

KRKONOŠE V DOBĚ POLEDOVÉ – VEGETACE A KRAJINA

Giant Mountains in Postglacial – vegetation and landscape

JANKOVSKÁ VLASTA

Botanický ústav AV ČR, Poříčí 3b, 603 00 BRNO, jankovska@brno.cas.cz

Paleorekonstrukce vegetačních poměrů a charakteru krajiny Krkonoš byla provedena pro celý holocén. Podklad poskytly výsledky pylových a dalších mikroskopických analýz z Labského dolu, Pančavského rašeliniště i ostatních paleobotanicky zpracovaných lokalit. Nejúplnější pyloanalytický záznam je deponován v jezerních (pozdní glaciál až atlantikum) a rašelinných (atlantikum až současnost) sedimentech Labského dolu. Pozdně-glaciální vegetační formace lesotundry a tundry přecházely od počátku holocénu ve formace lesní. Skladba lesních společenstev a tvorba vertikální zonálnosti se vyvíjela v závislosti na klimatu a migrační rychlosti šířících se dřevin. Limnické sedimenty profilu Labský důl poskytly první paleobotanické důkazy o existenci jezera ledovcového původu na české straně Krkonoš. Bylo přitom využito indikační hodnoty kokálních zelených řas.

Palaeobotanical reconstruction of vegetation and landscape character of the Giant Mts. region has been made for the whole Holocene. Basic data were provided by pollen and other microscopic analyses, pertaining to the Labský důl valley, Pančavské rašeliniště mire as well as other palaeobotanically evaluated localities. The most complete pollen-analytical record has been deposited in the lake (Late Glacial to Atlantikum) and peat-bog (Atlantikum to the present) sediments of the Labský důl valley. The Late Glacial vegetation of forest tundra passed into forest since the beginning of Holocene. Composition of forest communities and vertical zonation developed in dependence on climate and migration rate of expanding woody species. Limnic sediments of the Labský důl valley profile have given the first palaeobotanical evidence on the existence of a lake of glacial origin on the Czech side of Giant Mts. The evidence has also involved the indicative value of coccal green algae.

Klíčová slova: paleoekologie, paleobotanické analýzy, rašeliniště, ledovcové jezero, holocén, pozdní glaciál, Krkonoše

Keywords: palaeoecology, palaeobotanic analyses, mires, glacial lake, Holocene, Late Glacial, Giant Mts.

ÚVOD

Krkonoše, jako nejvyšší pohoří Čech, se dočkaly prvního paleobotanického výzkumu ve 30. letech 20. stol. (RUDOLPH & FIRBAS 1926, 1927, RUDOLPH 1928, RUDOLPH & al. 1928, PUCHMAJEROVÁ 1929). Výsledky těchto i dalších studií (př. RŮSTER 1922) byly využity v pozdějších publikacích (FIRBAS & LOSERT 1949, FIRBAS 1949, 1952). Delší pauza pyloanalytického výzkumu byla přerušena prací Pacltové (PACLTOVÁ 1957). S použitím již modernějších přístupů byl proveden paleobotanický výzkum rakouskými autory (HÜTTEMANN & BORTENSCHLAGER 1987). Zcela novou epochu znamenaly studie týmu odborníků

z několika holandských institucí (SPERANZA & al. 2000a, 2000b, 2000c, SPERANZA 2000). V téže době bylo započato s paleobotanickým výzkumem Krkonoš českými specialisty (JANKOVSKÁ 2001, SVOBODOVÁ 2002) v rámci projektu MŽP „Komplexní analýza dlouhodobých změn krkonošské tundry“ (VaV 610/3/00).

Příspěvek, předložený nyní k opublikování, uvádí ve zkrácené formě nově zjištěná fakta. Ta jsou podkladem pro paleorekonstrukci vegetačních i dalších přírodních poměrů v holocénu, zvláště pro jeho starší část, ze které doposud informace chyběly. Nové a překvapující údaje poskytl především profil z lokality Labský důl.

MATERIÁL A METODA

Terenní práce a popis lokalit:

Základní materiál pro paleorekonstrukci poskytl dva nově zpracované profily.

Labský důl (50°46'N; 15°33'E; 1050 m a.s.l.)

Lokalita se nalézá v ploché, relativně široké, nejvýše položené části dna karu Labského dolu v místech, kde ŠEBESTA & TREML (1977) uvádějí nejvýše zachovalé relikty bazální a boční morény würmského ledovce. V současnosti se zde vyskytují zbytky vrchovištní vegetace v řídkém smrkovém porostu na levém břehu meandrujícího Labe. Na přítomnost hlubšího profilu ukázalo orientační povrchové sondování zrašelinělých míst, které bylo prováděno v červnu 2003 v rámci geomorfologického průzkumu (Dr. Z. Engel, Mgr. V. Treml, Mgr. M. Křížek).

Sondáží lavinovými tyčemi byla zjištěna mocnost sedimentů vyšší než 1100 cm (Dr. M. Kociánová). Odběr byl proveden v červenci 2003 z vrtané sondy. Zatím se podařilo získat materiál až do hloubky 967 cm. Nepodařilo se však odebrat vzorky z úseku 460–700 cm. Spodní část profilu, tj. od hloubky 967 cm minimálně do hloubky 700 cm (bude upřesněno budoucími odběry) je tvořena jemnozrnnými uloženinami o charakteru homogenního detritu až gyttji s vysokou frekvencí minerálních příměsí. Občas se zde nalézá přeplav ve formě hrubozrnných, až písčitých vrstev. Podrobná stratigrafie, sedimentologie a další analýzy jsou objektem výzkumu pracovníků výše uvedených. Od 460 cm k povrchu ložiska má sediment již charakter málo rozložené rašeliny s *Eriophorum vaginatum*. Jeho přítomnost působí právě problémy s odběrem. Současným dominantním druhem na lokalitě je *Sphagnum girgensohnii* a *Polytrichum commune* (det. J. Váňa, 2003). Informace o území viz JENÍK & KOSINOVÁ-KUČEROVÁ (1964).

Pančavské rašeliněš (50°46'N; 15°32'E; 1340 m a.s.l.)

Lokalita je známým subarkticky-subalpínským rašeliněšem v hřebenové části západních Krkonoš (MEJSTRÍK & STRAKA 1964, HADAČ & VÁŇA 1967, OČADLÍK & FUKSA 1968). Paleobotanické informace z této lokality lze nalézt ve studiích: HÜTTEMANN & BORTENSCHLAGER (1987), SPERANZA (2000), SPERANZA & al. (2000a) a JANKOVSKÁ (2001). Nově zpracovaný profil o mocnosti 310 cm byl odebrán z vrtané sondy v červenci 2003. Celý profil je tvořen rašelinným sedimentem, ve kterém je občas minerální přeplav. Rašelina je téměř v celém profilu tvořena oligotrofní vegetací, s vysokým podílem *Eriophorum vaginatum* a druhů rodu *Sphagnum*, v různém stupni rozložení. Lokalita je významná mimo jiné výskytem *Rubus chamaemorus*, *Carex fyllosa*, *Scheuchzeria palustris* a *Sphagnum lindbergii*.

Příprava vzorků pro analýzy, grafické znázornění

Vzorky byly pro pylovou a další mikroskopické analýzy připraveny běžnou metodou acetolýzy s použitím kyseliny fluorovodíkové u minerálních příměsí. Vedle klasické pylové analýzy (determinace pylových zrn a spór) byly kvalitativně i kvantitativně hodnoceny také nálezy kolkálních zelených řas a dalších nepylových objektů. Pro potřebu tohoto příspěvku byl připraven zjednodušený diagram (program „TILIA“) z lokality Labský důl. Vzhledem k velkému rozsahu kompletního diagramu jsou v předloženém grafickém znázornění tohoto zkráceného diagramu představeny jen některé taxony. Taxony

s důležitější vypovídací hodnotou jsou zmíněny v textu; podobně je tomu i u výsledků z Pančavského rašeliniště a dalších, autorkou analyzovaných lokalit.

