

# Geologija mora

## Morska razina, obale i njihove promjene (7)

Mladen Juračić, Geološki odsjek PMF-a,  
Sveučilište u Zagrebu, 2013/14

# Morska razina

- Zašto je važna morska razina (*nivo mora*)?
- To je ploha iznad koje prevladavaju procesi erozije/trošenja stijena, a ispod koje preteže akumulacija sedimenata.
- Morska razina određuje položaj **obale**. To je granica između tri osnovna (Aristotelova) elementa vode, čvrstoga tla i zraka.



# Obala

- **Obala i obalno područje** neobično je važno zbog dodira ta tri elementa.
- U toj su zoni **fizički** i **kemijski procesi** i promjene vrlo intenzivni, to je **biološki** vrlo važna zona (zona hranjenja mnogih organizama, zona velike primarne produkcije ali i područje mriješta raznolikih organizama).
- Obale su **nestabilne** i **promjenljive** radi interakcije s visokoenergetskim valovima, zbog djelovanja plime i oseke, struja, donosa sedimenata, a u duljem vremenskom slijedu radi sekularnih **promjena morske razine**.

# Obala

- Antropogeno gledano obale su važne radi transporta, rekreacije ljudi.
- To je i zona intenzivnog onečišćavanja (većina ljudi danas živi na ili uz morske obale, najveći su gradovi na obalama, u estuarijima).
- Obala je ekonomski važna pa se čuva i održava.



Naftna mrlja u ušću rijeke Hudson između Staten Island-a, N.Y., lijevo i New Jersey-a nakon uragana Sandy (1.11.2012.)

<http://maritime-executive.com/article/greenpeace-update>

Copyright unknown



# Obala i obalna zona

**Obala** je područje čvrste podloge koje je za plime (visoke vode) pod morem, a za oseke (niske vode) na suhome (eulitoral, intertajdal). Duljina obala na Zemlji iznosi oko 440 000 km.

Što je obalna crta i kako se određuje?



# Obala i obalna zona

- **Obalna zona** prostire se u vrlo širokom pojasu od ruba šelfa do obalne ravnice (uključuje supra i infra litoral, sublitoral).
- Pasivni oceanski rubovi s niskim reljefom → široke obalne zone;
- Aktivni oceanski rubovi → visoki reljef i uski obalni pojas.
- Djelomice će i **klima** uvjetovati morfologiju i širinu obalne zone. Npr. ledenjaci će uvjetovati stvaranje fjordova; jako trošenje stijena, donos velikih količina materijala te širenje obalne zone. U tropima na mjestima gdje nema terigenog donosa razvijat će se koraljni grebeni koji će također širiti obalnu zonu.



# Promjene morske razine

- Morska razina određuje položaj obale pa slijedi da su promjene razine vrlo važne za proučavanje obala.
- *Promjene morske razine* u vremenu mogu biti globalne i regionalne.
- **Globalne** su one kod kojih dolazi do istovremene transgresije ili regresije na cijeloj Zemlji. To su **eustatske** promjene morske razine. Nastaju zbog promjene volumena vode u oceanskim prostorima, ili zbog promjene volumena oceanskog prostora.

# Promjene morske razine

- **Regionalne** promjene morske razine nastaju zbog spuštanja ili izdizanja pojedinih obalnih prostora, najčešće zbog regionalnih **tektonskih** poremećaja, uslijed slijeganja zbog kompakcije dijela šelfa, ili zbog izostatskog izravnavanja.

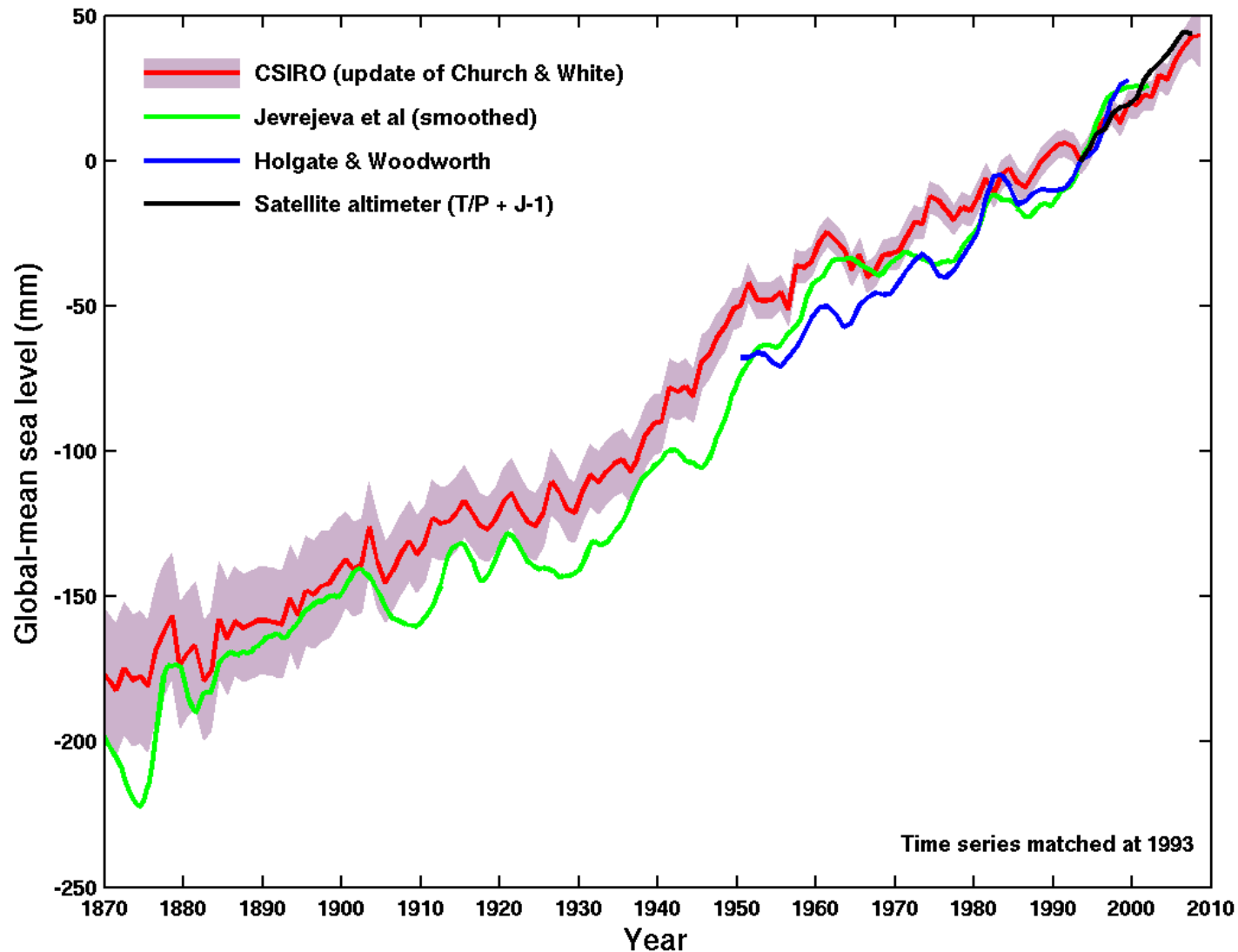


- **Položaj morske razine** vrlo je važan jer relativno malom promjenom morske razine veliki prostori šelfa bivaju potopljeni ili izranjaju. To može značajno utjecati na **klimu**, jer voda apsorbira znatno više sunčeve energije. Stoga će klima biti blaža (i toplija) kad je morska razina viša.
- Promjene morske razine su prema tome usko vezane uz **paleoklimatsku evoluciju**.
- **Stupanj erozije** kontinenata i ukupna sedimentacija u oceanima ovise također o morskoj razini. Erozijska baza će biti jača ukoliko je niža erozijska baza. Ukoliko je morska razina visoka širi šelfovi djelovat će kao zamka za terigene sedimente. Suprotno kad je morska razina nisko (bliže rubu šelfa) više terigenih sedimenata nakupljat će se na rubu slaza te će se češće transportirati mutnim strujama u dubokomorsko područje.
- Stoga su promjene morske razine u vremenu fundamentalne za geologiju.

# Uzroci promjena morske razine

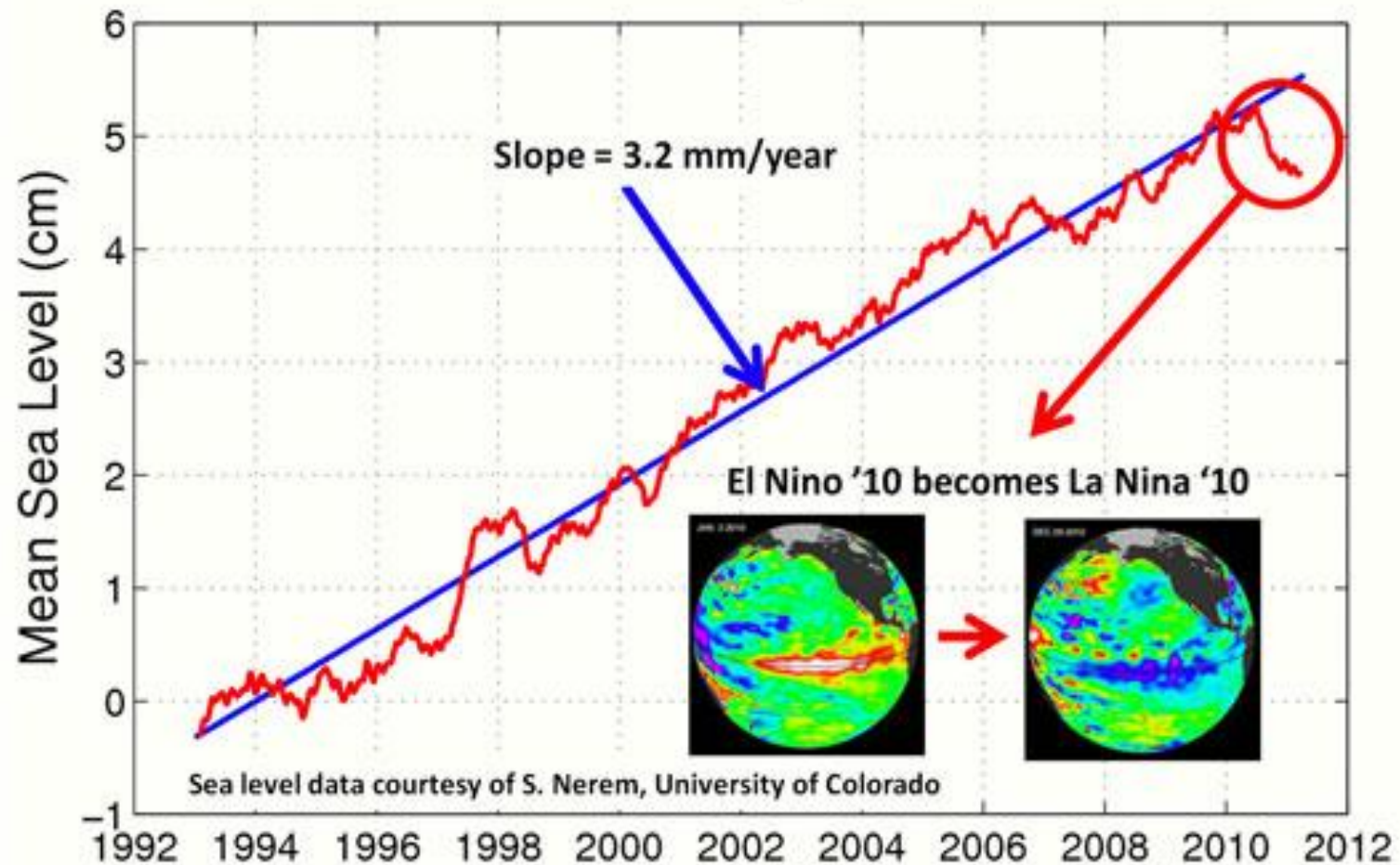
1. **Promjene volumena vode** u oceanima radi nakupljanje i otapanje leda na kopnu. Intenzivne i česte promjene u pleistocenu (zadnjih 2,56 Mg) .
  - Za cijeli pleistocen karakteristične su brze transgresije i polaganije regresije. Ova zadnja promjena očito ima značajan utjecaj na današnju morfologiju obala. Današnje su obale zapravo poplavljeni kontinentski paleoreljef u zonama gdje nema velikog donosa sedimenata.
  - Kakva je situacija s morskom razinom danas?
  - Lagani rast morske razine 1-2 mm/g. Prosječno 1,27mm/g. Smatra se radi **steričkih promjena** (promjena volumena vode radi zagrijavanja vode).



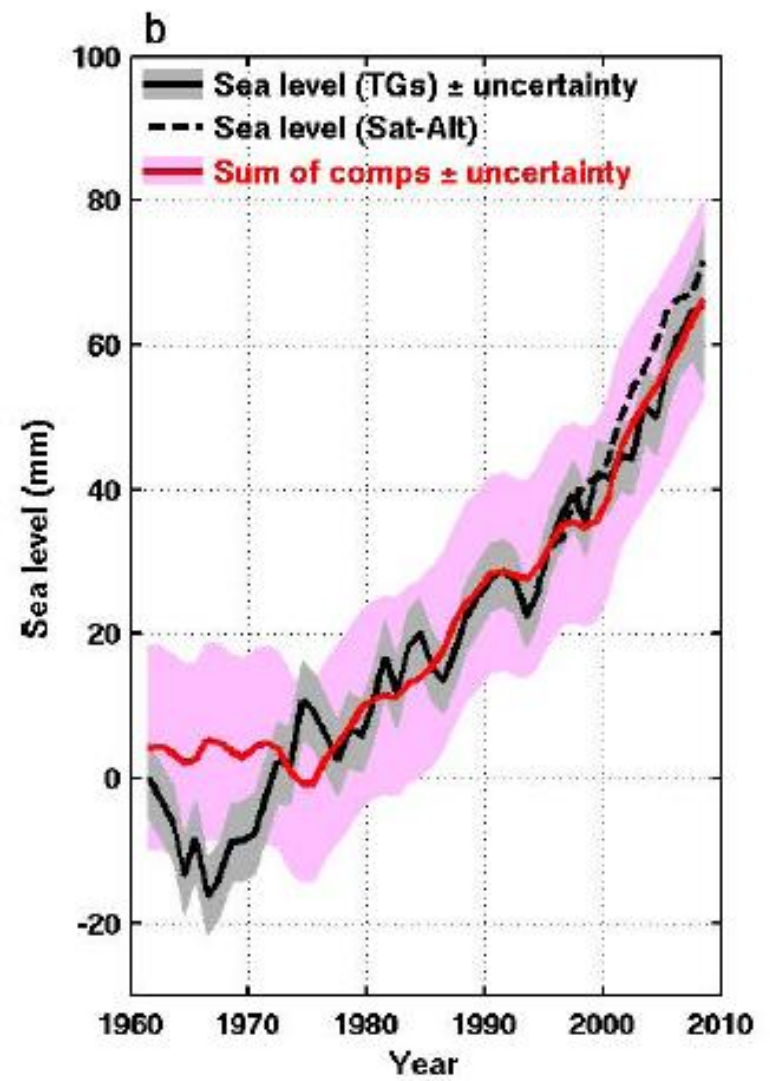
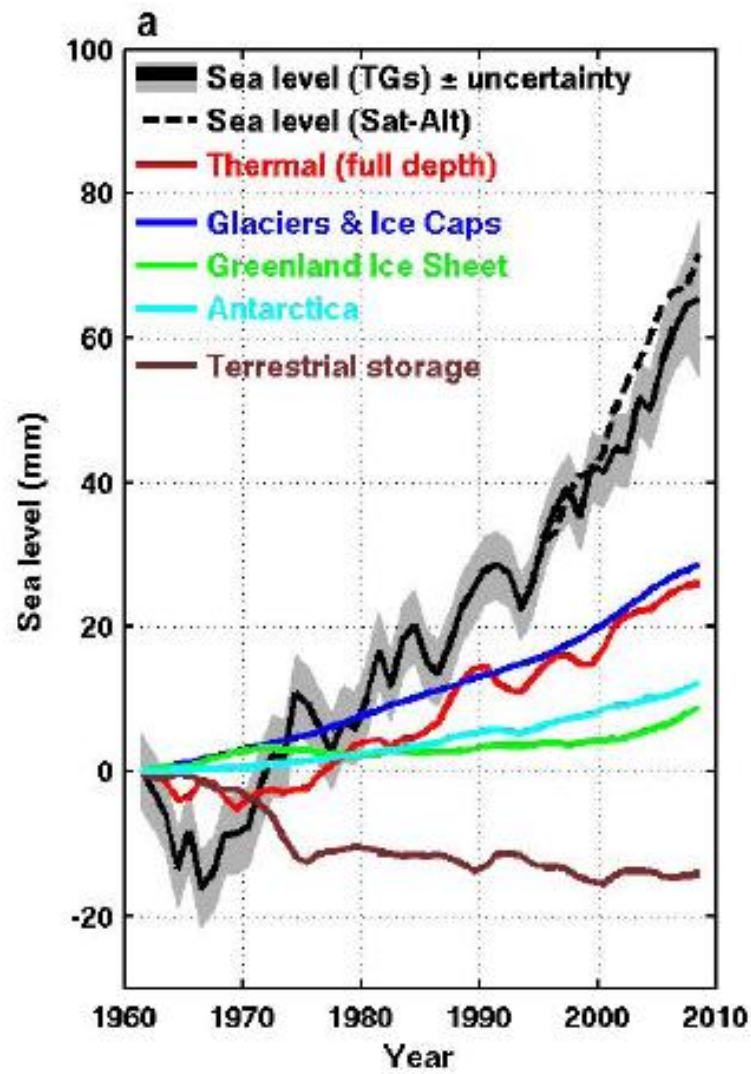


