

OPĆA PALEONTOLOGIJA

CARSTVO PLANTAE

VIŠE BILJKE



doc. dr. sc. Karmen Fio Firi
karmen.fio@geol.pmf.unizg.hr

Taksonomija

EUKARYOTA

- Carstvo **PROTOKTISTA**
 - prabiljke (Protophyta)
 - praživotinje (Protozoa)
 - alge (Thalophyta)
- Carstvo **FUNGI**
- Carstvo **PLANTAE**
 - mahovine (Bryophyta)
 - vaskularne biljke (Tracheophyta)
- Carstvo **ANIMALIA**
 - PARAZOA → spužve i arheocijatide
 - EUMETAZOA

CARSTVO PLANTAE

Zbog fragmentiranosti fosilnih ostataka u paleobotanici i paleopalinologiji najčešće se koriste **umjetne taksonomske** podjele:

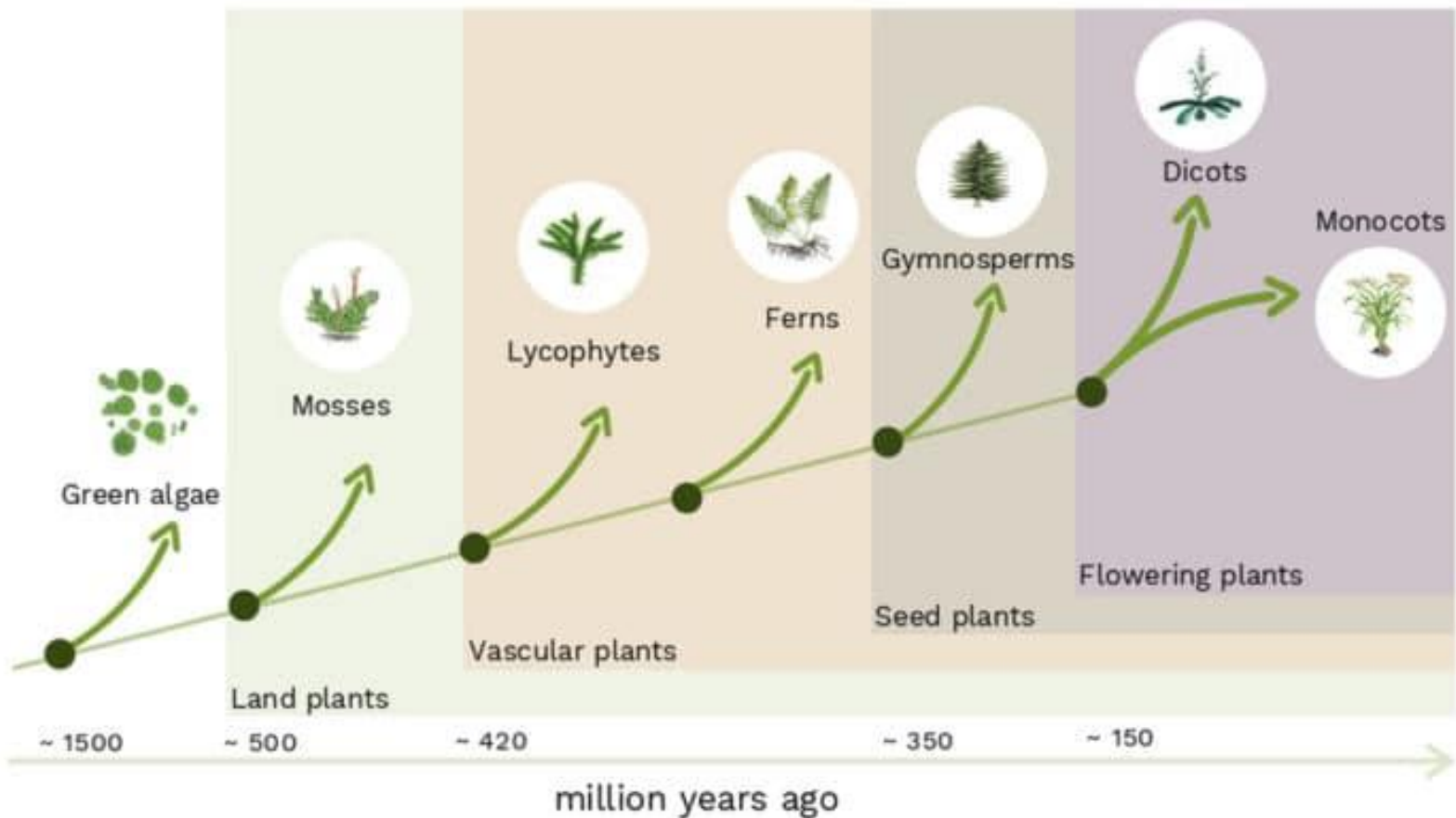
- Koljeno – **ANTETURMA**
- Razred – **TURMA**
- Red – **SUBTURMA**
- Porodica – **INFRATURMA**
- Rod – **FORM-GENUS**
- Vrsta – **FORM-SPECIES**