Poznámky k determinaci: V pylovém spektru lze determinovat taxony do druhů (př. *Scheuchzeria palustris*), rodů (př. *Thalictrum*), čeledí (př. *Cyperaceae*) anebo do tzv. „typů“, kdy více taxonů má stejný typ sporomorfy (př. *Polygonum bistorta* typ může být i *P. viviparum*). K determinaci pylových zrn a spór sloužily klíče a atlasy (PUNT 1976–1996, REILLE 1992, 1995, 1998, MOOR & al. 1991). Řasy byly určovány podle KOMÁREK & FOTT (1983), KOMÁREK & MARVAN (1992), KOMÁREK & JANKOVSKÁ (2001), JANKOVSKÁ & KOMÁREK (2000).

RADIOKARBONOVÉ DATOVÁNÍ

Doposud jsou k dispozici AMS radiokarbonové údaje z lokality Labský důl z hloubky 963 cm s hodnotou 9572 ± 54 BP (ERL – 6184), 438 cm – 5272 ± 57 (ERL – 6319), 354 cm – 5024 ± 53 (ERL – 6318), a 205 cm s hodnotou 4080 ± 49 (ERL – 6295). Datovány byly 2 vzorky z lokality Pančavské rašeliniště a to 306 cm: 4856 ± 46 (ERL – 6293) a 270 cm: 6166 ± 49 (ERL – 6294). Z této poslední lokality neodpovídá datování skutečnému stáří příslušné části profilu. Vysvětlení lze hledat např. v tom, že části datovaného dřeva mohly pocházet z dřeviny, jejíž kořeny prorostly do spodních částí profilu. Datování provedl Physikalisches Institut der Universität Erlangen-Nürnberg, Německo.

VÝSLEDKY

Údaje doposud provedených mikroskopických analýz z profilů Labský důl a Pančavské rašeliniště umožňují provést:

- 1) paleorekonstrukci vzniku a dalšího vývoje obou lokalit,
- 2) paleorekonstrukci vegetačních i dalších poměrů Krkonoš od konce poslední doby ledové (příp. ještě po konec pozdního glaciálu) po současnost.

LABSKÝ DŮL – LOKÁLNÍ VÝVOJ

Profil z Labského dolu je prozatím z hlediska paleoekologie tím nejcennějším „přírodním archivem“ z české strany Krkonoš. V podobě rostlinných a živočišných zbytků v sobě deponuje údaje o minulosti tohoto pohoří. Jeho komplexní paleoekologické zpracování poskytne informace pro paleorekonstrukci vegetace a krajiny. Navíc však doplní i představy o době ústupu zalednění v této části Labského dolu, které dle nejnovějších studií (MERCIER & al. 2000) založených na datování pomocí ^{10}Be probíhalo mezi $9,00 \pm 1,55$ a $8,74 \pm 1,50$ (^{10}Be) ka.

Z profilu o mocnosti 967 cm bylo prozatím pyloanalyticky zpracováno 36 vzorků. Mezi 460–700 cm je však hiát, z něhož se nepodařilo část profilu odebrat. Celá spodní část profilu, tj. 700–967 cm, která sedimentovala v časovém úseku preboreál (PB: cca 8300–6500 BC) až starší atlantikum (AT1: cca 5500–4000 BC) je tvořena jemnozrným, organicko-minerálním sedimentem jezerního původu. To dokazuje i paleoalologická analýza, provedená současně s analýzou pylovou. V průběhu celého časového úseku existence jezera tvořily fytoplankton *Pediastrum boryanum* var. *longicorne* a *Pediastrum integrum*. Obě tyto řasy jsou charakteristickými indikátory čistých, chladných, oligo-dystrofních vod (JANKOVSKÁ & KOMÁREK 2000; KOMÁREK & JANKOVSKÁ 2001). Jezerní biotop je současně potvrzen i orientační analýzou chemicky nezpracovaných vzorků. Jejich podstatnou část tvořily *Diatomae* (rozsivky). Přestože převaha z nich patřila rozsivkám penátním (*Navicula*, *Tabellaria*, *Surirella*, *Cymbela*, *Pinnularia*), jsou mnohé z nich typické pro pelagickou fázi vodního prostředí. Navíc se zde vyskytovala dosti početně centrická rozsivka *Melosira*, která jednoznačně potvrzuje jezerní biotop. Zajímavé je, že ve

schránkách *Melosira* byly pozorovány poměrně dobře zachované chloroplasty. Ty byly zjištěny i v buňkách úlomků listů mechů. Jezero bylo pravděpodobně napájeno vodou z tajícího ledovce (v době maximálního zalednění zde ležela sněžná čára v 1160 m n. m., ledovec byl maximálně 70 m mocný a pokrýval plochu 3–5 km² – ŠEBESTA & TREML 1977). Existenci jezera s otevřenou vodní hladinou lze předpokládat na základě paleoalologických a pylových analýz na lokalitě Labský důl s určitostí ještě během boreálu (BO: cca 6500–5500 BC) a pravděpodobně i na počátku staršího atlantika (AT1: cca 5500–4000 BC). Přesné údaje o ukončení jezerní fáze jsou skryté v sedimentu mezi 460–700 cm, který se nepodařilo odebrat. V období mladšího atlantika (AT2: cca 4000–2500 BC), tj. v hloubce kolem cca 250–350 cm, bylo jezero již zazemněné a jeho povrch pokrývala vegetace rašeliniště s *Eriophorum vaginatum*. Fázi přechodu jezera v rašeliniště, tj. zarůstání jezera, indikuje výskyt *Pediastrum angulosum* var. *angulosum*. Jde o druh, který tvoří nárosty na vodních rostlinách. Lokalita o charakteru vrchovištního rašeliniště byla zpočátku bez stromového krytu a ve starším subatlantiku (cca 800 BC – 1200 AD) zde rostla např. i *Scheuchzeria palustris*. V konečné současné fázi je lokalita zarostlá řídkou smrčinou. Paleoekologický výzkum na lokalitě bude pokračovat. Jde prozatím o první paleobotanický důkaz výskytu ledovcového jezera na české straně Krkonoš.

