

Problémy krajinné archeologie v pylových analýzách přirozených uloženin: příspěvek k mezioborové spolupráci

Problems of landscape archaeology in pollen analyses
of natural deposits: a contribution to an interdisciplinary cooperation

Petr Pokorný

Pylová analýza je jedním z nejpoužívanějších zdrojů dat ke sledování dlouhodobých změn terestrických ekosystémů, včetně vzniku a vývoje kulturní krajiny. Během posledních desetiletí tato metoda doznala řadu modifikací. Mezi nejzásadnější patří zvýšení taxonomické přesnosti určování pylových zrn, zavedení numerických přístupů v analýze dat, kvantitativní interpretace na základě moderních analogií, stanovení absolutní koncentrace pylových zrn ve vzorcích a pylové analýzy s vysokým časovým rozlišením. Význam těchto metod pro rekonstrukci vývoje kulturní krajiny je diskutován na obecné úrovni a s použitím konkrétních příkladů. Hlavní důraz je kladen na problém prostorové reprezentativnosti pyloanalytických dat, což je otázka zásadní právě pro studium historie kulturní krajiny v prostředním prostorovém měřítku (tj. řádově v měřítku archeologických mikroregionů). Pyloanalytická data představují zdroj poznatků zcela nezávislý na archeologických datech. Právě proto může korelace těchto dvou nezávislých informačních zdrojů přinést zcela novou kvalitu v pochopení interakcí mezi přírodním prostředím a lidskými kulturami v minulosti.

pylová analýza – paleoekologie – kulturní krajina – environmentální archeologie

Pollen analysis is probably the most appropriate source of data for the study of long-term changes in terrestrial ecosystems, including the development of cultural landscapes. During the last few decades it has experienced considerable methodological development, including growing taxonomic precision in pollen determination, the introduction of numerical approaches to data analysis, quantitative data interpretation on the basis of modern analogues, and the development of absolute and high-resolution counting techniques. This review article discusses the importance of such developments to the reconstruction of cultural landscapes in detail, and provides case studies. The main emphasis in the discussion is placed on the spatial resolution of pollen analyses, a question crucial to the reconstruction of cultural landscapes at intermediate spatial scales (i.e. those relevant for the study of archaeological microregions). Pollen analytical data represent a source of knowledge completely independent of the archaeology, and it is for this reason that the correlation of the two may result in a new quality to our understanding of past landscape/cultural interactions.

pollen analysis – palaeoecology – cultural landscape – environmental archaeology

1. ÚVOD

Pylová analýza je bezesporu nejpropracovanější metodou studia vývoje vegetace a nepřímo i těch elementů krajiny, které jsou k vegetaci v nějakém vztahu. Jedním z nich je i lidská kultura, ovlivňující složení vegetace jak ve smyslu kvantitativním (např. likvidací lesních porostů), tak kvalitativním (např. introdukcí exotických kulturních rostlin a jejich plevelů). Cílem tohoto příspěvku je upozornit zvláště archeologickou veřejnost na nejno-

vější vývoj v oblasti pylové analýzy, která v současné době prodělává z metodického hlediska nové období rozvoje. Tento rozvoj je výrazem zavedení netradičních technických postupů, pokroků v taxonomii a především integrace nových ideových popudů, z nichž některé vyšly právě z oblasti krajinné archeologie. Díky bližšímu poznání tafonomie recentních pylových spekter zaznamenává navíc pylová analýza nebývalý posun směrem k větší „exaktnosti“, neboť její data tím získávají více kvantitativní charakter.

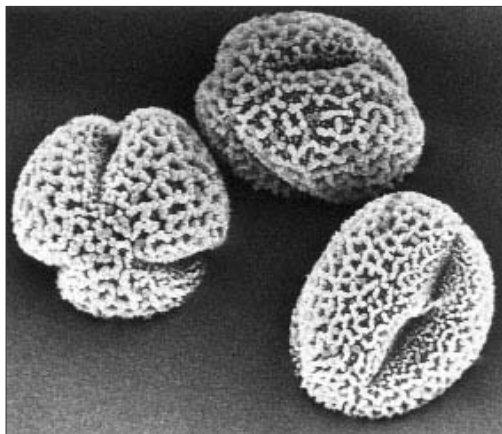
Ve vztahu k archeologii rozdělil *Edwards (1991)* výstižně okruh dat získávaných metodou pylové analýzy na „on-site“ a „off-site“ data. Termínem „site“ se v podstatě myslí archeologické naleziště a „on-site“ přístup tedy zahrnuje analýzu jeho kulturních vrstev, které se formovaly pod bezprostředním vlivem aktivity člověka. Naproti tomu „off-site“ přístup pracuje s přirozenými (např. horská vrchoviště) a polopřirozenými (např. výplně antropicky ovlivněných niv) uloženinami. Dělicí čára mezi oběma přístupy je v západoevropské tradici *de facto* rozhraním dvou příbuzných oborů – paleoetnobotaniky a klasické paleobotaniky. U nás zaváděný termín „archeobotanika“ (používaný již delší dobu převážně německou školou) pak pokrývá oba výše zmíněné obory, přičemž druhý pouze potud, pokud má co činit s čistě archeologickými otázkami. V tomto příspěvku se zaměříme výhradně na „off-site“ pylovou analýzu, a to vzhledem k jejímu bezprostřednímu vztahu k otázkám prostorové archeologie. Základní principy pylové analýzy jsou patrně natolik známé, že není třeba se jimi zabývat na tomto místě. Do naší archeologické literatury byly uvedeny např. *Jankovskou (1994; 1997)* a *Neustupným (1985)*. Tam také případný zájemce najde již klasickou diskusi nad základními limitacemi této metody a její závěry může porovnat s nejnovějším vývojem.

2. METODICKÉ POKROKY V PYLOVÉ ANALÝZE A JEJICH VÝZNAM PRO STUDIUM VÝVOJE KULTURNÍ KRAJINY

Pokroky v determinaci pylových zrn

Ideálním předpokladem pylové analýzy je morfologická klasifikace pylových zrn za účelem jejich přiřazení jednotlivým druhům rostlin. Možnosti takové klasifikace jsou ovšem v mnoha případech omezené, a tak často nezbyvá než se spokojit s determinací na úrovni pouze určité skupiny rostlinných druhů. Pokud jsou ekologické nároky jednotlivých druhů náležejících do takové skupiny rozdílné, snižuje se významně vypovídací schopnost nálezů. Nutno konstatovat, že pylová analýza se tohoto svého omezení těžko kdy zbaví. Možnosti determinace pylových zrn však přesto v současné době dosahují významného prohloubení, a to především díky aktivitě skupiny kolem holandského badatele W. Punta. Produktem dlouholetého úsilí této skupiny jsou moderní determinační klíče (*Punt 1976–1996*), které v mnoha případech demonstrují maximální možné meze poznání, dané již samotným fyzikálním principem světelné mikroskopie. Pro náš účel je významná skutečnost, že do skupiny takto lépe poznanych pylových taxonů patří někteří zástupci rostlin, figurujících jako potenciální indikátory přítomnosti a ekonomické aktivity člověka v krajině. Asi nejmarkantnějším příkladem jsou zástupci čeledi okoličnatých (*Umbelliferae*). Zatímco ještě nedávno bylo v rámci cca 500 evropských zástupců této čeledi možno rozlišit jen šest pylových typů bez valného významu pro další interpretaci (*Cer-*

Obr. 1. Pylová zrna *Viburnum lantana* (kaliny tušalaje) v rastrovacím elektronovém mikroskopu. Velikost zrn je cca 25 μm . — Fig. 1. SEM photograph of *Viburnum lantana* pollen grains. The maximum diameter of each grain is about 25 μm .



ceau–Larival 1971), v současné době se praktické možnosti determinace rozšířily na 48 jednotlivých pylových taxonů, přičemž se ve 31 případech jedná přímo o konkrétní botanické druhy. Tak je dnes možno na základě pylové morfologie determinovat například pastinák setý (*Pastinaca sativa*), petržel zahradní (*Petroselinum hortense*) nebo bedrník anýz (*Pimpinella anisum*), tedy potenciální užitkové druhy. Pro účely studia historie kulturní krajiny má však ještě větší význam například možnost rozlišení pěstované konopě seté (*Cannabis sativa*) od divoce běžně rostoucího chmele otáčivého (*Humulus lupulus*) nebo odlišení pěstovaného ječmene (*Hordeum*; typický především pro starší zemědělský pravěk) od volně rostoucích trav (Vorren 1986).

Pylová analýza s vysokým časovým rozlišením

Pravděpodobnost zachycení odrazu určité krátkodobé události v pylovém diagramu se z pochopitelných důvodů zvyšuje s nárůstem chronologické citlivosti analýz. Chronologickou citlivost můžeme definovat jako vzájemný časový odstup dvou následujících analyzovaných vzorků, odvozený nejčastěji pomocí interpolace mezi dvěma sousedními radiokarbonovými daty.

Vezměme následující hypotetický příklad: Válečná událost má za následek významný pokles populační hustoty v určitém mikroregionu, vedoucí k částečnému opuštění hospodářských ploch a k nastartování vegetační sukcese, jejímž důsledkem je opětovné zalesnění. Po padesáti letech je předválečný stav obnoven i se všemi původními důsledky na charakter vegetace. Pokud pylová analýza pracuje s chronologickou citlivostí pod 50 let, bude událost zachycena jako dočasný pokles indikátorů zemědělství za současného nárůstu křivky dřevin časných sukcesních stadií. Při chronologické citlivosti nad 50 let se však pravděpodobnost zachycení této události snižuje, a pokud přesto náhodou zachycena bude, může být mylně interpretována jako podstatně významnější a dlouhodobější, než odpovídá historické skutečnosti.

