

BIOLOŠKI FAKTORI U OKOLIŠU



Biološki faktori uključuju interakcije između organizama i prilagodbe koje su rezultat tih interakcija

- Interakcije između organizama su najčešće povezane s prehranom, potrebama za životnim prostorom i razmnožavanjem.
- Interakcije mogu biti:
 - Intraspecijske i interspecijske
 - Pozitivne, negativne i neutralne
 - Obavezne (obligatne) i neobavezne (fakultativne)

Interakcije između organizama

Kompeticija	-,-	Odnos negativan za oba organizma u kojem oni aktivno djeluju jedan na drugoga kroz takmičenje za zadovoljavanje životnih potreba (hrana, prostor)
Mutualizam	+,+	Uzajamno koristan odnos koji može biti obavezan (obligatan) ili proizvoljan (fakultativan)
Komenzalizam	+,0	Jednostran odnos pozitivan za jedan, a neutralan za drugi organizam
Amenzalizam	-,0	Jednostran odnos negativan za jedan, a neutralan za drugi organizam
Predacija	+,-	Uzajaman odnos pozitivan za predatora (grabežljivca), a negativan za plijen. Predator trenutačno ubija svoj plijen
Parazitizam	+,-	Uzajaman odnos pozitivan za parazita, a negativan za domaćina. Parazit domaćina ne ubija nikada ili bar ne trenutačno. Odnos može biti obligatan ili fakultativan

Interakcije između populacija

1. TAKMIČENJE



KOMPETICIJA

2. ISKORIŠTAVANJE



PREDACIJA

HERBIVORNOST

PARAZITIZAM

3. SURADNJA



MUTUALIZAM

TAKMIČENJE - KOMPETICIJA



Definicija kompeticije

- Kompeticija je svako korištenje ili obrana resursa od strane jedne jedinke koje ima za rezultat smanjenje raspoložive količine resursa za druge organizme
- ili
- Kada dva ili više konzumenta koriste isti resurs, čija je količina uvjetovana stopom konzumacije, a količina resursa utječe na stope rasta i umiranja konzumenata, tada se može kazati da su oni u kompeticiji

Definicija resursa

- Resurs je svaka supstanca, objekt ili faktor koji je organizmima potreban za njihov razvitak, rast i reprodukciju.
- Korištenjem resursa od strane organizama, njihova se količina u okolišu smanjuje.
- Dva najvažnija tipa resursa su hrana (obnovljivi resurs) i prostor (neobnovljivi resurs)

U kompeticiji mogu biti jedinke iste ili različitih vrsta

- **Intraspecijska kompeticija**
 - Kompeticija između jedinki iste vrste
 - Intraspecijska kompeticija vodi k stabilnoj regulaciji veličine populacije (stope rasta i umiranja su ovisne o gustoći populacije)
- **Interspecijska kompeticija**
 - Kompeticija između jedinki koje pripadaju različitim vrstama
 - Interspecijska kompeticija može imati za rezultat nestanak jedne od populacija

Princip kompeticijskog isključenja

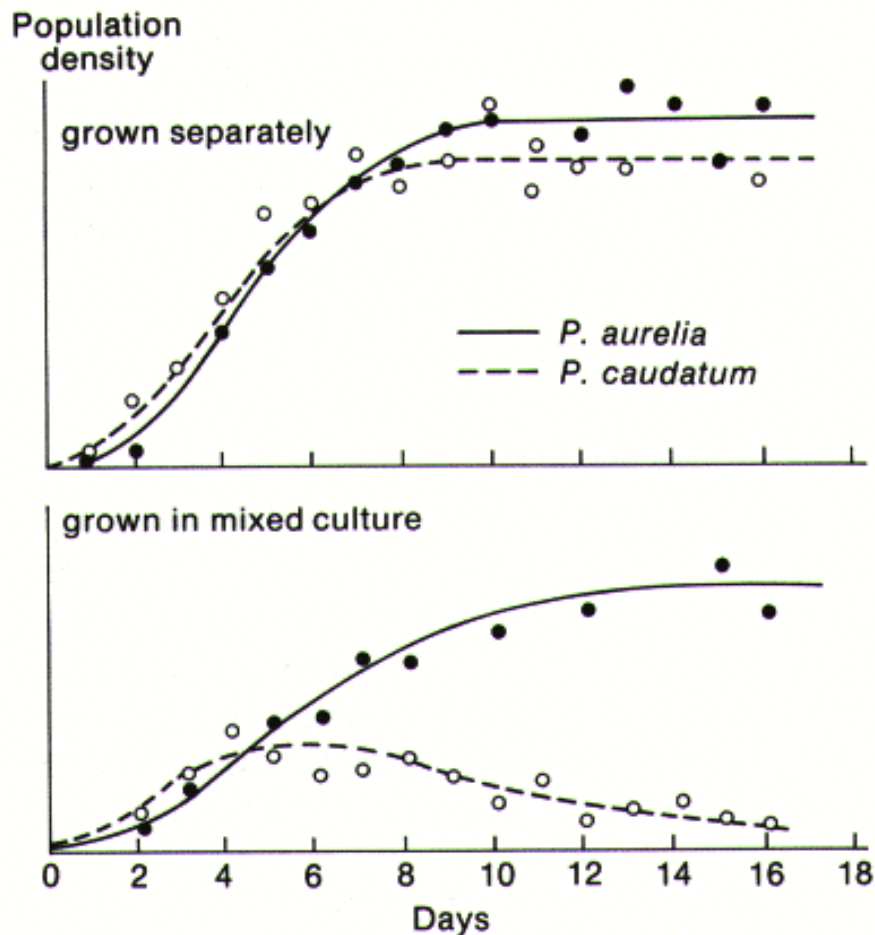
“Princip kompeticijskog isključenja” (Gausovo pravilo ili Volterra-Gausovo pravilo) glasi:

Dvije ili više vrsta ne mogu koegzistirati na istom ograničavajućem resursu (resursu čija je količina manja od potreba organizama)

ili

Kada dvije vrste koegzistiraju u određenom staništu to znači da koriste različite resurse ili iste resurse koriste na različiti način (zauzimaju različite ekološke niše)

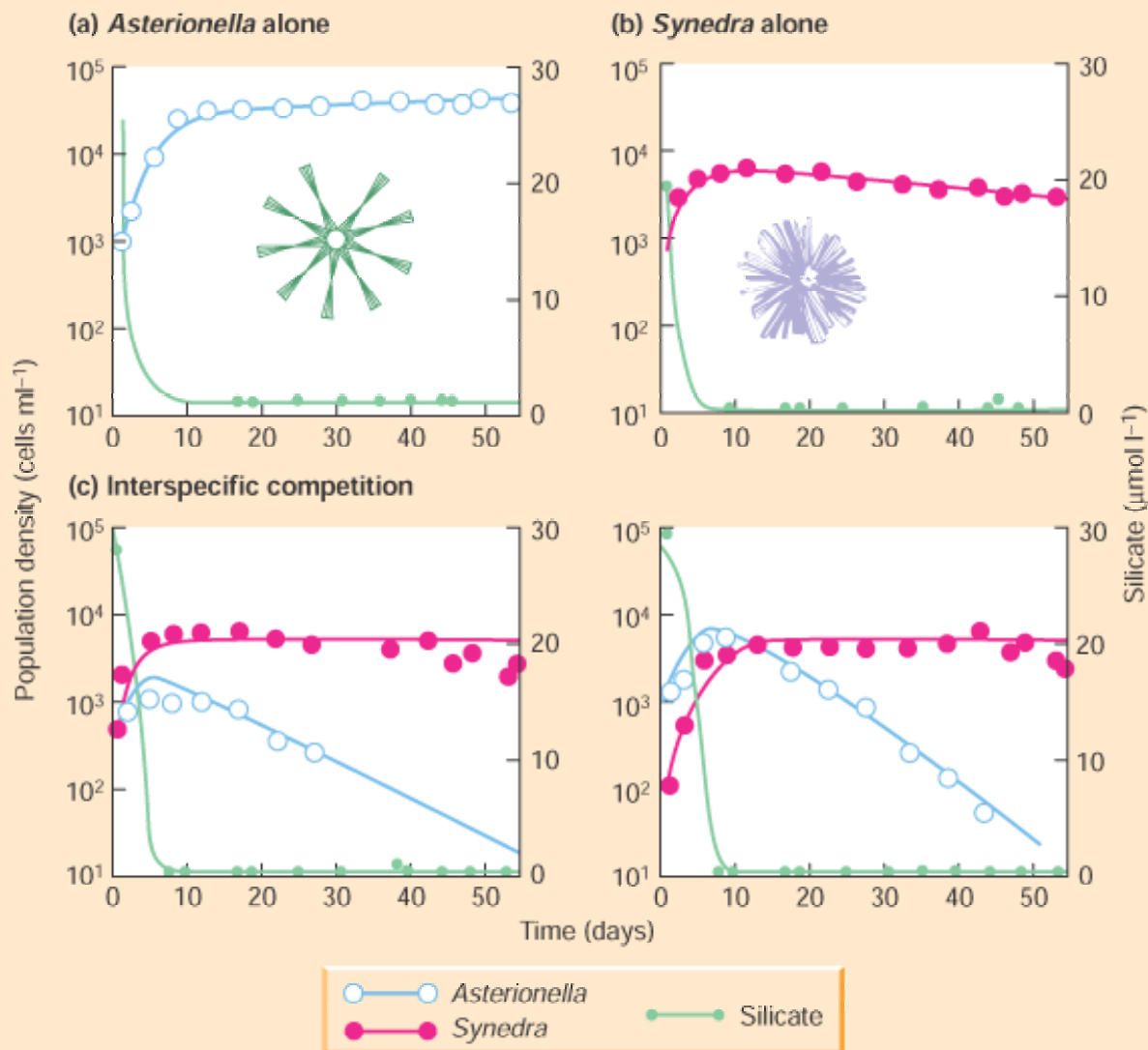
Gausovi eksperimenti s papučicama su demonstrirali zakonitost koju je Garret Hardin (1960) nazvao “Princip kompeticijskog isključenja”



Kada su papučice *Paramecium aurelia* i *P. caudatum* uzgajane odvojeno obje su vrste pokazivale dobar rast, dok ...

... kada su uzgajane zajedno, vrsta *P. caudatum* je bila eliminirana (iako je vrsta *P. aurelia* bila pobjednik i ona je pokazivala slabiji rast u odnosu na eksperiment u kojem je rasla sama)

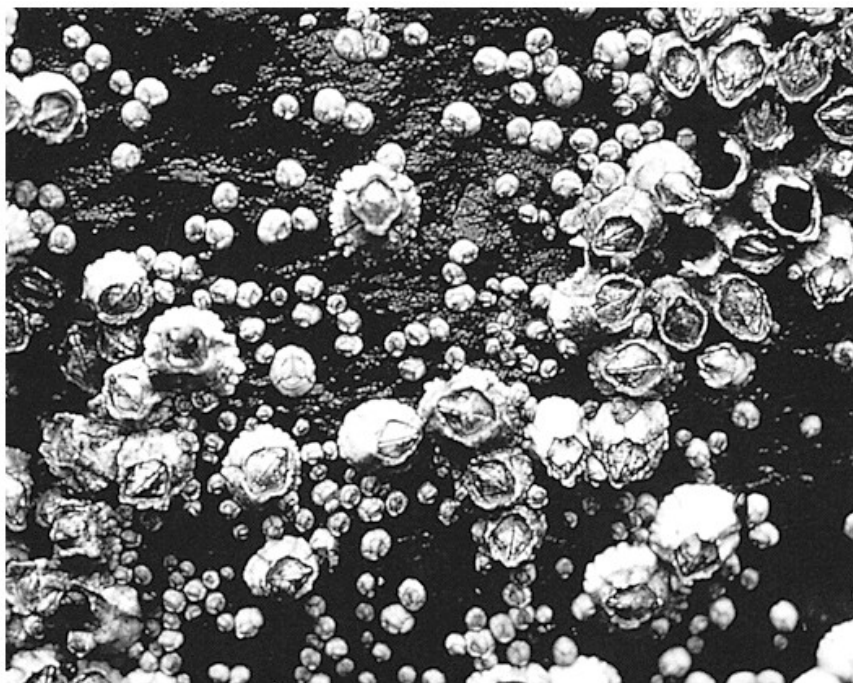
Eksperimenti s dijatomejama (Tilman, 1981)



Kada su dvije vrste dijatomeja uzgajane izolirano, obje su dostigle stabilnu veličinu populacije, te su održavale silikate na konstantnim niskim koncentracijama

Kada su dvije vrste dijatomeja rasle zajedno vrsta *Synedra ulna* je uvijek eliminirala vrstu *Asterionella formosa*

Kompeticija za prostor kod rakova vitičara



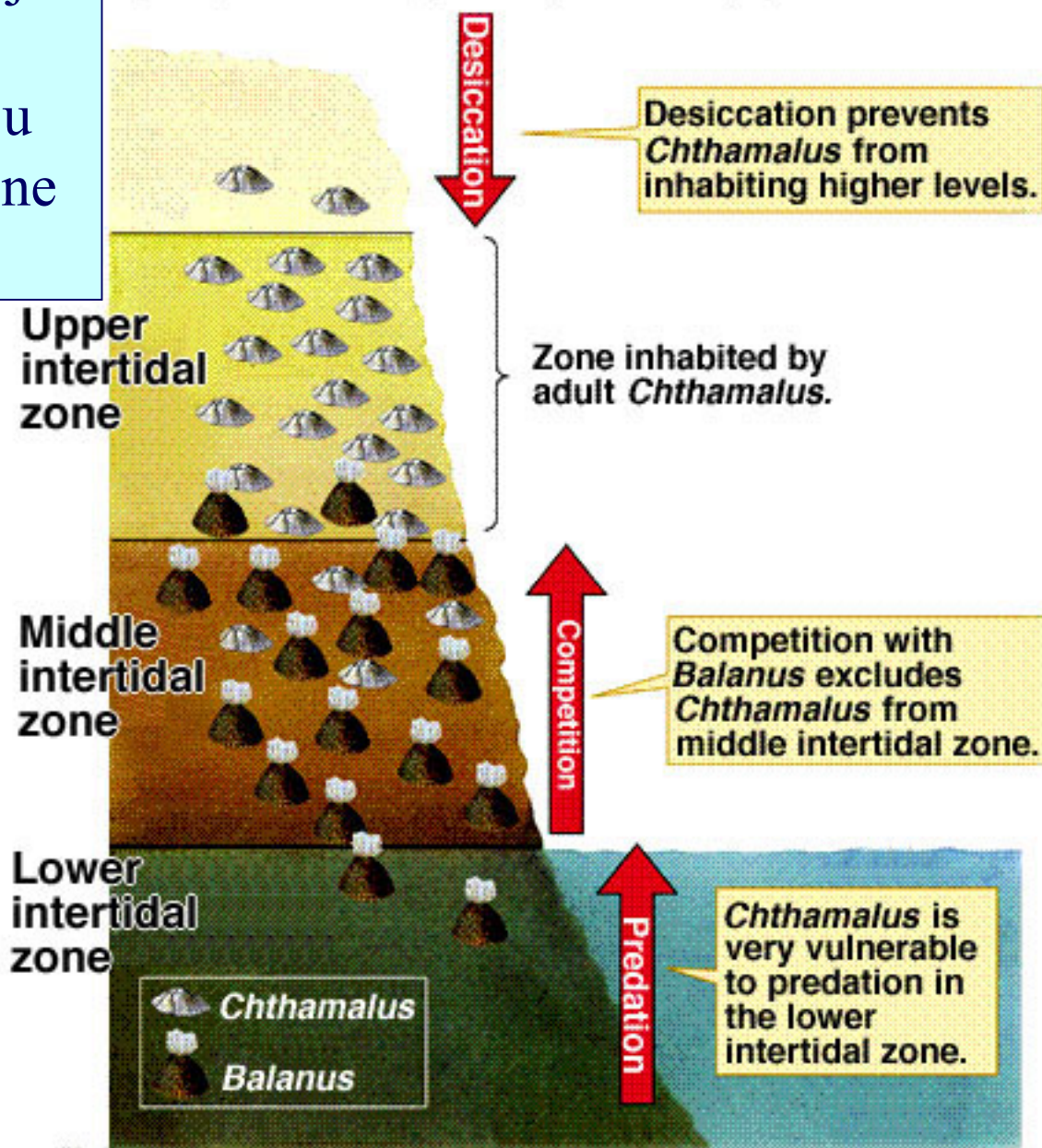
U gornjem dijelu zone plime i oseke gustoća populacije je manja i kompeticija nije jaka. Mlade jedinke imaju dovoljno prostora

U nižem dijelu zone plime i oseke, populacija je vrlo gusta i kompeticija za prostor je vrlo snažna. Mlade jedinke se pričvršćuju na starije.

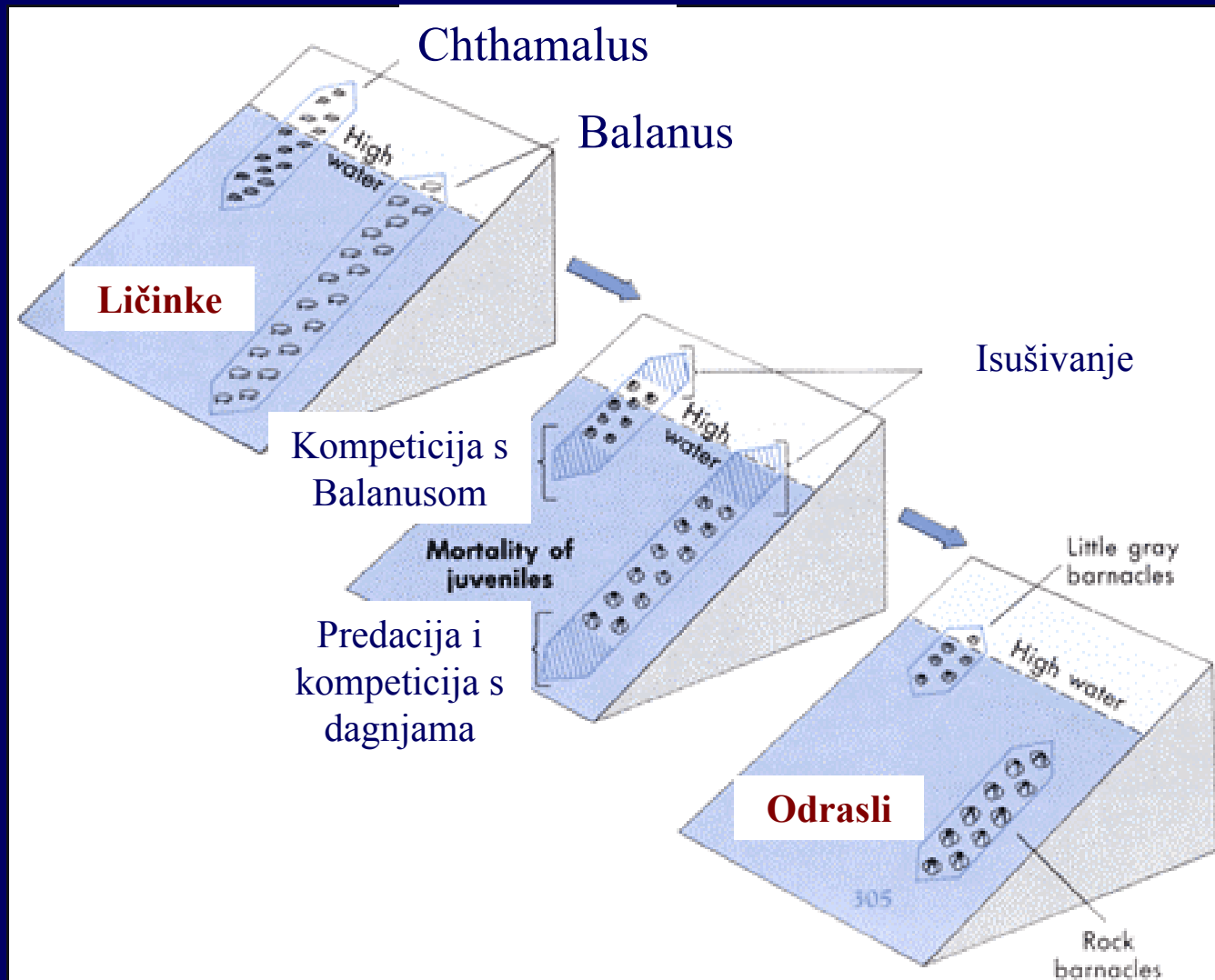
M. Šolić: Ekologija mora

Kompeticija između dviju vrsta rakova vitičara *Chthamalus* i *Balanus* u različitim dijelovima zone plime i oseke

U odsustvu *Balanusa*, *Chthamalus* živi u vrlo širokom pojasu zone plime i oseke (od gornjeg do srednjeg pojasa ove zone). U prisustvu *Balanusa*, *Chthamalus* je ograničen na gornji pojas u kojem je *Balanus* inhibiran zbog manje tolerancije na isušivanje. U srednjem pojasu, *Balanus* kao uspješniji kompetitor eliminira *Chthamalusa*

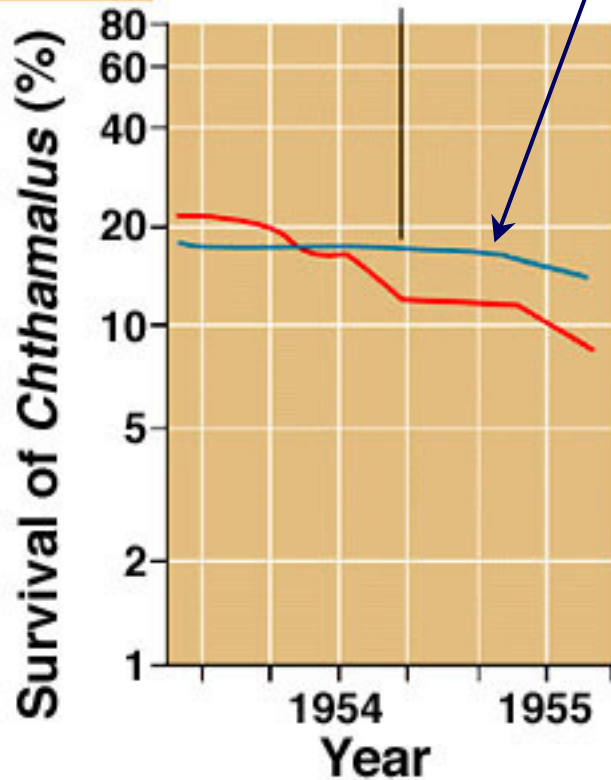


Kompeticija između dviju rakova vitičara iz rodova *Chthamalus* i *Balanus*

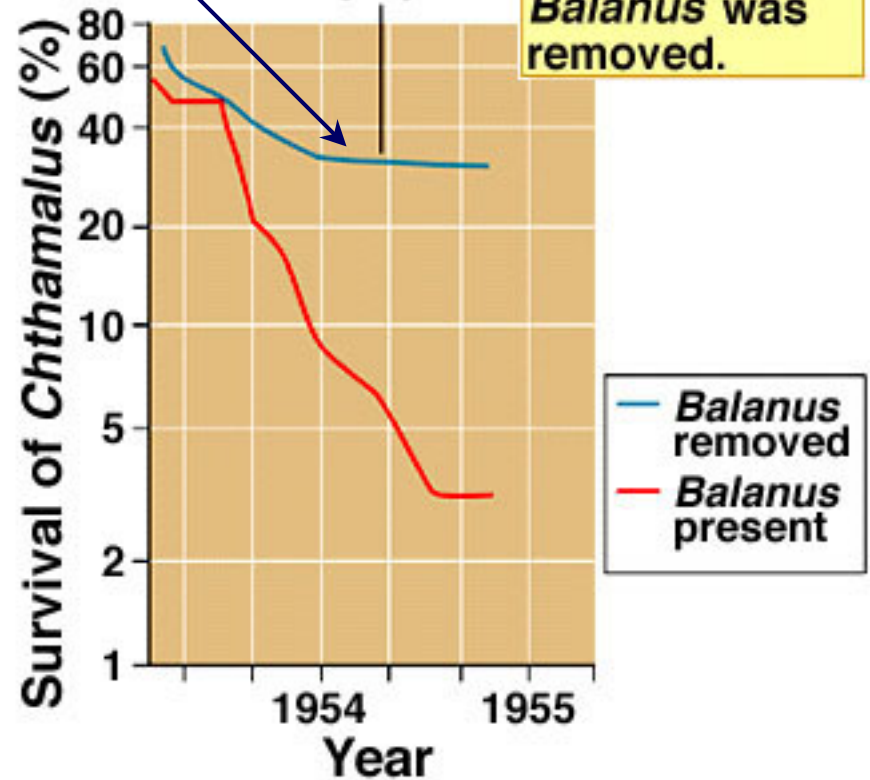


Uklanjanje *Balanusa* ima malo utjecaja
na preživljavanje *Chthamalus* u
gornjem pojasu, a puno u srednjem
pojasu zone plime i oseke

In the upper
intertidal zone,
removing
Balanus had
little effect on
survival by
Chthamalus.

