UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Biologie
Obor: Botanika

Bc. Markéta G. Švarcová

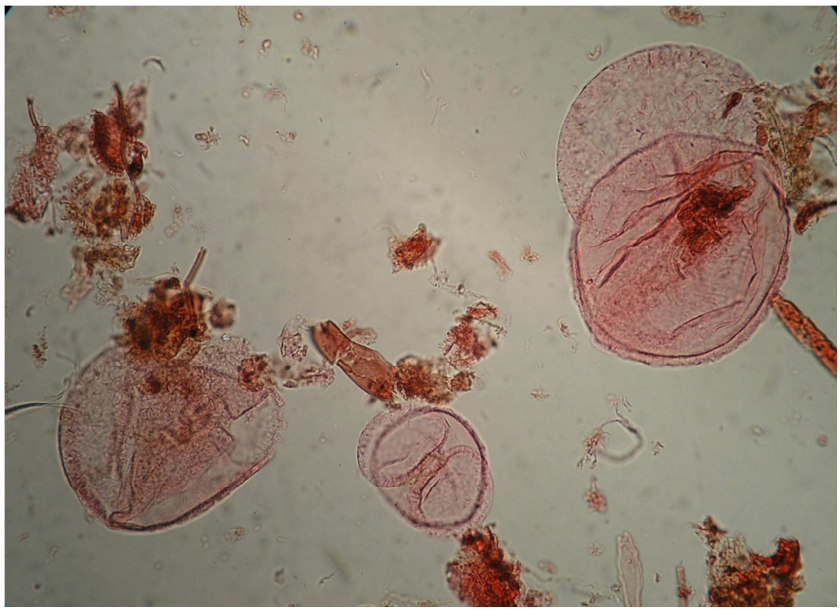
POSTGLACIÁLNÍ HISTORIE LOKÁLNÍCH FENOMÉNŮ HORSKÉ VEGETACE ZÁPADNÍCH ČECH

POSTGLACIAL VEGETATION HISTORY OF LOCAL PHENOMENA IN WESTERN BOHEMIA

Diplomová práce

Vedoucí práce: RNDr. Petr Kuneš, PhD.

Praha 2012



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

V Praze, 27.8.2012

Poděkování patří mému školiteli, za vedení práce a za přijetí mezi své studenty. Dále velice děkuji všem, kteří se podíleli na těžké špinavé práci při sondování lokalit i při vrtání obou profilů. Na Číhané to byli Petr Kuneš, Petr Pokorný a Tomáš Suda, na Vlčku Přemysl Bobek a Tomáš Suda. Přemyslu Tájkovi ze správy CHKO děkuji za vytipování krásných lokalit i za asistenci při terénních pracích. Také děkuji těm členům naší paleoekologické skupiny, kteří mi byli nápomocni při určování pylu.

Děkuji Radkovi za veškerou pomoc a podporu, kterou mi věnoval. Především za překlad německých textů, práci v grafických programech a přečtení mé práce. Mamince děkuji za to, že mě po celou dobu ve studiích podporovala, zejména v posledních měsících.

Obsah

1 Abstrakt ... 5
1 Abstract ... 6
2 Úvod ... 6
3 Popis studované oblasti ... 10
3.1 Přírodní poměry Slavkovského lesa ... 10
3.1.1 Geologie ... 10
3.1.2 Klima ... 11
3.1.3 Vegetace ... 11
3.2 Charakteristika lokalit ... 13
3.2.1 Číhanské prameniště ... 13
3.2.2 PR Mokřady pod Vlčkem a hadcový fenomén ... 14
3.2.3 Podoba na historických mapách ... 16
3.2.4 Paleoekologický výzkum ve 30. letech ... 17
3.3 Moderní palynologické analýzy v regionu západních a východních Čech ... 19
4 Metodika ... 21
4.1 Odběr profilů a pylová analýza ... 21
4.2 Stanovení absolutní chronologie ... 22
4.3 Vizualizace dat ... 22
4.4 Srovnání vybraných profilů ... 23
5 Výsledky ... 24
5.1 Popis profilů ... 24
5.1.1 Číhaná ... 24
5.1.2 Vlček ... 25
5.2 Datování a *depth-age* model ... 27
5.3 Pylové diagramy ... 30
5.3.1 Číhaná ... 30
5.3.2 Vlček ... 34
5.4 Influxové diagramy ... 37
5.4.1 Akumulační rychlost pylu ... 37
5.4.2 Srovnání procentuálních a influxových křivek ... 41
5.5 Nepylové objekty ... 43
5.6 Srovnání s výsledky Karla Rudolpha (1931) ... 46
5.7 Srovnání postglaciálního vývoje hlavních dřevin ... 49
6 Diskuze ... 58
6.1 Postglaciální historie vegetace Slavkovského lesa ... 58
6.2 Migrace hlavních dřevin a jejich postglaciální historie na území západních Čech ... 64
6.2.1 Borovice ... 64
6.2.2 Smrk ... 65
6.2.3 Líska ... 66
6.2.4 Dub, lípa a jilm ... 67
6.2.5 Buk ... 67
6.2.6 Jedle ... 68
6.3 Jsou hadcové reliktní bory opravdu reliktní? ... 69
7 Závěr ... 71
8 Citace ... 73
9 Přílohy ... 80

1 Abstrakt

Region západních Čech představuje jednu z nejméně prozkoumaných oblastí z hlediska studia postglaciální historie vegetace v České republice. Právě zde se přitom předpokládá existence jedné z migračních cest dřevin do severnějších oblastí Evropy během Holocénu. Nejvhodnější oblasti pro studium skýtají sudetská pohoří. Jedním z nich je i oblast Slavkovského lesa v Karlovarském kraji.

Postglaciální historie vegetace zde byla studována na dvou profilech – ze slatiniště u Číhanských pramenů a z PR Mokřady pod Vlčkem v blízkosti tělesa Mnichovských hadců. S využitím palynologické analýzy byly vytvořeny jak procentuální, tak influxové diagramy vývoje vegetace. Dále byly z České palynologické databáze vybrány datované profily ze západní části České republiky, které umožnily rekonstrukci vývoje migrace jednotlivých druhů hlavních dřevin v tomto regionu.

Lokalita Číhaná zachycuje období od konce glaciálu do staršího Atlantiku. Ve staroholocénních lesích představovala silnou dominantu borovice, už během preboreálu se přidávala líska, která zde ale neměla natolik významné postavení. Na počátku boreálu následovaly dřeviny smíšených doubrav. V Atlantiku se rychle stal dominantou smrk. Sedimentace zde byla ukončena zřejmě důsledkem rychlého růstu rašeliny a následného provzdušnění substrátu dřevinami. Lokalita Vlček navazuje na Číhanou obdobím Atlantiku až do Subrecentu. V okolí Vlčku smrk expandoval až později, v mladším Atlantiku. V Subatlantiku se rozšířila jedle, buk neměl významnější zastoupení. Na této slatinné louce bývaly běžně přítomné i stromy – borovice, poté i smrk a jedle a zřejmě se po velkou část její historie jednalo o rašelinnou smrčinu.

Množství borovice během celého Holocénu je vyšší než na jiných srovnávaných lokalitách, bory zde musely přetrvávat na lokálně nepříhodných podmínkách pro růst ostatních dřevin, tedy na hadcových substrátech.

Podhůří Šumavy tvořilo významné refugium hned pro několik druhů (smrk, buk). Sudetská pohoří západních Čech se potvrdila být významnou migrační cestou na sever pro všechny klimaxové dřeviny.

Záznam ze zkoumaných profilů dohromady tvoří obraz kompletního vývoje vegetace během Holocénu a je tak důležitým zdrojem dat pro rekonstrukci vývoje vegetace ve střední Evropě.

Kličová slova: palynologie, Holocén, Slavkovský les, západní Čechy, migrace

1 Abstract

In the sense of postglacial vegetation development, western Bohemia represents one of the least studied regions in the Czech Republic. This area, however, represents a supposed migration route of trees towards northern Europe during the Holocene. The most appropriate area for testing of such proposal might be western Sudetes with Slavkovský les protected landscape area in the Karlovy Vary region. Postglacial vegetation history was studied on the basis of two sedimentary profiles - from the fen bog near Číhanské prameny springs and from the vicinity of Mnichovské hadce serpentines from the nature reserve Mokřady pod Vlčkem. Percentual as well as influx diagrams were constructed on the basis of results of standard pollen analysis. Comparison of these results with the data from other suitable profiles enabled reconstruction of migration history of main tree taxa.

The Číhaná profile reflects the period from the Older Dryas up to the Atlantic. The oldest Holocene forest was formed by the dominant *Pinus*, while *Corylus* was joining already in the Preboreal. *Quercetum mixtum* folowed in the begining of the Boreal and spruce quickly gained dominance in the Atlantic. The sedimentation process was probably finished due to rapid accumulation of sediments followed by spontaneous drainage ending with spruce and alder forest stage. The Vlček profile continues with the record of the Atlantic period up to Subrecent. Sporadic stands of trees (pine, then spruce and also silver fir) used to be normal components of this fen meadow. However, the spruce stands in the vicinity of Vlček were present later (late Atlantic) than at Číhaná. In the Subatlantic, the silver fir expanded, while the beech wasn't important element of the surrounding vegetation.

During the course of whole Holocene the pine was more pronounced than on other localities. This could be explained by the presence of local serpentines that constitute a non-suitable substrate for other pine-competing trees. My results show that Slavkovský les represented a part of an important migration route to the north for all climax tree taxa from the refugial areas of foothills of Šumava Mountains. While interfaced, the records of both profiles represent a complete picture of Holocene vegetation development and comprise important data source for the reconstruction of vegetation history in central Europe.

Key words: palynology, the Holocene, Slavkovský les, western Bohemia, migration

2 Úvod

Jako nástroj pro rekonstrukci vývoje vegetace v minulosti slouží analýza pylových zrn sedimentovaných *in situ*. Pyl se nejlépe zachovává v anoxickém prostředí, přesněji řečeno zachovává se jeho odolná vnější membrána tvořená sporopoleninem, která nese klíčové znaky pro identifikaci palynomorf (Fægri 1971). Takovéto podmínky převládají na lokalitách, jakými jsou rašeliniště, jezera, slepá ramena říčních meandrů či prameniště, kde dochází k neustálé akumulaci sedimentovaného materiálu, aniž by docházelo k jeho rozkladu oxidačními reakcemi. Identifikace pylového spektra zachyceného ve vzorcích odebraných z těchto sedimentů přináší informace o vývoji vegetace, s tím nedílně spojených klimatických podmínek, a o činnosti člověka v krajině. Takováto poznání mohou být doplněna identifikací i dalších objektů (sporomorf) vyskytujících se v připraveném preparátu. Spolu s pylem se často objevují spóry různých hub, jež poukazují např. na výskyt divoké zvěře resp. chov dobytka, výskyt patogenů na rostlinách či na požáry (van Geel 1978). Rovněž stanovení počtu mikroskopických uhlíků může přispět ke zpřesnění celkového obrazu a objasnění změn zaznamenaných v pylovém spektru (Tinner *et al*. 1999)

V krajině se můžeme setkat s mnohými fenomény. Pod tímto termínem ve smyslu krajinné ekologie zpravidla rozumíme soubory procesů či stanovišť s charakteristickou flórou a faunou, které se svou přírodní pestrostí a druhovou bohatostí nápadně liší od okolní krajiny. Jejich výskyt je podmíněn geologickým podložím a reliéfem území (např. Němec & Ložek 1997). Jeden z výrazných fenoménů horské vegetace představují právě rašeliniště, ve kterých je zároveň uchována informace o postglaciální historii okolní krajiny v podobě zachovalých pylových zrn. Termín rašeliniště v sobě shrnuje několik základních typů organických sedimentů (tzv. humolitů). Tradičně se rozdělují na vrchoviště, slatiniště a přechodová rašeliniště (Dohnal *et al.* 1965). Vrchoviště, typická pro vyšší nadmořské výšky, mají typický vyklenutý tvar a jsou zásobována převážně ze srážkové vody (tj. ombrotrofní, Spirhanzl 1951). Vznikají na vývěrech podzemních vod se slabou mineralizací a jejich rašelinu tvoří oligotrofní společenstva. Slatiniště vznikají na dně mělkých pánví. Vyskytují se na nich společenstva mesotrofní až eutrofní v závislosti na rozsahu mineralizace podzemních pramenů (Dohnal 1965). Ve snaze o přesnější definici navrhli Wheeler a Proctor (2000) členění na základě gradientu pH: vrchoviště s pH < 5,5 a slatiniště s pH > 5,5. Toto striktní rozdělení však není vyhovující pro všechny případy. Bylo proto navrženo jiné, které typy rašelinišť jasně odlišuje na základě druhového složení

společenstev (flóra a měkkýší fauna) a chemie (Hájek et al. 2006) na chudá, středně bohatá, bohatá, extrémně bohatá a vápnitá.

V západních Čechách je výskyt rašelinišť spojen v první řadě s příhraničními pohořími Krušných Hor, Šumavy, Českého lesa a Slavkovského lesa. Dosavadní zájem paleoekologů se zde koncentroval zejména na nejvýznačnější rašeliniště. V Krušných horách se paleoekologické studie věnovaly zaniklému Komořanskému jezeru (Jankovská 1983, Jankovská 2000) a rašeliništi Fláje (Jankovská *et al*. 2007). Svobodová prozkoumala vysokohorská rašeliniště Šumavy (Svobodová *et al*. 2001, 2002). Na německou příhraniční oblast Českého lesa se zaměřila Knipping (1989, 1997) a J. Hahne analyzoval nedalekou oblast Smrčin (Hahne 1992). Rozložení zpracovaných lokalit je nicméně stále nepravidelné a centralizované, navíc, na mnoha z nich chybí radiokarbonové datování. Stále tak nepanuje zcela jasná představa o průběhu rané fáze migrace dřevin na tomto území. I podle mapy české pylové databáze je absence zpracovaných lokalit znatelná (Kuneš et al. 2009). Přitom jde o oblast s nejatlantičtějším klimatem v rámci České republiky a zároveň o důležitý region pro migraci horských druhů a některých dřevin od jihu do severohercynských pohoří.

Nevyřešenou také zůstává otázka role smrku ve vývoji krajiny západních Čech. Rekonstruovaná vegetace se diskutuje jako nezvykle uniformní ve vývoji a s vysokým podílem smrku; tedy obdoba vegetace stávající. Jako hlavní činitelé jsou viděny odlišnosti klimatu a převládající kyselé podloží. Soudobé poznatky k tomuto tématu shrnul Sofron (1981), který rekonstruovanou vegetaci uvádí jako smíšený les smrku, jedle a buku, s významnou rolí smrku. Výskyt klimatických smrčin uvádí od 500 – 600 m n. m. na Šumavě, Krušných horách, v Českém lese, i v mezoklimaticky příznivých nižších polohách. Dokladem významu této dřeviny jsou i probíhající antrakologické výzkumy na archeologických lokalitách (P. Kočár, ústní sdělení).

Ve své práci jsem se zaměřila na pohoří Slavkovského lesa. Toto území je na různé přírodní fenomény neobyčejně bohaté. Vděčí za to zejména velice pestrému geologickému podkladu a doznívající tektonické aktivitě. Celá oblast se nachází v průměrné nadmořské výšce 700–800 m, horský ráz odráží i charakter zdejší vegetace. Z hlediska paleoekologického byla oblast zkoumána pouze na počátku 30. let 20. století. Výsledná studie (Rudolph 1931) má v dnešní době v důsledku vývoje palynologie spíše jen informativní charakter, určoval se pouze pyl dřevin v hrubém vzorkování po cca 20 cm, nebyla možnost stanovení absolutní chronologie. Území zaujalo i jeho žáka K. Granznera, jeho disertační práce však během dějin zapadla v knihovním fondu.

Cílem diplomové práce je zodpovědět následující otázky:

- Jak probíhala raně postglaciální fáze migrace hlavních dřevin v tomto regionu?
- Jaké byly lokální poměry na zdejších rašeliništích? Co můžeme na lokální úrovni říci o vývoji vegetačního krytu Mnichovských hadců, jejich specifikách?
- Jakou roli hrál ve vývoji této oblasti smrk a zda-li je zde jeho současné zastoupení pokračováním přirozeného vývoje či výsledkem dlouhodobějšího lidského působení.

Za tímto účelem byly odebrány 2 profily z území Slavkovského lesa a palynologicky zpracovány. Výsledky pylových analýz byly srovnány se studií K. Rudolpha z 30. let a dále také s jinými moderně zpracovanými profily především z oblasti západních Čech, které vyhovovaly zvoleným kritériím.

3 Popis studované oblasti

Slavkovský les je pohoří nacházející se v severozápadní části České republiky v Karlovarském kraji, vymezené přibližně trojúhelníkem měst Františkovy lázně, Karlovy Vary a Mariánské lázně. Roku 1974 zde byla vyhlášena CHKO (640 km^2) za účelem ochrany nejrůznějších fenoménů živé i neživé přírody. Nejvyššími vrchy jsou Lesný, 983 m n. m. a Lysina, 982 m n. m., které převyšují okolní krajinu až o 200 m. Setkáme se zde s největším a nejvýše položeným hadcovým tělesem v České republice (tzv. Mnichovské hadce, až 883 m n. m.), mnohými skalními výchozy různých hornin (amfibolitové, čedičové, žulové, hadcové), z nichž zejména hadcové skalky jsou z biologického hlediska významné výskytem unikátního společenstva na ně vázaného. Dále je oblast zajímavá výskytem četných rašelinišť a mokřadů i výskytem téměř 200 vývěrů minerálních pramenů.

Jihozápadně od Slavkovského lesa, na hranici s Německem, se rozprostírá Český les, jehož nejvyšší vrchol sahá až k 1042 m n. m (Čerchov). Území bylo v roce 1992 vyhlášeno přírodním parkem a v roce 2005 byla zřízena CHKO (470 km^2); není zajímavé ani tak natolik pestrými stanovišti, jako svou téměř nedotčenou přírodou (vrchoviště, květnaté louky, bučiny), z velké části pokrytou lesem. Dále směrem k jihu se umocňuje horský charakter v pohoří Šumavy (nejvyšší vrchol Plechý 1378 m n. m.), které je významné svými již horskými vrchovišti a lesy. Na severovýchod od Slavkovského lesa leží pohoří Krušných hor, kde je na české straně nejvyšší horou Klínovec (1244 m n. m.). Ze severozápadní strany Slavkovský les sousedí s geomorfologickým celkem Smrčin. Na německé straně, které náleží většina rozlohy, je nejvyšším vrcholem Schneeberg (1051 m n. m.), na české straně je to Háj (758 m. n. m.).

3.1 Přírodní poměry Slavkovského lesa

3.1.1 Geologie

Geologické podloží Slavkovského lesa (geologická mapa v příloze I) je celkově poměrně nesourodé a horninově členité, a to zejména díky dlouhodobé tektonické nestabilitě (výskyt zlomů a intruzí). Je to dáno jeho polohou na rozhraní mezi tepelsko-barrandienskou a sasko-durynskou oblastí krystalinika Českého masivu. Jejich hranici tvoří litoměřický hlubinný zlom s výskytem mohutného pásu serpentinitů (vystupující na povrch

v podobě hadcových skalek a skalních výchozů). Krystalinikum Slavkovského lesa je tvořeno jádrem mezi městy Horním Slavkovem a Kostelní Břízou s výskytem biotitických rul až ortorul s polohou kvarcitů mezi Krásnem a Čistou. V obalové sérii (plocha vymezená městy Kynšperkem n. Ohří, Prameny, Mariánskými Lázněmi a Toužimí) se vyskytují kvarcity, svory, ruly, biotitické granity (Svoboda 1964). Vystupuje zde skupina Kladské, kterou tvoří produkty nízkotlaké metamorfózy původně jílovitopísčitých hornin s polohami kvarcitů, slepenců, bazických vulkanitů a karbonátů (Chlupáč 2002). V jižní části tvoří podloží mariánskolázeňský bazický komplex s amfibolity, gabry, amfibolitovými diority, eklogity a v menší míře opět s hadci (Svoboda 1964). Ze severu do Slavkovského lesa v průběhu paleozoika (sp. karbon – sv. perm, 340 – 250 Ma) intrudovala část karlovarského plutonu, který je tvořen variskými granitoidy (Chlupáč 2002).

Území je i dnes tektonicky aktivní díky terciérním pochodům, při kterých krystalinickými komplexy prorazila bazická tělesa nefelinitů a bazanitů (Zahradnický & Makovčín *et al*. 2004). Častý je výskyt puklin a poruch, jenž ovlivňuje hydrogeologické poměry. Projevuje se to především exhalacemi oxidu uhličitého a vývěry minerálních vod.

3.1.2 Klima

Dle klimatické regionalizace České republiky podle Quitta (1971) se nejvyšší části Slavkovského lesa nacházejí v chladné oblasti CH7 (krátké, mírně chladné a vlhké léto; dlouhá, mírná, mírně vlhká zima s dlouhým trváním sněhové pokrývky. Podhůří náleží do mírně teplé klimatické oblasti MT3 (krátké, mírně chladné, mírně suché léto a normálně dlouhá, suchá zima). Průměrné roční teploty v místě výskytu rašelinišť se pohybují v rozmezí 6,5 – 5 °C a srážky přesahují 900 mm (Zahradnický & Makovčín *et al*. 2004). Průměr zimních teplot činí -2 – -1°C, letních 11 – 12°C. Srážky v zimních měsících se pohybují v rozmezí 150 - 200 mm, v letních 250 – 300 mm (Voženílek *et al.* 2007).

3.1.3 Vegetace

Fytogeograficky spadá většina území Slavkovského lesa do oreofytika. Potenciální přirozenou vegetaci představují acidofilní bikové bučiny *(Luzulo-Fagetum)*. Kromě převládajícího buku by příměs tvořily dub zimní, lípa srdčitá a jedle, v chudém bylinném patře by dominovaly druhy bika bělavá (*Luzula luzuloides*) a metlička křivolaká (*Avenella flexuosa*) (Neuhäuslová *et al.* 1998).

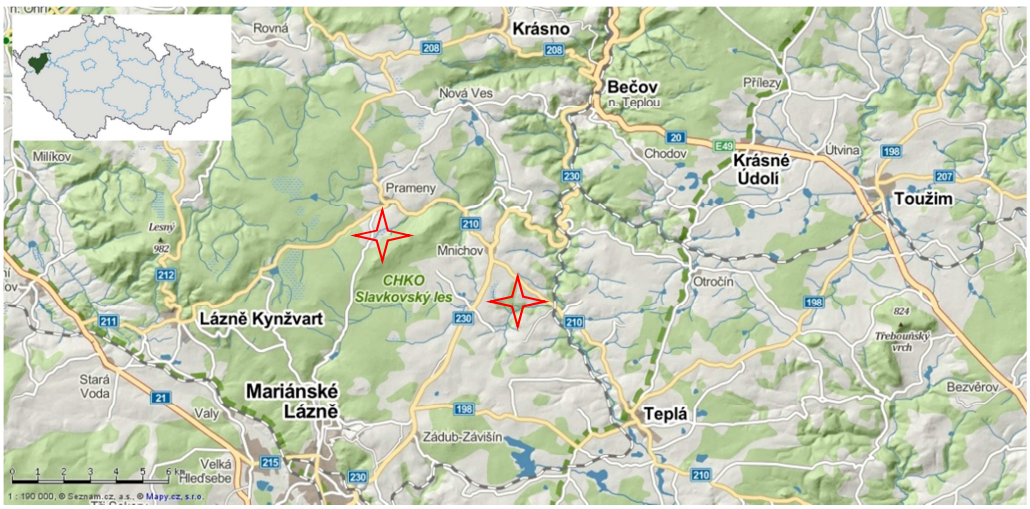
Většinu plochy zdejších rašelinišť pokrývají blatkové bory *(Pino rotundatae-Sphagnetum*). Stromové patro kromě borovice blatky (*Pinus rotundata*) představují borovice lesní (*Pinus sylvestris*) a na mělčích místech smrk (*Picea abies*) a bříza pýřitá (*Betula pubescens*). V podrostu najdeme erikoidní keříky rodů *Vaccinium, Ledum, Calluna* a byliny suchopýr pochvatý (*Eriophorum vaginatum*), klikva bahenní (*Oxycoccus palustris*), kyhanka sivolistá (*Andromeda polyfolia*) a černýš luční (*Melampyrum pratense*). Zbytek rašelinných porostů představují podmáčené rašelinné a rohovcové smrčiny (*Sphagno-Piceetum* a *Mastigobryo-Picetum*) s přimíšenou břízou karpatskou (*Betula carpatica*). Pro podrost jsou charakteristické vlochyně bahenní (*Vaccinium ulginosum*), šicha černavá (*Empetrum nigrum*), klikva bahenní (*Oxycoccus palustris*), kyhanka širolistá (*Andromeda polyfolia*) a řada druhů ostřic, v letním aspektu převládá suchopýr pochvatý (*Eriophorum vaginatum*) (Zahradnický & Makovčín *et al*. 2004).

Vegetace slatinišť je odlišného typu. Na druhy je díky dobrému zásobení minerálními živinami z podzemních pramenů mnohem bohatší. Vysoké zastoupení mají ohrožené druhy. Základem jsou ostřicovo-rákosové porosty (*Scheuchzerio palustris-Caricetea fuscae*).

Hadcové substráty porůstají květnaté bory (svaz *Dicrano-Pinion*, asociace *Asplenio cuneifolii-Pinetum*). Prolínají se zde druhy vřesovcových borů – vřesovec pleťový (*Erica carnea*), vřes obecný (*Calluna vulgaris*), brusnice borůvka (*Vaccinium myrtillus*) a brusnice brusinka (*V. vitis-idaea*) s druhy vyšších poloh – třtina chloupkatá (*Calamagrostis villosa*) a sedmikvítek evropský (*Trientalis europaea*). Na vystupující hadcové skalky jsou vázány endemické druhy rožec kuřičkolistý (*Cerastium alsinifolium*) a sleziník hadcový (*Asplenium cuneifolium*) (Kučera 1999).

3.2 Charakteristika lokalit

Na území CHKO Slavkovský les byly po předešlém sondování vhodných oblastí vytipovány 2 lokality se sedimentárním záznamem organického původu, který byl následně podroben analýze moderními palynologickými metodami (Číhanské prameniště a PR Mokřady pod Vlčkem). Obě lokality mají charakter prameniště a nacházejí se severovýchodně od Mariánských lázní (Obrázek 1).



