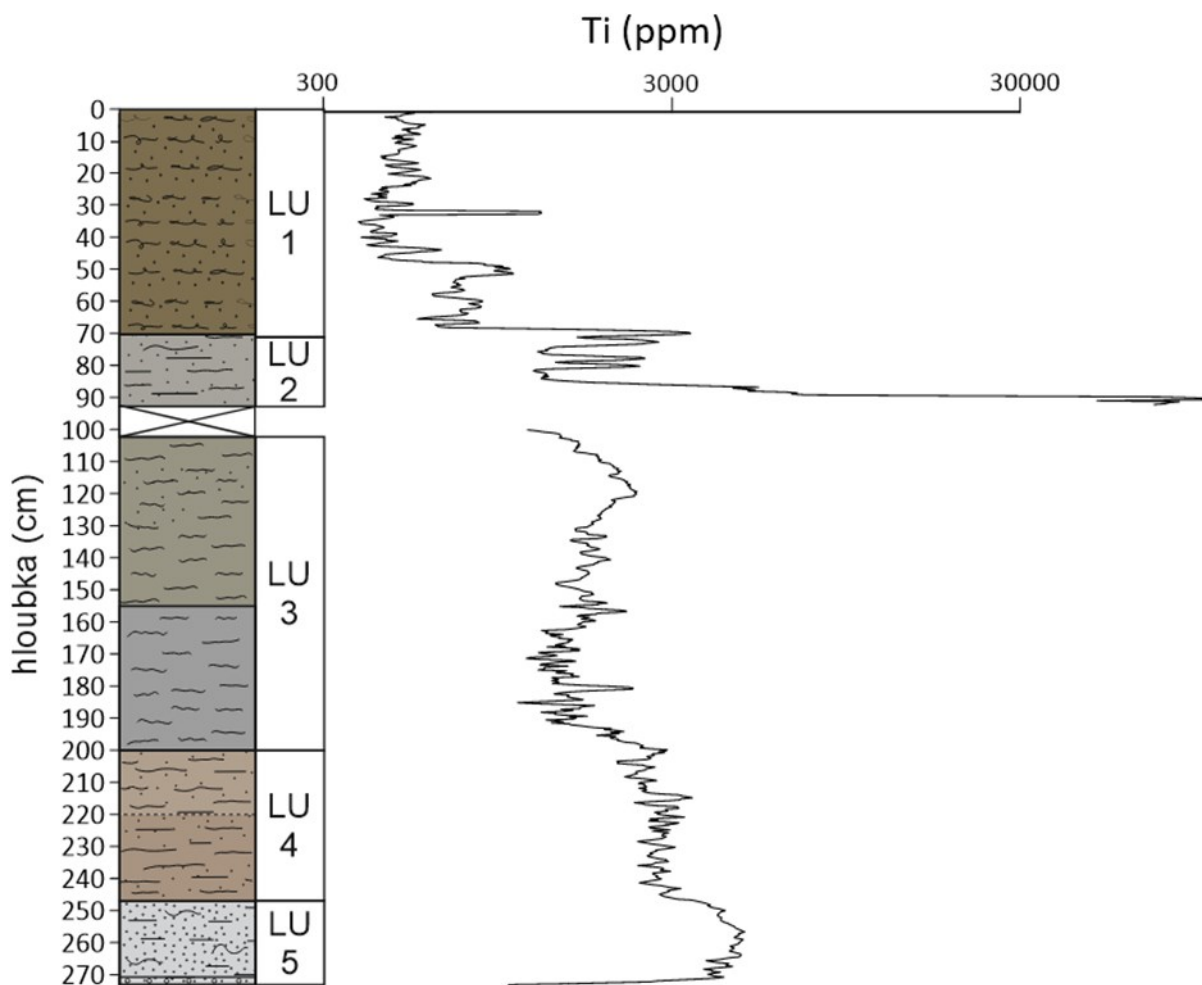
Obr. 9 Vybrané antropogenní indikátory

Kolem cca 4500 let BP je již lidský vliv doložitelný přítomností primárních indikátorů (Cerealia, Secale). Od 4. tisíciletí BP lze pozorovat postupný nárůst mikroskopických uhlíků – zjevně dochází ke zvýšení četnosti požárů (viz také souhrnný digram v příloze I.). S přechodem do pozdního holocénu stoupá zastoupení sekundárních antropogenních indikátorů. Obdobná situace je známa z bulharských horských oblastí, kde v souvislosti s rozšiřováním pastevectví a rostoucí spotřebou dřeva dochází ke snížení horní hranice lesa a expanzi sekundární vegetace (Marinova *et al.* 2012). Absence vegetace zadržující vodu způsobuje nástup rozsáhlé eroze, která postihuje zejména horské hřbety (Francke *et al.* 2019), z nichž je o vydatných srážkách odnášena svrchní vrstva půdy pryč říčními toky ze svahů do údolí (Bottema 1982). Obdobná situace se musela odehrávat i v dalších pohorích jižního Balkánu, jak ukazuje i geochemický záznam (viz obr.9). Od 8. století BC a zejména od 5. století BC je již lidský vliv jasně patrný v celém jihobalkánském regionu (cf. Marinova *et al.* 2012).

5.5 Erozně-sedimentační dynamika

Hloubkové variace titanu rozdělují zkoumaný profil vizuálně na 5 základních úseků (LU5–LU1, viz obr. 10), jejichž hranice zhruba korespondují s hlavními litologickými rozhraními. Úsek LU5 (273–251 cm; pozdní glaciál, šedý písčité jíly se zvětralým granitem na bázi) vykazuje ve srovnání s nadloží konstantně vysoké hodnoty, což lze interpretovat jako důsledek zvýšeného přínosu alochtonní složky během glaciálu. Řídce zarostlý povrch byl náchylnější k erozi, část materiálu mohla být do jezerní pánve transportována také eolicky z prachové suspenze. V úseku LU4 (251–197 cm; časný holocén; tmavě hnědý jíly s příměsí organiky) dochází k prudkému poklesu koncentrace Ti, což s největší pravděpodobností souvisí s postupným zarůstáním širšího okolí jezerní pánve (líška, lípa, borovice), stabilizací povrchu a celkovým zvyšováním rezistence povodí vůči erozním procesům. Tento proces dále pokračuje i v období středního holocénu (LU3; 197–100 cm), patrně v souvislosti s hustším vegetačním pokryvem a intenzivnějšími pedogenetickými procesy (Francke *et al.* 2019). K zásadní změně dynamiky erozně-sedimentačních procesů dochází posléze v intervalu 91–66 cm (LU4), který již dle radiokarbonového datování náleží počátku spodního holocénu. Vysoké hodnoty Ti (nejvyšší v rámci celého profilu), signalizující výrazně zvýšenou intenzitu povrchové eroze, korespondují s vyšším zastoupením travin a souvisejícím poklesem množství AP.

Erozně-sedimentační procesy by tak mohly souviset s počátkem antropogenní činnosti v oblasti, která je indikována v pylovém záznamu (viz obr. 9), resp. mohou být přímým důsledkem zemědělských aktivit v povodí pánve. V těchto souvislostech je třeba také počítat s vlivem mechanického narušení povrchu pastevní činností. V nadložním úseku (LU5) dochází k opětovnému snížení koncentrace Ti. Tento trend pravděpodobně souvisí s postupným zarůstáním jezera (organický sediment s mokřadní vegetací) a omezenou možností transportu klastického materiálu do centra pánve.



