

Paleolimnologické lokality Západních Karpat a jejich význam pro rekonstrukci životního prostředí pozdního glaciálu a holocénu

Paleolimnological localities in the Western Carpathians and their importance for a reconstruction of the Late Glacial and Holocene environment

Libor Petr

Ústav botaniky a zoologie, Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita, Kotlářská 2, Brno, 611 37; e-mail: petr.libor@gmail.com

Abstract

The Holocene vegetation development of the Western Carpathians is so far known only fragmentarily from palynologically investigated localities situated in the northern part of the region. Therefore we intended to sample new paleoecological profiles from the entire region. Lake sediments are the most interesting due to their potential for multi-proxy analyses approach. The origin and development of the Western Carpathian lakes are reflected in their geological and environmental diversity. The investigated localities are situated in the southern part of the Carpathian arch on the border with the Pannonian Basin. Lake sediments of the studied localities show global changes at the transition of the Glacial and the Holocene, increasing human impact during the Holocene period.

Key words: Holocene, Late Glacial, Pannonian Basin, paleolimnology, palynology, Western Carpathians

Palynologická nomenklatura: Beug 2004, Moore et al. 1991

Úvod

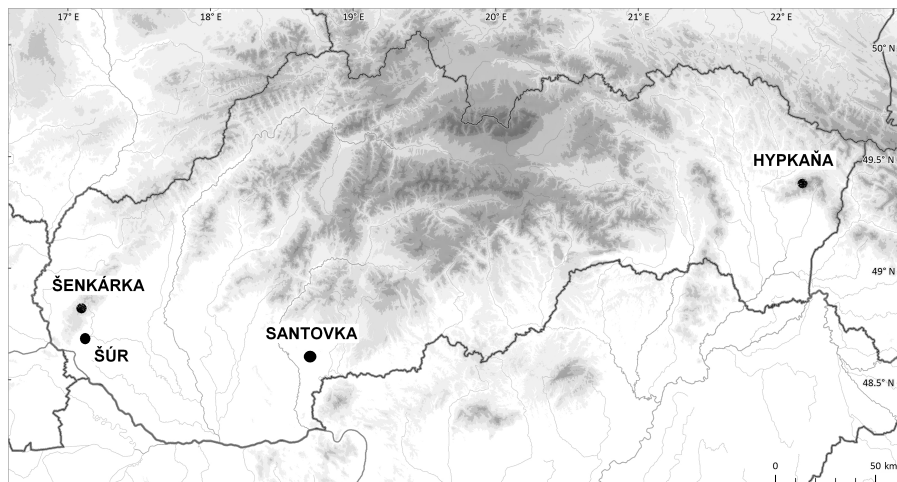
Jezerní sedimenty jsou významným zdrojem informací o změnách prostředí v minulosti. Paleolimnologický záznam zachycuje jednak vývoj vlastního jezerního prostředí, jeho reakci na podmínky ovlivňující vývoj jezera, ale také reflektuje změny prostředí širšího okolí lokality, které není omezeno jen na vlastní povodí jezerní pánve (Cohen 2003). Na studiu laminovaných jezerních sedimentů je založena stratigrafie kontinentálního terestrického záznamu, který lze korelovat se záznamem z ledovců a hlubokomořských vrtů (př. Litt et al. 2001). Jezerní sedimenty umožňují použít široké spektrum analýz, které lze

kombinovat v rámci jednoho profilu. Od fyzikálních metod, jako jsou například sedimentární a geochemické analýzy, izotopový záznam indikující průměrné roční teploty v případě izotopů kyslíku, přes analýzu zbytků organismů, od pylu, rostlinných makrozbytků, rozsivek indikujících trofií vody, fytolitů a krytenek až po zbytky živočichů, jako jsou např. larvy pakomárů významné pro rekonstrukci letních teplot, perloočky (ephipia), ryby (kosti), případně měkkýši (schránky) a lasturnatky ve vápnatých sedimentech (Douglas 2007). Možnosti analýzy jezerních sedimentů se stále rozšiřují, velký potenciál mají biochemické analýzy rostlinných barviv, lipidů, proteinů (McGowan 2007), nebo metody molekulární biologie, např. sekvenování fosilní DNA (Pedersen et al. 2013). Všechny tyto metody mají samy o sobě omezené interpretační schopnosti, ale teprve pomocí mezioborového přístupu lze získat ucelenější obraz vývoje prostředí. Důležité je neopomíjet geomorfologii lokalit, protože samotný způsob vzniku jezera je dokladem přírodních procesů v minulosti. Znalost topografie lokality a jeho povodí je důležitá pro interpretaci vlastního sedimentárního a biologického záznamu.

Holocenní jezera jsou v Evropě rozšířena zejména v oblastech zasažených posledním zaledněním, a to jak kontinentálním, tak i lokálním horským (Ehlers et al. 2011). V nezaledněné části střední Evropy jsou holocenní jezera relativně vzácná. Západní Karpaty, s výjimkou Vysokých a Nízkých Tater zasažených pleistocenním zaledněním, nemají mnoho přirozených jezer. V Tatrách se nachází okolo 190 existujících jezer různých velikostí, včetně periodicky vysychajících, od nadmořské výšky 1098 do 2192 m n. m. (Kuncík 1968). Nejvýše jsou položena jezera zahloubená do skály a nejnižší se nachází jezera hrazená morény. Ostatní v současnosti existující jezera na Slovensku jsou nerovnoměrně rozprostřena po celém území. Největší existující jezera mimo zaledněné Tatry jsou na Vihorlatě, kde vznikla na sesuvech nebo přehrazením údolí. Největší je Morské Oko na jižní straně pohoří, podobně jako Malé Morské Oko a Vinianské jezero na jižním úpatí pohoří. Na severní straně Vihorlatu se nachází jezero Kotlík a zaniklé vodní plochy Podstávka, Ďurova Mláka a Hypkaňa, které byly dále zkoumány. V Zemplinských vrších u maďarských hranic je jezero Velká Izra a zaniklá vodní plocha Malá Izra (Krippel 1986). Ve Slovenském krasu se nachází několik jezírek vyplňujících krasové závrtvy, jako je Jašterčie (Silické) jezero na Silické planině, nebo Lúčianské severně od Hrhova. Ve Štiavnických vrchách se nachází Žakýlské pleso, které bylo pravděpodobně ovlivněno stavbou středověkého hradu. Na Oravě se na severní straně Kubínské hole nachází sesuvné Puchmajerovej jazero (Dohnal 1965).

Na území Slovenska jezerní sedimenty prakticky nebyly zkoumány (Buczko et al. 2009), s výjimkou Vysokých Tater (Obidowicz 1996, Šporka et al. 2002, Appleby & Pili-posian 2006, Rybničková & Rybniček 2006). Analyzované jezerní sedimenty se nacházejí v Panonské nížině, např. Balaton (Cserny & Nagy-Bodor 2000); v západních Karpatech pak až severně od Karpat v Polsku (Wacnik 1995). Z jižní Moravy jsou známa zaniklá jezera Vracov (Rybniček & Rybničková 1972, Svobodová 1997) a Čejč (Břízová 2009).

Cílem této práce je jednak revize některých již známých lokalit (Kinzler 1936, Krippel 1986) a jejich datování a zároveň i výzkum nových lokalit (Obr. 1), které přinesou další in-



Obr. 1. – Mapa Západních Karpat s vyznačenými lokalitami.

Fig. 1. – Map of the Western Carpathians with indicated localities.

formace do mozaiky vývoje životního prostředí Západních Karpat a Panonské nížiny od konce posledního glaciálu po současnost. Na základě nových dat, detailní chronologie a srovnání s publikovanými výsledky z okolních regionů lze rekonstruovat vývoj vegetace, migraci dřevin a míru lidského ovlivnění, které budou dále publikovány jako výsledky grantu GAČR P 504/11/0429.

Metodika a popis lokalit

Studované lokality

V rámci grantového projektu zaměřeného na vývoj vegetace na konci glaciálu a v průběhu holocénu v Západních Karpatech byla blíže zkoumána následující zaniklá jezera, kde je odběr sedimentu po metodické stránce snazší ve srovnání s jezery s existující vodní plochou. Analyzované lokality částečně reprezentují geomorfologickou a geografickou pestrost Západních Karpat. Na všech lokalitách byl proveden palynologický, případně makrozbytkový rozbor. Tyto analýzy byly případně doplněny i jinými metodami, např. rozбором pakomárů, geochemickou analýzou nebo zjištěním magnetické susceptibilita a budou publikovány v samostatných případových studiích.

1. Národní přírodní rezervace **ŠŮr** je dnes rozsáhlá olšina v blízkosti Bratislavy pod svahy Malých Karpat u obce Svätý Jur, s porosty rákosin a vlhkých luk (Füry 2010). V holocénu zde bylo velké mělké jezero na tektonické propadlině (Mahel' 1986) vzniklé jejím

přehrazením výplavovými sedimenty Malých Karpat. První palynologický výzkum lokality uskutečnil Kinzler (1936), v letech 2008 až 2013 byly odebrány další 4 profily v rámci projektu GAUK (řešitel Pavla Žáčková). Publikovány byly dosud výsledky prvního odběru (Petr et al. 2013), v článku je prezentován profil Šúr 2 (48° 13,940' N, 17° 13,093' E).

2. Přírodní rezervace **Nad Šenkárkou** je dnes rašeliniště, dříve malé mělké jezero na temeni Malých Karpat 6 km severozápadně od Pezinku v nadmořské výšce 590 m (48° 31,346' N, 17° 17,879' E). Okolní vegetace je tvořena zbytky bučin a hospodářskými smrkovými lesy. Vlastní rašeliniště je pokryto šlenky a bulty s koberci rašeliničků a dalších mechů, částečně je porostlé *Betula pubescens* (Hrbatý 2000). Geologická stavba Malých Karpat je velmi složitá. Pohoří je tvořeno hlavně paleozoickými granity, granodiority, pararulami, brekciemi a v menší míře i dalšími horninami. Lokalita vznikla pravděpodobně následkem svahové deformace severní strany pohoří. Sediment zachycuje celé období holocénu od existence vodní nádrže na přelomu glaciálu a holocénu, po její rychlé zazemnění, vznik oligotrofního rašeliniště a nakonec rašelinné březiny.