Obrázek 1: Vyznačení lokalit na mapě: vpravo Číhanské prameniště, vlevo Mokřady pod Vlčkem. Mapový podklad ©Shocart, spol s.r.o. na www.mapy.cz

3.2.1 Číhanské prameniště

Tato lokalita se nachází v průměrné nadmořské výšce 660 m (dále v textu jako Číhaná). Prameniště leží v mírné terénní sníženině údolí Lučního potoka. Přítomny jsou četné tůně s vývěry minerálně bohatých pramenů s mírně kyselou reakcí (vysoký podíl mají zejména prvky Fe, Mn, Cr, Al a Na; pH = 5,9, Kudláček *et al.* 2009). Tůně jsou

Obrázek 2: Jedna z tůní Číhanského prameniště

Obrázek 3: Navazující porosty lužního lesa

obklopeny porosty lužního lesa, pod nimiž je uloženo ložisko slatiny (Obrázek 2 a 3). Dominantním druhem zde jsou břízy (*Betula pendula*), přimíšené jsou olše (*Alnus glutinosa*) a vrby (*Salix sp*.).

Z jihovýchodní a východní strany na tyto porosty navazuje kulturní smrkový les porůstající mírné svahy (patrné z Obrázku 4). Na níže položených, vlhčích místech, se prosazují druhy vlhkých luk (*Filipendulion*). Typická slatiništní vegetace není přítomna a sedimentace humolitů zde již neprobíhá. Širší okolí vyúsťuje do polí a luk.

Obrázek 4: Okolí Číhanského prameniště

3.2.2 PR Mokřady pod Vlčkem a hadcový fenomén

Tato přírodní rezervace (40,5 ha) byla vyhlášena za účelem ochrany komplexu podmáčených rašelinných a slatinných luk, a jedná se o nejpestřejší mokřadní společenstva v rámci České republiky. Rozléhá se u obce Prameny kolem prameniště přítoku Mnichovského potoka, na severozápadním úpatí jižní části hřebene Mnichovských hadců v nadmořské výšce 750 – 810 m (dále v textu jako Vlček).

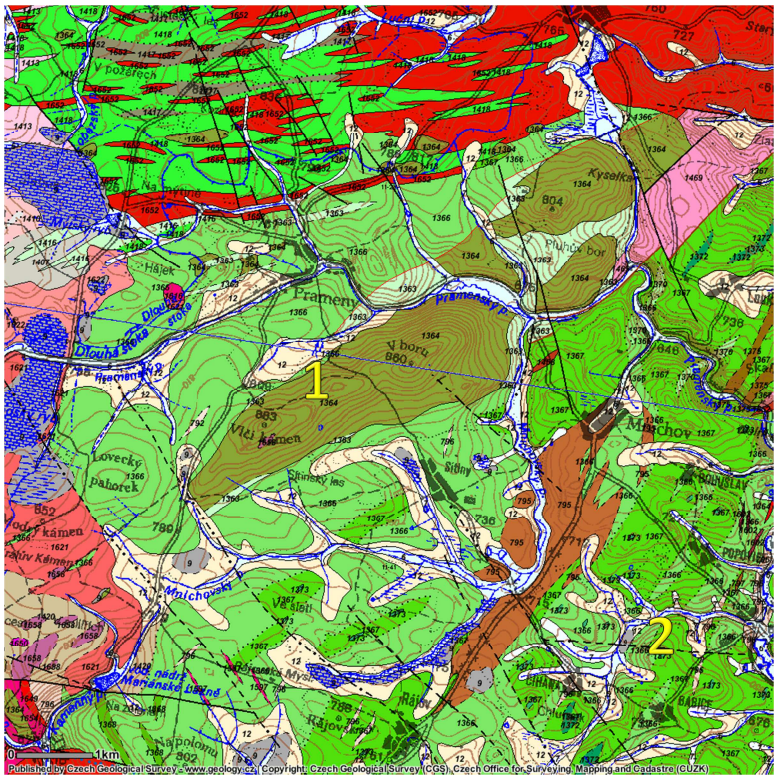
Obrázek 5: Tůň prameniště přítoku Mnichovského potoka na Mokřadech pod Vlčkem

Výskyt hadcových hornin ve Slavkovském lese je znázorněn na výřezu geologické mapy na Obrázku 7 (olivová barva). Hadce pro zdejší vegetaci představují velmi specifický podklad. Jejich zvětráváním se uvolňují hořečnaté ionty Mg^{2+}, které se dostávají do půdy. Vysoké koncentrace těchto iontů nejsou pro rostliny výhodné, neboť omezují přístup k iontům vápníku (Ca^{2+}). Půdy charakterizuje navíc i nízký obsah Ca^{2+}, N a P a vyšší obsah toxických kovů (Cr, Ni, Co). Z fyzikálních vlastností jsou typické vysoká výhřevnost a vysýchavost mělkých kamenitých půd (Hejtmánek 1954). Vegetace Mokřadů pod Vlčkem je vystavena splachům z přiléhajícího hadcového hřbetu, které jsou velice

bohaté na ionty hořčíku. Právě to této lokalitě propůjčuje neobyčejně vysokou druhovou pestrost. Správa CHKO se jí snaží udržovat tradičním hospodařením – kosením, vyřezáváním náletů dřevin a obnovováním zanikajících vodních ploch (Tájek 2010).

Hadcový hřbet přiléhající k Mokřadům pod Vlčkem porůstají borové lesy (Obrázek 6). Tyto porosty jsou tradičně hodnoceny jako relikt glaciálního období, ale zcela výlučně z hlediska specifických vlastností hadcového substrátu a schopnosti borovice vyrovnat se s nepříznivými podmínkami. O holocénním vývoji hadcové vegetace nevíme nic konkrétního. Ačkoli byla v zájmu botaniků již od první poloviny 19. století, první ucelenější geobotanická studie byla vydána Dominem (1924), práce se zaměřují jen na několik míst, která spadají pod ochranu pěti maloplošných chráněných území, ostatní málo známé a hůře přístupné části tělesa prozkoumané nejsou. Zatím se na vývoj flóry usuzuje z recentních poměrů - z charakteru rostlinných i živočišných společenstev. Často se zde vyskytují reliktní druhy s vazbou na nelesní stanoviště (P. Tájek, ústní sdělení). Předpokládá se, že činnost člověka nemohla změnit druhové složení, pouze pozměnit strukturu porostů. Na Mnichovských hadcích je však v současné době pozorována právě změna druhového složení, kdy nedochází k přirozenému obnovování borů (Tájek 2010). Borovice jsou zastoupeny jen letitými porosty, kdežto smrky zmlazují snadno. Tímto je ohroženo budoucí přežívání těchto specifických lesů. Chystaný výzkum je v ČR prvním pokusem o zjištění historie vegetačních poměrů před příchodem člověka na takovémto charakteristickém stanovišti.

Obrázek 6: Slatinná louka na Mokřadech pod Vlčkem s navazujícími hadcovými bory



Obrázek 7: Mapa geologického podkladu. 1: Vlček, 2:Číhaná

Hlavní hadcový hřbet rozdělený Pramenným potokem na severní a jižní část, + výskyt většiny z izolovaných skalek (olivová barva)

3.2.3 Podoba na historických mapách

Podíváme-li se na dostupné historické mapy, I. vojenské mapování (tzv. josefské, 1764-1768 a 1780-1783), zachycující vrcholnou kulturní barokní krajinu, zastihuje Číhanou jako bezlesou oblast s loukami v širokém okolí. Naproti tomu, do jihozápadní části dnešní rozlohy Mokřadů pod Vlčkem zasahuje zapojený lesní porost, roztroušeně jsou stromy zobrazeny i na zbylém prostoru louky (obrázky v příloze II). Východní část hadcového hřbetu je naopak zcela holá. V okolí bývalo velké množství osad, v blízkosti louky bývala sklárna, vliv lidí na rozlohu lesa je proto vysoce pravděpodobný.

Po průmyslové revoluci se poměry na obou lokalitách více přiblížily dnešnímu stavu, jak je patrné z výsledků II. vojenského mapování (1836-1852). Východní svahy u Číhané porostly lesy, a z části zatáhly i prostor kolem prameniště. Rozloha lesa přiléhajícího k mokřadům Vlčku se zmenšila. Situace při III. vojenském mapování (1877-1880) se v případě Vlčku ještě více změnila - borové lesy porůstající přilehlý hadcový hřbet značně ustoupily ve prospěch mokřadů. Celkově je pak patrná mnohem menší rozloha a větší fragmentárnost lesa. Číhanské prameniště zůstává částečně zarostlé lesem.

3.2.4 Paleoekologický výzkum ve 30. letech

Číhanské prameniště bylo tradičně ceněno pro svou vydatnost a vysoký obsah CO_2 jako potenciální zdroj pro blízké Mariánské lázně. Ve 30. letech byl vypracován projekt dálkového vedení pramenů potrubím do Mariánských Lázní a jejich využití pro uhličité koupele, do plánů patřila i stavba nové lázeňské budovy přímo u zdroje slatiny. K realizaci plánů v důsledku hospodářské krize však poté nemohlo dojít (Křížek 1958). Nicméně k tomuto projektu byl přizván rovněž zakladatel česko-německé paleoekologie K. Rudolph, který při této příležitosti provedl paleologickou studii několika rašelinišť v okolí Mariánských Lázní. Jednalo se o Glatzfilz (Lysina), Birkfilz (Tajga), Kschihu (Číhaná) a Sangerberg (Vlček), byla vypracována rovněž analýza makrozbytků a rozsivek.

Podle výsledků Rudolpha (1931) bylo okolí Číhanského prameniště ve 30. letech 20. století obklopeno druhově bohatými mokrými loukami, lesy porůstaly pouze přilehlé východní svahy. Vrt odebraný z nejhlubšího místa slatiniště (sondáž lokality provedlo město Mariánské Lázně) měřil 715 cm. Sediment byl silně mineralizován. Na základě rozboru makrozbytků byl profil rozdělen na pět oddílů (Tabulka 1). Hrubá analýza rozsivkového spektra naznačuje, že po celou dobu sedimentace se jednalo o mělkou vodní nádrž, přičemž kontinuální hojný výskyt halofilního druhu *Rhopalodia gibberula* svědčí o bohatosti pramenů na minerály již od samého počátku tvorby slatiny. Po většinu doby sedimentace se jednalo o *Magno-Caricetum*, později s přimíšeným rákosem a s orobincem na otevřených vodních plochách, které byly zapojeny suššími místy s keřovými vrbami a břízami. Jak je patrné z třetí fáze (4,90 – 5,60 m), došlo během vývoje i k výrazné změně charakteru porostů, kdy dominantní ostřicovo-rákosové porosty byly nahrazeny porosty vrbovými. Závěrečnou fázi pak Rudolph (1931) interpretuje jako vysušení povrchové vrstvy slatiny v důsledku jejího vyvýšení kvůli její rychlé tvorbě. Snížení vodní hladiny umožnilo příchod stromů, které tvorbu rašeliny zastavily. V závěrečné fázi Rudolph (1931) na základě makrozbytků diskutuje zatažení lokality smrkovým lesem, který byl zřejmě až v novověku vykácen, a došlo k opětovné přeměně na slatiniště.

Hloubka (m)	Vyšší rostliny	Mechy	Popis sedimentu
0 – 1,00	dřevo *Alnus* a *Picea*, jehlice a semena *Picea*, *Menyanthes trifoliata*	nepatrně *Sphagnum magellanicum*, *S. fallax*, *Hylocomium proliferum*, *Aulacomnium palustre*	zemitý, rozložený, suchý sediment („rašelina polomového lesa“)
1,00 – 4,90	oddenky a kořeny *Carex* a *Phragmites*; *Carex rostrata*, *C. acutiformis*, *Potentilla palustris*, *Menyanthes trifoliata*	hojně *Sphagnum teres*, méně *S. fallax*, *Calliergon sp*., *Rhizomnium cf. punctatum*,	ostřicovo-rákosová slatina, vysoký stupeň zvodnění
4,90 – 5,60	hojně oddenky a kořeny *Carex*, méně *Phragmites*, hojně dřevo a listy *Salix cf. aurita*		ostřicovo-vrbová slatina
5,60 – 7,15	oddenky a kořeny *Carex cf. rostrata*, *Eriophorum angustifolium*, nepatrně *Equisetum*; plody *C. rostrata*, *Carex sp*. 2D, *Carex sp*. 3D, *Comarum palustre*, *Scirpus sylvaticus*, *Betula pubescens*	nepatrně *Sphagnum teres*, *Calliergon stramineum*	ostřicová slatina, téměř suchá, hodně rozložená
> 7,15	větvičky *Betula*, oddenky *Carex sp*., plody *Carex sect. Vignea* a sect. Eucarex	nepatrně *Calliergon stramineum*, *Drepanocladus fluitans*, *Rhizomnium cf. punctatum*, *Sphagnum teres*	písek s obsahem železa, s rostlinnými makrozbytky

Tabulka 1: Přehled oddílů sedimentu vyčleněných na základě analýzy rostlinných makrozbytků, profil Kschiha (Rudolph 1931)

Dle rozboru pylu dřevin (Rudolph 1931, Tabulka 2), začala tvorba rašeliny v době borové. Ta je spolu s dobou borovo-lískovou zachycena v mocné vrstvě sedimentu. Dále je vyvinuta doba smíšených doubrav, doba smrková a počátek doby bukovo-jedlové. Tvorba rašeliny začala, ale i skončila podstatně dříve ve srovnání s ostatními místy ve Slavkovském lese.

Doba	Hloubka (cm)	Popis palynologické situace
bukovo-jedlová	50	prudký nárůst *Abies*
smrková	205 – 50	převaha *Picea*, druhé maximum křivky *Corylus*, *Fagus* sporadicky od 130 cm
smíšených doubrav	305 – 205	v dominanci se střídají *Tilia* a *Quercus*, *Quercus* je hojnější
lísková	525 – 305	uzavřená křivka dřevin *Quercetum mixtum* (525 cm), maximum *Corylus* (23%), brzký kontinuální výskyt *Abies* (525 cm)
borovo-březová	665 – 525	*Pinus*, *Betula* a *Salix*, uzavřená křivka *Corylus* (645 cm), ke konci strmý nárůst *Corylus*
borová	715 – 665	daleko převládající *Pinus*, častá *Betula*, skromně *Salix*, ojedinělá zrna *Picea* (uzavřená křivka od 680 cm)

Tabulka 2: Přehled vyčleněných zón na základě palynostratigrafie dřevin, profil Kschiha (Rudolph 1931)

Profil odebraný z Mokřadů pod Vlčkem byl mocný 2 m. Rudolph sediment charakterizoval jako rozloženou, slabě mineralizovanou, převážně rákosovou slatinu prostoupenou fragmenty kořenů borovice, bez jiných rozpoznatelných makrozbytků. V povrchové vrstvě bylo velice hojné *Sphagnum*. Pylový diagram se napojuje na záznam z Číhané. Většinu profilu představuje bukovo-jedlová doba. Pyl byl korodovaný a jeho obsah v sedimentu byl nízký, proto byla diskutována možnost selektivního rozklad pylu. Dle Rudolpha (1931) nebylo možné získat představu o vzájemných proporcích dřevin na této lokalitě.

3.3 Moderní palynologické analýzy v regionu západních a východních Čech

Pro srovnání průběhu postglaciálního vývoje jednotlivých klimaxových dřevin v rámci západních Čech jsem vybrala lokality ležící v obdobné nadmořské výšce (cca 650 – 900 m n. m.) podél severo-jižního transektu západní části České republiky. Výběr lokalit byl omezen dostupností primárních dat v České pylové databázi Palycz (Kuneš *et al*. 2009) a existencí datování. Jednalo se o Fláje v Krušných horách, Weiherlohe v Českém lese a na Šumavě o Hůreckou, Rokyteckou a Stráženskou slať a Velkou nivu-Volary. Byly přidány i

tři lokality ležící v nižších nadmořských výškách (pod 500 m n. m., Windbruch, Kulzer Moos v Českém lese a Komořanské jezero pod vrcholky Krušných hor), zároveň i čtyři vzdálenější lokality z (jiho)východních Čech (Kameničky ze Žďárských vrchů a Bláto, Řásná, Loučky Českomoravské vrchoviny). Soupis všech lokalit je uveden v Tabulce 3, uvedeny jsou také informace o počtu a rozmístění radiokarbonových dat, stáří báze profilů extrapolované na základě *depth-age* modelu (Bronk Ramsey 2008), hlavní biotop a odkaz na publikaci. Rozmístění lokalit je znázorněno na mapě v příloze VI.

Název lokality	**Nadmořská výška**	**Mocnost profilu (cm)**	**Datované vzorky (cm)**	**Extrapolované stáří báze (BC)**	**Biotop**	**Autor**
Fláje	738	340	300; 230	9710	vrchoviště	Jankovská *et al.* 2007
Komořanské jezero	132	140	128,5; 117,5; 90; 30	7300	bývalé jezero	Jankovská 1983, 1984
Weissenstadter Forst	725	330	290; 256; 80	5400	vrchoviště zarostlé smrkem	Hahne 1992
Wolfslohe	718	62,5	79,5; 45	3450	mělké vrchoviště zarostlé smrkem	Hahne 1992
Weiherlohe	685	207	185; 145; 55; 45	9810	slatiniště	Knipping 1989,1997
Windbruch	497	130	129; 63; 43	6160	slatiniště	Knipping 1989,1997
Kulzer Moos XIV	481	220	199; 173; 121; 73; 61; 49; 31; 25; 17	3630	slatiniště	Knipping 1989,1997
Hůrecká slať	890	256	241; 214; 191; 136; 96; 64	11780	vrchoviště	Svobodová *et al*. 2002
Rokytecká slať	1097	625	625	9000	vrchoviště	Svobodová *et al*. 2002
Velká niva-Volary	765	497	450; 435	10870	vrchoviště	Svobodová *et al*. 2001
Stráženská slať	804	625	610; 580	9960	vrchoviště	Svobodová *et al*. 2001
Kameničky	632	127,5	122,5; 95; 70,5; 65,5; 45,5; 30,5; 20,5; 15,25	11830	prameniště	Rybníčková & Rybníček 1988
Bláto	658	295	250; 277,5	11370	prameniště	Rybníček & Rybníčková 1968
Řásná	699	460	407,5	10370	údolní slatiniště	Rybníčková 1974
Loučky	595	210	202,5	10400	svahové prameniště	Rybníčková 1974

Tabulka 3: Popis základních parametrů lokalit v rámci regionu západních Čech i mimo něj, které byly vybrány pro srovnání průběhu vývoje hlavních dřevin

4 Metodika

4.1 Odběr profilů a pylová analýza

Profil Číhaná byl odebrán na jaře roku 2009 za použití pístového vrtáku typu Livingstone. Na jaře roku 2011 byl odebrán profil Vlček pomocí ručního vrtáku. Oba profily měly průměr 5 cm. Byly uloženy v plastových vaničkách dlouhých 1 m a zabaleny do plastikové folie. V laboratoři (Obrázek 8) jsem po pečlivém očištění vrtů odebrala vzorky do upravených injekčních stříkaček (ty umožňují snadné odhadnutí potřebného objemu při dalším zpracovávání vzorků), po intervalech 2 cm v případě Číhané, respektive po 5 cm v případě Vlčku.

Obrázek 8: Vzorkování profilu (Vlček) v laboratoři

Pylová zrna ze vzorků o objemu 1 cm^3 byla extrahována standardní metodou moderní acetolýzy (Fægri & Iversen 1989). V prvním kroku laboratorního protokolu byl do každého vzorku přidán exotický marker (tablety se známým počtem spór rodu *Lycopodium*), aby mohla být stanovena absolutní koncentrace pylových zrn (Stockmar 1971) a s pomocí *depth-age* modelu vytvořeny jak procentuální, tak influxové diagramy. Vzorky, které obsahovaly příměs jílu či písku byly před samotným průběhem acetolyzační reakce ošetřeny kyselinou fluorovodíkovou. Jako skladovací medium pro připravené vzorky byl použit 80% vodný roztok glycerinu. Při zhotovování mikroskopického preparátu jsem na podložní sklíčko přidala malé množství organického barviva safraninu, které zvýrazňuje strukturní znaky na membráně pylového zrna. V každém vzorku jsem pod světelným mikroskopem (zvětšení 400×) napočítala sumu nejméně 500 pylových zrn (v několika málo případech byl však obsah pylu ve vzorku natolik malý, že této sumy nebylo možné dosáhnout). Určovala jsem také mikroskopické spóry hub a zapisovala fragmenty mikroskopických uhlíků ve dvou velikostních kategoriích – s rozměrem delší strany alespoň 10 μm, respektive 50 μm. Při určování jednotlivých pylových zrn jsem jako

srovnávací literaturu používala klíče Beug (2004), Reille (1992,1995, 1998) a Moore *et al*. (1991). Nomenklaturu pylových taxonů jsem stanovila dle klíče Beug (2004). Mikroskopické spóry hub jsem určovala dle prací van Geela (1978, 1981, 1983, 1989).

4.2 Stanovení absolutní chronologie

Pro datování radiokarbonovou metodou AMS (Atomic Mass Spectrometry) jsem z obou profilů odebrala řezy o šířce 1 cm. Výběr vzorků předcházel výsledkům pylové analýzy, byl proto rozmístěn rovnoměrně po celé délce profilů. Získaný sediment jsem proplavila na sítech (průměr ok 0,25 mm) a pod binokulární lupou vypreparovala rostlinné makrozbytky. Pět vzorků pro Číhanou a tři vzorky pro Vlček o hmotnosti přibližně 1 g bylo odesláno na datování do Radiokarbonové laboratoře v Poznani (Poznan Radiocarbon Laboratory, Polsko). Výsledná radiokarbonová data určují atmosférický poměr $^{14}C/^{12}C$. Množství ^{14}C v atmosféře ale během věků nebylo konstatní (Reimer 2009), a tak je pro přepočet na kalendářní věk získaná data nutno kalibrovat. Kalibraci jsem provedla v aplikaci *Clam* vytvořené pro R project (Blaauw 2010, R Development Core Team 2008, kalibrační křivka IntCal09.14C, Reimer 2009). Absolutní stáří jednotlivých vzorků bylo stanoveno pomocí konstrukce datovací křivky (*depth-age* model, Bronk Ramsey 2008). Křivka byla proložena jako lineární interpolace mezi sousedními hodnotami, pro Číhanou bylo použito *smooth spline,* rovněž v aplikaci *Clam* (Blaauw 2010).

4.3 Vizualizace dat

Procentuální zastoupení jednotlivých taxonů bylo znázorněno v diagramech vytvořených v programu Tilia a Tilia Graph (Grimm 1991). Na svislých osách jsou tradičně vyneseny hloubky, na vodorovných je vyneseno zastoupení taxonů. Ze základu sumy pro výpočet procent byly vyřazeny skupiny vodních a výtrusných rostlin a čeleď Cyperaceae. Následně byly i tyto skupiny k sumě vztaženy. V pylovém diagramu byly zobrazeny vybrané pylové taxony, stomata i mikroskopické uhlíky. Zbylé nepylové objekty jsou zobrazeny na samostatném diagramu. Zonace pylových dat byla provedena v programu Psimpoll (Bennet 1996) metodou Optimal splitting by sum of squares**.**

Skutečný spad pylu na cm^3 za rok, odhadnutý podle přidaného exotického markeru do jednotlivých vzorků, byl zobrazen v influxových diagramech (Fægri & Iversen1989, Seppä *et al*. 2009). Nejprve byla pro každý vzorek vypočtena pylová koncentrace (C_t) podle vzorce (1), kde A vyjadřuje počet spočítaných pylových zrn určitého taxonu, L_a

vyjadřuje počet přidaných spór exotického markeru a L_c počet spočítaných spór markeru. Poté byla vypočtena akumulační rychlost pylu (Pollen Accumulation Rate, P) podle vzorce (2), kde S vyjadřuje rychlost sedimentace v cm, jenž byla stanovena na základě výsledků *dept-age* modelu.

$$Ct = A * \frac{L_a}{L_c} \quad (1)$$

$$P = Ct * S \quad (2)$$

4.4 Srovnání vybraných profilů

Postup výběru lokalit je uveden v kapitole 3.3. Po extrahování primárních dat z palynologických analýz obsažených v databázi jsem spočítala procentuální zastoupení jednotlivých taxonů. Základ sumy jsem zvolila stejný jako v případě profilů ze Slsavkovského lesa. V případě profilu Windbruch bylo nutné vyloučit také velice hojnou *Alnus* a rovněž tak i *Melampyrum*. Srovnání průběhu postglaciálního vývoje bylo provedeno v programu C^2 (Juggins 2010). V grafech jsou oproti ose kalibrovaných let BC/AD vyneseny procentuální křivky hlavních dřevin (*Pinus*, *Picea*, *Corylus*, *Quercus*, *Tilia*, *Ulmus*, *Fagus*, *Abies*).

Výsledky palynologických rozborů K. Rudolpha na lokalitách Číhaná a Vlček byly publikovány formou procentuálních souborných grafů stromů (Rudolph 1931). Data z těchto grafů jsem orientačně odečetla a zanesla do tabulky. Ze svých dat jsem procenta dřevin vypočítala obdobným způsobem jako Rudolph, aby oba soubory dat byly vzájemně srovnatelné (základ sumy = stromy, byla vyřazena líska, neboť podle tehdejšího zvyku se neřadila ke stromům). V programu C^2 (Juggins 2010) jsem poté zobrazila zastoupení jednotlivých dostupných dřevin v jednotlivých hloubkách, což umožnilo porovnat mé výsledky s výsledky Rudolpha (1931).

5 Výsledky

5.1 Popis profilů

5.1.1 Číhaná

Odebraný profil z okraje lužního porostu (50°0’44.74’’SŠ, 12°48’0.74’’VD) je tvořen převážně rákosovo-ostřicovou slatinou o různém stupni zrašelinění a kompakce. Zjednodušený popis sedimentárního profilu je uveden v Tabulce 3. Podložím je křemičitý písek, který je zároveň příměsí ve spodních vrstvách profilu.

Profil obsahoval v hojném množství rostlinné makrozbytky. Výjimku tvořilo horních 20 cm, kde makrozbytky téměř nebyly přítomny a sediment jevil známky rozkladu. Při rozboru pro potřeby datování bylo analyzováno 6 vzorků. Výsledky této analýzy rostlinných makrozbytků jsou zobrazeny v diagramu (Obrázek 12), jedná se o absolutní hodnoty.

