

# Prilagodbe organizama na život u moru

---

Sučić, Ivana

Undergraduate thesis / Završni rad

2009

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:205362>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-23**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



*Sveučilište u Zagrebu*  
*Prirodoslovno-matematički fakultet*  
*Biološki odsjek*

# *Prilagodbe organizama na život u moru*

(Adaptation of organisms for living in the sea)

Ivana Sučić  
Znanosti o okolišu  
Environmental science  
Mentor: Doc. dr. sc. Petar Kružić

Zagreb, 2009.

# SADRŽAJ :

1. UVOD.....	3
2. OPĆE PRILAGODBE ORGANIZAMA NA ŽIVOT U MORU.....	4
3. PRILAGODBE RIBA I MORSKIH SISAVACA NA ŽIVOT U MORU.....	10
3.1. PRILAGODBE RIBA.....	10
3.2. PRILAGODBE MORSKIH SISAVACA.....	11
4. DUBINSKI RASPORED ŽIVOTA U MORU.....	12
5. DUBOKO MORE.....	15
5.1. PRILAGODBE DUBOKOMORSKIH ORGANIZAMA.....	16
5.2. RAZLIKE MEZOPELAGIČKIH I DUBOKOMORSKIH ORGANIZAMA .....	21
6. LITERATURA.....	26
7. SAŽETAK.....	27
8. SUMMARY.....	28

# 1. Uvod

Oceani i mora iznimno su važna staništa jer se u njima razvio prvi oblik života i prvi živi organizmi koji su razvojem ozona i prvobitne atmosfere postupno izišli na kopno i nastanili ga. Oceani pružaju dom raznolikim živim organizmima koji su se usko prilagodili specijalnim uvjetima morskog staništa. Osnovna obilježja morskih organizama i sama raznolikost morskog života, produkt su mnogih karakteristika morskog staništa kao takvog. Morska voda, odnosno slana voda je poseban medij kojem su se organizmi, da bi preživjeli, morali prilagoditi na razne načine koji su navedeni upravo u ovome seminaru. Zahvaljujući upravo toj „primoranoj prilagodbi“ morsko stanište je bogato raznolikim, zanimljivim i jedinstvenim oblicima biljnih i životinjskih vrsta koje možemo pronaći samo i isključivo u beskrajnom tajnom plavetnilu.

Velike i misteriozne oceanske dubine, koje su ujedno i središnja tema ovog seminara, najmanje su istražena područja na Zemlji koja uključuju brojna karakteristična staništa. Taman i hladan, naseljen bizarnim i zastrašujućim stvorenjima, duboki ocean podsjeća na „vanjski svemir“ znanstveno-fantastičnih filmova. „Unutarnji svemir“ nalazi se ovdje na Zemlji, a sastoji se od slojeva morskih voda, koje leže ispod granice prodiranja svjetlosti, i nazivamo ga *dubokim morem*.

Pišući ovaj seminar otkrila sam mnoge zanimljive, neobične i mračne tajne dubokomorskog misterija koje će, nadam se, zaintrigirati čitatelja te mu zorno predočiti način života i same organizme koji nastanjuju ta nepristupačna i za život, nama ljudima, nepojmljiva staništa. Baveći se ovom temom uvidjela sam da je čovjek tek krenuo otkrivati te misteriozne, prostrane dubine vječne tame, no već i ovaj mali djelić misterija, koji je do sada otkriven, veliki je korak za znanstvenike u upoznavanju i otkrivanju tajni našega planeta.

## 2. Opće prilagodbe organizama na život u moru

Voda čini 80- 90 % volumena većine morskih organizama te na taj način omogućuje sposobnost plutanja i oslonac je tijelu plivajućim i plutaćim organizmima i time reducira potrebu za teškim skeletnim strukturama. Voda je medij koji sudjeluje u mnogim kemijskim reakcijama i neophodna je za život svih organizama.

Sadržaj vode u tijelu **dağnje** (*Mytilus edulis*; Sl. 1.) je **84,2%** , a uhatog klobuka (*Aurelia aurita*; Sl. 2.) je čak **97,9%**.



**Slika 1.** *Mytilus edulis*,  
(Linnaeus, 1758)



**Slika 2.** *Aurelia aurita*,  
(Linnaeus, 1758)

Karakteristike morske vode su:

- salinitet
- temperatura i tlak
- morske struje
- morska doba

Organizmi u moru konstantno se suočavaju s promjenama u temperaturi, salinitetu, dostupnom kisiku, svjetlosti, hrani, kompeticiji za stanište, ali i predatorstvom. Tri najbitnije kategorije ekološke adaptacije morskih organizama na život u moru su:

1. prilagodba na okoliš

2. jesti ↔ ne biti pojeden
3. uspješna reprodukcija.

Uspješnost organizama ili populacije u prve dvije kategorije reflektira njegovu sposobnost reprodukcije i preživljavanja.

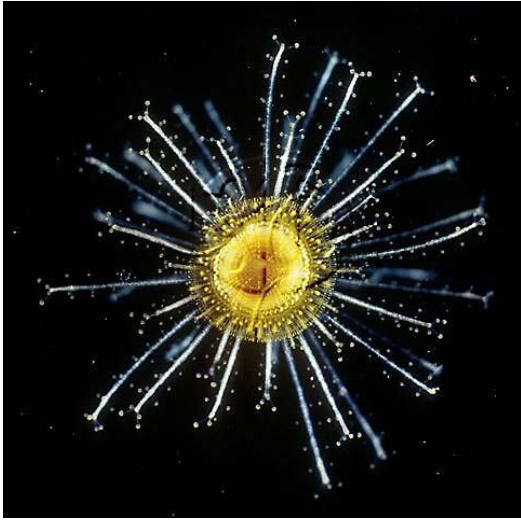
Da bi preživjele u moru, životinjske vrste morale su razviti niz prilagodbi od kojih je najbitnije navesti one osnovne, a to su:

- redukcija skeleta
- homeostaza
- osmoregulacija
- morfološke prilagodbe
- prilagodbe na dubinu

### REDUKCIJA SKELETA

Kod morskih životinja teške skeletne strukture su reducirane iz gore navedenih razloga, odnosno zbog toga što voda čini većinu volumena morskih organizama. Najbolji primjer redukcije skeleta jest PLANKTON kojeg čine organizmi u pelagijalu a u svom kretanju ovise o kretanju vodenih masa ( **Sl. 3. i 4.**). Planktonski organizmi nemaju velike sposobnosti kretanja, ali ne možemo reci da se ne kreću, već njihovo kretanje nije dovoljno da bi mogli prijeći veće razdaljine. Obično se nalaze u gornjim dijelovima vodenog stupca. Mogu biti jednostanični organizmi ili složeni višestanični organizmi. Hranidbeni značaj planktona je velik i predstavlja osnovu života u moru. Koliko je neko more bogato ovisi o količini planktona. Prilagodbe na planktonski način života su:

- smanjenje specifične težine tijela
  - povećana količina vode
  - uklopine masti i ulja
  - redukcija skeleta
  - mjehurići plina
- povećanje otpora vodi → dugi tjelesni nastavci
- aktivno gibanje



**Slika 3.** *Porpita porpita*, (Linnaeus, 1758)  
(Hydrozoa)



**Slika 4.** *Physophora hydrostatica* (Forskal, 1775.)  
(Siphonophora)

## HOMEOSTAZA

Pod pojmom homeostaza smatra se održavanje stalnih, nepromijenjenih optimalnih životnih uvjeta u tijelu, koje osiguravaju mehanizmi enzimske, hormonske i živčane prirode, a omogućuje normalan metabolizam ( izmjenu tvari i energije), normalno korištenje kisika, dovoljnu uhranjenost i pravilno izlučivanje otpadnih produkata. U održavanju homeostaze sudjeluju podjednako svi organski sustavi. Ona je rezultat koordiniranih bioloških procesa koji reguliraju uvjete kao što su tjelesna temperatura, razina šećera u krvi i metaboličku stopu. Homeostaza nije statički proces, već proces koja varira između maksimuma i podnošljivog minimuma.

