

# STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor SOČ: 5. Geologie, geografie

*Předběžná studie druhohorních mesofosílii z ostrova James Ross*

**Autoři:** Petra Zahajská

**Škola:** Gymnázium Jana Keplera, Parlérova 2, Praha 6

**Konzultant:** RNDr. Jiří Kvaček, CSc.

**Praha 2011**

## **Prohlášení**

*Prohlašuji, že jsem svou práci vypracovala samostatně a použila jsem pouze podklady uvedené v příloženém seznamu.*

*Nemám závažný důvod proti zveřejňování této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorům, o původech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon v plném znění).*

V Praze dne 13. 3. 2011

Petra Zahajská

### **Poděkování**

Děkuji **RNDr. Jiřímu Kvačkovi, CSc.** za obětavou pomoc, trpělivost a podnětné připomínky, které mi během práce poskytoval. Taktéž děkuji **Mgr. Zuzaně Heřmanové** a **RNDr. Borisovi Ekrtovi** za pomoc a technickou podporu při focení na elektronovém mikroskopu v prostorách Národního muzea v Horních Počernicích.

Věc: Oponentský posudek

Práce studentky Petry Zahajské hezky popisuje několik nově nalezených fosilií z ostrova Jamese Rosse v Antarktidě a srovnává tyto fosilie s dnešními rostlinami. Popis fosilních vzorků i dnešních rodů je vyčerpávající, studentka čerpala ze značného množství literatury a evidentně dobře orientuje v problematice. Z odborného hlediska nelze popisu fosilních vzorků nic vytknout. Kapitola o paleoekologii dobře zapadá do celkového konceptu práce. Větší pozornost by mohla být věnována diskuzi a vlastnímu srovnání vlastních znaků. V práci je také několik drobných formálních nedostatků (např. chybí seznam kusů, se kterými autorka pracovala). Jinak ale práce perfektně odpovídá požadavkům středoškolské odborné činnosti, v některých aspektech ji dokonce převyšuje.

Mgr. Zuzana Heřmanová

## ANOTACE

Předběžná studie o různorodosti flóry na území ostrova James Ross. Podklady pro rekonstrukci klimatických podmínek ve svrchní křídě na území Antarktidy.

Klíčová slova:

Kapradina, *Delosorus*, jehličnan, *Araucariaceae*, *Araucaria*, *Araucaria araucana*, *Araucaria bidwillii*, *Araucaria heterophylla*, fosilní *Araucaria*, ostrov James Ross, křída, svrchní křída.

## Obsah

Obsah.....	6
Úvod.....	7
Metodika.....	8
Materiál (geologie území) .....	9
Svrchní křída: santon – počátek kampánu .....	9
Princip zakonzervování .....	12
Čeleď: Matoniaceae.....	12
Rod: Delosorus .....	13
Delosorus sp. ....	13
Čeleď: Araucariaceae .....	16
Rod: Araucaria.....	16
Araucaria sp. ....	16
Araucarie araucana.....	17
Araucaria bidwillii .....	20
Araucaria heterophylla .....	23
Fosilní Araucariaceae .....	25
Klima .....	30
Diskuse .....	32
Závěr.....	34
Použitá literatura.....	35
Obrázky:.....	35
Přílohy:.....	36
Přílohy: .....	37

## Úvod

Práce pojednává o analýze vzorků mesofosílií odebraných na území ostrova James Ross, které byly odebrány RNDr. Jiřím Kvačkem, CSc. v roce 2009. Vzorky pocházejí ze svrchní křídy, přesněji z období santonu až kampánu. Nalezené vzorky byly zařazeny mezi jehličnany z čeledi Araucariaceae a mezi kaprad'orosty z čeledi Matoniaceae.

Jedná se o první zjištěný výskyt mesofosílií na ostrově Jamese Rosse a druhý nález křídových mesofosílií na Antarktidě vůbec.

Předběžná studie by měla prozkoumat různorodost flóry a kvalitu zachování mesofosílií na území západní Antarktidy, jmenovitě na území ostrova Jamese Rosse a dále pomoci rekonstruovat tehdejší vegetační poměry.

## Metodika

Vzorky byly nalezeny ve vrstvách Santa Marta, kde se střídají sekvence pískovců, prachových pískovců, jílovců a naplavených konkrecí (dále v kapitole Materiál).

Vzorky byly odebírány z vápnných konkrecí, které byly sbírány vyvětralé na povrchu. Tento materiál se proplachuje nejdříve pouze ve vodě, aby se oddělily usazeniny od zuhelnatělého materiálu. Proplachujeme opakovaně přes velmi jemné sítko. Dále jsou vzorky rozpouštěny v kyselině fluorovodíkové (HF 70%) a následuje rozpouštění v kyselině chlorovodíkové (HCl 35%). Kyseliny rozpouští okolní materiál a výsledkem jsou čisté vzorky. Ty se ještě proplachují vodou a suší na vzduchu.

Pro bližší prohlédnutí vzorků jsem měla k dispozici skenovací elektronový mikroskop Hitachi S-3700N, který je umístěn v Národním muzeu, konkrétně v prostorách depozitářů v Horních Počernicích.

Vzorky se nejdříve nalepí na terčíky (stub), v našem případě pomocí laku na nehty. Terčík se nejdříve vyčistí. Poté se vzorek umístí pomocí jemného štětce do naneseného laku na nehty na terčíku a nechá se zaschnout.

Pro pozorování vzorků Araucariaceae jsem použila tři druhy vzorků – fosilní, sušené a živé. Měla jsem k dispozici fosilní vzorky z ostrova James Ross (2 větvičky), sušené větvičky nebo listy *Araucaria bidwillii*, *Araucaria araucana* a *Araucaria heterophylla*. Jako poslední druh vzorku byl pokojový druh *Araucaria heterophylla* z prostor depozitářů v Horních Počernicích a tyto vzorky byly pozorovány živé.

Vybrané vzorky byly pozlacovány pro dosažení vyšší kvality obrazu. Tyto vzorky byly pozorovány ve vyšším vakuu. Některé nebyly pozlaceny, byly pozorovány v nízkém vakuu, kde pozlacení není nutností. Živý vzorek araukárie byl pozorován pomocí kryometody, kdy je využit mrazicí stolek (cooling stage). V našem případě byl vzorek zmražen na teplotu  $-28^{\circ}\text{C}$ .

Vzorek fosilní kapradiny *Delosorus* byl pozlacen a byl pozorován ve vysokém vakuu, pro dosažení velkého zvětšení a kvalitního obrazu.



## **Materiál (geologie území)**

Gondwana se postupně utvářela během druhohor a zahrnovala jižní Ameriku, Afriku, Přední Indii, Austrálii a Antarktidu. V období, z kterého pocházejí studované fosílie, se vyznačuje rozpadem superkontinentu Gondwana a formováním dnešních kontinentů včetně jejich pohoří.

V křídovém útvaru byly již od sebe odděleny dnešní kontinenty, ale jejich pozice nebyla shodná s dnešním uspořádáním. Deska Indie zůstávala na jižní polokouli, zatím vzdálená od Asie, ale také od Austrálie. Během křídý se odděluje Austrálie od Antarktidy, kontinenty však zůstaly odděleny jen úzkým průlivem. (Ziegler, 2001).

Antarktida se nacházela v okolí 60°JŠ a její klima bylo o poznání teplejší než dnes. Odhadovaná teplota je 14-19°C (Hayes et al. 2006). Antarktida byla během celého mesozoika nezaledněná, naopak ji pokrývaly bujné lesy (Ziegler, 2001). Teplé klima bylo způsobeno velkým množstvím skleníkových plynů v atmosféře.

Díky posunům litosférických desek a jimi vyvolaných horotvorných procesů a eustatickým změnám mořské hladiny vznikla během křídý, východně od Antarktického poloostrova, Larsenova pánev. Největší změny mořské hladiny nastaly na rozhraní spodní a svrchní křídý, kdy tzv. cenomanská transgrese vedla k zaplavení podstatných částí kontinentů epikontinentálními moři. (Ziegler, 2001)

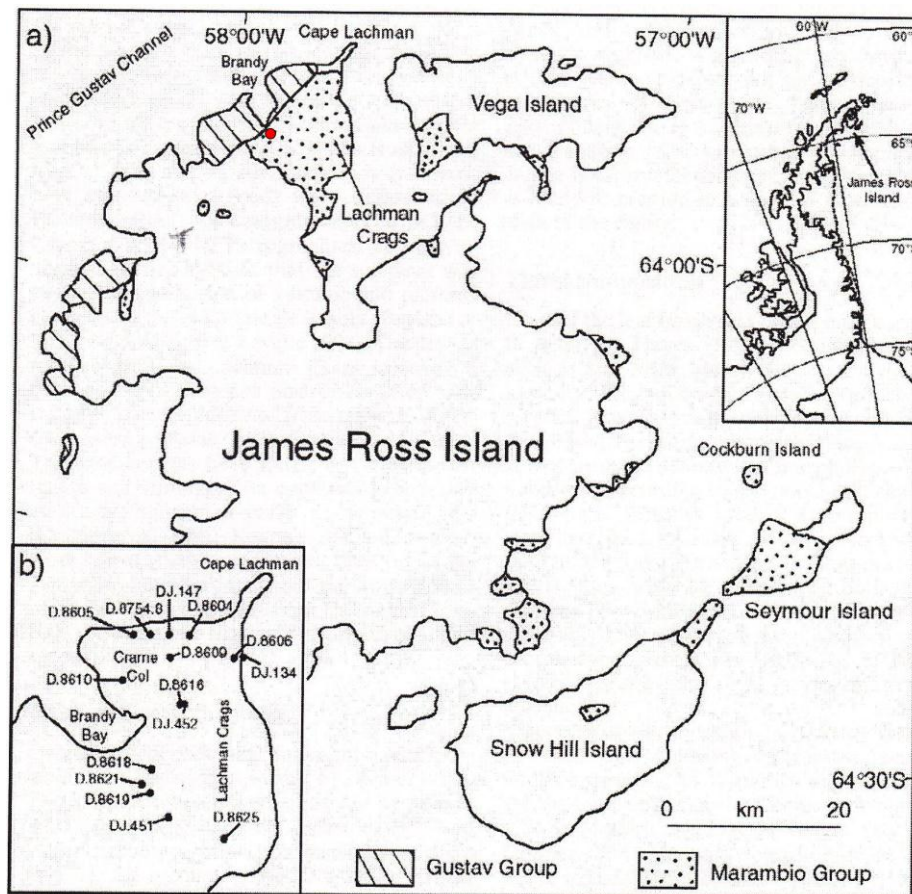
Druhohorní flóra je charakteristická mohutným rozšířením nahosemenných rostlin – cykasů, jehličnanů a ginkgovitých rostlin. Tyto rostliny dominovaly především v triasu, juře a ve spodní křídě. Tehdy se objevily první krytosemenné rostliny, které se velmi rychle ujaly dominance a šíření po celém světě. Dominantní postavení krytosemenných rostlin je vyjádřeno nástupem kenofytika.

### ***Svrchní křída: santon – počátek kampánu***

Antarktida byla v santonu a počátkem kampánu na 60 ° JŠ. Teploty se pohybovaly od 13-21°C a bylo tam teplé klima bez výrazných teplotních výkyvů. Klima souviselo s vrcholem globálního oteplování, které bylo od turonu do počátku kampánu. V mesozoiku a kenozoiku byla oblast Antarktického poloostrova centrem magmatické aktivity. Poloostrov se dále vyvíjel jako vulkanický oblouk, přičemž se vytvořily

podmínky pro vznik Larsenovy pánve. (Vávrová, 2007) Sedimentace v této pánvi probíhala od aptu až do eocénu, a proto v těchto sedimentech nacházíme jednu z nejkompexnějších mesozoických mořských sukcesí.