Obr. 10 Litologický profil a naměřené prvkové spektrum titanu.

6 Diskuze

První stopy o činnosti člověka v Severní Makedonii jsou doloženy na konci raného holocénu a počátku středního, z doby před 8500 lety (Brechtbühl *et al.* 2023), jak potvrzují i některé biomarkery (Holtvoeth *et al.* 2010). Na lokalitě Orlova bari se první antropogenní indikátory objevují již kolem 8000 let BP, kdy se ve větší míře objevují spory hub, dochází k nárůstu pylu sekundárních antropogenních indikátorů (např. *Rumex*-type) a objevují se některé primární indikátory (Cerealía). Dle Brechtbühl *et al.* (2023) je první fáze neolitického osídlení charakteristická relativně nízkým, a především lokálním vlivem, který se ještě neprojevuje v širším okolí. Druhá (intenzivnější) fáze osídlení nastává kolem 7500 let BP. Rozšiřování zemědělské půdy a pastvin dokládají byliny a plevele (sekundární indikátory – Caryophyllaceae, Cichorioideae, *Artemisia*), jak lze vidět např. na lokalitách v severním Řecku (Gassner *et al.* 2020)

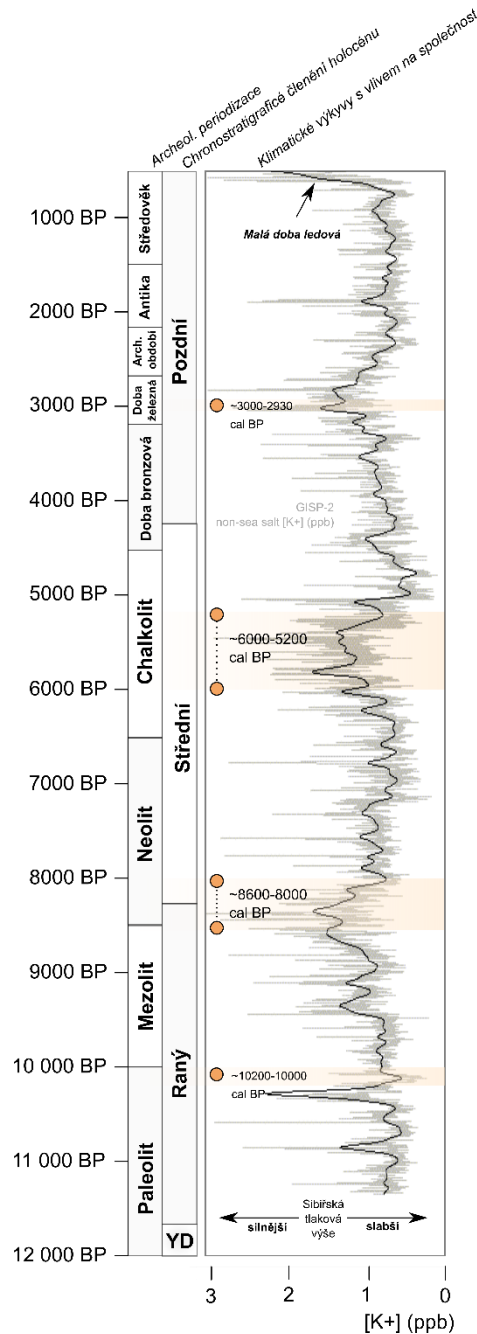
Co se holocenního vývoje týče, jednou z nejvíce diskutovaných událostí jsou vlivy klimatu na lidskou společnost. Je tzv. 3,2 ka event odehrávající se v menším měřítku na sklonku pozdní doby bronzové, spadající do intervalu mezi 13.—9. stoletím BC (1200–900 BC), tedy do období klimatického výkyvu před 3200—2800, resp. 3500—2500 lety BP (Rohling *et al.* 2009) (viz též obr. 9).

Z archeologického hlediska se jedná o významný předěl oddělující téměř 300 let dlouhé éry prosperity a stability od „období temna“, charakteristické nestabilitou a celkovým úpadkem. Někteří vědci vysvětlují tento přelom jako důsledek dlouhotrvajícího sucha, které způsobilo neúrodu v oblasti východního Středomoří (Roberts *et al.* 2011, Drake 2012, Kaniewski *et al.* 2015). Příčinou mohlo být pronikání studených a rychle proudících vzdušných mas z prostoru Sibíře do Egejského moře, jež mělo za následek sérii neobvykle chladných a suchých let (Weninger *et al.* 2009). Ačkoli existují zmínky o neúrodě a hladomorech v soudobých písemných pramenech a od pozdějších antických autorů,

minimálně v archeologické literatuře je toto období stále předmětem kontroverzí (viz např. Knapp & Manning 2016).

Palynologické záznamy z konce pozdní doby bronzové a začátku doby železné zaznamenávají v některých případech útlum antropogenních aktivit (Gassner *et al.* 2020), nejedná se však o univerzální jev a mnohé jiné blízké záznamy tuto epizodu vůbec nezachycují (Wagner *et al.* 2009). Záznam z lokality Orlova Bari disponuje příliš nízkým rozlišením na to, aby mohl zachytit krátkodobé změny v pozdním holocénu; přesto z určitých indicií (nárůst nestromového pylu a sekundárních indikátorů) lze vyčíst, že lidské aktivity nebyly v průběhu pozdní doby bronzové a rané doby železné nijak výrazně narušeny.

V oblasti Ochridského a Prespanského jezera se období pozdního holocénu zjevně nevyznačuje výraznými změnami v přísunu a distribuci srážek, které by svědčily pro klimaticky nestabilní období před 3000 lety BP. Ze srovnání s paleoklimatickými rekonstrukcemi vyplývá, že období pozdního holocénu je klimaticky velmi stabilní (Bordon *et al.* 2009). Zdá se, že veškeré změny ve vegetaci jsou vyvolány především lidskou činností, která je alespoň v okolí Prespanského jezera hlavní hybnou silou environmentálního vývoje v pozdním holocénu (cf. Panagiotopoulos *et al.* 2013, Francke *et al.* 2019).



Obr. 11 Klimatické oscilace během holocénu podle Weninger *et al.* (2009), s křivkou výkyvů koncentrace draslíkových kationtů jako proxy sibiřské tlakové níže (dle Rohling *et al.*, 2009).

7 Závěr

Analýzou profilu z vysokohorského jezírka Orlova bari bylo zjištěno, že zdejší vegetační záznam sahá až do období těsně po posledním zalednění. Brzká přítomnost dřevin naznačuje blízkost lesních refugií, ze kterých mohly migrovat některé teplomilné dřeviny. Vegetační sukcese byla ovlivňována činností člověka zejména v pozdním holocénu, kdy se výrazně projevila horská pastva a odlesňování. O lidském vlivu lze hovořit cca od přelomu středního/pozdního holocénu (cca 4500 let BP), kdy dochází k nárůstu ruderalní vegetace, koprofilních hub a požárových proxy. Kontinuální přítomnost sekundárních antropogenních indikátorů ukazuje na stálý lidský vliv až téměř do současnosti, Vzhledem k povaze nejsvrchnějších vzorků nebylo možné řádně interpretovat vegetační vývoj během nejmladšího období.