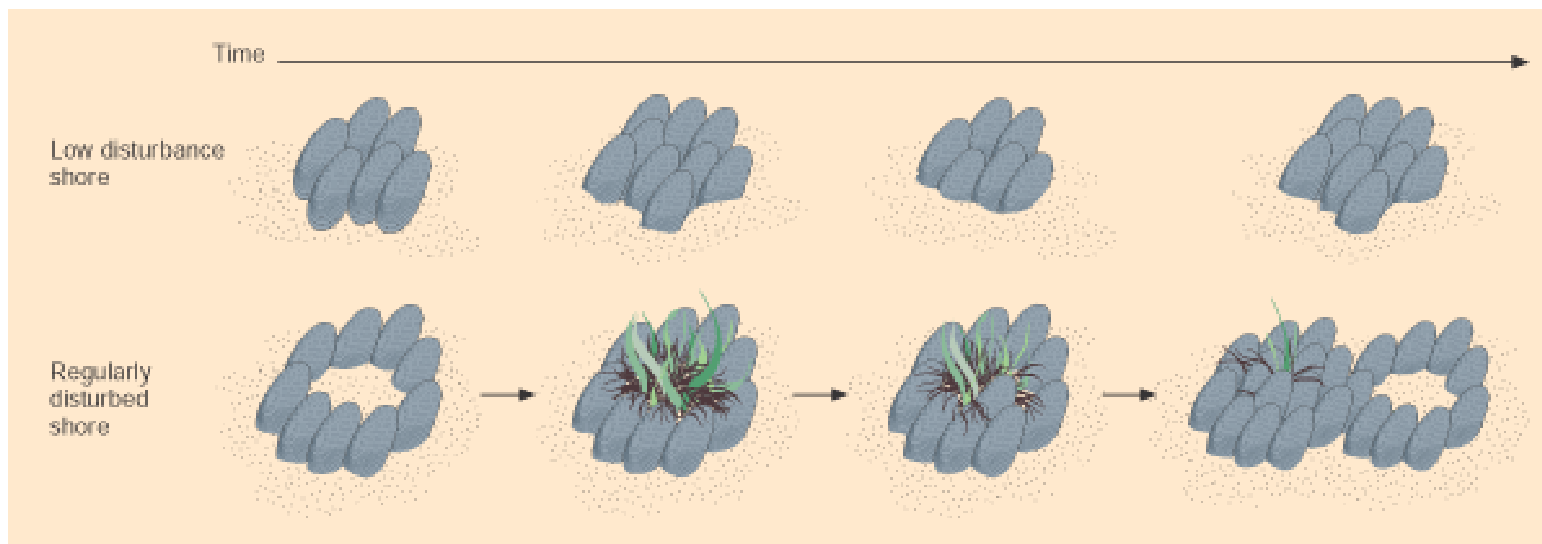


In the middle
intertidal zone,
a much higher
percentage of
Chthamalus
survived where
Balanus was
removed.



Kompeticija za prostor između dagnje i smeđe alge
(*Postelsia palmaeformis*; morska palma) na hridinastim
obalama države Washington





Morska palma je jednogodišnja biljka koja svake godine treba zamijeniti samu sebe s novim biljkama. To im uspjeva jedino na golim površinama stijena koje su nastale kada su valovi otkinuli skupinu dagnji. Dagnje će nastalu pukotinu malo po malo ponovo osvojiti, pa će morska palma opstati jedino u onim staništima koja trpe jako djelovanje valova i gdje se pukotine u nasadu dagnji javljaju relativno često i konstantno

Kompeticija u prirodnim uvjetima

- Da li se kompeticija događa u prirodi? Ako se događa koliki je njen značaj?
- Kompeticija nema tako očite efekte kao što to na primjer ima predacija. Nijedna vrsta, niti jedinka, ne mora biti eliminirana zbog kompeticije. Kompeticija je daleko finiji i istančaniji odnos koji nije lako uočiti. Kako onda prepoznati kompeticiju u prirodnim uvjetima?

Metode za dokazivanje kompeticije u prirodnim uvjetima

- **Eliminacija vrsta nakon uvođenja kompetitora:**
 - Najbliža prirodna analogija laboratorijskom eksperimentu je slučajno ili namjerno unošenje vrsta od strane čovjeka. Brojni su takvi primjeri potvrdili činjenicu da uvođenje novih vrsta može eliminirati druge vrste
- **Uklanjanje ili dodavanje vrsta omogućava eksperimentalnu demonstraciju kompeticije u prirodnim okolišima:**
 - Uklanjanje i dodavanje vrsta je značajan alat u studijama kompeticije. Ova se metoda temelji na razlikama u rastu dane populacije u prisustvu i u odsutnosti kompetitorske vrste

Asimetrija u kompeticiji odražava asimetriju u ekologiji

- Gotovo je uvijek slučaj da je superiorniji kompetitor jače ograničen abiotičkim faktorima u okolišu (primjer rakova vitičara *Chthamalus* i *Balanus*) ili predatorima



Zvezdača *Pisaster* vrši snažni predacijski pritisak nad daganjama koje su superiorni kompetitori na obalama države Washington

Kako se događa kompeticija? – Mehanizmi kompeticije

- **Konzumacijska (potrošačka) kompeticija** – temelji se na zajedničkom korištenju nekog obnovljivog resursa
- **Kompeticija zaposijedanja (zauzimanja)** – temelji se na zauzimanju otvorenog prostora
- **Kompeticija prerastanja** – događa se kada jedna vrsta raste iznad ili preko druge te joj na taj način oduzima svjetlo, hranjiva ili neki drugi resurs
- **Kemijska kompeticija** – događa se preko proizvodnje toksina koji mogu djelovati i izdaleka (bez direktnog kontakta) nakon što difundiraju u okoliš
- **Teritorijalna kompeticija** – odvija se kroz obranu teritorija ili prostora
- **Kompeticija zbog susreta (sukoba)** – uključuje prolaznu interakciju koja može rezultirati fizičkim ozljedama, gubitkom vremena i energije, te krađom hrane

Schoener (1983) navodi 6 mehanizama kompeticije:

TABLE 22-1 A survey of proposed mechanisms of interspecific competition in experimental field studies

Group	MECHANISM						Nepoznato
	Konsumacijska	Zaposijedanje	Prerastanje	Kemijska	Teritorijalna	Sukob	
Freshwater							
Plants	0	0	1	1	0	0	0
Animals	13	1	0	1	1	5	2
Marine							
Plants	0	6	4	1	0	0	0
Animals	9	10	6	0	7	6	0
Terrestrial							
Plants	28	3	11	7	0	1	9
Animals	21	1	0	1	11	15	6
Total	71	21	22	11	19	27	17

(Data from Schoener 1983.)

ISKORIŠTAVANJE:

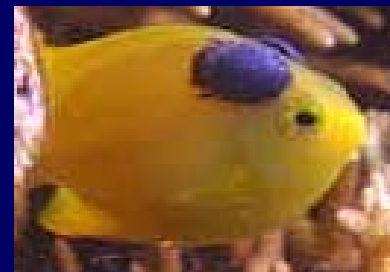
Predacija



Herbivornost



Parazitizam



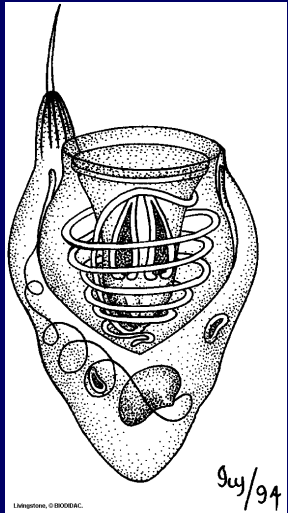
Predatori

- Većina predatora lovi plijen koji je nešto manji od njih ali je dovoljno velik da je vrijedan lovljenja
- Neki predatori konzumiraju ogromne količine sitnog ali vrlo brojnog plijena (kit-kril; filter-feedersi)
- Neki predatori love u skupini, pa mogu savladati i znatno krupniji plijen od sebe



Prilagodbe predatora

Lovke i žarnice kod žarnjaka

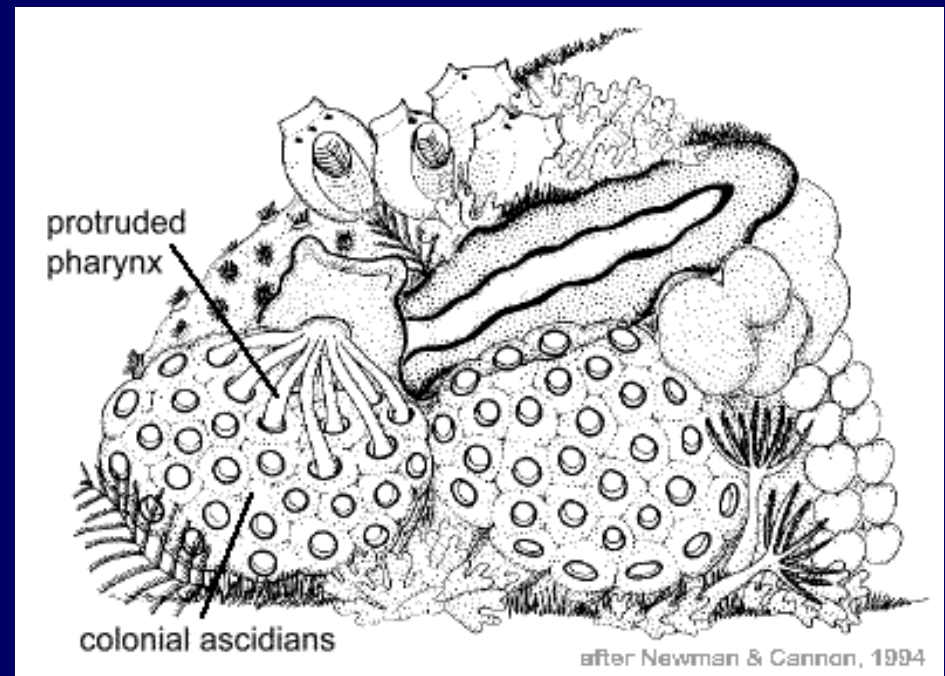
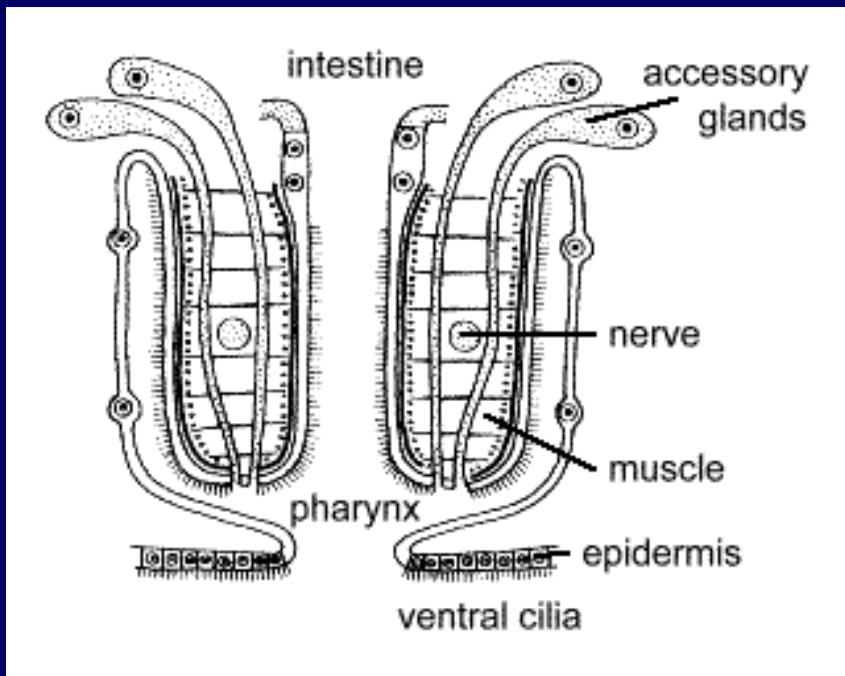


Lovke kod rebraša



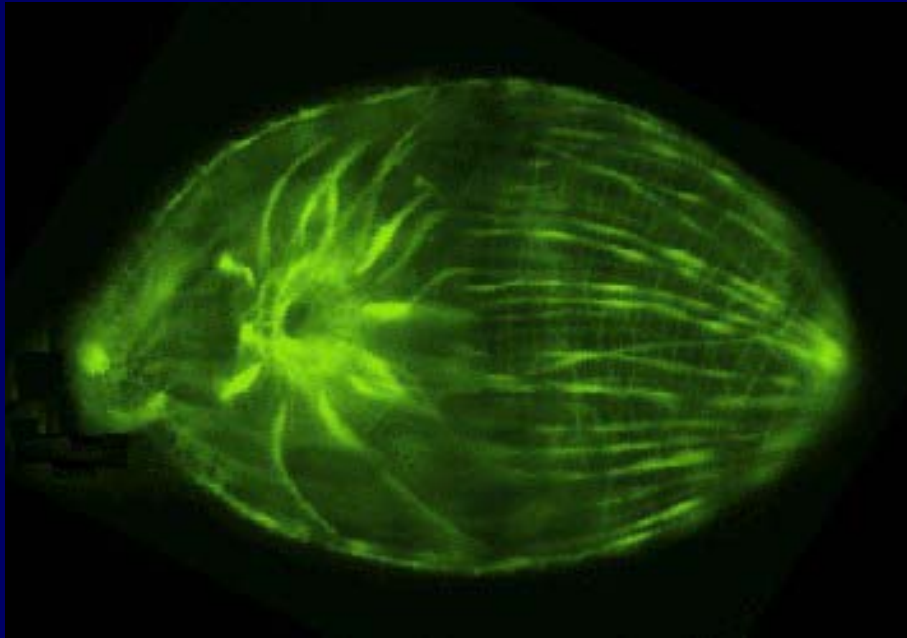
Prilagodbe predatora

Mnogi su plošnjaci predatori koji napadaju sesilne životinje kao što su spužve, ascidije, mahovnjci, školjkaši itd. (mogu uzrokovati velike štete u uzgajalištima školjkaša)

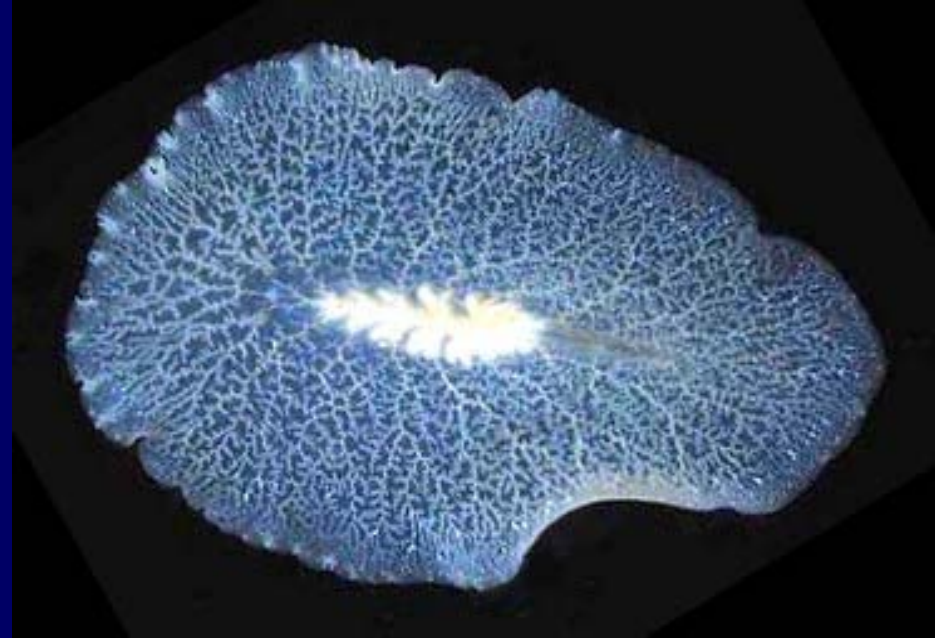


Imaju nabrana ždrijela koja mogu izbaciti i uvući u plijen. Kroz ždrijelo izlučuju enzime koji razgrađuju tkivo žrtve i potom ga isisaju

Prilagodbe predatora



**Veliki svjetli prsten je
mišićavo ždrijelo iz kojeg se
radijalno šire mišićna vlakna**



**Slijepo razgranato probavilo
proteže se kroz čitavo tijelo**

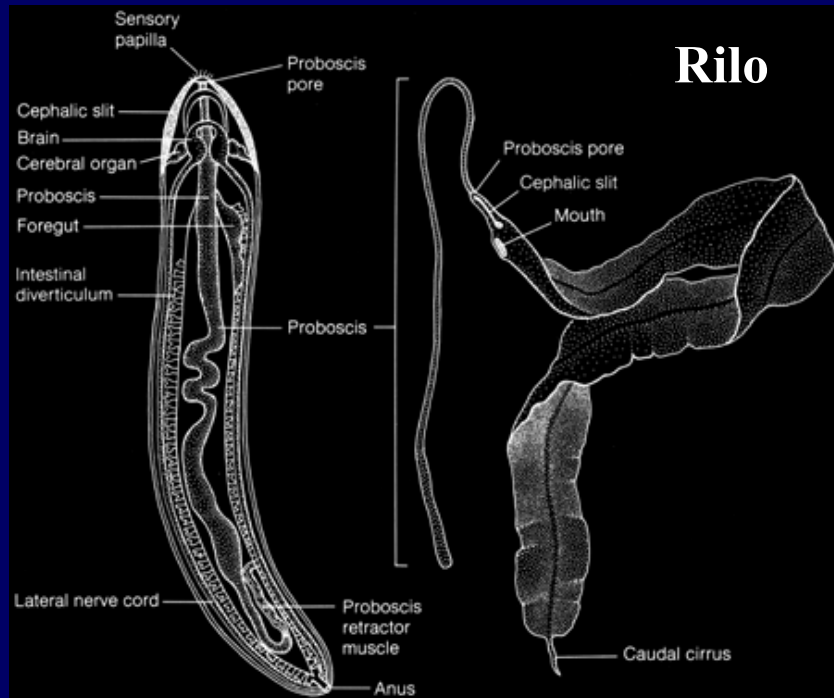


Vrsta *Prostheceraeus moseleyi* koja je velika je do 3 cm, živi u Mediteranu i umjerenom području istočnog Atlantika ovdje napada ascidiju iz roda *Clavelina*. Plošnjak buši rupu u žrtvi i kroz nju ubacuje ždrijelo pomoću kojega za nekoliko sati isisa čitav sadržaj



Vrsta *Eurylepta leoparda* hrani se ascidijom *Corella willmeriana*. Na slici se vidi nekoliko juvenilnih plošnjaka u unutrašnjosti ascidije