CARSTVO PLANTAE

Prijelaz flore na kopno – Cm_3-S_1

- **Chlorophyta** – ishodišna skupina za razvoj višeg bilja

- **Characeae** – ishodišna skupina za mahovine



Prijelaz biljaka na kopno

ADAPTACIJE:

- **Palisadni parenhim** – štapićaste stanice poredane da im što manja površina bude izložena evaporaciji
- **Kutina** – zaštitna ovojnica od nepropusnog materijala na površini dijelova biljke izloženih zraku
- **Pore/puči** – smanjuju gubitak vode tijekom difuzije CO₂ iz atmosfere
- **Suberin** – čvrsta tvar u stijenkama stanica koje pokrivaju grane i donekle korijenje, za smanjenje gubitka vode
- **Rizoidi/korijenje** – nadoknada izgubljene tekućine; rast prema dolje
- **Reproduktivne adaptacije** – oogamni spolni rasplod, produkcija rasplodnih stanica u zaštićenim organima (arhegoniji, anteridiji, kapsule, sporangiji); ovojnica od sporopolenina; izmjena generacija

Provodni sustav stablašica = STELA, a čine je:

- **KSILEM** – provodi vodu i mineralne tvari od korijena prema lišću
- **FLOEM** – prenosi gotovu hranu iz lišća u sve dijelove biljke
- **KAMBIJ** – staničje koje omogućava sekundaran rast u debljinu.

MAHOVINE – BRYOPHYTA

- Musci (prave mahovine), D-rec.
- Hepaticae (jetrenjarke), C-rec.

- Jednostavne zelene kopnene biljke
- Celulozna stijenka
- Građene od rizoida, stabiljke i listova
- Izmjena spolne (gametofit) i nespolne generacije (sporofit)

- Fosilno očuvanje?



VASKULARNE BILJKE – TRACHEOPHYTA

PTERIDOPHYTA (papratnjače) – (S-rec.)

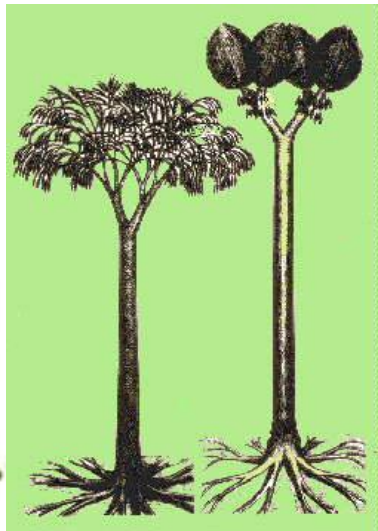
- Imaju stabiljku s provodnim žilama, razvijen korijen

- Razredi:

- PSYLOPHYTATAE (prapaprati) – *Asteroxylon*, *Psilophyton*
- LYCOPODIATAE (crvotočine) – *Lepidodendron*, *Sigillaria*
- EQUISETATAE (preslice) – *Calamites*, *Equisetum*
- FILICATAE (paprati) – *Archaeopteris*



Asteroxylon



Lepidodendron *Sigillaria*



Calamites



Equisetum



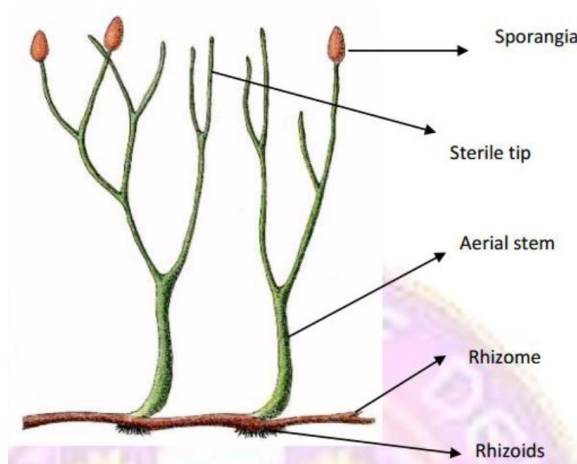
Archaeopteris



PTERIDOPHYTA (papratnjače)

Prve biljke na kopnu – PRAPAPRATI

- Prijelaz sredinom paleozoika, od silura i devona
- Vaskularne biljke, malih dimenzija
- Prvom kopnenom biljkom smatra se *Cooksonia* (S – D): jednostavna biljka bez listova, cvijetova i korijena, sa sporangijima na vrhu grančica
- U devonu *Rhynia* i *Psilophyton* – rizoidi, sve složeniji sustav građe
- Psilotaes – danas najjednostavnija skupina biljaka, živi fosili – rod *Psilotum*



Vaskularne biljke u S i D, *Cooksonia* i *Rhynia*; <https://www.jkcprl.ac.in/download/11567159459.pdf>

Psilophyton, iz Banks (1980)

