

ARHEOLOGIJA OKOLJA (1) - Študijsko gradivo za študente 3. letnika arheologije
Oddelek za arheologijo, Filozofska fakulteta, Univerza v Ljubljani

dr. Maja Andrič, ZRC SAZU, Inštitut za arheologijo, Novi trg 2, 1000 Ljubljana
maja.andric@zrc-sazu.si, tel. (01) 4706 434

Ljubljana, 25.4.2019

ANALIZA FITOLITOV

Nastanek in zgradba fitolitov

Fitoliti so mikroskopski silikatni drobcji, veliki do nekaj deset μm , ki nastajajo v rastlinskih tkivih. Rastlina prek korenin iz tal črpa monosilicijevo kislino, ki se pretvori v SiO_2 , ki se odlaga na celičnih stenah, znotraj celic ali v medceličnem prostoru. Fitoliti pogosto prevzamejo obliko medceličnega prostora, v katerem se odlagajo. Kemična sestava: amorfni SiO_2 , 4–9 % vode, 1–5 % ostalih elementov (Al, Fe, Mn, Mg, P, Cu, N, C).

Najpogosteje nastajajo v epidermisu (npr. ovoj semen trav, žitnih zrn) in subepidermalnem tkivu (orhideje, palme). Rastline jih tvorijo: zaradi zgradbe (opora rastlini), fizioloških vzrokov (omilijo toksične učinke težkih kovin), obrambe (npr. pred rastlinojedi). Več fitolitov nastaja v aridnih okoljih in v starejših rastlinah, ki rastejo v tleh bogatih s silicijem. Odlaganje fitolitov pa ni odvisno samo od okoljskih razmer, je tudi genetsko pogojeno.

Nekatere rastline (npr. grah) ne tvorijo fitolitov. Druge (npr. koruza) tvorijo različne fitolite v različnih delih rastline (npr. v listih in storžih). Različne rastline lahko tvorijo tudi enak tip fitolitov.

Tafonomija

Ker so zgrajeni iz anorganskih snovi (in zato neobčutljivi na delovanje bakterij) se lahko ohranijo v suhih ali vlažnih razmerah, kislih ali bazičnih tleh, le v izrazito bazična okolja ($\text{pH} > 9$) niso primerna, ker lahko pride do raztapljanja fitolitov. Pri temperaturi nad 500°C zgorijo. Na arheoloških najdiščih najdemo predvsem ostanke 'in situ' rastlin, npr. rastlin, ki so tam rastle in kulturnih rastlin, ki so jih v naselbino prinesli ljudje, možen je tudi transport fitolitov na večje razdalje (npr. z vetrom).

Vzorčenje, shranjevanje in priprava vzorcev

Na arheoloških ali paleoekoloških najdiščih (jezera, močvirja), ca. 50–100 g sedimenta, vzorčenje iz različnih kontekstov/kvadrantov med arheološkim izkopavanjem ali iz profila arheološke sonde oz. palinološke vrtine. Vzorce se lahko posuši in shranjuje pri sobni temperaturi, vendar če se bodo uporabili tudi za analizo peloda in/ali rastlinskih makrofosilov, jih je treba shranjevati v hladilnici pri $+4^\circ\text{C}$. Laboratorijski postopek: glej osnovno literaturo.

Identifikacija fitolitov

Svetlobni mikroskop. Pri travah lahko ločimo: Pooideae (travniki/pašniki v zmernem klimatskem pasu, žitarice; krožne, ovalne, paličaste in štrikotne oblike), Chloridoidea (trave savan in prerij sedlaste oblike), Panicoideae (visoke tropske trave, npr. koruza, sladkorni trs, sirek, bilobatne in križaste oblike). Fitolite tvorijo sledeče kulturne rastline: žita, koruza, buče, riž.

Interpretacijske možnosti in omejitve vede

Dobra ohranjenost na najdiščih z različnimi naravnimi danostmi, vendar nekateri tipi fitolitov bolj, drugi pa manj taksonomsko specifični, fitoliti nekaterih rastlin taksonomsko še neraziskani. Lahko npr. ločimo fitolite pšenice od ječmena, fitolite divje in kultivirane koruze, buč, ... npr. ločevanje fitolitov trav in trsja in rekonstrukcija nekdanjih ekonomskih aktivnosti (Golyeva, Andrič 2014). Veliko raziskav na aridnih območjih (npr. travišča na Bližnjem Vzhodu) in tropih, na področjih z zmerno klimo (npr. v Evropi) pa manj.

Primeri raziskav

1. Izvor in razširitev kulturnih rastlin in razvoj poljedelskih sistemov (npr. kultivacija koruze, pšenice)
2. Absolutna kronologija kultivacije rastlin (v osrednjem delu lahko vsebujejo ogljik, kar omogoča C14 datiranje)
3. Uporaba in dostopnost divjih rastlin
4. Funkcija keramike in kamnitih orodij
5. Povezava med tehnologijo, ekonomijo in socialno organizacijo
6. Značilnosti pokrajine okrog arheološkega najdišča in vpliv človeka na okolje
7. Paleoekološke in paleoklimatske študije v aridnih predelih (evolucija trav, razvoj savan in C4 fotosintetskega cikla).
8. Vpliv človeka na okolje v tropih (porast fitolitov bambusa indikator za človekov vpliv)

Osnovna literatura

Golyeva A. in Andrič M. 2014. Palaeoecological reconstruction of wetlands and Eneolithic land use in Ljubljansko barje (Slovenia) based on biomorphic and pollen analysis, *Catena* 112, 38–47. <http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2012.12.009>

Pearsall D. M. 2000. *Paleoethnobotany*. London, Academic Press.

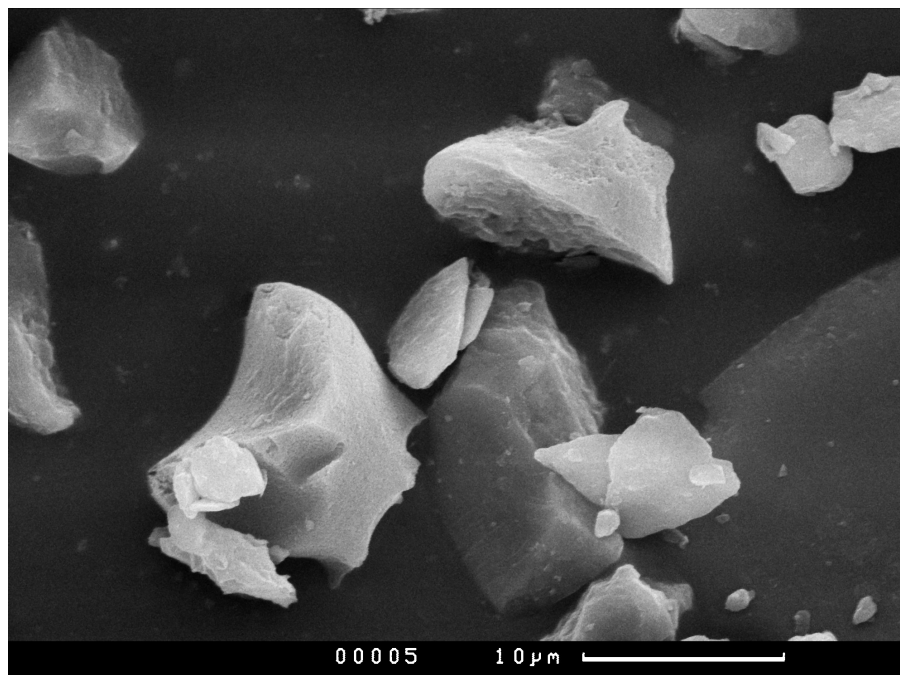
Piperno D. R. 1988. *Phytolith analysis: An archaeological and geological perspective*. San Diego, Academic Press.

Piperno D. R. 2006. *Phytoliths. A comprehensive guide for archaeologists and palaeoecologists*. Oxford, Altamira Press.

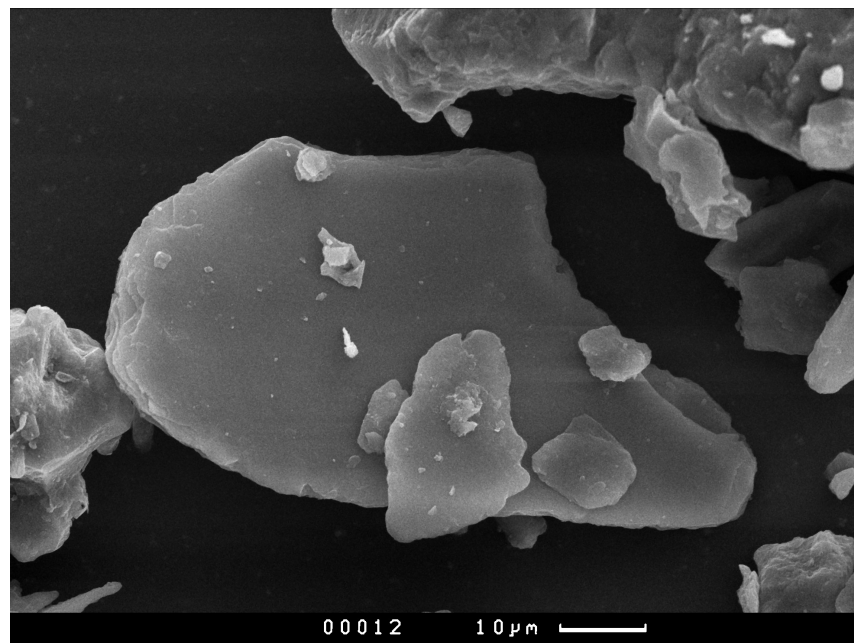
Analiza fitolitov

Kaj so fitoliti in kako nastajajo?

V kakšnih razmerah se ohranijo in kako jemljemo vzorce na arheoloških in paleoekoloških najdiščih?



Fitoliti rastlin, ki rastejo na suhih travnikih, foto A. Golyeva



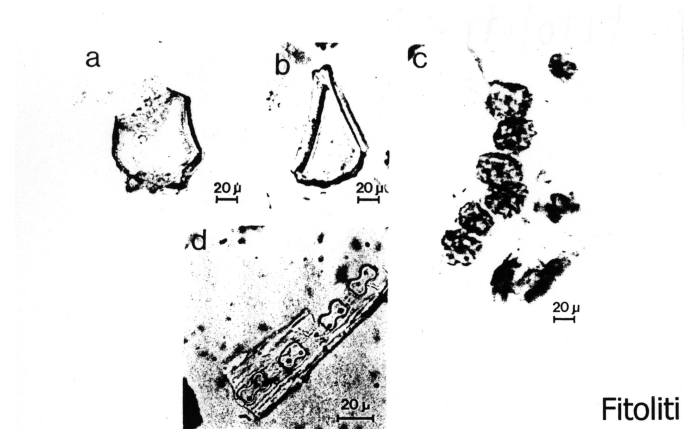
Fitolit trstja, foto A. Golyeva

Osnovne oblike fitolitov v kultiviranih rastlinah in njihovi divji predniki.

Pri kakšnih vrstah arheoloških in paleoekoloških raziskav se uporablja analiza fitolitov?

Kaj so fitoliti in kako nastajajo?

Fitoliti so mikroskopski silikatni drobc, ki nastajajo v rastlinskem tkivu.



Fitoliti

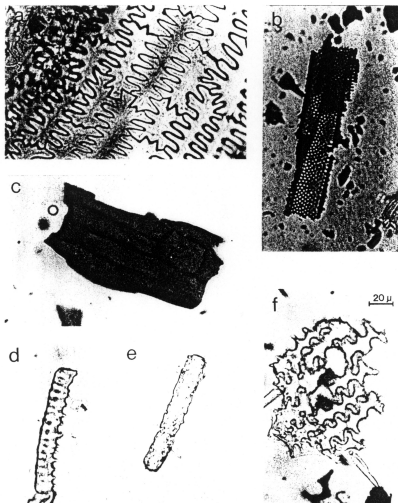


FIGURE 5.4 Various types of epidermal long cells: (a) highly serrated-edged cell from *Opuntia hirtellus*; (b) serrated-edged cell with perforations from *Saccharum spontaneum*; (c) smooth surface, smooth-edged cells from *Rynchosyris repens*; (d) very long cell with one sinuous edge; (e) serrated edge, and striated surface from a Yanes raised field soil sample; (f) cell with sinuous edge and uneven surface from a Yanes raised field soil sample; (g) very highly serrated cells from *Sorghum bicolor*. Photographed at 400x.

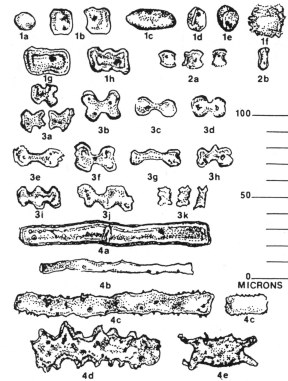


FIGURE 5.6 Grass silica cell shape classification (from Twiss et al. 1969:111).

- I. Festsack Class
 - 1a. Circular
 - 1b. Rectangular
 - 1c. Elliptical
 - 1d. Acicular, variable focus
 - 1e. Crescent, variable focus
 - 1f. Circular crenate
 - 1g. Oblong
 - 1h. Oblong, sinuous
- II. Chloroid Class
 - 2a. Chloroid
 - 2b. Thin chloroid
- III. Panicle Class
 - 3a. Cross, thick shank
 - 3b. Cross, thin shank
 - 3c. Dumbbell, long shank
 - 3d. Dumbbell, short shank
- IV. Elongate Class (no subfamily characteristics)
 - 4a. Elongate, smooth
 - 4b. Elongate, sinuous
 - 4c. Elongate, spiny
 - 4d. Elongate, spiny with pavement
 - 4e. Elongate, concave ends

Rastline iz tal prek korenin črpajo monosilicijevo kislino (H_4SiO_4), iz te pa se v celicah, celičnih stenah in med celicami odlaga silicijev dioksid (SiO_2).

Fitoliti ne nastajajo v vseh rastlinah.

Pri nekaterih rastlinah je nastajanje fitolitov odvisno od okolja (področja na Zemlji), kjer rastejo.