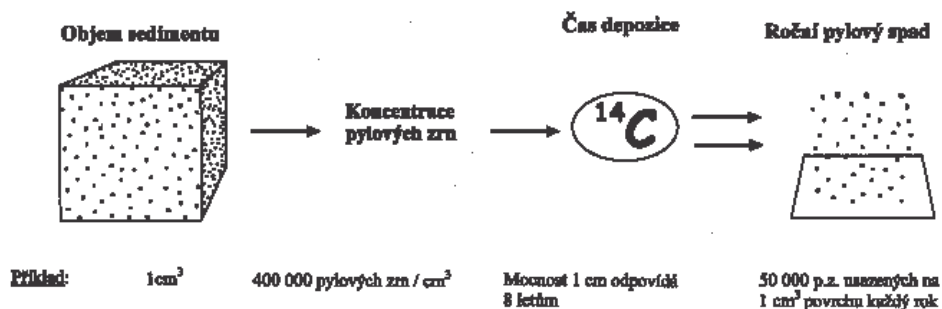
Pro formulaci otázek určitého druhu je proto třeba vždy volit odpovídající chronologickou citlivost analýz, jejíž odhad ovšem vyžaduje dostatečně kvalitní absolutní datování příslušného profilu. Jedná se o často opomíjený problém, který má neblahé důsledky v podobě zavádějících interpretací pylových diagramů, ve kterých bývá období celé jedné

archeologické kultury pokryto třeba jen několika málo analýzami. Například *Neustupný* (1985), který ve své jinak příkladně kritické a velmi precizní práci interpretuje výsledky pylových analýz *Loserta* (1940) a *Jankovské* (1983) z Komořanského jezera, tuto skutečnost reflektuje pouze okrajově. Jinou stránku stejného problému ilustruje osud známých Iversenových „landnam – fází“ (*Iversen* 1973), spatřovaných ve starších pylových diagramech většinou ve formě jednorázových událostí reforestace a interpretovaných jako odraz zarůstání opuštěných polí v podmínkách cyklického zemědělství. Teprve výsledky pozdějších pylových analýz aplikovaných s dostatečnou chronologickou citlivostí stanovenou pomocí radiokarbonového datování ukázaly, že tyto fáze ve skutečnosti mohly trvat celých 200 až 600 let, což je příliš dlouhá doba vzhledem k původní interpretaci (*Smith* 1981).

Ve snaze přiblížit se ideální chronologické citlivosti jediného roku vyvinuli někteří palynologové metodu pylové analýzy s vysokým časovým rozlišením („high resolution“), která vyžaduje vzorkování profilu v často milimetrových odstupech. I když se jedná o metodu vhodnou především pro jezerní sedimenty, do jisté míry je možné ji aplikovat i na rašelinný materiál. Vzhledem k časové náročnosti podobných analýz musejí být ovšem často obětovány vysoké pylové sumy v jednotlivých vzorcích. Výsledky však přesto bývají velmi povzbudivé. Tak např. *Rösch* (1992; 1993) v rozsáhle datovaných profilech z Bodamského jezera popsal bohatou sérii expanzních a regresních fází, neobyčejně detailně korelovatelných s archeologickou i letokruhovou chronologií pobřežních sídlišť. Většina fází našla svůj ekvivalent v archeologickém záznamu, ostatní autor připisuje dosud neznámým periodám. Překvapivou účinnost metody zvláště názorně demonstruje studie *Knaapa et al.* (2000). V precizně datovaných profilech (pomocí ^{210}Pb a varvové chronologie) sedimenty švýcarských jezer byla provedena pylová analýza s chronologickou citlivostí 1 až 11 let, a to pro období posledních několika staletí, aby bylo možno korelovat data se skutečnými historickými procesy a událostmi. Obzvláště zajímavé je srovnání série leteckých fotografií pořizovaných pravidelně od roku 1931 s pyloanalytickými daty. Ve 40. letech došlo k opuštění pastvin a jejich částečnému zarůstání vrbovými a olšovými porosty. V pobřežních partiích se objevila kopřiva (*Urtica dioica*). Žitná pole byla v téže době přeměněna v kukuřičná. Odrazem těchto změn je pokles křivky žita (*Secale cereale*) a lučních druhů v pylovém diagramu za současného nástupu pylu kukuřice a významného nárůstu křivek kopřivy, vrby a olše.

Absolutní pylové diagramy

Tradiční metodou prezentace pyloanalytických dat jsou procentické pylové diagramy, kde křivky jednotlivých taxonů vyjadřují poměrný vztah k určité základní sumě. Suma může být ovšem zvolena různě, podle druhu řešeného problému. Pokud se například zaměříme na otázku antropického ovlivnění krajiny v okolí zkoumaného profilu, budeme mít snahu vyloučit ze základu pro výpočet procentických hodnot všechny lokální, tj. mokřadní druhy, jejichž pylový spad by zastíral obraz vegetace v průměrné okolní krajině. Takové diagramy je pak třeba chápat nikoliv jako soubor primárních dat, ale již jako jejich částečnou interpretaci, do jisté míry zatíženou subjektivním faktorem. Zde může částečně pomoci analýza rostlinných makrozbytků ve studovaném profilu (viz níže), ale většinou tento krok stojí čistě na „ekologickém cítění“ pyloanalytika. Ještě další, základ-



Obr. 2. Příklad stanovení rychlosti depozice pylových zrn za účelem konstrukce absolutního pylového diagramu (podle Birks – Birks 1980). — Fig. 2. An example of pollen deposition rate determination for the construction of an absolute pollen diagram (from Birks – Birks 1980).

nější problém spočívá v interpretaci procentických diagramů. Je to vzájemné ovlivňování křivek jednotlivých druhů, které jsou všechny vlastně jen doplňkem do jedné celkové sumy (100 %). Opustíme ale diskusi problémů s procentickými pylovými diagramy, neboť byla již rozsáhle vedena v příspěvku Neustupného (1985) a zaměříme se na možné řešení těchto problémů. Snaha po odstranění výše zmíněných překážek totiž vedla pyloanalytiku k vypracování techniky tzv. absolutních pylových diagramů (nebo též „influx-diagramů“).

Opět modelový příklad: V určitém okrsku kulturní krajiny je ve sledovaném časovém úseku stálý poměr lesních ploch, pastvin, polí a ruderalních stanovišť. Z nějakých důvodů dojde v lesích k ústupu lipových doubrav a jejich místo zaujme bříza. Procentický pylový diagram zachytí výše popsanou událost takto: Pylové křivky lípy a dubu významně poklesly a zároveň došlo k nárůstu křivky břízy. Potud zatím v pořádku. Produkce pylových zrn i jejich disperze jsou u břízy ovšem mnohem větší než u předešlých druhů. Následkem toho dojde v procentickém pylovém diagramu k relativnímu navýšení celkové křivky lesních dřevin, a to na úkor druhů otevřených ploch, včetně antropogenních indikátorů. Situace tak může být mylně interpretována jako ústup osídlení spojený se zarůstáním opuštěných ploch břízou. Vyskytl se problém, který je v rámci procentické metody vyjádření pyloanalytických dat neřešitelný. Kdybychom však znali přesný počet pylových zrn, který se v minulosti usadil na jednotku plochy povrchu za jednotku času, situaci by to vyjasnilo. Pak bychom v naší modelové situaci pozorovali pokles depozice pylových zrn dubu a lípy, nárůst depozice pylových zrn břízy a stabilní poměry u všech ostatních druhů, což přesně odpovídá skutečnosti.

K řešení stačí, budeme-li znát přesnou koncentraci pylových zrn v určitém objemu sedimentu a čas, za který se tento objem usadil. To ovšem předpokládá poměrně dobrou znalost rychlosti depozice v dané době, odvoditelnou opět nejlépe na základě přesného radiokarbonového datování (obr. 2). Právě předpoklad dostatečně přesného datování byl hlavní překážkou pro první pyloanalytiku, kteří se pokoušeli o tvorbu absolutních diagramů (např. von Post 1916). Ani v době radiokarbonového datování se však nejedná o předpoklad samozřejmý, což podnes brání většímu rozšíření této metody. Také přesné stanovení koncentrace pylových zrn ve vzorku není bez překážek. Jako neúčinnější se ukázala metoda exotického markeru, kdy do určitého objemu vzorku vneseme určitý počet dobře rozpoznatelných pylových zrn nějaké exotické rostliny, na který později vztahujeme množství všech určených fosilních pylových zrn (Benninghof 1962; Peck 1974).

Metoda absolutních pylových diagramů nebrání paralelní konstrukci procentických diagramů na základě stejných dat, což je obvyklý postup při publikaci výsledků. Po studiu příslušné literatury lze konstatovat: V obdobích prudkých klimatických změn, tedy např. v pozdním glaciálu a začátkem holocénu, kdy významně kolísá celková produkce pylových zrn vegetací, mohou absolutní pylové diagramy znamenat zásadní posun v interpretaci dat. Pro střední a mladý holocén, tedy období důležitá ke studiu vývoje kulturní krajiny, však ne vždy přinášejí převratně nové pohledy, spíše jen drobná upřesnění. Za zásadní přínos lze v tomto případě považovat spíše sám uklidňující fakt, že zkrácení interpretace dat na základě procentických pylových diagramů nemusí být zdaleka tak kritické, jak by se v teoretické rovině mohlo zdát.

Kalibrace fosilních dat v recentních situacích

Studium produkce a distribuce pylových zrn současnou vegetací pokročilo v posledních zhruba patnácti letech a stalo se zřejmě nejvýznamnějším impulzem k posunu interpretace fosilních pyloanalytických dat směrem k vyšší „exaktnosti“. Tato metoda předpokládá použití pylových pastí různé konstrukce a co možná nejpřesnějšího popisu vegetace, klimatu, konfigurace terénu atd. v okolí studovaných ploch. Ke zpracování výsledků se používají korelační či multivariační numerické techniky a výsledky se testují pomocí matematických modelů (např. *Birks 1990; Hicks – Birks 1996; Sugita et al. 1999*). Recentní pylové studie v kulturní krajině, která nás teď především zajímá, se dají rozdělit zhruba do dvou kategorií: Jedny se zabývají odvozováním indikačních hodnot určitých pylových taxonů pro různé typy využití krajiny (land–use), jiné kvantifikací otevřenosti krajiny jakožto měřítkem intenzity lidského působení. Oba typy studií dohromady konečně řeší otázku transformací skutečné vegetace do formy jednotlivých pylových spekter, tj. problém jejich tafonomie. Na tomto místě se opět omezíme pouze na základní přehled dosažených výsledků s uvedením několika příkladů.