3. Lokalita **Santovka** se nachází 12 km jihovýchodně od Levic. V obci Santovka a jejím okolí se nachází řada travertinových kup různého stáří, podloží je tvořené terciárními tufitickými pískovci a andezity, které překrývají dolomitické vápence. Kvarterní pokryvné útvary reprezentují spraše, svahové sedimenty a nivní hlíny v údolí vodních toků. Recentní vegetace je tvořena náletovými porosty *Fraxinus excelsior*, různých kultivarů jehličnanů, zahradních trávníků a ruderálních ploch. Cílem výzkumu byla druhotná holocenní výplň údolí v pleistocenní travertinové kupě (Kovanda 1971) situované přímo v intravilánu vesnice (48° 9,238' N, 18° 46,138' E). Tvorbou holocenních travertinů došlo k zahrazení údolí a vzniku malé vodní plochy. Lokalita Santovka je významná bohatým pravěkým osídlením, především z doby bronzové, které zde bylo vázáno na termální prameny.

4. Lokalita **Hypkaňa** je zaniklé jezero, dnes rašeliniště, na severní straně Vihorlatu v nadmořské výšce 850 m (49° 7,116' N, 22° 22,566' E). Podloží je tvořené pyroxenickými andezitovými vulkanity. Lokalita se nachází v přírodní rezervaci Motrogon (Ruščančínová 2000), která chrání přirozené bukové a jedlobukové lesy. Vlastní rašeliniště má rozlohu 2 ha s vegetací *Molinia caerulea*, *Eriophorum vaginatum* a souvislým porostem *Sphagnum magellanicum*, *S. fuscum* a *S. teres*. Jezero vzniklo na temeni rozsáhlého sesuvu. Krippel (1986) na lokalitě odebral 8,3 m hluboký profil s palynologickým záznamem od konce glaciálu až po současnost. Cílem výzkumu byla revize pylového záznamu a radio-karbonové datování profilu.

Použití metody

Profily na lokalitách Šúr a Hypkaňa byly odebrány komorovým vrtákem, na lokalitě Šenkárka a Santovka byl použit otevřený žlabový vrták. Na lokalitě Santovka byly tyto odběrové metody kombinovány s odběrem profilu ze stěny kanálu do plechových krabic.

Materiál ze sond byl na místě vždy popsán z hlediska uložení, barvy a zrnitosti. Na analyzovaných profilech byly stanoveny základní charakteristiky popisující množství organické a minerální složky a chemické složení. Pylová analýza byla provedena standardní acetolyzační metodou (Moore et al. 1991); podle charakteru sedimentu byla použita pro odstranění anorganické složky sedimentu buď kyselina chlorovodíková, nebo fluorovodíková. K determinaci pylových zrn byly použity atlasy (Moore 1991, Beug 2004). Determinace zelených řas rodu *Pediastrum* byla provedena dle Komárek & Jankovská (2001). Pylový diagram byl sestaven v programu POLPAL (Nalepka & Walanus 2003), včetně analýz RAREFACTION a PCA pro stanovení lokálních pylových zón. Čeleď *Cyperaceae* a rod *Alnus* nejsou zahrnuty do sumy terestrických druhů, ale do spektra lokální mokřadní vegetace.

Radiokarbonové datování bylo provedeno metodou AMS v Center for Applied Isotope Studies, University of Georgia, USA (Tab. 1). Kalibrace výsledků datování byla provedena v programu OxCal v4.1.7 (Bronk Ramsey 2010) v kalibračním setu IntCal13 (Reimer et al. 2009). Výsledky datování jsou udávány v letech před současností (BP – Before Present, Present = 1950). Na datování byly použity rostlinné makrozbytky, případně uhlíky. Dělení holocénu na starší, střední a mladší je dle Walker et al. 2012.

Výsledky

Litologický popis odebraných profilů

Šúr 2

- 0–110 cm: tmavě hnědý rozložený organický sediment, patrné dřevo,
- 110–146 cm: hrubý světle hnědý organický sediment,
- 146–165 cm: šedohnědý limnický sediment,
- 165–251 cm: jemný šedý limnický sediment s vrstvami slabě rozložené organiky,
- 251–253 cm: vrstva slabě vytříděného písku,
- 253–254 cm: světle šedý jíl s příměsí písku,
- 255 cm: vrstva hrubých klastů,
- 256–302 cm: světle šedý jíl s příměsí písku.

Šenkárka

- 0–10 cm: tmavě hnědý nerozložený organický sediment,
- 10–80 cm: tmavě hnědý rozložený organický sediment,
- 106–109 cm: hnědý středně rozložený organický sediment s příměsí písku,
- 109–116 cm: okrový písek.

Santovka

- 0–48 cm: hnědá půda, prokořenění, úlomky travertinu,

48–65 cm: šedá jílovitá hlína, měkkýši, střeby, kosti,
 65–94 cm: šedohnědý až rezavý sediment, úlomky travertinu, měkkýši, prokořenění,
 94–135 cm: šedohnědý sediment s příměsí písku, klastů a četnými ulitami měkkýšů,
 135–144 cm: šedohnědý vápnitý sediment,
 145–149 cm: černohnědá laminovaná vrstva,
 149–186 cm: světle šedý vápnitý sediment,
 186–204 cm: šedohnědý vápnitý sediment,
 204–275 cm: středně hnědý organický materiál, schránky měkkýšů,
 275–291 cm: světle okrový vápnitý sediment s hnědým páskováním,
 291–365 cm: středně hnědý organický sediment, schránky měkkýšů,
 365–385 cm: plynulý přechod ze středně hnědého do tmavě šedého organického sedimentu,
 385–487 cm: tmavě šedý organický sediment, úlomky travertinu.

Hypkaňa:

0–177 cm: tmavě hnědá rašelina,
 177–323 cm: hnědá rozložená rašelina,
 323–531 cm: světle hnědý limnický sediment,
 531–705 cm: střídání tmavě a světle hnědého limnického sedimentu,
 705–920 cm: tmavě hnědý limnický sediment,
 920–955 cm: střídání tmavých a světlých vrstev v hnědém limnickém sedimentu,
 955–1002 cm: světle šedý jemný sediment,
 1002–1022 cm: hnědý organický sediment,

Obr. 2. – Zkrácený pylový diagram z lokality Šúr. Věk je kalibrován před současností (*cal BP*), AP/NAP je poměr dřevin a bylin (arboreal and non-arboreal pollen).

Fig. 2. – Shortened pollen diagram of the Šúr profile. Age is calibrated as years before present (BP), AP/NAP is the rate between arboreal and non-arboreal pollen.

Obr. 3. – Zkrácený pylový diagram z lokality Šenkárka. Věk je kalibrován před současností (*cal BP*), AP/NAP je poměr dřevin a bylin (arboreal and non-arboreal pollen).

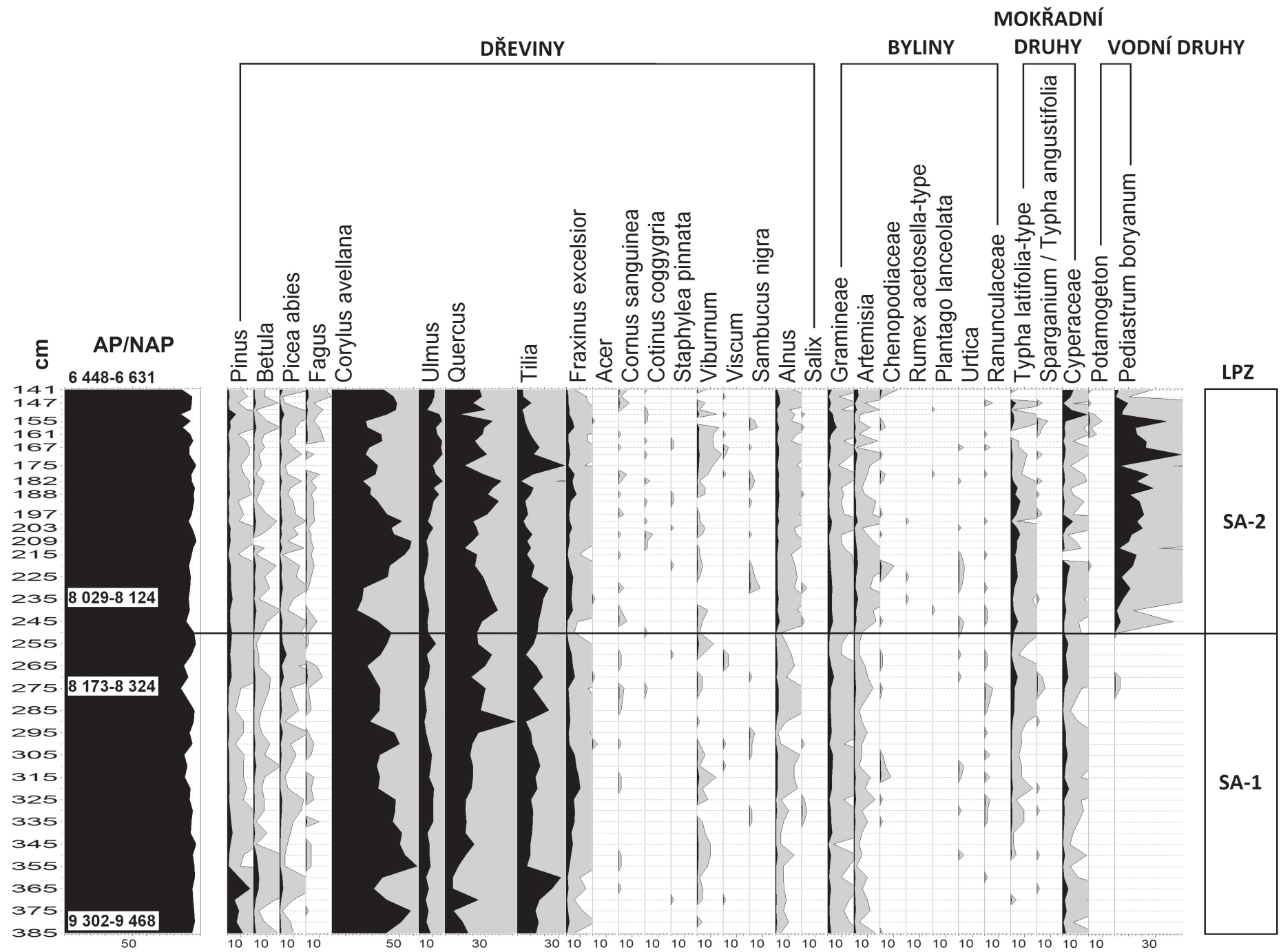
Fig. 3. – Shortened pollen diagram of the Šenkárka profile. Age is calibrated as years before present (BP), AP/NAP is the rate between arboreal and non-arboreal pollen.