Pančavské rašeliniště – lokální vývoj a historie výzkumu

Nejstarší pyloanalyticky zpracované uložení 310 cm mocného profilu vznikly podle nových analýz v preboreálu. Rovněž podle RUDOLPH & FIRBAS (1927) (in MEJSTRÍK & STRAKA 1964, p. 44) spadá vznik Pančavského rašeliniště do preboreálu. Ovšem tíž autoři (MEJSTRÍK & STRAKA 1964) udávají, že RUDOLPH (1928) – (citace však není uvedena!) klade vznik rašeliniště do konce období smrku a počátku období buku a jedle. To by však znamenalo až přelom subboreálu a staršího subatlantika! HÜTTMANN & BORTENSCHLAGER (1987) získali z báze 234 cm mocného profilu stáří 7600 ± 130 BP, tedy starší atlantikum. SPERANZA (2000) a SPERANZA & al. (2000c) představila výsledky své i dalších specialistů pro časový úsek subboreál až současnost. Profil o mocnosti 220 cm byl podroben velice precizním analýzám (pylové, makroskopické, geochemické a další) do hloubky 130 cm. Pozoruhodný je počet více než 50 radiokarbonových dat. Hodnota radiokarbonového datování z hloubky 203,5 cm je 5320 ± 60 BP a ze 130 cm – 3740 ± 60 BP. Speranza (op. cit.) využila výsledků pro paleorekonstrukci vegetační dynamiky, klimatických změn a antropické činnosti pro pozdní holocén Krkonoš. Tento úsek je tedy důkladně zpracován a nyní je třeba se zabývat staršími časovými úseky. JANKOVSKÁ (2001) řešila u Pančavského rašeliniště původ „palsám podobných útvarů“ a paleovegetační problematiku. V profilu o mocnosti 110 cm (¹⁴C datování: 3995 ± 139 BP = Subboreál), odebraného z kopané sondy jedné z „rašelinných kup“, nebyly paleobotanickými analýzami zjištěny uvnitř kupy kryogenní projevy (viz též DOHNAL & al. 2001). Nově odebraný profil o mocnosti 310 cm slouží jako profil referenční a pokrývá časový úsek preboreál až současnost. Je pravděpodobné, že iniciálními vegetačními formacemi byla na lokalitě „mechoviště“. Bylo tomu tak patrně již v pozdním glaciálu, kdy na jeho konci docházelo k oteplování a uvolňování vody, dříve vázané v půdním ledu (MERCIER & al. 2000 udávají konec odlednění v této části náhorního plató před 11,1 ± 1,8 ¹⁰Be ka). Hromadění biomasy procesem rašelinění však bylo v těch obdobích minimální a navíc docházelo k její erozi při tání a deštích. Mimoto zde byl odnos materiálu umocněn i sklonem lokality. Obdobné procesy lze pozorovat v současnosti ve vysokohoří a zvláště pak v horských tundrách Skandinávie, poloostrova Kola i ostatních oblastí ruské Arktidy i Subarktidy.

PALEOEKOLOGICKÁ REKONSTRUKCE

Dosavadní výsledky paleobotanických analýz umožňují provést paleorekonstrukci vegetačních a některých dalších přírodních poměrů Krkonoš od konce poslední doby ledové (cca 8300 BC) po současnost. S určitou opatrností lze spekulovat i o poměrech v pozdním glaciálu. Pylová analýza vzorků profilu z Labského dolu mezi cca 810–830 cm zachytila odlišný typ pylového spektra než ve vzorcích vyšších i nižších částí profilu. Byla zjištěna *Pinus haploxyton* typ (tj. *Pinus cembra*) a *Juniperus*, který

jinak v krkonošských pylových profilech téměř chybí. V uvedeném intervalu profilu, tj. mezi 810–830 cm byla rovněž absence pylu *Corylus*, dřevin QM (*Quercetum mixtum*), *Alnus* a *Picea*. Jednou z možností vysvětlení je, že problematická část profilu pochází z chladných období některé fáze pleistocénu a byla na místo našeho profilu redeponována. Mohlo se to stát tak, že se větší část sedimentu odtrhla od místa, kde byla původně uložena (dno jezera?) a přemístila se na místo jiné. Stalo se to patrně v boreálu, protože níže a výše od této redispozice bylo zjištěno pylové spektrum typické pro toto období. Podobně „redepozice“ lze pozorovat v jezerech termokarstového původu, ať již vzniklých destrukcí pals či jinak, např. v lesotundře a tundře západní Sibíře. Exaktnější podklady pro vysvětlení této abnormality však budou k dispozici až poté, co se podaří odebrat bázi profilu Labský důl.

Výrazná vertikální i geomorfologická členitost Krkonoš byla příčinou ostrých rozdílů ve vegetačních poměrech i na malé ploše a to zvláště v chladných obdobích. Prozatímni rekonstrukce bude proto rámcově provedena pro: 1 – hřebenovou část; 2 – střední polohy a horská údolí; 3 – nižší polohy s přechodem do podhůří.

Podkladem paleorekonstrukce jsou nejen konkrétní údaje získané z paleobotanických analýz, avšak také spekulace. Ty využívají vlastních autorčinných terénních poznatků ze současných analogických vegetačních formací a obdobných biotopů Skandinávie a ruské Arktidy a Subarktidy, jaké v minulosti mohly ve studovaném regionu existovat. Autorka si je vědoma, že v tomto směru může docházet k nepřesnostem. Je to však jediná možnost, jak se „přiblížit pravdě v minulosti“.

Preboreal (PB; cca 8300–6500 BC)

PB je prvním obdobím holocénu, kdy se postupně zvyšovala teplota a následně i vlhkost. Hřebenová část Krkonoš měla stále charakter horské tundry – mimo kamenité vrcholy, zasutěné svahy a skalnaté srázy karů – s převahou nižších rostlin, bylin a kapradorostů. Převládaly elementy různých typů tundry, od kamenité po mokřadní, na náhorních plató s iniciálními stadii rašelinných luk, s mělkými jezírky a mechovišti (*Poaceae*, *Asteraceae Liguliflorae*, *Polypodiaceae*, *Saxifraga oppositifolia* typ, *S. stellaris* typ, *S. granulata* typ, *Ranunculus* typ, *Caltha* typ, *Valeriana officinalis* typ, *Polygonum bistorta* typ, *Sanguisorba minor*, *Thalictrum*, *Cerastium* typ, *Cardamine* typ apod.). Rostlo zde i *Polemonium* cf. *coeruleum*, jako charakteristický indikátor kontinentálního rázu tehdejšího klimatu. Kvalitativně pestrá byla skladba kapradorostů (*Lycopodium selago*, *L. clavatum* typ, *L. alpinum* typ, *Botrychium*, *Gymnocarpium dryopteris*, *Dryopteris* typ, *Athyrium* typ). Nápadný je zanedbatelný výskyt *Cyperaceae*. Znamená to, že zde patrně ještě nebyly vhodné biotypy pro *Carex*, *Eriophorum*, příp. *Trichophorum*. Na mokřadech převládala společenství mechů. Lze předpokládat pouze ojedinělý výskyt druhu rodu *Salix*, *Pinus mugo* a velmi sporadicky *Betula* (*Betula* cf. *pubescens*, *Betula* cf. *nana* – viz diskuze).

Horská údolí a střední polohy měly charakter lesotundry (*Salix* sp. div., *Betula* cf. *pubescens*, *Sorbus aucuparia*, *Populus tremula* a patrně *Betula nana*, *Pinus mugo*). Na dnech údolí i jejich úbočích byla bohatá vegetace bylin a kapradin. Ledovcová jezera (př. v Labském dolu) byla bez významnější přítomnosti makrofyty.

V nejnižších polohách Krkonoš se šířila *Pinus sylvestris*, stromové formy *Betula*, *Ulmus* a předpokládá se *Sorbus aucuparia* a *Populus tremula*. V podhůří v podrostu dřevin přetrvávala bylinná společenstva periglaciální formace stepotundry.

Boreál (BO; cca 6500–5500 BC)

Předpokládá se, že klima BO bylo teplotně příznivější než klima současné. Vegetační pestrost dřevin však byla malá, protože byla limitována rychlostí jejich šíření z glaciálních refugií.

V hřebenové části a na platech Krkonoš převládaly stále formace různých typů tundry. Příznivé hydrologické poměry, podmíněné uvolněním vody, původně vázané ve formě ledu a sněhu, vedly ke vzniku prameništ, potoků a jezírek. Pozdnoglaciální a preboreální mechoviště a rašelinné louky se měnily v rašeliniště, produkující velké množství biomasy. Kvalitativně stále omezený sortiment dřevin (*Salix* sp. div., *Betula alba* – *pubescens*, asi i *Betula nana*, *Pinus mugo* a *Sorbus aucuparia*) však měl vyšší zápoj a vystupoval do vyšší nadmořské výšky.

