

Paleontologija vaje

Aleksander Horvat in Luka Gale

Rastline

štud. I. 2008/09

STROMATOLITI



- Kalkowski (1908) je laminirane teksture problematičnega izvora imenoval **stromatoliti**;
- glede na “povzročitelja” so ločili več vrst stromatolitov: **algi s.**, foraminiferni s., anorganski s. itd.;
- Ko govorimo o stromatolitih imamo največkrat v mislih “alge”; tvorijo jih zelene enocelične alge in modrozeleni cepivki; po navadi pri nastanku stromatolitov sodeluje več vrst;
- sprva je bilo v uporabi binominalno poimenovanje; kasneje se je uveljavila klasifikacija na podlagi geometrije:

- bočno povezani hemisferoidi (“laterally linked hemispheroids”, **LLH**): sosednji hemisferoidi istega “nivoja” so med seboj povezani; ločimo podtipa LLH-C (close-linked hemispheroids; prostor med hemisferoidi je manjši od premera hemisferoida) in LLH-S (space-linked hemispheroids; prostor je večji od premera hemisferoidov);
- vertikalno nanizani hemisferoidi (“vertically stacked hemispheroids”, **SH**): brez bočne povezave; podtipa SH-C (po “constant basal radius”; lamine zgornjega hemisferoida dosežejo ali prerastejo spodnji hemisferoid, brez spremembe v bazalnem premeru) in SH-V (“variable basal radius”; lamine zgornjega hemisferoida ne dosežejo baze spodnjega, bazalni radij se spreminja);
- onkoidi (“discrete spheroids”, **SS**); prevleka na koščkih lupin, litičnih zrnih..., ločimo podtipe I (“inverted”), R (“randomly stacked”) in C (“concentrically stacked hemispheroids”).

-rast: podnevi rastejo filament navzgor, ujame (**trapping**) se veliko delcev sedimenta; nastane debelejša in svetlejša lamina. Ponoči se filament razlezejo horizontalno; podnevi ujet sediment se tako bolj veže (**binding**), nad njim pa nastane tanka, temna, z organsko snovjo bogata lamina.



SH-V stromatoliti (http://www.sharkbay.wa.gov.au/tourism/what_to_see_and_do)



SH stromatoliti, Shark Bay (<http://www.crikey-adventure-tours.com>)



Stromatolitne lamine (belo) v krednem dolomitu, kamnolom Fantazija, Rovinj, Istra.



Kredni LLH stromatoliti, Bale, Istra.

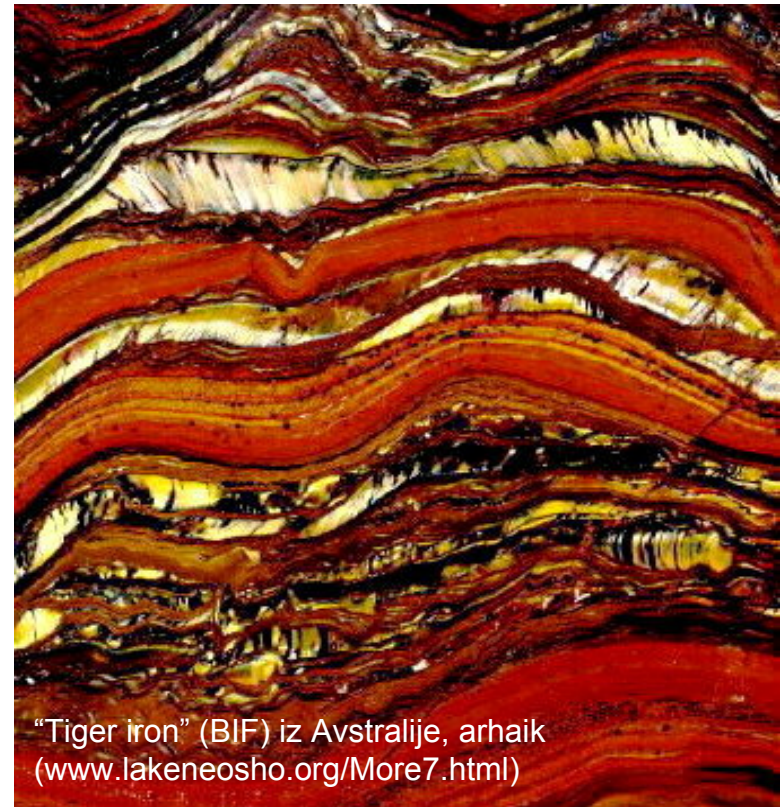


BIF (Banded Iron Formation): pojav prvih stomatolitov zaznamujejo največje svetovne zaloge železove rude. Ruda vsebuje preko 50% železa. V rudi se menjavata hematit/magnetit in glinavec oz. roženec. BIF so večinoma stare 3-1.8 Ba, vendar poznamo tudi mlajše (850-580 Ma).

Njen nastanek še ni povsem pojasnjen. Najverjetneje so prvi fotosintetski organizmi namesto kisika za oksidant uporabljali prosto železo (v takratnem okolju "brez" kisika je bilo v mobilni obliki). Z oksidacijo je železo prešlo v imobilno obliko. Ti mikroorganizmi so zato najbolj uspevali v obdobjih večje količine prostega železa. Železo je v sedimentacijski prostor (platforma) prihajalo s hidrotermami, v manjši meri tudi s kopnine.



BIF z dopstoneom; Kanada (http://www-eps.harvard.edu/people/faculty/hoffman/snowball_paper.html)



"Tiger iron" (BIF) iz Avstralije, arhaik (www.lakeneosho.org/More7.html)



Dnevni kop BIF, Transvaal, JAR (<http://web.uct.ac.za/depts/geolsci/dlr/hons1998/index.html>)

Literatura

Gebelein, C. D. 1969: Distribution, morphology, and accretion rate of recent subtidal algal stromatolites, Bermuda. – *Jou. Sed. Petrology*, 39, 49-69.

Konhauser, K. O., Hamade, T., Raiswell, R., Morris, R. C., Ferris, F. G., Suthma, G. & Canfield, D. E. 2002: Could bacteria have formed the Precambrian banded iron formations?. – *Geology*, 30/2, 1079-1082.

Logan, B. W., Rezak, R. & Ginsburg, R. N. 1964: Classification and environmental significance of algal stromatolites. – *Jou. Geol.*, 72/1, 68-83, Chicago.

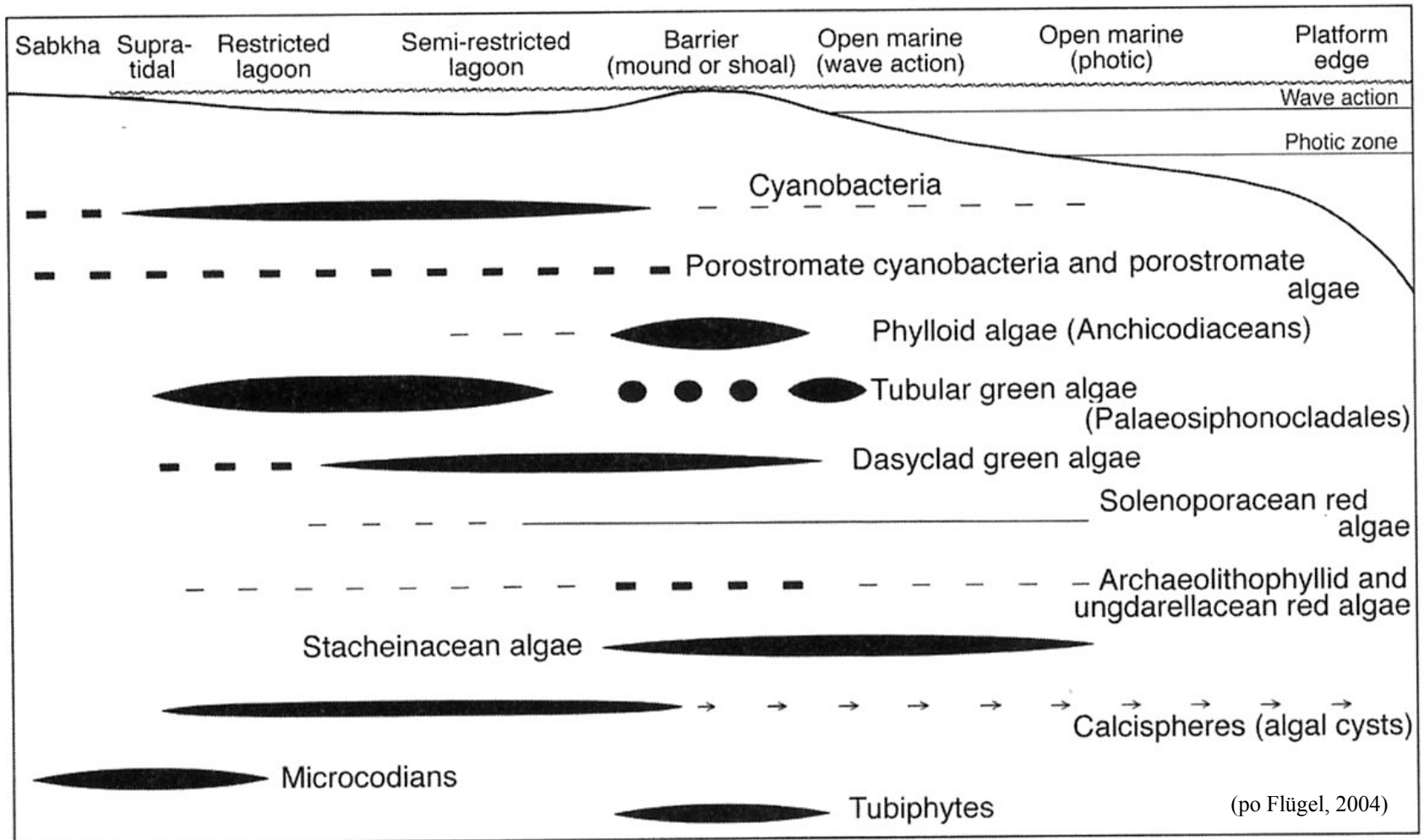
Regnum Plantae (rastline)



steljčnice - alge

- telo je **steljka** (talus; ni še diferenciacije tkiva);
- nepravi organi: rizoidi, kavloid, filoidi;
- fotosintetizira cel talus; kavloid še ne daje opore, rizoidi še ne črpajo mineralnih snovi, temveč le sidrajo talus v podlago;
- kalcinirane le nekatere skupine zelenih in rdečih alg; pri harofitah so kalcinirane le razmnoževalne strukture;
- skelet je členjen (vse zelene alge in nekatere rdeče alge) ali nečlenjen (nekaterne rdeče alge); po smrti se členjeni skeleti razsujejo - posamezni obročki in cilindri;
- *Halimeda*: izvor mikrita;
- pomembne za paleoekologijo (zlasti batimetrija in energija vode), nekatere skupine tudi za stratigrafijo;
- biološko inducirana ali biološko kontrolirana biomineralizacija?

Razširjenost alg in cianobakterij na idealizirani platformi



Phylum Chlorophyta (zelene alge)

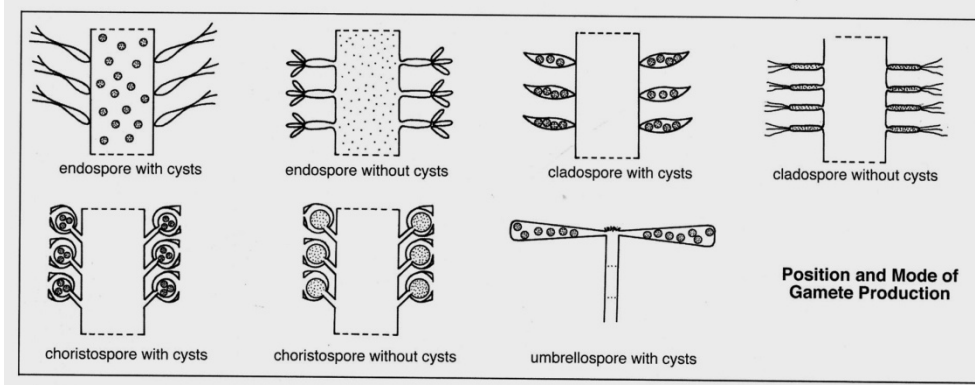
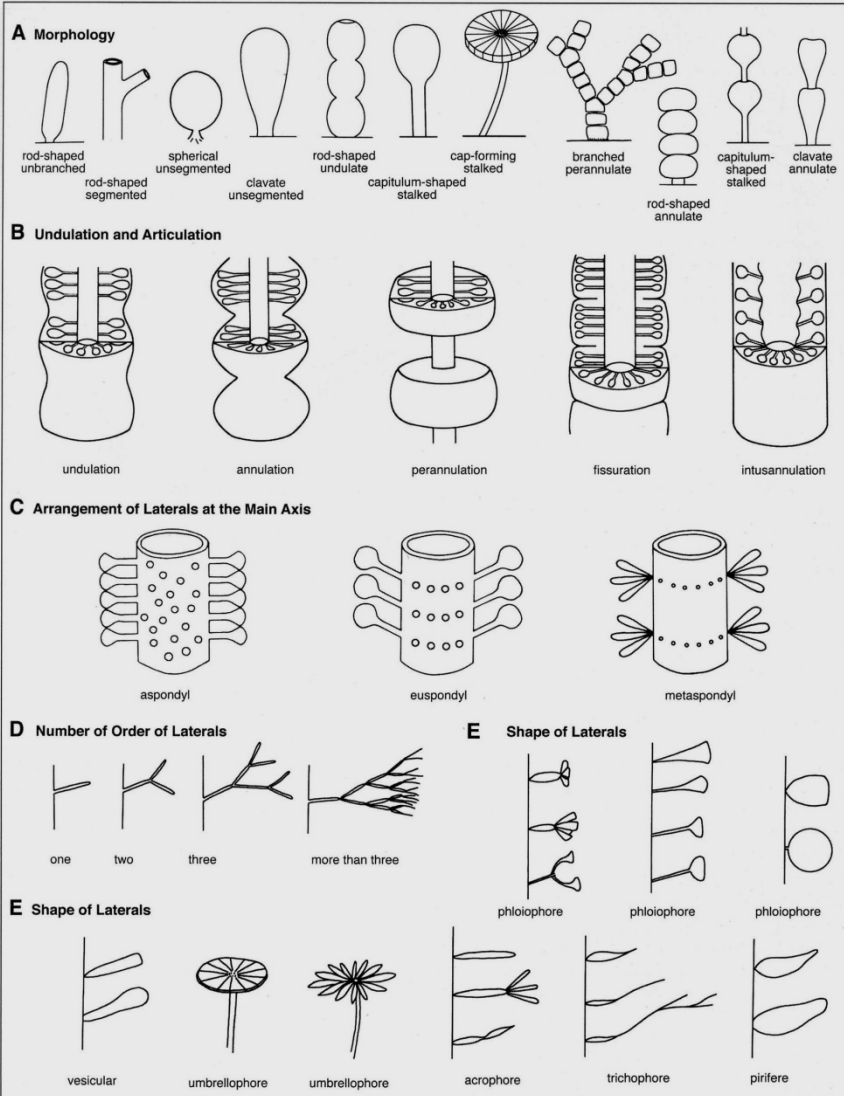
- najštevilčnejše med algami; izvorna skupina za višje rastline (ista celuloza, škrob, klorofil);
- kalcinirane so zelene alge družin Codiaceae (le nekatere) in Dasycladaceae (vse);
- morske zelene alge so makroskopske rastline z lahko prepoznavnimi celicami; deli talusa so lahko impregnirani ali prevlečeni s CaCO_3

Familia Dasycladaceae (dazikladaceje)

- Poznamo preko 120 fosilnih in le 8 recentnih rodov;
- Pokončna rast, sidranje z rizoidi; razmeroma raven radialno simetričen kavloid, iz katerega izraščajo filoide → ASPONDILNI, EUSPONDILNI in METASPONDILNI tip;
- kavloid obdaja členjen aragonitni skelet (z diagenozo v kalcit), v katerem so pore za filoide (asimilatorje);
- reproduktivni organi (sporangiji) so nameščeni na filoide (na primarnih vejah ali v specializiranih strukturah, ki so poleg sekundarnih in terciarnih vej) ali osrednjem kavloиду;
- določanje v zbruskih: različni prerezi;
- normalno slana, topla (tropsko in subtropsko podnebje), plitva (5-30 m) voda, peščeno ali muljasto dno, nekatere se lahko pritrjajo na trdne predmete;

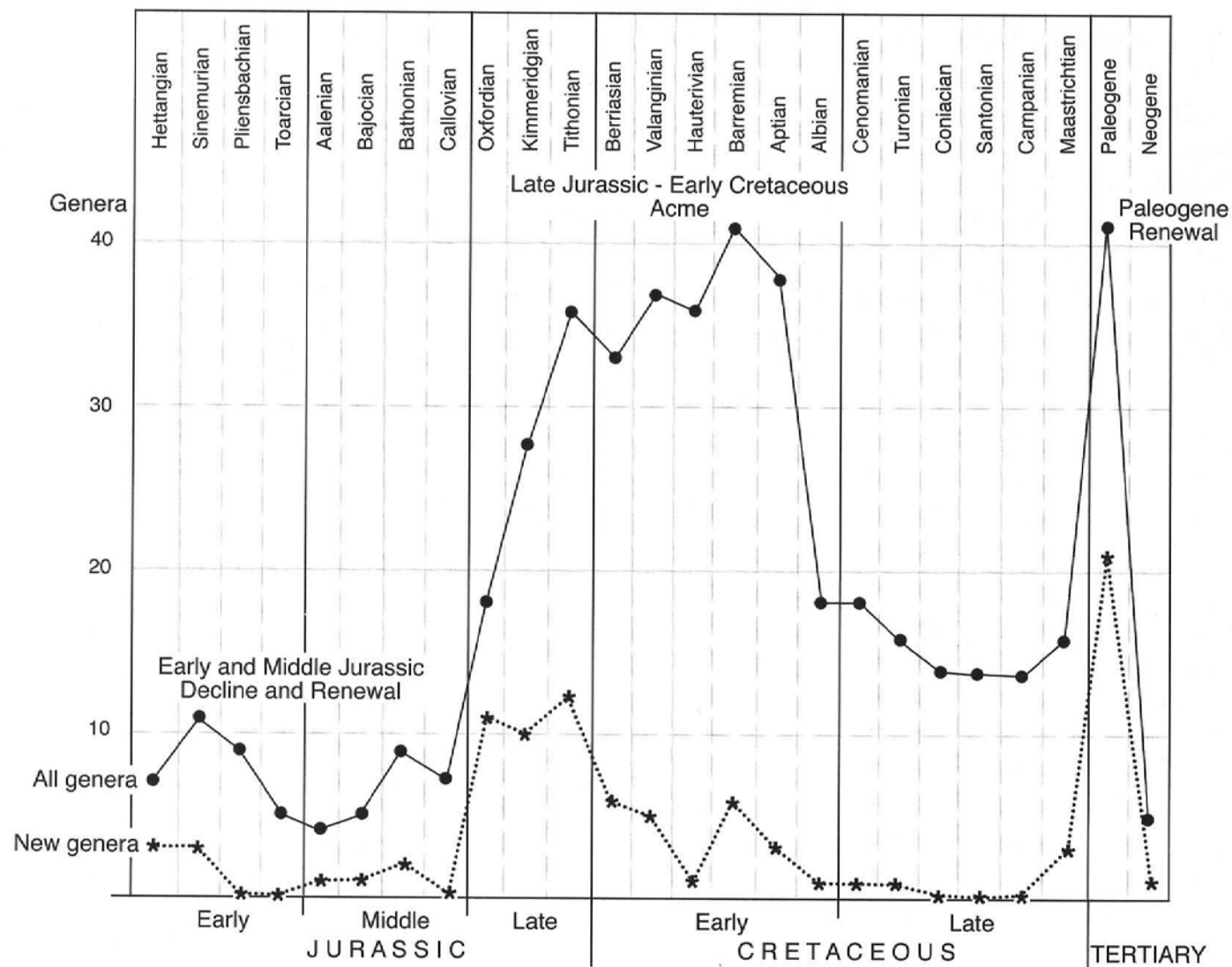
Dasycladaceae

Glavni diagnostični kriteriji dasikladacej (Berger & Kaeffer, 1992).