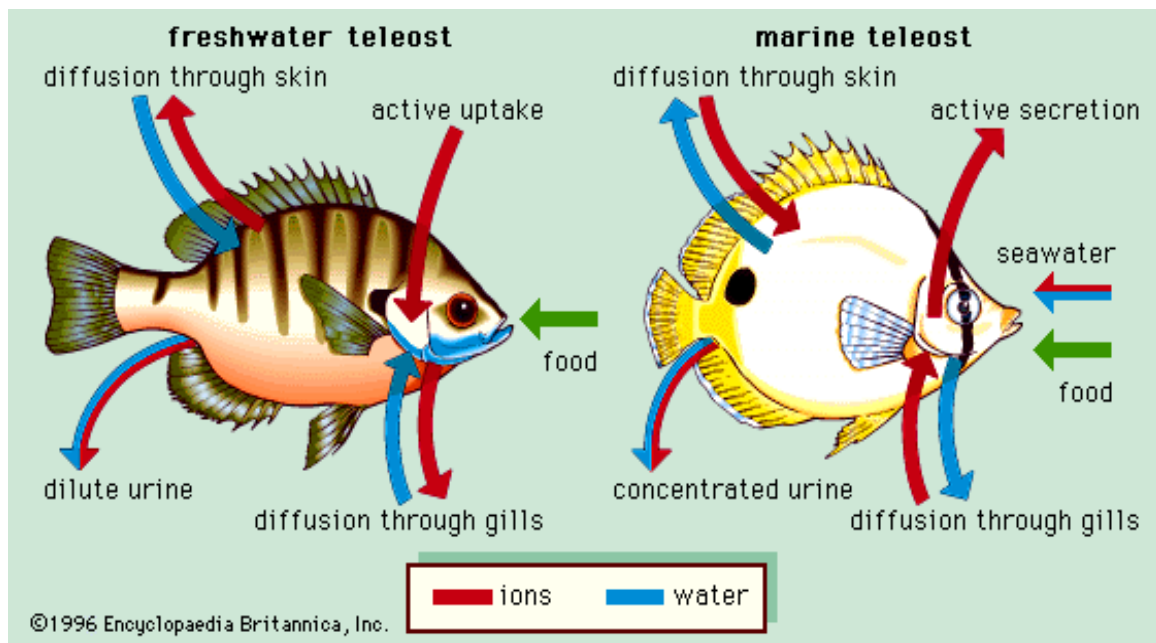
## OSMOREGULACIJA

Osmoregulacija je aktivna regulacija osmotskog tlaka tjelesnih tekućina radi održavanja homeostaze sastava tjelesnih tekućina. Osmoregulatorni mehanizmi omogućuju organizmima slobodno kretanje između područja različitih saliniteta neometani (nepogođeni) osmotskim promjenama.

Morske životinje s obzirom na to kako reguliraju količinu vode u tijelu dijelimo na:

- osmokonforne (izotonične) – stenohaline vrste koje podnose mala kolebanja u salinitetu i čija je koncentracija iona i tvari u tijelu jednaka koncentraciji iona i tvari u mediju koji ga okružuje
- osmoregulatorne (hipertonične) – imaju problem kako zadržati vodu u tijelu → eurihaline vrste koje aktivno održavaju homeostazu cjelokupne koncentracije otopljenih tvari u tjelesnim tekućinama bez obzira na promjene u okolišu

S obzirom na količinu soli u vodi, ribe se dijele na dvije skupine: stenohaline koje traže određenu količinu soli i eurihaline koje mogu obitavati u vodama s različitom koncentracijom soli. Slatkovodne ribe su gotovo sve stenohaline ( **Sl. 5.** ). Morske koštunjače se nalaze u hipertoničnoj otopini. Umjesto da apsorbiraju vodu, one je izlučuju i to naročito pomoću škrga i kože.



**Slika 5.** Regulacija količine vode kod slatkovodne i morske vrste riba










Zapravo do kompenzacije dolazi neprekidnim gutanjem morske vode koja prolazi kroz crijevne stjenke, gdje budu apsorbirani ioni natrija, klora, kalija, kalcija, i oko 20% bivalentnih iona  $Mg^{2+}$  i  $Ca^{2+}$ , te tako oni dospijevaju u krv. Količina progutane vode iznosi između 2,7 i 266 ml/kg životinje u toku jednog sata, što je oko 0,3 - 1,5% tjelesne težine. U bubrežnim cjevčicama dolazi do reapsorpcije  $Na^+$ ,  $K^+$  i  $Cl^-$ , a njihov suvišak odstranjuje se u manjoj mjeri pomoću bubrega, a u većoj pomoću škrga koje služe za ekskreciju i glavnih dušičnih produkata kao amonijaka, uree i trimetilaminoksida. Sulfati, te soli kalcija i



magnezija zaostaju u crijevu, gdje dolaze u koncentrirano stanje i budu izbačeni s ekskrementima. Bubrež morskih koštunjača izlučuje pretežno magnezijev sulfat, te djelomično soli kalcija uz neke manje topive nusprodukte kao kreatin, kreatinin, mokraćnu kiselinu itd.

## MORFOLOŠKE PRILAGODBE

Velika većina životinja nektona ima morfološke i funkcionalne prilagodbe za aktivno kretanje u vodi, a razvijene su i posebne prilagodbe za plivanje ( npr. lignje imaju bočne izbočine u formi peraja i produljeno tijelo). Najvažnija morfološka prilagodba jest hidrodinamičan oblik tijela koji omogućuje životinjama da se lakše kreću u vodenom ( morskom) mediju i da se što manje opiru struji vode. Iako pripadaju filogenetski udaljenim grupama, kralježnjaci nektona imaju zajedničke morfološke karakteristike za savladavanje otpora vode; npr. kitovi su sisavci posve prilagođeni životu u vodi te imaju, kao i ribe, produljeno tijelo i perajama slične nastavke ( **Sl. 6.**). Postoji niz morfoloških prilagodbi kojima su se organizmi prilagodili na život u moru te su one različite za pojedine skupine organizama. Navedena je nekolicina osnovnih morfoloških prilagodbi: peraje, škrge, ljuske, plivaći mjehur, dugi tjelesni nastavci ( npr. kod planktona)...

CLASS MAMMALIA Mammals	CLASS AVES Birds	CLASS REPTILIA Reptiles
Order Pinnipedia  Seals, sea lions, fur seals, walrus	Order Sphenisciformes  Penguins	Order Chelonia  Sea turtles
Order Carnivora  Sea otter, polar bear	Order Podicipediformes Tubenoses	
Order Sirenia  Manatees, dugong	Order Anseriformes Ducks	Order Squamata  Sea snakes, marine iguana
Order Cetacea Suborder Mysticeti  Baleen whales	Order Charadriiformes Gulls and related birds, shorebirds	
	Order Ciconiiformes Herons	
	Order Gulliformes Rails, coots	Order Crocodylia  Subwater crocodile
	Order Pelecaniformes Pelicans and related birds	
Suborder Odontoceti  Toothed whales	Order Gaviformes Loons	
	Order Procellariiformes Gulls	

**Slika 6.** Morfološke karakteristike kralježnjaka nektona

## PRILAGODBE NA DUBINU

Prisutnost svjetlosti, koja uvjetuje razvoj biljaka u morima i oceanima, indirektno utječe i na rasprostranjene životinja. U plitkom području usprkos intenzivnog osvjetljenja vrlo često izostaju alge zbog prejakog zagrijavanja morske vode. Obojenje morskih organizama je također ovisno o količini svjetlosti i mijenja se u ovisnosti o dubini, a vrlo često ima i zaštitnu ulogu. U organizama površinskih slojeva razvijeni su zaštitni mehanizmi koji sprečavaju preveliku apsorpciju svjetlosti. Biljke se brane protiv prejake svjetlosti povećanom količinom plastida na površini, a životinje povećanom produkcijom pigmenta, zaklanjanjem u podlozi ili spuštanjem u dublja područja. Prozirna tijela planktonskih organizama propuštaju svjetlost, a ne apsorbiraju je pa je to vrlo efikasna zaštita od prejakog osvjetljenja. Nedostatak svjetla u dubokom moru djeluje u dva procesa kod životinja:

- dolazi ili do povećanja očiju tako da oči čine 1/10 organizma ili čak 1/6  
- to su tzv. teleskopske oči
- uopće nemaju očiju

Ispod ovih dubina postoji samo biološka svjetlost, tzv. bioluminiscencija, koju proizvodi veliki broj morskih životinja. Bioluminiscencija se javlja uglavnom kod dubokomorskih organizama, a služi za raspoznavanje i/ ili privlačenje plijena. Kod površinskih organizama javlja se slučajno i to kao rezultat disanja. Može biti izražena na više načina:

- svijetli cijelo tijelo
- svijetle žljezdasti organi
- postoje posebni svjetlosni organi → FOTOFOR.