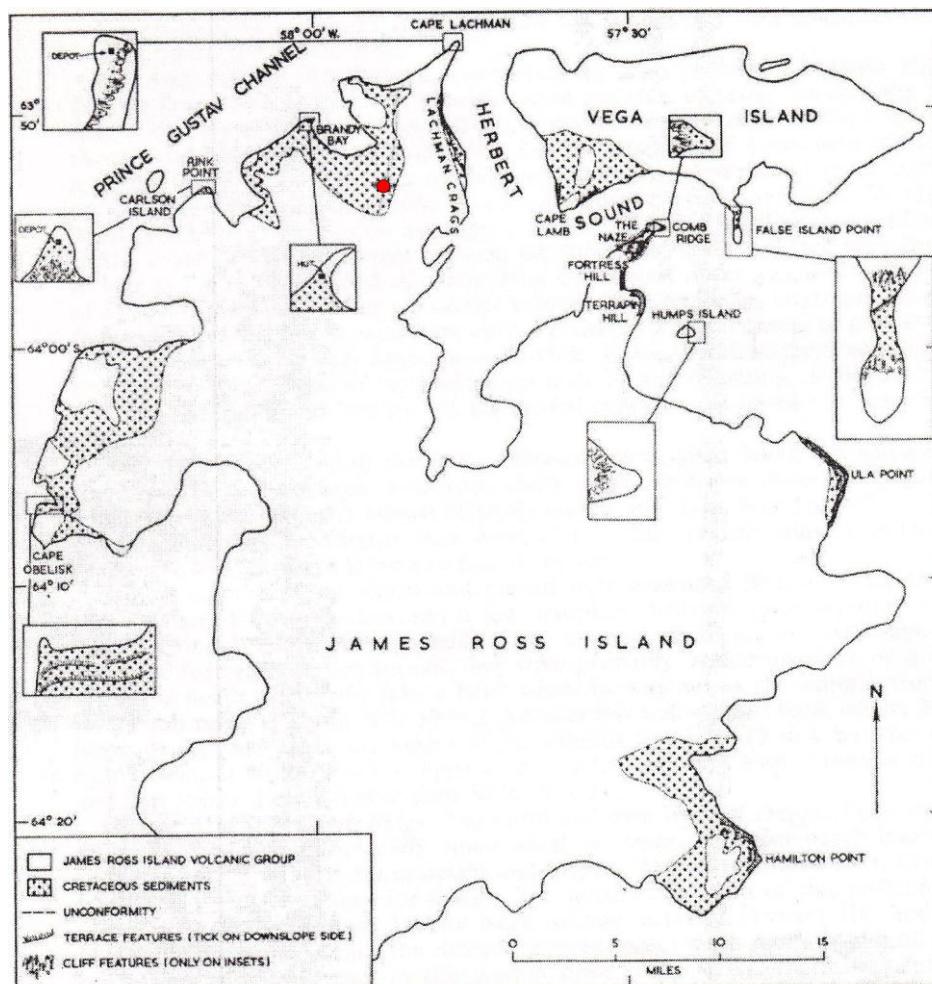
Larsenova pánev se nachází v oblasti  $63^{\circ}51'S$   $58^{\circ}W$ . Sedimentární náplň pánve je 6 km mořských uloženin, které se formovaly v pozdním mesozoiku a raném kenozoiku. Sukcese vrstev pánve je následující. Nejstarší rostlinné fosilie se nachází v souvrství Gustav, které pochází z období aptu až coniaku. Mladší nálezy fosilních rostlin se pak nachází v souvrství Marambio, které je z období coniaku až paleocénu. Nejmladší souvrství Seymour ze stejnomenného ostrova je z období pozdního paleocénu až oligocénu. (obr. 1)



Obr. 1 Mapa ostrova James Ross s vyznačenými souvrstvími a s vyznačenou lokalitou odběru vzorků (převzato z Hayes et al. 2006)

Nejstarší fosilní flóra se nachází ve vrstvách Hidden Lake, které jsou součástí souvrství Gustav. Vrstvy obsahují 300 - 400 m hrubozrnných vulkanických slepenců, pískovců a jílovců. Stáří této jednotky se odhaduje na koniak (88,7 – 86,4 milionů let).

Nálezy mladší fosilní flóry pocházejí z vrstev Santa Marta, které jsou součástí souvrství Marambio. Vrstvy Santa Marta částečně překrývají vrstvy Hidden Lake a nachází se na severu ostrova James Ross (obr. 2). Vrstvy obsahují asi 1000 m prachových a jílovitých pískovců a slínovců. Sedimenty pocházejí z denudovaných vulkanických hornin a částí plutonu z Antarktického poloostrova. Ve vrstvách se střídají sekvence pískovců, prachových pískovců, jílovců a naplavených kongrecí. Vrstvy se tvořily v období santonu až kampánu.



Obr. 2 Mapa ostrova James Ross s vyznačenou lokalitou odběru vzorků (převzato z Bibby J. S.)

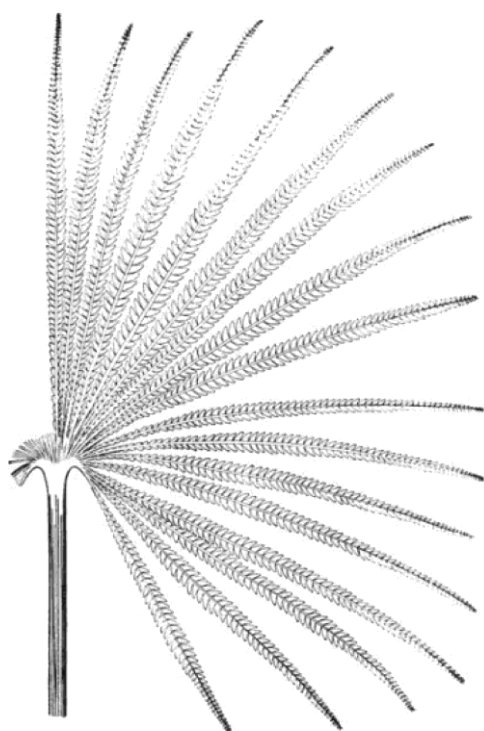
## Princip zakonzervování

Vzorky, které nalézáme v konkracích, se nazývají tzv. fuzity. Vznikaly při požárech původních lesů. Požáry byly pravděpodobně častým fenoménem té doby.

Po transportu fuzitu do pánve prostřednictvím neznámého toku nastala jejich rychlá sedimentace. Na dně tehdejšího moře se vytvářely velmi rychle konkrace, které fuzity rychle uzavřely a zabránily tak jejich degradaci na mořském dně.

## Čeleď: Matoniaceae

Matoniaceae je čeleď, jejíž historie sahá až do triasu (od 251 do 199,6 milionů let), jak je doloženo fosilními záznamy (Skog, 1988). Kapradiny z této čeledi byly hojně rozšířeny na obou polokoulích Země během celého mesozoika (Taylor, 2009). Nejedná se ovšem o čeleď vymřelou, nýbrž obsahuje také dva reliktní recentní rody (Skog, 1988). Matoniaceae se vyznačují dlanitě zpeřenými listy. Listy mají na spodních stranách masivní sporangia, která jsou uspořádána do kruhovitých útvarů – výtrusných



Obr. 3 (a) rekonstrukce *Matonidium americanum* (Taylor, 2009), (b) dnešní zástupce Matoniaceae (<http://www.oocities.org/fernparadise/Matoniaceae/Matonia/Matonia.html>)

kupek neboli sorů, krytých ostěrami. Recentní rody čeledi Matoniaceae jsou pouze dva – *Matonia*, která obsahuje dva druhy a *Phanerosorus*, který taktéž obsahuje jen dva druhy. Přestože zástupci čeledi Matoniaceae v minulosti rostli hojně na všech kontinentech, jejich recentní představitelé se vyskytují pouze v oblasti jihovýchodní Asie v Indonésii, na Borneu a Nové Guinei (Taylor, 2009), a to především na otevřených horských hřebenech a na stinných vápencových stěnách (Kramer 1990).

### ***Rod: Delosorus***

Rod *Delosorus* patří do čeledi Matoniaceae a fosilní záznamy pochází z období spodní křídy (145,5 – 99,6 milionů let) ze severní Ameriky (Skog, 1988). *Delosorus* má dvakrát dlanitě zpeřené (pedátní) listy. Každý listek má na spodní straně charakteristickou kruhovou výtrusnicovou kupku – sorus, o průměrné velikosti 0,5 mm. Hlavní znak, podle kterého se dá zařadit do rodu *Delosorus* je morfologie listů a spor. Pro rod *Delosorus* jsou charakteristické dvakrát zpeřené listy. Tento znak má mezi představiteli čeledi Matoniaceae ještě rod *Piazopteris*, který se od rodu *Delosorus* liší charakteristickou žilnatinou s primárními žilkami vytvářejícími oblouky.

### ***Delosorus sp.***

Popis kutikuly podle pozorování v elektronovém mikroskopu:

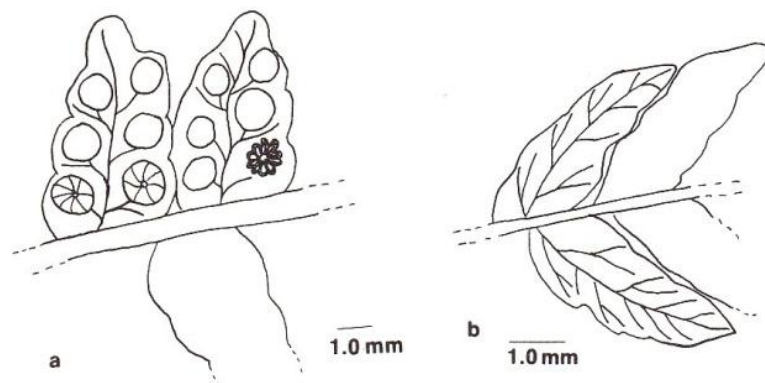
Jedná se o amfistomatický (list s průduchy na svrchní i na spodní straně) troposporofyt (list nesoucí výtrusy). Základní buňky (20 – 60  $\mu\text{m}$  x 13 - 26  $\mu\text{m}$ ) jsou polygonálního tvaru, mají sinusoidně zvlněné antiklinální stěny.

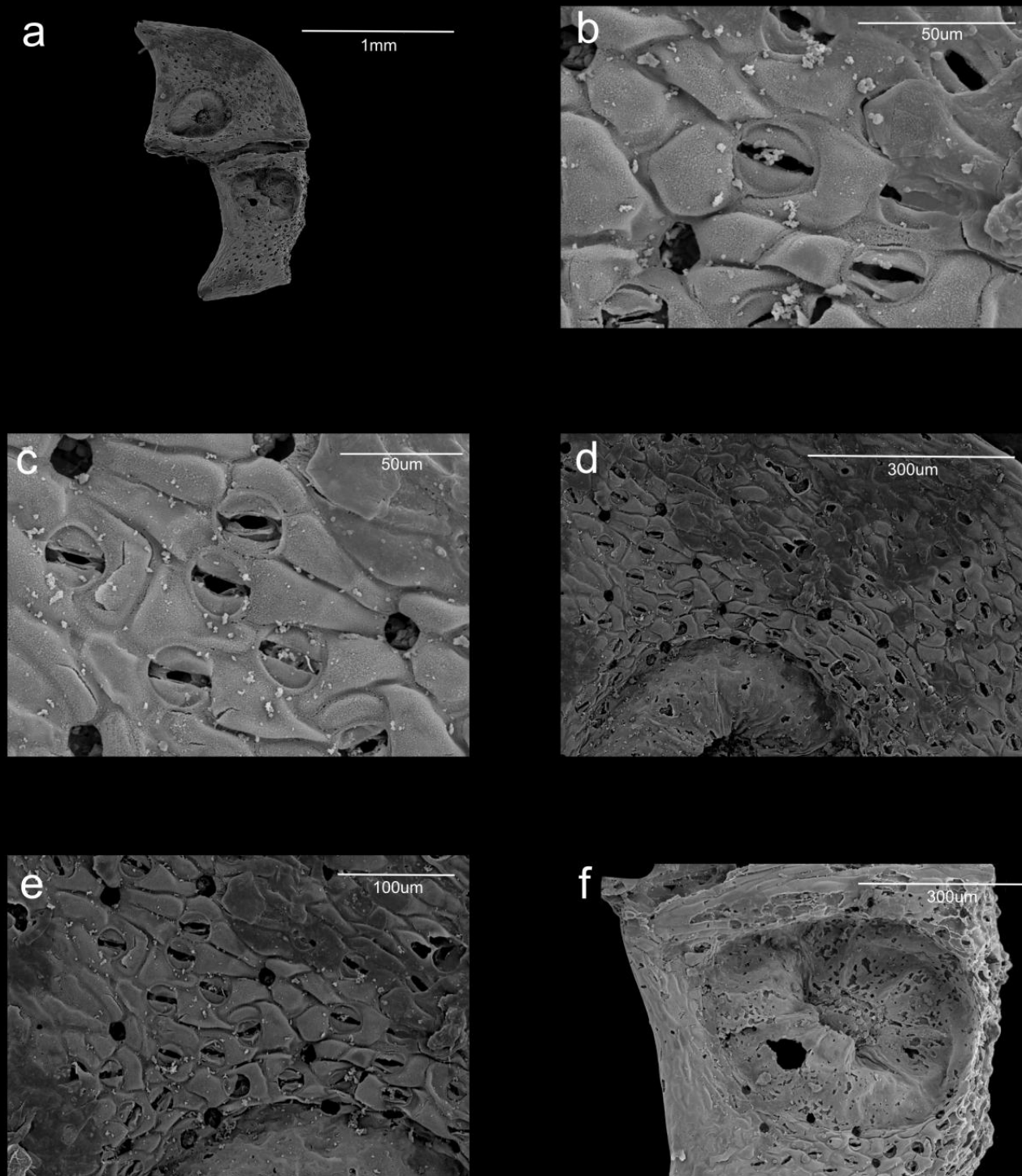
Stomata jsou obklopena nejčastěji třemi sousedními buňkami (Obr. 5 b, c, d, e). Jedná se o faneroporní (na úrovni epidermis listu) stomata pteridofytního typu (Vinter, 2009), který je typický pro kapradiny. Dle počtu a tvaru okolních buněk se jedná o stomata izocytická (anomocytická) - buňky obklopující stomata vypadají stejně jako běžné epidermální buňky (Vinter, 2009). U každého průduchu jsou vidět dvě svěrací buňky a stomatální štěrbinu.