Hloubka (m)	Popis
0,00 – 0,03	humusová vrstva
0,03 – 0,15	hnědá rašelina (10 – 12 cm černý proplástek s uhlíky)
0,15 – 0,23	přechodová vrstva
0,23 – 0,33	hnědá slatina
0,33 – 1,67	slatina s vysokým podílem nerozložených listů
1,67 – 1,80	černá slatina
1,80 – 1,92	slatina s vysokým podílem nerozloženého rostlinného materiálu (kořenů)
1,92 – 1,98	zrašelinělá slatina
1,98 – 2,30	slatina s vysokým podílem nerozložených listů
2,30 – 2,46	hnědá slatina
2,46 – 2,85	slatina s vysokým podílem nerozloženého rostlinného materiálu (kořenů)
2,85 – 3,13	zrašelinělá slatina
3,13 – 3,53	slatina s vysokým podílem nerozloženého rostlinného materiálu
3,53 – 3,81	hnědá slatina
3,84 – 3,95	slatina s vysokým podílem nerozloženého rostlinného materiálu
3,95 – 4,58	zrašelinělá slatina
4,58 – 4,74	zrašelinělá slatina s rostoucím podílem zrn písku

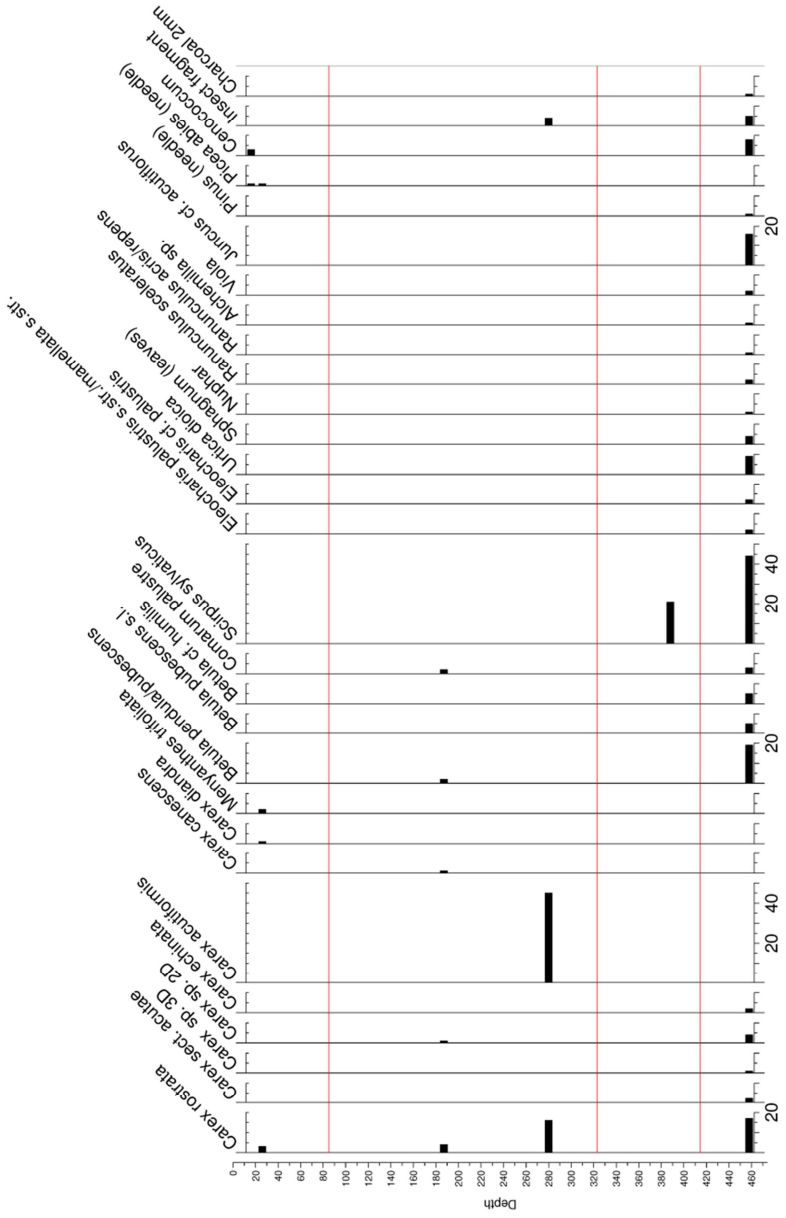
Tabulka 3: Popis profilu Číhaná.

5.1.2 Vlček

Profil byl odebrán ze slatinné louky přiléhající ze západní strany k prameništi, v blízkosti borů (50°02’23,87’’SŠ, 12°43’’56,14’’VD) v nadmořské výšce 769 m n. m. Je tvořen z velké části slatinou s četnými zbytky nerozloženého rostlinného materiálu, jako kořínků a oddenků, ve spodní části je sediment více rozložený a obsahuje i příměs jílu. Pod touto částí se nachází modrošedý jíl s ojedinělými kořínky, který s obsahem hrubého štěrku původem z hadců přechází do podloží. V tomto profilu se makrozbytky téměř nevyskytovaly, zato byly hojněji přítomny fragmenty dřeva, a to až do hloubky 260 cm, kde byla slatina již hodně rozložená.

Hlobka (m)	Popis
0 – 0,12	málo dekomponovaná rašelina s lodyžkami rašeliníku
0,12 – 0,37	málo dekomponovaná rašelina s kořínky
0,37 – 1,00	slatina s vysokým podílem nerozloženého rost. materiálu (kořínků, oddenků)
1,00 – 1,56	málo dekomponovaná slatina s dominancí kořínků a oddenků
1,56 – 1,74	světle hnědá, málo dekomponovaná slatina s menším podílem kořínků a oddenků
1,74 – 1,76	vrstvička uhlíků
1,76 – 1,79	světle hnědá, málo dekomponovaná slatina s menším podílem kořínků a oddenků
1,79 – 2,42	světle hnědá, málo dekomponovaná změť kořínků a menšího množství oddenků
2,42 – 2,60	velmi dekomponovaný tmavý sediment s menším podílem jílu
2,60 – 2,79	převaha černé, silně dekomponované hmoty s příměsí jílu
2,79 – 3,00	tmavý mazlavý jílovitý sediment
3,00 – 3,30	jíl s ojedinělými kořínky
3,30	jíl se štěrkem o velikosti 1,5 cm

Tabulka 4: Popis profilu Vlček



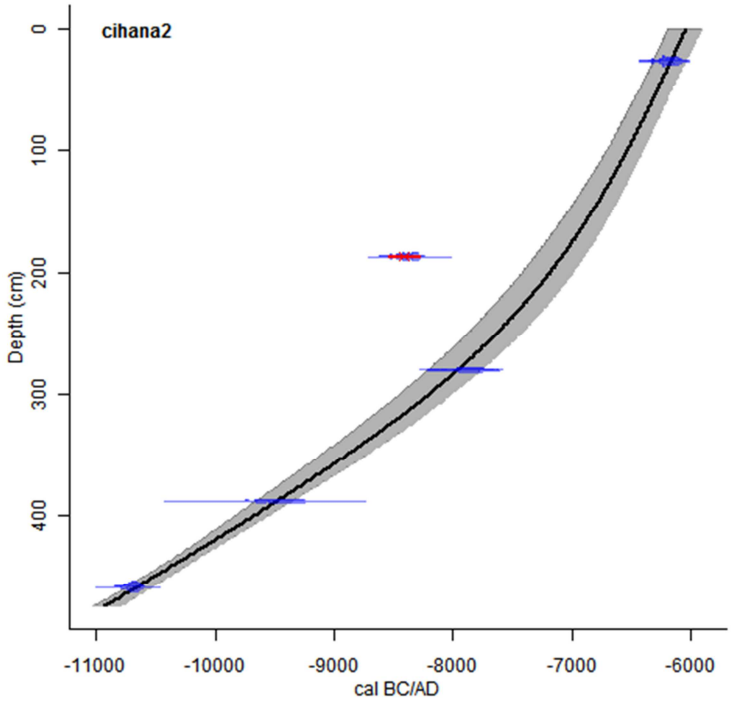
Obrázek 10: Výsledky makrozbytkového rozboru vzorků při příležitosti vybírání materiálu na datování, zobrazeny jako absolutní hodnoty

5.2 Datování a *depth-age* model

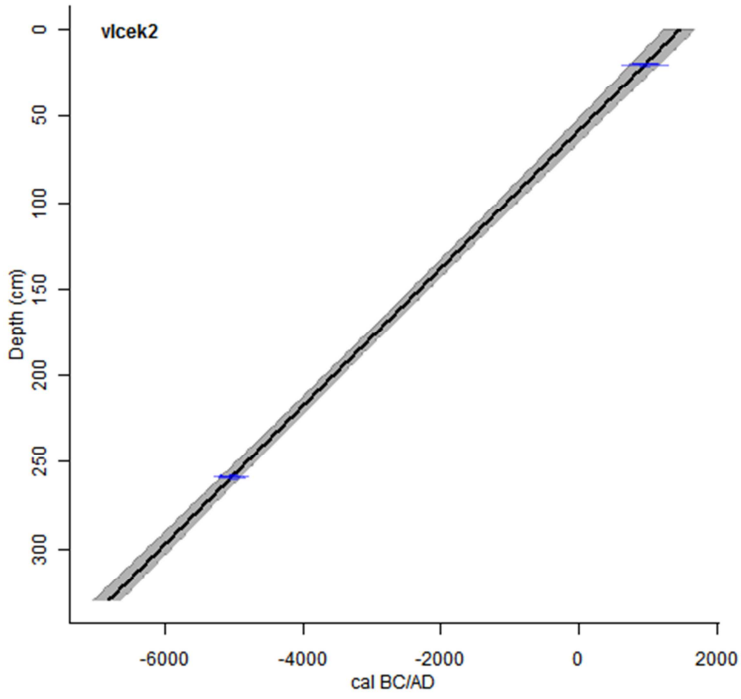
Výsledky radiokarbonového datování obou profilů jsou zobrazeny v Tabulce 5. Uvedené kalibrované hodnoty spadají do intervalu pravděpodobnosti 95,4%. *Depth-age* model pro Číhanou je zobrazen na Obrázku 11, pro Vlček na Obrázku 12. Výsledky kladou vznik Číhané do období posledního glaciálu (stratigrafie dle Mangerud *et al*. 1974). Stáří báze profilu bylo extrapolováno přibližně na 10940 cal yr BC, tj. poslední stadiál poslední doby ledové, Mladší Dryas. Profil pokračuje celým obdobím staršího Holocénu, končí však již ve starším Atlantiku. Při konstrukci *depth-age* modelu byl s přihlédnutím k ostatním datům vyloučen vzorek ze 187 cm. Průběh křivky byl zvolen jako *smooth spline*. Průběh modelu nebyl protažen do současnosti – vzhledem ke starému datu ve 26 cm, věk 0 cm nebyl definován rokem odběru profilu, neboť by způsobil nesmyslné protažení modelu do současnosti. Na lokalitě Vlček začala tvorba organických sedimentů ve středním Holocénu v průběhu Atlantiku. Báze je datovaná do roku 6820 BC, starší Atlantik.

Lokalita	**Kód laboratoře**	**Hloubka (m)**	**Stáří ^{14}C (BP)**	**Stáří kalibrované (BP)**	**Stáří kalibrované (BC/AD)**
Číhaná	Poz-37462	**0,26**	7340 ± 50	**8050 – 8190**	**6100 – 6240 BC**
Číhaná	Poz-37463	**1,87**	9160 ± 60	**10240 – 10400**	**8290 – 8450 BC**
Číhaná	Poz-37464	**2,80**	8790 ± 60	**9680 – 10110**	**7730 – 8160 BC**
Číhaná	Poz-37465	**3,88**	9900 ± 120	**11200 – 11600**	**9250 – 9650 BC**
Číhaná	Poz-37466	**4,58**	10750 ± 60	**12590 – 12690**	**10640 – 10740 BC**
Vlček	Poz-44415	**0,20**	1070 ± 90	**780 – 1120**	**1170 – 830 AD**
Vlček	Poz-44416	**2,59**	6100 ± 40	**5190 – 4950**	**3240 – 3000 BC**

Tabulka 5: Výsledky radiokarbonového datování a jejich kalibrované hodnoty



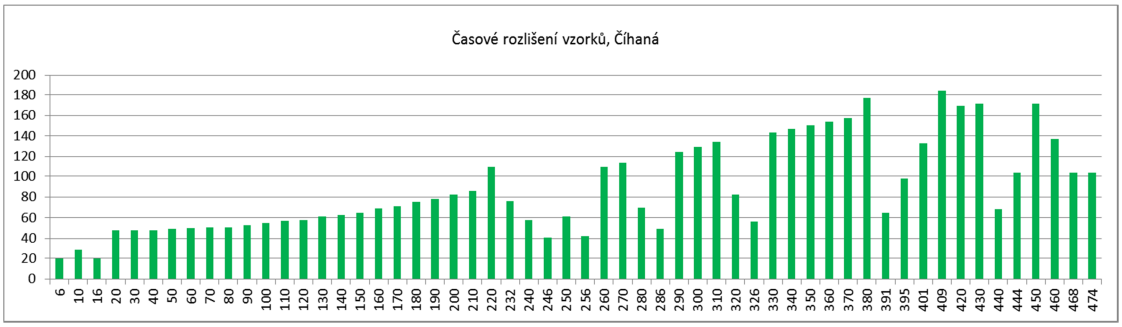
Obrázek 11: Depth-age model Číhaná (datum ze vzorku 187 cm nebylo do analýzy zahrnuto), smooth spline.

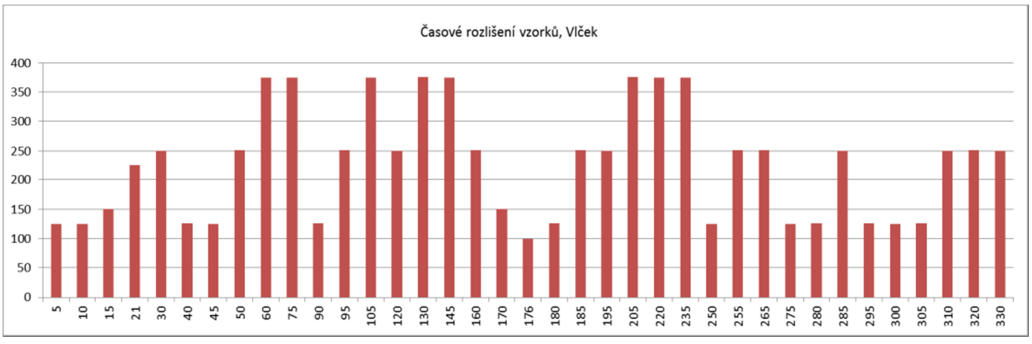


Obrázek 12: Depth-age model Vlček, linear spline

Na Číhané byla zpočátku vývoje lokality sedimentační rychlost relativně pomalejší než v pozdějším vývoji, 1 cm rašeliny vznikal přibližně 17 let. Směrem nahoru se sedimentační rychlost zvyšuje a tato doba klesá, při 260 cm činí 11 let, a v horní části profilu už 1 cm vzniká pouhých 5 let.

Co se týče Vlčku, dvě data nedovolují tak přesné závěry o rychlosti sedimentace, nicméně její průměrná hodnota byla pomalejší než na Číhané a dosahuje doby 25 let na 1 cm. Grafy 1 a 2 zobrazují časový rozdíl mezi analyzovanými vzorky pro každý profil. V Číhané je tato doba díky vyšší rychlosti sedimentace téměř poloviční než na Vlčku.





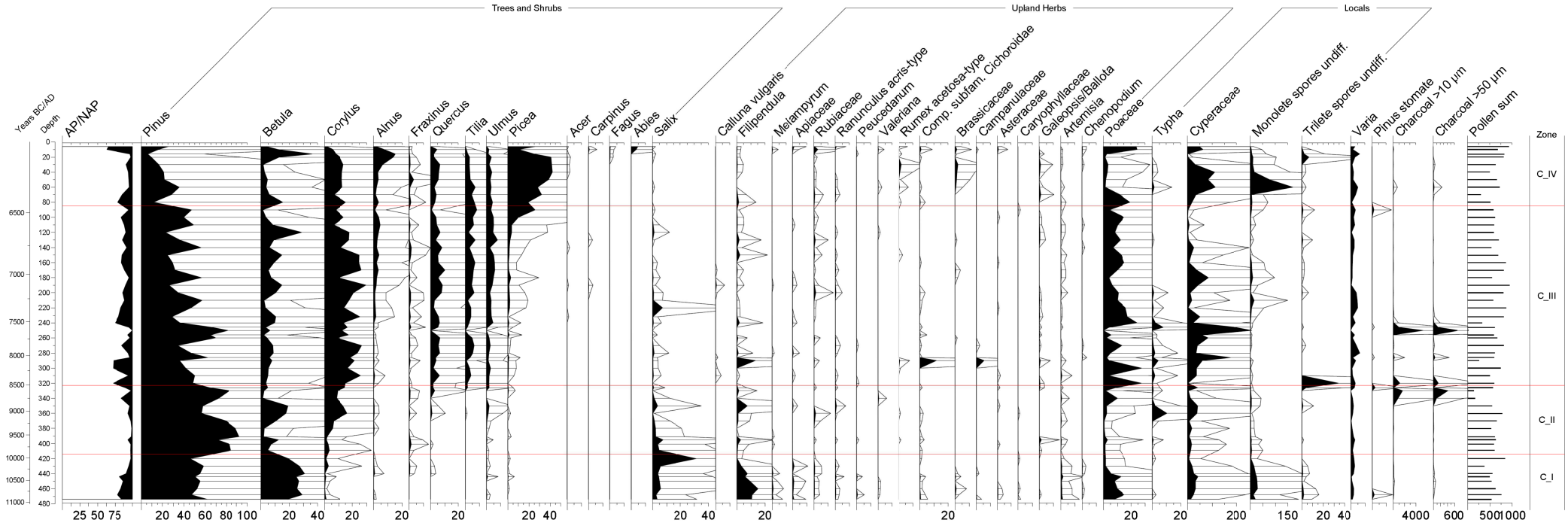
Graf 1(nahoře) a 2: Přehled časového intervalu mezi analyzovanými vzorky pro Číhanou a pro Vlček (na ose y vyneseny roky, na ose x jednotlivé vzorky)

5.3 Pylové diagramy

V pylových diagramech (Obrázek 13 a 14) jsou zobrazeny všechny klimaxové dřeviny, z bylin jsou zobrazeny pouze ty, které dosahovaly nejvyšších četností. Druhy s obdobnými ekologickými nároky jsou sdruženy v zájmu větší přehlednosti diagramu do čeledí. Úplný přehled nalezených druhů je uveden v příloze IV a V.

5.3.1 Číhaná

Zónování rozdělilo kompletní soubor dat na 6 signifikantních zón (hladina signifikance): 85 - 243 - 288 - 295 - 365 - 414,5 cm. V datovém souboru však měly vodní rostliny (zejména *Typha*) a ve vzorku 256 cm některé druhy bylin relativně vysoké zastoupení. Vodní rostliny odráží vývoj čistě lokální a vybočující maximum je známkou momentální disproporce ve spadu pylu (jako např. spadlá včela apod.). Proto jsem pro další analýzu vyřadila všechny vodní rostliny a ve vzorku 256 cm pouze byliny, které dosahovaly neúměrně vysokých procent. Signifikantní poté byly pouze 3 zóny: 85 - 323 - 414,5 cm. Dále jsem pracovala s výsledky druhého případu, který lépe reprezentuje vývoj vegetace v širším okruhu sedimentačního prostoru.



Obrázek 13: Pylový diagram Číhaná

Popis diagramu podle zón (Obrázek 13)

C_I: 474 – 409 cm (*odpovídá Mladšímu Dryasu*)

Nejvyšších procent dosahují *Pinus* (50%) a *Betula* (28%). Lokální přítomnost *Pinus* je doložena výskytem stomat. *Corylus* má již spojitou křivku, ale drží se na nízké hladině pod 1%. Hojně se vyskytuje *Salix* (5%), na konci zóny má dokonce výrazné maximum (30%). Z ostatních dřevin jsou zaznamenána ojedinělá pylová zrna *Ulmus* a *Picea*, rovněž *Quercus*, *Fraxinus* a *Alnus*, a na samém spodu profilu byla přítomná *Ephedra*. Hojně jsou zastoupeny byliny (20%). Výrazný podíl mají zejména vlhkomilné druhy, hlavně *Filipendula*, dále *Melampyrum*, *Ranunculus acris-type,* Apiaceae, Rubiaceae, *Polygonum bistorta-type*, *Senecio-type.* Vyskytují se rovněž pro tuto dobu typické druhy narušovaných či otevřených stanovišť *Artemisia* a *Chenopodium*. Ojediněle se vyskytují i suchomilné byliny, ale ne významně více než ve zbylých zónách (např. Asteraceae, *Centaurea scabiosa* a *Matricaria-type*, *Lathyrus*, *Scabiosa columbaria-type*). Poaceae mají přes 10%, ale ke konci zóny téměř mizí.

C_II: 420 – 326 cm *(odpovídá Preboreálu)*

Jedná se o zónu s nejvyšším poměrem dřevin a bylin (výjimkou např. není ani poměr AP/NAP = 98%). Naprostou většinu tvoří *Pinus* (maximum na 90%). V druhé půli zóny přechodně ustupuje ve prospěch *Betula* (18%) a *Corylus* (16%), která od konce předcházející zóny postupně přibývá. Zde má maximum *Typha* (10%). Stále je přítomna *Salix* a také *Filipendula*, obě však již mnohem méně než v zóně předešlé. Na pylové spektrum dvou téměř posledních vzorků má vliv vysoké množství mikroskopických uhlíků. V těchto vzorcích bylo dosaženo nízké sumy (140), jejich interpretace proto musí být obezřetná. Nejvyšší četnost zde má *Pinus*, *Betula* je zastoupena sporadicky, *Corylus* také poklesla ve své četnosti a rovněž tak Poaceae. Následující, poslední vzorek z této zóny je uhlíků téměř prost. Můžeme pozorovat pokles *Pinus*, vzrůst *Corylus* a velice mírně i *Betula*. Začínají uzavřené křivky dřevin smíšených doubrav, nejdříve *Quercus*, poté *Tilia* a *Ulmus.*

C_III: 320 – 90 cm (*odpovídá Boreálu*)

Tato zóna zaujímá v profilu nejdelší období (238 cm). Charakterizují ji střídající se maxima tří nejčetnějších dřevin *Pinus*, *Betula* a *Corylus*. Hned v prvním vzorku zóny jsou opět obsaženy mikroskopické uhlíky. Pylová suma tentokrát ovlivněna nebyla. Enormně vysokého procenta tu v měřítku celého profilu dosahují triletní spóry (*Sphagnum*, 34%).

Taktéž bylo zaznamenáno vysoké maximum Poaceae (27%). V dalším vývoji vykazuje *Pinus* trend celkového poklesu, stále se však střídají vysoká maxima tří nejčetnějších dřevin. Celkově přibývá *Corylus*. Zastoupení mají také druhy smíšených doubrav (*Quercus* a *Tilia* 3-7%, *Ulmus* 3-5%), roztroušeně se vyskytuje i *Fraxinus*. Začíná spojitá křivka *Picea*, která se drží pod hladinou 2%. V horizontu 250 cm se objevuje nejvýraznější maximum uhlíků. Tentokrát vzorek neobsahoval téměř žádný pyl. Sumy obou okolních vzorků ale nebyly dotčeny. Uhlíky byly přítomné ještě i v následujícím vzorku (246 cm), i když v menší míře. Změna v pylovém spektru se u všech tří vzorků projevila nejvíce na poklesu *Corylus* a *Betula*, naopak *Pinus* vzrostla. V bezprostředním vývoji po této události je patrný strmý vzrůst Poaceae, jejichž maximum během dalšího vývoje vyznívá velice pomalu. Také *Corylus* přechodně vzostla, *Pinus* reagovala ústupem. Do poloviny zóny je stále přítomna *Typha*. Posléze se sporadicky objevují i zrna *Acer* a *Carpinus*. Na konci období klesá *Corylus* a výrazně i *Betula*, konečně pozvolna stoupá *Picea*. Z bylin se stále vyskytují různé mokřadní druhy, přítomny jsou i Cyperaceae.

C_IV: 90 – 6 cm (*odpovídá Atlantiku*)

Počátkem tohoto období pokleslo zastoupení *Pinus*, zároveň také *Quercus* a *Ulmus*. Přechodně vzrostla *Betula* a Poaceae. S následným posledním maximem *Pinus* mají monoletní spóry (Polypodiaceae) své maximum a i Cyperaceae mají vyšší zastoupení, naopak Poaceae poklesly. Posléze se k dominanci dostává *Picea* (přes 40%), souběžně s tím se definitivně snižuje procento *Tilia* a *Ulmus*, naopak *Quercus* se dostal na svou původní úroveň z předcházející zóny.

Dále je ve skladbě pylového spektra možné vizuálně odlišit poslední změnu, která připomíná již spíše recentní až subrecentní poměry na lokalitě. Od 26 cm výše prudce roste nejdříve *Alnus* (14%) a hned poté *Betula* (12%). Prudce klesají *Picea* a *Pinus*. V nejvrchnějších vzorcích se sporadicky objevují *Abies* a *Fagus*, rostou *Picea* a *Pinus*, ubývají dřeviny smíšených doubrav a *Corylus*. Markantní je nárůst poměru bylin až na 35%. Značnou část tvoří Poaceae, ale v hodně druzích jsou přítomny i luční byliny. Objevují se Cerealia.

5.3.2 Vlček

Zde byly vyděleny 4 signifikantní zóny: 82,5 - 165 - 242 - 297,5. Vodní rostliny se vyskytovaly jen minimálně, proto byly při vyčleňování zón v souboru dat ponechány.