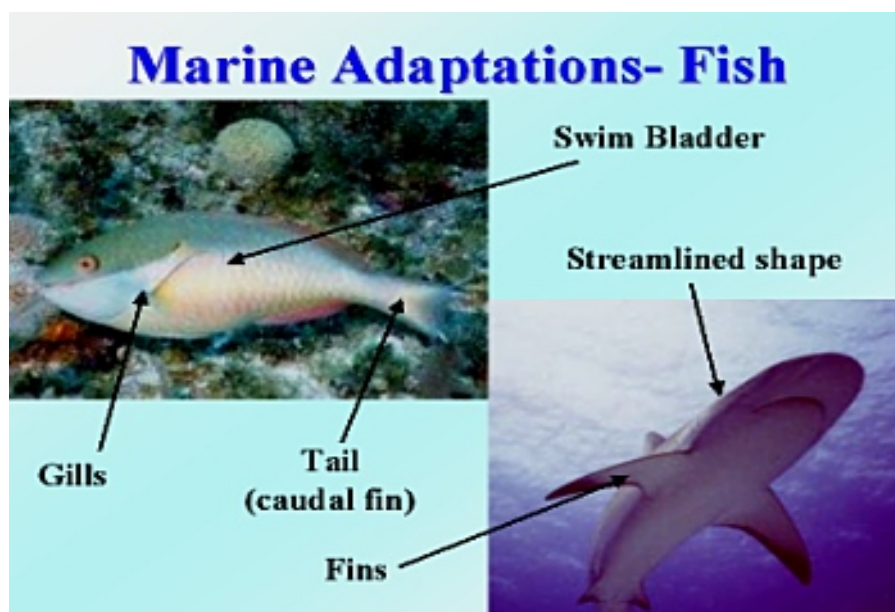
# 3. Prilagodbe riba i morskih sisavaca na život u moru

## 3.1. PRILAGODBE RIBA

Ribe imaju nekoliko važnih prilagodbi koje im omogućuju život u moru, a to su ( **Sl. 7.**):

- 1) škrge
- 2) hidrodinamičan oblik tijela + pokretljiv rep + peraje
- 3) plivaći mjehur = pomaže u kontroli sile uzgona te se na taj način održavaju na određenoj dubini

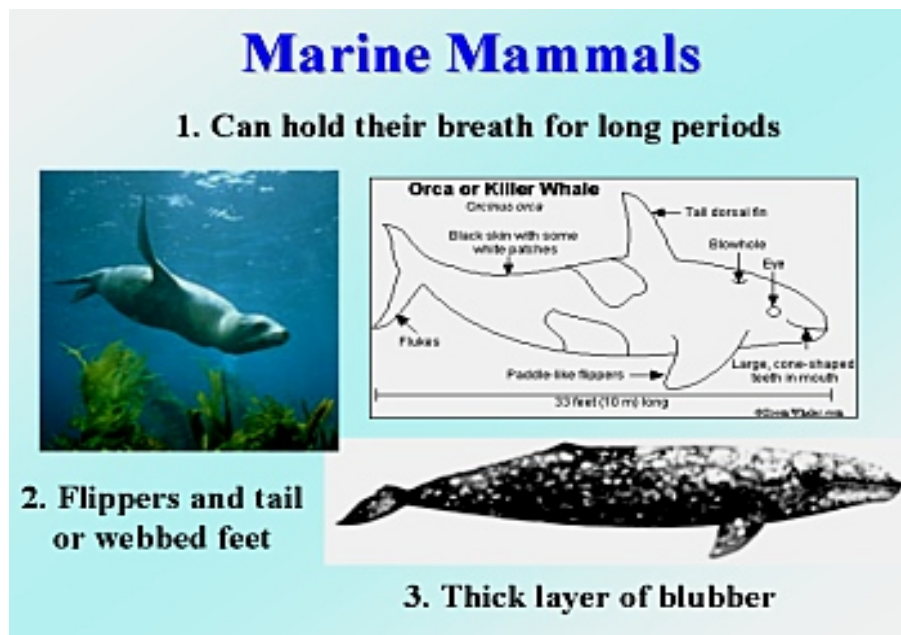
Valja naglasiti da je **plivaći mjehur** kod riba kao hidrostatski organ naročito bitna prilagodba na dubinu jer je specifična težina ribe gotovo jednaka specifičnoj težini vode i smanjenjem mjehura riba tone na dno, a njegovim širenjem diže se u gornje slojeve. Prilagođavanjem obujma plina u plivaćem mjehuru riba može plivati na određenoj dubini uz vrlo malu potrošnju mišićne snage. Stiskanjem prednjeg dijela plivaćeg mjehura pomoću mišića, spušta se prednji dio ribe, a stražnjeg repni dio. U normalnim uvjetima dizanje i spuštanje u vertikalnoj vodenoj masi odvija se postepeno bez štete za ribe, no ako ribe budu naglo izvučene na površinu, pogotovo iz dubina gdje je pritisak velik, to može biti pogubno za njih.



**Slika 7.** Prilagodbe riba na život u moru

## 3.2. PRILAGODBE MORSKIH SISAVACA

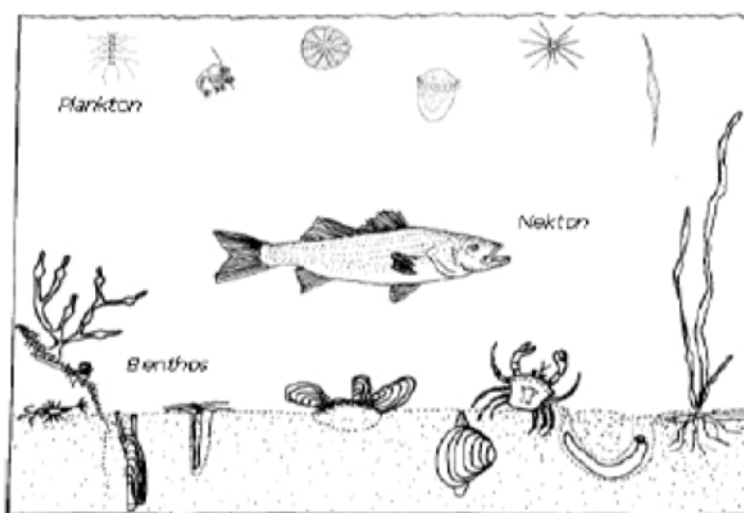
Oni nemaju škrge i ne mogu disati pod vodom, ali mogu dugo zadržati zrak i neko vrijeme ostati pod vodom. Neki tuljani mogu ostati pod vodom 45 minuta, a neki kitovi čak i duže od jednog sata. Većina ih ima ili rep ili plivajuće kožice između prstiju, a ruke su im evoluirale u peraje. Sisavci su toplokrvne životinje i potrebna im je zaštita koja bi spriječila pad tjelesne temperature prilikom urona. Neki su se prilagodili tako da su razvili debeli sloj sala, dok drugi imaju krzno (Sl. 8.). Morski sisavci, koji dišu atmosferski zrak, posebno su prilagođeni promjenama tlaka tako što uranjaju do većih dubina gotovo praznih pluća, a koriste kisik iz mioglobina (mišića). Podnose mnogo niže koncentracije  $O_2$  u krvi, a više  $CO_2$  nego kopneni sisavci. Za vrijeme boravka u većim dubinama u ovih organizama usporava se rad srca i reducira periferna cirkulacija krvi.



Slika 8. Prilagodbe sisavaca na život u moru

## 4. Dubinski raspored života u moru

Organizmi nisu jednoliko raspoređeni u moru, već im raspored ovisi o ekološkim, topografskim i povijesnim činiocima. U pelagijalu, slobodnoj vodi, žive dvije vrste organizama: PLANKTON (organizmi nesposobni vlastitim pokretima svladati kretanje vode pa lebde u moru) i NEKTON (pravi plivači koji se pokretima tijela suprotstavljaju strujama i valovima). U bentalu žive organizmi koji su na bilo koji način stalno ili povremeno vezani za dno (hranjenje, razmnožavanje, zaklon itd.) i nazivamo ih bentoskim organizmima – BENTOS ( **Sl. 9.**). Nektonu pripadaju mnogobrojne vrste riba, kitova i mnogi glavonošci te druge životinje otvorenog mora koje se neprestano gibaju, uključujući tu i sezonske migracije. Nektonski organizmi često imaju planktonske stadije, ne samo jaja i ličinke, nego su često i mladi nesposobni da se odupru strujama. Ekonomski najznačajnije pelagičke vrste srdela i skuša imaju planktonske ličinke, a izraziti su nektoniti. U pridnenim slojevima žive mnogobrojne ribe koje se ne smatraju nektonom, već bentosom jer su zbog hrane, skrovišta ili razmnožavanja, u čestom kontaktu s dnom. Razvoj određenih bentoskih životnih zajednica ovisi, u prvom redu, o dubini pa se i razdioba bentoskog područja vrši u vertikalnom smjeru na stepenice ili etaže. U velikim dubinama žive životinje koje se mogu aktivno pokretati: glavonošci, rakovi i ribe, ali se zbog svojih posebnih morfoloških i fizioloških karakteristika svrstavaju u tzv. batipelagičku faunu. Batipelagijal zauzima 75% površine oceana te je on kao takav ujedno i najveće stanište na Zemlji.



