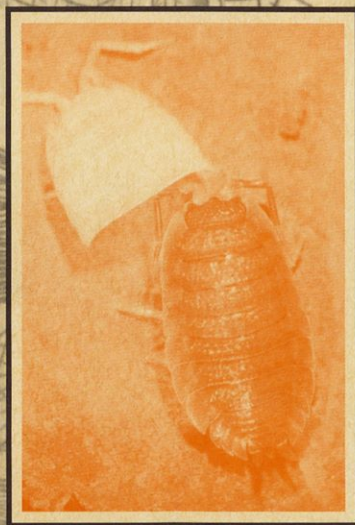


biologija

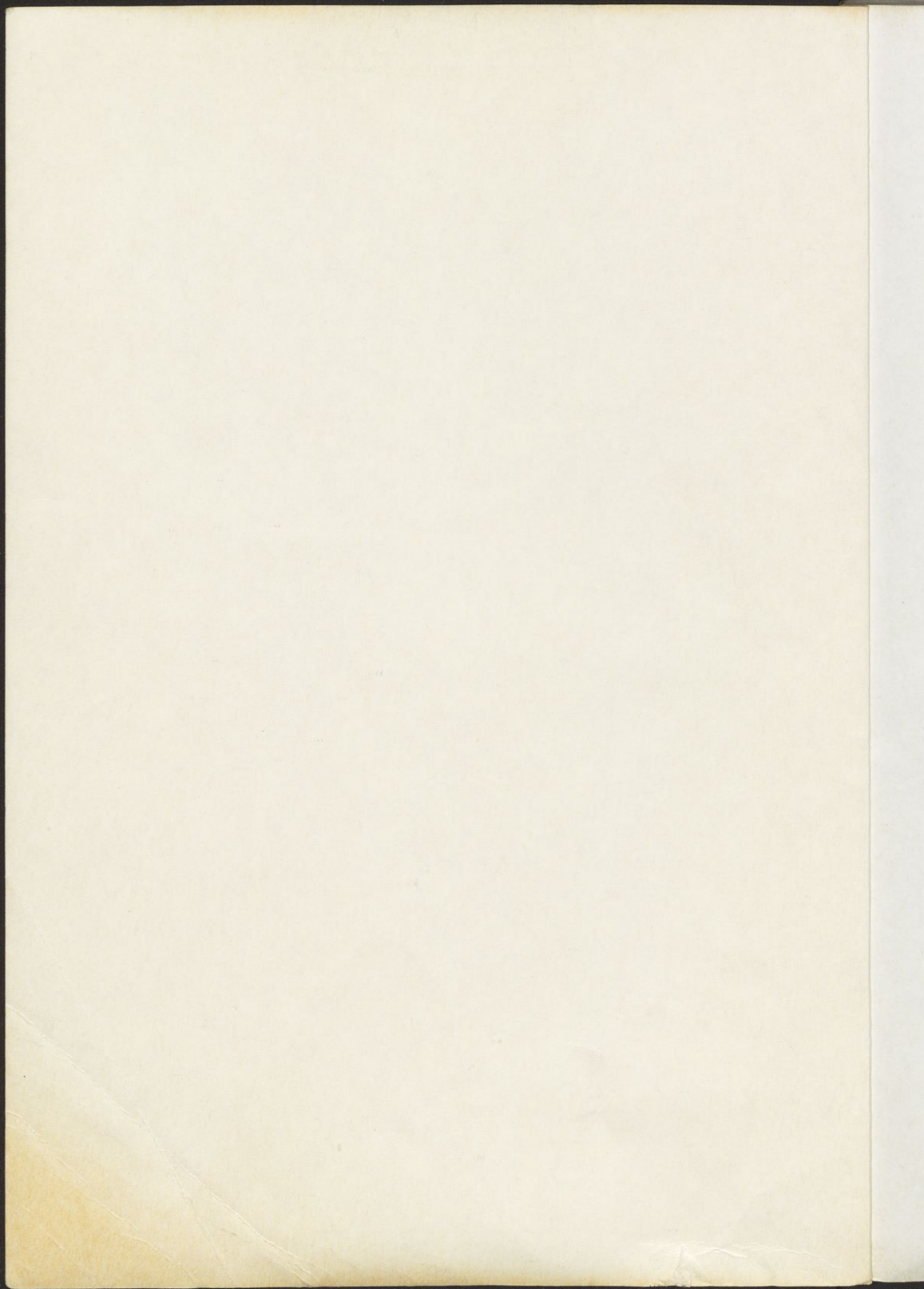
Jasna Štrus  
Damjana Drobne  
Primož Zidar

**NAVODILA ZA  
VAJE IZ  
SPLOŠNE  
ZOOLOGIJE**

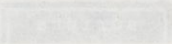
2. del



scripta



Jasna Šušteršič  
Damjana Drobne  
Primož Židar  
NAVODILA ZA  
VAJE IZ  
SPOŠNE  
ZOOLOGIJE



2. letnik  
Pregrada  
živali

Funkcionalna  
morfoloija živali

Razmnoževanje in  
razvoj črva

ŠOU - študentska založba

CIP - Kataložni zapis o publikaciji  
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

591(075.8)(076.5)

ŠTRUS, Jasna

Navodila za vaje iz splošne zoologije / Jasna Štrus. – V Ljubljani :  
ŠOU –Študentska založba, 1996<1999>. – (Zbirka Scripta. Biologija)

Del 2 / Jasna Štrus, Damjana Drobne, Primož Zidar

ISBN 961-6211-63-3 (Del 2)

1. Drobne, Damjana 2. Zidar, Primož
2. 62178816

Knjižna zbirka

scripta

*Glavni in odgovorni urednik:*  
Boštjan Resinovič

*Izdajatelj:*  
ŠOU – Študentska založba  
Beethovnova 9  
1000 Ljubljana  
tel: (061) 210-332  
fax: (061) 222-618

<http://www.knjigarna.uni-lj.si>



*Za založbo:*  
Igor Brlek

*Jezikovni pregled:*  
Petra Tomažin

*Oblikovanje:*  
Klemen Ulčakar

*Recenzenta:*  
prof. dr. Boris Sket  
prof. dr. Pavel Ličar

*Tisk:*  
Littera picta d.o.o.

Ljubljana, 1999

Naklada: 500 izvodov

Ponatis celote ali posameznih delov je dovoljen le s pisnim dovoljenjem založbe.

Po mnenju Ministrstva za šolstvo in šport Republike Slovenije  
št. 415-31/98 z dne 24.11.98 šteje knjiga med proizvode, za katere se plačuje 5%  
prometni davek od prometa proizvodov.

Jasna Štrus  
Damjana Drobne  
Primož Zidar

**NAVODILA ZA  
VAJE IZ  
SPLOŠNE  
ZOOLOGIJE**

**2. del**

Pregled sistema  
živali

Funkcionalna  
morfologija živali

Razmnoževanje in  
razvoj zarodka

+ II 472100

U 472100



30-03-1999

096409991

*Handwritten mark resembling a stylized 'a' or 'w'.*

# Vsebina

Uvod	7
Zahvala	7
Prvo poglavje <b>Pregled poenostavljenega sistema živali</b>	9
Drugo poglavje <b>Funkcionalna morfolologija živali</b>	13
1. Praživali (Protozoa)	13
1.1 Zgradba bičkarjev in migetalkarjev	13
1.2 Prehranjevanje in gibanje ameb	16
1.3 Zgradba in razvojni ciklus gregarin	17
2. Spužve (Spongiaria, Porifera)	19
2.1 Zgradba in organizacijski tipi spužev	19
2.2 Raznolikost in razvrščanje spužev	22
3. Ploski črvi (Plathelminthes)	23
3.1 Telesna zgradba sladkovodnega vrtničarja	24
3.2 Telesna zgradba in analiza hermafroditskega spolnega aparata sesača	25
3.3 Telesna zgradba in razvoj trakulje	27
4. Ožigalkarji (Cnidaria)	29
4.1 Telesna zgradba polipa koralnjakov	30
4.2 Telesna zgradba meduze klobučnjakov	32
4.3 Telesna zgradba polipa trdoživnjakov	33
5. Valjasti črvi (Aschelminthes)	34
5.1 Telesna zgradba in prehranjevanje kotačnikov	34
5.2 Telesna zgradba trebuchodlačnikov	35
5.3 Telesna zgradba gliste	36
6. Mehkužci (Mollusca)	38
6.1 Telesna zgradba hitona	39
6.2 Telesna zgradba polža	39
6.3 Telesna zgradba školjke	40
6.4 Telesna zgradba glavonožca	42
7. Kolobarniki (Annelida)	43
7.1 Telesna zgradba mnogoščetincev	44
7.2 Telesna zgradba maloščetincev	45
7.3 Telesna zgradba in gibanje pijavk	48

8. Členonožci (Arthropoda); raki (Crustacea)	49
8.1 Značilnosti členonožcev	49
8.2 Značilnosti rakov	49
8.3 Raznolikost in razvrščanje rakov	50
9. Členonožci (Arthropoda); pajkovci (Arachnida)	59
9.1 Značilnosti pajkovcev	59
9.1 Raznolikost in razvrščanje pajkovcev	60
10. Členonožci (Arthropoda); stonoge (Myriapoda) in žuželke (Insecta)	64
10.1 Značilnosti stonog	64
10.2 Značilnosti žuželk	66
11. Klasifikacija žuželk	71
11.1 Apterygota	71
11.2 Pterygota	72
12. Maločlenarji (Oligomeria)	77
12.1 Raznolikost in razvrščanje maločlenarjev	77
12.2 Telesna zgradba morskega ježka	80
13. Strunarji (Chordonia)	83
13.1 Telesna zgradba škrgoustke	83
13.2 Plaščarji, sesilni in planktonski strunarji	85
13.3 Osnovne značilnosti vretenčarjev	86
<b>Tretje poglavje</b>	
<b>Razmnoževanje in razvoj</b>	90
1. Zgradba spolnih žlez in nastanek spolnih celic	90
1.1 Spermatogeneza in ovogeneza	90
2. Razmnoževanje in embrionalni razvoj morskega ježka	94
2.1 Potek oploditve pri morskem ježku <i>Paracentrotus lividus</i>	94



## Uvod

Drugi del Navodil za vaje iz splošne zoologije vsebuje poglavja o zgradbi in delovanju živali, razmnoževanju, razvoju in kratek, poenostavljen pregled sistema živali.

Namen vaj je spoznati zgradbo, delovanje in vedenje nekaterih najbolj značilnih organizmov iz različnih sistematskih skupin. Zunanjo zgradbo živali (morfologijo) bomo spoznavali s pregledovanjem fiksiranih primerkov s steromikroskopom, notranjo zgradbo (anatomijo) pa z analizo histoloških preparatov in s sekcijo narkotiziranih in dekapitiranih živali. Z opazovanjem živih živali v laboratoriju in naravi bomo spoznavali njeno delovanje in ugotavljali odzive na različne spremembe v okolju.

Vsaka vaja je zasnovana tako, da daje možnosti za individualno in skupinsko delo. Uspešnost vaje zavisi od posameznika, njegove motiviranosti, zvedavosti, samoiniciativnosti in natančnosti pri delu. Uspeh bo dosežen le, če se bo vsak zavedal, da je raziskovanje pot do znanja in da znanstvena metoda ni nič drugega kot urjena in organizirana zdrava pamet!

## Zahvala

Hvala vsem **študentom**, ki so s svojo vedoželjnostjo prispevali k zasnovi in izvedbi tega dela, **sodelavcem katedre za zoologijo**, ki so delo podprli s konstruktivnimi predlogi in seveda našim učiteljem, predvsem profesorjema zoologije **Janezu Matjašiču in Pavlu Ličarju**, ki sta nas kot bruce popeljala v bogat in zanimiv svet živali.

Ljubljana, oktober 1998

Avtorji



# Pregled poenostavljenega sistema živali

regnum ANIMALIA (kraljestvo ŽIVALI)

phylum: PROTOZOA

**subphylum: Flagellata**

**subphylum: Rhizopoda**

**subphylum: Sporozoa**

**subphylum: Ciliata**

phylum: PORIFERA

classis: Calcarea

classis: Hexactinellida

classis: Demospongiae

phylum: AMERIA

**subphylum: Plathelminthes**

classis: Turbellaria

classis: Trematoda

classis: Cestoda

**subphylum: Cnidaria**

classis: Anthozoa

classis: Scyphozoa

classis: Hydrozoa

**subphylum: Aschelminthes**

classis: Gastrotricha

classis: Rotatoria

classis: Nematoda

classis: Nematomorpha

classis: Acantocephala

**subphylum: Nemertina**

**subphylum: Mollusca**

classis: Polyplacophora

classis: Gastropoda

classis: Bivalvia

classis: Cephalopoda

deblo: PRAŽIVALI

**poddeblo: bičkarji**

**poddeblo: korenonožci**

**poddeblo: trosovci**

**poddeblo: migetalkarji**

deblo: SPUŽVE

razred: apnenjače

razred: steklenjače

razred: kremenjače

deblo: NEČLENARJI

**poddeblo: ploskavci**

razred: vrtničarji

razred: sesači

razred: trakulje

**poddeblo: ožigalkarji**

razred: koralnjaki

razred: klobučnjaki

razred: trdoživnjaki

**poddeblo: valjevci**

razred: trebuhodlačniki

razred: kotačniki

razred: gliste

razred: žive niti

razred: ježerilci

**poddeblo: nitkarji**

**poddeblo: mehkužci**

razred: hitoni

razred: polži

razred: školjke

razred: glavonožci

phylum: POLYMERIA

**subphylum: Annelida**

classis: Polychaeta

classis: Clitellata

    subclassis: Oligochaeta

    subclassis: Hirudinea

classis: Echiurida

**subphylum: Arthropoda**

classis: Merostomata

classis: Arachnida

    ordo: Scorpiones

    ordo: Araneae

    ordo: Opiliones

    ordo: Acarina

classis: Crustacea

    subclassis: Phyllopoda

    subclassis: Ostracoda

    subclassis: Copepoda

    subclassis: Cirripedia

    subclassis: Malacostraca

        ordo: Decapoda

        ordo: Isopoda

        ordo: Amphipoda

classis: Myriapoda

    subclassis: Chilopoda

    subclassis: Diplopoda

classis: Insecta

    subclassis: Collembola

    subclassis: Thysanura

    subclassis: Pterygota

        ordo: Ephemeroptera

        ordo: Plecoptera

        ordo: Odonata

        ordo: Saltatoria

        ordo: Phasmida

        ordo: Dermaptera

        ordo: Blattaria

        ordo: Mantodea

        ordo: Isoptera

        ordo: Phthiraptera

        ordo: Heteroptera

        ordo: Homoptera

        ordo: Hymenoptera

        ordo: Coleoptera

        ordo: Neuroptera s.s.

        ordo: Lepidoptera

        ordo: Trichoptera

        ordo: Diptera

        ordo: Siphonaptera

deblo: MNOGOČLENARJI

**poddeblo: kolobarniki**

razred: mnogoščetinci

razred: sedlarji

    podrazred: maloščetinci

    podrazred: pijavke

razred: zvezdaši

**poddeblo: členonožci**

razred: praskrluparji

razred: pajkovi

    red: ščipalci

    red: pajki

    red: suhe južine

    red: pršice

razred: raki

    podrazred: listonožci

    podrazred: dvoklopniki

    podrazred: ceponožci

    podrazred: vitičnjaki

    podrazred: višji raki

        red: deseteronožci

        red: enakonožci

        red: postranice

razred: stonoge

    podrazred: strige

    podrazred: dvojnoge

razred: žuželke

    podrazred: skakači

    podrazred: šoporepke

    podrazred: krilate žuželke

        red: enodnevnice

        red: vrbnice

        red: kačji pastirji

        red: kobilice

        red: paličnjaki

        red: strigalice

        red: ščurki

        red: bogomolke

        red: termiti

        red: uši

        red: stenice

        red: enakokrilci

        red: kožokrilci

        red: hrošči

        red: mrežekrilci

        red: metulji

        red: mladoletnice

        red: dvokrilci

        red: bolhe

phylum: OLIGOMERIA  
classis: Chaetognatha  
classis: Bryozoa  
classis: Echinodermata  
    ordo: Crinoidea  
    ordo: Asteroidea  
    ordo: Ophiuroidea  
    ordo: Echinoidea  
    ordo: Holothuroidea

deblo: MALOČLENARJI  
razred: ščetinočeljustnice  
razred: mahovnjaki  
razred: iglokožci  
    red: morske lilije  
    red: morske zvezde  
    red: kačjerepi  
    red: morski ježki  
    red: brizgači

phylum: CHORDONIA  
**subphylum: Tunicata**  
classis: Copelata  
classis: Ascidiacea  
classis: Thaliacea

deblo: STRUNARJI  
**poddeblo: plaščarji**  
razred: repati plaščarji  
razred: kozolnjaki  
razred: salpe

**subphylum: Acrania**

**poddeblo: brezglavci**

**subphylum: Vertebrata**  
classis: Cyclostomata  
classis: Chondrichthyes  
classis: Osteichthyes  
classis: Amphibia  
classis: Reptilia  
classis: Aves  
classis: Mammalia

**poddeblo vretenčarji**  
razred: obloustke  
razred: hrustančnice  
razred: kostnice  
razred: dvoživke  
razred: plazilci  
razred: ptiči  
razred: sesalci



# Funkcionalna morfologija živali

## 1. Praživali (protozoa)

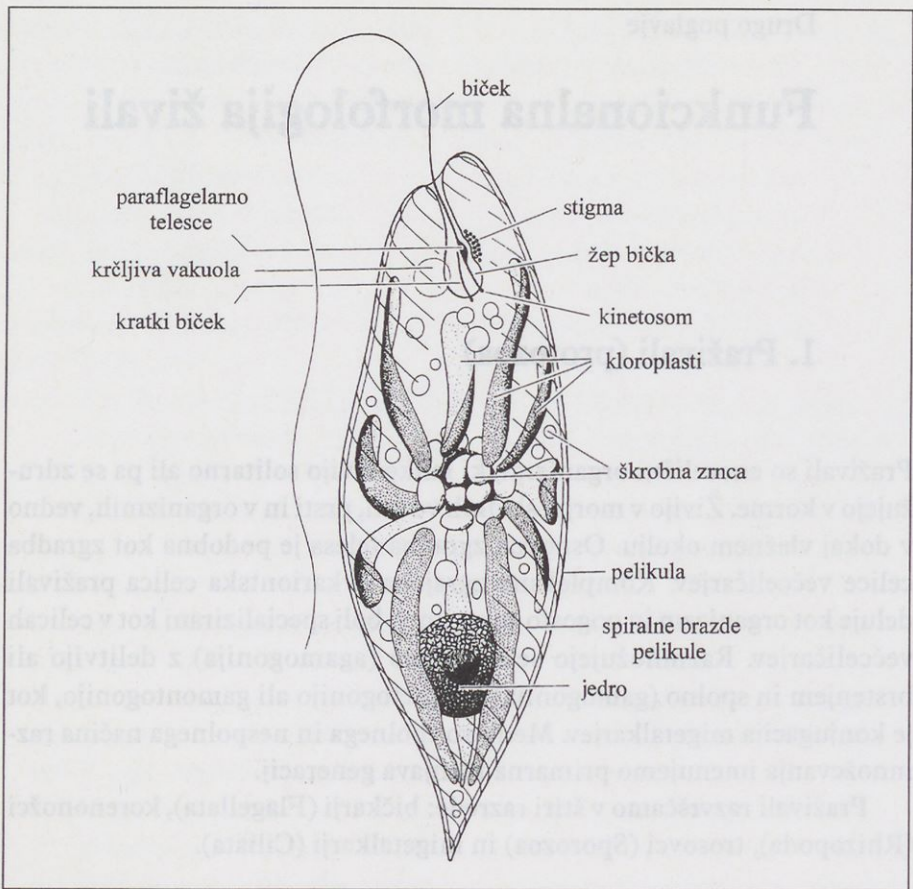
Praživali so enocelični organizmi, ki lahko živijo solitarno ali pa se združujejo v korme. Živijo v morju, sladkih vodah, prsti in v organizmih, vedno v dokaj vlažnem okolju. Osnovna zgradba telesa je podobna kot zgradba celice večceličarjev. Kompleksno zgrajena evkariontska celica praživali deluje kot organizem in pogosto so organeli bolj specializirani kot v celicah večceličarjev. Razmnožujejo se nespolno (agamogonija) z delitvijo ali brstenjem in spolno (gamogonija) z gametogonijo ali gamontogonijo, kot je konjugacija migetalkarjev. Menjavo spolnega in nespolnega načina razmnoževanja imenujemo primarna menjava generacij.

Praživali razvrščamo v štiri razrede: bičkarji (Flagellata), korenonožci (Rhizopoda), trosovci (Sporozoa) in migetalkarji (Ciliata).