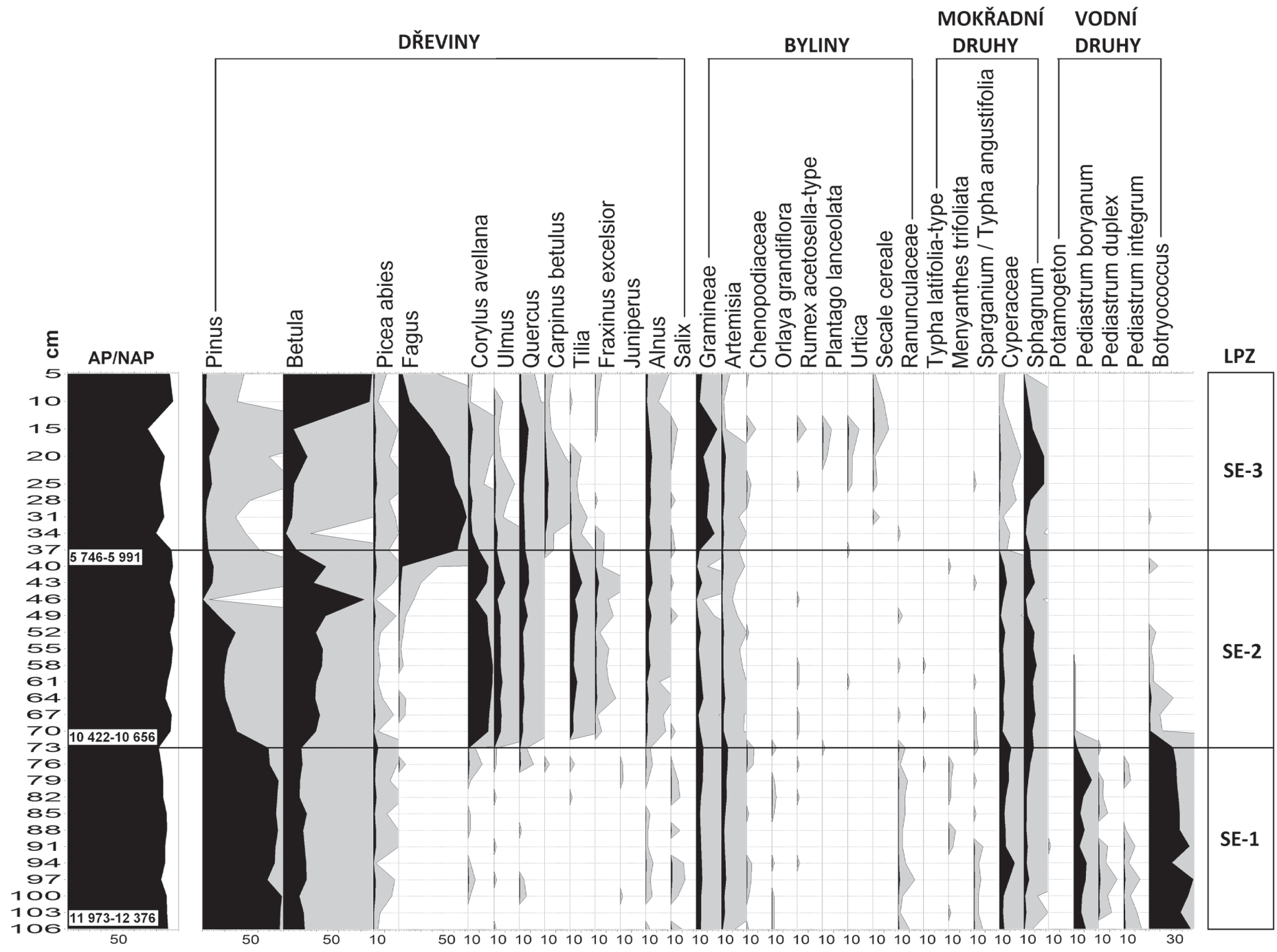
Obr. 4. – Zkrácený pylový diagram z lokality Santovka. Věk je kalibrován před současností (*cal BP*), AP/NAP je poměr dřevin a bylin (arboreal and non-arboreal pollen).

Fig. 4. – Shortened pollen diagram of the Santovka profile. Age is calibrated as years before present (BP), AP/NAP is the rate between arboreal and non-arboreal pollen.

Obr. 5. – Zkrácený pylový diagram z lokality Hypkaňa. Věk je kalibrován před současností (*cal BP*), AP/NAP je poměr dřevin a bylin (arboreal and non-arboreal pollen).

Fig. 5. – Shortened pollen diagram of the Hypkaňa profile. Age is calibrated as years before present (BP), AP/NAP is the rate between arboreal and non-arboreal pollen.





DŘEVINY

BYLINY

MOKŘADNÍ DRUHY

VODNÍ DRUHY

AP/NAP

Pinus

Betula

Picea abies
Fagus

Corylus avellana

Ulmus

Quercus

Carpinus betulus

Tilia

Fraxinus excelsior

Juniperus

Alnus

Salix

Gramineae

Artemisia

Chenopodiaceae

Orlygia grandiflora

Rumex acetosella-type

Plantago lanceolata

Urtica

Secale cereale

Ranunculaceae

Typha latifolia-type

Menyanthes trifoliata

Sparganium / Typha angustifolia

Cyperaceae

Sphagnum

Potamogeton

Pediastrum boryanum

Pediastrum duplex

Pediastrum integrum

Botryococcus

LPZ

SE-3

SE-2

SE-1

5 cm
10
15
20
25
28
31
34
37
40
43
46
49
52
55
58
61
64
67
70
73
76
79
82
85
88
91
94
97
100
103
106