**Slika 9.** Podjela morskog staništa na plankton, nekton i bentos

Oceani i mora su u vertikalnom pravcu zonalno građeni, tj. s dubinom se u njima mijenjaju i svi fizički i kemijski uvjeti, a osobito svjetlost i temperatura, slanost i gustoća, gibanje morske vode i priroda morskog dna te količina hranjivih soli, u prvom redu fosfata i nitrata. Zonalna građa oceana uzrok je zonalne vertikalne razdiobe morskih organizama, a očituje se slijedećim pravilnostima:

- u opadanju cjelokupnog broja živih vrsta
- promjeni sastava biocenoza flore i faune sa dubinom

Do opadanja broja vrsta i jedinki s dubinom dolazi zbog pogoršanja ekoloških uvjeta (**Tab. 1. i 2.**). Dubina se ne smatra ekološkim činiocem u užem smislu riječi, ali uvjetuje promjene niza činilaca (svjetlosti, temperature, tlaka, hidrodinamizma, veličine čestica sedimenta). Pojedine biljke i čitave životne zajednice organizama pokazuju u većim dubinama veću horizontalnu rasprostranjenost, drugim riječima s dubinom raste areal rasprostranjenosti jer veće dubine karakteriziraju jednolični ekološki uvjeti. Morsko dno velikih dubina pokazuje na ogromnim arealima jednolična naselja.

**Tablica 1.** Pad broja pelagijskih vrsta s obzirom na dubinu

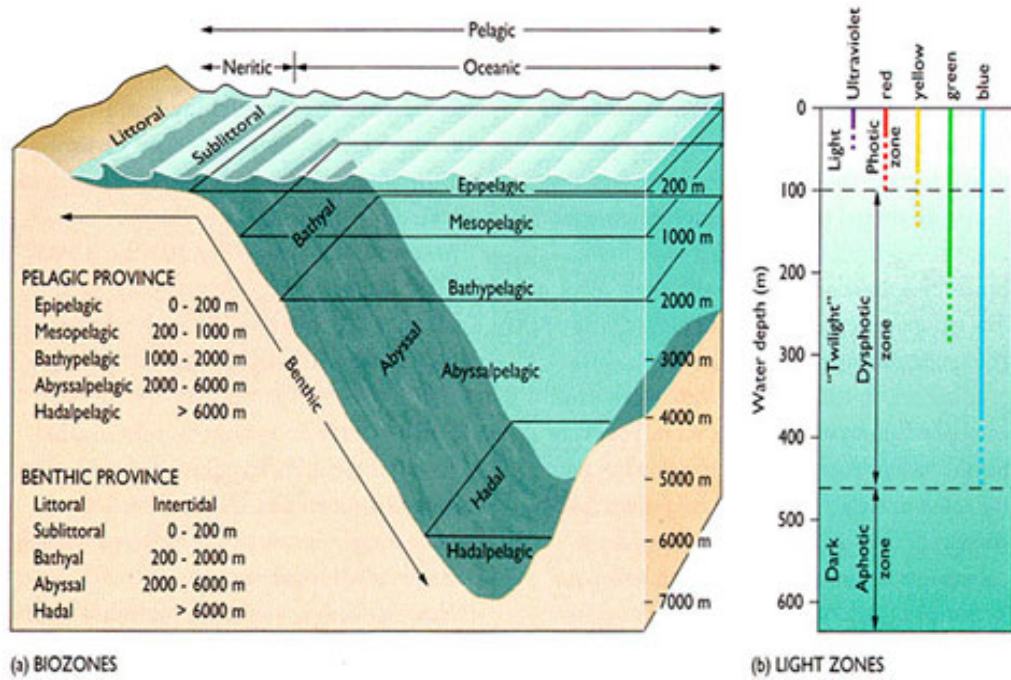
stupac vode (m)	0 -183	183-915	915-1829	1829-2744	2744-3658	3685-4573	4573
broj vrsta	4400	2050	710	600	500	340	235

**Tablica 2.** Pad broja bentoskih vrsta i jedinki s obzirom na dubinu

dubina (m)	180	180-900	900-1800	1800-2700	2700-3600	3600-4500	4500
prosječan broj vrsta	62,8	51,2	30,9	24,0	15,6	10,6	9,4
prosječan broj jedinki	-	150	87	80	39	25,6	24

S obzirom na mogućnost fotosinteze morsko se područje dijeli na tri zone: eufotičku, disfotičku i afotičku. Eufotička se zona proteže od 0 do 50 m dubine. U vrlo prozirnim vodama na malim geografskim širinama proteže se čak i do dubine od 100 m. Zauzima svega 3% površine oceana. Disfotička zona proteže se do dubine od najviše 200 m gdje je prodor svjetlosti dosta ograničen te ne omogućava fotosintezu većine biljnih vrsta. Ispod 200 m

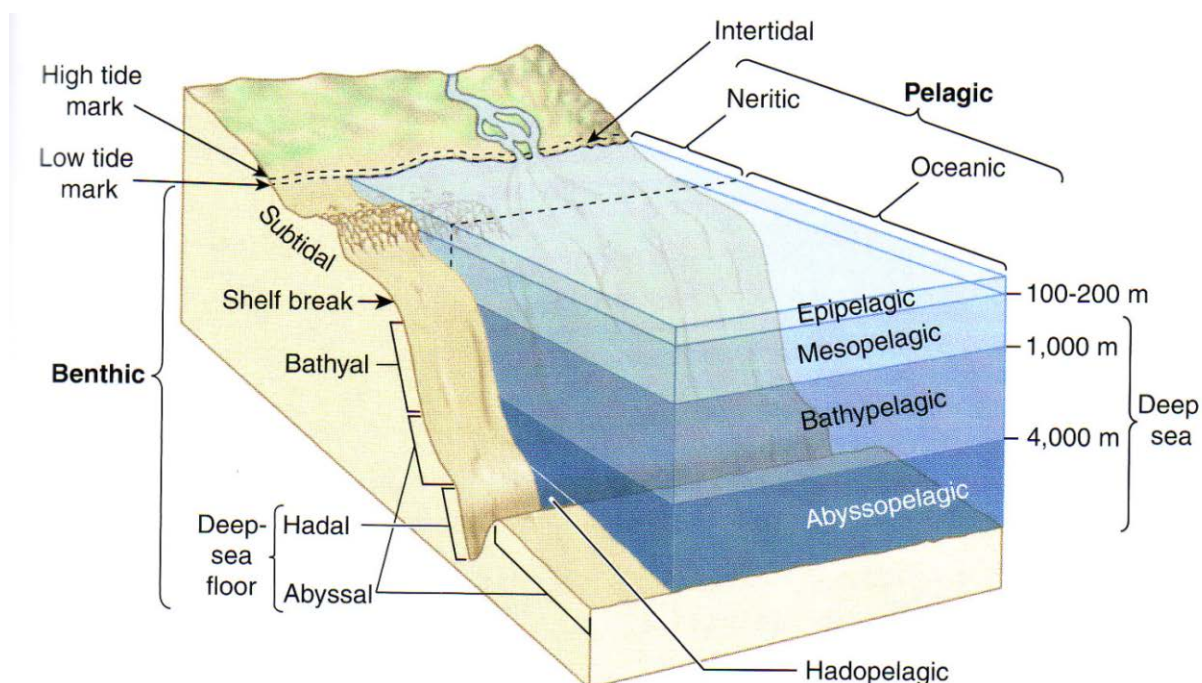
proteže se afotička zona bez svjetlosti ili s posve neznatnim količinama svjetlosti. U prozirnim tropskim vodama mala količina modrih zraka može prodrijeti i do dubine od 1000 m ( **Sl. 10.**). Afotička zona obuhvaća dakle sloj mezopelagijala ( 200-1000 m) i područje dubokoga mora ( dublje od 1000 m).



**Slika 10.** a) podjela morskog staništa; b) prodor svjetla u moru

## 5. Duboko more

Duboko more obuhvaća područje **batijala** (zajednica kontinentalnog slaza koja se prostire od 1000 – 4000 m), **abisala** (zajednica abisalne ravnice od 4000 – 6000 m) te područje **hadala** (zajednica dubokomorskih jaraka i kotlina dublje od 6000 m). Dno dublje od 6000 m obuhvaća oko 15% dna oceana, odnosno od 70% Zemljine površine koja je prekrivena oceanima gotovo 85% površine i 90% volumena čine tamni i hladni prostori koje nazivamo *dubokim morem* (Sl. 11.).