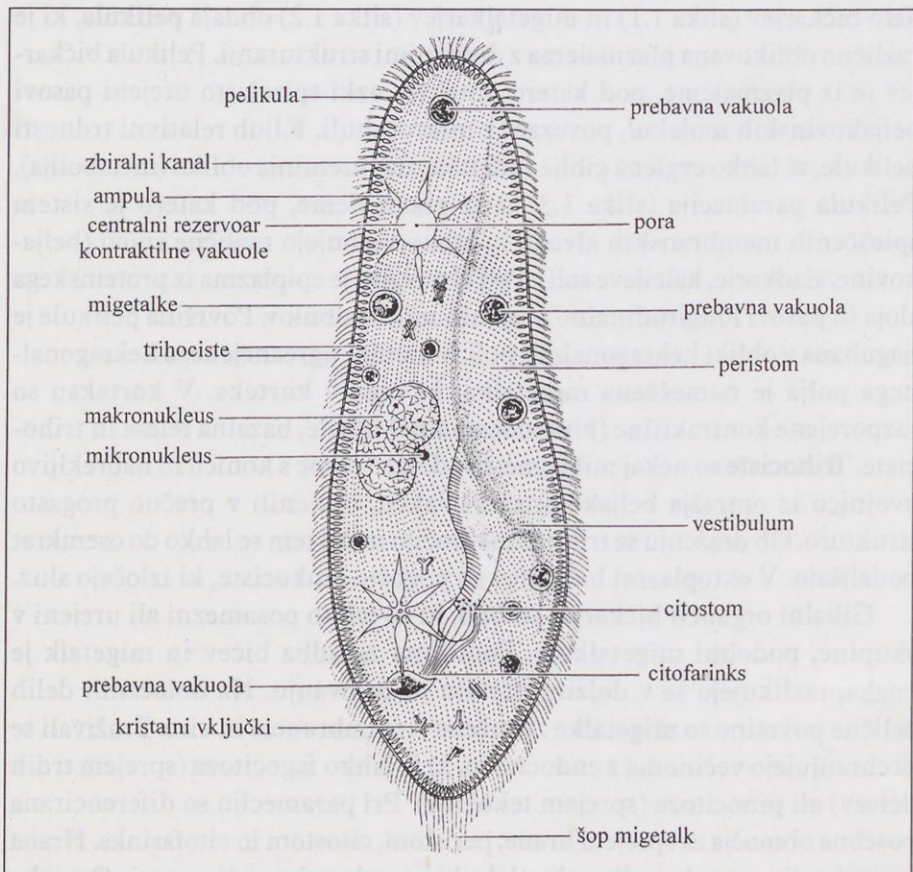
### 1.1 Zgradba bičkarjev in migetalkarjev

Telo bičkarjev (slika 1.1) in migetalkarjev (slika 1.2) obdaja **pelikula**, ki je različno oblikovana plazmalema z dodatnimi strukturami. Pelikula bičkarjev je iz plazmaleme, pod katero potekajo ozki spiralasto urejeni pasovi beljakovinskih molekul, povezani z mikrotubuli. Kljub relativni trdnosti pelikule, se lahko evglena giblje tudi tako, da spreminja obliko (metabolija). Pelikula paramecija (slika 1.3) je iz plazmaleme, pod katero je sistem sploščenih membranskih alveol, ki lahko vsebujejo različne snovi (beljakovine, sladkorje, kalcijeve soli). Pod alveolami je epiplazma iz proteinskega sloja in pasovi longitudinalno urejenih mikrotubulov. Površina pelikule je nagubana v obliki heksagonalnih polj. V sredini ugrezjenega heksagonalnega polja je nameščena migetalka, ki sega v korteks. V korteksu so razporejene kontraktilne (kinetodezmalne) fibrile, bazalna telesa in trihociste. **Trihociste** so nekaj mikrometrov dolge tvorbe s konico in nabreklijo ovojnico iz omrežja beljakovinskih vlaken, urejenih v prečno progasto strukturo. Ob draženju se trihociste sprožijo in pri tem se lahko do osemkrat podaljšajo. V ektoplazmi bičkarjev so pogoste mukociste, ki izločajo sluz.

Gibalni organeli bičkarjev so **biči**, ki so lahko posamezni ali urejeni v skupine, podobni migetalkam. Podrobna zgradba bičev in migetalk je enaka, razlikujejo se v dolžini, številu in delovanju. Na določenih delih celične površine so **migetalkke** združene v membranele in cire. Praživali se prehranjujejo večinoma z endocitozo, ki je lahko fagocitoza (sprejem trdih delcev) ali pinocitoza (sprejem tekočine). Pri parameciju so diferencirana posebna območja za sprejem hrane, peristom, citostom in citofarinks. Hrana se prebavlja v **prebavnih vakuolah**, ki so sekundarni lizosomi. Ostanke hrane odstranijo z eksocitozo, ki lahko poteka skozi določeno mesto na

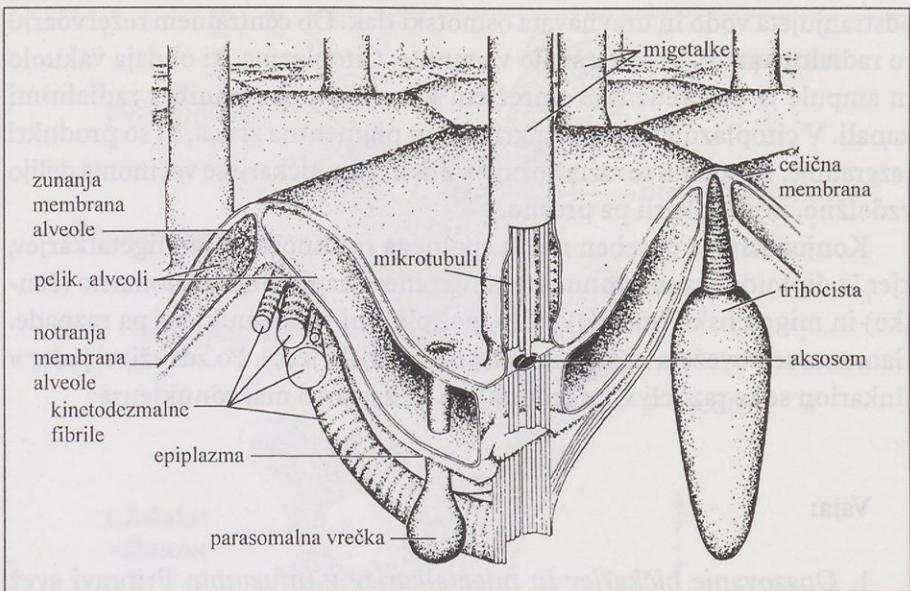


SLIKA 1.1: *Euglena viridis*. Povečava 1000x.



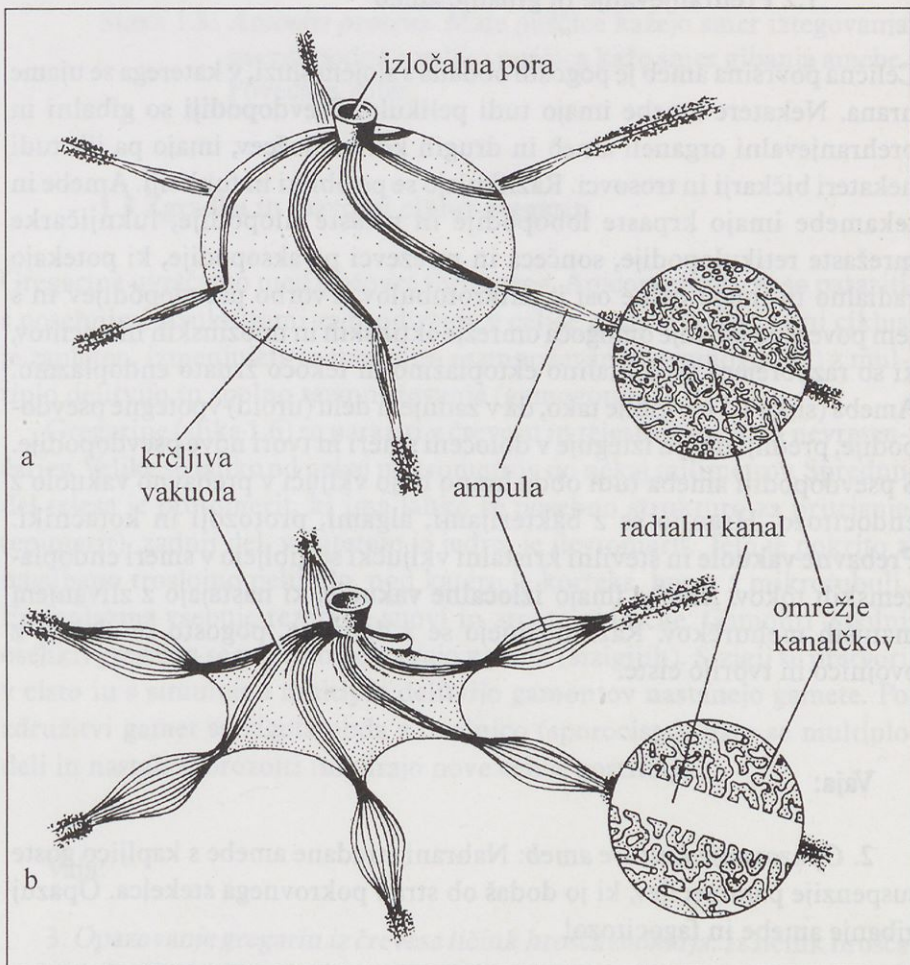
SLIKA 1.2: *Paramecium caudatum*. Povečava 500x.





SLIKA 1.3: Podrobna zgradba pelikule ali korteksa migetalkarja iz rodu *Paramecium*.

površini, ki ga imenujemo citopige. **Izločalne vakuole** so razvite pri mnogih bičkarjih, skoraj pri vseh sladkovodnih in pri nekaterih morskih migetalkarjih. Krčljivi vakuoli paramecija (slika 1.4) sta kompleksni strukturi, ki



SLIKA 1.4: Podrobna zgradba krčljive vakuole migetalkarja iz rodu *Paramecium*: a-diaštola, b-sistola (kontraktcija).

odstranjujeta vodo in uravnavata osmotski tlak. Ob centralnem rezervoarju so radialni kanali, ki se razširijo v ampule. Citoplazma, ki obdaja vakuolo in ampule je preprejena z omrežjem kanalčkov, povezanih z radialnimi kanali. V citoplazmi so pogosti kristali in pigmentna zrnca, ki so produkti razgradnje. Nespolno se razmnožujejo z delitvijo, bičkarji se večinoma delijo vzdolžno, migetalkarji pa prečno.

**Konjugacija** je poseben način spolnega razmnoževanja migetalkarjev, kjer iz diploidnega mikronukleusa nastaneta haploidno stacionarno (žensko) in migracijsko (moško) jedro, poliploidni makronukleus pa razpade. Gamonta se povežeta in si izmenjata migracijski jedri. Po združitvi jeder v sinkarion se ta razdeli v mikronukleus in zasnovo makronukleusa.

### Vaja:

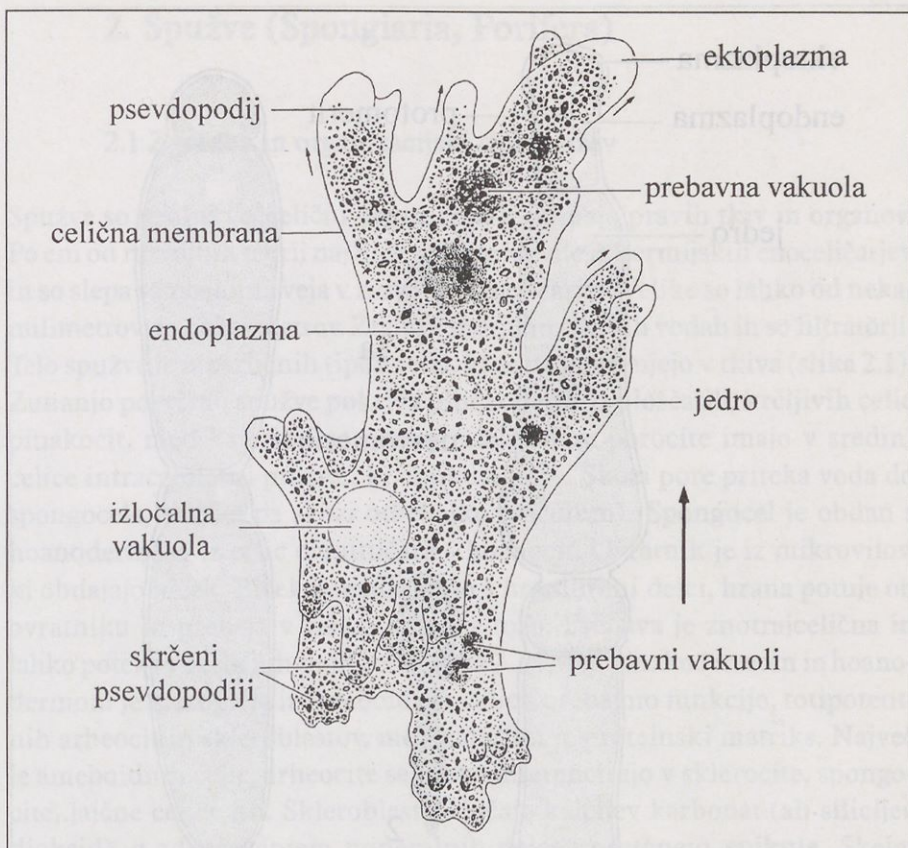
1. *Opazovanje bičkarjev in migetalkarjev v infuzumu*: Pripravi svež preparat kulture bičkarjev in migetalkarjev. Na objektno stekelce nanesi viskozno snov (viscotran) v obliki kroga in v sredino kani kapljico iz kulture. Pokrij s pokrovnim steklom. Opazuj gibanje paramecija z mikroskopom v presevani svetlobi in v temnem polju! Primerjaj zgradbo evglene in paramecija!

### 1.2 Prehranjevanje in gibanje ameb

Celična površina ameb je pogosto obdana s slojem sluzi, v katerega se ujame hrana. Nekatere amebe imajo tudi pelikulo. **Pseudopodiji** so gibalni in prehranjevalni organi ameb in drugih korenonožcev, imajo pa jih tudi nekateri bičkarji in trosovci. Razlikujejo se po obliki in funkciji. Amebe in tekamebe imajo krpaste lobopodije in nitaste filopodije, luknjičarke mrežaste retikulopodije, sončeca in mreževci pa aksopodije, ki potekajo radialno in imajo trdne osi iz mikrotubulov. Tvorbo pseudopodijev in s tem povezano gibanje omogoča omrežje aktinskih in miozinskih filamentov, ki so razporejeni med hialino ektoplazmo in tekočo zrnato endoplazmo. Ameba (slika 1.5) se giblje tako, da v zadnjem delu (uroid) vpotegne pseudopodije, prednji del pa izteguje v določeni smeri in tvori nove pseudopodije. S pseudopodiji ameba tudi obda hrano in jo vključi v prebavno vakuolo z endocitozo. Hranijo se z bakterijami, algami, protozoji in kotačniki. **Prebavne vakuole** in številni kristalni vključki se gibljejo v smeri endoplazemskih tokov. Amebe imajo **izločalne vakuole**, ki nastajajo z zlivanjem manjših mehurčkov. Razmnožujejo se z delitvijo, pogosto se obdajo z ovojnico in tvorijo ciste.

### Vaja:

2. *Opazovanje kulture ameb*: Nahrani stradane amebe s kapljico goste suspenzije paramecijev, ki jo dodaš ob stran pokrovnega stekelca. Opazuj gibanje amebe in fagocitozo!



SLIKA 1.5: *Amoeba proteus*. Male puščice kažejo smer iztegovanja psevdopodijev, velika puščica kaže smer gibanja amebe. Povečava 350x.

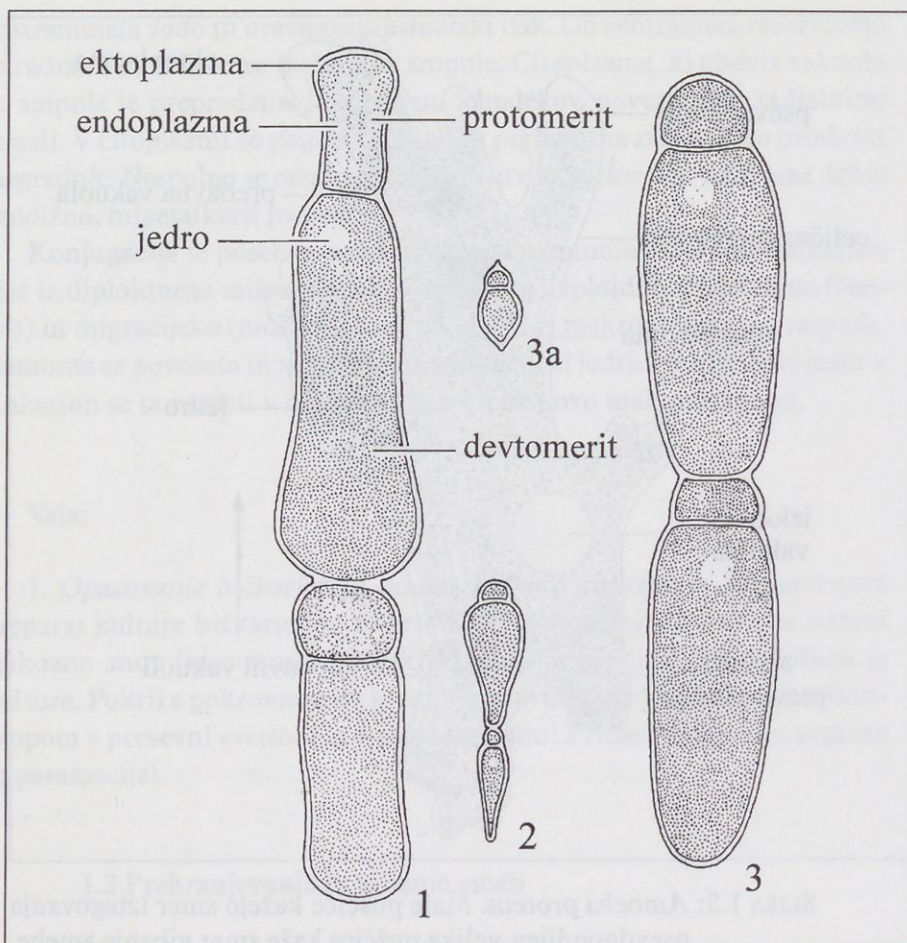
### 1.3 Zgradba in razvojni cikel gregarin

Gregarine uvrščamo med trosovce (Sporozoa, Apicomplexa), ki so paraziti s posebnimi strukturami za prodiranje v celice gostitelja. Razvojni cikel je zapleten, izmenjujeta se nespolno razmnoževanje (agamogonija) z multiplo delitvijo in spolno razmnoževanje (gamogonija).

Gregarine (slika 1.6) so paraziti v črevesu in telesnih votlinah nevretenčarjev. Velike so lahko od nekaj mikrometrov do nekaj milimetrov. Sprednji del telesa je protomerit, ki ima lahko še posebno strukturo za pritrjanje (epimerit), zadnji del, v katerem je jedro, je devtomerit. Telo je pokrito z nagubano troslojno pelikulo, pod katero je korteks, bogat z mikrotubuli. Endoplazma vsebuje rezervne snovi in zrnate vključke. Gamonti (spolni osebki) gregarin se pogosto pojavljajo v parih (sizigijih). Sizigij se pretvori v cisto in s simultano multiplo delitvijo gamontov nastanejo gamete. Po združitvi gamet se zigota obda z ovojnico (sporocista), nato se multiplo deli in nastali sporozoiti inficirajo nove celice gostitelja.

#### Vaja:

3. *Opazovanje gregarin iz črevesa ličink hrošča mokarja*: Iz ličink hrošča mokarja izoliraj črevo, ga položi na objektno steklo, dodaj kapljico vode in pokrij s krovnim stekelcem. Z rahlim pritiskanjem na krovno stekelce zmečkaj (zmaceriraj) črevo. Opazuj z mikroskopom pod veliko povečavo!



SLIKA 1.6: Gregarine iz črevesa ličink hrošča mokařja (*Tenebrio molitor*): 1-*Gregarina cuneata*, 2-*Gregarina steini*, 3-*Gregarina plymorpha*, 3a-mlad osebek. Povečava 200x.