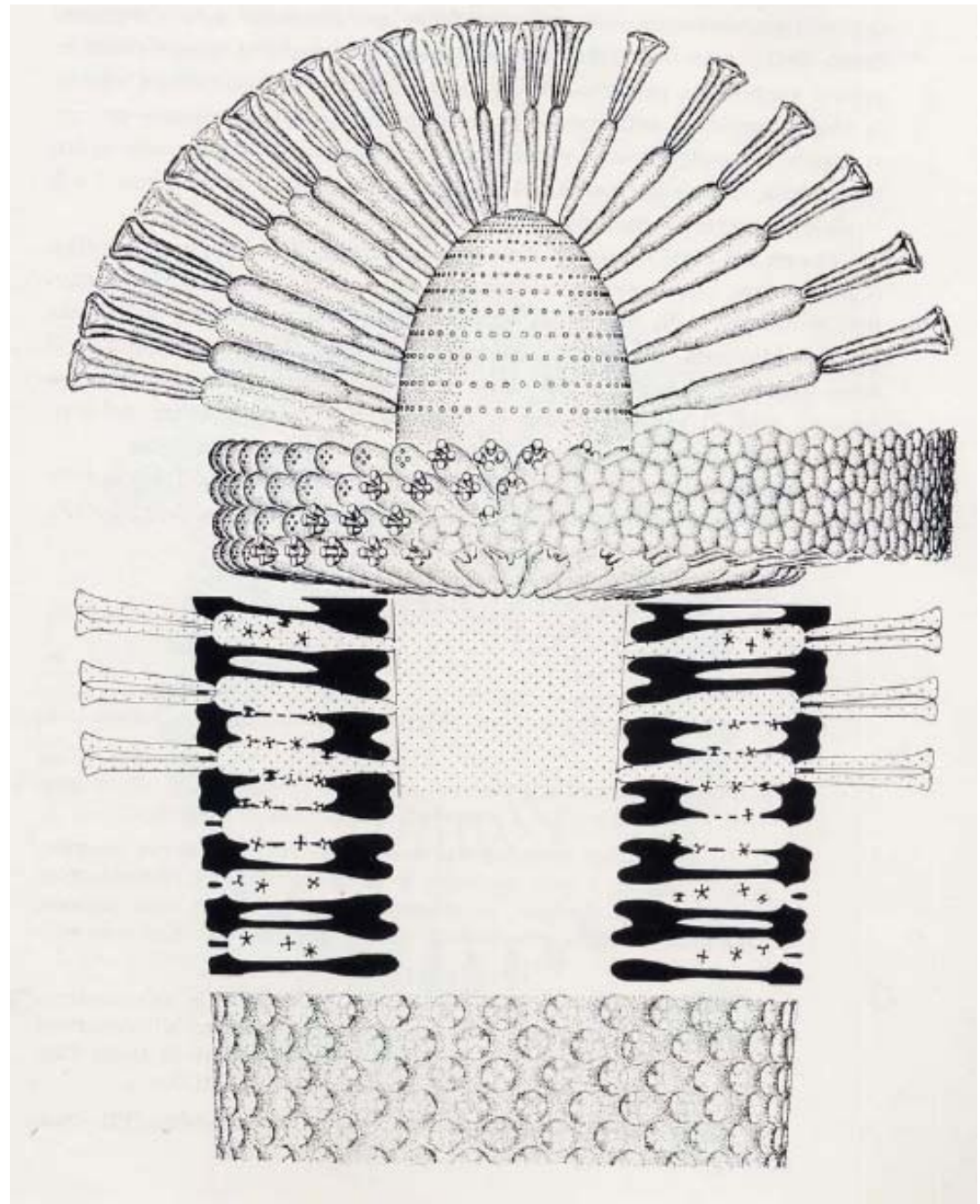
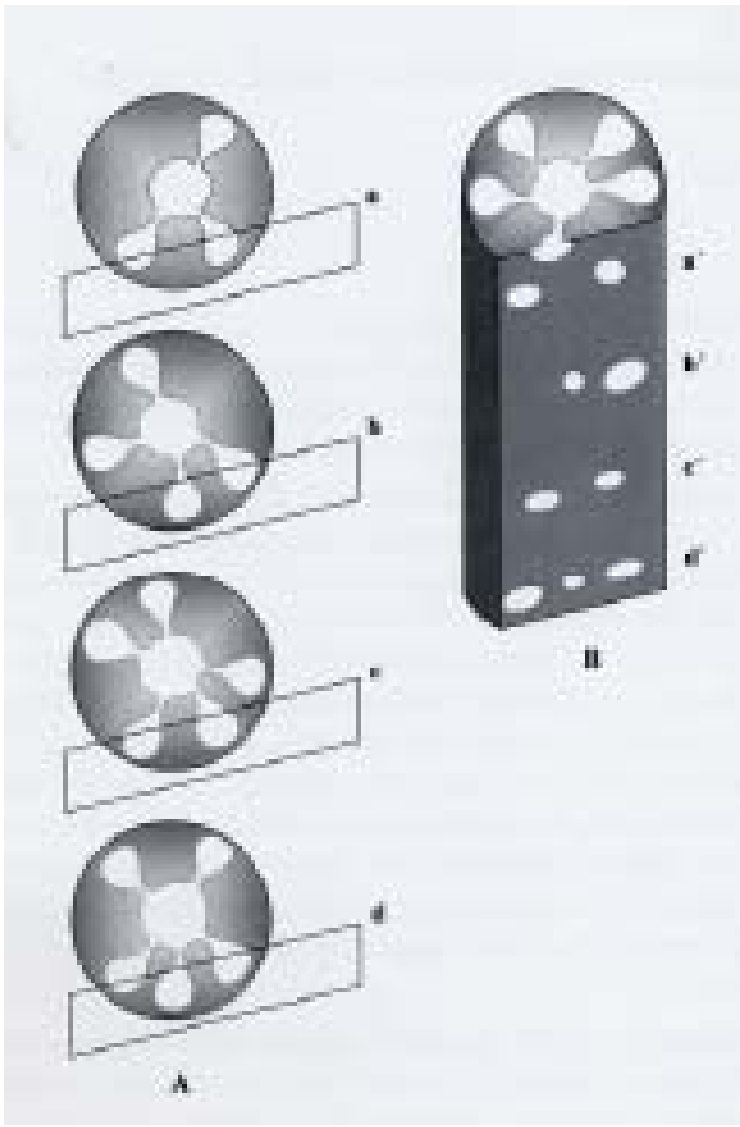


Položaj reproduktivnih organov pri dasikladacejah (Berege & Kaeffer, 1992).

Frekvenca in diverziteteta dasikladacej v mezozoiku in kenozoiku



(po Flügel, 2004)



Anthracoporella spectabilis (zg.karbon-sp.perm)

- neurejeno razporejeni izrastki; **cilindričen in nečlenjen talus**; **aspondilni tip** razporeditve asimilatorjev; v zbrusku **gosta mreža por**, ki težijo k **poligonalni obliki**.





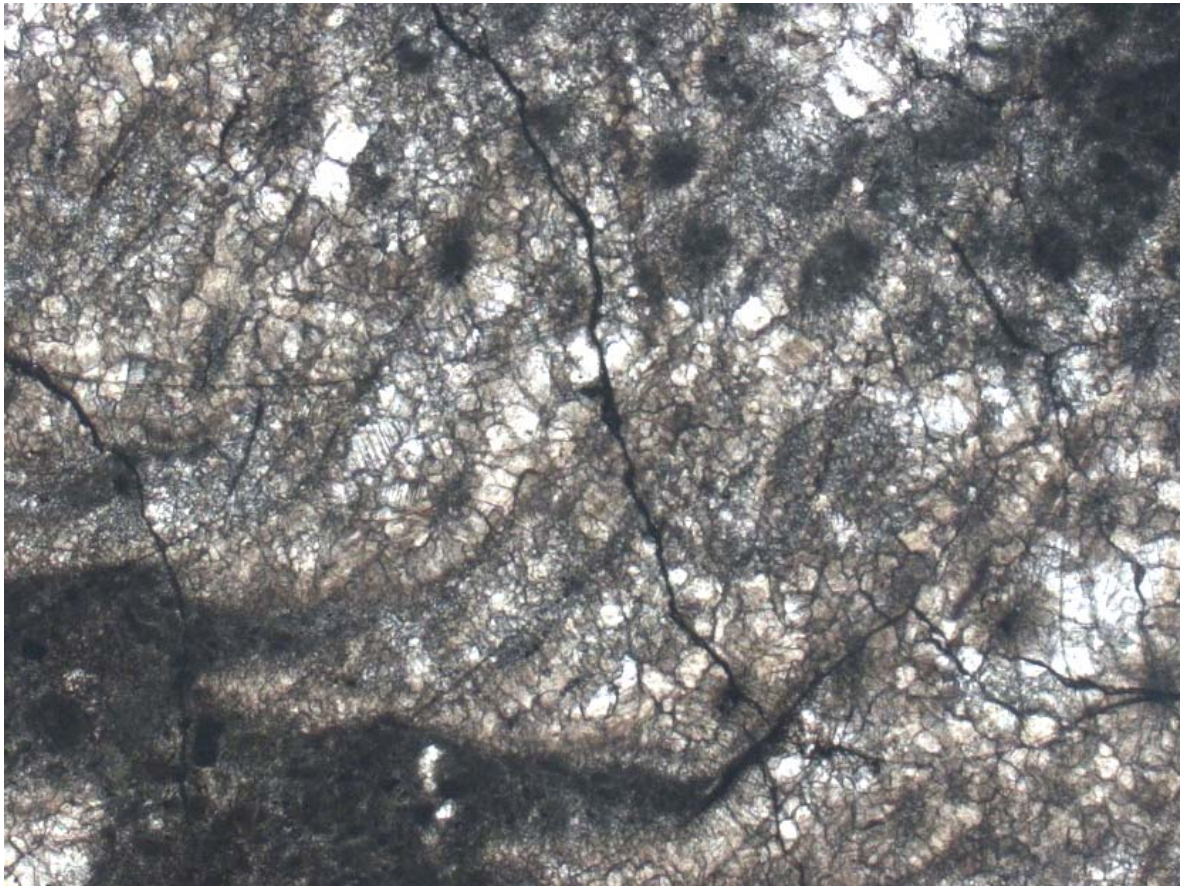
Po Novak (2007).





Teutloporella triasina (sr.trias)

- smrečičast vzdolžni prerez;
- snopasto urejeni filoidi (metaspondilni tip);
- v prečnem prerezu pore bolj narazen kot pri antrakoporeli; ponekod okrog njih žarkovito izrašča kalcit.

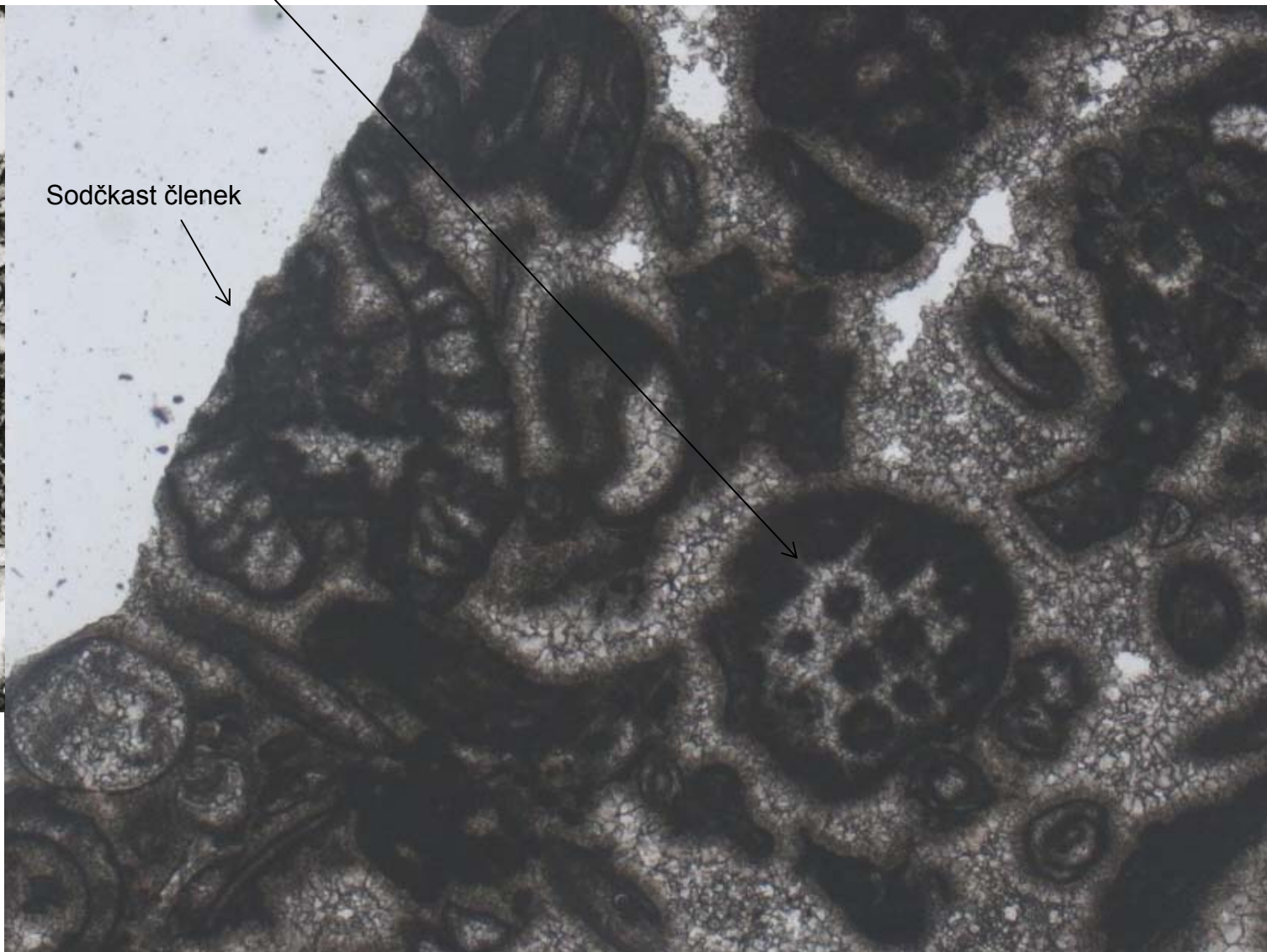


Mizzia velebitana (perm)

Sestavljena iz **sferičnih ali cilindričnih segmentov**; centralni kavlus je sodčkast; le preproste, razmeroma **debele primarne veje**, ki so urejene v koncentrične vrste in se navzven hitro povečujejo; terminacija vej da heksagonalen vzorec na površini segmentov; **debela stena**.



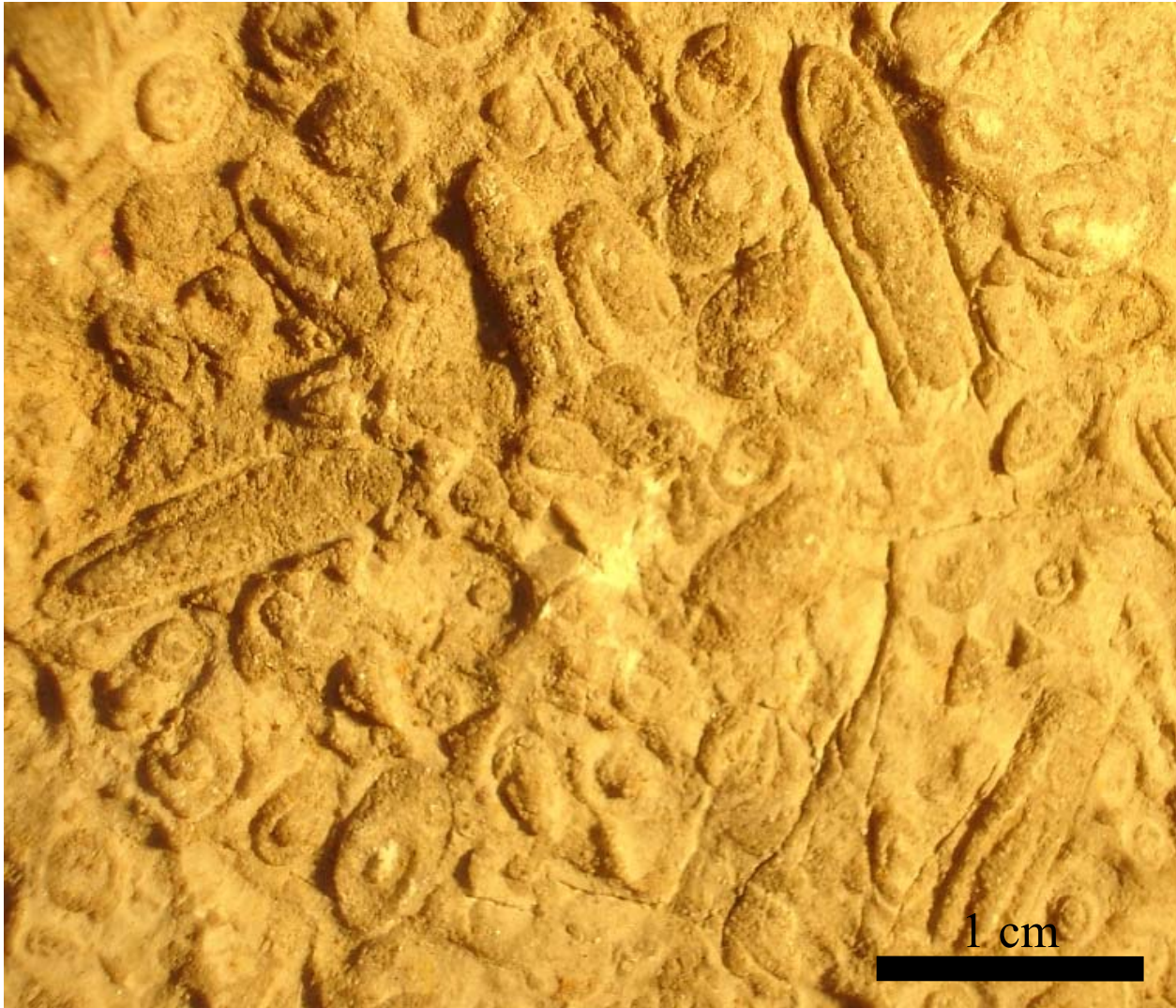
Sodčkast členek



Mizzia Velebitana,
perm, Hrvaška
(<http://www.geologija.hr/symposium/photo.php>)

Diplopora annulata (anizij – ladinij – karnij?)

Jasno **členjen**, preprost talus **cilindrične oblike**; filoidi razvrščeni v vretena; debela stena; osna votlina je neenakomernega premera; **le prvi red razvejanja**; veje razporejene v skupkih (ponavadi po 4 oz. 3-6) in sprva divergirajo, nato pa se usmerijo pravokotno na steno; **metaspondilni tip**; filoidi prebijajo apneni ovoj in se zaključijo s tankimi asimilatorji.



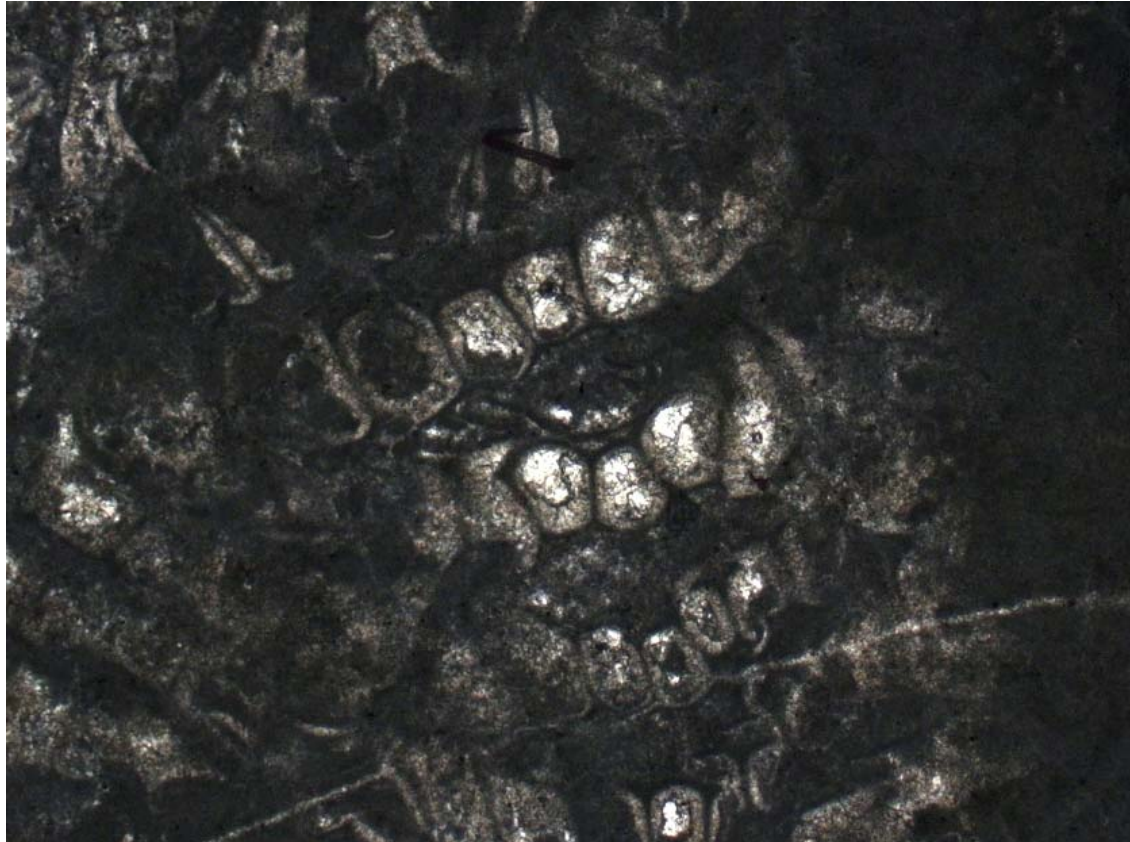
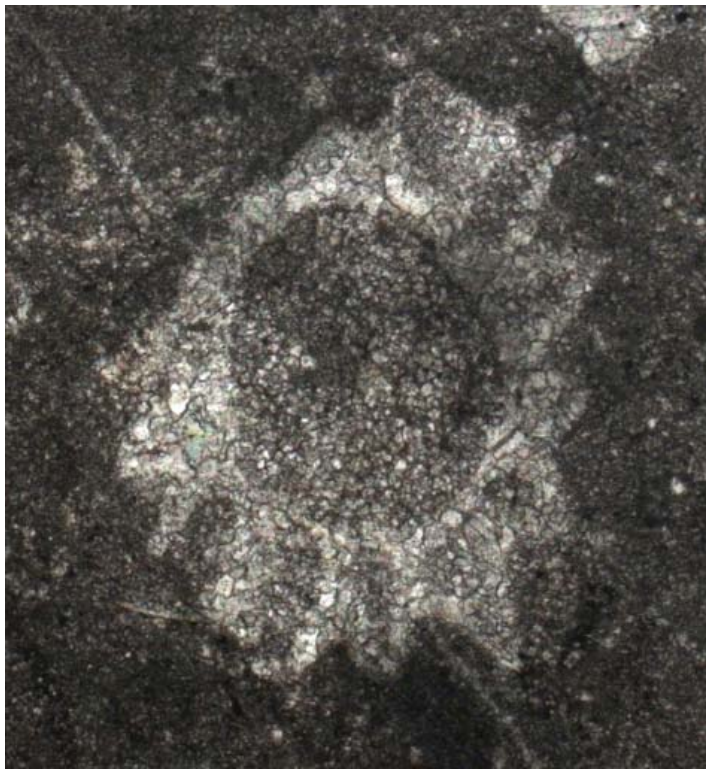


Clypeina

- Talus tvorijo zaporedna vretenca čašaste oblike;
- **preprosti, nerazvejani filoidi v eni vrsti;**
- 12-22 filoidov na eno vretenca;
- **filoidi so med seboj zraščeni, razen v distalnem delu;**
- v proksimalnem delu so filoidi vzporedni z glavno osjo in postavljeni tesno skupaj, v distalnem pa so radialno razvrščeni in usmerjeni proč od glavne osi;
- C. jurassica* (zg.jura (malm): koničasti izrastki;**
- ***C. besici* (karnij): manjši členki (premer odprtine 0.55-0.65 mm, višina vretenc 0.60 mm) kot pri *C. jurassica*, krajši in bolj topi, zaobljeni izrastki.**