**'Global' Sea Curves from Different Authors**  
**All analyses use the PSMSL data set, Woodworth, 2011**

# Global Sea Level Drops 6 mm in 2010



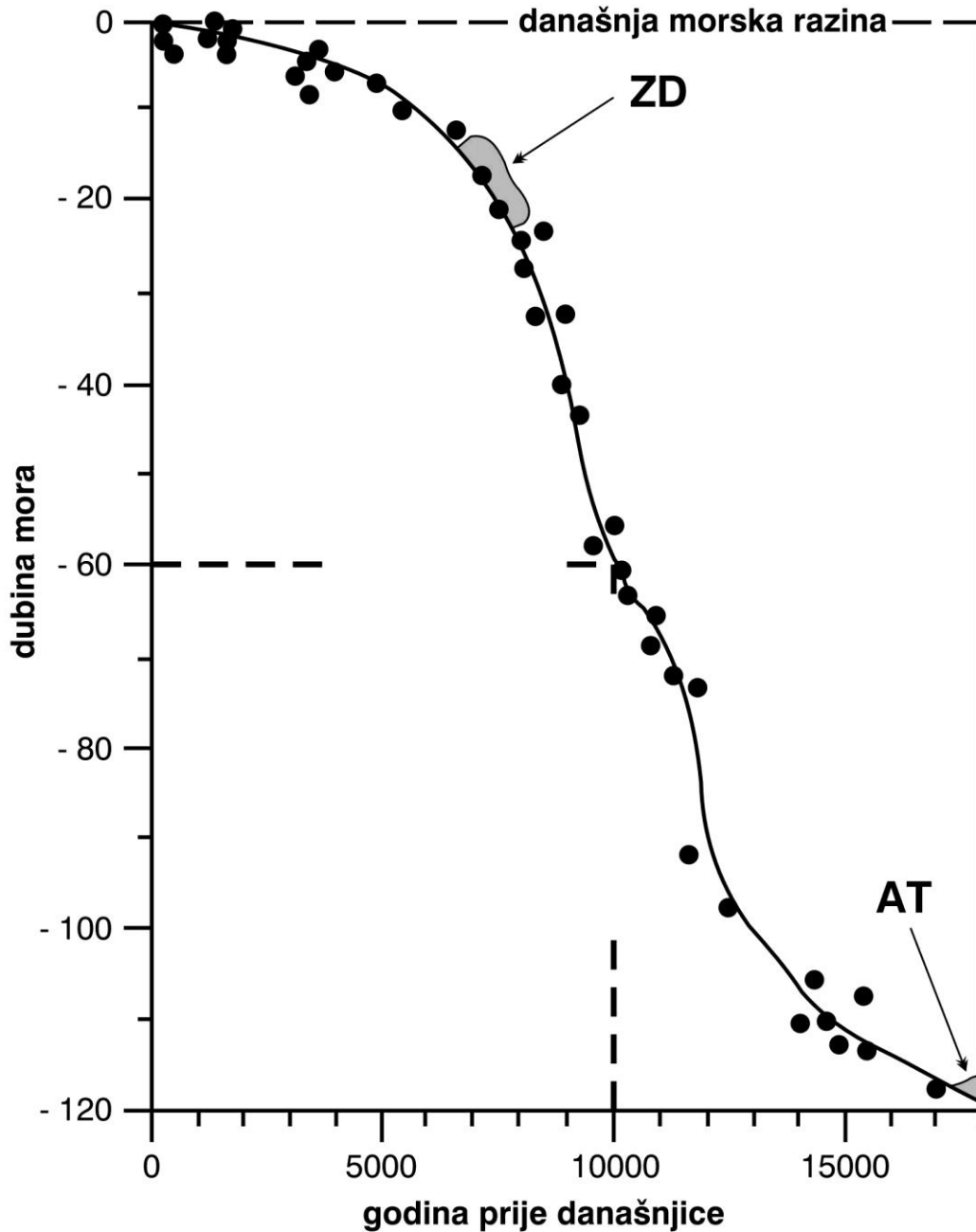




Church et al. 2011 (Geophysical Research Letters)

# Promjene morske razine

- Kasno-  
pleistocensko/  
holocenska  
transgresija  
(prema Fairbanks, 1989)



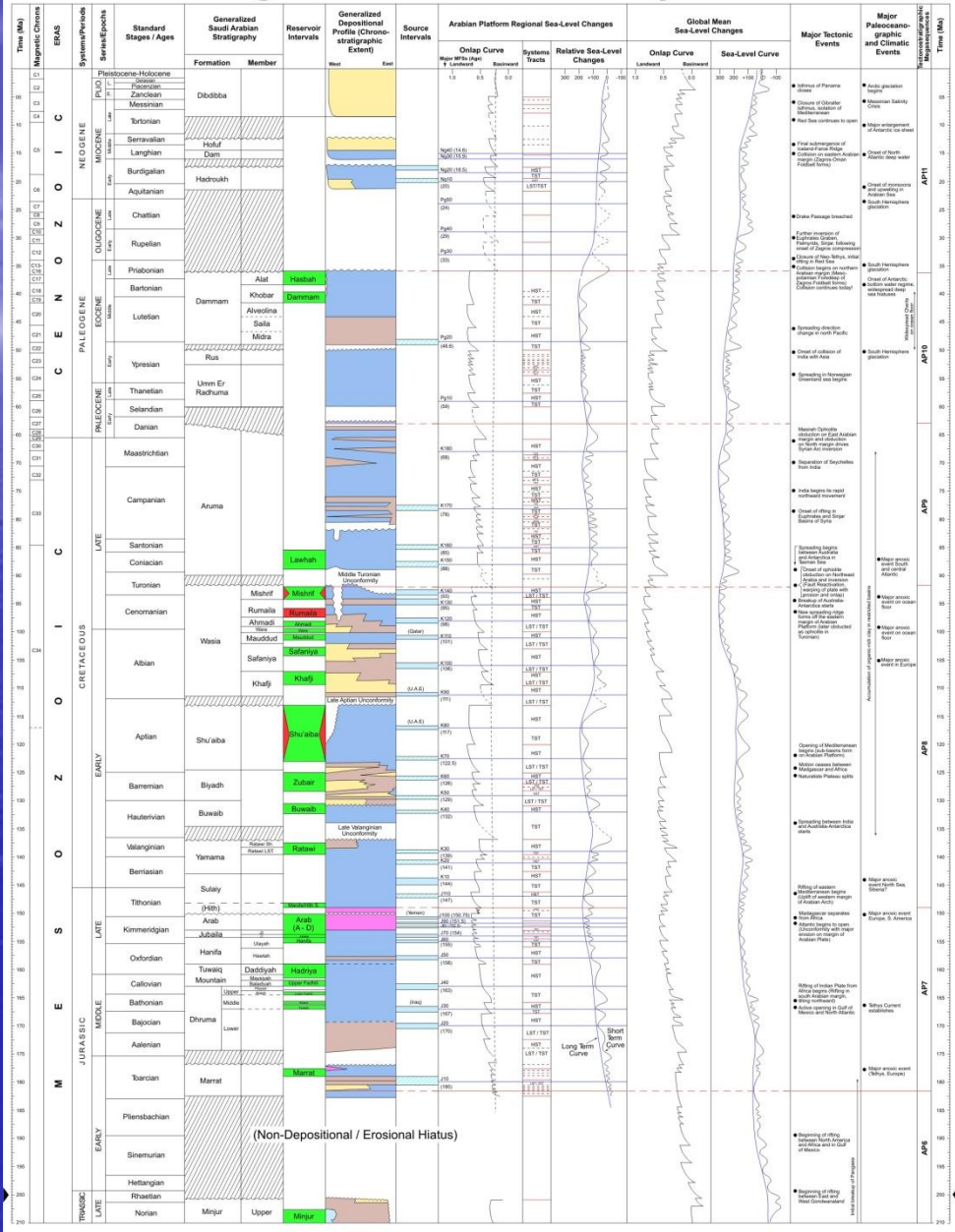


# Uzroci promjena morske razine

- 2) **Promjene volumena oceanskog prostora.** Već smo govorili o širenju oceanskih prostora na oceanskim hrptovima i tonjenju kore s udaljenošću od hrpta. To su velike i postupne promjene. Prosječna dubina oceana ovisi o brzini širenja na oceanskom hrptu. Ako je širenje brzo → imamo plitki ocean; ukoliko je širenje sporo → duboki ocean. Brže promjene oceanskih prostora vezane su uz stvaranje planina (subdukcijom se dio litosfere “nalijepi” na kontinent) ili još brže, npr. punjenje Mediterana krajem mesinija kad se u stotinjak godina razina svjetskog mora snizila za 10 m.

# Promjene morske razine tijekom mezozika i kenozoika

(Haq & Al-Quahtani, 2005)



**Legend:**

- Sandstone (Yellow)
- Shale (Brown)
- Evaporite (Pink)
- Carbonate (Blue)
- Oil Reservoir (Green)
- Gas Reservoir (Red)
- Unconformity (Dashed line)
- Major Tectonic Event (Vertical line)
- Major Paleogeographic and Climatic Event (Vertical line)
- Major Reservoir Interval (Horizontal bar)
- Major Source Interval (Horizontal bar)
- Major Sea-Level Change (Vertical line)
- Major Reservoir Interval (Horizontal bar)
- Major Source Interval (Horizontal bar)
- Major Sea-Level Change (Vertical line)

**Jurassic-Neogene Arabian Platform Cycle Chart**

**PHANEROZOIC CYCLES OF SEA-LEVEL CHANGE ON THE ARABIAN PLATFORM**

Scale: 1 cm = 10 Ma





# Uzroci promjena morske razine

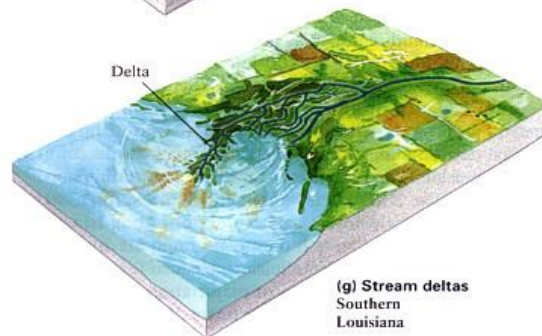
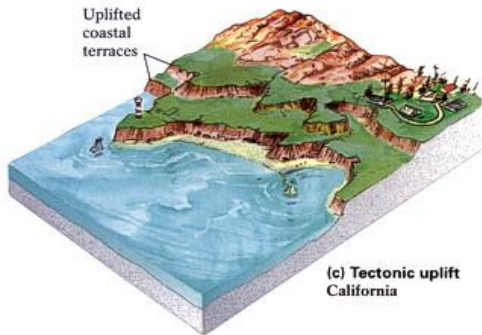
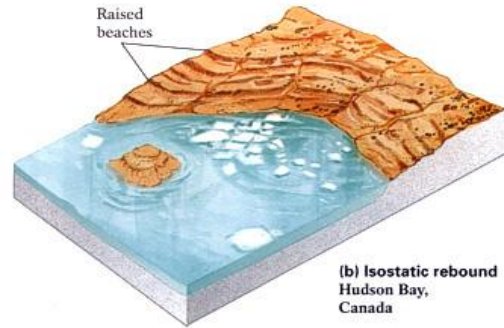
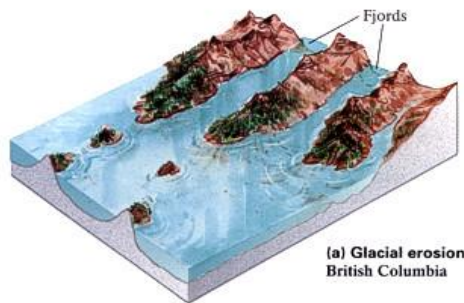
3) **Regionalne promjene** vezane su npr. uz izostatske promjene zbog olakšavanja Zemljine kore zbog otapanja ledenog pokrivača. U holocenu imamo regionalnu regresiju (spuštanje morske razine npr. u Skandinaviji jer se otopio led - izostatsko izdizanje). Regionalno tijekom globalne transgresije može doći do dodatnog spuštanja šelfa zbog težine nove vode. A u područjima deltnog nakupljanja sedimenata također dolazi do spuštanja dna (kopna) zbog nagomilavanja sedimenata - Mississippi, Nil, Ganges, Rajna, Po.

# Morfologija i procesi oblikovanja obala

Kako možemo obale razlikovati jedne od drugih? Više je mogućih kriterija:

- po izgledu: strme, visoke i blage, zaravnjenje;
- po sastavu: karbonatne i siliciklastične (karboklastične?);
- prema donošenju/odnošenju materijala: akumulacijske (progradacijske) i erozijske;
- prema promjeni morske razine: transgresijske i regresijske;
- prema prevladavajućim procesima: dominirane valovima, morskim mijenama ili donosom rijekama.





**Figure 18-23** Nonmarine processes that formed some of North America's primary coasts. **(a)** Glacial erosion produced the fjords of British Columbia. **(b)** Isostatic rebound after the North American ice sheet retreated uplifted the beaches of Hudson Bay, Northwest Territories. **(c)** Tectonic uplift produced the terraces of California. **(d)** The rising sea level "drowned" the coasts of Maine. **(e)** Carbonate reefs produce the organic coasts of the Hawai'ian Islands. **(f)** Mangrove stands extend the organic coast of southern Florida. **(g)** Stream deposition forms the deltaic coast of New Orleans.

Primjeri različitih tipova obala nastalih kombinacijom različitih procesa uz morsku obalu



Možete li pretpostaviti kakav je ovo tip obale?

Glaciofluvijalna delta Bransletta, Norveška s odlično očuvanim marinskim terasama.







A ovo?





Što ponekad izgleda ovako?  
(Shëngjin, Albanija)



Osnovna je razlika između visokih i niskih, te erozijskih i akumulacijskih obala



(a)



(b)

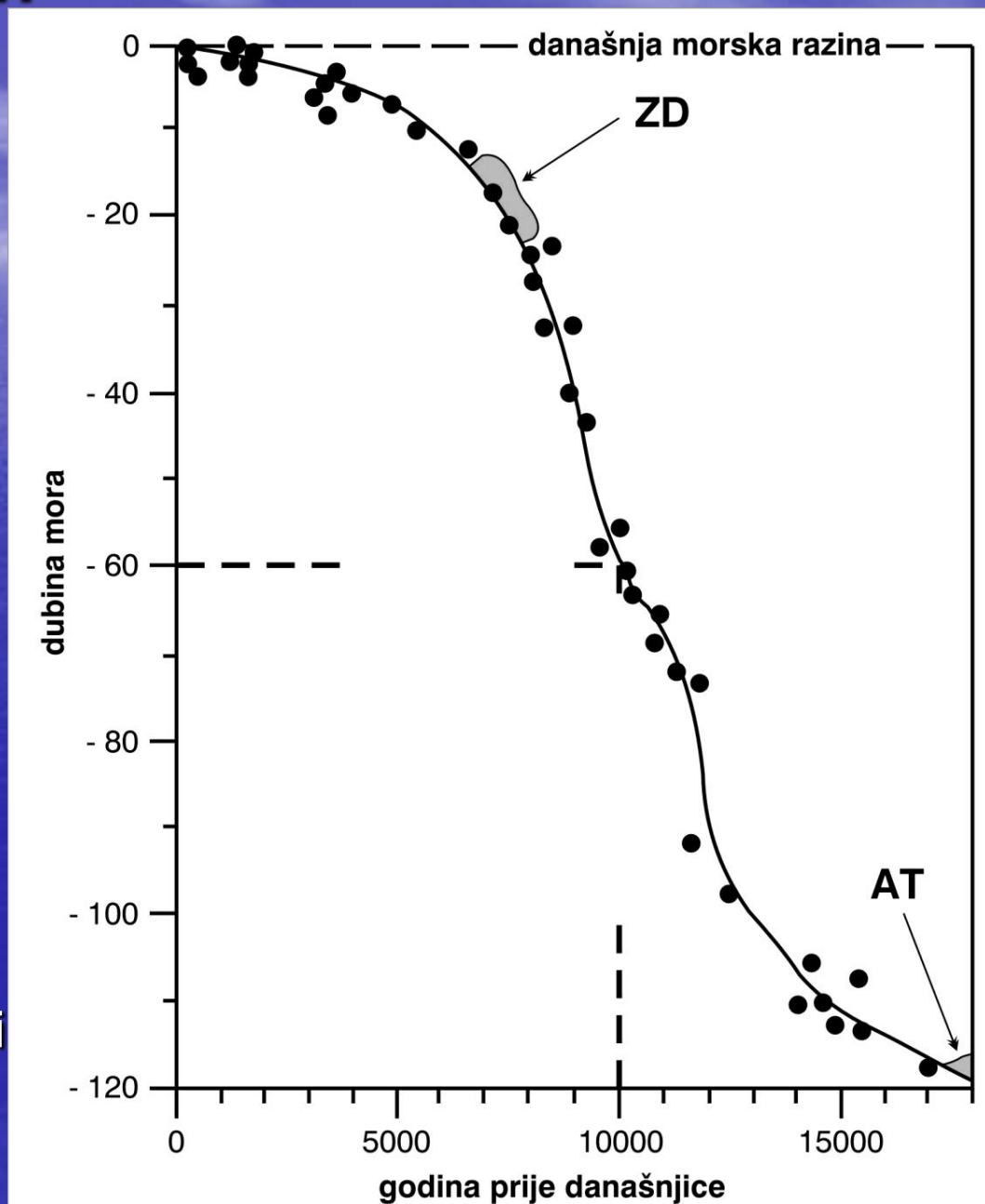
# Mladost obala

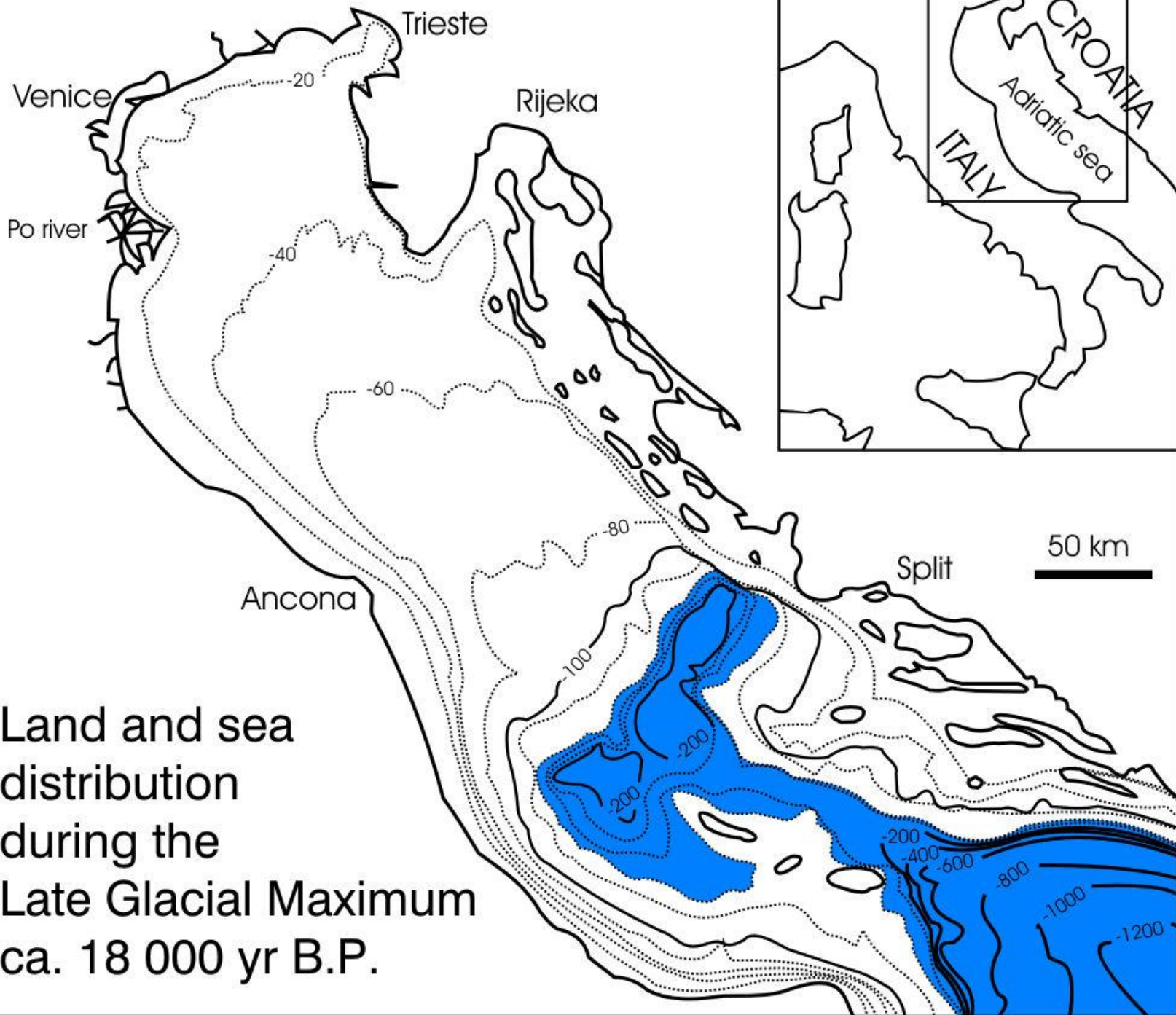
- Za razumijevanje obalnog reljefa valja imati na umu da su obale vrlo mlade. Efekti transgresije na obalnu morfologiju i sedimentaciju bili su raznoliki i značajni.
- Na obalama s blagim nagibom (nizinske obale, sjeverni Jadran) more je nadiralo vrlo brzo i do 100 m/a za vrijeme maksimuma transgresije (između 15.000 i 6.000 aBP).