Fitoliti najpogosteje **nastajajo v sledečih delih rastlin:**

- **epidermis**, ovoj semen (trave, žitarice) in plodov dreves in zelišč
- **subepidermalno tkivo** pri orhidejah in palminih listih



Foto M. Andrič

Zakaj rastline tvorijo fitolite?

1. Zaradi zgradbe

Rastlini dajejo oporo, da se lažje postavi v lego, kjer lahko prejme več svetlobe. Preslica, na primer, se povesi in sploh ne more zrasti v tleh, ki so revna s silicijem.

2. Zaradi fizioloških vzrokov

SiO_2 omili toksične učinke težkih kovin (Al, Mn)

3. Zaradi obrambe

Rastlinam se poveča odpornost na patogene glive (n.pr. pri rižu, kumaricah, bučkah, boru, bombažu) in herbivore (fitoliti trav razijo zobe rastlinojedov, menjava zob pri konjih se je pojavila že v miocenu, skupaj s pojavom obsežnih step). Trave na travnikih z intenzivno pašo tvorijo več fitolitov.



Foto M. Andrič

Zakaj rastline tvorijo fitolite?

1. Zaradi zgradbe

Rastlini dajejo oporo, da se lažje postavi v lego, kjer lahko prejme več svetlobe. Preslica, na primer, se povesi in sploh ne more zrasti v tleh, ki so revna s silicijem.

2. Zaradi fizioloških vzrokov

SiO_2 omili toksične učinke težkih kovin (Al, Mn)

3. Zaradi obrambe

Rastlinam se poveča odpornost na patogene glive (n.pr. pri rižu, kumaricah, bučkah, boru, bombažu) in herbivore (fitoliti trav razijo zobe rastlinojedov, menjava zob pri konjih se je pojavila že v miocenu, skupaj s pojavom obsežnih step). Trave na travnikih z intenzivno pašo tvorijo več fitolitov.



Foto M. Andrič

Zakaj rastline tvorijo fitolite?

1. Zaradi zgradbe

Rastlini dajejo oporo, da se lažje postavi v lego, kjer lahko prejme več svetlobe. Preslica, na primer, se povesi in sploh ne more zrasti v tleh, ki so revna s silicijem.

2. Zaradi fizioloških vzrokov

SiO_2 omili toksične učinke težkih kovin (Al, Mn)

3. Zaradi obrambe

Rastlinam se poveča odpornost na:

- patogene glive (rižu, kumarice, bučke, bor, bombaž) in
- herbivore (fitoliti trav razijo zobe rastlinojedov, menjava zob pri konjih se je pojavila že v miocenu, skupaj s pojavom obsežnih step). Trave na travnikih z intenzivno pašo tvorijo več fitolitov.



Foto M. Andrič

Kaj vpliva na nastajanje fitolitov?

- Starost rastline

Količina silicija v rastlini narašča z njeno starostjo.

- Kemična sestava tal

Več fitolitov se odlaga v rastlinah, ki rastejo na tleh, ki vsebujejo veliko silicija.

- Klima

Sušne razmere (močno izhlapevanje vode) → intenzivnejše nalaganje Si v zračnih strukturah trav. Na Bližnjem vzhodu raziskovalci fitolitov lahko ugotavljajo, ali so poljščine gojili v suhih razmerah, ali pa so polja namakali.

- Genetika

Odlaganje silicija v rastlinah pa ni odvisno samo od naravnih razmer na rastišču, ampak je tudi gensko pogojeno (kontrolirajo ga encimi).



Foto M. Andrič

Kaj vpliva na nastajanje fitolitov?

- Starost rastline

Količina silicija v rastlini narašča z njeno starostjo.

- Kemična sestava tal

Več fitolitov se odlaga v rastlinah, ki rastejo na tleh, ki vsebujejo veliko silicija.

- Klima

Sušne razmere (močno izhlapevanje vode) → intenzivnejše nalaganje Si v zračnih strukturah trav. Na Bližnjem vzhodu raziskovalci fitolitov lahko ugotavljajo, ali so poljščine gojili v suhih razmerah, ali pa so polja namakali.

- Genetika

Odlaganje silicija v rastlinah pa ni odvisno samo od naravnih razmer na rastišču, ampak je tudi gensko pogojeno (kontrolirajo ga encimi).



Kaj vpliva na nastajanje fitolitov?

- **Starost rastline**

Količina silicija v rastlini narašča z njeno starostjo.

- **Kemična sestava tal**

Več fitolitov se odlaga v rastlinah, ki rastejo na tleh, ki vsebujejo veliko silicija.

- **Klima**

Sušne razmere (močno izhlapevanje vode) → intenzivnejše nalaganje Si v zračnih strukturah trav. Na Bližnjem vzhodu raziskovalci fitolitov lahko ugotavljajo, ali so poljščine gojili v suhih razmerah, ali pa so polja namakali.

- **Genetika**

Odlaganje silicija v rastlinah pa ni odvisno samo od naravnih razmer na rastišču, ampak je tudi gensko pogojeno (kontrolirajo ga encimi).



Nekatere rastline ne tvorijo fitolitov...

Nekatere rastline z malo fitoliti (n. pr. grah) se branijo sprejemanja Si prek korenin (imajo mastno oblogo na koreninah), medtem ko koruza in ječmen tega nimata in zato tvorita veliko fitolitov.



Foto M. Andrič

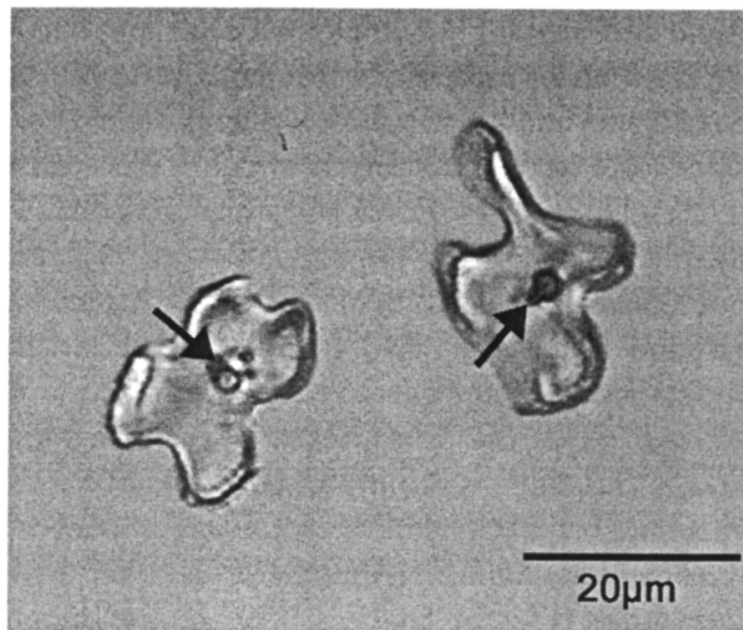


Figure 6.3a. Cross-shaped phytoliths with carbon inclusions from a modern maize leaf. Arrows point to the carbon inclusions.

Katere rastline tvorijo fitolite?

Fitoliti so se pojavili že zelo zgodaj v rastlinski evoluciji (pred c. 60 milijoni let) pri praprotnicah in golosemenkah.

Fitoliti so bili odkriti pri sledečih rastlinah: trave (tudi žitarice), ostričevke, preslice, magnolija, palme, banane, orhideje, bučke, fige, murve, bresti, koprive, ciprese, bor, tisa, hrast, bukev, oreh.



Foto M. Andrič



Foto M. Andrič

Katere rastline tvorijo fitolite?

Rastlinske združbe, kjer nastaja veliko fitolitov: tropski gozdovi, savane, borealni gozdovi Kanade, zmerni in subtropski gozdovi Kitajske, Nova Zelandija.

Začetne raziskave so bile opravljene še v sledečih regijah:

- listnati gozdovi zmernega pasu v ZDA,
- hrastovo-pistacijevi gozdovi na Bližnjem vzhodu,
- peščene dine v SZ Veliki Britaniji,
- severno Sredozemlje (Francija) ter subalpske in alpske rastlinske združbe Evrope (tu se da ločiti iglaste gozdove od vresišč in alpskih travnikov, vendar so potrebne še nadaljnje raziskave).

Zgodovina raziskav

V 19. stoletju so fitolite v tkivih rastlin odkrili nemški raziskovalci.

Leta 1833 je fitolite in pelod v prahu z ladje Beagle na svoji poti okrog sveta opisal Charles Darwin.

1895 -1936: proučevanje morfologije in taksonomije fitolitov v tkivih rastlin, Nemčija.

1955 -1975: ekološke raziskave v ZDA, Veliki Britaniji in Avstraliji, proučevanje fitolitov v vzorcih tal v Rusiji.

Po 1978: moderne raziskave v arheologiji in paleoekologiji, Študije o uporabi rastlin, kultivaciji, okolju, analiza fitolitov v keramiki (poreklo gline), še zlasti v tropski Ameriki in drugje v tropskih in aridnih predelih, kjer se, zaradi za ohranitev rastlinskih ostankov neugodnih klimatskih razmer, palinologija in proučevanje makrofosilov nista mogla uveljaviti.

Zgodovina raziskav

V 19. stoletju so fitolite v tkivih rastlin odkrili nemški raziskovalci.

Leta 1833 je fitolite in pelod v prahu z ladje Beagle na svoji poti okrog sveta opisal Charles Darwin.

1895-1936: proučevanje morfologije in taksonomije fitolitov v tkivih rastlin, Nemčija.

1955 -1975: ekološke raziskave v ZDA, Veliki Britaniji in Avstraliji, proučevanje fitolitov v vzorcih tal v Rusiji.

Po 1978: moderne raziskave v arheologiji in paleoekologiji, Študije o uporabi rastlin, kultivaciji, okolju, analiza fitolitov v keramiki (poreklo gline), še zlasti v tropski Ameriki in drugje v tropskih in aridnih predelih, kjer se, zaradi za ohranitev rastlinskih ostankov neugodnih klimatskih razmer, palinologija in proučevanje makrofosilov nista mogla uveljaviti.

Kemična sestava fitolitov: amorfni SiO_2 , 4–9 % vode, vsebujejo 1–5 % ostalih elementov (Al, Fe, Mn, Mg, P, Cu, N, C), zato jih je možno tudi radiokarbonsko datirati, na njih pa se lahko opravljajo tudi analize stabilnih izotopov.

Če so temnejše barve, pomeni, da so bili izpostavljeni višjim temperaturam, kar nam daje informacijo o nekdanjih požarih.

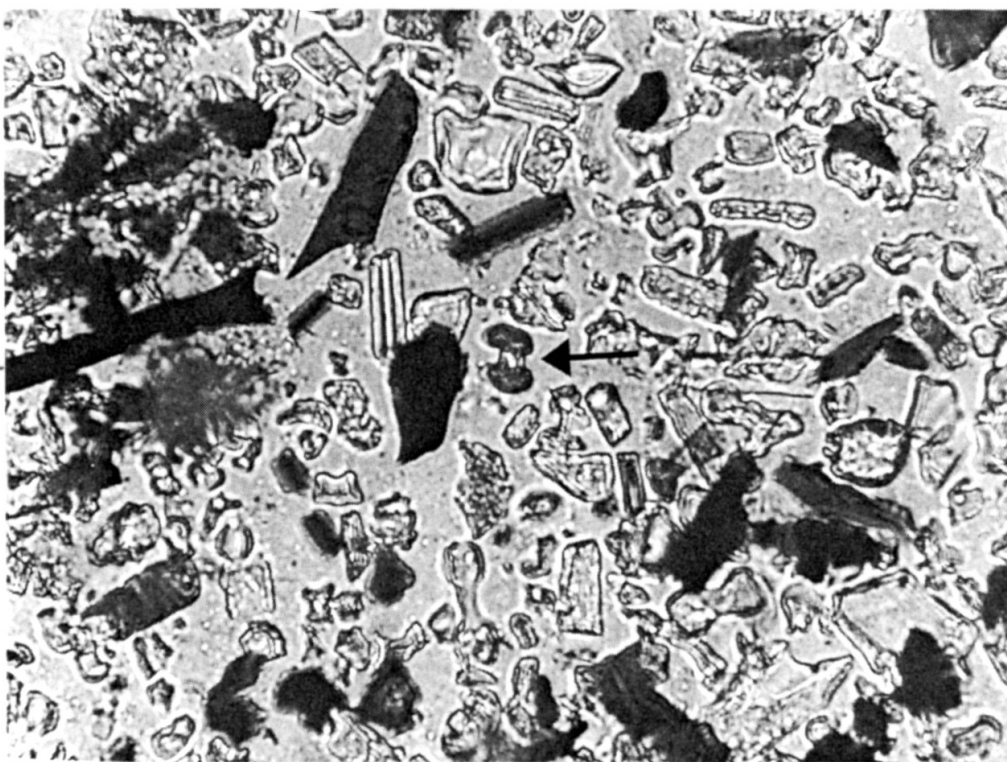


Figure 6.1f. A modern phytolith assemblage from soils underneath a field under slash and burn cultivation in Panama. Note the dominance of grass (nonbamboo) phytoliths, burned phytoliths (arrow points to a burned bilobate in the center), and heavy presence of charcoal.

‘Slash and burn’ kultura v Panami, prevladujejo:

- fitoliti trav
- zažgani fitoliti (puščica) in
- mikroskopsko oglje

V kakšnih razmerah se ohranijo?

- Lahko se ohranijo v sušnih ali vlažnih razmerah, ker so zgrajeni iz anorganskih snovi in bolj odporni na napade aerobnih bakterij kot pelod.
- Lahko se ohranijo tako v kislih kot bazičnih tleh (pri pH= 3 do 9), le v izrazito alkalnih okoljih (pH nad 9) ni verjetno, da se bodo ohranili.