Stomata mají svěrací buňky typu *Amaryllis* (jsou ledvinovitého tvaru a mají vnitřní stěnu nepružnou). Velikost celého průduchu se pohybuje v rozmezí 23 – 25  $\mu\text{m}$  x 7 - 9  $\mu\text{m}$ . Sousední buňky polygonálního (nejčastěji tetragonálního) tvaru nabývají velikosti od 26  $\mu\text{m}$  x 14,5  $\mu\text{m}$  do 55  $\mu\text{m}$  x 30  $\mu\text{m}$  a mají sinusoidně zvlněné antiklinální stěny.

Dále můžeme vidět pozůstatky po výtrusných kupkách - sorech (Obr.1f), které byly složeny z radiálně uspořádaných trojúhelníkovitých výtrusnic, ve kterých byly výtrusy. Podle otisků v dolní epidermis se v kupce nacházelo 8 - 11 výtrusnic.(Obr. 4a). (Skog, 1988) Byly uspořádány v kulovitých kupkách.

Obr. 4 Diagram výtrusnic kapradiny *Delosorus heterophyllus*  
(a) uspořádání výtrusnic na trosporoofytu (b) ukázka sterilního listu s žilnatinou (Skog, 1988)





Obr. 5. Stomata a výtrusnicové kupky kapradiny *Delosorus*, (a) Celkový pohled na list, dvě žilvy po výtrusnicích, neuspořádaná stomata, uprostřed pozůstatek po cévních svazcích, A2-1, x42. (b) Stoma s třemi obklopujícími buňkami, A2-1, x850. (c) Stomata s okolními buňkami, A2-1, x700. (d) Neuspořádaná stomata s okolními buňkami, A2-1, x190. (e) Stomata s okolními buňkami a s částí výtrusnicové kupky, A2-1, x320. (f) Pozůstatek po výtrusnicové kupce, A2-1, x170.

## Čeleď: Araucariaceae

Araukárie jsou jedny z nejstarších jehličnanů, které se na Zemi objevily asi před 70 miliony let. V době druhohor byly araukárie hojně rozšířené na obou polokoulích, dnes je najdeme v přirozeném výskytu pouze na jižní polokouli – Jižní Amerika a Austrálie. Čeleď Araucariaceae čítá tři rody: *Araucaria*, *Agathis* a *Wollemia* ([www.catalogueoflife.org](http://www.catalogueoflife.org)).

### **Rod: Araucaria**

#### **Araucaria sp.**

Nejvíce zástupců rodu *Araucaria* (13) roste na ostrově Nová Kaledonie a díky nepříznivým podmínkám (požáry, těžba dřeva apod.) se z nich 11 dostalo na seznam ohrožených rostlin. Jejich pomalý růst a nízká reprodukční schopnost (sběr semen pro konzumaci (až 3500 tun) a nízká produkce semen) ztěžuje přirozenou regeneraci porostu. (Marinelli, 2006)

#### **Listy**

Listy rodu *Araucaria* mohou mít různý tvar a velikost; mohou to být listy široké nebo listy ploché, se zaoblenou špičkou nebo i s ostře zašpičatěnou špičkou. Mohou být jehlicovité nebo šupinovitě naskládány na sebe. I přes odlišnost tvarů listů je možné araukárie identifikovat podle kutikuly. Výsledky studia (Stockey a Taylor, 1980) ukázaly, že kutikula má specifické mikromorfologické rysy, které jsou pozorovatelné pod elektronovým mikroskopem. Tyto rysy jsou důležité při určování vzorků celé čeledě (Stockey, 1982).

#### **Kutikula**

Kutikula rodu *Araucaria*, tedy rodu se širokými šupinovitě uspořádanými listy, má pravidelné řady průduchů na vnitřní straně listů. Stomata jsou orientována podélně a jsou obklopeny většinou 4 okolními buňkami (dvě v polárních částech stomatu a dvě v laterálních částech stomatu). V některých případech však mohou být stomata obklopeny až sedmi okolními buňkami. Některé druhy araukárií mohou mít stomata na obou stranách listu a také mohou mít stomata uspořádaná v nesouvislých řadách nebo v různých nepravidelných uskupeních. Vnější povrch kutikuly araukárií je ve většině



případů charakteristický typickým oválným vyzdvihnutím okrajů stomatální komůrky do florinových kroužků (Buchholz and Gray, 1948). Většina druhů má voskovou zátku chránící otvor stomatu. (Stockey and Taylor, 1981). Znaky kutikuly jsou stejné jak pro mladé, tak pro zralé listy (Stockey, 1982).

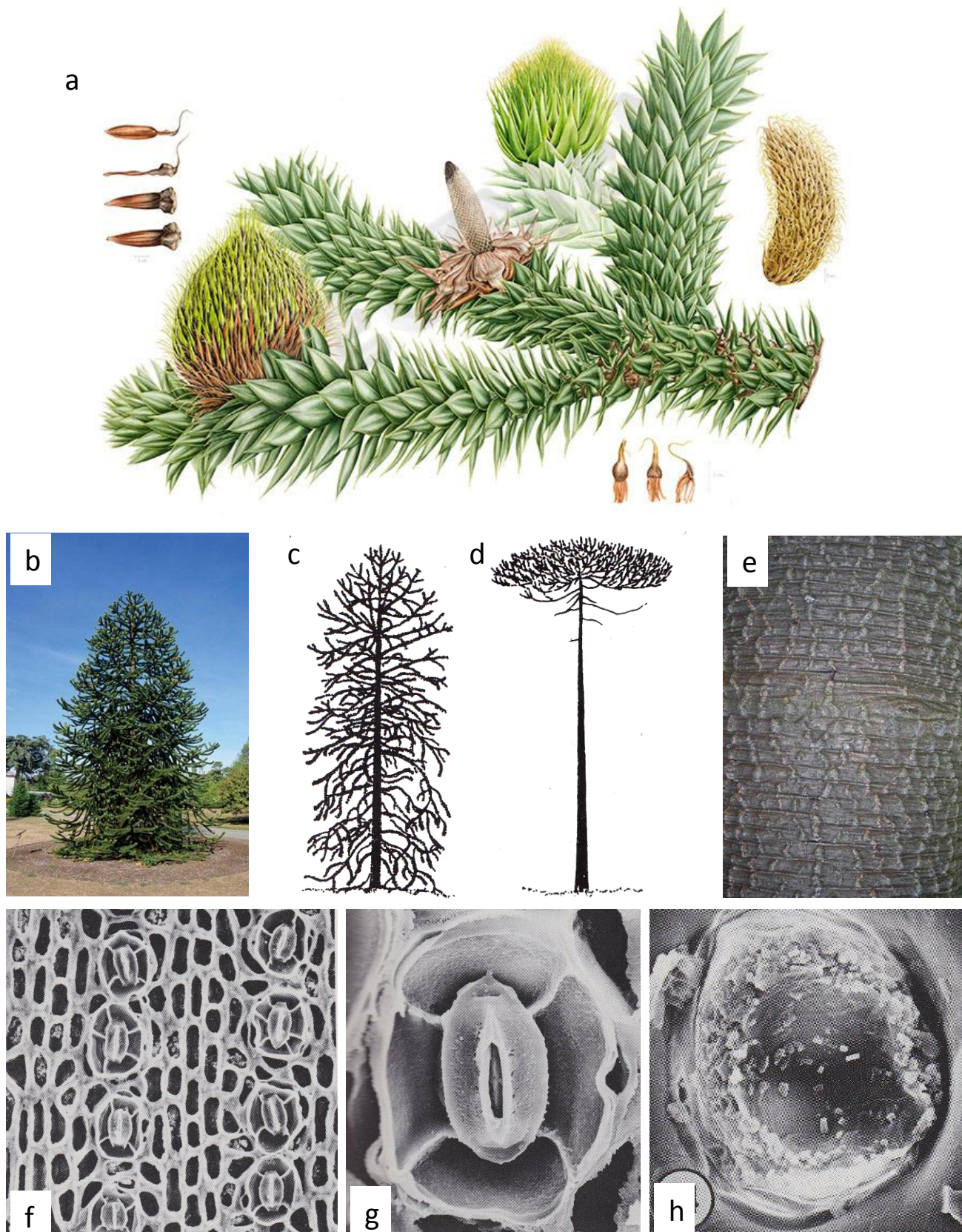
### *Araucarie araucana*

Jde o recentního příbuzného druhohorních araukárií, který roste v Andách na hranicích Chile a Argentiny. Jedná se statné vysoké stromy se stálezelenými listy a velkými oválnými šiškami. Větve jsou horizontální, rozkladité a jsou v pravidelných přeslenech (většinou po 5). (Větvička, 1998) Mladé stromy mají větve po celé délce kmene, zatímco starší stromy mají větve pouze na špici kmene (obr. 6c, d). Kůra má šedohnědé zbarvení, je pryskyřičnatá a hladká. Na povrchu kmene jsou znatelné jizvy po starých větvích. (development.dendrologie.cz) Stromy bývají většinou dvoudomé, přičemž samčí „květenství“ vyrůstají na brachyblastech, jsou až 15 cm dlouhá a mají až 1000 „květů“. Samičí šišky obsahují škrobová semena, která jsou jedlá. Dřevo araukárii je velmi pevné a cenné. (Větvička, 1998)