Pylová analýza byla tradičně považována za metodu s nízkou prostorovou citlivostí. Jinými slovy za metodu, která integruje vlivy z velmi širokého okolí a na pozadí takto globálního pylového spadu není schopna zachytit jevy malého plošného rozsahu. Výsledky recentních studií však hovoří v přímé kontradikci k těmto subjektivním závěrům. Tak např. *Sugita et al. (1999)* zjistili, že většina pylového spadu v průměrné evropské kulturní krajině pochází z okruhu 800 až 1000 metrů. Dřívější výsledky *Jansena (1986)* a *Régnela (1989)* vyznívají podobně. K nálezům extrémně lokálního pylového spadu došel např. *Andersen (1992; Andersen et al. 1983)* při studiu drobných slatinných dolíků, kde většina pylových zrn pocházela z okruhu menšího než 50 m. Nejméně lokální charakter pylových spekter je nutno předpokládat u vodních nádrží (jezer, rybníků), které zachycují poměry v okruhu několika kilometrů až několika desítek kilometrů, podle velikosti vodní plochy (*Bradshaw – Webb 1985; Prentice 1985*). Pylová analýza se tedy z hlediska studia prostorové struktury krajiny v plošných dimenzích řádově hektarů až desítek hektarů jeví jako překvapivě citlivá metoda. Péči je však třeba věnovat výběru vhodných lokalit, přičemž ideální jsou plošně málo rozsáhlá ložiska ležící uprostřed průměrné kulturní krajiny.

Také celkový stupeň otevřenosti krajiny je podstatným faktorem pro míru prostorové citlivosti pylového záznamu. Produkce pylových zrn i účinnost jejich distribuce jsou to-

tiž zdaleka nejvyšší v případě většiny (zvláště pionýrských) dřevin. Jejich pylový spad pak zastírá obraz bylinné vegetace, přičemž mnoho indikátorů lidské aktivity nemusí být zachyceno vůbec. Slabými producenty pylových zrn je bohužel většina druhů obilovin (až na žito – viz níže), pohanka (*Fagopyrum*) nebo všechny luštěniny, takže přítomnost polních kultur v převážně zalesněné krajině může být v určitých případech prokázána pouze přítomností pylových zrn polních plevelů, resp. rostlin zarůstajících úhory (Aaby 1994). Čím menší je podíl lesních ploch v určitém regionu, tím citlivějším se stává pylový diagram na indikátory lidského působení a tím lépe zachycuje změny v intenzitě tohoto působení (Broström 1998). Proto je často tak obtížné vůbec prokázat přítomnost člověka v krajině, natož pak studovat způsob jejího využití v obdobích mezolitu a nejstaršího zemědělského pravěku. Na základě pylových analýz se polootevřená krajina v takovém případě zpravidla jeví jako uzavřený les. Za tohoto stavu se nelze divit tradičnímu názorovému rozporu přírodovědců, dnes ztělesněného např. paleomalakologem V. Ložkem a paleobotaniky K. a E. Rybníčkovými, kteří na základě odlišných datových souborů rekonstruují do období nejstaršího zemědělského pravěku v prvním případě víceméně otevřenou polokulturní step a ve druhém případě krajinu s naprostou převahou lesa. Řešení tohoto (zdánlivého) rozporu se nabízí právě v podrobném studiu a respektování tafonomických faktorů, které vedly k tvorbě jednotlivých typů paleoekologického záznamu. Na závěr těchto úvah tedy můžeme učinit obecný závěr pro volbu regionů nejvhodnějších ke studiu historie využití krajiny: Ideální budou nejspíše ta území, u nichž předpokládáme dlouhodobé odlesnění, případně jejich okrajové zóny, kde se fluktuace osídlení mohly projevit ve formě výrazného odlesňování a opětovného zarůstání otevřených ploch.

Již jsme se krátce zmínili o problému nízké pylové produkce u většiny pěstovaných rostlin, kterým pro jejich význam v pylové analýze říkáme „primární antropogenní indikátory“. Jednou z mála výjimek (snad ještě kromě konopě seté – *Cannabis sativa*) je žito (*Secale cereale*), jehož případ můžeme uvést jako další ilustraci významu kalibrace fosilních dat v recentních situacích. Nálezy pylových zrn žita jsou v evropských „off-site“ profilech běžné již v době bronzové a jejich frekvence se dále postupně zvyšuje. Ve vzorcích středověkého stáří pak obvykle nabývá jeho pylová křivka vysokých hodnot (Behre 1992). Na první pohled bychom na základě pylových analýz mohli učinit závěr, že žito bylo běžně pěstovanou plodinou nejméně po celou dobu mladšího zemědělského pravěku. Tomu ovšem neodpovídají „on-site“ nálezy makrozbytků, kde je *Secale cereale* vzácnou příměsí mezi ostatními obilovinami. Z novějších studií vyplývá, že disperze pylových zrn u větrosprašného žita je zhruba 100x vyšší než u ostatních obilovin, kde pylová zrna zůstávají trvale uzavřena v pluchách jakožto důsledek adaptace k samoopylení (Behre 1981). Tím se vysvětluje zmíněný rozpor: většinou až do středověku bylo žito pouhým plevellem jiných obilných kultur (Behre 1992), ale možnost jeho zachycení v pylových diagramech je nesrovnatelně vyšší než v případě ostatních obilovin.

Zbývá ještě zmínit význam studií současného pylového spadu pro interpretaci pravěkých ekonomik. Zde je ovšem třeba upozornit na jedno podstatné omezení: Je v zásadě nemožné nalézt recentní analogie pravěkého způsobu hospodaření, tedy ani jakoukoliv přibližnou analogii pravěké krajiny ve střední Evropě. Zavedení herbicidů a umělých hnojiv, lesního hospodaření za účelem hromadné produkce dřeva – to jsou jen některé z celé řady změn působících natolik hluboké posuny ve funkcích všech složek krajiny, že plně platí označení období průmyslové revoluce za uzlový bod ve vývoji evropské přírody

(Sádlo – Storch 1999). Přesto může srovnání fosilních dat s výsledky recentních studií působit alespoň jako upozornění na některé opomíjené jevy a složitost celé problematiky. Vezměme například jitrocel kopinatý (*Plantago lanceolata*), jehož přítomnost v pylových diagramech je velmi často nekriticky interpretována jako doklad intenzivního pastevectví. Některé studie (např. Gaillard *et al.* 1992) tuto interpretaci sice potvrzují, jiné ale nikoli. Behre (1981) zcela správně upozorňuje na fakt, že přítomnost *Plantago lanceolata* v pylových diagramech může být v mnoha případech spíše dokladem přílohového hospodaření, neboť jitrocel kopinatý mohl masově růst na plochách opuštěných polí. Podrobnější rozbor současného výskytu totiž ukazuje, že je to druh širokého spektra světlých krátkostébelných sušších trávníků zarůstajících místa v nedávné době mechanicky narušená. Současnou analogií někdejších zarůstajících přílohů by mohly být např. plochy čerstvě opuštěných stavenišť. Na druhou stranu je velmi pravděpodobné, že pole ponechaná ladem byla přednostně spásána jakožto plochy ideální z hlediska produkce biomasy, takže obě uvedené interpretace (pastevectví/příloh) nemusejí být nutně ve vzájemném rozporu.

Numerické přístupy k analýze pyloanalytických dat

Pyloanalytická data se nejčastěji vyskytují ve formě kvantitativního zastoupení většího množství pylových taxonů ve větším množství stratigraficky řazených vzorků. Mají tudíž multivariační povahu. Jejich struktura je natolik složitá, že každá naše interpretace bude nutně zahrnovat jistou míru subjektivního hodnocení jak ve smyslu selektivního výběru z velkého množství dat (mnohé pylové diagramy zahrnují až stovky tisíc jednotlivých nálezů), tak ve smyslu vážení poměrného významu jednotlivých taxonů. Takový přístup nemusí být nutně nesprávný, naopak často dokáže zdaleka nejlépe vystihnout podstatné momenty ve struktuře interpretovaných datových souborů. Za určitých okolností se ovšem může ukázat potřebné hodnotit pyloanalytická data jako jeden celek. K tomuto účelu se vzhledem k povaze dat nejlépe hodí multivariační analytické techniky, především CA (Correspondence Analysis) a DCA (Detrended Correspondence Analysis). Na tomto místě není možné popisovat principy těchto metod a zájemce je nutno odkázat na rozsáhlou literaturu (např. Greenacre 1984; Braak 1987; Flury – Riedwyl 1988). Jednoduše můžeme charakterizovat multivariační techniky jako statistické metody vhodné pro detekci hlavních trendů v komplexních datových souborech formou kvantifikace a znázornění vzájemných vztahů mezi jednotlivými soubory proměnných (tj. jednotlivými „vrstvami“ v pyloanalytických datech). Význam korespondenční analýzy pro popis a kvantifikaci lidského působení v pylových diagramech diskutují Birks *et al.* (1988). Metoda se zvláště hodí pro hustě osídlená území, kde převážná většina vegetačních změn byla v minulosti přímým či nepřímým důsledkem lidských aktivit. Výsledky korespondenční analýzy pak většinou velmi dobře odpovídají změnám v zastoupení antropogenních indikátorů v pylovém diagramu a ukazují, že lidská aktivita měla dopad také na mnoho dalších složek vegetace v určité krajině (Birks *et al.* 1988; Aaby 1994).

