

Co nového v přírodních vědách**Poznání minulosti je klíčem pro poznání problémů současného světa**

RUDOLF MUSIL

Málokdo mimo odborníky ví, jak bohatou historii má Morava v kvartérních výzkumech, především v nálezích fauny, flóry a tehdejšího člověka. První písemné zprávy sahají až do doby před 400 lety. Pokud zastáváme myšlenku, že rozvoj každé vědy je v přímé závislosti na množství poznatků převzatých od minulých generací, pak má Morava dobrou výchozí pozici.

Kvartér, začínající před 2,6 miliony let (přesně 2,588 mil. let), se dělí do dvou epoch – pleistocén a holocén. Vyznačuje se opakujícími změnami prostředí a velkými migracemi flóry a fauny. Pleistocén je charakterizován větším počtem chladných a teplých výkyvů různé intenzity a délky. Chladná období (glaciály) trvají v průměru 90 000–100 000 let, výrazně teplejší období (interglaciály) jsou většinou kratší. Je to zároveň perioda hlavního vývoje hominidů a jejich postupně se zvětšujících zásahů na okolní prostředí.

Morava má z hlediska střední Evropy výjimečné postavení. Všechna pohoří na západ a na východ mají západovýchodní průběh a tvoří tak určitý filtr stěžující severojižní nebo jihoseverní přesun rostlin a živočichů. Pouze území Moravy a její sníženina Moravská brána spojuje jižní podunajské a severní polské oblasti, a má tak velkou důležitost pro tehdejší migrace periodicky se opakující, sezónní migrace, i pro migrace vyvolané většími klimatickými oscilacemi. Proto je zde také tak velké množství nalezišť fauny, někdy spojených s činností člověka v otevřeném terénu i v jeskynních krasových oblastech. Stává se tak ve spojení s kvartérními profily důležitou oblastí pro řešení celé řady problémů.

Klima střední Evropy bylo vždy ovlivňováno dvěma velkými gradienty: gradientem sever–jih a gradientem západ–východ. Severojižní gradient je přitom přerušovaný horskou bariérou západovýchodního směru, která klimaticky rozděluje celou střední Evropu. Tyto migrace byly způsobovány především změnami teplotními a srážkovými. Pokud se týče gradientu západ–východ, byly migrace západním směrem vždy častější a výraznější než směrem opačným. Bylo to způsobeno tím, že zatímco oblast s aridním (kontinentálním) klimatem se rozšiřovala od východu na západ hluboko do západní Evropy, humidní (oceánické) klima se nikdy daleko na východ Evropy nerozšířilo. Vzrůstající kontinentalita klimatu od západu na východ měnila mírné a vlhké zimy a studená léta západní Evropy v drsné zimy a horká léta Evropy střední a východní.

Vlivem nejrůznějších faktorů (především změny v intenzitě sluneční radiace, v ročním rozdělení teplot, srážek a v jejich množstvích, absolutní výšky apod.) dochází k vytváření klimaticky odlišných oblastí. Při jakémkoliv hodnocení dřívějšího přírodního prostředí dané oblasti, daného ekosystému si musíme nejprve ujasnit, z jakého pohledu bude naše hodnocení vycházet (globální, regionální nebo lokální). Jejich vzájemné směřování není možné.

Cílem globální metody je zobecňující způsob pohledu. Charakteristika tohoto prostředí vychází především ze studia mořských sedimentů a z vyhodnocení změn v teplotě mořské vody, dále pak ze studia ledovců Grónska a Antarktidy. U všech těchto změn se předpokládá, že se projevují globálně, ovšem v rozdílných oblastech s různou intenzitou. Získané údaje nejsou a ani nemohou být v celé Evropě zcela identické. Informace globálního charakteru nám podávají proto pouze globální obraz změn, bez rozdílu, zda se jedná o pahorkatiny, hory a nížiny, nebo o severní, střední a jižní oblasti Evropy.