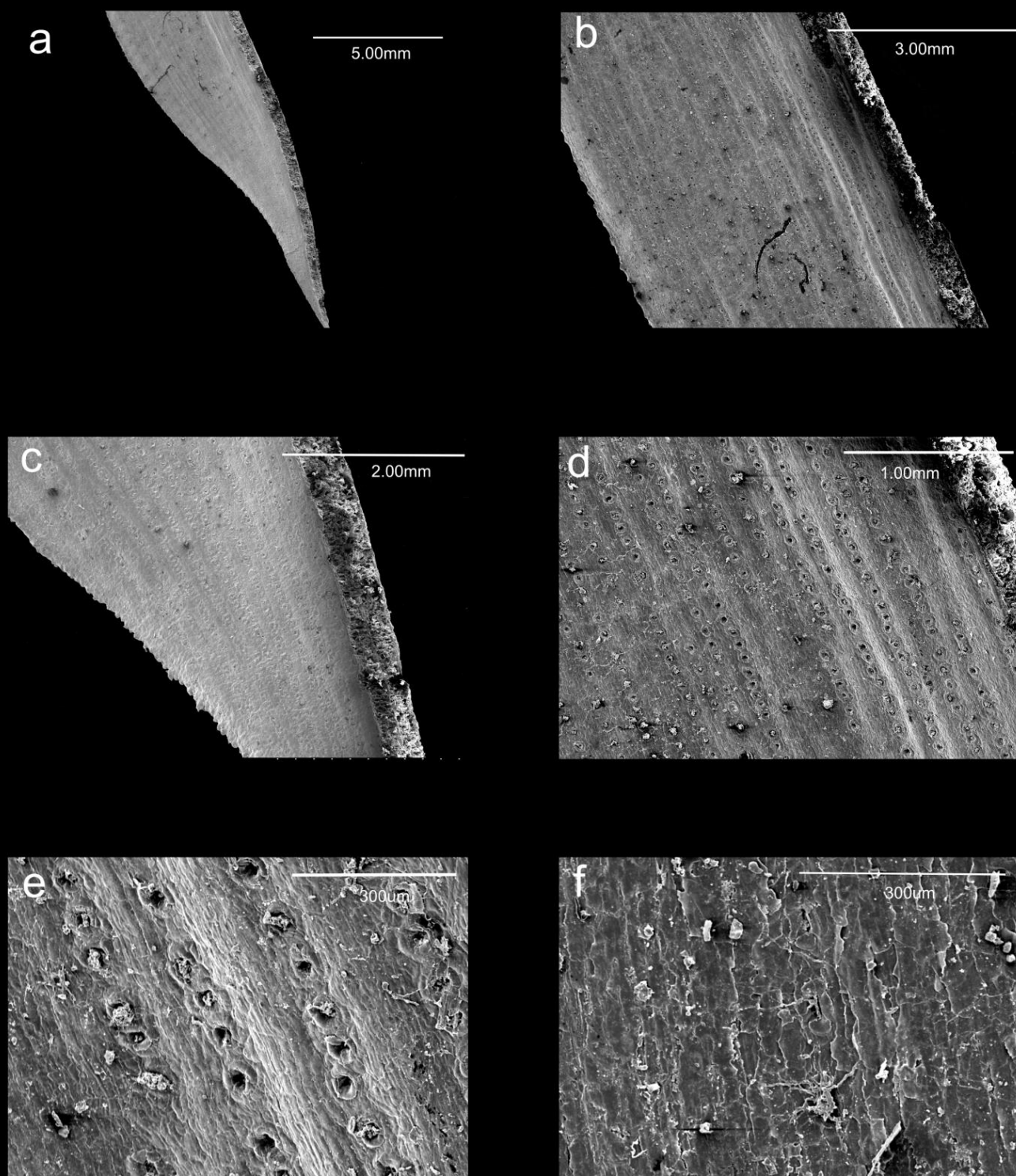
Listy jsou šupinovité a jsou přítomny na kmene až k bázi. Tvar je vejčitě kopinatý a jsou oboustranně leskle zelené. Jedná se o ploché, široké, 30 – 50 mm x 8 - 25 mm velké listy uspořádané do šroubovice. Mají na sobě podélné proužky, dle kterých jsou orientovány řady průduchů. (development.dendrologie.cz)

Pro tento druh je uspořádání stomat do podélných pravidelných řad jeden z typických rozpoznávacích znaků (obr. 7d ). Při detailním pohledu na stomata jsou pozorovatelné vyvýšené kruhové valy - tzv. florinovy kroužky (Buchholz a Gray, 1948) (obr. 7e.). Velikostně se stomata pohybují mezi 48 – 84  $\mu\text{m}$  x 36 – 84  $\mu\text{m}$ .

Vnější povrch kutikuly je hladký s občasným zvlněním (obr. 6g). Některá stomata mají voskovou zátku, která má hladký povrch se zrnitou strukturou po obvodu. Případná nesouvislost řady stomat je způsobena propadem buněk obklopujících stoma na úroveň hypodermis. Kutikula epidermálních buněk je obdélníkovitého tvaru, nepravidelnosti nastávají v okolí stomat. (obr. 6f) Epidermální buňky mají mírně sinusoidně zvlněné antiklinální stěny (Ruth A. Stockey, 1986).



Obr. 6 *Araucaria araucana* (a) schématický nákres větvičky s generativními orgány, šiškou, semeny (celebratelife.rbge.org.uk), (b) fotografie mladého stromu (www.gardensandplants.com), (c) nákres uspořádání větví mladého stromu (Větvička, 1998), (d) nákres uspořádání větví staršího stromu (Větvička, 1998), (e) fotografie struktury a zbarvení kůry (www.gardensandplants.com), (f) kutikula spodní strany (bližší k větvičce) listu (jehlice), 169x (Ruth A. Stockey, 1986), (g) kutikula v okolí stomatu, 893x (Ruth A. Stockey, 1986), (h) kutikula na svrchní straně listu, povrch a struktura voskové zátky stomatu, 799x (Ruth A. Stockey, 1986).



Obr. 7 *Araucaria araucana*, (a) celkový pohled na list (jehlici), *A. Araucana*, 7x, (b) střední část jehlice s viditelnými podélnými řadami stomat, *A. Araucana*, 25x, (c) koncová část jehlice s viditelnými podélnými řadami stomat, *A. Araucana*, 18x, (d) téměř pravidelné řady stomat, *A. Araucana*, 47x, (e) pohled na část řady stomat, *A. Araucana*, 150x, (f) stoma s voskovou čepičkou, *A. Araucana*, 190x

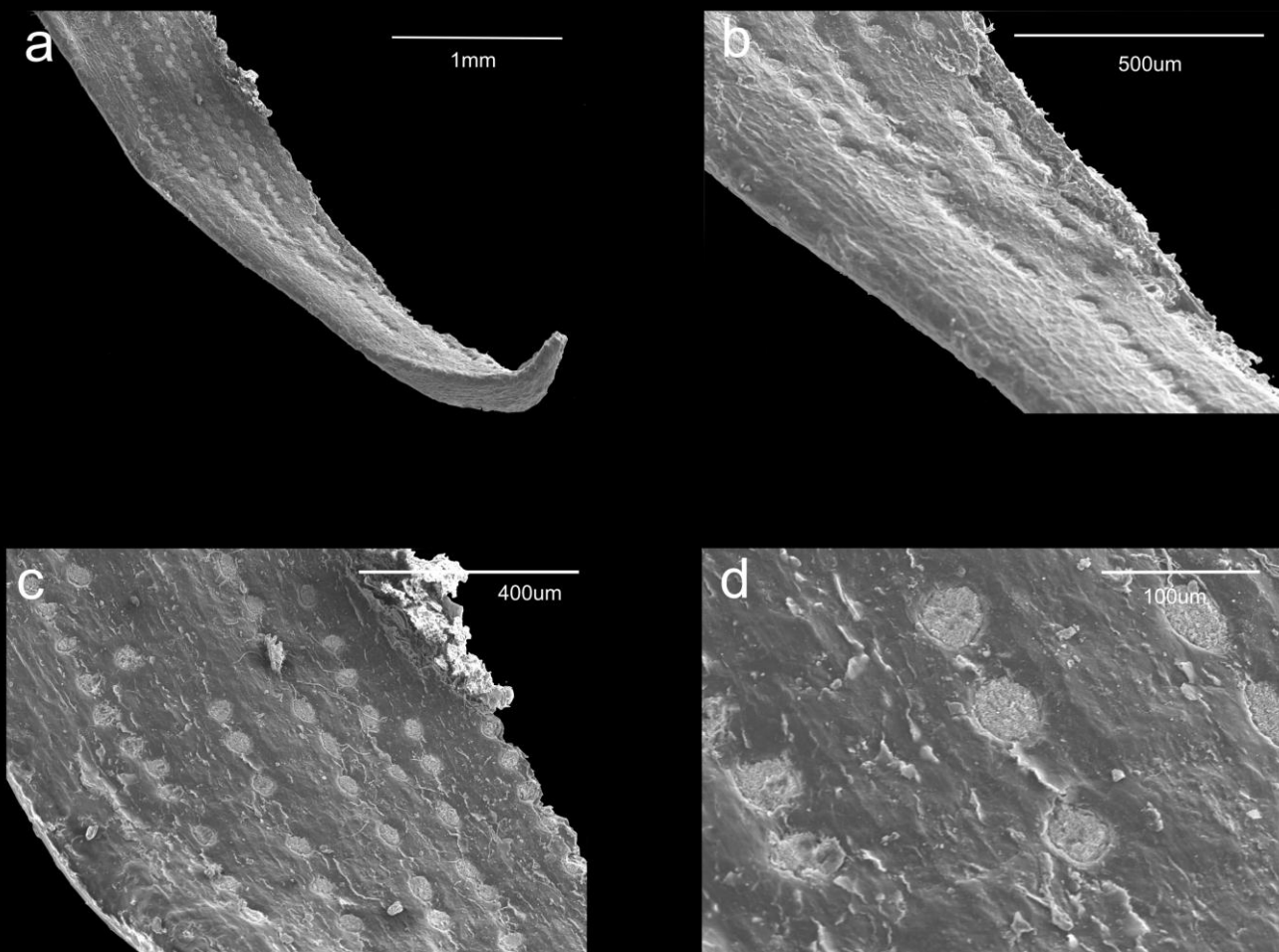
## *Araucaria bidwillii*

*Araucaria bidwillii* dnes roste v severovýchodní Austrálii, kde se také nachází jeden z největších exemplářů druhu *Araucaria bidwillii* vysoký 50 m. Nejstarší odhadovaný věk těchto stromů je okolo 600 let. Jejich dřevo bylo hojně využíváno v polovině 19. a na počátku 20. století, nyní už o těžbu dřeva není zájem. Jediné co se ještě spotřebovává, jsou jedlá semena. Jedná se tedy o stromy až 50 m vysoké, které jsou, jako všechny jehličnany, jednodomé. Kůru mají tlustou a šedohnědě zbarvenou (obr. 9a). Koruna stromu je pyramidální a ke konci vcelku kupolovitá (obr. 9b). Větve jsou často převislé a lysé na konci rozvětvené do mnoha menších větviček, které tvoří hustou korunu. (development.dendrologie.cz)

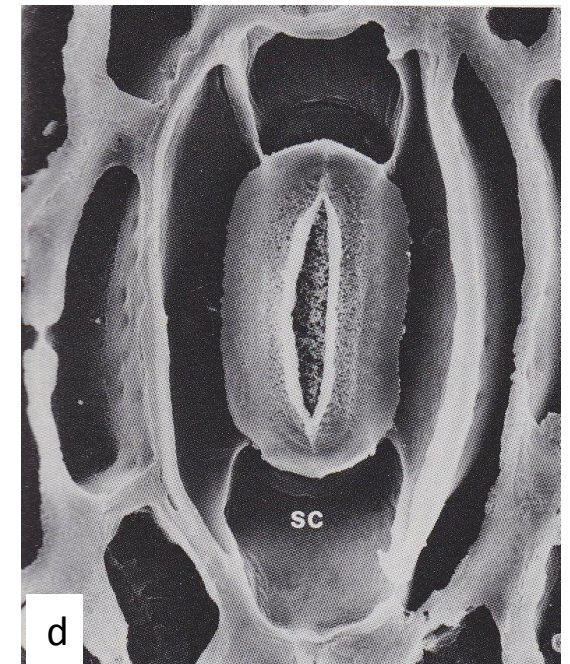
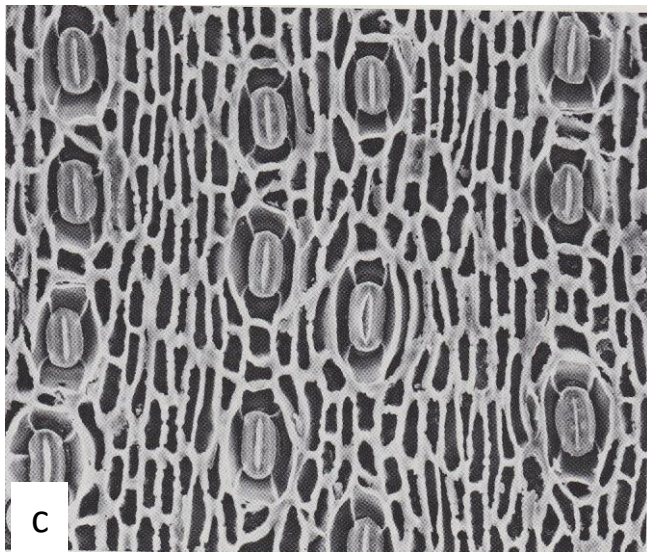
Listy jsou jasně zelené a paprscitě odstáté od větvičky. Tvar mají kopinatý až vejčitě kopinatý. Mohou být zploštělé a trochu zakřivené nebo tlusté a kožovité s paralelními tenkými žilkami. Listy jsou dvoutvárné. Na mladých jedincích a na vegetativních větvích jsou listy delší (7 - 28mm) a jsou volněji uspořádané. Na starších stromech jsou listy umístěny až na středu větviček a jsou dlouhé (25 - 65mm), zašpičatělé nebo úplně špičaté. (development.dendrologie.cz)