Psilotum;
<https://lifeofplant.blogspot.com/2011/01/psilotophytes.html>

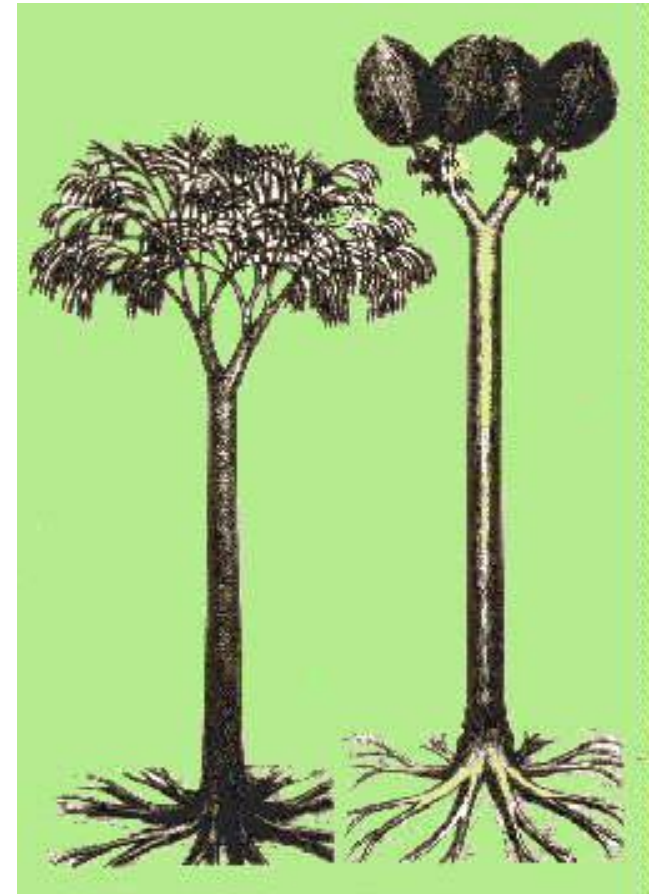
PTERIDOPHYTA (papratnjače)

CRVOTOČINE

- Javljaju se od devona
- Činile glavninu močvarnih šuma/prašuma tijekom karbona → ugljen
- Stabla visine do 50 metara
- Promjer stabla do 5 m, najvećim dijelom kora
- Karakteristični lisni ožiljci na kori
- Široko korijenje – stabilnost

- Rodovi *Lepidodendron*, *Sigillaria*

- Fosilni ostaci crvotočina nađeni i u Hrvatskoj – Lika, Velebit, Samoborsko gorje



Lepidodendron

Sigillaria

PTERIDOPHYTA (papratnjače)

PRESLICE

- Javljaju se od devona, najveće (15, i do 30 m) krajem paleozoika (zajedno s crvotočinama), raširene i u trijasu tijekom sušnih razdoblja
- Šuplja stabiljka, nodiji i internodiji, pršljenasto raspoređeni listovi
- Rodovi: *Calamites* (C–P), *Equisetites* (C–K), *Equisetum* (K–rec.)
- Fosilni ostaci paleozojskih preslica nađeni Hrvatskoj – Lika, Banovina



Equisetum



Calamites

PTERIDOPHYTA (papratnjače)

PAPRATI

- Javljaju se od gornjeg devona, razvoj iz prapaprati
- Fosilni rod: *Archaeopteris* – formirani makrofili
- Veliki broj vrsta i danas (>9000)



Archaeopteris

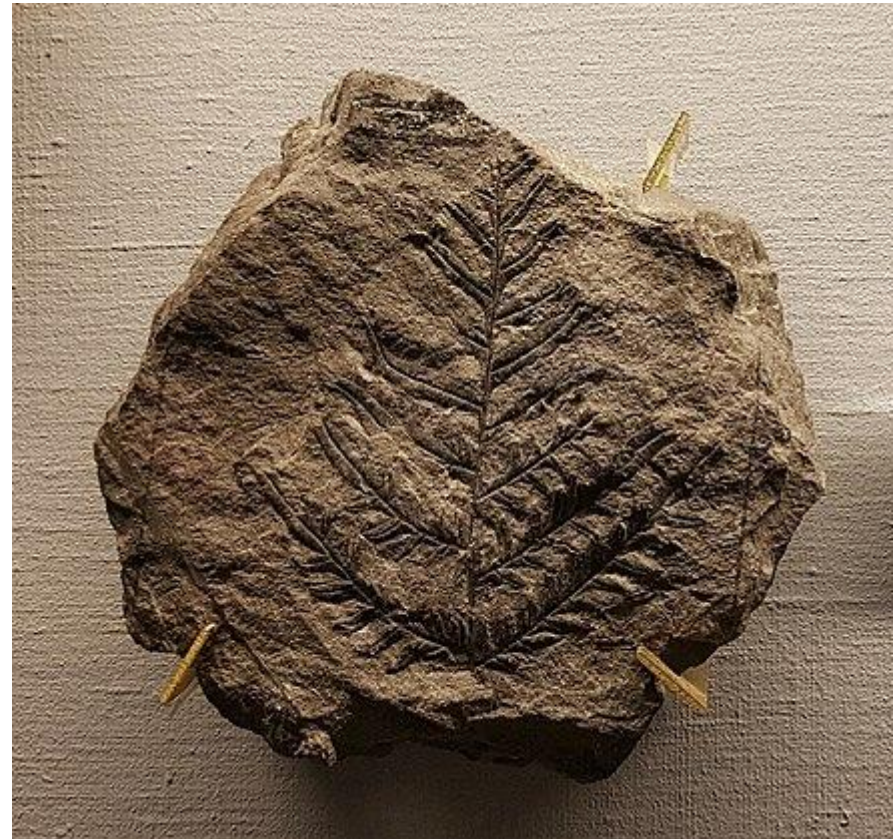
VASKULARNE BILJKE – TRACHEOPHYTA SPERMATOPHYTA (sjemenjače)