Ukazuje se, že záznamy z horských oblastí Severní Makedonie představují dosud neobjevený archiv environmentálních změn na jižním Balkáně, který by mohl přinést nové poznatky o vývoji přírody během pozdního holocénu.

Seznam použité literatury

- ACEVSKI, J. & MANDŽUKOVSKI, D. 2019. Dendroflora of the Galičica mountain range and the island of Golem Grad in the Republic of Macedonia. *Contributions, Section of Natural, Mathematical and Biotechnical Sciences, MASA 40(2)*, 261–271. DOI 10.20903/csnmbs.masa.2019.40.2.150
- ALLEN, S.E. & GJIPALI, I. 2014. New Light on the Early Neolithic Period in Albania: The Southern Albania Neolithic Archaeological Project (SANAP): 2006-2013. In: Gjipali, I. & Perzhita, L. (eds) *Proceedings of the International Congress of Albanian Archaeological Studies: 65th Anniversary of Albanian Archaeology*. Centre for Albanian Studies, Institute of Archaeology, Tirana, 107–119.
- ANDREOU, S. 2010. Northern Aegean in the Bronze Age. In: Cline, E.H. (ed.) *The Oxford Handbook of the Bronze Age Aegean*. Oxford University Press, Oxford, 643–659.
- ANTOLÍN, F., SABANOV, A., NAUMOV, G. & SOTERAS, R. 2020. Crop choice, gathered plants and household activities at the beginnings of farming in the Pelagonia Valley of North Macedonia. *Antiquity 94(376)*, e21. DOI 10.15184/aqy.2020.119
- ARDJANLIEV, P. & VERČÍK, M. 2018. Reconstruction of the Habitation in the Ohrid Region during the Iron Age and the Archaic Period. In: Ardjanliev, P., Chukalev, K., Cvjetičanin, T., Margarit Damyanov, Krstić, V., Papazovska, A. & Popov, H. (eds) *100 Years of Trebenishte*. National Archaeological Institute with Museum – Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, 167–175.
- ARNAUD, F., RÉVILLON, S., DEBRET, M., REVEL, M., CHAPRON, E., JACOB, J., GIGUET-COVEX, C., POULENARD, J. & MAGNY, M. 2012. Lake Bourget regional erosion patterns reconstruction reveals Holocene NW European Alps soil evolution and paleohydrology. *Quaternary Science Reviews 51*, 81–92. DOI 10.1016/j.quascirev.2012.07.025
- BEHRE, K.E. 1981. The interpretation of anthropogenic indicators in pollen diagrams. *Pollen et Spores 23*, 225–245.
- BENNETT, K.D. 1996. Determination of the number of zones in a biostratigraphical sequence. *New Phytologist 132(1)*, 155–170. DOI 10.1111/j.1469-8137.1996.tb04521.x
- BEUG, H.-J. 2004. *Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete*. 542 pp. Verlag Friedrich Pfeil, München.
- BLAAUW, M. 2010. Methods and code for ‘classical’ age-modelling of radiocarbon sequences. *Quaternary Geochronology 5(5)*, 512–518. DOI 10.1016/j.quageo.2010.01.002
- BOLLIGER, M., MACZKOWSKI, A., FRANCUZ, J., REICH, J., HOSTETTLER, M., BALLMER, A., NAUMOV, G., TANESKI, B., TODOROSKA, V., SZIDAT, S. & HAFNER, A. 2023. Dendroarchaeology at Lake Ohrid: 5th and 2nd millennia BCE tree-ring chronologies from the waterlogged site of Ploča Mičov Grad, North Macedonia. *Dendrochronologia 79*, 126095. DOI 10.1016/j.dendro.2023.126095
- BORDON, A., PEYRON, O., LÉZINE, A.-M., BREWER, S. & FOUACHE, E. 2009. Pollen-inferred Late-Glacial and Holocene climate in southern Balkans (Lake Maliq). *Quaternary International 200(1)*, 19–30. DOI 10.1016/j.quaint.2008.05.014
- BOTTEMA, S. 1982. Palynological investigations in Greece with special reference to pollen as an indicator of human activity. *Palaeohistoria*, 257–288.

- BRECHBÜHL, S., VAN VUGT, L., GOBET, E., MORALES-MOLINO, C., VOLERY, J., LOTTER, A.F., BALLMER, A., BRUGGER, S.O., SZIDAT, S., HAFNER, A. & TINNER, W. 2023. Vegetation dynamics and land-use change at the Neolithic lakeshore settlement site of Ploča Mičov Grad, Lake Ohrid, North Macedonia. *Vegetation History and Archaeobotany*. DOI 10.1007/s00334-023-00931-3
- BRUN, C. 2011. Anthropogenic indicators in pollen diagrams in eastern France: a critical review. *Vegetation History and Archaeobotany* 20(2), 135–142. DOI 10.1007/s00334-010-0277-8
- CHESTER, P.I. & RAINE, J.I. 2001. Pollen and spore keys for Quaternary deposits in the northern Pindos Mountains, Greece. *Grana* 40, 299–387. DOI 10.1080/00173130152987535
- CHRYSOSTOMOU, P., ANDREAS, M. & GIAGKOULIS, T. 2015. The ‘Culture of Four Lakes’. Prehistoric lakeside settlements (6th - 2nd mill. BC) in the Amindeon Basin, Western Macedonia, Greece. *Archäologie Schweiz* 38(3), 24–32.
- DAVIES, O. 1932. Ancient Mines in Southern Macedonia. *The Journal of the Royal Anthropological Institute of Great Britain and Ireland* 62, 145–162. DOI 10.2307/2843882
- DEMENOCAL, P.B. 2001. Cultural Responses to Climate Change During the Late Holocene. *Science* 292(5517), 667–673. DOI 10.1126/science.1059287
- DENÈFLE, M., LÉZINE, A.M., FOUACHE, E. & DUFAURE, J.J. 2000. A 12,000-year pollen record from Lake Maliq, Albania. *Quaternary Research* 54(3), 423–432.
- DEZA-ARAUJO, M., MORALES-MOLINO, C., CONEDERA, M., PEZZATTI, G.B., PASTA, S. & TINNER, W. 2022. Influence of taxonomic resolution on the value of anthropogenic pollen indicators. *Vegetation History and Archaeobotany* 31(1), 67–84. DOI 10.1007/s00334-021-00838-x
- DIMITROV, N.V. 2008. Environmental-geographical features. In: *Pelister/Пелистер*. National Institution National Park Pelister, Bitola, 136 pp.
- DONDERS, T., PANAGIOTOPOULOS, K., KOUTSODENDRIS, A., BERTINI, A., MERCURI, A.M., MASI, A., COMBOURIEU-NEBOUT, N., JOANNIN, S., KOULI, K., KOUSIS, I., PEYRON, O., TORRI, P., FLORENZANO, A., FRANCKE, A., WAGNER, B. & SADORI, L. 2021. 1.36 million years of Mediterranean forest refugium dynamics in response to glacial–interglacial cycle strength. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 118(34), e2026111118. DOI 10.1073/pnas.2026111118
- DRAKE, B.L. 2012. The influence of climatic change on the Late Bronze Age Collapse and the Greek Dark Ages. *Journal of Archaeological Science* 39(6), 1862–1870. DOI 10.1016/j.jas.2012.01.029
- DUMURDŽANOV, N., SERAMOVSKI, T. & BURCHFIELD, C. 2004. Evolution of the Neogene–Pleistocene basins of Macedonia. *Geological Society of America Digital Map and Chart Series 1*, 1–20.
- FLORENZANO, A., MARIGNANI, M., ROSATI, L., FASCETTI, S. & MERCURI, A.M. 2015. Are Cichorieae an indicator of open habitats and pastoralism in current and past vegetation studies? *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology* 149(1), 154–165. DOI 10.1080/11263504.2014.998311
- FOUACHE, E., DESRUELLES, S., MAGNY, M., BORDON, A., OBERWEILER, C., COUSSOT, C., LERA, P., LÉZINE, A.M., FADIN, L. & ROGER, R. 2010. Palaeogeographical reconstructions of

Lake Maliq (Korça Basin, Albania) between 14,000 BP and 2000 BP. *Journal of Archeological Science* 37(3), 525–535.