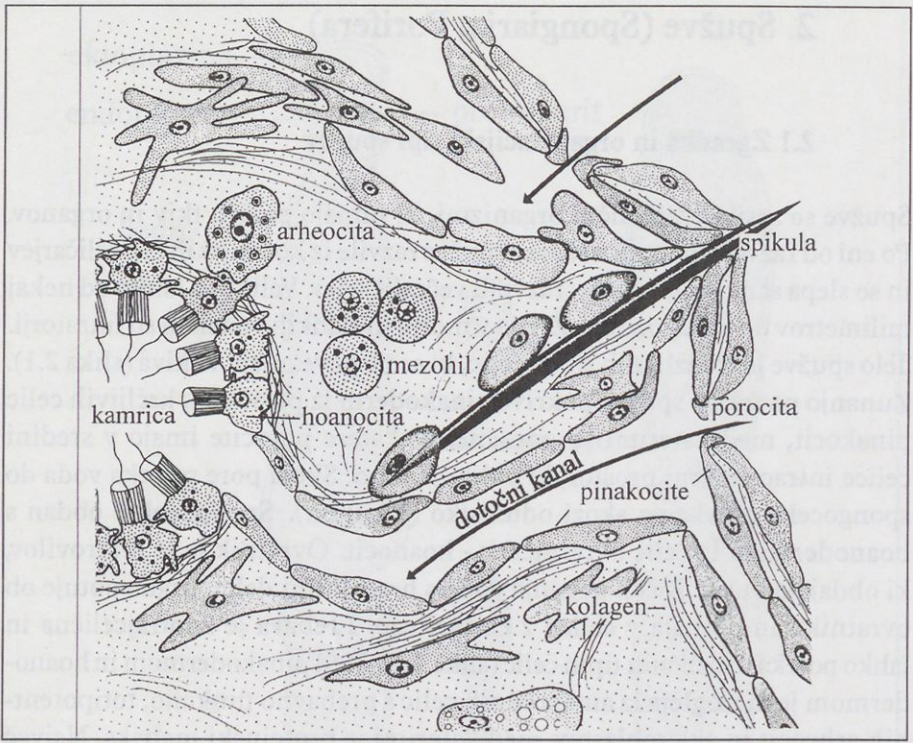
## 2. Spužve (Spongiaria, Porifera)

### 2.1 Zgradba in organizacijski tipi spužev

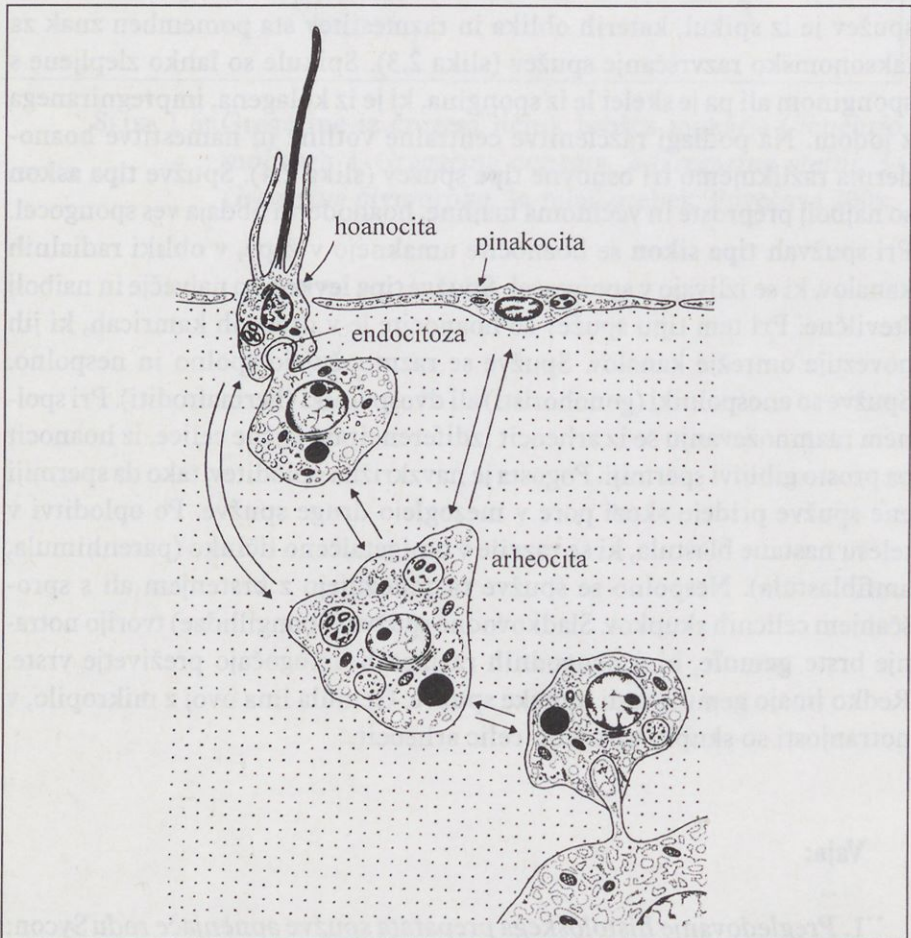
Spužve so sesilni večcelični organizmi, ki nimajo pravih tkiv in organov. Po eni od razvojnih teorij naj bi se spužve razvile iz kormijskih enoceličarjev in so slepa samostojna veja v razvoju večceličarjev. Velike so lahko od nekaj milimetrov do nekaj metrov. Živijo v morju in sladkih vodah in so filtratorji. Telo spužve je iz različnih tipov celic, ki se ne povezujejo v tkiva (slika 2.1). Zunanjo površino spužve pokriva **pinakoderm** iz ploščatih, krčljivih celic pinakocit, med katerimi so porocite. Nekatere porocite imajo v sredini celice intracelularni prostor, ki oblikuje poro. Skozi pore priteka voda do spongocela, odteka pa skozi odtekalko (osculum). **Spongocel** je obdan s **hoanodermom** iz celic ovratničark - hoanocit. Ovratnik je iz mikrovilov, ki obdajajo biček. Biček poganja vodo s hranilnimi delci, hrana potuje ob ovratniku in prehaja v celico z endocitozo. Prebava je znotrajcelična in lahko poteka v različnih tipih celic (slika 2.2). Med pinakodermom in hoanodermom je **mezogleja** iz ameboidnih celic s prebavno funkcijo, totipotentnih arheocit in skleroblastov, med katerimi je proteinski matriks. Največ je ameboidnih celic, arheocite se lahko diferencirajo v sklerocite, spongocite, jajčne celice itn. Skleroblasti izločajo kalcijev karbonat (ali silicijev dioksid), z združevanjem mineralnih delcev nastanejo **spikule**. Skelet spužev je iz spikul, katerih oblika in razmestitev sta pomemben znak za taksonomsko razvrščanje spužev (slika 2.3). Spikule so lahko zlepljene s sponginom ali pa je skelet le iz spongina, ki je iz kolagena, impregniranega z jodom. Na podlagi razčlenitve centralne votline in namestitve hoanoderma razlikujemo tri osnovne tipe spužev (slika 2.4). Spužve **tipa askon** so najbolj preproste in večinoma majhne, hoanoderm obdaja ves spongocel. Pri spužvah **tipa sikon** se hoanocite umaknejo v žepe, v obliki radialnih kanalov, ki se izlivajo v spongocel. Spužve **tipa levkon** so največje in najbolj številčne. Pri tem tipu spužev so hoanocite le v drobnih kamricah, ki jih povezuje omrežje kanalov. Spužve se razmnožujejo spolno in nespolno. Spužve so enospolniki (gonohoristi) ali dvospolniki (hermafroditi). Pri spolnem razmnoževanju se iz arheocit izdiferencirajo jajčne celice, iz hoanocit pa prosto gibljivi spermiji. Pogosta je navzkrižna oploditev, tako da spermiji ene spužve pridejo skozi pore v mezoglejo druge spužve. Po oploditvi v telesu nastane blastula, ki se razvije v omigetalčno ličinko (parenhimula, amfiblastula). Nespolno se spužve razmnožujejo z brstenjem ali s sproščanjem celičnih skupkov. Sladkovodne spužve (Spongillidae) tvorijo notranje brste **gemule**, ki v neugodnih razmerah omogočajo preživetje vrste. Redko imajo gemule tudi morske spužve. Gemula ima ovoj z mikropilo, v notranjosti so skupki zarodnih celic arheocit.

#### Vaja:

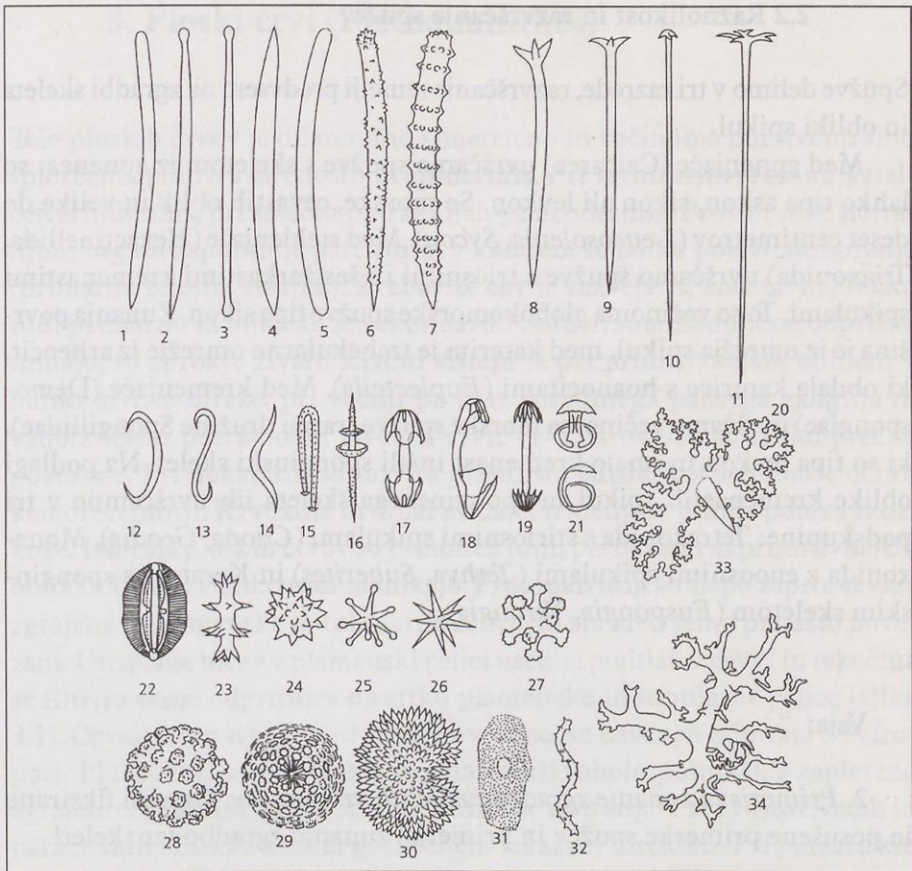
1. *Pregledovanje histološkega preparata spužve apnenjače rodu Sycon:* Preglej histološki preparat spužve tipa sikon in opiši zgradbo pinakoderma, mezogleje in hoanoderma. S stereomikroskopom si oglej košček spužve tipa levkon in opiši zgradbo.



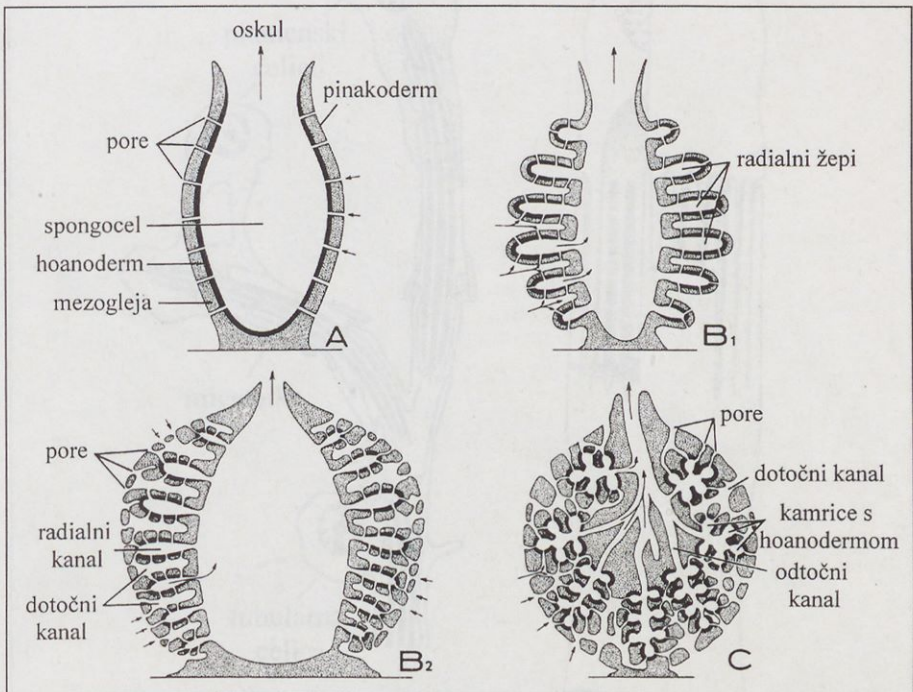
SLIKA 2.1: Tipi celic v telesu spužve. Puščice kažejo smer vodnega toka.



SLIKA 2.2: Sprejem hrane. Znotrajcelična prebava, celični transport in endocitoza hranilnih delcev skozi mezoglejo. Puščice kažejo pot raztopljenih hrane in delcev.



SLIKA 2.3: Tipi kremenastih spikul pri spužvah (Demospongia). 1-7 enoosne spikule (0.1-0.3mm), 8-11 štirisosne spikule (0.5-1mm), 12-32 mikrosklere (0.01-0.05 mm), 33,34 megaskleri (0.15-0.3 mm).



SLIKA 2.4: Shematski sagitalni rez skozi spužve tipa askon (A), sikon (B) in levkon (C). Pinakoderm je označen s tanko črno črto, mezogleja je točkasta, hoanoderm je poudarjen z debelo črno črto. Puščice kažejo smer vodnega toka.

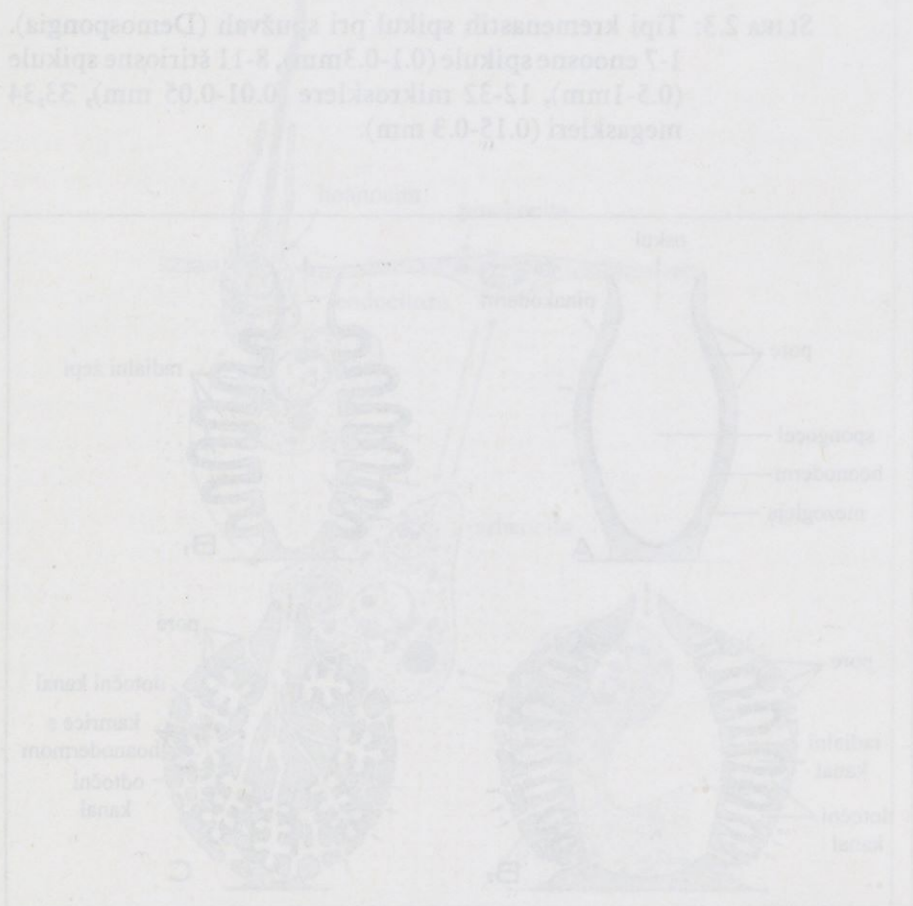
## 2.2 Raznolikost in razvrščanje spužev

Spužve delimo v tri razrede, razvrščanje temelji predvsem na zgradbi skeleta in obliki spikul.

Med apnenjače (Calcarea) uvrščamo spužve s skeletom iz apnenca; so lahko tipa askon, sikon ali levkon. So morske, cevastih oblik in velike do deset centimetrov (*Leucosolenia*, *Sycon*). Med steklenjače (Hexactinellida, Triaxonida) uvrščamo spužve s triosnimi in šestžarkastimi kremenastimi spikulami. To so večinoma globokomorske spužve tipa sikon. Zunanja površina je iz omrežja spikul, med katerim je trabekularno omrežje iz arheocit, ki obdaja kamrice s hoanocitami (*Euplectella*). Med kremenjače (Demospongiae) uvrščamo večinoma morske spužve (razen družine Spongillidae), ki so tipa levkon in imajo kremenast in/ali sponginski skelet. Na podlagi oblike kremenastih spikul in sponginskega skeleta jih uvrščamo v tri podskupine: Tetraxonida s štiriosnimi spikulami (*Cliona*, *Geodia*), Monaxonida z enoosnimi spikulami (*Tethya*, *Suberites*) in Keratosa s sponginskim skeletom (*Euspongia*, *Verongia*).

### Vaja:

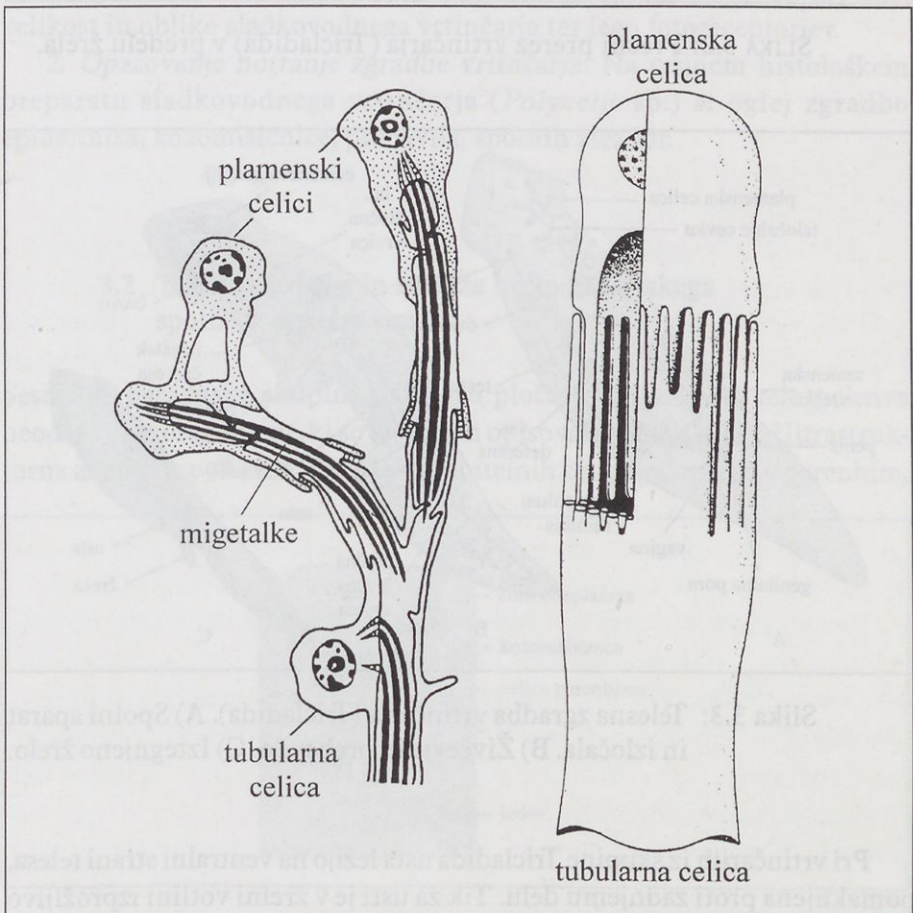
2. Primerjava zunanje zgradbe različnih vrst spužev: Oglej si fiksirane in posušene primerke spužev in primerjaj zunanjo zgradbo ter skelet!





### 3. Ploski črvi (Plathelminthes)

**Telo** ploskih črvov je bilateralno simetrično in večinoma dorziventralno sploščeno, pokriva ga enoslojni **epidermis**. Pri vrtničarjih je to omigetalčen arhidermis, pri sesačih in trakuljah pa neodermis. Prostor med notranjimi organi zapolnjuje parenhim, v katerem se lahko pojavljajo špranje (primarna telesna votlina). **Prebavna cev** je razvejana, enostavna, lahko tudi primarno manjka ali je sekundarno reducirana. Zadnjične odprtine nimajo, so aprokte živali. **Živčni sistem** je pri primitivnejših oblikah v obliki živčne mreže, pri večini pa je iz sprednjega parnega ganglija in vzdolž telesa potekajočih živčnih vrvic (1-5 parov), ki so lahko prečno povezane. Pri nekaterih so razvita preprosta **čutila**, kot so čašaste oči in kemoreceptorji. **Krvožilja** in **dihal** nimajo, izmenjava plinov poteka skozi kožo. **Izločala** ploskih črvov so protonefridiji, pri nekaterih primitivnejših oblikah izločala lahko tudi manjkajo. **Protonefridiji** so slepo zaprte cevke, zgrajene iz plamenske in tubularne celice, ki sta med seboj prstasto povezani. Utripanje bičev v plamenski celici ustvaja podtlak v cevki in tekočina se filtrira skozi odprtine na stiku plamenske in tubularne celice (slika 3.1). Cevke, ki so lahko med seboj povezane, se navzven odpirajo z nefropori. Ploski črvi so praviloma hermafroditi (obojespolniki), z zapleteno zgrajenim **spolnim aparatom**. Oploditev je notranja. Pri prostoživečih in parazitskih oblikah z enim gostiteljem je **razvoj** direkten. Pri parazitskih skupinah z zapletenim razvojnim krogom in menjavo gostiteljev pa razvoj poteka preko številnih larvalnih stadijev.

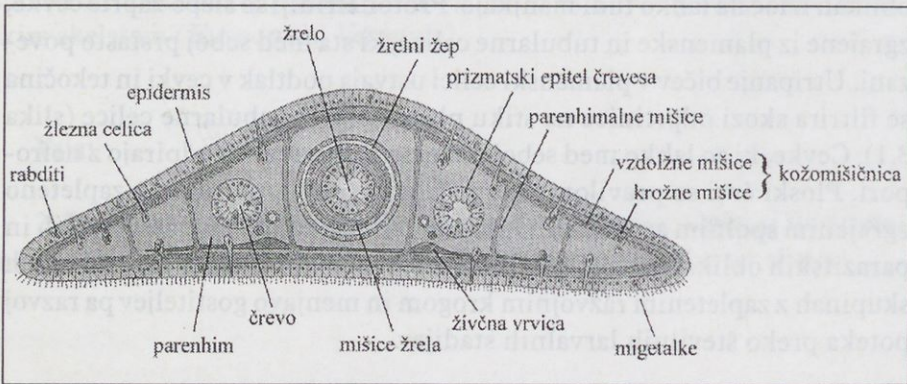


SLIKA 3.1: Zgradba protonefridija.