V horských údolích a ve středních polohách se původní lesotundra měnila ve společenstva lesní (*Betula* – stromové formy, *Ulmus*, *Pinus* cf. *sylvestris*, přítomnost *Pinus mugo*). Šířila se *Corylus*, která rychle okupovala bezlesá stanoviště od podhůří až do vyšších poloh. Není vyloučeno, že na hydrologicky příznivých biotopech na dnech údolí byla již *Picea* i *Alnus*. Šířila se zde vysokobylinná vegetace s vysokým podílem kapradin. Ty patrně byly i na úbočích svahů. Předpokládá se výskyt *Betula nana*.

V nižších polohách Krkonoš stále převládala *Pinus sylvestris* a stromové formy *Betula*, ovšem z podhůří již pronikaly dřeviny budoucích smíšených doubrav (*Quercus*, *Tilia*, *Ulmus*, *Acer*, *Fraxinus*) v podrostu s *Corylus*. Krajina se postupně zalesňovala a bylinná vegetace ustupovala na extrémní stanoviště, kam ještě nepronikl les.

Starší atlantikum (AT1; cca 5500–4000 BC)

AT1 je již součástí tzv. „klimatického optima holocénu“, kdy se díky oceánicky laděnému klimatu a rychlému šíření dřevin prostor střední Evropy zalesňoval.

V hřebenové části Krkonoš se rozsah horské tundry zmenšil a patrně se zde naopak zvětšil zápoj *Pinus mugo*. Na větších komplexech rašelinišť docházelo k expanzi vegetace a zvýšenému hromadění biomasy. Původní mělká horská jezírka zarůstala. Rašeliniště měla charakter vrchovišť. Zvýšil se podíl taxonů čeledí *Ericaceae* a *Vacciniaceae*, včetně *Calluna*. *Picea* pronikala do vyšších poloh.

V horských údolích a středních polohách dominoval smrk, který se šířil až na plata vrcholových částí. *Corylus* mohla mít svoji vertikální hranici rozšíření výše než dnes, ovšem její šíření limitovaly stinné smrkové porosty. Významněji se na lesních mokřadech podílela *Alnus* cf. *incana* a přítomen byl stále *Ulmus* (cf. *scabra*). Bohatá vegetace bylin a kapradin měla své těžiště na světlinách v údolích i na jejích svazích. Jezero v Labském dolu se postupně zazemňovalo.

Na níže položených úbočích se šířily porosty smíšených doubrav („*Quercetum mixtum*“ – QM), to je: *Quercus*, *Tilia*, *Ulmus*, *Fraxinus*, *Acer*, v podrostu s *Corylus*. Smrk zde rostl především v inverzních polohách na hydrologicky predisponovaných stanovištích.

Mladší atlantikum (AT2; cca 4000–2500 BC)

AT2 je vrcholem klimatického optima holocénu. Středoevropská krajina tehdy dosáhla v oblastech, kde se neprojevovala antropická činnost, své maximální holocenní zalesněnosti.

V hřebenové části Krkonoš měly pouze nejvyšší partie charakter horské tundry. Bezlesé zůstávaly rovněž plochy velkých rašelinišť (mezi 5000 a 3500 BP je datován vznik rašeliniště Rownia pod Sniezka a rašeliniště na Smogorni – FABISZEWSKI 1978, 4500–2500 BP Černohorského rašeliniště – SVOBODOVÁ 2002). Ty měly ráz vrchovišť s převahou rašelínků, druhů čeledí *Ericaceae*, *Vacciniaceae* a s *Eriophorum vaginatum*. Na enklávách mokřadů uvnitř smrkových porostů, které tehdy patrně vystupovaly až na náhorní, hydrologicky příznivá plata, měla svá refugia vegetace horských a rašelinných luk a tundrová mokřadní společenstva. Prakticky všechny reliktní druhy severských tundrových rašelinišť, které se v současnosti vyskytují v Krkonoších, mají ve Skandinávii rozšíření i na tzv. „tundra patches“ pod horní hranicí lesa v zóně březin, příp. smrčín, což odpovídá poměrům v Krkonoších i v dobách klimatického optima.

V horských údolích a středních polohách převládaly rovněž smrčiny a hojně rostla na lesních mokřadech také *Alnus* cf. *incana*.

V AT2 se v Krkonoších ve středních polohách začal šířit *Fagus* a není vyloučen ani výskyt prvních exemplářů *Abies*. V lesích měly vysoké zastoupení kapradiny.

Na úpatích Krkonoš stále převládaly porosty smíšených doubrav s lískou. Na hydrologicky vhodných stanovištích byly smrčiny i olšiny.

Subboreál (SB; cca 2500–800 BC)

SB je přechodným obdobím mezi teplým a vlhkým atlantikem a vlhkým (alespoň ve vyšších polohách), ovšem chladným, subatlantikem. Je to již období holocénu, kdy byla na území střední Evropy ukončena migrace všech hlavních dřevin dnešních lesních společenstev.

V hřebenové části Krkonoš byla horská tundra stále ve vrcholových partiích. Na platech s dostatkem pramenů byla rozsáhlá rašeliniště s bohatou vrchovištní vegetací a rašelinné i horské louky. Porosty *Pinus mugo* byly patrně uzavřenější než dnes a vystupovaly výše. Jejich rozsah směrem do nižších poloh byl limitován smrkem, který právě v SB dosáhl v Krkonoších svého holocenního maxima rozšíření. Jeho řídké porosty vystoupily patrně až na horská plata. Přestože byla alpinská hranice lesa výše než dnes, byla skladba bylinné vegetace na horní hranici lesa, zvláště v porostech kleče, pestřejší než je stav současný. Na pramenech Pančavského rašeliniště se začaly tvořit „rašelinné kupy“ (JANKOVSKÁ 2001). Sediment 115 cm mocného profilu jedné kupy byl datován na 3995 ± 139 BP. Do tohoto období (3,7 ± 0,7 ¹⁰Be ka) klade MERCIER & al. (2000) zánik posledních trvalých firmových polí v depresích náhorního plató Labské louky.

Ve středních polohách došlo k významné změně. Rychle se šířící *Fagus* pronikal do doposud dominujících smrčín. V SB započala rovněž expanze *Abies*. Smrkové porosty předchozího atlantika se měnily v lesní společenstva s rovnocenným podílem smrku, jedle a buku. Jejich stinné porosty omezovaly výskyt *Corylus* a dalších listnáčů. Z těch se v těchto horských polohách více uplatňovala pouze *Alnus* cf. *incana*, příp. *Ulmus* cf. *scabra*.

V nižších polohách byly dřeviny smíšených doubrav vytlačovány jedlí i bukem do podhůří. Tam se v SB začala šířit poslední dřevina holocenního sortimentu lesních dřevin – *Carpinus*. Jedle osidlovala původní stanoviště smrku a stinné jehličnaté porosty způsobily ústup *Pinus sylvestris*.

Starší subatlantikum (SA1; cca 800 BC – 12.–16. stol. AD)

SA1 je posledním obdobím holocénu, kdy v horských a podhorských oblastech byl vegetační kryt formován klimatem. Ze stavu skladby a rozsahu lesních společenstev v SA1 vycházíme při stanovení „původního“ výskytu jednotlivých taxonů dřevin a „původního“ vertikálního i horizontálního rozsahu jejich porostů.