Prilagodbe predatora



**Rilo kod vrpčara i
nekih puževa**

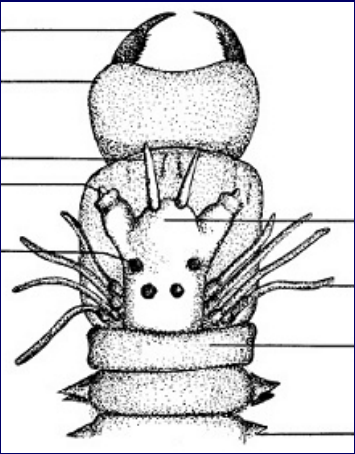


Prilagodbe predatora

**Lovke, čeljusti i dobar vid
kod glavonožaca**



Prilagodbe predatora



Čeljusti kod poliheta



Prilagodbe predatora

Kliješta kod rakova



Prilagodbe predatora

Izbacivanje želuca (vanjska probava) i korištenje otrova kod zvjezdaca

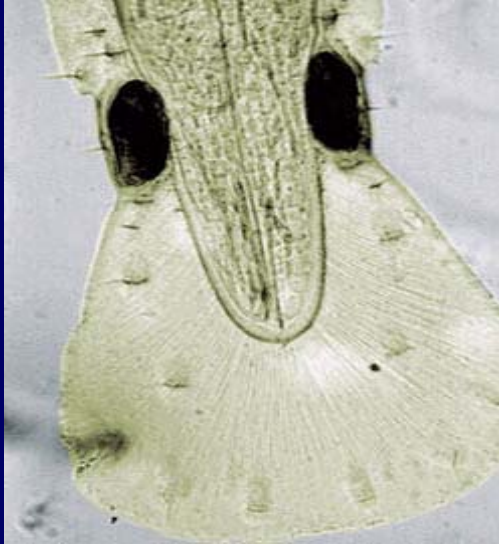


Prilagodbe predatora

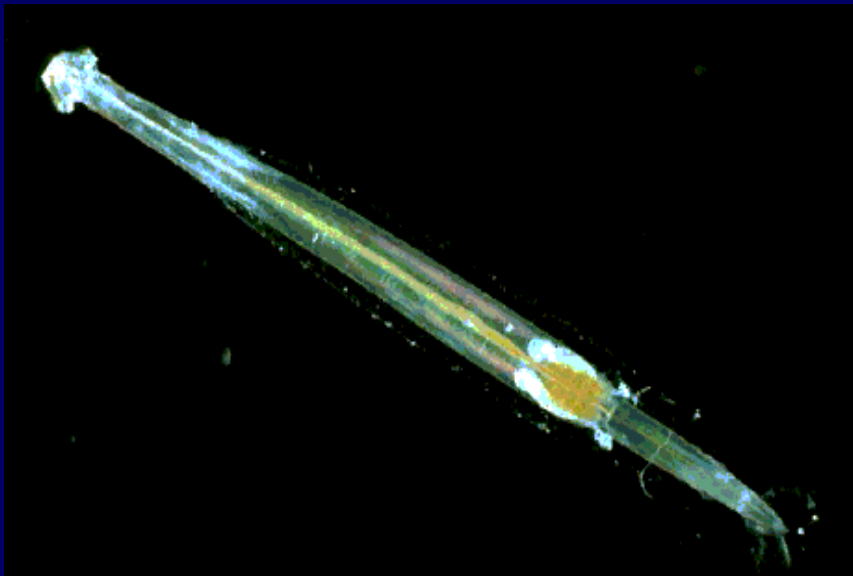
Aristotelova svjetiljka – aparat za
žvakanje kod ježinaca



Prilagodbe predatora



**Velika brzina i čeljusti
kod čeljustousta
(Chaetognatha)
("tigrovi planktona")**



Prilagodbe predatora

Lorencinijeve ampule
– posebni organi
kojima morski psi
registriraju električni
potencijal u moru



Morski psi mogu
osjetiti vrlo male
koncentracije krvi u
morskoj vodi i to na
velikoj udaljenosti



Prilagodbe predatora



Dupini i kitovi pomoću ultrazvuka vizualiziraju svoj okoliš. Pomoću ultrazvuka pronalaze svoj plijen (čak i kada je zakopan ispod morskog dna), a koriste ga i za omamljivanje ili ubijanje plijena



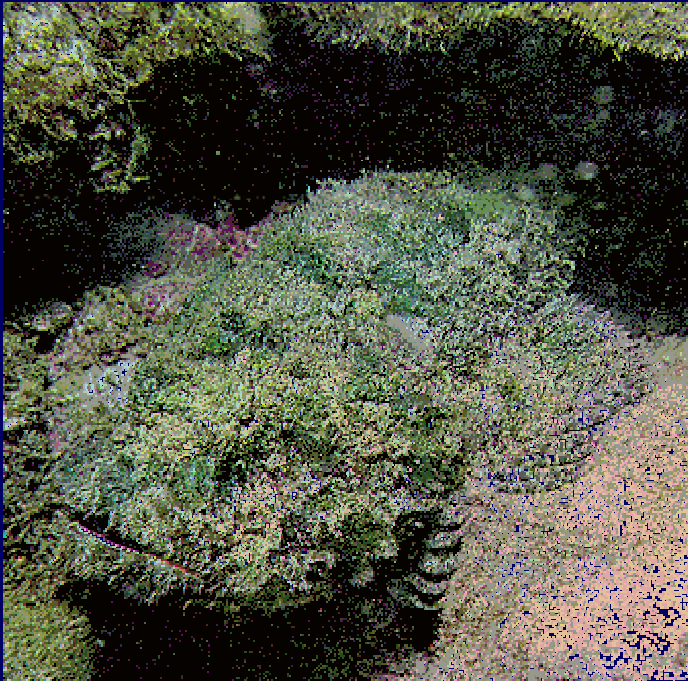
Prilagodbe predatora

Električna jegulja može proizvesti struju napona između 350 i 700 V



Prilagodbe predatora

Mnoge ribe oblikom i bojom savršeno oponašaju svoj okoliš i tako svoj plijen love čekajući da im se on približi

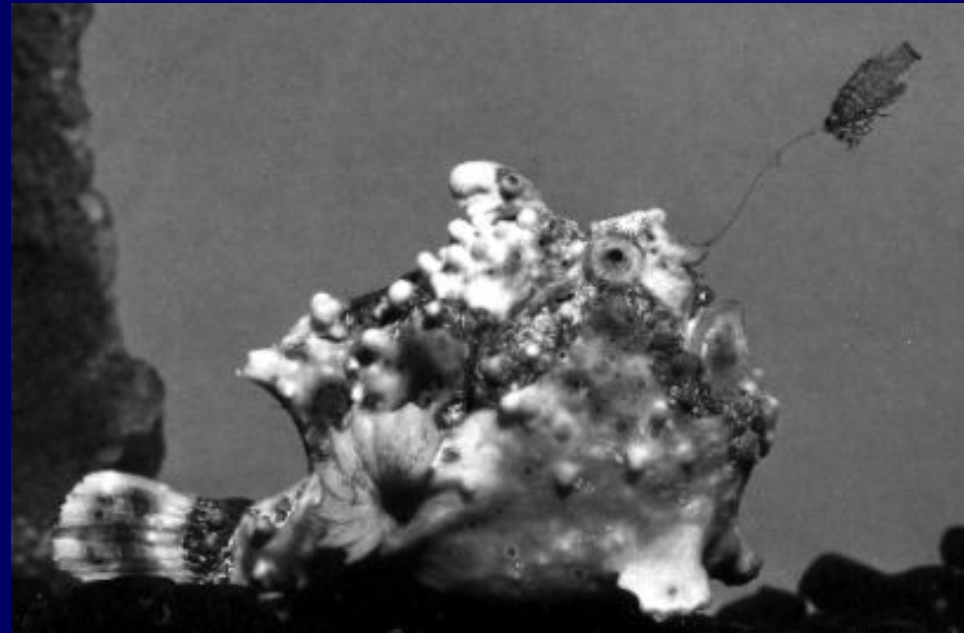


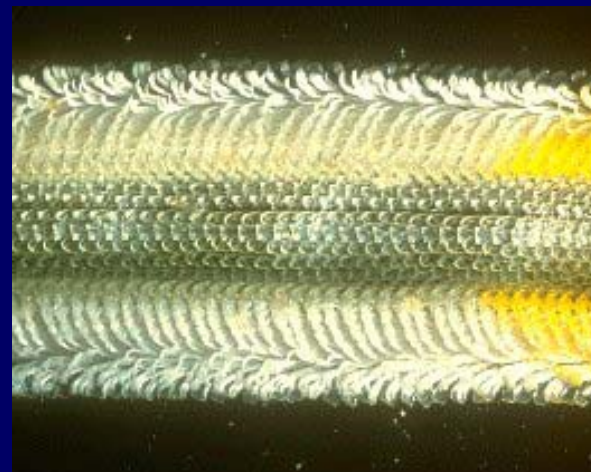


Hobotnica

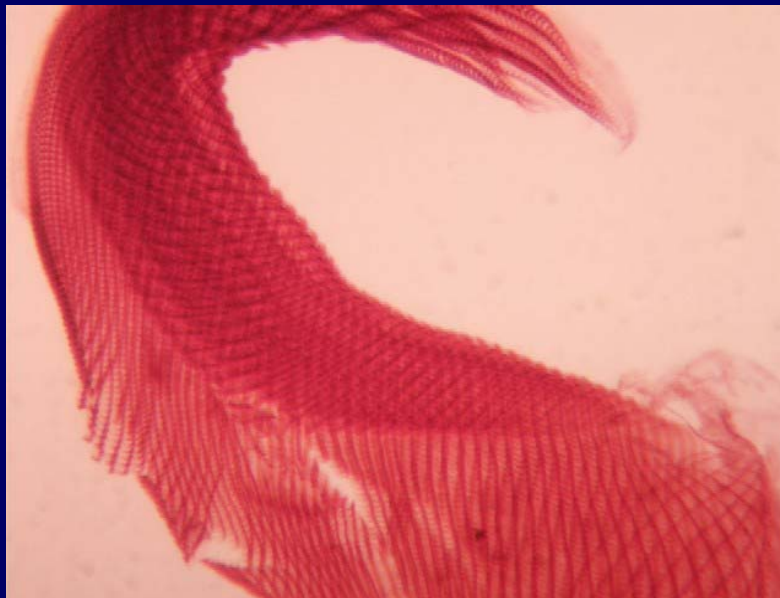
Prilagodbe predatora

Bodljica leđne peraje preobražena je u oblik koji podsjeća na malu ribu. Predator maše ovom “ribicom” iznad svojih usta i mami plijen

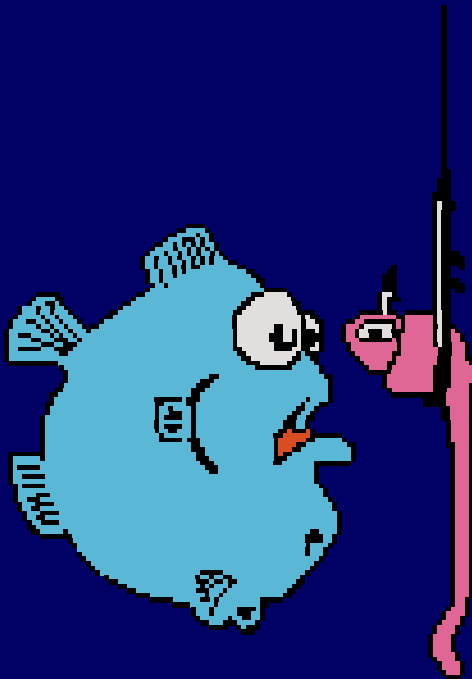




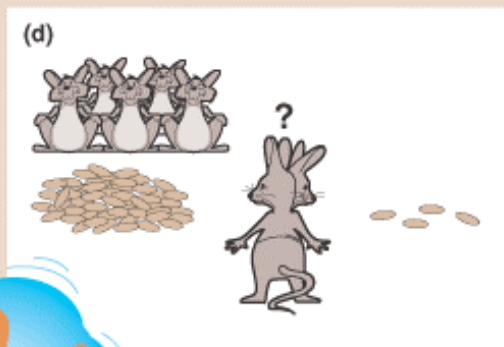
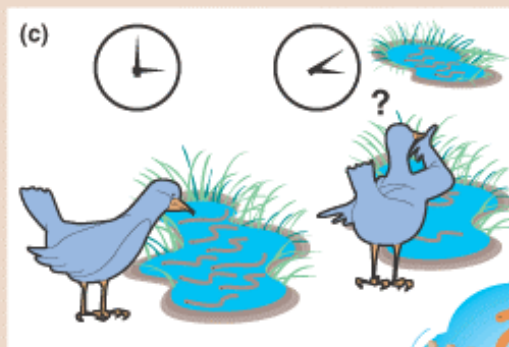
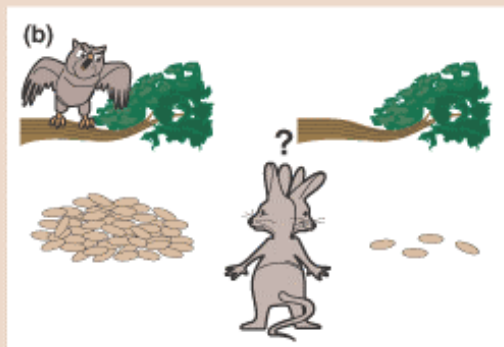
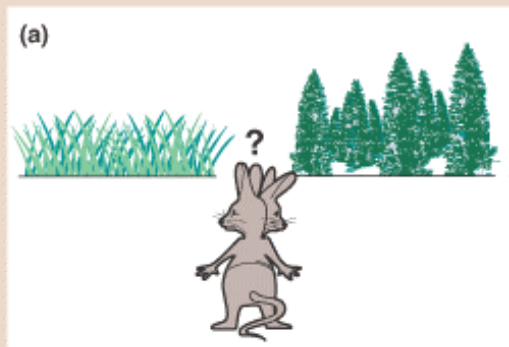
**Radula
(trenica)
kod
herbivorni
h puževa**



TEORIJA OPTIMALNE PREHRANE



Predatori mogu biti suočeni s različitim tipovima izbora:



- a) Izbor između staništa
- b) Dilema između obilja hrane i rizika od predacije
- c) Izbor vremena zadržavanja u danom staništu
- d) Dilema između obilja hrane i broja kompetitora
- e) Optimalna prehrana – uključiti ili ne uključiti dani plijen u prehranu

“Teorija optimalne prehrane”

- Predator bi se trebao ponašati na način da ostvari najveću moguću korist (pojede što više hrane) uz plaćanje najmanje moguće cijene (utrošak vremena i energije)
- Ekološka teorija koja se bavi analizom cijene i koristi prilikom izbora plijena od strane predatora naziva se **“teorija optimalne prehrane”**

Optimalno vrijeme provedeno u nekom staništu

Ptilosarcus gurneyi

Hippasteria spinosa

Pacifička zvjezdača *Hippasteria spinosa* se specijalizirala na prehranu s organizmom iz skupine koralja *Ptilosarcus gurneyi* koji živi u skupinama koje neujednačeno prekrivaju različito velike dijelove staništa. Ukoliko zvjezdača provede puno vremena u jednom dijelu staništa broj koralja se zbog predacije smanjuje pa zvjezdača ulaže sve više energije i vremena za sve manju dobit

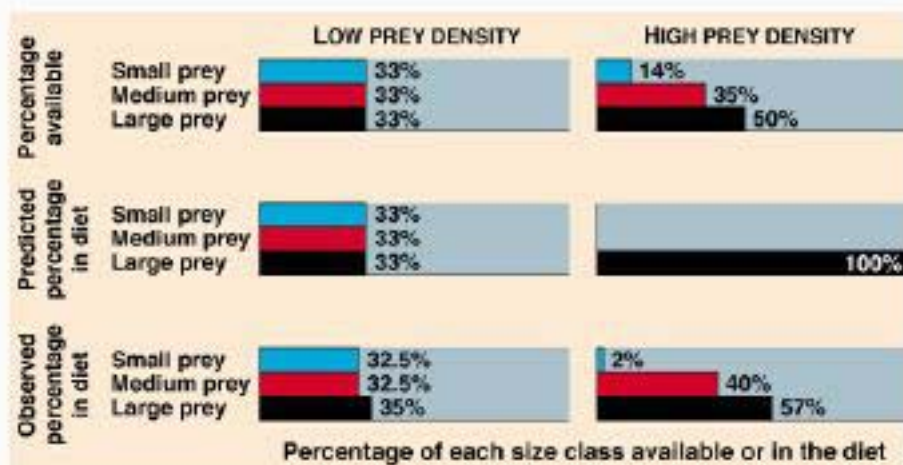
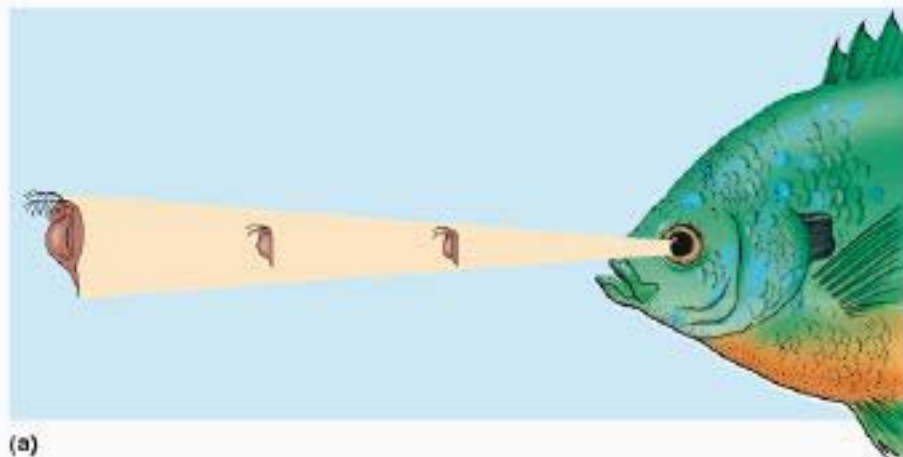
Optimalno vrijeme provedeno u staništu



Zvjezdaca se ponaša prema “Teoriji optimalne prehrane”

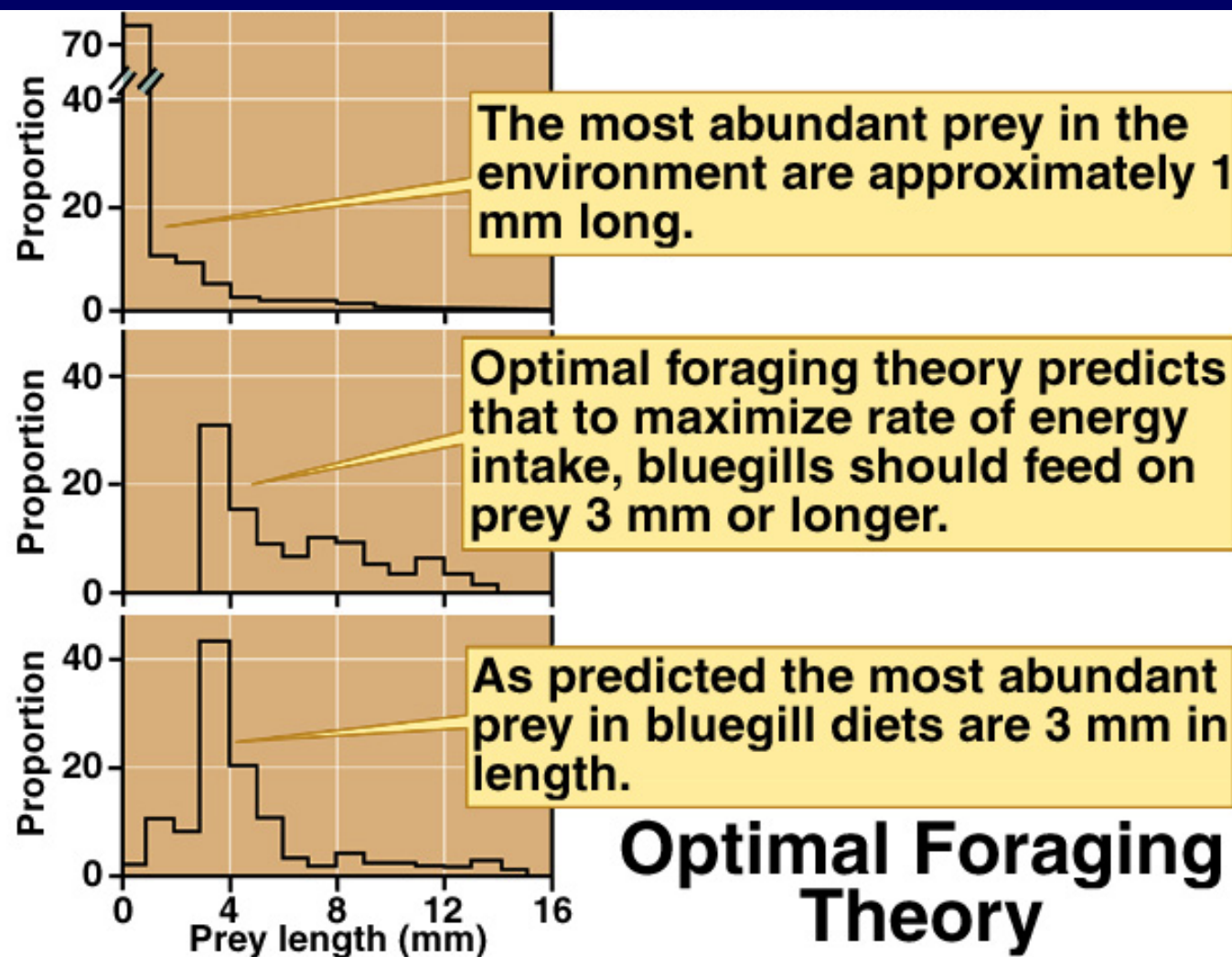
- Vrijeme boravka predatora u staništu opada kako vrijeme putovanja do sljedećeg povoljnog staništa opada (kada je novo povoljno stanište blizu tada se isplati brzo napustiti postojeće stanište čim kvaliteta prehrane malo opadne)
- Vrijeme boravka predatora u staništu opada s porastom stope iscrpljivanja plijena (s porastom efikasnosti predacije)
- Vrijeme boravka predatora u staništu nije ovisno o ukupnoj količini plijena

Optimalna veličina plijena



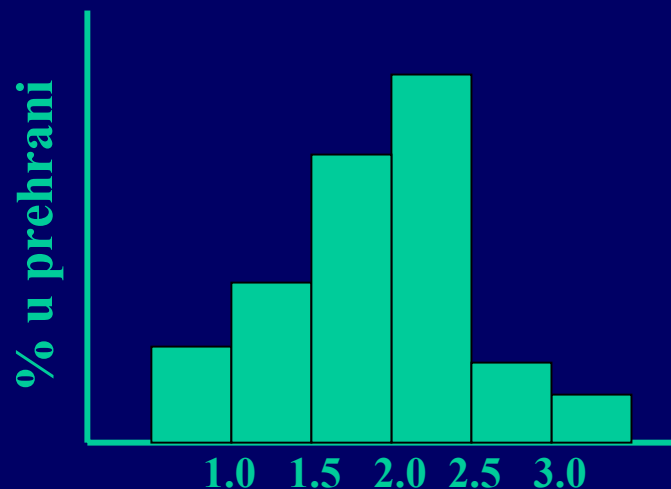
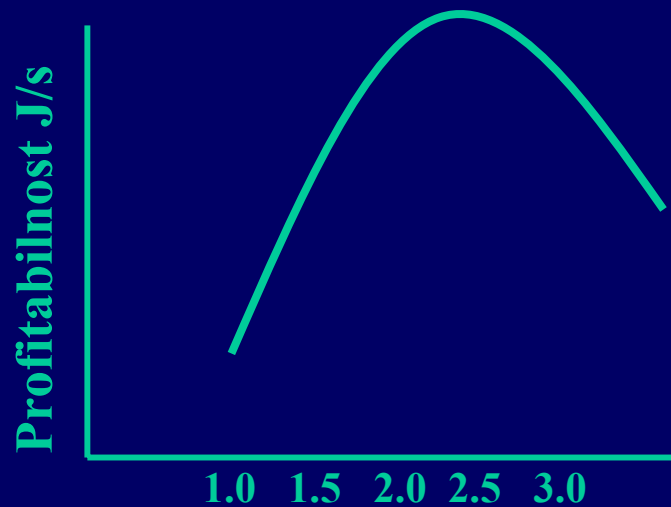
Primjera prehrane kod ribe sunčanice pokazuju da porast gustoće plijena vodi k njihovoj većoj specijalizaciji u prehrani, upravo kako to predviđa teorija optimalne prehrane. Kada je ukupna količina plijena gušća sunčanica propušta manji plijen i specijalizira se na hvatanje većeg plijena.