Popis diagramu podle zón (Obrázek 14)

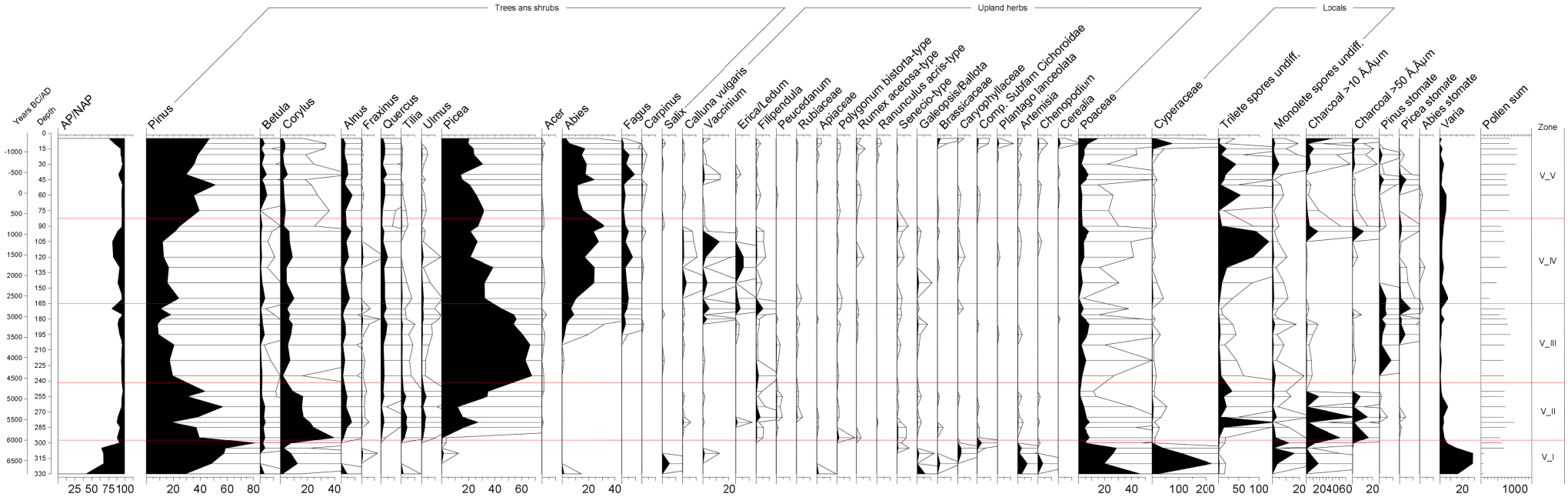
V-I: 330 – 300 cm (*hiát*)

První zóna na spodu profilu představuje zřejmě hiát. Vzorky pocházejí z jílového substrátu, ve kterém se ojediněle vyskytovaly kořínky. Bylo přítomno jen velice malé množství pylu, který vykazoval vysoký stupeň rozložení (koroze i smáčknutí). Ve třech nejspodnějších vzorcích nebylo možné napočítat více než 50 zrn do sumy, a mnoho zrn také nebylo určitelných. K těmto vzorkům byly zonací přiřazeny i dva vzorky, kde se suma pohybovala již kolem 500. Spodní vzorky se odlišují výskytem ojedinělých zrn *Tilia*, *Fraxinus*, *Alnus, Abies,* zajímavý je taktéž ojedinělý výskyt *Viscum* a *Ilex/Lonicera*. Vysoce vzhledem ke zbylé části profilu byly zastoupeny byliny (kolem 30%), hlavně Poaceae, Cyperaceae a také monoletní spóry (čeleď Polypodiaceae), dále jsou přítomny druhy otevřených či narušovaných stanovišť (*Artemisia*, *Chenopodium*, *Galeopsis/Ballota*) a druhy luční (*Silene-type* a *Crepis-type*). Postupně přibývá *Pinus*.

V_II a V_III: 295 – 170 cm (*odpovídá Atlantiku*)

V_II: 295 – 250 cm (*starší Atlantik*)

Z počátku období dosahuje svého absolutního maxima *Corylus* (39%), v celé zóně se drží na své nejvyšší úrovni, ale s postupem zóny vyznívá. Většinu spektra tvoří *Pinus* (56%). V 280 cm můžeme pozorovat její krátkodobé ustoupení ve prospěch *Picea*. Druhy smíšených doubrav nepřesahují 3%, respektive 5% v případě *Tilia*, přesto se jedná o zónu jejich maximálního výskytu. *Betula* se rovněž pohybuje na nízké úrovni, kolem 2 - 4%. Z bylin jsou zastoupeny druhy mokřadní (*Filipendula*, *Polygonum bistorta-type*, *Peucedanum-type*, *Rubiaceae*, *Senecio-type, Thalictrum, Aconitum-type*), druhy suchomilnější (*Brassicaceae*, *Lactuca-type, Matricaria-type*) a *Calluna*. Objevují se spóry *Sphagnum*. V průběhu celé zóny byly zaznamenány nejvyšší hodnoty uhlíků.



Obrázek 14: Pylový diagram Vlček

V_III: 235 – 170 cm (*mladší Atlantik*)

Dosud dominantní *Pinus* postupně klesá, v druhé půli zóny dosahuje svého minima. Avšak její stálou lokální přítomnost dokládá výskyt jejích stomat. Byla nahrazena smrkem, který tvoří naprostou většinu pylového spektra (přes 60%), v druhé polovině zóny je v podobě stomat potvrzen i jeho lokální výskyt. *Quercus* zůstává na hodnotě kolem 2 – 3%, zatímco *Tilia* a *Ulmus* klesly již trvale pod 2%. Ke konci zóny začíná postupně vzrůstat křivka *Abies* a hned poté i *Fagus*. Zároveň s nimi se objevují *Ericaceae* (*Vaccinium* a *Erica/Ledum*) a ojediněle i *Sorbus*. Zastoupení bylin oproti předcházející zóně celkově pokleslo.

V_IV: 160 – 90 cm (*odpovídá Subboreálu*)

Dominantní je *Abies* spolu s *Picea* (obě 20 – 30%), dále je v malém množství přítomen *Fagus* (kolem 3%). *Pinus* zůstává subdominantní, její zastoupení z předcházející zóny zůstává nezměněno. Z bylin jednoznačně dominují *Vaccinium*, *Erica/Ledum* a o něco méně i *Calluna*. Významná je přítomnost triletních spór rodu *Sphagnum* v podobě vysokého maxima (130 - 95 cm, maximum 124%). Množství druhů bylin se mírně zvýšilo (např. *Cerastium*, *Stellaria*, *Rhinanthus/Veronica,* ojediněle též *Plantago major* a *P. lanceolata*).

V_V: 75 – 5 cm (*odpovídá Subatlantiku*)

V poslední zóně vzrůstají procenta *Pinus* (kolem 40%). V první polovině zóny přechodně mírně klesá *Abies* a *Fagus*. Oproti předcházejícímu vývoji poklesla *Corylus* (jen kolem 3%), *Tilia* a *Ulmus* se vyskytují již jen sporadicky. Přítomno je mnoho druhů sušších, ale i mokrých luk. Ve dvou posledních vzorcích se prosazují Poaceae spolu s novými druhy sušších luk, zároveň znatelně ubývá *Abies* a *Fagus*. Vyskytují se triletní spóry. Od 30 cm jsou v nízkých hodnotách trvale přítomny mikroskopické uhlíky.

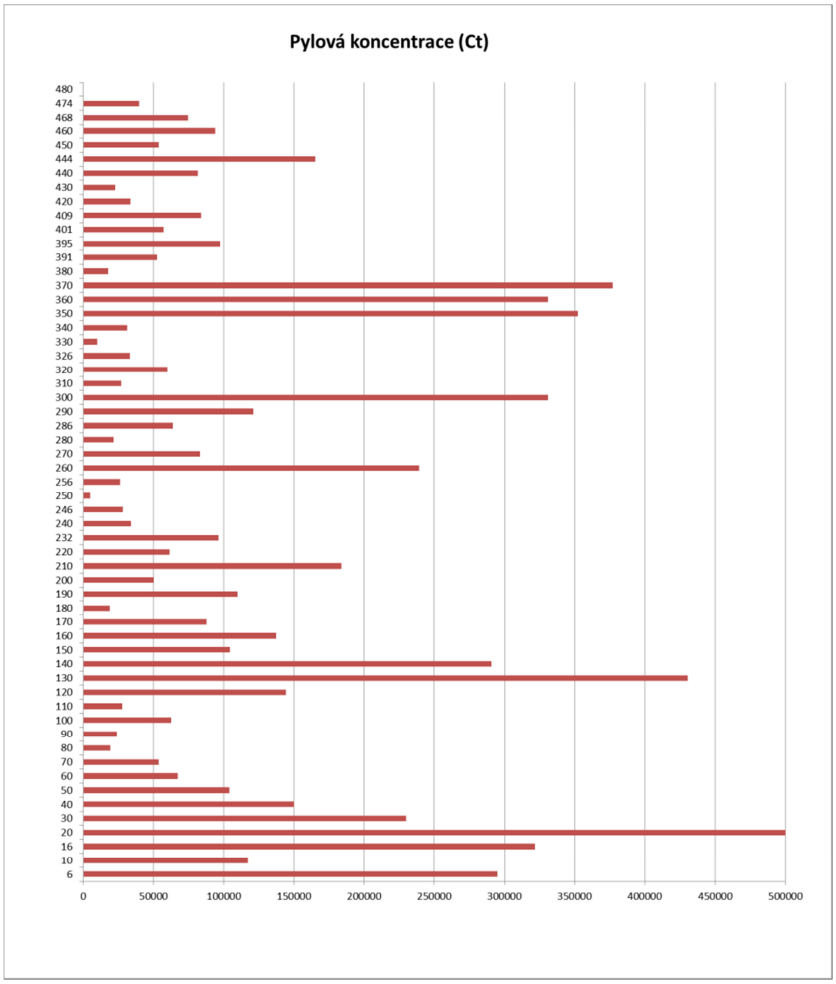
5.4 Influxové diagramy

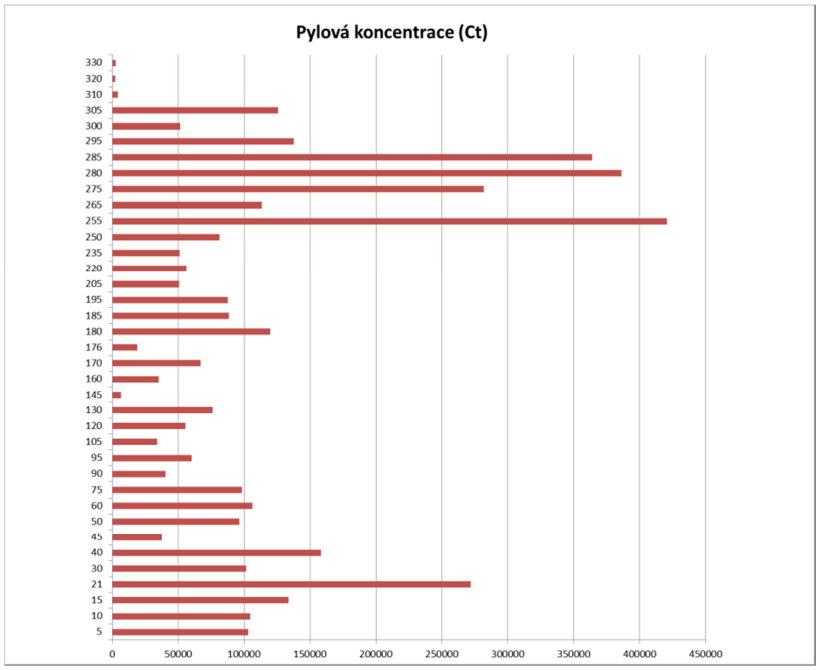
Influxové diagramy jsou zobrazením absolutního spadu pylu na plochu 1 cm^2 za 1 rok. Oproti procentuálním diagramům zde odpadá nevýhoda vzájemných propojení mezi křivkami (tzv. Fagerlind effect, Fagerlind 1952). Je možnost zjistit, zda nárůst jednoho taxonu v procentech skutečně znamenal pokles druhého v reálné vegetaci, či zda četnost taxonu, ubývajícího v procentuálních hodnotách, ve vegetaci skutečně klesla.

V případě slatinišť bývají hodnoty absolutních množství pylu mezi jednotlivými vzorky značně variabilní. To využití této metody poněkud znesnadňuje (Waller 1993). Variabilita hodnot je spíše vyjádřením přechodných lokálních změn v sedimentační rychlosti, popřípadě v množství spadu pylu, jež vybočují z celkového trendu. Při konstrukci diagramů byly z tohoto důvodu vyloučeny nejvíce se vychylující vzorky: 20, 130, 140, 210, 300 pro případ Číhané, respektive 21, 40, 145, a 255 pro případ Vlčku.

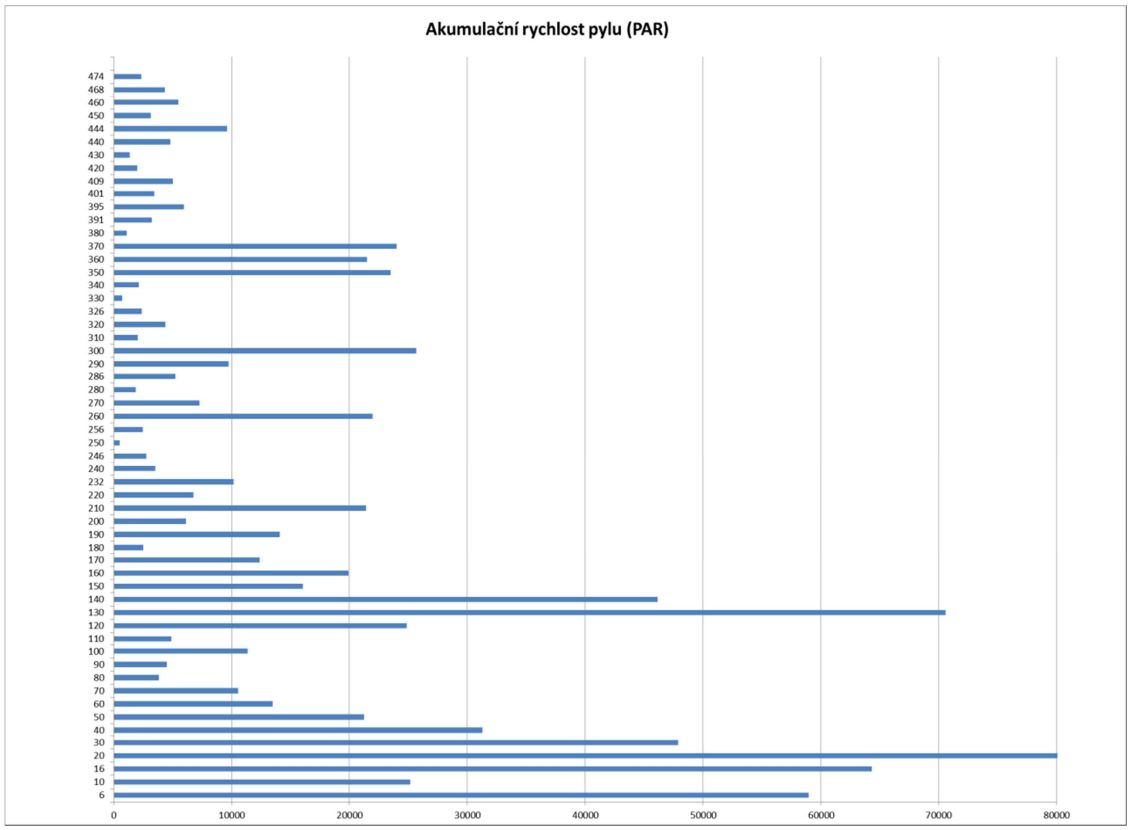
5.4.1 Akumulační rychlost pylu

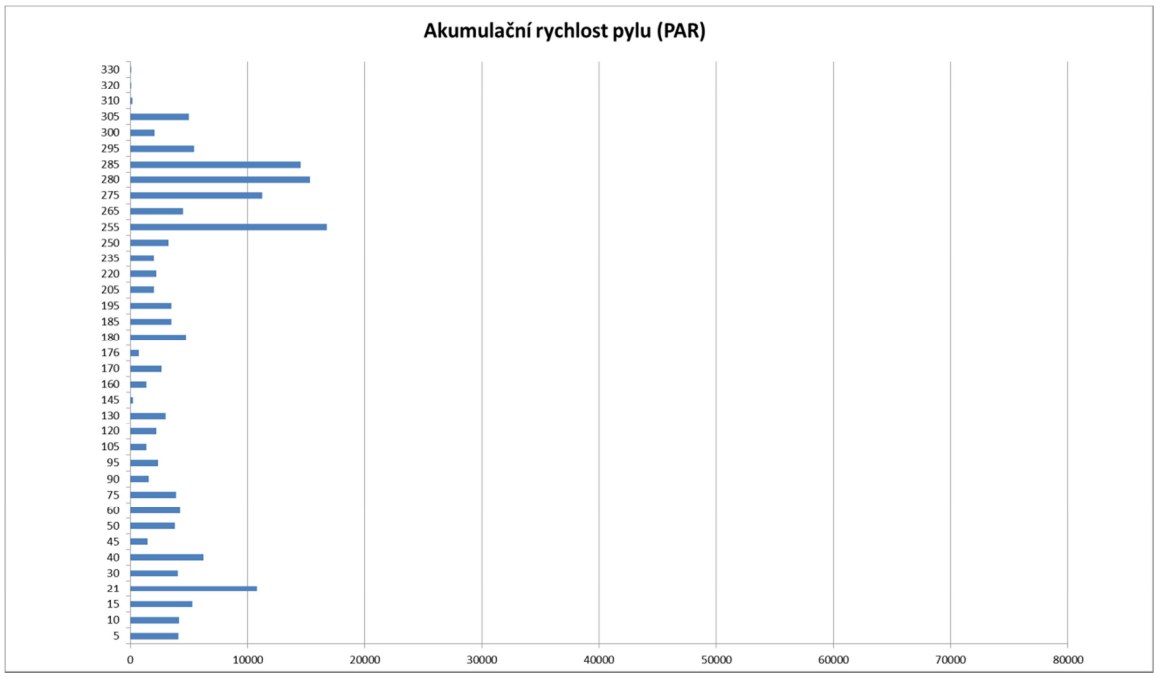
V porovnání s Vlčkem (Graf 5 a 7) je akumulační rychlost pylu na Číhané (Graf 4 a 6) nižší. Až do poloviny profilu činí po většinu průběhu přibližně 2000 – 4000 pylových zrn za rok na cm^2. Velkou pozitivní výchylku tvoří úsek 370 – 350 cm (25000 zrn), odlišuje se také úsek 300 – 260 cm, s výjimkou 280 cm. V druhé půli od 230 cm směrem k povrchu stoupá na hranici 20000 s vyjímající se částí 110 – 80 cm (do 10000 zrn). Pro Vlček byla nejvyšší akumulační rychlost pylu zaznamenána v 295 – 255 cm a v 75 – 5 cm (což odpovídá zóně V_II a také zóně V_V).



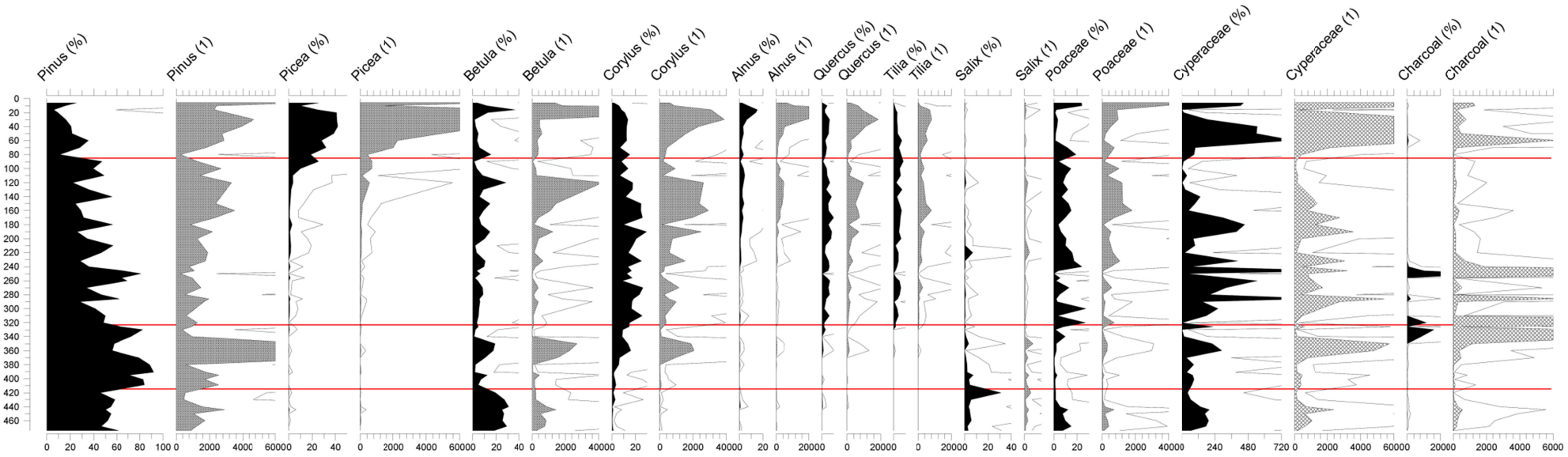


Graf 3 (nahoře) a 4: Pylová koncentrace a Akumulační rychlost pylu, Číhaná nahoře, Vlček dole





Graf 5 (nahoře) a 6: Pylová koncentrace a Akumulační rychlost pylu,Číhaná nahoře, Vlček dole

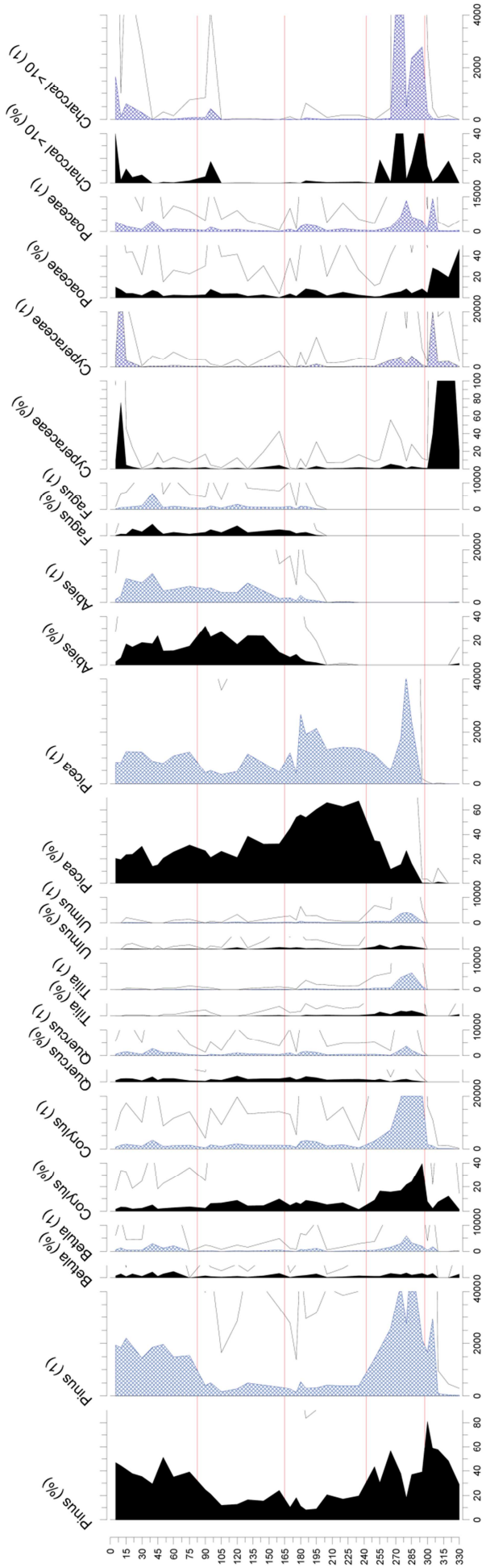


Obrázek 15: Číhaná - srovnání procentuálních křivek (plné) a influxových křivek (vzorované)

5.4.2 Srovnání procentuálních a influxových křivek

5.4.2.1 Číhaná

Promítnou-li se křivky procentuální a absolutní vedle sebe (Obrázek 15), vyvstávají některé odlišnosti. V zóně C_I jsou všechny křivky nižší, což je způsobeno celkově nízkým obsahem pylu ve vzorcích. Ke konci období je nápadný pokles všech dřevin, který se v procentech tolik neprojevil. Na přelomu zón C_I a C_II je maximum *Salix* mnohem nižší. Uprostřed druhé zóny v procentech ustupuje *Pinus* ve prospěch *Betula* a *Corylus*, v absolutních číslech jsou velice hojné všechny tyto druhy. To je způsobeno zřejmě vysokým obsahem pylu v této skupině vzorků. *Corylus* zde stoupá velice strmě, nikoli pozvolna, jak naznačuje procentuální křivka. Při konci zóny všechny taxony ubývají v důsledku nízké napočítané sumy a velkého maxima uhlíků. Další maximum uhlíků je větší, vůbec celá první třetina zóny C_III obsahuje větší množství uhlíků. Jejich výskyt je koncentrován do maxim, všechna jsou následována poklesem všech dřevin. Počátkem této zóny rostou *Corylus* a mírně i *Pinus*. V průběhu celé zóny ale můžeme pozorovat celkový trend mírného růstu všech dřevin (zřejmě zahušťování porostu, kdy se světlý les počátku holocénu mění na stinnější v době klimatického optima). Ve druhé půli zóny mají výraznější zastoupení opadavé dřeviny smíšených doubrav (QM), než tomu bylo do této doby. Po začátku poslední zóny strmě roste *Picea*. V procentuální křivce však zastínila růst i ostatních dřevin, který je patrný z influxových diagramů. Výskyt uhlíků v této zóně nemá na vegetaci výrazný vliv.