5 746-5 991

10 422-10 656

11 973-12 376

50

50

50

10

50

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

30

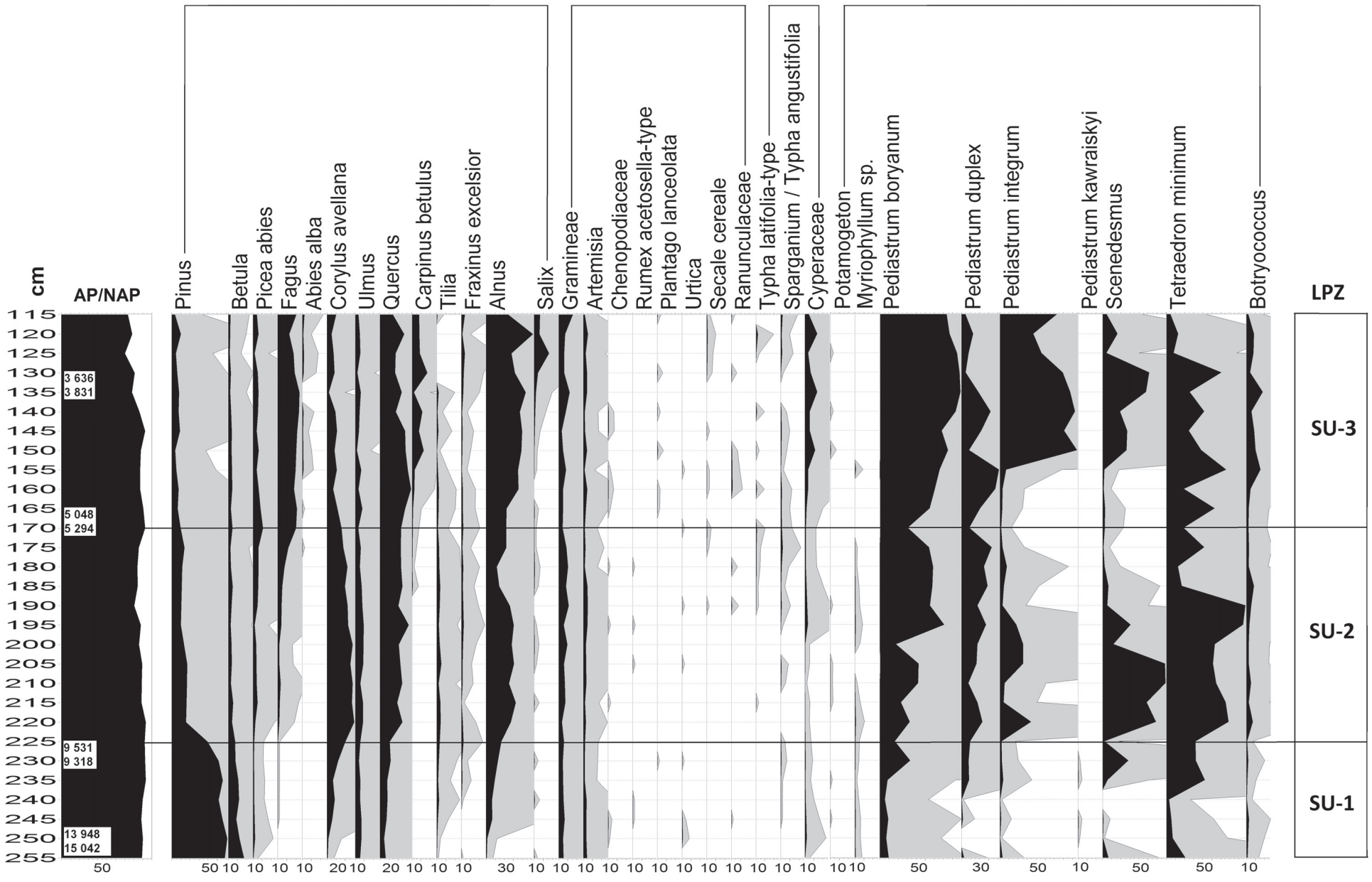
MOKŘADNÍ

DŘEVINY

BYLINY

DRUHY

VODNÍ DRUHY



cm

AP/NAP

Pinus

Betula

Picea abies

Fagus

Abies alba

Corylus avellana

Ulmus

Quercus

Carpinus betulus

Tilia

Fraxinus excelsior

Alnus

Salix

Gramineae

Artemisia

Chenopodiaceae

Rumex acetosella-type

Plantago lanceolata

Urtica

Secale cereale

Ranunculaceae

Typha latifolia-type

Sparganium / Typha angustifolia

Cyperaceae

Potamogeton

Myriophyllum sp.

Pedistastrum boryanum

Pedistastrum duplex

Pedistastrum integrum

Pedistastrum kawraiskyi

Scenedesmus

Tetradron minimum

Botryococcus

LPZ

SU-3

SU-2

SU-1

50

50

10

10

10

10

20

10

20

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

10

50

30

50

10

50

50

10

50

10

- 1022–1031 cm: světle šedý jemný sediment,
1031–1037 cm: světle šedý laminovaný sediment s příměsí písku,
1037–1085 cm: světle šedý laminovaný sediment,
1085–1111 cm: šedohnědý laminovaný sediment,
skalní podloží, neodebráno.

Výsledky pylové analýzy

Lokalita Šúr (Obr. 2): LPZ SU-1 (255–225 cm, pozdní glaciál). Poměr AP a NAP je okolo 90 %. Ve spektru dřevin převažuje *Pinus* (90 %). Výrazný podíl má *Betula*, *Picea*, *Quercus*, *Corylus* a *Tilia* (3 až 10 %). Ve spektru bylin převažují *Gramineae* a *Artemisia* (pod 5 %). Vzácně jsou zachyceny další taxony: *Hordeum*-type, *Ranunculaceae*, *Chenopodiaceae* a *Urtica*. Ve spektru lokální a mokřadní vegetace dominují *Cyperaceae*, *Potamogeton* a *Typha latifolia*. Spektrum zelených řas zastupuje hlavně rod *Pediastrum*. Převažuje *P. boryanum* agg., *P. duplex*, méně již *P. kawraiskyi*. Z dalších taxonů je zachycen *Tetraedron minimum* a rody *Scenedesmus* a *Botryococcus*.

LPZ SU-2 (225–170 cm, raný holocén). Poměr AP a NAP je mezi 80 až 90 %. Ve spektru dřevin dominuje *Corylus* a *Quercus* (20–30 %). Další významné dřeviny s podílem okolo 5 % jsou *Ulmus*, *Picea*, *Pinus*, *Betula*, *Tilia* a nově se objevující *Fagus*. Od 190 cm je přítomna uzavřená křivka *Carpinus*, *Alnus* a *Salix* patří k lokální mokřadní vegetaci. Skladba bylinné vegetace je velmi podobná předchozí zóně SU-1. Dominantní jsou rovněž *Gramineae* a *Artemisia* s podílem 5–10 %. Začátkem zóny dochází k nárůstu koncentrace zelených řas a naopak v hloubce okolo 195 cm jejich koncentrace výrazně kolísá. Týká se to hlavně taxonů *Pediastrum boryanum* agg., *P. integrum*, *P. duplex*, rodu *Scenedesmus* a *Tetraedron minimum*. Rod *Botryococcus* své zastoupení nemění. *P. kawraiskyi* v tomto období zcela vymizel.

LPZ SU-3 (170–115 cm, střední holocén). Poměr AP a NAP postupně mírně klesá na 70 %. Ve spektru dřevin dochází k nárůstu *Fagus* na 20 % a *Carpinus* na 10 %. Naopak *Corylus* ustupuje z 20 na 5 %. Podobný trend má i *Tilia* a *Ulmus*, zatímco *Pinus*, *Picea*, *Betula* a *Fraxinus* své zastoupení nemění. Nově se sporadicky objevuje *Abies*. *Alnus* mírně zvyšuje své zastoupení, podobně na konci zóny přibývá *Salix*. Spektrum bylin je podobné jako v LPZ SU-2, nově se sporadicky objevují *Cerealia* a *Plantago lanceolata*. V lokální vegetaci narůstá podíl *Cyperaceae*. Nízká koncentrace zelených řas na začátku zóny se mění v hloubce okolo 155 cm, kdy narůstá podíl *Pediastrum boryanum* agg., *P. integrum*, částečně i *Tetraedron minimum* a rodu *Scenedesmus*. Konstantní poměr má *P. duplex* a rod *Botriococcus*. Vzorky z organických vrstev mezi 0 až 110 cm jsou pylově sterilní.

Lokalita Šenkárka (Obr. 3): Nejstarší zóna (SE-1, 106–73 cm) zachycuje období na přelomu glaciálu a holocénu a existenci vodní hladiny. Poměr AP/NAP je mezi 80–90 %. V pylovém spektru dominuje *Pinus* (okolo 50 %), *Betula* (20 %), méně častý je *Picea*, sporadicky jsou zachyceny *Corylus*, *Ulmus*, *Quercus*, *Alnus* a *Salix*. Ve spektru bylin dominuje *Artemisia*, *Gramineae*, sporadicky jsou zachyceny *Chenopodiaceae* a *Rumex ace-*

Tab. 1. – Výsledky radiokarbonového datování.
 Tab. 1. – Results of radiocarbon dating.

Vzorek (hloubka)	laboratorní kód	materiál	C14 věk	Kalibrace BP
Šúr 130–135 cm	UGAMS-12683	semena	3500±40	3636–3831
Šúr 165–170 cm	UGAMS-12684	semena	4470±25	5048–5294
Šúr 240–245 cm	UGAMS-16129	semena	8430±45	9318–9531
Šúr 250–255 cm	UGAMS-12687	semena	12 240±45	13 948–15 042
Šenkárka 37–40 cm	UGAMS-12422	semena	5130±50	5746–5991
Šenkárka 70–73 cm	UGAMS-12424	semena	9320±20	10 422–10 650
Šenkárka 106–109 cm	UGAMS-11632	semena	10 300±30	11 973–12 376
Santovka 130–135 cm	UGAMS-10043	uhlíky	5730±25	6448–6631
Santovka 215–220 cm	UGAMS-10044	kůra	7300±30	8029–8124
Santovka 270–275 cm	UGAMS-10045	pupeny stromů	7400±30	8173–8324
Santovka 380–385 cm	UGAMS-10046	lískový ořech	8360±30	9302–9368
Hypkaňa 104–106 cm	UGAMS-17162	mechy	2450±25	2361–2701
Hypkaňa 455–460 cm	UGAMS-15690	semena	3650±30	4084–3888
Hypkaňa 700–705 cm	UGAMS-15691	semena	7930±30	8978–8635
Hypkaňa 930–935 cm	UGAMS-15693	ephipia	9980±45	11 695–11 259
Hypkaňa 1090–1095 cm	UGAMS-15695	jehlice	11 020±40	13 010–12 749

UGAMS – Center for Applied Isotope Studies, University of Georgia, USA, BP – Before Present (1950).

tosella-typ. Zajímavý je výskyt pylu *Orlaya grandiflora*. Lokální vegetaci indikuje pyl *Cyperaceae* a spóry *Sphagnum*. Vodní prostředí indikují zelené řasy rodu *Pediastrum*.

Následující zóna SE-2 (73–37 cm, raný holocén) má poměr AP/NAP okolo 90 %. Dochází k poklesu pylu *Pinus* na 20 %, nárůstu *Betula* na 30 %, dále expandují širokolisté dřeviny, hlavně *Corylus* (20 %), *Ulmus*, *Quercus*, *Tilia* a *Fraxinus*. Objevuje se *Fagus*. Kontinuální křivku má *Picea*, *Alnus* a *Salix*. V pylovém spektru bylin nedochází ve srovnání s LPZ SE-1 k výrazným změnám. V lokální vegetaci vymizí indikátory vodní hladiny (řasy r. *Pediastrum*) a začnou dominovat *Cyperaceae* a spóry *Sphagnum*.

V LPZ SE-3 (37–5 cm) dochází k velkým změnám v pylovém spektru. Poměr AP/NAP je rozkolísaný mezi 70–95 %. Ve spektru dřevin masivně expanduje *Fagus* (až 60 %), ve svrchních vrstvách je naopak zcela dominantní *Betula*. Nově nastupuje *Carpinus*, naopak druhy jako *Corylus*, *Pinus*, *Ulmus*, *Tilia* a *Fraxinus* výrazně ustupují. Nemění se podíl *Picea* a *Salix*. Ve spektru bylin se zvyšuje podíl *Gramineae*, objevují se antropogenní indikátory, jako je pyl obilovin. V lokální vegetaci převažují spóry *Sphagnum* nad pylem *Cyperaceae*.

Lokalita **Santovka** (Obr. 4): Bazální vrstvy tvořené splachy a úlomky travertinu obsahují jen sporadická pylová zrna, proto nejsou z důvodů dekompozice pylu zahrnuty do diagramu.