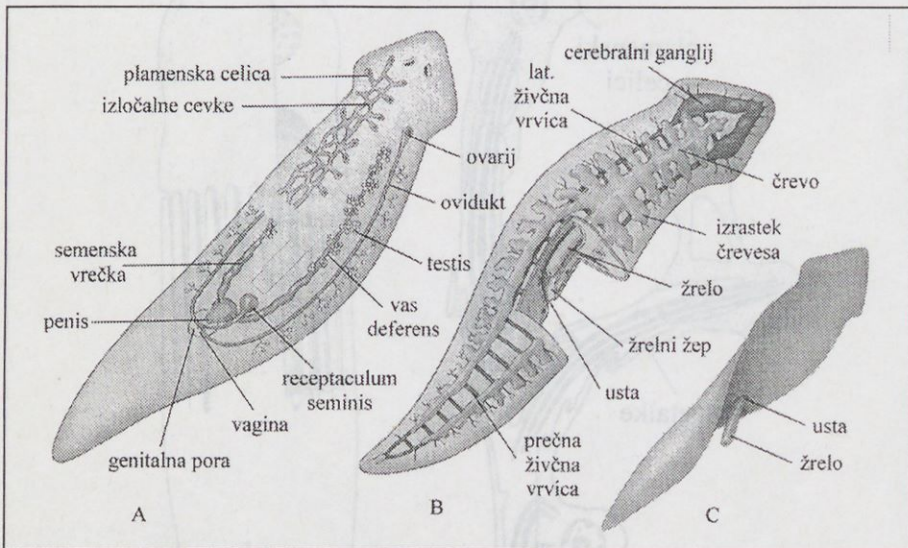
### 3.1 Telesna zgradba sladkovodnega vrtničarja

Vrtničarji so pretežno prostoživeče živali, veliki od nekaj milimetrov do 50 cm. So morski, sladkovodni in kopenski organizmi, nekaj je tudi parazit-skih. Pri vajah bomo spoznali planarije, sladkovodne vrtničarje iz skupine Tricladida.

V epidermisu vrtničarjev so številne enocelične mukozne žleze in strelne paličice (rabditi) (slika 3.2). Iztreljeni rabditi v vodi nabreknejo in tvorijo zaščitni ovoj okoli telesa. Pod enoslojnim epidermisom, ki je vsaj na ventralni strani omigetalčen, je kožomišičnica iz krožnih in vzdolžnih mišic. V parenhimu so tudi številne t.i. parenhimalne mišice, od katerih prevladujejo dorzoventralne. Manjši vrtničarji (do 2 mm) se premikajo predvsem z drsenjem po sluzni sledi s pomočjo epidermalnih cilij, večji z ritmičnim krčenjem subepidermalnih mišic od glave proti zadnjemu delu telesa, podobno kakor polži.



SLIKA 3.2: Prečni prerez vrtničarja (Tricladida) v predelu žrela.



Slika 3.3: Telesna zgradba vrtničarja (Tricladida). A) Spolni aparat in izločala. B) Živčevje in prebavilo. C) Iztegnjeno žrelo.

Pri vrtničarjih iz skupine Tricladida usta ležijo na ventralni strani telesa, pomaknjena proti zadnjemu delu. Tik za usti je v žrelni votlini izprožljivo mišičasto žrelo, ki se nadaljuje v trovejnato črevo s številnimi stranskimi izrastki (divertikli) (sliki 3.2 in 3.3). Ena veja sega od žrela proti glavi, dve

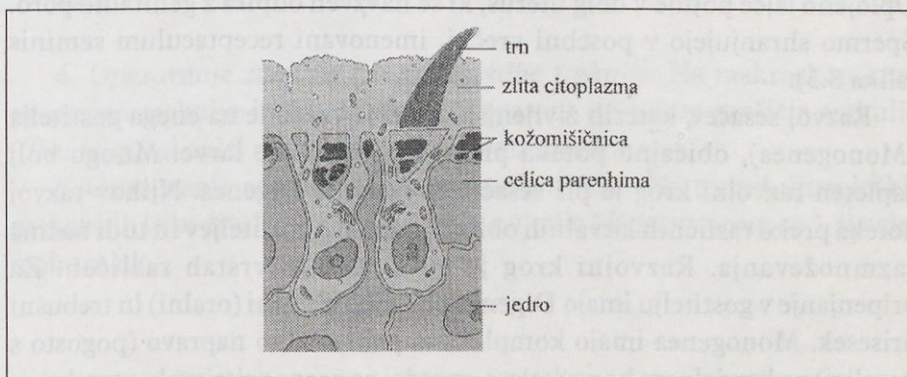
pa bočno nazaj. Celotno prebavno cev pokriva enoslojni prizmatski epitel. Pri primitivnejših acelnih vrtinčarjih (Acoela) črevo ni razvito. Pri vrtinčarjih skupine Polycladida se žrelo nadaljuje v črevo s številnimi stranskimi vejami. Sladkovodni vrtinčarji (Tricladida) so pretežno karnivori, ki se hranijo z manjšimi rakci, črvi, ličinkami žuželk ipd. Žrtev ujamejo v mukozne izločke (produkti žlez in rabditov), jo ovijejo, izprožijo žrelo ter jo izsesajo ali trgajo po koščkih. Prebavljena hrana se absorbira skozi črevesno steno, neprebavljeni ostanki pa iztrebijo skozi usta. Vzdolž obeh strani telesa potekajo mrežasto povezani protonefridiji, ki se navzven lahko odpirajo s številnimi nefropori (slika 3.3). Protonefridiji so pomembni za ozmoregulacijo, zato so najbolj razviti prav pri sladkovodnih vrstah. Živčni sistem trikladov je iz cerebralnih ganglijev in para prečno povezanih ventralnih živčnih vrvic (lestvičast videz) (sliki 3.2 in 3.3). Svetlobo zaznavajo s čašastimi očmi (oceli) na glavi. Njihova razporeditev in število je različno. Poleg ocelov imajo po telesu razporejene še številne taktilne in kemoreceptorne celice, ki so skoncentrirane zlasti na avriklih. Zaznavajo tudi smer vodnega toka. Moški in ženski spolni organi se običajno navzven odpirajo s skupno genitalno poro (slika 3.3). Čeprav so hermafroditi, pa običajno prihaja do navzkrižne oploditve. Po kopulaciji se eno ali več oplojenih jajc in nekaj rumenjakovih celic zapre v kokone, ki jih odlagajo na podlago. Pogosto je vegetativno razmnoževanje z delitvijo.

#### Vaja:

1. *Opazovanje živih sladkovodnih vrtinčarjev.* Pod lupo opazuj gibanje, velikost in obliko sladkovodnega vrtinčarja ter lego fotoreceptorjev.
2. *Opazovanje notranje zgradbe vrtinčarja:* Na trajnem histološkem preparatu sladkovodnega vrtinčarja (*Polycelis* sp.) si oglej zgradbo epidermisa, kožomišičnice, prebavila, spolnih žlez idr.

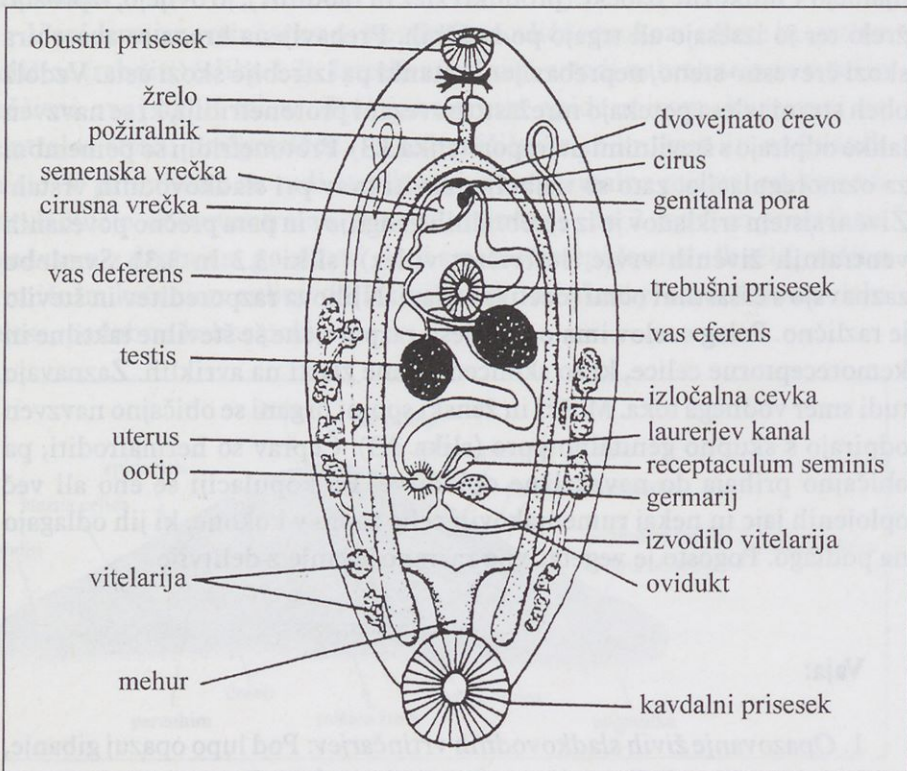
### 3.2 Telesna zgradba in analiza hermafroditskega spolnega aparata sesača

Sesači so parazitska skupina. Njihovo ploščato do valjasto telo pokriva neodermis - integument, ki so ga včasih opisovali kot kutikulo. Ultrastrukturalna analiza je pokazala, da so telesa epitelnih celic ugreznjena v parenhim,



SLIKA 3.4: Zgradba neodermisa sesača *Fasciola hepatica*.

na površini pa je citoplazma celic zlita v enotno maso (sincicij), ki lahko vsebuje beljakovinske trne (slika 3.4). Prebavilo je iz žrela, mišičastega požiralnika in običajno dvovejnatga črevesa (slika 3.5). Izločala sta dva sestavljena protonefridija, ki potekata lateralno vzdolž telesa in se v zadnjem delu izlivata v kontraktilni mehur, ki se konča z nefroporom.



SLIKA 3.5: Splošna telesna zgradba sesača.

Sesači imajo zapleten hermafroditski spolni aparat. Moški del aparata je iz dveh ovalnih ali krpastih testisov, sledi par izvodil (vas efferens), ki se združi v enoten semenovod (vas deferens), ta se razširi v semensko vrečko (vesicula seminalis), ki se konča s kopulacijskim organom (cirusom) in genitalno odprtino (slika 3.5). Ženski del spolnega aparata je iz germarija, kjer nastajajo jajčne celice, sledi kratek ovidukt, v katerega se odpirata izvodili parnega vitelarija, kjer nastajajo hranilne celice (vitelocite). Ovidukt se razširi v ootip. Tu pride do oploditve, jajčni celici se dodajo vitelocite, žlezne celice ootipa pa izločijo ovojo, ki vse skupaj obda v jajce ali kokon. Opljeno jajce potuje v dolg uterus, ki se navzven odpira z genitalno poro. Spermio shranjujejo v posebni vrečki, imenovani receptaculum seminis (slika 3.5).

Razvoj sesačev, katerih življenjski cikel je vezan le na enega gostitelja (Monogenea), običajno poteka preko omigetalčne larve. Mnogo bolj zapleten razvojni krog je pri sesačih iz skupine Digenea. Njihov razvoj poteka preko različnih larvalnih oblik, z menjavo gostiteljev in tudi načina razmnoževanja. Razvojni krog je pri različnih vrstah različen. Za pripenjanje v gostitelju imajo Digenea običajno obustni (oralni) in trebušni prisesek. Monogenea imajo kompleksno pritrjevalno napravo (pogosto s kaveljci) na kavdalnem koncu telesa, spredaj pa parne pritrjevalne strukture v obliki žlez ali manjših prisesekov.

## Vaja:

3. *Opazovanje zgradbe spolnega aparata sesača:* Na trajnem histološkem preparatu sesača (*Paramphistomum* sp.) si oglej zgradbo hermafroditnega spolnega aparata.

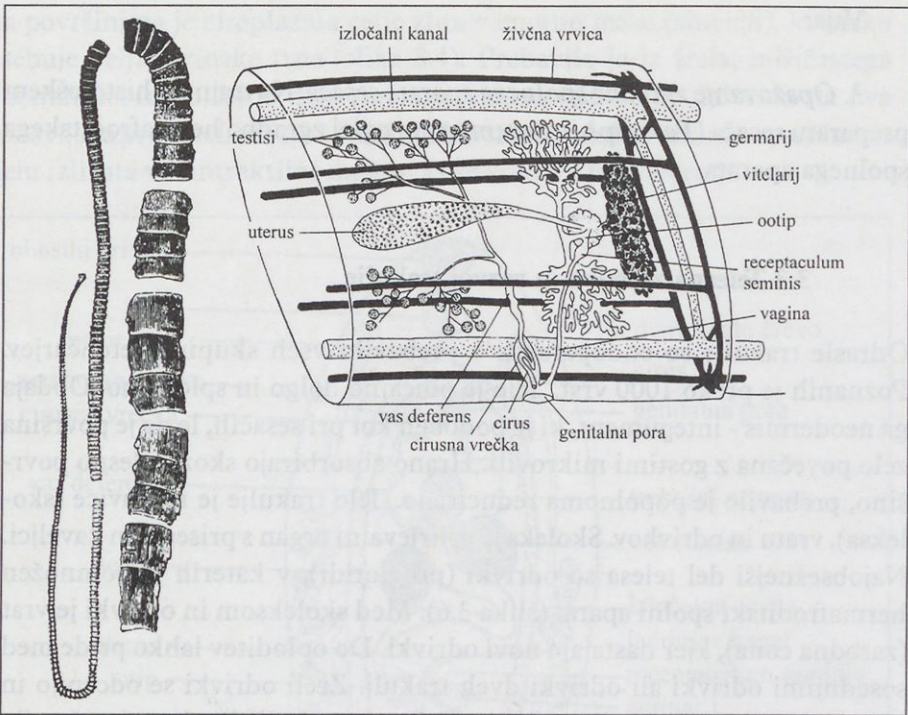
### 3.3 Telesna zgradba in razvoj trakulje

Odrasle trakulje so endoparaziti v prebavilu vseh skupin vretenčarjev. Poznanih je preko 1000 vrst. Telo je običajno dolgo in sploščeno. Obdaja ga neodermis - integument, ki je podoben kot pri sesačih, le da je površina zelo povečana z gostimi mikrovili. Hrano absorbirajo skozi telesno površino, prebavilo je popolnoma reducirano. Telo trakulje je iz glavice (skoleksa), vratu in odrivkov. Skoleks je pritrjevalni organ s priseski in kaveljci. Najobsežnejši del telesa so odrivki (proglotidi), v katerih je pomnožen hermafroditni spolni aparat (slika 3.6). Med skoleksom in odrivki je vrat (zarodna cona), kjer nastajajo novi odrivki. Do oploditev lahko pride med sosednjimi odrivki ali odrivki dveh trakulj. Zreli odrivki se odcepijo in jajca ali ličinke se sprostijo v okolje. Nekatere trakulje imajo stalno število odrivkov in jih ne odmetavajo (pasja trakulja). Embriji, obdani z ovojem, se iz odrivka izločijo skozi genitalno poro. Razvoj trakulj običajno poteka preko dveh gostiteljev. Kar nekaj vrst trakulj parazitira tudi v človeku. Najpogostejša je goveja trakulja (*Taenia saginata*). Njen vmesni gostitelj je govedo. Odrngani proglotidi lahko z iztrebki pridejo na travnike, kjer se pase govedo. Ličinke, ki se sprostijo lahko mesece preživijo na travi. Ko govedo popase okuženo travo, se ličinke s kaveljčki (onkosfere) prevrtajo skozi črevesno steno v kri ali limfo. Ko pridejo v mišično tkivo, se razvijejo v ikro s skoleksom. Z uživanjem surovega ali premalo kuhanega mesa lahko ikre pridejo tudi v prebavilo človeka. Ovoj se razgradi, skoleks se izviha in žival se pripne na črevesno steno končnega gostitelja. Bolj nevarna je svinjska trakulja (*Taenia solium*), saj je človek lahko tudi njen vmesni člen. Običajno se ikre razvijejo v očeh ali možganih, kar ima za posledico oslepitev, možganske poškodbe ali celo smrt. Človek je lahko vmesni člen tudi pri pasji trakulji (*Echinococcus granulosus*) (slika 3.7). Ikra (mehurnjak) se običajno razvije v jetrih, kjer lahko raste tudi do 20 let in lahko doseže velikost košarkarske žoge.

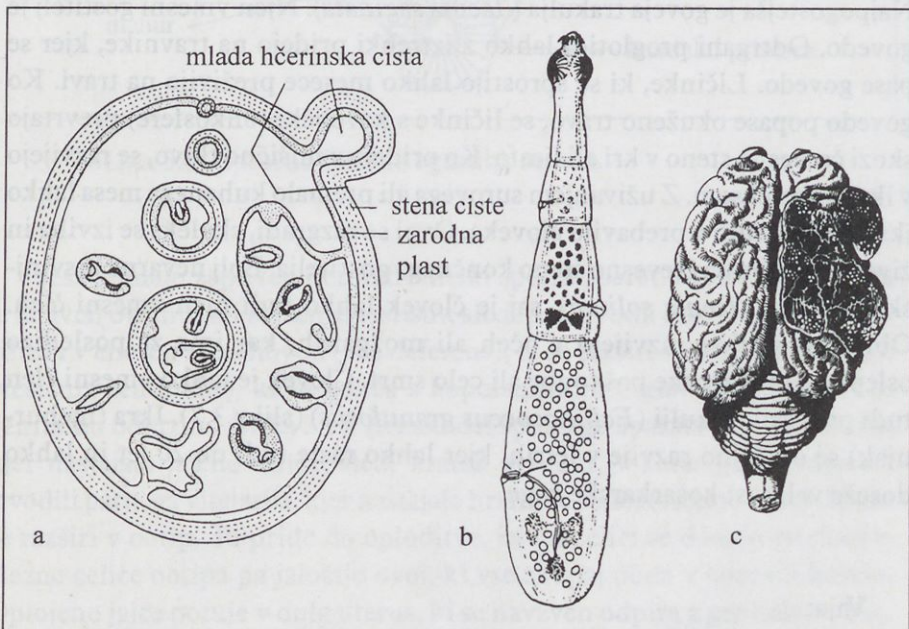
## Vaja:

4. *Opazovanje zunanje telesne zgradbe trakulje:* Na makroskopskem preparatu trakulje in histološkem preparatu odrivkov prašičje trakulje (*Taenia* sp.) si oglej njeno zunanjo telesno zgradbo.

5. *Opazovanje razvojnega stadija mehurnjaka:* Na trajnih histoloških preparatih jeter živali, okuženih s pasjo trakuljo (*Echinococcus* sp.), si oglej mehurnjak.



SLIKA 3.6: Zgradba in razporeditev organov v odvirku goveje trakulje *Taenia saginata*.



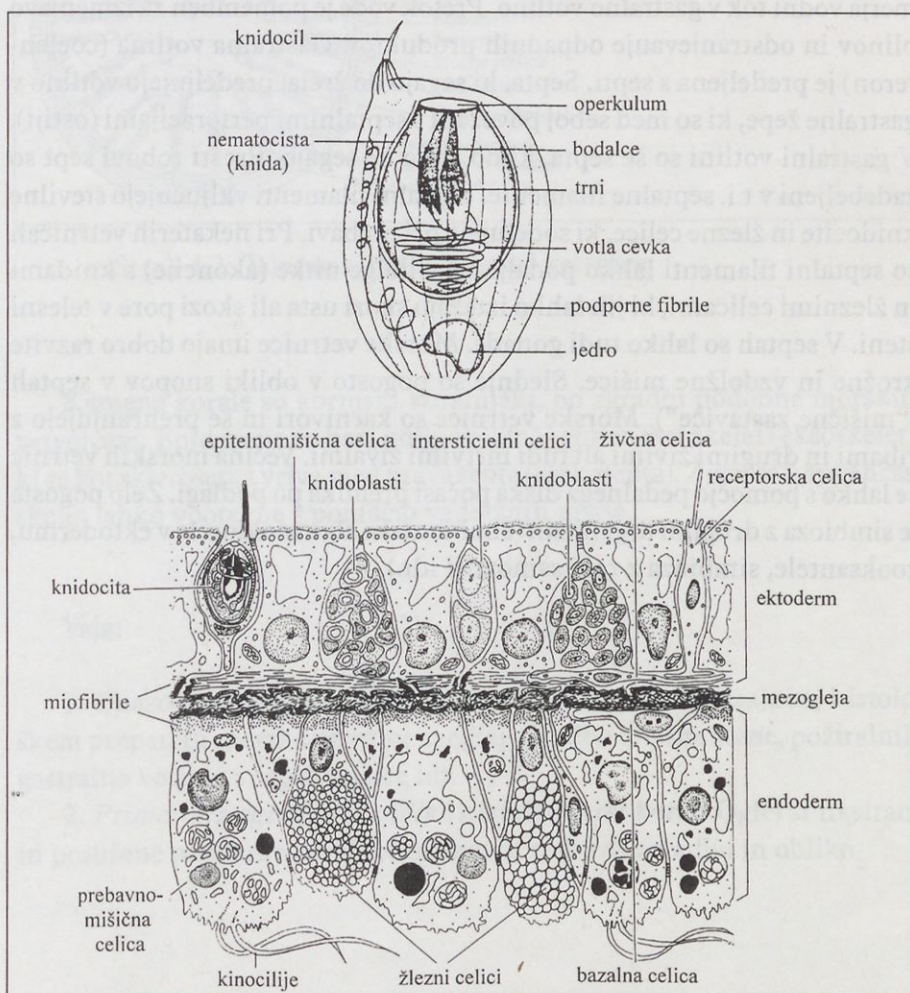
SLIKA 3.7: Pasja trakulja *Echinococcus granulosus*: a) razvojni stadij ikre v jetrih, b) odrasla trakulja, c) razvojni stadij mehurnjaka v možganih.

