

Univerzita Karlova
Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Biologie

Studijní obor: Botanika



Bc. Martin Prach

Vývoj vegetace v okolí Roztok u Prahy z pohledu antrakologické analýzy

Anthracological perspective on vegetation history in Roztoky u Prahy

Diplomová práce

Vedoucí práce: RNDr. Jan Novák, Ph.D.

Praha, 2019

Prohlášení

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

V Praze, 11.8.2019

Obsah

Úvod	4
Antrakologie	4
Regionální vývoj vegetace	6
Lidský vliv	8
Cíle práce	9
Metodika a materiál	10
Lokalita	10
Základní popis	10
Geologie a geomorfologie	12
Historie osídlení	12
Současná vegetace	14
Uhlíky	15
Datování	16
Statistická analýza a vizualizace	17
Archeoantrakologie	17
Archeoantrakologie v okolí	18
Výsledky	18
Pedoantrakologie	18
Půdní sondy	23
Sonda R1	23
Sonda R3	24
Sonda R5	25
Sonda R6	26
Současná vegetace	27
Diskuze	29
Anthracomass	29
Vývoj vegetace	31
Srovnání se současnou vegetací	35
Rozdíly mezi sondami	36
Archeoantrakologie	36
Porovnání s okolím	41
Literatura	42
Přílohy	51

Úvod

Vegetace střední Evropy, jak ji známe dnes, je výsledkem dlouhodobého vývoje, během kterého byla utvářena mnoha různými vlivy a procesy. Kromě vlivů přírodních, jako jsou klima, geologické podmínky nebo mezidruhová kompetice, je velmi významný i vliv lidského osídlení. Ten od poslední doby ledové postupně vzrůstá a nabývá na významu a jeho zkoumání tak je pro poznání naší krajiny zcela zásadní. Výzkumy zabývající se vývojem krajiny a lidského vlivu na ní, nebo šířením druhů v minulosti tak nutně musí vycházet z poznatků a metod různých disciplín jak přírodovědných (ekologie, geologie, klimatologie) tak i humanitních (archeologie, historie) a lze je obecně zahrnout do oboru paleoekologie. Hlavní náplní paleoekologie je rekonstrukce vývoje prostředí v minulosti a procesů, které ho formovaly. K tomuto cíli se snaží obvykle dospět zkoumáním přírodních (případně i kulturních) archivů z konkrétního období, které poskytují různá tzv. proxy data. Ta mohou být velmi rozdílné povahy - od zbytků těl rostlin (např. pyl, rostlinné makrozbytky, fytolity) nebo živočichů (např. měkkýši, rozsivky, hlavové kapsule pakomárů) po měřené hodnoty chemických i fyzikálních veličin. Tato proxy data jsou potom samotným předmětem analýzy a zdrojem informací pro následné interpretace.

Antrakologie

Jedním z často zkoumaných typů proxy dat jsou uhlíky - fragmenty dřeva, které prošly úplnou oxidací spálením. Narozdíl od jiných paleoekologických dat je jejich velkou výhodou odolnost proti dekompozici, díky čemuž se dobře zachovávají v běžném terestrickém prostředí půd nebo archeologických kontextů (Robin et al. 2015). Jejich zkoumáním se zabývá antrakologie, která se obvykle řadí do rozsáhlejší skupiny analýzy rostlinných makrozbytků a která umožňuje hledat odpovědi na otázky týkající se zejména rekonstrukce druhového složení historické dřevinné vegetace nebo požárových událostí v minulosti. Hlavními principy antrakologické analýzy jsou taxonomická determinace uhlíků prováděná mikroskopicky na základě xylotomie, neboli znaků v anatomické stavbě dřeva, a sledování celkového množství uhlíků. Uhlíkové soubory zkoumané antrakologickou analýzou se výrazně liší podle svého původu a způsobu uložení.

První skupinou jsou uhlíky pocházející z využívání dřeva lidmi zejména jako zdroje tepla, eventuálně i jako výrobního nebo stavebního materiálu. Vznikaly vždy cílenou lidskou činností a jejich informace o zdrojové vegetaci je tak nutně ovlivněna „filtry“ na několika různých úrovních (Théry-Parisot et al. 2010A). Základním předpokladem jejich zkoumání je tzv. princip nejmenšího úsilí, který říká, že dřevo bylo sbíráno v blízkém okolí obydlí na základě dostupnosti nehledě na

taxonomickou příslušnost a tím podíly jednotlivých druhů v souboru uhlíků odráží jejich zastoupení ve vegetaci (Shackelton a Prins 1992). Tyto soubory pochází z archeologických výzkumů přímo z míst lidského osídlení a jejich zkoumání se tak nazývá archeoantrakologie. První podobně zaměřené práce vznikly už kolem poloviny 19. století a jsou tak dokonce starší než první pylové analýzy (Paysen 2012). Archeoantrakologické analýzy mohou obvykle poskytnout syntetický obrázek o dřevinné vegetaci v okolí konkrétní osady (Asouti a Austin 2005).

Druhou skupinou jsou uhlíky pocházející přímo z požárů lesních porostů jak přírodního tak lidského původu. Ty se ukládají v půdě nebo půdních sedimentech přímo v místě jejich vzniku nebo blízkém okolí a jejich zkoumání se proto nazývá pedoantrakologie. Jejich výpověď o druhovém složení lesa je, pokud vůbec, výrazně méně ovlivněna lidským jednáním. Prostorové rozmístění uhlíků v půdě je velmi variabilní a je výsledkem způsobu uložení uhlíků během požáru a případné redepozice. Redepozice může proběhnout bioturbací nebo erozní činností, a to jak krátce po požáru, tak i později po uložení do půdy. Klíčovým faktorem pro ukládání uhlíků je tudíž zejména topografie daného území, zejména sklonitost svahů (Robin et al. 2013). Obecně ale platí, že makroskopické uhlíky (větší než 0,5 mm) se ukládají velmi lokálně a dobře tedy odráží konkrétní místní podmínky i zdrojovou dřevinnou vegetaci na jemné prostorové škále. Poměrně výrazně se tedy mohou lišit i profily ve vzájemné vzdálenosti řádově v jednotkách až stovkách metrů, což bylo popsáno více studii (například Touflan et al. 2010, Dutoit et al. 2009). Experimentálně byl tento fakt potvrzen v podmínkách současného boreálního lesa, které jsou ale v požárovém režimu oproti středoevropskému temperátnímu listnatému lesu velmi odlišné (Ohlson a Tryterud 2000). Pro dobré zachycení historického druhového spektra konkrétní lokality je tak ideální zpracování více profilů v relativně těsné blízkosti (Robin et al. 2014). V porovnání s pylovou analýzou, kde je díky snadné dálkové šířitelnosti pylu prakticky vždycky přítomen i určitý těžko odlišitelný regionální prvek (například Calcote 1995), tak pedoantrakologická data reflektují vždy čistě lokální vegetaci. Nejen v našich zeměpisných šířkách v místech s alespoň dočasnou přítomností lesa a zachovanou půdou jsou uhlíky prakticky všudypřítomné (Nelle et al. 2013).

Pedoantrakologie se objevila v sedmdesátých letech 20. století a její historie je tak výrazně kratší než u archeoantrakologie (Thinon 1978 podle Nelle et al. 2013). Výraznou měrou ale stačila přispět k řešení mnoha otázek týkající se vývoje vegetace a její požárové historie. Ze spíše vegetačně zaměřených výzkumů se jedná například o zkoumání posunů horní hranice lesa v minulosti a pravděpodobného velmi brzkého lidského vlivu na ní. Takto zaměřené práce byly postupně vypracovány pro francouzské Alpy (mj. Carcaillet a Thinon 1996), švýcarské Alpy (Carnelli et al. 2004), Pyreneje (Cunill et al. 2012), Apeniny (Compostella et al. 2013) nebo Jeseníky (Novák et al. 2010). Další oblastí čerpající z pedoantrakologických dat je studium glaciálních refugií (Willis a van Andel 2004) a následné migrace dřevin z nich v době poledové (Robin et al. 2016). Ze zkoumání druhového složení půdních uhlíků je

možné odvodit i historii specifického biotopu (Poschlod a Baumann 2010, Robin et al. 2018, Novák et al. 2019B) nebo konkrétního druhu (Cunill et al. 2015, Novák et al. 2014).

Regionální vývoj vegetace

Rekonstrukce vývoje vegetace na větších prostorových měřítkách vychází převážně z poznatků pylové analýzy. I přes velmi dlouhou tradici této metody na našem území, sahající až k jednomu z jejích zakladatelů Karlu Rudolfovi na začátek 20. století, stále dochází ke zdokonalování postupů a novým poznatkům. Narůstající počet analyzovaných profilů (Kuneš et al. 2009) a aplikace pokročilých přístupů zpracování pylových dat (Sugita 2007) umožnily postupně vznik celkové studie zabývající se rekonstrukcí vegetace v měřítku celé České republiky (Abraham et al. 2016). Tato práce byla dále, po přihlédnutí k závěrům dalších paleoekologických analýz (mj. antrakologie), shrnuta do podoby syntézy současných znalostí o vývoji vegetace u nás (Kuneš a Abraham 2017). Tyto práce pracují s časovými okny dlouhými 500 let a 10 regiony o poloměru 60 km, do kterých spadají jednotlivé profily. V jednom z těchto regionů, Polabí, který zahrnuje i většinu středních Čech a Dolního Povltaví, se nacházejí i Rostoky u Prahy.

Dolní Povltaví a Polabí je svým rámcovým vývojem podobné regionům severních Čech a Jižní Moravy a naopak se výrazně liší od ostatních regionů s vyšší nadmořskou výškou. Pro raný holocén jsou rekonstruovány otevřené borové lesy s příměsí břízy na bazických nebo neutrálních nepříliš vyvinutých půdách. Tato fáze vývoje je ještě společná pro prakticky celé území dnešní ČR. Od středního holocénu (8200 BP) se klima stává vlhčím a teplejším a vegetace se začíná výrazně lišit v nížinách a vyšších nadmořských výškách. V nížinách nastupují smíšené doubravy s jasanem, lípou a příměsí jehličnanů – borovice a smrku. Půdy vykazují nejvyšší úrodnost a ekosystémy tak dosahují maximální produktivity. V nížinných regionech se ale i v tomto pro rozvoj lesů velmi příznivém období udržuje určitá proporce bezlesí. Kolem 7500 BP potom přichází první neolitické zemědělci kteří svou zemědělskou činností využívají, udržují a postupně rozšiřují přirozené bezlesí (Ložek 1973, Pokorný et al. 2015).

Polabí jako celek se oproti většině ostatních regionů výrazně nemění ani po nástupu pozdního holocénu přibližně kolem 4200 BP, stále zde dominují smíšené doubravy. Díky suchému a teplému klimatu zde oproti některým jiným nížinným oblastem nedochází ani k výraznějšímu šíření smrku. Otevřená krajina je udržována lidskou činností. Obecně dochází k nástupu buku, jedle a habru na úkor náročnějších dřevin jako lípy, jasanu nebo jilmu a ochuzování půd. Všechny tři expandující druhy byly zachyceny v antrakologickém záznamu již od neolitu (Novák et al. 2017, Kozáková et al. 2011) a proto se i přes časové a regionální rozdíly mezi nimi předpokládá umožnění nebo alespoň usnadnění jejich šíření lidskou činností. Změny popsaného charakteru ale mohly při lokálnějším pohledu na konkrétní

profil probíhat podstatně rychleji než v měřítku celého regionu – například v profilu z Tišic kolem 3100 BP v souvislosti s osídlením pozdní doby bronzové (Pokorný 2005). Přibližně od 1000 AD dominuje v pylovém záznamu z Polabí již krajina přetvořená člověkem. Nejbližší profily zahrnuté do těchto prací leží asi 17 km SZ od Roztok u Labe v okolí Neratovic, ale celkové měřítko studie je příliš široké pro postižení lokálních rozdílů v rámci tohoto rozmanitého regionu [mj. Tišice (Dreslerová et al. 2004), Kozly (Petr a Pokorný 2008), 2 profily u Chrástu (Břízová 1999 a Petr et al. 2014) pro kompletní přehled viz Abraham et al. 2016].

Od Roztok nejbližším zpracovaným pylovým profilem zasahujícím do pravěku je profil Břve (Pokorný a Van Der Knaap 2011), nacházející se asi 13 km jihozápadně od Roztok, který ale postihuje jen období přibližně od starší doby laténské (2500 BP). Z počátku zachyceného období jsou v okolí rekonstruovány již jen zbytky lesů s lípou, jilmem, bukem a lískovými křovinami v osídlené krajině. Později mizí náročnější lípa a jilm (podle dalších antropogenních indikátorů zřejmě kvůli vzrůstajícímu tlaku lidského osídlení) a následně kolem 2000 BP dominuje borovice ukazující na živinově chudé otevřené lesy. V raném středověku dochází k částečnému návratu lesa a útlumu lidského vlivu, jak ukazují maxima křivek dubu a jedle a přibývání například pylu buku nebo lísky (Novák et al. 2012).

S výjimkou profilu Břve jsou prakticky všechny analyzované profily lokalizované v přímém sousedství řeky Labe, kde se často jedná o stará ramena řeky nebo okolní mokřady. Ve vyšších nadmořských výškách sprašové planiny jsou podmínky pro zachování pylu podstatně horší a delší záznam z pravěku zde chybí. Pylový profil, který poskytl kontinuální záznam celého holocénu, se nachází až v lokalitě Zahájí asi 32 km SZ od Roztok, v již dosti odlišném regionu dolního Poohří. Ten byl použit jako jeden z dokladů pro kontinuální existenci bezlesí během holocénu a zároveň ukázal brzký lidský vliv na krajinu, ale pro rekonstrukci lokálního vývoje lesa je příliš vzdálený (Pokorný et al. 2015). Při porovnání výše zmíněných profilů lze v rámci společného celkového vývoje zaznamenat výrazné lokální rozdíly (Pokorný 2005).

Dosavadní antrakologický výzkum ve středních Čechách je omezen výhradně na archeoantrakologické soubory. Největší z nich pochází z výzkumu hlavně raně středověkého sídliště kultury pražského typu (KPT) přímo v Roztokách (Novák et al. 2012), který zasahuje do většiny období pravěku a je podrobněji zahrnut a rozebrán dále v této práci. Prakticky ze stejného území přímo v Roztokách pochází i starší analýzy menších souborů datovaných do neolitu (Opravil 1991) a dob bronzové a římské (Opravil 1988). Z výsledků starších výzkumů sídliště KPT v Roztokách vychází i první pokus o rekonstrukci krajiny v jeho okolí (Sádlo a Gojda 1994). Tato práce vychází z analýzy rostlinných makrozbytků včetně uhlíků (v malé míře i pylu) a na základě analogií se současnou vegetací popisuje vývoj vegetace od raného středověku po současnost. Z dalších publikovaných antrakologických studií z bližšího okolí lze jmenovat výzkum

z Hostivic mladší doby bronzové (Beneš a Přikrylová 2008) nebo výzkum časně laténského sídliště v Chržíně (Novák 2007). I přes lokální a časové rozdíly, je základním společným jmenovatelem všech těchto souborů dominance dubu a výrazné zastoupení borovice jakožto druhého nejčastějšího druhu. Zastoupení ostatních druhů už se poměrně výrazně liší mezi jednotlivými lokalitami a obdobími. Existuje i široký přehled pro celou Českou republiku spolu s celkovým pojednáním o využití lesů v pravěku z různých pohledů (Dreslerová 2012).

Lidský vliv

Lidský vliv na krajinu, který se může projevovat mnoha různými způsoby, sice během historie postupně vzrůstá, ale zdaleka se nejedná o pravidelný a konstantní proces. V našich podmínkách byla hlavním způsobem lidského přetváření krajiny postupná redukce lesa ve prospěch zemědělsky využívané krajiny. První v pylovém záznamu zachytitelný vliv lidské činnosti v krajině je u nás v některých regionech popsán pro období mezolitu (10 000 až 7000 BP) v raném holocénu (Kuneš et al. 2008, Svoboda et al. 2018). Tehdejší převážně borové lesy podle koncentrací uhlíků často hořely přirozeně, ale předpokládá se i možnost vypalování cíleného. Udržování otevřenější krajiny mohlo favorizovat lísku, která byla v mezolitu důležitou součástí obživy (Dreslerová 2012, Holst 2010). Zlomovým bodem je později příchod prvních zemědělců kultury s lineární keramikou, kdy jsou poprvé zachyceny indikátory pastvy i pěstování obilovin (Kočár a Dreslerová 2010, Pokorný et al. 2015). Od této doby se předpokládá, že naprostá většina požárů byla lidského původu (Robin et al. 2014). Tento fakt je podpořen i absencí požárů v neosídlených oblastech, například v nižších horách ČR trvající až do středověku (Bobek et al. 2018B).

I nadále sice docházelo k minimálně občasnému vypalování, ale dominantním faktorem způsobujícím odlesnění byl chov dobytka. Ten se v lesích pravděpodobně nejvíce projevoval dvěma způsoby – přímou pastvou v lesích a získáváním letniny (větví) jako krmiva (Rasmussen 1993). Dalším typem managementu lesů bylo hlavně získávání dřeva na otop, ale i pro stavbu nebo výrobu (Asouti a Austin 2005). Konstrukční dřevo se získávalo občasnou těžbou celých stromů, dřevo na drobnější výrobky spíše osekáváním (coppicing - pařezení, pollarding) menších částí stromů, které byly zachovány pro regeneraci a další budoucí využití (Rackham 1994, Dreslerová a Sádlo 2000). Celkový vliv na lesy byl spíše pozvolného a dlouhodobého charakteru a vytvářel rozmanitou mozaiku s difúzními a proměnlivými hranicemi jednotlivých porostů. Výrazně intenzivnější a cílenější způsoby využití lesa nastoupily až později během středověku a zejména zavedením cíleného lesního hospodaření v novověku.

Cíle práce

Cílem této práce je zhodnotit vývoj dřevinné vegetace v okolí dlouhodobého lidského osídlení v pravěku a raném středověku na příkladu okolí sídliště v Roztokách u Prahy ve středních Čechách. Hlavní použitou metodou je antrakologická analýza. Doposud provedené výzkumy, na které tato práce navazuje a snaží se dále rozšířit jejich závěry, se zabývaly mimo jiné uhlíkovým souborem získaným během archeologických výzkumů sídliště. Na jejich základě byla rekonstruována vegetace v jednotlivých obdobích pravěku a raného středověku s důrazem na období kultury pražského typu (Novák et al. 2012, Novák 2012 nepubl.). Celkově patří tento soubor uhlíků počtem jednotlivých taxonomických určení k nejrozsáhlejším analyzovaným souborům archeologického původu ve střední Evropě (Novák 2018, ústní sdělení) a poskytuje tak unikátní možnosti pro navázání dalších výzkumů. Archeoantrakologické soubory jsou vždy do určité míry ovlivněny lidským jednáním v podobě cíleného sběru dřeva na otop nebo pro stavební účely a poskytují tak celkový syntetický pohled na vegetaci v okolí sídliště (Théry-Parisot et al. 2010A).