**Slika 11.** Podjela morskog dna

Iako je ovo područje najveće stanište na Zemlji, njegova biologija i ekologija najmanje su poznate i istražene, prvenstveno zato što je do nedavno bilo gotovo nedostupno ljudima. Tek je napredak u razvoju dubokomorskih podmornica omogućio znanstvenicima proučavanje života u batijalnom, abisalnom i hadalnom području. Još uvijek je iznimno teško i problematično istraživati dubokomorska staništa, a razlog tome je iznimno skupa i nedovoljno prilagođena oprema za ekstremne tlakove, koji na pojedinim mjestima iznose čak i do 1000 atmosfera, te mali broj stručnjaka taksonoma. Zajednički problem koji dijele istraživači i dubokomorski organizmi jest svladavanje tlaka. Dubokomorski organizmi ugibaju dovođenjem na površinu zbog ogromne razlike u tlaku koje njihovo tijelo ne može podnijeti.



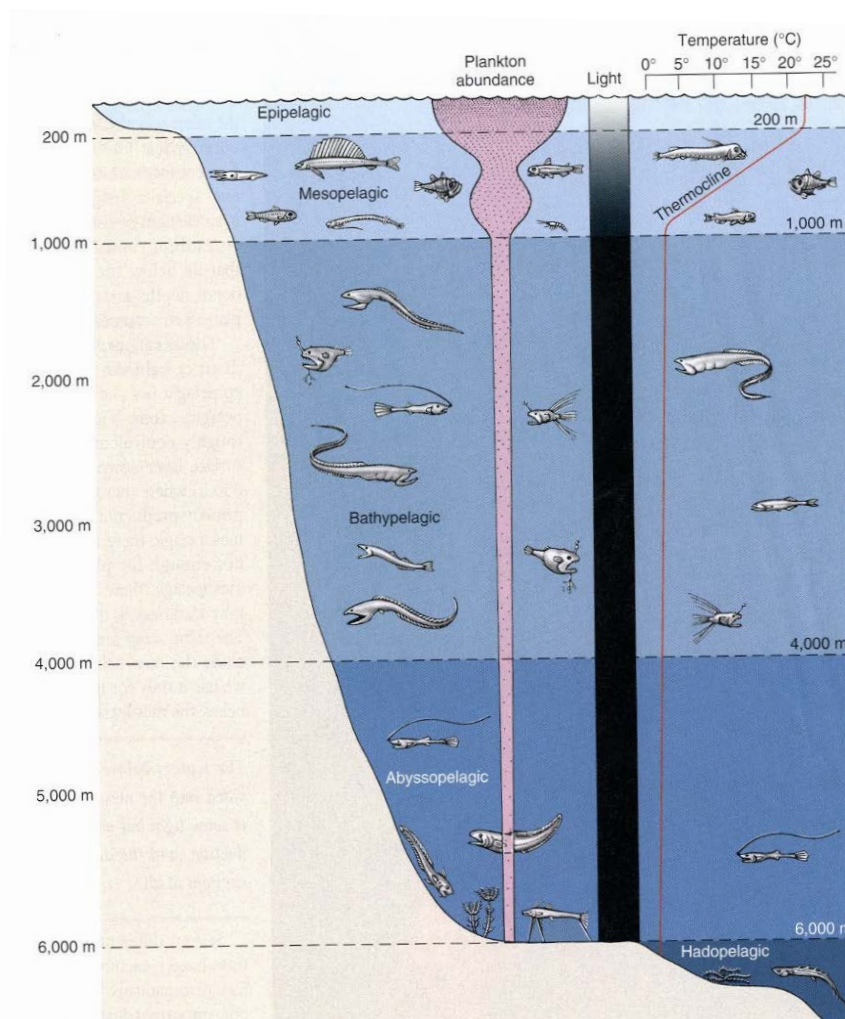
## 5.1. PRILAGODBE DUBOKOMORSKIH ORGANIZAMA

Organizmi koji žive u velikim dubinama susreću se s problemima koji utječu na njihov fizički izgled i na način savladavanja određenih prirodnih životnih funkcija. Organizmi mogu svršeno normalno živjeti na dubinama zahvaljujući važnim prilagodbama. Različiti dubokomorski organizmi razvili su niz prilagodbi na život u dubokom moru jer ovdje vladaju posebni ekološki uvjeti: visoki tlak, potpuni mrak, niska temperatura i male količine hrane. Tri najvažnija faktora koji imaju najveći utjecaj na život u dubini su: nedostatak svjetlosti, nedostatak izmjene vodenih masa i nedostatak primarne produkcije. Opća biološka obilježja dubokomorskih organizama su:

- razmnožavanje i razvoj
  - malo jaja s puno rezervne tvari
  - polagana gametogeneza
  - kasno spolno sazrijevanje
  - polagan embrionalni razvoj
  - često se samo jednom razmnožavaju
- fiziološka
  - spori metabolizam
  - manji sadržaj proteina (enzima)
  - visok sadržaj vode u tkivu
  - mala veličina tijela
- ekološka
  - polagani rast
  - dugo žive
  - polako koloniziraju nova mjesta
  - mala gustoća populacije ( uglavnom)
  - niski mortalitet ( nema puno predatora)

Veliki utjecaj na životinje u dubokom moru ima tlak. On s dubinom raste 1 bar na svakih 10 metara dubine. U najdubljim jarcima na dubinama oko 10 000 m tlak je viši od nevjerojatnih 1000 bara. Zbog ovako visokog tlaka životinje u velikim dubinama nemaju u tijelu strukture ispunjene plinovima (npr. ribe nemaju plivaći mjehur). Ovakav tlak djeluje i ne sintezu proteina kod dubokomorskih životinja.

U dubokom moru slanost je stalna i gotovo se ne mijenja s dubinom. Temperatura je konstantna i nema sezonskih promjena kao u površinskim slojevima oceana. Ispod 1000 m dubine temperatura se spušta do nekih 1°C, koliko prosječno vlada na dubinama ispod 4000 m. Iznimka su mala područja oko hidrotermalnih ispusta gdje se temperature kreću oko 15°C. Zbog hladne okoline, životni procesi u dubokom moru jako su usporeni pa su životinje ovih prostora dugoživeće. Otopljenog kisika ima uvijek dovoljno za život organizama zato što pridnenim kompenzacijskim strujanjem prema Ekvatoru polako putuje hladna, kisikom bogata morska voda. Ta voda potječe s površine mora oko Zemljinih polova. Voda bogata kisikom se na polovima hladi i postaje teža te tone i struji prema Ekvatoru. Budući da u dubokom moru nema primarne produkcije, iznimka su mala područja oko hidrotermalnih ispusta, organizmi su tu ovisni o hrani koja potone iz površinskih slojeva. Vjerojatnost da će čestica hrane biti pojedena ili će se sasvim rastvoriti raste s dubinom, tako da će najmanje hrane biti dostupno za organizme koji žive u najdubljim dijelovima oceana ( **Sl. 12.** ). Većina



organske tvari ostaje kružiti unutar životnih ciklusa u površinskim slojevima mora te u duboko more ispod 4000 m dubine stiže samo **1 do 3 %** organske tvari proizvedene u eufotičkom sloju. Najveći dio organskih čestica koje tonu iz eufotičke zone su hitinski egzoskeleti zooplanktona i fekalni peleti, drugim riječima feces zooplanktona koji se pretežno sastoji od „kućica“ algi kremenjašica što znači

**Slika 12.** Ovisnost gustoće populacije mezopelagijala i dubokog mora o gustoći planktona i intenzitetu svjetlosti u stupcu vode

da ima malo organske tvari. Naravno da što je veća primarna produkcija u površinskim slojevima mora to će više hrane biti dostupno za organizme u dubokom moru ispod. Izvor hrane za dubokomorske organizme u gornjem dijelu disfotičke zone su eufazidni i kopepodni račići koji ovdje žive. Za one organizme koji žive pri dnu dubokog mora izvor hrane su i pojedine lešine velikih morskih sisavaca i riba koje će potonuti prije nego ih pojedu strvinari u gornjim slojevima. Najčešći organizmi s obzirom na način prehrane su:

- MIKROFAGI – hrane se bakterijama i česticama u suspenziji
- LIMNIVORNI ORGANIZMI – hrane se tako što gutaju sediment i površinski film
- GRABEŽLJIVCI I STRVINARI – imaju brojne prilagodbe (npr. pomične i rastezljive čeljusti, te rastezljivi želuci kod riba)

Simbiotski odnosi su uobičajeni iz mnogih razloga, a glavni razlog je nedostatak hrane. Kod dubokomorskih organizama uočljiva je i redukcija i krhkost skeletnih struktura, a mogući razlozi tome su:

- nedostatak  $\text{CaCO}_3$  (visoki tlak povećava topljivost  $\text{CO}_2$ )
- nedostatak vitamina D zbog nedostatka svjetla
- evolucijska regresija potpornog sustava uslijed mirnih uvjeta

Interesantno je spomenuti da se kod nekih životinja koje žive u bentosu dubokog mora javlja vrlo neobična pojava nazvana **abisalni gigantizam**. Mnogi su dubinski abisalni oblici divovi unutar svojih sistematskih skupina (npr. izopodi, rakovice, ježinci, trpovi itd.), a razlog tome su niska temperatura koja odgađa dostizanje spolne zrelosti, a produžuje period rasta te utjecaj hidrostatskog tlaka na metabolizam. Najzorniji primjer su neke vrste dubokomorskih izopodnih (*Bathynomus giganteus*; **Sl. 13.a**) i amfipodnih (*Alicella gigantea*; **Sl. 13.b**) rakova, čiji najveći srodnici u plitkom moru nisu veći od od 2 cm, narastu do izuzetno velikih dimenzija- duljine čak 30 – 40 cm. Postoje razne teorije zašto je to tako, no znanstvenici još uvijek nisu pronašli neku koja bi bila šire prihvaćena.