Obrázek 16: Vlček - srovnání procentuálních křivek (plné) a influxových křivek (vzorované)

5.4.2.2 Vlček

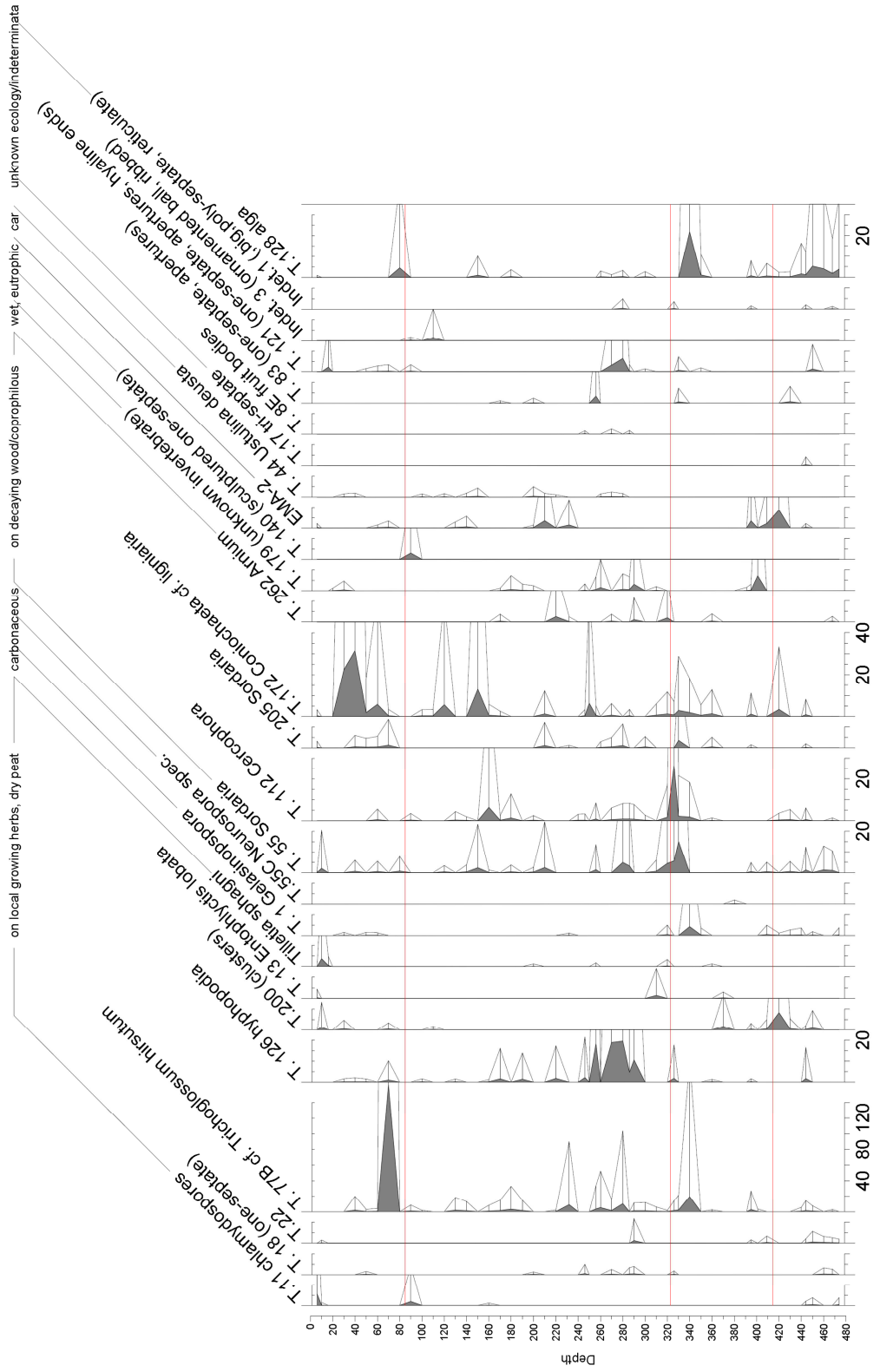
Z Obrázku 16 je patrné, že v první zóně V_I byly zpočátku přítomné pouze Cyperaceae a Poaceae. Dřeviny byly lokálně přítomné až ke konci zóny. Hojně se objevovala *Pinus*, a Poaceae, vyskytly se i *Betula* a *Corylus*. Po počátku zóny V_II vzrůstá zastoupení *Corylus* a *Picea*. V této době se objevily také dřeviny QM. Z nich je *Quercus* v průběhu celého profilu přítomen v nejvyšším množství. Co se týká vlivu přítomnosti uhlíků, maxima *Pinus* odpovídají výskytu uhlíků, zatímco vztah *Picea* a uhlíků je inverzní. V následující zóně V_III převažuje *Picea*, ale ne tak vysokým rozdílem jako v procentuálních hodnotách. Ubylo *Pinus* i *Corylus.* Ke konci zóny se začínají objevovat *Abies* a nepatrně později i *Fagus*. Oproti procentuálním hodnotám má *Abies* zpočátku nízké hodnoty a stoupá pozvolněji, průběh křivky *Fagus* zůstal v podstatě beze změn. S přechodem do poslední zóny V_V se zvýšilo množství *Pinus*, které mírně vzrůstá až do konce diagramu. Množství *Picea* je o něco vyšší než v zóně předchozí, což je opačný trend než v případě procentuální křivky. *Abies* je až zde na svém maximu. Na úplném konci pokleslo zastoupení dřevin, naopak se zvýšilo množství Poaceae a Cyperaceae.

5.5 Nepylové objekty

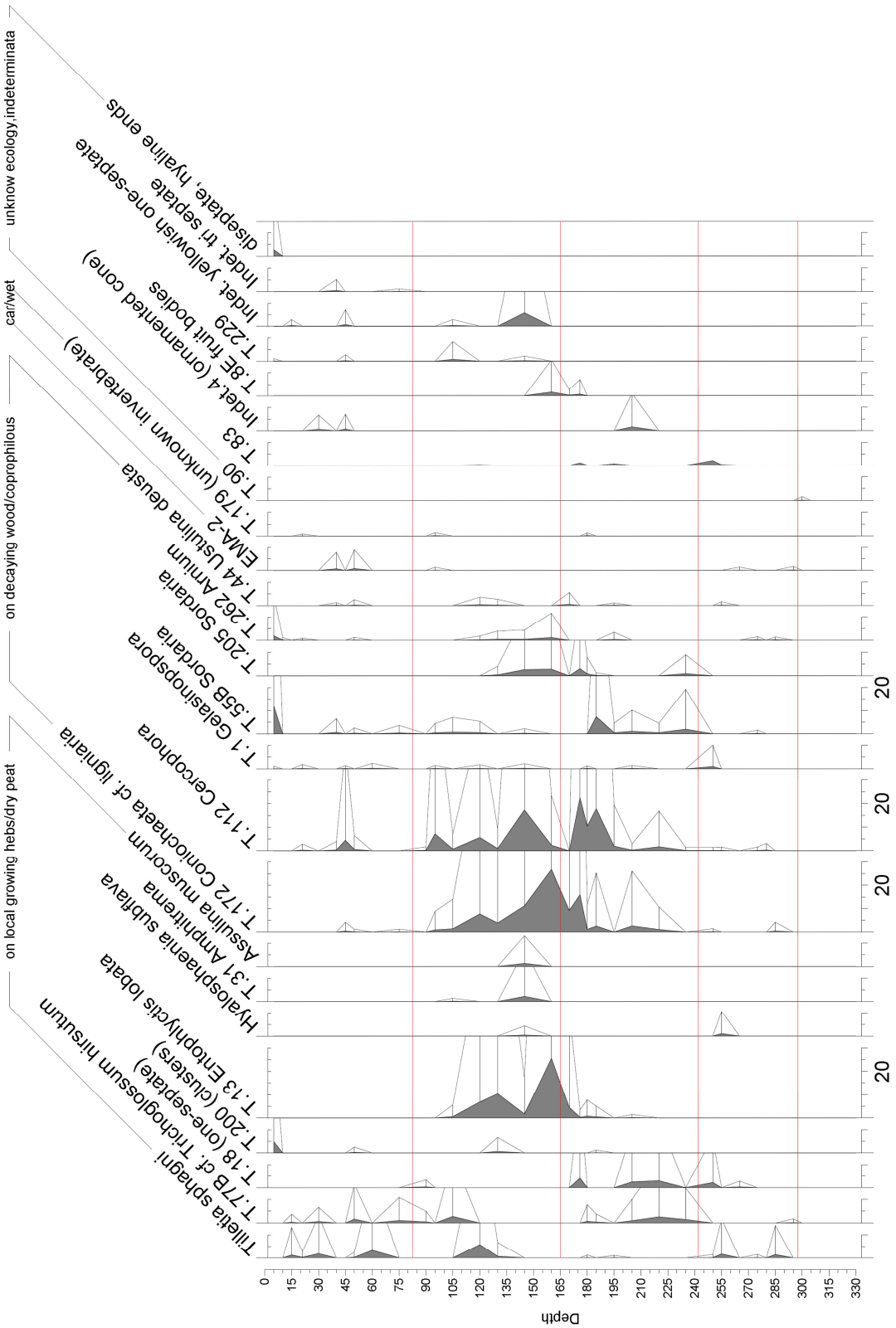
V obou profilech se vyskytovaly podobné druhy nepylových objektů. Jedná se zejména o askospóry hub druhů lignikolních (žijících na starém dřevě) či koprofilních (žijících na exkrementech zvířat), dále o druhy parazitující v tkáních rostlin (např. čeledi Cyperaceae či Ericaceae), v malém množství i druhy karbonifilní (žijící na zuhelnatělých tkáních rostlin). Na Vlčku (Obrázek 18) se vyskytovaly také testátní améby žijící na *Sphagnum*. Na Číhané (Obrázek 17) byly přítomny i spóry řasy.

Část nalezených objektů bohužel stále nemá známý původ ani ekologické nároky. Nalezeny byly i objekty, které jsem nedokázala určit s pomocí žádného klíče (v diagramech označeny jako Indet.).

Více k ekologii jednotlivých typům je uvedeno v diskuzi. Ilustrační fotografie některých taxonů jsou přiloženy v příloze III.

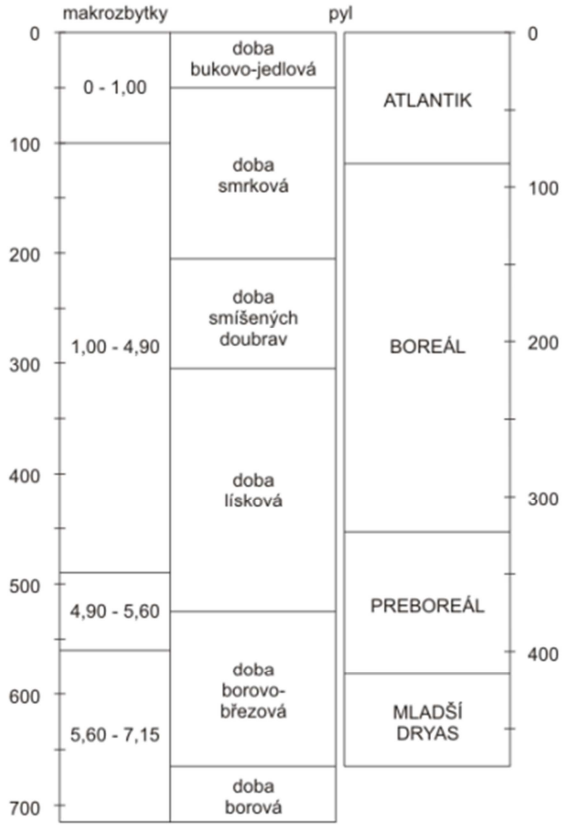


Obrázek 17: Číhaná - nepylové objekty



Obrázek 18: Vlček - nepylové objekty

5.6 Srovnání s výsledky Karla Rudolpha (1931)

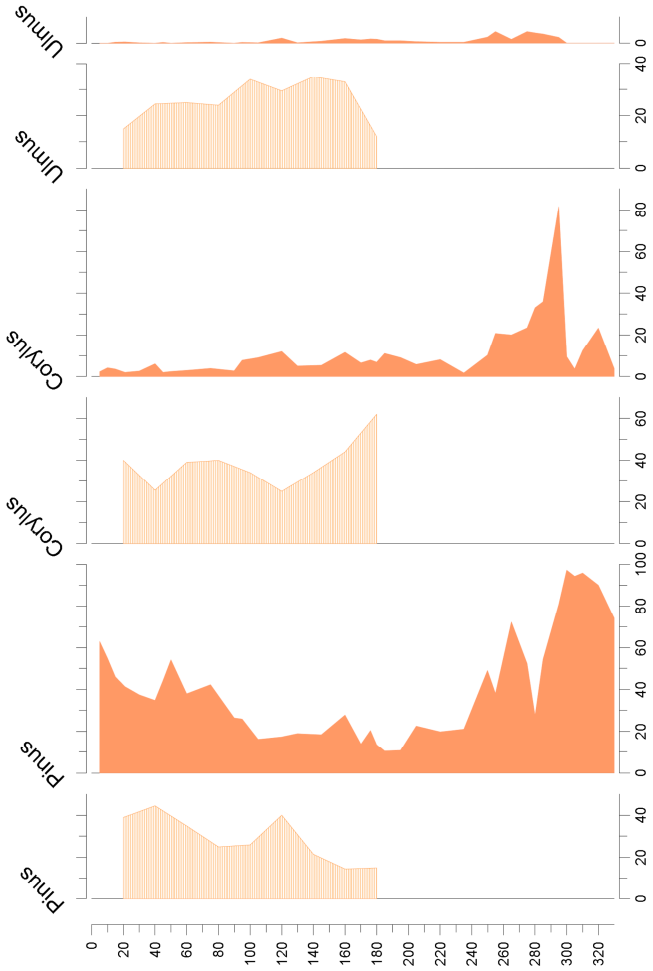


Obrázek 19: Porovnání zón obou profilů Číhaná – vpravo nový profil, 2 sloupce nalevo profil z 30. let (Rudolph 1931).

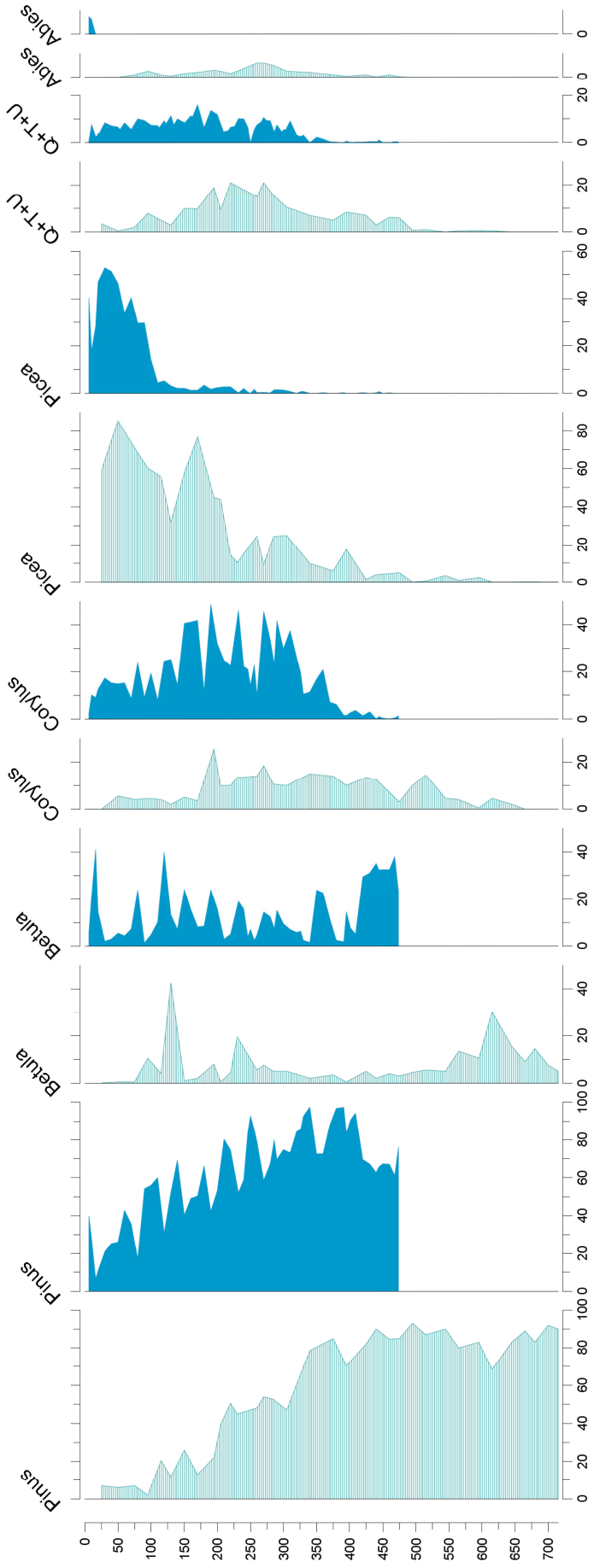
Profil z lokality Číhaná, který odebral Rudolph v roce 1931 (715 cm) je o 241 cm delší oproti mému profilu odebranému v roce 2008 (474 cm). Rozdíl v zachyceném období je však minimální (Obrázek 19). Rudolph zaznamenal dobu borovou, která v mém profilu doznívá pouze v nejspodnějším vzorku. Odlišný průběh zón je způsoben rozdílným pojetím. Zóny nazvané dle hlavních dřevin začínají v místě zvýšené pylové křivky druhu, podle kterého jsou nazvány. Kdežto biostratigrafické zóny nazvané dle Firbase (1949) jsou definované podle změny celého druhového složení, v tomto případě vyhodnocené na základě statistického vyhodnocení. Doba lísková začíná již uprostřed Preboreálu, doba smíšených doubrav uprostřed Boreálu a doba smrková ještě před koncem boreálu. Nový profil je tedy více komprimovaný. Procentuální křivky dostupných dřevin starého i nového profilu byly srovnány vedle sebe na ose hloubky (procentuální hodnoty vypočteny stejným způsobem, Obrázek 21) Největší odlišnost lze pozorovat na křivkách jedle. U Rudolpha začíná její spojitý průběh již velmi brzy, krátce po začátku Holocénu, kdežto v mém profilu se jedle objevuje až na samém konci. Ostatní křivky jsou, co se týče nástupů, srovnatelné. Jisté rozdíly jsou však patrné v množství, kdy jsem po celou dobu vývoje zaznamenala vyšší procenta břízy a lísky, a naopak nižší hodnoty pro smrk a spojenou křivku dřevin QM (*Quercus* + *Tilia* + *Ulmus*, v Obrázku 20 jsou označeny jako Q+T+U). Křivky smrku mají velice podobný průběh, jen v novém profilu je křivka zpočátku přerušovaná.

Starý profil z Vlčku odebraný Rudolphem (1931) je kratší, rozdíl oproti mému profilu činí 150 cm. Avšak v tomto případě se nezdá, že by byl kratší profil více komprimovaný. Na Obrázku 20 jsou zobrazena srovnání pouze 3 druhů dřevin, jelikož zastoupení ostatních

bylo velice nízké (< 5%). Zobrazené křivky smrku jsou si vzájemně podobné, pokud přihlédneme k řidšímu vzorkování ve 30. letech. Ovšem odlišně jsou průběhy zbylých druhů, tedy lísky a jilmu, které Rudolph zaznamenal mnohem vyšší.



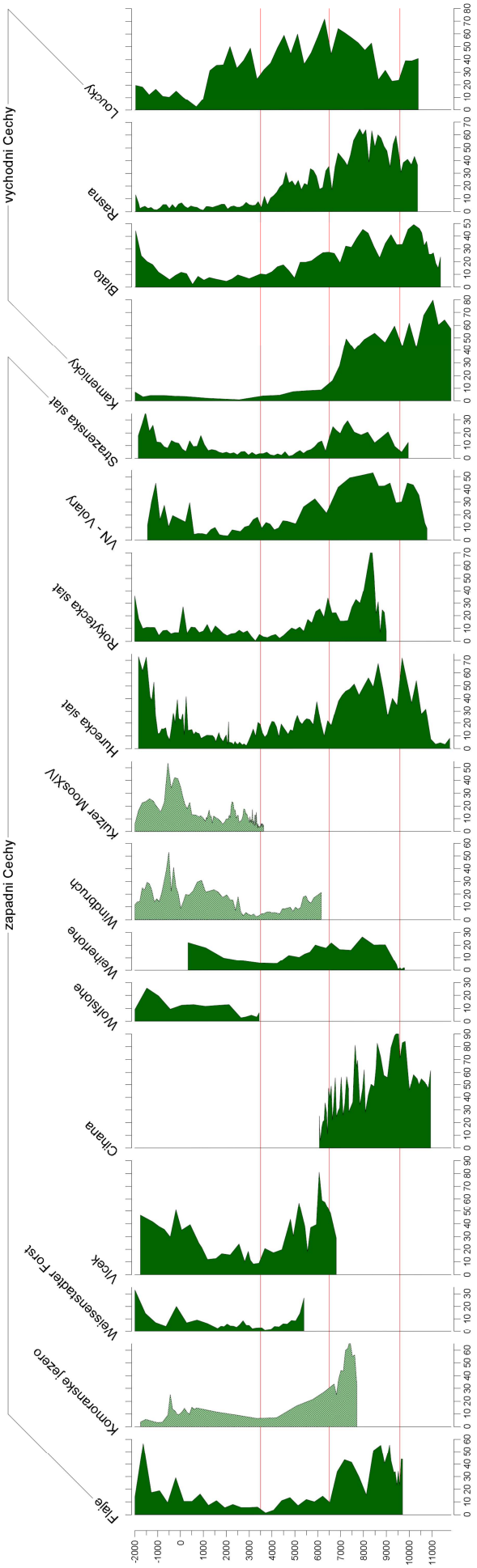
Obrázek 20: Vlček - srovnání procentuálních křivek - plnou barvou moje výsledky, šrafurou Rudolph (1931)



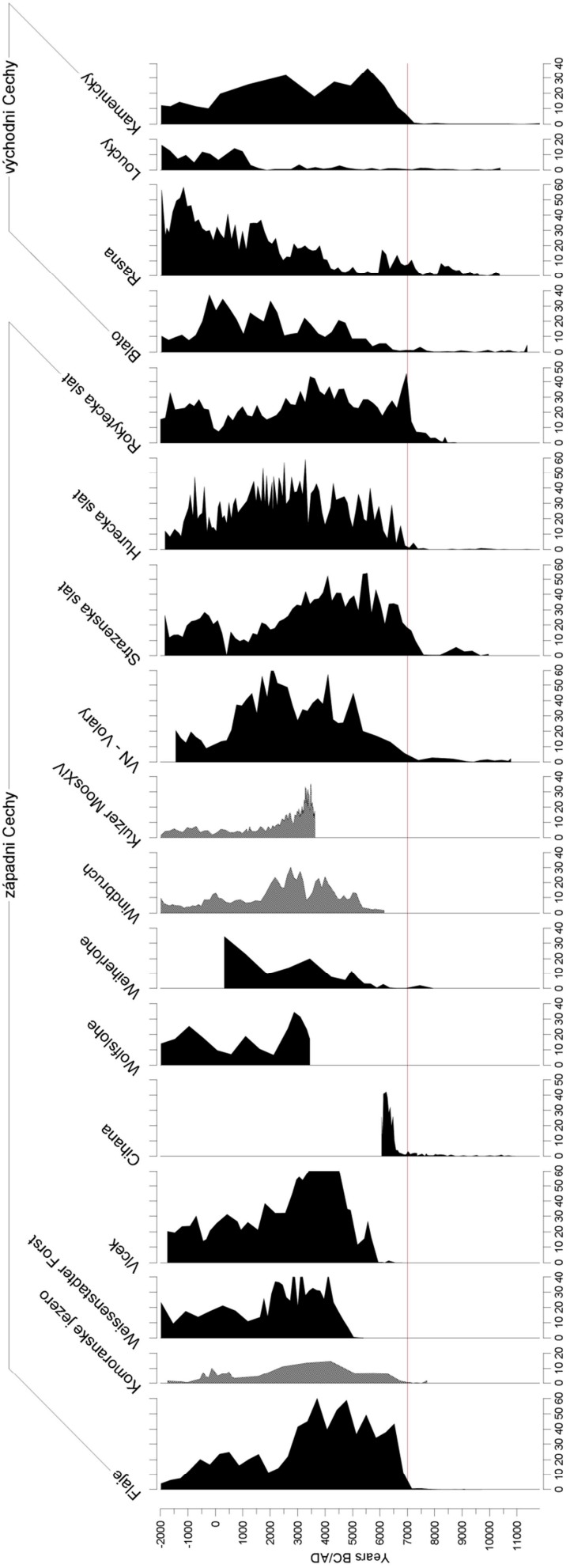
Obrázek 21: Čihaná - srovnání procentuálních křivek - plnou barvou moje výsledky, šrafurou Rudolph (1931)

5.7 Srovnání postglaciálního vývoje hlavních dřevin

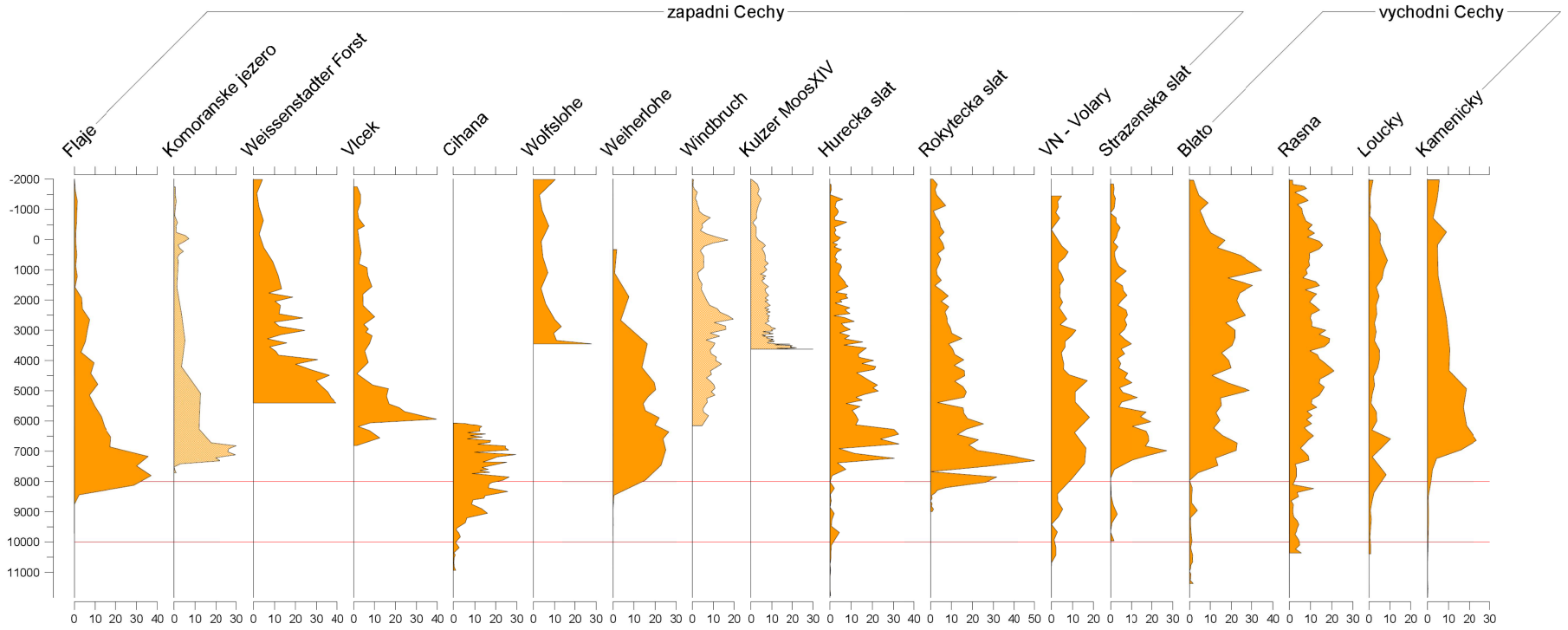
Postglaciální průběh rekolonizace regionu západních Čech pro druhy borovice, smrk, líska, dub, lípa, jilm, buk a jedle je znázorněn na základě pylových dat různých autorů na obrázcích 22 - 29. Procentuální hodnoty jednotlivých dřevin jsou vyneseny oproti ose kalibrovaného času zobrazeného jako BC/AD. Šrafovaně jsou odlišeny lokality v nižší nadmořské výšce. Délka záznamu jednotlivých lokalit a kvalita datování však není pro všechny shodná. Většina obsahuje celý Holocén, několik profilů však postrádá nejstarší část Holocénu (viz. kapitola 3.3 na straně 19), jedná se o níže umístěné profily v Českém lese (Kulzer Moos a Windbruch), Vlček ve Slavkovském lese a bohužel oba profily ze Smrčin.