Optimalna veličina plijena



Primjer
optimalne
prehrane kod
ribe sunčanice.
Udio
veličinskih
frakcija
njihovog
plijena
poklapa se s
predviđanjima
modela

Optimalna veličina plijena

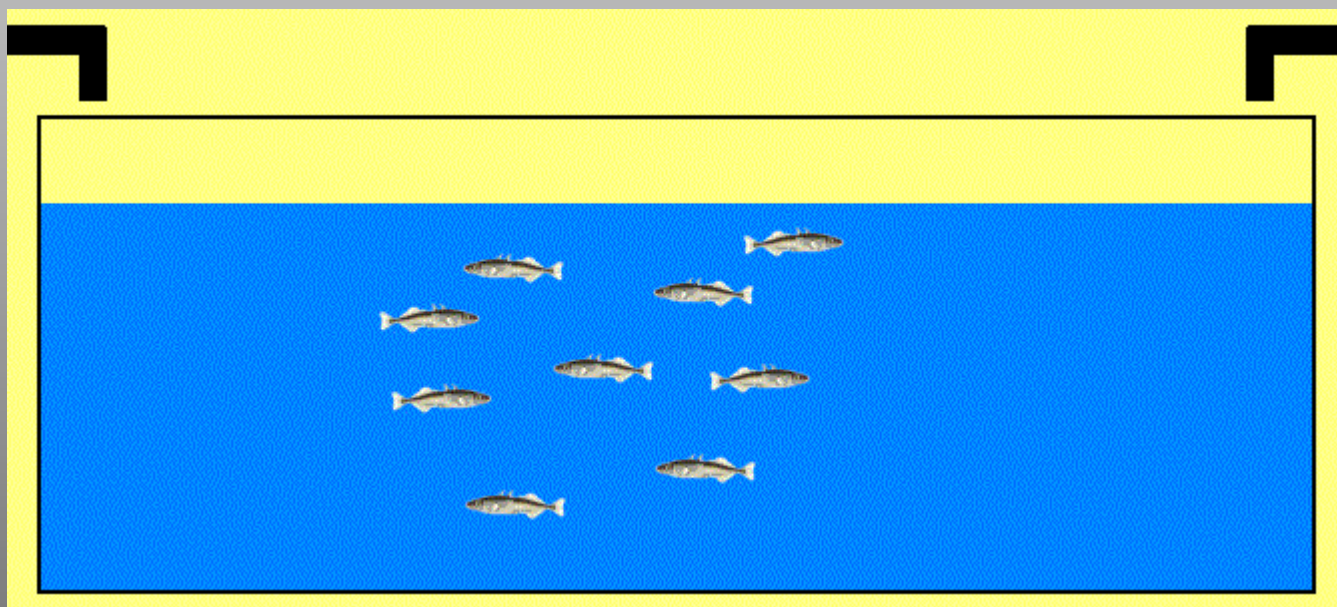


Rak *Carcinus maennas* hrani se dagnjama. Male dagnje je lako otvoriti ali imaju malu količinu mesa. Velike dagnje sadrže puno mesa, ali treba uložiti puno energije na njihovo otvaranje. Rak preferira dagnje srednje veličine i one mu zaista i donose najveći energetski profit po jedinici uloženog vremena

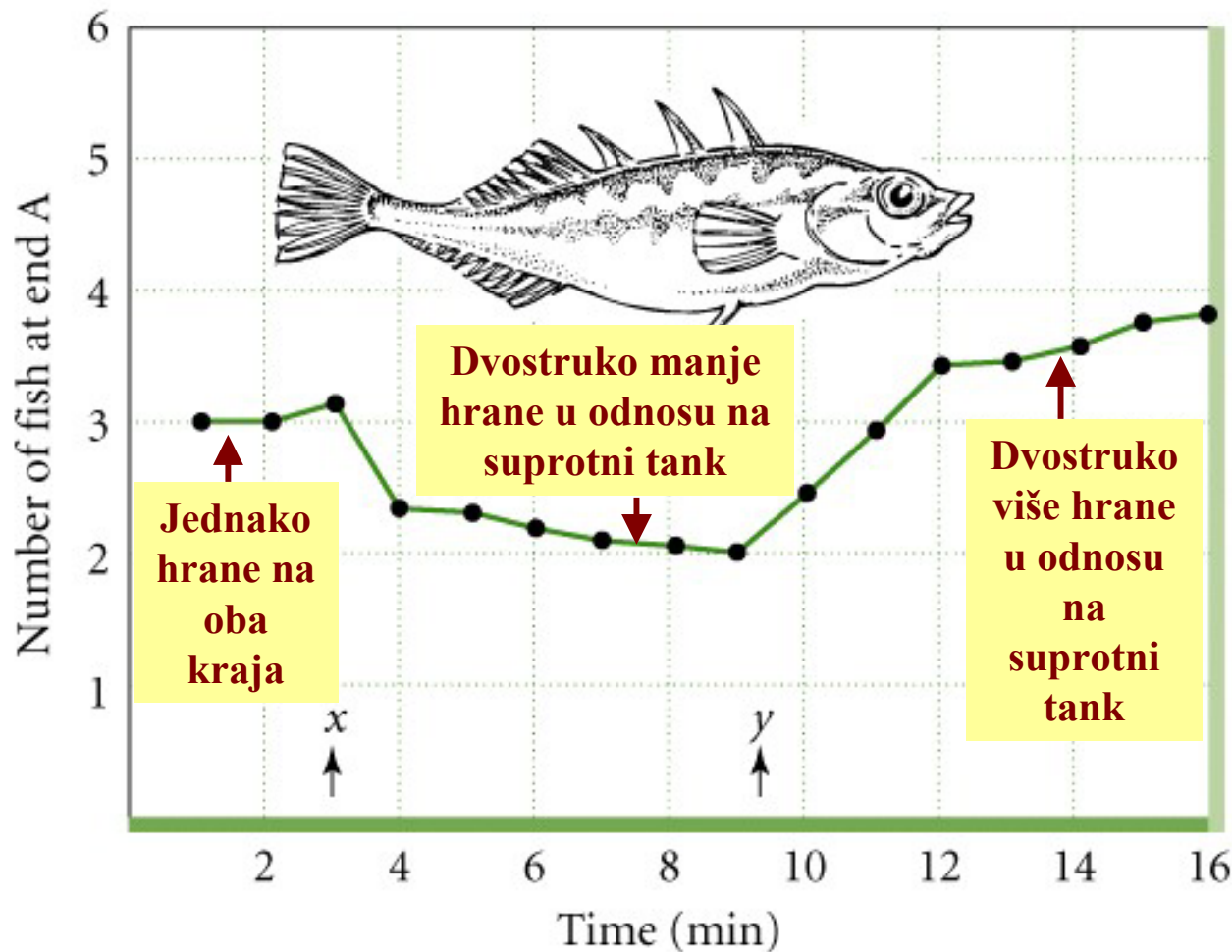
“Idealna slobodna raspodjela” (Fretwell, 1972)

- Model koji prognozira rješenje dileme između obilja hrane i broja kompetitora naziva se **“Idealna slobodna raspodjela”** (Fretwell, 1972)
- Ukoliko organizmi mogu birati između bogatog i siromašnog staništa, prvi će kolonizatori odabirati bogato stanište, koje će dolaskom sve većeg broja kompetitora postajati sve manje profitabilno. U jednom će trenutku novim kolonizatorima biti isplativije naseliti siromašno stanište, jer je tamo kompeticija manja pa je dobitak po jedinki veći nego u bogatijem staništu
- Drugim riječima, kompetitori podešavaju svoju raspodjelu u odnosu na kvalitetu staništa na način da svaka jedinka ostvari maksimalni mogući dobitak

Primjer “Idealne slobodne raspodjele” u eksperimentalnom tanku u kojem su ribe hranjene različitim intezitetom na dva kraja tanka (dva kraja tanka su predstavljala dva različito bogata staništa)



Primjer “Idealne slobodne raspodjele” u eksperimentalnom tanku u kojem je 6 riba hranjeno vodenim buham na dva kraja tanka



U vremenu x na suprotnom kraju tanka je stopa dodatka hrane bila dvostruka u odnosu na kraj tanka koji prikazuje graf. Kao rezultat u ovom su dijelu tanka ostale dvije ribe dok su 4 ribe otišle na suprotni kraj. U vremenu y se hrana počela dodavati obrnutim stopama, pa se i raspodjela riba obrnula

PRILAGODBE PLIJENA

- Organizmi koji su ekstremno mali u odnosu na predatora pokazuju vrlo malo prilagodbi za njegovo izbjegavanje
- S druge strane, veći se plijen može **sakriti, pobjeći ili boriti**
- Uspješan bijeg ovisi o ranom opažanju predatora, okretnosti i brzini
- Mnoge životinje nisu jestive jer sadrže otrovne spojeve
- Sesilne životinje se štite pomoću bodlji i oklopa (ježinac, puževi, školjkaši itd.)

Prilagodbe plijena

Manta se hrani
oblakom planktona



Morski pas se
hrani krilom



Kada između predatora i plijena postoji velika razlika u veličini, plijen u pravilu nije razvio prilagodbe za izbjegavanje predacije

Prilagodbe plijena



Nepokretne i slabo pokretne
životinje štite se od predatora
bodljama i oklopima (čvrsti
vanjski skelet)





Prilagodbe plijena

Žarnice kod žarnjka služe za omamljivanje plijena, ali isto tako i za odbijanje predatora



Prilagodbe plijena

Trpovi u obrani izbacuju iz posebnih žljezdastih organa rastezljive i ljepljive bijele niti



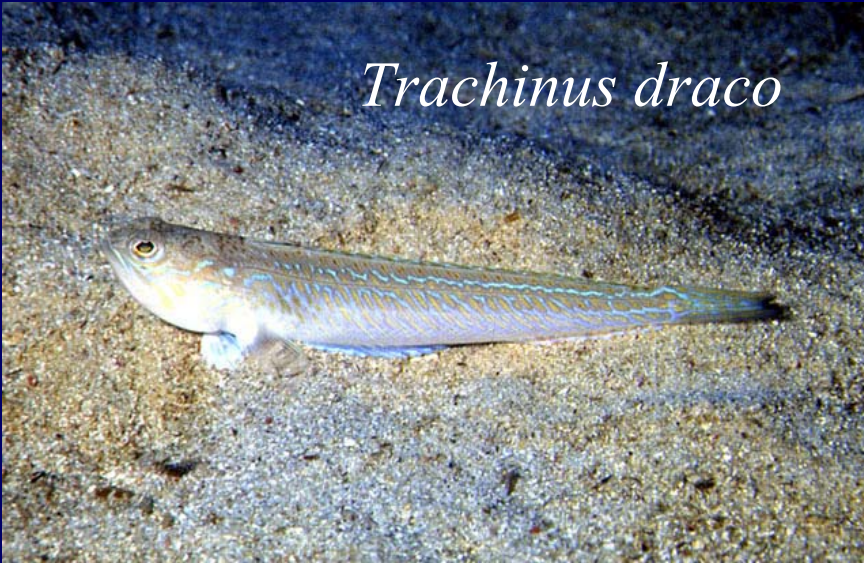
Prilagodbe plijena

Neke se ribe popu drhtulje brane proizvodnjom električne struje (ta ima prilagodba osim za obranu služi i za napad na svoj plijen)



Prilagodbe plijena

Trachinus draco



Otrovne bodlje (pauk, škrpina) i otrovna krv (ugor, murina) također su načini obrane od predatora

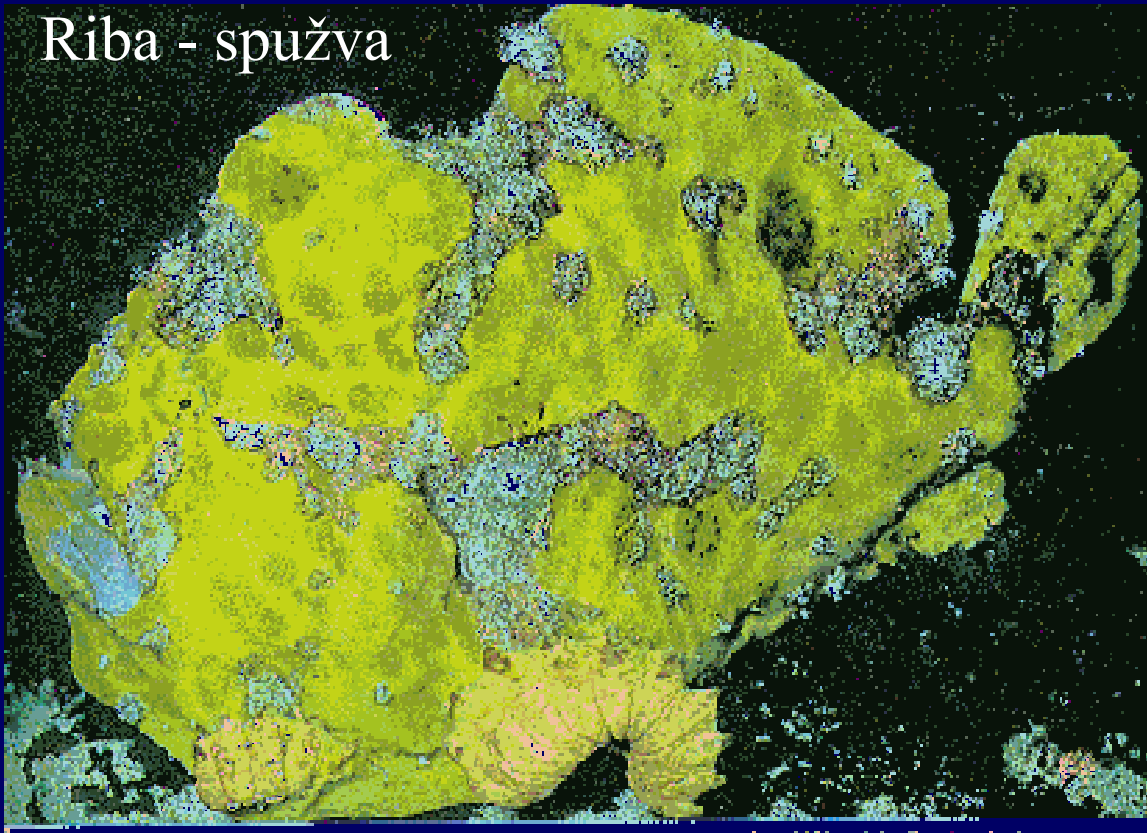


Freezing (Trachinus draco)
© Biopix.dk: N. Sloth

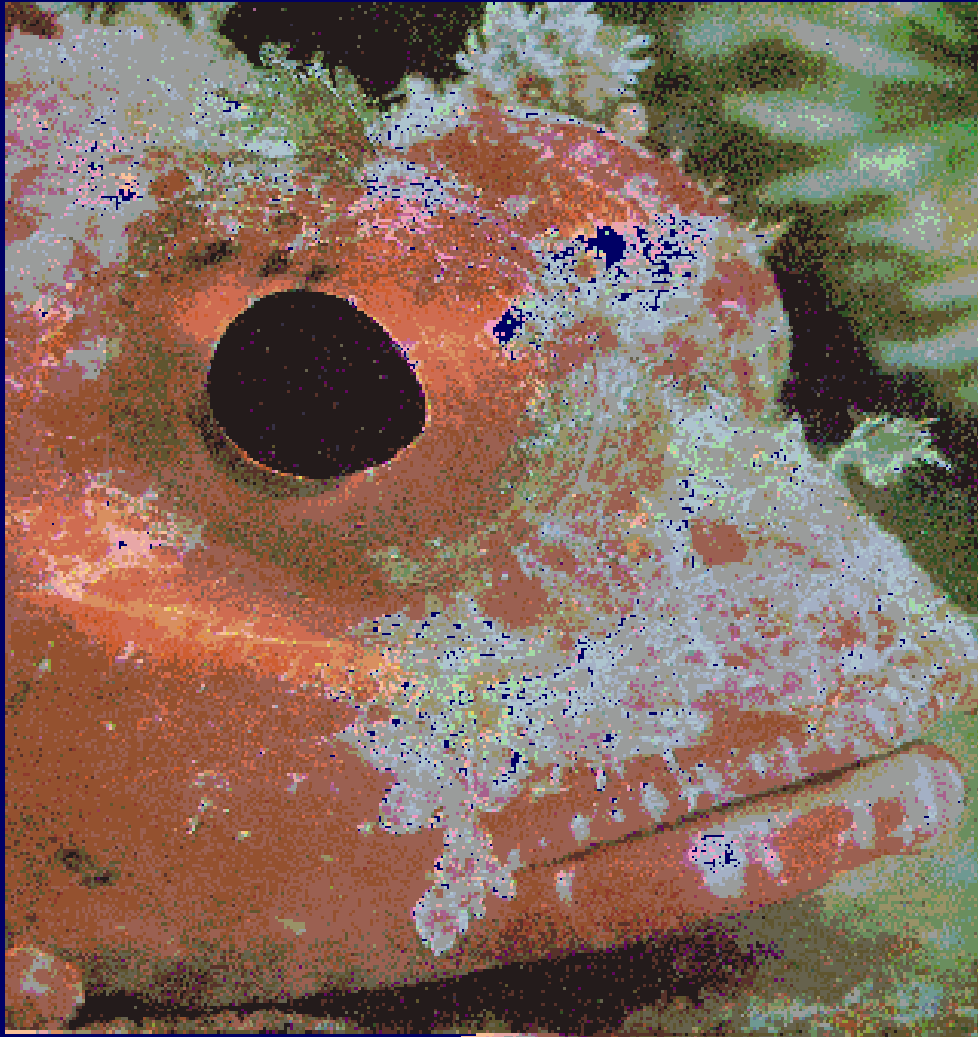
Kriptičnost

**Kriptičnost ili neupadljivost (zaštitna obojenost)
kao način izbjegavanja predatora**

Riba - spužva



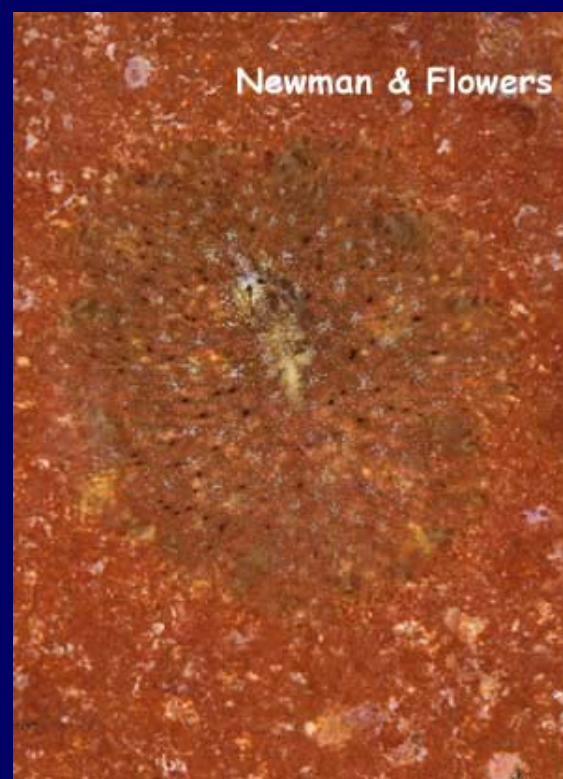
**Mnogi organizmi
neupadljivost
postižu
oponašajući boju i
oblik pozadine**