# Vremenski okvir

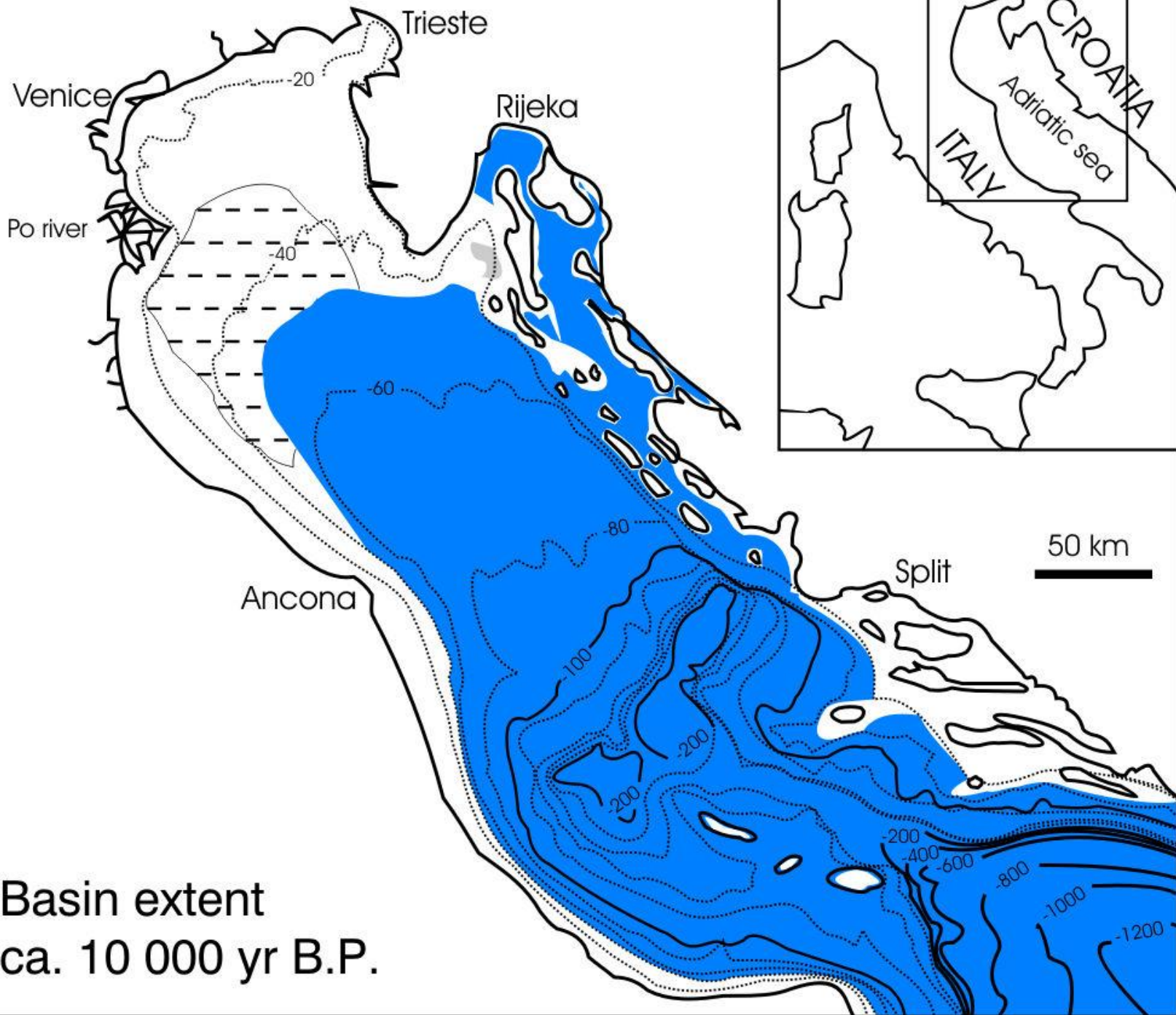
- Današnje obale su vrlo mlade: kasnopleistocensko-holocenska transgresija (prema Fairbanks, 1989)
- Primjer Jadrana (modificirano, prema Correggari et al., 1996)



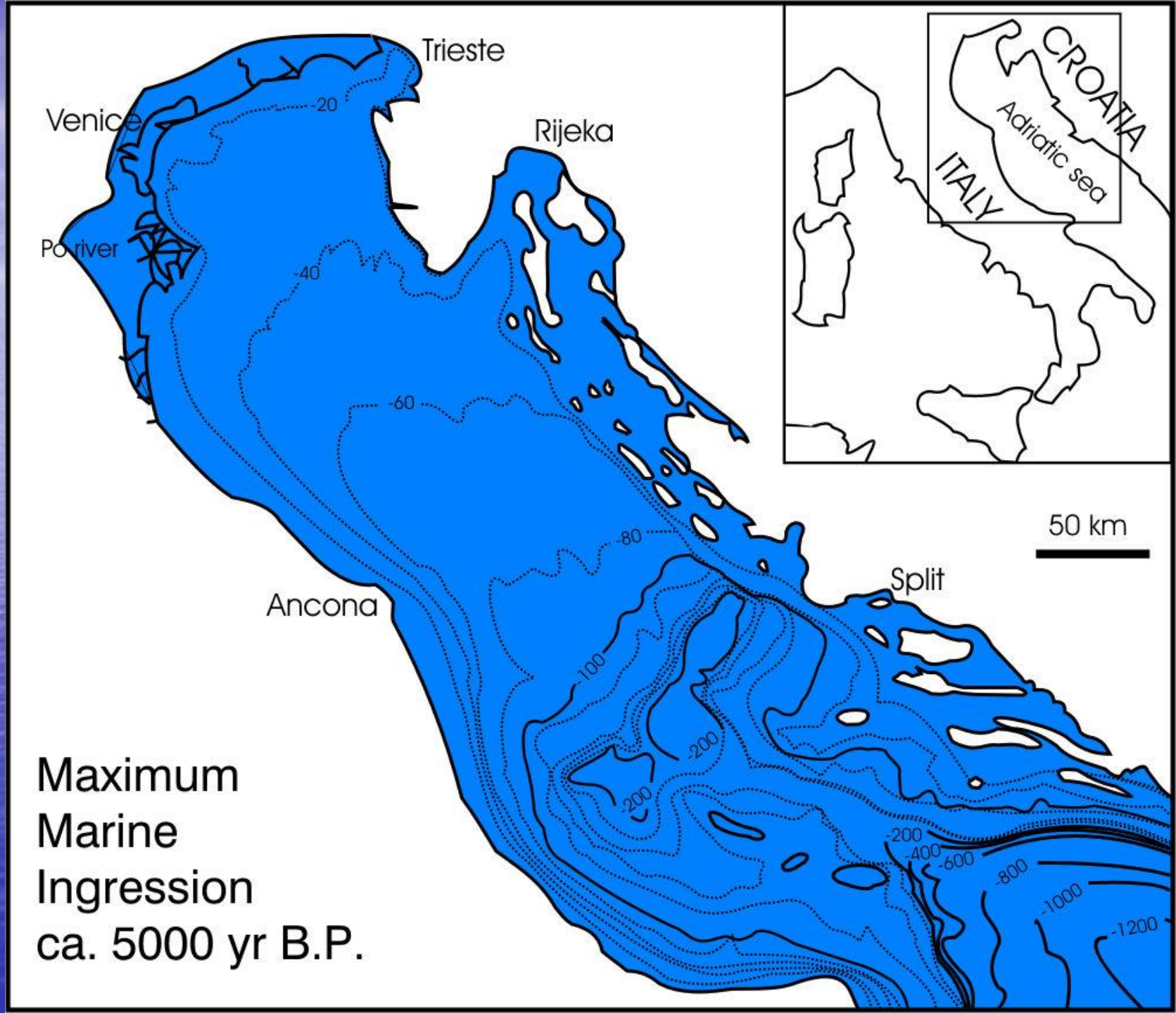


Land and sea distribution during the Late Glacial Maximum ca. 18 000 yr B.P.

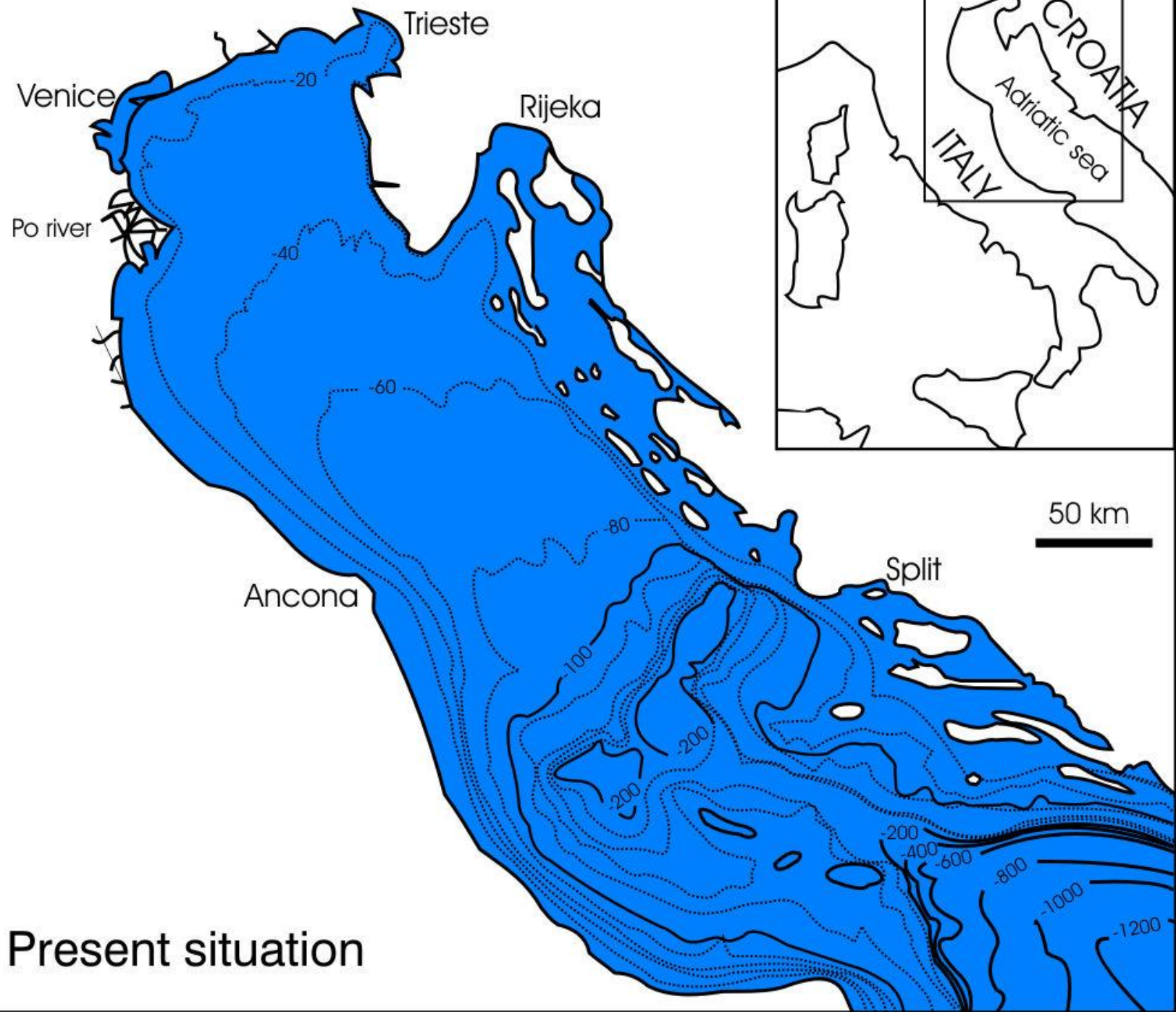




Basin extent  
ca. 10 000 yr B.P.



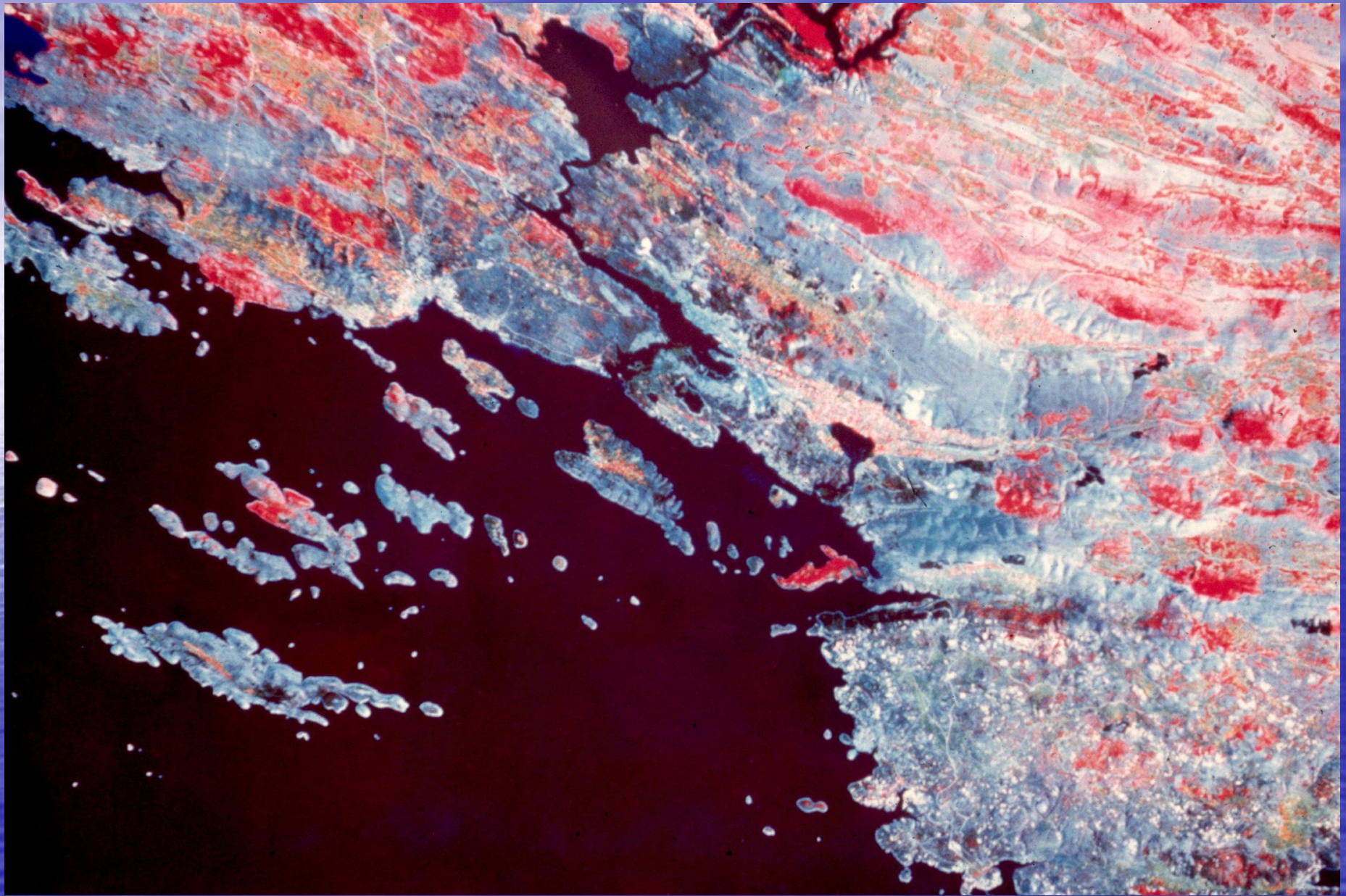




# Mladost obala

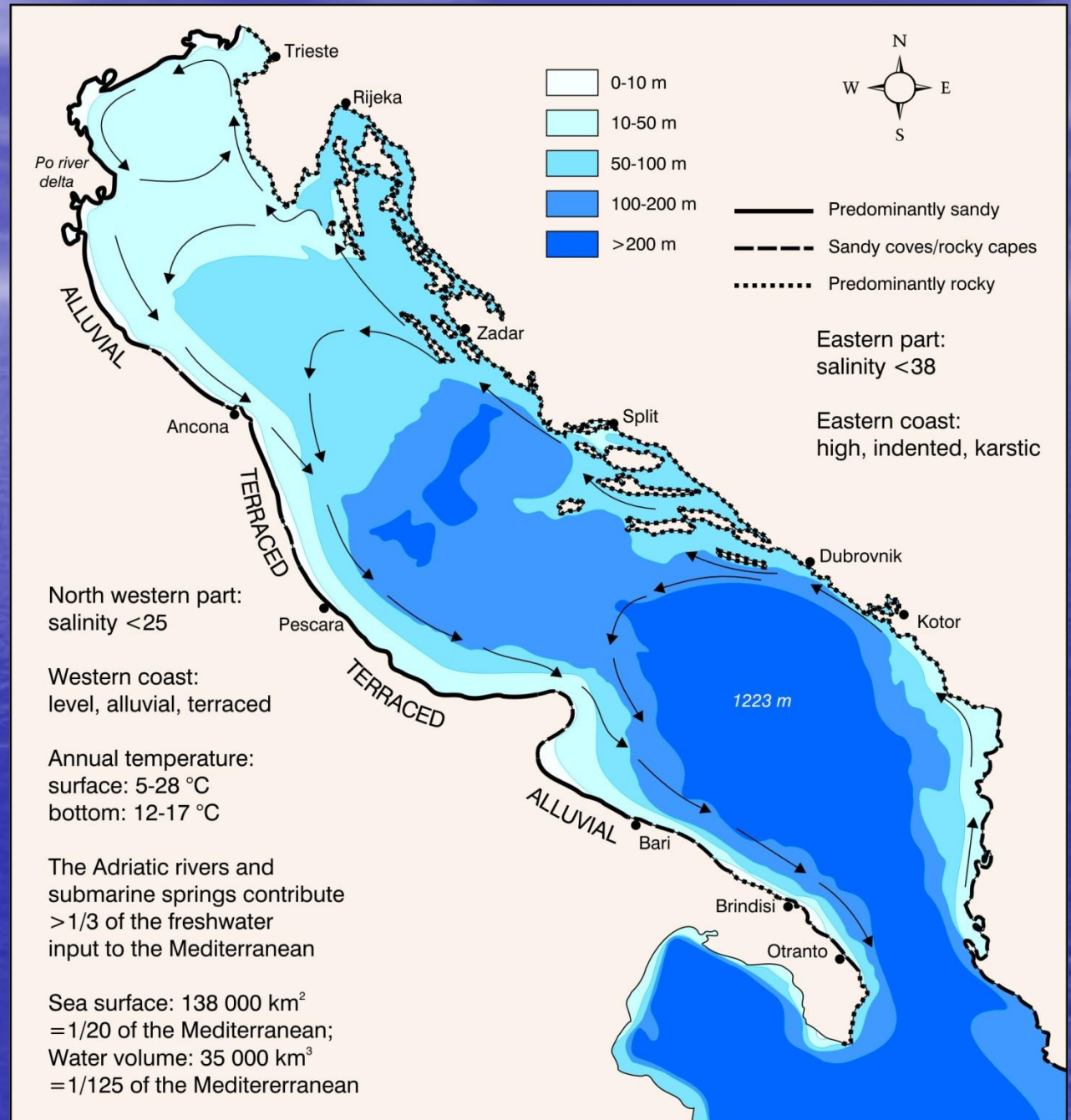
- Tipičan primjer potopljenog reljefa nastalog u kopnenim uvjetima a koji nije značajno izmjenjen morskim procesima ili zapunjavanjem sedimentima je istočno jadranska obala.
- Zašto? Koji su dokazi o transgresiji u krškom području? Vrulje, spilje potopljene morem (posebno speleotemi u njima), kanjoni krških rijeka – Krka.