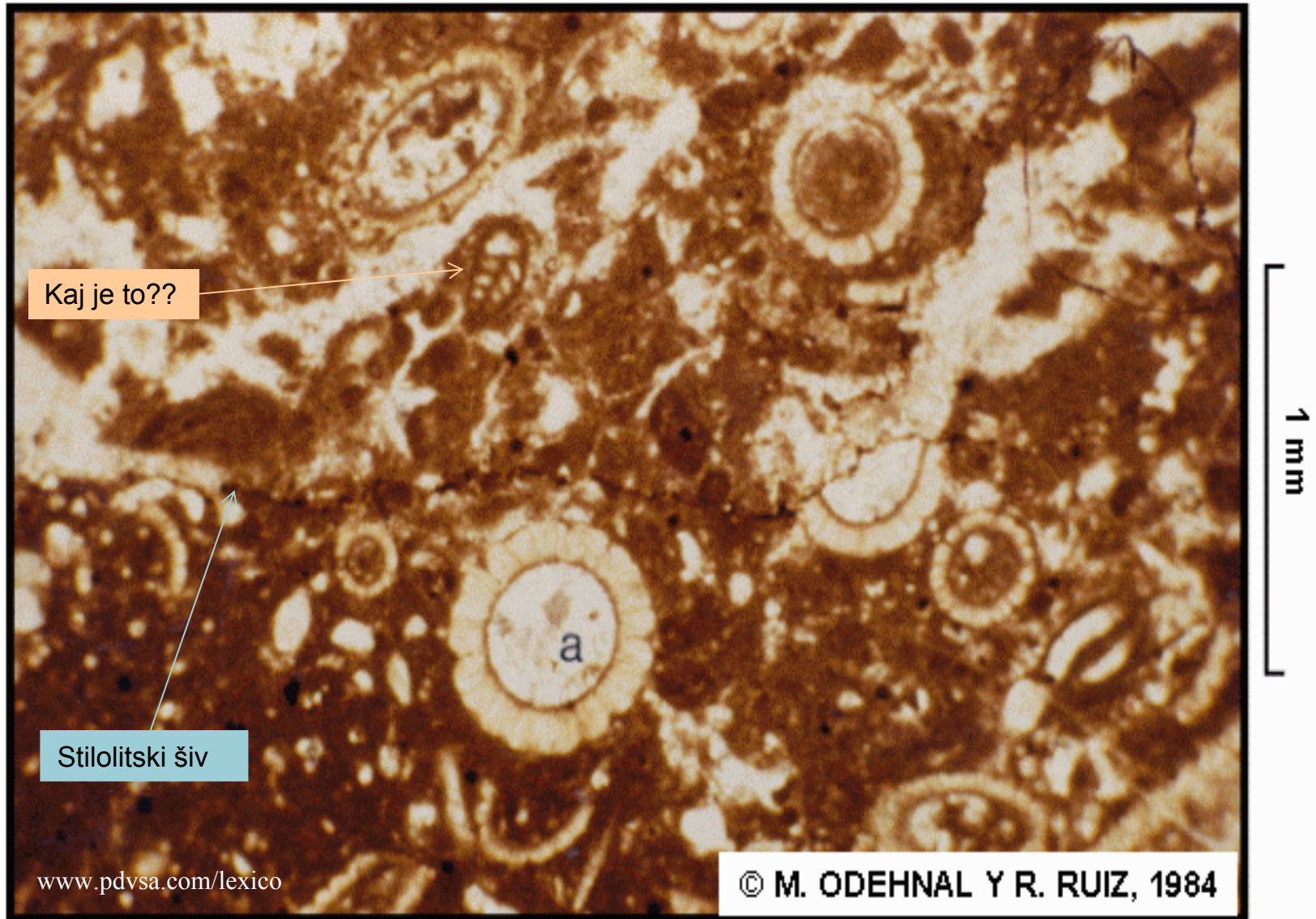
Clypeina besici: v primerjavi s *C. jurassica* ima manjše členke in bolj tope izrastke. Izredno lepe primerke (tudi cele taluse) so pri nas našli v karnijskih plasteh v soteski Belce v bližini Kranjske Gore.



Clypeina jurassica v vzdolžnem tangencialnem prerezu.

Salpingoporella dinarica (zg. kreda)

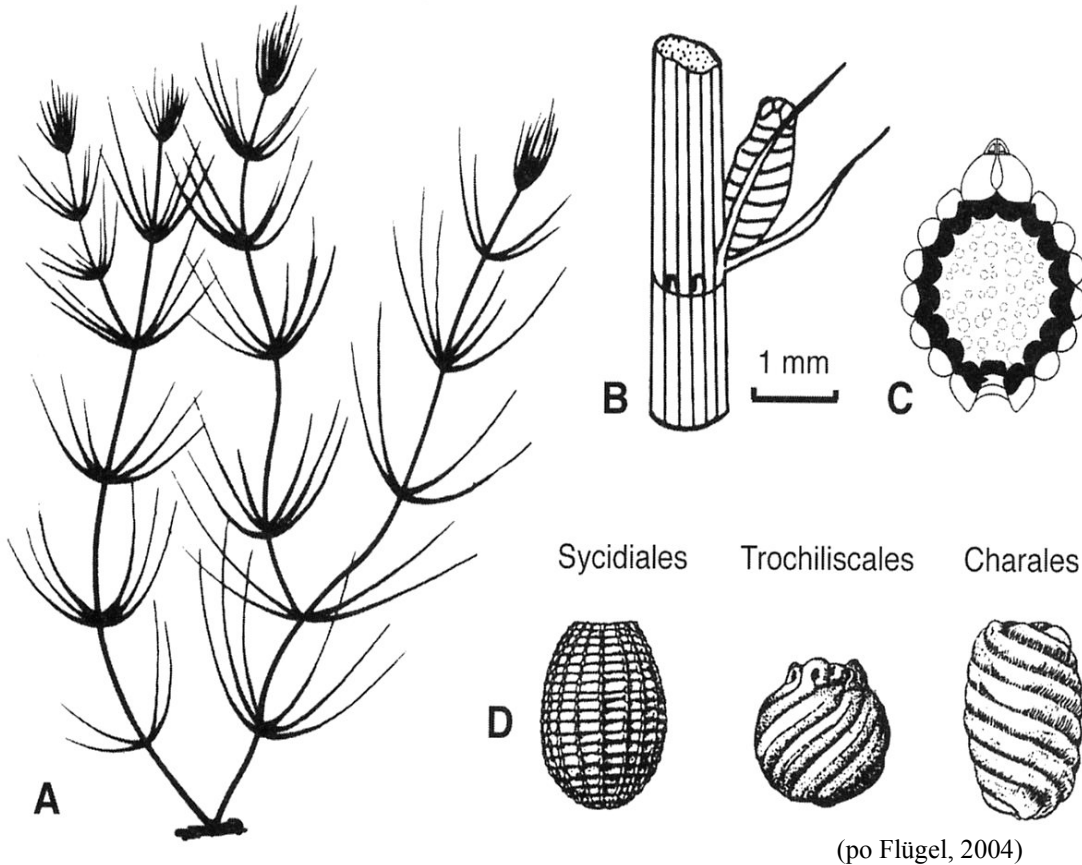
- Cilindrični talus; filoidi 1. reda; evspondilni tip; **majhni, tanki obročki**, okrogel prečni presek; **maloštevilne pore**.



Phylum Charophyta (parožnice)

- genetsko blizu klorofitam, glede na organizacijo talusa pa zavzemajo vmesni položaj med klorofitami in mahovi; geološko jih velikokrat obravnavamo ločeno od drugih alg, ker jih največkrat najdemo v nemorskih sedimentih;
- jasno diferencirani rizoidi, kavloid, filoidi;
- kavloid je iz ene centralne osi in manjših cevi, ki sestavljajo jedro;
- filoidi so razporejeni v obročke, ki so med nodiji, zaradi česar so podobne preslicam;
- v pazduhi filoidov so na zgornji strani nameščeni 0.5-1 mm veliki oogoniji, ki sestojijo iz 5 celic zavutih v smeri urinega kazalca; pod filoidi so nameščeni anteridiji;
- vrhovi (apeksi) nekaterih oogonijev imajo koronulo (kroni podobna struktura iz manjših celic); ponekod celice niso spiralno zavite, temveč pokončne, ali pa zavijajo v desno;
- kalcinirani deli oogonijev se imenujejo girogoniti (oogonij brez organske snovi);
- zaradi hitre evolucije so pomembni biostratigrafski fosili nemorskih sedimentov (glede na haraceje lahko razdelimo K na 9 con, Pc in E na 12, Ol na 5...)
- poznamo vsaj 50 rodov in preko 300 vrst; danes živi le še družina Characeae, pri kateri oogoniji nimajo pore;
- živijo v mirnih sladkih in brakičnih vodah, večinoma na muljastem ali peščenem dnu, kjer pogosto tvorijo podvodne trate; domnevno so bile prve morske, nato pa so prešle v brakično in še v sladko vodo;
- rod *Chara* je znan od paleocena do danes; rad ima trdo vodo.

Charophyta



Kalcificirani deli haracej (Flügel, 2004):

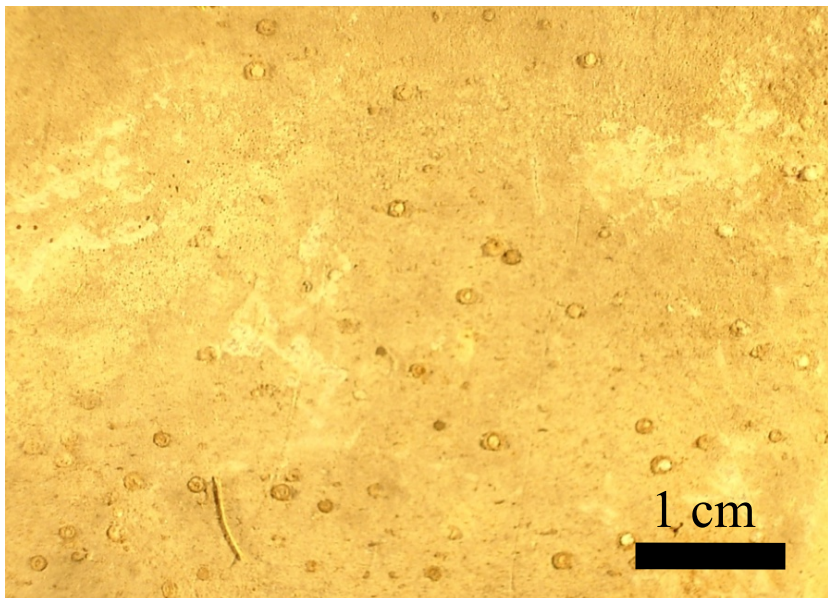
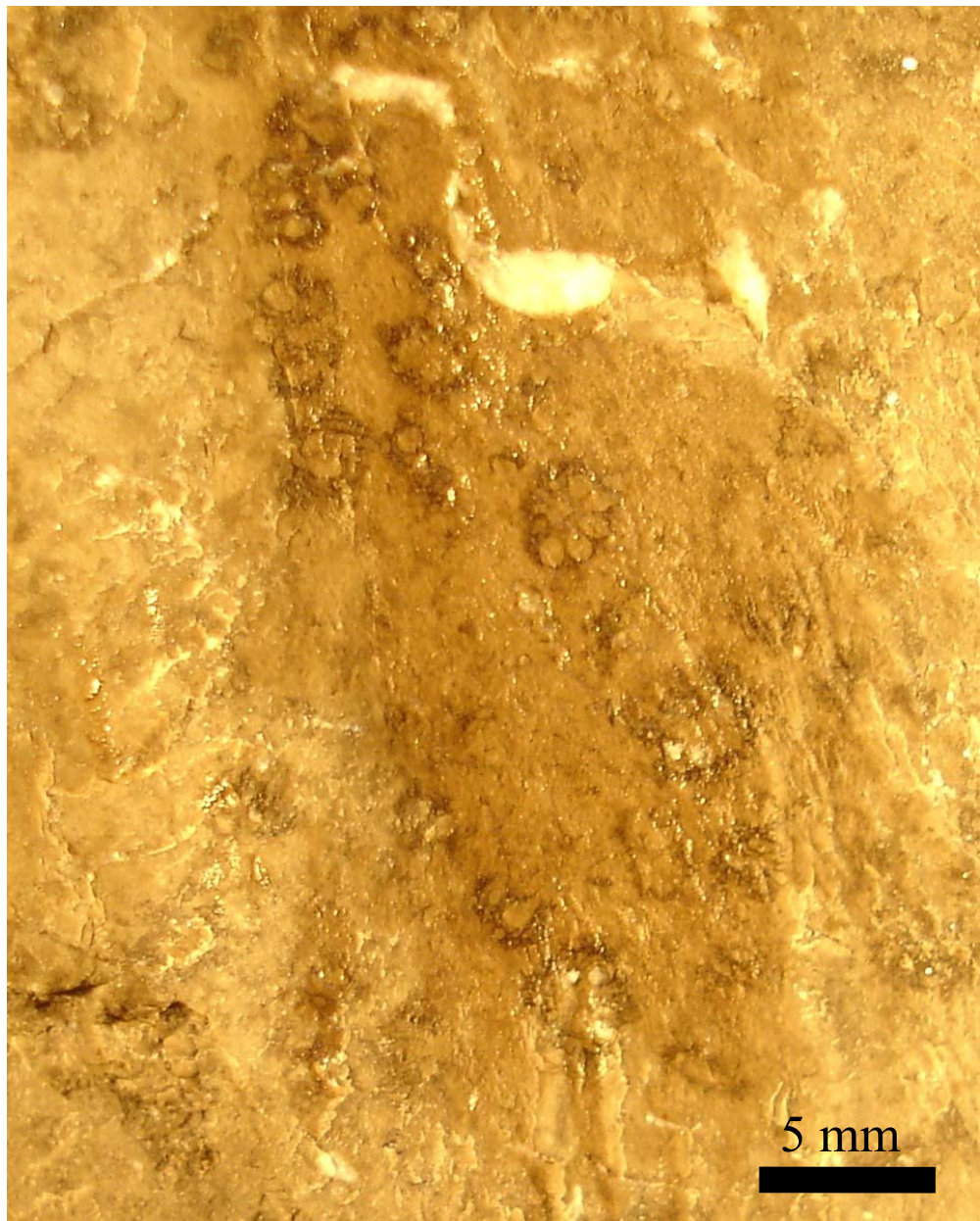
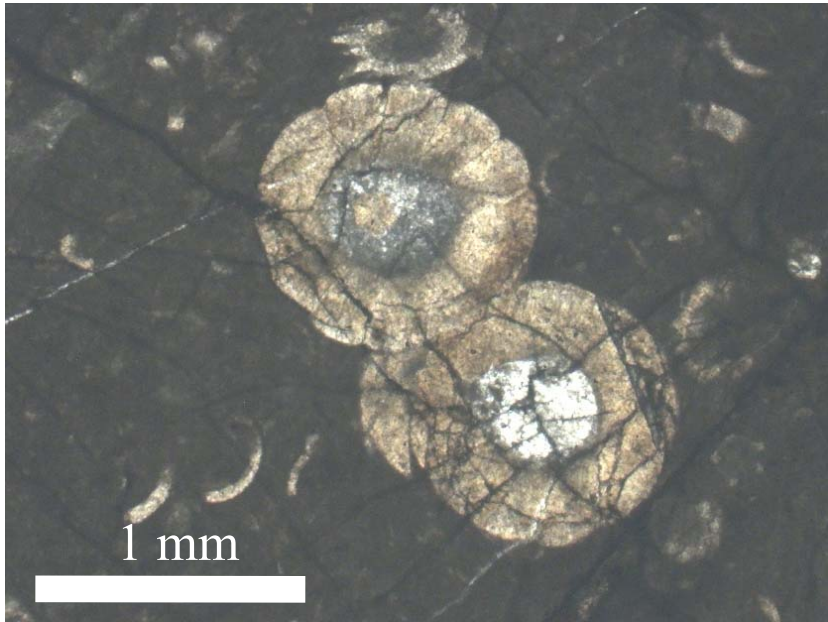
A - rastlina: vejnat talus je razdeljen v pravilno zaporeje nodusov z majhnimi stranskimi vejami in internodusov.

B - Kalcifikacija je prisotna zgolj v ovalnih ženskih razmnoževalnih organih (**oogonijih**) v bližini vejanja nodusov in internodusov.

C - Oogonije sestavlja notranji jajčni del celice, ki je obkrožen s spiralnimi celicami, katerih notranji del je mineraliziran (črno).

D - Taksonomija sloni na morfologiji in skulpturiranosti girogonijev.

(po Flügel, 2004)



Phylum Rhodophyta (rdeče alge)

- Rdeče alge so izredno raznolika in heterogena skupina eno- in večjedrnih, enoceličnih in večceličnih, večinoma morskih organizmov, katerih skupna značilnost je rdeče barvilo (predvsem fikocianin in fikoeritrin).
- Najstarejše rdeče alge so stare okoli 1000 Ma (nekalcinirana bangiofita iz Kanade). Najstarejši fosil kalcinirane rdeče alge je star 600-700 Ma.
- Pri bolj razvitih predstavnikih že opažamo diferenciacijo tkiva, a še vedno govorimo o talusu s psevdoparenhimatsko strukturo (talus sestavljajo nizi celic, ki so povezani v filamente).
- Z geološkega stališča so pomembne skupine rdečih alg, ki imajo delno ali povsem kalciniran talus – **solenoporaceje**, **gimnokodiaceje** in **koralineje**.

• Solenoporaceae

- Zelo heterogena polifiletska skupina kalciniranih rdečih alg, znana od kambrija (celo predkambrija; zanesljivo od ordovicija) do miocena.
- Skupina domnevno vsebuje več prednikov koralinej in morda celo pravih koralinej.
- Od koralinej se razlikujejo po manjših vegetativnih celicah in redkejših razmnoževalnih strukturah, sicer so jim na pogled zelo podobne.

• Gymnocodiaceae

- pokončne, razvejane alge, premera nekaj mm, visoke par cm;
- kalciniran je zunanji ovoj osrednje, osne celice; ovoj je perforiran s številnimi porami (kot npr. pri zeleni algi antrakoporeli);
- pomembni proizvajalci karbonata in dobri vodilni fosili za zgornji paleozoik (npr. *Gymnocodium*, *Permocalculus*)

Gymnocodium bellerophontis (perm)

Nečlenjen, cevast ovoj, pogosto se zoži in razširi; številne pore; tanka stena z veliko osrednjo osjo.

(*Permocalculus* (perm-paleocen): manjši skelet, več por.)



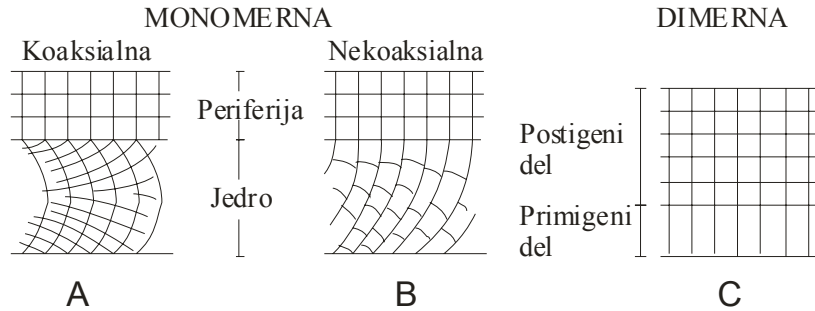
• koralineje

- Pri nas se še vedno velikokrat uporablja napačno poimenovanje “**litotamnije**” (ali npr. “**litotamnijski apnenec**”). Oba izraza izvirata iz obdobja (70. leta), ko so napačno menili, da večina fosilnih in recentnih koralinej pripada rodu *Lithothamnion* (mlajši sinonim je *Lithothothamnium*; iz tega obdobja npr. tudi izvira izraz “litotamnijski greben”). Kasneje se je izkazalo, da je *Lithothamnion* večinoma v podrejenem položaju, ali sploh odsoten, zato so vsi ti izrazi popolnoma neustrezni. Bolj ustrezen izraz je do nedavna bil “**koralinaceje**”, vendar se ime nanaša na družino Corallinaceae, ki sedaj vsebuje le še del kalciniranih nečlenjenih rdečih alg. Naslednja višja taksonomska enota je red Corallinales (poslovenjeno “**koralineje**”), ki združuje tako nečlenjene kot členjene predstavnike.
- Najstarejše koralineje so znane iz spodnje krede (morda že iz zgornje jure). Prednike iščejo v zelo heterogeni polifiletski skupini solenoporaceje, ali v zgornjepaleozojskih algah, ki jih imenujemo kar “ancestral corallines”.
- Stratigrafsko niso pomembne, ker imajo preširok razpon. Bolj uporabne so s stališča paleoekologije (batimetrija) in sedimentologije (tvorci grebenov, sedimenta, sekundarnega trdnega dna...).
- Morfološko ločimo dve veliki skupini: členjene koralineje (talus je členjen, osno celico obdaja kalciniran korteks) in **nečlenjene koralineje** – v nadaljevanju si bomo pogledali le te.
- Nečlenjene koralineje lahko rastejo kot prosti, samostojni talusi, ki so bolj ali manj razvejani; ali kot skorjasti talusi, ki se priraščajo na morsko dno ali bolj trdne predmete; ali pa tvorijo gomoljasta preraščanja – rodoide (ti nastanejo z obračanjem skorjaste oblike – podobno kot onkoidi). Oblika in notranja zgradba rodoidov sta zanimiva s stališča paleoekologije – obliko določajo vrsta podlage, pogostost obračanja, globina rasti itd., notranjo zgradbo prav tako določata energija vodnega medija in vrsta podlage, pomembne informacije pa nudijo tudi izvrtine drugih organizmov (školjk, polihetov, spužev...), geopetalne teksture... zaradi česar lahko iz rodoida beremo njegovo zgodovino. Rodoidi lahko rastejo več 1000 let (povprečna hitrost je 0.4 mm/leto). Pri tvorbi rodoidov sodelujejo tudi skorjaste foraminifere in briozoji (mahovnjaki) – tvorbo, v kateri prevladujejo rdeče alge, imenujemo še vedno **rodoid**; če prevladujejo briozoji je **brioid** (npr. v kamnolomu Lipovica), če pa je več tvorcev (tudi poliheti) in noben posebno ne prevladuje, tvorbe splošno imenujemo **makroidi**.