Vlivem nejrůznějších faktorů dochází k vytváření klimaticky odlišných regionů (provincií). Hranice regionů nebyly nikdy stabilní, v průběhu času se stále měnily. Pokud měly tyto změny větší intenzitu, způsobovaly rozsáhlé migrace jak rostlinného, tak i živočišného společenstva. Migrace západním směrem byly přitom častější a výraznější než směrem opačným.

I uvnitř jednotlivých provincií nacházíme poměrně velké klimatické rozdíly. Velmi rozmanitý reliéf Evropy je pro lokální změny nadmíru vhodný. Nacházejí se v něm jak pahorkatiny a hory, tak i nížiny, což umožňuje vznik lokálních environmentálních změn. Nejednalo se přitom o změny vyplývající z vertikální zóny. Reliéf střední Evropy představuje ideální možnost pro tato studia. Nejdůležitější úlohu z hlediska rostlinného pokryvu a na něm vázané fauny hrají tedy lokální zvláštnosti. Lokální difference hrály nejdůležitější úlohu především v chladných obdobích. Mohly mít buď až extrémně drsné klimatické podmínky, nebo naopak velmi příznivé. Oba případy se samozřejmě odrážely jak v rostlinném, tak i v živočišném společenstvu a byly důležité i z hlediska člověka. Jednalo se o oblasti, které vybočovaly z obecně převládajícího klimatu a pro biotu v širokém slova smyslu sloužily jako refugia.

Opakující se klimatické výkyvy (teplota, srážky, plynné složení atmosféry atd.) různé intenzity a různé délky jsou typické nejen pro období kvartéru, ale i pro předcházející epochy. Tato cykličnost je přírodní zákonitostí a je nutné ji předpokládat nejen v dnešní době, ale i v budoucnu.

Kombinovaný výzkum specifických lokálních mezoklimatických podmínek ukazuje na těsnou vazbu mezi rostlinstvem, faunou a lidskou historií. Poslední glaciál je charakteristický klimatickými oscilacemi různé velikosti a různé intenzity, které vyvolávají vysokou druhovou diverzitu zvířecího společenstva. Největší množství nálezů obratlovců pochází u nás z poslední ledové doby. Neznamená to, že nálezy starší (terestrická zvířata známe z Moravy z doby již před 16 mil. lety) by chyběly. Je jen takových lokalit méně.

Analýza prostředí sestává ze dvou základních částí, které jsou ve vzájemném vztahu: fyzické neboli abiotické faktory, zahrnující všechny neživé složky, a biologické neboli biotické faktory. Při analýze prostředí je nutné vyjít v prvé řadě z fyzických faktorů, tj. především z reliéfu krajiny, z existence vodních toků, z množství dešťových a sněhových srážek a jejich rozdělení v průběhu roku, z akumulačních a denudačních procesů, z teplotních poměrů, a to jak z globálních, tak i z lokálních hledisek.

Na analýzu fyzického prostředí navazuje analýza biotického prostředí, tj. především rostlinný pokryv a na něm závislá společenstva živočichů, dále vhodnost oblasti pro existenci jednotlivých druhů (velikost biodiverzity) z hlediska trvalého pobytu spojeného s rozením mláďat i z hlediska jejich přechodného pobytu. To vše ve spojení s akčním radiem jednotlivých druhů, s jejich ekologickou valencí spojenou se sezonní a dlouhodobou migrací.

Prostředí a jeho změny jsou tedy výsledkem interakce širokého rejstříku nejrůznějších faktorů. Analýza prostředí pouze z pohledu jedné disciplíny nemůže v žádném případě složitost prostředí vysvětlit. V současné době byl již pro poslední glaciál celé oblasti Evropy vytvořen kontinuální záznam globálních klimatických změn. Podíleli se na něm oceánografové, fyzici, chemici, kvartérní geologové a paleozoologové, paleobotanici a počítačová experti.