Multivariační statistické techniky registrují v pyloanalytických datech především rychlost a intenzitu vegetačních změn. Pro období mladšího holocénu v relativně hustě osídlených oblastech je tyto změny možno z větší části přičíst lidskému vlivu. Působení člověka může mít obvykle ještě další důsledky na živou přírodu. Jedním z nich je zvyšování

diverzity stanovišť v krajině, které se může následně odrazit ve zvýšení druhové bohatosti živé přírody (Fukarek 1979). Tím, že nepřímo zachycuje složení vegetace v jednotlivých úsecích minulosti, může sloužit pylový diagram také jako zdroj informací o dlouhodobých změnách vegetační diverzity. Počet druhů zachycený v určitém vzorku závisí ovšem na celkovém počtu zaznamenaných individuí (v našem případě pylových zrn). Počty určených pylových zrn v diagramech se obvykle vzorek od vzorku liší a vztah mezi počtem zaznamenaných druhů a celkovou sumou jedinců přitom není lineární. Potřebujeme proto odhadnout, kolik taxonů bychom v každém vzorku našli, kdyby celková suma jedinců byla vždy identická. Numerická technika k dosažení tohoto cíle se nazývá „rarefaction analysis“ a její teorii shrnuje např. Tipper (1979). Aplikací „rarefaction analysis“ na stratifikovaná pyloanalytická data tak docházíme k vyjádření změn v „palynologické diverzitě“, které jsou v jakémisi (ne zcela lineárním) vztahu ke změnám ve vegetační diverzitě. Ukazuje se například, že období maximálního lidského působení v krajině se často vyznačují maximem palynologické diverzity (a nepřímo tedy vegetační, resp. stanovištní diverzity) a naopak (Berglund 1986; Birks et al. 1988; Birks – Line 1992). Významem „palynologické diverzity“ pro studium minulé biodiverzity se v nejnovější době zabývá Odgaard (1999), který také v tomto případě zdůrazňuje nutnost kalibrace metody v recentních situacích.

Výhodu dobré statistické reprezentativnosti pyloanalytických dat můžeme využít ještě v dalších aplikacích, např. při klasifikaci pylových diagramů na jednotlivá víceméně homogenní období. Tato tzv. zonace bývá obvykle prvním krokem k interpretaci pyloanalytických dat a většina pyloanalytiků ji provádí subjektivně, po vizuálním zhodnocení pylových diagramů. Jedním z možných alternativních způsobů je numerická zonace metodami klastrové analýzy a nejmenších čtverců (např. CONSLINK, CONISS, OPTIMAL SS). Zkušenosti autora tohoto článku s použitím zmíněných numerických metod ale nejsou jednoznačné. Vizuální hodnocení, které přihlíží k významu jednotlivých taxonů, obvykle lépe vystihuje povahu řešeného problému. Potíže ovšem často bývají s přesným umístěním hranic jednotlivých zón a v takovém případě mohou výsledky numerické zonace skutečně přinést ideální řešení. Stejně tak mohou upozornit na přítomnost určitých zlomových období v pylovém diagramu, které je jinak obtížné v tak velkém množství dat na první pohled odhalit.

Využití netradičních uloženin a možnosti korelace s dalšími přírodovědnými metodami

Tradičním objektem pyloanalytického výzkumu jsou sedimenty jezer a rašelinišť. Tím jsou ovšem možnosti pylové analýzy do velké míry omezeny na převážně vlhké a chladnější oblasti s častějším výskytem vhodných lokalit. Postupem času však dochází k rozšíření zájmu také na další typy uloženin, jako jsou organicko–minerální sedimenty pramenišť, sedimenty drobných terénních depresí (které mohou na pouhých několika decimetrech mocnosti chovat úplný záznam třeba i celého holocénu – např. Knaap – Leeuwen 1995), vápnité sedimenty, koluviální uloženiny a povodňové hlíny, v jejichž případě se nepotvrzují obavy z možné kontaminace redeponovanými, vodou transportovanými pylovými zrnky (Brown 1985; 1997). Tak se podstatně rozšiřuje množství lokalit potenciálně vhodných k pylovým analýzám, a co je pro aplikace v krajině archeologii zvláště významné,

ke slovu mohou přijít i suchá a teplá sprašová území s nejdelší historií zemědělského osídlení. Významně tím rovněž narůstá možnost korelace pyloanalytických dat s výsledky dalších přírodovědných metod: u vápnitých uloženin převážně s malakostratigrafickými daty a s výsledky analýz stabilních izotopů kyslíku jakožto paleoklimatického indikátoru, u všech alespoň částečně minerálních uloženin s výsledky sedimentologických analýz, které jsou obvykle ukazatelem změn v erozní aktivitě a zároveň odrážejí vývoj půd v povodích (Starkel 1987; Willis *et al.* 1997; Pokorný 2000; 2001).

Přímo v pyloanalytických preparátech nacházíme množství dalších mikrofosilií různého původu a možnosti jejich určování se neustále zvyšují. Pro studium historie některých jevů mají někdy dokonce větší význam než nálezy vlastních pylových zrn. Zbytky mikroskopických hub mohou např. indikovat hnojení, požáry nebo napadení určitých druhů rostlin patogeny (van Geel 1978). Studium fosilních chlorokokálních řas, opět přímo v pyloanalytických preparátech, nachází aplikace v paleoklimatologii a ve výzkumu koloběhu živin v povodích (Jankovská – Komárek 2000; Pokorný 2000). Historii požárů v okolí pyloanalytických lokalit lze studovat pomocí analýzy mikroskopických uhlíků. V prostředí střední Evropy jsou přirozené požáry relativně vzácné, a tak je výskyt uhlíků v sedimentech většinou interpretovatelný jako důsledek záměrného užívání ohně lidskými populacemi (Tinner *et al.* 1999; Pokorný 1999).

Ještě jsme se nezmínili o významu analýzy rostlinných makrozbytků, která je s pylovou analýzou spřízněna přes rostlinu jako vlastní objekt studia. Její výsledky mohou být jednak nástrojem ke vzájemnému odlišení lokálního pylového spadu od regionálního (Rybníčková – Rybníček 1971; Pokorný *et al.* 2000), jednak mohou přinést zcela jedinečná data k historii mokřadní vegetace zkoumané lokality a jejího bezprostředního okolí. Na rozdíl od mnoha pylových zrn je totiž určování rostlinných makrozbytků většinou proveditelné až na úroveň botanického druhu.

Jen ve stručnosti se zmiňme ještě o dalších přírodovědných metodách relevantních pro korelaci s výsledky pylových analýz. Mezi nejnovější patří např. analýza DNA přímo z pylových zrn (Suyama *et al.* 1996) a rostlinných makrozbytků, umožněná vypracováním účinných metod její amplifikace pomocí polymerázové řetězové reakce (PCR). Veliký význam, nejen pro pylovou analýzu, má rovněž široké zavedení přímého stanovení obsahu ^{14}C použitím atomových hmotnostních spektrometrů (AMS), které v mnoha případech znamená znatelné zpřesnění dosavadního radiokarbonového datování jednotlivých událostí.

3. PŘÍKLADY ŘEŠENÍ OTÁZEK KRAJINNÉ ARCHEOLOGIE METODAMI PYLOVÉ ANALÝZY

Metodické pokroky pylové analýzy zmiňované v předchozí kapitole a důraz na její multidisciplinární zapojení vedly v posledních dvou desetiletích k několika významným paradigmatickým posunům ve výběru otázek a objektů studia. Jedním z nich je úzké propojení „off-site“ pylové analýzy (a dalších příbuzných metod) s problémy krajinné archeologie, jak ostatně demonstruje několik úspěšných mezinárodních projektů postavených právě na tomto spojení (např. YSAD, PACT a řada projektů pro výzkum předalpských jezer). V našem prostředí sice již došlo k hodnotným pokusům o vzájemnou spolupráci mezi oběma obory (viz např. Rybníčková – Rybníček 1975; 1985; Neustupný 1985; Jankovská 1988;

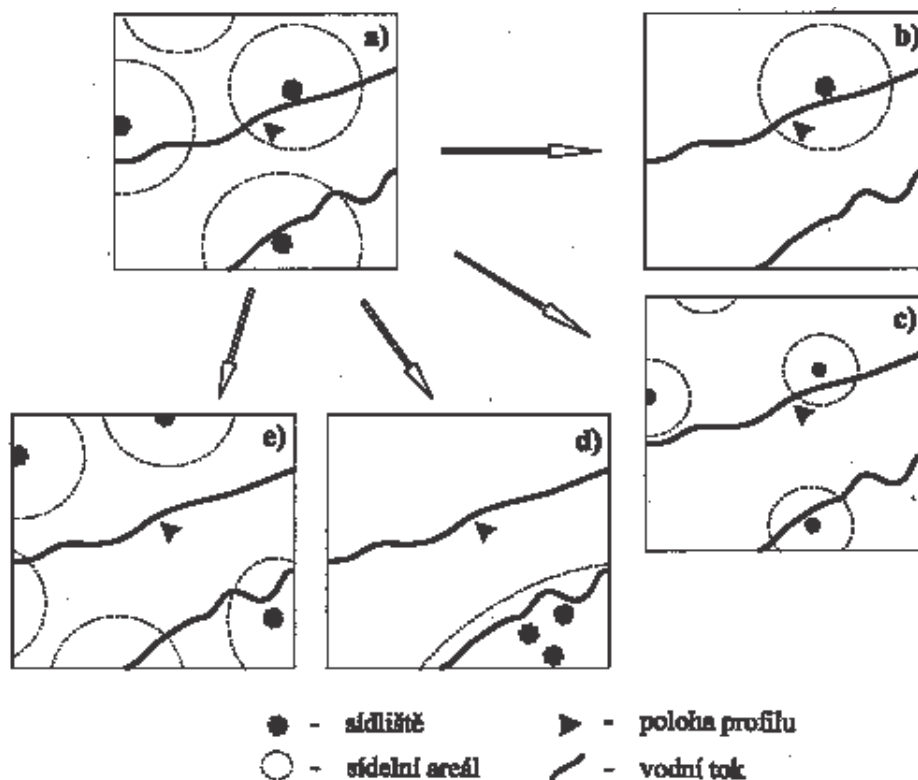
1994; 1997; Dreslerová et al. 1994; Speranza et al. 2000), avšak z rozličných důvodů nemohl být plně využit její skutečný potenciál. Je třeba si uvědomit, že podobná spolupráce vyžaduje nejen maximální metodickou připravenost na moderní úrovni, ale i specifické intelektuální vyladění spolupracujících odborníků, kteří navíc sběru potřebných dat a vzájemné diskusi věnují většinu své pracovní kapacity.