- FRANCKE, A., DOSSETO, A., PANAGIOTOPOULOS, K., LEICHER, N., LACEY, J.H., KYRIKOU, S., WAGNER, B., ZANCHETTA, G., KOULI, K. & LENG, M.J. 2019. Sediment residence time reveals Holocene shift from climatic to vegetation control on catchment erosion in the Balkans. *Global and Planetary Change* 177, 186–200. DOI 10.1016/j.gloplacha.2019.04.005
- GASSNER, S., GOBET, E., SCHWÖRER, C., VAN LEEUWEN, J., VOGEL, H., GIAGKOULIS, T., MAKRI, S., GROSJEAN, M., PANAJIOTIDIS, S., HAFNER, A. & TINNER, W. 2020. 20,000 years of interactions between climate, vegetation and land use in Northern Greece. *Vegetation History and Archaeobotany* 29(1), 75–90. DOI 10.1007/s00334-019-00734-5
- GERASIMIDIS, A. & ATHANASIADIS, N. 1995. Woodland history of northern Greece from the mid Holocene to recent time based on evidence from peat pollen profiles. *Vegetation History and Archaeobotany* 4(2), 109–116. DOI 10.1007/BF00206919
- GIESECKE, T., WOLTERS, S., VAN LEEUWEN, J.F.N., VAN DER KNAAP, P.W.O., LEYDET, M. & BREWER, S. 2019. Postglacial change of the floristic diversity gradient in Europe. *Nature Communications* 10(1), 5422. DOI 10.1038/s41467-019-13233-y
- GIMATZIDIS, S. 2018. Northern Greece and the central Balkans. In: Haselgrove, C., Rebay-Salisbury, K. & Wells, P.S. (eds) *The Oxford Handbook of the European Iron Age*. Oxford University Press. DOI 10.1093/oxfordhb/9780199696826.013.42
- HAFNER, A., REICH, J., BALLMER, A., BOLLIGER, M., ANTOLÍN, F., CHARLES, M., EMMENEGGER, L., FANDRÉ, J., FRANCUZ, J., GOBET, E., HOSTETTLER, M., LOTTER, A.F., MACZKOWSKI, A., MORALES-MOLINO, C., NAUMOV, G., STÄHELI, C., SZIDAT, S., TANESKI, B., TODOROSKA, V., BOGAARD, A., KOTSAKIS, K. & TINNER, W. 2021. First absolute chronologies of neolithic and bronze age settlements at Lake Ohrid based on dendrochronology and radiocarbon dating. *Journal of Archaeological Science: Reports* 38, 103107. DOI 10.1016/j.jasrep.2021.103107
- HAZELL, C.J., POUND, M.J. & HOCKING, E.P. 2022. High-resolution Bronze Age palaeoenvironmental change in the Eastern Mediterranean: exploring the links between climate and societies. *Palynology* 46(4), 1–20. DOI 10.1080/01916122.2022.2067259
- HOFFMANN, N., REICHERTER, K., GRÜTZNER, C., HÜRTGEN, J., RUDERSDORF, A., VIEHBERG, F.A. & WESSELS, M. 2012. Quaternary coastline evolution of Lake Ohrid (Macedonia/Albania). *Central European Journal of Geosciences* 4(1), 94–110. DOI 10.2478/s13533-011-0063-x
- HOLTVOETH, J., VOGEL, H., WAGNER, B. & WOLFF, G.A. 2010. Lipid biomarkers in Holocene and glacial sediments from ancient Lake Ohrid (Macedonia, Albania). *Biogeosciences* 7(11), 3473–3489. DOI 10.5194/bg-7-3473-2010
- HOŠEK, J., VERČÍK, M., POKORNÝ, P., BENEŠ, J., KOMÁRKOVÁ, V., RADOMĚŘSKÝ, T., ATANASOSKA, N., TODOROSKA, V. & ARDJANLIEV, P. 2021. Geoarchaeological evidence on a Late Bronze Age earthquake, Ohrid Basin (North Macedonia). *Journal of Quaternary Science* 36(6), 1003–1012. DOI 10.1002/jqs.3325
- IZDEBSKI, A., SŁOCZYŃSKI, T., BONNIER, A., KOŁOCH, G. & KOULI, K. 2020. Landscape Change and Trade in Ancient Greece: Evidence from Pollen Data. *The Economic Journal* 130(632), 2596–2618. DOI 10.1093/ej/ueaa026

- JUGGINS, S. 2014. C2. Version 1.8.0.
<https://www.staff.ncl.ac.uk/stephen.juggins/software/C2Home.htm>.
- JUGGINS, S. 2022. rioja: Analysis of Quaternary Science Data. R package version 1.0-5.
<https://cran.r-project.org/package=rioja>.
- KANIEWSKI, D., GUIOT, J. & VAN CAMPO, E. 2015. Drought and societal collapse 3200 years ago in the Eastern Mediterranean: a review. *WIREs Climate Change* 6(4), 369–382. DOI 10.1002/wcc.345
- KARAMITROU-MENESSIDI, G., EFSTRATIOU, N., KACZANOFKA, M. & KOZLOWSKI, J.K. 2015. Early Neolithic settlement of Mavropigi in western Greek Macedonia. *Eurasian Prehistory* 12(1–2), 47–116.
- KILIAS, A., FRISCH, W., AVGERINAS, A., DUNKL, I., FALALAKIS, G. & GAWLICK, H.-J. 2010. Alpine architecture and kinematics of deformation of the northern Pelagonian nappe pile in the Hellenides. *Austrian Journal of Earth Sciences* 103(1), 4–28. DOI 10.23689/figeo-2784
- KNAPP, A.B. & MANNING, S.W. 2016. Crisis in Context: The End of the Late Bronze Age in the Eastern Mediterranean. *American Journal of Archaeology* 120(1), 99–149. DOI 10.3764/aja.120.1.0099
- KOLČAKOVSKI, D. 1994. Highmountain region of the mountains: Jablanica, Galicica and Pelister. *Macedonian Journal of Ecology and Environment* 2(2), 43–49.
- KOULI, K. 2015. Plant landscape and land use at the Neolithic lake settlement of Dispilió (Macedonia, northern Greece). *Plant Biosystems* 149(1), 195–204.
- KUZMAN, P. 2017. Chronological and geographical routes of Ohrid's oldest population. In: Angelovski, B., Rujak, Z., Petrov, O. & Murgoski, A. (eds) *Archaeološki Informator - Academic Journal of Archaeology*. NGO MENELAJ, Prilep, 147–156.
- LAWSON, I.T., AL-OMARI, S., TZEDAKIS, P.C., BRYANT, C.L. & CHRISTANISS, K. 2005. Lateglacial and Holocene vegetation history at Nisi Fen and the Boras mountains, northern Greece. *The Holocene* 15(6), 873–887. DOI 10.1191/0959683605hl860ra
- LENG, M.J., BANESCHI, I., ZANCHETTA, G., JEX, C.N., WAGNER, B. & VOGEL, H. 2010. Late Quaternary palaeoenvironmental reconstruction from Lakes Ohrid and Prespa (Macedonia/Albania border) using stable isotopes. *Biogeosciences* 7(10), 3109–3122. DOI 10.5194/bg-7-3109-2010
- LÉZINE, A.-M., VON GRAFENSTEIN, U., ANDERSEN, N., BELMECHERI, S., BORDON, A., CARON, B., CAZET, J.-P., ERLLENKEUSER, H., FOUACHE, E., GRENIER, C., HUNTSMAN-MAPILA, P., HUREAU-MAZAUDIER, D., MANELLI, D., MAZAUD, A., ROBERT, C., Sulpizio, R., TIERCELIN, J.-J., ZANCHETTA, G. & ZEQOLLARI, Z. 2010. Lake Ohrid, Albania, provides an exceptional multi-proxy record of environmental changes during the last glacial–interglacial cycle. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 287(1), 116–127. DOI 10.1016/j.palaeo.2010.01.016
- LINDHORST, K., VOGEL, H., KRSTEL, S., WAGNER, B., HILGERS, A., ZANDER, A., SCHWENK, T., WESSELS, M. & DAUT, G. 2010. Stratigraphic analysis of lake level fluctuations in Lake Ohrid: an integration of high resolution hydro-acoustic data and sediment cores. *Biogeosciences* 7(11), 3531–3548.