U svakom slučaju treba razlikovati nizinske akumulacijske obale i visoke kamenite obale.





# Riječna ušća

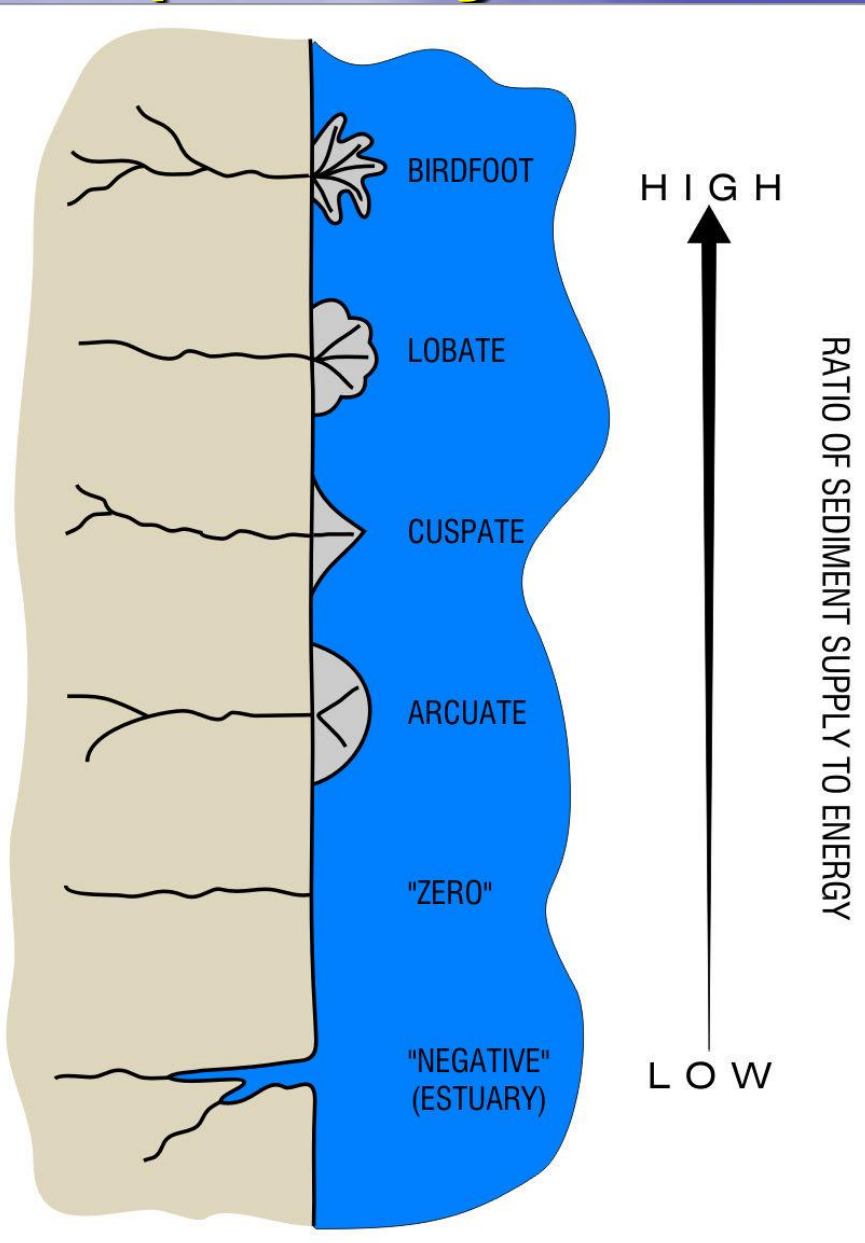
- Detaljnije o morfološkim oblicima i geološkim procesima na morskoj razini na riječnim ušćima. Kako dijelimo riječna ušća i zašto su ona važna?
- **Delte** i **estuariji**. Razlikuje ih količina donosa terigenog materijala te utjecaj valova i struja morskih doba.

# Što utječe na izgled riječnih ušća

- Litološki sastav obale i porječja tj. Donos materijala rijekom
- Dinamika mora:
  - a) Struje morskih mijena
  - b) Valovi
- Promjena morske razine



# Tipovi riječnih ušća



- ***Delte***  
proširenja kopna u more
- ***Estuariji***  
poluzatvorena vodena  
tijela, odnosno proširenje  
mora prema kopnu

Curray, 1975.

# Estuariji

- U načelu to su potopljeni dijelovi riječnih dolina. Dobre luke!
- Kakva je **cirkulacija vode** (miješanje vode) u njima?
- Kakva je **sedimentacija** u njima?
- Razlikuju li se **izgledom**?



# Definicije estuarija (I)

**ESTUARIJ** je poluzatvoreno vodeno tijelo slobodno povezano s otvorenim morem u kojem je morska voda mjerljivo razrijeđena riječnom vodom.

(Pritchard, 1952; Cameron i Pritchard, 1963;  
Bates i Jackson, 1980).

# Definicije estuarija (II)

**ESTUARIJ** je dio mora koji ulazi u riječnu dolinu do mjesta gdje se osjeća utjecaj morskih mijena, i koji se obično može podijeliti na tri dijela:

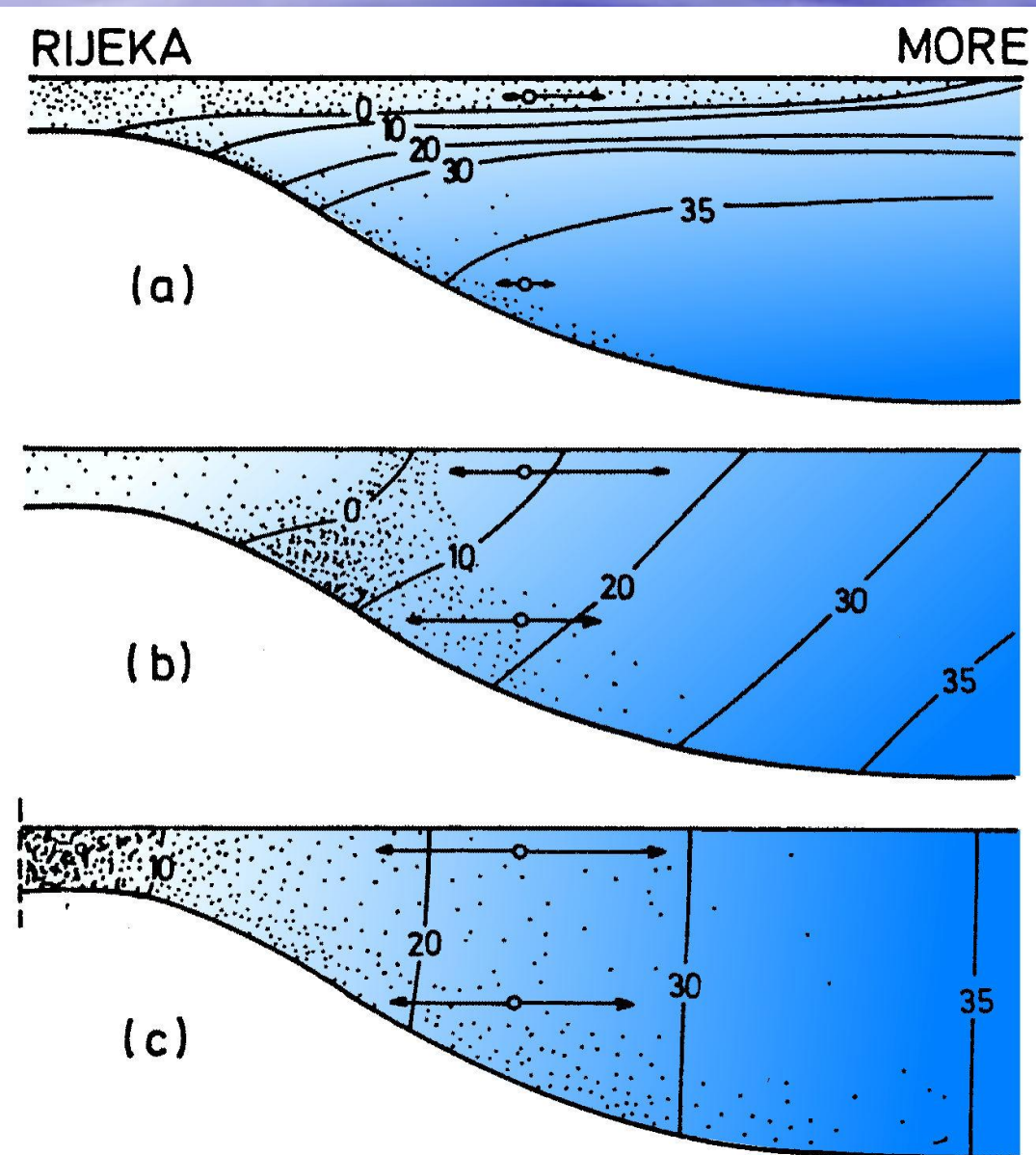
- a) Morski ili donji estuarij**, koji je slobodno povezan s otvorenim morem,
- b) Srednji estuarij**, u kom se snažno miješaju morska i riječna voda, i
- c) Gornji ili riječni estuarij** s riječnom vodom , ali s dnevnim utjecajem plime i oseke

(Dionne, 1963; Fairbridge, 1980).

No postoje i estuariji u morima bez morskih mijena!



# Dinamički sustav (I) Miješanje voda



a) Stratificirani ili estuariji s klinom morske vode

b) Djelomično miješani estuariji

c) Dobro miješani estuariji



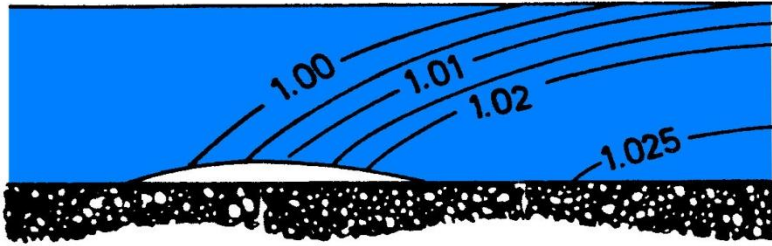
Primjer izrazite stratifikacije površinske slatke/bočate i niže morske vode. Termoklina/haloklina/piknoklina u estuariju Krke (Gospa od Zdravlja, 2,9 m, 3.7.1984.)



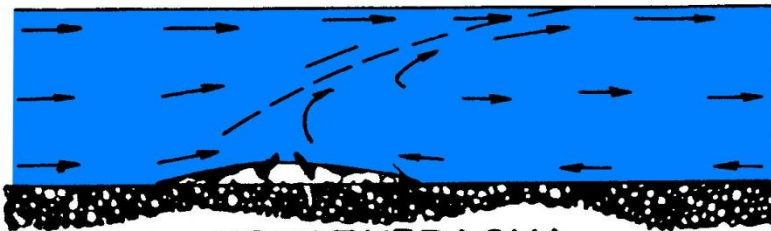
# Dinamički sustav (II) Sedimentacija u estuarijima

Meade, 1972

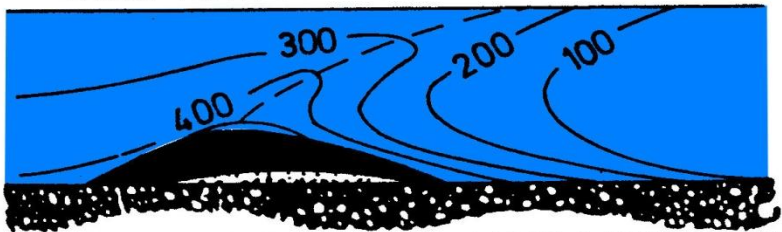
GUSTOĆA VODE



KRETANJE VODE



KONCENTRACIJA  
SUSPENDIRANOG MATERIJALA



KRETANJE SUSPENDIRANOG  
MATERIJALA



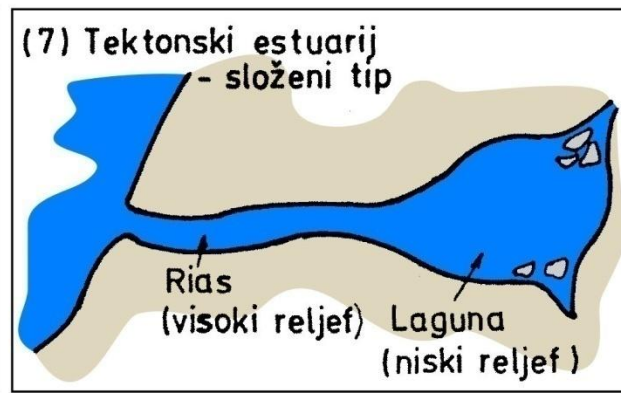
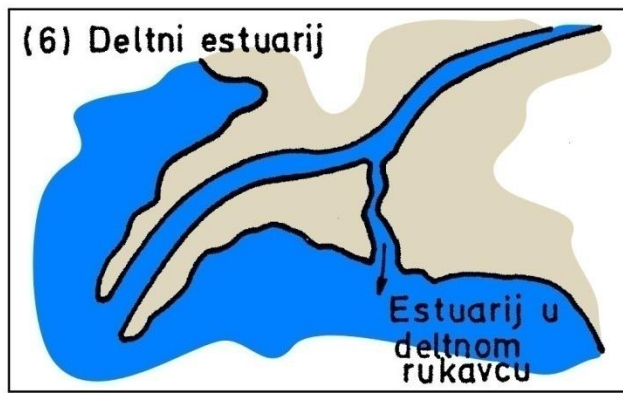
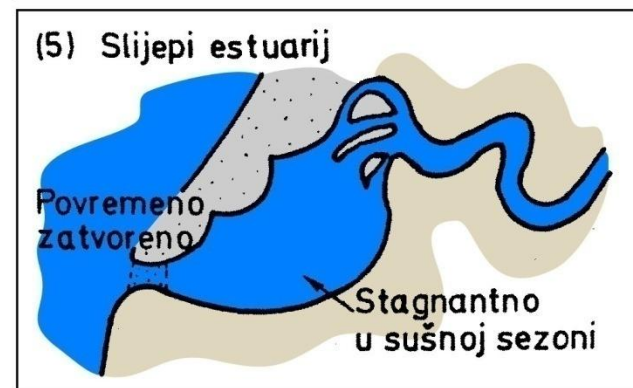
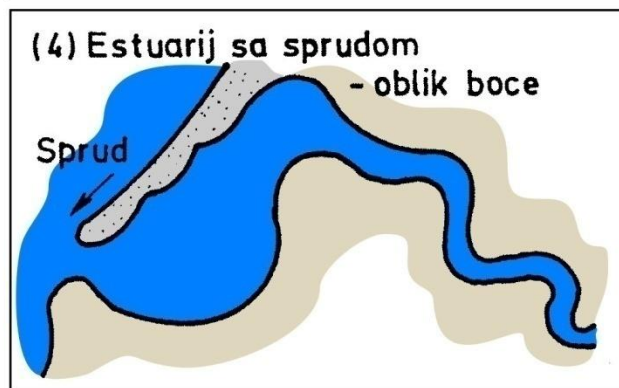
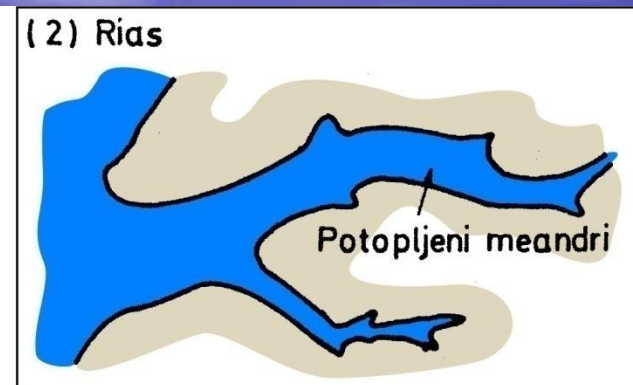
RIJEKA

MORE

- estuarijski način cirkulacije voda - **zamka za sedimente**
- "turbidity maximum"
- Ravnotežni i neravnotežni estuariji

# Geomorfološka klasifikacija

Fairbridge, 1980





# Značajke estuarija



- *Geološke* – kratkoživući, prolazni, privremeni
- *Dinamičke* - cirkulacija voda, sedimentacija
- *Geomorfološke* – veliki dijapazon oblika



# Delte

- Suprotno estuarijima, delte su proširenja kopna u more.
- Podsjetite se što već znate o deltama.