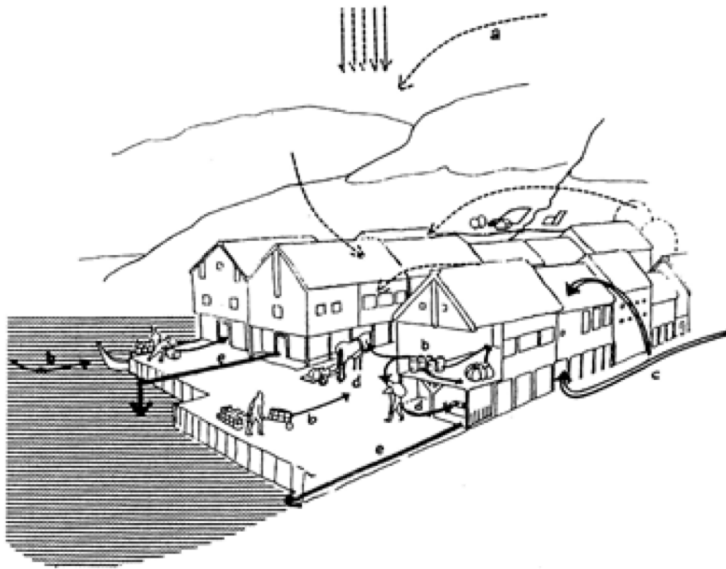


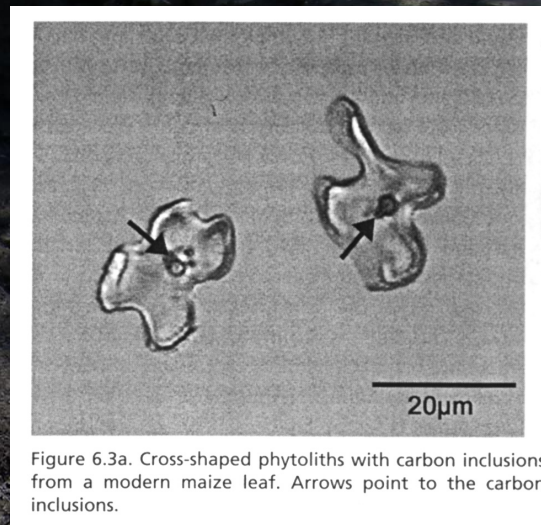
FIGURE 4.9 Pollen transport model for an urban shore settlement: (a) air transport, "pollen rain"; (b) with goods; (c) brought in with soil on floors and turf on roofs; (d) excreta from inhabitants and domestic animals; (e) redeposition of refuse (from Faegri *et al.* 1989:198).

Vzorčenje za analizo fitolitov

Vzorke lahko jemljemo na:

1. arheološkem najdišču (tam je običajno več fitolitov)
2. paleoekološkem najdišču.

Za analizo enega vzorca fitolitov je dovolj *ca.* 3 cm³ sedimenta, dobro pa je imeti rezervo za morebitne dodatne paleobotanične ali kemične analize (50 g sedimenta zadostuje).

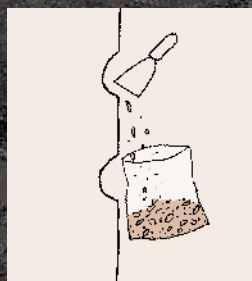
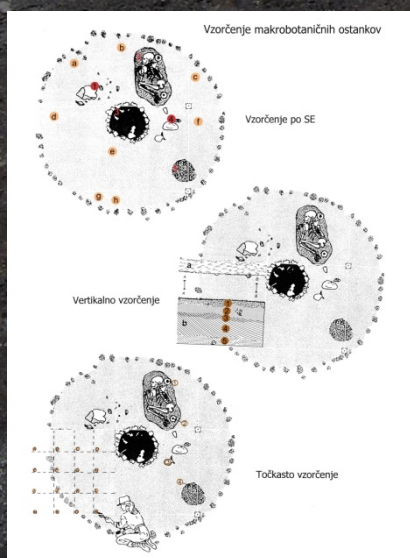


Vzorčenje med arheološkim izkopavanjem

po kvadrantih iz na sveže postrgane površine, na primer tal hiše, iz različnih kontekstov (gradbeni material, ležišča, košare, tekstil), usklajeno z vzorčenjem za arheobotanične in arheozoološke raziskave

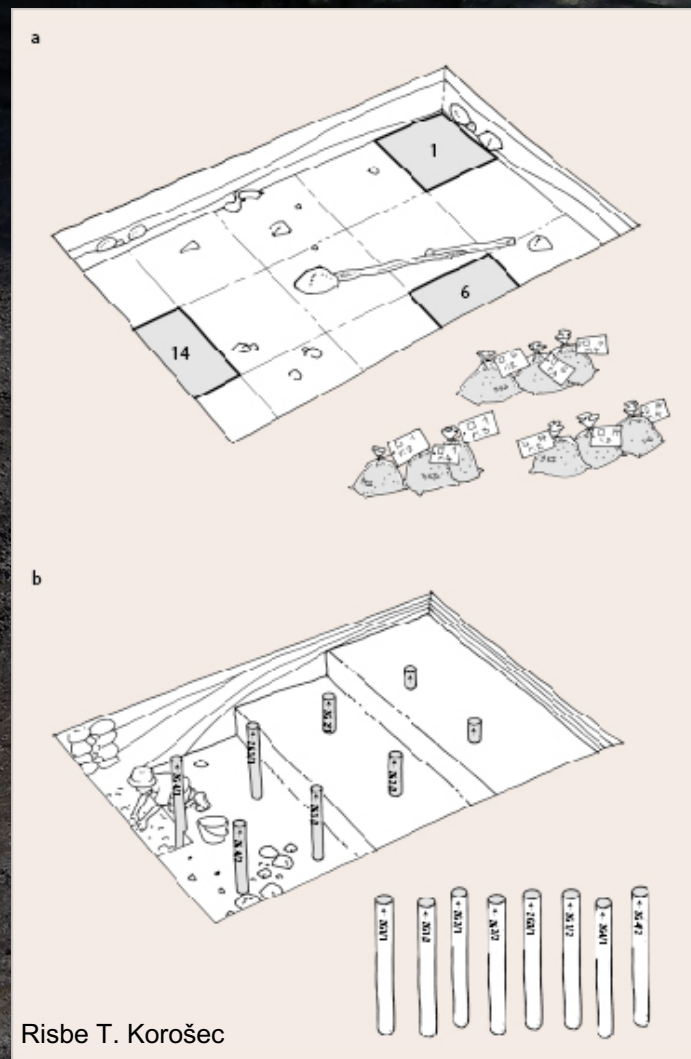


tehnologija, predelava hrane, prostorska organizacija in socialni odnosi v naselju.



Vzorčimo lahko tudi s kamnitih orodij, žrmelj, posod za kuhanje, zob,...

V tem primeru je potrebno vzeti kontrolni vzorec tudi 5-10 cm proč od mesta vzorčenja. Dobro je, da se predmetov ne umiva in se očistijo šele v laboratoriju.

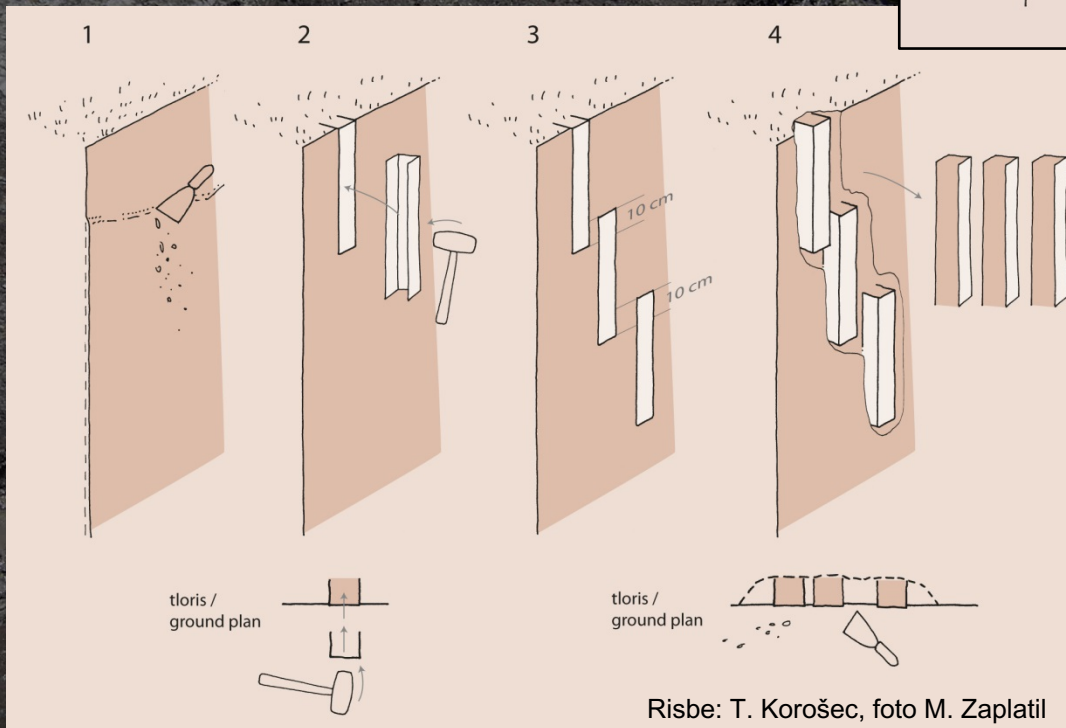
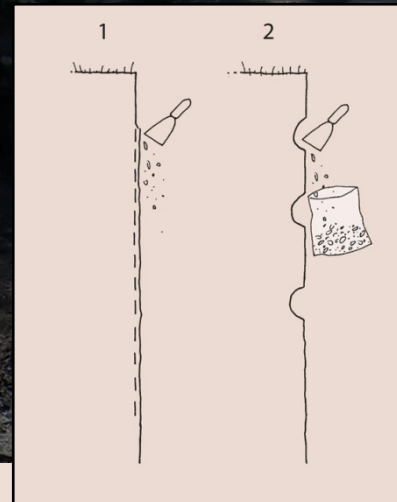


Risbe T. Korošec

Vzorčenje iz profila arheološke sonde ob koncu izkopavanja

Vzorčimo lahko iz očiščenega arheološkega profila s kovinskimi škatlami ali v vrečke.

Takšen način vzorčenja je primeren za analizo fitolitov in/ali peloda.

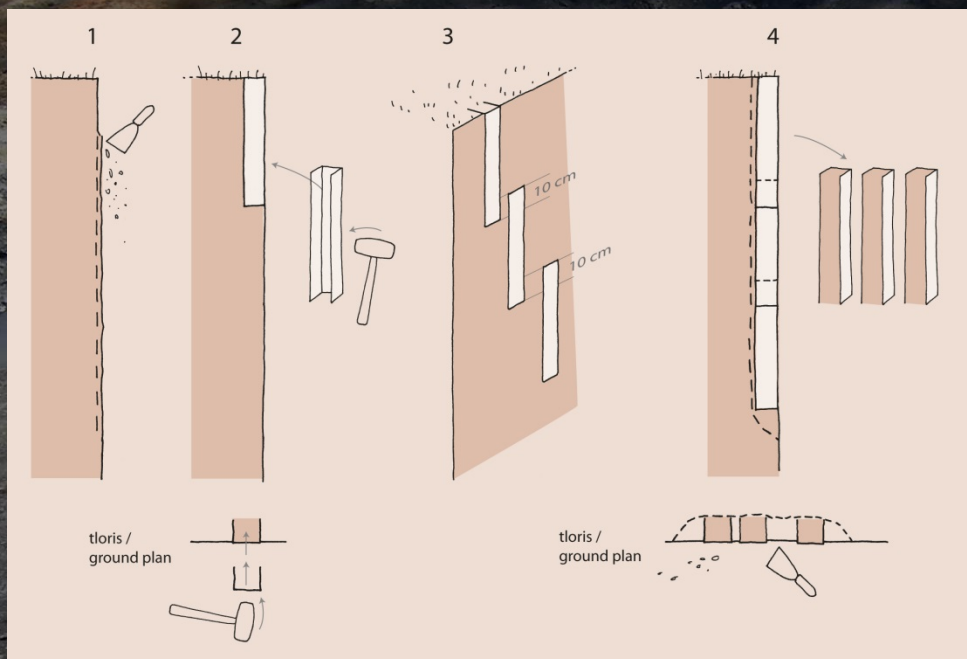


Risbe: T. Korošec, foto M. Zaplatil

Poleg analize fitolitov lahko proučujemo še škrobna zrnca in pelod. V tem primeru je potrebno vzeti več vzorca (ca. dve pesti). Če se bo izvajala tudi analiza škrobnih zrn, je potrebno paziti na kontaminacijo z rokavicami in vrečkami.

Vzorčenje iz profila arheološke sonde

s kovinskimi škatlami:



Tak način vzorčenja je primernejši od nabiranja v vrečke, ker tako dobimo vzorec za celoten profil in lahko analiziramo čisto vsak centimeter profila ter izračunamo pelodno koncentracijo na 1cm^3 sedimenta.

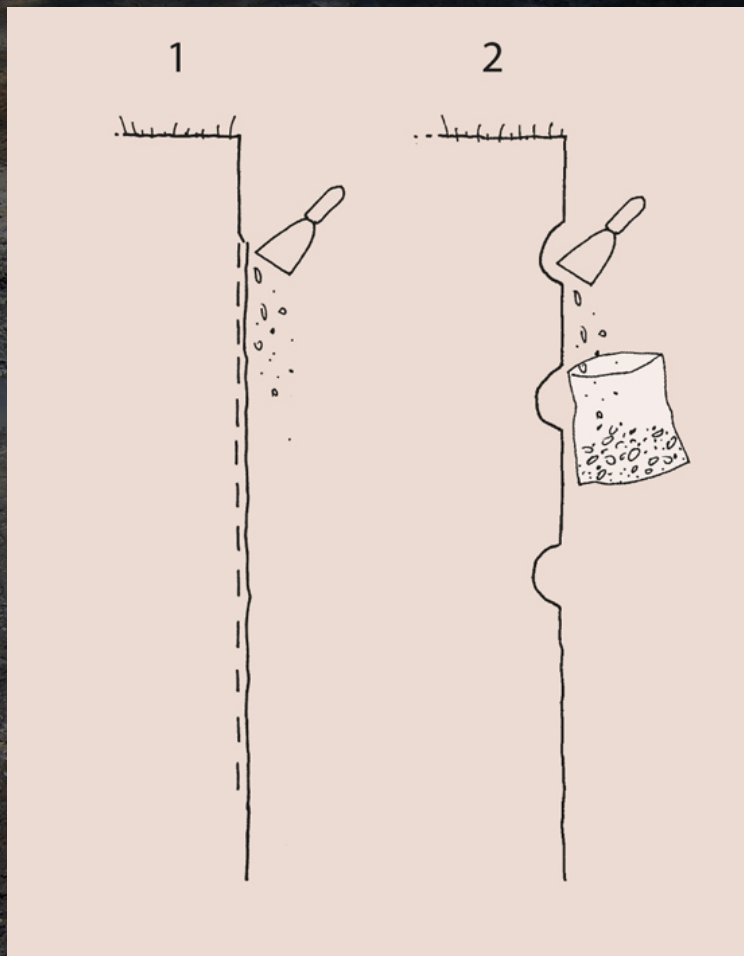


Kovinske škatle dimenzij *ca.* 6x6x50 cm naj bodo iz nerjavečega materiala.