V hřebenové části Krkonoš, před antropickým zásahem, byla vegetace o charakteru horské tundry rozšířena patrně pouze na vertikálně, expozičně i jinak extrémně predisponovaných stanovištích. Plochy rašelinišť měly vegetačně (i vzhledově!) podobný ráz jako dnes. Rostla na nich i *Pinus mugo*. Ta byla rovněž hlavní dřevinou všech vyšších partií Krkonoš. Alpinská hranice areálu *Picea* se snížila (SPERANZA 2000 definovala 2 chladnější období, v nichž tundrová vegetace sestoupila do nižších poloh – a to 850–720 BC a 376–287 BC), ovšem v teplejších oscilacích byl smrk i na platech přítomen patrně více než dnes. Z ostatních dřevin zde sporadicky rostly *Salix* sp. div., *Betula* cf. *pubescens* a patrně i *Sorbus aucuparia*. Bylinná vegetace byla druhově pestrá, krajina byla mozaikovitá, protože skladba vegetace byla stále podřízena přirozené rozmanitosti stanovištních poměrů. Nápadně nízké pylové hodnoty *Poaceae* a *Cyperaceae* (viz pylový diagram z Pančavského rašeliniště in Jankovská 2001) naznačují, že taxony těchto čeledí byly „původně“ v oblasti zastoupeny podstatně méně. Z období kolem 2000 BP je doložen vznik různencových toků na severním svahu Studniční hory i rašeliniště na Rýchorách (JANKOVSKÁ 2001 ms.).

Ve středních polohách převládaly porosty s *Abies*, *Fagus* a *Picea*, v nichž se dominance těchto dřevin střídala v závislosti na charakteru jednotlivých stanovišť. Dna horských údolí zarůstala smrčínami a olšínami. Omezen byl výskyt listnatých dřevin (*Ulmus*, *Acer*). Bylinná vegetace byla vázána především na bezlesé enklávy. Na dně Labského dolu byly např. tyto enklávy tvořeny společenstvy oligotrofních rašelinišť menšího rozsahu. Nápadný je vysoký výskyt různých taxonů kapradin (viz Labský důl).

Na nižších úbočích Krkonoš se patrně šířily jedlové lesy. Ve zbytcích smíšených doubrav převládala *Quercus* a rychle se zde šířil *Carpinus*. Stálou, ale již méně významnou složkou doubrav byly *Acer*, *Tilia*, *Ulmus* a *Fraxinus*.

Mladší subatlantikum (SA2; cca 12.–16. stol. AD – dodnes)

Začátek SA2 je kladen na počátek antropických zásahů. Ty se pyloanalyticky projevují nástupem antropogenních indikátorů, tj. pylu obilovin a dalších plodin, pylu plevelů, ruderální, rumištní a další synantropní vegetace. Současně klesá zastoupení lesních dřevin, zvláště těch, které byly z porostů záměrně vybírány.

V Krkonoších na Pančavském rašeliništi byly velice podrobně zhodnoceny antropicky podmíněné změny Speranzou (SPERANZA 2000) a velmi výrazně je prezentuje i pylový diagram z profilu "rašelinné kupy" na téže lokalitě (JANKOVSKÁ 2001). Projevy lidských zásahů jsou deponovány i v sedimentu dalších lokalit (Modré sedlo, Růžencový potok, Bílé Labe – Jankovská ms. 2000, nepublikováno), většinou mezi 5–30 cm. Přestože se pyl některých tzv. antropogenních indikátorů objevuje již v SA1 (př. *Plantago lanceolata*, *Rumex acetosella*, *Urtica* a dokonce i *Cerealia*) nelze z toho usuzovat na tehdejší antropické zásahy přímo v Krkonoších. Pylová zrna sem mohla doletět z podhůří, příp. zde tyto rostliny přirozeně rostly (*Urtica*, *Rumex acetosella* a další). Při rekonstrukci tehdejších vegetačních změn je třeba hodnotit skladbu pylového spektra komplexně a ne pouze odtrženě od dalších projevů. Antropický zásah do přírody Krkonoš, který se pyloanalyticky průkazně projevuje, lze synchronizovat se zvýšenou aktivitou člověka asi až od 14. a zvláště pak od 16. stol. Ovlivnění krkonošské přírody člověkem bylo pravděpodobně zásadnější než jak se v současnosti obecně přijímá. Podstatnější byla i změna krkonošské vegetace. Lidské zásahy ji značně zjednodušily. Zvláště ve vyšších polohách, kde se od 16. stol. praktikovalo budní hospodářství, měly lidské zásahy za následek monotónnou vegetace. Původně nízké pylové hodnoty *Poaceae* (cca 3 %) stoupají ve svrchních částech profilu „rašelinné kupy“ (JANKOVSKÁ 2001) až na 20–40 %. Je to doklad původního menšího výskytu trav, patrně *Nardus stricta*. Její dnešní velký výskyt byl jistě způsoben pastvou dobytka. Ta byla rovněž příčinou ústupu pestřejšího sortimentu vegetace původní.

Paleorekonstrukce vegetačních poměrů v SA2 by měla vedle výsledků paleobotaniky využívat rovněž pramenů písemných, uceleně presentovaných např. ve studii, jakým je např. Historický průzkum lesa nebo v publikacích shrnujících komplexně všechny dostupné informace o minulosti studovaného území (např. LOKVENC 1978 apod.). Často se naleznou hodnotné informace i ve výpovědích ikonografických.

ROZBOR PROBLEMATIKY VÝSKYTU *BETULA NANA*

Odpověď na otázku, zda a v jakém rozsahu se v minulosti vyskytovala *Betula nana* v Krkonoších, je doposud rozpačitá. V pylovém spektru staršího holocénu profilu Labský důl a v nízkých hodnotách téměř celého holocénu v profilu Pančavské rašeliniště, byla pylová zrna *Betula nana* typ nalézána. Pyl *B. nana* typ byl zjištěn rovněž v jezerním sedimentu pozdnoglaciálního stáří z Velkého a Malého Stavu na polské straně Krkonoš (ústní sdělení Madeyska E.). Autorka tohoto příspěvku nález z Polska viděla a potvrzuje je. Exaktním důkazem pro výskyt *B. nana* však přítomnost pylu tohoto typu, který do sebe v evropském prostoru zahrnuje ještě *Betula humilis*, není. A to i přesto, že pyl *B. nana* typ je dobře odlišitelný od *B. alba* typ (sem patří i *B. pubescens*). V severních oblastech Evropy i Asie (Skandinávie, poloostrov Kola, Polární Ural, poloostrov Jamal, severní Sibiř), tedy v územích, kde je *B. nana* hojnou dřevinou, měla autorka možnost provádět pylové analýzy sedimentu i povrchových (recentních) vzorků. Pyl obou typů zde odlišovala, přestože se občas vyskytly typy přechodné. To jen potvrzuje hybridizaci *B. nana* s *B. pubescens*, projevující se i v těchto mikroskopických znacích. V uvedených regionech, zvláště v lesotundrových, bylo zjištěno, že i v porostech s dominancí *B. nana* nalézáme v pylovém spektru více pylu *Betula alba* typ, přestože zde *B. pubescens* ssp. *tortuosa* roste ojedinelé.