Účelem tohoto příspěvku je v první řadě další zvýšení vzájemné informovanosti mezi archeology a přírodovědci a zároveň příprava nástrojů k možné nejtěsnější spolupráci mezi krajinnými archeology a pyloanalytiky. Proto si ve světle toho, co již bylo řečeno v předchozím textu, dovolíme krátký pohled pyloanalytika na možnosti řešení některých otázek krajinné archeologie.

Dlouhodobá sídelní dynamika v čase a prostoru

Výsledky velkého množství jednotlivých pyloanalytických výzkumů z celé Evropy jasně ukazují, že intenzita lidského působení na krajinu v okolí zkoumaných lokalit se během posledních cca 5 000 let výrazně měnila. Takové změny se obvykle nazývají expanzními a regresními (regeneračními) fázemi (Berglund 1985). Pokud nás zajímají převážně krajinně archeologické otázky související s problémy prostorové struktury osídlení a přírodních zdrojů, nevystačíme s pouhým popisem expanzních a regresních fází v jediném pylovém diagramu. Již jsme si ukázali, že pylový diagram v typickém případě odráží situaci v prostoru několika málo km². Tato plocha v rámci určitého archeologického mikroregionu představuje zhruba oblast několika sídelních areálů (v podmínkách tzv. staré sídelní oblasti Čech: Neustupný 1986; 1991; 1994; Smrž 1994; Dreslerová 1996; Kuna 1997). Základní problém za takových okolností nutně zní: Je příčinou určité změny v intenzitě antropického vlivu, pozorovatelné v pylovém diagramu, posun v hustotě osídlení celého mikroregionu (tj. v množství či velikosti jeho sídelních areálů), nebo pouhá změna v jeho vnitřním prostorovém uspořádání? Možná alternativní vysvětlení změn v zastoupení antropogenních indikátorů v takovém případě ilustruje příklad na obr. 3. Z příkladu je zřejmé, že rozhodnout mezi jednotlivými alternativními hypotézami může pouze další výzkum. Zvláště vhodný je k tomuto účelu podrobný povrchový sběr artefaktů (Kuna 1994; 1998a) nebo referenční pyloanalytický výzkum v blízkém sousedství původní lokality, nejlépe však kombinace obojího. Co se týče strategie pyloanalytického výzkumu, pozornost je třeba věnovat výběru kvalitního referenčního profilu (nebo více referenčních profilů), který by měl v ideálním případě ležet do vzdálenosti okolo 2 km od původního profilu a ve srovnatelné terénní situaci. Dobrá vzájemná korelace obou záznamů pomocí absolutního datování je samozřejmým předpokladem. Záměrně jsme z předchozího kladení otázek vynechali možnost změn v ekonomickém systému, které mohou být teoreticky také příčinou změn v zastoupení antropogenních indikátorů. K této otázce se však vrátíme ještě později.

Nahlédli jsme krátce do problému prostorové reprezentativnosti pyloanalytických dat. Můžeme jej přitom do jisté míry považovat za problém zvoleného měřítka pohledu. Například v kontextu uvedeného příkladu (obr. 3) pozorujeme následující: Pokles antropogenních indikátorů v pylovém diagramu je na dostatečně malém prostoru (lze jej obecně definovat jako prostor, ze kterého pochází libovolně zvolené pylové zrno s pravděpodobností vyšší než 50 %) skutečně odrazem regrese osídlení, ale již to nemusí zdaleka platit



Obr. 3. Alternativní vysvětlení příčin poklesu antropogenních indikátorů v pylovém záznamu (velikost plochy každého segmentu je několik km^2). a) výchozí stav, b) pokles počtu sídelních areálů, c) pokles velikosti sídelních areálů, d) sloučení síd. ar., e) změna polohy síd. ar. Výběr z jednotlivých alternativních modelů vyplývá především z obecné teorie sídelních areálů a je popsán v textu. — Fig. 3. Alternative hypotheses for the decline of anthropogenic indicators in pollen diagrams (the area of each segment is several km^2). a) starting point, b) decrease in number of settlement areas, c) shrinkage of settlement areas, d) fusion of settlement areas, e) change in position of individual settlement areas. Selection between individual alternative models, described in the text, is the subject of settlement area theory.

pro území několikanásobně větší (tj. zhruba na úrovni velikosti mikroregionu), natož pak pro oblast větší o několik řádů (na úrovni celých krajinných celků). Pravděpodobnostní charakter pylových spekter (nabízí se paralela s teorií atraktorů) je jejich charakteristickou vlastností. To je nutné mít na zřeteli již ve fázi formulování strategie každého krajinně archeologického výzkumu, který počítá s využitím pylových analýz.

Nejnovější výsledky intenzivního povrchového archeologického průzkumu ve středních Čechách přinášejí v otázce prostorové interpretace pyloanalytických dat určitou naději za předpokladu, že mohou být zobecněny a extrapolovány také na celý zbytek staré sídelní oblasti. Ukazuje se totiž (Kuna 1998a; 1998b), že osídlení zde bylo kontinuální (resp. kontinuální ve smyslu archeologické rozpoznatelnosti) po celý zemědělský pravěk, a to v relativně stálých sídelních areálech. Pokud se potvrdí tento nálezný konkrétně pro území zkoumaná pyloanalyticky, máme do jisté míry v rukou nástroj k interpretaci expanz-

ních a regresních fází v pylových diagramech, a to ve smyslu demografického vývoje minulých společností (tj. změn ve velikosti populace, viz model „b“ a „c“ na obr. 3. Model „c“ je přitom méně pravděpodobný vzhledem k potřebě určitého minimálního ekonomického zázemí každého sídliště – Dreslerová 1995). Prvotní příčiny takových změn mohou být ovšem velmi různé. Může jít o příčiny technologické, kulturní, socioekonomické, klimatické, změny v hydrologii, v úrodnosti půd atd. Jednotlivé příčiny se navíc mohly vzájemně kombinovat, takže většinou není v možnostech pylové analýzy, samotné archeologie, ani obou dohromady, aby stanovily kauzální předpoklady pozorovaných změn (pokud nějaká jednoduchá kauzalita vůbec kdy existovala). Ale již samotná paralelizace expanzních a regresních fází s demografickou křivkou vývoje minulých společností by znamenala výrazný krok kupředu. Chronologická citlivost pylových diagramů i možnosti jejich kvantitativní interpretace jsou totiž podstatně vyšší, než je tomu v případě drtivé většiny ostatních pramenů, včetně samotných archeologických.

Využití krajiny v období zemědělského pravěku a středověku

Otázka zemědělského využití pravěké krajiny a zvláště pak vzájemného poměru mezi obilnářstvím a pastevectvím je klasickým problémem pylové analýzy. Po studiu obsáhlé literatury týkající se tohoto problému však můžeme nabýt poměrně rozpačitého dojmu. Co autor, to odlišná interpretace pyloanalytických dat. Komplikace spočívá v ekologické amplitudě jednotlivých druhů: určitý druh se může za různých podmínek v různých částech svého areálu a v různých kontextech s ostatní vegetací chovat pokaždé poněkud odlišně. Proto v zásadě není možné vytvořit k interpretaci sekundárních antropogenních indikátorů obecný klíč, který by nahradil solidní znalosti ekologie území, se kterým pyloanalytik pracuje. (Sekundární antropogenní indikátory jsou ty druhy rostlin, které sice na daném území mohly tvořit součást přirozené vegetace, ale při určitém typu hospodaření jsou podporovány a významně se šíří.) Případ klasického „pastevního indikátoru“ – jitrocele kopinatého (*Plantago lanceolata*) zde byl již zmíněn. Podobně složitá se jeví situace také s dalším významným druhem – vřesem obecným (*Calluna vulgaris*). Podle Behreho (1981) je vřes klasickým indikátorem suchých pastvín, jinde je zmiňován v kontextu periodického vypalování (Birks 1990; Gaillard *et al.* 1992), v atlantické části Evropy ovšem vystupuje jako běžná součást vegetace na plochách vřesovišť (v naprosté většině však primárně antropicky podmíněných – Andersen 1992). Ani zvýšení taxonomické přesnosti determinace pylových zrn a výsledky recentních studií pylového spadu zatím v případě mnoha sekundárních antropogenních indikátorů nepodávají zcela konzistentní výsledky.

Vraťme se k obtížím s odhadem relativního významu pastvy v pravěkých ekonomikách. Musíme si v této souvislosti uvědomit, že ostré rozdělení krajiny na okrsky určené k trvalému obdělávání, pastvě, produkci sena a dřeva je fenomén relativně nový. Jeho kořeny sice spatřuje Rösch (1993) již v pozdní době bronzové, ale k definitivnímu zakotvení tohoto systému došlo až se zavedením trojpolního hospodářství na sklonku raného středověku (Beranová 1980). Užívání přílohu, charakteristické zřejmě pro všechny pravěké zemědělské ekonomiky, muselo mít za následek podstatně méně kontrastní rozvržení krajinného prostoru. Nevelké plochy obilných kultur s množstvím víceletých plevelů, pole ležící ladem a užívaná k pastvě, po delším čase ovšem zarůstající křovinami, vypásané le-

sy degradující případně až na úroveň otevřených ploch travinné vegetace – to zřejmě byly vedle nevelkých sídlištních a kultovních okrsků základní jednotky pravěké kulturní krajiny. Tyto jednotky ovšem plynule přecházely jedna v druhou. Z toho vidíme, jak ošidné může být například pátrání po pastevních indikátorech v době, kdy pastviny v dnešním slova smyslu ještě vůbec nemusely existovat.