- LÓPEZ-BLANCO, C., TASEVSKA, O., KOSTOSKI, G., WAGNER, B. & WILKE, T. 2020. Ancient civilizations already had an impact on cladoceran assemblages in Europe's oldest lake. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 552, 109734. DOI 10.1016/j.palaeo.2020.109734
- MANIATIS, Y. & ADAKTYLOU, F. 2021. Revenia-Korinos: One of the earliest Neolithic settlements in North Greece as evidenced by radiocarbon dating. *Radiocarbon* 63(3), 1025–1051. DOI 10.1017/RDC.2021.26
- MARINOVA, E., TONKOV, S., BOZILOVA, E. & VAJSOV, I. 2012. Holocene anthropogenic landscapes in the Balkans: the palaeobotanical evidence from southwestern Bulgaria. *Vegetation History and Archaeobotany* 21(4), 413–427. DOI 10.1007/s00334-011-0345-8
- MARKGRAF, V. 1980. Pollen Dispersal in a Mountain Area. *Grana* 19(2), 127–146.
- MATEVSKI, V., ČARNI, A., AVRAMOVSKI, O., JUVAN, N., KOSTADINOVSKI, M., KOŠIR, P., MARINŠEK, A., PAUŠIČ, A. & ŠILC, U. 2011. *Forest Vegetation of Galičica Mountain Range in Macedonia*. Biološki inštitut Jovana Hadžija, Ljubljana.
- MAYEWSKI, P.A., ROHLING, E.E., CURT STAGER, J., KARLÉN, W., MAASCH, K.A., DAVID MEEKER, L., MEYERSON, E.A., GASSE, F., VAN KREVELD, S., HOLMGREN, K., LEE-THORP, J., ROSQVIST, G., RACK, F., STAUBWASSER, M., SCHNEIDER, R.R. & STEIG, E.J. 2004. Holocene climate variability. *Quaternary Research* 62(3), 243–255. DOI 10.1016/j.yqres.2004.07.001
- MERCURI, A.M., BANDINI MAZZANTI, M., FLORENZANO, A., MONTECCHI, M.C. & RATTIGHIERI, E. 2013. Olea, Juglans and Castanea: The OJC group as pollen evidence of the development of human-induced environments in the Italian peninsula. *Quaternary International* 303, 24–42. DOI 10.1016/j.quaint.2013.01.005
- MILEVSKI, I., RADEVSKI, I., DIMITROVSKA, O. & GORIN, S. 2015. Digital model of the mean annual temperature and precipitation in Macedonia. *Geographical Reviews* 48, 27–34.
- MITOVSKI, M. 2018. The Beginning of Prehistoric Metallurgy in Republic of Macedonia. In: Fidanoski, L. & Naumov, G. (eds) *Neolithic in Macedonia: Challenges for New Discoveries*. Center for Prehistoric Research, Skopje, 185–199.
- MOLLOY, B. 2022. Was There a 3.2 ka Crisis in Europe? A Critical Comparison of Climatic, Environmental, and Archaeological Evidence for Radical Change during the Bronze Age–Iron Age Transition. *Journal of Archaeological Research*. DOI 10.1007/s10814-022-09176-6
- NÁRODNÍ PARK PELISTER. 2020. План за управување на Националниот Парк Пелистер 2021–2030 [Plán péče pro Národní park Pelister 2021–2030].
- NAUMOV, G. 2016a. Among Wetlands and Lakes: The Network of Neolithic Communities in Pelagonia and Lake Ohrid, Republic of Macedonia. In: Bacvarov, K. & Gleser, R. (eds) *Southeast Europe and Anatolia in Prehistory: Essays in Honor of Vassil Nikolov on His 65th Anniversary*. Verlag Dr. Rudolf Habelt, Bonn, 175–187.
- NAUMOV, G. 2016b. Tell communities and wetlands in Neolithic Pelagonia, Republic of Macedonia. *Documenta Praehistorica* 43, 327–342. DOI 10.4312/dp.43.16
- NAUMOV, G. 2020. Neolithic Wetland and Lakeside Settlements in the Balkans. In: Hafner, A., Dolbunova, E., Mazurkevich, A., Prankenaitė, E. & Hinz, M. (eds) *Settling Waterscapes*

in Europe. The Archaeology of Neolithic and Bronze Age Pile-Dwellings. Propylaeum, Bern & Heidelberg, Open Series in Prehistoric Archaeology, 1, 111–135.