Stomata jsou přítomna jak na spodní, tak na svrchní straně listu. Starší listy mají většinu stomat na spodní straně listu. Dle uspořádání stomat je možno určit okolní podmínky, na které se snaží strom co nejvíce adaptovat. U tohoto druhu se také může vyskytnout nesouvislost stomatálních řad, ale nejobvyklejší jsou pravidelné dlouhé nepřerušované řady stomat (obr. 8). Obvyklé jsou také voskové zátky chránící stoma (obr. 8d). Velikost stomat se pohybuje mezi 31 - 42  $\mu\text{m}$  x 36  $\mu\text{m}$ . Buňky v okolí stomat nemají žádnou výraznější strukturu. Nejsou přítomny florinovy kroužky (Buchholz and Gray, 1948) okolo stomat ani žádné podobné kutikulární útvary. (Ruth A. Stockey, 1986)

Vnitřní povrch kutikuly poskytuje charakteristické znaky pro tento druh. Většina stomat je zanořených na úroveň hypodermis a jsou na listu orientovány podélně. Okolní buňky stomatu jsou 4. Tvar jejich kutikuly připomíná otevřený deštník (obr. 9d). Epidermální buňky jsou protáhlého obdélníkovitého tvaru (obr. 9c) a mají sinusoidně zvlněné antiklinální stěny. Na povrchu epidermálních buněk je kutikula nerovná až zrnitá. (Ruth A. Stockey, 1986)



Obr. 8 *Araucaria bidwillii* (a) celkový pohled na list, 37x (b) bližší pohled na část listu, viditelné řady stomat, 110x, (c) přerušované řady stomat, 120x, (d) stomata s voskovými zátkami, 350x.



Obr. 9 *Araucaria bidwillii*; (a) hrubá struktura a šedivé zbarvení kůry (<http://www.flickr.com>), (b) pohled na celý habitat – lysé větve na konci s hustými větvičkami (<http://www.flickr.com>), (c) kutikula svrchní strany listu – podélné uspořádání podlouhlých obdélníkovitých epidermálních buněk a stomat (Ruth A. Stockey, 1986), (d) Detail průduchu a jeho čtyřech okolních buněk. (Ruth A. Stockey, 1986).

## **Araucaria heterophylla**

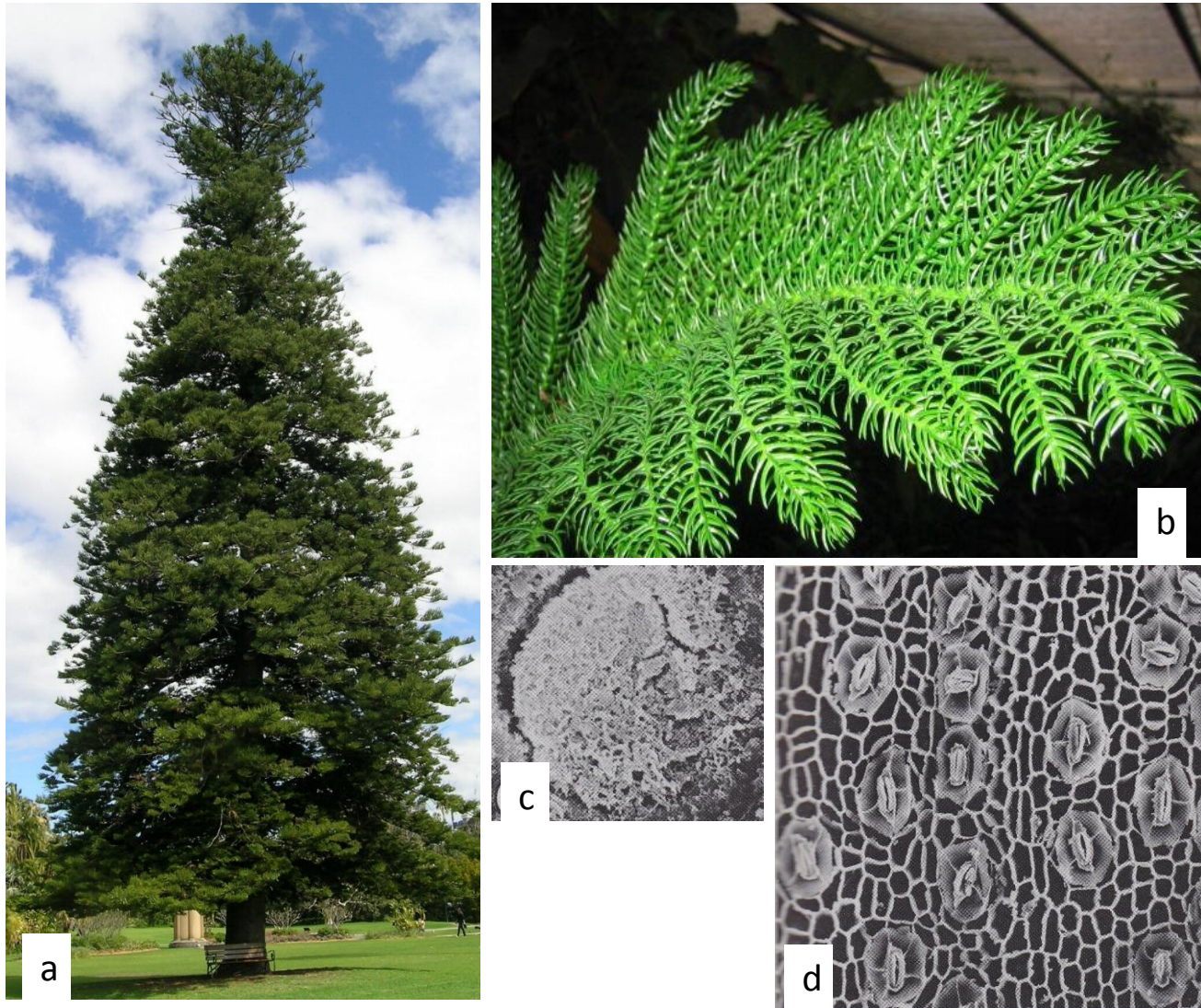
Tento druh araukárie je endemitem nížinných oblastí ostrova Norfolk, který se nachází 1500 km východně od Austrálie. Nicméně druh je hojně rozšířen jako pokojová okrasná dřevina, a proto se s ním můžeme setkat i u nás. Jedná se o stromy dorůstající výšky 50 až 70 metrů, jejichž kmen je rovný. Kůra má tmavošedé nebo šedohnědé zbarvení a odlupuje se v jemných šupinkách. Větve jsou uspořádané do přeslenů po 4 až 7. Postranní větévky se obvykle odvětvují zpeřeně a horizontálně odstávají, nebo jsou lehce převislé. (development.dendrologie.cz)

Listy jsou opět dimorfní. Na mladých stromech a na postranních dorůstajících větévkách nalezneme jasně zelené. Pokrývají větévky jen řídce. Tvarem jsou protáhlé, lehce nahoru zakřivené a špičaté. Naspodu jsou zbarveny lehce do modra. Jejich délka bývá od 6 až po 12 mm. Druhý typ listů roste na dospělých stromech a na větévkách nesoucích šištice. Tyto listy pokrývají větévky hustě a jsou širokého, vejčitého tvaru. Délka bývá od 5 do 9 mm a listy mají zaoblený vrcholek a jsou víceméně zakřivené. Rostou na nejstarší bázi větévek. (development.dendrologie.cz)

Stomata jsou přítomna jak na spodní straně listu – v dvou základních uskupeních, tak pokrývají celý svrchní povrch listu s výjimkou linie uprostřed listu. Povrch rubové i lícové strany je pokryt nepravidelně tvarovanými destičkami. Stomata mají voskové zátky, jejichž povrch je uspořádán do protáhlých, srostlých tyčinek (obr. 10c). Řady stomat nejsou kontinuální, nýbrž přerušované, což je obvyklé pro svrchní stranu listu. Celkový tvar stomata je různý, záleží totiž na počtu okolních buněk, ale většinou to bývá tvar mnohoúhelníku. Nejčastější počet okolních buněk bývá 4 až 5. Velikost stomat na živém vzorku araukárie se pohybuje v rozmezí 36 – 42  $\mu\text{m}$  x 18 – 30  $\mu\text{m}$ . U sušených vzorků jsou stomata velká 36 – 65  $\mu\text{m}$  x 36 – 58  $\mu\text{m}$ . Kutikula okolních buněk je tenká s nepravidelnými vnějšími okraji. Povrch je mírně nerovný, vrásčitý, se záhyby. (Ruth A. Stockey, 1986)

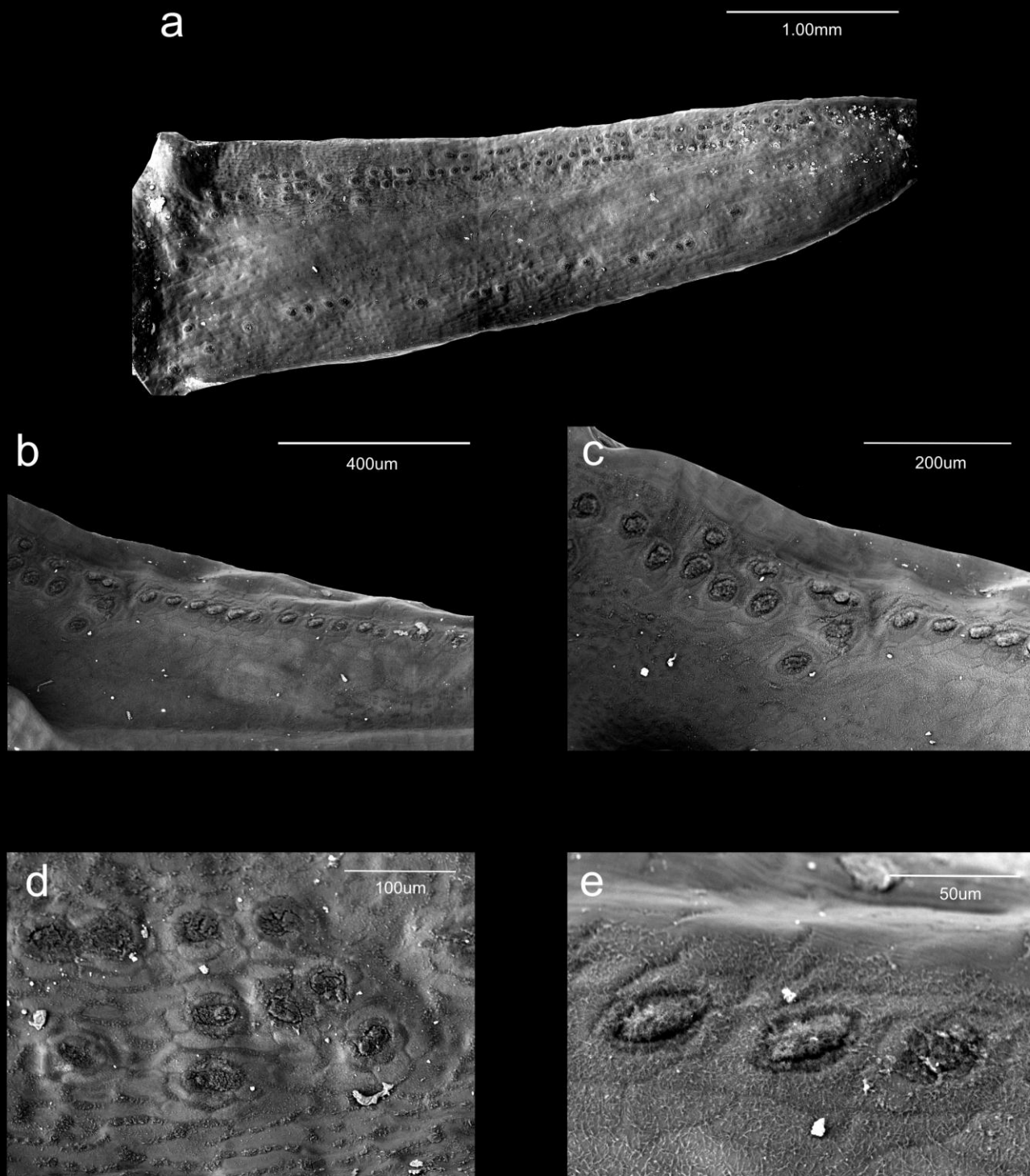
Jeden z nejvýraznějších znaků kutikuly *Araucaria heterophylla* je tvar epidermálních buněk. U většiny druhů mají epidermální buňky protáhlý tvar, a to hlavně ve stomatálních řadách. U tohoto druhu mají epidermální buňky téměř čtvercový tvar (obr. 10d), antiklinální stěny nejsou sinusoidně zvlňené. Povrch epidermis je nerovný. (Ruth A. Stockey, 1986)

Charakteristickým znakem *A. heterophylla* jsou: přerušované řady stomat na vnitřní straně listu, výrazné stomatální voskové zátky a přítomnost florinových kroužků, různý tvar listu dle jeho stáří – starší listy mají prostorovější tvar, zatímco mladé listy jsou spíše ploché.