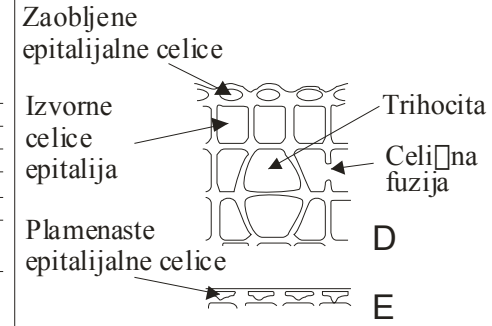
-Pri taksonomiji koralinej, gledamo predvsem:

- A) (na nivoju poddružin): - razporeditev filamentov (monomerna, dimerna zgradba; pri monomerni še vrsto jedra – koaksialno ali plumozno);
- vrsta nespolnih razmnoževalnih struktur (eno- ali večporni tetra/bisporangijski konceptakli, ali so sporangijski prostori med seboj ločeni s kalciniranimi filamentami = so urejeni v sorijih);
- vrsta povezav med celicami (prisotnost celične fuzije).
- B) (na nivoju rodov): - oblika celic epitalija;
- oblika in lastnosti konceptaklov;
- prisotnost trihocit;
- palisadne celice primigene plasti dimernega talusa;
- prisotnost kolumele v konceptaklih...
- C) (na nivoju vrst): - pri fosilnih zlasti kvantitativno (meritve celic in razmnoževalnih struktur).

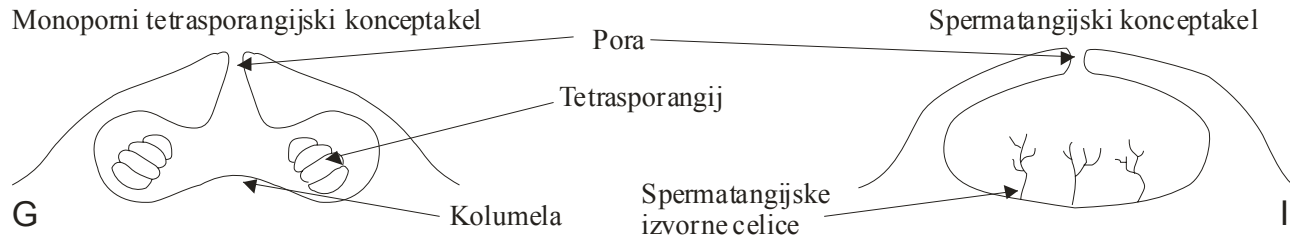
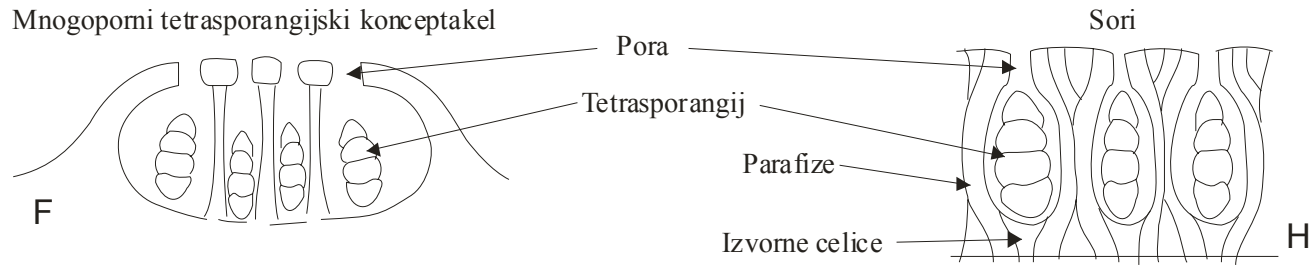
ORGANIZIRANOST TALUSA



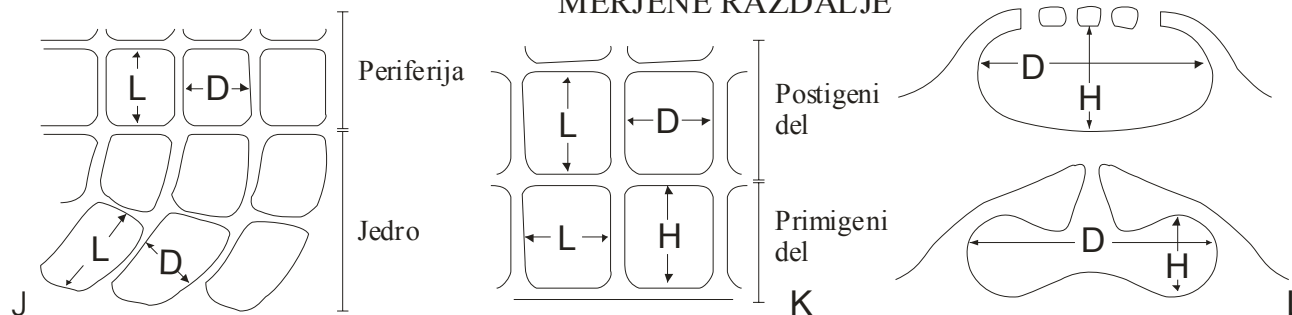
PERIFERNI FILAMENTI



RAZMNOŽEVALNE STRUKTURE



MERJENE RAZDALJE





http://www.slореef.com/clanki/DZ_Alge/alge_files/image035.jpg

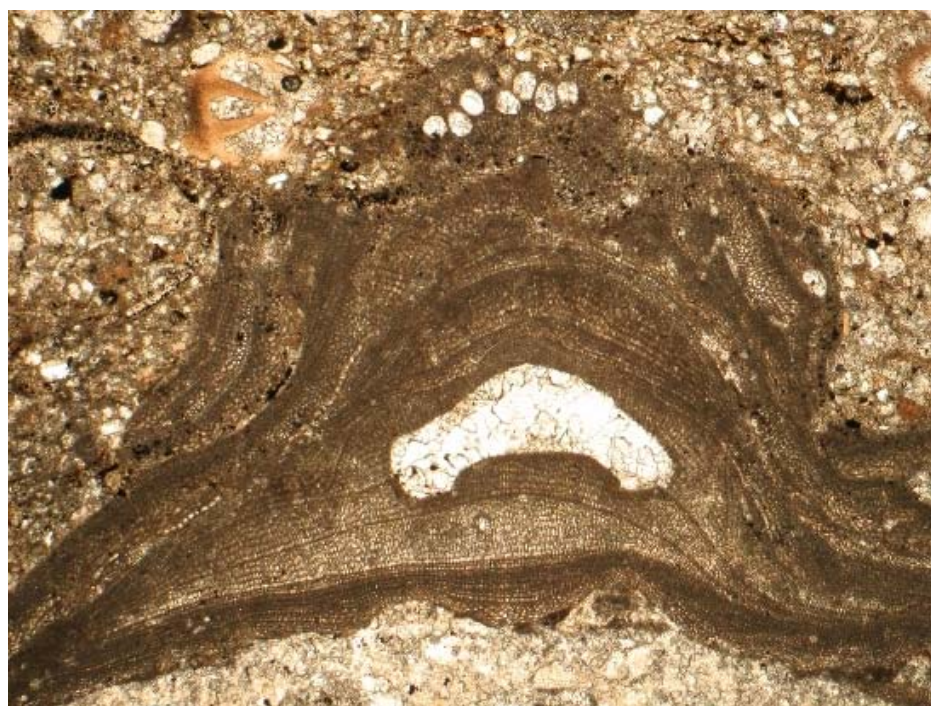
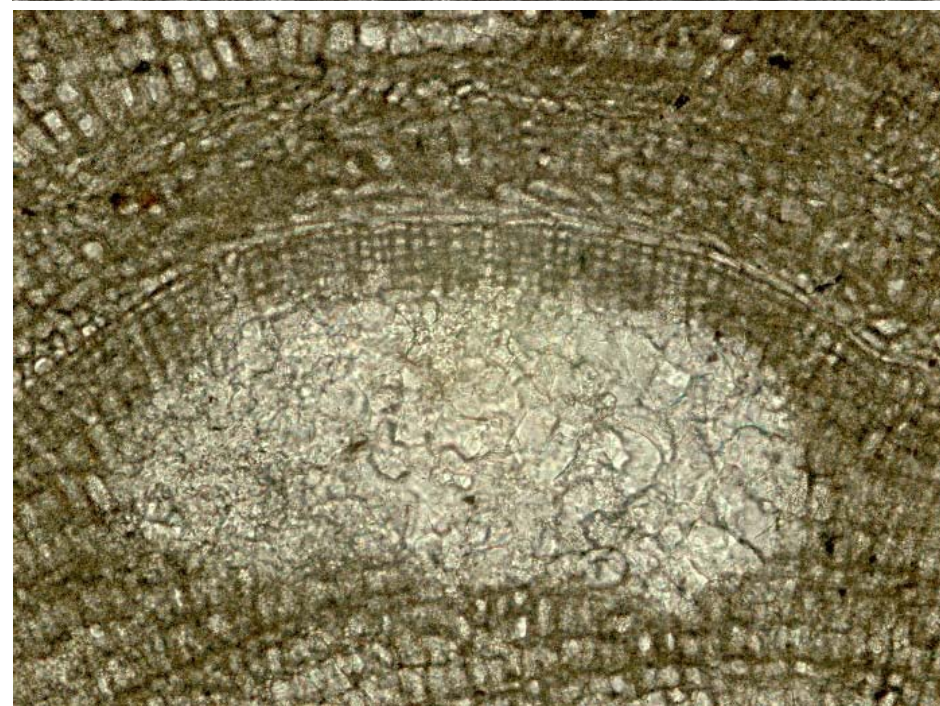
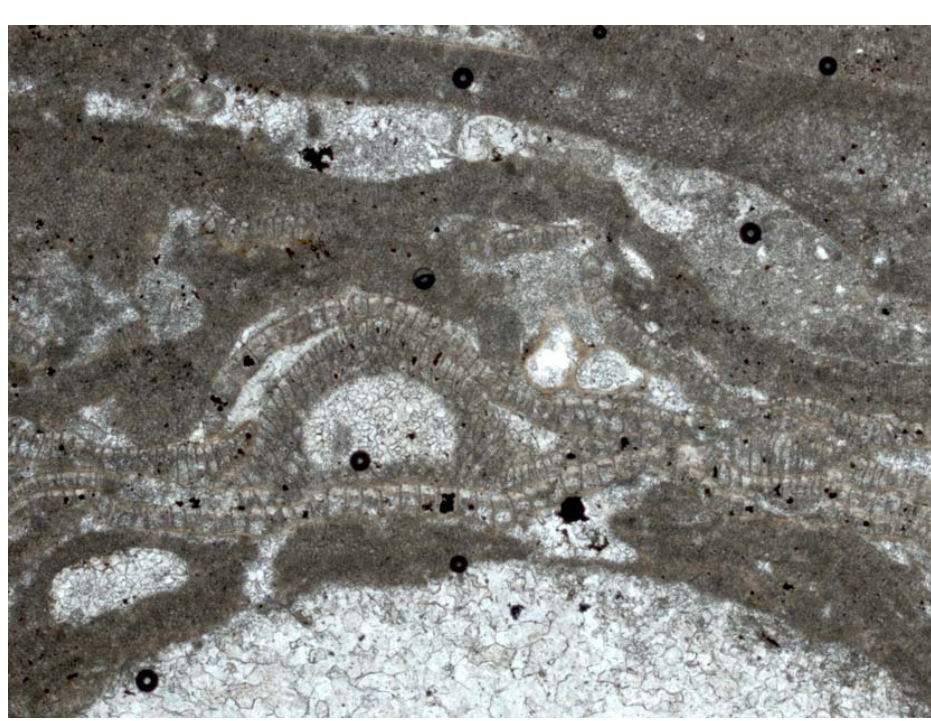


Foto M. Richter

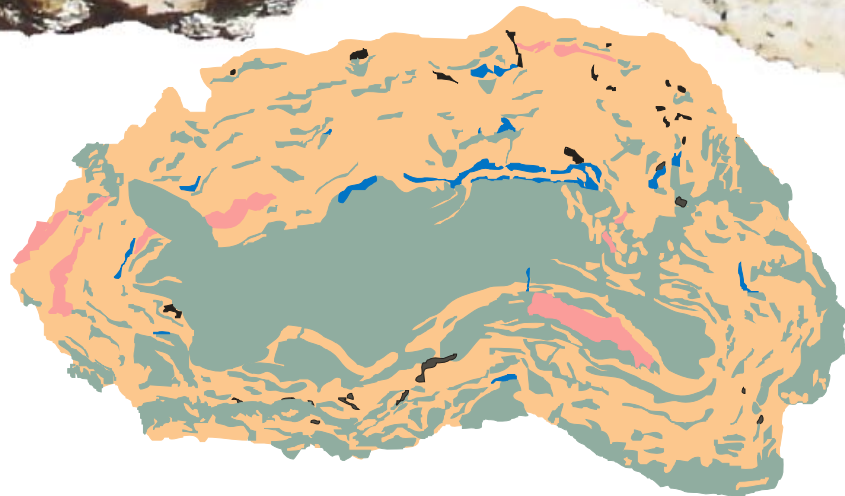
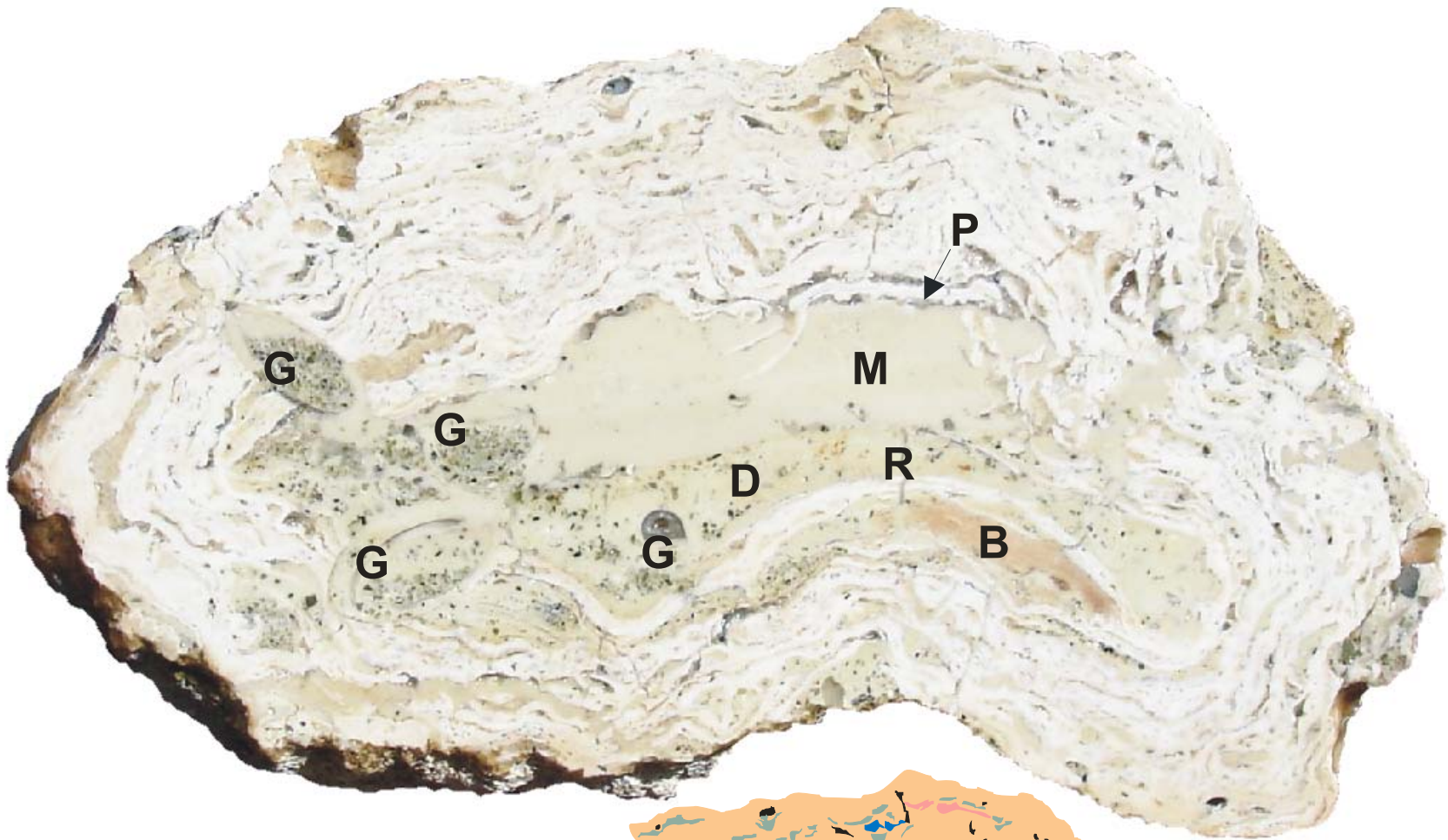


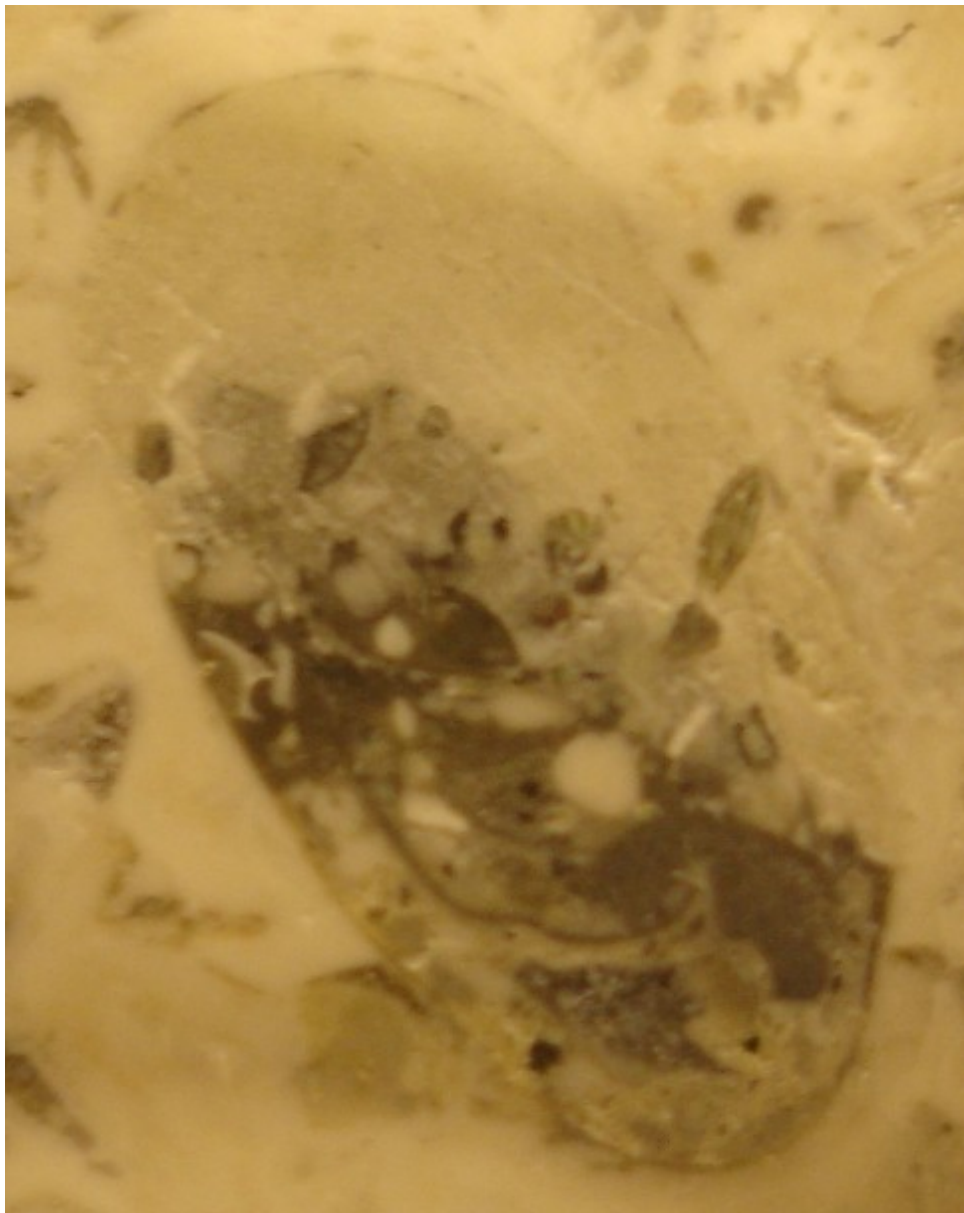
http://www.marlin.ac.uk/imgs/Species/Rhodophycota/o_litinc.jpg