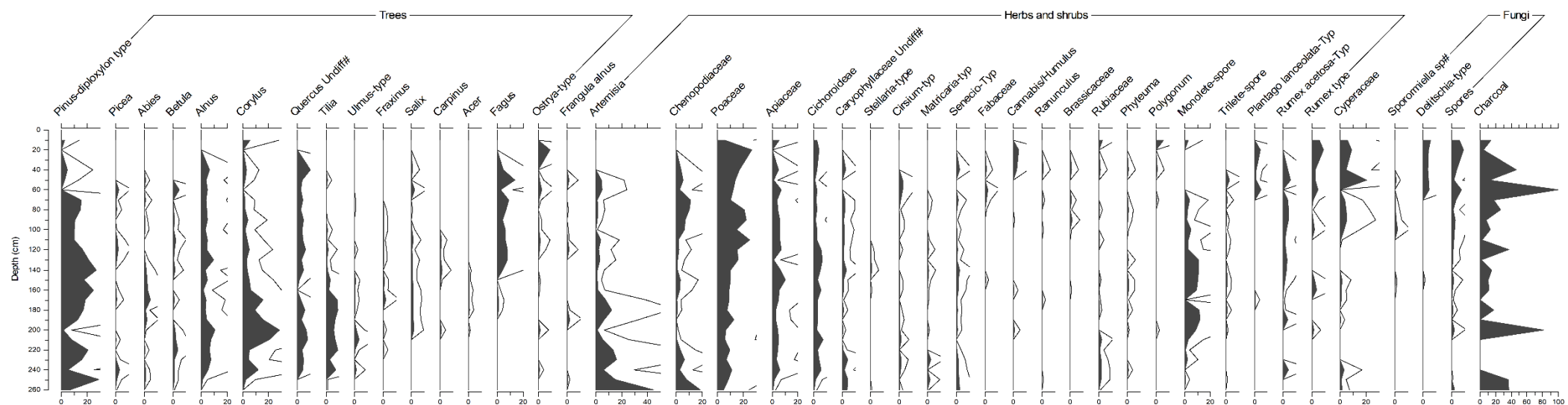
- NAUMOV, G., PRZYBYŁA, M., GIBAJA, J.F., PENEZIĆ, K., ANTOLÍN, F., SABANOV, A. & FIDANOSKA, A. 2023. An Early Neolithic enclosure at the site of Vlaho, Pelagonia. *Antiquity*, 1–8. DOI 10.15184/aqy.2022.176
- NUR, A. & CLINE, E. 2000. Poseidon's Horses: Plate Tectonics and Earthquake Storms in the Late Bronze Age Aegean and Eastern Mediterranean. *Journal of Archaeological Science* 27, 43–63. DOI 10.1006/jasc.1999.0431
- 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. DOI 10.1016/j.quaint.2012.05.048
- PANAGIOTOPOULOS, K., HOLTVOETH, J., KOULI, K., MARINOVA, E., FRANCKE, A., CVETKOSKA, A., JOVANOVSKA, E., LACEY, J.H., LYONS, E.T., BUCKEL, C., BERTINI, A., DONDEERS, T., JUST, J., LEICHER, N., LENG, M.J., MELLES, M., PANCOST, R.D., SADORI, L., TAUBER, P., VOGEL, H., WAGNER, B. & WILKE, T. 2020. Insights into the evolution of the young Lake Ohrid ecosystem and vegetation succession from a southern European refugium during the Early Pleistocene. *Quaternary Science Reviews* 227, 106044. DOI 10.1016/j.quascirev.2019.106044
- PETRUŠEV, E., STOLIĆ, N., ŠAJN, R. & STAFILOV, T. 2021. Geological characteristics of the Republic of North Macedonia. *Geologica Macedonica* 35(1), 49–58. DOI 10.46763/GEOL21351372049ep
- POLUNIN, O. 1980. *Flowers of Greece and the Balkans*. Oxford University Press.
- R CORE TEAM. 2022. R: The R Project for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.r-project.org/>.
- RIBOLINI, A., BINI, M., ISOLA, I., SPAGNOLO, M., ZANCHETTA, G., PELLITERO, R., MECHERNICH, S., GROMIG, R., DUNAI, T., WAGNER, B. & MILEVSKI, I. 2018. An Oldest Dryas glacier expansion on Mount Pelister (Former Yugoslavian Republic of Macedonia) according to ¹⁰Be cosmogenic dating. *Journal of the Geological Society* 175(1), 100–110. DOI 10.1144/jgs2017-038
- ROBERTS, N., EASTWOOD, W.J., KUZUCUOĞLU, C., FIORENTINO, G. & CARACUTA, V. 2011. Climatic, vegetation and cultural change in the eastern Mediterranean during the mid-Holocene environmental transition. *The Holocene* 21(1), 147–162. DOI 10.1177/0959683610386819
- ROHLING, E.J., HAYES, A., MAYEWSKI, P.A. & KUCERA, M. 2009. Holocene climate variability in the Eastern Mediterranean, and the end of the Bronze Age. *Forces of Transformation: The End of the Bronze Age in the Mediterranean*, 2–5.
- SADORI, L., KOUTSODENDRIS, A., PANAGIOTOPOULOS, K., MASI, A., BERTINI, A., COMBOURIEU-NEBOUT, N., FRANCKE, A., KOULI, K., JOANNIN, S., MERCURI, A.M., PEYRON, O., TORRI, P., WAGNER, B., ZANCHETTA, G., SINOPOLI, G. & DONDEERS, T.H. 2016a. Pollen-based paleoenvironmental and paleoclimatic change at Lake Ohrid (south-eastern Europe) during the past 500 ka. *Biogeosciences* 13(5), 1423–1437. DOI 10.5194/bg-13-1423-2016
- SADORI, L., KOUTSODENDRIS, A., PANAGIOTOPOULOS, K., MASI, A., BERTINI, A., COMBOURIEU-NEBOUT, N., FRANCKE, A., KOULI, K., JOANNIN, S., MERCURI, A.M., PEYRON, O., TORRI,

- P., WAGNER, B., ZANCHETTA, G., SINOPOLI, G. & DONDERS, T.H. 2016b. Pollen-based paleoenvironmental and paleoclimatic change at Lake Ohrid (south-eastern Europe) during the past 500 ka. *Biogeosciences* 13(5), 1423–1437.
- SENN, C., TINNER, W., FELDE, V.A., GOBET, E., VAN LEEUWEN, J.F. & MORALES-MOLINO, C. 2021. Modern pollen – vegetation – plant diversity relationships across large environmental gradients in northern Greece. *The Holocene* 00, 1–15.
- SHUMILOVSKIKH, L., O’KEEFE, J.M.K. & MARRET, F. 2021. An overview of the taxonomic groups of non-pollen palynomorphs. *Geological Society, London, Special Publications* 511(1), 13–61. DOI 10.1144/SP511-2020-65
- SHUMILOVSKIKH, L.S., SHUMILOVSKIKH, E.S., SCHLÜTZ, F. & VAN GEEL, B. 2022. NPP-ID: Non-Pollen Palynomorph Image Database as a research and educational platform. *Vegetation History and Archaeobotany* 31(3), 323–328. DOI 10.1007/s00334-021-00849-8
- SIMPSON, G.L., OKSANEN, J. & MAECHLER, M. 2021. analogue: Analogue and Weighted Averaging Methods for Palaeoecology.
- TINNER, W., LOTTER, A.F., AMMANN, B., CONEDERA, M., HUBSCHMID, P., VAN LEEUWEN, J.F.N. & WEHRLI, M. 2003. Climatic change and contemporaneous land-use phases north and south of the Alps 2300 BC to 800 AD. *Quaternary Science Reviews* 22(14), 1447–1460. DOI 10.1016/S0277-3791(03)00083-0
- VAN GEEL, B. & APTROOT, A. 2006. Fossil ascomycetes in Quaternary deposits. *Nova Hedwigia* 82(3–4), 313–329. DOI 10.1127/0029-5035/2006/0082-0313
- VANNIÈRE, B., COLOMBAROLI, D., CHAPRON, E., LEROUX, A., TINNER, W. & MAGNY, M. 2008. Climate versus human-driven fire regimes in Mediterranean landscapes: the Holocene record of Lago dell’Accesa (Tuscany, Italy). *Quaternary Science Reviews* 27(11), 1181–1196. DOI 10.1016/j.quascirev.2008.02.011
- VASILESKI, D. 2006. *Lakes on mountain Pelister*. 1. 108 pp. SHC Printing house ‘Napredok’, Tetovo.
- VERČÍK, M., KERSCHBAUM, S., TUŠLOVÁ, P., JANČOVIČ, M., DONEV, D. & ARDJANLIEV, P. 2019. Settlement Organisation In The Ohrid Region. *Studia Hercynia* 23(1), 26–54.
- VOGEL, H., WAGNER, B., ZANCHETTA, G., SULPIZIO, R. & ROSÉN, P. 2010. A paleoclimate record with tephrochronological age control for the last glacial-interglacial cycle from Lake Ohrid, Albania and Macedonia. *Journal of Paleolimnology* 44(1), 295–310. DOI 10.1007/s10933-009-9404-x
- WAGNER, B., LOTTER, A.F., NOWACZYK, N., REED, J.M., SCHWALB, A., SULPIZIO, R., VALSECCHI, V., WESSELS, M. & ZANCHETTA, G. 2009. A 40,000-year record of environmental change from ancient Lake Ohrid (Albania and Macedonia). *Journal of Paleolimnology* 41(3), 407–430. DOI 10.1007/s10933-008-9234-2
- WAGNER, B., TAUBER, P., FRANCKE, A., LEICHER, N., BINNIE, S.A., CVETKOSKA, A., JOVANOVSKA, E., JUST, J., LACEY, J.H., LEVKOV, Z., LINDHORST, K., KOULI, K., KRASTEL, S., PANAGIOTOPOULOS, K., ULFERS, A., ZAOVA, D., DONDERS, T.H., GRAZHDANI, A., KOUTSODENDRIS, A., LENG, M.J., SADORI, L., SCHEINERT, M., VOGEL, H., WONIK, T., ZANCHETTA, G. & WILKE, T. 2023. The geodynamic and limnological evolution of Balkan Lake Ohrid, possibly the oldest extant lake in Europe. *Boreas* 52(1), 1–26. DOI 10.1111/bor.12601