Výskyt *B. nana* však nelze v Krkonoších v minulých dobách vyloučit. Je jen problém k jak vzdálené minulosti se má vztahovat její „původní výskyt“. Za důkaz výskytu by bylo možno v případě *B. nana* považovat nálezy jejich makroskopických částí v sedimentu. Velmi dobrým důkazem, jakým jsou samozřejmě listy, jsou nálezy jejich plodních šupin. Její nažky jsou rovněž typické, ovšem u nich hrozí nebezpečí, že je lze zaměnit s poškozenými nažkami *B. alba* nebo *B. pubescens*. Pokud tedy nebudou nalezeny průkazné makrozbytky *B. nana*, můžeme její výskyt v minulosti předpokládat jen teoreticky. Ze současného botanického pohledu je překvapující, že v Krkonoších nebyla *B. nana* v současnosti nalezena. Nejblíže se vyskytuje v Jizerských horách a na polské straně např. na lokalitě Zieleniec na severu Orlických hor. Při zhodnocení všech „pro“ i „proti“ lze předpokládat, že *B. nana* v Krkonoších

v minulosti rostla. Její výskyt je však třeba lokalizovat časově i prostorově. V chladných obdobích pleistocénu, tj. i v jeho poslední fázi – v pozdním glaciálu a v časném holocénu, mohla *B. nana* růst v oblasti Sudet od podhůří až po střední polohy. Tehdy v tomto prostoru měla výborné světlostní poměry, které jsou pro ni patrně hlavním limitujícím faktorem. Dostane-li se *B. nana* pod korunový zápoj šířícího se lesa (pozorováno v Karélii) hyne podobně jako např. *Juniperus* na lesem zarůstajících pastvinách Karpat. Pro Krkonoše by to znamenalo, že původně od pleistocénu se vyskytující *B. nana* byla v nižších a středních polohách vyhubena lesem. Proč však nezůstaly její porosty ve vyšších polohách? Mohlo to být proto, že v pleistocénu byly v těchto horských polohách klimatické podmínky pro výskyt *B. nana* se všemi důsledky tak nepříznivé, že zde tento keř růst nemohl. A od počátku holocénu zase nedovolily nastupující expanzivní dřeviny šíření tohoto konkurenčně slabého keře. Ten by tehdy sice měl ideální podmínky výskytu na platech Krkonoš, ale patrně se mu nepodařilo proniknout do vyšších poloh bariérou konkurenčně silných dřevin. Pokud by však na platech mezihřebenových prostor *B. nana* rostla již (ještě?) např. v pozdním glaciálu, mohla tam teoreticky přežít až do současné doby. Zatím nejsou známy důvody, proč tomu tak není. V Norsku, v oblasti Finse (periglaciální zóna ledovce Hardangerjokulen, nadm. výška 1200–1400 m, průměrná roční teplota MAT -2 °C) i v předpolí ledovců masivu Snohetta (nadm. výška cca 1400–1600 m, MAT -2,7 °C) dle vlastních pozorování *B. nana* chybí. Objevuje se však v relativně velkém počtu pouze několik km od těchto lokalit, ale v nižších nadmořských výškách.

Další otázkou zůstává, zda *B. nana* nevyhynula vlivem pastvy, která zvláště od 16. stol. byla velmi intenzivní. Zde však můžeme použít srovnání současných poměrů z tajgy, lesotundry a tundry severní Evropy a Asie. Porosty *B. nana* zde totiž nejsou poškozovány ani stády mnoha set kusů sobů (př. Polární Ural, poloostrov Kola i poloostrov Jamal). Poškození nebylo pozorováno ani při pastvě krav (Komi republika) a ovcí (Norsko – Dovrefjell apod.).

Bylo by rovněž možné, že *B. nana* přežila v holocénu ve vyšších polohách Krkonoš pouze v menším množství. Pak však lehce podlehla jakémukoli tlaku. Mohly ji vytlačit šířící se porosty *Pinus mugo*, či zničit požáry. Proč však nezůstaly její exempláře zachovány např. na Pančavském rašeliništi? Pokud by byla snaha její zbytky někde hledat, tak právě zde, alespoň pro důkaz jejího výskytu v horských polohách.

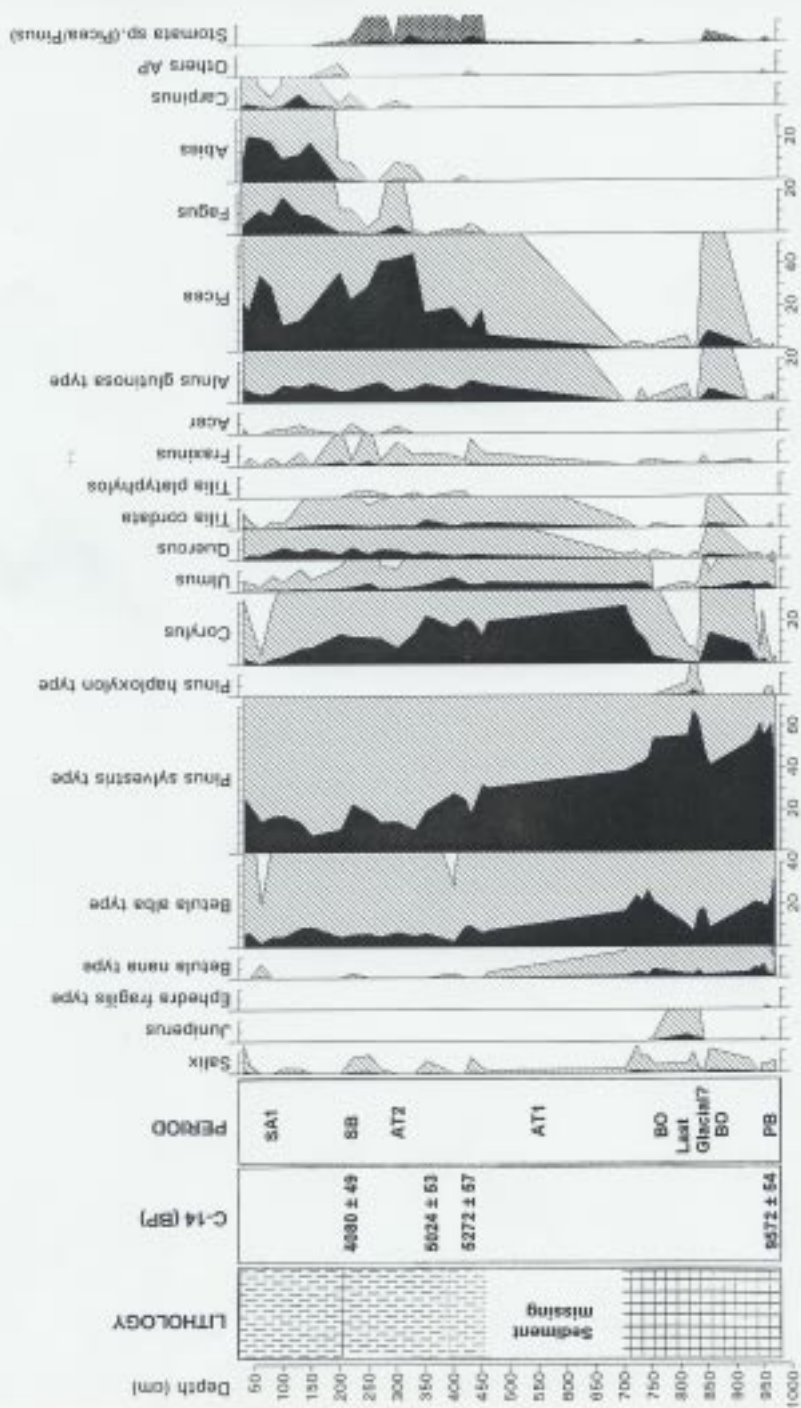
Teoreticky by se dalo předpokládat, že i *B. nana* zanechala zlomek své genetické informace v *B. pubescens* ssp. *carpatica*, která v Krkonoších roste. Tyto informace, podmíněné hybridizací u r. *Betula*, bude však patrně obtížné hledat. Zmíním příklad. V Norsku, přímo v kempu Furuhaugli (Dovrefjell) rostla stromová forma břízy (4 m), podle habitu *B. pubescens*. Její listy však byly typické pro *B. nana*, okrouhlé, malé, tuhé. Předpokládala jsem samozřejmě, že plodní šupiny budou typické pro *B. nana*. Měly však tvar i velikost plodních šupin *B. pubescens*. Jak asi vypadala genetická výbava tohoto exempláře?