Nově získaný uhlíkový soubor z půdních sond naopak umožňuje detailní lokální pohled na druhové složení okolního lesa a jeho změny na velmi lokálním měřítku, tedy v podstatě pohled přímo na zdrojové území pro sběr dřeva, ze kterého vznikl archeoantrakologický soubor. Prostorové rozlišení tohoto přístupu je tak výrazně detailnější. Jedná se o vůbec první pedoantrakologickou studii ve středních Čechách. Rekonstruované druhové složení a zejména zastoupení světlomilných dřevin v jednotlivých uhlíkových spektrech umožňuje zachytit míru antropogenního ovlivnění lesa v okolí sídliště, případně jeho rozsah v závislosti na vzdálenosti a přístupnosti konkrétních míst od sídliště. Porovnáním obou souborů je možné poukázat na případné v archeoantrakologickém souboru nadhodnocené selektivně vybírané druhy nebo druhy importované z větší vzdálenosti. Lokální pohled pedoantrakologie umožňuje i popsání vlivu lokálních podmínek v místech jednotlivých sond (zejména svažitosti, orientace, polohy vzhledem k svahu a vzdálenosti od osídlení) na složení konkrétních uhlíkových spekter i jejich tafonomii, pro další vyjádření současných podmínek byla změřena hloubka půdního A horizontu.

Dalším z cílů je zjistit případnou podobnost nebo návaznost současné vegetace na lokalitě na vegetaci historickou. U uhlíkových spekter ze svrchních částí půdních sond lze hypoteticky očekávat druhové složení podobnější současné dřevinné vegetaci než v hlubších vrstvách. Za účelem tohoto porovnání byl v okolí každé sondy proveden standardní fytocenologický snímek se zvláštním důrazem na dřeviny. Fytocenologické snímky byly využity k popisu současných environmentálních podmínek na lokalitě pomocí Ellenbergových indikačních hodnot (Ellenberg et al. 1991, Chytrý et al. 2018).

Paralelní využití uhlíků z archeologických kontextů i půdy v rámci výzkumu jedné lokality je inovativním, ale potenciálně slibným přístupem, který byl do současnosti využit prakticky jen ve dvou případech (Novák et al. 2017, Novák et al. 2019A).

Základní otázky této práce jsou:

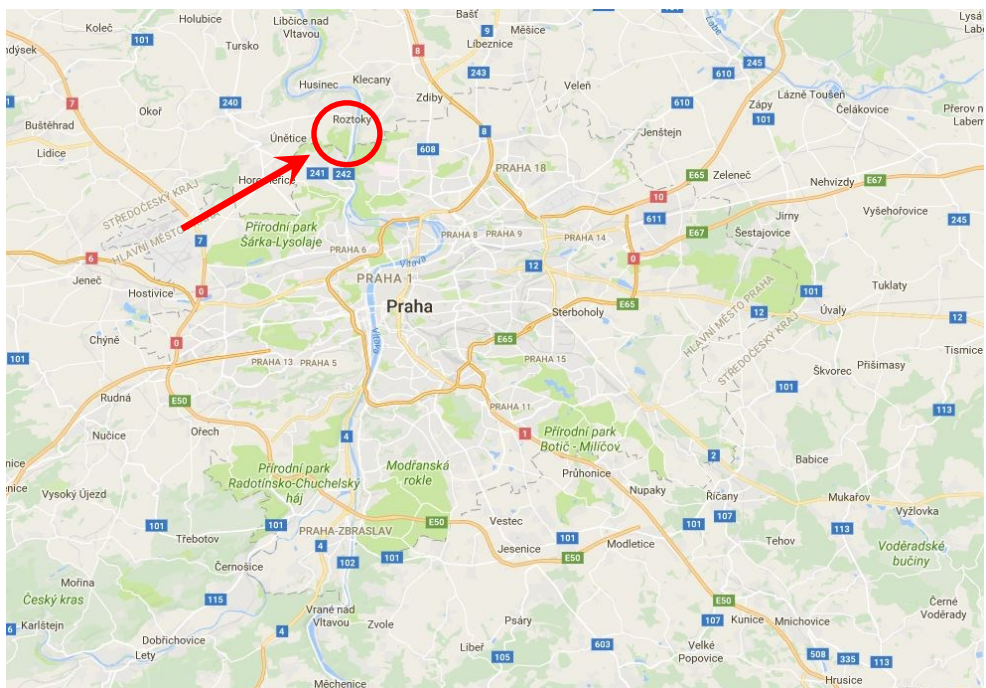
- 1) Jakým způsobem se vyvíjela dřevinná vegetace v okolí roztockého sídliště během pravěku a raného středověku z pohledu antrakologické analýzy?
- 2) Existují podobnosti nebo rozdíly mezi druhovými spektry zachycenými pedoantrakologií a archeoantrakologií?
- 3) Do jaké míry se druhová spektra obou souborů podobají současné dřevinné vegetaci?

Metodika a materiál

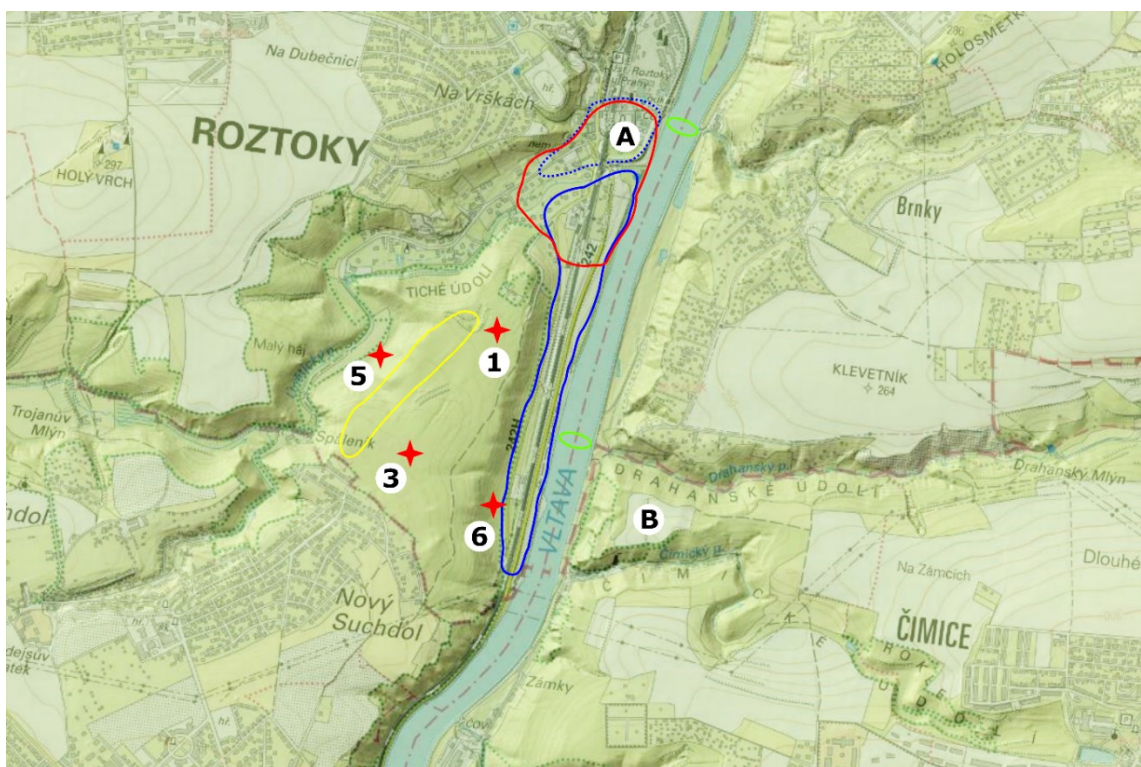
Lokalita

Základní popis

Studované území se nachází ve středních Čechách, na levém břehu Vltavy na severním okraji Prahy. Formálně se nachází těsně za severní hranicí Velké Prahy. Jedná se o oblast hlavně na pravém (jižním) břehu Únětického potoka těsně nad jeho ústím do Vltavy v katastrálním území Roztoky u Prahy (okr. Praha-západ). Zkoumané území se nachází na vyvýšené plošině ležící mezi údolími Vltavy a Únětického potoka, ale zasahuje i na dno obou těchto údolí. Z jihu je vymezeno zástavbou severního okraje Suchdola. Nadmořská výška se pohybuje od 176 m n. m. na hladině Vltavy po 265 m n. m. v horní části Roztockého háje. Průměrná roční teplota dosahuje 9 – 10°C a roční srážkový úhrn je 500 – 550 mm (1981-2010, ČHMÚ 2019). Území z převážné části spadá do přírodní rezervace Roztocký háj – Tiché údolí.



Obrázek 1: Celková mapa regionu (Podklad: Google Maps, Google)



Obrázek 2: Orientační plán zkoumaného území. 1, 3, 5 a 6 – polohy pedoantrakologických sond. A: zámek - centrum obce, B: hradiště Zámka. Červeně – pravěké osídlení, žlutě – pravěké pohřebiště, modře – sídliště KPT (tečkovně předpokládaná severní část), zeleně – možná místa brodů. (Podklad: ČÚZK 2017)

Geologie a geomorfologie

Zkoumaná oblast spadá do geomorfologického celku Pražské plošiny, podcelku Kladenské tabule, na východní okraj okrsku Turské tabule (Demek 1987). Jejím hlavním utvářejícím faktorem je řeka Vltava spolu s jejím levostranným přítokem, Únětickým potokem. Horninový podklad stratigraficky řazený do kralupsko-zbraslavské skupiny je tvořen drobny a prachovci proterozoického stáří a vystupuje na povrch zejména na prudkých svazích obou údolí. V blízkém okolí se vyskytují i břidlice a výchozy buližníků. Plošina ležící mezi údolními je překryta kvarténními sedimenty. V severní části jsou to fluviální štěrko-pískové sedimenty původní terasy z období středního pleistocénu (mindelský glaciál), zatímco v jižní části eolické spraše a sprašové hlíny svrchně pleistocenního stáří. Dna údolí a paty svahů tvoří holocenní fluviální a svahové sedimenty (Česká geologická služba 2014). Sídliště je situované na dně údolí, v dlouhém a úzkém prostoru sevřeném z východu tokem řeky a ze západu prudkými svahy kaňonovitého údolí. Rozkládá se na říčních terasách označovaných jako IVa (veltruská) a IVb (maninská) a je překryta pleistocenními overbank sedimenty (Kuna et al. 2013).

Na většině lokality (horní plošina a svahy) převažují kambizemě, zejména modální a v menším rozsahu arenické. Dna obou údolí pokrývají nivní hlíny. Ve vzdálenějších a vyšších partiích plošiny už mimo zájmové území převládají hnědozemě a černozemě na spraších (Česká geologická služba 2012, Česká zemědělská univerzita 2014).

Historie osídlení

Širší okolí Roztok u Prahy patří do tzv. staré sídelní oblasti a je tak jednou z nejdéle osídlených oblastí u nás. Zároveň se jedná o území archeologicky velmi významné a relativně dobře probádané. Nejstarší doklady osídlení pochází ze staršího paleolitu z prostoru mezi Suchdolem a Úněticemi (Fridrich 1997). Další doklady existují i pro následující úseky paleolitu například ze Sedlece (Kovanda et al. 2001), naopak pro mesolit nejsou známé žádné nálezy. Od kultury s lineární keramikou na počátku neolitu už je osídlení prakticky kontinuální a archeologické nálezy, které ho dokládají, jsou podstatně hojnější. Detailnější popis následujícího historického vývoje regionu by výrazně přesáhnul potřeby této práce, ale některé významné body nelze opomenout. V blízkém okolí se nachází dvě eponymní archeologická naleziště, podle kterých byly pojmenovány jim příslušné kultury. První z nich spadá do období eneolitu a je pojmenovaná po výšinném sídlišti na kopci Řivnáč na severním okraji Žalova, dnes součásti Roztok. Druhou je potom únětická kultura starší doby bronzové, pojmenovaná podle obce, na jejímž katastru se eponymní pohřebiště nachází. Autorem výzkumů na obou lokalitách byl lékař Čeněk Rýzner na konci 19. století, který žil v Roztokách a zkoumal i další místa v jejich okolí – mimo jiné také významné středověké slovanské hradiště Levý Hradec dnes na severním okraji Roztok (Mikešová 2014).

Ve zkoumaném území samotném se nachází dvě hlavní archeologické lokality – polykulturní sídliště na soutoku Únětického potoka a Vltavy pokračující v dlouhém pásu podél břehu řeky směrem k jihu a mohylové a žárové pohřebiště přímo v Roztockém háji. Pohřebiště skládající se kromě žárových hrovů původně asi z 50 mohyl, se rozkládalo po velké části Roztockého háje ze severu od bývalé výletní restaurace Velký Háj (dnes u samoty V Háji) až na jih v podstatě na okraj Suchdola, spíše v části plošiny nad údolím Únětického potoka. Hroby byly zkoumány jedním z prvních českých archeologů Václavem Kromusem kolem poloviny 19. století. Na základě omezených možností těchto výzkumů je pohřebiště dnes datováno zejména do celého průběhu doby bronzové, s přesahy do eneolitu a časného laténu (Sklenář 2008). Do dnešní doby se z mohyl dochovaly jen nepatrné zbytky v jižní části území.

Plocha polykulturního sídliště se nachází na celkové ploše cca 22 hektarů (Kuna et al. 2012). Jedná se zejména o prostor na obou březích Únětického potoka v okolí jeho ústí do Vltavy a potom o dlouhý úzký pás sledující levý břeh Vltavy proti proudu směrem k jihu, který končí až na okraji Sedleckých skal na úrovni ostrožny Zámka s hradištěm na protějším pravém břehu. Tato část až do doby stavby silnice a železnice v 19. století neumožňovala plynulý průchod dále k jihu, kde skály spadaly přímo do řeky. Je zde nutné počítat s fungováním minimálně jednoho brodu pro přechod řeky, ale jeho polohu lze jen velmi obtížně dokázat a je tedy spíše otázkou spekulací. Jižní část území byla osídlena téměř výhradně kulturou pražského typu, prvními Slovany na našem území v raném středověku v 6. a 7. století. Naopak okolí Únětického potoka bylo osídleno prakticky kontinuálně od neolitu po středověk a vlastně až současnost. Archeologicky bylo území ve větším rozsahu zkoumáno od 80. let a to několikrát, se zaměřením na různá místa a různá období. Hlavní komponenty osídlení jsou datovány do neolitu (Kuna 1991, Sankot 1991, Rulf 1991 a další), mladší doby bronzové (Kuna et al. 2012) a raného středověku (Kuna et al. 2005, Kuna et al. 2013, Novák et al. 2012 a další). V menším množství byly prozkoumány objekty i z dalších období (například Sankot a Kuna 2015).

Pro tuto práci je zásadní zejména plošně rozsáhlý archeologický výzkum z let 2006 – 2010, který proběhl před výstavbou nové silnice v jižní části lokality a byl zaměřen zejména na období pražské kultury. Díky svému velkému rozsahu ale zachytil v určité míře objekty prakticky ze všech období osídlení. Jeho podstatnou součástí byl i systematický sběr ekofaktů včetně uhlíků (Kuna et al. 2013, Novák et al. 2012). Takto byl získán velmi rozsáhlý soubor archeoantrakologických uhlíků, který je jedním z největších souborů tohoto typu ve střední Evropě.

Sídliště se rozkládalo v celém prostoru na jih od Únětického potoka s tím, že největší hustota zachycených objektů byla v jižní části proti ostrožně Zámka s pravěkým a raně středověkým hradištěm. Jednotlivých domů KPT bylo zachyceno kolem 300, přičemž předpoklad jejich celkového počtu dosahuje 500-600. Pokud ale sídliště pokračovalo i na levém břehu Únětického potoka do míst v okolí

dnešního zámku, což je podle novějších objevů velmi pravděpodobné, mohl být celkový počet ještě výrazně vyšší. Počtem obytných objektů se jedná o zdaleka největší známé sídliště této kultury, ale kvalitativně překvapivě nijak nevyčnívá – bylo zachyceno pouze standardní množství specializovaných objektů nebo luxusních předmětů jako na jiných lokalitách ze stejného období. Zajímavá je také v porovnání s velikostí relativně krátká doba fungování sídliště KPT, která je odhadována na 120-150 let.

Ze závěrů analýz ekofaktů lze zmínit alespoň dvě hlavní zjištění dále přispívající k poznání charakteru sídliště. Z rozboru osteologického materiálu (Kovačiková 2013 in Kuna et al.) vyplývá, že oproti obvyklému stavu byla v Roztokách velmi rozšířena prasata. Analýza rostlinných makrozbytků potom zachycuje velké zastoupení prosa a celkově absenci odpadních produktů zpracování plodin, které tedy musely být zpracovávány a čištěny někde jinde (Kuna et al. 2013). Z obou těchto závěrů lze usuzovat, že se jednalo o osadu určitým způsobem odlišnou od běžných zemědělských osad. Příčiny a specifika těchto odlišností ale nejsou jasně zjištěny a jsou předmětem spekulací.

Současná vegetace

Prakticky celá zkoumaná plocha Roztockého háje je zalesněna. Zdaleka největší rozsah zaujímají dubohabřiny a acidofilní doubravy. Dubohabřiny (svaz *Carpinion betuli*) se nachází hlavně ve východní části plošiny a na svahu nad Vltavou, zatímco suché acidofilní doubravy (svaz *Quercion roboris*) pokrývají spíše západní část území, kde se na některých exponovanějších skalnatých místech duby vyskytují až v zakrslé formě dohromady s borovicí. Dominantními druhy jsou duby (*Quercus robur* a *petrea*) a habr (*Carpinus betulus*). V menším množství se vyskytují babyka (*Acer campestre*), jasan (*Fraxinus excelsior*), lípa (*Tilia cordata*) a borovice lesní (*Pinus sylvestris*). Lesnické zásahy v minulosti v podobě výsadeb dokazuje běžný výskyt nepůvodních druhů dřevin jako modřín (*Larix decidua*), dub červený (*Quercus rubra*) nebo douglaska (*Pseudotsuga menziesii*). Maloplošně a spíše v západní části přírodní rezervace už mimo zkoumané území se vyskytují zbytky vřesovišť nebo úzkolistých suchých trávníků na hranách prudkých svahů nad údolím Únětického potoka (AOPK 2016, Kubíková a Molíková 1980, Chytrý 2013).