Foto T. Tolar



Vzorčenje v vrečke



Risba: T. Korošec

- profil na sveže očistimo (od zgoraj navzdol)
- vzorce s čistim orodjem nabereemo v vrečke, ki se jih da neprodušno zapreti (od spodaj navzgor, da si sproti ne zamažemo profila)
- orodje čistimo z destilirano vodo (v vodi bližnjega potoka plavajo fitoliti in pelod!)
- + na tak način lahko jemljemo vzorce tudi iz bolj peščenih/kamnitih profilov, kjer zabijanje kovinskih škatel ni možno 😊
- ne dobimo celotnega profila, resolucija vzorčenja je manjša 😞

Shranjevanje vzorcev

Vzorke shranjujemo v tesno zaprti vrečki, v hladilniku/hladilnici pri +4°C (če se bodo uporabljali tudi za analizo peloda).

Če se bodo vzorci uporabljali **samo za analizo fitolitov** (ne pa peloda!) **jih lahko tudi posušimo in shranjujemo pri sobni temperaturi**. Ker so fitoliti zgrajeni iz silikatov, jih bakterije in glive ne bodo napadle.

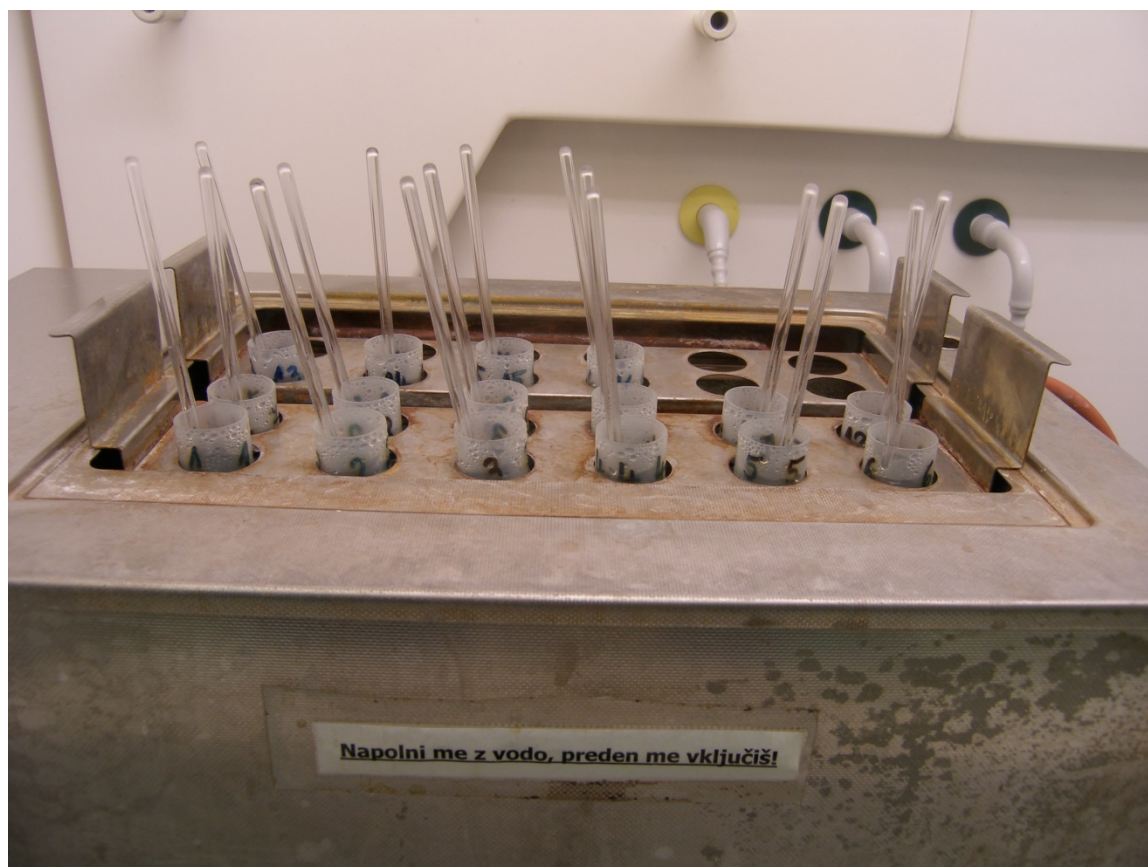


Hladilnica Inštituta za arheologijo
ZRC SAZU: + 4°C

Foto: M. Andrič

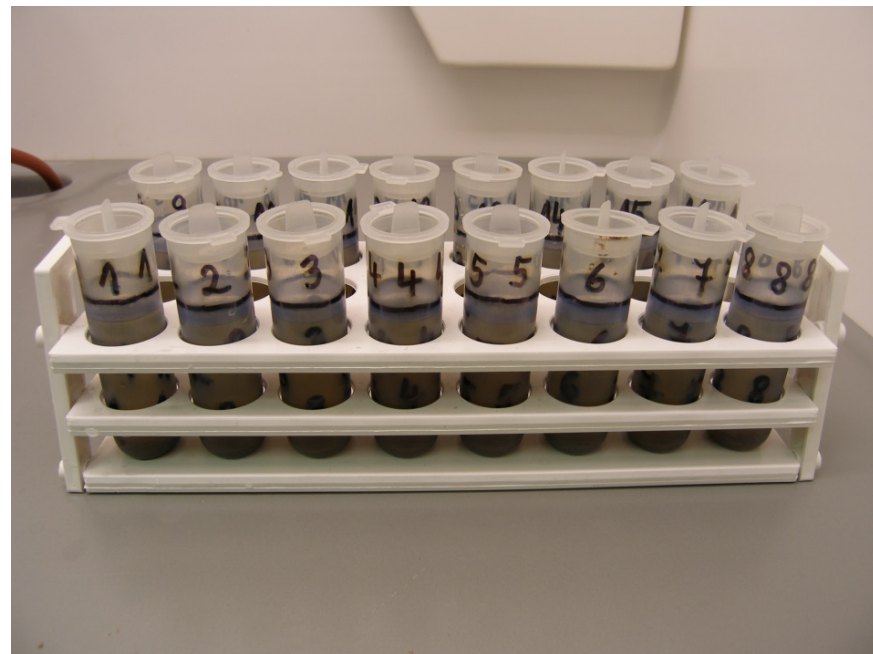
Laboratorijska priprava vzorcev

Fitoliti se topijo v fluorovodikovi kislini (HF) in močnih bazah, zato se za pripravo vzorcev za analizo fitolitov uporablja nekoliko drugačen laboratorijski postopek kot pri pelodu.



Laboratorijski postopek:

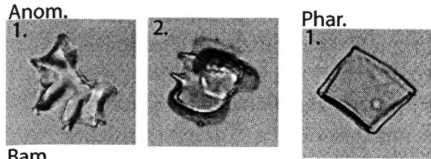
- spiranje z 1M HCl
(odstranjevanje karbonatov)
- kuhanje v mešanici konc. HCl in HNO_3
(odstranjevanje oksidov)
- kuhanje v vodikovem peroksidu (H_2O_2)
(uničevanje organskih snovi)
- spiranje z N-H-EDTA in destilirano vodo
(odstranjevanje glinenih delcev)
- flotacija v težki tekočini (ZnI_2)
(fitolite ločimo od preostalih anorganskih snovi)



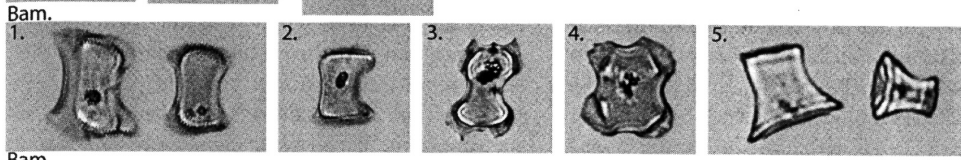
Alternativni laboratorijski postopek je žganje vzorcev pri $\leq 500^\circ\text{C}$.

Žganje pri 600°C fitolite že poškoduje (začnejo se topiti).

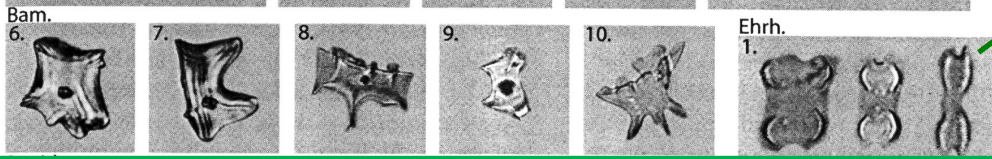
Osnovne oblike fitolitov



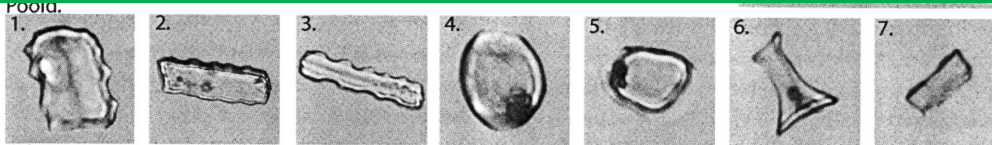
→ **Trave** (Anomochloa, Pharus, filogenetsko zgodnje vrste)



→ **Bambus** ('bilobatne', sedlaste, križaste in krožne oblike)

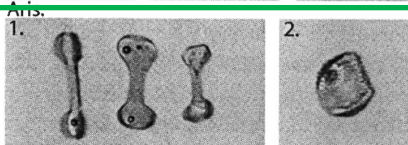


→ **Ehrhartoideae** družina, sorodna bambusu, vključuje tudi riž

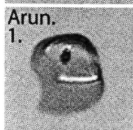


Pooideae = trave večine travnikov in pašnikov v zmernem klimatskem pasu, vključno z bližnjevzhodnimi žitaricami in travami na večji nadmorski višini v tropih.

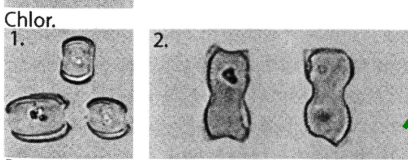
Krožni, ovalni in štirikotni (trapezoidni) fitoliti, specifični so dolgi paličasti fitoliti z valovitimi robovi.



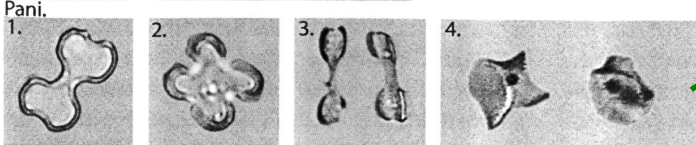
→ **Aristridoideae** (trave, 1=Phragmites)



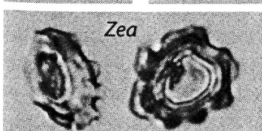
Arundinoideae (trave)



→ **Chloridoideae** = na sušo prilagojene kratke trave savan in prerij, tudi žitni pleveli v sezonsko sušnih tropih. Sedlaste oblike.



→ **Panicoideae** = visoke trave tropskega porekla (koruza, sladkorni trs, sirek) in visoke trave prerij v ZDA. 'Bilobatne' in križaste oblike



→ **Zea (koruza)**

Glede na specifične oblike 'kratkih' fitolitov ('short cell phytoliths'), ki nastajajo v epidermisu, lahko ločimo **tri osnovne skupine trav**:

Pooideae = večina travnikov in pašnikov v zmernem klimatskem pasu, vključno z bližnjevzhodnimi žitaricami in travami na večji nadmorski višini v tropih. Krožni, ovalni in štirikotni (trapezoidni) fitoliti, specifični so dolgi paličasti fitoliti z valovitimi robovi.

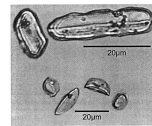


Figure 2.14. Pooideae spongy mesophyll: the two phytoliths on the top and smaller phytoliths (group at bottom) from *Brassica oleracea* and *B. carinata*.

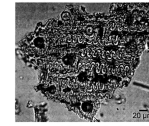


Figure 2.15. An articulated aggregation of grass phytoliths from wheat from the site of Catal Hüyük. Courtesy of Arlene M. Rosen.



Figure 2.16. An articulated aggregation of grass phytoliths from barley from the site of Catal Hüyük. Courtesy of Arlene M. Rosen.

Chloridoideae = na sušo prilagojene kratke trave savan in prerij, tudi žitni pleveli v sezonsko sušnih tropih. Sedlaste oblike.

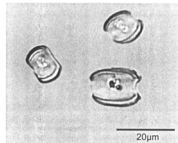


Figure 2.17. Chloridoideae saddle-shaped phytoliths from *Chloris virata*. The two phytoliths on the right are "saddle-shaped".

Panicoideae = visoke trave tropskega porekla (koruza, sladkorni trs, sirek) in visoke trave prerij v ZDA. 'Bilobatne' in križaste oblike.

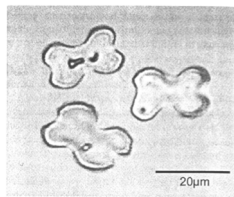


Figure 2.18. Cross-shaped phytoliths from the Panicoid grass *Axonopus compressus*. Courtesy of Jose Iriarte.



Figure 6.1b. A modern phytolith assemblage from soils underneath subtropical grassland dominated by Panicoid grasses from the same region of southern South America shown in Figure 6.1a. In contrast to Figure 6.1a, the phytolith assemblage is dominated by grass phytoliths (GL), and these are mostly of the Panicoid type. Thus, modern phytolith records from contiguous areas with different grass dominants reflect well the prevailing vegetation. Courtesy of Jose Iriarte.