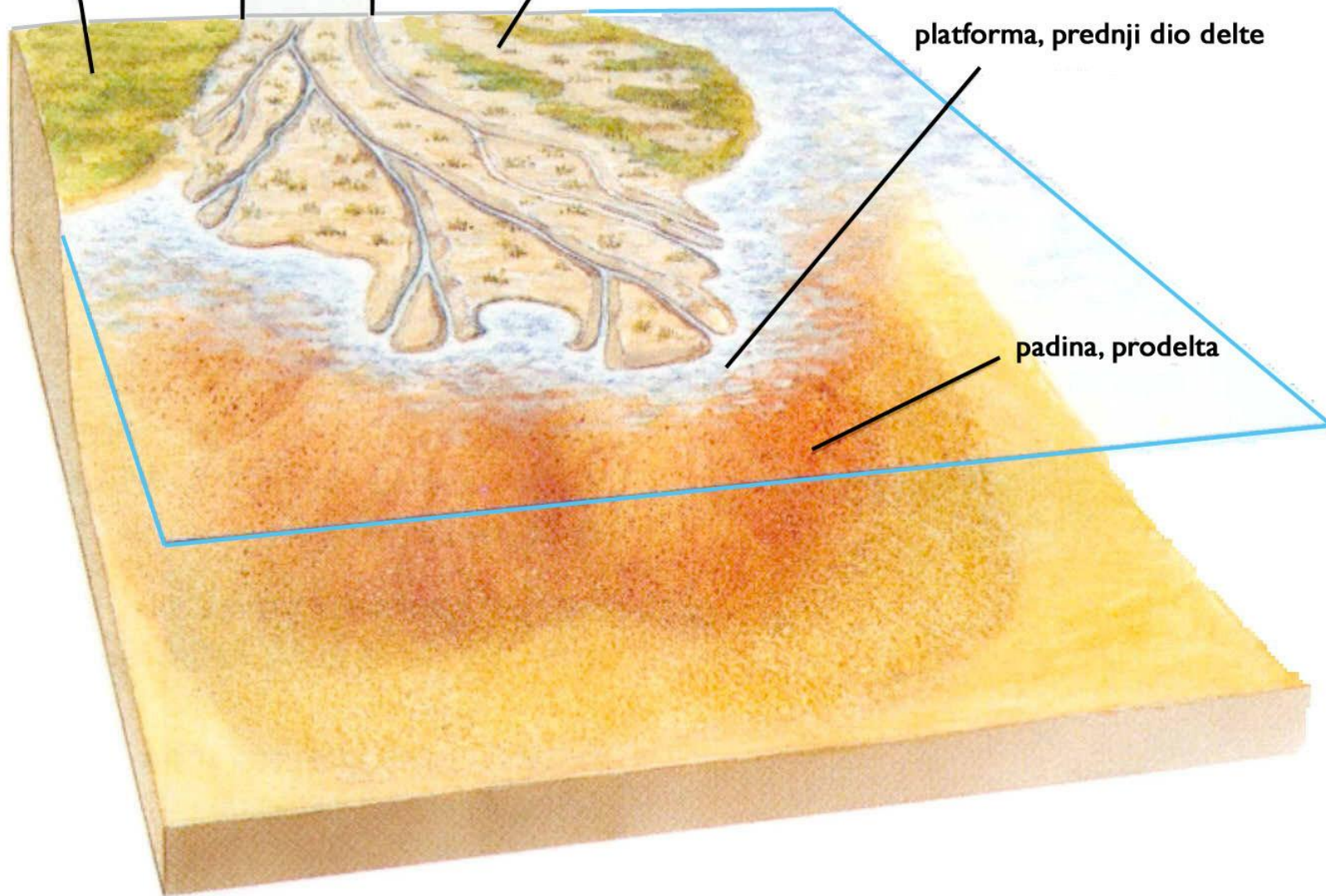
deltina ravnica

aktivna delta

zapušteni dio delte

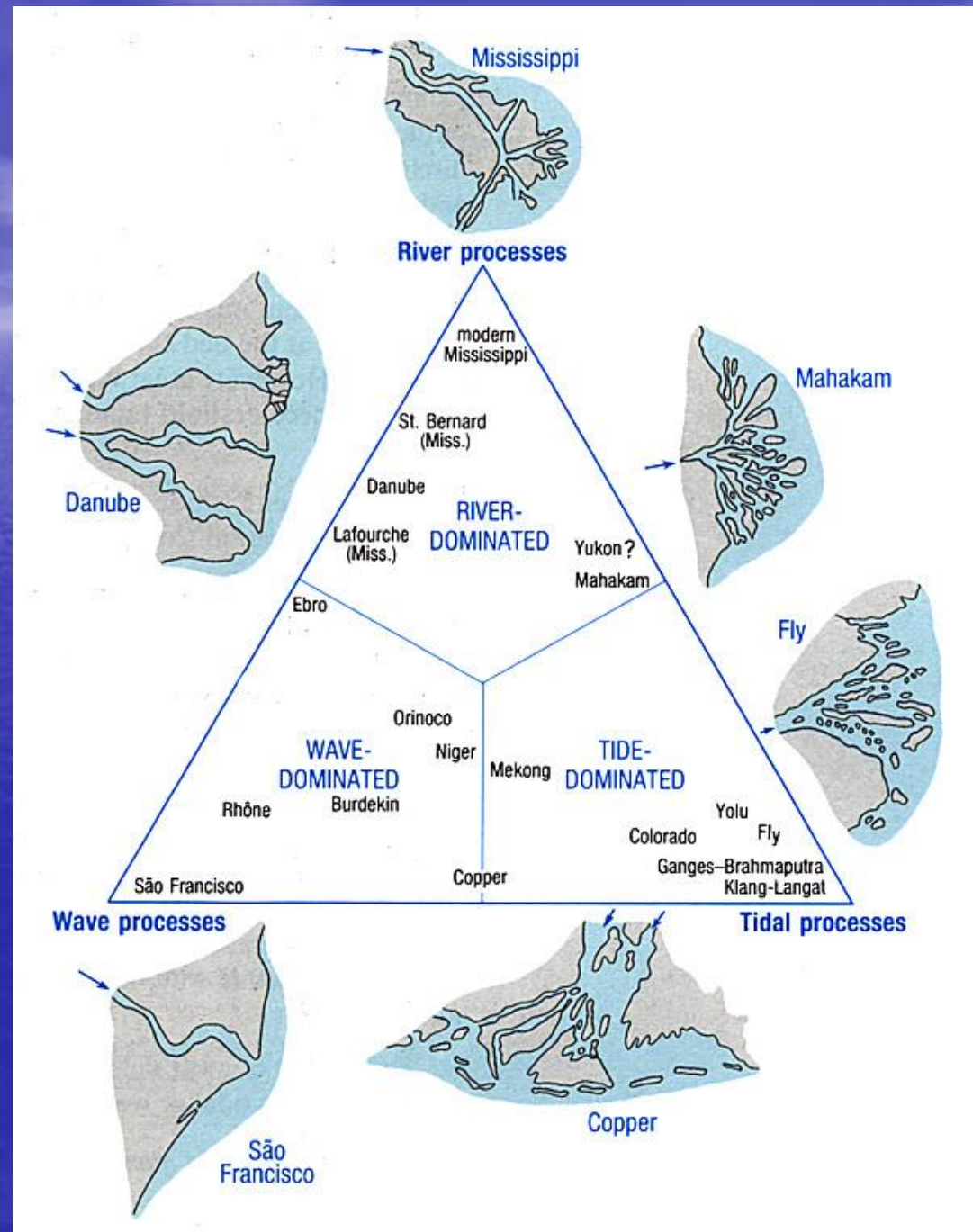
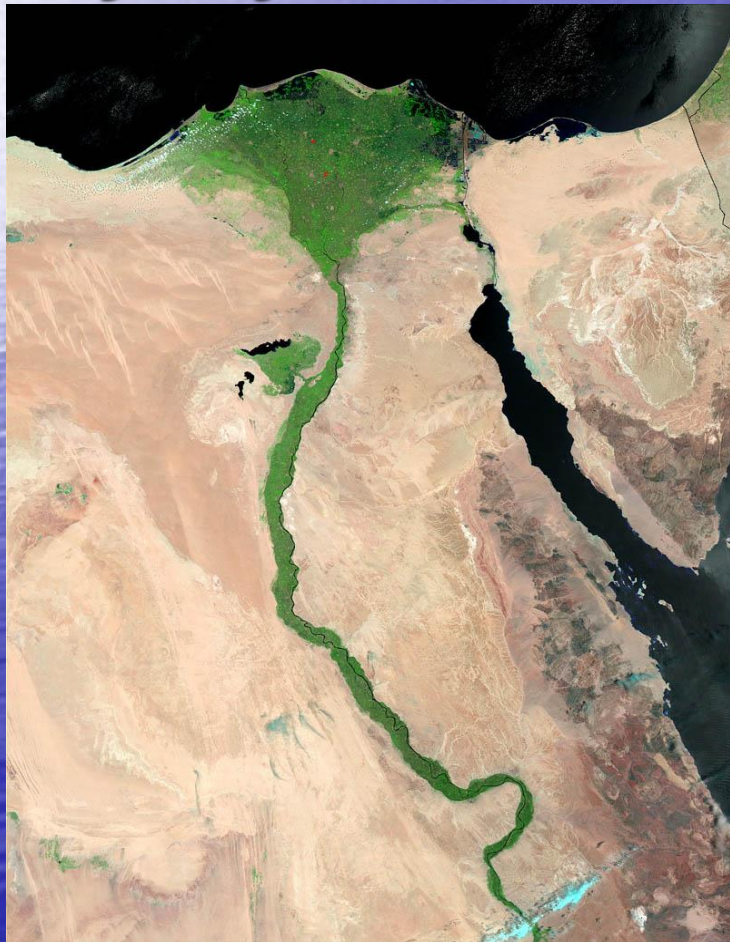
platforma, prednji dio delte

padina, prodelta





# Klasifikacija delti prema dominirajućim utjecajima



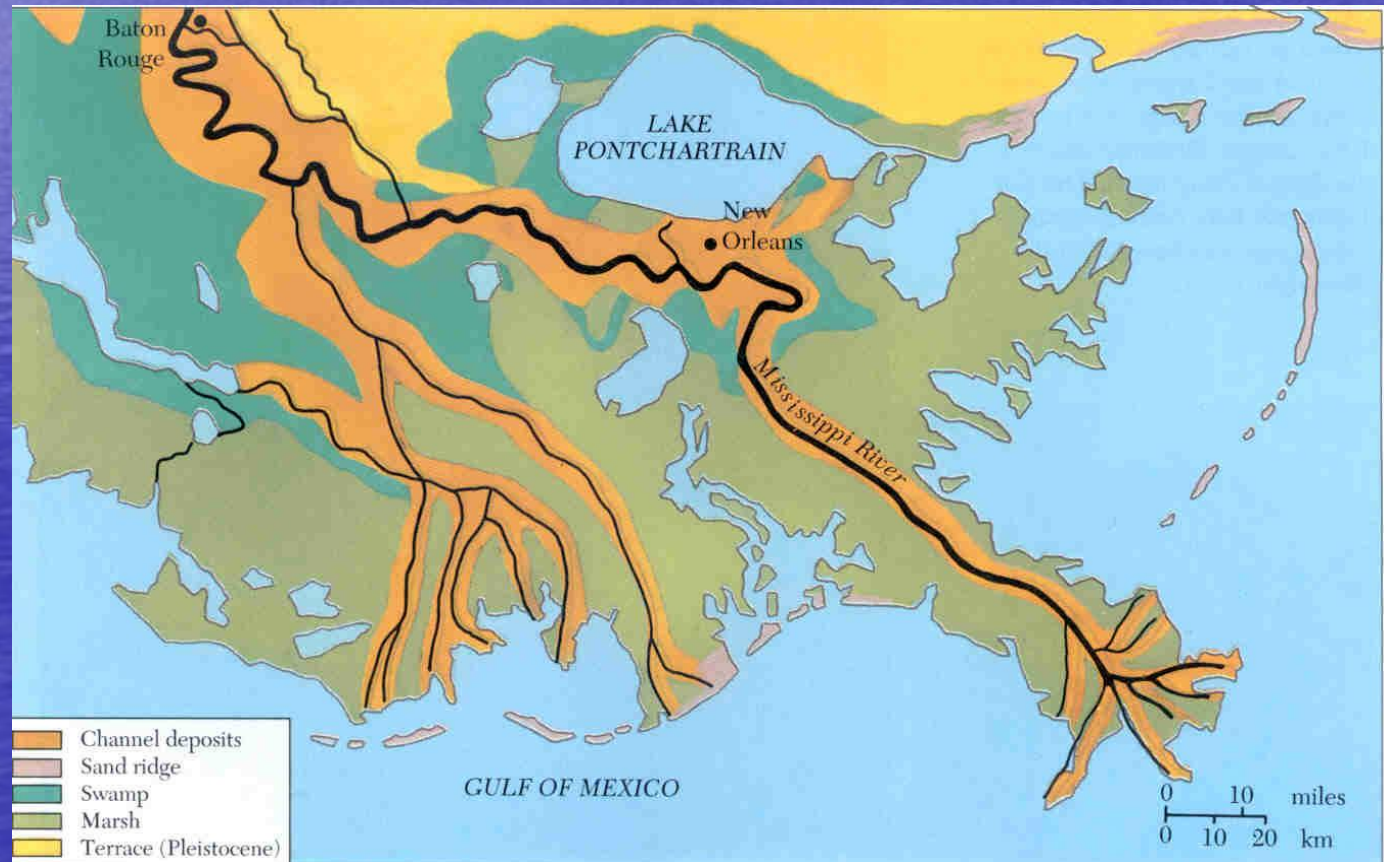


# Delte pod dominantnim riječnim utjecajem

Utjecaj struja morskih mijena i valova je malen. Stupac vode od delte prema moru je stratificiran. Stratifikacija vode analogna je stratificiranim estuarijima.

Područje pod utjecajem riječne vode može sezati i do 50 km ispred ušća.

Primjer:  
Mississippi





## **Delte pod dominantnim utjecajem struja morskih mijena**

Nastaju u područjima s izraženim morskim mijenama ( $>4$  m), gdje je more ispred ušća plitko, a brzina rijeke je relativno mala. Miješanje voda slično onome u dobro miješanim estuarijima. Ukupni transport sedimenta prema moru iako se prenosi i prema kopnu u vrijeme plime.



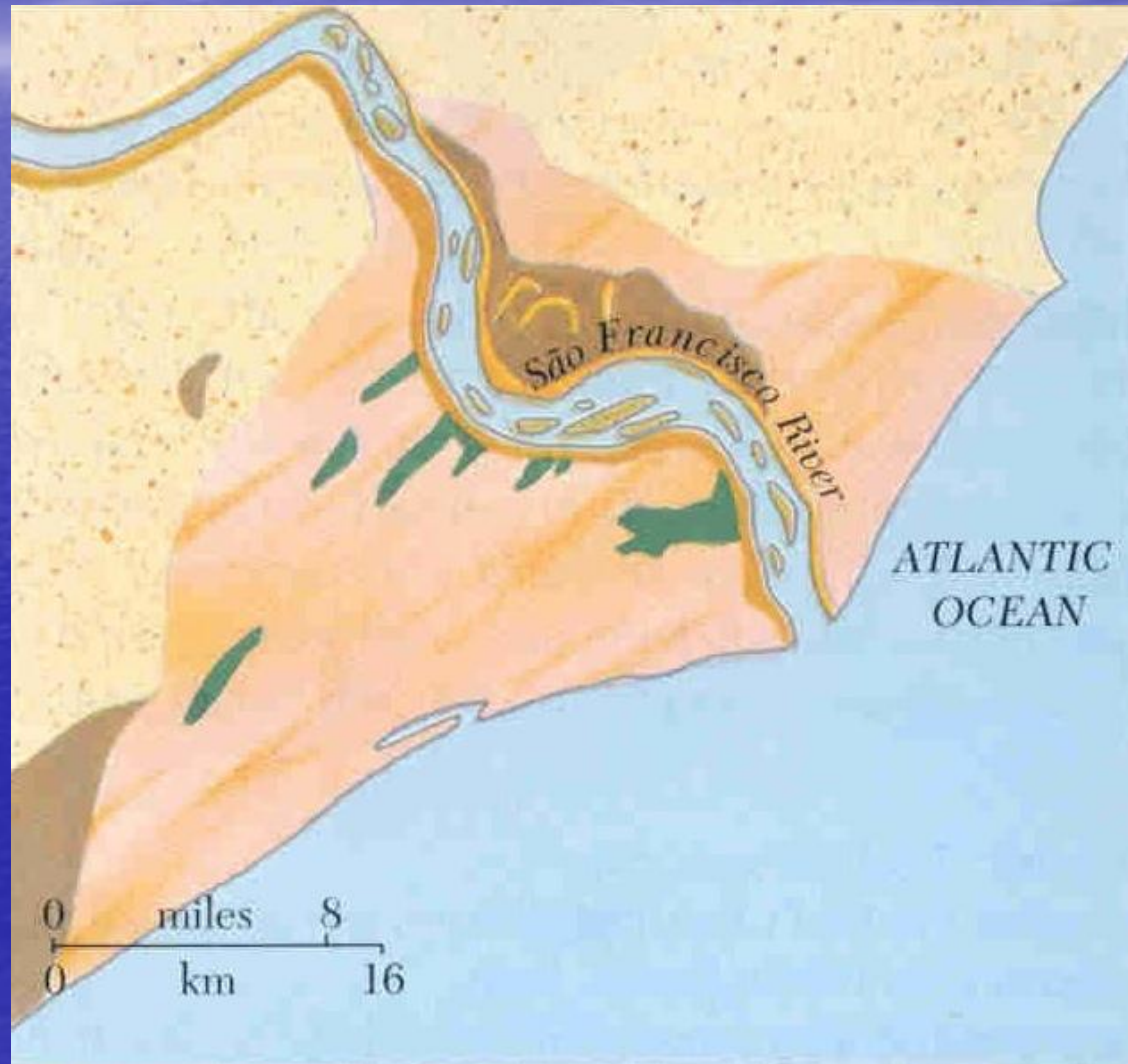


# Delte pod dominantnim valnim utjecajem

Nastaju u područjima koja su pod velikim utjecajem valova čija energija je dovoljno velika da utječe na distribuciju sedimenta.

Izrazito je usporavanje toka i miješanje slatke i slane vode uslijed djelovanja valova te se krupnije čestice talože a sitnije prenose do mora. Istaloženi sediment je pod stalnim utjecajem valova te se lagano pomiče prema kopnu tvoreći plaže.