- Javljaju se od devona, razvoj iz prapaprati
- Dominantna skupina na Zemlji od perma, danas 250 000 do 300 000 vrsta; golosjemenjače dominirale od perma, kritosjemenjače dominiraju od krede
- Imaju korijen, stabiljku i list
- Razvijaju se cvijet, sjemenka i plod
- Poboľšan provodni sustav
- Rast u debljinu
- Prisutna izmjena generacija: **sporofit** (korijen, stabiljka, list te cvijet, sjemenka i plod) i **gametofit** (odijeljenih spolova, peludna zrnca, jajna stanica u arhegoniju)
- Odjeljak sjemenjača uključuje podskupine:
 - PTERIDOSPERME (PTERIDOSPERMATOPSIDA)
 - IGLIČASTE GOLOSJEMENJAČE (CONIFEROPHYTINA)
 - PERASTOLISNE GOLOSJEMENJAČE (CYCADOPHYTINA)
 - KRITOSJEMENJAČE (MAGNOLIOPHYTINA)

SPERMATOPHYTA (sjemenjače)

PTERIDOSPERME

- Karakteristike paprati i sjemenjača – prijelazna skupina?
- Grupa koja uključuje sjemenjače koje se ne mogu svrstati u golo- i kritosjemenjače
- Izumrla skupina (devon–kreda, eocen)
- rod *Glossopteris* – rasprostranjenost pokazala povezanost južnih kontinenata u geološkoj prošlosti (tektonika ploča)
- Fosilni ostaci u Hrvatskoj – Lika, Velebit



<https://www.wikiwand.com/en/Pteridospermatophyta>

SPERMATOPHYTA (sjemenjače)

IGLIČASTE GOLOSJEMENJAČE

Razred **GINKGOATAE**

- Od devona, rašireni u J i K, danas živi fosili
- Rod *Ginkgo* pojavio se moguće već u permu?; dokazi postojanja iz donje jure (190 mil.g.) – najstarije žive drvo
- Lepezasti listovi s dihotomskom nervaturom, listovi nemaju glavne žile
- Listopadno drvo
- Fosilni ostaci u Hrvatskoj – okolica Virovitice, pliocenske naslage
- Farmakološki preparati na bazi ginkga



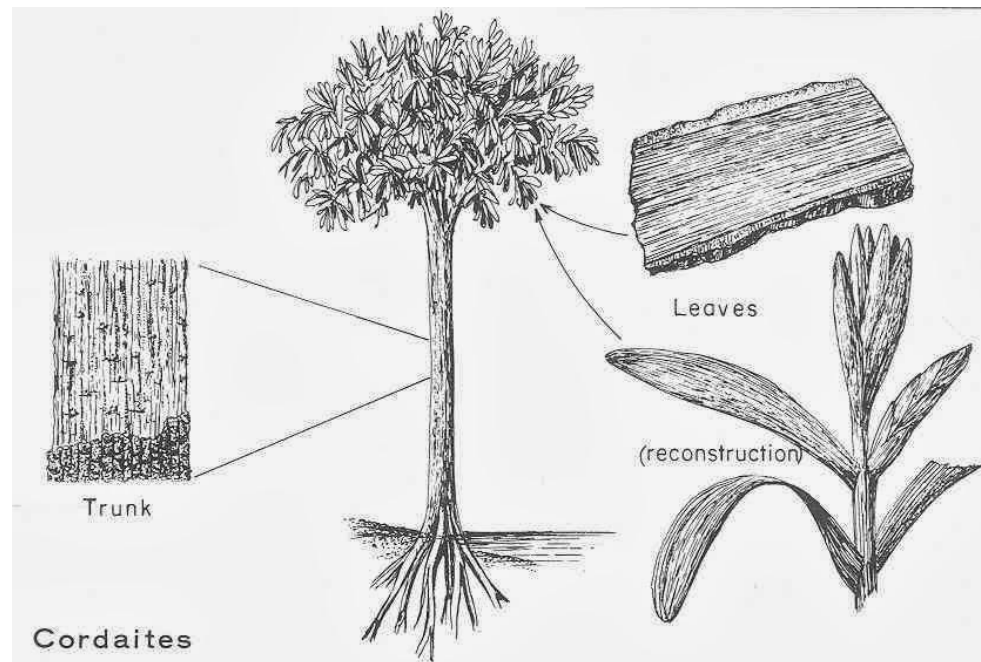
Ginkgo

SPERMATOPHYTA (sjemenjače)