Glede na specifične oblike 'kratkih' fitolitov ('short cell phytoliths'), ki nastajajo v epidermisu, lahko ločimo **tri osnovne skupine trav**:

Pooideae = večina travnikov in pašnikov v zmernem klimatskem pasu, vključno z bližnjevzhodnimi žitaricami in travami na večji nadmorski višini v tropih. Krožni, ovalni in štirikotni (trapezoidni) fitoliti, specifični so dolgi paličasti fitoliti z valovitimi robovi.

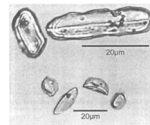


Figure 2.1d. Pooideae water hyacinths (the two phytoliths on the top and smaller phytoliths (spiral at bottom) from Penna leaves and 8. centric).



Figure 2.1e. An assemblage of grass phytoliths from barley from the site of Catal Hüyük. Courtesy of Arlene H. Rosen.



Figure 2.1f. An assemblage of grass phytoliths from barley from the site of Catal Hüyük. Courtesy of Arlene H. Rosen.

Chloridoideae = na sušo prilagojene kratke trave savan in prerij, tudi žitni pleveli v sezonsko sušnih tropih. Sedlaste oblike.

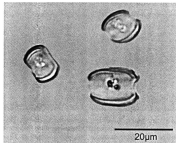


Figure 2.1c. Chloridoideae saddle-shaped phytoliths from Chloris villosa. The two phytoliths on the right are "saddle-shaped".

Panicoideae = visoke trave tropskega porekla (koruza, sladkorni trs, sirek) in visoke trave prerij v ZDA. 'Bilobatne' in križaste oblike.

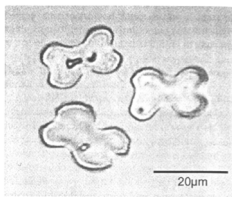


Figure 2.1b. Cross-shaped phytoliths from the Panicoideae grass Axonopus compressus. Courtesy of Jose Iriarte.



Figure 6.1b. A modern phytolith assemblage from soils undergrowth subtropical grassland dominated by Panicoideae grasses from the same region of southern South America shown in Figure 6.1a. In contrast to Figure 6.1a, the phytolith assemblage is dominated by grass phytoliths (a), and these are mostly of the Panicoideae type. Thus, modern phytolith records from correlative areas with different grass dominants reflect well the prevailing vegetation. Courtesy of Jose Iriarte.

Glede na specifične oblike 'kratkih' fitolitov ('short cell phytoliths'), ki nastajajo v epidermisu, lahko ločimo **tri osnovne skupine trav**:

Pooideae = večina travnikov in pašnikov v zmernem klimatskem pasu, vključno z bližnjevzhodnimi žitaricami in travami na večji nadmorski višini v tropih. Krožni, ovalni in štirikotni (trapezoidni) fitoliti, specifični so dolgi paličasti fitoliti z valovitimi robovi.

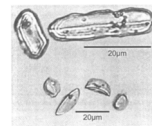


Figure 2.1d. Pooideae assemblage: the two phytoliths on the top and smaller phytoliths (spiral at bottom) from *Pennisetum setaceum* and *P. setaceum*.



Figure 2.1e. An assemblage of grass phytoliths from wheat from the site of Catal Hüyük. Courtesy of Arlene H. Rosen.



Figure 2.1f. An assemblage of grass phytoliths from barley from the site of Catal Hüyük. Courtesy of Arlene H. Rosen.

Chloridoideae = na sušo prilagojene kratke trave savan in prerij, tudi žitni pleveli v sezonsko sušnih tropih. Sedlaste oblike.

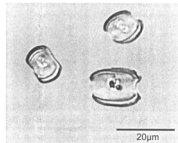


Figure 2.1c. Chloridoideae saddle-shaped phytoliths from *Chloris virata*. The two phytoliths on the right are "saddle-shaped".

Panicoideae = visoke trave tropskega porekla (koruza, sladkorni trs, sirek) in visoke trave prerij v ZDA. 'Bilobatne' in križaste oblike.

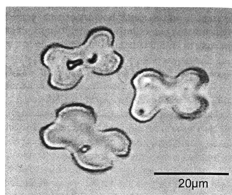


Figure 2.1b. Cross-shaped phytoliths from the Panicoideae grass *Axonopus compressus*. Courtesy of Jose Triarte.

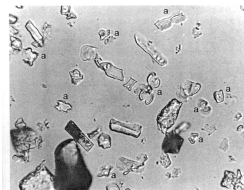


Figure 6.1b. A modern phytolith assemblage from soil underneath a subtropical grassland dominated by Panicoid grasses from the same region of southern South America shown in Figure 6.1a. In contrast to Figure 6.1a, the phytolith assemblage is dominated by grass phytoliths (a), and these are mostly of the Panicoideae type. Thus, modern phytolith records from contiguous areas with different grass dominants reflect well the prevailing vegetation. Courtesy of Jose Triarte.

Fitoliti pšenice in ječmena

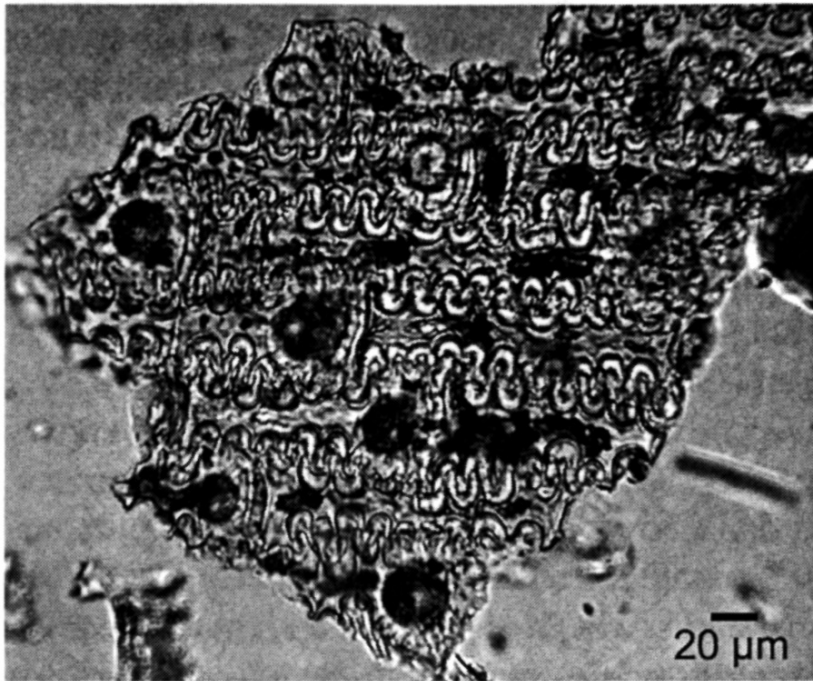


Figure 7.3a. An articulated aggregation of glume phytoliths from wheat from the site of Catal Höyük. Courtesy of Arlene M. Rosen.

pšenica, Catal Höyük

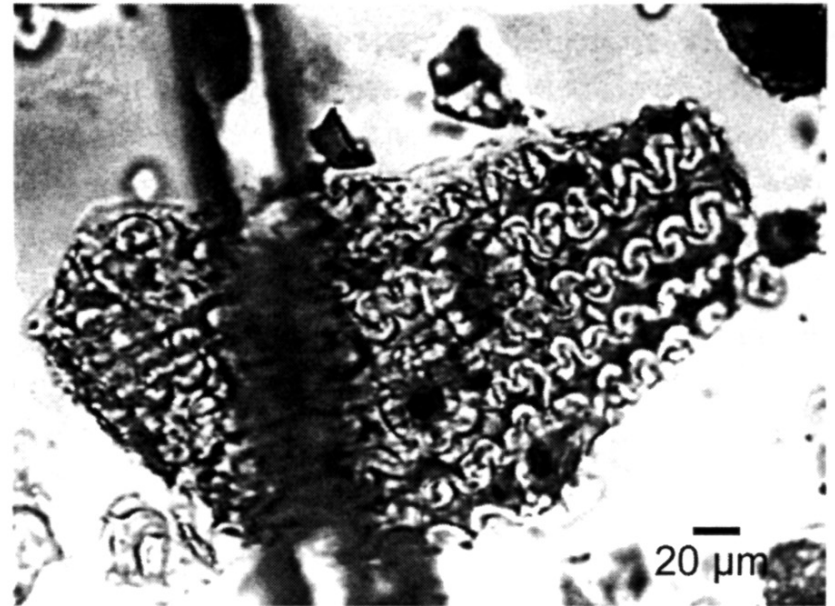
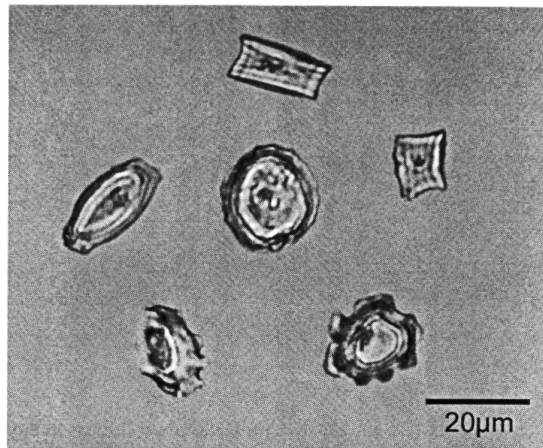


Figure 7.3b. An articulated aggregation of glume phytoliths from barley from the site of Catal Höyük. Courtesy of Arlene M. Rosen.

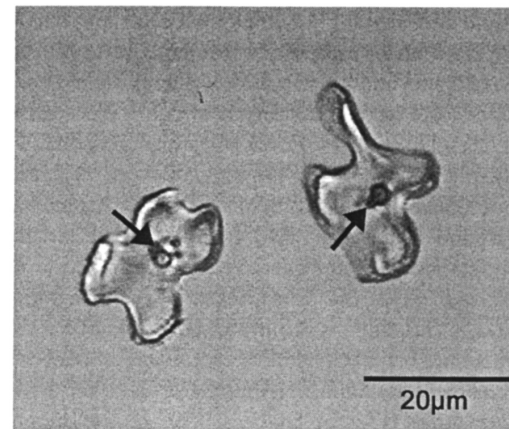
ječmen, Catal Höyük

Fitoliti divje in kultvirane koruze



Fitoliti divje
'teosinte'

Figure 3.5a. Rondel phytoliths from teosinte. The two at the bottom are called "ruffle-top" rondels, which are diagnostic of the genus *Zea* and occur much more frequently in teosinte than in maize. The rondels at the top and center row, right, are turned on their side, revealing how they are not "spooled."



Fitoliti v
listih

Figure 6.3a. Cross-shaped phytoliths with carbon inclusions from a modern maize leaf. Arrows point to the carbon inclusions.

Fitoliti v storžih

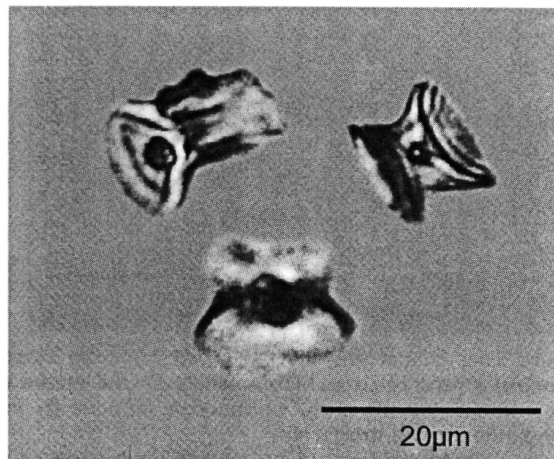


Figure 3.5c. Rondel phytoliths from a maize cob (race Can-guil). The phytolith on the upper left is a spooled rondel. Reprinted from Piperno and Pearsall (1993a) with permission from Elsevier.

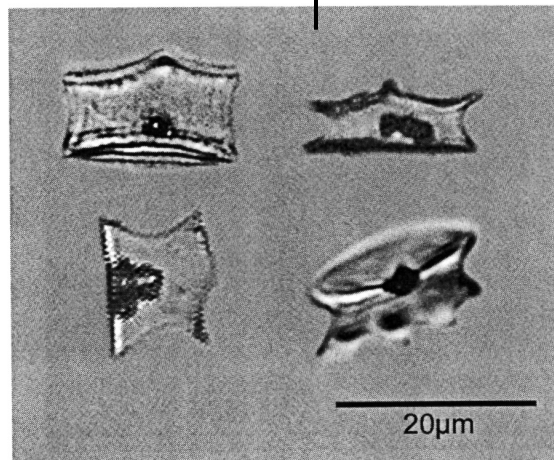


Figure 3.5d. Examples of wavy-top rondels from maize. The phytolith on the bottom right is a ruffle-top rondel from maize, for comparison. The phytolith on the upper right is reprinted from Bozarth (1993b) with permission from Steven Bozarth and *The Plains Anthropologist*.

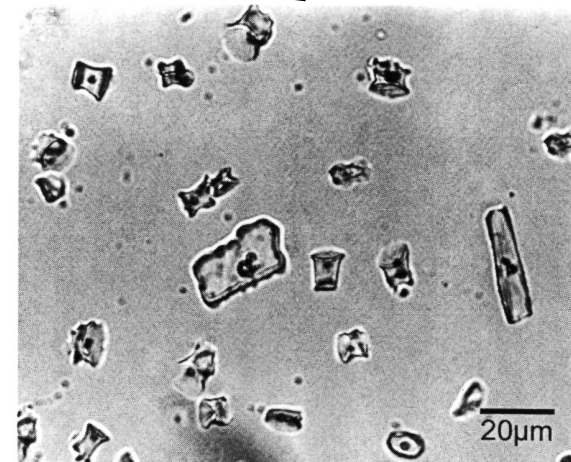


Figure 3.5b. Rondel phytoliths from a maize cob (race Maiz Ancho). Notice the diversity of rondels present within a single race of maize.

Fitoliti ostričevk (Cyperaceae), →
n. pr. šašev so koničasti, v
obliki 'klobuka'.