Primjer:  
delta Sao Francisco, Brazil

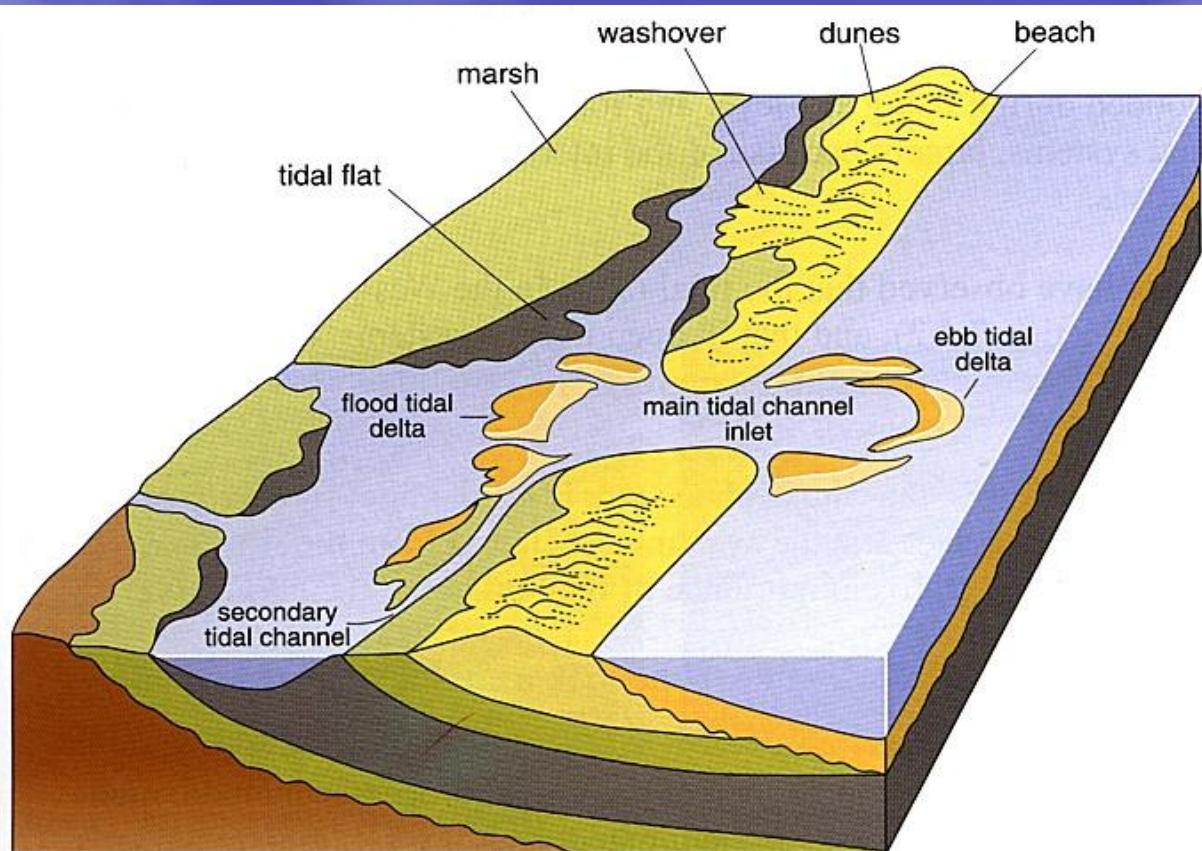


# Niske obale

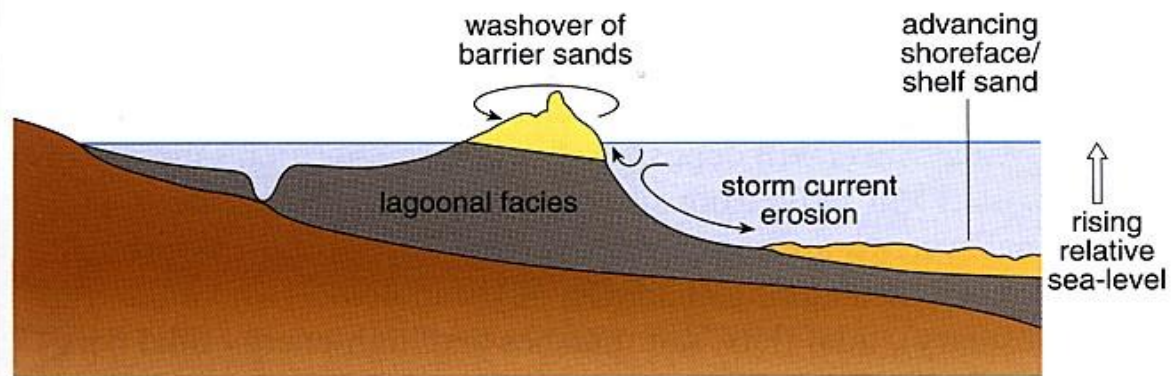
- Uz delte (područja s velikim donosom terigenog, čestičnog materijala) se obično nastavljaju niske obale s facijesima paralelnim s obalom.
- Od otvorenog mora prema obali prvo se nalaze **prudovi / barijerni otoci** (lido s pješčanim plažama - žalima). Iza njih su **lagune**, pa **slane močvare**. Porast razine mora mogle su slijediti samo obale koje imaju veliki donos materijala.



# Obale s prudovima

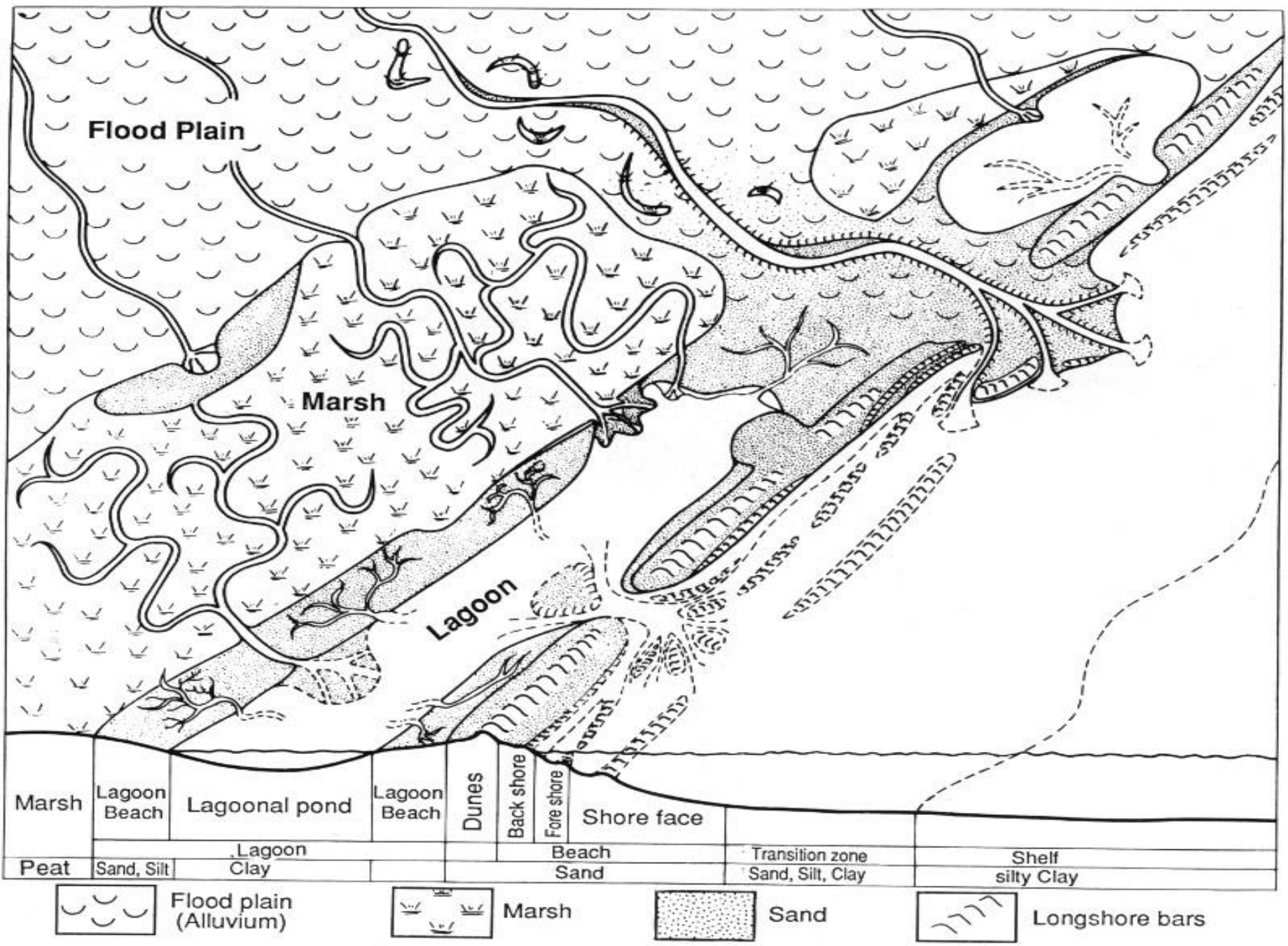


(b)



(c)







# Niske obale

- Obale s prudovima relativno su česte (13 % svih obala u svijetu; N. Amerika, Afrika do 18%, Europa 5%. Najpoznatija europska takva obala je Venecijanska). Stabilni široki šelf i veliki donos terigenog materijala pogoduje stvaranju obala s barijernim prudovima.

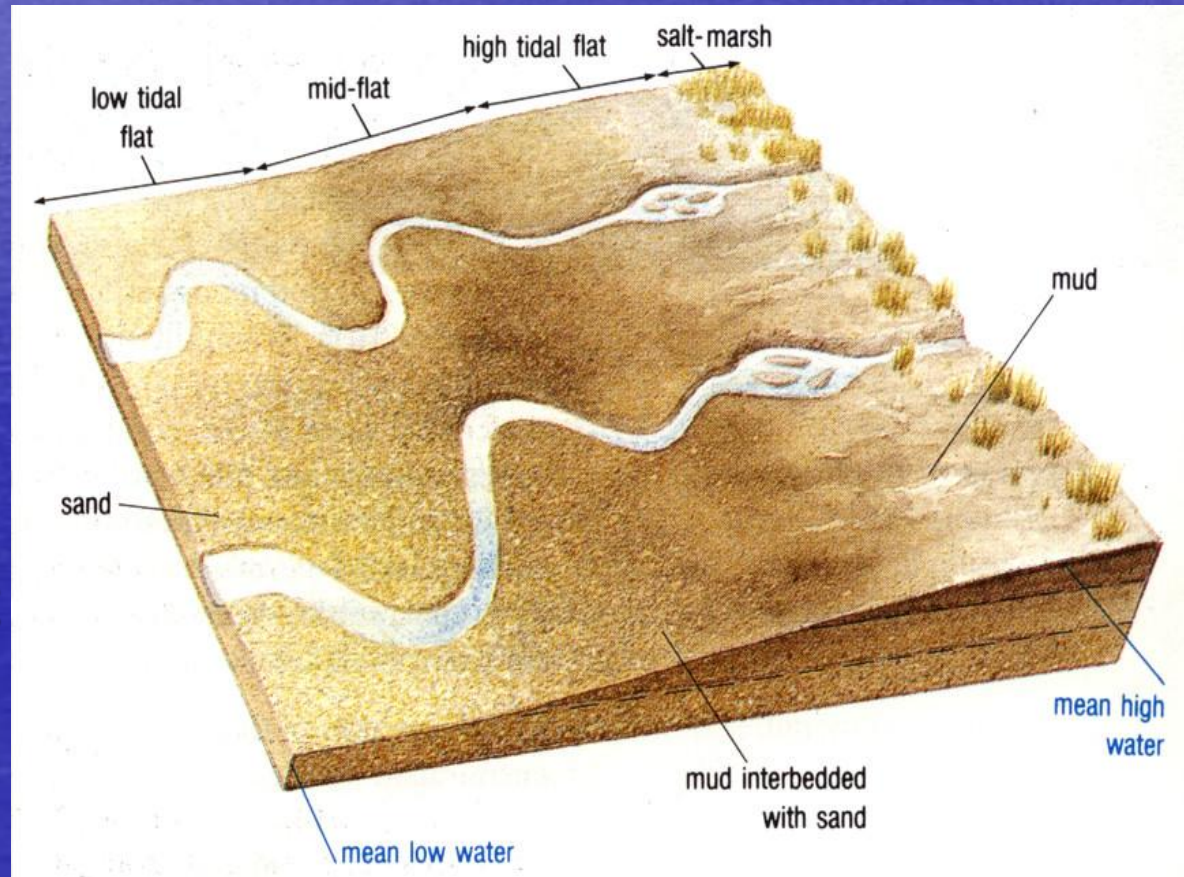




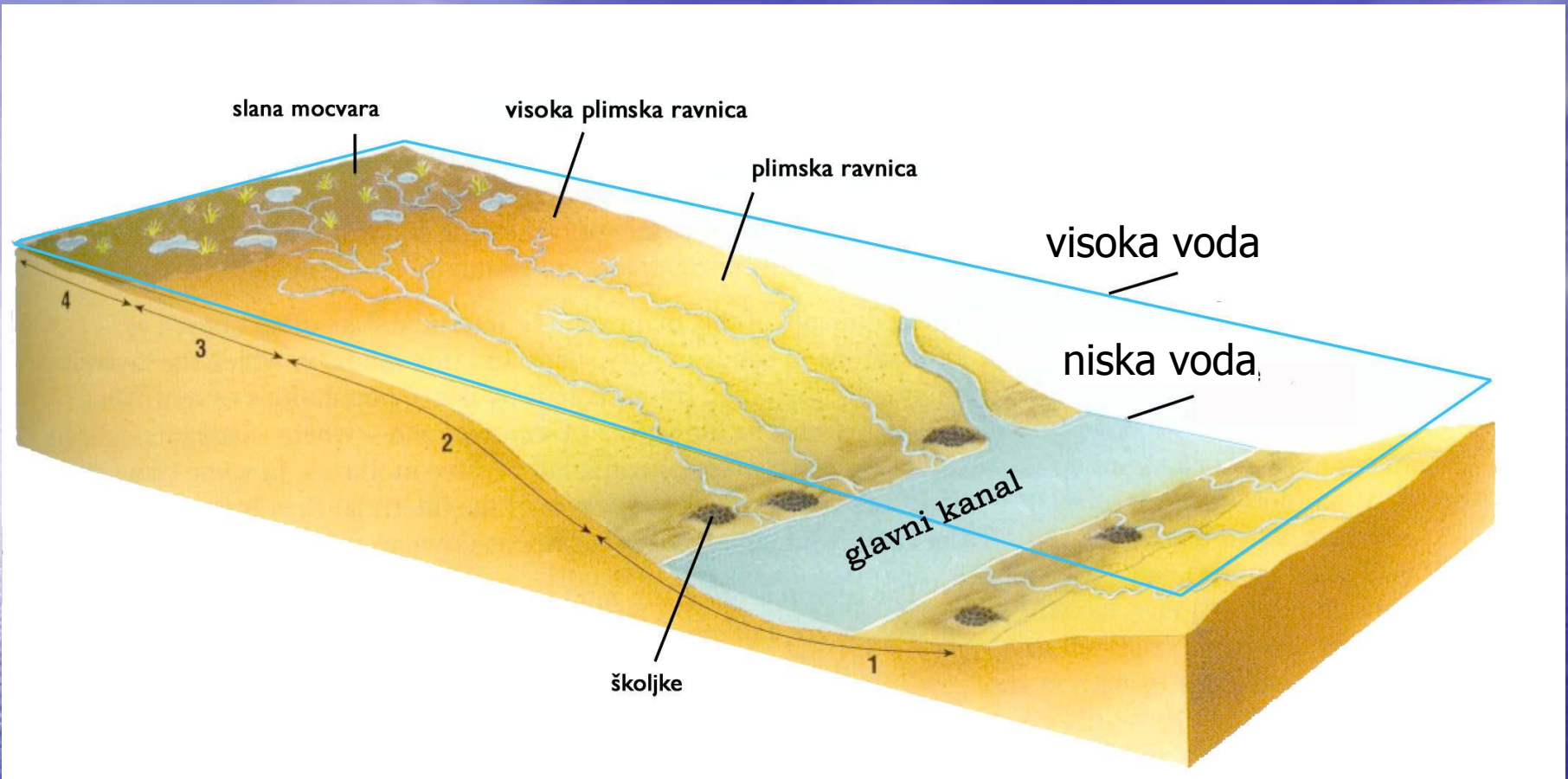
# Plimske ravnice

Na niskim akumulacijskim obalama gdje su plimske oscilacije velike obala može biti široka i više kilometara.

Takav intertajdal zove se **plimska ravnica** i služi kao efikasna zamka za sitnozrnate sedimente te je tamo često vrlo bujan život (infauna).







- U glavnom plimskom kanalu taloži se krupnozrnati sediment
- plimske ravnice se sastoje od pijeska ili siltnog pijeska i mulja
  - na visokim plimskim ravnicama taloži se uglavnom mulj

# Plimske ravnice

- Okoliši niskih obala vrlo su promjenljivi u njima su posebno važni utjecaji pojedinih oluja (epizodni događaji) koji izmjenjuju raspored sedimentacije (razvijaju je povremene močvare tresetišta).
- Tipični zapis koji se sačuva u takvim niskim obalnim područjima koja lagano tonu sastoji se od izmjene treseta, sedimenata slanih močvara, morskog mulja, obalnog pijeska i školjaka (pr. u jezgrama iz sjevernog Jadrana).
- Česta sedimentacijska sekvencija koju nalazimo u plitkovodnim akumulacijskim okolišima.



# Mangrove



- Poseban, manje poznat, a vrlo značajna tip niskih obala su ravničarske obale s **mangrovama**. To su plimske ravnice (tidal flat) dakle intertidal u humidnim tropima (+20°C) gdje nalazimo stabla s visećim korijenjem umjesto **slanih močvara** koje nalazimo u umjerenim širinama. Viseće korijenje efikasno akumulira sitnozrnate čestice.



# Mangrove

Pri naglom dizanju morske razine takve šume se mogu zatrpati i pougljeniti, slično obalnim močvarama i tresetištima u umjerenim širinama. Mangrove su danas vrlo ugrožene (Tajland, Indonezija) a važne su u globalnom ciklusu ugljika i jer sprečavaju eroziju obala.



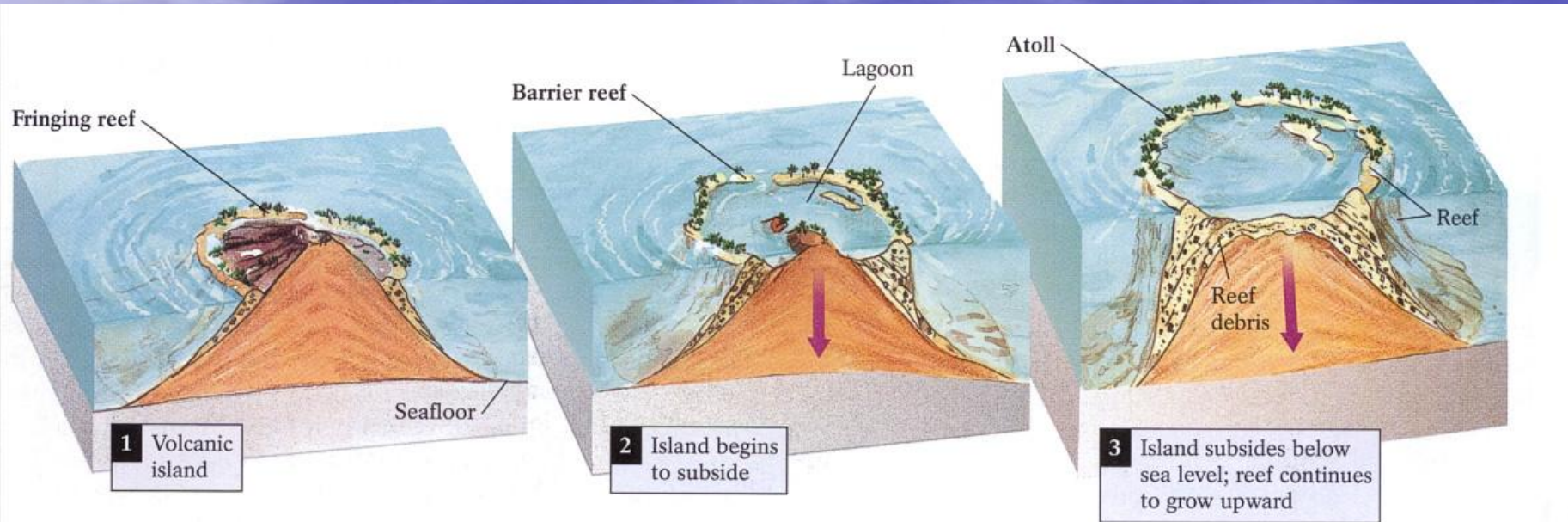


# Koraljni grebeni

- Drugi posebni tip obala (na koje znatno utiče pomicanje morske razine) u tropskim krajevima su i obale s **koraljnim grebenima**. Još od Darwina **obalni** (rubni ili *fringing*) greben → **barijerni** (*bareer*) greben → **atol** na obali koja tone (odnosno morska razina raste).
- Međutim pleistocenske izmjene visoke i niske razine dovele su do stvaranja grebenskih terasa. One odgovaraju visokim razinama mora (highstand).