IGLIČASTE GOLOSJEMENJAČE

Razred PINATAE

- Skupina Cordaitae – rod *Cordaites* (C–T) – fosilni nalazi u karbonu Velebita
 - Mogući zajedničke preci različitih skupina golosjemenjača
 - Stanovnici karbonskih močvara
 - Izduženi sabljasti listovi s paralelnom nervaturom, razgranjene krošnje
 - Sekundarni rast u debljinu, stabla do 30 m visine



<http://2.bp.blogspot.com/-uEbszN8jWAK/UuATXQtXoqI/AAAAAAAAAB2M/xHf8gv-mQHY/s1600/cordaites.jpg>



Cordaites

SPERMATOPHYTA (sjemenjače)

IGLIČASTE GOLOSJEMENJAČE

Razred PINATAE

- **Različite skupine**
- Fosilno poznate od devona, značajnije od karbona
- Različiti fosilni rodovi: *Voltzia* (P–J₁), *Pagiophyllum* (Mz, Pg), *Cunninghamia* (K–rec.), *Sphenolepidium* (T–K), *Araucaria*
- Danas prisutno između 550 i 700 vrsta, npr.: *Abies* (jela), *Picea* (smreka), *Pinus* (bor), *Sequoia*, *Larix* (ariš), *Cupressus* (čempres), *Taxus* (tisa)...
- Najstarija stabla na Zemlji iz ove skupine – *Pinus longaeva* (tzv. Metuzalem), Kalifornija, star gotovo 5000 g., ima i nešto starijih



Voltzia



Pagiophyllum



Abies



Picea



Pinus

SPERMATOPHYTA (sjemenjače)

IGLIČASTE GOLOSJEMENJAČE

Razred PINATAE

- Očuvanje različitih dijelova biljaka
- Fosilni nalazi u okolici Zagreba (miocenske starosti – Podsused, kvartarne – Dugo Selo)
- Smola bora – jantar (*amber*)
 - paleogenski jantari, Baltičko područje – *Pinus succinifera*
- Pg i Ng ugljeni – podrijetlom od močvarnih čempresa – nalazi i u Hrvatskoj i BiH



Očuvani cvijet i pauk u jantaru, iz rada: Poinar (2018). Oznake: 0,5 (cvijet) i 2 mm (pauk).

Nalazi vrste *Glyptostrobus europaeus* u BiH, iz Sremac et al. (2016)

SPERMATOPHYTA (sjemenjače)

PERASTOLISNE GOLOSJEMENJAČE (CYCADOPHYTINA)

- Poznate od gornjeg devona
- Izgledom podsjećaju na palme (koje su kritosjemenjače!)
- Rasprostranjene tijekom jure i krede – hrana dinosaurima
- Danas 'živi fosili', prema novim istraživanjima čak se smatraju novim oblicima cikada koje su se razvile prije 12 mil. g.
(<https://news.berkeley.edu/2011/10/21/cycads-are-not-living-fossils-from-dinosaur-age/>)
- rod *Cycas*

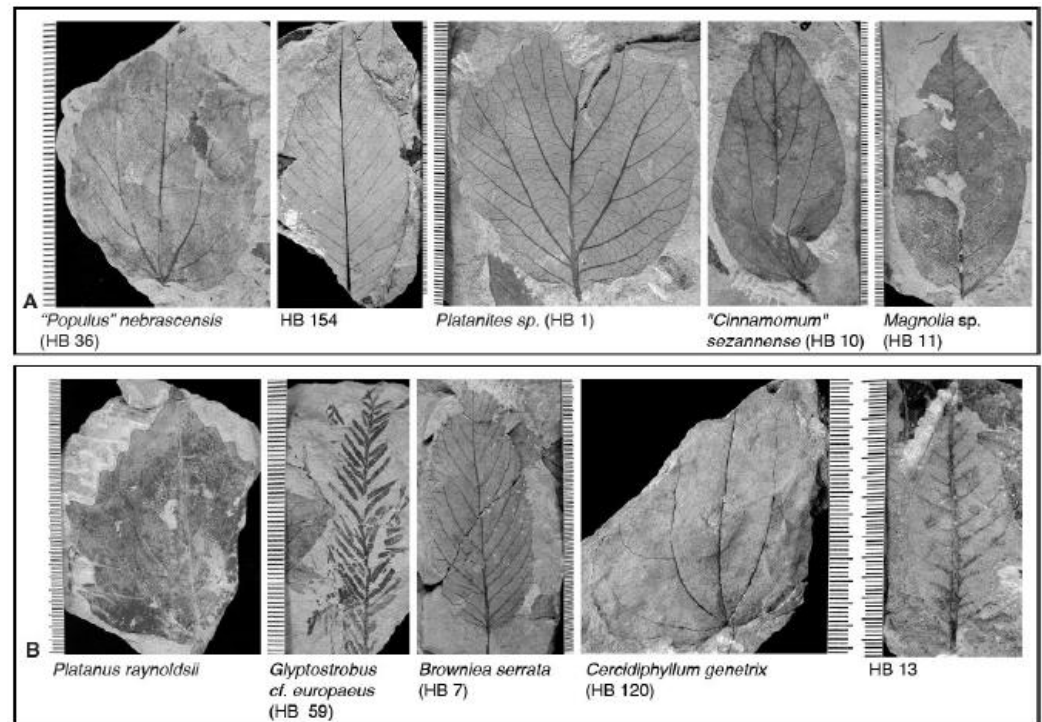


SPERMATOPHYTA (sjemenjače)