Riba među sargasima

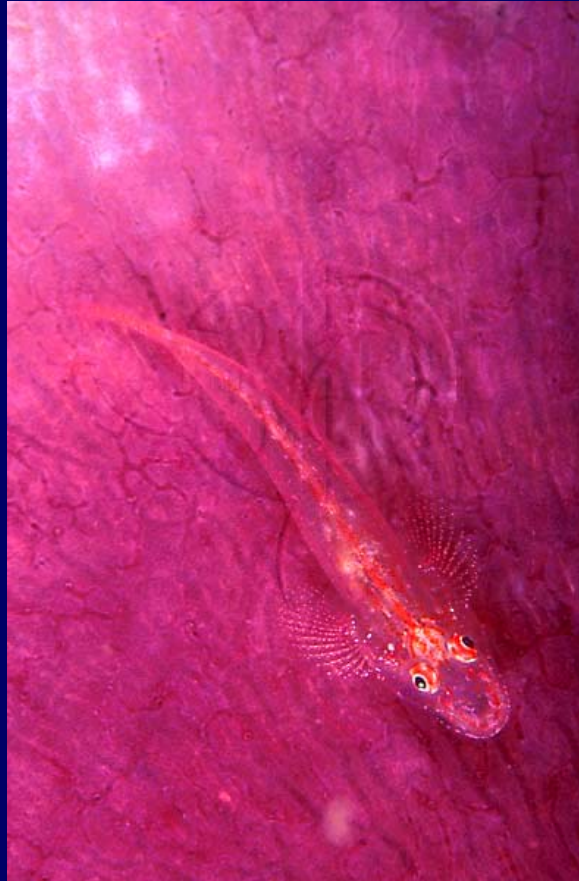


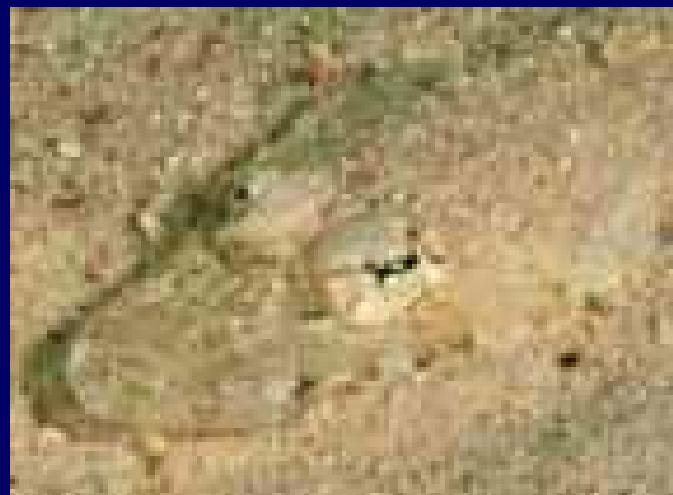




















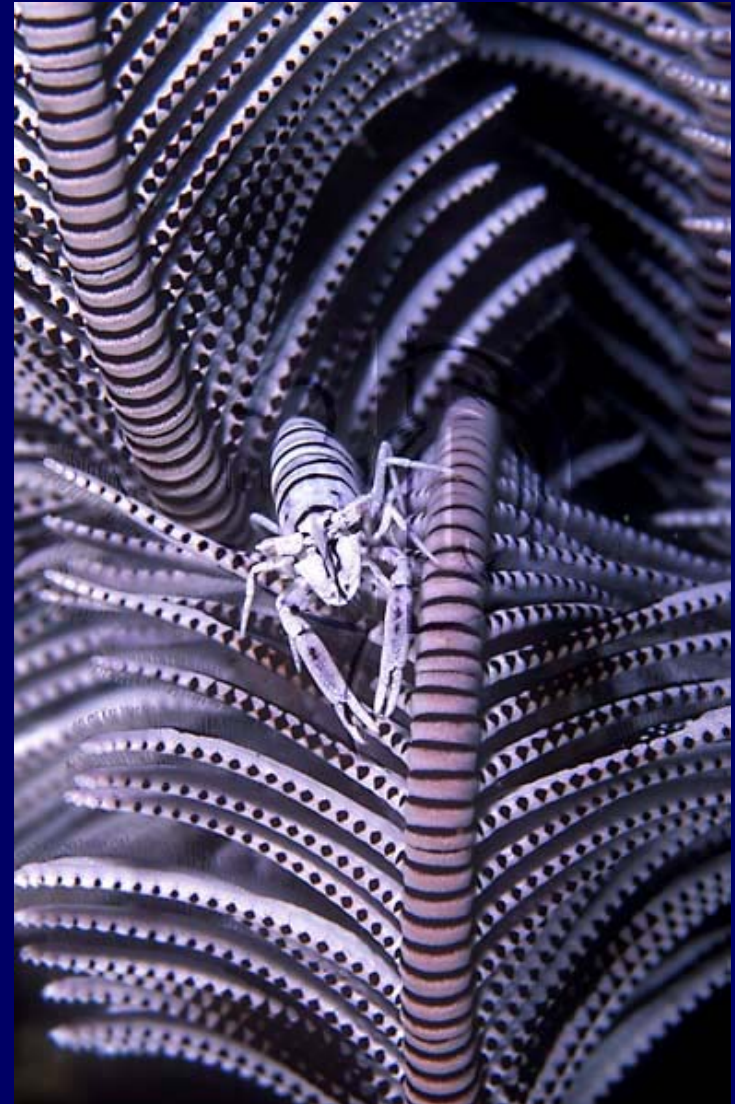


Gološkržnjak na koralju

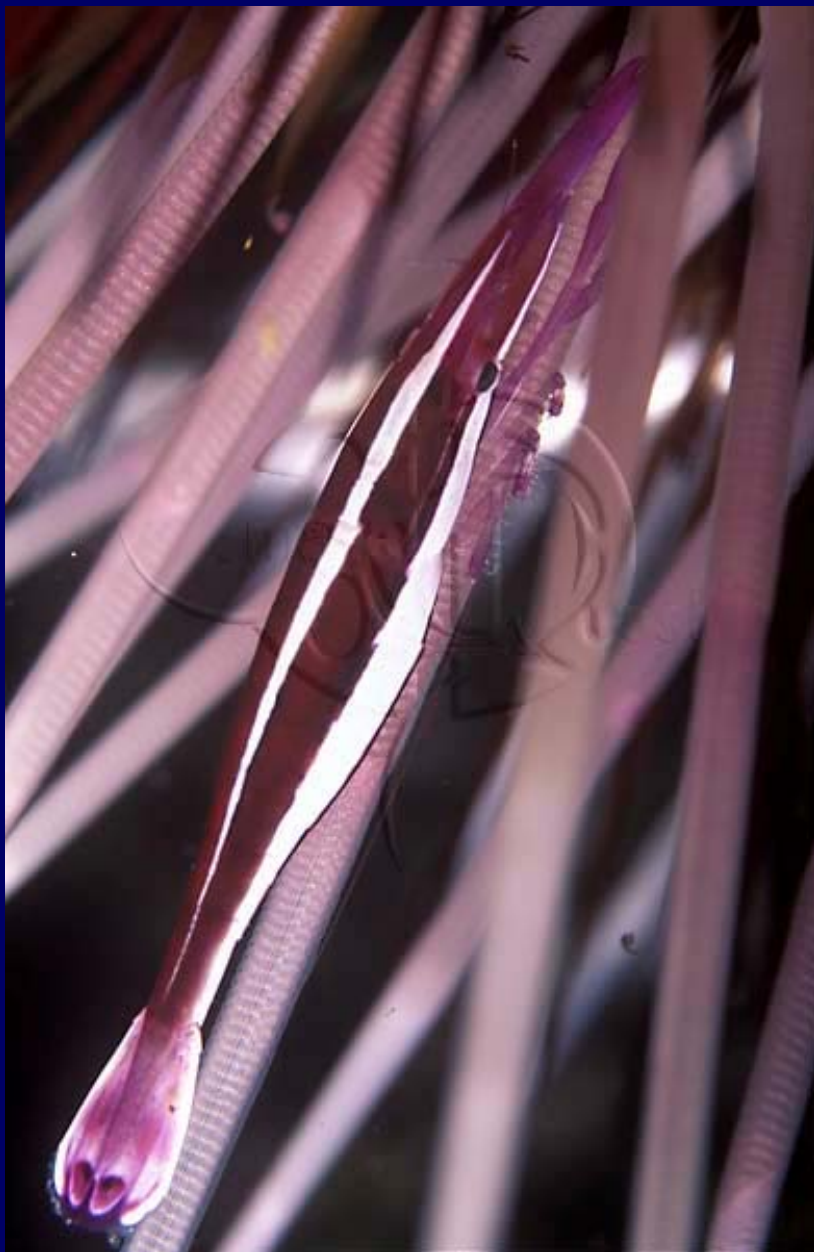


www.imagequest3d.com

Kozica koja živi kao
komenzal na stapčarima



M. Šolić: Ekologija mora









Upozoravajuća obojenost

Upozoravajuća obojenost je prilagodba suprotna kriptičnosti

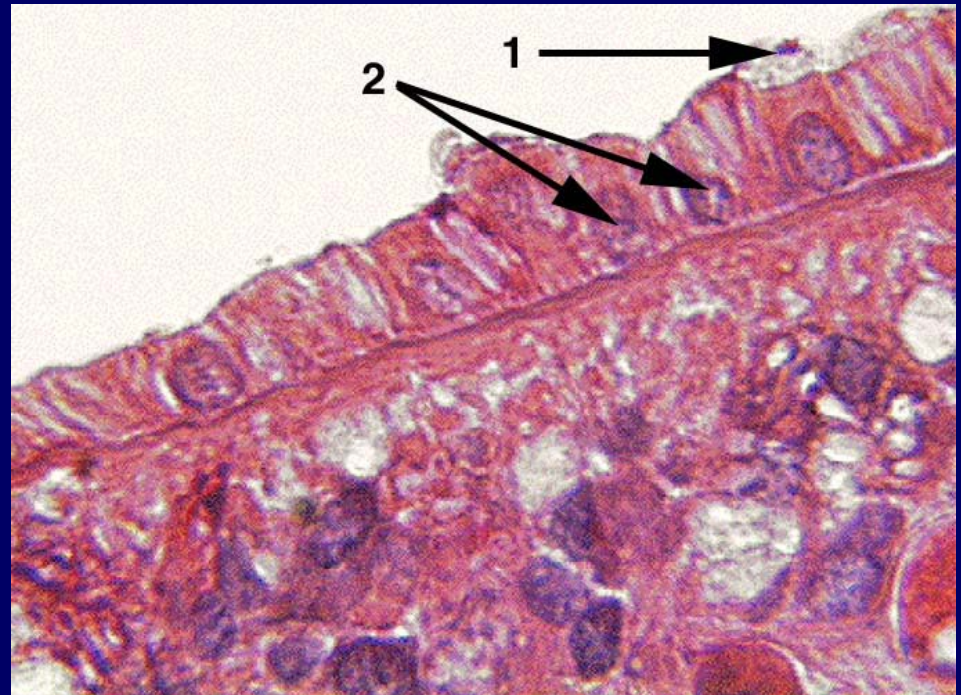
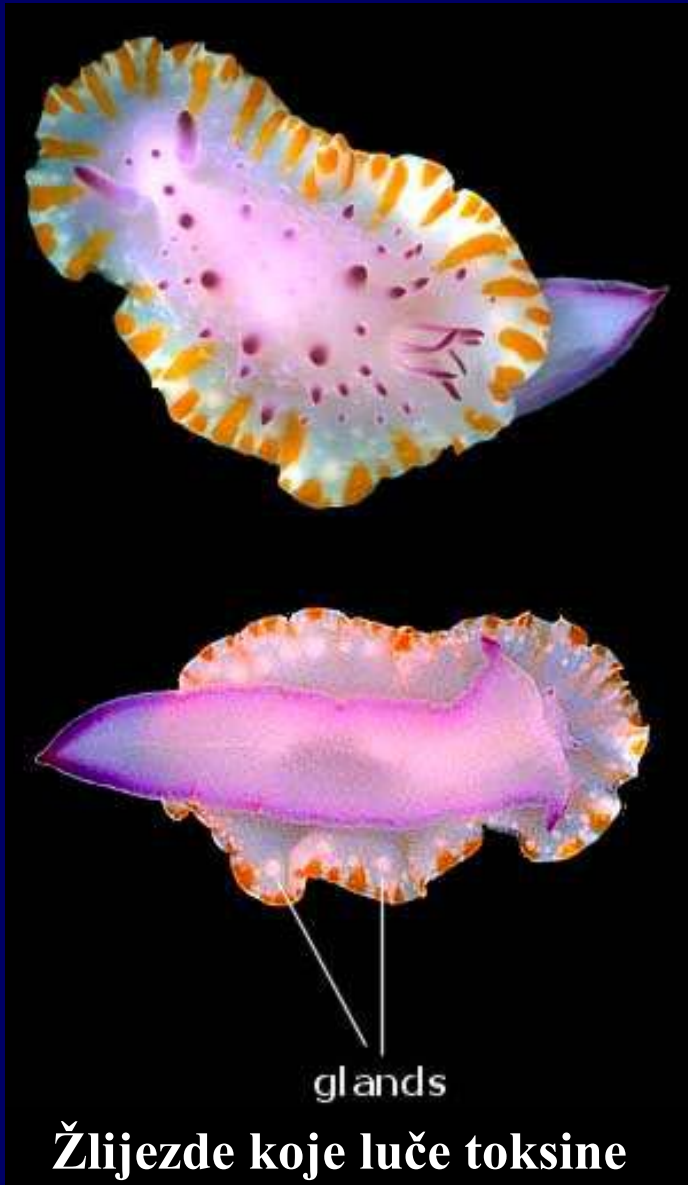
Zmijolika jegulja upozorava bojom na svoju otrovnost



Životinje koje su nejestive ili otrovne na to upozoravaju jarkim upadljivim bojama (česte su srvena, narančasta i žuta u kombinaciji s crnom)

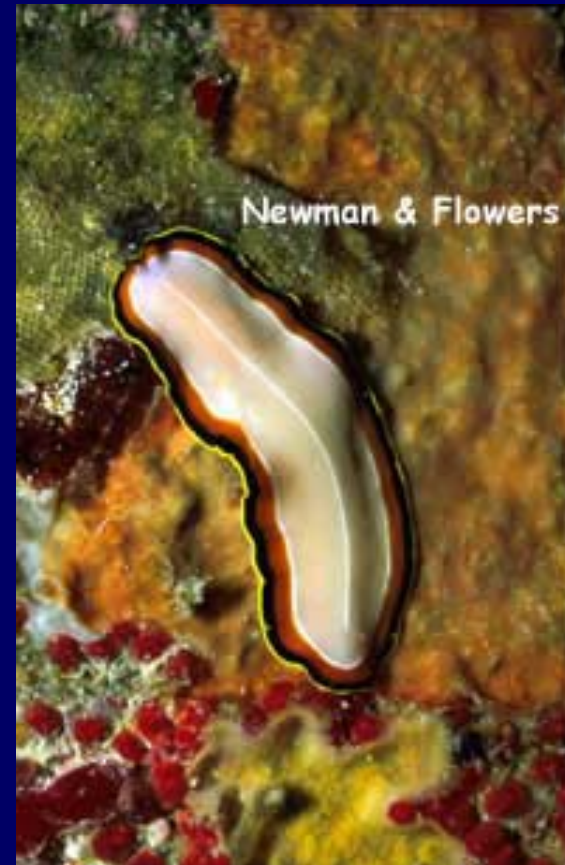
Upozoravajuća obojenost

Rabdoidi - žlijezde koje
izlučuju toksine



Upozoravajuća obojenost

Plošnjaci



Upozoravajuća obojenost

Gološkržnjaci



Mimikrija

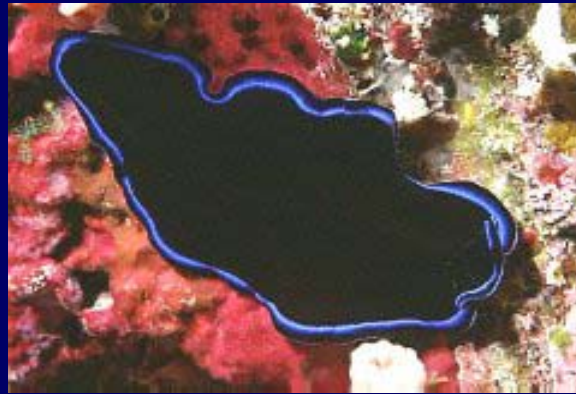
Hobotnica bojom i kracima oponaša
otrovnu morsku zmiju



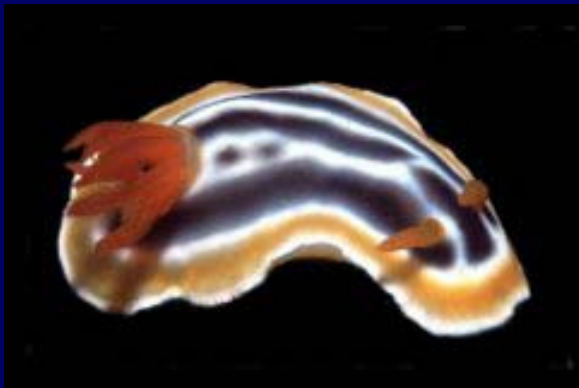
Nejestive životinje s upozoravajućom obojenošću često služe kao model za razvitak sličnog izgleda kod vrsta koje ih oponašaju izgledom, a koje nisu otrovne ili neukusne. Ta se pojava naziva Batesova mimikrija (po engleskom prirodoslovcu koji je ovu pojavu otkrio istražujući kukce u području Amazone)

Mimikrija

Vrlo čest slučaj mimikrije javlja se kod morskih virnjaka koji oponašaju izgledom otrovne puževe gološkržnjake



Mimikrija



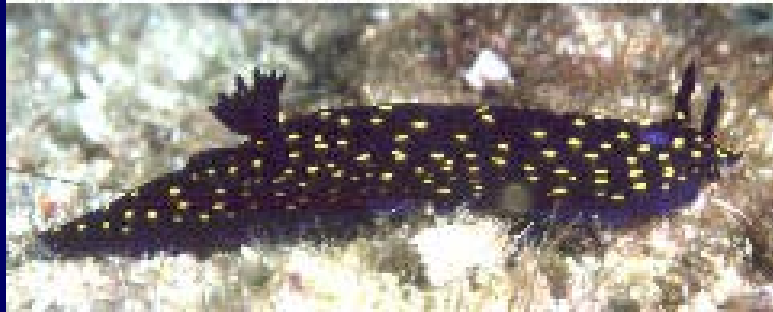
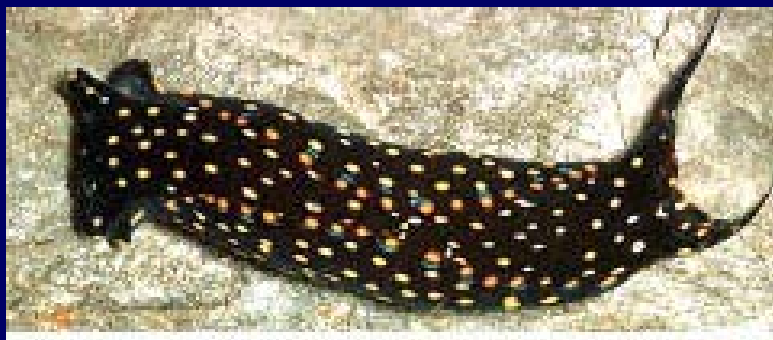
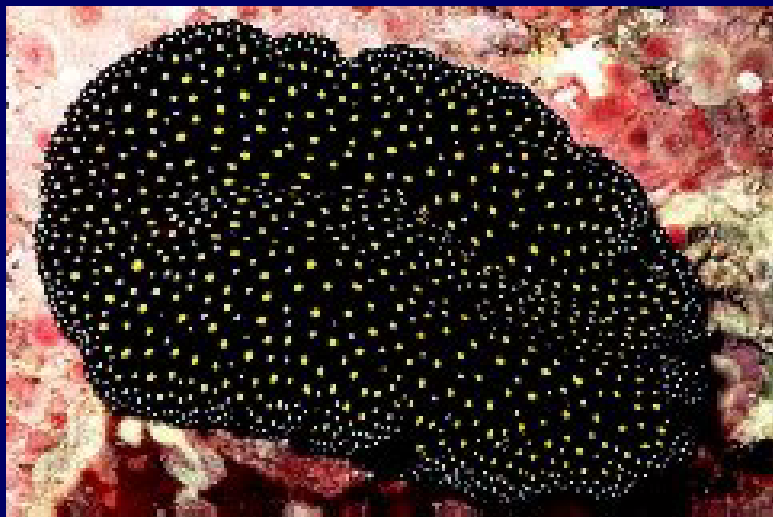
Mimikrija



Mimikrija



Mimikrija



© Newman & Flowers

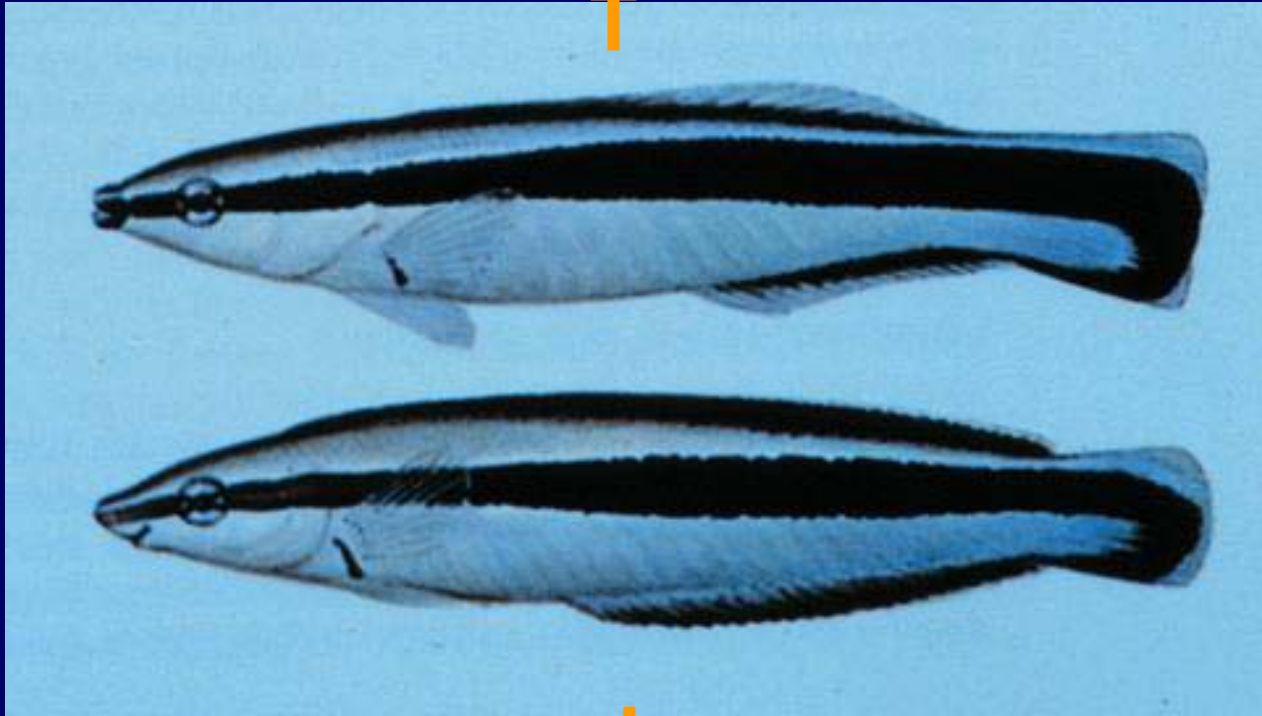
Mimikrija

Gore plošnjak - dolje gološkrznjak



Mimikrija

Labroides dimidiatus - čistač



Aspidontus taeniatus – lažni čistač koji koristi povjerenje
riba da bi ih ugrizao i otkinuo komadić mesa

Labroides dimidiatus



Aspidontus taeniatus



Autotomija

**Autotomija – najspektakularnija prilagodba za
izbjegavanje predacije**



Odbacivanje krakova kod zvjezdača
i zmijača ili utrobe kod trpa način je
spašavanja od predatora

Autotomija je uvijek povezana s
velikom sposobnošću regeneracije

Većinu parazita karakterizira specifičnost domaćina i složeni životni ciklus



- Paraziti su obično znatno manji od svog domaćina
- Žive ili na površini domaćina (**ektoparaziti**), ili u unutrašnjosti njegovog tijela (**endoparaziti**)
- Paraziti pokazuju karakteristične prilagodbe na svoj način života:
 - Ulažu mali napor u održavanju svog unutrašnjeg okoliša
 - Moraju se rasprostranjivati između domaćina što mnogi postižu kroz vrlo komplicirane životne cikluse (tijekom tih ciklusa se jedan ili više stadija može odvijati i izvan tijela u vanjskom okolišu)
- Neki su paraziti vrlo specifični u pogledu domaćina
- Većina parazit-domaćin sustava razvija finu ravnotežu (parazit rijetko šteti zdravlju svog domaćina)
- Paraziti su morali razviti mehanizme kako da nadmudre imunološki sustav domaćina

Izopodni račić – ektoparazit na ribi



SURADNJA (MUTUALIZAM)



MUTUALIZAM

- Mutualizam je obostrano koristan odnos između dviju jedinki ili vrsta
- Neke jedinke mogu živjeti i bez njihovih mutualističkih partnera pa se taj odnos naziva **fakultativni mutualizam**
- Druge su jedinke toliko ovisne o mutualističkom odnosu da izvan njega ne mogu živjeti. Takav se odnos naziva **obligatni mutualizam**
- Mutualistički odnosi su privlačili manju pažnju ekologa od kompeticije i eksploatacije na temelju čega bi se mogao izvesti pogrešan zaključak da su mutualističke interakcije u prirodi rijetke. Naprotiv, mutualizam je sveprisutna pojava u prirodi

Sveprisutnost mutualizma

- Gotovo da nema nijednog organizma na Zemlji koji nije u mutualističkom odnosu s barem jednim drugim organizmom
- Bez mutualističkih interakcija mnoge se biljke ne bi mogle oprašivati, niti bi se njihovo sjemenje moglo rasprostranjivati; mnoge biljke ne bi mogle doći do potrebnog dušika; mnogi organizmi ne bi mogli probaviti mnoge sastojke hrane; ne bi postojali lišaji niti koraljni grebeni itd.
- Biomasa bakterija koje žive u tijelu svih ljudi na Zemlji iznosi 0.012 Gtona ugljika (1 Gtona = 10^{15} g) i veća je od biomase svih kitova koji žive na Zemlji. Većina interakcija između ljudi i tih bakterija je mutualistička
- Višestanični organizmi na Zemlji su vjerojatno nastali kao rezultat mutualističkih odnosa između jednostavnijih organizama

Mutualizam i Simbioza

Simbioza je vrlo prisna (često obligatna) asocijacija dviju vrsta koja može imati različite učinke na njih.