Množství našich poznatků o poslední ledové době, tj. o období mezi 117 000 až 12 000 let (přesně na základě studia ledovce v Grónsku 11 734 calBP (cal. = v kalendářních rocích) a následujícím holocénu, se v poslední době nepředstavitelně zvětšilo. Jsem přesvědčen, že kdybych se rozepsal tom, co všechno jsme z tak vzdálené doby dnes schopni zjistit, mnozí by tomu asi nevěřili (jen pro zajímavost uvádím: oblačnost ve spojení s velikostí srážek, s jejich ročním rozdělením a výparem, sněhová pokrývka a její mocnost, počet dní v roce se sněhem, rychlost a směr proudění větrů, průměrná teplota větrů v jednotlivých oblastech, počet dní v roce s teplotou přes 0 °C, počet dní v roce s teplotou přes 5 °C, minimální teplotní extrémy, maximální teplotní extrémy, průměrné zimní teploty, průměrné letní teploty, kolísání mořské hladiny, teplota mořské vody, ledové kry na moři, jejich velikost, časová délka jejich výskytu a rozsáhlost jejich rozšíření jižním směrem, teplota povrchu půdy, rostlinný pokryv a jeho změny, faunistické společenstvo a jeho změny, strava jednotlivých zvířat, délka jejich života, teplota pitné vody, setrvávání v průběhu života na jednom místě nebo migrace a odkud, směry a délky větších migrací a další).

Výčet zpracovávaných témat zároveň ukazuje, jak můžeme dnes již zjistit poměrně detailně všechny atributy prostředí. Ještě před několika desítkami let nás něco podobného ani ve snu nenapadlo.

Informace získáváme nejen z vlastních nálezů, ale i ze sedimentů, ve kterých se nacházejí. Pouhá determinace nálezu dnes již nedostačuje. Znamená to, že nález bez vyhodnocení svého bezprostředního okolí, tj. sedimentů, má dnes velmi omezený význam.

Studované území Moravy dává dnes dostatečný počet údajů, aby bylo možné zodpovědět aspoň základní otázky.

Jak jsem již uvedl, naše poznatky o poslední ledové době se dnes podstatně změnily. Dříve se předpokládalo, že po celou dobu posledního glaciálu byl v severní části střední Evropy rozšířen silný ledovcový pokryv a v jeho předpolí se nacházela pouze tundrová vegetace spojená s výrazně chladným podnebím, tedy krajina poměrně jednotvárná. Dnes víme, že situace byla poněkud jiná, pokud se týká pevninského zalednění i periodicky se opakujících teplotních a srážkových výkyvů.



Pižmoni severní (*Ovibos moschatus*), čeleď turovití, podčeleď kozy a ovce. Jsou blíže příbuzní kozám a ovcím, méně již turům. Genetické studie ukázaly, že se od nich oddělují velmi brzo, již na začátku jejich evoluce. Ze střední Evropy známe jejich nálezy před jedním miliónem let. I když se jedná o zvířata žijící převážně v nejméně pohostinných podmínkách tundry, nacházíme je dokonce ojedinele i v zalesněných oblastech (jižní Francie, Španělsko), kde se objevují spolu s faunou vyžadující mírnější klima, jako byli jeleni a zubří. Během pleistocénu osídlují celou Eurasii. U pižmoňů se vyvinul jeden z nejlepších způsobů obrany proti predátorům, který neznáme u žádného jiného druhu. Při jejich objevení se všechna zvířata rychle sbíhají a vytvoří souvislý kruhovitý tvar. Tisknou svoje těla k sobě tak, že mezi nimi není mezera. Zadkem směřují dovnitř a skloněnými čely s nebezpečnými rohy ven. Uvnitř kruhu se pak nacházejí telata a slabší zvířata. Nejsilnější členové provádějí proti nepříteli rychlé útoky, po kterých se okamžitě opět vrací do semknutého stáda. Pokud se jim semknutí celého stáda rychle podaří, odradí tímto způsobem i vyhladovělou smečku vlků. Kresba: Petr Modlitba, odborná konzultace: Rudolf Musil