## 4. Ožigalkarji (Cnidaria)

Ožigalkarji so večinoma morski, radialno simetrični organizmi. Pojavljajo se lahko kot pritrjeni polipi ali prostoplavajoče meduze.

**Telo polipa** je navadno vrečaste oblike z vencem tentaklov okoli ust. S pedalno stranjo so pripeti na podlago. Polipi so lahko solitarni ali v kormih. Za nekatere kormske vrste je značilen polimorfizem, ki je povezan z delitvijo dela med polipi (prehranjevanje, reprodukcija, obramba idr.). **Meduze** imajo zvonasto ali dežnikasto obliko, z usti na konkavni strani in tentakli na robu. Nastanejo iz polipov s preobrazbo (pri kubomeduzah), s strobilacijo (pri klobučnjakih) ali z brstenjem (pri trdoživnjakih).

Telo ožigalkarjev je iz treh plasti: zunanega **ektoderma**, notranjega **gastroderma** in vmesne **mezogleje**. V ektodermu in tudi gastrodermu so knide ali ožigalke. Knide nastajajo v knidocitah, ki se razvijejo iz knidoblastov. **Knide** so drobne kapsule, z uvihano in zavito cevko (slika 4.1). V predelu uvihanja kapsulo lahko pokriva pokrovček (operkulum). Dražljaje zaznava migetalki podobna tvorba knidocil. Po vzdraženju knidocila se knida izproži v nekaj milisekundah. Tako hiter odziv omogoča zelo visok osmotski tlak v kapsuli (do  $140 \times 10^5$  Pa). Po vzdraženju se spremeni prepustnost kapsule, voda vdre v notranjost in cevka se izviha. Ožigalke lahko vsebujejo lepljiv ali (in) strupen izloček. Opisanih je preko 20 različnih vrst ožigalk, ki so tudi pomemben taksonomski znak. Največ ožigalk je v okolici ust in na tentaklih v zvezi z obrambo in prehranjevanjem.



SLIKA 4.1: Zgradba knidocite in telesne stene pri hidri.

**Prebavilo** je obsežna gastralna votlina, ki je pri koralnjakih in klobučnjakih predeljena s septi. **Krvožilja in dihal** nimajo. Izmenjava plinov poteka skozi telesno površino. **Živčevje** ožigalkarjev gradijo v živčno mrežo povezane živčne celice (slika 4.1). Živčni impulzi se preko sinaps prevajajo v obeh smereh.

Knidariji so pretežno gonohoristi. Oploditev je zunanja, **razvoj** poteka preko omigetalčne ličinke planule. Nespolno se razmnožuje z brstenjem (nastajajo novi polipi ali meduze) ali strobilacijo (nastajajo meduze).

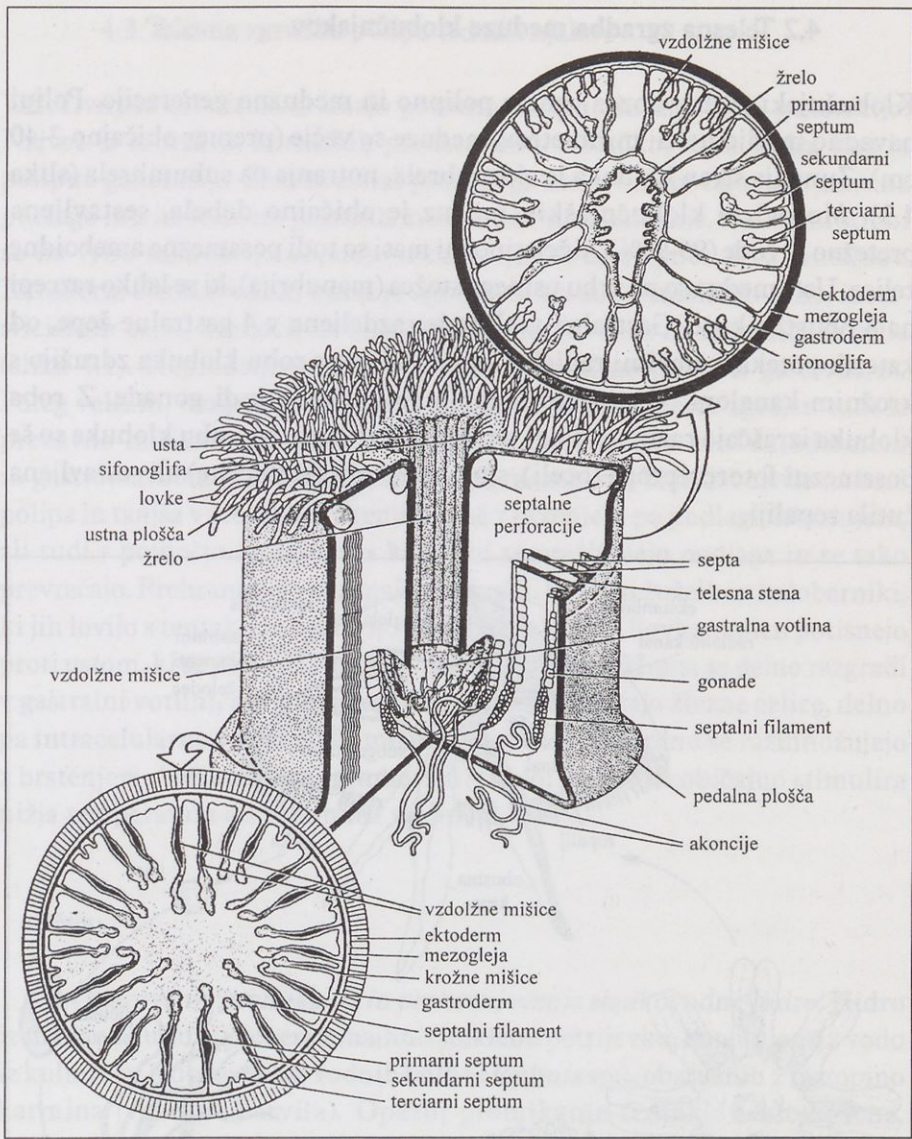
#### 4.1 Telesna zgradba polipa koralnjakov

Koralnjaki (Anthozoa) so izključno morski organizmi, brez meduzne generacije. Ločimo dve skupini. V skupino *Hexacorallia* uvrščamo koralnjake s heksamerno simetrijo (ali tudi polimerno), kot so morske vetrnice, kamene korale in druge. Gastralno votlino večinoma predeljuje 6 sept ali pa mnogokratnik tega števila. V skupino *Octocorallia* uvrščamo oktamerne koralnjake, ki imajo osem, večinoma peresastih tentaklov okoli ust in osem sept v gastralni votlini. So kormske živali, kot so morska peresa, rožene in usnjate korale. Gastralne votline povezujejo tubuli (soleniji) v mezogleji. Mezogleja je debela in vsebuje endoskelet iz apnenčastih spikul ali roževine.

**Morske vetrnice** so solitarne živali. Usta, ki jih obdaja eden ali več vencev tentaklov, vodijo v žrelo (actinopharynx) (slika 4.2). Vzdolž žrela sta eden do dva omigetalčna kanala (sifonoglifa). Utripanje migetalk usmerja vodni tok v gastralno votlino. Pretok vode je pomemben za izmenjavo plinov in odstranjevanje odpadnih produktov. Gastralna votlina (coelenteron) je predeljena s septi. Septa, ki segajo do žrela, predeljujejo votlino v gastralne žepe, ki so med seboj povezani s septalnimi perforacijami (ostiji). V gastralni votlini so še septa, ki do žrela ne segajo. Prosti robovi sept so zadebeljeni v t.i. septalne filamente. Septalni filament vključujejo številne knidocite in žlezne celice, ki sodelujejo pri prebavi. Pri nekaterih vetrnicah so septalni filament lahko podaljšani v dolge nitke (akoncije) s knidami in žleznimi celicami, ki jih lahko iztezajo skozi usta ali skozi pore v telesni steni. V septah so lahko tudi gonade. Morske vetrnice imajo dobro razvite krožne in vzdolžne mišice. Slednje so pogosto v obliki snopov v septah ("mišične zastavice"). Morske vetrnice so karnivori in se prehranjujejo z ribami in drugimi živimi ali tudi mrtvimi živalmi. Večina morskih vetrnic se lahko s pomočjo pedalnega diska počasi premika po podlagi. Zelo pogosta je simbioza z drugimi organizmi (symbiontske alge zooklozele v ektodermu, zooksantele, simbioza z raki samotarji idr.).







SLIKA 4.2: Telesna zgradba morske vetrnice.

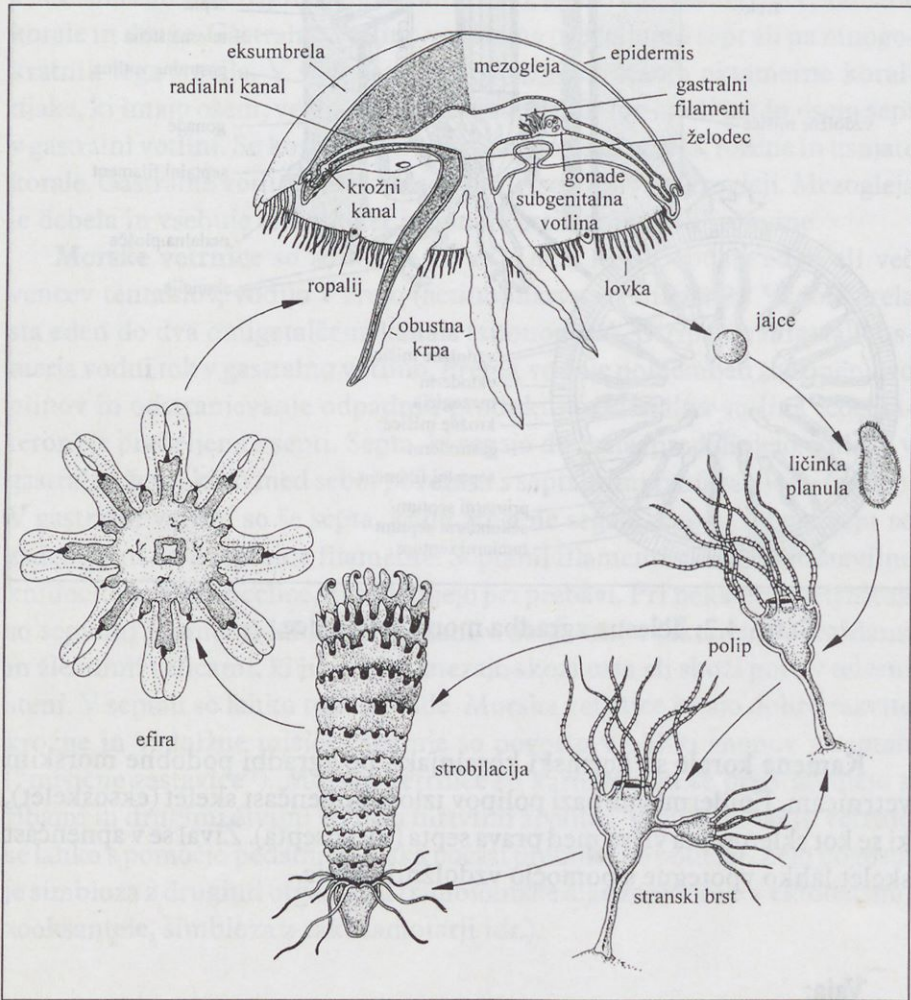
**Kamene korale** so kormski koralnjaki, po zgradbi podobne morskim vetrnicam. Epidermis na bazi polipov izloča apnenčast skelet (eksoskelet), ki se kot sklerosepta vriva med prava septa (sarkosepta). Žival se v apnenčast skelet lahko vpotegne s pomočjo vzdolžnih mišic.

#### Vaja:

1. *Opazovanje notranje zgradbe morske vetrnice:* Na trajnem histološkem preparatu morske vetrnice si oglej zgradbo telesne stene, požiralnik, gastralno votlino s septi, mišice idr.
2. *Primerjava zgradbe in oblike različnih vrst koral:* Oglej si fiksirane in posušene primerke koral ter primerjaj njihovo zgradbo in obliko.

## 4.2 Telesna zgradba meduze klobučnjakov

Klobučnjaki (Schyphozoa) imajo polipno in meduzno generacijo. Polipi navadno merijo nekaj milimetrov, meduze so večje (premer običajno 2-40 cm). Zunanja stran klobuka je eksumbrela, notranja pa subumbrela (slika 4.3). Mezogleja klobučnjaških meduz je običajno debela, sestavljena pretežno iz vode (95-96%). V želatinozni masi so tudi posamezne ameboidne celice. Usta meduz so na vrhu ustnega stožca (manubrija), ki se lahko razcepi na 4 obustne krpe. Gastralna votlina je razdeljena v 4 gastralne žepe, od katerih potekajo številni radialni kanali, ki se na robu klobuka združijo s krožnim kanalom. V gastralnih žepih so običajno tudi gonade. Z roba klobuka izraščajo različno dolgi tentakli s knidami. Na robu klobuka so še posamezni fotoreceptorji (oceli), statoreceptorji (statociste) ali sestavljena čutila ropaliji.



Slika 4.3: Uhati klobučnjak (*Aurelia aurita*). Zgradba meduze in razvojni cikel.

### Vaja:

3. *Opazovanje zunanje zgradbe meduze:* Na makroskopskem preparatu skifozojske meduze si ogled njeno zunanjo zgradbo.

### 4.3 Telesna zgradba polipa trdoživnjakov

Trdoživnjaki (Hydrozoa) imajo prvotno polipno in meduzno generacijo. Največ je morskih, kormskih predstavnikov. Sladkovodna **hidra** ima le polipno generacijo. Žlezne celice pedalnega diska omogočajo pritrdjanje na podlago in z izločanjem plinskih mehurčkov tudi lebdenje. Na oralni strani se na vrhu manubrija odpirajo usta, ki jih obdaja venec 6-10 tentaklov. Ektoderm sladkovodnih hider je zgrajen iz epitelno-mišičnih celic, intersticielnih celic, knidocit in knidoblastov ter živčnih in senzoričnih celic (slika 4.1). Nepredeljeno gastrovaskularno votlino pokriva gastroderm. Poleg velikih, omigetalčenih epitelnih celic je gastroderm zgrajen tudi iz prebavno-mišičnih celic, intersticielnih in žleznih celic. Med ektodermom in gastrodermom je acelična želatinozna mezogleja, ki je debelejša na bazi polipa in tanjša v tentaklih. Premikajo se z drsenjem po podlagi, lebdenjem, ali tudi s pomočjo tentaklov, s katerimi se oprijemajo podlage in se tako prevračajo. Prehranjujejo se z majhnimi raki, larvami žuželk in kolobarniki, ki jih lovijo s tentakli in omrtvijo z izločkom knid. Ulovljeni plen potisnejo proti ustom, ki se počasi odprejo in plen pogoltnejo. Hrana se delno razgradi v gastralni votlini, s pomočjo encimov, ki jih sproščajo žlezne celice, delno pa intracelularno v prebavno-mišičnih celicah. Nespolno se razmnožujejo z brstenjem. Večinoma so gonohoristi, razvoj gonad pa običajno stimulira nižja temperatura ali tudi nižja vsebnost kisika.

#### Vaja:

4. *Opazovanje premikanja in prehranjevanja sladkovodne hidre:* Hidro iz matične kulture prenesi v majhno stekleno petrijevko, napolnjeno z vodo iz kulture in ji dodaj nekaj vodnih bolh (*Daphnia* sp.), obarvanih z raztopino karmina (rdečega barvila). Opazuj premikanje tentaklov, ulov plena, odpiranje ust in požiranje plena.

5. *Opazovanje telesne zgradbe sladkovodne hidre:* Na trajnem histološkem preparatu sladkovodne hidre si oglej zgradbo telesne stene in ožigalke.

6. *Opazovanje zgradbe in delovanja ožigalk sladkovodne hidre:* Enega od hidrinih tentaklov položi v kapljico vode na objektnem steklu. Pod mikroskopom opazuj sprožanje ožigalk po različni stimulaciji (mehanski dražljaj, paradižnikov sok, košček jeter).

#### Priprava za naslednjo vajo:

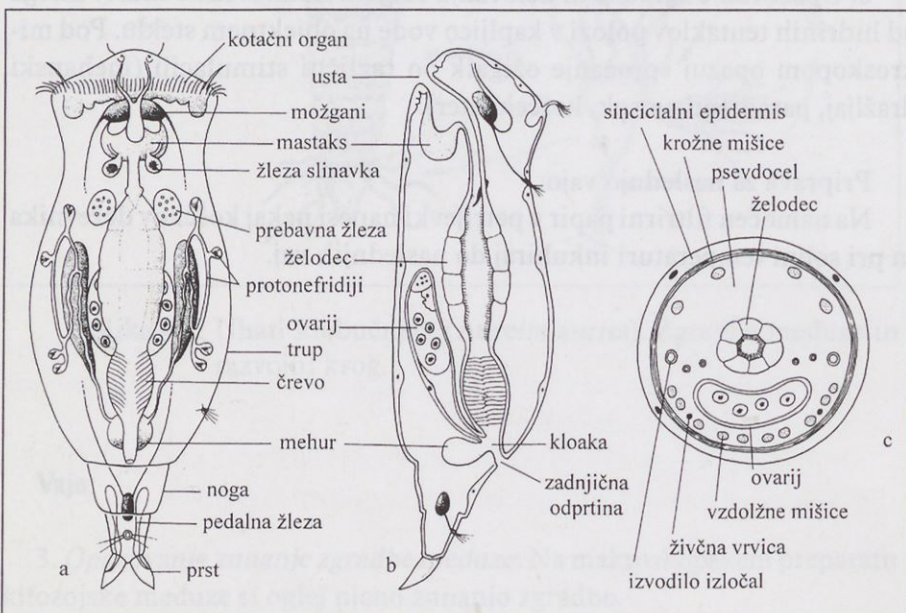
Na namočen filtrirni papir v petrijevki nanese nekaj koščkov deževnika in pri sobni temperaturi inkubiraj do naslednjih vaj.

## 5. Valjasti črvi (Aschelminthes, Nematelminthes)

**Telo** večine pokriva kutikula, ki jo izloča epidermis. Epidermis je večinoma sincicij, pod njim leži kožomišičnica, plast vzdolžnih in običajno tudi krožnih mišic, ki obdajajo obsežno primarno telesno votlino (psevdocel) (slika 5.1). Psevdocel se razvije iz embrionalnega blastocela in je napolnjen s tekočino in mezenhimatskimi celicami. Valjasti črvi so evprokti, **prebavna cev** se končuje z zadnjično odprtino. **Krvožilja** in **dihal** nimajo. So pretežno ločenega spola (gonohoristi).

### 5.1 Telesna zgradba in prehranjevanje kotačnikov

Kotačniki (Rotatoria) so kozmopolitska skupina z okoli 2000 znanimi vrstami. Večina je sladkovodnih, nekaj je terestričnih in epizoičnih ali parazitskih, morski so redki. Večinoma so mikroskopskih velikosti. Ime so dobili po kotačnem organu na glavi (slika 5.1), ki je različno oblikovan venec migetalk. Utripanje migetalk usmerja vodo proti ustom (prehranjevanje), in hkrati omogoča premikanje (plavanje). Glava se nadaljuje v trup in nogo, ki jo običajno pokriva obročkasta kutikula, kar omogoča njeno teleskopsko vpotezanje. V nogi so pedalne (cementne) žleze, ki izločajo lepljiv sekret, s katerim se pritrjajo na podlago. Pri plavajočih, pelagičnih oblikah je noga lahko reducirana. Prehranjujejo se z organskimi drobcami, algami, protozoji in z manjšimi metazoji. Hrano migetalke usmerjajo v usta, ki se nadaljujejo v mišično žrelo (mastaks). V žrelu so močne čeljusti (trofi), ki meljejo organske delce, pri predatorskih predstavnikih se lahko tudi izprožijo in zgrabijo plen. Prebava poteka v želodcu, kamor se izlivajo prebavni encimi iz žlez. Izločala so par protonefridijev z nekaj plamenskimi celicami, ki se odpirajo v skupni mehur. Ta se izliva v kloako, ki je tudi izvodilo črevesa in spolnih žlez. Dorzalno od mastaksa ležijo možgani, od katerih potekajo parne živčne vrvice do enostavnih čutil (čutilnih ščetin, papil in omigetalčenih jamic, pri nekaterih do parnih



Slika 5.1: Telesna zgradba kotačnika: a-dorzalno, b-lateralno, c-prečno.

oči), mišic in notranjih organov. Imajo konstantno število in lego celic, zato imajo slabe regeneracijske zmožnosti.