Nástup antropogenních indikátorů v pylových diagramech bývá pravidelně spojen s ústupem mnoha druhů dřevin, zvláště listnatých. Někteří autoři se pokoušeli interpretovat tyto změny jako důsledek lesní pastvy, případně oklestu za účelem zimního příkrmování dobytka ještě před vznikem a plným rozvojem kosených luk (např. *Troels-Smith 1960*). Soudě podle současných analogií ze Středního Východu (*Dreslerová – Sádlo 2000*), lze pochybovat, že by soustavný oklest vedl k masivnímu a dlouhodobějšímu ústupu některých druhů dřevin či dokonce k ústupu lesa vůbec. Jarní oklest mohl vést pouze k relativnímu podhodnocení určitých druhů dřevin v pylovém spektru, i když tento jev dosud nebyl na základě recentních analogií spolehlivě popsán. Interpretaci změn v poměrném zastoupení jednotlivých dřevin navíc dále komplikuje fakt, že ještě v eneolitu nebyla dokončena imigrace hlavních dřevin do střední Evropy. Příchod jedle a habru v době cca 3 000 př. n. l. na naše území (*Rybničková – Rybniček 1996*) tak mohl způsobit výrazné posuny především ve struktuře smíšených doubrav s jilmem a lípou.

Některé problémy spojené se studiem struktury pravěkého polního hospodářství byly nadneseny výše. Tam jsme také ukázali, jak mohou recentní analogie pylového spadu a detailní determinace pylových zrn pomoci při studiu spektra pěstovaných druhů. Zavedení nových zemědělských plodin je obvykle doprovázeno technologickými změnami. Dopad takových událostí na živou přírodu může být proto velmi komplexní. Nejnápadnějším kvalitativním skokem se z pohledu pylových analýz jeví všeobecné rozšíření trojpolního systému ve vrcholném středověku (*Beranová 1980; Behre 1981*). Užití těžkého záhonového pluhu (poprvé doloženého ve střední Evropě v 1. století n. l., obecně rozšířeného až ve vrcholném středověku – *Behre 1981*) znamenalo další zásah do ekologie polních kultur. Hloubka orby se podstatně zvýšila, což mělo za následek ústup víceletých druhů plevelů ve prospěch druhů jednoletých (*Behre 1981; 1992*). Zároveň se pravděpodobně zvýšila i velikost samotných polí, takže do nich přestaly významně zasahovat druhy z okolních společenstev a mohla se vyvinout specifická garnitura polních plevelů. Intenzifikace a prosotorová koncentrace zemědělství se následně odrazily ve zvýšení objemu erodované půdy a nepřímo také v tvárnosti krajiny jako celku (o dopadu na říční nivy viz *Opravit 1983* a sborník *Růžičková – Zeman 1994*).

Úkol „off-site“ pylové analýzy v otázkách historie využití kulturní krajiny (land-use) je mimořádně obtížný. Bez těsného spojení s výsledky archeologického bádání v tomto směru většinou nelze činit spolehlivé závěry. V některých případech může pomoci současná aplikace více přírodovědných metod – makrozbytkové analýzy, analýzy uhlíkových částic a dalších mikrofosilií nebo sedimentologické analýzy.

Problém mezolitu

Otázka vlivu lidských populací na přírodu v době před introdukcí zemědělství je stále předmětem mnoha kontroverzních diskusí. Tradiční pohled považuje tento vliv za zcela

zanedbatelný a možnosti palynologické indikace za velmi omezené (např. *Kloss 1987; Rybníček – Rybníčková 1992*). Množí se však důkazy o tom, že lovecko–sběračské populace mezolitu nevyužívaly přírodní prostředí pouze pasivně. Za účelem získávání obživy zřejmě byla záměrně pěstována líska, určité druhy trav, merlíků (*Chenopodium*), štovíků (*Rumex*) a více druhů vodních rostlin (*Zvelebil 1994*). Největší dopad na tehdejší krajinu mělo zřejmě vypalování. Výsledkem této záměrné činnosti mohlo být potlačení lesa, zvýšení diverzity stanovišť a tím rozmanitosti zdrojů obživy (*Mellears 1976*).

Je zřejmé, že v otázce vlivu mezolitických populací na krajinu se pohybujeme na samé hranici metodických možností pylové analýzy. Hlavním omezením je nemožnost použití tzv. primárních antropogenních indikátorů, tj. pylových zrn pěstovaných rostlin exotického původu. Za nejspolehlivější důkaz lidské aktivity v předzemědělské době se proto považuje kontinuální výskyt mikroskopických uhlíků v přirozených sedimentech (*Vuorela 1995; Regnell et al. 1995*). Za použití analýz s vysokým časovým rozlišením pak můžeme korelovat častý výskyt požárů s nálezy pylových zrn sekundárních antropogenních indikátorů a usuzovat tak na zvýšenou aktivitu lidských populací v okolí lokality. Tento přístup není bez problémů, ale již přinesl některé slibné výsledky (např. *Regnell et al. 1995; Pokorný 1999*; přehled starší literatury viz *Zvelebil 1994*). Vzhledem ke složitosti celé problematiky mezolitu je však opět třeba zdůraznit význam interdisciplinárního pojetí výzkumu s využitím jak „off-site“, tak „on-site“ přístupů.

Diverzita a dostupnost přírodních zdrojů

Rekonstrukce přírodního prostředí, ve kterém se odehrává vývoj lidských populací, patří mezi vlastní úkoly pylové analýzy. Data, která poskytuje, lze například využít jako výchozí materiál k odhadu dostupnosti přírodních zdrojů v určité době. Složení vegetace také nepřímo odráží klimatické podmínky, stav půd či hydrologii studovaného území. Například přítomnost pylových zrn vodních rostlin může potvrzovat existenci vodní nádrže, vymizení porostů tvrdého luhu v nivě řeky zase vysokou povodňovou aktivitu v dané době atd.

Jedním z kvantitativních parametrů přírodního prostředí je diverzita jeho různých složek. Pyloanalytická data lze použít k odhadu vegetační diverzity způsobem, jež byl popsán výše. Tam jsme také učinili obecný závěr, že míra takto vypočtené diverzity je zpravidla ve vztahu přímé úměrnosti k intenzitě lidského působení v krajině. Pokud ovšem tato intenzita překročí určitou mez, výsledek může být právě opačný. Moment takového zvratu můžeme obecně nazvat ekologickou krizí. Není třeba zdůrazňovat, jaký význam může mít studium podobných jevů pro aplikace v krajinné archeologii. Znovu však připomeňme, že zdrojem našich poznatků jsou v tomto případě opět pyloanalytická data, která trpí problémem prostorové reprezentativnosti (viz výše). Také se všemi odvozenými daty proto musíme zacházet dostatečně kritickým způsobem.

4. ZÁVĚR

Na několika příkladech jsme se v tomto krátkém přehledu pokusili nastínit současné možnosti a trvalý omezení pylové analýzy jakožto metody studia historického vývoje

kulturní krajiny. Každá strategie krajinné archeologického výzkumu, který počítá s jejím využitím, by měla uvedené skutečnosti adekvátním způsobem zohlednit.

Pylová analýza se pro studium vývoje kulturní krajiny jeví jako vysoce účinná, zároveň však poměrně náročná metoda. Její finanční a časová náročnost, stejně jako komplexnost získávaných dat, vyžadují nasazení celých pracovních skupin do podobného výzkumu. Takové skupiny jsou na zahraničních pracovištích běžnou praxí a zahrnují minimálně několik pyloanalytiků, odborníky na makrozbytkovou analýzu a jejich společný technický personál. Úzce spolupracují jak s archeology, tak s recentními botaniky, pedology či kvartérními geology. Dobré laboratorní a přístrojové vybavení je samozřejmostí, stejně jako přímý přístup k literatuře a srovnávacím sbírkám. V našem domácím prostředí jsou zatím podobné podmínky z rozličných důvodů nedostižným ideálem. Ani nejvyšší osobní nasazení izolovaných pracovníků není s to nahradit výhody dobře organizované týmové práce. Není však žádný důvod k tomu, abychom se nesnažili současný neuspokojivý stav změnit. Ideálem je přechod od stavu, v němž si nezávislé metodologické koncepty pěstují své problémy a své mýty a nanejvýš se vzájemně jednostranně využívají (viz např. status paleoekologických disciplín jako „pomocných věd archeologických“) ke vzniku integrální vědy o minulosti krajiny a člověka v ní. Je nutné položit základy ke spolupráci již během univerzitního studia úpravou studijních programů a mezioborovou komunikaci mezi archeology a pyloanalytiky explicitně stanovit jako pozitivní faktor při grantovém řízení a financování výzkumných projektů.

Tento příspěvek vznikl jako reakce na diskuse s krajinnými archeology (především D. Dreslerovou a J. Benešem) a botaniky (především J. Sádlem a J. Novákem) za účelem formulování výzkumné strategie pro projekt Grantové agentury České republiky „Vývoj vegetace a synantropizace krajiny centrální části České kotliny v průběhu holocénu“ (reg. č. 206/00/0073). Práce vznikla také jako součást výzkumného programu AVOZ 6005908 Botanického ústavu AV ČR. Za poskytnutí všestranného zázemí během přípravy článku děkuji kolegům z paleoekologické skupiny při Geobotanickém ústavu Univerzity v Bernu.