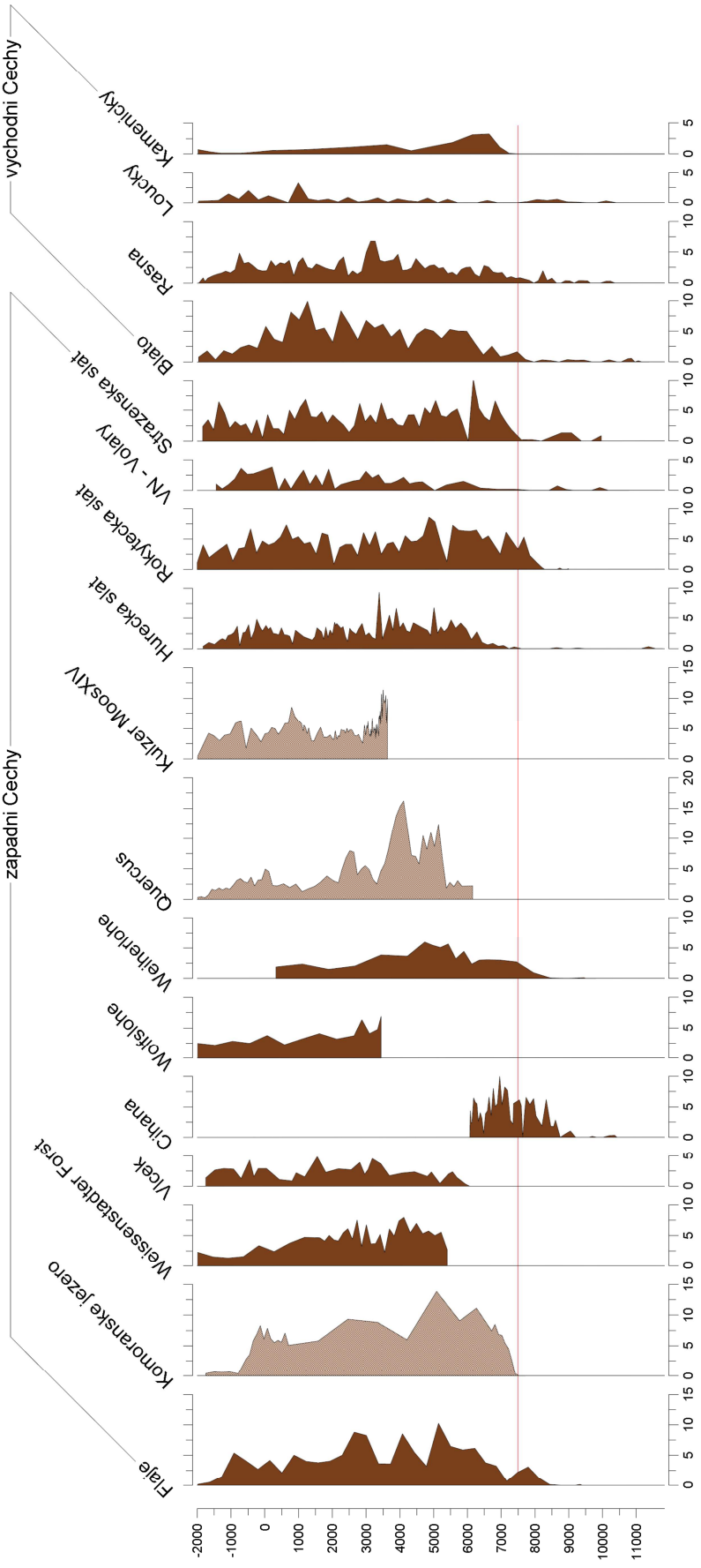
Obrázek 22: **Pinus**, *kompilační diagram (Jankovská et al. 2007, Jankovská 1983 a 1984, Hahne 1992, Knipping 1989 a 1997, Svobodová et al. 2002 a 2001, Rybníčková & Rybníček 1986, Rybníčková 1974)*



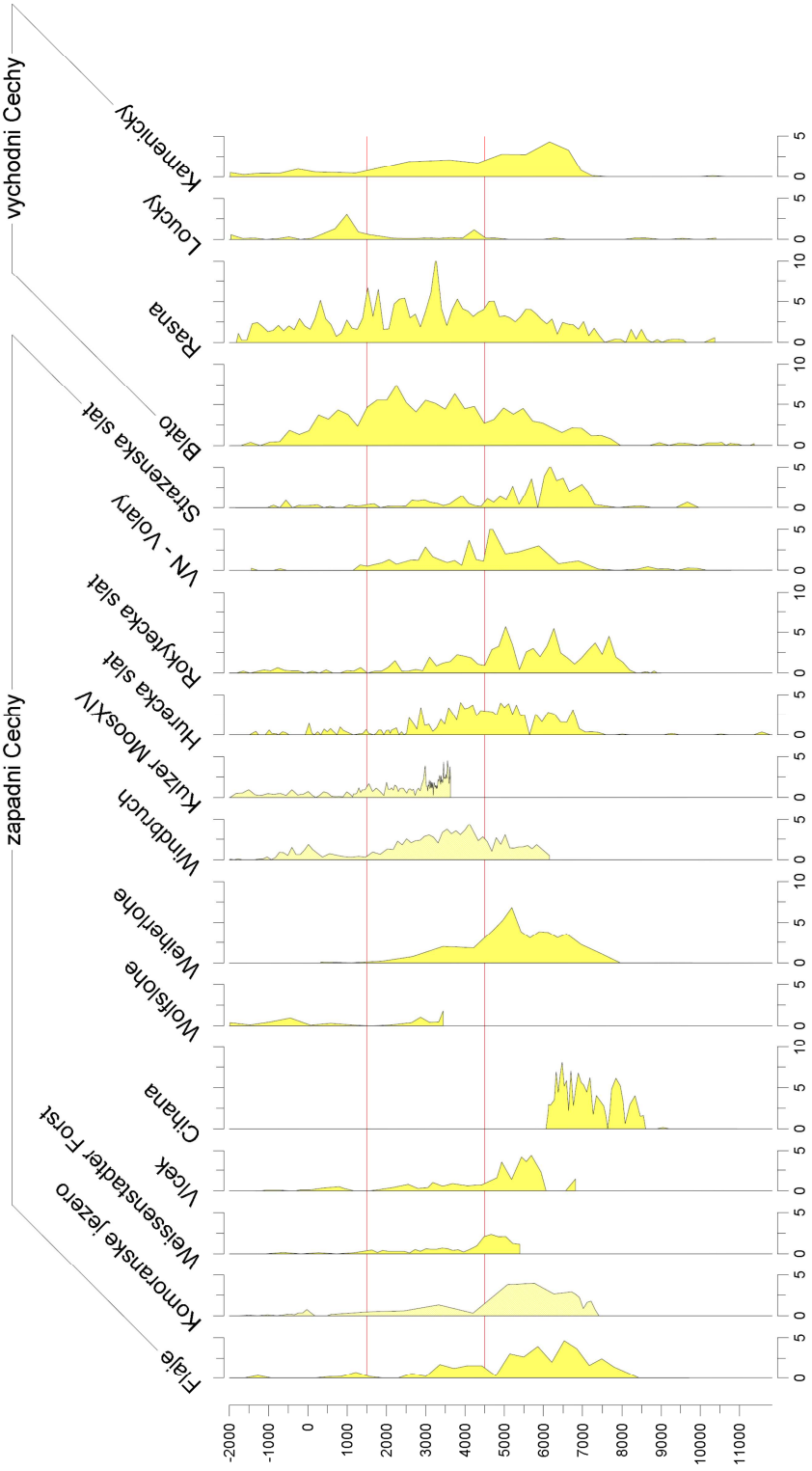
Obrázek 23: **Picea**, *kompilační diagram (Jankovská et al. 2007, Jankovská 1983 a 1984, Hahne 1992, Knipping 1989 a 1997, Svobodová et al. 2002 a 2001, Rybníčková & Rybníček 1986, Rybníčková 1974)*



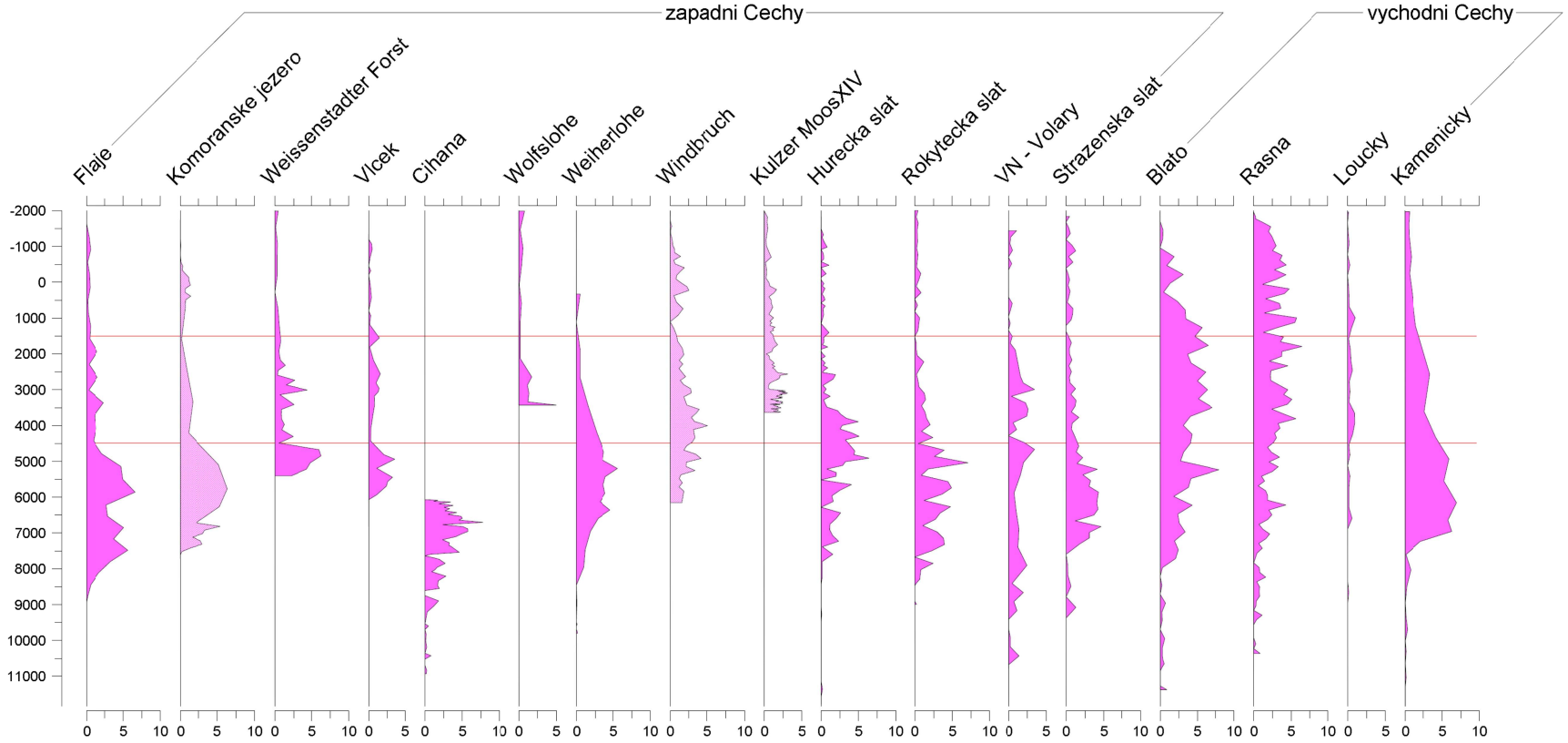
Obrázek 24: **Corylus**, *kompilační diagram (Jankovská et al. 2007, Jankovská 1983 a 1984, Hahne 1992, Knipping 1989 a 1997, Svobodová et al. 2002 a 2001, Rybníčková & Rybníček 1986, Rybníčková 1974)*



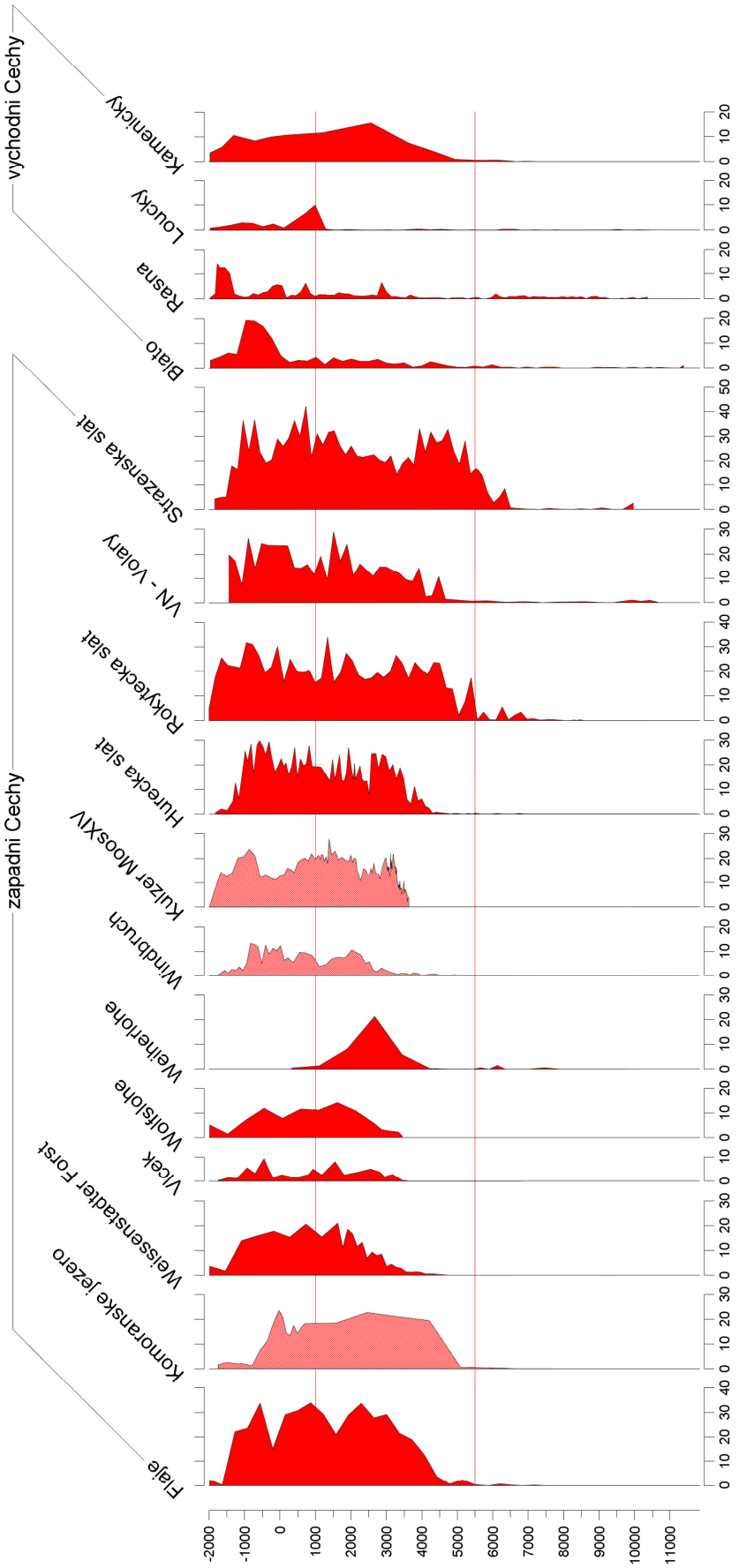
Obrázek 25: **Quercus**, *kompilační diagram (Jankovská et al. 2007, Jankovská 1983 a 1984, Hahne 1992, Knipping 1989 a 1997, Svobodová et al. 2002 a 2001, Rybníčková & Rybníček 1986, Rybníčková 1974)*



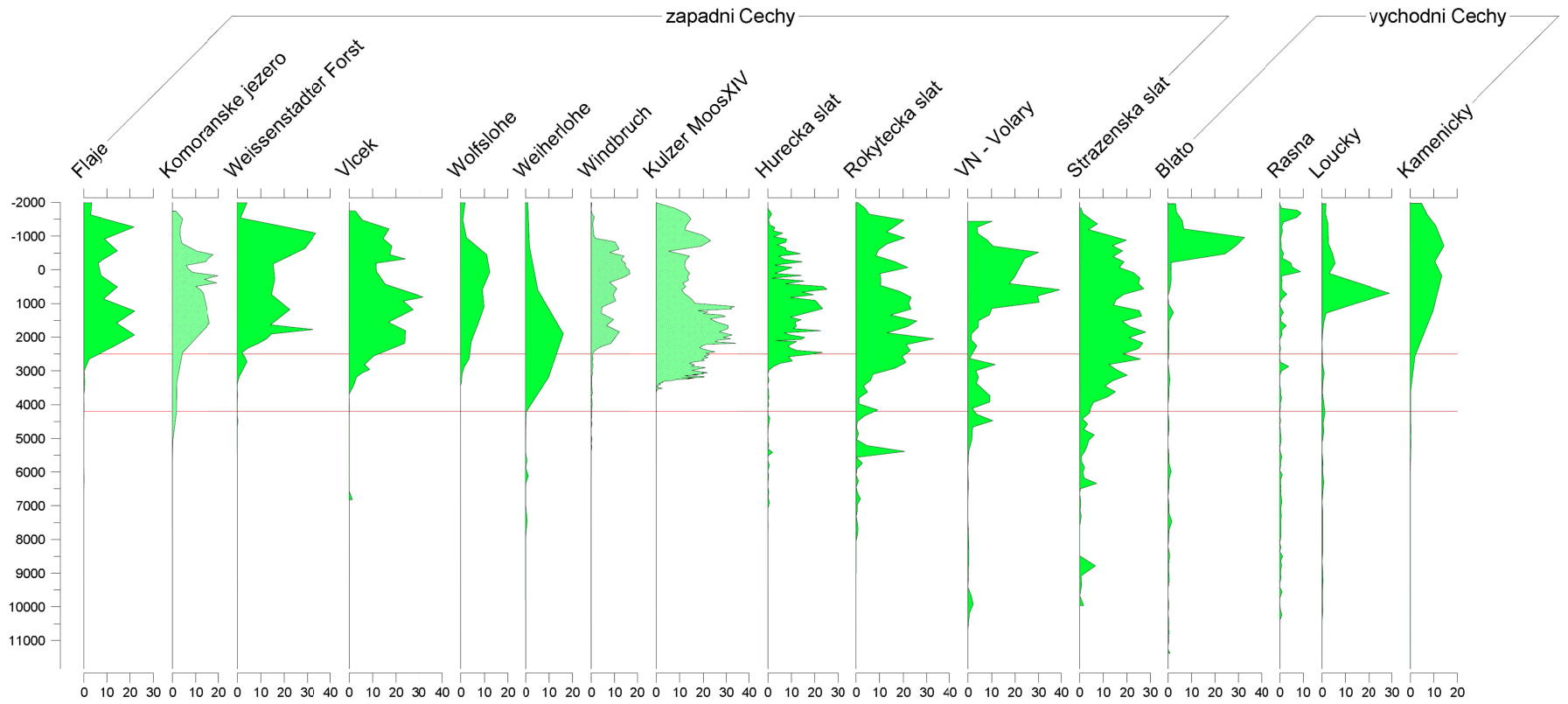
Obrázek 26: **Tilia**, *kompilační diagram (Jankovská et al. 2007, Jankovská 1983 a 1984, Hahne 1992, Knipping 1989 a 1997, Svobodová et al. 2002 a 2001, Rybníčková & Rybníček 1986, Rybníčková 1974)*



Obrázek 27: **Ulmus**, *kompilační diagram (Jankovská et al. 2007, Jankovská 1983 a 1984, Hahne 1992, Knipping 1989 a 1997, Svobodová et al. 2002 a 2001, Rybníčková & Rybníček 1986, Rybníčková 1974)*



Obrázek 28: **Fagus**, *kompilační diagram (Jankovská et al. 2007, Jankovská 1983 a 1984, Hahne 1992, Knipping 1989 a 1997, Svobodová et al. 2002 a 2001, Rybníčková & Rybníček 1986, Rybníčková 1974)*



*Obrázek 29:***Abies**, *kompilační diagram (Jankovská et al. 2007, Jankovská 1983 a 1984, Hahne 1992, Knipping 1989 a 1997, Svobodová et al. 2002 a 2001, Rybníčková & Rybníček 1986, Rybníčková 1974)*

6 Diskuze

6.1 Postglaciální historie vegetace Slavkovského lesa

Na základě propojení záznamů obou analyzovaných profilů je možné ve Slavkovském lese (zejména v jeho jihovýchodní části) rekonstruovat vývoj vegetace. Číhaná pokrývá záznam konce glaciálu a staršího Holocénu. K profilu analyzovanému ve 30. letech je k dispozici i orientační analýza makrozbytků. Navazuje záznam z Vlčku, pokrývající mladší úsek Holocénu.

Nejstarší období bylo zachyceno ve spodních 50 cm profilu ze 30. let (Rudolph 1931), tzv. doba borová (odpovídá Allerødu podle Mangerud *et al*. 1974). Z dřevin naprosto převládala borovice, ale o zastoupení bylin nejsou k dispozici žádné informace. Dále již navazuje zóna C_I a doba borovo-březová (Mladší Dryas). Vegetaci tvořily světlé otevřené porosty, ve kterých byly rozptýleny jako hlavní dřeviny bříza s borovicí. V influxovém diagramu má, podobně jako v procentuálním, mírnou převahu borovice. Jelikož oba druhy produkují zhruba stejně velké množství pylu (Broström *et al*. 2008), lze usuzovat na převahu borovice i ve vegetaci. Také líska musela být skromnější součástí vegetace a přimíšen musel být i smrk. V okolí zřejmě zcela chyběly pro pozdní glaciál typické nižší keřové porosty například s jalovcem, chvojníkem či rakytníkem. Tyto druhy se v pylovém záznamu téměř vůbec neobjevily. Významný podíl na skladbě vegetace měly světlomilné byliny narušovaných stanovišť, především *Artemisia* a *Chenopodium*. Lokálně se vyskytovaly mezi makrozbytky nalezené *Betula pubescens* a *B. humilis*, tj. druhy vyhledávající zamokřené půdy a rašeliniště, podobně jako druhy *Juncus acutiflorus*, *Scirpus sylvaticus* či *Eriophorum sp.* (tento druh byl doložen rovněž přítomností askospóry T.18, van Geel 1978). Doplňovaly je další druhy vlhkomilných ostřic (čeleď Cyperaceae) a v malém množství i mechy. Na otevřenějších místech se mohly vyskytovat druhy spíše mokřadních luk, jako *Ranunculus acris/repens* a pouze v pylovém záznamu přítomné *Filipendula*, *Valeriana* či *Thalictrum*. Vlhčí stinnější místa porůstaly kapradiny (čeleď Polypodiaceae), *Humulus/Cannabis* či *Urtica*. Výskyt otevřených vodních ploch indikují druhy *Ranunculus sceleratus* a *Menyanthes trifoliata,* a T.128 (pravděpodobně pocházející z řas, van Geel *et al*. 1989, Miola *et al*. 2006).

Na přechodu do interglaciálního období, Holocénu, v procentuálním pylovém záznamu prudce vzrostl podíl vrby. V absolutních hodnotách influxového diagramu se tak výrazné maximum neprojevilo. Přesto se zřejmě jednalo o relativně sušší fázi vývoje

počátkem Holocénu, což dokládá přítomnost nepylových objektů T.200 a EMA-2 (van Geel *et al*. 1989, Prager *et al.* 2006). Toto období maximálního výskytu vrby v pylovém záznamu však nelze korelovat s obdobím vrbové vrstvy sedimentu, které se objevuje až později, během prvního maxima lísky (druh *Salix cf. aurita* podle výrazně vnořené žilnatiny listů, které identifikoval Rudolph 1931). V době prvního maxima lísky v novém profilu se vrba sice vyskytuje, ale v nízkém množství a nic nenasvědčuje na extenzivnější porosty vrbových křovin. Zdá se tedy, že v tomto případě hrála nezanedbatelnou úlohu rozdílná odběrová místa profilů. Musela být nějakým způsobem oddělena. Podle vysokého zastoupení pylu břízy zřejmě bariérou v podobě výše položeného málo prostupného březového porostu, kam již nedosahoval vliv pravidelného přeplavování stagnující vodou, které je pro současné porosty vrbových křovin typické (Neuhäuslová 2003).