Zóna SA-1 (385–250 cm, raný holocén) má poměr AP/NAP mezi 80 až 95 %. Ve spektru dřevin dominuje *Corylus* (30 až 65 %), která alternuje se zastoupením *Quercus* a *Tilia* (15 až 40 %). Méně rozkolísaný poměr a menší zastoupení mají *Ulmus*, *Fraxinus*, *Betula*, *Picea* a *Alnus*. *Pinus* na bázi LPZ má podíl 10 %, pak klesá na 2 %. Sporadický výskyt má *Fagus*, *Acer*, *Cornus mas*-typ, *Cornus sanguinea*, *Staphylea*, *Viburnum* a *Cotinus*. Ve spektru bylin mají souvislou křivku jen *Gramineae* a *Artemisia* (cca 2 %), ostatní byliny jako *Chenopodiaceae* nebo *Urtica* jsou zachyceny jen sporadicky. Mokřadní vegetaci reprezentují *Cyperaceae*, později se objevuje křivka pylu *Typha latifolia*.

Zóna SA-2 (250–141 cm, střední holocén) je pylově velmi podobná předcházející zóně. Zásadní rozdíl je v litologii sedimentu, kdy jsou vápnité slatiny vystřídány sedimentací limnických karbonátů. V místě odběru se objevuje jezerní křída, vločkové travertiny a tenké horizontální travertinové desky. Vodní prostředí indikuje masivní výskyt řas r. *Pediastrum*. Lidská přítomnost na lokalitě je doložena střepy neolitické keramiky přímo v jezerní křídě.

Lokalita **Hypkaň** (Obr. 5): Zóna H-1 (1110–970 cm) zahrnuje období pozdního glaciálu, AP/NAP poměr je rozkolísaný mezi 65 až 90 %. Dominuje borovice s podílem mezi 40 až 90 %. Druhý nejčastější taxon je *Betula* s podílem mezi 5 až 45 %. Další zachycené dřeviny jsou *Picea*, *Larix*, *Juniperus*, *Alnus* a *Salix*. Ojedinele jsou zachyceny *Ulmus*, *Quercus*, *Corylus* a *Fraxinus*. Ve spektru bylin převažuje *Artemisia* nad *Gramineae*, výrazněji jsou zastoupené *Chenopodiaceae*, *Thalictrum* a *Rumex acetosella*-typ. Mokřadní vegetace je reprezentována hlavně *Cyperaceae*, méně již spórami *Sphagnum*. Spektrum řas je tvořeno rodem *Pediastrum*, včetně druhu *P. kawraiskyi* a *Tetraedron minimum*. Zají-

mává je událost v hloubce okolo 1060 cm, kdy vymizí zelené řasy a v pylovém spektru zcela převáží *Pinus*.

LPZ H-2 (970–830 cm, začátek holocénu). Poměr AP/NAP postupně dosahuje 95 %. Na začátku zóny stoupne podíl *Betula* na 40 %, poté ustupuje, podobně jako *Alnus*. Expanduje *Ulmus* (40 %), méně *Corylus*, *Quercus*, *Tilia*. Ojedinele se zjevuje *Fagus* a *Acer*. Ve spektru bylin rovnoměrně dominují *Artemisia* a *Gramineae*. Méně časté jsou *Thalictrum*, *Chenopodiaceae* a *Cannabis/Humulus*-typ. V mokřadní vegetaci dominuje pyl *Cyperaceae*, spóry *Sphagnum* vymizí. Ve složení zelených řas jsou výrazné výkyvy v zastoupení *Tetraedron minimum*.

V zóně H-3 (830–435 cm, střední holocén) je poměr AP/NAP ustálen okolo 95 %. V pylovém diagramu dominuje *Corylus* s podílem až 60 %, dále následuje *Ulmus* (20 %), *Quercus*, *Fraxinus*, *Picea*, *Pinus*, *Tilia*, *Alnus* a *Betula*. Ojedinele je zachycen *Acer* a *Salix*. Pylové spektrum bylin je beze změn, stále dominuje *Artemisia* a *Gramineae*, podobně je to u mokřadní vegetace, kde je neměnný podíl *Cyperaceae*. Ve spektru zelených řas dochází k expanzi r. *Pediastrum* a naopak *Tetraedron minimum* postupně vymizí.

Výrazné změny nastávají v LPZ H-4 (435–10 cm, pozdní holocén), kdy masivně ubývá pylu mezofilních dřevin, jako je *Corylus*, *Ulmus*, *Tilia*, nebo *Fraxinus* a naopak dominantním se stává *Fagus* (až 65 %). AP/NAP poměr na konci zóny klesá až na 70 %. Ve spektru bylin na konci zóny mírně přibývá trav, ale hlavně se objevují antropogenní indikátory, jako je pyl obilovin, nebo *Plantago lanceolata* a některé ruderalní taxony jako *Chenopodiaceae*, případně *Urtica*. V lokální vegetaci nejprve dominují *Cyperaceae* a následně i spóry *Sphagnum*. Zelené vodní řasy postupně zcela vymizí.

Diskuse

Pozdní glaciál

Změny vegetace v okolí jezer

Stratifikovaný a spolehlivě datovaný paleobotanický záznam posledního glaciálního maxima (LGM) ze západních Karpat zatím chybí. Dosavadní fragmentární informace o vegetaci máme z lokalit Šafárka, Jablunka a Týn nad Bečvou (Jankovská et al. 2002, Jankovská & Pokorný 2008). V průběhu celého posledního glaciálu je pravděpodobná existence jehličnatého lesa s dominancí *Picea*, *Larix*, *Pinus sylvestris* a *P. cembra*. Analogické doklady pocházejí z Maďarska, kde je doložena existence jehličnanů (*Picea*, *Larix* a *Pinus*), spolu s listnatými dřevinami (*Corylus*, *Ulmus*, *Tilia* a *Quercus*), ale i *Fagus* a *Carpinus*. Tyto dřeviny zde podle některých interpretací mohly přežít poslední glaciální maximum (Willis et al. 2000, Willis & Andel 2004, Sümegei et al. 2011). Prakticky identické pylové spektrum s pozdně glaciálními lokalitami v Potisi (Magyari et al. 2010) je zachyceno na lokalitě Šúr (LPZ SU-1) datované okolo 11 000 BP (Petr et al. 2013), kde je mimo dominantní *Pinus* doložena i přítomnost mezofilních dřevin. Ve fluvialním písku pod jezerními sedi-

menty je datována kůra a uhlíky *Pinus* okolo 21 000 BP. To potvrzuje existenci jehličnatých dřevin v západním Podunají v LGM, ale nikoliv už mezofilních dřevin, kde přímé doklady chybějí (Petr et. al. 2013). Vegetace konce glaciálu měla pravděpodobně charakter světlých borových lesů, na mikroklimaticky a vlhkostně příznivých místech s výskytem listnatých dřevin. Pyl *Artemisia* ukazuje na nezapojený les, případně až mozaikovitou vegetaci, nebo expoziční lesostep, a to na základě analogií z jižní Sibíře (Chytrý et al. 2008, Kuneš et al. 2008). Oblouk Západních Karpat mohl tvořit v pozdním glaciálu a na úplném začátku holocénu hranici pro šíření mezofilních dřevin, které na Moravě (Vracov, Svobodová 1997) spolehlivě doloženy nejsou. Naopak *Picea* se v pozdním glaciálu vyskytovala i v Čechách (Petr et al. 2014), kde byla závislá na mikroklimatických podmínkách, které v kontinentálním klimatu pozdního glaciálu měly hlavní vliv na charakter vegetace (Petr & Novák 2014).

Na Vihorlatě (Hypkaňa, LPZ H-1) je pylové spektrum pozdního glaciálu odlišné. Dominovaly taxony *Pinus*, *Betula* a *Picea*, ale přítomnost mezofilních dřevin jen na základě ojedinělých pylových zrn nelze předpokládat. Přítomný byl i *Larix*, přestože byl díky nízké pylové produkci jen slabě zastoupen v pylovém spektru. Na základě analogií recentních spadů ze Sibíře lze rekonstruovat jeho vyšší podíl ve vegetaci (Pelánková et al. 2008). Zastoupení *Juniperus*, případně *Helianthemum* ukazuje na mozaikovitou vegetace a existenci bezlesí. To odpovídá i malakozoologickým údajům z konce glaciálu, kde je výrazný podíl stepních druhů (Ložek 1973, Juříčková et. al. 2014). Vzhledem k poloze lokality je, na základě analogií z východních Karpat (Magyari et al. 2012), velmi pravděpodobné, že se nacházela na hranici lesa, která se v pozdním glaciálu nacházela výrazně níže než dnes. *Larix* se koncem glaciálu vyskytuje prakticky v celých západních Karpatech (Jankovská 1988, 1998, Hájková et al. 2013), podobně i *Pinus cembra* měla ve stejnou dobu větší areál rozšíření než dnes.

Lokální změny jezerního prostředí

Jezerní prostředí v pozdním glaciálu bylo na lokalitách Šúr a Hypkaňa chladné a oligotrofní s výskytem např. *Pediastrum kawraiskyi*, což umožňuje biostratigrafické datování do pozdního glaciálu (Komárek & Jankovská 2001). Ostatní řasy indikují volnou vodní hladinu (*P. integrum*, *P. duplex* a *Tetraedron minimum*). Jezerní sediment z tohoto období má relativně malý podíl organické složky a naopak převažuje siltová a jílová složka. To také ilustruje rozvolněnost okolní vegetace a velkou míru eroze projevující se přínosem materiálu do jezerní pánve, ale i chladné glaciální klima, kdy je organická produktivita jezerního prostředí nízká. Zcela odlišná je lokální situace v profilu Santovka, kde neprobíhala organická sedimentace, daná lokálními hydrologickými poměry. Pozdní glaciál je zachycen ve vrstvě splachů černošedého prachovitého sedimentu s úlomky travertinu na bázi profilu. Podle malakozoologického záznamu se jednalo o otevřenou, až stepní krajinu (M. Horský ústní sdělení).