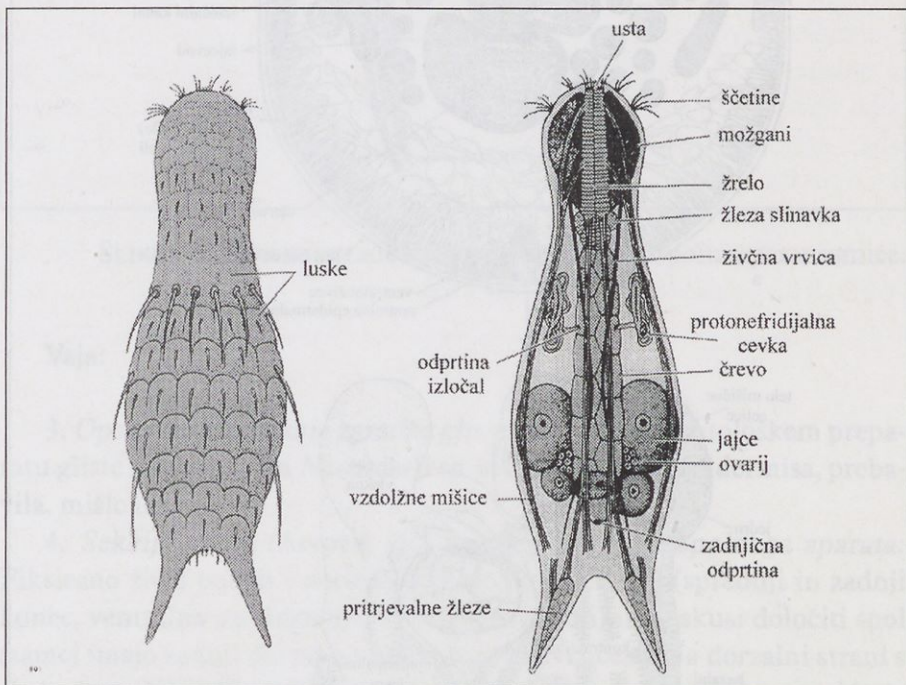
Kotačniki so ločenega spola, samci so običajno manjši in manj številni, pogosto manjkajo ali so prisotni le kratko obdobje. Značilna je partenogeneza in pri nekaterih menjavanje biparentalne in partenogenetske generacije (heterogonija).

### Vaja:

1. *Opazovanje nekaterih sladkovodnih kotačnikov v infuzumu:* Na objektno steklo nanesi viskotran ali nekaj vlaken vate, da upočasníš gibanje živali. Dodaj kapljico infuzuma in kapljico zelenih alg ali kvasovk, obarvanih s kongo rdečim. Pokrij s krovnim steklom in pod mikroskopom opazuj telesno zgradbo, premikanje in prehranjevanje kotačnikov.

## 5.2 Telesna zgradba trebuchodlačnikov

Trebuhodlačniki (Gastrotricha) so drobne živali (0,1-1mm), ki živijo v sladki vodi in morju. Dorzalna stran telesa je izbočena, ventralna pa je sploščena in omigetalčena (slika 5.2). Telo je pokrito s kutikulo, ki obdaja tudi migetalke. Pseudocel je pri nekaterih reduciran. Plamenske celice protonefridijev imajo navadno en bič in jih imenujemo solenocite. Živčni sistem je iz cerebralnih ganglijev in parnih živčnih vrvic. Oči nimajo, čutilne dlake so običajno zgoščene na glavi. Trebuchodlačniki so hermafroditi ali pa so prisotne le partenogenetske samice. Hranijo se s protozoji, algami in detritom.



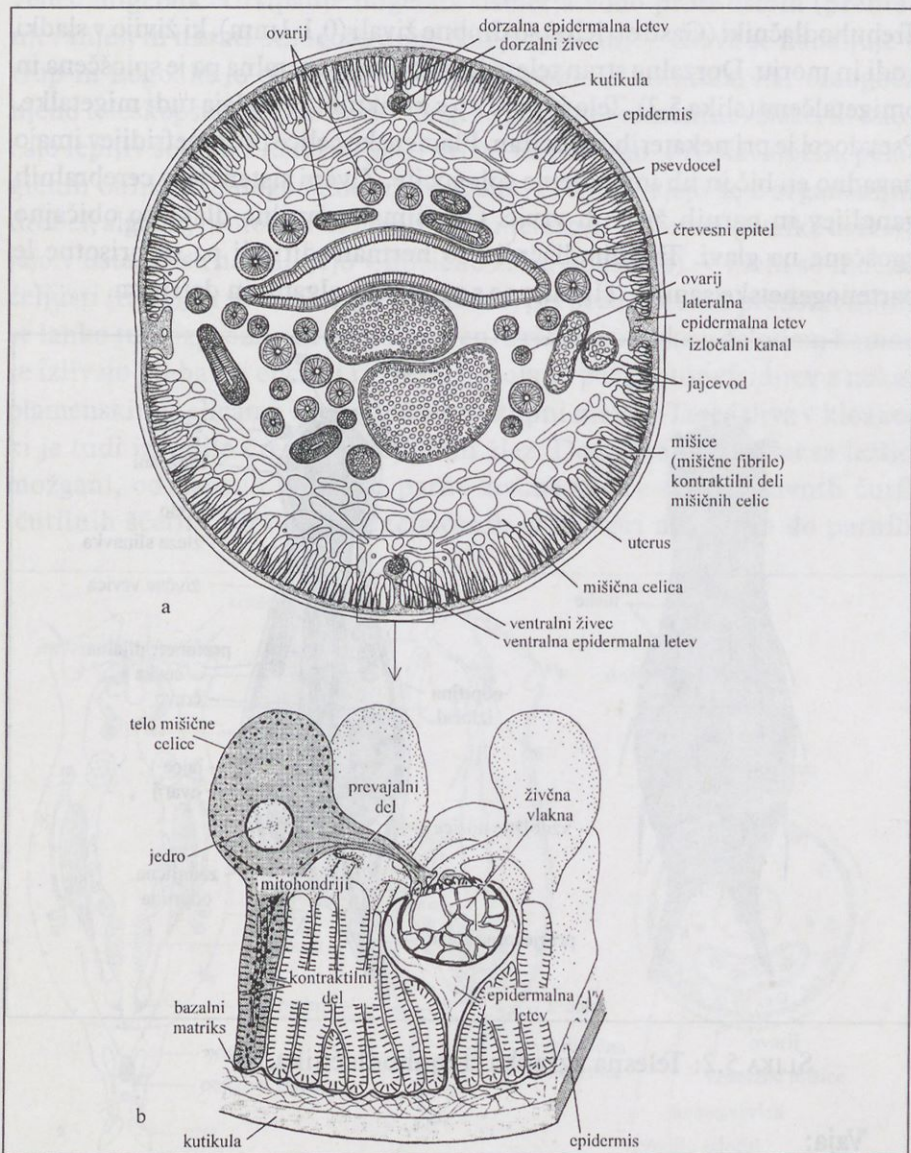
SLIKA 5.2: Telesna zgradba trebuchodlačnika.

### Vaja:

2. *Opazovanje trebuchodlačnikov v infuzumu:* Pripravi preparat s kapljico infuzuma in opazuj trebuchodlačnike pod mikroskopom.

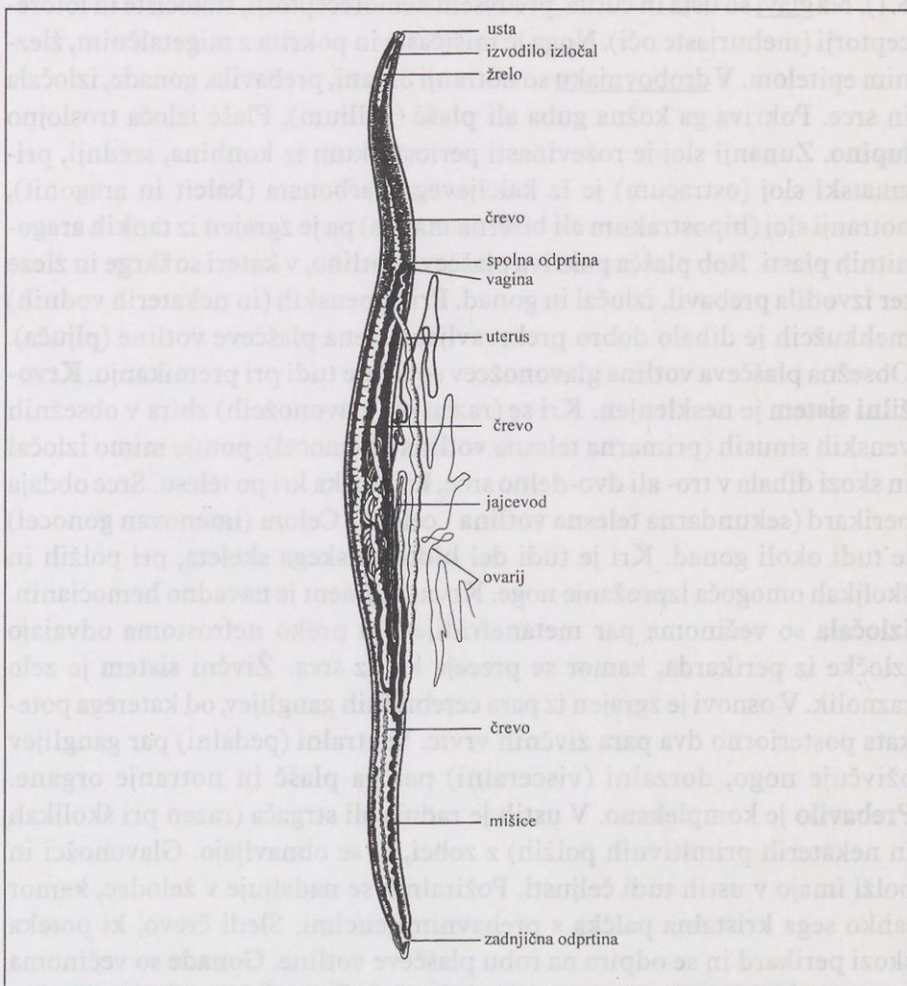
### 5.3 Telesna zgradba gliste

Gliste so ubikvistična skupina, živijo v morju, sladkih vodah in v tleh, številne parazitirajo v živalih in rastlinah. Telo pokriva večslojna kutikula, ki jo izloča sincicielni epidermis (hipodermis) (slika 5.3). Značilna je zgostitev epidermalnih celic v štirih epidermalnih letvah. Vzdlž dorzalne in ventralne letve potekata živca, vzdolž lateralnih letev pa izločalna kanala. Pod epidermisom so vzdolžne mišice, ki potekajo v enem sloju med epidermalnimi letvami. Vsaka mišična celica ima kontraktilni del, ki je povezan z epidermisom, osrednji del z jedrom (telo celice) in prevajalni del. Kontraktilni del vsebuje aktinska in miozinska vlakna, ki dajejo progast videz. Telo celice je center presnove, prevajalni del pa mišično celico povezuje z dorzalnim ali ventralnim živcem. Krožnih mišic gliste nimajo. Kot antagonist vzdolžnim mišicam delujeta elastična kutikula in hidrostatski skelet. Za gliste je značilno tudi to, da nimajo migetalk in bičev. Število in lega celic sta predvsem pri manjših nematodih konstantna. Izločala so ena ali več velikih žleznih celic ali pa sistem kanalov s prečno povezavo. Živčni sistem je iz možganov in dveh živčnih vrvic.



SLIKA 5.3: Telesna zgradba gliste (*Ascaris* sp.): a-prečni prerez, b-zgradba mišičnih celic (izsek).

Večina glist je ločenega spola. Samci so običajno manjši od samic. Spolni aparat samic (slika 5.4) je iz neparne vulve in vagine ter parnega uterusa, oviduktov in ovarijev. Pri samcih so gonade neparni testisi, kjer nastajajo ameboidni spermiji, neparna izvodila se končujejo s kopulacijskim organom, ki je navadno opremljen s stileti in se odpira v kloako. Oploditelj je notranja. Razvoj je direkten.



SLIKA 5.4: Telesna zgradba gliste (*Ascaris* sp.). Spolni aparat samice.

### Vaja:

3. *Opazovanje notranje zgradbe gliste:* Na trajnem histološkem preparatu gliste *Ascaris* sp. in *Neoscaris* sp. si oglej zgradbo epidermisa, prebavila, mišic idr.

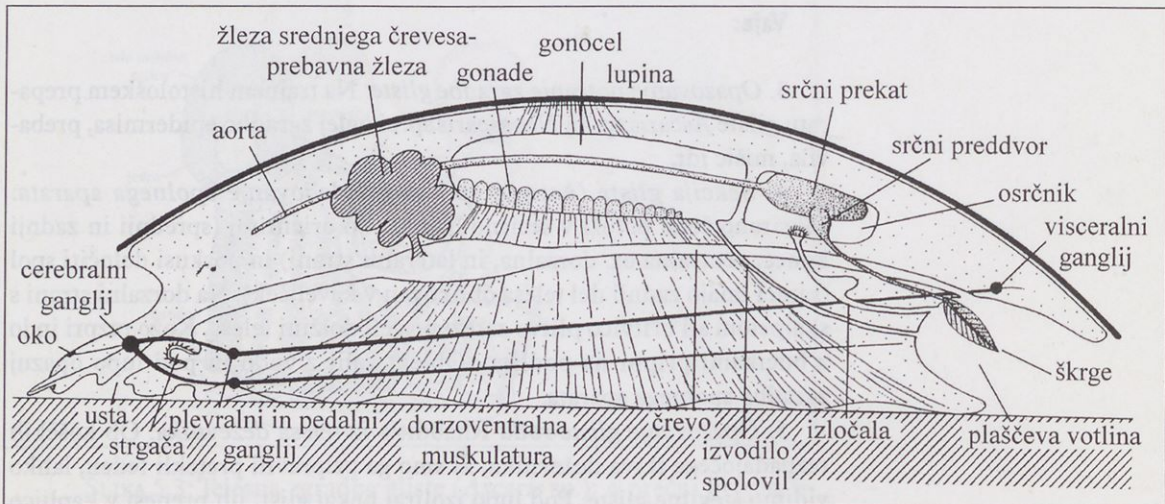
4. *Sekcija gliste (Ascaris sp.) in pregledovanje spolnega aparata:* Fiksirano žival položi v secirno banjico, jo orientiraj (sprednji in zadnji konec, ventralna oz. dorzalna, in lateralni strani) in poskusi določiti spol (samci imajo zadnji del telesa oblikovan v kaveljček). Na dorzalni strani s skalpelom ali britvico plitvo zareži po celi dolžini telesa. Kožo razpri in jo z bucikami pripni na podlago. Objekt zalij z vodo in pod lupo opazuj zgradbo spolnega aparata.

5. *Opazovanje gliste rodu Rhabditis iz telesa deževnika:* Ob koščkih razpadajočega tkiva deževnika, ki smo ga pripravili pretekli teden, lahko vidimo številne gliste. Pod lupo izoliraj nekaj glist, jih prenesi v kapljico vode na objektnem steklu, pokrij s krovnim steklom in opazuj zgradbo.

## 6. Mehkužci (Mollusca)

Mehkužci so obsežna skupina živali z več kot 50.000 živečih vrst morskih, kopenskih in sladkovodnih organizmov.

**Telo** mehkužcev lahko razdelimo na glavo, nogo in drobovniak (slika 6.1). Na **glavi** so usta in čutila, predvsem kemoreceptorji, statociste in fotoreceptorji (mehurjaste oči). **Noga** je mišičasta in pokrita z migetalčnim, žleznim epitelom. V **drobovniaku** so notranji organi, prebavila, gonade, izločala in srce. Pokriva ga kožna guba ali **plašč** (pallium). Plašč izloča troslojno **lupino**. Zunanji sloj je roževinasti periostrakum iz konhina, srednji, prizmatski sloj (ostracum) je iz kalcijevega karbonata (kalcit in aragonit), notranji sloj (hipostrakum ali biserna matica) pa je zgrajen iz tankih aragonitnih plasti. Rob plašča pokriva plaščevo votlino, v kateri so **škrge** in žleze ter izvodila prebavil, izločal in gonad. Pri kopenskih (in nekaterih vodnih) mehkužcih je dihala dobro prekrvavljena stena plaščeve votline (**pljuča**). Obsežna plaščeva votlina glavonožcev sodeluje tudi pri premikanju. **Krvožilni sistem** je nesklenjen. Kri se (razen pri glavonožcih) zbira v obsežnih venskih sinusih (primarna telesna votlina - hemocel), potuje mimo izločal in skozi dihala v tro- ali dvo-delno srce, ki potiska kri po telesu. Srce obdaja perikard (sekundarna telesna votlina - celom). Celom (imenovan gonocel) je tudi okoli gonad. Kri je tudi del hidrostatskega skeleta, pri polžih in školjkah omogoča izprožanje noge. Krvni pigment je navadno hemocianin. **Izločala** so večinoma par metanefridijev, ki preko nefrostoma odvajajo izločke iz perikarda, kamor se preceja kri iz srca. **Živčni sistem** je zelo raznolik. V osnovi je zgrajen iz para cerebralnih ganglijev, od katerega potekata posteriorno dva para živčnih vrvic. Ventralni (pedalni) par ganglijev oživčuje nogo, dorzalni (visceralni) par pa plašč in notranje organe. **Prebavilo** je kompleksno. V ustih je radula ali strgača (razen pri školjkah in nekaterih primitivnih polžih) z zobci, ki se obnavljajo. Glavonožci in polži imajo v ustih tudi čeljusti. Požiralnik se nadaljuje v želodec, kamor lahko sega kristalna palčka s prebavnimi encimi. Sledi črevo, ki poteka skozi perikard in se odpira na robu plaščeve votline. **Gonade** so večinoma neparne. Mehkužci so pretežno gonohoristi. **Razvoj** pri večini polžev in školjk poteka preko ličinke veliger, pri glavonožcih ter nekaterih polžih in školjkah pa se mladiči izlegajo direktno iz jajc.



SLIKA 6.1: Splošna telesna zgradba mehkužcev.



## 6.1 Telesna zgradba hitona

Hitoni (Polyplacophora) so morski organizmi, večinoma centimetrskih velikosti. Živijo pritrjeni v pasu plimovanja na skalni podlagi. Prehranjujejo se z algami, ki jih strgajo s podlage. Majhna glava s čutili je od noge omejena z žlebom. Noga je podplatasta in skupaj z robom plašča omogoča tesno prilaganje podlagi. Pod robom plašča je plaščev žleb, v katerem so številne (do 88) peresaste škrge. Lupina, ki z dorzalne strani pokriva telo, je iz osmih ploščic, ki se opekasto prekrivajo in so gibljivo povezane.

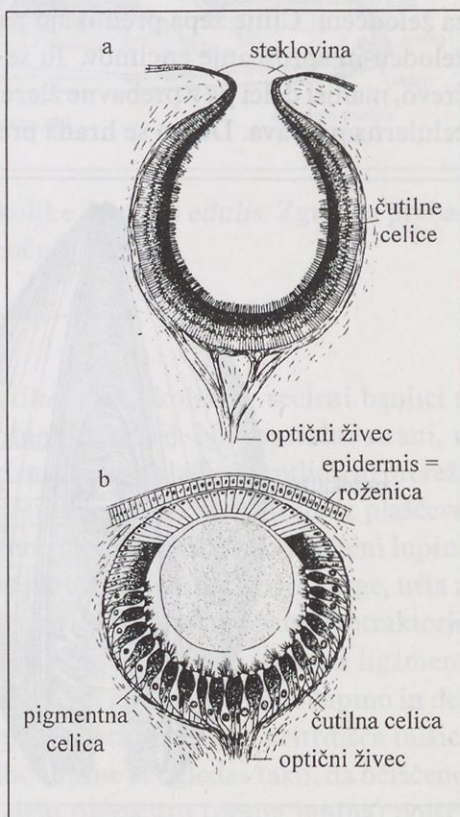
### Vaja:

1. *Opazovanje zgradbe hitona:* Pod lupo si oglej zunanjo telesno zgradbo fiksiranih hitonov.

## 6.2 Telesna zgradba polža

Polži (Gastropoda) so najštevilčnejša skupina mehkužcev. Plašč izloča enotno lupino, ki lahko tudi manjka. Pri prednikih je bila plaščeva votlina s parom škrg zadaj (posteriorno). V razvoju je prišlo do torzije, pri kateri se je drobovnjak zasukal za 180°. Plaščeva votlina s škrgami, zadnjično odprtino in nefroporoma se je pomaknila naprej (anteriorno). Pri tem je prišlo tudi do prekrivanja živčnih vrvic. Redukcija desnega atrija, škrge in metanefridija (razen pri arheogastropodih) pa je povezana s spiralizacijo hišice. Polže, ki imajo škrge pred srcem, združujemo v skupino Prosobranchia (predškrGARJI). Pri zaškrGARJIH (Opisthobranchia) in pljučarjih (Pulmonata) je sekundarno prišlo do detorzije in do premika plaščeve votline v desno in nazaj. Škrge se pomaknejo nazaj za srce. Pri kopenskih pljučarjih se škrge reducirajo, vlogo dihala pa prevzame stena plaščeve votline.

Oči polžev so lahko preproste jamičaste ali mehurjaste z lečo in steklovino (slika 6.2). Za razliko od vretenčarskih oči so mehurjaste oči mehkužcev kožna tvorba. Oko vrtnega polža (*Helix pomatia*) je mehurček z notranjim čutilnim delom (receptorske in pigmentne celice - mrežnica), ki ga z zunanje strani pokriva dvoslojna prozorna roženica. Večji del notranjosti mehurčka zapolnjuje leča, preostali prostor pa steklovina.



SLIKA 6.2: Mehurjasto oko polžev: a-*Haliotis* sp., b-*Helix pomatia*.