Potenciální přirozenou vegetací jsou černýšové dubohabřiny (*Melampyro nemorosi-Carpinetum*) na plošině a jilmové doubravy (*Quercus-Ulmetum*) v nižší části kolem Vltavy. V okolí jsou dále rekonstruovány lipové doubravy (*Tilio-Betuletum*) v některých vzdálenějších částech plošiny a břekové doubravy (*Sorbo torminalis-Quercetum*) na prudkých skalnatých svazích východní strany kaňonu Vltavy (Neuhäuslová et al. 1998).

Pro zachycení současné vegetace byl v okolí každé ze sond vypracován standardní fytoocenologický snímek o ploše 200 m². Snímky jsou čtvercové, vycentrované přímo na sondu a orientované stranami vzhledem k hlavním světovým stranám. Pro vyjádření pokryvnosti byla použita Braun-Blanquetova stupnice (Westhoff a Van der Maarel 1978) i stupnice procentuální. Z dat z fytoocenologických snímků bylo poté vyjádřeno poměrné zastoupení druhů dřevin v keřovém a stromovém patře za účelem porovnání s uhlíkovým spektrem. Juvenily dřevin v bylinném patře byly v tomto ohledu zanedbány. Pro ověření odhadu pokryvnosti stromového patra byl vypočítán zástin pomocí aplikací CanopyApp (University of New Hampshire 2018) a CanopyCapture (Nikhil Patel 2018). Fotografie pro analýzu byly pořízeny v každé ze čtvrtin fytoocenologického snímku na úhlopříčkách od rohů sondy.

Uhlíky

Pedoantrakologické soubory byly získány ze čtyř ručně kopaných půdních sond (kódové označení v textu: R1, R3, R5 a R6). Na základě topografie, lokálního reliéfu a vzdálenosti od sídliště byly sondy umístěny tak, aby charakterizovaly významnou část studované lokality. Dalším kritériem výběru umístění sond byl odhad vhodnosti pro pedoantrakologickou analýzu. Takto byla vybrána místa s předpokládanou absencí výraznější erozní činnosti - v praxi místa na rovině nebo mírném svahu se sklonem maximálně 5°. Druhou možností jsou naopak místa s převládající akumulací materiálu - koluviální depozity na úpatí svahů. Dále se jedná o místa bez zjevných známek terénních úprav nebo disturbancí (vývraty), ideálně bez minulé intenzivní zemědělské činnosti a v rámci běžně dostupných historických mapových pramenů s doloženou přítomností lesa. Dvě sondy byly umístěny na horní plošině a po jedné pod úbočím svahu v každém z údolí. U každé sondy byly zaznamenány lokální abiotické podmínky – sklon svahu měřený digitální vodováhou, orientace, poloha vzhledem ke svahu (půda/kolumium) a vzdálenost od centra Roztok jakožto předpokládaného centra pravěkého sídliště. Pro vyjádření mocnosti půdního A horizontu byla použita průměrná hodnota ze třech mikrovrypů a měření v rámci kruhu o poloměru 4 metry od středu sondy.

Sondy měly rozměr 1x1 metr s výjimkou sondy R6 o rozměrech 40x160 cm. Sondy byly pojmenovány kódy R1, R3, R5 a R6. U každé sondy byla zaměřena GPS poloha (WGS84), byla provedena obrazová dokumentace a popis půdního profilu. Sondy byly vykopány do technicky dosažitelné hloubky kolem 1 metru (vyjma sondy R3 do 50 cm), přičemž spodní části půdního profilu byly u všech sond již monotónní. Po odstranění svrchní hrabanky a opadu (cca 5 cm) byl z každé mechanické vrstvy o hloubce 10 cm odebrán vzorek půdy o objemu 10 l. Každý vzorek (=vrstva) byl pojmenován kódem sondy a číslem vzrůstajícím s hloubkou (např. R1-1, R1-2, R5-3 atd.). Vzorek R1-2 tak pochází z hloubky 10-20 cm sondy R1, vzorek R5-3 z hloubky 40-50 cm ze sondy R5 atd.

Vzorky byly po převezení do laboratoře sušeny v sušárně (60° C do úplného usušení), zváženy a poté namočený a proplaveny tekoucí vodou na sítu s velikostí oka 1 mm. Ze zbylé frakce byly po opětovném usušení uhlíky vybrány ručně pinzetou za pomoci binolupy. Taxonomická determinace proběhla na metalografickém mikroskopu s odraženým světlem (Jenatex Inspection, Carl Zeiss Jena, zvětšení 200 až 500krát) nebo binokulární lupě (Leica S9E, zvětšení 40 až 220krát) za použití srovnávací sbírky a určovacích klíčů (Schweingruber 1978, Benkova a Schweingruber 2004, Schoch et al. 2004). Určovací xylotomické znaky jsou pozorovány ve třech různých rovinách – transversální, radiální a tangenciální. Obvykle je nutné pozorování na čerstvých lomných plochách, které se tvoří buď ručním lámáním nebo za pomoci žiletky. V některých případech bylo určení možné i přímým pozorováním bez lámání. Méně početné vzorky, kterých je většina, byly zanalyzovány kompletně, u několika bohatších vzorků bylo pozitivně určeno minimálně 50 uhlíků.

Kromě zaznamenání taxonomické příslušnosti každého uhlíku jsou uhlíky hromadně váženy a počítá se tzv. anthracomass (Carcaillet a Thinon 1996). „Specific anthracomass“ se používá jako standardní způsob vyjádření množství uhlíků a počítá se jako poměr váhy separovaných uhlíků v miligramech a celkové suché váhy odpovídajícího objemu odebrané půdy. Dále se rozlišují SAL (L – layer, level), která vyjadřuje množství uhlíků vzhledem k suché váze celého vzorku půdy z dané vrstvy. Používá se tak k porovnání množství uhlíků mezi vrstvami (vzorky) v rámci jednoho profilu (sondy). Součet SAL pro všechny vrstvy daného profilu se potom označuje jako SAP (P – profile). Jako SAT (T – taxon) se označuje poměr váhy uhlíků příslušejícím konkrétnímu taxonu k celkové váze uhlíků daného vzorku a umožňuje porovnání množství uhlíků mezi druhy.

Určení je možné provést s různou taxonomickou přesností podle toho, jak dobře jsou pro konkrétní taxon popsány rozlišovací anatomické znaky a kolik druhů přichází v daných nálezových podmínkách v úvahu. V některých případech je tak možné určení až na úroveň druhu (např. jedle bělokorá), někdy jen na úroveň například podčeledi (*Pomoideae*) nebo dvojice anatomicky velmi podobných druhů z jiných rodů (smrk/modřín, vrba/topol). Pro celkový přehled viz výše citované určovací klíče.

Dále byly uhlíky rozříděny do velikostních kategorií (<2 mm, 2-3 mm, 3-5 mm a >5 mm) a spočítány pro vyjádření celkové míry fragmentace.

Datování

Celkem 6 vzorků bylo vybráno pro datování AMS (Accelerator Mass Spectrometry) radiokarbonovou metodou. Finančně náročné AMS datování bylo financováno z projektu GAČR číslo 19-14292S. Ze sondy R6 byly datovány dva vzorky, jinak připadá na každou sondu jedno datování. Uhlíky pro datování byly vybírány ze vzorků, které poskytly dostatečné množství materiálu. Kvůli značné fragmentaci uhlíků

celkově nebylo možné vybrat vždy jeden konkrétní uhlík, který by dosahoval dostatečné váhy pro datování (2-5 mg). Vybráno bylo proto vždy několik fragmentů příslušejících stejnému druhu dřeviny tak, aby dohromady dosáhly na požadované množství. Vzorky byly poslány do Poznan Radiocarbon Laboratory. Kvůli přehlcenosti laboratoře a více jak dvojnásobnému čekacímu času než obvykle nebyly bohužel výsledky obdrženy včas do termínu odevzdání této práce.

Vzorek	Druh	Počet uhlíků
R1-8	<i>Carpinus betulus</i>	5
R3-5	<i>Quercus</i>	4
R5-5	<i>Quercus</i>	3
R5-10	<i>Betula</i>	2
R6-5	<i>Quercus</i>	6
R6-9	<i>Quercus</i>	4

Tabulka 1: Přehled vzorků zaslaných na AMS radiokarbonové datování

Statistická analýza a vizualizace

Statistická analýza a její výstupy byly provedeny v programu Canoco 5 (ter Braak a Šmilauer 2012). Hlavní gradienty ve druhovém složení uhlíkových spekter byly vizualizovány pomocí analýzy hlavních komponent (PCA). Z analýz byly vyloučeny nereprezentativní vzorky (vrstvy) s počtem určení menším než 10. Procentuální data byla logaritmicky transformována a centrována podle druhů. Analýza byla provedena napřed jen s pedoantrakologickými daty, následně do ní byly zaneseny proměnné prostředí popisující lokální podmínky. Druhá analýza PCA byla provedena dohromady s archeoantrakologickými daty v podobě souhrnné taxonomické skladby uhlíků pro jednotlivá období. Grafy a diagramy byly vytvořeny v programech Tilia (verze 2.1.1, Grimm 2016) a Excel (Microsoft Office).

Archeoantrakologie

Soubor uhlíků byl získán během archeologického výzkumu v letech 2006 – 2010 a analyzován J. Novákem. Výsledky analýzy byly publikovány zatím jen částečně (Novák et al. 2012, Novák 2013 in Kuna et al.) a v této práci jsou z nich využity souhrnné taxonomické skladby uhlíků pro jednotlivá období. Ty vstupují do jedné ze statistických analýz a jsou využity pro srovnávací vegetační rekonstrukci v kapitole Diskuze.

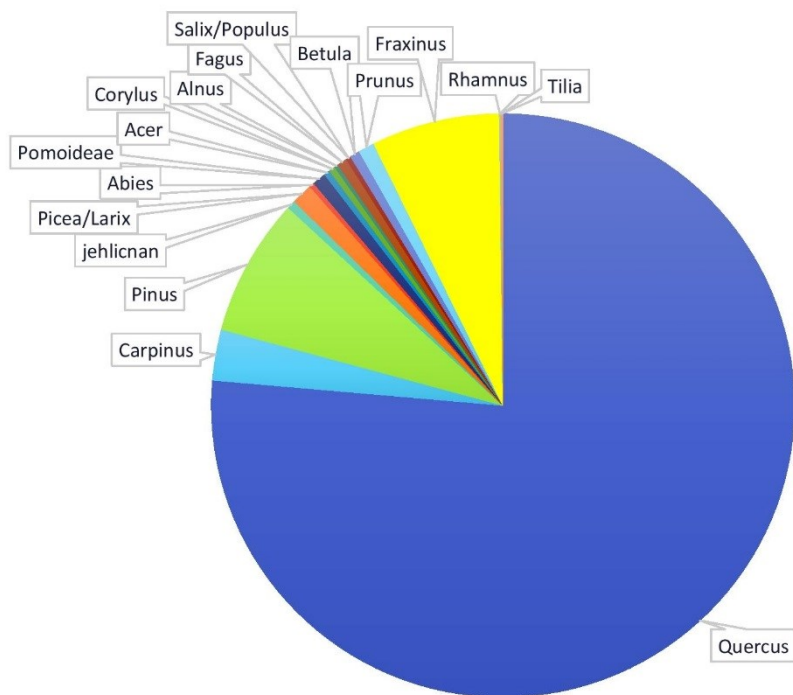
Archeoantrakologie v okolí

Data z archeoantrakologických výzkumů v okolí poskytl J. Novák z připravované antrakologické databáze. Jedná se o data publikovaná minimálně v podobě nálezových zpráv pocházející z širšího okolí Roztok včetně Prahy. Z nich byla provedena excerpce dat a byly vypracovány souhrnné diagramy pro jednotlivá období. Pro eneolit se jedná o tyto lokality: Hostivice – Litovice (nálezová zpráva č. 12/12, 99/05, 2005), Vliněves: (Dobeš et al. 2011), Praha – Miškovice (Erneé et al. 2007) a Praha – Lysolaje (Opravil 1984, Opravil 1988). Pro dobu bronzovou: Tuchoměřice (Kočár a Kočárová 2007), Hostivice (Beneš a Přikrylová 2008), Kněžves (Kočár a Mihályiová 2011), Dřevčice: (Němcová et al. 2009), Vinoř (nálezová zpráva, 2011, analyzoval J. Novák) a přímo Roztoky u Prahy (Opravil 1988). Pro dobu železnou: Praha – Miškovice (Erneé et al. 2007), Dolní Břežany (Opravil 1989 in Čižmář 1989), Dolní Břežany – Závist: (Slavíková-Veselá 1950, Opravil 1989 in Čižmář 1989, Beneš 2006), Mělník náměstí Míru (Meduna et al. 2013) a Praha - Hostavice 2 (Čulíková 2008 in: Venclová et al. 2008). Pro dobu římskou: Mlékojedy (Opravil 1988), Roztoky u Prahy (Opravil 1988) a Ořech (Opravil 1988). Pro dobu stěhování národů se jedná jedinou lokalitu Praha – Zličín (Šálková et al. 2016). Tato kapitola je dále uvedena až v části Diskuze.

Výsledky

Pedoantrakologie

Zpracovaný soubor pochází ze 4 půdních sond a tvoří ho 35 vzorků (= vrstev). Pozitivně taxonomicky určeno bylo celkem 1453 jednotlivých uhlíků příslušejících 17 taxonům. 1084 uhlíků nebylo možno určit kvůli absenci anatomických znaků. Zcela dominantním druhem je dub (*Quercus*) tvořící přibližně tři čtvrtiny celého souboru (76.3 %). Dalšími v pořadí jsou borovice (*Pinus*, 7.6 %) a jasan (*Fraxinus*, 7.1 %). Jednoprocentní hranici překračují už jen habr (*Carpinus*, 2.8 %) a smrk/modřín (*Picea/Larix*, 1.2 %) a blíží se k ní slivoň (*Prunus*, 0.9 %) a *Pomoideae* (0.8 %). Všem ostatním taxonům (*Abies*, *Acer*, blíže neurčený jehličnan, *Corylus*, *Alnus*, *Fagus*, *Salix/Populus*, *Betula*, *Rhamnus* a *Tilia*) připadá jen maximálně 10 určení a pohybují se tak pod hodnotou půl procenta.



Obrázek 3: Procentuální zastoupení počtů určení jednotlivých taxonů v celém pedoantrakologickém souboru. (Quercus: 76.3, Carpinus: 2.8, Pinus: 7.6, jehlicnan: 0.5, Picea/Larix: 1.2, Abies: 0.3, Pomoideae: 0.8, Acer: 0.3, Corylus: 0.3, Alnus: 0.2, Fagus: 0.6, Salix/Populus: 0.3, Betula: 0.6, Prunus: 0.9, Fraxinus: 7.1, Rhamnus: 0.1, Tilia: 0.1)

Celkově uhlíkový soubor vykazuje vysokou míru fragmentace - početně výrazně největší část souboru tvoří uhlíky nejmenší velikostní kategorie menší než 2 mm, zastoupení uhlíků větších než 5 mm je minimální. Uhlíky se tak často pohybují na hranici možností taxonomické determinace.

	<2 mm		2-3 mm		3-5 mm		>5 mm	
	%	počet	%	počet	%	počet	%	počet
R1	79.6	378	16.4	78	3.8	18	0.2	1
R3	65.6	853	29.0	377	4.5	59	0.8	11
R5	67.7	1879	29.3	815	2.8	78	0.2	5
R6	84.3	1460	10.8	187	4.3	75	0.5	9
Celkově	72.7	4570	23.2	1457	3.7	230	0.4	26

Tabulka 2: Přehled procentuálního zastoupení počtu uhlíků ve velikostních kategoriích

Počty zachycených taxonů i jejich poměry se výrazně liší mezi jednotlivými sondami. Sonda R1 vykazuje podobné zastoupení dubu a borovice jako dominant a největší podíl habru ze všech sond. Sondě R3 dominuje dub a je nejchudší počtem taxonů. V sondě R5 má největší zastoupení dub, na druhém místě je jasan a sonda je taxonově nejbohatší. V sondě R6 opět výrazně dominuje dub a s velmi výrazným odstupem následují borovice a slivoň. Přehledový graf se nachází v kapitole Diskuze (Obrázek 14).