- WENINGER, B., CLARE, L., ROHLING, E., BAR-YOSEF, O., BÖHNER, U., BUDJA, M., BUNDSCHUH, M., FEURDEAN, A., GEBE, H.G., JÖRIS, O., LINSTÄDTER, J., MAYEWSKI, P., MÜHLENBRUCH, T., REINGRUBER, A., ROLLEFSON, G., SCHYLE, D., THISSEN, L., TODOROVA, H. & ZIELHOFER, C. 2009. The Impact of Rapid Climate Change on Prehistoric Societies during the Holocene in the Eastern Mediterranean. *Documenta Praehistorica* 36, 7–59. DOI 10.4312/dp.36.2
- WHITLOCK, C. & LARSEN, C. 2001. Charcoal as a Fire Proxy. In: Smol, J.P., Birks, H.J.B., Last, W.M., Bradley, R.S. & Alverson, K. (eds) *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments: Terrestrial, Algal, and Siliceous Indicators*. Springer Netherlands, Dordrecht, Developments in Paleoenvironmental Research, 75–97. DOI 10.1007/0-306-47668-1_5
- WILLIS, K.J. 1992a. The late Quaternary vegetational history of northwest Greece I. *New Phytologist* 121(1), 101–117. DOI 10.1111/j.1469-8137.1992.tb01097.x
- WILLIS, K.J. 1992b. The late Quaternary vegetational history of northwest Greece II. *New Phytologist* 121(1), 119–138. DOI 10.1111/j.1469-8137.1992.tb01098.x
- WILLIS, K.J. 1994. The vegetational history of the Balkans. *Quaternary Science Reviews* 13(8), 769–788. DOI 10.1016/0277-3791(94)90104-X

Přílohy

I. Celkový pylový diagram



Souhrnný diagram pro lokalitu Orlova Bari.

II. Zaznamenané rostliny při přechodu pohoří Pelister

Místo a n. v.	Latinský název	Český název	Čeleď	Odpovídající pylové typy	
Předměstí Bitoly (cca 900 m n. m.)	<i>Dianthus pinifolius</i> ssp. <i>Liliacinus</i>	Hvozdík	Caryophyllaceae	<i>Dianthus</i> -Typ	
	<i>Scleranthus perennis/annuus</i>	Chmerek vytrvalý/roční	Caryophyllaceae	<i>Caryophyllaceae/Scleranthus perennis/annuus</i> type	
	<i>Vicia lutea/hybrida</i>	Vikev žlutá/zvrhlá	Fabaceae	<i>Vicia</i> -Typ	
	<i>Trifolium medium</i>	Jetel prostřední	Fabaceae	<i>Trifolium</i> -Typ	
	<i>Lembotropis nigricans</i>	Čilimník černající	Fabaceae	<i>Fabaceae</i>	
	<i>Genista sylvestris</i>	Kručinka lesní	Fabaceae	<i>Genista</i> type	
	<i>Acer tataricum</i>	Javor tatarský	Sapindaceae	<i>Acer</i>	
	<i>Tilia platyphyllos</i>	Lípa velkolistá	Malvaceae	<i>Tilia</i>	
	<i>Linum elegans/capitatum</i> (flavum agg.)	Len sličný	Linaceae	<i>Linum</i>	
	<i>Abies cephalonica</i>	Jedle řecká	Pinaceae	<i>Abies</i>	
	<i>Castanea sativa</i>	Kaštanovník setý	Fagaceae	<i>Castanea</i>	
	<i>Corylus avellana</i>	Líska obecná	Betulaceae	<i>Corylus</i>	
	<i>Acer obtusatum</i>	Javor	Sapindaceae	<i>Acer</i>	
	<i>Carpinus betulus</i>	Habr obecný	Fagaceae	<i>Carpinus</i>	
Acidofilní doubrava na východním svahu (~1000 m n.m.)	<i>Lonicera</i> sp.	Zimolez	Caprifoliaceae	<i>Dipsacaceae</i>	
	<i>Pteridium aquilinum</i>	Hasivka orličí	Dennstaedtiaceae	<i>Trilete spore/Pteridium</i>	
	<i>Sanicula europaea</i>	Žindava evropská	Apiaceae	<i>Apiaceae</i>	
	<i>Primula</i> cf. <i>verna</i>	Prvosenka	Primulaceae	<i>Primula</i>	
	<i>Lathyrus laxiflorus</i>	Hrachor	Fabaceae	<i>Lathyrus pratensis</i> type	
	<i>Geocaryum capillifolium</i>	—	Apiaceae	<i>Apiaceae</i>	
	<i>Euphorbia</i> sp.	Pryšec	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia</i>	
	<i>Melica uniflora</i>	Strdivka jednokvětá	Poaceae	<i>Poaceae</i>	
	<i>Euonymus</i> sp.	Brslen	Celastraceae	<i>Euonymus europaeus</i> type	
	<i>Cornus sanguinea</i>	Svída krvavá	Cornaceae	<i>Cornus</i>	
	<i>Asphodelus macrocarpus</i>	Asfodel	Xanthorrhoeaceae	<i>Asphodelus</i>	
	<i>Pteridium aquilinum</i>	Hasivka orličí	Dennstaedtiaceae	<i>Trilete spore/Pteridium</i>	
	<i>Thalictrum aquilegifolium</i>	Žluťucha orlíčkolistá	Ranunculaceae	<i>Thalictrum</i>	
	Disturbované paseky na východním svahu (1000- 1400 m n. m.)	<i>Geranium asphodeloides</i>	Kakost	Geraniaceae	<i>Geranium</i>
<i>Geranium reflexum</i>		Kakost sehnutý	Geraniaceae	<i>Geranium</i>	
<i>Geranium macrorrhizum</i>		Kakost oddenkatý	Geraniaceae	<i>Geranium</i>	
<i>Geum coccinum</i>		Kuklík šarlatový	Rosaceae	<i>Geum</i> -Typ	
<i>Geum urbanum</i>		Kuklík městský	Rosaceae	<i>Geum</i> -Typ	
<i>Ranunculus montanum</i>		Pryskyřník	Ranunculaceae	<i>Ranunculus</i>	
<i>Silene asterias</i>		Smolníčka	Caryophyllaceae	<i>Silene</i> -Typ	
<i>Helianthemum</i> sp.		Devaterník	Cistaceae	<i>Helianthemum</i>	
<i>Silene roemerii</i> ssp. <i>Macrocarpa</i>		Silenka	Caryophyllaceae	<i>Silene</i> -Typ	
<i>Knautia</i> sp.		Chrastavec	Dipsacaceae	<i>Knautia</i>	
<i>Anthemis cretica</i>		Rmen krétský	Asteraceae	<i>Asteraceae</i>	
<i>Acer heldreichii</i>		Javor Heldreichův	Sapindaceae	<i>Acer</i>	
Disturbanci snížená hranice lesa (>1400 m n. m.)		<i>Acer platanoides</i>	Javor mléč	Sapindaceae	<i>Acer</i>
		<i>Polygala</i> sp.	Vítod	Polygalaceae	<i>Polygalaceae/Polygala</i>
	<i>Tragopogon</i> sp.	Kozí brada	Cichorieae	<i>Cichorioideae</i>	
	<i>Cerastium arvense</i>	Rožec polní	Caryophyllaceae	<i>Cerastium</i> -Typ	
	<i>Armeria</i> sp.	Trávníčka	Plumbaginaceae	<i>Plumbaginaceae/Armeria maritima</i> type	
	<i>Genista csikii</i>	Kručinka	Fabaceae	<i>Genista</i> type	
	<i>Astragalus</i> sp.	Kozinec	Fabaceae	<i>Astragalus</i> -Typ	