# Koraljni grebeni



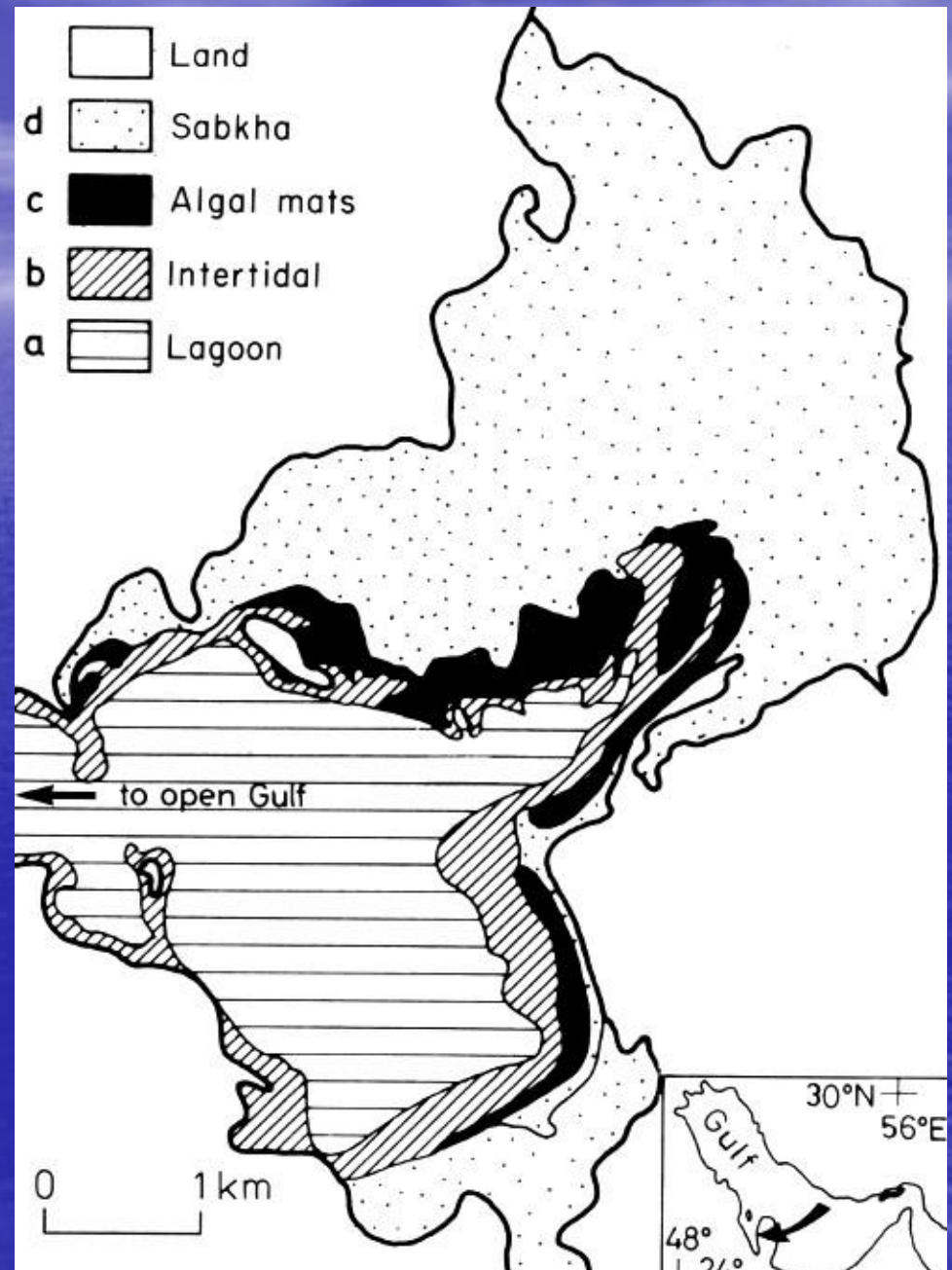
**Figure 18-28** The evolution of carbonate reefs. A fringing reef forms on the side of a subsiding volcanic island. As the island subsides, the fringing reef becomes a barrier reef, separated from the volcano by a circular lagoon. After the island sinks completely below sea level, only the reef remains visible—as an atoll—because it continues to grow toward the water's surface. Photos: (left) Great Barrier Reef, Australia. (right) Wake Island, a coral atoll in the Pacific Ocean.





# Sabke

- Treći posebni tip ravničarskih obala u subtropskom području s intenzivnom evaporacijom su **sabke** u kojima dolazi do taloženja evaporita i (ranodijagenetske) dolomitizacije.



# Visoke obale

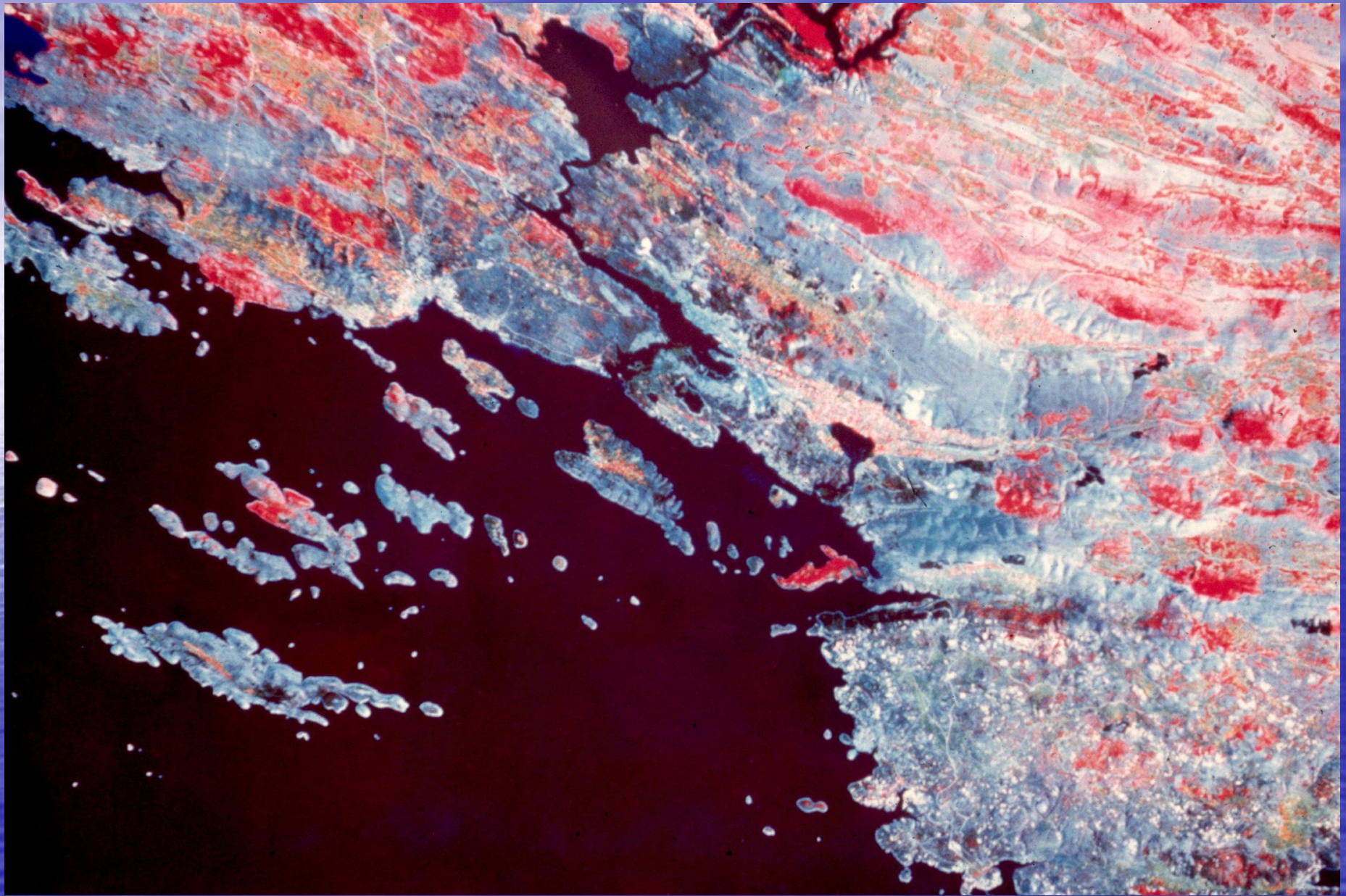
- U područjima sa smanjenim donosom terigenog materijala, a s izrazitim odnošenjem materijala (abrazijom) razvijaju se erozijske obale. Ukoliko su to mekanije stijene (lapori, pješčenjaci, šejlovi) imat ćemo izrazit razvoj **klifova**. To su strmci ispred kojih nalazimo abrazijsku i depozicijsku terasu.



# Kamenite obale

- Nastaju tamo gdje je slaba ili otežana erozija odnosno tamo gdje prevladava korozija - kemijsko trošenje (npr. vapnenci) pa nema donosa terigenog materijala.
- Poznati, posebni tip kamenite obale je takav kakva preteže kod nas je **Dalmatinski tip obale** (Richthofen 1895). Zamjetni su tragovi erozijskog djelovanja valova, pa se mjestimice nalaze obalne terase na dubinama na kojima je morska razina stagnirala neko dulje vrijeme.







# Kamenite obale

- Obalni strmcici koje nalazimo na jadranskoj obali (Krk, Dugi otok, Kornati) nisu klifovi već tektonski oblikovani strmcici.
- Zašto?





# Kamenite obale

- Estuariji izgledaju poput umjetnih akumulacijskih jezera pri gradnji brana.
- Dodatni elementi koji karakteriziraju krške obale su obalni izvori i vrulje, te potopljene spilje i jame.





# Kamenite obale

- Vapnenci se u obalnoj zoni brže okršavaju pa nastaju obalni škrapari, a i biokorozija je znatnija.





# Indikatori obale

- Budući da se morska razina mijenjala tokom vremena, a često nekadašnje obale možemo prepoznati ili u stijenskom zapisu na kopnu ili dublje u moru.
- Važni su **indikatori** odnosno **proces** koji danas karakteriziraju obalno područje. Opisat ćemo pojave i produkte kojima možemo u geološkom zapisu otkriti nekadašnji položaj morske razine.



# Djelovanje valova

- Djelovanje valova tipičan je indikator obale i vrlo plitkog mora. Nastaju abrazijske terase i svi tipovi sedimenata žala.
- Možemo ih podijeliti na erozijske i depozicijske dokaze.
- Klifovi su npr. erozijski dokazi.

# Djelovanje valova

- Valovi transportiraju i preraduju sediment mijenjajući teksturu (povećavaju sortiranost) a utječu i na strukture primjerice stvarajući riplove (valne brazde)



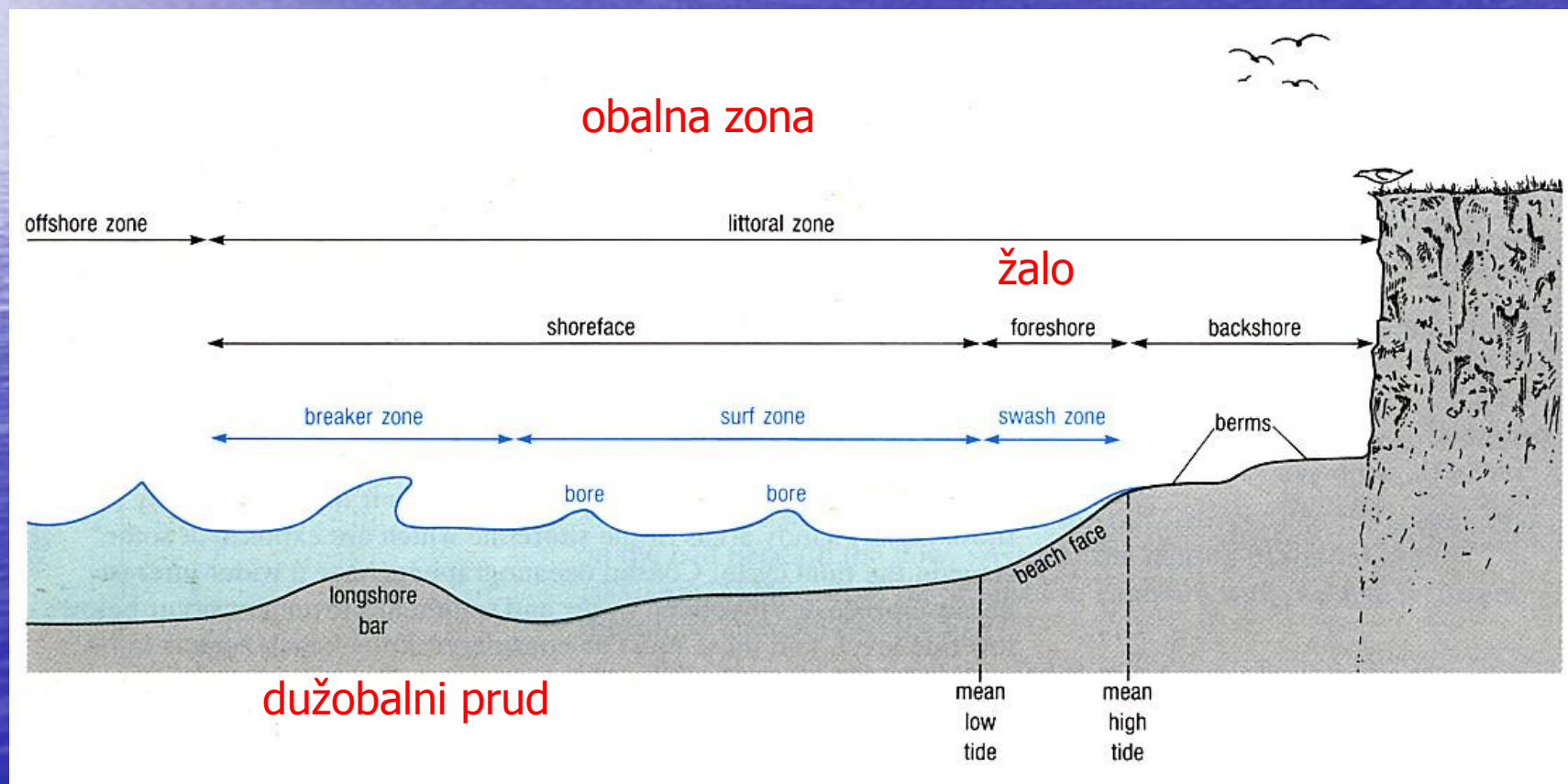




Primjer dobro očuvanih valnih brazdi  
Ferron pješčenjak, kreda, Utah USA

# Djelovanje valova

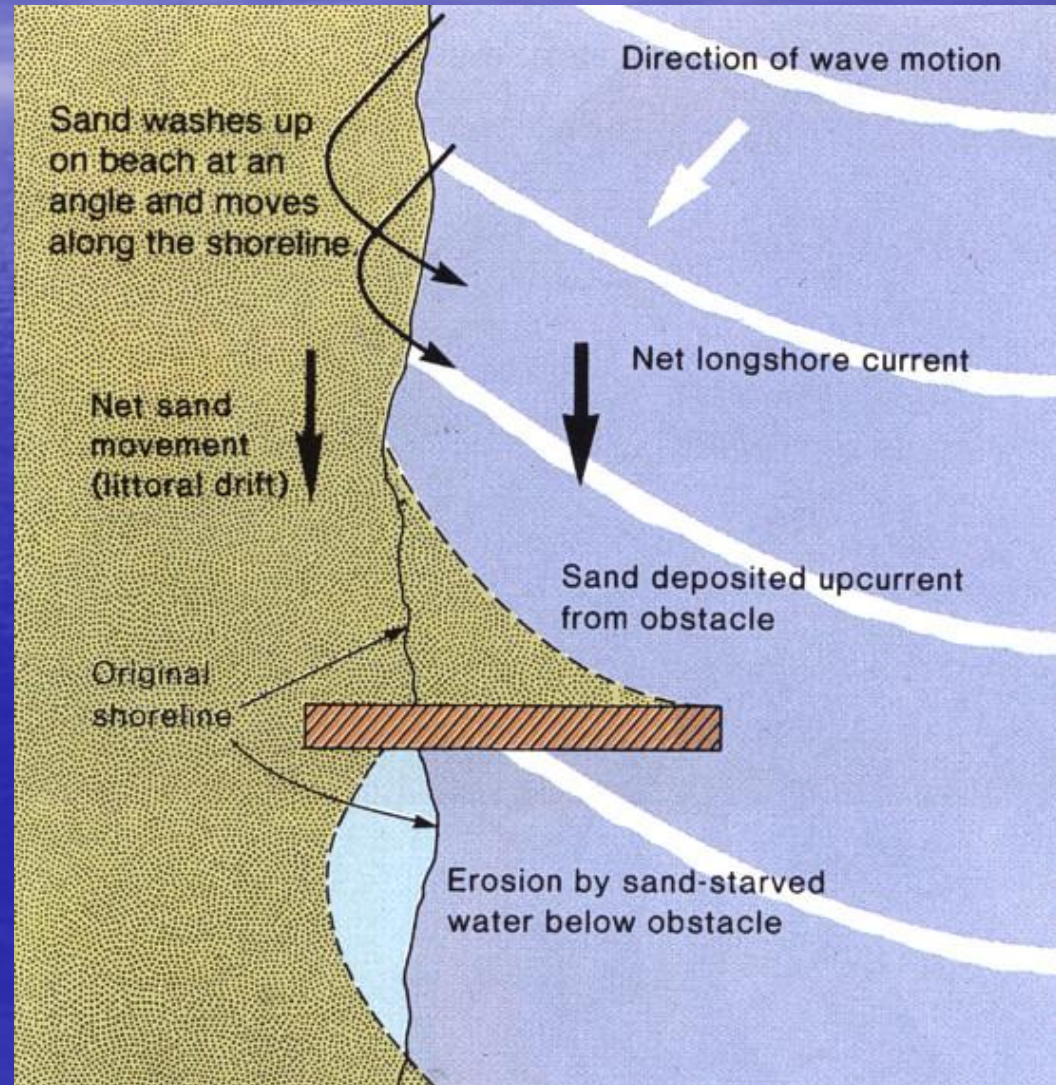
- Na zaravnjenim (depozicijskim i erozijskim) obalama djelovanjem valova nastaju žali (plaže-beach). Oni su u stalnom oblikovanju i preoblikovanju. Obično ljeti (kad prevladavaju normalni valovi) se žalo gradi, a zimi (oluje i veliki valovi) se smanjuje (materijal se odnosi).





# Djelovanje valova

- Valovi stvaraju i dužobalni transport sedimenata paralelno s obalom (i do 1 m/s) kako smo već pokazali.





# Klifovi

- Djelovanje valova na čvrste obale uvjetuje stvaranje **klifova** pod kojima se može stvarati potkapina i dalje se erodira obala. Ovisno o vrsti stijene, energiji valova i raspoloživom vremenu mogu se erodirati brzinama u širokom rasponu od 0,3 m/100g do 1 m/g.



**Klifovi** imaju abrazijsku i akumulacijsku terasu!





Ima li klifova uz hrvatsku obalu?