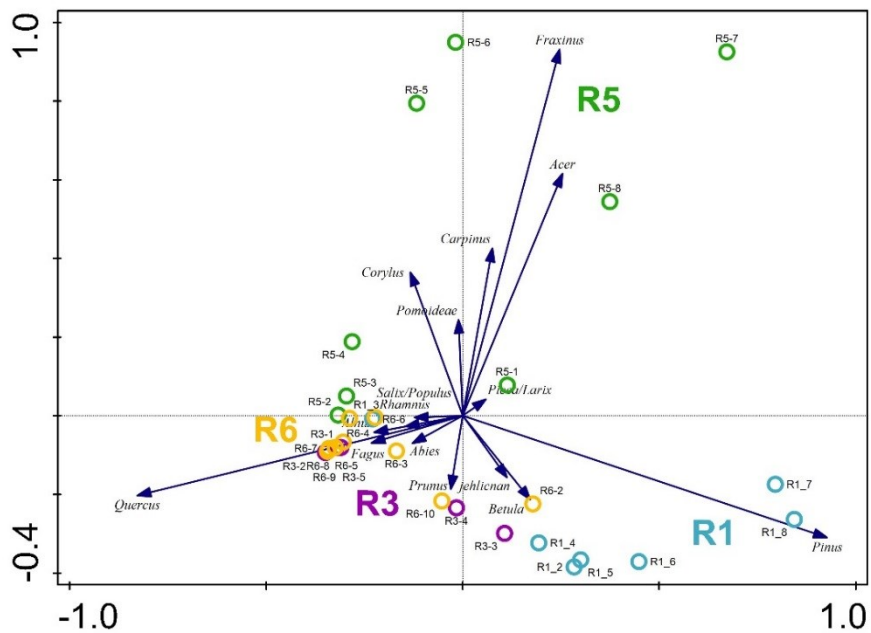
	Quercus	Carpinus	Pinus	jehlicnan	Picea/Larix	Abies	Pomoideae	Acer	Corylus	Alnus	Fagus	Salix/Populus	Betula	Prunus	Fraxinus	Rhamnus	Tilia
R1	83	27	66	1	1							1	1	2		1	
R3	547	3	12	3							2						
R5	218	7	17	3	16		6	5	3	2	1	1	2		103		2
R6	261	4	16			4	5		2	1	5	2	5	11			
sum	1109	41	111	7	17	4	11	5	5	3	8	4	8	13	103	1	2

Tabulka 3: Počty určení taxonů v půdních sondách

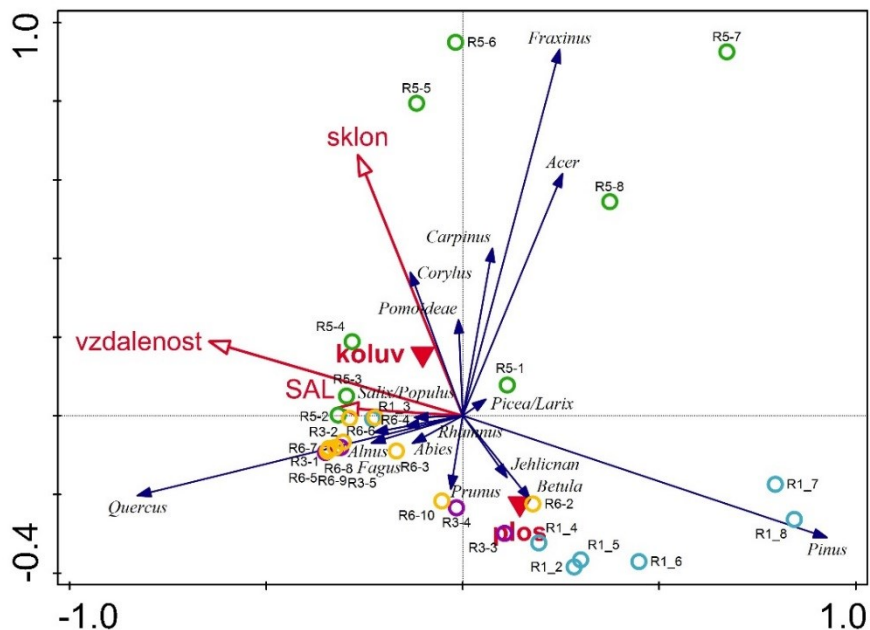
	Quercus	Carpinus	Pinus	jehlicnan	Picea/Larix	Abies	Pomoideae	Acer	Corylus	Alnus	Fagus	Salix/Populus	Betula	Prunus	Fraxinus	Rhamnus	Tilia
R1	45.4	14.8	36.1	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5	1.1	0.0	0.5	0.0
R3	96.5	0.5	2.1	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
R5	56.5	1.8	4.4	0.8	4.1	0.0	1.6	1.3	0.8	0.5	0.3	0.3	0.5	0.0	26.7	0.0	0.5
R6	82.6	1.3	5.1	0.0	0.0	1.3	1.6	0.0	0.6	0.3	1.6	0.6	1.6	3.5	0.0	0.0	0.0
sum	76.3	2.8	7.6	0.5	1.2	0.3	0.8	0.3	0.3	0.2	0.6	0.3	0.6	0.9	7.1	0.1	0.1

Tabulka 4: Procentuální zastoupení taxonů v půdních sondách

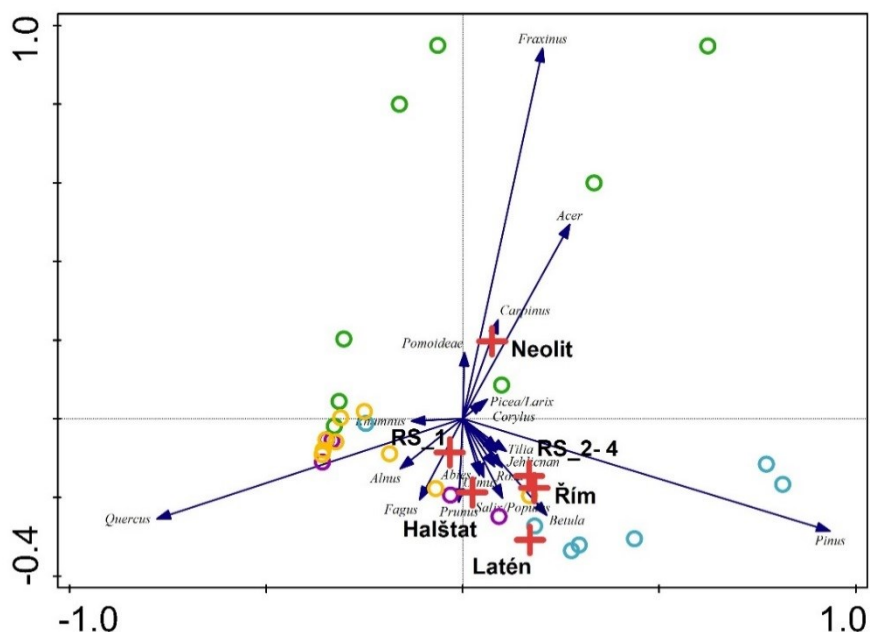
Délka gradientu je menší než 3 SD a proto byla provedena nepřímá lineární mnohorozměrná analýza, tedy analýza hlavních komponent (PCA). První PCA ukázala odlišnost některých vzorků ze spodních částí profilů R1 a R5 a nerozlišený shluk všech ostatních vzorků. Gradienty popsané první i druhou ordinační osou hypoteticky ukazují na stáří vzorku. Proměnné prostředí mají na druhové složení uhlíkových spekter minimální vliv. Nepotvrdil se ani předpokládaný rozdíl v druhovém složení sond lokalizovaných na plošině a v koluviálních sedimentech. Druhá PCA dohromady s archeoantrakologickými daty dále podpořila interpretaci zařazující spodní část profilu R5 do staršího zemědělského pravěku.



Obrázek 4: Ordinační diagram výsledků první PCA. Analyzována logaritmicky transformovaná procentuální data o druhovém složení pedoantrakologického souboru. Délka gradientu 2.6 SD, První osa vysvětluje 37% variability, druhá 24%

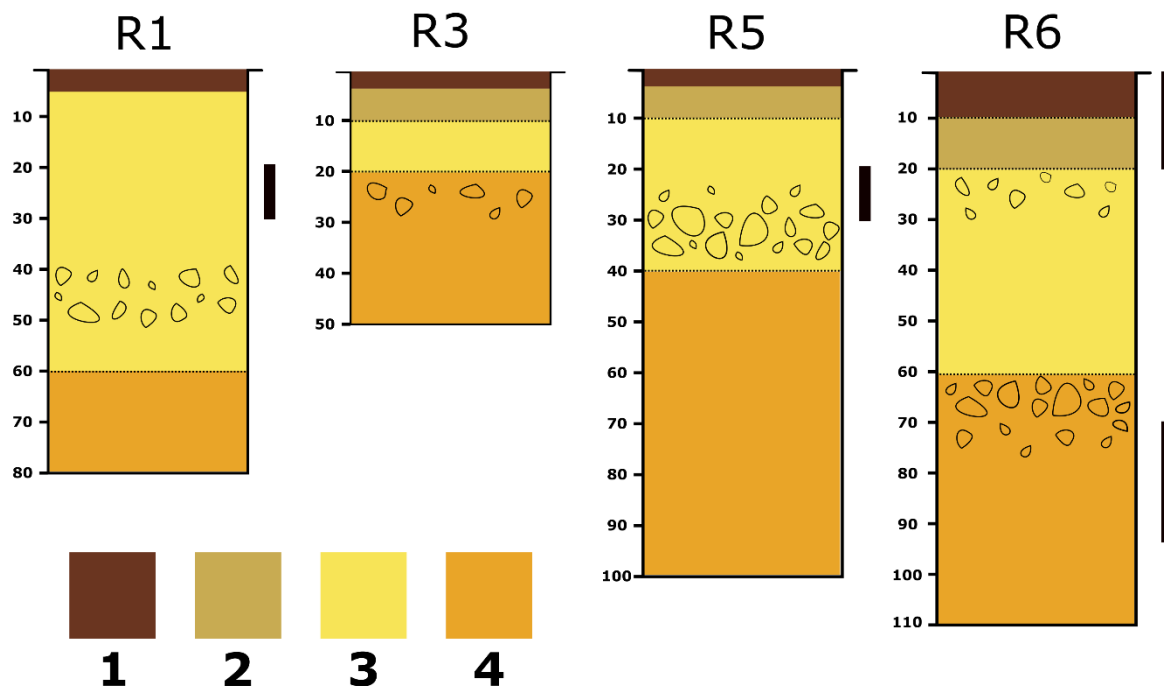


Obrázek 5: Ordinační diagram výsledků první PCA s proměnnými prostředí. Analyzována logaritmicky transformovaná procentuální data o druhovém složení pedoantrakologického souboru. Jako proměnné prostředí byly zaneseny vzdálenost od osídlení (vzdálenost), sklon svahu (sklon), specific anthracomass na vrstvu (SAL) a umístění sondy v koluviálních sedimentech nebo na plošině (kóluv/plos). Délka gradientu 2.6 SD, první osa vysvětluje 37% variability, druhá 24%



Obrázek 6: Ordinační diagram výsledků druhé PCA. Analyzována logaritmicky transformovaná procentuální data o druhovém složení pedoantrakologického i archeoantrakologického souboru. Délka gradientu 2.1 SD, první osa vysvětluje 31% variability, druhá 21%

Půdní sondy



Obrázek 7: Půdních profily jednotlivých sond. 1 – svrchní vrstva humusu, 2 – šedohnědá humusem obohacená vrstva, 3 – hnědo-okrová sprašovitá vrstva, 4 – velmi hutná hnědá jílovitá vrstva. Hloubka uvedena v centimetrech, černé bloky označují zóny s opticky zaznamenaným výskytem uhlíků, vyznačeny zóny s větším výskytem kamenů

Sonda R1

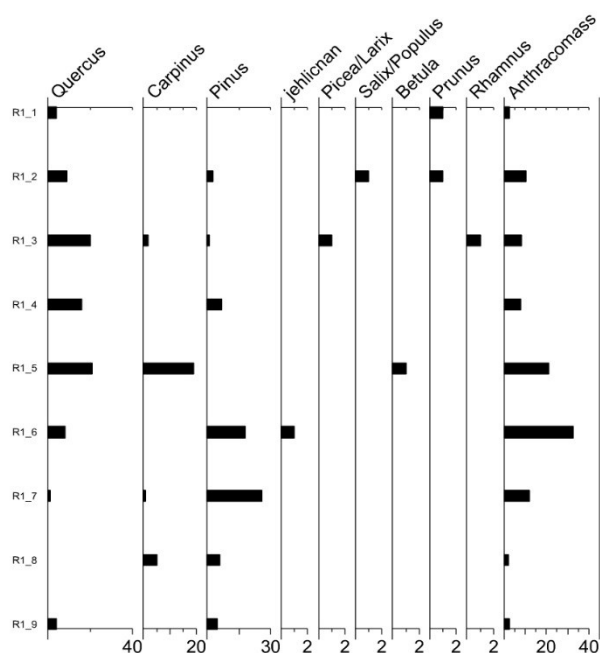
GPS: 50, 1510830 N; 14,3937777 E

Sonda R1 se nachází v severní části plošiny poblíž samoty V Háji, asi 100m od hrany svahu k Vltavě a 200m od okraje jižní části sídliště.

Nejsvrchnější část profilu je tvořena poměrně tenkou vrstvou humusu, v hloubce od 5 do 50 cm se nachází hutná vrstva okrové sprašové hlíny. Přibližně v rozmezí 20 - 30 cm byly při výkopu opticky zaznamenány první uhlíky. Mezi 50 a 60 cm je zvýšená koncentrace menších vodou ohlazených kamenu, pocházejících evidentně ze staré říční terasy. Od 60 až do 80 cm a nejspíše i hlouběji se nachází hnědá vrstva snad sprašového původu s velmi hutnou jílovitou konzistencí.

Pozitivně taxonomicky určeno bylo 184 uhlíků, 191 jich zůstalo bez určení. Zaznamenáno bylo 10 taxonů a dominantními druhy jsou dub (45,1%), borovice (35,7%) a habr (14,7%). Ostatním taxonům (smrk/modřín, neurčený jehličnan, vrba/topol, bříza, slivoň a řešetlák) připadá vždy jen jedno nebo dvě

určení a pohybují se tak pod hranicí 1,1%. Ve spodní části profilu dominuje borovice, která postupně směrem k povrchu ubývá. Od hloubky 60 cm přibývá dub, který se stává dominantním v 50 cm. Maximum výskytu habru se nachází v hloubce 40 cm. SAL (specific anthracomass – layer) se pohybuje od hodnot kolem 2 mg/kg ve spodní části profilu a na povrchu, po nejvyšší hodnoty 21,3 a 32,6 mg/kg v hloubce 40 a 50 cm. Ostatní taxony se objevují převážně v horní části profilu.



Obrázek 8: Sonda R1, diagram druhového složení uhlíků v jednotlivých vrstvách (vzorcích). Uvedeny počty určení, anthracomass jako SAL v mg/kg, kódové názvy vzorků odpovídají hloubce

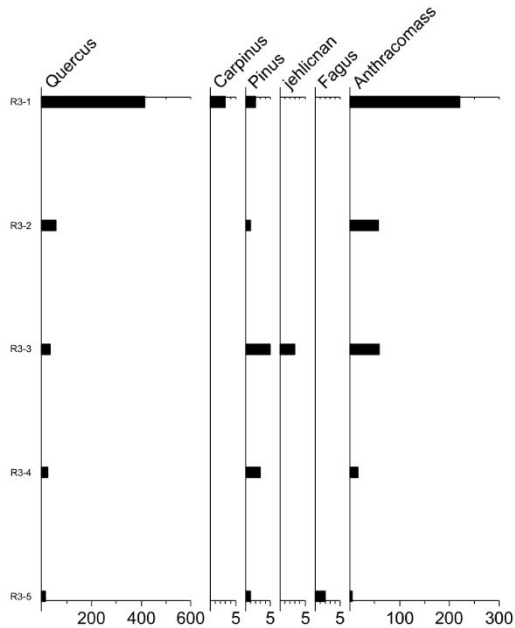
Sonda R3

GPS: 50,1471215 N; 14,3906020 E

Sonda R3 se nachází v jižní části plošiny asi 250 m od domů na severním okraji Suchdola a 200m západně od hrany svahu nad Vltavou.

Svrchní část profilu tvoří tenká vrstva humusu a šedá humusem obohacená půda přecházející kolem 10 cm hloubky postupně do okrové kompaktní sprašovitě jílovité konzistence. Mezi 20 a 30 cm se objevují roztroušeně drobnější kameny, převážně valouny. Od 30 cm hlouběji se potom nachází hnědá až červenohnědá hrubozrnější vrstva pevné jílovité konzistence.

Taxonomicky určeno bylo 567 uhlíků, 449 se určit nepodařilo. Z 5 zaznamenaných taxonů je naprosto dominantní dub (96,5%), druhým nejpočetnějším taxonem je borovice (2,1%). Habr, neurčený jehličnan a buk nepřesahují hranici 1%. SAL je nejvyšší při povrchu s 220,8 mg/kg, což je vůbec nejvyšší hodnota celého pedoantrakologického souboru a směrem do větší hloubky rychle klesá až na 4,5 mg/kg na dně profilu v hloubce 0 cm.



Obrázek 9: Sonda R3, diagram druhového složení uhlíků v jednotlivých vrstvách (vzorcích). Uvedeny počty určení, anthracomass jako SAL v mg/kg, kódové názvy vzorků odpovídají hloubce

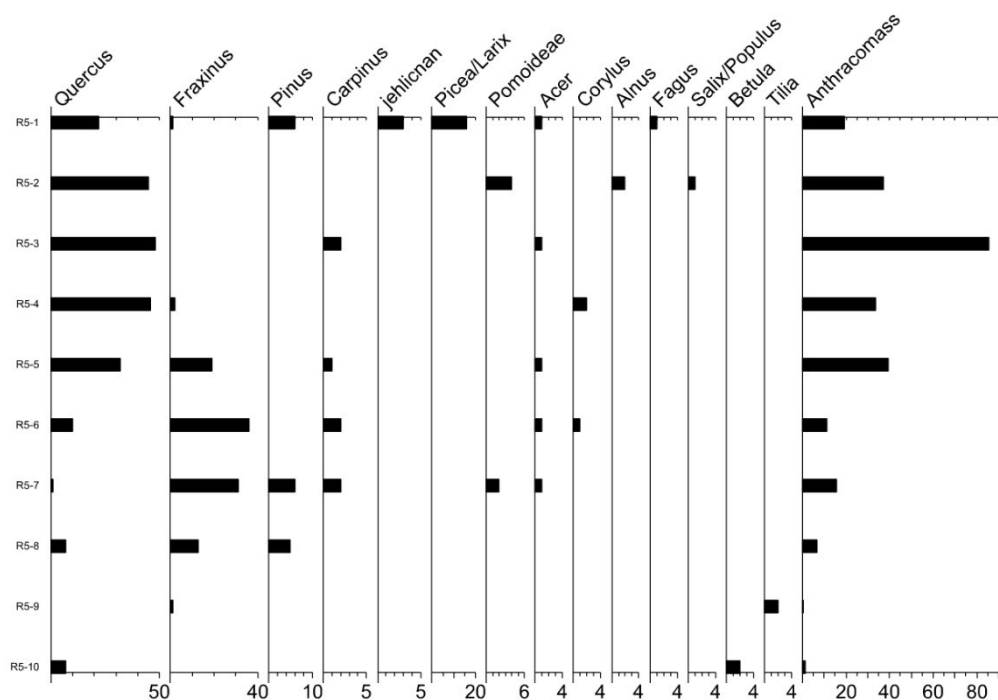
Sonda R5

GPS: 50,1496400 N; 14,3875100 E

Sonda se nachází u paty svahu v údolí Únětického potoka, severně při ústí drobného bočního údolí a 60 m od toku potoka.

Svrchních 10 cm profilu tvoří přechod od tmavé humusové vrstvy přes šedou půdu až k hnědo-okrové sprašovitě vrstvě, která sahá poté až do hloubky 40 cm. Kolem 30 cm hloubky se nachází výrazná vrstva převážně ostrohranných kamenů. Od 40 cm hlouběji se nachází hnědý velmi hutný a kompaktní jílovitý sediment.