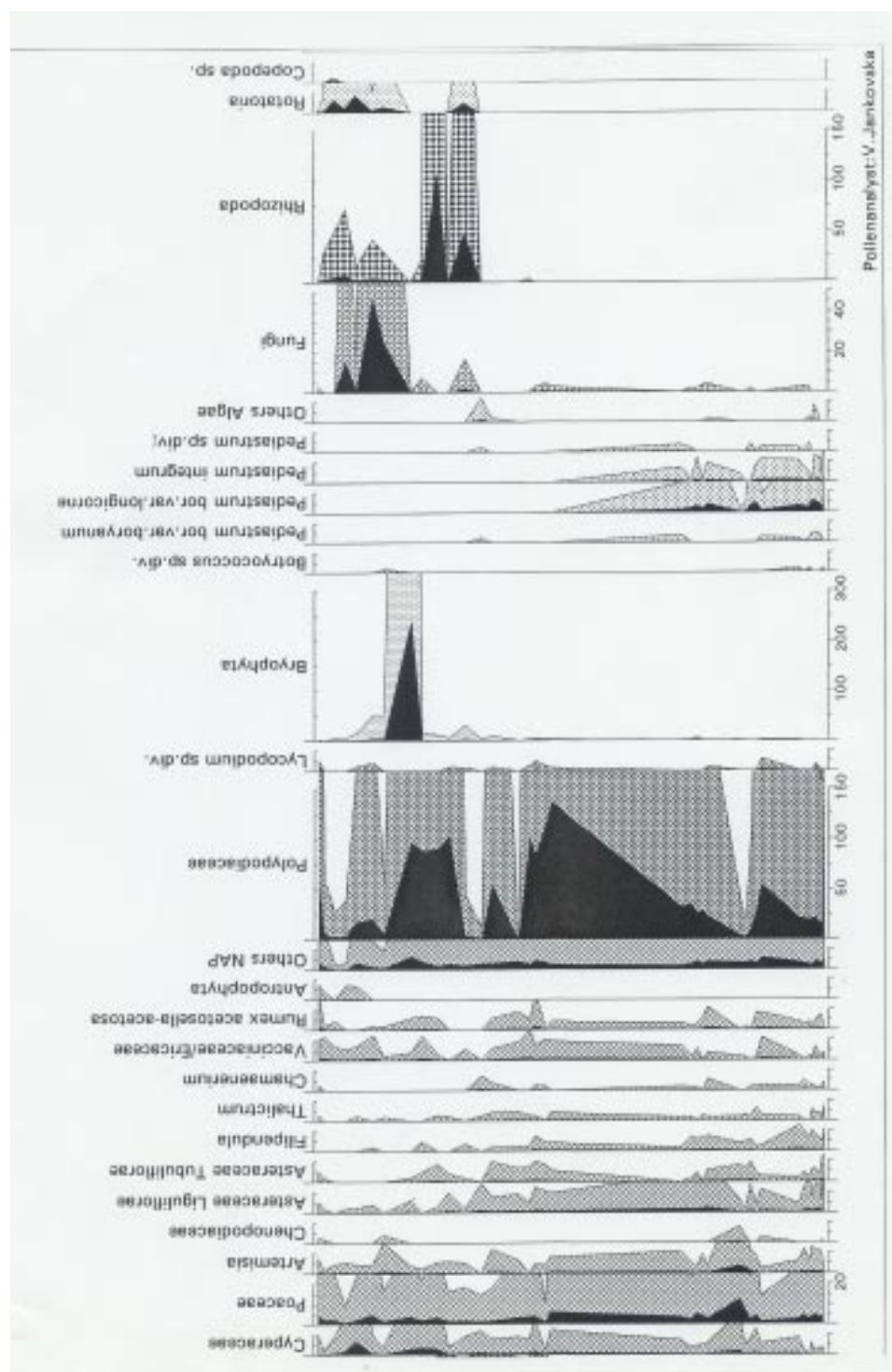
V jižních Čechách rostla *B. nana* podle nálezů listů v pozdnoglaciálních a časněholocenních sedimentech poměrně hojně (RUDOLPH 1917, JANKOVSKÁ 1980). Ještě v BO na rašeliništi Červené blato vytvořily její listy a větvičky téměř 100 cm mocnou vrstvu sedimentu (JANKOVSKÁ 1980). RYBNÍČEK & RYBNÍČKOVÁ (1968) ji uvádějí z PB Českomoravské vrchoviny. Je pravděpodobné, že v těchto polohách kolem 500 m n. m. byly v pleistocénu – podobně jako dnes v severské tundře – porosty *B. nana* běžné i na minerálním podkladu. Šíření stinných lesních porostů v holocénu pak přežila na otevřených rašeliništích, která se stala refugii i pro řadu dalších tundrových rostlin.

SOUHRN

Paleorekonstrukce vegetačních a dalších poměrů v oblasti Krkonoš byla provedena pro celý holocén. Okrajově byly zmíněny poměry na sklonku poslední doby ledové. Referenční lokalita Labský důl, jejíž vznik byl podmíněn ledovcovým jezerem, vznikla patrně již v mladší části poslední doby ledové, což koresponduje s výsledky datování ústupu ledovce Labského dolu (MERCIER & al. 2000). Nálezy kokálních zelených řas indikují chladné, oligotrofní, příp. dystrofní vodní prostředí. Jezero se zazemnilo

LABSKÝ DŮL, KRKONOŠE Mts., CZECH REPUBLIC
 (50°46' N, 18°33' E, 1050 m asl.)
 Simplified pollen-diagram





v atlantiku a postupně zarostlo oligotrofní vegetací, v konečné fázi smrčinou. Iničiálními stádii Pančavského rašeliniště byla patrně pozdnoglaciální mechoviště, která zvláště od boreálu vystřídala vrchovištní společenstva s převahou *Sphagnum*, *Eriophorum vaginatum* a taxony čeledí *Ericaceae* a *Vacciniaceae*. V preboreálu lze v Krkonoších předpokládat ještě široký pás tundry, přecházející ve středních polohách v keřovou lesotundru až řídký porost břízy a sosny na úpatí. V boreálu se šířily v podhůří dřeviny smíšeného dubového lesa s lískou a v Krkonoších se pásmo lesa a lesotundry posunulo až na plata hor. Obecně se v prostoru Krkonoš šířila líska a jilm a není vyloučena ani přítomnost smrku a olše. Ve starším atlantiku se zúžilo pásmo horské tundry, došlo k většímu zápoji kleče a k pronikání smrku do vyšších poloh. Smrk převládal ve vyšších a středních polohách, dřeviny QM v polohách nižších. V mladším atlantiku vystoupily smrčiny vysoko na horská plata, pás tundry byl podstatně zúžen. V Krkonoších se začal šířit buk a objevila se jedle. V subboreálu byla ukončena migrace všech hlavních lesních dřevin. Dále se šířil buk a především jedle. Ve starším subatlantiku byla již vytvořena vertikální zonálnost obdobná dnešní. Maximální rozsah měly porosty s jedlí, smrkem a bukem. Dominance jednotlivých dřevin se střídala v závislosti na poměrech stanoviště i nadmořské výšce. Významná byla i oscilace horní hranice lesa v důsledku několika chladnějších klimatických výkyvů. Mladší subatlantikum bylo již poznamenáno antropickými zásahy, které podměnily výraznou změnu vegetace i charakteru krajiny. V závěru příspěvku je proveden rozbor problematiky výskytu *Betula nana* v Krkonoších.