- Stručný sled hlavních teplotních změn v posledním glaciálu:  
 109–107 ka BP\*: Náhlé ochlazení.  
 107–98 ka BP: Dva výrazně teplé eventy oddělené mezi sebou krátkodobým ochlazením.  
 98–88 ka BP: Pokles průměrných teplot, ale relativně stále teplo. Stále ještě nedochází ke vzniku typického arktického klimatu.  
 88–68 ka BP: Na začátku rychlé zvýšení teplot. Výrazně teplé klima s větším počtem menších různě intenzivních výkyvů. Období klimaticky podobné poslednímu interglaciálu. Celkem 20 000 let výrazně teplého klimatu s chladnými oscilacemi.  
 Zhodnocení: První polovina posledního glaciálu v délce cca 40 ka má celou řadu klimatických výkyvů různé intenzity, ale v průměru panuje stále teplé, případně mírné klima. Z toho důvodu byla v dřívější době ještě řazena do posledního interglaciálu.  
 68–60 ka BP: První glaciální maximum trvající cca 8 000 let. Teprve nyní dochází k výrazné a náhlé klimatické změně. Poprvé se objevuje ve střední Evropě arktické klima s typickou mamutovou stepí. Horské skandinávské ledovce sestupují do nížin, dostávají se však pouze k severnímu pobřeží Baltického moře. Vyslovené studené klima netrvá dlouho. Kolem 50 000 BP začíná docházet k pomalému zmenšování pevninského ledovce a k jeho ústupu do hor. Po této době jsou již pak ve Skandinávii pouze různé velké horské ledovce.  
 Další vývoj: Období mezi 58–28 ka BP znamená přechodnou, ještě mírně teplou fázi přerušovanou různě intenzivními chladnými výkyvy.  
 58–46 ka BP: Studené výkyvy nedosahující ještě extrémně studených hodnot.  
 46–28 ka BP: Studené výkyvy již výrazně chladné.  
 32–28 ka BP: Výrazně studené období, ke konci relativně teplejší oscilace.  
 28–16 ka BP: Poslední glaciální maximum (LPG), největší ochlazení v celém posledním glaciálu. Teprve nyní překračuje kontinentální ledovec Baltické moře a rozšiřuje se až do oblasti středního Německa a Polska. Jeho největší rozšíření trvá však pouze krátce, cca 9 000–10 000 let. Kolem 15 000 BP jsou již Rujana a Litva v severní Evropě bez ledovcového pokryvu.  
 25–10 ka BP: Postupný zánik ekosystému, začátek tvorby dnešního.

Závěrem je možné stručně shrnout:

V současné době žádná vědní disciplína nevystačí pouze s informacemi, které jí poskytuje vlastní vědní obor, ale snaží se získat doplňující informace z jiných oborů. Hlavním cílem se stává vyřešení problému, na kterém se zúčastní všechny disciplíny, které jej mohou pomoci vyřešit. Dnešní výzkumy se vyznačují celou řadou nových přístupů a nutností mezinárodní spolupráce.

\* Zkratka **ka** = tisíc, např. 12 ka = dvanáct tisíc, zkratka **BP** = before present, před rokem ....

Zvlášť výrazné je to u těch oborů, které se zabývají dřívějším prostředím. Komplexní mnohooborový přístup překračuje možnosti monodisciplinárních ústavů.

Nový způsob práce vyžaduje i jinou strategii terénního výzkumu. Předpokládá, vedle vysoce erudovaných odborníků jednotlivých oborů, vedoucí pracovníky s velkým rozhledem, který přesahuje hranice jejich oboru a kteří jsou schopní organizačně zvládnout oborové odlišnosti terénního výzkumu. Musí mít takovou erudici, která by dovozovala myšlenkově a metodicky adaptabilně komunikovat s celou řadou vědeckých disciplín jiných oborů, než je ta, kterou dotyčný specialista ovládá. U terénních výzkumů je nutné se rozhodovat z hlediska odlišných metod jednotlivých zastoupených oborů urychleně, většinou bez možnosti konzultací. Únik jakýchkoliv informací v terénu znamená jejich definitivní ztrátu.