Taxonomicky bylo určeno 386 uhlíků, u 114 se určení nepodařilo. Zaznamenáno bylo 14 taxonů přičemž nejpočetnější z nich je dub s 58%. Dalšími v pořadí jsou jasan s 27,4%, borovice s 4,5% a smrk/modřín s 4,3%. Javor, habr a *Pomoideae* se pohybují mezi 1 a 2%, zatímco ostatním taxonům (neurčený jehličnan, líska, olše, buk, vrba/topol, bříza, slivoň a lípa) připadají maximálně 3 určení a nepřesahují tak 1%. Ve spodní části profilu je dominantou jasan, od hloubky 50 cm výše se dominantou stává dub. V nejsvrchnější vrstvě se ve větším množství objevuje smrk/modřín (16 určení). Ostatní taxony se vyskytují rovnoměrně v celém rozsahu profilu. SAL se pohybuje od velmi nízkých hodnot kolem 1 mg/kg v nejsvrchnější části profilu po hodnoty přes 30 mg/kg mezi 20 a 50 cm s maximem 85,7 mg/kg v hloubce 30 cm.



Obrázek 10: Sonda R5, diagram druhového složení uhlíků v jednotlivých vrstvách (vzorcích). Uvedeny počty určení, anthracomass jako SAL v mg/kg, kódové názvy vzorků odpovídají hloubce

Sonda R6

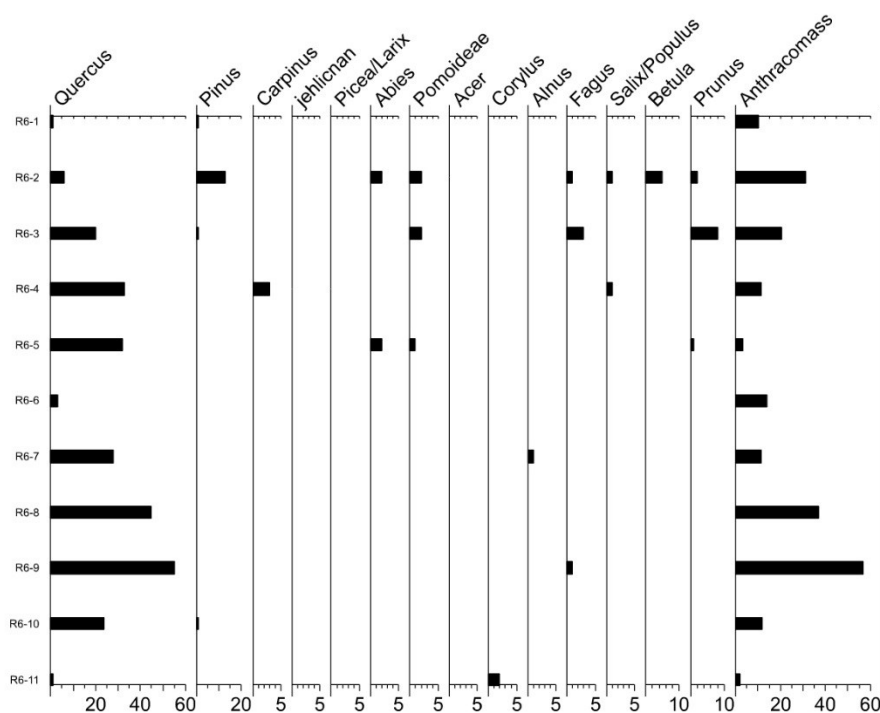
GPS: 50,1452131 N; 14,3952739 E

Sonda se nachází v jižní části lokality u paty svahu v údolí Vltavy, asi 170 m od jejího břehu přímo proti hradišti Zámka, 80 m JZ od JZ rohu areálu rozvodny elektřiny.

Svrchních 10 cm tvoří tmavá humusová vrstva, která postupně světlá do hnědé půdy s velkým množstvím při výkopu viditelných uhlíků. Od 20 cm se nachází hnědo-okrová sprašovitá vrstva, z počátku s roztoušenými menšími kameny, sahající až do 60 cm hloubky. Hluběji se nachází hutná

jílovitá hnědá půda, směrem k dnu profilu mírně rezavějící, s výraznou vrstvou ostrohranných kamenů kolem 70 cm hloubky.

Taxonomicky určeno bylo 316 uhlíků, u 329 byla snaha o určení neúspěšná. Ze zachycených 11 taxonů je nejvíce zastoupený dub s 83,1%. Následují borovice s 5,1% a slivoň s 3,5%, mezi 1,2 a 1,6% se pohybují habr, jedle, *Pomoideae*, buk a bříza. Hranici 1% (2 určení) nepřekračují olše, líska a vrba/topol. Dub dosahuje největšího množství v hloubce 90 cm. Většina méně četných druhů se objevuje v horní polovině profilu, kde naopak dub postupně ubývá. Výraznější jsou výskyty borovice v hloubce 20 cm (13 určení) a slivoně v hloubce 30 cm (8 určení). SAL dosahuje maxima v hloubce 70-90 cm s hodnotami 36,9 a 57% mg/kg.



Obrázek 11: Sonda R6, diagram druhového složení uhlíků v jednotlivých vrstvách (vzorcích). Uvedeny počty určení, anthracomass jako SAL v mg/kg, kódové názvy vzorků odpovídají hloubce

Současná vegetace

Fytoocenologickými snímky byly zachyceny tyto druhy v bylinném patře: *Convallaria majalis*, *Impatiens parviflora*, *Stellaria media agg.*, *Anemone nemorosa*, *Avenella flexuosa*, *Luzula luzuloides*, *Moehringia*

trinervia, *Rubus idaeus*, *Ficaria verna*, *Corydalis cava*, *Hypericum maculatum* a *Rubus sp.* Jako juvenilní dřeviny v bylinném patře: *Acer platanoides*, *Fagus sylvatica*, *raxinus excelsior*, *Quercus robur*, *Quercus rubra*, *Rosa canina*, *Tilia cordata*, *Acer campestre*, *Acer pseudoplatanus*, *Carpinus betulus*, *Prunus avium*, *Sambucus nigra*, *Crataegus sp.* a *Euonymus europaeus*. V keřovém patře: *Sambucus nigra* a *Carpinus betulus*. Ve stromovém patře: *Acer platanoides*, *Carpinus betulus*, *Larix decidua*, *Quercus robur*, *Quercus rubra* a *Acer campestre*. Fytocenologické snímky v příloze.

Výpočet průměrných Ellenbergových hodnot (Chytrý et al. 2018) pro stanoviště každé ze sond neposkytl dostatečné rozdíly pro další testování. Stejně tak hloubka A-horizontu neposkytla dostatečně výrazné rozdíly pro smysluplné použití v analýzách (obojí viz přílohy).

Po převedení na procentuální současné zastoupení dřevin v okolí každé sondy jsou nejvíce zastoupené dub a habr. Habr dominuje u sondy R6, u R3 a R5 je druhý ve množství těsně za dubem. U sondy R1 lehce převažuje javor mléč spolu s modřínem a habrem.



Obrázek 12: Levý sloupec – současné procentuální zastoupení dřevin v okolí sondy. Pravý sloupec – procentuální zastoupení taxonů pedoantrakologického spektra ze tří nejsvrchnějších vrstev odpovídající sondy.

Diskuze

Anthracomass

Celkové množství uhlíků vyjádřené pomocí anthracomass v pedoantrakologickém souboru je velmi nízké. Hodnoty SAL se pohybují v intervalu od 0,64 do 220,8 mg/kg, kdy ale maximální hodnota je výrazně odlehlá od dalších v pořadí – následují 85,7 mg/kg a tři hodnoty lehce přesahující 55 mg/kg. Nejvyšší hodnota připadá vzorku R3-1, který pochází z nejsvrchnější vrstvy půdy a v hlubších vrstvách této sondy hodnoty SAL rychle klesají. Lze předpokládat jeho spíše recentní stáří - může se jednat

například o relativně nedávné ohniště. Množství uhlíků vyjádřené celkově pro jednotlivé profily (SAP) jsou 99,3 (R1), 357,4 (R3), 250,9 (R5) a 210,5 (R6). Při zanedbání pravděpodobně anomální vrstvy R3-1 tak větší množství uhlíků poskytly sondy pocházející z koluviálních sedimentů.

Podobně zaměřené práce obvykle zpracovávají větší množství profilů pro danou lokalitu, které se od sebe často velmi výrazně liší. Stejně tak se často podstatně liší množství uhlíků mezi vrstvami v rámci jednoho profilu. Ve většině případů by se zde zpracováváný soubor zařadil mezi profily i vrstvy s nejmenším množstvím uhlíků. Na některých lokalitách se množství uhlíků pohybuje i o několik řádů výše. Z následujícího srovnání s podobnými studii tak vyplývá, že ve sledovaném území lze předpokládat jen minimální požárovou aktivitu závislou na lidské činnosti. Pro případné datování požárových událostí bude nutné počkat na výsledky radiokarbonového datování.

V rámci České republiky je možné porovnání se studii z Moravy nebo z pískovcových oblastí severní poloviny Čech. Přírodními podmínkami regionu i způsobem zpracování je nejpodobnější práce z Litovelského Pomoraví, kde byly také zkoumány půdní profily v souvislosti s archeologicky doloženým osídlením v nížinné oblasti. Variabilita mezi profily je zde jako obvykle velká, množství uhlíků pro vrstvy (SAL) v rámci profilů se často pohybuje mezi 10 a 200 mg/kg, u nejbohatších vrstev ale dosahuje až k 600 nebo 1750 mg/kg (Novák et al. 2017). Podobné hodnoty SAL jako v Roztokách se objevují v profilech z nižších poloh Bílých Karpat na půdách podobných černozemím, kde je na základě druhového složení rekonstruována otevřená lesostepní vegetace udržovaná lidským vlivem i během středoholocenního lesního optima (Novák et al. 2019B).

Roztokám geograficky bližší jsou studie z pískovcových oblastí Čech. Pro Českosaské Švýcarsko jsou popsány množství uhlíků dosahující průměrně 4680 mg/kg. Maximální hodnota je potom více jak čtyřnásobná a pouze 13% datasetu má koncentraci uhlíků menší než 1000 mg/kg (Adámek et al. 2015). Pro ostatní pískovcové oblasti jsou popsány o něco nižší, ale stále vysoké hodnoty SAL – nejčastěji kolem 500 – 1000 mg/kg s maximem až 6000 mg/kg (Novák et al. 2019A). Takto vysoké množství uhlíků obecně svědčí o poměrně častých požárových událostech. Jejich frekvence vzrůstá od raného středověku (Adámek et al. 2015) a byla podstatně vyšší i v pozdní době bronzové, kdy cílené vypalování bylo jedním z důvodů regionální změny druhového složení od uživných smíšených doubrav po chudé lesy s dominancí smrku (Bobek et al. 2018A).

V rámci Evropy jsou hodnoty anthracomass Roztokám nejbližší nebo ještě nižší ve studii z východní části pohoří Harz (Robin et al. 2014). Profily ze dvou lokalit ve vyšší nadmořské výšce zde ukazují převahu buku s příměsí borovice, břízy i dalších druhů. Hodnoty SAL se zde pohybují většinou do 30 mg/kg s maximem 80 mg/kg, respektive kolem 100 mg/kg s maximem až 300 mg/kg. Nižší položená lokalita s rekonstruovaným dominantním dubem ukazuje většinu hodnot kolem 50 – 100 mg/kg

s maximem 300. Pro všechny lokality autoři pomocí radiokarbonového datování dokazují na přelomu pleistocénu a v raném holocénu přítomnost převážně borových lesů, které často hořeli v režimu řízeném klimatem. Pro převážně listnaté lesy převládající v následujících obdobích, které jsou sami od sebe velmi špatně hořlavé, považují autoři přítomnost požárů za efekt lidského osídlení. V nižších polohách se občasné požáry vyskytovali od středního holocénu, ve vyšších nadmořských výškách až od holocénu pozdního.

Další studie nabízející možnost srovnání pochází ze severního Německa, kde bylo zpracováno 6 půdních profilů v rámci výzkumu jedné lokality spolu s dalšími paleoekologickými metodami (Robin et al. 2011). Profil s nejmenším množstvím uhlíků vykazuje hodnoty SAL kolem 20 s jediným maximem 100, 3 další profily se pohybují mezi 50 a 100. Pro dva nejbohatší profily potom SAL většinou neklesá pod 200 a dosahuje maxim 1000 a 1600. Pro raný holocén autoři rekonstruují lesy s dominancí borovice a břízy s častými požáry. Ve středním holocénu už dominoval dub s lípu, jilmem a olší, pro který autoři předpokládají absenci požárů. Lidský impakt, který je zpočátku jen velmi slabý, je zaznamenatelný od 5000 BP a výrazněji vzrůstá až od 4300 BP, přičemž do tohoto období spadá také první radiokarbonovým datováním dokázaná požárová událost. I přes vlhké oceánické podmínky severního Německa je zde tak dokázaná pro některá období přítomnost požárů.

Řádově vyšší hodnoty anthracomass dokazující časté požárové události pocházejí z výzkumů biotopů výrazně odlišných od středoveropského listnatého lesa nižších poloh. Pro porovnání například horské modřínové lesy v Alpách vykazují hodnoty většinou kolem 1000 (s maximy až 3500) a převážně borové lesy evropské části Ruska převážně 2000 až 30000 s maximy ještě vyššími (Touflan a Talon 2009, Bobrovsky et al. 2018).

Vývoj vegetace

Pro chronologické zhodnocení vývoje vegetace na základě půdních uhlíků je klíčová zejména otázka míry stratifikace půdy (resp. půdních sedimentů), ze kterých analyzovaný soubor pochází. V praxi to znamená do jaké míry je možné spojit určitý horizont půdy s konkrétním obdobím a jestli jsou tyto horizonty navzájem v superpozici. Míra stratifikace je velmi variabilní a podle místních podmínek potom existují popsání profily na kontinuu od těch, kde stratigrafii nelze vysledovat vůbec žádnou (Feiss et al. 2017), až po ty, kde lze odlišit jednotlivé historické periody (Novák et al. 2016, Novák et al. 2019B). Tomuto problému lze do jisté míry předejít pečlivým výběrem umístění půdních sond, ale obvyklým způsobem určení míry stratifikace je za pomoci exaktního datování. Nejčastěji se jedná o minimálně dvě data získaná radiokarbonovou metodou pocházející z jednoho profilu, jejichž případná superpozice ukazuje na stratifikaci. U větších studií je obvyklý výrazně větší počet radiokarbonových

dat, která jsou ale finančně velmi náročná a tedy mimo reálné možnosti diplomové práce. Několik pro tuto práci plánovaných a odeslaných radiokarbonových dat se nepodařilo získat včas kvůli přehlcení cílové laboratoře. Rekonstrukce vegetačního vývoje v je tak prozatím komplikovaná a pohybuje se spíše v rovině hypotéz.

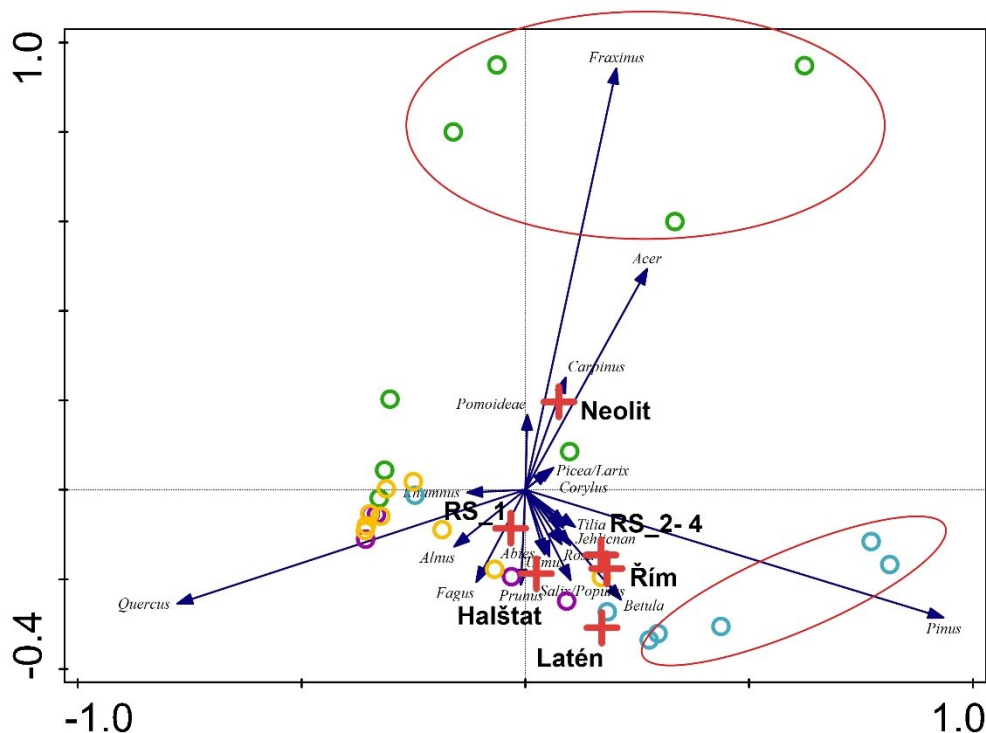
Důvodem narušení stratifikace a jedním z hlavních problémů při interpretaci antrakologických dat je redepozice uhlíků jak ve vertikálním, tak horizontálním směru. Hlavními faktory způsobujícími redepozici jsou bioturbace činností půdních živočichů (např. Canti 2003), vývraty (Šamonil et al. 2010) a erozní činnost.

Charakter zkoumaných uhlíkových spekter ale alespoň u některých sond naznačuje, že minimálně do určité míry stratifikované jsou. V sondách R1 a R5 dochází v hloubce kolem 50 až 60 cm k výrazné změně dominantního taxonu, v případě R1 od borovice k dubu a u R5 od jasanu k dubu. Lze předpokládat, že v případě výrazného narušení stratifikace by se tato změna jevila méně náhlá nebo by nebyla rozpoznatelná vůbec.

Celkový stav zachování uhlíků v souboru není dobrý, což činí taxonomickou determinaci komplikovanější a často i nemožnou z důvodu absence určovacích anatomických znaků. Hlavními důvody jsou vysoká míra fragmentace, kdy početně zcela převažují uhlíky nejmenší velikostní kategorie s velikostí menší než 2 mm, které se pohybují na hranici možností určení. V souboru se také poměrně často vyskytují uhlíky vitrifikované – přeměněné alespoň z části do jednolitě sklovité hmoty bez anatomické struktury. Předpokládalo se, že tento jev souvisí s vysokými teplotami během spálení, což ale nebylo potvrzeno a příčina tak zůstává stále nejasná (McParland et al. 2010). Dalším jevem poškozujícím anatomické struktury uhlíků je nejspíše houbovým rozkladem. Lze předpokládat, že může probíhat jak před spálením (kdy tedy dochází k pálení mrtvého a částečně rozloženého dřeva) tak i později po uložení do půdního profilu. Determinace může být zkomplikována i původem některých uhlíků z růstově atypických a nepravidelných částí dřevin jako jsou například kořeny. Posledním podobným jevem, který se vyskytuje v analyzovaném souboru také poměrně často (hlavně ve spodní části profilu sondy R6) je inkrustace uhlíků. Tento proces pravděpodobně proběhl až během pobytu uhlíků v půdě a závisí nejspíše na konkrétních chemických podmínkách.