Da, ali rijetko! Uz obale razvijene u klastitima (flišu)

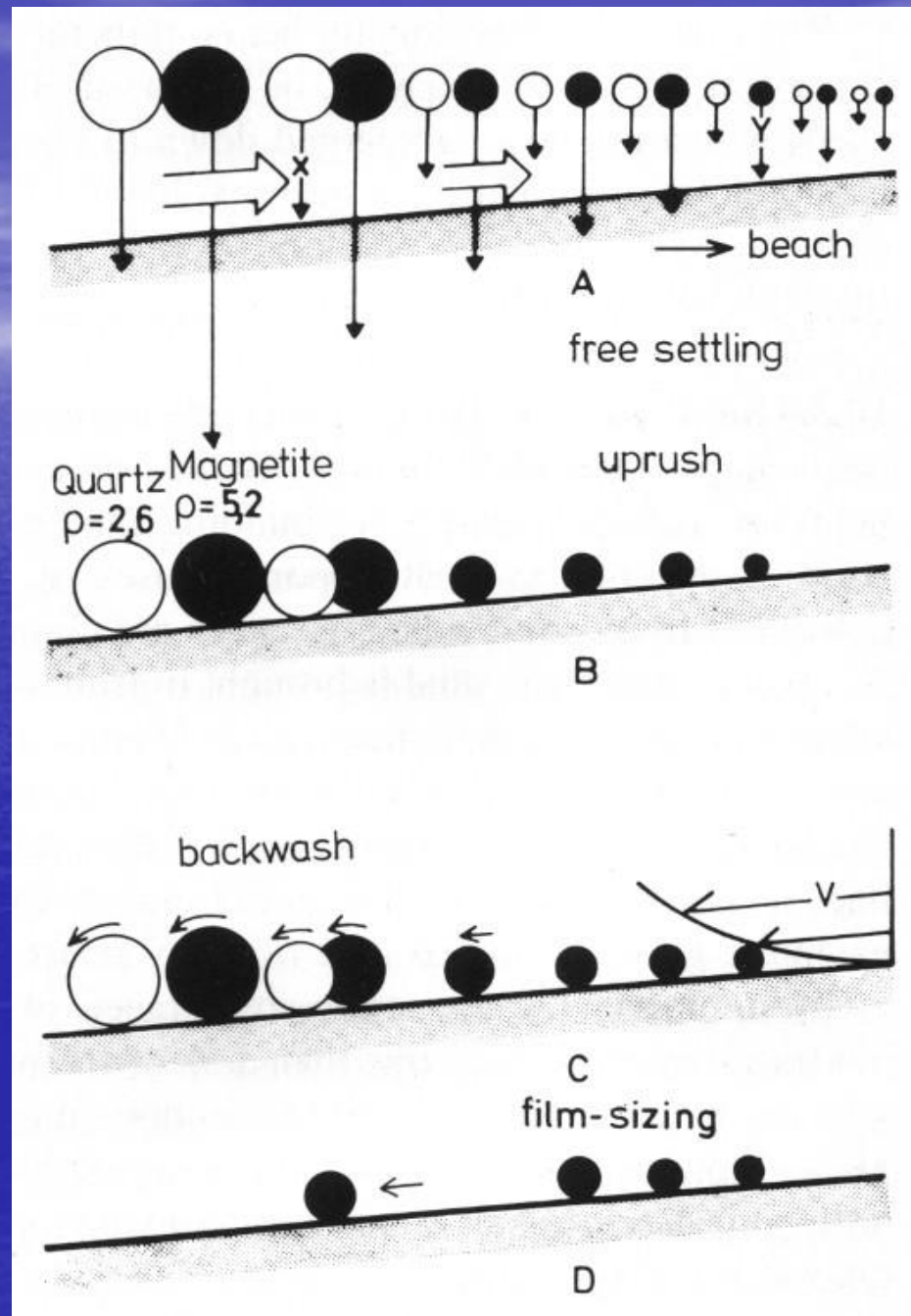


Obala otoka Raba



# Placeri

- To su nakupine teških minerala i fragmenata ruda koji nastaju procesima na žalima. Nastaju tako da se separiraju teže i sitnije čestice na žalu.



# Placeri

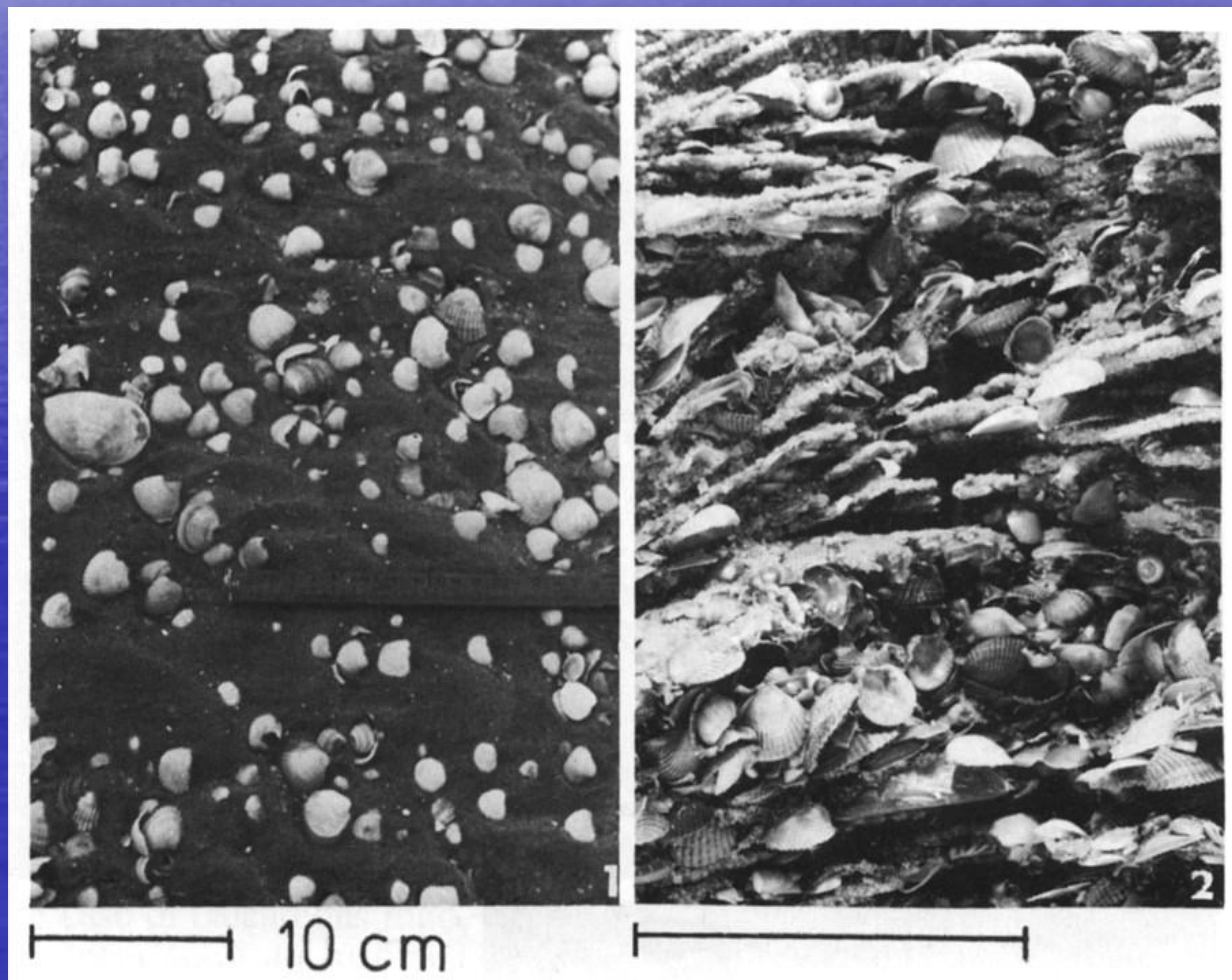
- Mjestimice se takve nakupine nastale na pleistocenskim plažama, a danas su nešto dublje i eksploatiraju se za pridobivanje kositra, titana, zlata, platine, torija, cirkonija, ili dijamanta. Npr. 70% svjetske proizvodnje cirkonija dobiva se iz placera u istočnoj Australiji. Kasiterit ( $\text{SnO}_2$ ) se u Tajlandu vadi iz placera od 1907. godine.



# Kokine i ooliti

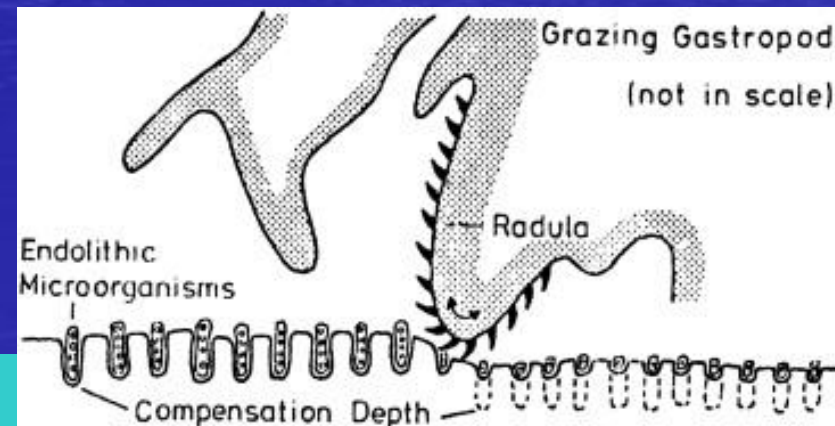
- **Kokine** (dobro sortirani ostaci školjaka) indiciraju sortiranje pomoću valova (dubine iznad valne baze, 10-30 m).

- Ooliti su također tipični vrlo plitkovodni valni ali i indikatori toplog i slanog mora.



# Plimske potkapine

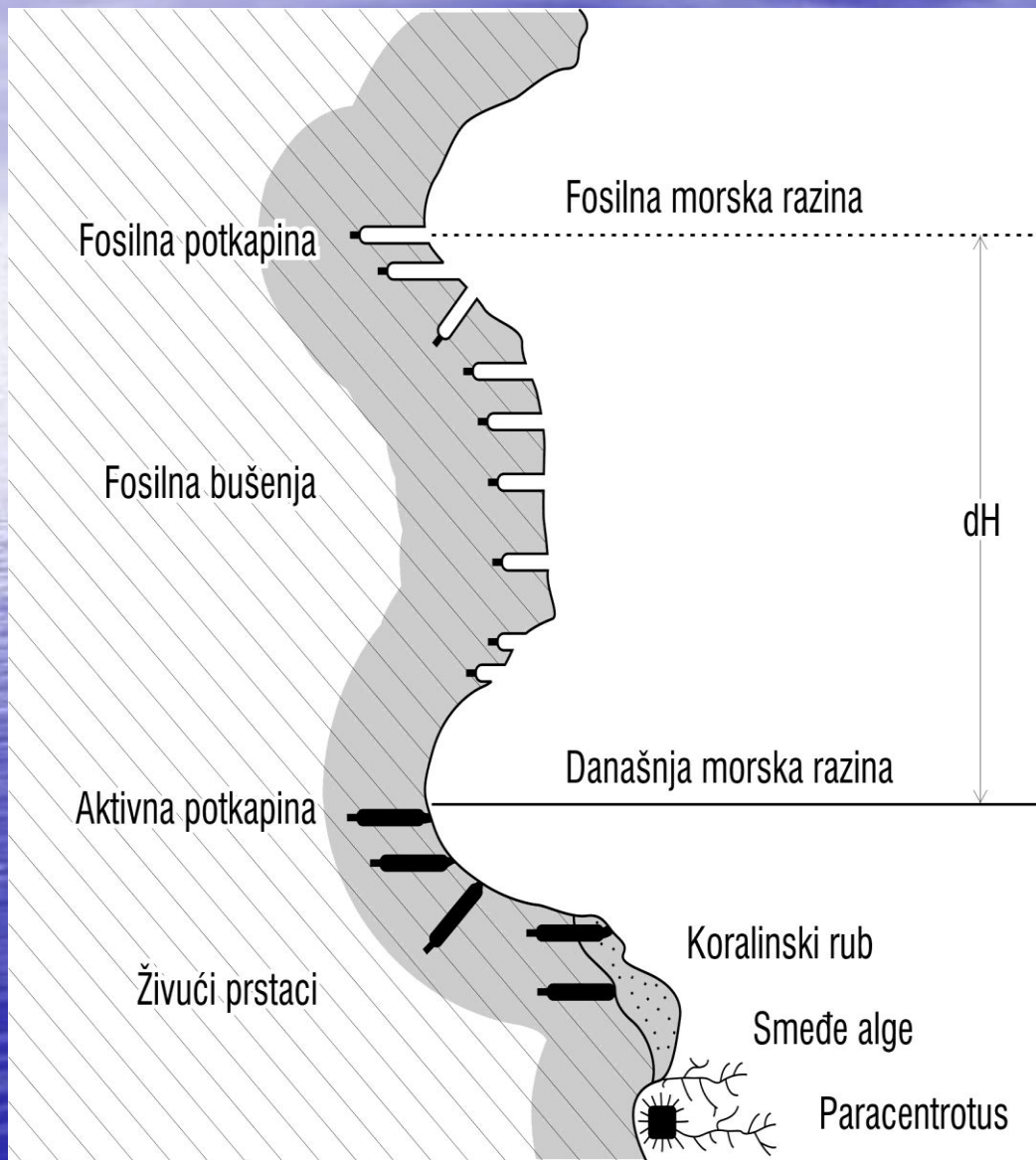
- Zanimljiv biokorozijski indikator obalne linije na kamenim karbonatnim obalama su i **plimske potkapine** (*tidal notch*). Vezane su za proces brze biokorozije sinergijskim djelovanjem endolitskih algi koje žive u litoralu (zona između visoke i niske vode) i puževa koji se njima hrane.
- Također i biogeni imprinti tj. bušenja litoralnih organizama (prstaci).



Prema Pirazzoli & Evelpidou (2013)



# Položaj plimskih potkapina



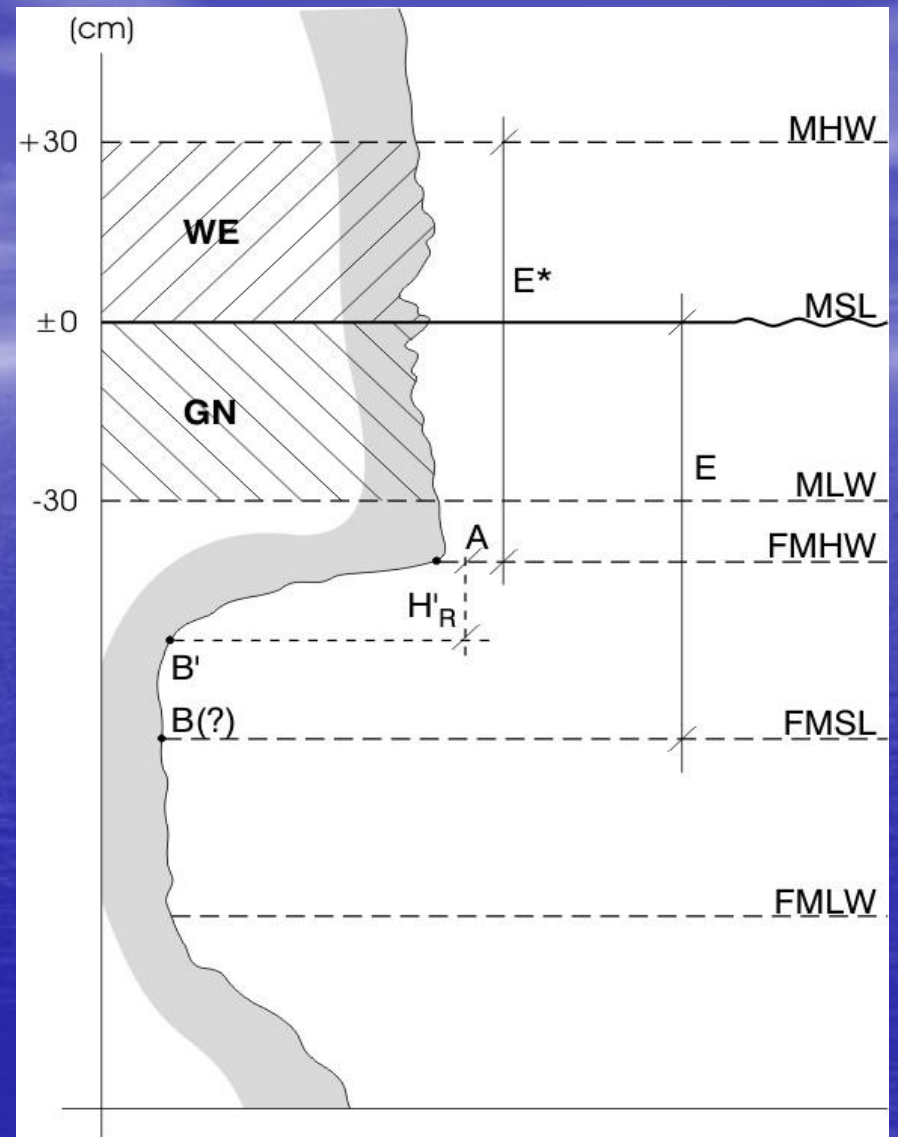
- Fosilizirane plimske potkapine nalazimo iznad i ispod morske razine
- Datiranje erozijskih formi vrlo je teško!
- Na karbonatnim obalama su ipak najbolji indikator relativne promjene morske razine

Prema Laborel & Laborel- Deguen, 1994



Primjer recentne dobro izražene plimske potkapine (Tajland)





Položaj fosilne plimske potkapine u Kvarneru je npr. na dubini 50 -100 cm ispod današnje morske razine.



# Desikacijski tragovi

- U intertajdalu u suptropskom području jaka evaporacija može dovesti do stvaranja **desikacijskih tragova**.

Pukotine  
isušivanja,  
Mljet (rt Križ),  
titon.





# Tragovi na gornjim slojnim plohamama

- U intertajdalnim sedimentima se mogu očuvati i tragovi kišnih kapi, pseudomorfi, tragovi dinosaura ( i ostalih kopnenih životinja i ptica) na sedimentima u kojima se nalaze ostaci morskog organizama (**SABKE**).
- Takvi se tragovi mogu očuvati ispod poplavnih sedimenta ako se intertajdalna ravnica nalazi u zoni delte.
- Sama **deltna ravnica** je odličan indikator morske razine.



Otisak dvonožnog teropoda, rt. Ploče (Veli Brijun), gornji alb.

Mezga, 2006.



# Indikatori plitkog mora

- **Fotosintetski bentički organizmi** odličan su indikator obalnog područja i plitkog mora jer žive u **fotičkoj zoni**. Dubina fotičke zone se definira kao ona na kojoj preostaje 1% intenziteta svjetla koje stiže na morsku površinu. Ta dubina varira od 10 - 200 m (ovisno o turbiditetu/prozirnosti vode). No vapnenačke alge ili koralji (sa simbiotskim algama) u principu se ne nalaze dublje od 50-100m.



# Upravljanje obalama

- Management obalne zone je danas vrlo popularan: ICZM = Integrated coastal zone management.
- Znatno se razlikuje za pojedine tipove obala. Važna je zaštita obala od djelovanja valova. Česta je erozija plaža (žala) zbog dužobalnog transporta.
- O tome u geologiji zaštite okoliša.
- Osnovni hrvatski problem obala je "betoniranje obale" (300+300 km!).