## Stručný doslov

1. Klima v posledním glaciálu nebylo nikdy delší dobu stabilní, což se nutně odráželo i ve změnách diverzity společenstev rostlin a fauny. Je patrná stálá cykličnost, která je zřejmě přírodní zákonitostí a platí i pro období následujícího holocénu a samozřejmě i pro dnešní dobu.
2. Klimatické oscilace měly velmi různou délku a různou intenzitu.
3. Kontinentální ledovec se rozšířil v posledním glaciálu do Německa a Polska dvakrát a jeho trvání bylo vždy vzhledem k délce posledního glaciálu poměrně krátké. K rozšíření kontinentálního ledovce až do střední části Německa a Polska došlo poměrně pozdě, a to až koncem posledního glaciálu.
4. K výraznému ochlazení dochází v Evropě v posledním glaciálu až kolem 60–55 ka BP, kdy můžeme evidentně poprvé dokumentovat přítomnost tundry.
5. Po celou dobu posledního glaciálu existovala ve střední Evropě refugia odlišující se svým klimatem od okolí.
6. Dnešní ekosystém vznikl teprve nedávno, před cca 10 000 lety, předcházející byl zcela odlišný a nemá k dnešnímu žádnou analogii.
7. Období posledního glaciálu, a můžeme říci i celého kvartéru, je klimaticky mnohem složitější, než jsme si jej na základě našich dřívějších poznatků představovali.
8. Poznání minulosti je klíčem pro poznání problémů současného světa, zvláště pro disciplíny známé jako environmentální vědy. Bez poznání minulosti je nemožné řešit probíhající současné procesy v atmosféře, oceánech, krysféře, litosféře a biosféře.

## Dovětek

A co vše dnes známe z posledního glaciálu z území Moravy? Na tuto otázku by měla odpovědět nově připravovaná kniha, která vyjde péčí Nakladatelství

Masarykovy univerzity koncem března tohoto roku (*Morava v době ledové. Prostředí posledního glaciálu a metody jeho poznávání*).

Chceme v ní ukázat, jak napínává je práce související s novými objevy, kolik nových poznatků dnešní doba přinesla, čím vším se zabývají kvartérní studia a jaké jsou v dnešní době stále ještě neznámé otázky, které bude nutné řešit.

Kniha pojednává o hlavních disciplínách a pracovních metodách, které se zúčastňují studia kvartéru. Je dokumentována výjimečnost Moravy. Vedle lokalit venkovních je zdůrazněna i výjimečná úloha krasových oblastí, které svou rozlohou a množstvím nejrůznějších nálezů jsou pro Moravu typické. Na tuto část pak navazují základní poznatky o jednotlivých skupinách tehdejších savců žijících koncem pleistocénu na území Moravy. Je uveden jejich vývoj, základní znaky, ekologické požadavky na prostředí a jejich nejdůležitější lokality. Hlavní pozornost je věnována změnám ekosystému a změnám společenstev vyvolaných migrací a případným vymíráním. Na to navazuje kapitola ze samého počátku holocénu, kdy dochází proti dřívější době k zásadním změnám. Publikace je ukončena přehledem nejdůležitějších moravských lokalit a výjimečných nálezů.



Nosorožec srstnatý (*Coelodonta antiquitatis*), do Evropy se dostává poměrně pozdě, a to až ve středním pleistocénu, kdy v celé Evropě docházelo ke stále většímu ochlazení a vlivem zvýšené aridity i k rozšiřování stepních oblastí. Do Evropy migroval spolu s ostatními druhy přizpůsobenými chladnému stepnímu klimatu a postupně ji celou osídlil. Jeho nejstarší nálezy v Evropě pocházejí z doby před 460 000–400 000 (střední pleistocén). V posledním glaciálu Moravy se jedná o běžně nacházený druh.

(Kresba: Petr Modlitba, odborná konzultace: Rudolf Musil).