Přesto, že chronologicky zařazená rekonstrukce vývoje vegetace není zatím dobře možná, je možné alespoň celkově popsat trendy a jevy zachycené v pedoantrakologickém spektru. Jasnou celkovou dominantou souboru je dub. Duby letní i zimní (*Quercus robur* a *petraea*), které od sebe nejsou na základě xylogenie rozpoznatelné, i v současnosti na lokalitě převažují. Jako potenciálně zajímavější tak vystupují spíše části profilů, kde naopak dub nedominuje. Jedná se o spodní část sondy R5 (vrstvy R5-6, R5-7 a R5-8), kde je výraznou dominantou jasan. Ve vrstvě R5-5 (50 cm hloubky) je ještě jasan

poměrně výrazně zastoupen, ale převahu už má dub, který potom dominuje ve všech vrstvách směrem k povrchu. Sonda se nachází v údolí Únětického potoka a postihuje koluviální půdní sedimenty pod úpatím svahu. U těchto sedimentů sice nelze vyloučit původ uhlíků z erozních splachů z nejbližších výše položených míst, ale zde konkrétně lze předpokládat autochtonní původ uhlíků. Výskyt jasanu je pravděpodobnější v typickém habitatu ve vlhčím údolí potoka než na poměrně prudkých skalnatých svazích nad ním. Hypoteticky je také možné spojit tyto dolní partie profilu se starším zemědělským pravěkem, s obdobími neolitu a eneolitu. Tuto hypotézu podporuje i výsledek společné PCA pro půdní a archeologické soubory, kdy neolitický vzorek z archeologického souboru spadá do relativní blízkosti vzorků z této části profilu (viz Obrázek X). Vyšší podíl jasanu (16%) v uhlících z neolitických objektů kultury s lineární keramikou byl zaznamenán i přímo v Roztokách, kde se jednalo se o poměrně malý soubor uhlíků (101 určení) z archeologického výzkumu (Opravil 1991). Obdobný zvýšený výskyt jasanu pro neolit a eneolit byl zachycen v archeoantrakologických souborech z nejnižších nadmořských výšek na jižní Moravě (Novák et al. 2017, 2018). Případné objasnění by mohlo přinést až budoucí radiokarbonové datování.



Obrázek 13: Ordinační diagram výsledků první PCA. Vyznačeny výrazně odlišné vzorky ze spodních částí profilů R1 (vpravo dole) a R5 (nahore) hypoteticky spadající do staršího zemědělského pravěku

Podobná změna dominanty i v podobné hloubce kolem 50 cm je vidět v sondě R1. Ve vrstvách R1-6 a R1-7 převažuje borovice, ale už v R1-5 je dominantou dub, který je nejpočetnějším druhem i ve všech

vyšších vrstvách. Ve stejné vrstvě se také nachází vrchol výskytu habru, která je jinak v sondě zastoupen poměrně málo. Obě sondy vykazují i další podobnosti. Ve vrstvách blízkých zóně změny dominantního druhu se vyskytují maxima hodnoty SAL pro odpovídající sondu. V případě R1 se maximum nachází přímo ve vrstvě R1-6, kde ještě dominuje borovice. V sondě R5 se maximum nachází o něco výše než v profilu ve vrstvě R3. Pozicím maxim SAL také přibližně odpovídají při výkopu zachycené vrstvy s větším podílem kamenů. U koluviálního profilu R5 by se hypoteticky mohlo jednat o erozní událost. U sondy R1 nacházející se na rovné horní plošině je nutné hledat jiný původ. Vzhledem k váraznému zastoupení valounů mohou kameny pocházet ze staré říční terasy. V koluviální sondě R6 lze pozorovat podobný vzorec, kdy maximální hodnota SAL ve vrstvě R6-9 je následována kamenitou vrstvou zahrnující vrstvy R6-8 a R6-7. Celkově se ale tato situace nachází v hloubce mezi 70 a 90 cm, tedy výrazně hlouběji než u předchozích dvou sond. V případě, že by všechny tři sondy byly dobře stratifikované, by mohlo být hypotetickým vysvětlením, že celkový profil v místě sondy R6 je podstatně hlubší a v současném rozsahu časově zabírá prakticky jen horní polovinu rozsahu profilů R1 a R5. Odlišnost popsaných spodní částí profilů R5 a R1 je patrná i z výsledků PCA, kdy tyto vzorky jako jediné vystupují z oblaku bodů připadajícím vzorkům z ostatních částí profilů, respektive dalších sond (Obrázek 13).

Zejména u obou sond nacházejících se v údolích a relativně blízko k vodnímu toku (R5 a R6) je poněkud překvapivá jenom velmi vzácně zachycená přítomnost vlhkomilných dřevin jako je olše, vrba nebo topol (respektive taxon *Salix/Populus*). V archeoantrakologickém souboru z Roztok je vrba zastoupena nejvíce v pozdějších obdobích raného středověku (6,6 %) a také v laténu (5,6 %), kde dosahuje maxima i olše (3,5 %). Vrba je zachycena v malých množstvích kontinálně už od neolitu, olše se v záznamu objevuje náhle až v laténu. V souboru z výzkumu eneolitického sídliště řivnáčské kultury ve Vliněvsi, které se nachází prakticky na břehu Labe asi 25 km SSZ od Roztok, dosahuje vrba/topol 13,4 % (Dobeš et al. 2011). Tento jev lze vysvětlit extrémní lokálností pedoantrakologických spekter, kdy pro případné zachycení vlhkomilných druhů by půdní sondy musely být lokalizovány ještě blíže k vodním tokům. Archeoantrakologické soubory se svým širším prostorovým záběrem potom zahrnují i tato specifická stanoviště.

Jedna z dílčích otázek výzkumu se týkala možného výskytu cíleně selektovaných druhů. Druhem, který by do této kategorie mohl spadat, je jedle, která byla v relativně větším množství zachycena v archeoantrakologickém souboru zejména pro pozdější období raného středověku, dobu halštatskou a v menších počtech i pro dobu římskou a raný středověk 1. Největšího rozšíření u nás jedle dosahovala v době bronzové a železné s přesahem do raného středověku s optimem výskytu ve vyšších polohách a horách. V nižších polohách termofytika byla dokumentována také, ale jen jako minoritní druh. Její vzestup byl pravděpodobně spojen s mírným lidským ovlivněním lesů v podobě lesní pastvy, hrabání

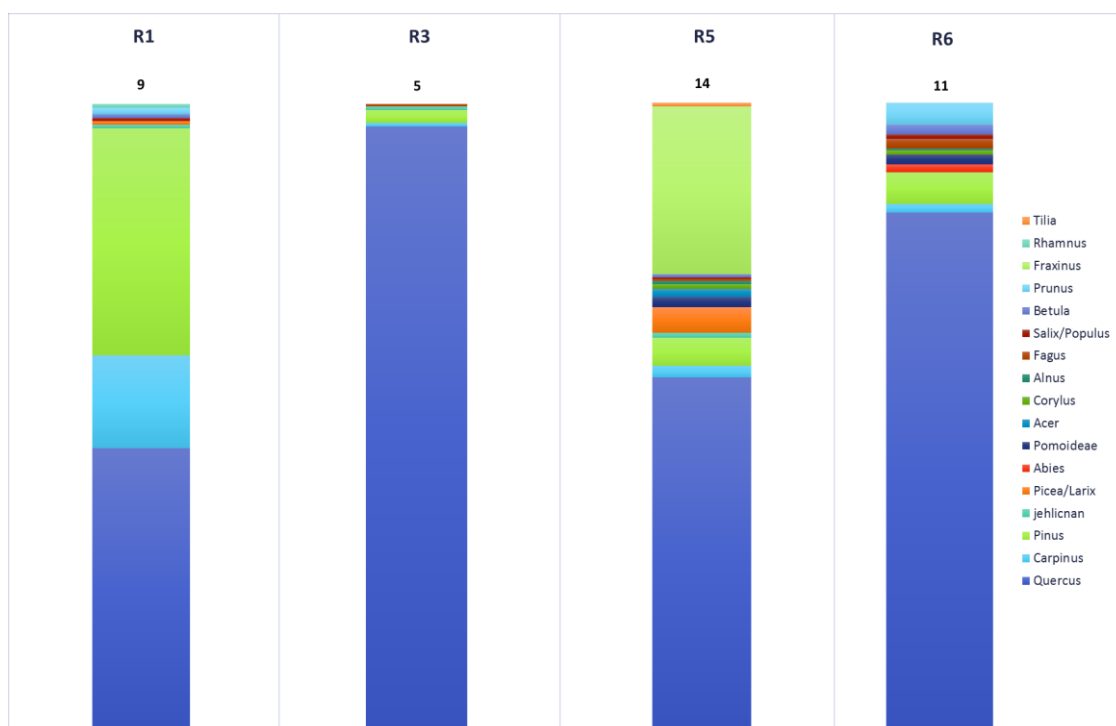
opadu, selektivní těžby a omezení počtů zvěře (Kozáková et al. 2011). Jedle je zároveň schopna velmi dobře obsazovat opuštěnou dříve agrárně využívanou krajinu (Volařík a Hédli 2013).

Přítomnost jedle v archeoantrakologickém souboru může být vysvětlena dvěma způsoby – buď reálným historickým výskytem v blízkém okolí nebo cíleným importem z delší vzdálenosti. Pro první možnost by svědčilo její zachycení v pedoantrakologickém souboru. V něm byla jedle opravdu zachycena, ale jen v minimálním množství 4 uhlíků v sondě R6, po dvou kusech ve vrstvách R6-2 a R6-5. Sonda R6 se ale nachází v přímém sousedství jižní části sídliště KPT, takže je možný původ těchto uhlíků právě z činnosti sídliště a tedy i případný dálkový import nelze vyloučit. Cílený výběr jedle je dokumentován z raného středověku z nedaleké Budče, kde byly z jedlového dřeva (v menší míře i z borovice) vyrobeny zkoumané hrobové konstrukce (Novák 2009, in Štefan a Krutina 2009). Více světla do řešení této otázky by mělo přinést radiokarbonové datování, kdy jedno datum pochází právě z vrstvy R6-5.

Srovnání se současnou vegetací

Předpoklad podobnosti současného druhového spektra dřevin se svrchními vrstvami pedoantrakologických sond se nepotvrdil (viz Obrázek 12 v kapitole Výsledky). Při srovnání uhlíkového spektra ze tří svrchních vrstev sondy a dat z příslušného fytoecnologického snímku je jasná úplná diskontinuita mezi uhlíkovým záznamem a dneškem. Uhlíkové spektrum je výrazně druhově bohatší (14 taxonů oproti 7), neodpovídají ale ani dominantní druhy, ani druhové složení. Výrazné je vysoké zastoupení habru v současné vegetaci, který je v případě R6 dokonce dominantou, oproti jeho minimálnímu zachycení v uhlíkovém spektru. Možné vysvětlení tohoto rozdílu je v dlouhodobé absenci požárů v současné krajině, kdy i nejsvrchnější uhlíky v půdě pocházejí z dávnější minulosti.

Rozdíly mezi sondami



Obrázek 14: Procentuální zastoupení taxonů pro jednotlivé sondy (počty určení). Číslo nad sloupcem vyjadřuje počet zachycených taxonů v sondě

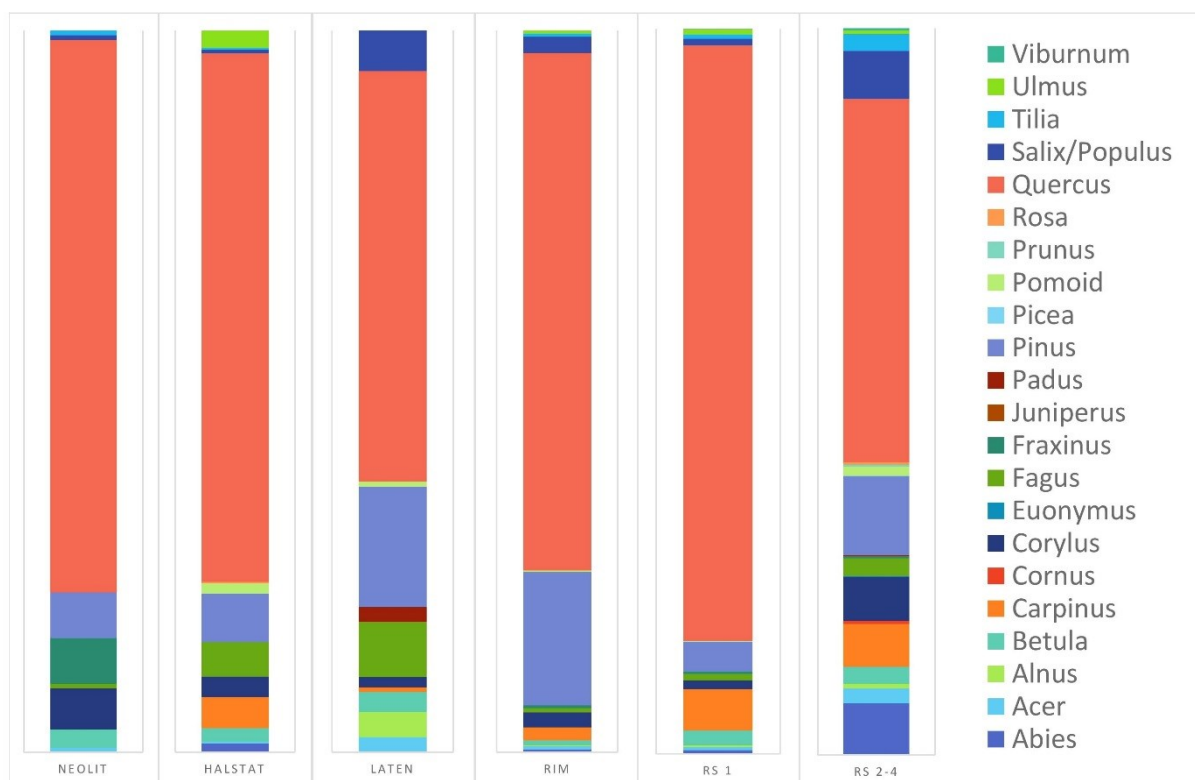
Složení taxonů a jejich poměry se mezi sondami výrazně liší. Společnou dominantou je dub, na druhém místě je borovice s výjimkou sondy R5, kde je druhým nejpočetnějším jasan. Výskyt jasanu diskutuji v předchozích částech. Dalšími výraznějšími rozdíly jsou vyšší podíl taxonu *Larix/Picea* v sondě R5. Ten se zde vyskytuje jen v nejsvrchnější vrstvě profilu a lze ho tak, i přes obecně neprokázanou kontinuitu mezi uhlíkovými spektry a současnou vegetací, nejlépe ztotožnit s novodobými výsadbami modřínu. V sondě R6 patří mezi nejvíce početné taxony slivoň. Ta jakožto světlomilný druh může ukazovat na výraznější lidský vliv na vegetaci. Habr má nejvyšší podíl v sondě R1, ale překvapující je spíše jeho minimální množství v sondách R5 a R6. Habr je jednou ze současných dominant a lze předpokládat jeho přítomnost i v minulosti. Druhově početnější se zdají být sondy v koluviálních sedimentech, ale přesnější srovnání komplikuje sonda R3 s menší hloubkou.

Archeoantrakologie

Zásadní otázkou pro interpretaci antrakologických souborů je obecně reprezentativnost vzhledem k původní rekonstruované vegetaci. U archeoantrakologických uhlíků je proces komplikovanější,

protože do něj výrazně vstupuje lidské jednání. První úroveň ještě před samotným procesem spálení jsou procesy, které vedly k výběru konkrétního dřeva. Vyjma některých zvláštních případů se pro archeoantrakologické analýzy obvykle využívají dlouhodobě vznikající syntetické soubory uhlíků, u kterých se předpokládá původ primárně v běžném každodenním spalování palivového dřeva (Théry-Parisot et al. 2010A, Austin a Asouti 2005). Jejich dlouhodobější vznik zabraňuje výraznému zkreslení obrazu vegetace možným náhodným efektem jednorázové události. Druhou úrovní je proces spálení, kdy dochází k fragmentaci a výrazné redukci na zlomek objemu původního páleného dřeva. Určité mezidruhové rozdíly byly sice zaznamenány, ale nejsou příliš významné. Jedná se o velmi komplexní jev, který není zdaleka ovlivněn jen taxonomickou příslušností a nelze jednoduše zobecnit (Théry-Parisot et al. 2010B). Proto se obecně počítá s přibližně stejnou mírou fragmentace u všech druhů (Chabal 1988, ve francouzštině Chabal et al. 1999 podle Austin a Asouti 2005). Tento problém je také do značné míry vyřešen kvantifikací množství uhlíků pomocí anthracomass namísto počtu uhlíků (Carcaillet a Thion 1996). Třetí úrovní jsou procesy postdepoziční, kdy může docházet k sekundární fragmentaci uhlíků (Chravzev et al. 2014) a zejména pohybu uhlíků v půdě, což narušuje stratigrafii a tak komplikovat výslednou interpretaci.

Soubor uhlíků, ze kterého rekonstrukce vychází, byl získán během archeologického výzkumu v letech 2006 – 2010. Systematický sběr ekofaktů (kromě uhlíků i dalších rostlinných makrozbytků, kostí a dalších) během výzkumu vedl k extrakci obrovského počtu odhadem 125 000 jednotlivých uhlíků. Z toho bylo postupně zpracováno a J. Novákem taxonomicky určeno kolem 25 000 uhlíků, spadajících hlavně do období kultury pražského typu, což z něj dělá největší zpracovaný archeoantrakologický soubor minimálně ve střední Evropě (Novák 2013 in Kuna et al.). Následující grafy vychází z podsouboru analyzovaného v roce 2011 za účelem získání představy o celkovém vývoji vegetace, který čítá 6926 jednotlivých určení (Novák 2012, nepubl.). Zbytek určených uhlíků náleží potom období KPT a sloužil k zodpovězení specifických otázek spíše archeologického charakteru pro toto konkrétní období raného středověku (Novák et al. 2012). Zpracovávané vzorky byly vybírány tak, aby pokryly pokud možno rovnoměrně jednotlivé zóny lokality, objekty i druhy výplní objektů. Menší podsoubory pocházející z jiných období umožnily rekonstrukci pro neolit, obě hlavní periody doby železné i dobu římskou. Pro dobu bronzovou výzkum neposkytl dostatek materiálu.