<i>Erica carnea</i>	Vřesovec pleťový	Ericaceae	<i>Ericaceae</i>
<i>Sorbus sp.</i>	Jeřáb	Rosaceae	<i>Sorbus-Gruppe</i>
<i>Tephrosieris sp.</i>	Starček	Asteraceae	<i>Senecio-Typ</i>
<i>Cytisus hirsutus agg.</i>	Člímnik	Fabaceae	<i>Genista-Typ</i>
<i>Scleranthus sp.</i>	Chmerek	Caryophyllaceae	<i>Caryophyllaceae/Scleranthus-Typ</i>
<i>Tephrosieris integrifolia ssp. Capitata</i>	Pastarček celolistý	Asteraceae	<i>Senecio-Typ</i>
<i>Daphne mezereum</i>	Lýkovec jedovatý	Thymelaeaceae	<i>Thymelaeaceae</i>
<i>Alkanna pindicola agg.</i>	Kamejník	Boraginaceae	<i>Alkanna type</i>
<i>Euonymus sp.</i>	Brslén	Celastraceae	<i>Euonymus europaeus type</i>
<i>Plantago alpina</i>	Jitrocel	Plantaginaceae	<i>Plantaginaceae</i>
<i>Geranium subcaulescens</i>	Kakost	Geraniaceae	<i>Geranium</i>
<i>Geranium phaeum</i>	Kakost hnědočervený	Geraniaceae	<i>Geranium</i>
<i>Geranium sylvaticum</i>	Kakost lesní	Geraniaceae	<i>Geranium</i>
<i>Linum capitatum</i>	Len hlavatý	Linaceae	<i>Linum</i>
<i>Gentiana lutea</i>	Hořec žlutý	Gentianaceae	<i>Gentianella germanica-Typ</i>
<i>Gentiana dinarica</i>	Hořec dinárský	Gentianaceae	<i>Gentianella germanica-Typ</i>
<i>Potentilla argentea</i>	Mochna stříbrná	Rosaceae	<i>Potentilla type</i>
<i>Lilium albanicum</i>	Lilie albánská	Liliaceae	<i>Lilium</i>
<i>Daphne oleoides</i>	Lýkovec olejový	Thymelaeaceae	<i>Thymelaeaceae</i>
<i>Lathyrus pratensis</i>	Hrachor luční	Fabaceae	<i>Lathyrus pratensis type</i>
<i>Vicia vilosa</i>	Vikev huňatá	Fabaceae	<i>Vicia-Typ</i>
<i>Bruckenthalia spiculiflora</i>	Brukentálie klasnatá	Ericaceae	<i>Ericaceae</i>
<i>Veratrum sp.</i>	Kýchavice	Melanthiaceae	<i>Veratrum</i>
<i>Geum montanum</i>	Kuklík horský	Rosaceae	<i>Geum-Typ</i>
<i>Rumex acetosa</i>	Štovík kyselý	Polygonaceae	<i>Rumex acetosa-Typ</i>
<i>Rumex alpinus</i>	Štovík alpský	Polygonaceae	<i>Rumex type</i>
<i>Ranunculus</i>	Pryskyřník	Ranunculaceae	<i>Ranunculus</i>
<i>Viola sp.</i>	Violka	Violaceae	<i>Viola</i>
<i>Luzula multiflora</i>	Bika mnohokvětá	Poaceae	<i>Poaceae</i>
<i>Thymus sp.</i>	Mateří douška	Lamiaceae	<i>Mentha-Typ</i>
<i>Verbascum sp.</i>	Divizna	Scrophulariaceae	<i>Verbascum</i>
<i>Cirsium sp.</i>	Pcháč	Asteraceae	<i>Cirsium-Typ</i>
<i>Rubus idaeus</i>	Ostružiník malinik	Rubiaceae	<i>Rubiaceae</i>
<i>Sorbus sp.</i>	Jeřáb	Rosaceae	<i>Sorbus-Gruppe</i>
<i>Selinum silaifolium</i>	Olešník	Apiaceae	<i>Apiaceae</i>
<i>Tephrosieris integrifolia ssp. Capitata</i>	Starček	Asteraceae	<i>Senecio-Typ</i>
<i>Centaurea napulifera ssp. Velenovskii</i>	Chrpa	Asteraceae	<i>Centaurea napulifera type</i>
<i>Scilla bifolia</i>	Ladoňka dvoulistá	Asparagaceae	<i>Ornithogallum umbellatum-Typ</i>
<i>Pedicularis sylvatica</i>	Všivec ladní	Orobanchaceae	<i>Rhinantus-Gruppe</i>
<i>Silene coronaria</i>	Kohoutek věncový	Caryophyllaceae	<i>Silene-Typ</i>
<i>Cynoglossum montanum</i>	Užanka uherská	Boraginaceae	<i>Cynoglossum</i>
<i>Hesperis matronalis</i>	Večernice vonná	Brassicaceae	<i>Brassicaceae</i>
<i>Scutellaria collumae</i>	Šišák	Lamiaceae	<i>Scutellaria type</i>
<i>Sorbus chamaespilus</i>	Jeřáb mišpulka	Sorbus	<i>Sorbus-Gruppe</i>
<i>Vaccinium uliginosum</i>	Brusnice vložyně	Ericaceae	<i>Ericaceae</i>