V období Preboreálu (zóna C_II a doba borovo-březová a doba lísková) převzala ve skladbě lesa nadvládu borovice. Na světlejších místech se spolu s břízou již úspěšně rozrůstala líska. Podle influxového diagramu se v polovině období zvýšilo množství všech dřevin, což je nutné připsat spíše vysokým hodnotám akumulační rychlosti pylu, než existenci hustého lesního porostu. Avšak přesně do této doby spadá výše zmíněná vrbová vrstva, tedy hustější březový porost nemůže být vyloučen. V lokální mokřadní vegetaci se objevují *Typha* a v makrozbytcích i *Phragmites*, které jsou typické zarůstáním vodních ploch. Na konci období byl zaznamenán požár, který se zdá být významným prvkem pro okolní vegetaci, nejen podle množství uhlíků vyšší velikostní kategorie, ale i podle změny, která se poté projevila na vegetaci. S výskytem uhlíků koreluje výskyt spór hub vyhledávajících staré či ohořelé dřevo (*Cercophora*, *Coniochaeta cf. ligniaria*, Sordariaceae, van Geel 1978, Lundqvist 1972 podle van Geel &Aptroot 2006, van Geel *et al*. 1981, van Geel *et al*. 1989), což nasvědčuje přímému lokálnímu úhynu dřevin. Na rašeliništi se rozšířilo *Sphagnum* a Poaceae, naopak Cyperaceae téměř vymizely. Nejvýrazněji ustoupila *Betula*. *Pinus* zároveň s výskytem uhlíků stoupá. Poté *Corylus* reagovala vzestupem, díky své schopnosti využít otevřeného prostoru ke zmlazování (Delarze *et al*. 2002).

Období boreálu (C_III, doba lísková a doba smíšených doubrav) je v analyzovaném profilu reprezentováno nejmocnější vrstvou sedimentů. Rudolph (1931) během tohoto období nenašel žádnou výraznou změnu ve složení makrozbytků. *Corylus* zde dosahuje svého maximálního rozšíření, ale její postavení přesto není zcela dominantní. Vliv borovice ve zdejší krajině oproti očekávání zcela nevyznívá, rovněž v influxovém diagramu má o něco vyšší zastoupení než líska. Ale v jiných, o něco výše položených

rašeliništích ve Slavkovském, lese přesahuje pyl lísky v tomto období i 50% (Rudolph 1931, Švarcová 2009). V této době se rozšířily smíšené doubravy, ale vzhledem k jejich nízkému zastoupení v procentuálních i absolutních křivkách pro ně zdejší prostředí ideální podmínky zřejmě nepředstavovalo. V první půli tohoto období propukla druhá požárová událost, která oblast výrazně prosvětlila, jak tomu nasvědčuje zejména v influxovém diagramu ústup všech dřevin, i borovice a velké množství pylu Poaceae a Cyperaceae. Vymizení *Typha* naznačuje úbytek či ztrátu vodních ploch. Od této doby tvoří nízkou příměs lokálních porostů i *Alnus*. Na tuto požárovou epizodu reagovaly světlomilné druhy dřevin s jistým zpožděním (vzrůst *Corylus*, *Betula*, QM, *Salix*). V tomto případě ale není pravděpodobná lokální přítomnost odumřelého dřeva ve významném množství, jelikož není patrný zvýšený výskyt takových spór hub, jako při předchozím požáru. V druhé půli této zóny se podle influxového diagramu zvýšilo zastoupení dubu, zároveň vzrostl i podíl bylin. V okolní krajině se začínal pozvolna šířit smrk. Podle nízkého pylového signálu se vyskytoval buď ve velké, avšak vzdálené populaci, nebo v blízkých malých populacích (Lang 1994 podle van der Knaap *et al*. 2005). Zvýšený výskyt spór hub žijících na rozkládajícím se dřevě naznačuje větší množství stromů přítomných lokálně na rašeliništi.

Poslední fázi vývoje, která mohla být zachycena na Číhané (Atlantik, zóna C_IV, doba smrková) charakterizovaly hustější smrkové lesy (malý poměr NAP a vysoké množství spór Polypodiaceae). Lokální situaci charakterizuje vymizení, dosud alespoň v malém množství přítomných, vrbových porostů. Později se *Picea* a následně i *Alnus* zřejmě prosadily na samotném rašeliništi, podle nalezeného dřeva, semen i jehlic v sedimentu (Rudolph 1931). Mohlo by to být známkou výskytu rašelinné smrčiny. Tomu by nasvědčovaly také hojně se vyskytující Cyperaceae a mírně zvýšené zastoupení *Sphagnum*.

Vrchních několik cm odpovídá záznamu subrecentního vývoje. Patrné jsou znaky odlesňování, zřejmě odpovídající vrcholnému středověku, následované poslední fází opětovného zalesnění se vzrůstající *Pinus* i *Picea*. V malém množství se objevují obilniny (Cerealia). Nápadná je i přítomnost lučních druhů (*Campanula*, *Knautia*, *Centaurea scabiosa*).

Na vývoj samotného prostředí slatiniště kolem Číhanských pramenů nelze bez analýzy rostlinných makrozbytků, pouze na základě pylového záznamu, přesně usuzovat (Birks & Birks 2000, Weller *et al*. 2005). Nápomocny mohou být analýzy spór hub, ale jejich výskyt nebyl koncentrován do období, ve kterých by bylo možné interpretovat nějaký společný činitel, nýbrž byl rozptýlen v rámci celého profilu. Také, část

z nalezených spór má do této doby neznámé ekologické nároky. To poukazuje na různé podmínky kolem této lokality. Přítomné byliny rovněž nevykazují žádné trendy (výsledky nepřímé korespondenční analýzy druhů proto nebyly do této práce zahrnuty). Je pouze znatelný vizuálně bohatší výskyt druhů v první zóně a rovněž na samém konci záznamu. Ve zbylých fázích vývoje se vyskytují druhy především mokřadní a vodní, ale roztroušeně i druhy luční. Z toho lze usoudit, že slatiniště bylo po většinu historie obklopeno mozaikou různých stanovišť (vodní plošky, rašeliniště, lužní les, vlhké louky, louky, lesy). Prameniště bylo přítomno po celou dobu vývoje, jak dokládá výskyt slanomilného druhu rozsivky i občasný výskyt pylu *Salicornia*.

Sedimentární záznam zanikl s první přítomností pylu buku a jedle, zhruba v polovině Atlantiku. Odtěžení části slatinného ložiska by bylo možným vysvětlením, ale literární prameny se o takové události nezmiňují. Jiná, přirozená, příčina ztráty sedimentárního záznamu mladšího Holocénu se jeví pravděpodobnější. Nejvyšší sedimentační rychlost byla stanovena právě v Atlantiku, kdy podle *depth-age* modelu vznikal 1 cm pouhých 5 – 6 let. Mohlo tak dojít k vyvýšení sedimentů a ztrátě kontaktu s vodními zdroji (Rudolph 1931, Rybníček & Rybníčková 1987). V suchém prostředí se následně mohly uchytit i semenáčky stromů, které nesnášejí vysoké zamokření půdy, v případě Číhané *Picea, Betula* a *Alnus*. I když lokální přítomnost *Alnus* podle pylového záznamu není zcela jednoznačná. V horních vrstvách sice dosáhla svého maxima, ale vzhledem k její vysoké pylové produkci by měla mít mnohem vyšší podíl (Bradshaw 1971, Sugita *et al*. 1999). V makrozbytcích, které jsou jasným dokladem lokální přítomnosti, se však vyskytuje. Tento jev je v souladu se zjištěním Waller *et al*. (2005), kteří ze slatiniště, kde *Alnus* tvořila horní korunové patro, zaznamenali obdobně nízká procenta pylu. Postupně mohlo docházet k dalšímu provzdušňování a rozkladu vrchních sedimentů, až do opětovného kontaktu s vodním zdrojem. Zřejmě se jedná o jev cyklický (Pokorný *et al*. 2000) a rozloží sen vždy jen nově akumulované sedimenty či spolu s nimi jen malá část sedimentů původních. V současnosti se lokalita nachází v suché fázi rozkladu sedimentů, která zatím trvá nejdéle 80 let. Rudolph (1931) ji ve 30. letech zastihl ještě ve fázi mokřadní louky. Vznik podobných hiátů na prameništích není výjimkou (např. Rybníček & Rybníčková 1987, Knipping 1989), obzvláště v období Atlantiku, kdy převládající vlhké a teplé klima (Ložek 1973) podporovalo rychlé tvoření sedimentu.

Na záznam z Číhané navazuje záznam z Vlčku. Jeho začátek je ovlivněn nízkými koncentracemi pylu ve vzorcích pocházejících ze spodní jílové části profilu, dobu vzniku ani původ tohoto sedimentu nelze s určitostí stanovit. Patrně zpočátku nedocházelo ke klidné sedimentaci humolitů, ale spíše k příležitostné akumulaci splachů, jak naznačuje výskyt poškozených (především redeponovaných) pylových zrn. Skladba sporadicky přítomného pylu by mohla nasvědčovat na původ v posledním glaciálu. Přítomnost po jednom pylovém zrnu od teplomilných dřevin, které se znovu objevují až ve vyšší části profilu, může být s největší pravděpodobností způsobena kontaminací při odběru. Celý profil byl charakteristický výskytem poškozených pylových zrn, tedy kontaminovaná zrna by se od původních odlišit nedala. Průběh sedimentace se změnil přibližně v polovině Atlantiku, kdy se začíná hromadit organický sediment, zpočátku hodně rozložený, stále s příměsí jílu, který směrem do vyšších vrstev vyznívá.

Záznam staršího Atlantiku z Číhané (zóna C_IV) a z Vlčku (zóna V_II) je odlišný. Na Číhané je od počátku Atlantiku hlavním tvůrcem porostů smrk. Na Vlčku se dominantním stává až později, z počátku jsou místní lesy borové a četné je zastoupení lísky. I tady se vyskytují smíšené doubravy, ale v menším množství či ve větší dálce. Možným činitelem přetrvávání takovéto skladby porostu v okolí Vlčku by mohl být oheň. V průběhu celé této doby bylo zaznamenáno nejvíce uhlíků v celém profilu. Maxima *Pinus* se shodují s maximy uhlíků, smrk byl hojnější pouze mezi těmito maximy. Přetrvávalo vysoké zastoupení lísky, která mohla využít otevřeného prostoru ke zmlazování (Delarze *et al.* 2006). Předpoklad otevřeného stanoviště sice nemůže podpořit nevysoké procento Poaceae i Cyperaceae, ale většina jejich pylu však pravděpodobně nepochází z lesů, nýbrž z lokální mokřadní vegetace (Bunting 2003). V této době zde byla přítomna spíše rašelinná louka s převládajícím *Sphagnum,* na vyvýšených místech s Eticaceae a ojedinělými stromy. Spóry hub jsou přítomné jen v malém množství. Vyskytují se *Tilletia sphagni* (parazit na *Sphagnum*, van Geel 1987) a ojedinělé lignikolní spóry. Testátní améba *Hyalosphaenia subflava*, vyskytující se na rašelině ze *Sphagnum*, může vypovídat o jisté disturbanci (van Geel 1978).

V mladším atlantiku (zóna V_III) smrk již převzal dominanci v krajině. Borovice sice ztratila převahu, ale neustoupila zcela. Obě dřeviny byly v hojném množství přítomny i lokálně, o čemž vypovídají nalezená stomata a zvýšené množství spór převážně lignikolních hub (*Cercophora*, *Coniochaeta cf. ligniaria*, *Sordaria*, Lundqvist 1972 podle van Geel & Aptroot 2006, van Geel 1978, van Geel et al. 1983). Askospóra T.18 naznačuje lokální přítomnost *Eriophorum sp.* (van Geel 1978), zároveň se v menším množství

vyskytují *Sorbus*, *Vaccinium* a *Erica*/*Ledum*. V podrostu převládaly Poaceae, ale rašeliník ani Cyperaceae nejsou téměř přítomny. Zřejmě se jednalo o nejsušší fázi vývoje mokřadů.

V Subboreálu (zóna V_IV) tvoří dominantu jedle, i když její nástup byl podle influxových diagramů spíše pozvolný než náhlý. Ve stejný čas jako jedle se rozšířil i buk, ale jeho expanze nedosáhla významných rozměrů. Lokálně se již v menším množství vyskytují *Pinus*, *Picea* a *Abies*. Hojný výskyt spór lignikolní hub by mohl znamenat přítomnost uhynulých stromů. Hojný byl v této době rašeliník. Jeho lokální přítomnost dokládají, kromě spór samotného rašeliníku, také spóry parazitické houby *Tilletia sphagni* (van Geel 1978) a rovněž testátní améby *Amphitrema flavum*, *Assulina muscorum* (van Geel 1978). Zvláště přítomnost druhu *A. flavum* ukazuje na vlhčí prostředí se stálou, nízkou hladinou vody (Tolonen 1968). V hojném množství se musela zároveň vyskytovat i vyvýšená sušší místa, vhodná pro růst Ericaceae (především *Vaccinium*, také *Erica/Ledum* a *Calluna*), jejich lokální přítomnost potvrzují sporangia T.13 *Entophlyctis lobata* (van Geel 1978).

Následující období Subatlantiku (V_V) ovládly opět bory, ale stále byl významně přítomný i smrk a jedle. Na rašeliništi bylo stále dominantní *Sphagnum*. Výjimkou bylo podle všeho sušší období vprostřed zóny (kolem 45 cm), kdy téměř mizí rašeliník a ve zvýšeném množství se objevují Poaceae a stomata *Pinus* i *Picea* i pyl *Vacinium*. Na konci období celkové množství jedle kleslo, vytratil se i buk. Objevily se obilniny. Přítomno bylo více Cyperaceae a pouze malé množství spór lignikolních hub, což spolu s výskytem četných druhů bylin naznačuje odlesnění prostoru mokřadů.

Profil jako celek neobsahoval téměř žádné rostlinné makrozbytky, pouze kousky dřeva. V agresivním prostředí této lokality muselo dojít k jejich rozložení. Koroze patrná i na přítomných pylových zrnech však podle všeho neměla následky na celkové množství pylových zrn ve vzorcích, ani množství druhů nebylo významně nižší. S předpokladem Rudolpha (1931) o selektivním rozpadu pylu listnatých dřevin proto nemohu souhlasit. Vodní druhy jsou na Vlčku přítomny velice zřídkavě. Nelze předpokládat přítomnost otevřených vodních ploch tak, jak tomu bylo na Číhané. Nejvíce se vyskytují druhy mokřadní, které jsou víceméně stále zastoupeny (*Polygonum bistorta-type*, *Senecio-type*, Rubiaceae, *Comp. Subfam. Cichoroidae*). Jasný je lokální výskyt stromů, nejvíce v mladším Atlantiku a v menším rozsahu i v dalším vývoji lokality.

Vliv člověka na Mokřady pod Vlčkem z pylového záznamu není jasně patrný, zejména kvůli malému rozlišení. Jeho stálá přítomnost je pravděpodobná od 7. století, od horizontu 30 cm, kde se již trvale vyskytují uhlíky. Období po roce 1000 AD zachycuje

pouze horních 15 cm profilu, z jejichž záznamu je patrné pouze to, že došlo k celkovému odlesnění. Ovšem stav borovice se naopak zvýšil. Podle map z vojenského mapování se zdá, že borové lesy na hadcích byly v novověku využívány jako zdroj dříví. Přesnější závěry by ale vyžadovaly hustější vzorkování, které by zachytilo dynamiku porostů.

6.2 Migrace hlavních dřevin a jejich postglaciální historie na území západních Čech

V klimaticky nepříznivém období vrcholného glaciálu (~ 30 - 11,5 ka cal BP) přežívaly populace temperátních druhů v omezených, pro ně příhodných oblastech – refugiích (Bennet *et al.* 1991, Birks & Line 1993). Zde byly chráněny před největšími extrémy klimatu, jakými byly nízký obsah CO_2 v atmosféře, sucho či silné proudění větru (Willis et van Andel 2004, Svenning *et al*. 2008). Obecně se jednalo zejména o oblasti ve vyšších nadmořských výškách, vlhčí a ukrytá před větry, kde měly druhy možnost reagovat na změnu klimatu posunem v rámci gradientu nadmořské výšky. Lokace refugií byla vesměs pro každý druh specifická. Do určité míry lze zobecnit, že podmínky dostačující pro přežití boreálních druhů (tj. *Picea, Pinus*, *Betula*, *Alnus incana*, *Populus tremula*) panovaly roztrouseně na území střední a (jiho)východní Evropy, zatímco vyhovující parametry pro nemorální druhy (tj. *Quercus*, *Tilia*, *Ulmus*, *Fagus*, *Carpinus*, *A. glutinosa*, *P. alba*, *P. nigra*) byly omezeny spíše na území (severního) Mediteránu, okolí Černého moře a Karpaty (Willis & van Andel 2004, Cheddadi *et al*. 2006, Svenning *et al*. 2008). Z těchto oblastí se po změně klimatu na konci posledního glaciálu a počátkem Holocénu druhy znovu šířily na větší území (Bennet *et al.* 1991, Hewit 1996).

6.2.1 Borovice

Do oblasti střední Evropy tento druh migroval již v teplých výkyvech pozdního glaciálu z refugií ležících ve východní části Alp, Podunají a Maďarské nížiny (Cheddadi *et al*. 2006). Na území České republiky tedy přišel od jihovýchodu. Na základě Obrázku 22 však směr migrace pozorovat nelze, jelikož záznam z lokalit začíná až později v pozdním glaciálu, kdy borovice již byla součástí porostů.

Ve všech profilech lze nalézt společný trend dominance borovice od počátku Holocénu až do doby cca 6500 BC. Její vliv vyznívá (někde pozvolna, někde náhle) v důsledku expanze konkurenčně silných druhů, v této době zejména smrku. Výjimkou je pouze východočeský profil Loučky, kde se smrk téměř vůbec neprosadil a čisté borové porosty vytrvávaly až do cca 1000 BC. V období 3500 – 3000 BC v době maxima smrku je

na všech ostatních lokalitách patrný minimální rozsah borových porostů. V případě Kameniček a Řásné už se poté borovice nikdy neprosadila. Na zbylých lokalitách však borovice kolem roku 1000 BC znovu stoupá. Zdaleka nejvyšší nárůst je zaznamenán na Vlčku. Vůbec na obou profilech ze Slavkovského lesa je patrný jeden z nejvyšších výskytů borovice po celý průběh Holocénu v rámci území západních Čech.

6.2.2 Smrk

Smrk na území Evropy přežíval období vrcholného glaciálu v několika rozptýlených refugiích (např. Tollefsrud *et al*. 2008, Latalowa & van der Knaap 2006). Jedno z těchto refugií smrku se nacházelo přímo na našem území v jižní části Českého masivu (Tollefsrud *et al.* 2008, Svobodová *et al*. 2001). Genetické analýzy původních populací naznačují možnosti křížení s populacemi z dalšího refugia na území západních Karpat (Tollefsrud *et al*. 2008).

Jak vyplývá z Obrázku 23, smrk byl přítomen nejdříve v údolních polohách Šumavy i jihovýchodních Čech (7000 BC). Nejprve se začal rozšiřovat na Šumavě, poté expandoval severněji do oblastí vyšších nadmořských výšek (6500 BC). Rychlá migrace *Picea* na samém počátku byla pravděpodobně způsobena absencí kompetitorů či příhodností klimatu (van der Knaap *et al.* 2005). V Českém lese pokrývá období nástupu smrku jediný profil Weiherlohe. Smrk se teprve pozvolna šíří v době, kdy už ve výše zmíněných oblastech tvoří dominantu. Ve východočeských profilech dochází také k opožděné expanzi. Zřejmě je to následek lokální nepřízně podmínek, jako např. sušší klima, které spíše zvýhodňovalo dlouhodobé přetrvávání porostů lísky a břízy a borovice v případě profilu Loučky. Nejvyšších procent (>50%) dosahoval smrk na horských lokalitách severu západních Čech (Vlček a Fláje) a také na Šumavě. Tyto oblasti tedy musely být pro jeho růst nejpříznivější. Společným trendem všech lokalit je posles křivky smrku v období kolem roku 500 AD pokračující až do subrecentu, na několika lokalitách se poté zřejmě v důsledku moderního lesnického hospodaření smrk opět rozšiřuje (Weissenstadter Forst, některé profily ze Šumavy a v různém rozsahu na všech východních profilech.

6.2.3 Líska

V šíření lísky se mohou jen těžko najít nějaké společné znaky. Zdá se, že roli nehraje nadmořská výška ani zeměpisná pozice (Finsinger *et al*. 2006, Kuneš *et al*. 2008). Lokalitám ze západních Čech (Obrázek 24), ze kterých jsou k dispozici informace o vývoji ve starším Holocénu, i jiným v rámci celého území Čech (Kuneš *et al*. 2008), je společný náhlý nárůst, poté období přetrvávání vysokých hodnot (charakterizující období Boreálu), následované pozvolnějším poklesem až do recentní doby. Časování není synchronní, období náhlého nástupu v západních Čechách se pohybuje v rozmezí 8000 – 7000 BC. Přetrvávání porostů, ve kterých byla líska dominantou, bylo v široké perspektivě zřejmě podmíněno klimatem, které bylo sušší a kontinentálnější (teplejší léto a chladnější zima) a tedy neumožnilo ostatním dřevinám se prosadit (Finsinger *et al*. 2006). Dalším rozšiřováním by mohli přispět i mezolitici, ať už záměrně či náhodně vypalováním lesa, ve kterém se líska mohla prosadit. Kuneš *et al*. (2008) uvádějí lísku jako dobrý antropogenní indikátor.

Nejvíce se v rámci západu odlišují profily Číhaná a VN-Volary, kde byla líska kontinuálně přítomna o něco dříve (10000 BC), nastupovala pozvolna a neměla období výrazné dominance. Podobný průběh lze pozorovat také v případě profilů Řásná a Loučky na východě. Svou roli v jejím nepřesvědčivém prosazení zřejmě měla borovice, jejíž vysoký výskyt tyto čtyři profily v době dominance lísky na ostatních lokalitách charakterizuje. Jinde ve Slavkovském lese byla líska významným prvkem staršího Holocénu, na dříve zkoumaných rašeliništích byla nalezena ještě vyšší procenta (175% na rašeliništi Tajga, Rudolph 1931). Číhaná je uváděna jako odlišnost s nízkými procenty, nicméně při srovnání v měřítku regionu nejsou její procenta výrazně nižší. Na ostatních profilech ze Šumavy i z východu se líska objevuje brzy, ale ještě není přítomna trvale (nemá kontinuální křivku). Ve středním Holocénu, na začátku záznamu z Weissenstadter Forst tvoří líska na tuto dobu nápadně vysokou složku. Na Blátě se zachovávala v množství kolem 30% až do Subatlantiku. Líska, jako světlomilný nízký druh, se mohla udržet jen tam, kde nebyla vytlačena konkurenčně silnějšími a zároveň stinnějšími dřevinami. Ze srovnání všech diagramů vyplývá její konkurence především se smrkem. Líska tedy byla ve svém šíření nejvíce ovlivněna nejrůznějšími lokálními faktory, které mohly umožnit její hojný výskyt, či naopak, umožnit expanzi jiných druhů dřevin.

6.2.4 Dub, lípa a jilm

Refugia dubu rozdělili Brewer *et al.* (2002) na primární a sekundární. Ze svých vrcholně glaciálních refugií (jih Iberského poloostrova, jižní Itálie, okolí Černého moře a jih Balkánského poloostrova) se během teplých výkyvů konce glaciálu rozšířil do středoevropských pohoří (Pyreneje, střední a jihovýchodní Alpy), kde přečkal opětovné zhoršení klimatu během Mladšího Dryasu. Potom, co se během Holocénu ustavilo vhodné klima, mohl se šířit do míst recentního výskytu. Přesnější podoba cesty do střední Evropy však není známá, mohl sem dojít ze všech 3 oblastí sekundárních refugií (Brewer *et al*. 2002). Podle pylových dat putoval dub zřejmě z Alp na sever (van der Knaap *et al*. 2005). Nic konkrétnějšího však zjistit nelze, neboť dub je vysoký pylový producent (Broström *et al*. 2008) a jeho pyl létá na velkou vzdálenost.

K expanzi druhů smíšených doubrav v západních Čechách dochází v období kolem 7000 BC. Přítomnost ojedinělých pylových zrn na konci posledního glaciálu na Šumavě a na Číhané má zřejmě původ v dálkovém transportu, i když právě na těchto lokalitách došlo k nejčasnější expanzi. S přehledem nejvyšší zastoupení má dub (Obrázek 25) na Komořanském jezeře, v tomto případě pochází spíše z okolních nížinných porostů, než ze severní strany přilehlých horských hřbetů. Na některých lokalitách je celkové zastoupení tohoto druhu po celý průběh Holocénu nižší, jedná se zejména o Kameničky, také Vlček a na Šumavě o VN–Volary. Na Vlčku a na VN-Volarech celkově neměly smíšené doubravy významnější podíl na skladbě lesů. Na Kameničkách byl dub potlačen jilmem.

Poněkud odlišný je průběh vývoje lípy (Obrázek 26) a jilmu (Obrázek 27). Ovšem vzájemně jsou si tyto dva druhy velice podobné. V období cca 4500 BC dochází k jejich poklesu v důsledku vytlačení smrkem. Další úbytek, tentokrát až na minimální hodnoty, nastává v důsledku příchodu jedle, popřípadě buku, cca 1500 BC. V nižších nadmořských výškách Českého lesa si poté tyto druhy ponechávají určitý podíl ve vegetaci, v ostatních oblastech už se vyskytují minimálně.

6.2.5 Buk

Buk do střední Evropy expandoval až relativně pozdě (v polovině Holocénu). Rozšířil se hned z několika menších refugií. Byly to především západní Alpy, francouzské Alpy a jedno z refugií buku pravděpodobně leželo i na území ČR – na jihu Čech a na

Moravě (Magri *et al*. 2006). Pozdější expanze mohla mít různé příčiny. Největší vliv měla pravděpodobně změna kontinentálního klimatu z počátku Holocénu na bukem preferovanější atlantičtější klima (nižší letní a vyšší zimní teploty, Huntley & Webb 1989, Tinner & Lotter 2001). Dalším možným faktorem, který podpořil rozšíření i jiných druhů dřevin, mohl být člověk (Küster 1997). Opoždění v důsledku pomalé migrace se nejeví jako pravděpodobné; stejný způsob disperze semen mají i ostatní zástupci čeledi Fagaceae, kteří se rozšířili dříve (Johnson & Webb 1989). V rámci západních Čech se buk s velkým předstihem oproti ostatním lokalitám šířil na Šumavě (Obrázek 28, 5500 BC). Nejvyšší zastoupení měl ve Stráženské slati, odkud se šířil dále do severnějších lokalit. Vlček a Windbruch jsou si podobné nízkým zastoupením buku, na každé lokalitě je však příčina jiná. Na Vlčku byl výskyt buku potlačen hojně rozšířenou jedlí, kdežto na Windbruchu byla velice hojná světlomilná bříza. Profilům z jihu východních Čech je společná velice pozdní expanze buku (1000 BC). Objevil se tu sice stejně brzy jako na Šumavě, ale nebyl schopný vytlačit smíšené doubravy.