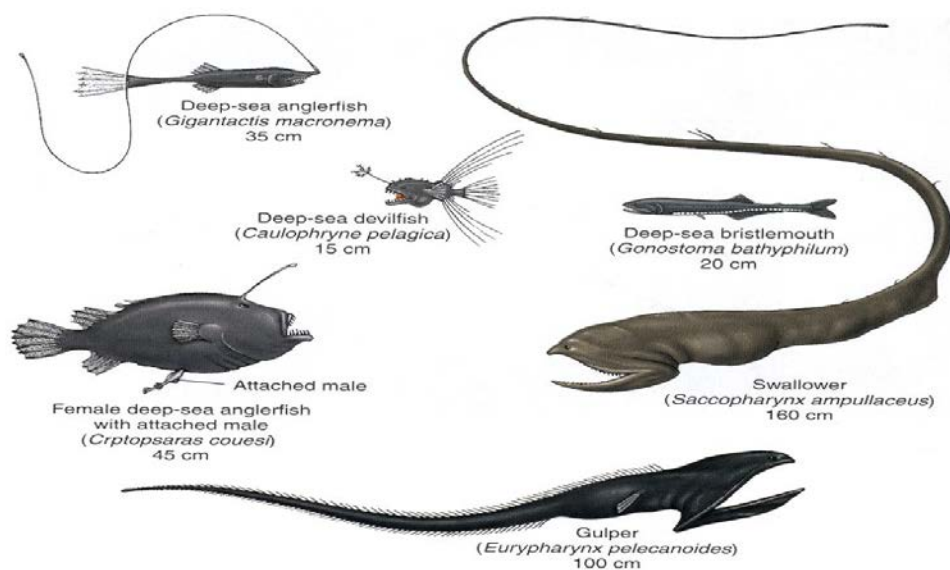
(a)



(b)

**Slika 13.** (a) *Bathynomus giganteus* (A. Milne Edwards, 1879), dubokomorski izopodni rak; (b) *Alicella gigantea* (Chevreux 1899), dubokomorski amfipodni rak

Iako izgledaju zastrašujuće, većina dubokomorskih riba je malena. Dugačke su između 2 i 30 cm ( **Sl 14.**). Dišu sporo i njihova tkiva imaju visok sadržaj vode, a nizak sadržaj proteina. Kako je voda gotovo nestlačiva, preživljavaju bez poteškoća. Mogu izdržati dulji period bez hrane koju kada nađu koriste više za energiju, nego za izgradnju tkiva. Prehrambene adaptacije na dubinu uključuju veće i jače fizičke karakteristike kao što su veliki stomaci, velika usta potrebna za gutanje cijeloga plijena, jače čeljusti, oštrij zubi, spor metabolizam. Prehrambene adaptacije na dubinu uključuju veće i jače fizičke karakteristike kao što su veliki želuci, velika usta potrebna za gutanje cijeloga plijena, jače čeljusti, oštrij zubi, spori metabolizam.



**Slika 14.** Dubokomorske ribe i njihova najčešća maksimalna duljina

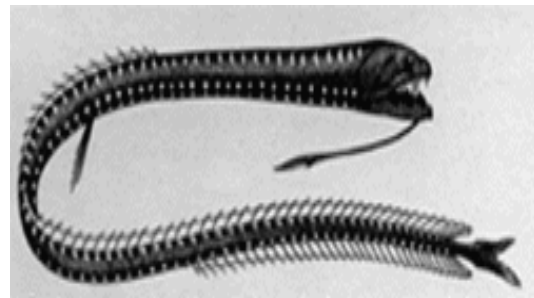
Organizmi koji žive u dubokom moru razvili su čitav niz prilagodbi kao npr. : u disfotičkoj zoni tamno crvena, crna ili srebrnkasta obojenost riba tako da su gotovo nevidljive za predatore i njihove velike oči; organi fotofore kod riba i ljignji koji proizvode bioluminiscenciju, tj. svijetle u mraku, te na taj način životinje privlače hranu i/ili se brane od predatora; oštri, igličasti zubi kod riba, savinuti prema natrag da teško nađeni plijen ne bi mogao pobjeći. Potpuna tama se na osjetilo vida može manifestirati na dva načina:

1. oči kržljave (slijepi oblici) –umjesto osjetila vida razvijaju se duga osjetila (opip, kemijska itd.)
2. oči postaju ogromne (do ¼ težine tijela; tzv. teleskopske oči)

Kod nekih riba koje žive u dubinama gdje vlada skoro potpuni mrak razvile su se posebne prilagodbe: dorzalna peraja je modificirana u mamac u obliku štapića sa svjetlećim vrhom koji visi točno iznad ribljih usta kao npr. kod vrste *Melanocetus johnsoni* ( **Sl. 15.a** ). Bioluminiscentna svojstva posjeduje 39% dubokooceanske zajednice organizama. *Idiacanthus panamensis* ( **Sl. 15.b** ) koristi bioluminiscenciju u obliku svjetlećeg mamca pričvršćenog na donji dio glave.



a)



b)

**Slika 15. a)** *Melanocetus johnsoni* (Günther, 1864) **b)** *Idiacanthus panamensis* ( Gilbert, 1890)

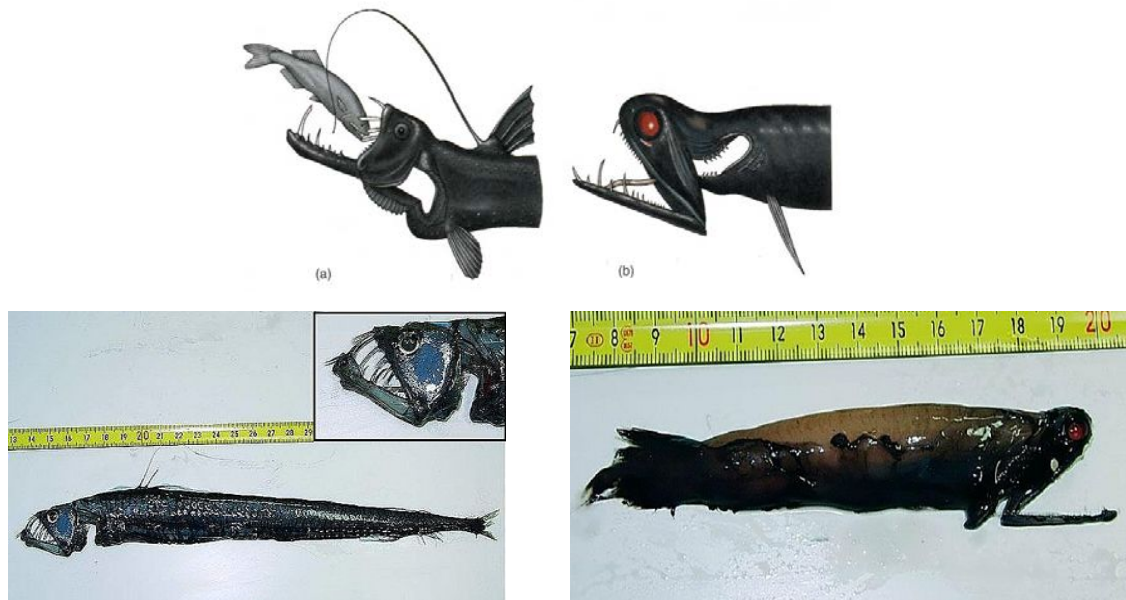
Osim u pelagijalu dubokog mora, čitav niz organizama živi i na dnu, u bentosu, tog mračnog i hladnog područja. Veći dio dna dubokog mora prekriven je sedimentom koji je na dnu oceana jednoličan, a po veličini čestica sitniji nego u plićim područjima. Stabilni ekološki uvjeti na dnu dubokog mora pogoduju razvoju brojnih organizama koji žive u površinskom sloju sedimenta i hrane se organskim česticama palim iz gornjih slojeva. Većina tih organizama je mala, čak i manja od 2 mm, a tu ubrajamo neke oblice i mnogočetinaše te nešto veće račiće i trpove koji se ukapaju u sediment. Svi ti organizmi ruju po sedimentu u potrazi za organskom tvari te ga okreću i miješaju, a taj proces naziva se BIOTURBACIJA. Rezultat bioturbacije je dobro promiješan sediment. Na dnu dubokog mora žive i mnoge jednostanične