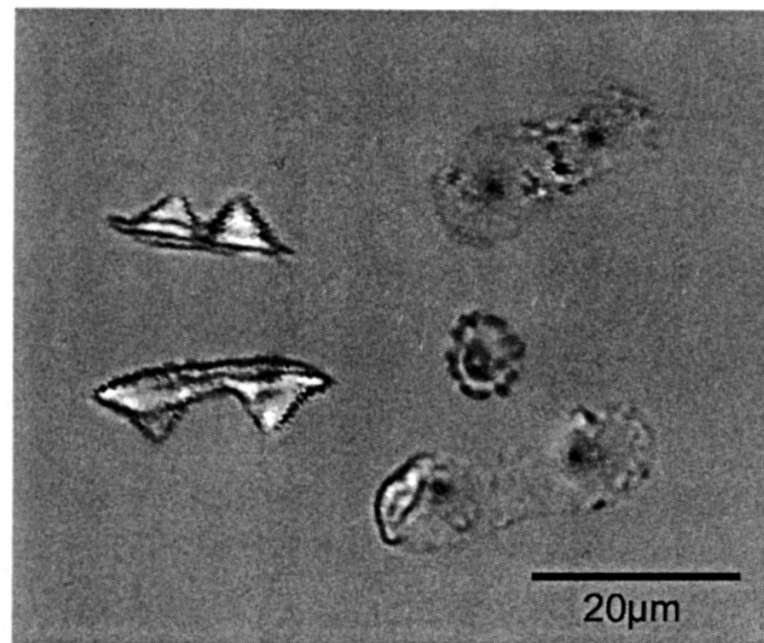


Figure 2.8e. Hat-shaped sedge phytoliths with satellites from *Cyperus cayennensis*. Those on the left are rotated about 90 degrees so that their apex characteristics can be seen.

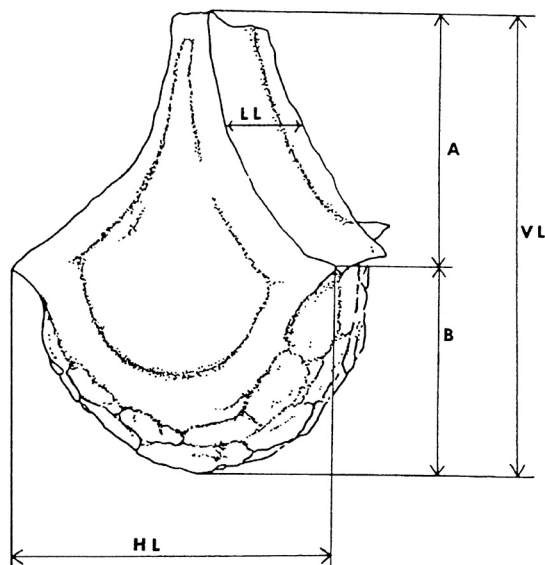


Figure 3.9d. How *Oryza* bulliform phytoliths are measured to carry out discriminant function analysis. Reprinted from Fujiwara (1993) with permission from the Museum of Applied Science Center (MASCA), University of Pennsylvania Museum.

← Fitolit riža

Fitoliti buč

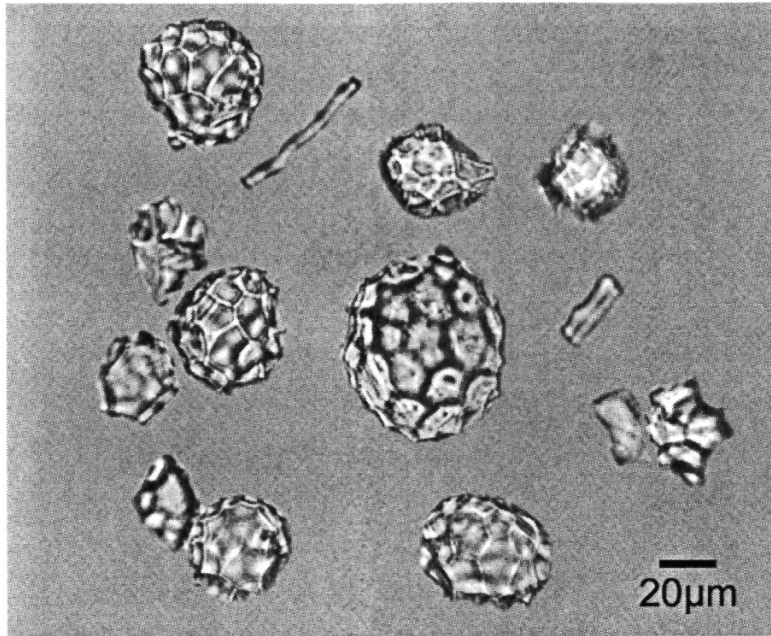


Figure 3.6a. Spherical, scalloped phytoliths from the wild species *Cucurbita argyrosperma* subsp. *sororia*. This type of scalloped phytolith is common in both wild and domesticated species of the genus.

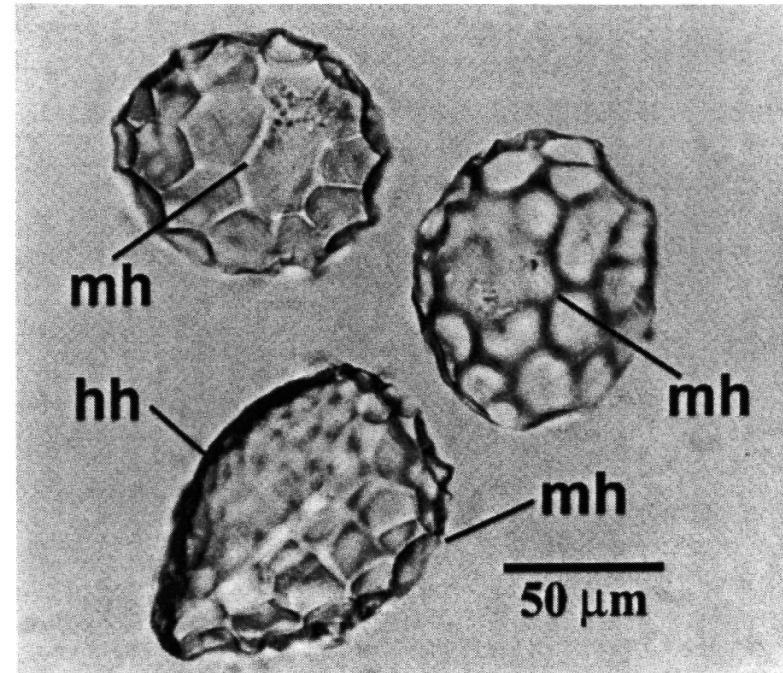


Figure 3.6b. Scalloped phytoliths from the domesticated species *Cucurbita moschata*. They have the same morphology as those in Figure 3.6a but are larger than in *C. sororia* and other wild species. hh = hypodermal hemisphere, mh = mesocarpal hemisphere. Reprinted from Piperno et al. (2002). Copyright National Academy of Sciences USA.

Ohranjenost fitolitov

Fitoliti so manj občutljivi na razmere v sedimentu kot pelod in se zelo pogosto ohranijo.

Propadejo lahko le v zelo bazičnih okoljih ($\text{pH} \geq 9$).

Pred raztapljanjem jih ščitita Fe in Al, absorbirana na njihovo površino. Ugodne razmere za ohranitev fitolitov so v stelji, kjer je sediment, podobno kot v jamah in jezerih, zaščiten pred erozijo.

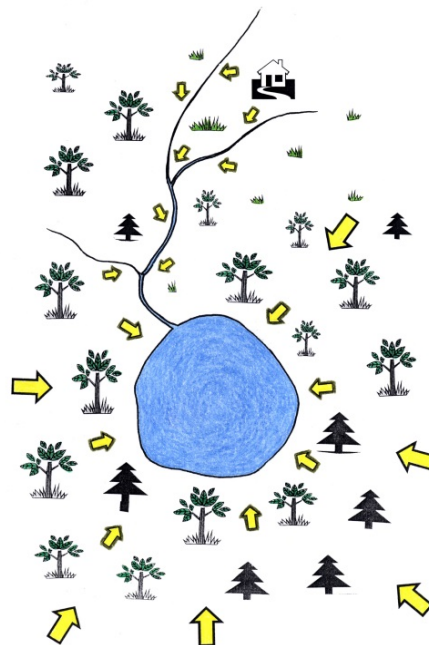


Tafonomija (=nastajanje zapisa v sedimentu)

Odlagajo se v zgornji sloj tal (A), ko rastlina odmre. Izvirajo pretežno od 'in situ' rastlin.

Lahko se tudi (redkeje) širijo prek živalskih iztrebkov, z vetrom, ognjem, ljudmi, erozijo tal in rekami (našli so jih celo v globokomorskih vrtnah 2000 km severozahodno od afriške obale).

Jame so dobro zaščitene pred vnosom fitolitov z vetrom, lahko pa jamski sedimenti vsebujejo veliko fitolitov trav, če se je tam na primer zadrževala živina.



Tafonomija

V arheoloških kontekstih večina fitolitov izvira iz rastlin, ki so jih na najdišče prinesli ljudje in se odlaga neposredno v kulturno plast, zato so dober indikator uporabe rastlin na arheološkem najdišču.

Lahko so prisotne tudi ruderalne rastline, ki so rastle v naselju ali njegovi neposredni bližini.

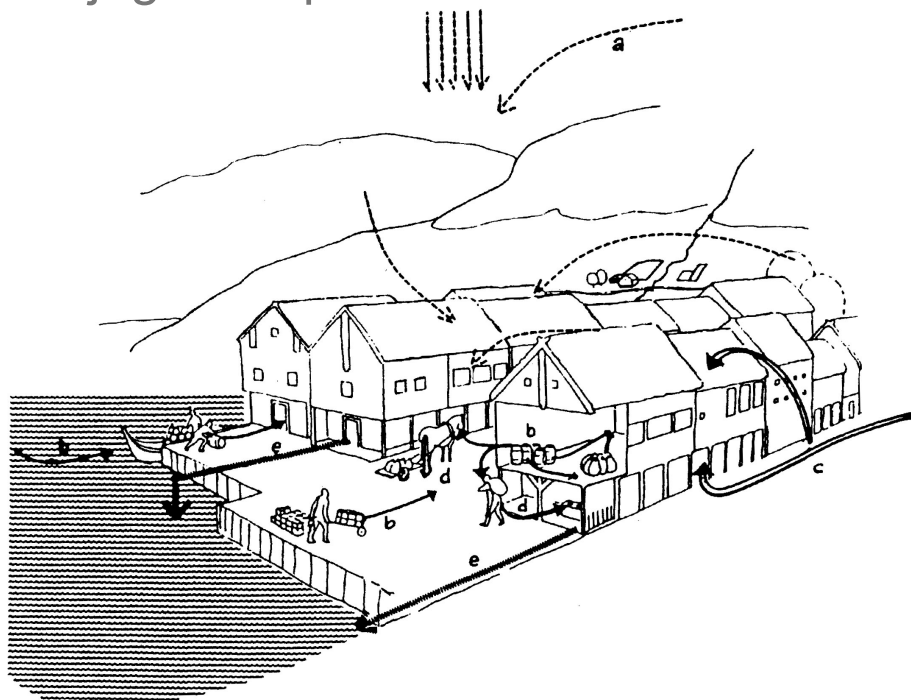


FIGURE 4.9 Pollen transport model for an urban shore settlement: (a) air transport, "pollen rain"; (b) with goods; (c) brought in with soil on floors and turf on roofs; (d) excreta from inhabitants and domestic animals; (e) redeposition of refuse (from Faegri *et al.* 1989:198).

Zračnega transporta je pri fitolitih bistveno manj kot pri pelodu.

Tafonomija

V arheoloških kontekstih večina fitolitov izvira iz rastlin, ki so jih na najdišče prinesli ljudje in se odlaga neposredno v kulturno plast, zato so dober indikator uporabe rastlin na arheološkem najdišču.

Lahko so prisotne tudi ruderalne rastline, ki so rastle v naselju ali njegovi neposredni bližini.

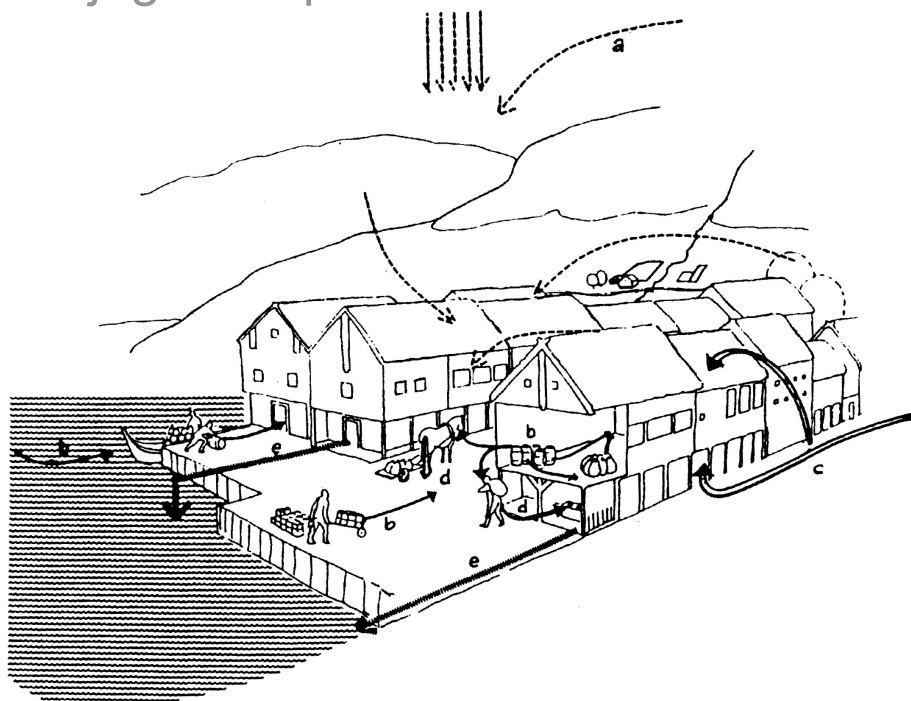


FIGURE 4.9 Pollen transport model for an urban shore settlement: (a) air transport, "pollen rain"; (b) with goods; (c) brought in with soil on floors and turf on roofs; (d) excreta from inhabitants and domestic animals; (e) redeposition of refuse (from Faegri *et al.* 1989:198).

Število fitolitov je odvisno od intenzivnosti uporabe rastlin na najdišču.