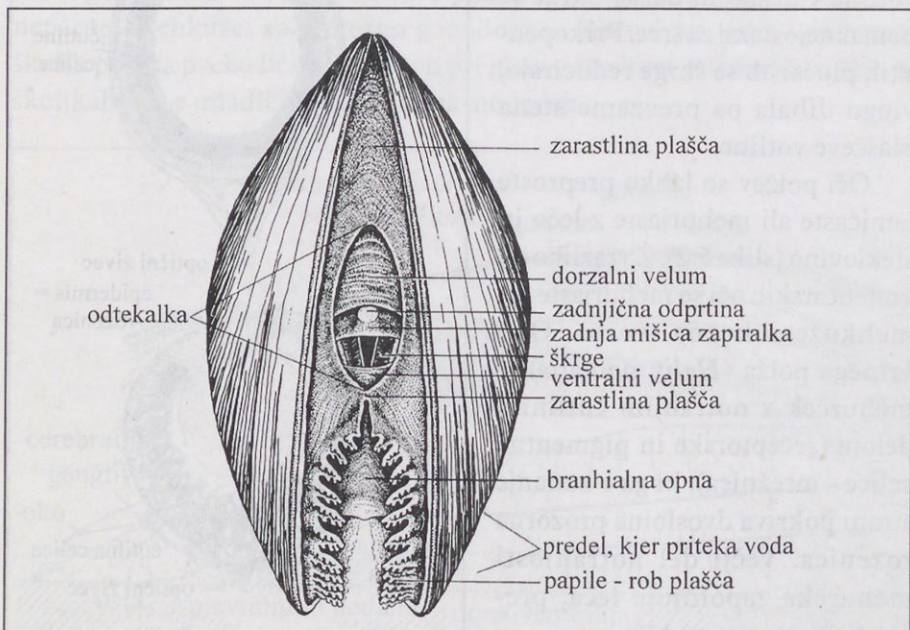
## Vaja:

2. Primerjava zunanje zgradbe različnih skupin polžev: Pod lupo si oglej zunanjo telesno zgradbo različnih fiksiranih polžev in med seboj primerjaj različne oblike polžjih lupin.

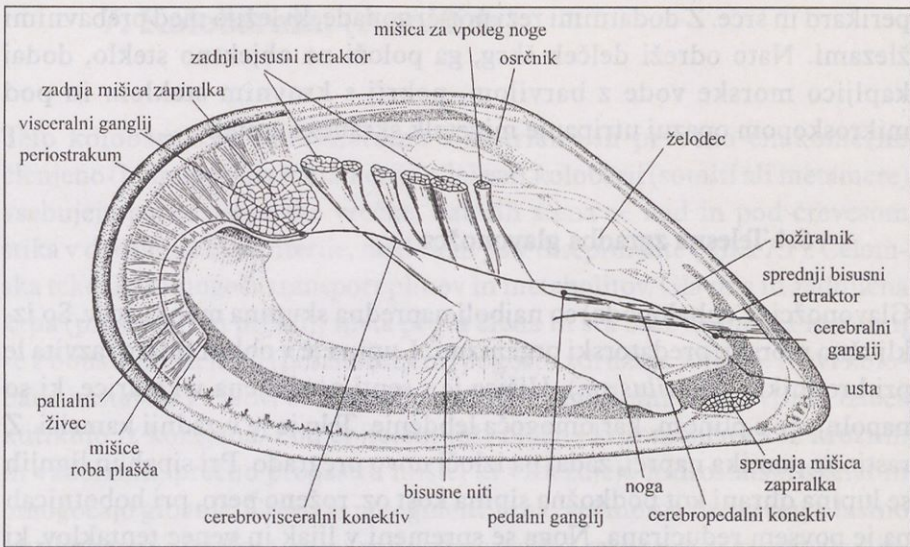
3. Opazovanje zgradbe mehurjastega očesa: Na trajnem histološkem preparatu si oglej zgradbo mehurjastega očesa vrtnega polža (*Helix* sp.).

### 6.3 Telesna zgradba školjke

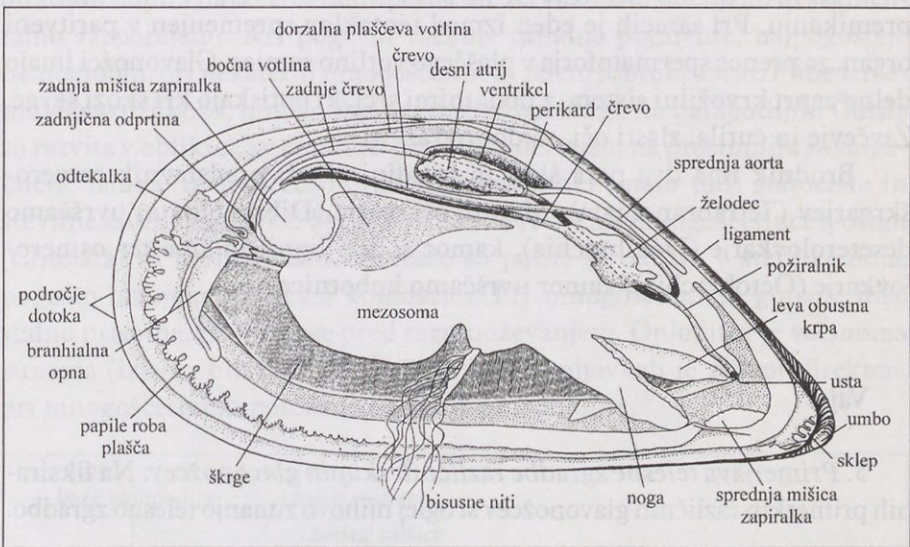
Školjke (Bivalvia) so suspenziofagi, filtrirajo vodo. Dvokrpi plašč, ki obdaja celotno telo, izloča dvoloputasto lupino (slike 6.3 do 6.5). Najstarejši del lupine je umbo, kjer se lupina zasnuje. Od tu raste lupina v koncentričnih pasovih. Loputi povezuje ligament, ki je nemineralizirani del lupine. Spoj utrjuje sklep (ključavnica), ki je pogosto iz zobcev in luknjic, letvic in brazd. Školjčno lupino zapirajo mišice zapiralke (adduktorji), antagonist mišicam je elastični ligament. Plaščeva votlina je obsežna, v njej so škrge in noga. Noga je lahko močna, sekirasta ali pa reducirana. Na bazi noge so lahko žleze bisovnice, katerih izloček se v vodi strdi v bisusne nitke, s katerimi se školjka pritrja na podlago. Glava je reducirana. V zadnjem delu se robova plašča pogosto zrasteta, ostaneta le dve odprtini, ki se lahko oblikujeta v sifona. Skozi dotekalko prihaja voda v plaščevo votlino, obliva škrge in odteka skozi odtekalko. Škrge služijo izmenjavi plinov in prehranjevanju. Pokrite so z žleznim, migetalčnim epitelom. Organski drobcji se ujamejo v sluz, ki jo izločajo žleze, migetalke pa jih potiskajo proti ustom. Usta so obdana z obustnimi krpami, radule nimajo. Omigetalčen epitel potiska hrano v želodec, kamor sega kristalna palčka, ki nastaja v posebnem žepu za želodcem. Cilije žepa premikajo palčko, kar omogoča mešanje hrane v želodcu in sproščanje encimov. Tu se hrana sortira, večji delci potujejo v črevo, manjši delci pa v prebavne žleze (hepatopankreas), kjer poteka intracelularna prebava. Delno se hrana prebavlja tudi v želodcu.



SLIKA 6.3: Telesna zgradba školjke *Mytilus edulis*. Zadnji del školjke z odprtinami za pretok vode.



SLIKA 6.4: Telesna zgradba školjke *Mytilus edulis*. Mišice in živčevje.



SLIKA 6.5: Telesna zgradba školjke *Mytilus edulis*. Zgradba prebavila, lega škrge in bočnih votlin.

### Vaja:

4. *Sekcija školjke klapavice (Mytilus sp.):* Školjko v secirni banjici s pomočjo slik (slike 6.3 do 6.5) pravilno orientiraj. Na ventralni strani, v predelu, kjer izhajajo bisusne niti, potisni škarje v plaščevo votlino in prereži zadnjo mišico zapiralko. Školjčni lupini se razmakneta (voda iz plaščeve votline izteče). Oglej si oba sifona, anus in rob plašča. Nato školjčni lupini popolnoma odpri. Oglej si notranjost plaščeve votline: nogo, škrge, usta z obustnimi krpami, spretno in zadnjo mišico zapiralko, bisusne retraktorje in retraktorje noge. Nato odstrani levo školjčno lupino (prereži ligament na dorzalni strani ter mišice, ki se pripenjajo na levo školjčno lupino in del leve polovice plašča s škrkami). Lupino očisti in si oglej pritrđišča mišic, lego plašča in sklep. Troslojno zgradbo lupine si ogledaš tako, da očiščeno lupino večkrat prelomiš. Na preostalem preparatu (desna lupina) poišči usta. S škarjami zareži v smeri požiralnika in z nadaljnimi rezi sledi prebavni cevi. Oglej si želodec (kristalno palčko) s prebavnimi žlezami,

perikard in srce. Z dodatnimi rezi poišči gonade, ki ležijo med prebavnimi žlezami. Nato odreži delček škrg, ga položi na objektno steklo, dodaj kapljico morske vode z barvilom, pokrij s krovnim steklom in pod mikroskopom opazuj utripanje migetalk škržnega epitela.

#### 6.4 Telesna zgradba glavonožca

Glavonožci (Cephalopoda) so najbolj napredna skupina mehkužcev. So izključno morski, predatorski organizmi. Lupina je v obliki hišice razvita le pri brodniku (*Nautilus* sp.). Hišica je s septi predeljena v kamrice, ki so napolnjene s plinom, kar omogoča lebdenje. Telo je le v zadnji kamrici. Z rastjo se pomika naprej, zadaj pa izloči novo pregrado. Pri sipah in lignjih se lupina ohrani kot podkožna sipina kost oz. roženo pero, pri hobotnicah pa je povsem reducirana. Noga se spremeni v lijak in venec tentaklov, ki obdajajo usta na glavi. Skozi lijak se voda izbrizgava iz plaščeve votline, kar omogoča aktivno premikanje ("reaktivni pogon"). S premikanjem lijaka žival spreminja smer gibanja. Tentakli ne služijo le lovljenju hrane in premikanju. Pri samcih je eden izmed tentaklov spremenjen v paritveni organ, za prenos spermatoforja v plaščevo votlino samice. Glavonožci imajo delno zaprt krvožilni sistem, z dodatnimi srci, ki potiskajo kri skozi škrge. Živčevje in čutila, zlasti oči, so dobro razviti.

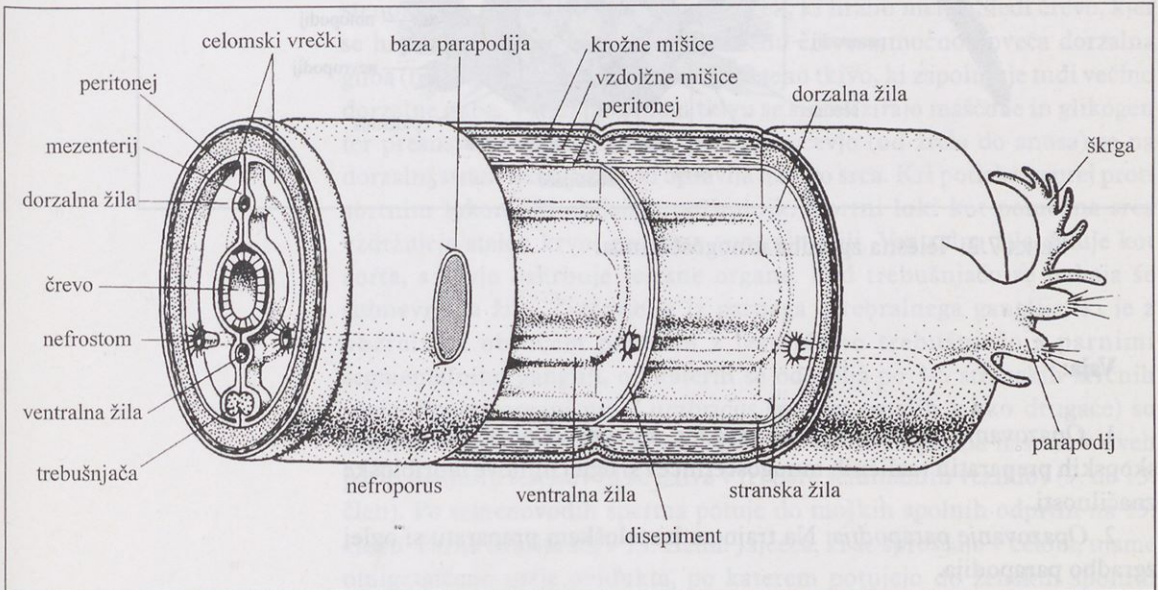
Brodnik ima dva para škrge in je edini živeči predstavnik četveroškrgarjev (Tetrabranchiata). Med dvoškrgarje (Dibranchiata) uvrščamo deseterolovkarje (Decabrachia), kamor sodijo lignji in sipe ter osmerolovkarje (Octobranchia), kamor uvrščamo hobotnice.

#### Vaja:

5. Primerjava telesne zgradbe različnih skupin glavonožcev: Na fiksiranih primerkih različnih glavonožcev si oglej njihovo zunanjo telesno zgradbo.

## 7. Kolobarniki (Annelida)

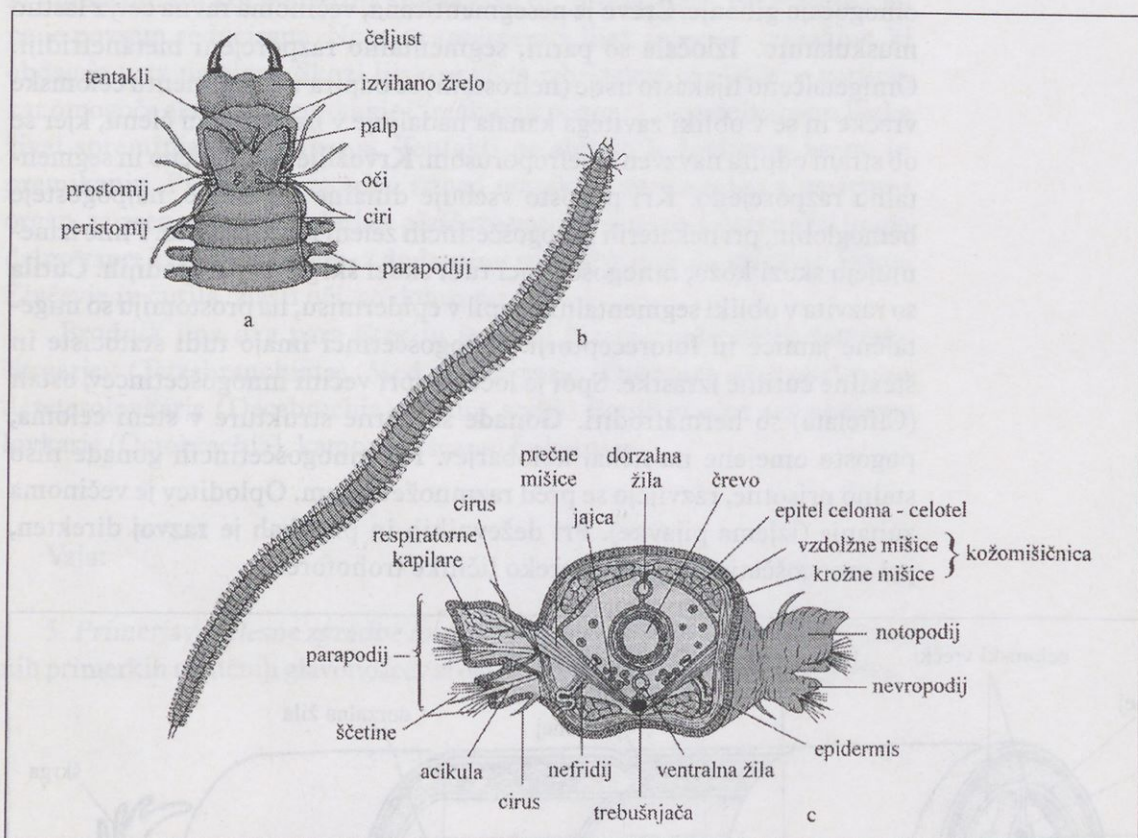
**Telo** kolobarnikov je bilateralno simetrično in prvotno enakomerno členjeno (homonomna metamerija). Telesni kolobarji (somiti ali metamere) vsebujejo parne celomske vrečke, katerih stena se nad in pod črevesom stika v dvoslojne mezenterije, med členi pa v disepimente (slika 7.1). Celomska tekočina omogoča transport plinov in metabolitov. Glavina in zadnjična krpa (prostomij in pigidij) nista prava člena in sta brez celoma. Prostomij se z obustnim členom (peristomijem) pogosto združuje v glavo. Novi kolobarji nastajajo v rastni coni pred pigidijem. Enoslojni žlezni epitel izloča kutikulo iz kolagena. Pod epitelom leži močna kožomišičnica iz krožnih in vzdolžnih, prečno progastih mišic, ki vzdržujejo hidrostatski skelet in omogočajo gibanje. **Črevo** je nesegmentirana, večinoma ravna cev, z lastno muskulaturo. **Izločala** so parni, segmentalno razporejeni metanefridiji. Omigetalčno lijakasto ustje (nefrostom) se odpira v disepimentu celomske vrečke in se v obliki zavitega kanala nadaljuje v naslednjem členu, kjer se ob strani odpira navzven z nefroporusom. **Krvožilje** je sklenjeno in segmentalno razporejeno. Kri pogosto vsebuje dihalne pigmente, najpogosteje hemoglobin, pri nekaterih mnogoščetincih zeleni klorokruorin. Pline izmenjujejo skozi kožo, mnogoščetinci tudi skozi škrge na parapodijih. **Čutila** so razvita v obliki segmentalnih papil v epidermisu, na prostomiju so mige-talčne jamice in fotoreceptorji. Mnogoščetinci imajo tudi statociste in številne čutilne izrastke. Spol je ločen le pri večini mnogoščetincev, ostali (Clitelata) so hermafroditi. **Gonade** so parne strukture v steni celoma, pogosto omejene na nekaj kolobarjev. Pri mnogoščetincih gonade niso stalno prisotne, razvijejo se pred razmnoževanjem. Oploditev je večinoma zunanja (izjema pijavke). Pri deževnikih in pijavkah je **razvoj** direkten, pri mnogoščetincih poteka preko ličinke trohofore.



SLIKA 7.1: Shema splošne telesne zgradbe kolobarnikov.

## 7.1 Telesna zgradba mnogoščetincev

Mnogoščetinci (Polychaeta) imajo posebne okončine prinožice ali parapodije, ki so zgrajene iz dorzalne (notopodija) in ventralne krpe (nevropodija) z močnimi osnimi ščetinami (acikulami) (slika 7.2). Izrastki na dorzalni in ventralni strani parapodijev (cirusi) imajo poleg čutilne lahko tudi dihalno vlogo. Pogosto so na dorzalni strani tudi škrge. Na prostomiju so številni izrastki (tentakli, ciri, ob ustih palpi), ki imajo čutilno vlogo in sodelujejo pri prehranjevanju. Prostoživeči mnogoščetinci (skupina "Errantia") so večinoma predatorji z izvihljivim žrelom in čeljustmi. Pri pritrjenih mnogoščetincih (skupina "Sedentaria"), ki tvorijo cevke ali živijo v rovih, pa so se peristomialni palpi razvili v obliki perjanice za filtriranje vode. So skoraj izključno morske živali.



SLIKA 7.2: Telesna zgradba mnogoščetinca.

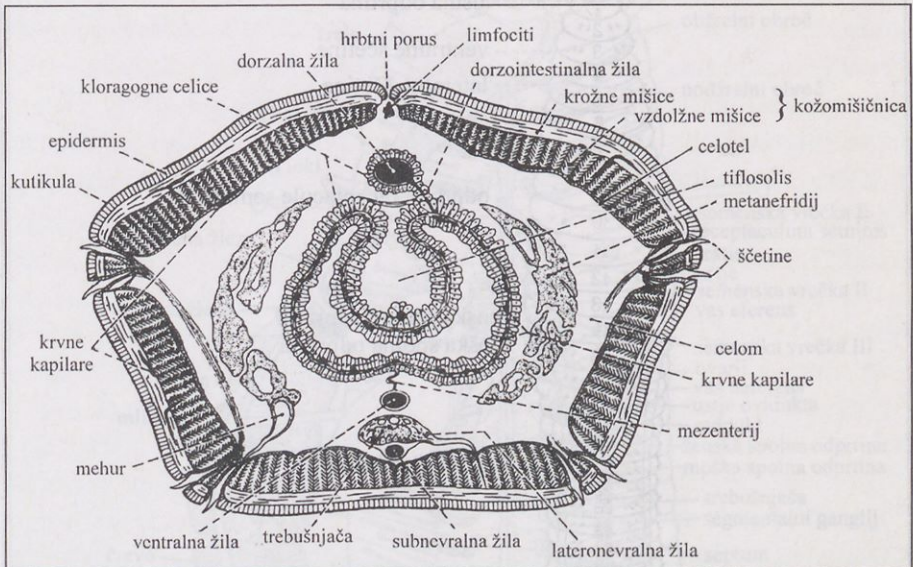
### Vaja:

1. *Opazovanje zunanje telesne zgradbe mnogoščetincev:* Na makroskopskih preparatih različnih mnogoščetincev si oglej njihove morfološke značilnosti.

2. *Opazovanje parapodija:* Na trajnem histološkem preparatu si oglej zgradbo parapodija.