prazivotinje kao npr. bentoske foraminifere. Heksaktinelidne spužve, mješčičnice i moruzgve također su stanovnici dubokomorskog bentosa. Česti stanovnici su i bradnjaci, mnogočetinaši, stapčari, zmijače i trpovi koji žive i do vrlo velikih dubina od 7000 m. Puževima, koji žive u najvećim dubinama oceanskih jaraka, sasvim su zakržljale oči, a ježinci u tim dubinama imaju vrlo tanku i krhku ljušturu. Biomasa organizama koji žive na dubokom morskom dnu vrlo je mala u usporedbi s onom u plitkom moru. U najvećim dubinama po biomasi prevladavaju bodljikaši- prvenstveno trpovi koji čine 95% tamošnje biomase, a zatim zmijače i stapčari. Organizmi koji žive na rubovima podmorskih kanjona i jaraka (dakle na čvrstoj podlozi) zbog nemogućnosti uzorkovanja, a time i proučavanja, još su slabije poznati, nego oni koji žive na sedimentu dubokog mora. Nalaz batijalnih spužvi na 20 m dubine u hladnoj i mračnoj podmorskoj špilji kraj Marseille-a u Francuskoj omogućio je proučavanje ovih dubokomorskih životinja *in situ* i u laboratoriju što je rezultiralo iznenađujućim otkrićem o načinu prehrane ovih spužvi.

## 5.2 RAZLIKE MEZOPELAGIČKIH I DUBOKOMORSKIH ORGANIZAMA

Mezopelagijal se naziva još i „zonom sumraka“. U gornje dijelove mezopelagijala prodire svjetlost dovoljnog intenziteta da omogući vidljivost, ali nedovoljnog za odvijanje procesa fotosinteze i primarnu produkciju stoga tu nema biljaka. Iznimka su crvene alge koje su pronađene na gotovo 300 m dubine. Kako dubina raste, smanjuje se intenzitet svjetlosti i područje postaje sve tamnije. Na dubini od 1000 m potpuna je tama. Mezopelagička zona prostire se od 200-1000 m dubine. Tu se javlja **termoklina** - sloj vode u kojem temperatura naglo pada s povećanjem dubine, drugim riječima to je prijelazna zona između toplog površinskog i hladnog dubokomorskog vodenog sloja. Organizmi koji se kreću u stupcu vode suočavaju se s velikim promjenama u temperaturi dok su oni koji obitavaju na približno istoj dubini izloženi konstantnoj temperaturi. Živog svijeta je u tom području oko 10% onog koje možemo naći u fotičkoj zoni. U mezopelagičkoj zoni se nalaze životinje prozirna tijela – kopepoda, amfipoda, ... Prozirnost tijela nije moguća za sve oblike tijela pa je u tom slučaju tijelo tamno obojeno, a često ima i mogućnost bioluminiscencije što omogućuje bolje prikrivanje sjene. Mezopelagičke ribe su male veličine, tamno obojene, imaju brojne fotofore, velika usta, velike i izražene oči, izraženu redukciju kostura i ljuskavosti, oštre velike zube i uzglobljene i rastezljive čeljusti kako bi mogle pojesti žrtvu nekoliko puta veću od svoje

veličine ( **Sl. 16.**). Ribe zone sumraka mogu migrirati u potrazi za hranom u pliće slojeve - to su tzv. vertikalne dnevne migracije. U sumrak one migriraju prema površini gdje je produktivnija zona, ali tu su izložene predatorima i ulaze u zonu gdje je temperatura viša za 10°C. Pred zoru migriraju u dublje slojeve gdje je niža temperatura, sporiji metabolizam radi očuvanja energije i smanjena mogućnost predacije.

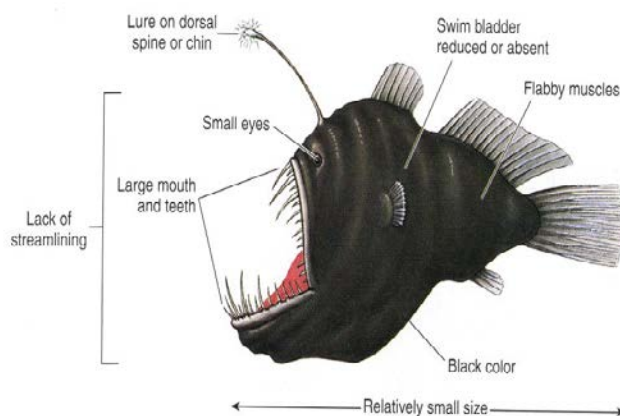


a) *Chauliodus sloani*

b) *Malacosteus niger*

**Slika 16.** Pomične čeljusti za hvatanje velikog plijena kod vrste (a) *Chauliodus* i (b) *Malacosteus*

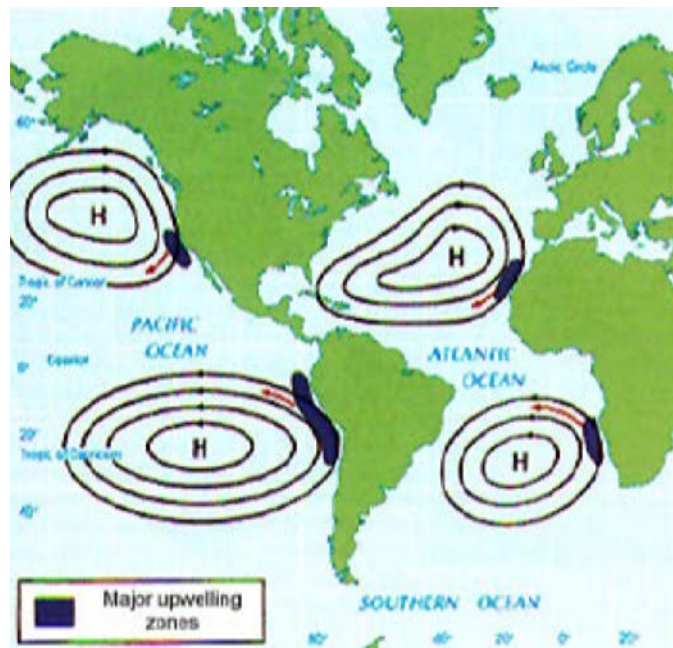
Na više od 1000 m dubine počinje svijet vječitog mraka gdje ne dopire niti tračak Sunčeve svjetlost - duboko more. Životinje su tu crne ili tamno crvene, ali ta boja vidljiva je tek na bijeloj svjetlosti. Sve ribe koje se ondje nalaze izgledaju zastrašujuće. Malene su (do 10-ak cm duljine), ali sve imaju zastrašujuće nizove zuba i goleme glave u odnosu na veličinu



**Slika 17.** Karakteristike dubokomorskih pelagičkih riba

tijela. Te ribe zbog velike udaljenosti od površine i prevelike razlike u tlaku ne migriraju prema površini. U dubini, gdje nema prirodne svjetlosti nema koristi od vida, zbog toga većina riba ima vrlo malene oči. Umjesto toga, one su vrlo osjetljive i na najmanje vibracije u vodi.

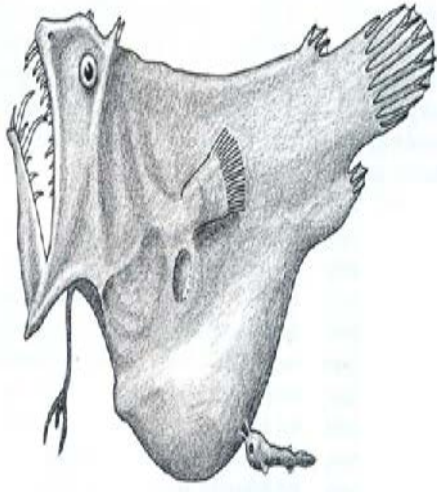
Na bokovima imaju nizove stanica osjetljivih na malene pokrete. Tu životinje same stvaraju svjetlost bioluminiscencijom, a to im često pomaže i u hvatanju plijena. Populacije batipelagičkih vrsta riba nisu brojne. Do sada je zabilježeno oko 200 vrsta. Najveća izmjerena koncentracija na 4,2 km<sup>3</sup> iznosila je 150 00 jedinki. Anatomske prilagodbe dubokomorskih riba su ( **Sl. 17.**): ekstremna redukcija kostiju i mišićne mase, redukcija i gubitak očiju, ograničena lokomocija, izrazito velike čeljusti i zubi, velik želudac, usporeni metabolizam, redukcija plivaćeg mjehura, često prisutne fotofore koje služe da privuku plijen ili za pronalaženje partnera. Kod dubokomorskih riba uočeno je efikasno korištenje energije. One su ovisne o produkciji gornjih slojeva i donosu hranjivih tvari s kopna. Najveći broj vrsta i najveća gustoća dubokomorskih riba je u području visoko produktivnih zona (upwelling, **Sl. 18.**).