H o l o c é n

Lokální změny

Klimatické změny na začátku holocénu v podobě razantního oteplení a postupného nárůstu srážek měly vliv na jezerní prostředí sledovaných lokalit. Mění se charakter jezerního sedimentu, který z šedých jílu přechází do organické hnědozelené jezerní *gytji* v případě lokalit Šúr (SU-2) a Hypkaňa (H-2). Jezerní prostředí se postupně mění z oligotrofního na eutrofní. Vysoký podíl křemíku zachyceného geochemickou analýzou (Si/Al složky) v profilu Šúr 1 (Petr et al. 2013) je daný vysokou koncentrací rozsvívek, které indikují vysokou biologickou produktivitu jezera. Vodní společenstva řas měla podobný charakter jako v předchozím období, jen ustupuje chladnomilné *Pediastrum kawraiskyi*. Zachycena jsou i společenstva vodních rostlin, jako jsou *Potamogeton*, *Nymphaea* nebo *Myriophyllum* sp. Výrazný nárůst pylu *Alnus* ukazuje na expanzi olšin v litorálu jezera a na proces postupného zarůstání lokality. V jezeře Hypkaňa narůstá křivka *Tetraedron minimum*, což lze interpretovat jako zvýšení vodní hladiny v důsledku vyšších srážek na počátku holocénu. Vlastní jezero má velmi malé povodí, proto je zcela závislé na dešťových srážkách. To je rozdíl od lokality Šúr, kde je povodí velké a navíc pod svahy Malých Karpat. Na lokalitě Šenkárka začíná sedimentární záznam na přelomu glaciálu a holocénu, kdy se objevuje mělká vodní plocha s výskytem vodních makrofyt jako je *Batrachium* nebo *Potamogeton*. Začátek holocénu se na lokalitě Santovka (LPZ S-1) projevuje akumulací vápnitě slatiny. Přibližně okolo 8 500 cal BP začíná sedimentace slatiny s výrazným podílem karbonátů, dále následuje sedimentace čisté jezerní křídly okolo 8 000 cal BP. Lokalita měla charakter mělké vodní plochy, kterou indikuje rod *Pediastrum*. Údolí bylo pravděpodobně zahrazeno travertinovou kupou, v jezerní křídě se objevují desky travertinu, včetně otisků listů *Acer platanoides* a *Salix* sp.

Zánik jezera Šúr není z odebraného profilu jasně čitelný. Radiokarbonové datování poslední vrstvy jezerního sedimentu spadá do období okolo 3 500 BP. Jedná se o poslední vrstvu kontinuálního jezerního sedimentu, nikoliv o definitivní zánik jezera. Jezero pravděpodobně zcela zarostlo bahenní olšinou. *Alnus* degraduje sediment, na kterém roste, a to tím, že transportuje vzduch a hlavně kyslík do podloží pro své bakterie v kořenových hlízkách, které váží atmosférický dusík (Pokorný et al. 2000). Dalším problémem jsou časté vývraty v olšových porostech, které rovněž narušují sediment (Šamonil et al. 2010). Následující vrstvy organického sedimentu (93–0 cm) z těchto důvodů neobsahují pylová zrna. Odlišný vývoj je na lokalitě Hypkaňa, kde pokračuje organická sedimentace i po zániku vodní hladiny okolo 3 500 BP, kdy vymizí zelené řasy a v pylovém spektru expandují *Cyperaceae* a spóry *Sphagnum*. Sediment se mění z *gytji* na ostrícovou slatinu, která přechází v rašelinu. Podle pylového spektra zde neexpandovala *Alnus*. Na lokalitě Šenkárka došlo k zániku vodní plochy na úplném začátku holocénu, kdy se malé mělké jezero vyplnilo organickým sedimentem. Na Santovce vodní hladina zanikla v důsledku intenzivního pravěkého osídlení, které mělo za následek intenzivní erozi a zanešení vodní nádrže splachy z okolí, které obsahují mnoho artefaktů.

Změny vegetace v okolí jezer

Konec glaciálu a začátek holocénu se obecně na všech zkoumaných lokalitách projevuje ústupem *Pinus* a naopak expanzí mezofilních dřevin. V západním Podunají na lokalitě Šúr (SU-2) a Šenkárka (SE-2) dominuje *Corylus* a *Quercus*. Zajímavý je výskyt *Fagus* již na počátku holocénu. Vegetace nabyla charakteru smíšených doubrav. Výrazné je zastoupení pylu *Artemisia*, které ukazuje na prosvětlenost lesů a výskyt přirozeného bezlesí. Křivka *Artemisia* nijak nereaguje na přechod glaciál/holocén, jak je to běžné v oblastech západní a severní Evropy (Lang 1994), kde její pylová křivka strmě klesá v souvislosti s expanzí lesa. V oblasti Podunají se pravděpodobně rozsah lesa na začátku holocénu nezvýšil, jen se změnilo jeho druhové složení ve prospěch mezofilních dřevin. Nejednalo se pravděpodobně o nijak husté a zapojené lesy, což indikuje například pyl *Cotinus coggygia*. Rovněž na lokalitě Šenkárka ukazuje pylový diagram mozaiku borového lesa a bezlesí s výskytem *Orlaya grandiflora*, která je ale vázána jen na tuto periodu (SE-1), tj. na úplný začátek holocénu.

Na lokalitě Hypkaňa je vegetační vývoj na začátku holocénu odlišný, nejprve expanduje *Betula* a *Ulmus* (LPZ H-2), což souvisí se vzestupem horní hranice lesa. *Betula* zde není indikátorem ochlazení, ale je to pionýrský druh šířící se na bezlesé plochy, který je následován *Ulmus*. Podobné schéma s expanzí *Ulmus* je i na horských lokalitách po odlednění ve východních Karpatech (Magyari et al. 2012). Teprve poté masivně expanduje *Corylus*. Podíl světlomilných keřů je zde menší, lokalita je v relativně vysoké nadmořské výšce (ca. 1000 m n. m.). Zajímavostí je kontinuální výskyt pylového typu *Cannabis/Humulus* v průběhu celého holocénu, je to jedna z odlišností Panonských a Karpatkých lokalit od oblastí ležících severně a západně, kde je pyl *Cannabis* indikátorem zemědělství (Behre 1981, 1986). Pravděpodobný je výskyt *C. ruderalis*, které je dnes v regionu východního Slovenska masivně rozšířeno na narušovaných plochách, nikoliv *C. sativa*, které je pěstováno již od pravěku a mělo by korelovat s pylem obilovin. Další možností je výskyt *Humulus lupulus*, ale lokalita se nachází na svahu, kde není mnoho možností pro rozvoj litorální vegetace a v lese je jeho masový výskyt málo pravděpodobný.

Malakozoologická evidence na lokalitě Santovka ukazuje mimo vodních měkkýšů také lesní faunu, ale i xerothermní prvky jako je *Cepaea vindobonensis* (M. Horsák ústní sdělení). Společně s palynologickou evidencí světlomilných dřevin jako je *Cotinus coggygia* a *Staphylea pinnata* nebo *Cornus sanguinea*, lze rekonstruovat okolní vegetaci jako mozaiku lesa a otevřených stanovišť. Rozkolísanost pylových křivek hlavních dřevin (*Corylus* a *Quercus*) a stálost křivky *Artemisia* a *Gramineae* je odrazem vnitřní dynamiky a mozaikovitosti vegetace, nikoliv snad klimatických změn, pro které nejsou žádné doklady z regionu Západních Karpat. Pylové spektrum je extrémně lokální a omezené na úzké údolí, kterým sice protéká potok Búr, ale jeho povodí je malé. Důležité je srovnání s lokalitou Šúr, kde je jiná tafonomie pylu daná velkou plochou jezera, kde pylové křivky dřevin jsou málo rozkolísané, ale je těžké identifikovat oblast produkce pylu. Zároveň se profil Šúr 2 liší od publikovaného profilu Šúr 1 (Petr et al. 2013). Důvodem může být heterogeni-

ta jezerního prostředí a proudění vody, které může způsobovat sezónní frakcionaci pylového záznamu.

Ve vrstvách jezerní křídy na lokalitě Santovka mladších 8 000 cal BP se objevují zlomky neolitické keramiky. Lokalita byla pro lidské osídlení atraktivní termálními prameny, kdy jejich aktivita byla podpořena klimatickým optimumem, které se v západních Karpatech projevuje srážením pěnvců v krasových oblastech (Ložek 1973). V palynologickém záznamu se lidská přítomnost neprojevuje, pyl obilovin není zachycen a ani pylové křivky ruderálních druhů a tzv. sekundárních antropogenních indikátorů jako je *Artemisia* (Behre 1981, 1986) se nijak nemění. Zajímavá je absence pylu obilovin v kontrastu s archeologickou evidencí. O důvodech lze jen spekulovat. Jak byla pole vzdálena od profilu, jaká byla jejich rozloha, aby se obiloviny mohly projevit v pylovém spektru? Nebo snad lidi přitahovaly termální prameny a vlastní osídlení bylo jinde? Další příčinou může být relativně nízká populační hustota lidí, i když vůči mezolitu nebo pozdnímu paleolitu musela být výrazně vyšší. To, že se činnost neolitického člověka v pylu neprojevuje (SU-2, SA-2) může být způsobeno přirozenou rozvolněností lesní vegetace, kde člověk nemusel uměle prosvětlovat les, nebo ho masivně kácet. Mnoho sekundárních antropogenních indikátorů v pylovém záznamu stoupá až v eneolitu a době bronzové (Hájková et al. 2013), podobně i doklady eroze v sedimentárním záznamu (Jamrichová et al. 2014). Tyto panonské listnaté lesy byly odolné vůči disturbancím ze strany velkých býložravců a tvořily s nimi jeden ekosystém s rozvolněnou stromovou vegetací (Vera 2000). Proto přítomnost prvních zemědělců v Podunají nemusela způsobit markantní zásah do krajiny, jako by tomu bylo v případě alpské nebo boreální vegetace, kde resilience ekosystému je menší. V sedimentu se zhruba od 7 500 až 7 000 cal BP postupně zvyšuje podíl klastického křemene, což lze interpretovat jako počátek eroze způsobené zemědělstvím a chovem dobytka. Poté následuje tenká vrstva tvořená rozloženým organickým materiálem s velkým množstvím uhlíků, jako výsledek lidské činnosti. Nad tímto horizontem začíná vrstva limnických karbonátů a splachů okolních spraší, bez zachovalého pylového záznamu s chronologicky mladšími artefakty z mladšího a pozdního neolitu a eneolitu. Celý profil je překryt vrstvou písčitojilovité hlíny s kusy travertinu a bohatými archeologickými artefakty, především z doby bronzové. Báze vrstvy splachů je datována okolo 6 000 cal BP se stoupajícím podílem materiálu z erodovaných svahů pokrytých spraší.