KRITOSJEMENJAČE (MAGNOLIOPHYTINA, ANGIOSPERMAE)

- Kritosjemenjače – sjemeni zameci zatvoreni u plodnici od plodnih listova
- Podjela na:
 - DICOTYLEDONAE (dvosupnice) – većina stabala
 - MONOCOTYLEDONES (jednosupnice) – palme, zeljasto bilje

- Fosilno se mogu očuvati različiti dijelovi biljaka (najčešće listovi, pelud), očuvanje petrifikacijom, karbonizacijom, u jantaru...



Fosilizirani listovi kritosjemenjača paleocenske starosti, SAD, iz Wroblewski & Dunn (2019)

Dvosupnice i jednosupnice

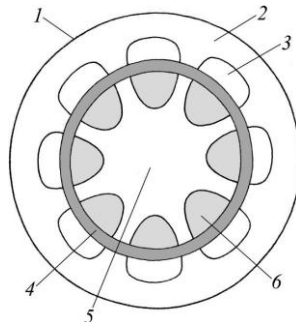
*Supka (donji list) – prvi hranjivi listić u sjemenkama biljaka koji se razvija na stabalcu embrija

Dvosupnice

- Sjemenka od dvije supke
- Drvenaste i zeljaste biljke
- Glavni korijen
- Žile kružno raspoređene
- Mrežast raspored žila u listu
- Cvjetni dijelovi u znaku brojeva 4 i 5
- Imaju ksilem, floem i kambij; kambij im omogućava sekundarni rast u širinu
- Danas oko 230 000 vrsta

DVOSUPNICE:

1. epiderma,
2. primarna kora,
3. floem,
4. kambijski prsten,
5. srčika,
6. ksilem

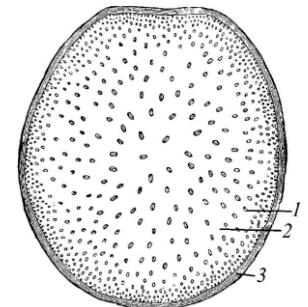


Jednosupnice

- Sjemenka od jedne supke
- Uglavnom zeljaste, rijetko drvenaste biljke (npr. palme)
- Čupavo korijenje
- Žile uglavnom usporodne
- Cvjetni dijelovi u znaku broja 3
- Nepravilno raspoređeni provodni snopići (žile), koji imaju ksilem i floem; sekundarni rast im nije zastupljen
- Najčešće rastu na kopnu, ali mnoge i u slatkim vodama, ili su močvarne, a rijetke žive u moru («morske trave»)
- Danas >40 000 vrsta

JEDNOSUPNICE:

1. rastresito raspoređeni provodni snopići,
2. osnovni parenhim,
3. hipodermalni sklerenhimski prsten



SPERMATOPHYTA (sjemenjače)

KRITOSJEMENJAČE (MAGNOLIOPHYTINA, ANGIOSPERMAE)

- Dobri pokazatelji (paleo)klime, npr.:
 - Topla klima: smokva, lovor, avokado, cimetovac
 - Sušna klima:
 - Hladnija područja: breze
- Fosilni nalazi u Hrvatskoj:
 - Prominske naslage – eocen
 - Hrvatsko zagorje (Radoboj) i Medvednica (Podsused) – miocen → *Flora Fossilis Susedana*, Pilar (1883)
 - Otok Hvar



Quercus (hrast), K-rec.



Fagus (bukva), K-rec.



Betula (breza), Pg-rec.



Acer (javor), Pg-rec.



Tilia (lipa), Ng-rec.

Biljke kroz geološku prošlost

PALEOFITIK

- Prijelaz flore na kopno u starijem paleozoiku
- Prevlast **prapaprati** – *Psilophyton*, *Rhynia*, *Asteroxylon*
- karbon (C) – doba močvarnih prašuma; **preslice, crvotočine i primitivne golosjemenjače**

MEZOFITIK

- **trijas (T)** – prevlast **igličastih golosjemenjača**
- **jura–kreda (J–K)** – vladavina **perastolisnih golosjemenjača**