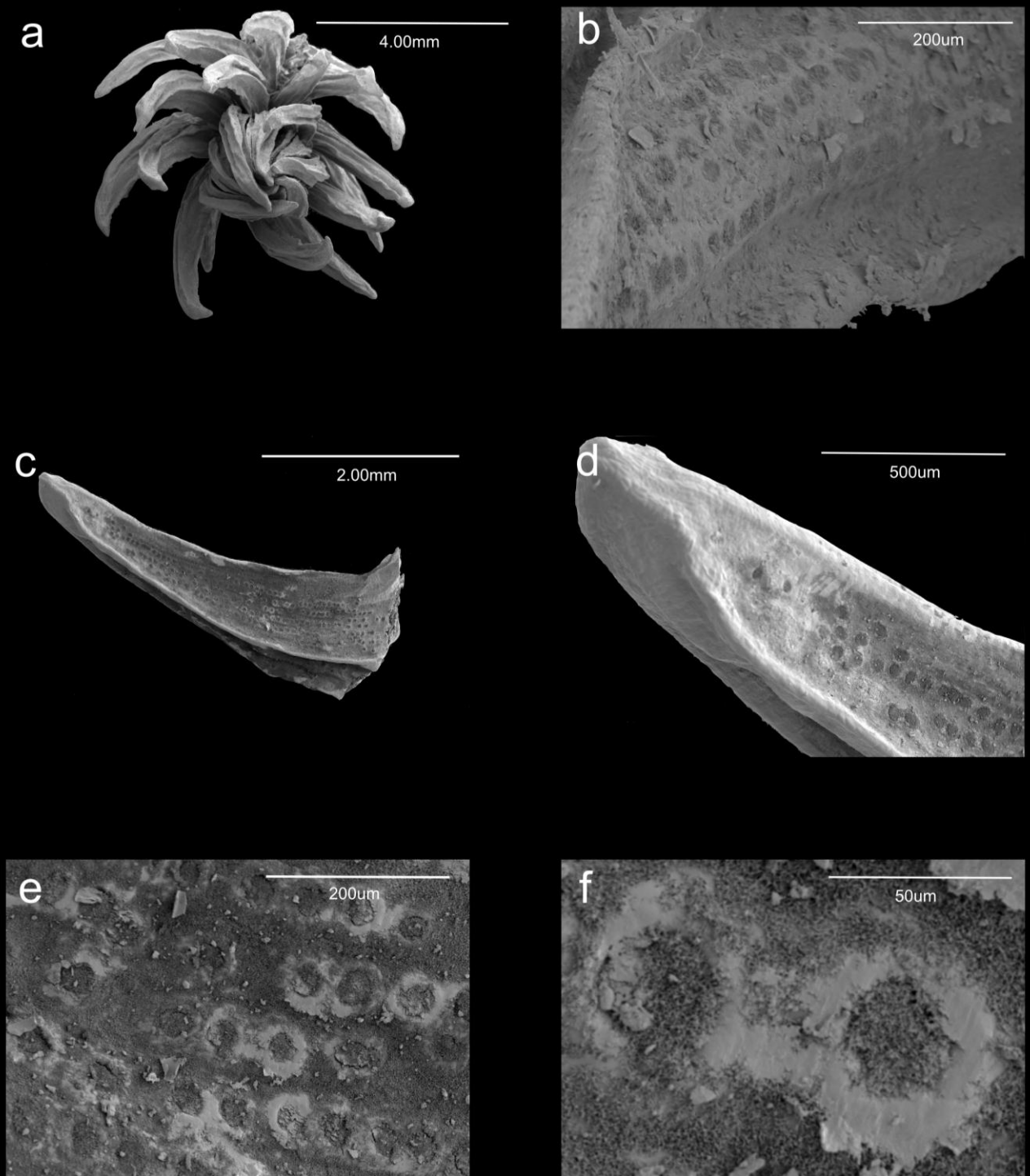


Obr. 10 *Araucaria heterophylla* (a) pohled na celý habitat (australian-insects.com), (b) větvička a na ní viditelné listy (www.schneckeninfo.de), (c) kutikula stomatální voskové zátky (Ruth A. Stockey, 1986) (d) kutikula svrchní strany listu, přerušované řady stomat, čtvercové epidermální buňky (Ruth A. Stockey, 1986)





Obr. 11 *Araucaria heterophylla* – živý vzorek mladého listu, (a) Celkový pohled na vnitřní stranu listu (blíže k větvíče), rozložení stomat na listu, *A. heterophylla*, 50x, (b) řada stomat na okraji listu, *A. heterophylla*, 130x, (c) uskupení a nepravidelné umístění stomat na okraji listu, *A. heterophylla*, 200x, (d) uskupení stomat na kmenové části (blízko připojení k větvíče) listu, přítomny kutikulární útvary – florinovy kroužky, *A. heterophylla*, 300x, (e) detail stomat uspořádaných do řad, přítomny voskové zátky a florinovy kroužky, *A. heterophylla*, 700x.



Obr. 12 *Araucaria heterophylla* – suchý vzorek starého listu, (a) Celý vrcholek větvičky, orientace a umístění listů, 13x, (b) nepravidelné řady stomat, 130x, (c) uskupení a nepravidelné umístění stomat na okraji listu, 200x, (d) uskupení stomat na kmenové části (blízko připojení k větvičce) listu, přítomny kutikulární útvary – florinovy kroužky, 300x, (e) detail stomat uspořádaných do řad, přítomny voskové zátky a florinovy kroužky, 700x.

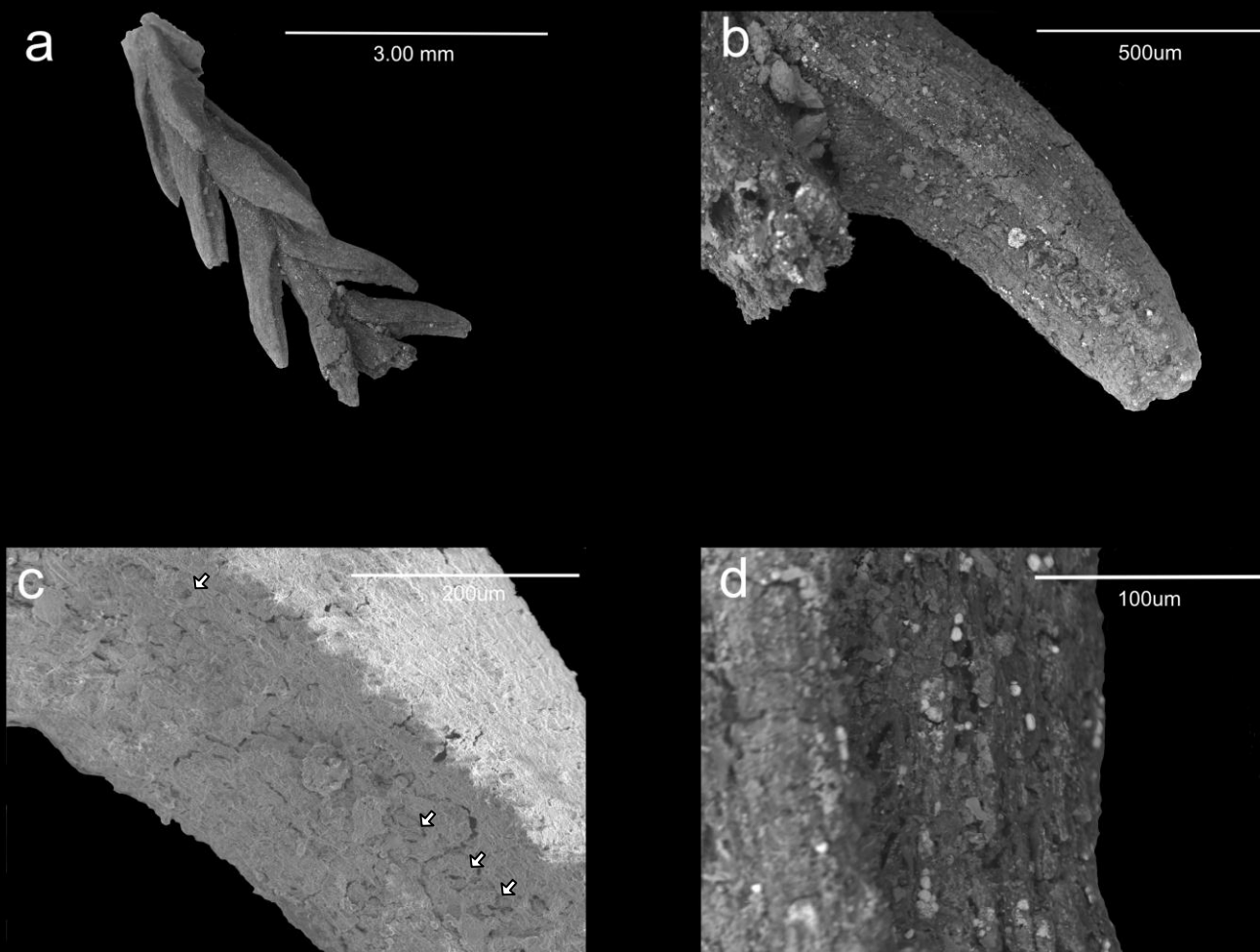
## Fosilní Araucariaceae

Fosilní větvička je dlouhá okolo 5mm a jedná se o vzorek *Araucaria sp.* A9-49-2, který byl odebrán z Larsenovy pánve z vrstvy Santa Marta na ostrově James Ross. Tvar větvičky je podobný tvaru recentních zástupců rodu *Araucaria* a to především přisednutím listů na větvičku.