Poděkování

Autorka děkuje Dr. Z. Englovi, Mgr. M. Křížkovi, Mgr. V. Tremlovi (Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, katedra fyzické geografie a geoekologie) za odběr profilu Labský důl a Pančavském rašeliniště. RNDr. M. Kociánové (KRNAP) náleží dík za sondáž na ložisku Labský důl a Pančavském rašeliništi, za kritické poznámky k textu a za všestrannou pomoc v terénu. RNDr. J. Sekyroví patří poděkování za cenné rady, týkající se zalednění a periglaciálních jevů. Paní Z. Formánkové děkuje autorka za laboratorní přípravu vzorků a pomoc při přípravě rukopisu. Výzkum byl uskutečněn s finanční pomocí projektu MŽP (VaV 610/3/00) a GA AV ČR (IAA 6005309). Dvě AMS data byla hrazena z projektů GA AV ČR B 3111302 a GA UK 228/2003/B-GEO-PRF. Veškerá radiokarbonová datování provedl Physikalisches Institut der Universität Erlangen-Nürnberg, Německo, kterému tímto autorka rovněž děkuje.

LITERATURA

- DOHNAL J., JÁNĚ Z., KNĚZ J., NYVL T., VILHELM J., ZIMA L. & DVOŘÁK I. J. 2001: The problem of peat mounds and specific character of some geophysical fields in the area of the Labská louka. *Opera Corcontica*, 38: 249–259.
- FIRBAS F. 1949: Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen I. Jena, 480 pp.
- FIRBAS F. 1952: Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen II. Jena, 256 pp.
- FIRBAS F. & LOSERT H. 1949: Untersuchungen über die Entstehung der heutigen Waldstufen in den Sudeten. *Planta* 36: 478–506.
- FABISZEWSKI J. 1978: Vegetation of the peat-bog „Rownia pod Sniezka“. Guide of the Polish International Exkursion – 1978. Universitet im. A. Mickiewicza, Ser. Biologia, 11. Poznań.
- In: JAHN A. 1985: Karkonosze polskie, Wrocław: in p. 304.
- HADAČ E. & VAŇA J. 1967: Plant communities of mires in the western part of the Krkonoše Mountains, Czechoslovakia. *Folia geobot. Phytotax.* 2: 213–254.
- HÜTTEMANN H. & BORTENSCHLAGER S. 1987: Beiträge: zur Vegetationsgeschichte Tirols VI: Riesengebirge, Hohe Tatra – Zillertal, Kuhtai. *Ber. Nat.-med. Verein Innsbruck* 74: 81–112.

- JANKOVSKÁ V. 1980: Paläogeobotanische Rekonstruktion der Vegetationsentwicklung im Becken Třeboňská pánev während des Spätglazials und Holozäns. *Vegetace ČSSR*, A 11, Academia: 1–152.
- JANKOVSKÁ V. & KOMÁREK J. 2000: Indicative value of *Pediastrum* and other coccal green algae in palaeoecology. *Folia Geobot.* 35: 59–82.
- JENÍK J. & KOSINOVÁ-KUČEROVÁ J. 1964: Příspěvek k poznání přírody Labského dolu v Krkonoších. *Opera Corcontica*, 1: 71–88.
- KOMÁREK J. & FOTT B. 1983: Chlorophyceae (Grünalgen), Ordnung Chlorococcales. In: HUBER-PESTALOZZI G. (ed.), *Das Phytoplankton des Süßwassers, Die Binnengewässer* 16, 7/1, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- KOMÁREK J. & JANKOVSKÁ V. 2001: Review of the green algal genus *Pediastrum*; implication for pollen-analytical research. *Bibliotheca Phycologica* 108: 1–127.
- KOMÁREK J. & MARVAN P. 1992: Morphological differences in natural populations of the genus *Botryococcus* (Chlorophyceae). *Arch. Protistenk.* 141: 65–100.
- LOKVENEC T. 1978: Toulky krkonošskou minulostí. Nakl. Kruh, Hradec Králové, pp. 267.
- MEJSTRÍK V. & STRAKA K. 1964: Pančické rašeliniště v Krkonoších. *Opera Corcontica* 1: 35–53.
- MERCIER J. L., BOURLÉS D. L., KALVODA J., ENGEL Z. & BRAUCHER R. 2002: Report on radiometric ¹⁰Be dating of glacial and periglacial landforms in the giant mountains. *Opera Corcontica* 39: 169–164.
- MOORE P. D., WEBB J. A. & COLLINSON M. E. 1991: *Pollen analysis*, Blackwell, Oxford.
- OČADLÍK J. & FUKSA V. 1968: Topografie rašelinišť krkonošského národního parku. *Opera Corcontica*: 53–81.
- PAČTOVÁ B. 1957: Rašeliny na Černé hoře a dějiny lesa ve východních Krkonoších. *Ochr. Přír.* 12/3: 65–83.
- PUNT W. (ed.) 1976–1996: *The Northwest European pollen flora* 1–7. Elsevier, Amsterdam.
- REILLE M. 1992, 1995, 1998: *Pollen et spores d' Europe et d' Afrique du Nord*. Ibidem: Supplement 1 and Supplement 2, Laboratoire de botanique historique et palynologie URA, CNRS, Marseille.
- RUDOLPH K. 1917: Untersuchungen über den Aufbau böhmischer Moore I. Aufbau und Entwicklungsgeschichte südböhmischer Hochmoore. *Abh. Königl. Zool. Bot. Gesell. Wien*, 9/4: 1–116.
- RUDOLPH K. 1928: Die bisherigen Moor-untersuchungen in Böhmen. *Beih. Bot. Cbl.* 45/II: 1–179.
- RUDOLPH K. & FIRBAS F. 1926: Pollenanalytische Untersuchung subalpiner Moore des Riesengebirges. *Ber. Dtsch. Bot. Ges.* 44: 227–248.
- RUDOLPH K. & FIRBAS F. 1927: Die Moore des Riesengebirges. *Beih. Bot. Cbl.* 43/II: 69–144.
- RUDOLPH K., FIRBAS F. & SIGMOND H. 1928: Das Koppfenplanmoor im Riesengebirge. *Lotos* 76: 173–222.
- RYBNÍČEK K. & RYBNÍČKOVÁ E. 1968: The history of flora and vegetation in the Blato-mire in SE Bohemia (Palaeoecological study). *Folia Geobot. Phytotax.* 3: 117–142.
- SPERANZA A. 2000: Solar and antropogenic forcing of late-Holocen vegetation changes in the Czech Giant Mountains. Dissertation. Inst. Biodiversity and Ecosystem Dynamics, Research group Palynology and Paleo/Actuo – ecology, Universiteit van Amsterdam. 127 pp.
- SPERANZA A., HANKE J., VAN GEEL B. & FANTA J. 2000a: Late-Holocene human impact and peat development in the Černá hora bog (Krkonoše Mountains, Czech Republic). *The Holocene* 10: 575–585.
- SPERANZA A., FANTA J., HANKE J. & VAN GEEL 2000b: Vliv člověka na vývoj lesa na Černé hoře v Krkonoších v pozdním holocénu. *Archeologické rozhledy* 52: 632–642.
- SPERANZA A., VAN DER PLICHT J. & VAN GEEL B. 2000c: Improving the time control of the Subboreal, Subatlantic transition in a Czech peat sequence by ¹⁴C wiggle-matching. *Quaternary Science Reviews* 19, Elsevier Science: 1589–1604.
- SVOBODOVÁ H. 2002: Preliminary results of the vegetational history in the Giant mountains (Úpská rašelina Míre and Černohorská rašelina bog). *Opera Corcontica*, 39: 5–16.
- ŠEBESTA J. & TREML V. 1977: Glacigenní a nivační modelace údolí a údolních uzávěrů Krkonoš. *Opera Corcontica*, 13: 7–44.