LITERATURA

- Aaby, B. 1994: NAP percentages as an expression of cleared areas. In: B. Frenzel (ed.), Evaluation of land surfaces cleared from forests by prehistoric man in Early Neolithic times and the time of migrating Germanic tribes. G. Fischer, Stuttgart, 13–27.
- Andersen, S. T. 1992: Pollen proxy data for human impact on vegetation (based on methodological experiences). In: B. Frenzel (ed.), Evaluation of land surfaces cleared from forests by prehistoric man in Early Neolithic times and the time of migrating Germanic tribes. G. Fischer, Stuttgart, 1–11.
- Andersen, S. T. – Aaby, B. – Odgaard, B. 1983: Environment and Man. Current studies in vegetational history at the Geological Survey of Denmark. Journal of Danish Archaeology 2, 184–196.
- Behre, K. E. 1981: The interpretation of anthropogenic indicators in pollen spectra. Pollen Spores 13 (2), 225–245.
- 1992: The history of rye cultivation in Europe. Veget. Hist. Archaeobot. 1, 141–156.
- Benninghoff, W. S. 1962: Calculation of pollen and spore density in sediments by addition of exotic pollen in known quantities. Pollen Spores 4, 332–333.
- Beranová, M. 1980: Zemědělství starých Slovanů. Praha.
- Berglund, B. E. 1985: Early agriculture in Scandinavia: Research problems related to pollen-analytical studies. Norwegian Archaeological Review, 18, 77–105.
- 1986: The cultural landscape in a long-term perspective. Methods and theories behind the research on land-use and landscape dynamics. Striae 24, 79–87.

- Birks, H. J. B. 1990: Indicator values of pollen types from post–6000 B. P. pollen assemblages from southern England and southern Sweden. *Quaternary studies in Poland* 10, 22–31.
- Birks, H. J. B. – Birks, H. H. 1980: *Quaternary palaeoecology*. Edward Arnold, London, 289.
- Birks, H. J. B. – Line, J. M. – Persson, T. 1988: Quantitative Estimation of Human Impact on Cultural Landscape Development. In: H. H. Birks – H. J. B. Birks – P. E. Kaland – T. Persson (eds.), *The Cultural landscape – Past, Present and future*. Cambridge University Press, Cambridge, 229–240.
- Birks, H. J. B. – Line, J. M. 1992: The use of rarefaction analysis for estimating palynological richness from Quaternary pollenanalytica data. *The Holocene* 2, 1–10.
- Bradshaw, R. H. W. – Webb, T. 1985: Relationships between contemporary pollen and vegetation data from Wisconsin and Michigan, USA. *Ecology* 66, 721–737.
- Broström, A. – Gaillard, M.–J. – Ihse, M. – Odgaard, B. 1998: Pollen–landscape relationships in modern analogues of ancient cultural landscapes in southern Sweden – a first step towards quantification of vegetation openness in the past. *Veget. Hist. Archaeobot.* 7, 198–201.
- Brown, A. G. 1985: The potential of pollen in the identification of suspended sediment sources. *Earth Surface Processes & Landform* 10, 27–32.
- 1997: *Alluvial geoarchaeology (Floodplain archaeology and environmental change)*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Cerceanu–Larrival, M.–Th. 1971: Morphologie pollinique et correlations phylogenetiques chez les Umbellifères. In: V. H. Heywood (ed.), *The biology and Chemistry of the Umbelliferae*. J. Linn. Soc. Bot., Suppl., 109–156.
- Dreslerová, D. 1995: A settlement–economic model for a prehistoric microregion: settlement activities in the Vnoř–stream basin during the Hallstatt period. In: M. Kuna – N. Venclová (eds.), *Whither Archaeology. Papers in honour of Evžen Neustupný*. Praha, Institute of Archaeology, 145–160.
- 1996: Modelování přírodních podmínek mikroregionu na základě archeologických dat, *Archeologické rozhledy* 48, 605–614, 709–712.
- Dreslerová, D. – Břizová, E. – Havlíček, P. – Růžicková, E. – Zeman, A. 1997: Osídlení a vývoj holocénní nivy Labe mezi Nymburkem a Mělníkem. Grantový projekt GA ČR č. 404/94/0604. MS, depon. in archiv AÚ AV ČR Praha.
- Dreslerová, D. – Sádlo, J. 2000: Les jako součást pravěké kulturní krajiny. *Archeologické rozhledy* 52, 330–346.
- Edwards, K. D. 1991: Using space in cultural palynology: The value of the off–site pollen record. In: D. R. Harris – K. D. Thomas (eds.), *Modelling ecological change. Perspectives from neoecology, palaeoecology and environmental archaeology*. Institute of Archaeology, University College London, 61–73.
- Flury, B. – Riedwyl, H. 1988: *Multivariate statistics. A practical approach*. Chapman and Hall, London, 296.
- Fukarek, F. ed. 1979: *Pflanzenwelt der Erde*. Urania Vlg., Leipzig.
- Gaillard, M. J. – Birks, H. J. B. – Emanuelson, U. – Berglund, B. E. 1992: Modern pollen/land–use relationships as an aid in the reconstruction of past land–uses and cultural landscapes: an example from south Sweden. *Veget. Hist. Archaeobot.* 1, 3–17.
- Greenacre, M. J. 1984: *Theory and Applications of Correspondence Analysis*. Academic Press, London.
- Hicks, S. – Birks, H. J. B. 1996: Numerical analysis of modern and fossil pollen spectra as a tool for elucidating the nature of fine–scale human activities in boreal areas. *Veget. Hist. Archaeobot.* 5, 257–272.
- Iversen, J. 1973: The development of Denmark's nature since the Last Glacial. *Danm. Geol. Unders.* V, 7–C, 126.
- Jankovská, V. 1988: Palynologische Erforschung archäologischer Proben aus dem Komořanské jezero–See bei Most (NW–Böhmen). *Folia Geobot. Phytotax.*, 23, 45–77.
- 1994: Pylové spektrum, synantropní vegetace a perspektivy využití pylových analýz v české archeologii. In: J. Beneš – V. Brůna (eds.), *Archaeology and landscape ecology*. Most, 147–159.
- 1997: Archeologie a pylová analýza – metodické poznámky. *Archeologické rozhledy* 49, 146–147.
- Jankovská, V. – Komárek, J. 2000: Indicative Value of *Pediastrum* and Other Coccal Green Algae in Palaeoecology. *Folia Geobot.* 35, 59–82.
- Jansen, C. R. 1986: The use of local pollen indicators and of the contrast between regional and local pollen values in the assessment of the human impact on vegetation. In: K. E. Behre (ed.), *Anthropogenic Indicators in Pollen Diagrams*. A. A. Balkema, Rotherdam, 203–208.
- Kloss, K. 1987: Pollenanalysen zur Vegetationsgeschichte, Moorenentwicklung und mesolithisch–neolithischen Besiedlung in Unteren Rhinluch bei Friesack, Bezirk Potsdam. *Ver. Mus. Früh.* Potsdam 21, 101–120.

- Kuna, M. 1994: Archeologický průzkum povrchovými sběry — Archaeological survey by surface collection. Zprávy České archeologické společnosti, Supplement 23. Praha.
- 1997: Geografický informační systém a výzkum pravěké sídelní struktury. In: J. Macháček (ed.), Počítačová podpora v archeologii. Brno, 173–194.
- 1998a: Keramika, povrchový sběr a kontinuita pravěké krajiny. Archeologické rozhledy 50, 192–223.
- 1998b: The memory of landscapes. In: E. Neustupný (ed.), Space in prehistoric Bohemia. Praha, 77–83.
- Losert, H. 1940: Beiträge zur spät- und nacheiszeitlichen Vegetationsgeschichte Innerböhmens. I. Der Kommerner See. Beihefte zum Botanischen Zentralblatt 60, 346–394.
- Mellars, P. 1976: Fire ecology, animal populations and man: a study of some ecological relationships in prehistory. Proceedings of the Prehistoric Society 42, 15–45.
- Neustupný, E. 1985: K holocénu Komořanského jezera. Památky archeologické 76, 9–70.
- 1986: Sídelní areály pravěkých zemědělců — Settlement areas of prehistoric farmers. Památky archeologické 77, 226–234.
- 1991: Community areas of prehistoric farmers in Bohemia. Antiquity 65, 326–331.
- 1994: Settlement area theory in Bohemian archaeology. In: Památky archeologické — Supplementum 1. Praha, 248–258.
- Odgaard, B. V. 1999: Follis pollen as a record of past biodiversity. Journal of Biogeography 26, 7–17.
- Oprávil, E. 1983: Údolní niva v době hradištní. Studie archeologického ústavu ČSAV v Brně XI/2, 77.
- Peck, R. M. 1974: A comparison of four absolute pollen preparation techniques. New Phytol. 73, 567–587.
- Pokorný, P. 1999: Vliv mezolitických populací na krajinu a vegetaci: nové nálezy ze staršího holocénu Třeboňské pánve. Zprávy Archeologické společnosti, Supplement 38, 21–22.
- 2000: Palaeoecology of a former Lake Švarcenberk and the development of the surrounding landscape during the Late-Glacial and the Holocene. Dizertační práce, depon. Biologická fakulta JČU, České Budějovice. 108 pp.
- 2001: Nutrient distribution changes within a small lake and its catchment as response to rapid climatic oscillations. In: J. Vymazal (ed.), Nutrient distribution in natural and constructed wetlands. Backhuys Publishers, Leiden, 463–482.
- Pokorný, P. – Klimešová, J. – Klimeš, L. 2000: Late Holocene History and Vegetation Dynamics of a Flood-plain Alder Carr: A Case Study from Eastern Bohemia, Czech Republic. Folia Geobot. 35, 43–58.
- Prentice, I. C. 1985: Pollen representation, source area and basin size: toward a unified theory of pollen analysis. Quaternary Research 23, 76–86.
- Punt, W. ed. 1976–1996: The Northwest European Pollen Flora 1–7. Elsevier, Amsterdam.
- Regnell, J. 1989: Vegetation and land use during 6000 years. Palaeoecology of the cultural landscape of two lake sites in Southern Skane, Sweden. Lundqua Thesis 27, 1–61.
- Regnell, M. – Gaillard, M. J. – Bartholin, T. S. – Karsten, P. 1995: Reconstruction of environment and history of plant use during the late Mesolithic (Ertebole culture) at the inland settlement of Bkegerg III, southern Sweden. Veget. Hist. Archaeobot. 4, 67–91.
- Rösch, M. 1992: Human impact as registered in the pollen record: some results from the western Lake Constance region, Southern Germany. Vegetation History and Archaeobotany 1, 101–109.
- 1993: Prehistoric land use as recorded in lake–shore core at Lake Constance. Vegetation History and Archaeobotany 2, 213–232.
- Růžičková, E. – Zeman, A. 1994: Holocene flood plain of the Labe river. Geological Institute of Academy of Sciences of the Czech Republic, Prague.
- Rybníček, K. – Rybníčková, E. 1992: Past human activity as a florogenetic factor in Czechoslovakia. Acta Bot. Fennica 144, 59–62.
- Rybníčková, E. – Rybníček, K. 1971: The determination and elimination of local elements in pollen spectra from different sediments. Rev. Palaeobot. Palynol. 11, 165–176.
- 1975: Ergebnisse einer paläogeobotanischen erforschung. In: V. Nekuda (ed.), Pfaffenschlag (Zaniklá středověká ves u Slavonic), Brno, 183–198.
- 1985: Palaeogeobotanical Evaluation of the Holocene Profile from the Řežabinec Fish-pond. Folia Geobot. Phytotax. 20, 419–437.
- 1996: Czech and Slovak Republics. In: B. E. Berglund – H. J. B. Birks – M. Ralska-Jasiewiczowa – H. E. Wright (eds.), Palaeoecological Events During the Last 15 000 Years: Regional Syntheses of Palaeoecological Studies of Lakes and Mires in Europe. John Wiley & Sons, 474–505.