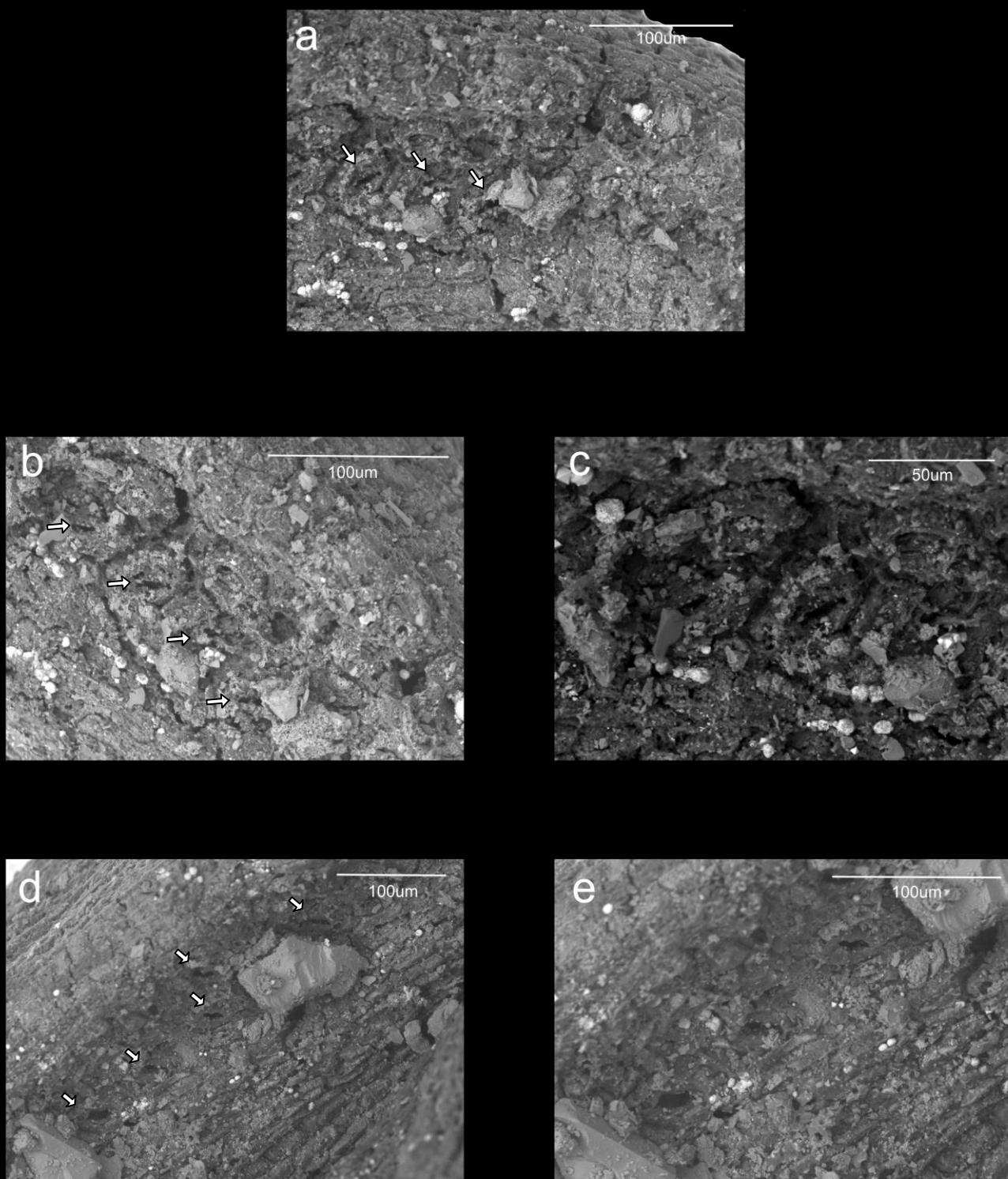
Listy na větvičce jsou šupinovitě přisedlé a jejich tvar je jehlicovitý. Přisednutí listu je předpokládáno po celé její délce. Listy mají na svrchní straně hřbet (jednu z hran), který napovídá celkovému tvaru listu. Pokud bychom udělali příčný řez listem, viděli bychom, že průřez má tvar rovnoběžníku. List má tedy tvar čtyřbokého jehlanu. (obr. 13c)

Na svrchní straně listů lze najít stomata, která jsou většinou uspořádaná do řad (obr. 13a, obr. 14). Na vzorcích bylo nalezeno maximálně 4 - 5 stomat tvořících řadu (obr. 14d), ale také jsou přítomna stomata netvořící řadu (obr. 14b). Toto by mohlo být určujícím znakem, dle kterého se dá identifikovat, zda vzorky přísluší do okruhu rodu *Araucaria* a také přirovnat fosilní araukárii k nejbližšímu žijícímu příbuznému.

Stomata jsou oválného až elipsoidního tvaru. Tvoří řadu a jsou diagonálně orientovaná (obr. 14e). Jejich rozměry jsou 31 - 35  $\mu\text{m}$  x 16 - 18  $\mu\text{m}$ . U některých nalezených stomat jsou pozorovatelné florinovy kroužky. Přítomnost tohoto kutikulárního útvaru by mohla být dalším určujícím znakem pro zařazení vzorku do čeledi Araucariaceae.



Obr. 13 Fosilní *Araucaria* sp. (a) Celá větvička, uspořádání listů na větvičce, A9-49-2, 19x, (b) list větvičky, tvar podobný recentním zástupcům, A9-49-2, 10x, (c) bližší pohled na list, znatelné pozůstatky stomat v linii, A9-49-2, 250x, (d) hřbet listu, pozůstatky stomat v linii, 500x.



Obr. 14 Fossilní *Araucaria* sp., (a) detail pozůstatků stomat tvořící řadu, A9-49-2, 400x, (b) řada čtyřech pozůstatků stomat s náznakem florinových kroužků, A9-49-2, 500x, (c) tři zachovalá stomata tvořící linii, A9-49-2, 700x, (d) řada stomat na vnitřní straně listu fosilního vzorku, A9-49-2, 300x, (e) bližší pohled na tři pozůstatky stomat tvořící řadu, A9-49-2, 470x.

## Klima

Pomocí metody nejbližšího příbuzného je možné vyvodit, na základě podobných klimatických nároků recentních a fosilních zástupců, jaké bylo klima v období svrchní křídly. Princip této metody spočívá v nalezení nejbližších dnešních, v přírodě žijících příbuzných ke křídovým zástupcům. Dle nároků dnešních příbuzných lze poté usuzovat klimatické podmínky panující ve svrchní křídě.

Většina recentních druhů se vyskytuje v tropech a subtropích, hlavně na jižní polokouli. O fosilních zástupcích můžeme tedy předpokládat, že potřebovali podobné klimatické podmínky jako recentní zástupci. Araucariaceae v chladných oblastech jsou nepříliš početně zaznamenány, ale nepředpokládá se, že klimatické podmínky ve svrchní křídě byly chladného charakteru.

Dle analýz fosilních listů angiosperm byly zjištěny teploty, které ve svrchní křídě převládaly. Při analýze byly použity metody CLAMP (metoda vycházející z morfologie listu angiosperm) a Leaf margin analysis (metoda založená na zjištění poměru dřevin s celokrajnými a zubatými listy, dle poměru se určují teploty).

Zprůměrované hodnoty všech různých metod, v práci od Hayes et al (2006), udávají teploty na území Antarktidy v koniaku 16,9 °C a v období pozdního koniaku a raného santonu 19,1°C. Analýzy tedy indikovaly celkově teplé klima v polohách okolo 65°JŠ v období svrchní křídly. Období koniaku až kampánu bylo nejteplejší částí svrchní křídly, která měla celkový vlhký a teplý charakter. Klima na přelomu svrchní křídly a paleocénu bylo studenější a sušší oproti předcházejícímu klimatu během křídly.

Klimatickým modelem (autoři: Valdes *et al.* 1996, Price *et al.* 1998, DeConto *et al.* 2002) byly zjištěny teploty v letních obdobích okolo 20 °C a v zimních obdobích okolo 4 - 8°C. Vnitrozemní klima mohlo mít v zimních obdobích teploty lehce nad 0°C.

Taktéž je známo přibližné množství srážek a s tím provázaný charakter krajiny. Srážek bylo srovnatelně se srážkami v dnešních deštných tropických lesech, přičemž srážky byly sezonní, jak tomu nasvědčuje i častý výskyt požárů. Také klimatický model naznačuje tomu, že v letních obdobích byla půda suchá a v zimních obdobích byla naopak mokrá, nasáknutá vodou.

Vysoké teploty v období křídý byly pozorovány celosvětově, proto z těchto záznamů vyplynulo, že období před 100-80 miliony lety nastalo globální teplotní maximum. Připisuje se to vysokému obsahu CO<sub>2</sub> v atmosféře. Dle fosilních záznamů vegetace je zřejmé, že maximum globálního oteplování se projevilo na ostrově Jamese Rosse v období koniaku a santonu. Globální teplotní maximum mohlo být spouštěcím mechanismem expanze angiosperm na území Antarktidy. (Hayes et al., 2006)

## Diskuse

Pokud se pokusíme určit nejvíce podobných znaků fosilního vzorku se studovanými recentními araukáriemi (*A. araucana*, *A. bidwillii*, *A. heterophylla*), musíme si všimnout tvaru listu, přisednutí listů na větvíčku a nepochybně i rozmístění stomat na listu.

Začneme-li tvarem listů *Araucarie araucana*, zjistíme, že tvar je značně rozdílný od tvaru fosilních listů. *Araucaria araucana* má listy ploché, málo prostorové a řady stomat jsou příliš pravidelné, jsou většinou nepřerušované. Tyto znaky neodpovídají znakům na fosilních větvíčkách.

Dalším adeptem je *Araucaria bidwillii*, jejíž listy jsou mohutnější, ale jejich tvar je stále plochý. Mají pravidelné řady stomat a nejsou přítomny florinovy kroužky. Už podle těchto znaků můžeme předpokládat, že *Araucaria bidwillii* nebude nejbližší žijící příbuzný z vybraných recentních zástupců.

Fosilní vzorky mají tvar větvíčky připomínající čtyřboký jehlan, jsou tedy čtyřhranné a hrany jsou uspořádané tak, že vrchní hrana dělí svrchní část listu na půl a vyvyšuje se. Podobný tvar listu a přisednutí listu k větvíčce nacházíme u recentní *Araucaria heterophylla*, která má tvar listu taktéž tvaru čtyřbokého jehlanu. Mladé listy této araukárie jsou ploché, ale starší listy nabývají stejné prostorové orientace jako listy na fosilním vzorku. Tyto propozice byly pozorovány na živém vzorku listu. Seschlý vzorek listů této araukárie má tentýž tvar, ale je pootočený o 45°.

Výrazný rozdíl nalezneme, pokud pozorujeme rozmístění stomat na vzorcích. Fosilní vzorek má stomata na obou stranách, které se sbíhají v kýl, na vnitřní straně listu. Živý vzorek recentní *Araucaria heterophylla* má průduchy nepravidelně rozmístěné na obou stranách listu, ale většina jich je umístěných na svrchní straně listu. U vzorku mladého živého listu recentní *Araucaria heterophylla*, se situace komplikuje kvůli plochému tvaru listu. Ale můžeme předpokládat linii, kde se hřbet vyvine a podle toho tedy usuzovat, že stomata se nachází na svrchní straně listu. Tento znak je tedy shodný či velmi úzce podobný s fosilní araukárií.



U suchého vzorku tento znak příliš neodpovídá, jelikož stomata jsou jednoznačně umístěna pouze na jedné straně listu, na svrchní. Je tedy možné, že rozmístění stomat záleží na lokalitě, kde strom roste.

Dalším shodou na listech recentní *Araucaria heterophylla* s fosilními vzorky je přítomnost florinových kroužků, které jsou pro heterophyllu charakteristické. Dále by nám mohly být nápomocny voskové zátky a jejich přítomnost, ovšem ty se na fosilních vzorcích nedochovaly.

K dispozici jsem měla dva fosilní vzorky *Araucaria sp.*, popisován a diskutován je zde pouze jeden, jelikož na druhém vzorku jsem nenalezla zachovalá stomata ani výrazné struktury.

## Závěr

Předmětem práce bylo studovat fosilní vzorky z období svrchní křídy. Fosilní materiál pochází z území ostrova James Ross. V práci byly pozorovány fosilní pozůstatky kapradiny z čeledě Matoniaceae rodu *Delosorus*. Přítomnost této kapradiny napovídá o různorodosti flóry na území ostrova James Ross v období svrchní křídy.

Dále byly pozorovány fosilní pozůstatky větvíček svrchnokřídového jehličnanu z čeledě *Araucariaceae* rodu *Araucaria*. Kromě fosilních vzorků byly pozorovány také jejich recentní příbuzní zástupci čeledě *Araucariaceae* rodu *Araucaria*. Vzorky recentních araukárií byly pozorovány pod elektronovým mikroskopem jak vysušené, tak živé za pomoci mrazícího stolku.

Výsledkem studia různých druhů recentních araukárií a fosilních vzorků araukárií je nalezení nejbližšího žijícího příbuzného. I přes nevelký počet vzorků recentních araukárií, lze podle podobných znaků usuzovat, že fosilní araukárie žili v podobných klimatických podmínkách jako recentní *Araucaria heterophylla*.

V otiscích pocházejících ze stejných vrstev Santa Marta byly zjištěny listy krytosemenných rostlin. Tyto otisky nám umožňují lépe rekonstruovat klimatické podmínky (viz kapitola Klima).

Předběžná studie zjistila, díky nalezení různých vzorků (listy kapradiny, větvíčky jehličnanů a také listy angiosperm), poměrnou rozrůzněnost flóry a vysokou kvalitu zachování mesofosílií na území ostrova Jamese Rosse. Na základě rozboru vzorků a dále pomoci teorie o nejbližším žijícím příbuzném bude možné rekonstruovat podrobněji tehdejší vegetační poměry.