Obrázek 15: Archeoantrakologická druhová spektra pro všechna zachycená období. Uvedeno procentuální zastoupení počtů určení, Novák 2012, nepubl. (zleva: Neolit, Doba železná - halštatská, Doba železná - laténská, Doba římská, Raný středověk 1, Raný středověk 2-4).

Celkově bylo v souboru zaznamenáno 21 druhů. Výrazně největší zastoupení během celého vývoje má dub (*Quercus*), který je typickou dominantou lesů kolinného stupně a v okolí Roztok je běžný i v současné době. Tato velmi výrazná dominance není nijak výjimečná ani při srovnání s antrakologickými soubory z jiných lokalit v podobných klimatických podmínkách (např. Kočár et al. 2014, Petrlíková a Beneš 2008, Beneš a Příkrylová 2008, Novák et al. 2018).

Druhově nejchudší je nejstarší neolitické období, kdy byl lidský vliv ještě poměrně slabý a relativně krátkodobý. Svoje maximální zastoupení zde má na živiny náročný jasan (*Fraxinus*) ukazující nejspíše na využívání aluviálních lesů v okolí řeky a výrazně zastoupená je i světlomilná líska (*Corylus*). Pro dobu bronzovou záznam chybí, takže následujícím zachyceným obdobím je až halštatské období doby železné o cca 3000 let později. Výraznými nově objevivšími se druhy jsou zde habr (*Carpinus*), jedle (*Abies*) a jilm (*Ulmus*). Habr je druhem mimo jiné i lesů využívaných k pastevnímu nebo výmladkovému hospodaření. Lze předpokládat, že habr a jedle se vykytovaly už během doby bronzové, kdy už se šířily i ve větším měřítku (Pokorný 2011). Podobné vysvětlení je pravděpodobné i pro výrazný nárůst buku (*Fagus*) z necelého procenta na téměř 5%. Jeho výskyt omezený téměř jen na dobu železnou a následné

vymizení je snad možné připsat jeho minimálnímu výskytu v této oblasti a zároveň snad i selektivnímu výběru kvůli výhodným vlastnostem jeho dřeva (Pokorný 2005). Naopak jilm je obecně v daném období obvykle spíše stabilní nebo na ústupu a jeho nárůst v souboru je tak spíše výsledkem lokálně působících jevů, například ve lidském způsobu využívání lesa. Významné je i objevení se světlomilné skupiny *Pomoideae* a růže (*Rosa*), které jsou považovány za indikátor vzrůstajícího lidského vlivu a prosvětlení lesa. V následujícím laténském období doby železné je nejvýraznějším jevem úbytek dubu a naopak výrazný nárůst borovice (*Pinus*). Tuto změnu lze interpretovat jako projev dalšího zesílení lidského tlaku na vegetaci (Novák a Sádlo 2005). Větší podíl převážně vlhkomilných dřevin, jako jsou olše (*Alnus*), vrby a topoly (*Salix/Populus*), ukazuje na využívání lesů v okolí vodních toků. V následující době římské dochází k dalšímu nárůstu borovice a k již popsanému téměř vymizení buku. Zároveň opětovně roste zastoupení dubu na úkor všech zbylých druhů, včetně těch světlomilných. To ukazuje na návrat lesů s větším zápojem a tedy slabší vliv lidského osídlení, které je v této době i plošně v rámci celého našeho území na výrazném ústupu (Pokorný 2011).

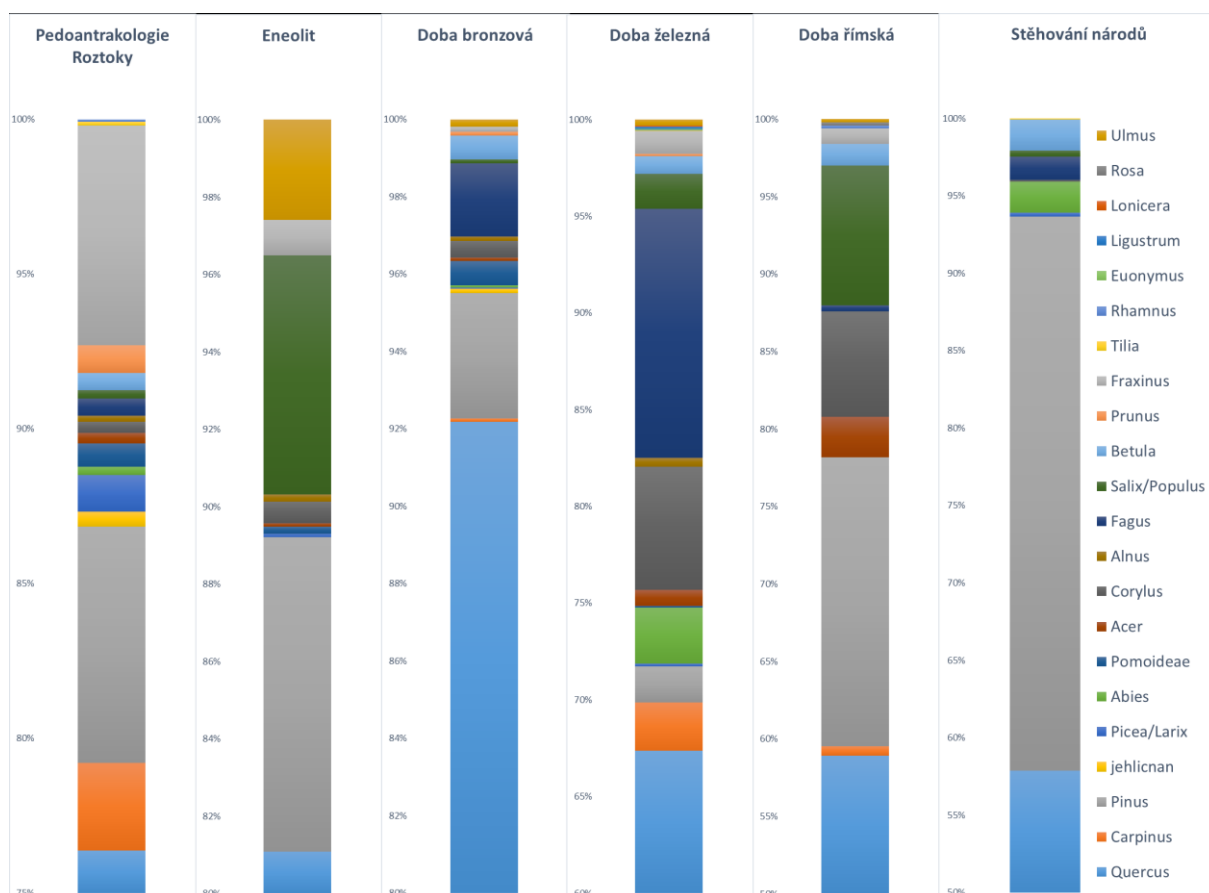
Následující období staršího raného středověku, které bylo zkoumáno a popsáno nejpodrobněji (Novák et al. 2012, Kuna et al. 2013). Zcela jasnou dominantou je zde opět dub a to ještě ve větší míře než v předchozích obdobích. Z ostatních druhů se přes hranici 4% dostávají pouze habr a borovice. Na podíl 2% dosahuje bříza (*Betula*), která je světlomilným druhem raných sukcesních stadií. Všechny ostatní druhy se pohybují maximálně kolem 1%. Přítomnost světlomilných většinou křovin jako jsou svída (*Cornus*), *Pomoideae*, slivoň (*Prunus*) nebo poměrně výjimečně zachycený jalovec (*Juniperus*) ukazují na alespoň maloplošnou existenci raně sukcesních stadií v podobě velmi rozvolněných zemědělsky využívaných lesů nebo křovin. Uhlíky příslušející vrbám nebo topolům se vyskytují převážně v severní části sídliště v okolí Únětického potoka, což ukazuje na možnost prostorového rozlišení i v rámci sídliště. Celkový podíl druhů lužních lesů je ale překvapivě nízký, což vzhledem k umístění sídliště přímo v nivě může ukazovat již na výrazné odlesnění tohoto stanoviště.

V nejbližším okolí sídliště lze rekonstruovat jako převládající typ vegetace dubohabřiny pravděpodobně s malým podílem křovin a porostlin. V širším okolí se potom nejspíše vyskytovaly bikové a jedlové doubravy se zastoupením borovice. V plošně menším rozsahu, například na skalních výchozech, existovala i světlomilná vegetace s nízkým korunovým zápojem (Kuna et al. 2013). Celkově je ale paradoxně vzhledem k intenzivnímu osídlení v daném období lidský vliv na vegetaci poměrně nízký, což může být následkem relativně krátkého období fungování sídliště.

V následujících obdobích raného středověku dochází opět k výraznému lidskému vlivu na vegetaci, který postupně dosahuje svého maxima. Nejvyšší druhová diverzita souboru ukazuje na přítomnost pestré krajinné mozaiky včetně ploch velmi otevřených, jak ukazuje podíl světlomilných křovin.

Zdánlivě protichůdný se zdá průběh změn intenzity osídlení a jeho vlivu na vegetaci, kdy se osídlení mění z velké aglomerace KPT na malou zemědělskou osadu, zatímco ovlivnění vegetace prudce narůstá. Za těmito změnami je možné vidět spíše než změny ve způsobu využívání krajiny dlouhodobý kumulativní efekt lidského hospodaření, které se v antrakologickém záznamu projevilo až s určitým zpožděním.

Porovnání s okolím



Obrázek 16: Souhrnné diagramy druhového složení z publikovaných archeoantrakologických souborů z širšího okolí Roztok a celkový diagram pedoantrakologického souboru. Procentuální zastoupení počtů určení. Měřítko zobrazení přizpůsobeno po každé období kvůli čitelnosti, zbytek rozsahu v dolní nezobrazené části sloupce vždy zabírá dub

Společnou vlastností všech zobrazených souborů (pro archeoantrakologická data se jedná vždy o souhrn více lokalit z daného období) je výrazná dominance dubu. Jeho maximální podíl dosahuje přes 90% procent v době bronzové a později postupně klesá. Pedaantrakologický soubor z Roztok se odlišuje zejména velkým podílem jasanu (7%), který byl pro všechna období v okolí zachycen jen velmi málo a je diskutován v předchozích částech. Tento vysoký podíl je hypoteticky spojován s obdobím neolitu, pro které bohužel z okolí neexistuje referenční soubor. Problémem pro detailnější porovnání je nejasné časové zařazení pedoantrakologického souboru. Ten v současné podobě nejspíše zahrnuje i pozdější období středověku a novověku, jak může naznačovat například vyšší podíl habru. Pro detailní porovnání by bylo nutné vybrat jen vrstvy datované do konkrétního období, což by mělo být umožněno po obdržení výsledků radiokarbonového datování.

Literatura

Abraham, V., Kuneš, P., Petr, L., Svitavská-Svobodová, H., Kozáková, R., Jamrichova, E., ... a Pokorný, P. (2016). A pollen-based quantitative reconstruction of the Holocene vegetation updates a perspective on the natural vegetation in the Czech Republic and Slovakia. *Preslia*, 88(4), 409-434.

Adámek, M., Bobek, P., Hadincová, V., Wild, J., a Kopecký, M. (2015). Forest fires within a temperate landscape: a decadal and millennial perspective from a sandstone region in Central Europe. *Forest Ecology and Management*, 336, 81-90.

AOPK, 2016. Mapová aplikace MapoMat Agentury ochrany přírody a krajiny České Republiky, vrstva Mapování biotopů.

Asouti, E., a Austin, P. (2005). Reconstructing woodland vegetation and its exploitation by past societies, based on the analysis and interpretation of archaeological wood charcoal macro-remains. *Environmental Archaeology*, 10(1), 1-18.

Beneš, J. (2006). Změny dřevinné skladby vegetace v české krajině v holocénu na základě paleoekologických analýz – Changes in the woodland vegetation structure of the Bohemian landscape in the Holocene on the basis of palaeoecological analyses. Ms. disert. práce, JČU České Budějovice.

Beneš, J., & Příkrylová, P. (2008). Analýza uhlíků a zuhelnatělých rostlinných makrozbytků ze sídliště mladší doby bronzové v Hostivici u Prahy. *České Budějovice–Praha*, 219-240.

Benkova, V. E., a Schweingruber, F. H. (2004). Anatomy of Russian woods. Haupt.

Bobek, P., Svobodová, H. S., Werchan, B., Švarcová, M. G., a Kuneš, P. (2018A). Human-induced changes in fire regime and subsequent alteration of the sandstone landscape of Northern Bohemia (Czech Republic). *The Holocene*, 28(3), 427-443.

Bobek, P., Šamonil, P., a Jamrichová, E. (2018B). Biotic controls on Holocene fire frequency in a temperate mountain forest, Czech Republic. *Journal of Quaternary Science*, 33(8), 892-904.

Bobrovsky, M. V., Kupriaynov, D. A., a Khanina, L. G. (2019). Anthracological and morphological analysis of soils for the reconstruction of the forest ecosystem history (Meshchera Lowlands, Russia). *Quaternary International*, 516, 70-82.

Břízová, E. (1999). Late Glacial and Holocene development of the vegetation in the Labe (Elbe) river floodplain (central Bohemia, Czech Republic). – *Acta Palaeobot. (Suppl.)* 2: 549–554.

Calcote, R. (1995). Pollen source area and pollen productivity: evidence from forest hollows. *Journal of Ecology*, 591-602.

Canti, M. G. (2003). Earthworm activity and archaeological stratigraphy: a review of products and processes. *Journal of Archaeological Science*, 30(2), 135-148.

Carcaillet, C., a Thimon, M. (1996). Pedoanthracological contribution to the study of the evolution of the upper treeline in the Maurienne Valley (North French Alps): methodology and preliminary data. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 91(1-4), 399-416.

Carnelli, A. L., Theurillat, J. P., Thimon, M., Vadi, G., a Talon, B. (2004). Past uppermost tree limit in the Central European Alps (Switzerland) based on soil and soil charcoal. *The Holocene*, 14(3), 393-405.

Compostella, C., Trombino, L., a Caccianiga, M. (2013). Late Holocene soil evolution and treeline fluctuations in the Northern Apennines. *Quaternary international*, 289, 46-59.

Cunill, R., Métaillé, J. P., Galop, D., Poublanc, S., a De Munnik, N. (2015). Palaeoecological study of Pyrenean lowland fir forests: Exploring mid-late Holocene history of *Abies alba* in Montbrun (Ariège, France). *Quaternary International*, 366, 37-50.

- Cunill, R., Soriano, J. M., Bal, M. C., Pelachs, A., a Pérez-Obiol, R. (2012). Holocene treeline changes on the south slope of the Pyrenees: a pedoanthracological analysis. *Vegetation history and archaeobotany*, 21(4-5), 373-384.
- Česká geologická služba (2012). Půdní mapa 1:50000. In: Půdní mapa 1:50000 [online]. Česká geologická služba, Praha 2012 [cit. 2019-07-31]. <https://mapy.geology.cz/pudy/>
- Česká geologická služba (2014). In: Geologická mapa 1:50000 [online], Česká geologická služba, Praha 2014 [cit. 2019-07-31]. Dostupné online z: http://mapy.geology.cz/geocr_50/
- Česká zemědělská univerzita (2014). Klasifikace půdních typů podle TKSP a WRB. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha 2014. [cit. 2019-07-31] In: Národní geoportál INSPIRE [online], CENIA, česká informační agentura životního prostředí. Dostupné online z: <https://geoportal.gov.cz/web/guest/map>.
- ČHMÚ (2019). Český hydrometeorologický úřad, web. Mapy charakteristik klimatu. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mapy-charakteristik-klimatu>
- Čulíková, V. (2008): Dřeviny z Prahy-Hostavic 2. In: Venclová, N. et al.: Hutnický region Říčansko, p. 129-131, Praha.
- ČÚZK (2017). Český ústav katastrální a zeměměřičský. Webová aplikace Analýzy výškopisu: <http://ags.cuzk.cz/dmr/>
- Demek, J., Mackovčín, P., a Balatka, B. (1987). Zeměpisný lexikon ČSR. Hory a nížiny. Academia, Praha.
- Dreslerová D., Břízová E., Růžičková E. a Zeman A. (2004). Holocene environmental processes and alluvial archaeology in the middle Labe (Elbe) valley. – In: Gojda M. (ed.), *Ancient landscape, settlement dynamics and non-destructive archaeology*, p. 121–171, Academia, Praha.
- Dreslerová, D. (2012). Les v pravěké krajině II. *Archeologické rozhledy*, 64(2).
- Dreslerová, D., a Sádlo, J. (2000). Les jako součást pravěké kulturní krajiny. *Archeologické rozhledy*, 52(2).
- Dutoit, T., Thion, M., Talon, B., Buisson, E., a Alard, D. (2009). Sampling soil wood charcoals at a high spatial resolution: a new methodology to investigate the origin of grassland plant communities. *Journal of Vegetation Science*, 20(2), 349-358.
- Ellenberg, H., Weber, H. E., Düll, R., Wirth, V., Werner, W. a Paulißen D. (1991). Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. – *Scr. Geobot.* 18: 1–248.
- Ernée, M., Dobeš, M., Hlaváč, J., Kočár, P., Kyselý, R., a Šída, P. (2007). Zahloubená chata ze středního eneolitu v Praze 9 – Miškovcích. Výsledky archeologických a přírodovědných analýz, *Památky archeologické*, 98, 31-108.
- Feiss, T., Horen, H., Brasseur, B., Buridant, J., Gallet-Moron, E., a Decocq, G. (2017). Historical ecology of lowland forests: Does pedoanthracology support historical and archaeological data?. *Quaternary International*, 457, 99-112.
- Figueiral, I., Mosbrugger, V., Rowe, N. P., Ashraf, A. R., Utescher, T., a Jones, T. P. (1999). The Miocene peat-forming vegetation of northwestern Germany: an analysis of wood remains and comparison with previous palynological interpretations. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 104(3-4), 239-266.
- Fridrich, J. (1997). Staropaleolitické osídlení Čech. *Památky archeologické, Supplementum 10*. Archeologický ústav AV ČR.
- Grimm, E. (2016). *Tilia 2.1.2*. Illinois state museum, research and collections center, Springfield.
- Holst, D. (2010). Hazelnut economy of early Holocene hunter-gatherers: a case study from Mesolithic Duvensee, northern Germany. *Journal of Archaeological Science*, 37(11), 2871-2880.
- Chabal, L. (1988). Pourquoi et comment prélever les charbons de bois pour la période antique, les méthodes utilisées sur le site de Lattes (Hérault). *Lattara 1*, s. 187–222.
- Chabal, L., Fabre, L., Terral, J. F., a Théry-Parisot, I. (1999). L'anthracologie. *La botanique*, 43-104.