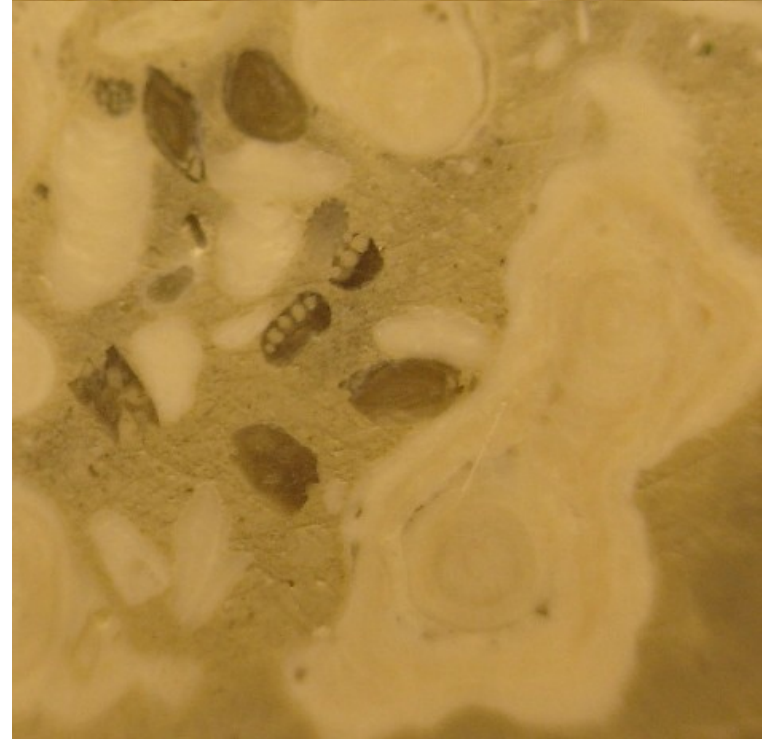


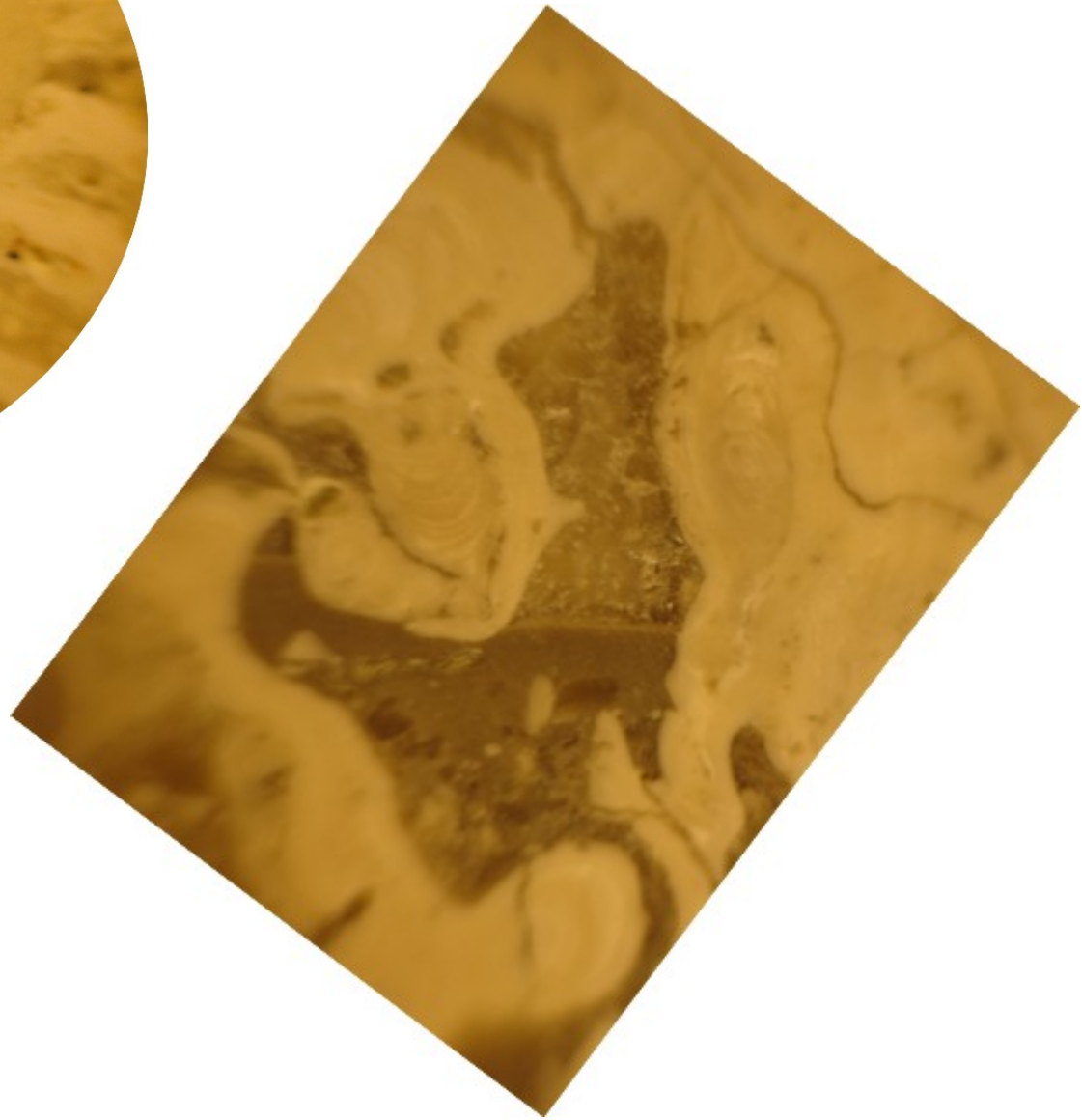












Phylum Bryophyta (mahovi)

- V paleontologiji nimajo posebnega pomena;
- pomembni za nastanek šote (močvirski, šotni mahovi);
- kopenska barja delimo na nizka in visoka. Nizka barja so v nivoju okolice, poravnana z gladino podtalnice. Močvirske rastline črpajo vodo in hranilne snovi iz podtalnice. Če nivo podtalnice pade, ali se nakopiči rastlinska masa, se barje dvigne nad okolico, dokler živeče rastline ne dosežejo več podtalnice (visoko barje). Rastlinstvo visokih barij je revnejše, s prevlado mahov. Edini vir vode so padavine, ki hkrati spirajo hranilne snovi v globlje sloje, zato so visoka barja revna s hranilnimi snovmi in neugodna za rast večine rastlin. Šotni mah ob razpadanju sprošča huminske kisline, kar močno zniža pH ("bog people" – mumije). Bakterijska aktivnost je zato in zaradi pomanjkanja hranilnih snovi nizka.
- Primeri visokih barij so poključka, pohorska in Ljubljansko barje.
- Mahovi še nimajo razvitih korenin, imajo pa že preproste liste in steblo (BRST – telo z diferenciranimi tkivi). Vodo sprejemajo preko površine. Pojavi se že razvoj žil.

Sphagnum sp. (kvartar)

- "blatec"

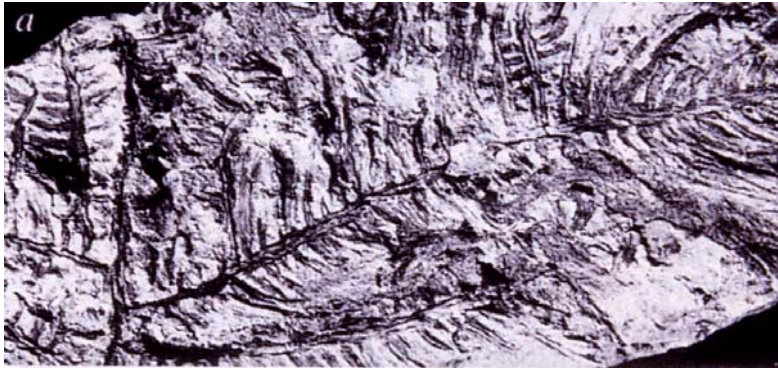


<http://www.adkscience.org/gallery/collections/collectimages/Sphagnum-moss-013E2.jpg>

Kopenske (vaskularne) rastline

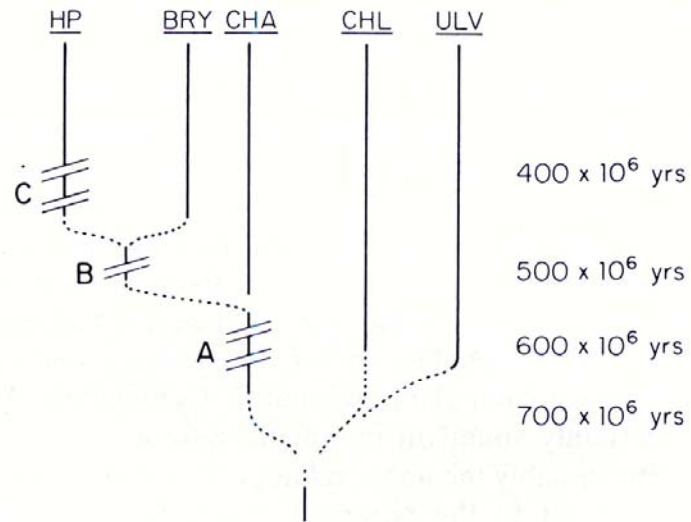
- Tracheophyta (žilne rastline)
- prve kopenske rastline se pojavijo v sp. silurju
- glavna ovira pri prehodu rastlin na kopno je adaptacija na okolje z nezadostno količino vode
- rastline, ki jih smatramo za kopenske so razvile naslednje značilnosti:
 - pritrditev in sposobnost absorpcije (korenine in rizoidi)
 - zaščita pred izparevanjem in vnosom toksičnih snovi (kutin)
 - transportni sistem (ksilem, lignin)
- sekundarne adaptacije, ki za migracijo niso bile nujno potrebne in so se razvile kasneje so: reproduktivni mehanizem neodvisen od plavajočih gamet, zgotne trajne spore, spore z debelimi stenami s tendenco k redukciji razmerja med volumnom in površino
- za prehod na kopno je bila potrebna tudi zaščita pred UV-sevanjem
- današnje rastline ne sintetizirajo nobene snovi, ki bi služila za zaščito pred UV-sevanjem, medtem ko bi naj prve kopenske rastline same sintetizirale svojo UV zaščito (s sintezo flavonoidov), je bila za nadaljnjo evolucijo na kopnem potrebna zadosti razvita ozonska plast v atmosferi
- čas sinteze bioloških snovi potrebnih za življenje na kopnem (kutin, lignin) in tvorba ozonske plasti je bila odvisna od parcialnega tlaka kisika v takratni atmosferi:
 - za biosintezo kutina 0,02 PAL (PAL = present atmosphaeric level = 0,2 atm.).
 - za biosintezo lignina med 0,01 in 0,1 PAL,
 - za tvorbo ozonske plasti 0,1 PAL.

Prve kopenske rastline



Pinnatiremosus gianensis

sp. silur (430 Ma) ??? – menda gre za koreninski sistem mlajših (permskih) rastlin, ki so prodrle v silurske kamnine (Edwards et al. 2007)



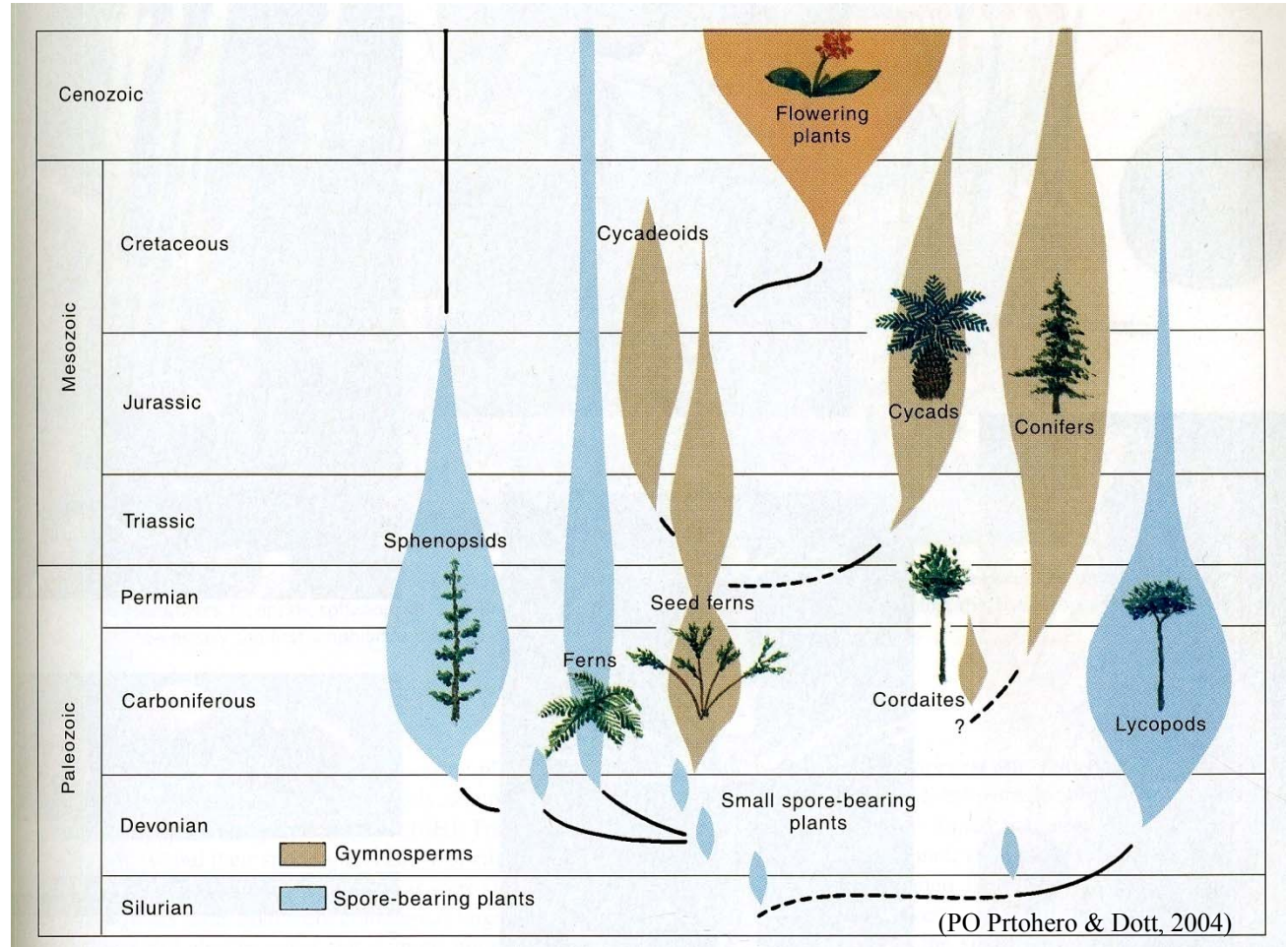
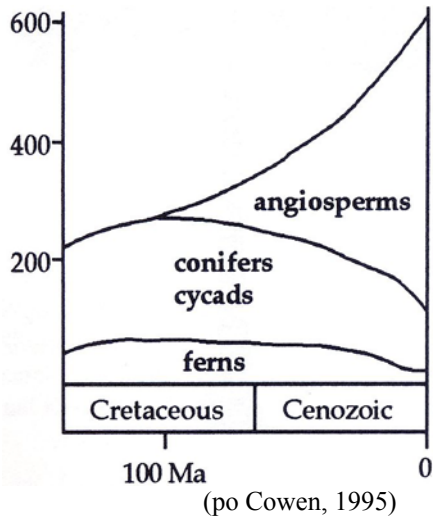
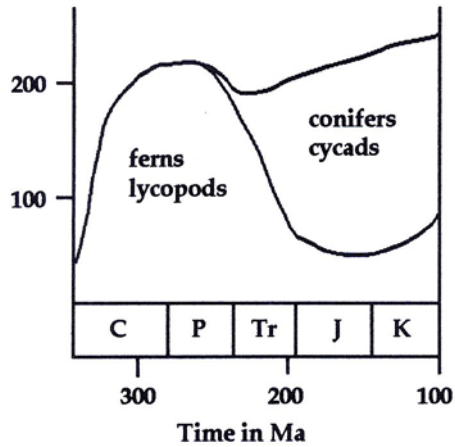
HP: HIGHER PLANTS: VASCULAR
 BRY: BRYOPHYTA
 CHA: CHAROPHYCEAE
 CHL: CHLOROPHYCEAE
 ULV: ULVAPHYCEAE

- A: pojav Cu/Zn superoksidne dismutaze
- B: pojav kutina
- C: pojav lignina in suberina

(po Chapman, 1985)



Evolucijska radiacija kopenskih rastlin



Phylum Pteridophyta (praprotnice, Sporophyta)

- Razmnoževanje s spori; za oploditev potrebujejo tekočo vodo;
 - funkcionalna diferenciacija tkiva (asimilacija, prevajanje – prava žila);
 - morfološka diferenciacija v korenine, steblo, liste;
 - menjavanje sporofitne (diploidna, producira spore v sporangijih) in gametofitne (haploidna, producira moške in ženske gamete, med katerimi pride do združitve in nastanka diploidnega sporofita, ki ponovno producira haploidne spore (mejoza), iz katerih zrastejo gametofiti) generacije;
- Psilopsida (protovci): šibka diferenciacija; brez sekundarne debelitve; protalij (gametofit, ki nosi ženske in moške gamete); homospori; sporangiji so terminalno
 - Lycopodiopsida (lisičjakovci): močna diferenciacija; listi mikrofilnega tipa; nekateri heterospori (mikro in megaspore); sporangiji so epifilno; sekundarna debelitev; mega- in mikroprotalij; češarki;
 - Equisetopsida (preslice): češarki; mikrofilni listi; nekateri heterospori;
 - Polypodiopsida (praproti): listi makrofilnega tipa; heterosporija.

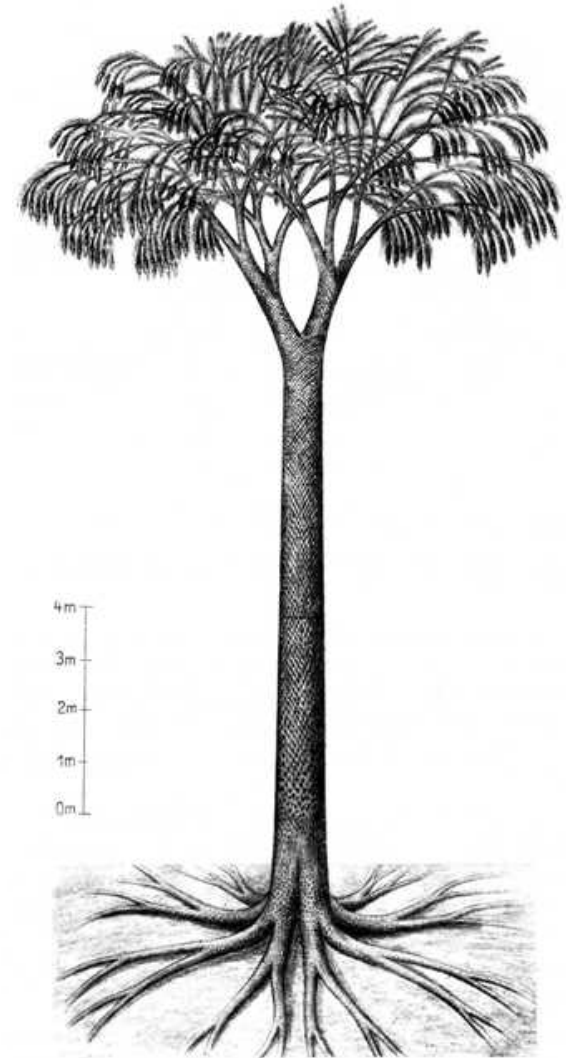
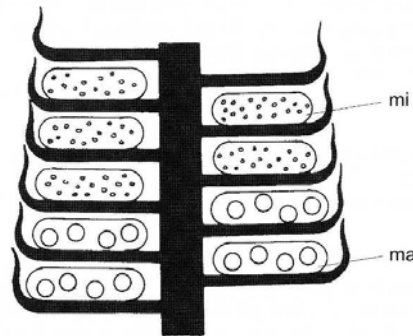


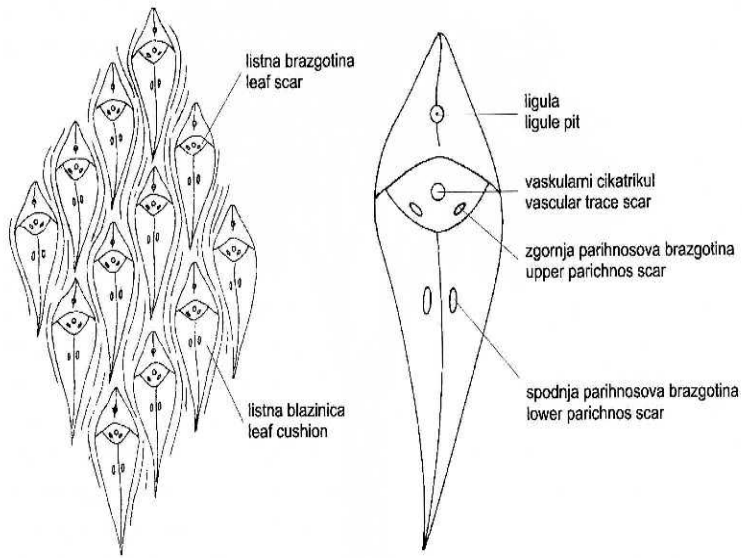
Classis Lycopsidea (Lycopodiopsida, Lycopodiatae, lisičjakovci)

- Imajo razvito korenino, steblo in liste mikrofilnega tipa;
- fosilni tudi drevesasti, danes le zeliščne rastline;
- premog.

Lepidodendron sp. (devon-perm; max. zg. karbon)

- luskavec;
- visoko drevesasto steblo (30 m, oz. 35 m + 6 m krošnje; premer 30 cm), v spodnjem delu običajno brez vej, zgoraj košata krošnja; korenine do 12 m globoko;
- mlajši deli vej so nosili suličaste liste z eno samo žilo;
- površina vej in debla je luskasta – to so pustili spiralno razporejeni listi;
- podolgovato **rombične ali vretenaste listne blazinice**, na sredini listne brazgotine (lahko z ohranjenimi cikartikuli); vzdolž listne blazinice poteka **medialna linija (gredelj)**; nad brazgotino je včasih vidno mesto ligule;
- listne blazinice se stikajo, ali pa je med njimi značilno razbrazdana površina;
- frutifikacija → *Lepidostrobus*;
- korenine → *Stigmara*;
- glede na fragmente zunanje skorje so opisali 110 vrst





listna brazgotina
leaf scar

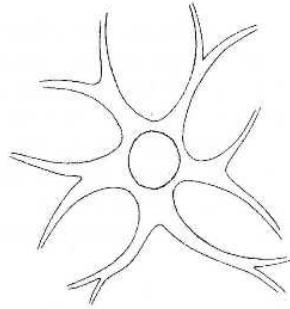
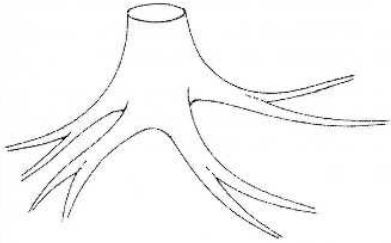
ligula
ligule pit

vaskularni cikatrikul
vascular trace scar

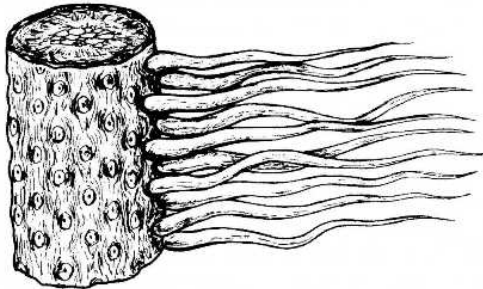
zgornja pariñosova brazgotina
upper parichnos scar

listna blazinica
leaf cushion

spodnja pariñosova brazgotina
lower parichnos scar



Stigmaria – podzemni organ drevesastih lisičjakovcev.
Stigmaria – underground organ of arborescent lycopsids.