Za razliko od karboniziranih makrofosilov, kjer gre za naključno karbonizacijo, se fitoliti dobro ohranijo, le pri temperaturah nad 500°C zgorijo (izjemoma preživijo 1000°C).

Zračnega transporta je pri fitolitih bistveno manj kot pri pelodu.

Kaj vse vpliva na interpretacijo fitolitskih arheoloških in paleoekoloških zapisov (združb)?

Produkcija, morfologija in taksonomija

- Samo nekatere vrste/družine tvorijo fitolite, zato so nekatere rastline preveč/premalo zastopane glede na naravno vegetacijo

Podzemeljski gomolji pogosto ne tvorijo fitolitov (in peloda), običajno niso karbonizirani, zato so take rastline paleobotanično lahko 'nevidne'.

Banana, na primer, skoraj nima semen in diagnostični fitoliti prihajajo iz listov (in semen), ne pa iz sadeža. Kultivacija > manj fitolitov semen.

- Različne rastline lahko tvorijo enake fitolite.
- Ista rastlina lahko tvori različne fitolite v različnih delih rastline (n. pr. listi, plodovi).
- Za razliko od peloda se da fitolite včasih bolj natančno določiti (možno je, n.pr. ločiti pšenico od ječmena).

Kaj vse vpliva na interpretacijo fitolitskih arheoloških in paleoekoloških zapisov (združb)?

Produkcija, morfologija in taksonomija

- Samo nekatere vrste/družine tvorijo fitolite, zato so nekatere rastline preveč/premalo zastopane glede na naravno vegetacijo

Podzemeljski gomolji pogosto ne tvorijo fitolitov (in peloda), običajno niso karbonizirani, zato so take rastline paleobotanično lahko 'nevidne'.

Banana, na primer, skoraj nima semen in diagnostični fitoliti prihajajo iz listov (in semen), ne pa iz sadeža. Kultivacija > manj fitolitov semen.

- Različne rastline lahko tvorijo enake fitolite.
- Ista rastlina lahko tvori različne fitolite v različnih delih rastline (n. pr. listi, plodovi).
- Za razliko od peloda se da fitolite včasih bolj natančno določiti (možno je, n.pr. ločiti pšenico od ječmena).

- Pri paleoekoloških raziskavah je možno identificirati posamezne rastlinske skupnosti, na primer različne travnike, odprte gozdove, borealne in tropske gozdove.
- Veliko vrst, predvsem v Afriki, še ni bilo raziskanih, dobro pa poznamo sledeče kulturne rastline: pšenica, ječmen, koruza, azijski riž, banane, buče
- V predelih, kjer klima ni aridna (n.pr. Nova Gvineja, tropska Amerika, subtropska J Amerika) je ohranjenost posušenih rastlinskih makrofosilov slaba; tu so analize fitolitov dale največ informacij o domestikaciji.

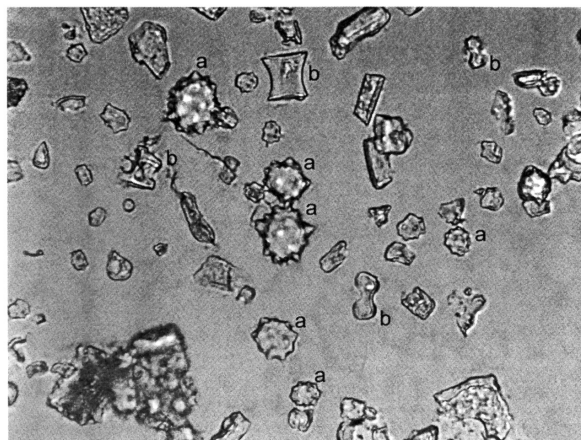


Figure 6.1a. A modern phytolith assemblage from soils underneath palm forest containing some grass cover in southern South America. Phytoliths are predominantly from (a) palms and (b) grasses, with palms predominating (in this and subsequent photographs of modern phytolith assemblages, not all the phytoliths are labeled). Courtesy of Jose Iriarte.

gozd v katerem
prevladujejo
palme,

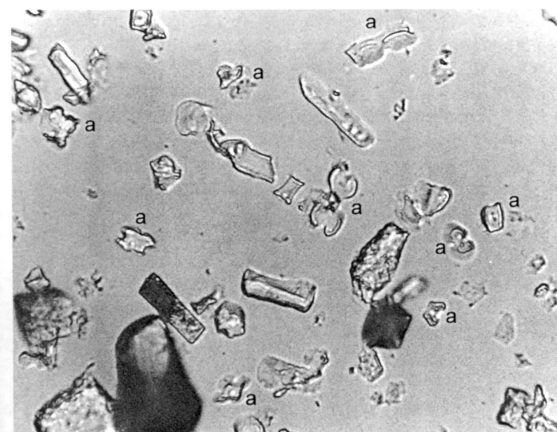


Figure 6.1b. A modern phytolith assemblage from soils underneath subtropical grassland dominated by Panicoid grasses from the same region of southern South America shown in Figure 6.1a. In contrast to Figure 6.1a, the phytolith assemblage is dominated by grass phytoliths (a), and these are mostly of the Panicoid type. Thus, modern phytolith records from contiguous areas with different plant dominants reflect well the prevailing vegetation. Courtesy of Jose Iriarte.

subtropski
travnik

Pri kakšnih raziskavah se uporablja analiza fitolitov?

Paleoekološke raziskave

Raziskave fitolitov trav > paleoklimatske študije v aridnih predelih:

- Panicoideae (C3 fotosinteza, tropi)
- Chloridoideae (C4 fotosinteza, savane, aridna klima)

Dodaten paleoklimatski indikator so tudi meritve deležev ogljikovih izotopov ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) v teh fitoliti.

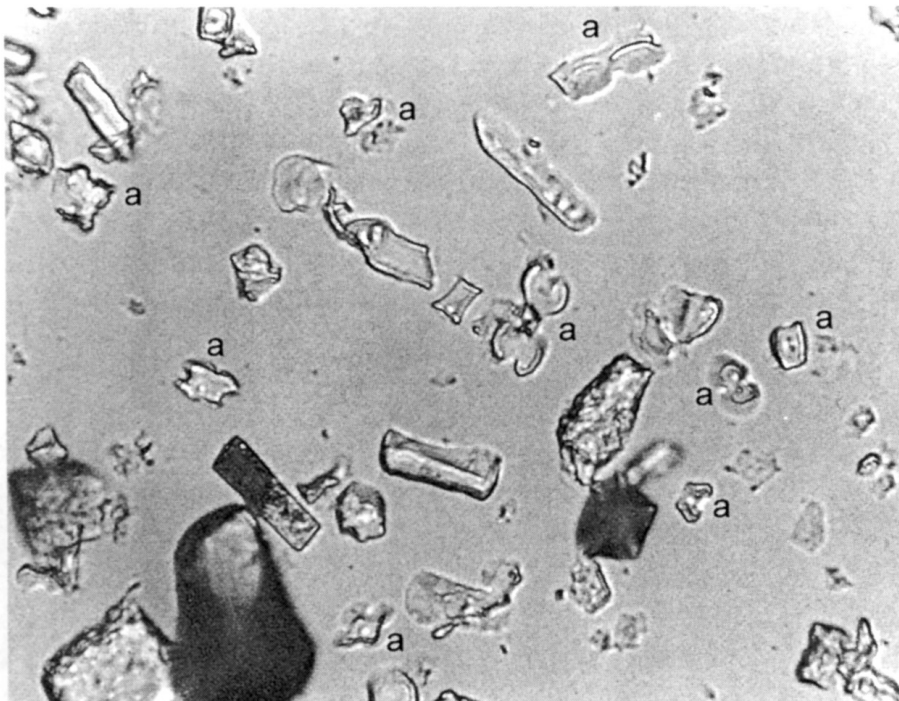


Figure 6.1b. A modern phytolith assemblage from soils underneath subtropical grassland dominated by Panicoid grasses from the same region of southern South America shown in Figure 6.1a. In contrast to Figure 6.1a, the phytolith assemblage is dominated by grass phytoliths (a), and these are mostly of the Panicoid type. Thus, modern phytolith records from contiguous areas with different plant dominants reflect well the prevailing vegetation. Cc

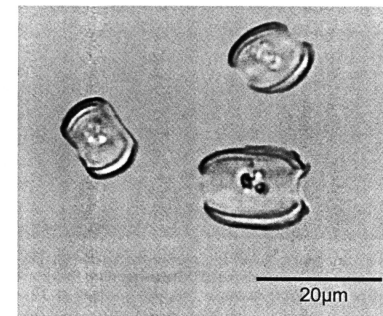


Figure 2.1c. Chloridoideae saddle-shaped phytoliths from *Chloris ciliata*. The two phytoliths on the right are "squat saddles."

Proučevanje evolucije trav, razvoj savan, step in travnikov zmernih pasov ter razvoj C4 fotosintetskega cikla.



Razvoj nekdanje vegetacije

Ločimo različne tipe travnikov:

- trave savan z visoko travo bolj hladnih in humidnih področij
- savane s kratko travo aridnih področij
- različne tipe prerij v S Ameriki

C3 vs. C4 fotosinteza, nekateri tovrstne raziskave celo uporabljajo za rekonstrukcijo nekdanje klime.

V bolj suhih, savanskih predelih tropske Afrike in Amerike z analizo fitolitov lahko ločimo travnike od gozda in spremembe v deležu dreves/grmov/trav skozi čas.

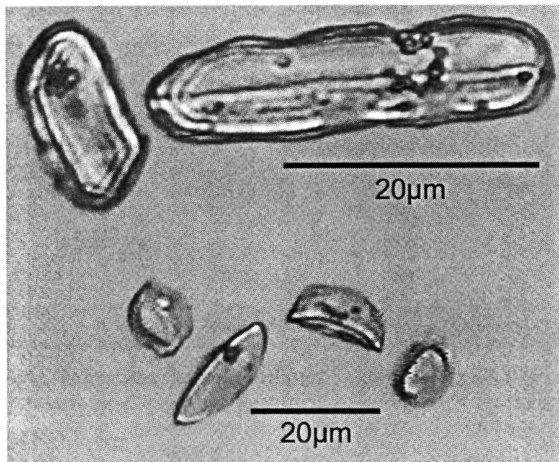


Figure 2.1d. Pooidae wavy trapezoids (the two phytoliths on the top) and rondel phytoliths (group at bottom) from *Bromus brevis* and *B. carinatus*.

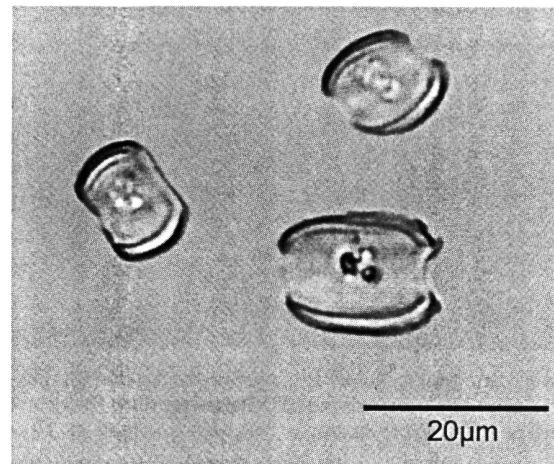


Figure 2.1c. Chloridoideae saddle-shaped phytoliths from *Chloris ciliata*. The two phytoliths on the right are "squat saddles."

Vloga fitolitov pri paleoekološki rekonstrukciji

Podobno kot s pelodom tudi s pomočjo analize fitolitov lahko proučujemo:

- razvoj nekdanje vegetacije (n.pr. rekonstruiramo tip nekdanje vegetacije: tropski gozd, sladkovodno močvirje) in
- vpliv človeka na okolje (vidno je izsekavanje/požiganje tropskega gozda za potrebe prazgodovinskega poljedelstva).



Vpliv človeka na okolje

V tropskih predelih je človekov vpliv na okolje (izsekavanje in požiganje gozda) lepo viden že v zgodnjem holocenu, čeprav arheoloških najdišč niso našli (ni keramike, stalnih bivališč, zato je arheološko najdišče v tropskem gozdu zelo težko najti)

Prisotnih je veliko fitolitov, značilnih za odprte površine trave (šaši, bambus in druge tropske rastline).

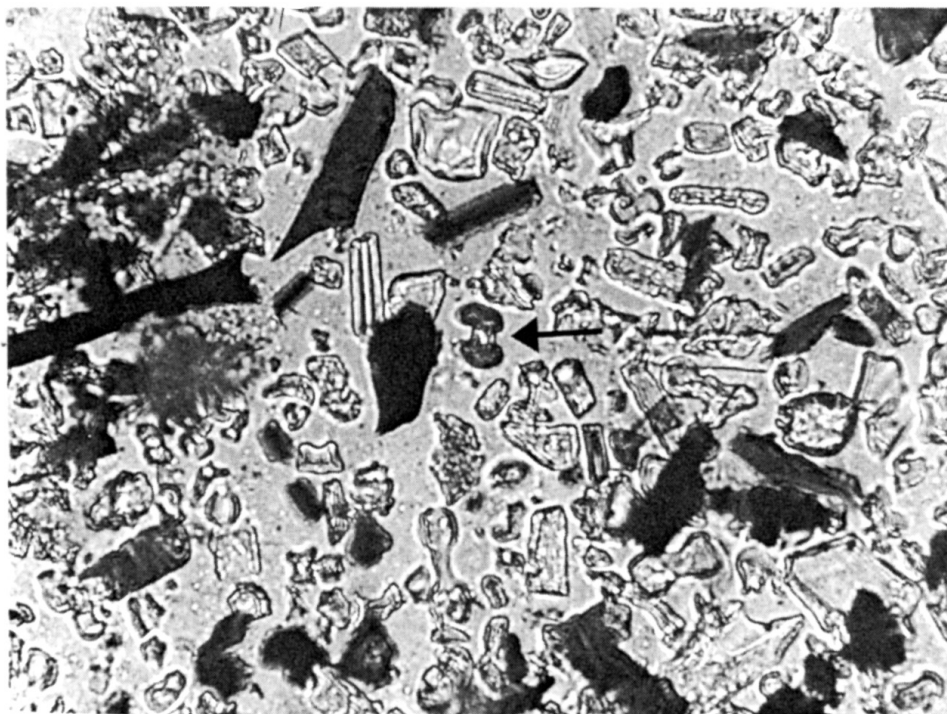


Figure 6.1f. A modern phytolith assemblage from soils underneath a field under slash and burn cultivation in Panama. Note the dominance of grass (nonbamboo) phytoliths, burned phytoliths (arrow points to a burned bilobate in the center), and heavy presence of charcoal.