Komořanské jezero a Fláje se však této migrační cestě poněkud vymykají, expanze buku nastává dříve (4500 BC), než kdyby měl projít celou migrační cestou od jihu přes sudetská pohoří, jak tomu bylo na ostatních lokalitách (3200 BC). Jako jedna z možných interpretací se nabízí nepřesnost v datování. Fláje sice nemají žádné datum v mladším Holocénu, ale Komořanské jezero je datováno dobře (Jankovská 1984). Předstih šíření oproti nebližším Smrčinám je značný (činí nejméně 1000 let). Vzhledem k relativní odlehlosti lokalit v Krušných horách se nabízí vysvětlení v podobě odlišné migrační cesty, zřejmě ze středního Německa (Magri *et al.* 2006).

6.2.6 Jedle

Jedle se rozšířila podobně jako buk až v polovině Holocénu, a i pro šíření jedle jsou v platnosti stejné hypotézy. Vliv lidského faktoru na tuto dřevinu diskutují Kozáková *et al.* (2011). Do střední Evropy se jedle dostala pravděpodobně z refugií ležících na severovýchodě Balkánského poloostrova (Liepelt *et al.* 2009).

V regionu západních Čech jedle (Obrázek 29) expandovala nejdříve na Šumavě (cca 4200 BC), ale dosažení maxima (až cca 2500 BC) jí zde trvalo mnohem déle, než tomu bylo v případě buku. Souvislou křivku měla dokonce již od cca 6500 BC (zhruba stejně jako buk). Je tedy jasné, že její rozšiřování bylo něčím omezováno, nebo existoval určitý faktor, který šíření podpořil (*trigger*).

Ze Šumavy postupovala pohraničními horami na sever. Na rozdíl od buku byly Krušné hory součástí této migrační cesty. Nejvíce se jedle vyskytovala v těch vyšších lokalitách, kde měl malé zastoupení buk (Vlček, Weissenstadter Forst). Naopak ve Flájích, kde měl buk jednu z nejvyšších hodnot, byla jedle potlačena. Mezi níže položenými oblastmi byly jejich hodnoty podobné. Na jihu východních Čech měla jedle, jak tomu bylo i v případě buku, velice nízké zastoupení.

Z hlediska měřítka hlavních trendů ve vývoji dřevin (zejména v případě borovice) jsou si lokality v Krušných horách, Slavkovském lese a v Českém lese do značné míry podobné. Stejné a synchronní změny pozorované v rámci regionu mohou odrážet změny klimatu. Naopak lokální změny odrážejí možné rozdíly v abiotických podmínkách (Hoek 1997). Nejodlišněji vystupuje Šumava, která se ukazuje být důležitým refugiem pro několik boreálních druhů (*Picea*, *Fagus*, Svobodová *et al*. 2001, 2002). Společně s Šumavou (zejména se jedná o VN-Volary) se Číhaná ve srovnání se zbylými lokalitami liší relativně brzkou přítomností lísky a druhů smíšených doubrav. Je tedy možné, že v poněkud odlišném vývoji teplomilných dřevin hrály významnou roli lokálně příhodné podmínky chráněné údolní polohy. Spekulovat by se dalo i o migraci z refugií ze západního směru, ale data, která by mohla tuto hypotézu potvrdit či vyvrátit, prozatím chybějí.

6.3 Jsou hadcové reliktní bory opravdu reliktní?

Podle analýzy pylu není možné odlišit čisté borové porosty, vázané na omezená území, od smíšených vícedruhových porostů. Ovšem je možné předpokládat, že druh přežívající v omezených populacích po celý průběh Holocénu by si neustále ponechával vyšší procenta. Procentuální hodnoty však nezohledňují rozdílné pylové produktivity druhů a jsou ovlivněny tzv. Fagerlindovým efektem (Fagerlind 1952). Absolutní hodnoty zobrazené v influxovém diagramu představují kvantitativní vyjádření, které skutečné zastoupení ve vegetaci vyjadřuje lépe.

Diagram z Číhané, zachycující kompletní období staršího holocénu, po celou dobu vyniká vyššími procenty borovice, než můžeme pozorovat na ostatních lokalitách podobného stáří. Na tento trend dále navazuje profil z Vlčku. Borovice sice ve středním holocénu ustoupila pod konkurencí smrku, avšak ponechala si zde nejvyšší procenta ve srovnání se zbylými lokalitami. Zůstává přítomna i v influxové křivce; smrk, který

představuje jejího hlavního konkurenta, nemá v absolutních hodnotách natolik silnou převahu. Borovice tedy zřejmě musela vytrvat na místech, která byla pro ostatní dřeviny nepříznivá. V případě Slavkovského lesa by to mohly být právě hadcové podklady. Platilo by to nejen pro Vlček v bezprostřední blízkosti hadcového tělesa, ale i pro několik km vzdálenou Číhanou.

Novák *et. al*. (2012) již potvrdili původnost reliktních borů na kyselém podloží v regionu Dokeska (severovýchodní Čechy). Tyto lesy od počátku Holocénu interpretují jako převážně borové, kde byly ostatní typy vegetace omezeny na izolované plošky. V jejich případě vyplývá z pylových záznamů i z antrakologické analýzy převaha borovice po celý Holocén. To, že ve Slavkovském lese není její převaha natolik přesvědčivá, je pravděpodobně důsledkem rozdílného umístění zkoumaných lokalit. V případě Dokeska přímo v borovém porostu, kdežto ve Slavkovském lese na okraji porostu, na místě z velké části otevřeném do okolní krajiny, ve kterém nyní tvoří i v minulosti tvořil dominantu smrk.

7 Závěr

Vývoj slatiniště Číhaná byl zachycen od svého vzniku v pozdním glaciálu (Allerød) až do jeho zániku v Atlantiku. Podle výsledků pylové analýzy a analýzy ostatních mikrofosílií je zřejmé, že po většinu existence se jednalo na minerály bohaté prameniště obklopené mokřadní loukou s minimálním výskytem rašeliníku a nízkým výskytem dřevin. Skladba stanovišť však musela být celkově pestrá. Až do poloviny Boreálu byly stabilně přítomné i otevřené vodní plošky. Na podobu vegetace v okolí i přímo na slatiništi měly výrazný vliv dvě požárové události na přelomu Preboreálu a Boreálu a v první polovině Boreálu. V následném vývoji můžeme v obou případech pozorovat zvýšení množství borovice, výrazné snížení břízy a mírné snížení lísky následované vzestupem. Zároveň došlo k prudkému nárůstu poměru bylin, především Poaceae. Sedimentární záznam končí stadiem připomínajícím rašelinnou smrčinu, poté došlo k vysušení povrchové vrstvy sedimentů a jejich cyklické degradaci. Tyto cykly pokračují až do dnešní doby.

Akumulace sedimentů na Mokřadech pod Vlčkem začala v Atlantiku. Pravděpodobně nebyly po značnou část vývoje takovou otevřenou slatinnou loukou, jakou je známe dnes a jakou se je správa CHKO snaží udržovat cíleným managementem za účelem ochrany druhové bohatosti. Nejsušší fází vývoje byl mladší Atlantik, kdy byly v prostoru mokřadu hojně přítomné stromy – smrk, jedle a na nejsušších místech i borovice. V následujícím období Subboreálu se vyskytovala sušší místa již izolovaněji. Zastoupení čeledi Cyperaceae, na které je louka nyní bohatá, bývalo nižší.

Na základě pylové analýzy není snadné potvrdit Původnost reliktních hadcových borů z míst, která neležela přímo uprostřed těchto lesů. V tomto případě se projevuje omezení pylové analýzy na místa, která jsou příhodná pro zachování pylových zrn. Zkoumané slatiniště Mokřady pod Vlčkem bylo otevřené do okolní krajiny, kde probíhal plný postglaciální vývoj. Přesto se jednalo o nejvhodnější místo, odkud bylo možné odebrat profil, který by mohl odpovědět na kýženou otázku reliktnosti hadcových borů. Borovice se neprojevila dominancí po celou dobu vývoje, nýbrž v době rozšíření smrku jím byla zastíněna. Ve starším Atlantiku, na počátku vzniku lokality, byly světlomilné porosty borovice a lísky i v širším okolí zřejmě udržovány častým výskytem požárů. Smrk se do okolí dostal později a během mladšího Atlantiku zde představoval výraznou dominantu. V Subboreálu byly dominantní porosty smrkovo – jedlové, ale opět se významně rozšířila borovice. Podle srovnání procentuálního zastoupení borovice napříč

regionem západních Čech se obě lokality ze Slavkovského lesa ukazují být na zastoupení borovice nejbohatší. To poukazuje na stálou přítomnost borů, i když po část historie ve sníženém rozsahu. Trendem směrem do současnosti je jejich přibývání od objevení se stálého nízkého množství mikroskopických uhlíků v 8. století, které indikují přítomnost člověka. Zhruba současný rozsah mají hadcové bory od 11. století, a to zřejmě díky kladným vlivům lidské aktivity.

Lokalitám, které leží na jihu Čech, a to jak v západní tak ve východní části, je společný výskyt uzavřených křivek teplomilných druhů již od počátku Holocénu či dříve. V každém případě se jednalo o důležité oblasti přežívání některých druhů dřevin a v případě Šumavy i o důležitý výchozí bod pro další migraci směrem na sever. Odtud dřeviny postupovaly zřejmě podél pohraničního pásu západních Sudet. U buku se situace liší, do severu Čech buk zřejmě domigroval od západu z centrálního Německa. Pro definitivní potvrzení migrační cesty podél pohoří by však bylo potřeba mnohem více profilů, zejména z vnitrozemí západních Čech (např. Plzeňsko, Klatovsko). Tam bohužel nejsou žádná dostupná data. Na cestu výlučně podél pohoří tak nasvědčují příhodné vlhkostní a stálé klimatické podmínky.

Co se týče otázky původnosti smrku v regionu západních Čech, během historického vývoje zde jeho zastoupení bylo skutečně vyšší. Zejména v období starého Holocénu je tato skutečnost velice zřetelná v porovnání s oblastí východních Čech. Historický vliv lidské činnosti ve prospěch smrku se v tomto případě neukázal být pravděpodobný, jelikož od 6. století jeho zastoupení na všech lokalitách klesá, vzestup v recentních vzorcích je způsoben až moderním lesnickým hospodařením. Jeho zastoupení tedy je nejspíše dáno klimatickou příhodností západních Čech.

8 Citace

Bennet, K. D. (1996): Determination of the number of zones in a biostratigraphical sequence. *New Phytologist* 132, 155–170

Bennett, K.D., Tzedakis, P.C., Willis, K.J. (1991): Quaternary Refugia of North European Trees. *Journal of Biogeography* 18, 103–115.

Beug, H.J. (2004): Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete, München, Verlag Dr. Friedrich Pfeil 542 pp.

Birks H. J. B., Line, J.M. (1993): Glacial refugia of European trees – a matter of chance? *Dissertationes Botanicae* 196, 283–291

Blaauw, M. (2010): Methods and code for „classical" age modelling of radiocarbon sequences. *Quaternary Geochronology* 5, 512–518

Brewer, S., Cheddadi, R., De Beaulieu, J.L., Reille, M., others, 2002. The spread of deciduous Quercus throughout Europe since the last glacial period. *Forest Ecology and Management* 156, 27–48.

Bronk Ramsey, Ch. (2008): Deposition models for chronological records. *Quaternary Science Reviews* 27, 42–60

Bunting, M.J. (2003): Pollen-vegetation relationship in non-arboreal moorland taxa. *Review of Palaeobotany and Palynology* 125, 285–298

Bunting, M.J., 2003. Pollen–vegetation relationships in non-arboreal moorland taxa. *Review of Palaeobotany and Palynology* 125, 285–298.

Delarze, R., Caldelari, D., Hainard, P. (2002): Effects on forest dynamics in southern Switzerland. *Journal of Vegetation Science* 3(1), 55–60

Demek, J. (1965): Geomorfologie českých zemí. ČS akademie věd, 366 pp.

Dohnal, Z., Kunst, M., Mejstřík, V., Raučina, Š., Vydra, V. (1965): Československá rašeliniště a slatiniště. ČS akademie věd, 336 pp.

Fægri, K. (1971): The preservation of sporopollenin membranes under natural conditions. *In* ¨Sporopollenin¨ (J. Brooks, P. R. Grant, M. Muir, P. van Gizel, and G. Shaw, Eds.), Academic Press, NY/London, 256 – 270. *Citováno podle* Jacobson, G. L. and Bradshaw, R. H. W. (1981): The Selection of Sites for Paleovegetacional Studies. *Quaternary Research* 16, 80–96

Fægri, K. *et* Iversen, J. (1989): Textbook of pollen analysis. John Willey and sons. 328pp.

Fagerlind, F. (1952): The real signification of pollen diagrams. Botan. Notiser 1952,

185–224

Finsinger, W., Tinner, W., van der Knaap, W., O., Ammann, B. (2006): The expansion of hazel (*Corylus avellana* L.) in the southern Alps: a key for understanding its early Holocene history in Europe? *Quaternary Science Reviews* 25, 612–631

Grimm, E. (1991): Tilia and Tilia Graph 1.7. Illinois State Museum, research and Collection Center, Springfield, Illinois

Hahne, J. (1992): Untersuchungen zur spät- und postglazialen Vegetationgeschichte im nordöstlichen Bayern (Bayerisches Vogtland, Fichtelgebirge, Steinwald). Flora 187, 169–200

Hájek, M., Horsák, M., Hájkova, P., Dítě, D. (2006): Habitat diversity of central European fens in relation to environmental gradients and an effort to standardise fen terminology in ecological studies. Perspectives in Plant Ecology, *Evolution and Systematics* 8, 97–114

Hewitt, G.M., (1996): Some genetic consequences of ice ages, and their role in divergence and speciation. Biological Journal of the Linnean Society 58, 247–276

Hoek, W.Z. (1997): Late-glacial and early Holocene climatic events and chronology of vegetation development in the Netherlands. *Veget Hist Archaebot* 6, 197–213

Huntley, B., Webb, T. (1989): Migration: species‘ response to climatic variations caused by changes in the earth’s orbit. *Journal of Biogeography* 16, 5–19

Chlupáč, I., Brzobohatý, R., Kovanda, J., Stráník, Z. (2002): Geologická minulost České republiky. Academia, 436 pp.

Jankovská, V. (1983): Palynologische Forschung am ehemaligen Komořany-See (Spätglazial bis Subatlantikum). *Věstník Ústředního ústavu geologického* 58(2), 99–107

Jankovská, V. (1984): Radiokarbondatierung der Sedimente aus dem ehemaligen Komořany-See (NW-Böhmen). *Věstník Ústředního ústavu geologického* 59(4), 235–236

Jankovská, V., Kuneš, P., van der Knaap, W.O. (2007): Fláje–Kiefern (Krušné Hory Mountains): Late Glacial and Holocene vegetation development. Grana 46(3), 214–216

Johnson, W.C., Webb, T. (1989): The role of blue jays (Cyanocitta cristata in the postglacial dispersal of fagaceous trees in eastern North America. *Journal of Biogeography* 16, 561–571

Juggins, S. (2010): C^2. University of Newcastle, School of Geography, Politics and Sociology, Newcastle upon Tyne, UK

Knipping, M. (1989): Zur spät- und postglazialen Vegetationgeschichte des Oberpfälzer Waldes, *Dissertationes Botanicae* 140

Knipping, M. (1997): Pollenanalytishe Untersuchungen zur Siedlungsgeschichte des Oberpfälzer Waldes. *Telma* 27, 61–74

Křížek, V. (1958): Mariánské Lázně: přírodní zdroje a jejich léčebný význam. Státní zdravotnické nakladatelství, 330 pp.

Kučera, T. (1999): Reliktní bory, suťové a roklinové lesy. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. Praha, 27 pp.

Kudláček, K., Šerksová, V., Drmota, A., Pokorný, J., Kubec, D. (2009): Fyzikálně – chemický srovnávací výzkum minerálních pramenů v okolí Mariánských Lázní. *Závěrečná zpráva studentského projektu*, Soukromé reálné gymnázium Přírodní škola o.p.s.

Kuneš, P., Abrahám, V., Kovařík, O., Kopecký, M. (2009): Czech quaternary palynological database – PALYCZ: rewiev and basic statistic of the data. *Preslia* 81, 209–238

Kuneš, P., Šída, P., Pokorný, P. (2008): Detection of the impact of early Holocene hunter-gatherers on vegetation in the Czech Republic, using multivariate analysis. *Vegetation History and Archaeobotany* 18, 269–287

Küster, H. (1997): The role of farming in the postglacial expansion of beech and hornbeam in the oak woodlands of central Europe. The Holocene7(2), 239–242

Lang, G. (1994): Quartäre Vegetationsgeschichte Europas—Methoden und Ergebnisse. Gustav Fischer, Jena, 462 pp., *citováno podle* van der Knaap *et al*. 2005

Latalowa, M., van der Knaap, W.O. (2006): Late Quaternary expansion of Norway spruce Picea abies (L.) Karst. In Europe according to pollen data. *Quaternary Science Reviews* 25, 2780–2805

Liepelt, S, Cheddadi, R., de Beaulieu, J.L., Fady, B., Gömöry, D., Hussendörfer, E., Konnert, M., Litt, T., Longauer, R., Terhürne-Berson, R., Ziegenhagen, B. (2009): Postglacial range expansion and it's genetic imprints in *Abies alba* (Mill.) – A synthesis from palaeobotanic and genetic data. *Review of Palaeobotany and Palynology* 153, 139–149

Ložek, V. (1973): Příroda ve čtvrtohorách. Academia, 372 pp.

Lundqvist, N. (1972): Nordic Sordariaceae s. lat. *Symb. Bot. Upsal.* 20(1): 1-374. *Citováno podle* van Geel, B.V., Aptroot, A. (2006): Fossil ascomycetes in Quaternary deposits. *Nowa Hedwigia* 82(3-4), 313–329

Magri, D., 2008. Patterns of post-glacial spread and the extent of glacial refugia of European beech (*Fagus sylvatica*). *Journal of Biogeography* 35, 450–463.

Mangerud, J., Andersen, S. T., Berglund, B. E., Donner, J. J. (1974): Quaternary stratigraphy of Norden, a proposal for terminology and classification. *Boreas* 3, 109 - 128

Miola, A., Bondesan, A., Corain, L., Favaretto, S., Mozzi, P., Piovan, S., Sostizzo, I. (2006): Wetlands in the Venetian Po Plain (northeastern Italy) during the Last Glacial Maximum: Interplay between hydrology and sedimentary environment. *Review of Palaeobotany and Palynology* 141, 53–81

Moore, P.D., Webb, J.A., Cillinson, M.E. (1991): Pollen analysis. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 2nd edition,

Němec, J., Ložek, V. (1997): Chráněná území ČR. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, středisko Praha. 154 pp.

Neuhäuslová, Z. (2003): Vrbotopolové luhy a bažinné olšiny a vrbiny. *In* Moravec, J. (ed.) Přehled vegetace České republiky, svazek 4, Academia, 78 pp.

Neuhäuslová, Z., Blažková, D., Grulich, V., Husová, M., Chytrý, M., Jeník, J., Jirásek, J., Kolbek, J., Kropáč, Z., Ložek, V., Moravec, J., Prach, K., Rybníček, K., Rybníčková, E., Sádlo, J. (1998): Mapa potenciální přirozené vegetace České republiky. Academia, 341 pp.

Pokorný, P., Klimešová, J., Klimeš, L. (2000): Late Holocene history and vegetation dynamics of a floodplain alder carr: a case study from eastern Bohemia, Czech Republic. *Folia Geobotanica* 35, 43–58

Prager et al. 2006 Seppä, H., Alenius, T., Muukkonen, P., Giesecke, T., Miller. P.A., Ojala, A.E.K. (2009): Calibrated pollen accumulation rates as a basis for quantitative tree biomass reconstruction. *The Holocene* 19, 209–220

Prager, A., Barthelmes, A., Theuerkauf, M., Joosten, H. (2006): Non-pollen palynomorphs from modern alder carrs and their potential for interpreting microfossil data from peat. Review of Palaeobotany and Palynology 141, 7–31

Quitt, E. (1971): Klimatické oblasti Československa. Academia, Studia Geographica 16, GÚ ČSAV v Brně, 73 pp.

Reille, M. (1992, 1995, 1998): Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du nord. Supplement 1, 2, 3. Laboratoire de Botanique historique et palynologie, Marseille

Rudolph, K. (1931): Palaeofloristische Untesuchung einiger Moore in der Umgebung von Marienbad. *Lotos Prag* 79, 93–117

Rybníček, K., Rybníčková, E. (1968): The history of flora and vegetation on the Bláto mire in southeastern Bohemia, Czechoslovakia (Palaeoecological study). *Folia Geobotanica & Phytotaxonomica* 3(2), 117–142

Rybníčková, E. (1974): Die Entwicklung der Vegetation und Flora im südlichen Teil der Böhmisch-Mährischen Höhe während des Spätglazials und Holozäns. Vegetace ČSSR A 7, Academia, Praha, 163 pp.

Rybníčková, E., Rybníček, K. (1988): Holocene Palaeovegetation and Palaeoenvironment of the Kameničská kotlina Basin (Czechoslovakia). *Folia Geobotanica & Phytotaxonomica* 23, 285–301.

Sofron, J. (1981): Přirozené smrčiny západních a jihozápadních Čech. Academia, 128 pp.

Spirhanzl, J. (1951): Rašelina její vznik, těžba a využití. Přírodovědecké nakladatelství, 335 pp.

Stockmar, J. (1971): Tablets with spores used in absolute pollen analysis. *Pollen et Spores* 13, 614–624

Svenning, J., Normand, S., Kageyama, M., 2008. Glacial refugia of temperate trees in Europe: insights from species distribution modelling. *Journal of Ecology* 96, 1117–1127

Svoboda, J., Beneš, K., Dudek, A., Holubec, J., Chaloupský, J., Kodym, O., Malkovský, M., Odehnal, L., Polák, A., Pouba, Z., Sattran, V., Škvor, V., Weiss, J. (1964): Regionální geologie ČSSR. Ústřední ústav geologický, ČSAV Praha, 380 pp.

Svobodová, H., Reille, M., Goeury, C. (2001): Past vegetation dynamics of Vltavský luh, upper Vltava river Halley in the Šumava mountains, Czech Republic. *Vegetation History and Archaeobotany* 10, 185–199

Svobodová, H., Soukupová, L., Reille, M. (2002): Diversified development of mountain mires, Bohemian Forest, Central Europe, in the last 13,000 years. *Quaternary International* 91, 123–135

Švarcová, M., G. (2009): Vznik a vývoj rašelinišť v západních Čechách. *Bakalářská práce* Př F UK v Praze, 26 pp

Tájek, P. (2010): Mnichovské hadce – jedinečná ukázka hadcového fenoménu. *In:* Brabec, J. (ed): Přírodní fenomény a zajímavosti západních Čech. Občanské sdružení Mezi lesy, Prostiboř ve spolupráci s Muzeem Cheb, p.o. Karlovarského kraje, 127 pp.

Tinner, W., Lotter, A.F. (2001): Central European vegetation response to abrupt climate change at 8.2 ka. Geology 29(6), 551–554

Tinner, W., Hubschmid, P., Wehrli, M., Ammann, B., Conedera, M. (1999): Long-term forest fire ecology and dynamics in southern Switzerland. *Journal of Ecology* 87, 273–289.

Tollefsrud, M.M., Sønstebø, J.H., Brochmann, C., Johnsen, Ø., Skrøppa, T., Vendramin, G.G. (2009): Combined analysis of nuclear and mitochondrial markers provide new insight into the genetic structure of North European Picea abies. *Heredity* 102, 549–562

Tolonen, K. (1986): Rhizopods analysis: 645–666. In: Berglund B. E. (ed.), Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology. John Wiley & Sons Ltd, Chichester–New York–Brisbane–Toronto–Singapore.

Van der Knaap, W.O., van Leeuwen, J.F.., Finsinger, W., Gobet, E., Pini, R., Schweizer, A., Valsecchi, V., Ammann, B., 2005. Migration and population expansion of Abies, Fagus, Picea, and Quercus since 15000 years in and across the Alps, based on pollen-percentage threshold values. *Quaternary Science Reviews* 24, 645–680.

van Geel, B. (1978): A palaeoecological study of holocene peat bog sections in Germany and the Netherlands. *Review of Palaeobotany and Palynology* 25, 1 - 120

van Geel, B., Bohncke, S. J. P., Dee, H. (1981): A palaeoecological study of an upper Lateglacial and Holocene sequence from „De Borchert“ The Netherlands. *Review of Palaeobotany and Palynology* 31, 367–448

van Geel, B., Coope, G. R., van der Hammen, Th. (1989): Palaeoecology and stratigraphy of the Lateglacial type section at Usselo (The Netherlands). *Review of Palaeobotany and Palynology* 39, 25–129

van Geel, B., Hallewas, D. P., Pals, J. P. (1983) A Late Holocene deposit under the Westfriese dijk near Enkhuizen (Prov. of Noord-Holland, The Netherlands) palaeoecological and archaeological aspects. *Review of Palaeobotany and Palynology* 38, 269–335

van Geel, B., Hallewas, D.P., Pals, J.P. (1983): A Late Holocene deposit under the Westfriese Zeedijk near Enkhuizen (Prov. of N-Holland, The Netherlands):

palaeoecological and archaeological aspects. *Review of Palaeobotany and Palynology* 38, 269–335

Weller, M.P., Binney, H.A., Bunting, M.J., Armitage, R.A. (2005): The interpretation of fen carr pollen diagrams: pollen–vegetation relationships within the fen carr. *Review of Palaeobotany and Palynology* 133, 179–202

Wheeler, B.D. et Proctor, M.C.F. (2000): Ecological gradients, subdividions and terminology of north-west European mires. *Journal of Ecology* 88, 187–203

Willis, K., van Andel, T., 2004. Trees or no trees? The environments of central and eastern Europe during the Last Glaciation. *Quaternary Science Reviews* 23, 2369–2387

Zahradnický J., Makovčín P. (eds) a kol. (2004): Plzeňsko a Karlovarsko. *In*: Makovčín P. a Sedláček M. (eds): Chráněná území ČR, svazek XI. Agentura Ochrany přírody a krajiny ČR a EkoCentrum Brno, Praha, 588 pp.