Stigmaria – povečan del korenine s pritrjenimi koreninicami.
Stigmaria – enlarged part of a root with appendices.

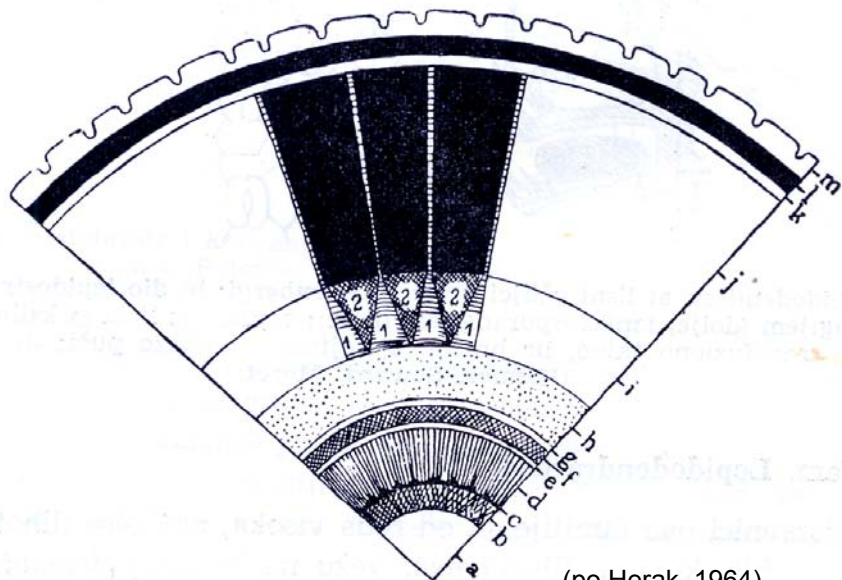
Po: Kolar-Jurkovšek &
Jurkovšek (2002)



2 cm

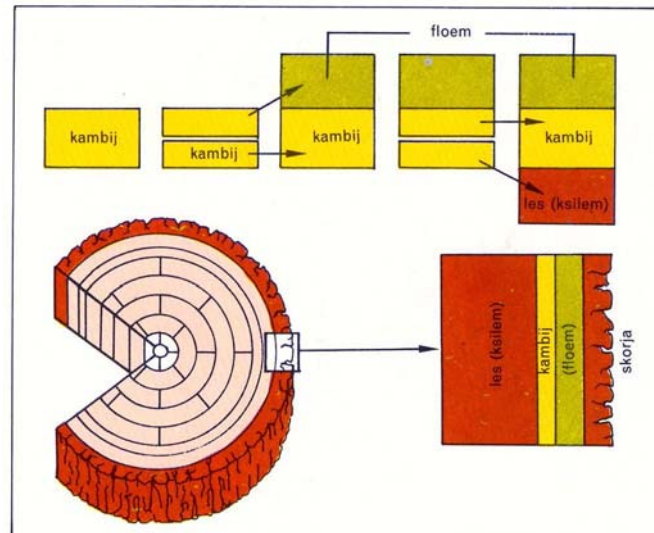
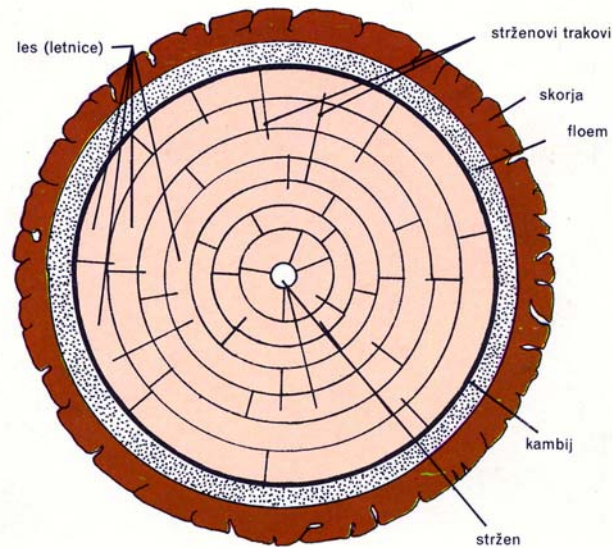
Lepidodendron sp. , karbon, Španija.

Primerjava prečnih rezov zgornjekarbonskega debla lepidodendrona in recentnega debla hrasta



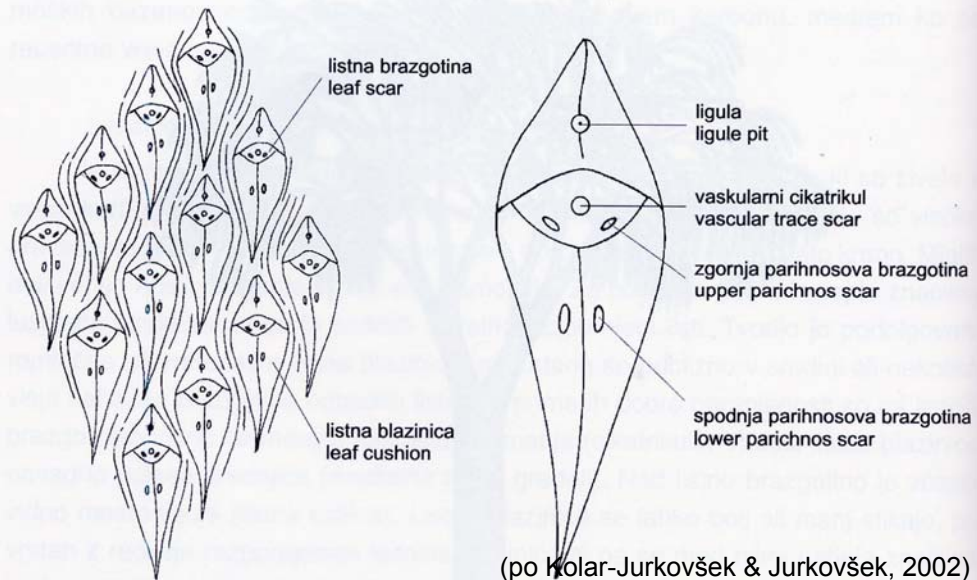
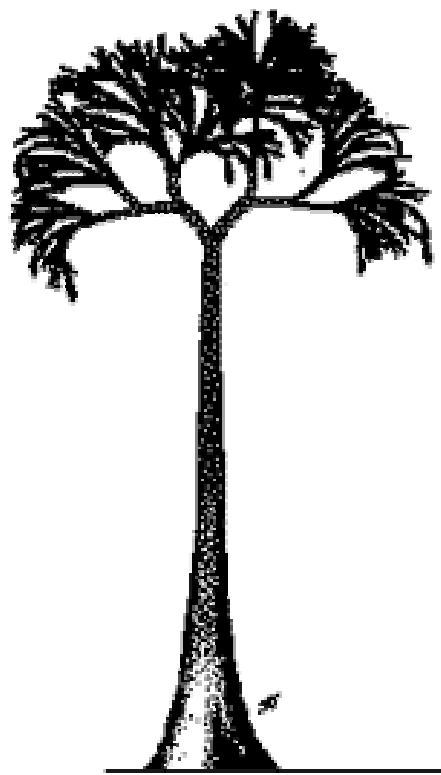
(po Herak, 1964)

- a: stržen
- b-d: ksilem
- e: kambij
- f: floem
- g-l: skorja
- m: zunanji del skorje z listnimi brazgotinami



(po Lanzara & Pizzetti, 1984)

Lepidodendron



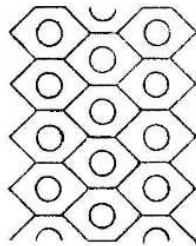
(po Kolar-Jurkovšek & Jurkovšek, 2002)

Sigillaria sp. (sp.karbon – sp.perm)

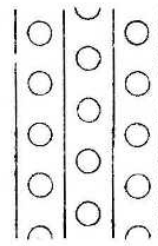
- pečatnikovec;
- visoka drevesa s stebrastim deblom in dihotomno razrastjo; krošnja je redkejša kot pri *Lepidodendronu*;
- na koncu debla ali vej šopi dolgih in ozkih listov, ki so pustili listne brazgotine;
- **listne blazinice v vzdolžnih vrstah, 6-kotne oblike**; 3 brazgotinice (centralno-vaskularna in 2 lateralni), nad listno brazgotino je jamica ligule;
- pri olupljenih steblih ostaneta na mestu brazgotine le dva cikartikula (stanje ohranjenosti *Syringodendron*);
- češarki → *Sigillariostrobus*; korenine → *Stigmaria* in *Stigmariopsis*;
- glede na razporeditev listnih brazgotin več podrodov:
 - ***Eusigillaria*** (brazgotine v različnih vzdolžnih rebrih, med katerimi poteka brazda);
 - *Rhytidolepis* (rebra so bolj ali manj oddaljena med seboj; vzdolžna brazda je ravna);
 - *Favularia* (brazgotine so gosto satasto razporejene, zato je vmesna brazda valovita ali cikcakasta);
 - ***Subsigillaria*** (ni poudarjenih vzdolžnih reber; brazgotine ležijo plosko na skorji in so nanizane v vzdolžnih in poševnih vrstah);
 - *Clathraria* (rombične brazgotine, ležijo blizu skupaj, med njimi poteka žleb);
 - *Leiodermata* (okroglaste brazgotine, stojijo precej narazen, vmesna površina je pogosto ornamentirana z drobnimi linijami).

Eusigillaria

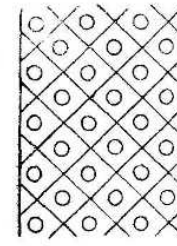
Subsigillaria



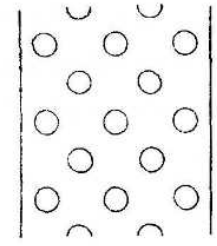
Favularia



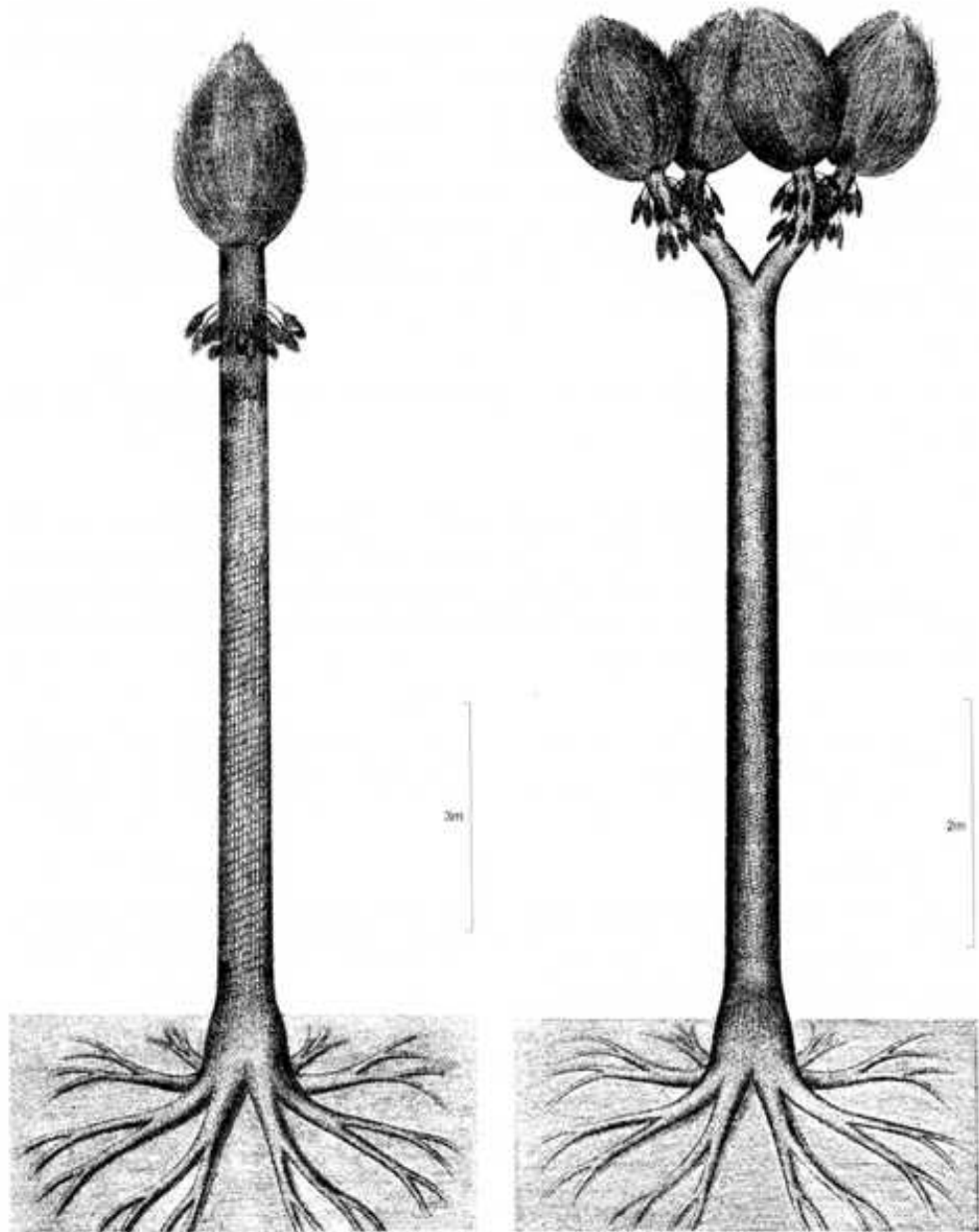
Rhytidolepis



Clathraria

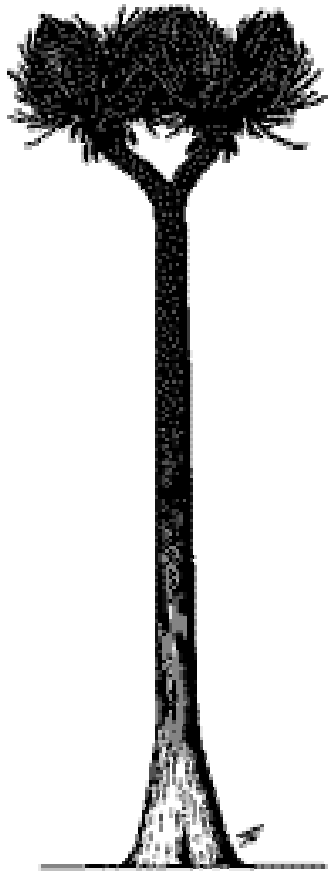


Leiodermaria



Sigillaria sp. – *Rhytidolepis* (levo) in *Favularia* (desno). Po: Kolar-Jurkovšek & Jurkovšek (2002)

Sigillaria - zg. karbon



rekonstrukcija



češarki



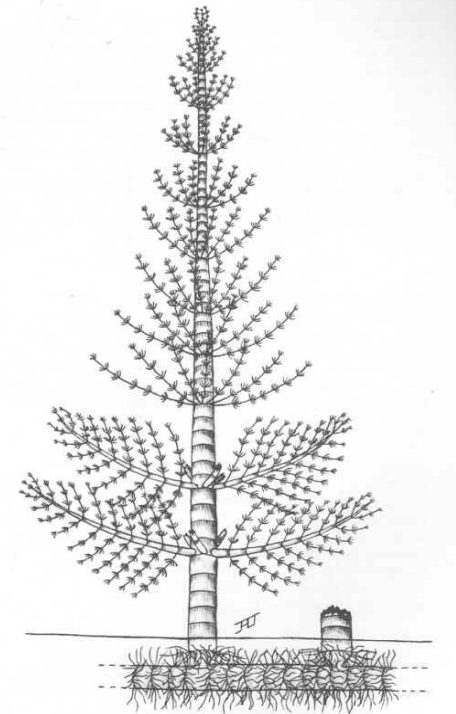
listne brazgotine

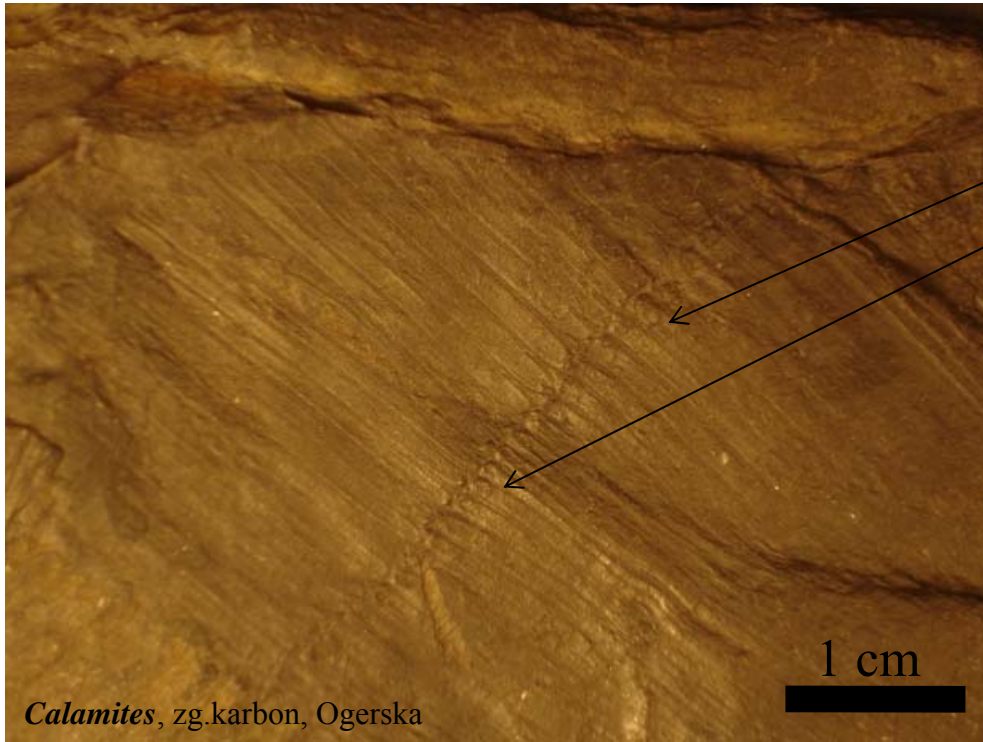
Classis Sphenopsida (Equisetopsida, Articulatae, presličevke, členovke)

- Členasta zgradba stebila (nodiji, internodiji);
- listi mikrofilnega tipa, razporejeni v vretencih;
- pojav v devonu, višek razvoja v karbonu (drevesaste oblike);
- danes le še rod *Equisetum*.

Calamites sp. (karbon – perm)

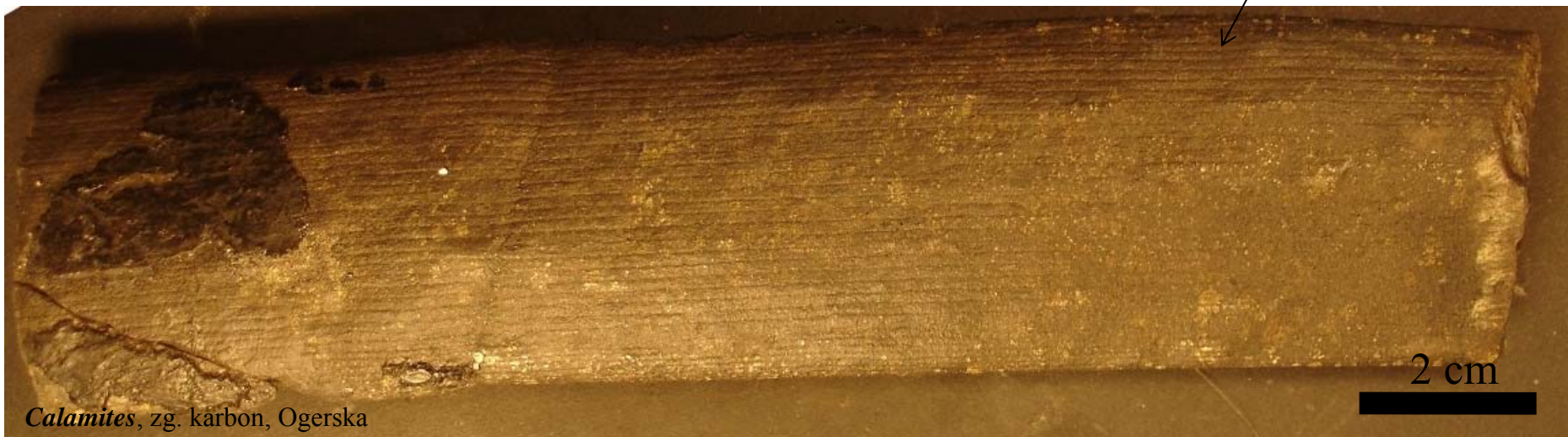
- Običajno drevesaste oblike (sekundarna debelitev stebila);
- plazeči rizomi, iz katerih so izhajali nadzemni deli;
- mlade rastline so imele srčiko, ki jo kasneje nadomesti votel prostor → **kamena jedra sploščenih stebel**;
- **jasna členjenost na internodije in nodije**;
- zunanja površina redko ohranjena, večinoma gladka ali šibko **vzdolžno progasta**, mrežasta ali prečno nagubana;
- rebra v internodijih alternirajo, ali potekajo nemoteno naprej;
- brazgotine vej so največkrat kroglaste ali ovalne, nameščene nad ali pod nodijalno linijo, lahko so na vsakem nodiju, ali pa se pojavljajo periodično ali nepravilno;
- majhni lističi nameščeni v nodijih (vretencih); ena sama žila (mikrofilni tip), razširjena baza;
- listne brazgotine so okroglaste do razpotegnjene ovalne oblike, razmeroma majhne;
- listi in vretena listov → *Asterophyllites*, *Annularia* ...;
- češarki → *Calamostachys*, *Macrostachya*, *Palaeostachya*;
- podrodovi *Mesocalamites*, *Stylocalamites*, *Crucicalamites*, *Diplocalamites* in *Calamitina*;
- ***Annularia***: ovalni ali suličasti listi s po eno centralno nervaturo; L:Š=8:1; **šopi v isti ravnini kot steblo** (deformacije ali fototaktično?);
- ***Asterophyllites***: listi na **zgornji polravnini, proti vrhu stebila**.