- Chrzavetz, J., Théry-Parisot, I., Fiorucci, G., Terral, J.-F., Thibaut, B. (2014). Impact of post-depositional processes on charcoal fragmentation and archaeobotanical implications: experimental approach combining charcoal analysis and biomechanics. *Journal of Archeological Science* 44: 30-42.
- Chytrý, M. (editor), (2013). *Vegetace České Republiky 4, Lesní a křovinná vegetace*. Praha, Academia. ISBN 978-80-200-2299-8.
- Chytrý, M., Tichý, L., Dřevojan, P., Sádlo, J., a Zelený, D. (2018). Ellenberg-type indicator values for the Czech flora. *Preslia*, 90, 83-103.
- Kočár, P. a Mihályiová J. (2011). Kněževés – archeobotanická analýza na sídlišti z mladší doby bronzové. In: L. Smejtek, *Osídlení z doby bronzové v Kněževsi u Prahy*. s. 464 -484.
- Kočár, P., & Dreslerová, D. (2010). Archeobotanické nálezy pěstovaných rostlin v pravěku České republiky. *Památky archeologické*, 101.
- Kočár, P., Šumberová, R., a Kočárová, R. (2014). Antrakologický soubor z neolitického sídliště u Kolína Příspěvek (nejen) k rekonstrukci lesní vegetace v neolitu České republiky. *Archeologické rozhledy*, 66.
- Kovačiková, L. (2013) in: Kuna, M., Hajnalová, M., Kovačiková, L., Lisá, L., Novák, J., Bureš, M., ... a Makowiecki, D.: *Raně středověký areál v Roztokách z pohledu ekofaktů*. *Památky archeologické*, 104.
- Kovanda, J. a kolektiv, (2001). *Neživá příroda Prahy a jejího okolí*. Praha, Academia, Český Geologický Ústav. ISBN 80-200-0835-7.
- Kozáková, R., Šamonil, P., Kuneš, P., Novák, J., Kočár, P., a Kočárová, R. (2011). Contrasting local and regional Holocene histories of *Abies alba* in the Czech Republic in relation to human impact: Evidence from forestry, pollen and anthracological data. *The Holocene*, 21(3), 431-444.
- Kubíková, J. a Molíková, M. (1980). Vegetace a květena Tichého údolí, Roztockého háje a Sedleckých skal na severozápadním okraji Prahy. *Bohemia centralis* 10, s. 129-206.
- Kuna, M. (1991). Archeologický výzkum neolitického sídliště v Roztokách 1980–85. *Muzeum a současnost*, 10, 1-2.
- Kuna, M., Hajnalová, M., Kovačiková, L., Lisá, L., Novák, J., Bureš, M., ... a Makowiecki, D. (2013). *Raně středověký areál v Roztokách z pohledu ekofaktů*. *Památky archeologické*, 104.
- Kuna, M., Němcová, A., Gentizon, H. A. L., Haller, M., Hankýř, V., Kloužková, A., ... a Tempír, Z. (2012). Výpověď sídlištního odpadu. Nálezy z pozdní doby bronzové v Roztokách a otázky depoziční analýzy archeologického kontextu. Praha: Archeologický Ústav AV ČR. ISBN 978-80-87365-50-2.
- Kuna, M., Profantová, N., Bartuška, M., Gojda, M., Haišmanová, L., Hanykýř, V., ... a Maryška, M. (2005). *Počátky raného středověku v Čechách*. Archeologický výzkum sídelní aglomerace kultury pražského typu v Roztokách. Praha.
- Kuneš, P., a Abraham, V. (2017). *History of Czech Vegetation Since the Late Pleistocene*. In *Flora and Vegetation of the Czech Republic* (pp. 193-227). Springer, Cham.
- Kuneš, P., Abraham, V., Kovářik, O., Kopecký, M., PALYCZ contributors (2009). *Czech Quaternary Palynological Database – PALYCZ: review and basic statistics of the data*. *Preslia* 81:209–238.
- Kuneš, P., Pokorný, P., & Šída, P. (2008). Detection of the impact of early Holocene hunter-gatherers on vegetation in the Czech Republic, using multivariate analysis of pollen data. *Vegetation History and Archaeobotany*, 17(3), 269-287.
- Ložek, V. (1973). *Příroda ve čtvrtohorách*. Praha: Academia.
- McParland, L. C., Collinson, M. E., Scott, A. C., Campbell, G., a Veal, R. (2010). Is vitrification in charcoal a result of high temperature burning of wood?. *Journal of Archaeological Science*, 37(10), 2679-2687.

Meduna, P., Veselá, A., Bernardová, A., a Novák, J. (2013). Záchranné archeologické výzkumy v areálu měst Mělníka a Mšena, Středočeský vlastivědný sborník 31, 160-169.

Mikešová, V. (2014). Národní muzeum, web Archeologie na dosah: <http://www.archeologienadosah.cz/o-archeologii/dejiny-oboru/osobnosti-ceske-archeologie/cenek-ryzner-1845-1923>

Musil, R. (2006). Nacházelo se ve Woldřichově jeskyni na Stránské skále skutečně ohniště? Did really exist the fireplace in the Woldřich's cave at the Stránská Skála hill?, Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku v roce 2005, s. 14–18.

Nelle, O., Robin, V. a Talon, B. (2013). Pedoanthracology: Analysing soil charcoal to study Holocene palaeoenvironments. *Quaternary International* 289: 1-4, s. 1-4.

Němcová, A., Kočár, P. a Kočárová, R. (2009): Výsledky archeologického a botanického výzkumu na lokalitě Dřevčice, poloha „Na Výsluní 2003“ u Brandýsa nad Labem (okres Praha-východ). Ve službách archeologie 01/09, 54–66.

Neuhäuslová, Z., Blažková, D., Grulich, V., Husová, M., Chytrý, M., Jeník, J., ... a Sádlo, J. (1998): Mapa potenciální přirozené vegetace České republiky [Map of potential natural vegetation of the Czech Republic]. – Academia, Praha.

Nikhil Patel (2018). Aplikace CanopyCapture pro Android, 1.0.2.

Novák, J. (2007). Antrakologická analýza vybraných objektů časně laténského sídliště v Chržíně. *Archeologické rozhledy* LIX 517-522.

Novák, J. (2009). Dendrologická analýza fragmentů dřevěných hrobových konstrukcí a uhlíků ze sídlištních situací. In: Štefan, I. a Krutina, I.: Raně středověké sídliště, hromadný hrob a pohřebiště na Budči (poloha Na Týnici). Ke vztahu archeologie a „událostní historie“. *Památky archeologické* 100, 202–204.

Novák, J. (2013) in: Kuna, M., Hajnalová, M., Kovačiková, L., Lisá, L., Novák, J., Bureš, M., ... a Makowiecki, D.: Raně středověký areál v Roztokách z pohledu ekofaktů. *Památky archeologické*, 104.

Novák, J. a Sádlo, J. (2005). Co způsobuje přítomnost nelesních druhů v borech na křídových podkladech. *Severočeskou přírodou* 36–37, 1–10.

Novák, J., Abraham, V., Houfková, P., Kočár, P., Vaněček, Z., a Peška, J. (2018). History of the Litovelské Pomoraví woodland (NE Czech Republic): A comparison of archaeo-anthracological, pedoanthracological, and pollen data. *Quaternary International*, 463, 352-362.

Novák, J., Abraham, V., Šída, P., a Pokorný, P. (2019A). Holocene forest transformations in sandstone landscapes of the Czech Republic: Stand-scale comparison of charcoal and pollen records. *The Holocene*, 0959683619854510.

Novák, J., Lisá, L., Pokorný, P., a Kuna, M. (2012). Charcoal analyses as an environmental tool for the study of Early Medieval sunken houses infills in Roztoky near Prague, Czech Republic. *Journal of Archaeological Science*, 39(4), 808-817.

Novák, J., Petr, L., a Treml, V. (2010). Late-Holocene human-induced changes to the extent of alpine areas in the East Sudetes, Central Europe. *The Holocene*, 20(6), 895-905.

Novák, J., Roleček, J., Dresler, P., a Hájek, M. (2019B). Soil charcoal elucidates the role of humans in the development of landscape of extreme biodiversity. *Land Degradation a Development*. 30:1607–1619.

Novák, J., Trotsiuk, V., Sýkora, O., Svoboda, M., a Chytrý, M. (2014). Ecology of *Tilia sibirica* in a continental hemiboreal forest, southern Siberia: An analogue of a glacial refugium of broad-leaved temperate trees?. *The Holocene*, 24(8), 908-918.

Ohlson, M., a Tryterud, E. (2000). Interpretation of the charcoal record in forest soils: forest fires and their production and deposition of macroscopic charcoal. *The Holocene*, 10(4), 519-525.

Opravil, E. (1984). Paleobotanické doklady k rozšíření některých rostlin v československém holocénu. MS.

- Opravil, E. (1988). Archeobotanické nálezy ze Středočeského kraje. *Bohemia centralis*, 17, 7-19.
- Opravil, E. (1989). Přírodní poměry laténského hradiště Závist. In: Čížmář, M: Pozdně laténské osídlení předhradí Závisti. *Památky archeologické*, 80, 59-122.
- Opravil, E. (1991): Rozbor zbytků zuhelnatělého dřeva z neolitických objektů v Roztokách. In: *Muzeum a současnost* 10, Roztoky u Prahy 1991, 294–295, 327.
- Paysen, A. (2012). Charcoal research before modern anthracology. Wood and charcoal evidence for human and natural history. *SAGVNTVM Extra*, 13, s. 269.
- Petr, L. a Pokorný, P. (2008). Přirozená jezera na území České republiky. Jejich význam pro studium pravěkého osídlení a přírodního prostředí [Natural lakes in the Czech Republic. Their importance for the study of prehistoric occupation and environment]. – In: Beneš J. a Pokorný P. (eds), *Bioarchaeology in Czech Republic*, p. 73–98, Archeologický ústav AV ČR, Praha.
- Petr, L., Sádlo, J., Žáčková, P., Lisá, L., Novák, J., Rohovec, J. a Pokorný, P. (2014). Late-Glacial and Holocene environmental history of an oxbow wetland in the Polabí lowland (river Elbe, Czech Republic) a context-dependent interpretation of a multi-proxy analysis. – *Folia Geobot. Phytotax.* 49: 137–162.
- Pokorný, P. (2005). Role of man in the development of Holocene vegetation in Central Bohemia. *Preslia*, 77(1), 113-128.
- Pokorný, P. (2011). *Neklidné časy: kapitoly ze společných dějin přírody a lidí. Dokořán.* ISBN 978-80-7363-392-9
- Pokorný, P. a van der Knaap, W. O. (2011). 15. Brve (Czech Republic): Vegetation development over the last about 2.5 millennia in the Bohemian Lowland close to Prague. *Grana*, 50(4), 311-313.
- Pokorný, P., Chytrý, M., Juříčková, L., Sádlo, J., Novák, J., a Ložek, V. (2015). Mid-Holocene bottleneck for central European dry grasslands: Did steppe survive the forest optimum in northern Bohemia, Czech Republic?. *The Holocene*, 25(4), 716-726.
- Poschlod, P., a Baumann, A. (2010). The historical dynamics of calcareous grasslands in the central and southern Franconian Jurassic mountains: a comparative pedoanthracological and pollen analytical study. *The Holocene*, 20(1), 13-23.
- Rackham, O. (1994). *The Illustrated History of the Countryside.* London: George Weidenfeld a Nicolson Ltd.
- Rasmussen, P. (1993). Analysis of goat/sheep faeces from Egolzwil 3, Switzerland: evidence for branch and twig foddering of livestock in the Neolithic. *Journal of Archaeological Science*, 20(5), 479-502.
- Robin, V., Bork, H. R., Nadeau, M. J. a Nelle, O. (2014). Fire and forest history of central European low mountain forest sites based on soil charcoal analysis: The case of the eastern Harz. *Holocene* 24, 35–47.
- Robin, V., Nadeau, M. J., Grootes, P. M., Bork, H. R., a Nelle, O. (2016). Too early and too northerly: evidence of temperate trees in northern Central Europe during the Younger Dryas. *New Phytologist*, 212(1), 259-268.
- Robin, V., Nelle, O., Talon, B., Poschlod, P., Schwartz, D., Bal, M. C., ... a Dutoit, T. (2018). A comparative review of soil charcoal data: Spatiotemporal patterns of origin and long-term dynamics of Western European nutrient-poor grasslands. *The Holocene*, 28(8), 1313-1324.
- Robin, V., Rickert, B. H., Nadeau, M. J., a Nelle, O. (2012). Assessing Holocene vegetation and fire history by a multiproxy approach: the case of Stodthagen Forest (Northern Germany). *The Holocene*, 22(3), 337-346.
- Robin, V., Talon, B., a Nelle, O. (2013). Pedoanthracological contribution to forest naturalness assessment. *Quaternary International*, 289, 5-15.
- Robin, V., Talon, B., a Nelle, O. (2015). Charcoal: resource and ubiquitous proxy. *Quaternary International*, 366, 1-2.
- Rulf, J. (1991). Archeologický výzkum neolitického sídliště v Roztokách: Keramika. *Muzeum a současnost* 10/1, s. 88-176.

- Sádlo, J. a Gojda, M. (1994). Roztoky: pokus o geobotanickou rekonstrukci vývoje kulturní krajiny: (raný středověk-současnost). *Archeologické rozhledy* 46, č. 2, s. 191-204.
- Sankot, P. (1991). Historie archeologických výzkumů v Roztokách u Prahy, *Muzeum a současnost* 10/1, s. 7-21.
- Sankot, P. a Kuna, M. (2015). Laténský kostrový hrob z Roztok, okr. Praha-západ. Rekonstrukce a experiment v archeologii: živá archeologie, roč. 17, s. 27-3.
- Shackleton, C. M., a Prins, F. (1992). Charcoal analysis and the "Principle of Least Effort"—a conceptual model. *Journal of archaeological science*, 19(6), 631-637.
- Schoch, W., Heller, I., Schweingruber, F. H., Kienast, F. (2004). Wood anatomy of central European Species. Online version: www.woodanatomy.ch
- Schweingruber, F. H. (1978). Microscopic wood anatomy. Swiss Federal Institute of Forestry Research.
- Sklenář, K. (2008). Mohylové pohřebiště ve Velkém Háji u Roztok. *Archeologie ve Středních Čechách* 12, s. 183–204.
- Slaviková-Veselá, J. (1950). Reconstruction of the Succession of Forest Trees in Czechoslovakia on the Basis of an Analysis of Charcoal from Prehistoric Settlements, *Studia Botanica Českoslovaca* 11, 198–224.
- Sugita, S. (2007). Theory of quantitative reconstruction of vegetation I: pollen from large sites REVEALS regional vegetation composition. *The Holocene* 17:229–241.
- Svoboda, J., Pokorný, P., Horáček, I., Sázelová, S., Abraham, V., Divišová, M., ... & Šída, P. (2018). Late Glacial and Holocene sequences in rockshelters and adjacent wetlands of Northern Bohemia, Czech Republic: Correlation of environmental and archaeological records. *Quaternary International*, 465, 234-250.
- Šálková, T., Dohnalová, A., Novák, J., Hiltcher, T., Jiřík, J., a Vávra, J. (2016). Unrecognized Taphonomy as a Problem of Identification and the Scale of Contamination of Archaeobotanical Assemblages – the Example of Prague–Zličín Migration Period Burial Ground. *Interdisciplinaria Archaeologica – Natural Sciences in Archaeology*, 87-110.
- Šamonil, P., Král, K., a Hort, L. (2010). The role of tree uprooting in soil formation: a critical literature review. *Geoderma*, 157(3-4), 65-79.
- Ter Braak C.J.F. a Šmilauer P. (2012): Canoco reference manual and user's guide: software for ordination, version 5.0. Microcomputer Power, Ithaca, USA, 496 pp.
- Ter Braak, C. J. F., a Šmilauer, P. (2012). Canoco 5, Windows release (5.00). Software for multivariate data exploration, testing, and summarization. Biometris, Plant Research International, Wageningen.
- Théry-Parisot, I., Chabal, L., a Chrzavzez, J., (2010A). Anthracology and taphonomy, from wood gathering to charcoal analysis. A review of the taphonomic processes modifying charcoal assemblages, in archaeological contexts. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology: Elsevier*, 291(1-2), s. 142–153.
- Théry-Parisot, I., Chabal, L., Ntinou, M., Bouby, L. a Carre, A., (2010B). From wood to wood charcoal: an experimental approach to combustion. *Paleoethnology* 2, s. 81-93.
- Thinon, M. (1978). Le pédoanthracologie: une nouvelle méthode d'analyse phytochronologique depuis le Néolithique. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris Serie D: Sciences Naturelles* 287, s. 1203-1206.
- Touflan, P., a Talon, B. (2009). Spatial reliability of soil charcoal analysis: the case of subalpine forest soils. *Ecoscience*, 16(1), 23-27.
- Touflan, P., Talon, B., a Walsh, K. (2010). Soil charcoal analysis: a reliable tool for spatially precise studies of past forest dynamics: a case study in the French southern Alps. *The Holocene*, 20(1), 45-52.
- University of New Hampshire (2018). Aplikace CanopyApp pro Android, verze 1.0.4.
- Volařík, D., a Hédli, R. (2013). Expansion to abandoned agricultural land forms an integral part of silver fir dynamics. *Forest ecology and management*, 292, 39-48.

Westhoff, V., a Van Der Maarel, E. (1978). The braun-blanquet approach. In Classification of plant communities (pp. 287-399). Springer, Dordrecht.

Willis, K. J., a Van Andel, T. H. (2004). Trees or no trees? The environments of central and eastern Europe during the Last Glaciation. Quaternary Science Reviews, 23(23-24), 2369-2387.

Poděkování

Děkuji zejména mému školiteli Honzovi Novákovi za poskytnuté rady, informace, pomoc, trpělivost a podporu, někdy i přes půl zeměkoule. Dále děkuji Jindřichu Prachovi za řadu konstruktivních připomínek k textu a Městské policii Roztoky za bezproblémové umožnění odvozu vzorků.

Práce byla financována z projektu GAČR č. 19-14292S.