Na lokalitě Hypkaňa koncem středního holocénu okolo 4 500 BP (LPZ H-4) masivně expanduje *Fagus*, méně výrazný je *Carpinus* a *Abies*. To vede k ústupu dřive se vyskytujících mezofilních dřevin, hlavně *Corylus*, *Ulmus* a *Quercus* a okolní lesní vegetace nabývá dnešního charakteru, kdy dominují bučiny. Analogický je vývoj na lokalitách Šenkárka (SE-3) a Šúr 1 (Petr et al. 2013). V profilu Šúr 2 (SU-3) expanze *Fagus* není v pylovém záznamu tak výrazná. *Fagus* nemusel být vázán jen na Malé Karpaty, jako je tomu dnes, ale mohl se vyskytovat i v nížině. *Fagus* je zachycen na Parižských močiaroch (Jamrichová et al. 2014) už v raném holocénu a na lokalitě Štúrová (Pišút et al. 2010) – jedná se o paleomeandr Dudváhu na Žitném ostrově datovaný do mladšího holocénu. Příčina expanze *Fagus* je nejasná, okolo 4 500 BP se projevuje i na jiných lokalitách, včetně východních

Karpat (Feurdean 2005, Magri 2008). Naproti tomu v Čechách je tato změna velmi povolná, např. na Šumavě *Fagus* postupně expanduje již od svého prvního výskytu 7 500 cal BP (Svobodová et al. 2002) a v období kolem 4 500 cal BP expanduje *Abies* spolu s *Carpinus*. Příčina není klimatická, jelikož klima mladšího holocénu ve střední Evropě bylo prakticky stabilní (Mayewski et al. 2004, Starkel 2011). Lidským vlivem lze vysvětlit změny v nižších nadmořských výškách, např. na lokalitách Šúr a Šenkárka, kde by tato změna mohla indikovat období eneolitu a dobu bronzovou (Furmánek et al. 1991); v pylovém spektru se to projevuje pylem obilovin (LPZ SU-3) spolu s pastevním indikátorem *Plantago lanceolata*. Tato změna vegetační dominanty byla zachycena v celých Karpatech bez ohledu na regionální vývoj archeologických kultur a též v případech Vihorlatu, který je pro lidské osídlení svou polohou nevhodný. Souvislost mezi lidskou činností a expanzí *Fagus* není jasná. Pyl obilovin a nárůst ruderálních taxonů se na profilu Hypkaňa projevuje až v nejmladších vrstvách, kdy je spojen se středověkou a novověkou kolonizací podhůří Vihorlatu.

Závěr

Studované jezerní lokality reflektují diverzitu západních Karpat. Nacházejí se na jižním okraji Karpatského oblouku, a proto se vývoj vegetace zachycený na těchto lokalitách liší od velkých Karpatských kotlin nebo oblasti Oravy a jsou spíše srovnatelné s lokalitami v Maďarsku. V pozdním glaciálu je zachycen borový les s malým podílem mezofilních dřevin. Jezerní prostředí je oligotrofní s výskytem chladnomilných elementů. Konec glaciálu a začátek holocénu se projevuje ústupem *Pinus* a naopak expanzí mezofilních dřevin, dominuje *Corylus* a *Quercus*. Zajímavý je časný výskyt *Fagus* již na počátku holocénu. Vegetace nabyla charakteru smíšených doubrav. Výrazné bylo zastoupení pylu *Artemisia*, které ukazuje na prosvětlenost tehdejších lesů nebo na přítomnost otevřených ploch v krajině. V důsledku změn klimatu na začátku holocénu dochází k vzestupu vodní hladiny, v jezerním prostředí se postupně zvyšuje trofie a z toho vyplývající organická sedimentace a rostlinná sukcese, která vede k zániku vodní hladiny. V období okolo 4 500 cal BP se objevuje *Abies*, *Carpinus* a masově se šíří *Fagus*, zároveň se objevují i pylové antropogenní indikátory, hlavně obiloviny. Většina sledovaných jezer zaniká v průběhu holocénu. Buď přirozenou akumulací organického sedimentu dojde k vyplnění jezerní pánve, nebo jako v případě lokality Santovka dojde k zániku v důsledku pravěké eroze.

Poděkování

Poděkování patří P. Hájkové za připomínky k textu, dále M. Horsákovi za rozbor malakofauny, J. H. Petříkovi a P. Tótovi za výsledky k lokalitě Santovka, P. Žáčkové a A. Potůčkové za výzkum lokality Šúr, O. Hájkovi za tvorbu mapy a dalším za pomoc na odběru profilů Hypkaňa a Šenkárka. Výzkum je podporován granty GAČR P 504/11/0429, VEGA 1/0477/11 a GAUK 25-1532.

Literatura

- Appleby P. G. & Piliposian G. T. (2006): Radiometric dating of sediment records from mountain lakes in the Tatra Mountains. – *Biologia* 61: 51–64.
- Behre K.-E. (1981): The interpretation of anthropogenic indicators in pollen diagrams. – *Pollen Spores* 23: 225–245.
- Behre K.-E. (1986): Anthropogenic indicators in pollen diagrams. – A. A. Balkema, Rotterdam.
- Beug H. J. (2004): Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete. – Verlag Dr. Fridrich Pfeil, München.
- Bronk Ramsey C. (2009): Bayesian analysis of radiocarbon dates. – *Radiocarbon* 51: 337–360.
- Břízová E. (2009): Quaternary environmental history of the Čejčské Lake (S. Moravia, Czech Republic). – *Bulletin of Geoscience* 84: 637– 52.
- Buczko K., Magyari E. K., Bitušik P. & Wacnik A. (2009): Review of dated Late Quaternary palaeolimnological records in the Carpathian Region, east-central Europe. – *Hydrobiologia* 631: 3–28.
- Cohen A. S. (2003): *Paleolimnology: The history and evolution of lake systems.* – Oxford University Press, Oxford.
- Cserny T. & E. Nagy-Bodor (2000): Limnogeological investigations on Lake Balaton. – In: Gierlowski-Kordesch E. & Kelts K. [eds], *Lake basins through space and time, AAPG Studies in Geology* 46.
- Dohnal Z. (1965): Československá rašeliniště a slatiniště. – Mír, Praha.
- Douglas M. S. V. (2007): Paleolimnology overview. – In: Elias S. [ed.], *Encyclopedia of Quaternary science*, p. 2020–2029, Elsevier Science Publishers, Amsterdam.
- Ehlers J., Gibbard P. L. & Hughes P. D. (2011): *Quaternary glaciations – Extent and chronology.* – Elsevier, Oxford.
- Feurdean A. (2005): Holocene forest dynamics in nordwestern Romania. – *The Holocene* 15: 435–446.
- Furmánek V., Veliačik L. & Vladár J. (1991): Slovensko v dobe bronzovej. – Veda, Bratislava.
- Füry D. (2010): Vegetačné pomery PR Šúr – In: Majzlan O. & Vidlička L. [eds], *Príroda rezervácie Šúr*, p. 15–23, Ústav zoologie SAV, Bratislava.
- Hájková P., Jamrichová E., Horsák M. & Hájek M. (2013): Holocene history of a *Cladium mariscus*-dominated calcareous fen in Slovakia: vegetation stability and landscape development. – *Preslia* 85: 289–315.
- Chytrý M., Danihelka J., Kubešová S., Lustyk P., Ermakov N., Hájek M., Hájková P., Kočí M., Otýpková Z., Roleček J., Řezníčková M., Šmarda P., Valachovič M., Popov D. & Pišut I. (2008): Diversity of the forest vegetation across a strong gradient of climatic continentality: Western Sayan Mountains, Southern Siberia. – *Pl. Ecol.* 196: 61–83.
- Hrbatý J. (2000): Významné rašeliniská Chránenej oblasti Malé Karpaty. – In: Stanová V. [ed.], *Rašeliniská Slovenska*, p. 143–146, DAPHNE – Inštitút aplikovanej ekológie, Bratislava.
- Jamrichová E., Potůčková A., Horsák M., Hajnalová M., Barta P., Tóth P. & Kuneš P. (2014): Early occurrence of temperate oak-dominated forest in the northern part of the Little Hungarian Plain, SW Slovakia. – *The Holocene* 24: 1810–1824.
- Jankovská V. (1988): A reconstruction of Late-Glacial and Early-Holocene evolution of forest vegetation in the Poprad basin, Czechoslovakia. – *Folia Geobot. Phytotax.* 23: 303–320.
- Jankovská V. (1998): Pozdní glaciál a časný holocén podtatranských kotlín – obdoba sibiřské boreální a subboreální zóny? – In: Benčaťová B. & Hrivnák R. [eds], *Rastliny a člověk*, p. 89–95, Technická Univerzita, Zvolen.
- Jankovská V., Chromý P. & Nižnianská M. (2002): Šafárka – first palaeobotanical data of Last Glacial vegetation and landscape in West Carpathians (Slovakia). – *Acta Palaeobot.* 42: 39–50.