Listne brazgotine
ovalne oblike

Vzdolžno progasto sploščeno
notranje kameno jedro

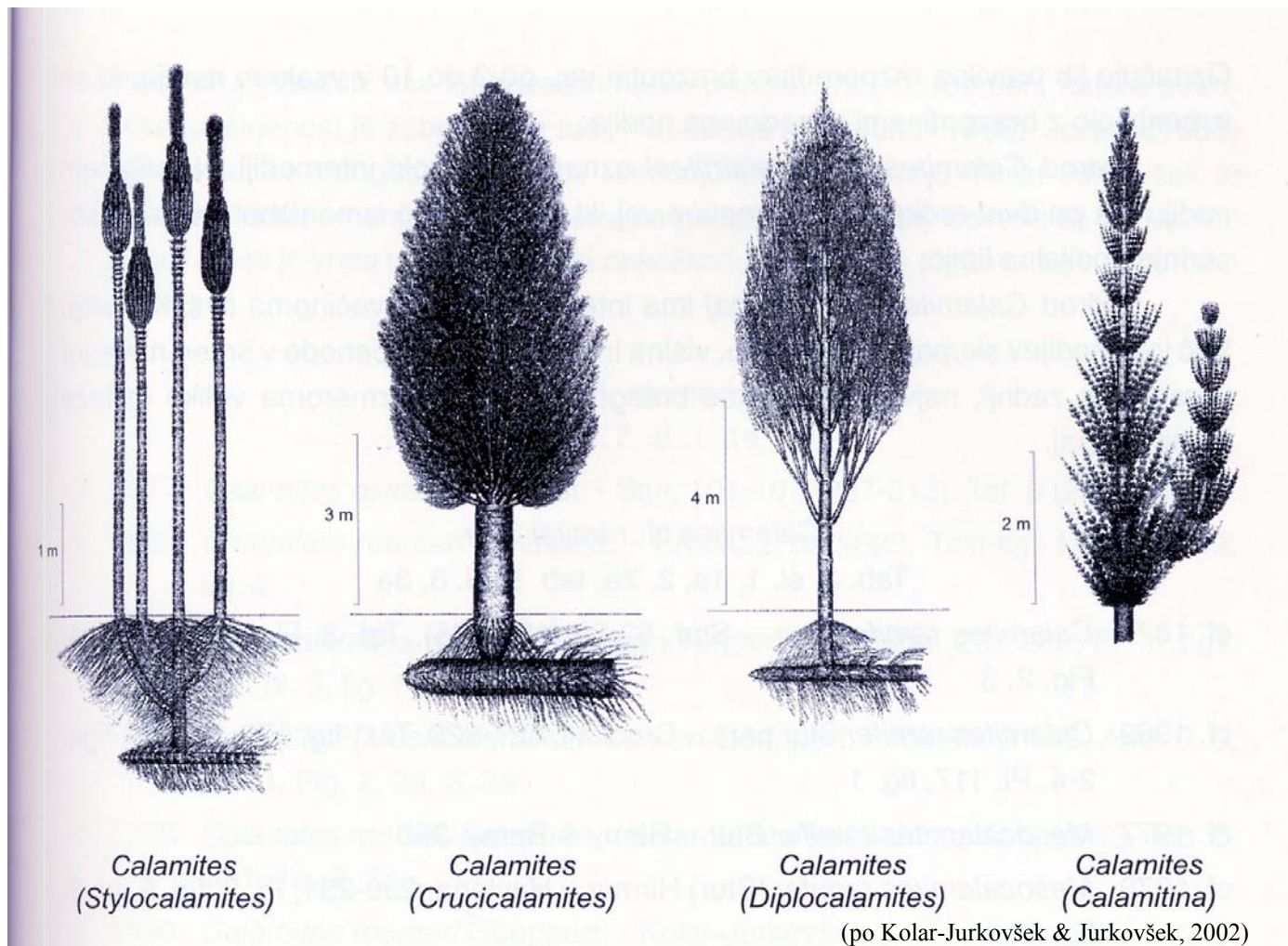


Calamites, zg. karbon, Ogerska

Pteridophyta

Articulate

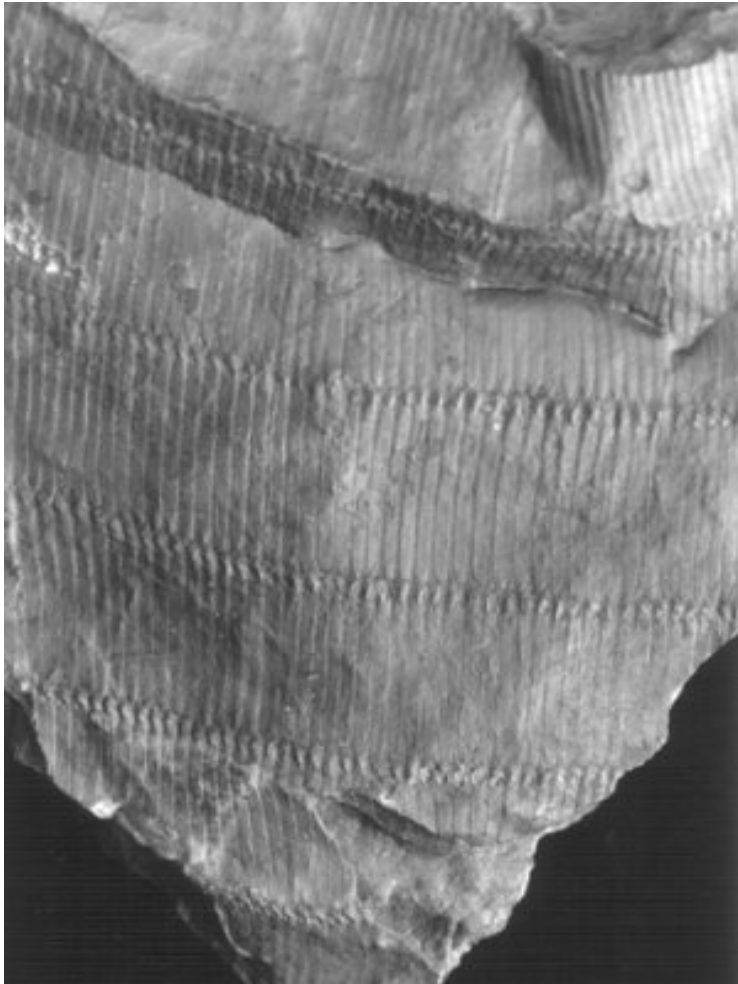
Calamites - zg. karbon



Pteridophyta

Articulate

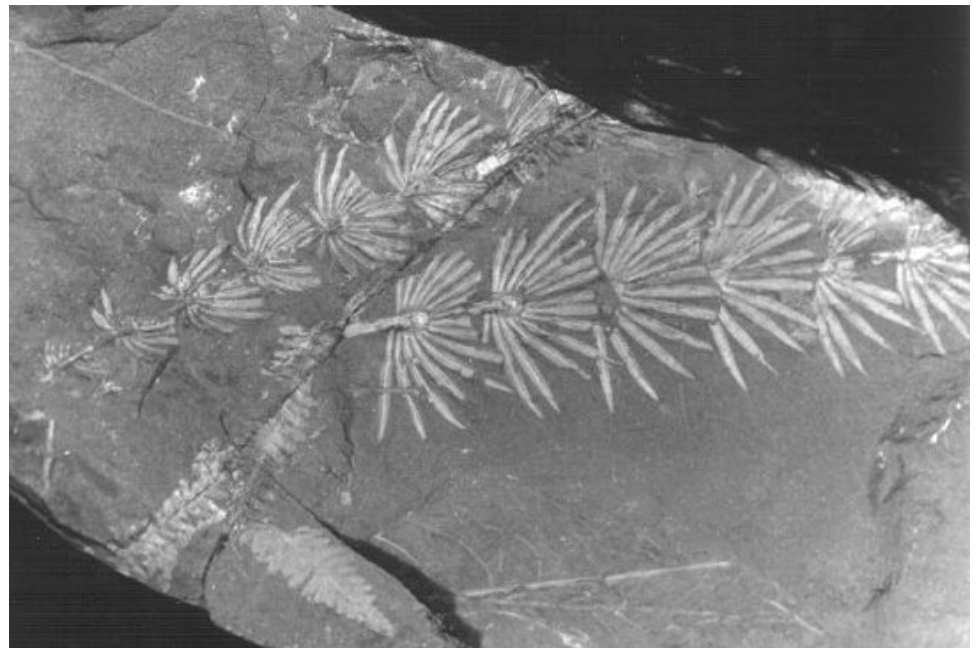
Calamites - zg. karbon



deblo



način razvejanja

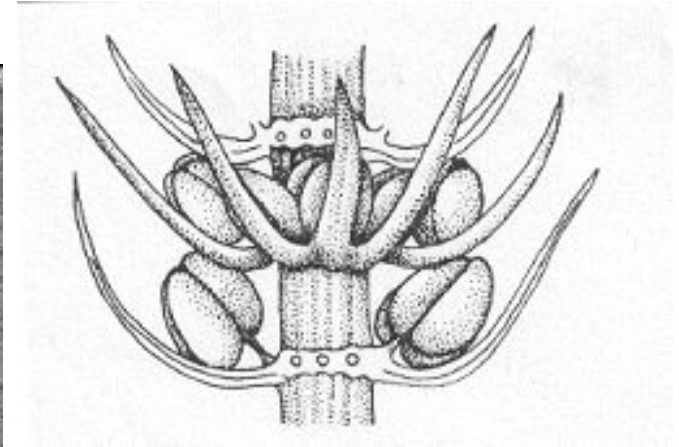


listi - *Asterophyllites*

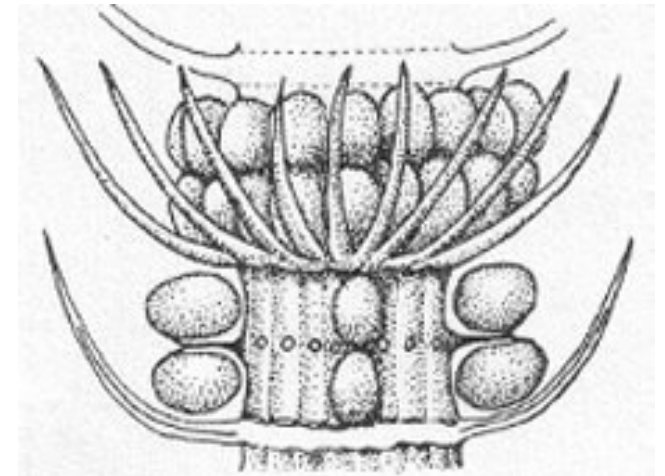
Pteridophyta

Articulate

Calamites - zg. karbon



→ sporangiji (češarki)

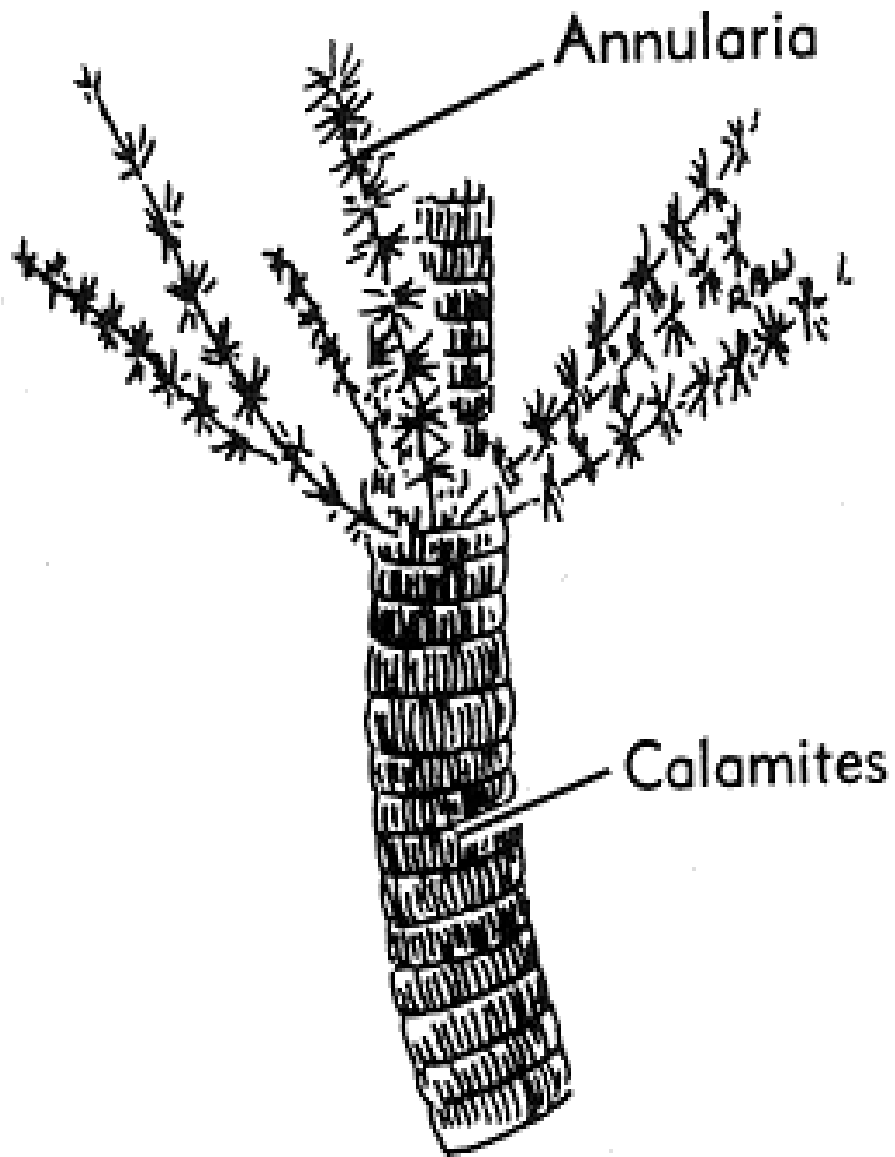




Annularia stellata, zg.karbon, Planina pod Golico



Annularia stellata, karbon, Italija (poMacdonald
Encyclopedia of Fossils 1986)



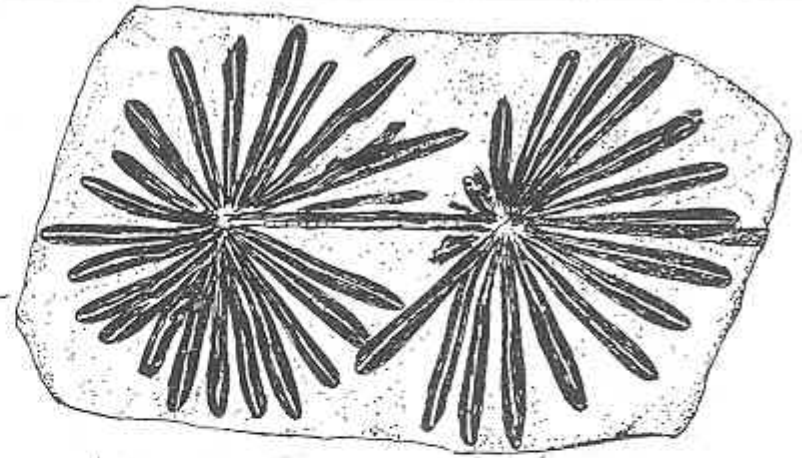
http://www.kgs.ku.edu/Publications/ancient/f05_plants.html



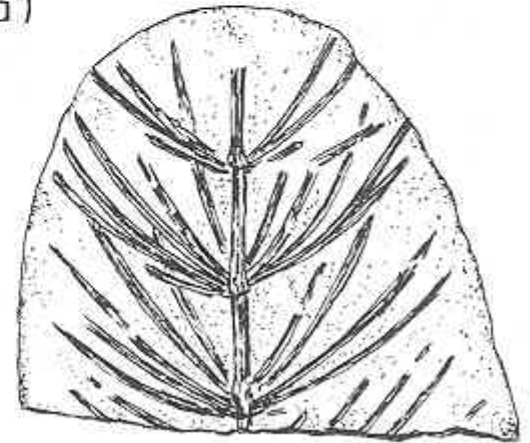
<http://www.geologie.uni-frankfurt.de/staff/Homepages/Oschmann/Oschmann/Homepage/P21-Homepage/P21-9-Evolution.html>



Calamites



Leaves
(Annularia)



Leaves (Asterophyllites)

Classis Pteropsida (Polypodiopsida, Filicopsida, praproti)

- Izmenjava generacij (nespolna s sporami, spolna z gametami);
- raznolikost vegetativnih in reproduktivnih organov → negotova sistematika;
- včasih so vse oblike s praprotnimi podobnimi listi uvrščali v skupino Pteridophylla; kasneje se je izkazalo, da gre za prave praproti (Pteropsida) in praproti semenovke (pteridosperme).

Pecopteris sp. (devon – perm; max. karbon)

- Večinoma drevesne oblike z velikimi, pernato deljenimi mahali;
- **jezičasti lističi (pinule)** izhajajo pravokotno ali nekoliko poševno na os mahala; **široka baza** (lahko združeni med seboj); stranski robovi vzporedni ali trikotne oblike;
- **ena glavna žila, iz katere izhajajo stranske žile, ki se lahko večkrat cepijo**;
- sporangiji se razvijejo na spodnji strani vseh ali le nekaterih;
- fruktifikacija → *Asterotheca*, *Senftenbergia*.



Pteridophyta

Pterospsida

Pecopteris - zg. karbon





<http://taggart.glg.msu.edu/bot335/cferns.htm>

<http://taggart.glg.msu.edu/bot335/cferns.htm>

Phylum Spermatophyta (semenovke)

Gymnospermae (Pinophyta, golosemenke)

- Na osnovi razlik med glavnimi tipi semen: Ginkgoosida (ginkovci), Cycadopsida (sagovci), Pinopsida (Coniferopsida, storžnjaki) + izumrli Pteridospermopsida (Pteridospermae, Lyginpteridopsida, pteridosperme, praproti semenovke) z negotovim sistematskim položajem (nekateri sem uvrščajo tudi rod *Pecopteris*).

Ginkgo biloba (trias – rec.) (Ginkgoopsida)

- Pravilno *Ginkyo*;

- listi so značilno **pahljačasti ali ledvičasti**, z **dolgim pecljem**, zbrani na koncih kratkih vej ali raztreseni vzdolž daljših vej;

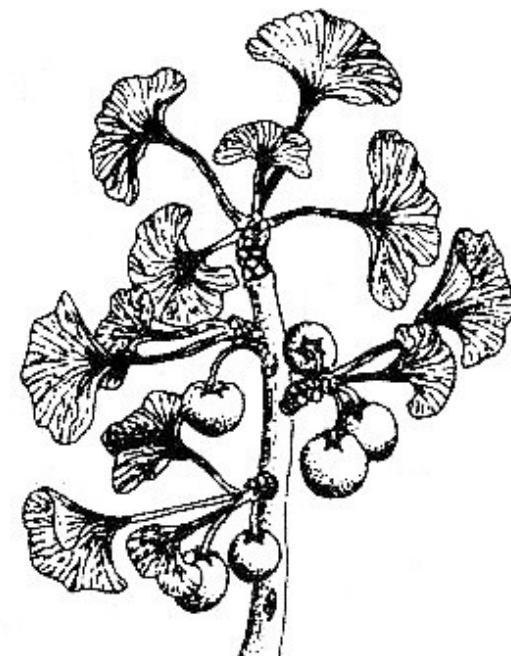
- **hitro rastoči listi na dolgih vejah imajo globoko preklan rob, medtem ko imajo listi na kratkih vejah neprekinjen rob;**

- **tanke, dihotomno razvejane žile.**



COPYRIGHT J.R. MANHART

<http://www.appliedhealth.com/nutri/images/ginkgo.gif>



Po MacDonald Encyclopedia of Fossils (1986)



<http://forestry.about.com/od/forestphotogalleries/ig/Ginkgo-Biloba/Ginkgo-Fossil.htm>

Taxodium sp. (zg. kreda – rec.) (Pinopsida)

- Visoka drevesa (30-45 m, premer 2-3 (11) m); **igličasti listi** dolgi 0.5-2 cm, nameščeni spiralno, a ob bazi zaviti, tako da na videz rastejo v eni ravnini;
- Kratke iglice razvrščene **dvovrstno**; **iglice so približno enako velike**