**Slika 18.** Zone upwelling-a u svijetu

Još jedna otkrivena zanimljivost vezana uz dubokomorske organizme je bizarni spolni dimorfizam ( **Sl. 19.** ). Ženka je ekstremno velika naspram mužjaka Ličinka mužjaka karakterizira izduživanja tijela, razvoj crvenih mišića, velika jetra, veliki organi za miris, rast očiju i prestanak hranjenja. Kratko vrijeme mužjak pliva i aktivno traži ženku. Kada mužjak pronade ženku prihvaća se za nju tako što mu degeneriraju zubi i razvijaju se zubolike ploče kojima se pričvršćuje za ženku. Ženke izlučuju feromone, a mužjaci imaju povećani osjetni





organi mirisa kako bi ih lakše percipirali. Dubokomorski organizmi kasno spolno sazrijevaju i imaju spor embrionalni razvoj. Ženke se hrane tijekom cijelog života, a mužjaci samo kao ličinke. Odrasli organizmi žive u dubokom moru dok se jaja i ličinke nalaze u površinskim slojevima mora na dubini od 1 do 30 m.



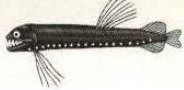
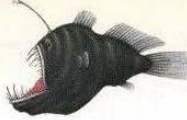

**Slika 19.** Spolni dimorfizam

Proučavajući područje mezopelagijala i dubokog mora, znanstvenici su uočili razlike u anatomiji mezopelagičkih i dubokomorskih organizama koje su navedene u **tablici 3. i 4.**

**Tablica 3.** Razlika između mezopelagičkih i batipelagičkih riba

	<b>mezopelagičke ribe</b>	<b>batipelagičke ribe</b>
<b>boja</b>	srebrna	crna
<b>fotofore</b>	brojne	nema – osim kao mamac
<b>oči</b>	velike i osjetljive	male i zakržljale
<b>skelet</b>	dobro kalcificiran	slabo kalcificiran
<b>mišići</b>	jače razvijeni	slabije razvijeni
<b>plivaći mjehur</b>	obično ima	nema ili je zakržljao

**Tablica 4.** Usporedba karakteristika riba različitih dubinskih zona pelagičkog područja

	<b>Epipelagic</b>	<b>Mesopelagic (vertical migrators)</b>	<b>Mesopelagic (non-migrators)</b>	<b>Deep Pelagic</b>	<b>Deep-sea bottom</b>
<b>Appearance</b>					
<b>Size</b>	Wide size range, from tiny to huge	Small	Small	Relatively small, larger than mesopelagic	Relatively large
<b>Shape</b>	Streamlined	Relatively elongated and/or laterally compressed	Relatively elongated and/or laterally compressed	No streamlining, often globular in shape	Very elongated
<b>Musculature</b>	Strong muscles, fast swimming	Moderately strong muscles	Weak, flabby muscles	Weak, flabby muscles	Strong muscles
<b>Eye characteristics</b>	Large eyes	Very large, sensitive eyes	Very large, sensitive eyes, sometimes tubular eyes	Eyes small, sometimes absent	Small eyes
<b>Coloration</b>	Typical counter-shading: dark back and white or silver belly	Black or black with silver sides and belly; counter-illumination	Black or black with silver sides and belly; counter-illumination	Black, occasionally red, often lack coloration at greatest depths	Dark brown or black
<b>Bioluminescence</b>	Bioluminescence relatively uncommon	Bioluminescence common, often used for counter-illumination	Bioluminescence common, often used for counter-illumination	Bioluminescence common, often used to attract prey	Only a few groups bioluminescent

# 6. Literatura

Castro, P., Huber, M.E. ( 2005) : Marine Biology. McGraw-Hill Companies, New York, 452 str.

Sumich, J.L. ( 1992): An Introduction to the Biology of Marine Life. WCB Publishers, Dubuque, USA, 449 str.

Young, J.Z. (1981): The Life of Vertebrates. Clarendon Press, Oxford, 645 str.

Internet stranice:

- [www.kmuska.com/ocean/adaptations.html](http://www.kmuska.com/ocean/adaptations.html)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Homeostasis\\_\(Biology\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Homeostasis_(Biology))
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Osmoregulation>
- <http://courses.ma.org/classes/oceanography/goconnell/marinelife.html>
- <http://www.biol.pmf.hr/~eko/index.html>
- [www.seasky.org/deep-sea/](http://www.seasky.org/deep-sea/)
- [www.sumedh.info/articles/ocean/deep-sea.ocean](http://www.sumedh.info/articles/ocean/deep-sea.ocean)
- <http://www.pfst.hr/data/materijali/Ekologija%20mora%20-%20Predavanje%206.pdf>
- <http://www.biol.pmf.hr/~vertebra/ZZ/Ekologija%20riba.pdf>
- [http://www.biol.pmf.hr/uploads/media/Biocenoze\\_Jadrana2.pdf](http://www.biol.pmf.hr/uploads/media/Biocenoze_Jadrana2.pdf)
- <http://www.biol.pmf.hr/e-skola/odgovori/odgovor394.htm>
- <http://purpleslinky.com/trivia/science/the-spookiest-deep-sea-marine-animals/>

# 7. Sažetak

More i morske dubine od davnina rasplamsavaju ljudsku maštu i potiču veliku želju za spoznavanjem morskih staništa i organizama koji ih naseljavaju. U 19. stoljeću biolozi su smatrali da je zbog uvjeta tlaka, temperature i količine svjetlosti dubokomorski okoliš bez živog svijeta. Tek krajem 19. st. zahvaljujući Challenger ekspediciji (1872-1876) započinje istraživanje dubokomorskog okoliša. U 20. st. razvoj tehnologije omogućio je istraživanja dubokomorskog okoliša. Zona dubokih voda pokazuje po vrstama i biomasi siromašnu, ali po biološkim osobinama vrlo zanimljivu dubokomorsku faunu. Tisuću metara ispod površine vode tlak je 100 puta veći nego na površini stoga su se životinje, unatoč tome što nama izgledaju bizarno i zastrašujuće, izvrsno prilagodile dubokomorskim uvjetima koji tamo vladaju.

Na temelju ovog seminara i teme koja je vezana uz njega mogu zaključiti da je morsko stanište jedna iznimno bogata zajednica koju čine brojne kako životinjske tako i biljne vrste koje su razvile niz prilagodbi kako bi preživjele, no evolucijski proces razvoja pojedinih vrsta tu ne staje. Dokle god postoji život i živi organizmi, oni će biti podložni evoluciji i primorani na prilagodbe novim uvjetima i staništima.

More skriva još mnoge tajne...Mnogi organizmi su još uvijek neotkriveni, mnoga staništa neistražena i nedostupna ljudskoj ruci. Velike dubine i organizmi, koji ih nastanjuju, te njihove prilagodbe za sada su samo mali otkriveni djelić velikog misterija mračnih dubina, ali nadam se i poticaj za nove istraživačke pothvate kako to duboko tajno plavetnilo koje skriva organizme neobičnih i zanimljivih oblika ne bi zauvijek ostao neistraženi misterij.

## **8. Summary**

Human imagination has always been intrigued with the sea and its mysterious depths and the organisms. In the 19<sup>th</sup> century biologists considered that because of the pressure, temperature and light intensity deep-sea has no life. By the end of the 19<sup>th</sup> century thanks to the Challenger expedition (1872-1876) begins exploration of the deep-sea. In 20<sup>th</sup> century technology development allowed scientists to explore deep-sea. Deep-sea shows low diversity of species and biomass, but its habitants and its biological features are found to be very interesting. Thousand meters below the surface hydrostatic pressure is 100 times bigger so animals, which are indeed bizarre and fearsome looking creatures, are well adjusted to the deep-sea conditions.

On the grounds of this paper and its subject I can conclude that the sea is an extremely rich habitat made of diverse community of flora and fauna which have develop numerous adaptations to survive. Evolutionary process of certain species is still going on. As long as there are life and living organisms they will be subjected to evolution and will be forced to adjust the new conditions and habitants. Never the less there is still a lot of secrets laying beneath the sea surface. A lot of organisms are still unrevealed, a lot of habitats undiscovered and incredible to humans. Great depths and the organisms, with their adaptations, living in them are still a mystery for we have only began to discover that world but those discoveries showed that deep waters are full of secrets and mysteries yet to be discovered.