- Jankovská V. & Pokorný P. (2008): Forest vegetation of the last full-glacial period in the Western Carpathians (Slovakia and Czech Republic). – *Preslia* 80: 307–324.
- Juříčková L., Horáčková J. & Ložek V. (2014): Direct evidence of central European forest refugia during the last glacial period based on mollusc fossils. – *Quatern. Res.* 82: 222–228.
- Kinzler O. (1936): Pollenanalytische Untersuchung von Mooren des westlichen pannonischen Beckens. – *Beih. Bot. Centralbl.* 54: 515–546.
- Komárek J. & Jankovská V. (2001): Review of the green algal genus *Pediastrum*; implication for pollen-analytical research. – *Biblioth. Phycol.* 108: 1–127.
- Kovanda J. (1971): Kvartérní vápence Československa. – *Sborník geologických věd, Antropozoikum*, 7, Ústřední ústav geologický, Praha.
- Krippel E. (1986): Postglaciální vývoj vegetácie Slovenska. – *Vydavateľstvo SAV*, Bratislava.
- Kinzler O. (1936): Pollenanalytische Untersuchung von Mooren des westlichen pannonischen Beckens. – *Beih. Bot. Centralbl.* 54: 515–546.
- Kuneš P., Pelánková B., Chytrý M., Jankovská V., Pokorný P. & Petr L. (2008): Interpretation of the last-glacial vegetation of eastern-central Europe using modern analogues from southern Siberia. – *J. Biogeogr.* 35: 2223–2236.
- Kuncký J. (1968): Fyzický zeměpis Československa. – *Státní pedagogické nakladatelství*, Praha.
- Lang G. (1994): Quartäre Vegetationsgeschichte Europas: methoden und Ergebnisse. – *Gustav Fischer Verlag*, Jena.
- Litt T., Brauer A., Goslar T., Merkt J., Balaga K., Miller H., Ralska-Jasiewiczowa M., Stebich M., & Negendank J. F. W. (2001): Correlation and synchronisation of Lateglacial continental sequences in northern central Europe based on annually laminated lacustrine sediments. – *Quatern. Sci. Rev.* 20: 1233–1249.
- Ložek V. (1973): Příroda ve čtvrtohorách. – *Academia*, Praha.
- Maheľ M. (1986): Geologická stavba československých Karpát / Palealpínske jednotky 1. – *Veda*, Bratislava.
- Magri D. (2008): Patterns of post-glacial spread and the extent of glacial refugia of European beech (*Fagus sylvatica*). – *J. Biogeogr.* 35: 450–463.
- Magyari E. K., Chapman J. C., Passmore D. G., Allen J. R. M., Huntley J. P. & Huntley B. (2010): Holocene persistence of wooden steppe in Great Hungarian Plain. – *J. Biogeogr.* 37: 915–935.
- Magyari E. K., Jakab G., Bálint M., Kern Z., Buczkó K. & Braun M. (2012): Rapid vegetation response to Lateglacial and early Holocene climatic fluctuation in the South Carpathian Mountains (Romania). – *Quatern. Sci. Rev.* 35: 116–130.
- Mayewski P. A., Rohling E. E., Stager J. C., Karlén W., Maasch K. A., Meeker D. 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. – *Quatern. Res.* 62: 243–255.
- McGowan S. (2007): Pigment studies. – In: Elias S. [ed.], *Encyclopedia of Quaternary science*, p. 2062–2074, Elsevier Science Publishers, Amsterdam.
- Moore P. D., Webb J. A. & Collinson M. E. (1991): *Pollen analysis* – Blackwell Science, Oxford.
- Nalepka D. & Walanus A (2003): Data processing in pollen analysis – *Acta Palaeobot.* 43:125–134.
- Obidowicz A. (1996): A Late Glacial-Holocene History of the formation of vegetation belts in the Tatra Mountains – *Acta Palaeobot.* 36: 159–206.
- Pedersen M. W., Ginolhac A., Orlando L., Olsen J., Andersen K., Holm J., Funder S., Willerslev E., Kurt H. & Kjær K. E. (2013): A comparative study of ancient environmental DNA to pollen and macrofossils from lake sediments reveals taxonomic overlap and additional plant taxa. – *Quatern. Sci. Rev.* 75: 161–168.
- Pelánková B., Kuneš P., Chytrý M., Jankovská V., Ermakov N. & Svobodová-Svitavská H. (2008): The relationships of modern pollen spectra to vegetation and climate along a steppe-forest-tundra transition in southern Siberia, explored by decision trees. – *The Holocene* 18: 1259–1271.

- Petr L. & Novák J. (2014): High vegetation and environmental diversity during the Late Glacial and Early Holocene on the example of lowlands in the Czech Republic. – *Biologia* 69: 847–862.
- Petr L., Sádlo J., Žáčková P., Lisá L., Novák J., Rohovec J. & Pokorný P. (2014): Late Glacial and Holocene environmental history of a floodplain wetland (Elbe River, Czech Republic); a context-dependent interpretation of a multi-proxy analysis. – *Folia Geobot.* 49: 137–162.
- Petr L., Žáčková P., Grygar T. M., Pišková A., Křížek M. & Tremil V. (2013): Šúr – former Lateglacial and Holocene lake on westernmost margin of Carpathians. – *Preslia* 85: 239–263.
- Pišút P., Břízová E., Čejka T. & Pipík R. (2010): Paleofloristic and paleofaunistic analysis of Dudvák River oxbow and its implication for Late Holocene palaeoenvironmental development of the Žitný ostrov Island (SW Slovakia) – *Geologica Carpathica* 61: 513–533.
- Pokorný P., Klimešová J. & Klimeš L. (2000): Late Holocene history and vegetation dynamics of a floodplain alder carr: a case study from eastern Bohemia, Czech Republic. – *Folia Geobot.* 35: 43–58.
- Reimer P. J., Baillie M. G. L., Bard E., Bayliss A., Beck J. W., Blackwell P. G., Bronk Ramsey C., Buck C. E., Burr G. S., Edwards R. L., Friedrich M., Grootes P. M., Guilderson T. P., Hajdas I., Heaton T. J., Hogg A. G., Hughen K. A., Kaiser K. F., Kromer B., McCormac F. G., Manning S. W., Reimer R. W., Richards D. A., Southon J. R., Talamo S., Turney C. S. M., van der Plicht J. & Weyhenmeyer C. E. (2009): IntCal09 and Marine09 radiocarbon age calibration curves, 0–50,000 years cal BP. – *Radiocarbon* 51: 1111–1150.
- Ruščančinová A. (2000): Rašelinné ekosystémy Košického kraje. – In: Stanová V. [ed.], Rašelinská Slovenska, p. 103–109, DAPHNE – Inštitút aplikovanej ekológie, Bratislava.
- Rybníčková E. & Rybníček K. (1972): Erste Ergebnisse paläogeobotanischer Untersuchungen des Moores bei Vracov, Südmähren. – *Folia Geobot. Phytotax.* 7: 285–308.
- Rybníčková E. & Rybníček K. (2006): Pollen and macroscopic analyses of sediments from two lakes in the High Tatra mountains, Slovakia. – *Veget. Hist. Archaeobot.* 26: 345–356.
- Sümeği P., Molnár M., Jakab G., Persaits G. & Majkut P. (2011): Radiocarbon-dated paleoenvironmental changes on a lake and peat sediment sequence from the central Great Hungarian Plain (Central Europe) during the last 25,000 years. – *Radiocarbon* 53: 85–97.
- Šamonil P., Král K. & Hort L. (2010): The role of tree uprooting in soil formation: a critical literature review. – *Geoderma* 157: 65–79.
- Šporka F., Štefková E., Bitušik P., Thompson A. R. & Augustí-Panareda A. (2002): The paleolimnological analysis of sediments from high mountain lake Nižné Terianske pleso in the High Tatras (Slovakia). – *J. Paleolimnol.* 28: 95–109.
- Starkel L. (2011): Present-day events and the evaluation of Holocene palaeoclimatic proxy data. – *Quatern. Int.* 229: 2–7.
- Svobodová H. (1997): Die Entwicklung der Vegetation in Südmähren (Tschechien) während des Spätglazials und Holozäns – eine palynologische Studie – *Verh. Zool.-Bot. Ges. Österreich* 134: 317–356.
- Svobodová H., Soukupová L. & Reille M. (2002): Diversified development of mountain mires, Bohemian Forest, Central Europe, in the last 13,000 years. – *Quatern. Int.* 91: 123–135.
- Vera F. W. M. (2000): *Grazing Ecology and Forest History*. – CABI Publishing, Wallingford.
- Wacnik A. (1995): The vegetational history of local flora and evidences of human activities recorded in the pollen diagram from site Regetovka, NE Slovakia. – *Acta Palaeobot.* 35: 235–274
- Walker M. J. C., Berkelhammer M., Björck S., Cwynar L. C., Fisher D. A., Long A. J., Lowe J. J., Newnham R. M., Rasmussen S. O. & Weiss H. (2012): Formal subdivision of the Holocene Series/Epoch: a discussion paper by a working group of INTIMATE (Integration of ice-core, marine and terrestrial records) and the subcommission on quaternary stratigraphy (International commission on stratigraphy). – *J. Quatern. Sci.* 27: 649–659.

-
- Willis K. J., Rudner Z. E. & Sümegi P. (2000): Full-glacial forest of Central and South Eastern Europe. – *Quatern. Res.* 53: 203–213.
- Willis K. J. & van Andel T. H. (2004): Trees or no trees? The environments of central and eastern Europe during Last Glaciation – *Quatern. Sci. Rev.* 23: 2369–2387.