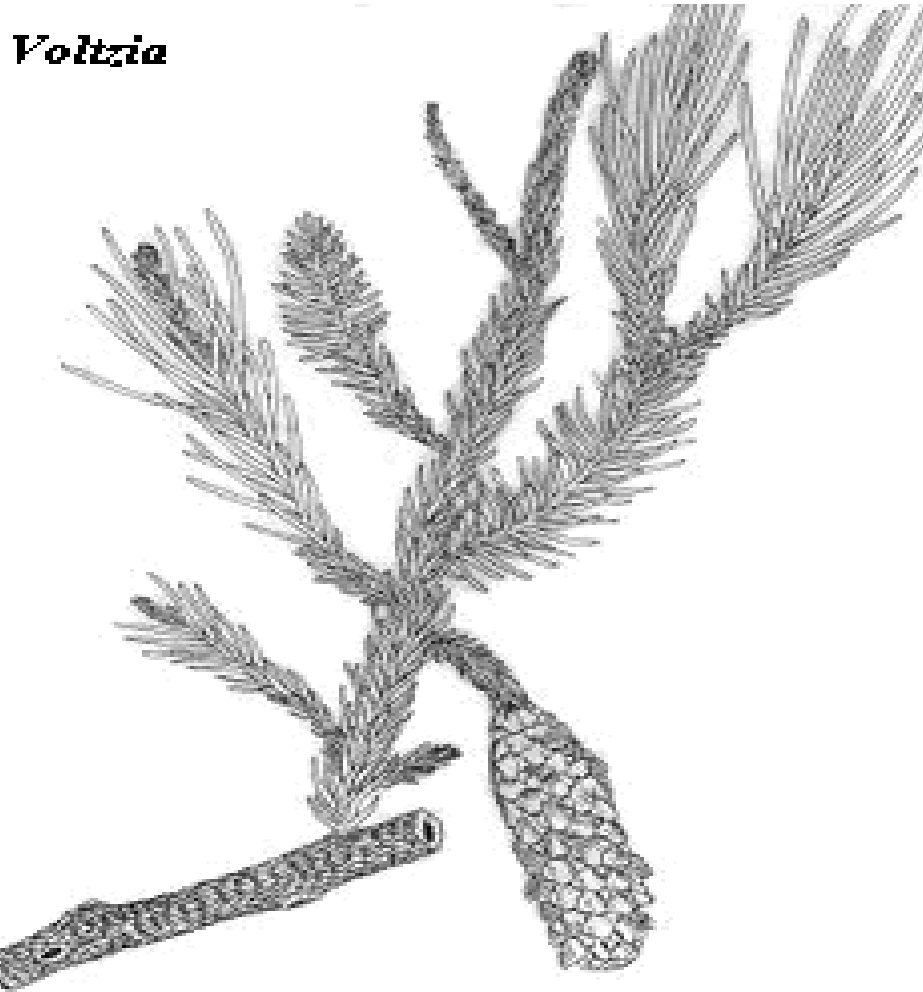
http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Fossil-leaf_Taxodium_dubium_Tertiary_Germany.jpg



http://www.sbs.utexas.edu/bio406d/images/pics/cup/taxodium_distichum.htm

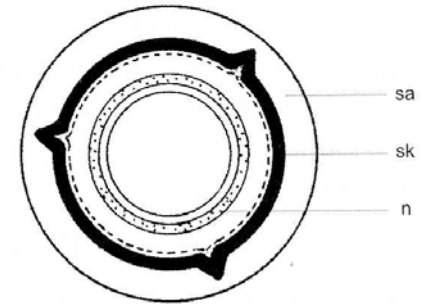
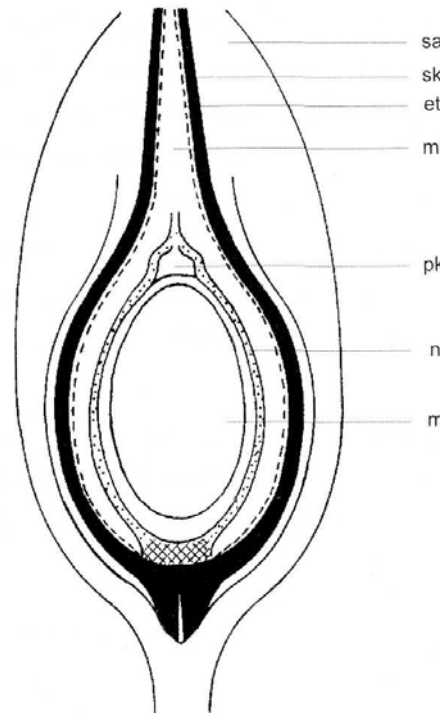
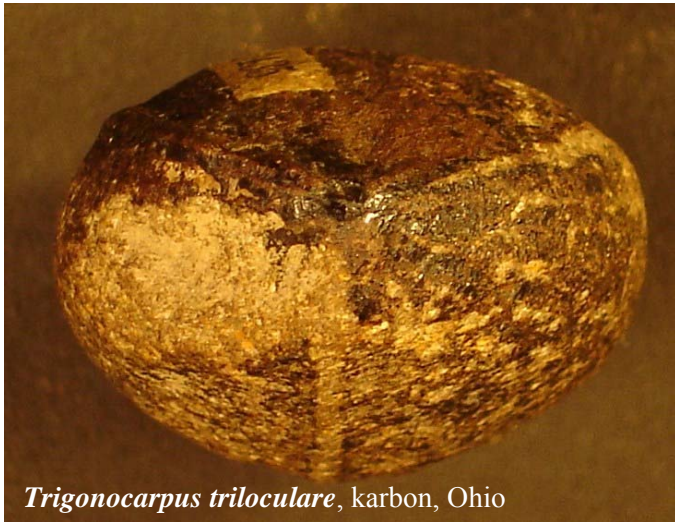
Voltzia sp. (karbon – perm) (Pinopsida)

- Igljice so različne dolžine.



Trigonocarpus triloculare (zg.karbon) (Pteridospermopsida – praproti semenovke)

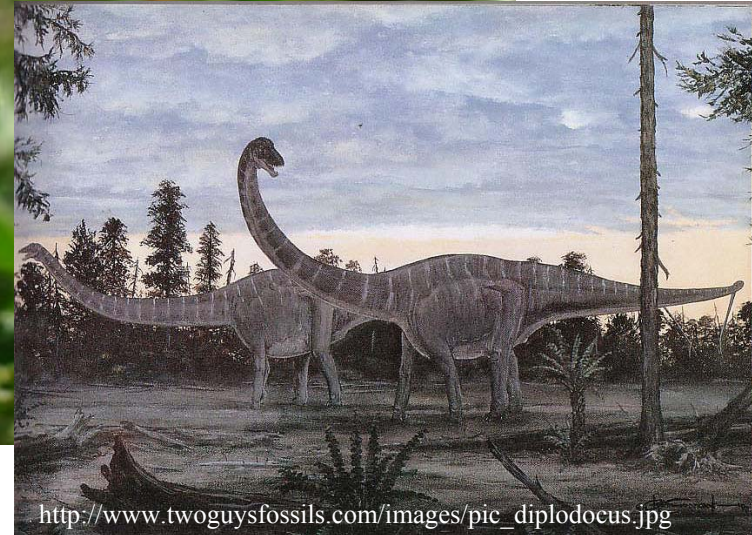
- Od celotnega ovuluma je ohranjen le odlitek nucelusa (čvrsti osrednji del semenske zasnove); prvotno je bil prekrit še z mehkim tkivom;
- Radialno simetrična semena so imela debelo lupino iz treh plasti: sarkotesta (zunanja plast; rahlo tkivo), sklerotesta (srednja plast; trda, na prečnem preseku so vidna **3 vzdolžna rebra**, med katerimi so lahko nameščena še šibkejša rebra), endotesta (notranja plast; mesnata).



Ovulum *Trigonocarpus* sp. - sa-sarkotesta, sk-sklerotesta, et-endotesta, pk-pelodna kamrica, n-nucelus, m-makrospora, mi-mikropila; vzdolžni (levo) in prečni (desno) preseki.

Ovulum of *Trigonocarpus* sp. - sa-sarcotesta, sk-sclerotesta, et-endotesta, pk-pollen chamber, n-nucellus, m-megaspore, mi-micropyle; longitudinal (left) and transverse section (right).

Angiospermae (krito semenke)



http://www.twoguysfossils.com/images/pic_diplodocus.jpg

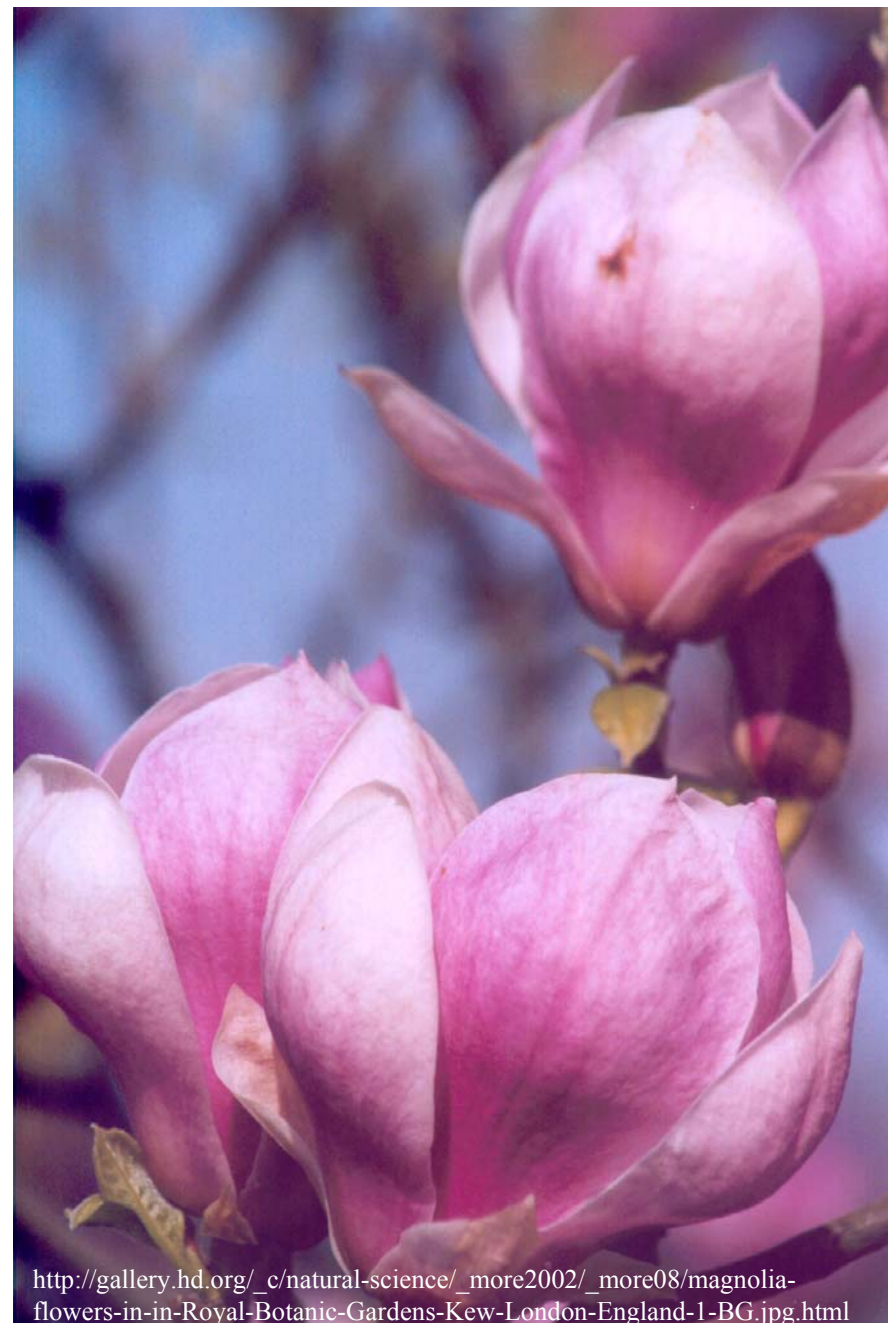
Classis Magnoliatae (Dicotyledoneae, dvokaličnice) (kreda – rec.)

Magnolia sp. (sp.kreda – rec.)

- ena prvih dvokaličnic; danes živi v tropskem in subtropskem pasu; grmičaste in drevesne vrste, ki imajo po večini razvejane krošnje;
- listi imajo **gladek rob, redkeje so nekoliko valoviti**; so podolgasto **narobejajčasti** (ožji proti peclju); imajo **kratko, a razločno konico**; sezonsko odpadajo; v obliki variirajo od **ovalnih do suličastih**;
- cvetovi so dvospolni.



http://www.netstate.com/states/symb/flowers/la_magnolia.htm



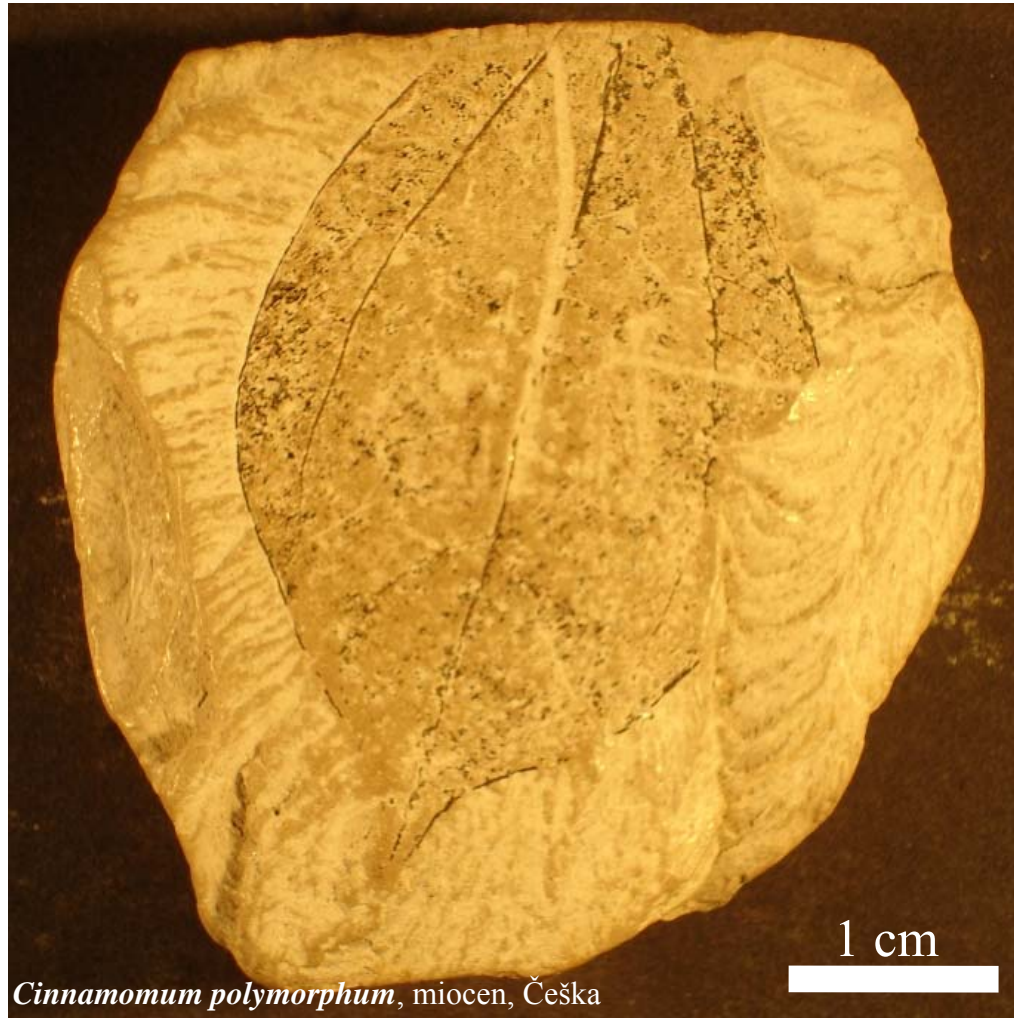
http://gallery.hd.org/_c/natural-science/_more2002/_more08/magnolia-flowers-in-in-Royal-Botanic-Gardens-Kew-London-England-1-BG.jpg.html



<http://www.sacbee.com/static/weblogs/garden/archives/magnolia.JPG>

Cinnamomum sp. (kreda-rec) - cimetovec

- Najširši del lista je v zgornji polovici, nato se zoži v razločno konico;
- dve jasno vidni lateralno potekajoči žili, vzporedni z robovoma lista;
- gladek rob.



Cinnamomum polymorphum, miocen, Češka

Fagus sp. (kreda-rec.) - bukev

- Listopadno drevo; **pecljati, jajčasti do eliptični listi so kratko koničasti**; starejši listi imajo **cel ali zelo rahlo nazobčan rob.**



Fagus feroniae, miocen, Češka

Acer sp. ((sp.kreda?) paleocen – rec.) - javor

- Listopadno drevo, ki pogosto požene več enakovrednih debel;
- listi so lahko pernato sestavljeni in iz 3-5 lističev, ali pa je list en sam;
- Listi so **pecljati in značilno krpasti** (najpogosteje 3 ali 5 krpelj); **robovi krp so lahko gladki ali nazobčani**; zaključijo se lahko s konico; krpe so suličaste ali podolgovate, eliptične.



http://www.fossilmuseum.net/Fossil_Galleries/GreenRiverFossils/AcerLeaf/Acer.jpg



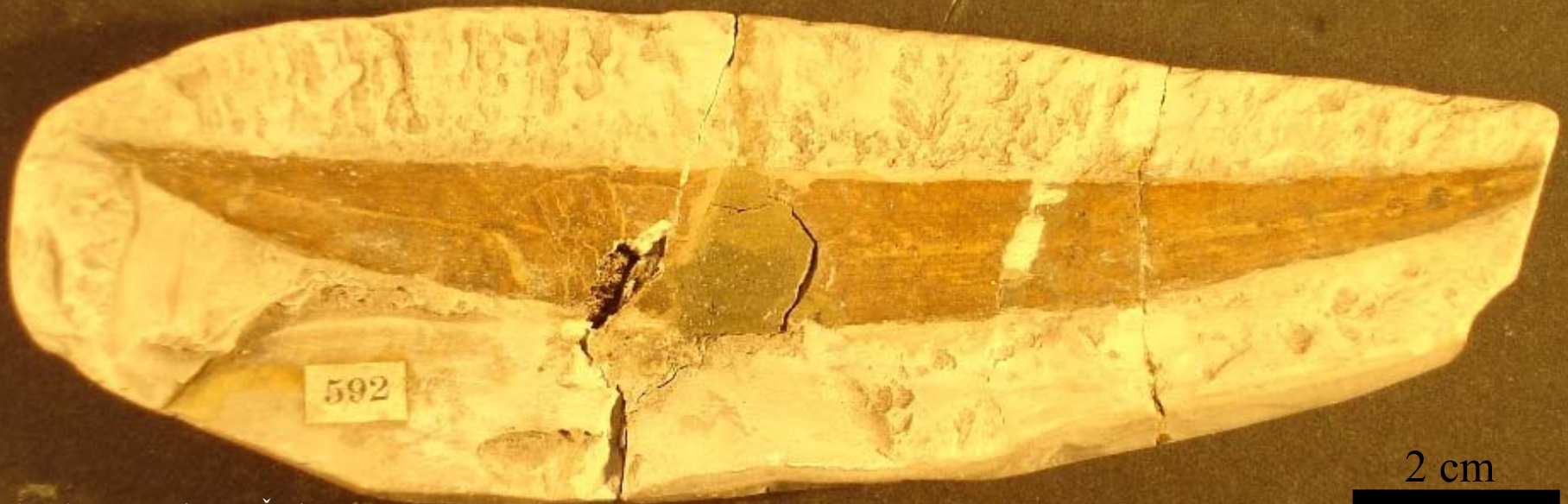
http://www.evolvingearth.net/paleocollaborator/thumbs_match.php?morph_match=MB307b

Salix sp. (kreda-rec.) – vrba

- Listpadni grm, redko manjše drevo;
- **dolgi ozki listi so koničasti, v zgornji polovici najširši; listni rob je lahko nazobčan;**
- Nekatere vrste imajo široke liste (pazi: oblika listov je nasploh zelo različna med posameznimi vrstami istega rodu)



<http://www.ces.ncsu.edu/depts/hort/consumer/factsheets/trees/images/picts/SalixBa3.jpg>



Salix elongata, miocen, Češka

Alnus sp. (zg.kreda– rec.) - jelša

- enodomna drevesa in grmi; pogosto se širi s plazečimi koreninami;
- pecljati, jajčasto eliptični ali nekoliko suličasti koničasti listi z dihonomno razvejitvijo žil; **dvakrat nazobčani**.



<http://www.plant-identification.co.uk/images/betulaceae/alnus-glutinosa-4.jpg>



<http://biology.missouristate.edu/Herbarium/Plants%20of%20the%20Interior%20Highlands/Flowers/Alnus%20glutinosa%20-%201.jpg>

Classis Liliatae (Monocotyledoneae, enokaličnice) (kreda – rec.)

Sabal sp. (eocen - miocen)

- veliki, široki pahljačasti listi z vzporedno nervaturo; posamezne “krpe” so ločene, enakomerne širine





*Sabal palmettos at sunset -
US 19 north of Cross City, FL.
January 2000 - John Scheper
Copyright 2000 Floridata.com*

LITERATURA:

Arduini, P. & Teruzzi, G. (Eds.) 1986 The Macdonald encyclopedia of fossils. Macdonald & Co., London, 317 pp.

Edwards, D., Yi, W., Bassett, M. G. & Cheng Sen, L. 2007: The earliest vascular plant or a later rooting system? *Pinnatiramosus quanensis* from the marine Lower Silurian Xiushan formaton, Guizhou Province, China. – *Palaios*, 22, 155-165.

Ercegovac, M. D. 1981: Mikropaleobotanika (naučna knjiga). – Tehnološko-metalurška fakulteta, Beograd, 323 pp.

Frajman B. (prevajalec) 2005: Drevesa in grmi: enostavno in zanesljivo določanje. – Kranj, Narava, 192 pp.

Godet, J.-D. 2000: Domača drevesa in grmi (prevod Lovka, M.). – Radovljica, Didakta, 256 pp.

Herak, M. 1963: Paleobotanika (školska knjiga). – Tisak grafičkog zavoda Hrvatske u Zagrebu, Zagreb, 180 pp.

Kolar-Jurkovšek, T. & Jurkovšek, B. 2002: Karbonski gozd : karbonske plasti z rastlinskimi fosili pri Ljubljani (*Carboniferous forest : Carboniferous strata with plant fossils near Ljubljana*). Geološki zavod Slovenije in avtorja, Ljubljana, 191 pp.

Kolar-Jurkovšek, T. & Jurkovšek, B. 2003: *Chypeina besici* Pantić (Chlorophyta, Dasycladales) from the “Raibl Beds” of the Western Karavanke Mountains (Slovenia). – *Geologica Carpathica*, 54/ 4, 237-242, Bratislava.

Ogorelec, B., Jurkovšek, B., Šribar, L., Jelen, B., Stojanovič, B. & Mišič, M. 1985: Karnijske plasti v Tamarju in pri Logu pod Mangartom (*Carnian beds at Tamar and at Log pod Mangartom*). – *Geologija* 27, 107-158, Ljubljana.

Ogorelec, B., Jurkovšek, B., Šribar, L., Jelen, B., Stojanovič, B. & Mišič, M. 1985: Karnijske plasti v Tamarju in pri Logu pod Mangartom (*Carnian beds at Tamar and at Log pod Mangartom*). – *Geologija*, 27, 107-158, Ljubljana.

Pavšič, J. 2003: *Paleontologija, I. del, Paleobotanika in paleontologija nevretenčarjev*. Ljubljana : Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geologijo, 451 pp.

Pugliese, A. 1997: Middle-Late Triassic Dasycladales (Green Algae) from Brenta Dolomites (Giudicarie Alps, Italy). – *Riv. It. Paleont. Strat.*, 103/1, 71-80, Milano

Vidak, R. 2004: Zelene alge – dazikladaceje (2. seminarska naloga). NTF, Oddelek za geologijo, Ljubljana, 12 str.

Woelkerling, Wm. J. 1988: *The Coralline Red Algae: An Analysis of the Genera and Subfamilies of Nongeniculate Corallinaceae*. London & Oxford : British Museum (Natural History) & Oxford University Press, 268 pp.

Wray, J. L. 1977: *Calcareous Algae (Developments in Palaeontology and Stratigraphy, 4)*. Elsevier scientific publishing company, Amsterdam, Oxford, New York, 185 pp.