Simbioza uključuje **mutualizam** (obostrano koristan odnos); **parazitizam** (odnos pozitivan za parazita a negativan za domaćina); te **komenzalizam** (odnos pozitivan za komenzala a neutralan za domaćina)

Tipovi mutualizma

Najveći broj vrlo raznolikih mutualističkih interakcija se može svrstati u jedan od tri osnovna tipa mutualizma:

1. **Trofički mutualizam** – podrazumijeva specijalizaciju partnera za uzajamnu pomoć u dobivanju energije i hranjiva
2. **Obrambeni mutualizam** – uključuje vrste koje od svojih partnera dobivaju hranu ili zaklon, a zauzvrat ih brane od herbivora, parazita ili predatora
3. **Rasprostranjivački mutualizam** – u pravilu uključuje životinje koje prenose polen od cvijeta do cvijeta za što su nagrađeni nektarom, ili rasprostranjuju sjemenke konzumirajući plodove kao nagradu



Trofički mutualizam

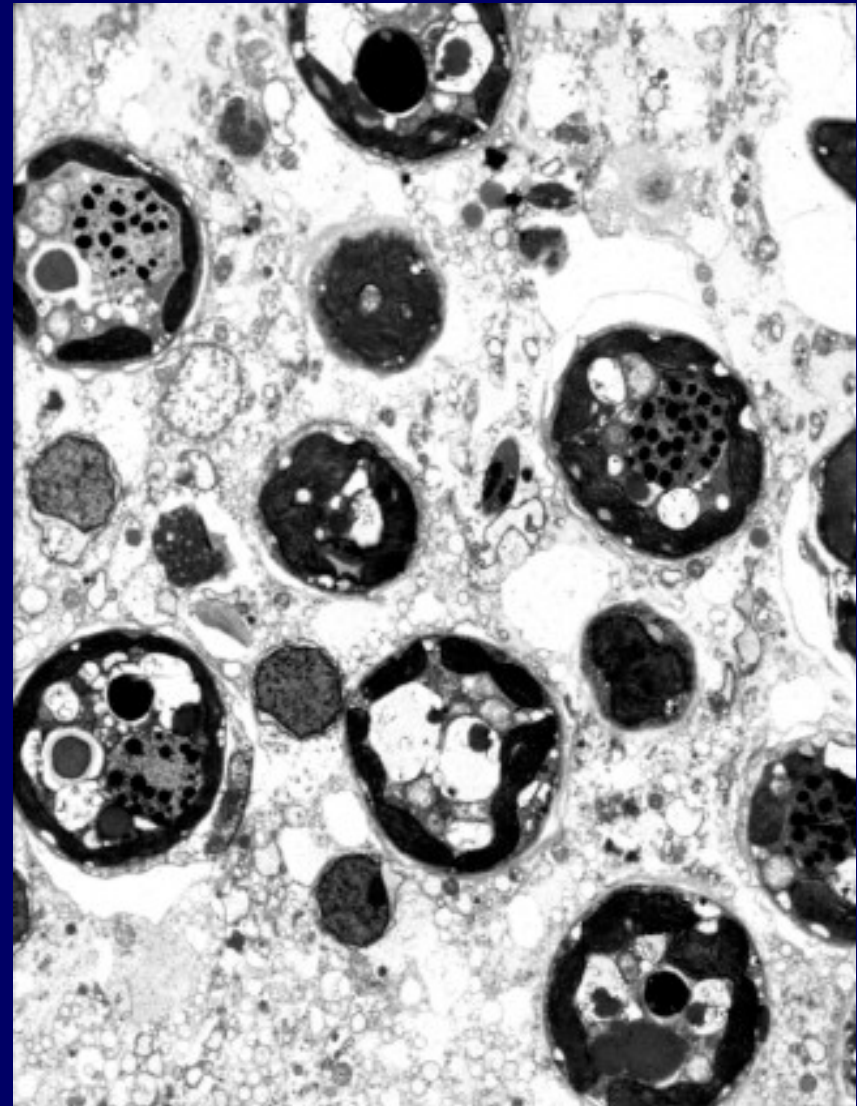
Mutualistički odnos između jednostaničnih alga i životinja u vodenim okolišima



U vodenim su okolišima vrlo česte mutualističke simbioze između jednostaničnih alga i životinja kao što su koralji, meduze, vlasulje, spužve i mnogi mekušci. U morskim se okolišima najčešće radi o jednostaničnim flagelatima iz roda *Symbiodinium*, a u slatkovodnim okolišima o jednostaničnoj zelenoj algi iz roda *Chlorella*

Mutualistički odnos između jednostaničnih alga i vlasulje

**Mutualistički
dinoflagelat
Symbiodinium u
stanicama vlasulje**

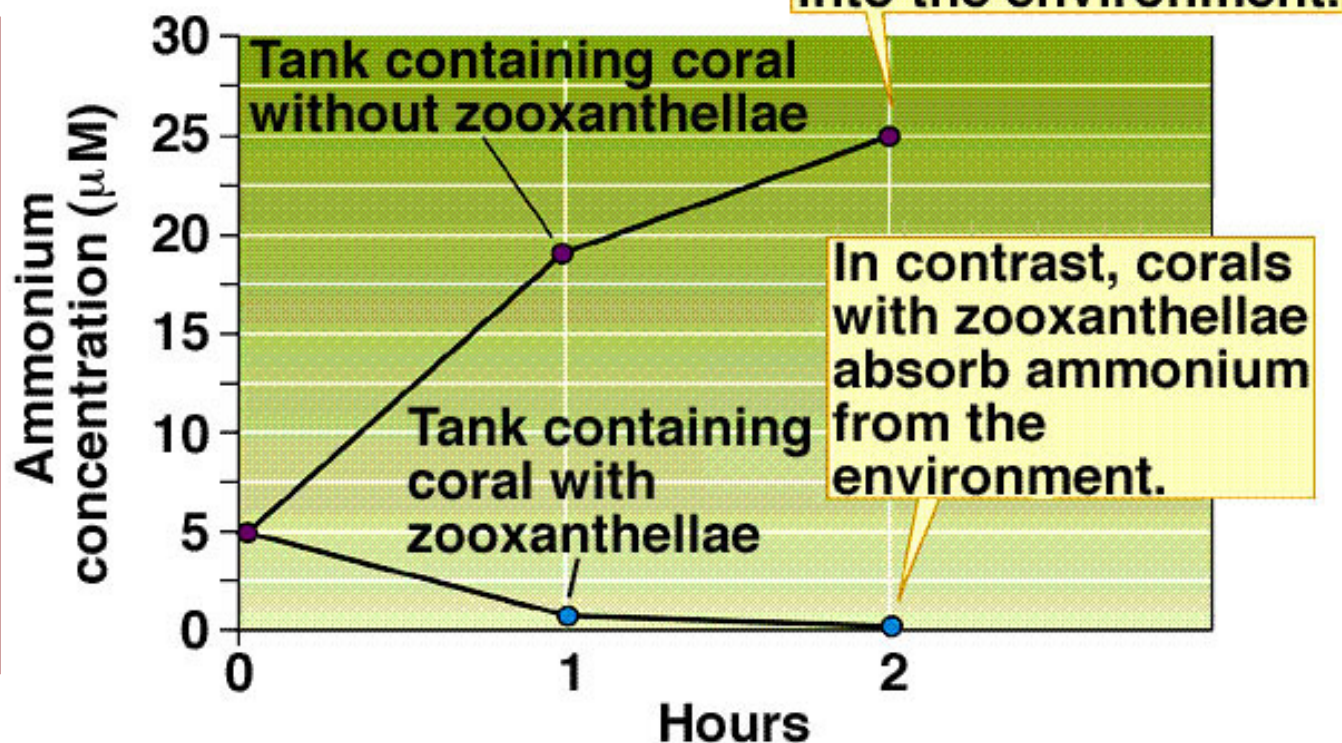


The symbiotic dinoflagellate algae *Symbiodinium* in cells of the sea anemone *Anemonia viridis*

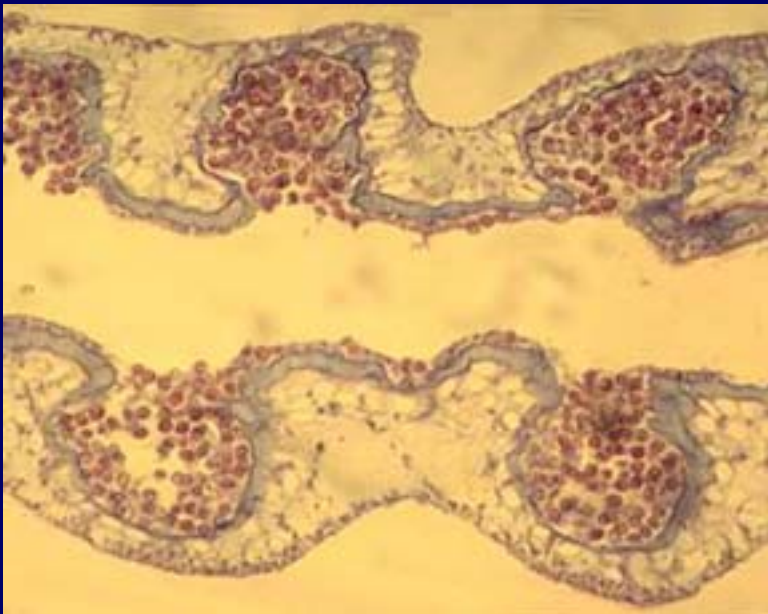
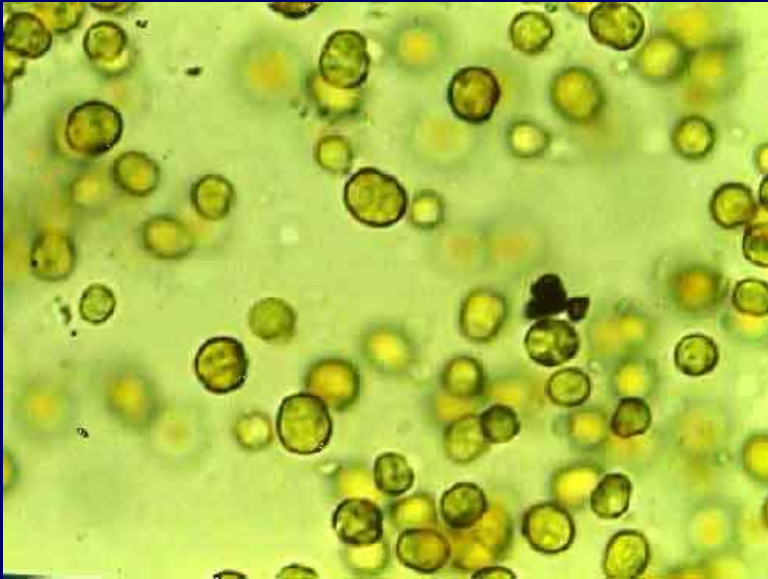
Zooxanthellae i koralji

Jedan od najpoznatijih mutualističkih odnosa u moru je između koralja i jednostaničnih alga zooxanthella. Ovaj odnos je analogan odnosu između biljaka i mikoriznih gljivica. Alge žive u tkivu koralja (dostižu gustoću od 1 milijun/cm²) i od svog domaćina dobivaju hranjiva. Zauzvrat, koralji dobivaju organsku tvar koju alge proizvode kroz proces fotosinteze

Metabolizirajući proteine koralji izlučuju amonijak. Zooxanthellae u tkivu koralja istovremeno uzimaju oslobođeni amonijak, tako da koralji koji sadrže mutualističke alge ne oslobađaju amonijak u okolno more



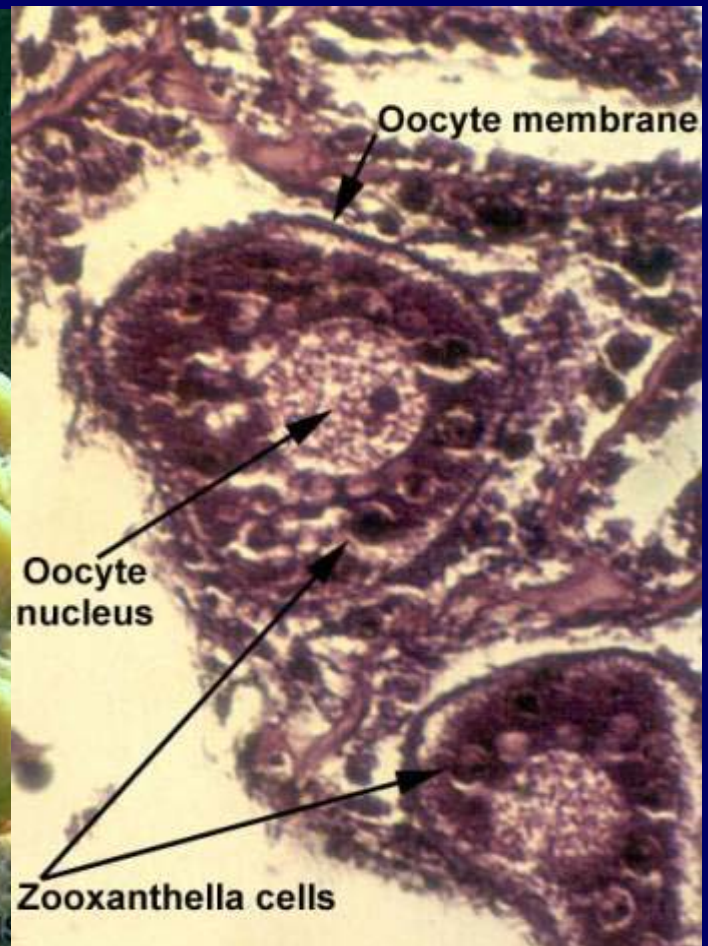
Mutualizam: školjkaš- zooxantelle



Koralj *Montipora verrucosa*



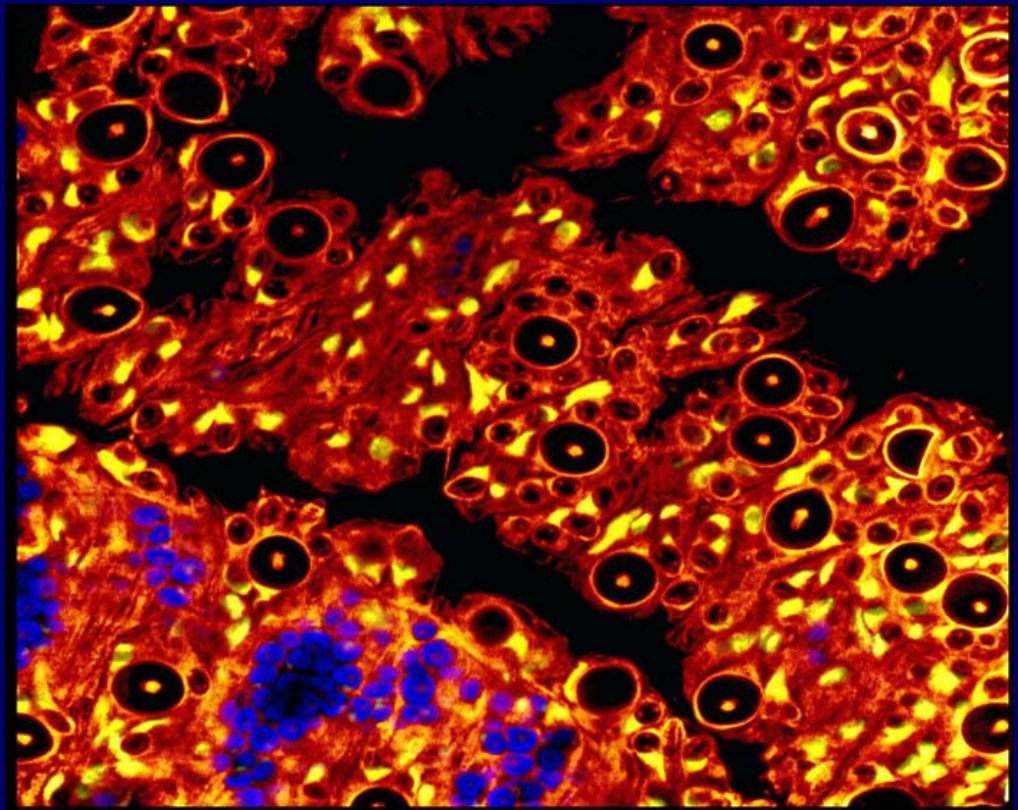
zooxanthellae



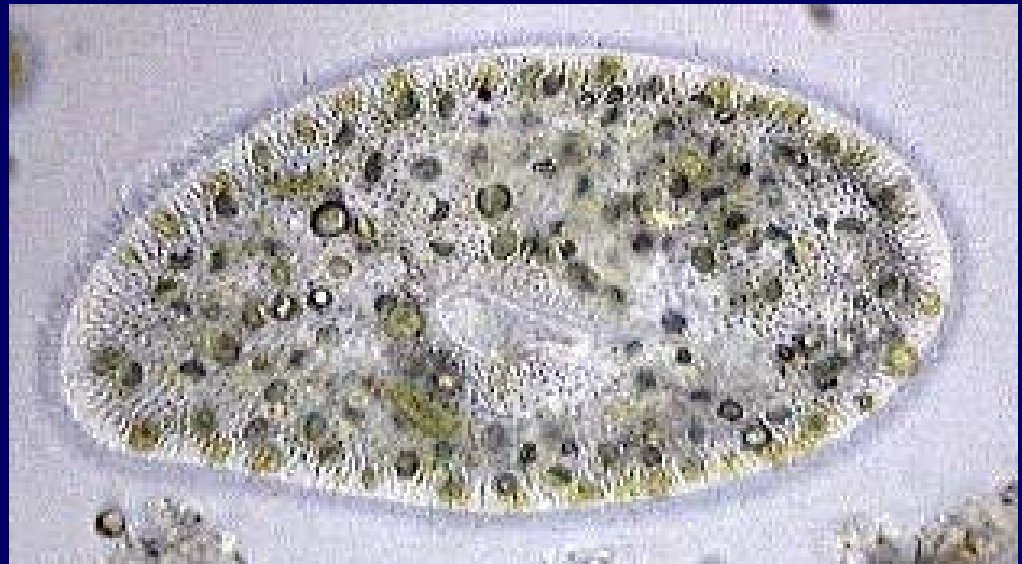
Blijedenje koralja



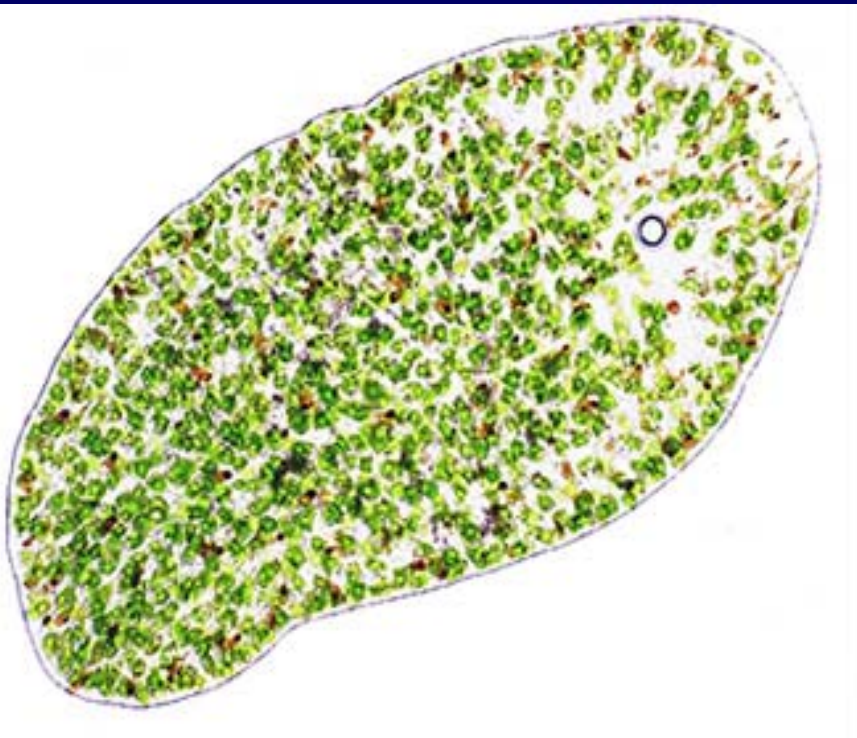
**Hydra i
zooklorele (plave)**



**Paramecium i
zooklorele**



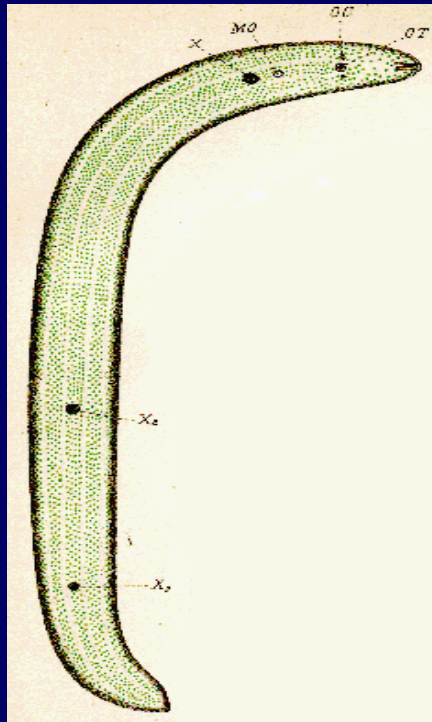
Mutualistički odnos između plošnjaka *Convoluta roscoffensis* i simbiotske alge *Tetraselmis convoluatae*