## Použitá literatura

- Britannica.com* [online]. 2011 [cit. 2011-02-17]. Matoniaceae. Dostupné z WWW: <<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/369442/Matoniaceae>>.
- Catalogueoflife.org* [online]. 2000 [cit. 2011-02-17]. Catalogue of Life. Dostupné z WWW: <<http://www.catalogueoflife.org/search/all/key/Araucaria/match/1>>.
- Development.dendrologie.cz* [online]. 2007 [cit. 2011-01-16]. Araucaria. Dostupné z WWW: <<http://development.dendrologie.cz/index.php?menu=4&id=3407>>.
- HAYES, Peta A., et al. Palaeoclimate analysis of Late Cretaceous angiosperm leaf floras : James Ross Island, Antarctica. *The Geological Society of London*. 2006, s. 49-62.
- SKOG, Judith E. Reassignment of *Aspidium heterophyllum* to a new genus in the family Matoniaceae. *Department of Biology : Gorge Mason University*. 1988, s. 1120-1129.
- STOCKEY, Ruth A. The Araucariaceae: an evolutionary perspective. *Department of Botany : University of Alberta*. 1982, s. 133-154.
- STOCKEY, Ruth A.; KO, Helen. Cuticle micromorphology of *Araucaria de jessieu*. *Department of Botany : University of Alberta*. 1986, s. 508-548.
- TAYLOR, Thomas N.; TAYLOR, Edith L.; KRINGS, Michael. *Paleobotany : The Biology and Evolution of Fossil Plants*. USA: Elsevier, 2009. 1230 s. Dostupné z WWW: <[http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=\\_29tNNeQKeMC&oi=fnd&pg=PA2&dq=Paleobotany:+The+Biology+and+Evolution+of+Fossil+Plants&ots=\\_X-0ddmFg4&sig=TaURi2t0z5oKr0eyFktNs7FKieE#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=_29tNNeQKeMC&oi=fnd&pg=PA2&dq=Paleobotany:+The+Biology+and+Evolution+of+Fossil+Plants&ots=_X-0ddmFg4&sig=TaURi2t0z5oKr0eyFktNs7FKieE#v=onepage&q&f=false)>.
- VÁVROVÁ, Jitka. *Rekonstrukce nízkoteplotního vývoje sedimentů ostrova James Ross a ostrova Seymour, Antarktida: pomocí metody spontánního štěpení uranu v apatitech [online]. [s. l.], 2007. Diplomová práce. Univerzita Karlova. Dostupné z WWW: <http://web.natur.cuni.cz/ugmnz/old/dipr/m07vavr.html#top>*
- VINTER, Vladimír. *Rostliny pod mikroskopem; základy anatomie cévnatých rostlin*. 2. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2009. ISBN 978-80-244-1972-5.
- ZIEGLER, Václav. *Geologie světa*. vyd 1. Praha: Karolinum, 2001. 64 s. ISBN 80-2460281-4.

## Obrázky:

- Celebratelife.rbge.org.uk* [online]. 2010 [cit. 2011-02-17]. Commission a Painting. Dostupné z WWW: <<http://celebratelife.rbge.org.uk/commission-a-painting>>.
- Gardensandplants.com* [online]. 1999-2011 [cit. 2011-02-17]. *Araucaria araucana*. Dostupné z WWW: <[http://www.gardensandplants.com/uk/plant.aspx?plant\\_id=238](http://www.gardensandplants.com/uk/plant.aspx?plant_id=238)>.

<http://www.flickr.com/photos/31031835@N08/3083890831/> - a. bidwillii

<http://www.flickr.com/photos/33901730@N06/3849290086> - a. bidwillii – kůra

<http://www.schneckeninfo.de/FotosDVD/A/0433.jpg> - detail větvíček a. heterophylla

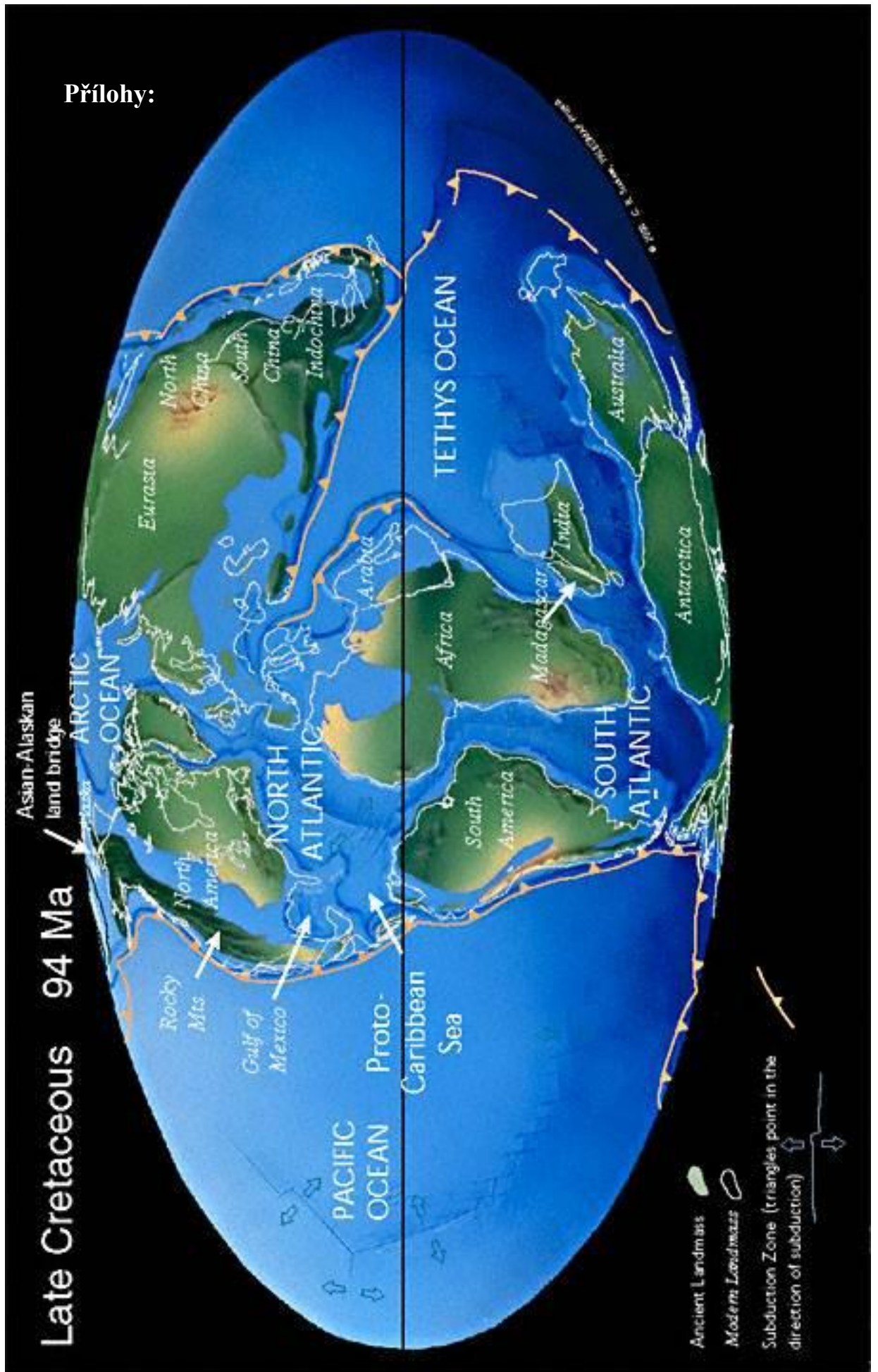
<http://australian-insects.com/lepidoptera/plants/arau/araucaria-heterophylla.jpg> - habitat  
a. heterophylla

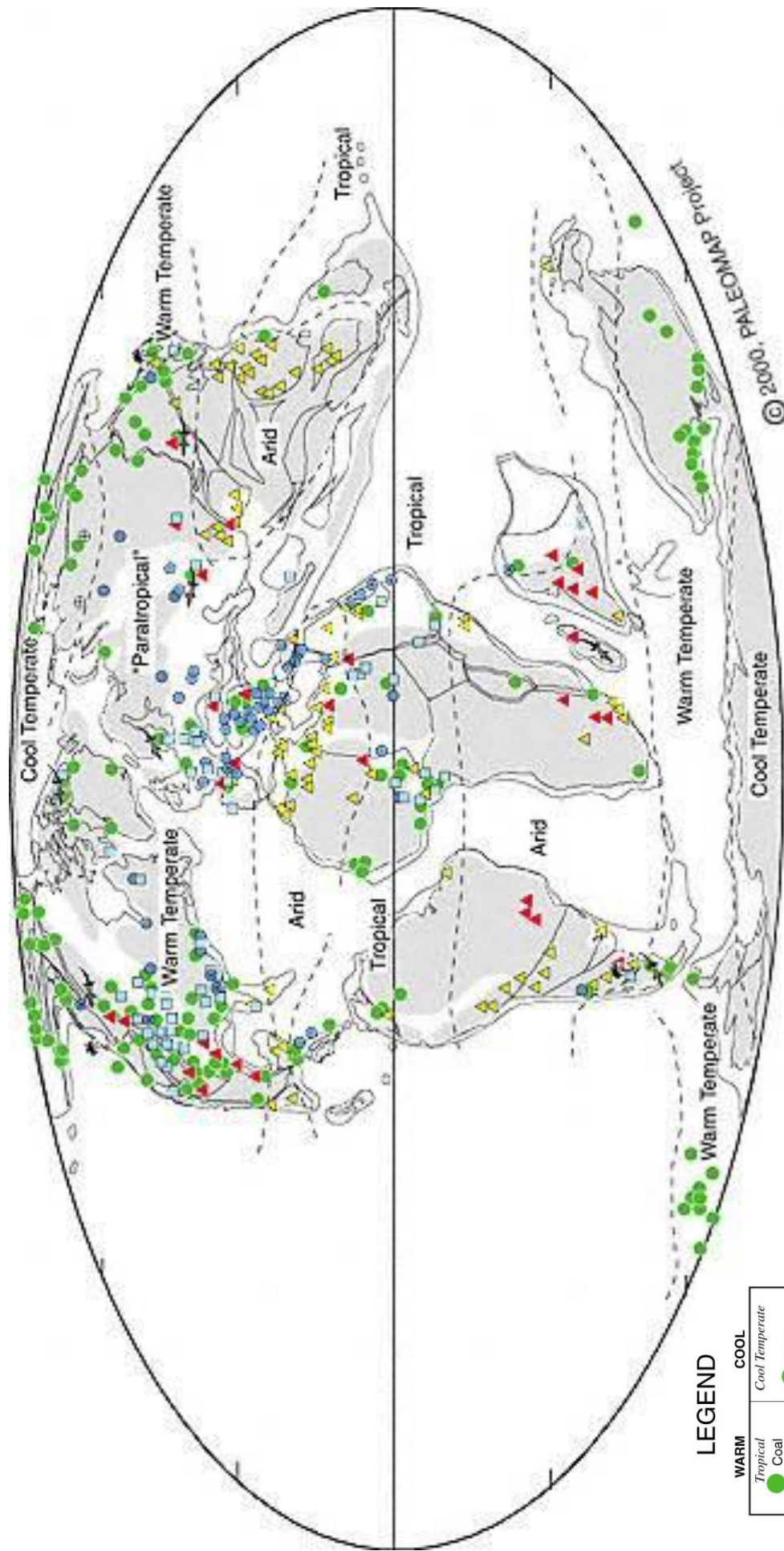
### ***Přílohy:***

<http://www.scotese.com/earth.htm>

<https://engineering.purdue.edu/Stratigraphy/charts/chart.html>

Přílohy:





**LEGEND**

<b>WARM</b>	<b>COOL</b>
<i>Tropical</i>	<i>Cool Temperate</i>
● Coal ● Bauxite ● Laterite	● Coal & Tillites
☐ Kaolinite (& coal & evaporite) 🌴 Palms & Mangroves 🐊 Crocodiles	☐ Kaolinite (& coal & evaporite) 🌴 Palms & Mangroves 🐊 Crocodiles
<b>WET</b>	<b>DRY</b>
▲ Evaporite	▲ Calcrete
⊕ Tillite	⊕ Dropstone
⊖ Glendonite	⊖ Glendonite

# Upper Cretaceous

© 2000, PALEOMAP Project

"Paratropical" = High Latitude Bauxites