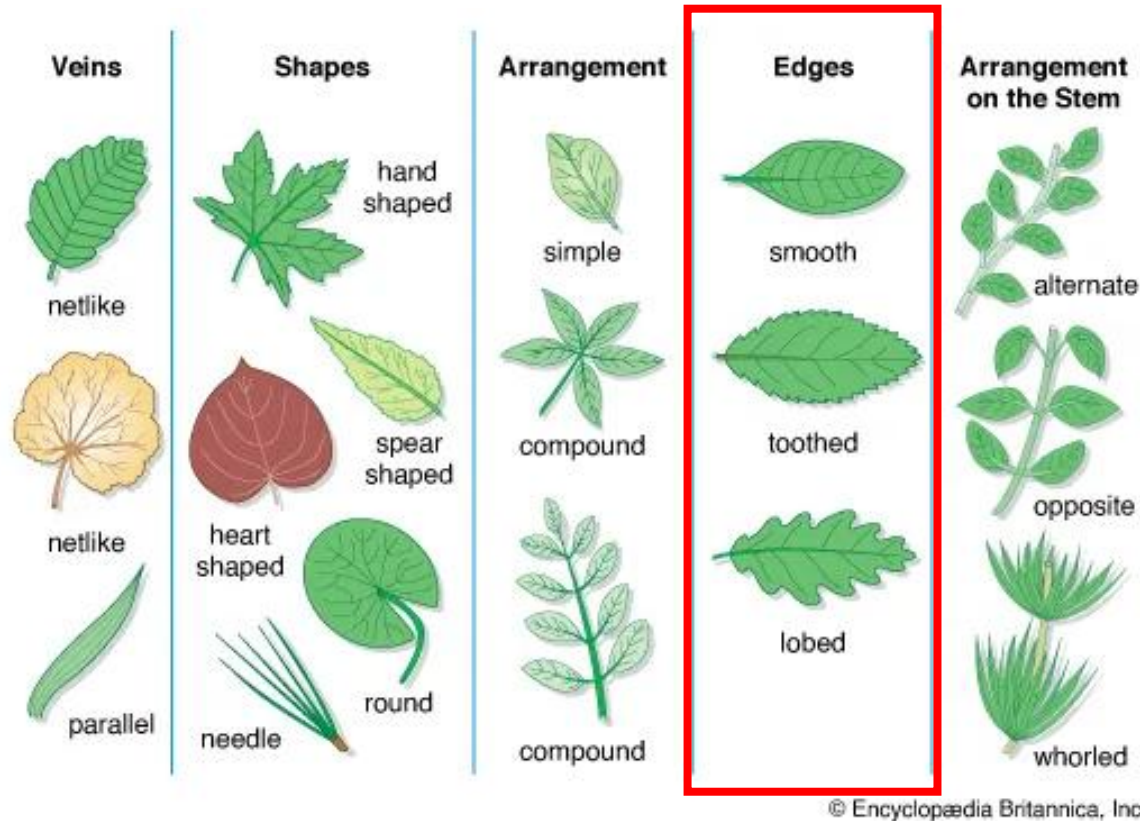
KENOFITIK

- **kenozoik**– doba **kritosjemenjača**
- kvartar (Q) – hladna klima, breze sele prema jugu

Korištenje biljaka u rekonstrukcijama nekadašnjeg okoliša (temperatura)

- Biljke se ekološkim uvjetima u okolišu prilagođuju oblikom lista → postoji veza između same veličine listova i srednje godišnje temperature i količine padalina. Značajnija je veza između oblika lista i temperature nego veza oblika lista i količine padalina.
- Za sredinu s većom količinom oborina i relativno visoke temperature zraka karakteristični su duži i veći listovi.
- U toplim klimatskim uvjetima najčešći su listovi s glatkim rubovima (*smooth edges*).
- U umjerenom klimatskom pojasu nalazimo nazubljene listove (*toothed edges*), a radi se uglavnom o biljkama kojima u jesen pada lišće.

Korištenje biljaka u rekonstrukcijama nekadašnjeg okoliša (temperatura)



Npr. formule koje povezuju srednju godišnju temperaturu (MAT = *mean annual temp.*) i padaline s veličinom lista/rubom:

$$\text{MAT} = 1,14 + (0,306 \times \% \text{ cijelih listova})$$

$$\text{MAT} = 4,4 + (0,22 \times \% \text{ cijelih listova})$$

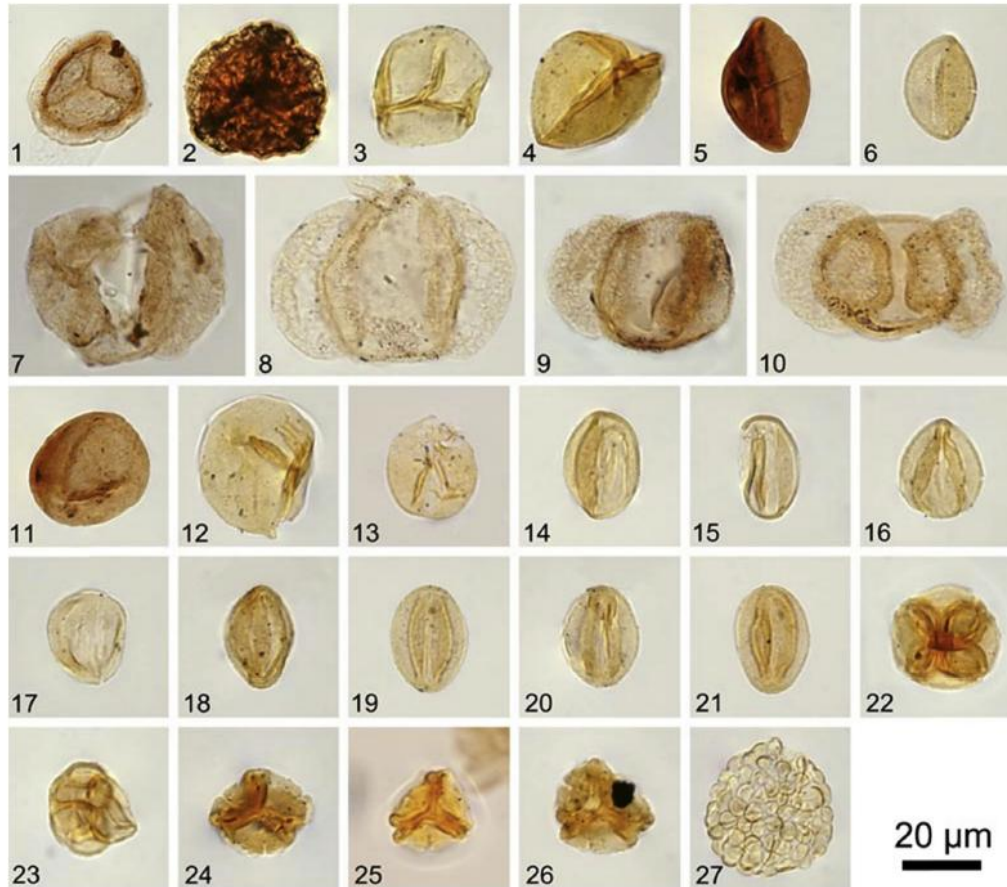
$$\text{MAT} = 2,24 + (0,286 \times \% \text{ cijelih listova})$$

POLEN I SPORE

Fio Firi et al. (2017)

K. Fio Firi et al. / *Cretaceous Research* 74 (2017) 142–150

147



Određivanje tipa/vrste biljaka i njihovih karakteristika, ali i dijela okoliša, rasprostiranja pojedinih dijelova okoliša, odgovarajuće klime...

Fig. 5. Extended depth of field light micrographs of a selection of representative palynomorphs. Numbers in brackets corresponds to samples and England Finder position on slide. Scale bar = 20 μm . 1: *Densosporites* sp. [CRO-01a_Q26-4]; 2: *Aequitriradites spinulosus* (Cookson & Dettmann 1958) Cookson & Dettmann 1961 [CRO-01a_R31-1]; 3: *Todisporites* sp. [CRO-02_G39-1]; 4: *Todisporites* sp. [CRO-02_U44-1]; 5: Trilete spore [CRO-01b_K13-3]; 6: *Cycadopites* sp. [CRO-02_X43-1]; 7: *Cedripites* sp. [CRO-01b_Q46-1]; 8: *Abiespollenites* sp. [CRO-02_H28-2]; 9: *Pityosporites* sp. [CRO-01a_G41-3]; 10: *Podocarpites* sp. [CRO-02_M17-2]; 11: *Araucariacites* sp. [CRO-01b_H18-3]; 12: *Araucariacites* sp. [CRO-02_W30-2]; 13: *Palmaepollenites minusculus* Hedlund 1966 [CRO-02_L21-1]; 14: *Clavatipollenites* sp. [CRO-02_L21-1]; 15: *Clavatipollenites* sp. [CRO-02_K32-2]; 16: *Clavatipollenites rotundus* Kemp 1958 [CRO-02_U31-1]; 17: *Clavatipollenites hughesii* Couper 1958 [CRO-02_P46-4]; 18: *Retricolpites* sp. [CRO-02_L41-3]; 19: *Bacutricolpites constrictus* Pierce 1961 [CRO-02_E40-3]; 20: *Bacutricolpites constrictus* Pierce 1961 [CRO-02_M43-4]; 21: *Bacutricolpites constrictus* Pierce 1961 [CRO-02_M18-1]; 22: *Ericaceipollenites* sp. [CRO-01a_P36-4]; 23: *Ericaceipollenites* sp. [CRO-01a_Q29-4]; 24: *Plicapollis* sp. [CRO-02_K18-3]; 25: *Plicapollis* sp.; 26: *Pseudocolpites* sp. [CRO-02_H18-2]; 27: Zygospore of Zygnemataceae (fresh water green algae) [CRO-02_J32-4].

PALINOMORFI

Palinomorfi se odnose na sve mikrofosilne ostatke organskog porijekla, koji mogu biti kontinentalnog (spore, polenova zrnca, slatkovodne alge), ali i morskog porijekla (akritarhe, hitinozoe, dinoflagelati, i dr).

Prepoznavanje prisutnih palinomorfa, određivanje dijela okoliša te promjena u okolišu kroz vrijeme, prepoznavanje promjena morske razine...