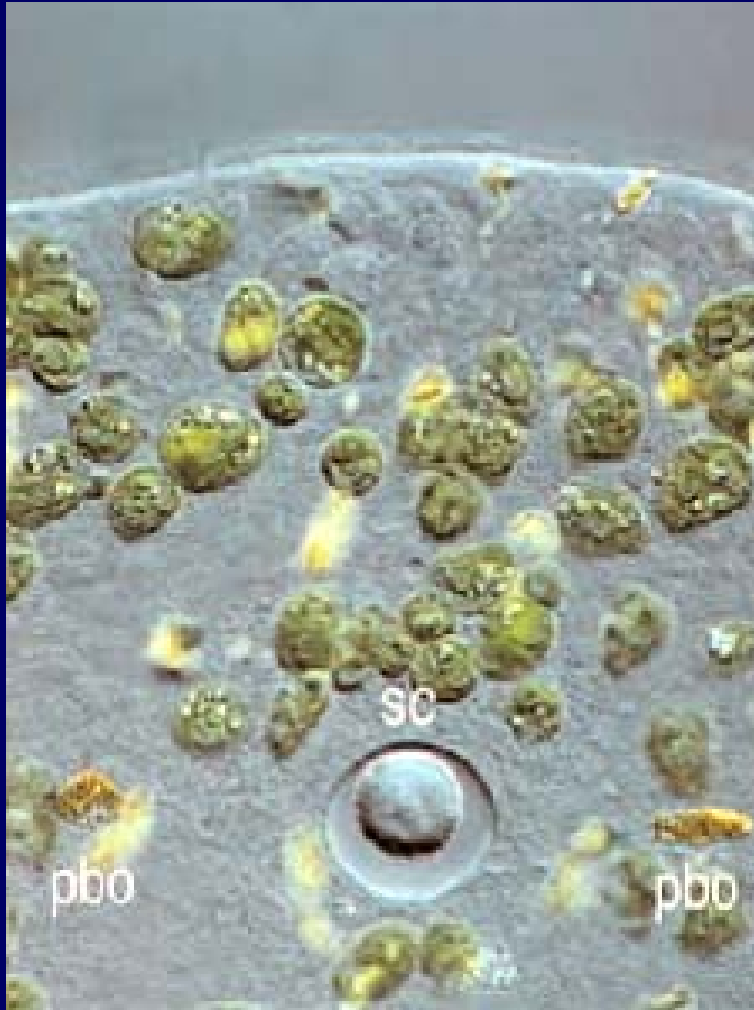


Juvenilni virnjak nema simbiotskih alga i mora ih steći konzumacijom.

Potrebno je prikupiti veliki broj stanica alga (oko 25000 po jednom virnjaku). Pojedene alge se ne probavljaju već postaju endosimbionti. Odrasli virnjak se ne hrani, usta i ždrijelo gube funkciju, i on potpuno ovisi o hrani koju proizvode alge.

Convoluta roscoffensis

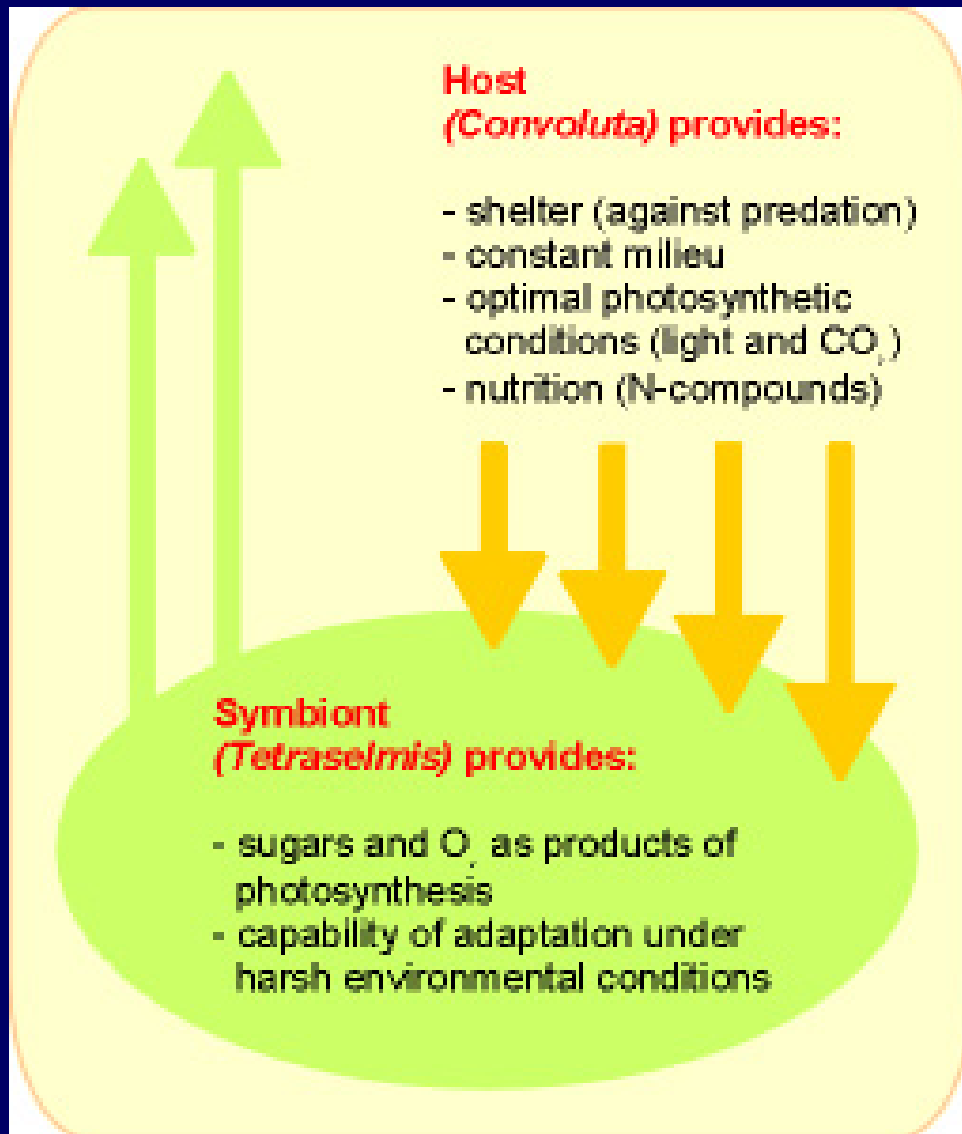




pbo – fotosenzori preko kojih virnjak može odrediti pravca iz kojeg dolazi svjetlo

SC – statociste (osjetila koja omogućavaju 3-D orijentaciju

Na slici se vide stanice endosimbiotskih alga bogate kloroplastima



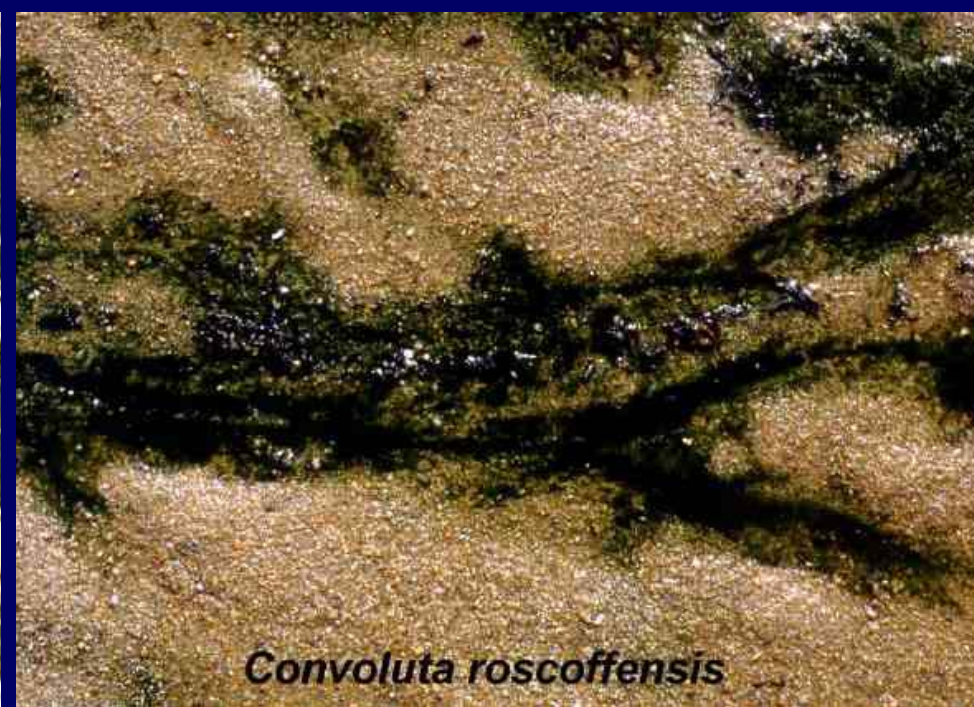
U ovom mutualističkom odnosu virnjak dobiva hranu i kisik (produkt fotosinteze), dok virnjak algama pruža zaštitu od predatora, konstantan okoliš, optimalne uvjete za fotosintezu, te dušikove spojeve



Da bi se hranili virnjaci odlaze i u
plitke vode gdje se zadržavaju u
malim lokvicama tijekom oseke i
tako izlažu svoje mutualističke alge
svjetlu što im omogućava
intenzivnu fotosintezu

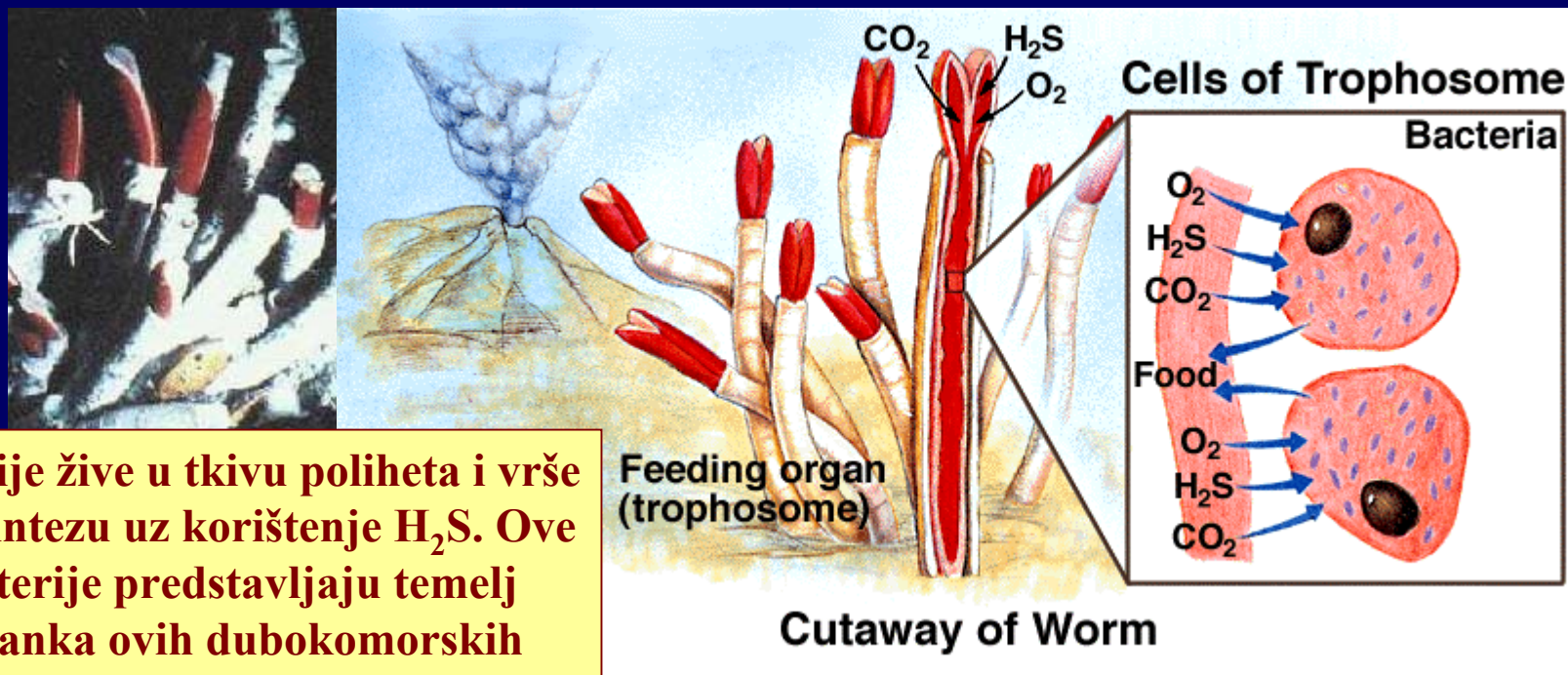


Omiljena staništa ovog
virnjaka su zaštićene pješčane
plaže duž Bretanije (u blizini
Roscoffa)



Zelene strukture na prvi pogled izgledaju kao masovne nakupine alga. Međutim detaljnije opažanje pokazat će da zeleno obojenje potječe od milijuna sitnih zelenih virnjaka, velikih svega oko 15 mm

Mutualistički odnos između bakterija i poliheta cjevaša u područjima dubokomorskih izvora vruće vode



Bakterije žive u tkivu poliheta i vrše kemosintezu uz korištenje H_2S . Ove bakterije predstavljaju temelj opstanka ovih dubokomorskih zajednica koje su potpuno samostalne i neovisne o primarnoj proizvodnji u gornjim slojevima

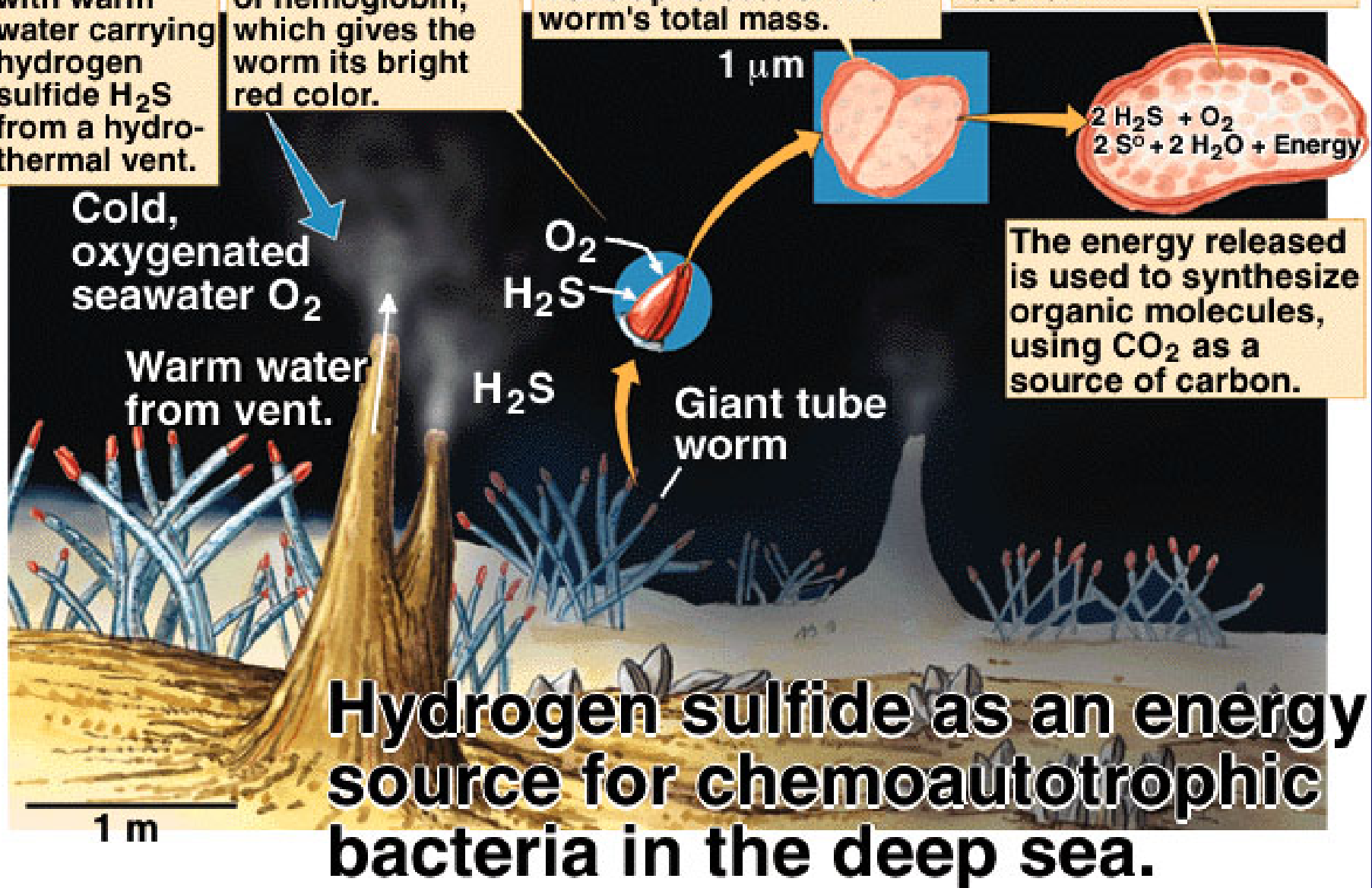
M. Šolić: Ekologija mora

Cold, oxygen-bearing seawater mixes with warm water carrying hydrogen sulfide H_2S from a hydrothermal vent.

A giant tube worm takes up O_2 and H_2S with the aid of hemoglobin, which gives the worm its bright red color.

Chemoautotrophic sulfur-oxidizing bacteria in the tissues of the worm can make up to 60% of the worm's total mass.

Sulfur-oxidizing bacteria oxidize H_2S to elemental sulfur, an energy-yielding reaction.