Identifikacija fitolitov bambusa (ki ga lahko ločimo od negozdnih trav) je pomembna **za tropske predele**, kjer **je porast bambusa indikator za človekov vpliv** ter izsekavanje/požiganje gozda.

Moderne združbe fitolitov v vzorcih, pobrani s tal tropskega gozda v porečju Amazonke in pod palmovim gozdom južnega dela J Amerike.

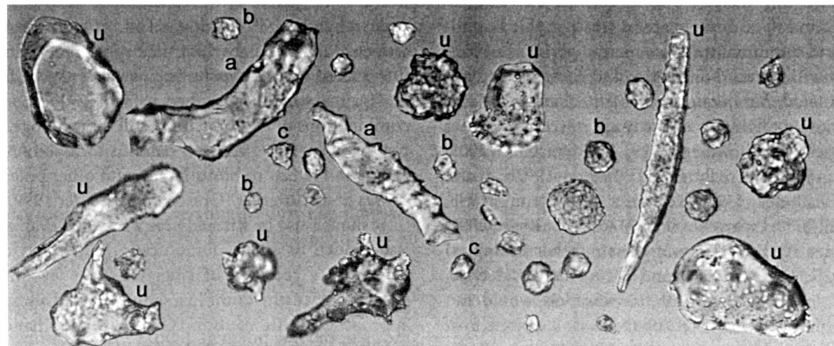


Figure 6.1e. A modern phytolith assemblage from soils underneath tropical evergreen forest in the central Amazon Basin. Note again how the types and proportions of phytoliths differ from those in Figure 6.1c and d, reflecting the differing species composition of this forest, including in its understory, where few grasses of any kind grow. There are a greater number of unknown phytoliths than in forests from Panama, where modern reference collections are larger: (a) various types of sclereids from trees and shrubs, (b) palms, (c) spherical verrucate, (u) unknown and highly diagnostic from trees and shrubs.

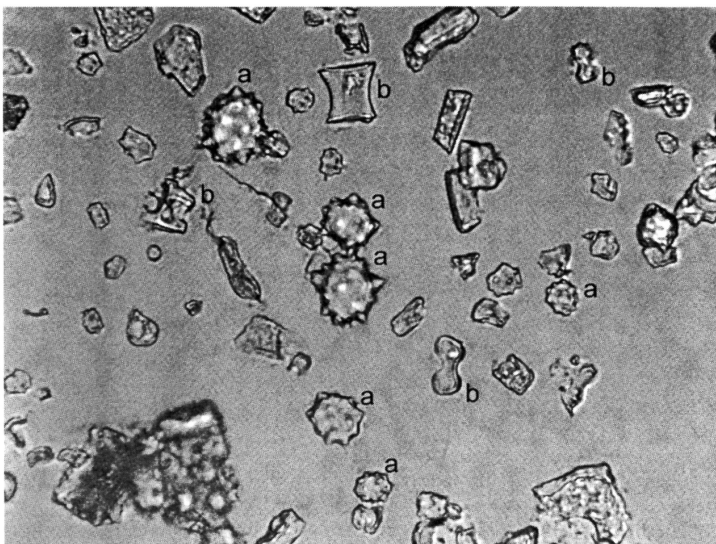


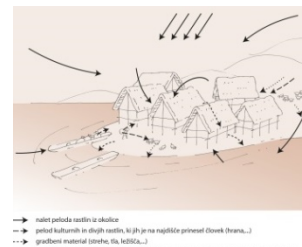
Figure 6.1a. A modern phytolith assemblage from soils underneath palm forest containing some grass cover in southern South America. Phytoliths are predominantly from (a) palms and (b) grasses, with palms predominating (in this and subsequent photographs of modern phytolith assemblages, not all the phytoliths are labeled). Courtesy of Jose Iriarte.



Vloga fitolitov pri arheološki rekonstrukciji

Raziskave fitolitov nam lahko dajejo informacije o:

1. Izvoru in razširitvi kulturnih rastlin in razvoju poljedelskih sistemov
2. Absolutni kronologiji kultivacije rastlin
3. Uporabi in dostopnosti divjih rastlin
4. Funkciji keramike in kamnitih orodij
5. Povezavi med tehnologijo, ekonomijo in socialno organizacijo
6. Značilnostih pokrajine okrog arheološkega najdišča in vplivu človeka na okolje



Fitoliti kultiviranih rastlin in njihovih divjih prednikov

Koruza (*Zea mays*) in teosinta (*Zea mays* subsp. *Parviglumis*)

Nekoč je prevladovalo mnenje, da so koruzo kultivirali na suhem mehiškem višavju c. 5400–4700 uncal. BP (suhi storži).

Danes na osnovi analize fitolitov in škrobnih zrn (z žrmelj) menijo, da je do domestikacije prišlo v 7. tisočletju uncal. BP v vlažni, tropski JZ Mehiki, kjer se rastlinski makrofosili (storži) niso ohranili.

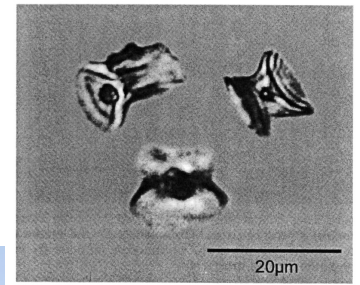


Figure 3.5c. Rondel phytoliths from a maize cob (race Caniguil). The phytolith on the upper left is a spooned rondel. Reprinted from Piperno and Pearsall (1993a) with permission from Elsevier.



Buče (Cucurbita)

Fitolitov je veliko v vseh delih rastline, še zlasti v plodovih. Odlaganje fitolitov in lignina na meji med epidermisom in mesocarpom je genetsko kontrolirano.

Fitoliti rastlino branijo pred rastlinojedi in glivami, z napredovanjem domestikacije je v bučah vse manj fitolitov, ki so vse večji.

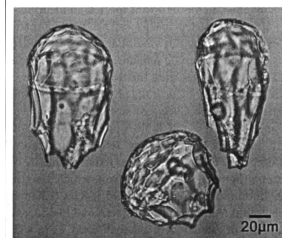


Figure 7.2. Phytoliths from *Cucurbita moschata* isolated from a rind fragment from the preceramic Pampa Site in coastal Peru. They are identical to modern phytoliths from this species.



Divjo bučo so v obalnih predelih Ekvadorja uporabljali okrog 11000-10000 uncal. BP, kultivirali so jo domnevno že okrog 9300 uncal. BP (AMS datiranje fitolitov buč).

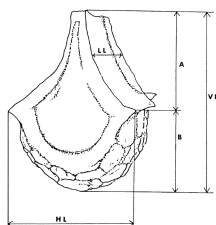


Figure 3.9d. How *Oryza* bulliform phytoliths are measured to carry out discriminant function analysis. Reprinted from Fujiwara (1993) with permission from the Museum of Applied Science Center (MASCA), University of Pennsylvania Museum.

Riž (*Oryza sativa*)

Dve podvrsti:

- 'japonica' (azijski riž, prilagojen na zmerno in tropsko klimo) in
- 'indica' (prilagojen na tropsko klimo).

Kultivacija riža 'japonica' verjetno v zgodnjem holocenu v J Kitajski. Podvrsta 'indica' je bila verjetno kultivirana v JV Aziji.



Kitajska

Verjetno **dva centra kultivacije**:

- **subtropsko področje srednje Yangtze reke J Kitajske** (azijski riž: *Oryza sativa* subsp. *Japonica*) in
- **zmerno območje Rumene reke na severu** (proso, *Panicum miliaceum* in *Setaria italica*) okrog 8000–7000 BP

V času pred c. 12000 uncal. BP divjega riža verjetno niso nabirali; na prehodu v holocen je klima postala vlažnejša in toplejša, to pa so boljše naravne možnosti za uspevanje riža.

JV Azija in Melanezija



Banane (*Musa sp.*) izvirajo iz V Azije in Avstralije, šele kasneje so prišle v Afriko.

Kultivacija – zapleteno vprašanje...

Razširjene na širokem področju JV Azije in Oceanije, vključno z Novo Gvinejo, verjetno so kultivirali več različnih divjih vrst.

Morda so bile kultivirane v višavju Nove Gvineje?



Afrika



Slabo raziskano, tu od kulturnih rastlin v naravi uspevajo afriški riž, lubenice, proso.

Banane niso avtohtone, najzgodnejše so našli na arheoloških najdiščih, datiranih 2500 BP.

JZ Azija

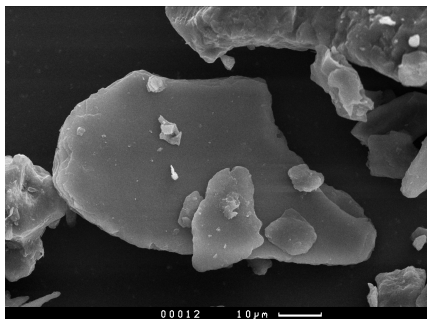


V mousterienskih plasteh najdišča Tor Faraj v JZ Jordaniji so našli veliko fitolitov trav, verjetno so jedli semena trav.

Na natufskih arheoloških najdiščih (pozni epipaleolitik, c. 12500-1100 uncal. BP) v Siriji, Izraelu in Jordaniji so na žrmljah in srpih našli ostanke fitolitov trav, ki se jih ni dalo določiti do vrste natančno.

Na neolitskih arheoloških najdiščih (n. pr. PPN A, 10300-9500 uncal. BP) je makrofosilov kultiviranih žitaric malo, več je fitolitov, tudi trsja in palm (informacije o gradbenih materialih in materialih za izdelavo košar).

Nekateri raziskovalci lahko ločijo med fitoliti pšenice in ječmena.



Fitolit trsja, foto A. Golyeva

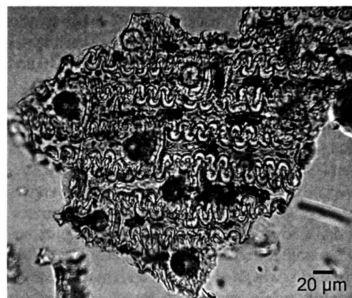


Figure 7.3a. An articulated aggregation of glume phytoliths from wheat from the site of Catal Höyük. Courtesy of Arlene M. Rosen.

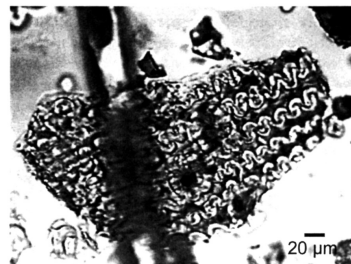
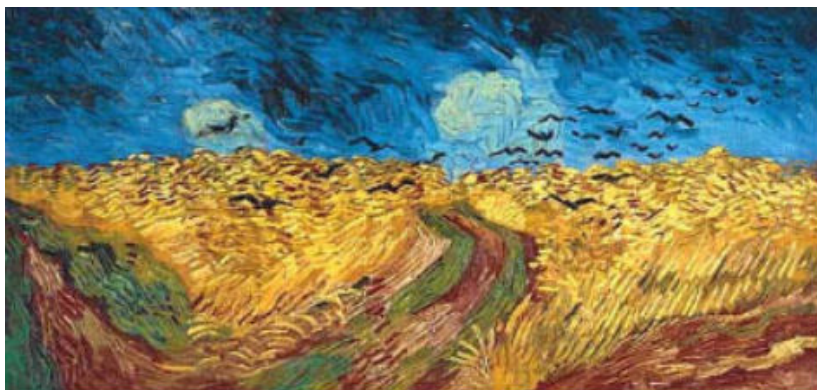


Figure 7.3b. An articulated aggregation of glume phytoliths from barley from the site of Catal Höyük. Courtesy of Arlene M. Rosen.

Fitoliti pšenice in ječmena

Začetki poljedelstva in kultivacija rastlin, načini gojenja in uporaba kulturnih rastlin.



V zadnjem času raziskovalci s pomočjo analize fitolitov proučujejo, ali so žitarice v Catal Hüyük (Turčija) gojili na navadnih ali namakanih poljih.

Načini mlatenja slame, če so jo rezali z rezili, potem so ti rezi vidni tudi na fitolilih, npr. na zgodnjeneolitskih najdiščih v Siriji ca. 8500 uncal. BP.



Pšenica (*T. monococcum*, *T. dicoccum*, *T. aestivum*) in **ječmen** (*Hordeum vulgare*)

Največ fitolitov je v ovojnicah semen.

Lahko ločimo pšenico od ječmena in različne vrste pšenice, težje pa je ločiti divje od kultiviranih.

Potrebno bi bilo proučiti veliko divjih trav iz najrazličnejših geografskih področij.

Bodoče raziskave – dela ne bo zmanjkalo!

Dosedanje raziskave so potekale predvsem v tropskih razmerah (npr. v Ameriki), manj raziskav pa je bilo opravljenih na področju zmerne klime.

Podrobnejše taksonomske raziskave in ustvarjanje referenčnih zbirk bo potrebno tudi v Evropi, kjer je trenutno samo c. 20 raziskovalcev, ki se ukvarjajo z analizo fitolitov.

Najmočnejši centri so v Španiji, Veliki Britaniji, Franciji, Rusiji in Nemčiji.



Analize stabilnih izotopov za rekonstrukcijo nekdanje klime v fitolitih.

Je DNA v fitolitih ohranjena in kdaj jo bodo prvič uspeli izolirati?

Viri fotografij in risb:

Maja Andrič, Aleksandra Golyeva, Tamara Korošec, splet,

Pearsall, D. M. 2000. Paleoethnobotany. A Handbook of Procedures. London,

Piperno, D. R. 1988. Phytolith analysis: An archaeological and geological perspective. San Diego.

Piperno, D. R. 2006. Phytoliths. A comprehensive guide for archaeologists and palaeoecologists. Oxford.



Naslednje predavanje: Arheobotanika , predavateljica dr. Tjaša Tolar