- Sádlo, J. – Storch, D. 1999: Biotopy České republiky. Biologická olympiáda 1999–2000, 34. ročník, přípravný text pro kategorie A, B. Vesmír, Praha.
- Smith, A. G. 1981: The Neolithic. In: I. G. Simmons – M. J. Tooley (eds.), The environment in British prehistory. Duckworth, London, 125–209.
- Smrž, Z. 1994: Vývoj osídlení v mikroregionu Lužického potoka na Kadaňsku (SZ Čechy) – část I. Archeologické rozhledy 46, 345–393.
- Speranza, A. – Fanta, J. – Hanke, J. – van Geel, B. 2000: Vliv člověka na vývoj lesa na Černé hoře v Krkonoších v pozdním holocénu. Archeologické rozhledy 52, 632–642.
- Starkel, L. 1987 ed.: Anthropogenic sedimentological changes during the Holocene. Striae 26, 1–64.
- Sugita, S. – Gaillard, M. J. – Broström, A. 1999: Landscape openness and pollen records: a simulation approach. The Holocene 9/4, 409–421.
- Suyama, Y. – Kawamuro, K. – Kinoshita, I. – Yoshimura, K. – Tsumura, Y. – Takahara, H. 1996: DNA sequence from a fossil pollen of *Abies* spp. from Pleistocene peat. Genes Genet. Syst. 71, 145–149.
- ter Braak, C. J. F. 1987: CANOCO – a FORTRAN program for canonical community ordination by (partial) (detrended) (canonical) correspondence analysis, principal components analysis and redundancy analysis (version 2.1). TNO Institute of Applied Computer Science, Wageningen.
- Tinner, W. – Hubshmid, P. – Wehrli, M. – Ammann, B. – Conedera, M. 1999: Long-term forest fire ecology and dynamics in southern Switzerland. Journal of Ecology 87, 273–289.
- Troels-Smith, J. 1960: Ivy, Mistletoe and Elm. Climate Indicators–Fodder Plants. Danmarks geologiske undersøgelse IV. Raekke, Bd. 4, Nr. 4. København.
- van der Knaap, W. O. – van Leeuwen, J. F. N. 1995: Holocene vegetation succession and degradation as responses to climatic change and human activity in the Serra de Estrela, Portugal. Review of Palaeobotany and Palynology 89, 153–211.
- van der Knaap, W. O. – van Leeuwen, J. F. N. – Frankhauser, A. – Ammann, B. 2000: Palynostratigraphy of the last centuries in Switzerland based on 23 lake and mire deposits: chronostratigraphic pollen markers, regional patterns, and local histories. Review of Palaeobotany and Palynology 108, 85–142.
- van Geel, B. 1978: A palaeoecological study of Holocene peat bog sections in Germany and The Netherlands. Review of Palaeobotany and Palynology 22, 337–344.
- von Post, L. 1916: Om skogstradspollen i sydvenska torfmosselagerfoljder (foredragsreferat). Geol. For. Stock. Forh. 38, 384–394.
- Vorren, K. D. 1986: The impact of early agriculture on the vegetation of Northern Norway. A discussion of anthropogenic indicators in biostratigraphic data. In: K. E. Behre (ed.), Anthropogenic Indicators in Pollen Diagrams. A. A. Balkema, Rotherdam, 1–18.
- Vuorela, I. 1995: Palynological evidence of the stone age settlement in southern Finland. Geological survey of Finland, Special Paper 20, 139–143.
- Willis, K. J. – Braun, M. – Sümege, P. – Toth, A. 1997: Does soil change cause vegetation change or vice versa? A temporal perspective from Hungary. Ecology 78 (3), 740–750.
- Zvelebil, M. 1994: Plant use in the Mesolithic and its role in the transition to farming. Proceedings of the Prehistoric Society 60, 35–74.

LANDSCAPE ARCHAEOLOGY PROBLEMS IN POLLEN ANALYSES OF NATURAL DEPOSITS

Methodologically, pollen analysis has experienced a period of new evolution over the last two decades. This development has been an expression of the introduction of non-traditional technical approaches, advances in taxonomy, and above all the integration of new intellectual impulses, a number of which have been drawn from landscape archaeology. Moreover, thanks to a more detailed understanding of the taphonomy of recent pollen spectra, pollen analysis represent an unprecedented stimulus towards greater „exactitude“, as the data obtained from them has a more quantitative character.

Pollen analysis was traditionally considered a method of low spatial sensitivity; in other words, a method that integrated the influences from the much broader surroundings, unable against this

background of a global pollen fall to reflect phenomena of small spatial extent. The results of recent studies, however, speak of a direct contradiction to this subjective view – on the contrary, indeed, pollen analysis has from the point of view of studies in the spatial structure of landscapes, at scales from hectares to tens of hectares, proven to be a surprisingly sensitive method. Care must, of course, be taken in selecting a suitable locality, the ideal being deposits small in extent, lying in the centre of an average cultural landscape. Moreover, the smaller the proportion of afforested area in the study region, the more sensitive the pollen diagram as an indicator of human activity, and the better reflected the changes in intensity of such activity. Thus, it is often difficult to show even the presence of man in the landscape, let alone study his use of it in the Mesolithic and earliest agricultural period. In such cases, on the basis of pollen analysis the semi-open countryside generally appears to be covered in forest. Given this state of affairs, the traditional difference of opinion between those natural scientists who on the basis of different data sets (e.g. fossil molluscs and pollen grains) reconstruct the loess landscapes of Central Europe in the earliest period of agricultural prehistory as a single, more-or-less open steppe, and those who believe it to have been covered by continuous forest, becomes easier to understand. A resolution to this (apparent) disparity is offered precisely by detailed studies and a respect for the taphonomic factors that have led to the creation of individual types of palaeoecological record.

The results of a large quantity of individual pollen-analytical research projects across Europe clearly show that the intensity of human activity in the landscape around the studied locations changed markedly over the last 5000 years. Such changes are generally referred to as expansion and regression (regeneration) phases. A fundamental problem in these circumstances is this: is the cause of particular changes in the intensity of anthropic influences visible in pollen diagrams an increase in the density of settlement in the whole microregion (i.e. in the quantity or size of its settlement areas), or merely a change in its internal spatial organisation? Possible alternative explanations of such changes in the occurrence of anthropogenic indicators in these cases are illustrated by the example given in Fig. 3. From this example it is clear that to decide between the individual alternative hypotheses is possible only with further research. Particularly suitable in this regard are the surface collection of artefacts and reference palynological research in the immediate surroundings of the original location, preferably in combination. The most recent results of intensive archaeological surface survey in Central Bohemia have kindled some hope of a solution to the question of the spatial interpretation of palynological data. They show that settlement was more-or-less continuous (or at least continuous in the sense of archaeological recognisability) throughout agricultural prehistory, in relatively stable settlement areas. To some extent, then, we have within our grasp a tool for the interpretation of the expansion and regression phases in pollen diagram – in the sense of the demographic development of past societies.

Two problem areas add complexity to estimation of the relative importance of pastoralism and cereal-based cultures to the prehistoric economy. We must in this connection bear in mind that sharp divisions in the landscape between areas used for permanent cultivation, pasture, the production of hay and wood are a relatively recent phenomenon. The use of inserts characteristic of all the prehistoric agricultural economies resulted in a somewhat less contrasting division of spaces in the landscape. Clearly smallish fields with many perennial weeds, fields lying fallow and used for pasturage, after a long time of course covered by shrubs, and bands of woodland degrading perhaps to the level of open fields with grassy vegetation were – along with small settlement and religious areas – the basic units of the prehistoric cultural landscape. These units, of course, entirely merged one into another, from which it can be seen that it might, for instance, be dangerous to seek pastoral indicators in a period when pastoralism in the modern sense hardly existed at all.