Mutualistički odnos između morskih životinja i bioluminiscenčnih bakterija

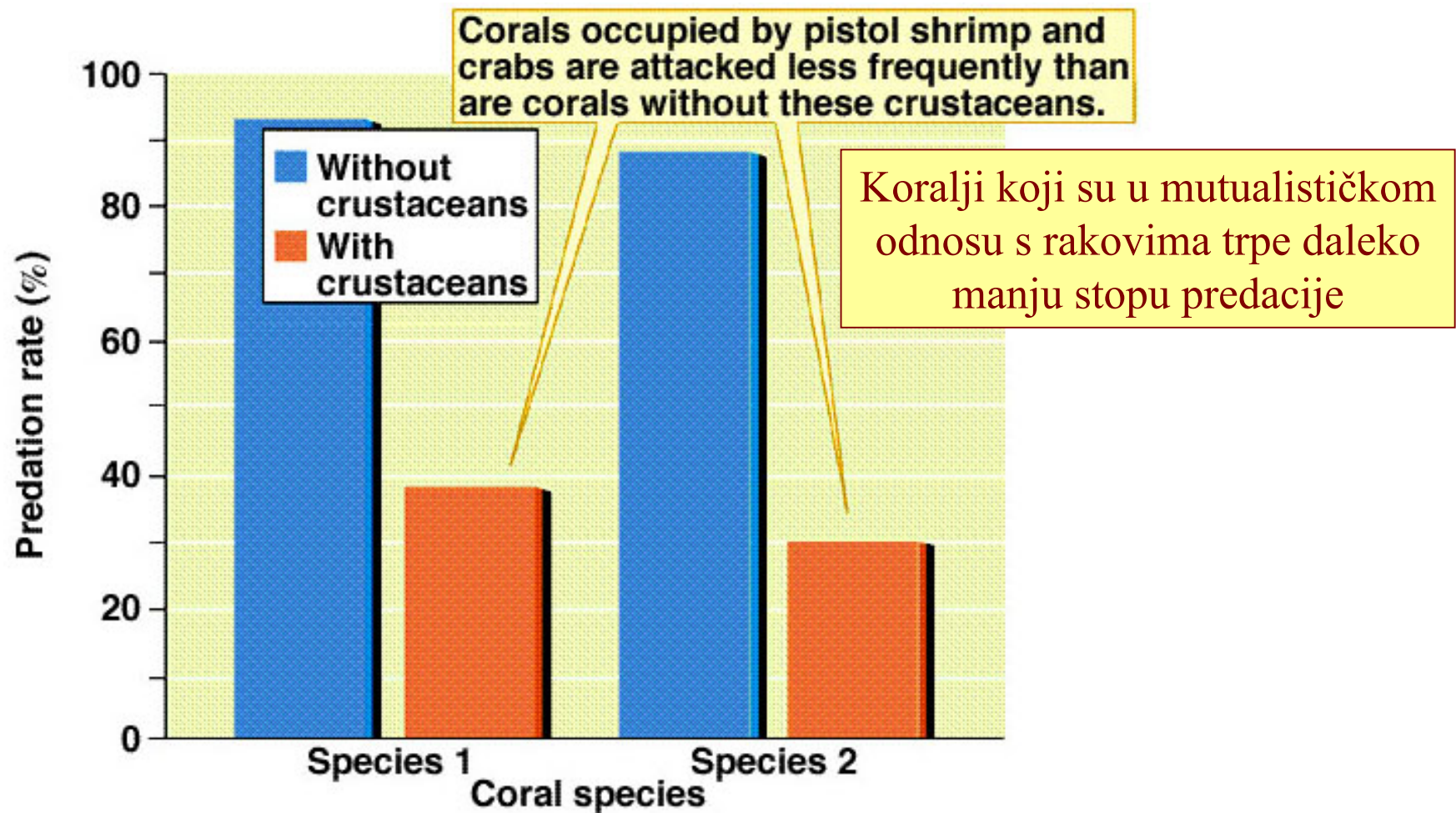


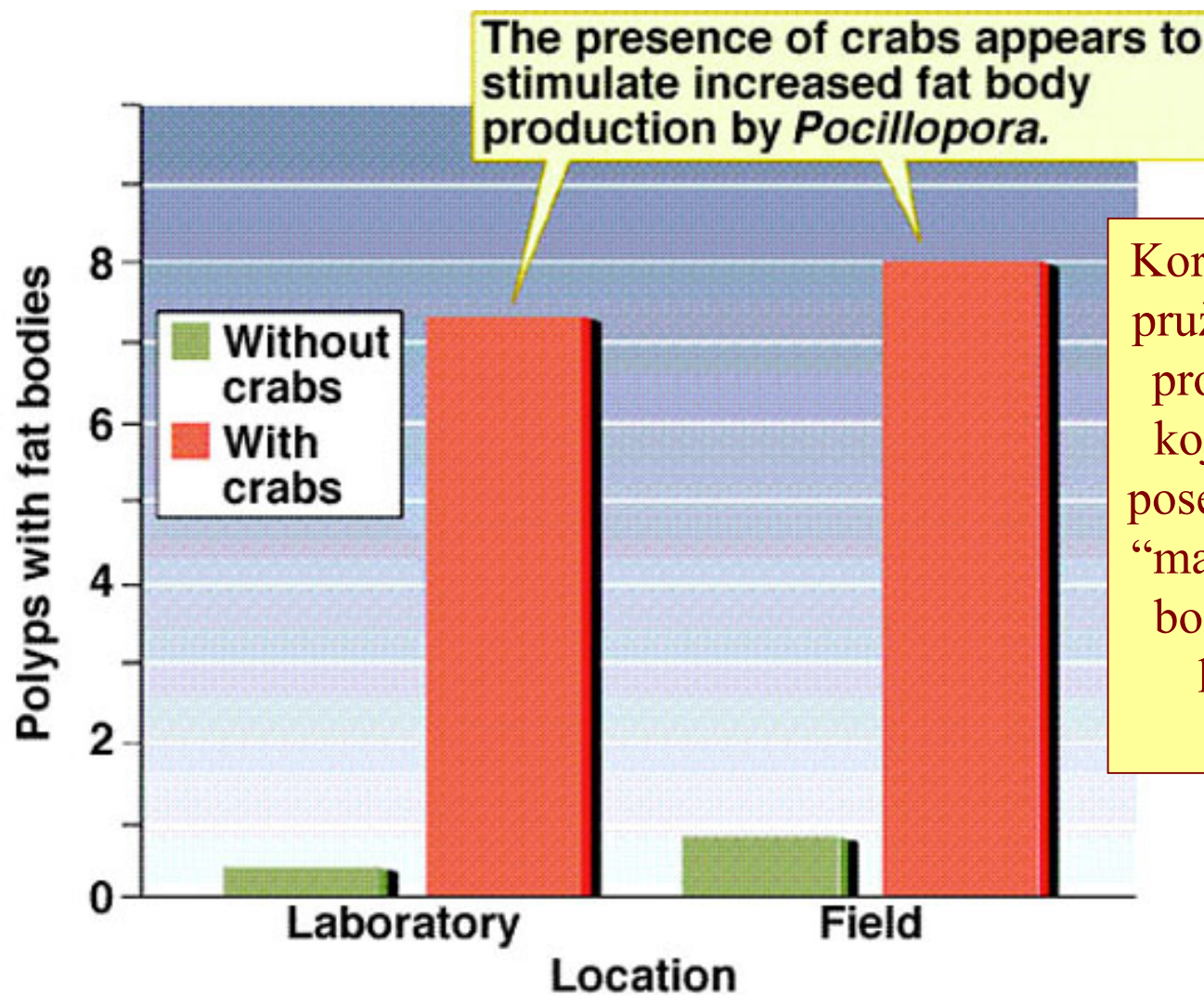
Brojne skupine morskih životinja imaju sposobnost proizvodnje svjetla (svjetlucanje ili bioluminiscencija). Za taj su fenomen u pravilu zadužene simbiotske bakterije koje kemijskim putem proizvode svjetlo (svjetlo je produkt razgradnje spoja koji se naziva luciferin)

Obrambeni mutualizam



Obrambeni mutualizam između koralja i rakova





Koralji zaštitu koju im pružaju rakovi plaćaju proizvodnjom lipida koje koncentriraju u posebnim tvorevinama “masnim tijelima” (fat body), a koje rakovi koriste za svoju prehranu



Rak i vlasulja





**Rak iz roda *Inachus* u mutualističkom
odnosu s vlasuljom**



Rakovi samci i moruzgve

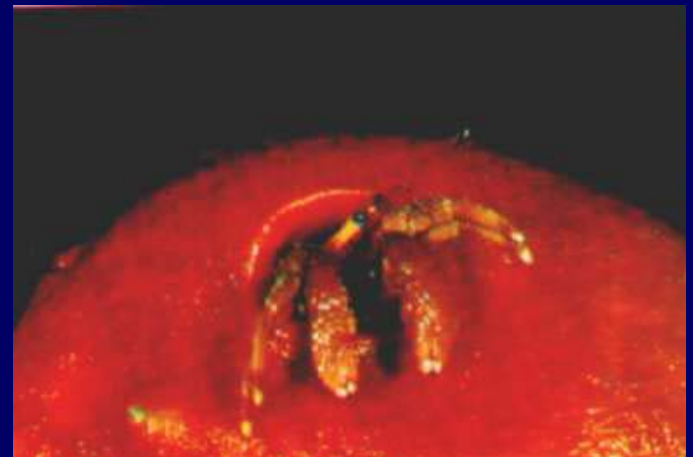


Rak samac u moruzgvi
Adamsia paliata

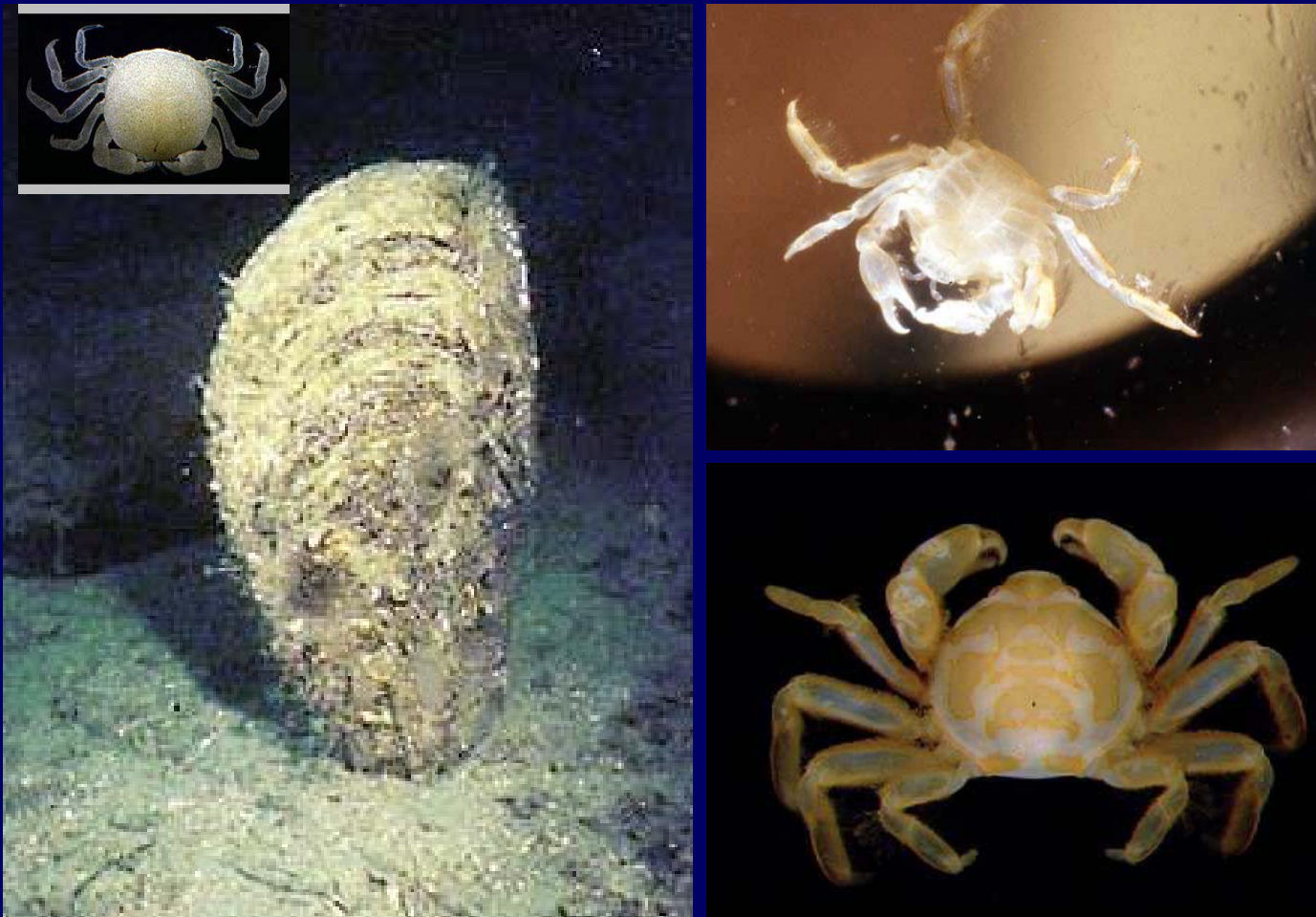


Rakovi samci i moruzgve

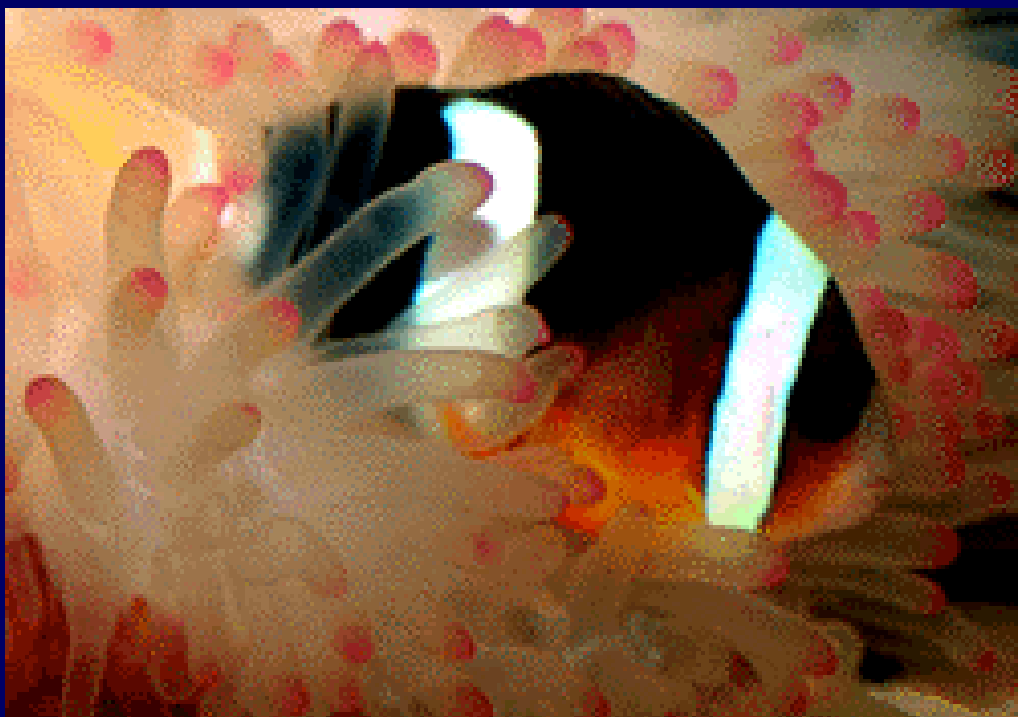
Spužva *Suberites domuncula* i
rak samac



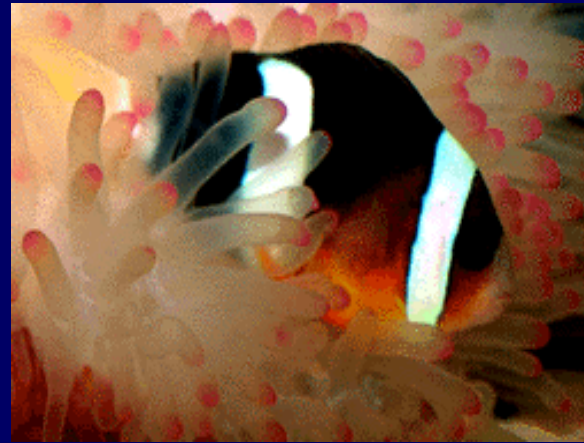
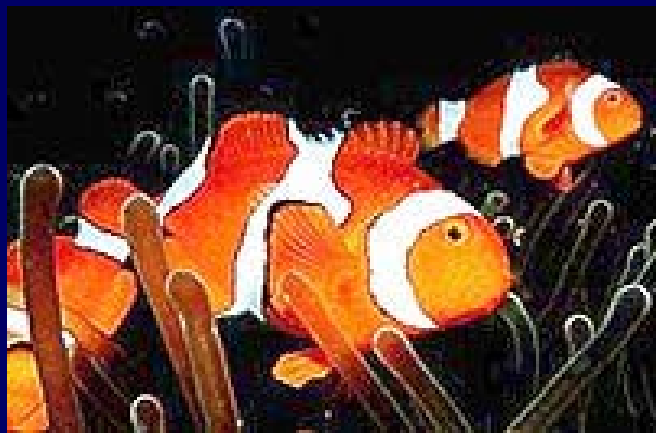
Mutualizam između periske (*Pinna nobilis*) i raka periskinog čuvara (*Pinotheres pisum*)



Obrambeni mutualizam između tropskih riba i vlasulja



Vlasuljina riba ili riba klaun (*Amphiprion akallopisos*) koja živi na koraljnim gebenima u Indijskom oceanu živi u mutualističkom odnosu s vlasuljom. U tom odnosu riba dobiva zaštitu od vlasulje, a vlasulja ostatke hrane od ribe.





Obrambeni mutualizam između kozice i ribe



U ovom odnosu kozica je zadužena za izgradnju i održavanje skrovišta, dok riba stražari i upozorava kozicu ukoliko se približi predator

Mutualistički odnos između domaćina i njihovih “čistača”

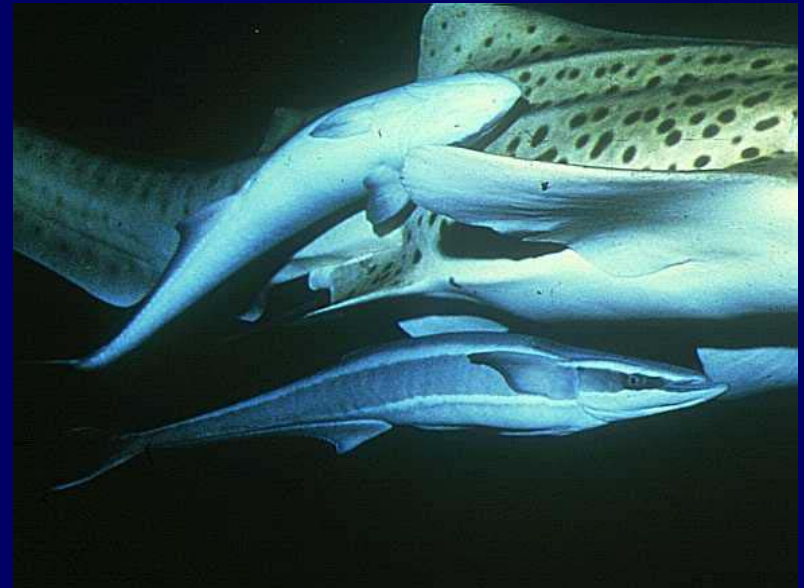


Mnogi su organizmi razvili mutualistički odnos u kojem je jedan od partnera čistač, koji uklanja brojne nametnike i parazite sa domaćina i tako dolazi do hrane



Taj je odnos osobito čest između riba









Kitopsina oko koje plivaju brojni čistači



Koevolucija smješta interakcije između populacija u evolucijski kontekst

- Kada su dvije populacije ili vrste u interakciji, tada će evolucija svake od njih dijelom biti odgovor na utjecaj druge populacije/vrste. Takav recipročni evolucijski odgovor populacija ili vrsta koje su u interakciji naziva se **koevolucija**
- **Koevolucija** je evolucija značajki kod dvije ili više vrsta kada su te značajke selekcionirane kroz uzajamne interakcije tih vrsta
- **Koevolucija** je proces kojim jedinke dviju ili više vrsta recipročno pridonose selekciji njihovih značajki
- **Koevolucijom** mogu rezultirati kako antagonističke (predacija, parazitizam, kompeticija), tako i mutualističke interakcije

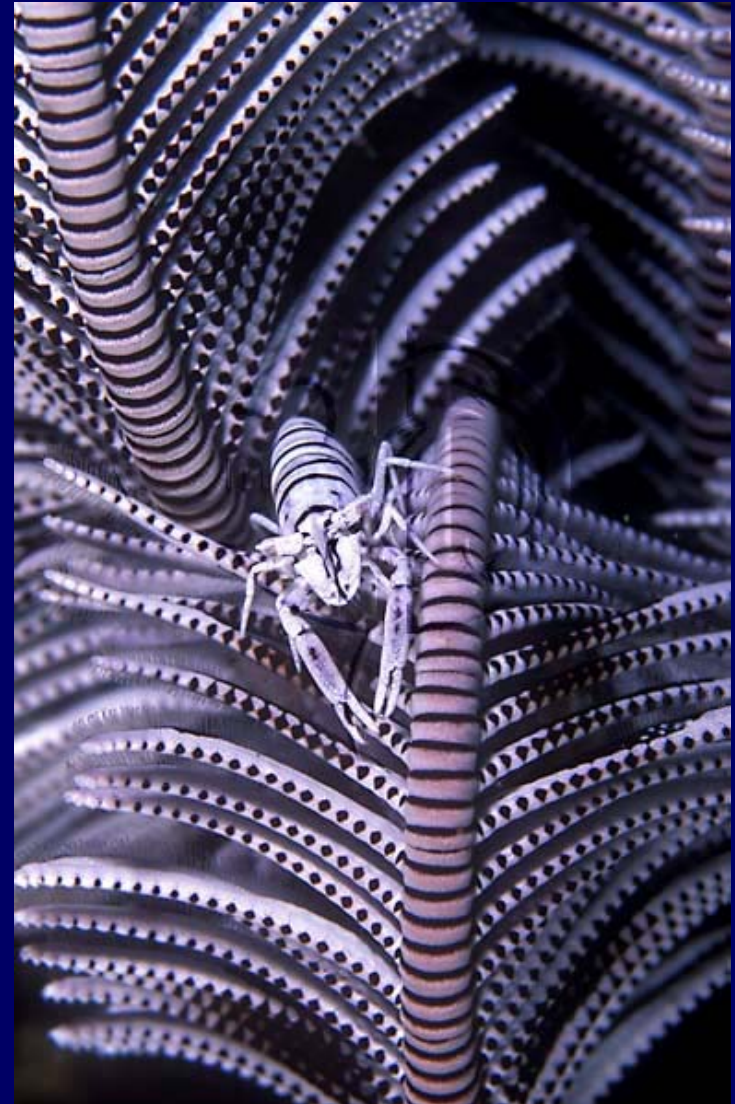
Komenzalizam

- U moru je ovaj odnos najčešće vezan za kretanje, kada se neki manje pokretan organizam prihvaća za dobro pokretne organizme (npr. rakovi vitičari koji žive pričvršćeni za kožu kitova i morskih pasa; riba priljepuša; skušac pratibrod “fanfan”)



Kitopsina

Kozica koja živi kao
komenzal na stapčarima





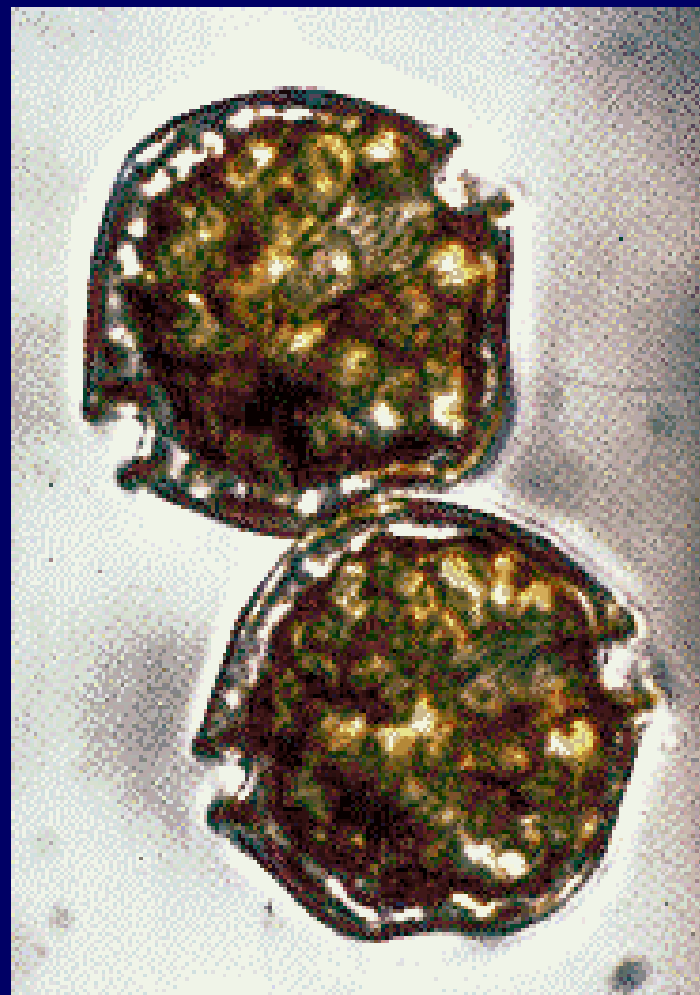
Antedon (dlakavica) -
komenzal na spužvi



Amenzalizam

- Najčešće se radi o proizvodnji izlučevina (metabolita) koji djeluju negativno na drugi organizam (spriječavaju njegov razvitak ili ga ubijaju)
- **Antibioza (alelopatija)** – izlučivanje različitih antibiotičkih i inhibicijskih supstanci kod mikroorganizama (npr. toksini alga, cijanobakterija)

Alexandrium tamarense
–red tide vrsta





Dinoflagelat *Dinophysis fortii* je najtoksičnija vrsta iz roda *Dinophysis*



Dinoflagelat *Prorocentrum lima*



Cvatnja dinoflagelata
Noctiluca scintillans