## 7.2 Telesna zgradba maloščetincev

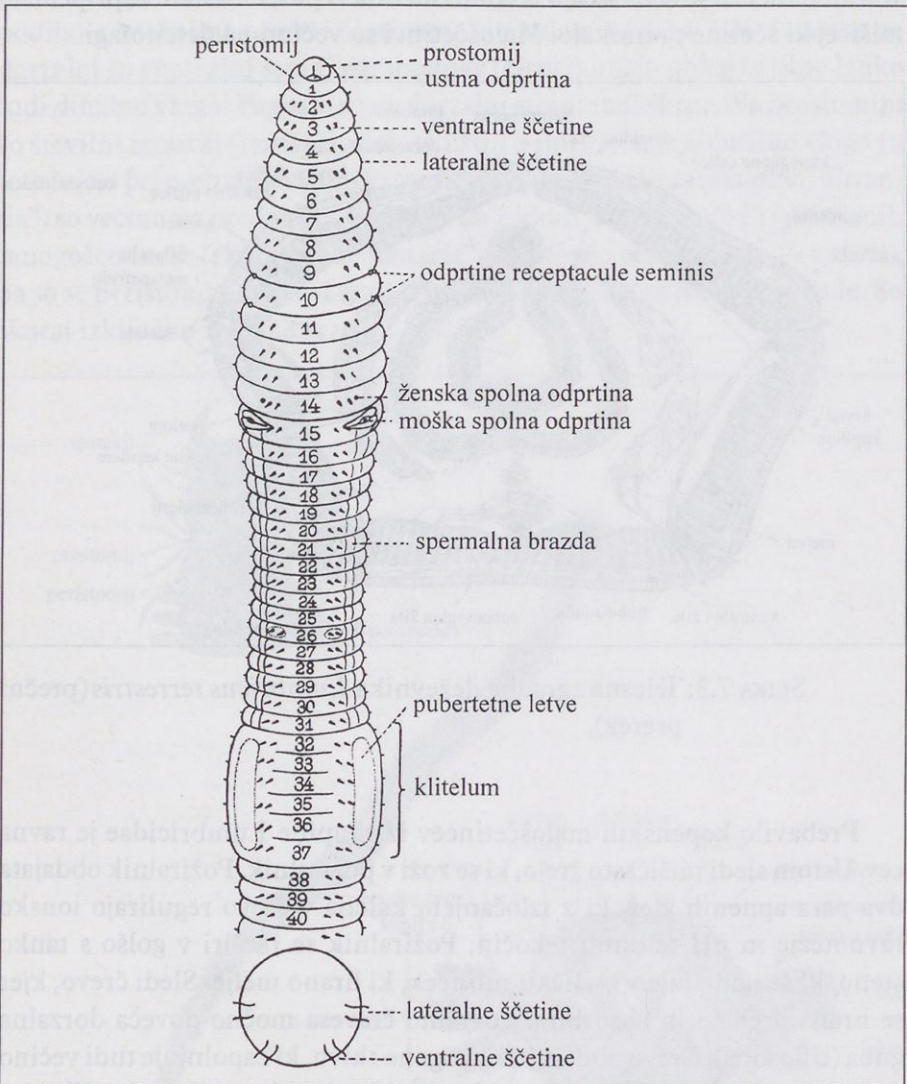
Maloščetinci (Oligochaeta) imajo okončine reducirane, ohranijo se le ščetine (slika 7.3). Te izraščajo iz epidermalnih žepov, na katere se pripenjajo mišice, ki ščetine premikajo. Maloščetinci so večinoma detritofagi.



SLIKA 7.3: Telesna zgradba deževnika *Lumbricus terrestris* (prečni prerez).

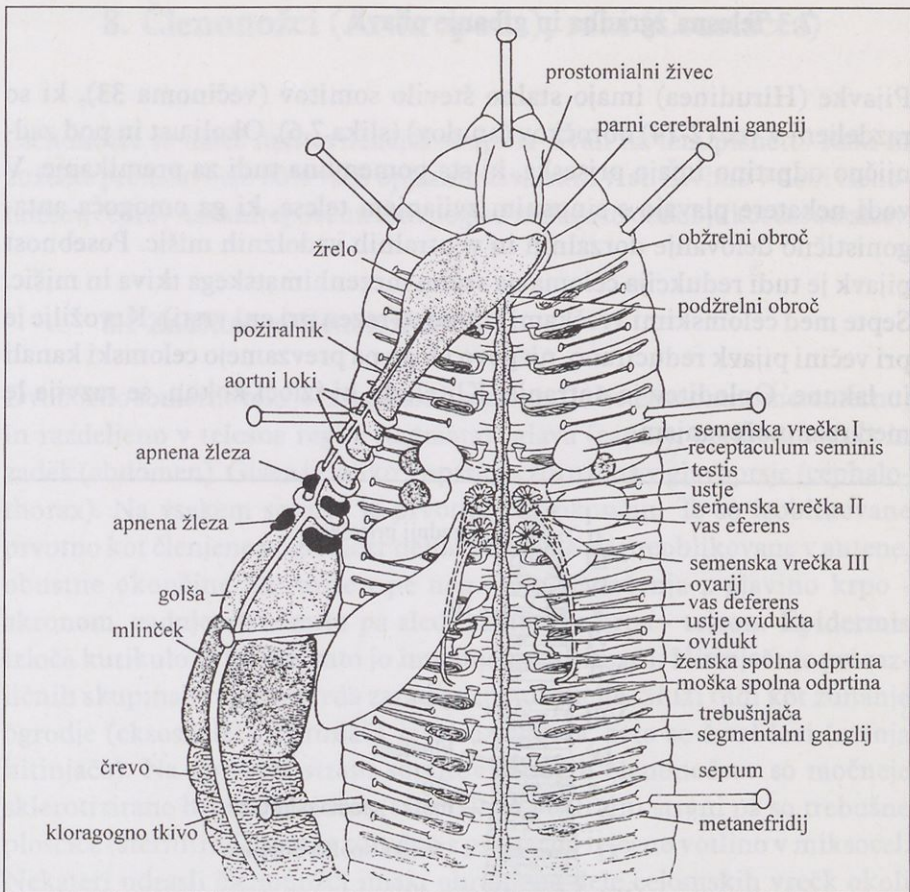
Prebavilo kopenskih maloščetincev iz skupine Lumbricidae je ravna cev. Ustom sledi mišičasto žrelo, ki se zoži v požiralnik. Požiralnik obdajata dva para apnenih žlez, ki z izločanjem kalcija v črevo regulirajo ionsko ravnotežje in pH telesnih tekočin. Požiralnik se razširi v golšo s tanko steno, ki se nadaljuje v mišičast mlinček, ki hrano melje. Sledi črevo, kjer se hrana prebavi in absorbira. Površino črevesa močno poveča dorzalna guba (tiflosolis). Črevo obdaja kloragogeno tkivo, ki zapolnjuje tudi večino dorzalne gube. V kloragogenem tkivu se sintetizirajo maščobe in glikogen ter presnavljajo proteini. Nad prebavno cevjo (od žrela do anusa) se na dorzalni strani nahaja žila, ki opravlja nalogo srca. Kri potiska naprej proti aortnim lokom, ki obdajajo požiralnik. Aortni loki kot pomožna srca vzdržujejo stalen krvni pritisk v ventralni žili. Ventralna žila deluje kot aorta, s krvjo oskrbuje telesne organe. Pod trebušnjačo se nahaja še subnevrvalna žila. Živčevje je iz parnega cerebralnega ganglija, ki je z obžrelnim obročem povezan z lestvičasto trebušnjačo s parnimi segmentalnimi gangliji, od katerih se odceplja po 3-5 stranskih živčnih vrvic. Spolni organi pri *Lumbricus* sp. (pri ostalih lahko drugače) so ventralno med 9. in 15. členom (sliki 7.4 in 7.5). Sperma nastaja v dveh parih majhnih testisov in se izliva v tri pare seminalnih veziklov (9. do 13. člen). Po semenovodih sperma potuje do moških spolnih odprtih na 15. členu. Parna ovarija sta v 13. členu. Jajčeca, ki se sproščajo v celom, ujame omigetalčno ustje ovidukta, po katerem potujejo do ženskih spolnih odprtih na 14. členu. Ob kopulaciji se dva osebka povežeta s pomočjo žleznega pasu (slika 7.4). Izmenjata si spermo, ki po spermalnih brazdah potuje do parnih spermatek (receptacula seminis) na 9. in 10. členu. Osebka se ločita, klitelum pa izloči kokon, ki se pomika anteriorno. V kokon se

najprej sprostijo jajčeca, nato pa še spermiji iz semenskih veziklov. Oplo-ditev in embriogeneza potekata v kokonu, ki ga odložijo v podlago. Nekateri maloščetinci se razmnožujejo tudi vegetativno, z delitvijo.



SLIKA 7.4: Telesna zgradba deževnika *Lumbricus terrestris*. Lega kliteluma in spolnih odprtin (sprednja ventralna stran).





SLIKA 7.5: Lega notranjih organov pri *Lumbricus terrestris*.

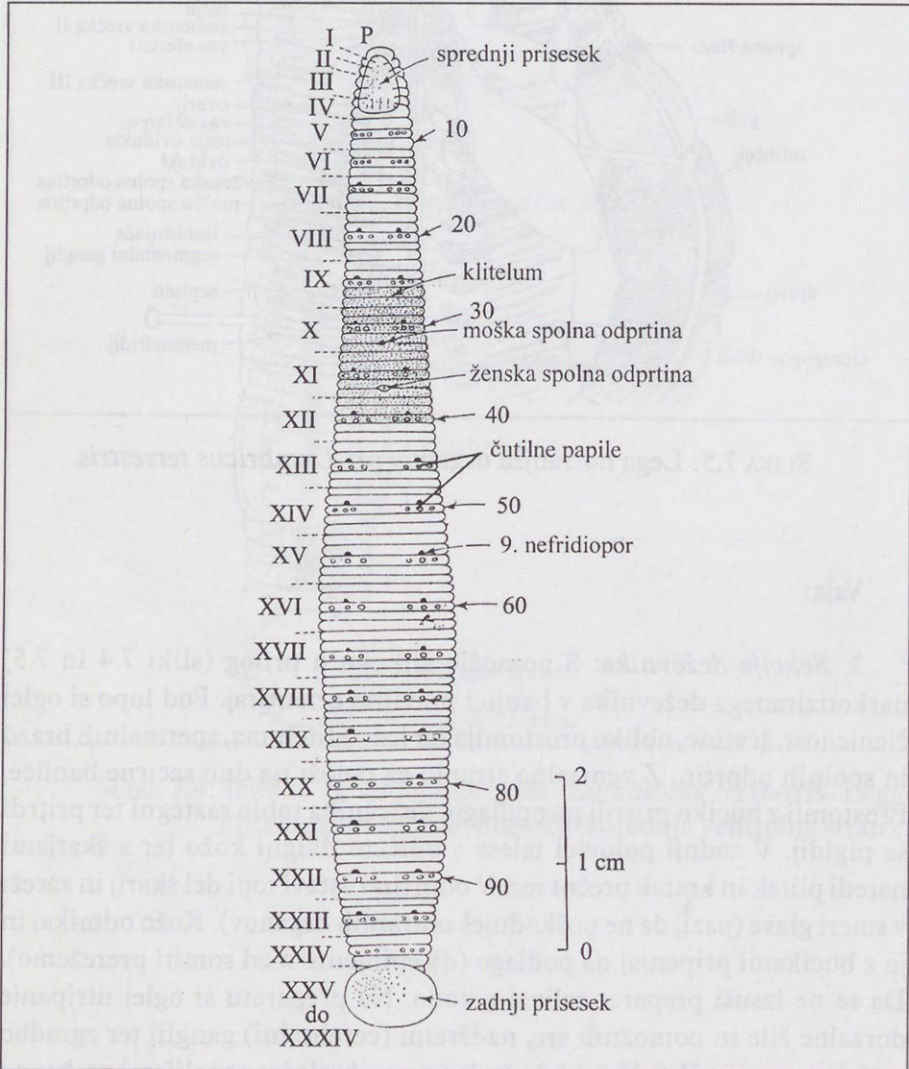
### Vaja:

3. *Sekcija deževnika*: S pomočjo slikovnih prilog (sliki 7.4 in 7.5) narkotiziranega deževnika v banjici pravilno orientiraj. Pod lupo si oglej členjenost, ščetine, obliko prostomija ter lego kliteluma, spermalnih brazd in spolnih odprtin. Z ventralno stranjo ga položi na dno secirne banjice. Prostomij z buciko pritrdi na podlago, deževnika rahlo raztegni ter pritrdi še pigidij. V zadnji polovici telesa s pinceto dvigni kožo ter s škarjami naredi plitek in kratek prečni rez. V odprtino vstavi topi del škarij in zareži v smeri glave (pazi, da ne poškoduješ notranjih organov). Kožo odmikaj in jo z bucikami pripenjaj na podlago (disepimente med somiti prerežemo). Da se ne izsuši preparat zalivaj z vodo. Na preparatu si oglej utripanje dorzalne žile in pomožnih src, nadžrelni (cerebralni) ganglij ter zgradbo prebavne cevi in žlez. V predelu žrela (za cerebralnim ganglijem) prebavno cev nato prereži in odstrani. Ločeno prebavno cev vzdolžno zareži in si oglej steno prebavila, zgradbo žlez in vsebino prebavila. Na preostalem delu živali si oglej gonade, izločala in živčevje.

4. *Opazovanje notranje zgradbe deževnika*: Na histološkem preparatu si oglej notranjo zgradbo deževnika (*Lumbricidae*).

### 7.3 Telesna zgradba in gibanje pijavk

Pijavke (Hirudinea) imajo stalno število somitov (večinoma 33), ki so razdeljeni v več (2-14) obročkov (anulov) (slika 7.6). Okoli ust in pod zadnjično odprtino imajo priseska, ki sta pomembna tudi za premikanje. V vodi nekatere plavajo s sinusnim zvijanjem telesa, ki ga omogoča antagonistično delovanje dorzalnih in ventralnih vzdolžnih mišic. Posebnost pijavk je tudi redukcija celoma na račun mezenhimatskega tkiva in mišic. Septe med celomskimi vrečkami izginejo (razen pri eni vrsti). Krvožilje je pri večini pijavk reducirano, njegovo vlogo pa prevzamejo celomski kanali in lakune. Oploditev je notranja. Klitelum, ki izloči kokon, se razvije le med razmnoževanjem.



SLIKA 7.6: Telesna zgradba medicinske pijavke *Hirudo medicinalis*. Lega kliteluma in spolnih odprtin.

#### Vaja:

5. *Opazovanje gibanja pijavk:* Oglej si značilno gibanje živih pijavk.
6. *Opazovanje zunanje zgradbe pijavk:* Na fiksiranih živalih, si oglej zunanjo telesno zgradbo pijavk.

## 8. Členonožci (Arthropoda); raki (Crustacea)

Členonožci so daleč najštevilčnejša skupina živali na tem planetu. Raki in žuželke predstavljajo 80% vseh opisanih živalskih vrst. Živimo v dobi členonožcev, čeprav naš antropocentričen pogled razlaga to obdobje kot čas sesalcev.

### 8.1 Značilnosti členonožcev

Dvobočno somerno **telo** je iz neenakih somitov (je heteronomno metamerno) in razdeljeno v telesne regije (tagmata): glava (caput), oprsje (thorax) in zadek (abdomen). Glava je lahko z oprsjem združena v glavoprsje (cephalothorax). Na vsakem somitu je prvotno par okončin. Te so izoblikovane prvotno kot členjene noge, sicer delno pokrneli ali preoblikovane v antene, obustne okončine ali razne tipe nog. Telo se začinja z glavino krpo - akronom, zadnjemu somitu pa sledi zadnjična krpa - telzon. **Epidermis** izloča kutikulo iz hitina, zato jo imenujemo hitinjača. Hitinjača je pri različnih skupinah različno trda zaradi mineralizacije. Služi tudi kot zunanje ogrodje (eksoskelet). Hitinjača je neraztegljiva, zato se žival levi (menja hitinjačo). Na dorzalni strani somitov mnogih členonožcev so močnejše sklerotizirane hrbtne ploščice (tergiti), na ventralni strani pa so trebušne ploščice (sterniti). **Celom** je združen s primarno telesno votlino v miksocel. Nekateri odrasli členonožci imajo ohranjene dele celomskih vrečk okoli izločal in gonad. Ustno preddverje obdajajo **obustne okončine**. To so preoblikovane noge prirejene za različne načine prehranjevanja. **Krvožilni sistem** je odprt in je sestavljen iz dorzalnega krčljivega srca z lateralnimi odprtinami (ostijami), arterij in hemocela (s krvjo napolnjenih telesnih špranj). **Dihajo** s telesno površino, škrkami, trahejami, trahejalnimi žepi idr. Parna **izločala** so koksalne, antenalne ali maksilarne žleze ali Malpighijeve cevke. **Centralno živčevje** je iz sestavljenih možganov, obžrelnega obroča in lestvičaste trebušnjače s parnimi gangliji v večini somitov. Pri nekaterih vrstah pride do zlivanja ganglijev. **Spola** sta v večini primerov ločena (so gonohoristi). Spolni aparat sestavljajo parni spolni organi s parnimi izvodili. **Oploditev** je običajno notranja, v mladostnem razvoju je pogosta preobrazba (metamorfoza).

### 8.2 Značilnosti rakov

Raki živijo pretežno v morju, mnogo je tudi sladkovodnih, nekateri pa so uspešni tudi na kopnen. Med rake sodijo skoraj mikroskopski organizmi ter tudi več decimetrov veliki in več kilogramov težki raki. Raki se od drugih artropodov razlikujejo po tem, da imajo primitivnejši predstavniki nekatere noge še dvovejnat in da imajo raki dva para anten, vsi drugi artropodi pa samo en par.

Število somitov pri rakih je zelo različno. Večje število členov je primitiven znak. **Telo** je sestavljeno iz glave, oprsja (pereon je "ostanek" oprsja, če se sprednji del zlije z glavo v glavoprsje, noge na tem delu so pereopodi) in zadka (pleon s pleopodi). Pogosto pride do zlitja (fuzije) členov (npr. v glavoprsje). Pri mnogih rakih dorzalni in lateralni del telesa prekriva kožna guba ali **koš** (karapaks). Vse **okončine** razen (najverjetneje) prvih anten so

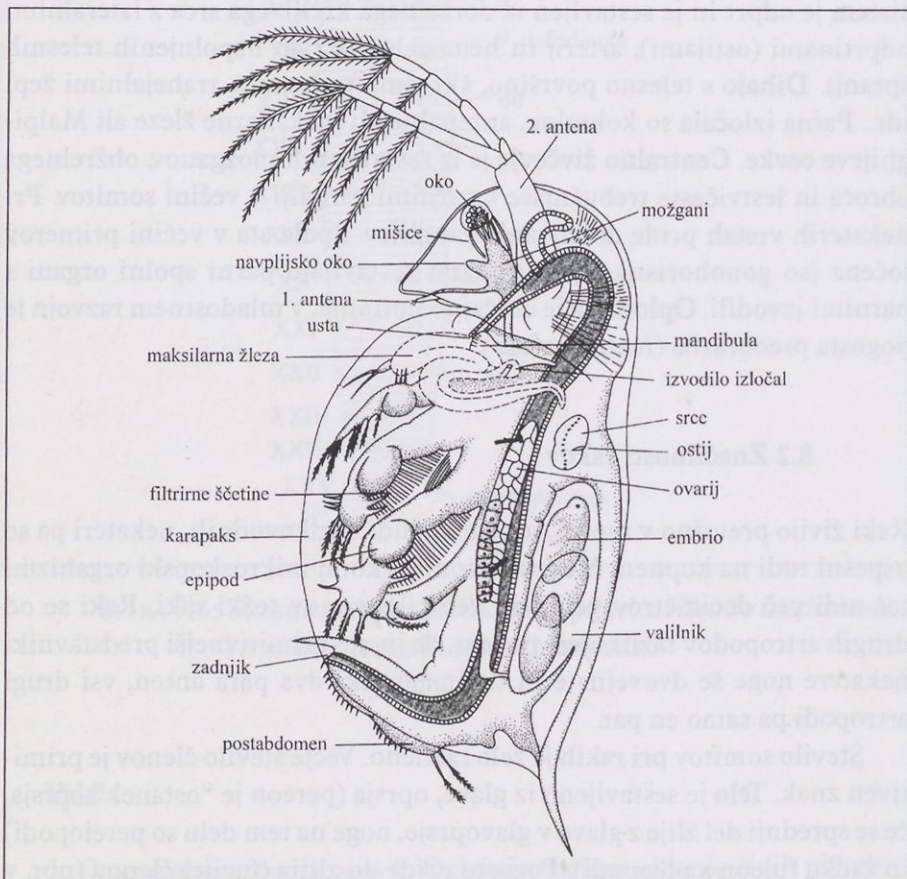
prvotno dvovejnat. Nekateri predstavniki imajo torakalne noge opremljene s škarjami (helami) ali kleščicami (subhelami).

Manjši raki **dihajo** s celotno telesno površino ali skozi tanko kutikularno površino npr. na nogah. Večji raki imajo škrge, ki so nežni listasti izrastki pokriti s tanko kutikulo. Pri dekapodih so škrge v celoti pod košem. Škrge lahko izraščajo iz plevralne telesne stene, iz pregiba med trupnimi nogami in telesom ali iz koks torakalnih nog. **Izločala** pri rakih so cevaste strukture, ki se nahajajo na ventralni strani glave pred požiralnikom. To so antenalne žleze, če se izlivajo na bazi anten, ali maksilarne, če se izlivajo na bazi drugega para maksil. **Način prehranjevanja** se med skupinami rakov močno razlikuje. Mnogi raki so plenilci, veliko je filtratorjev, nekateri se prehranjujejo z odmrlim organskim materialom, nekaj pa je tudi zajedalskih. Nekateri raki se lahko prehranjujejo na več načinov.

### 8.3 Raznolikost in razvrščanje rakov

#### 8.3.1 Subclassis: BRANCHIOPODA - škrgonožci

Med škrgonožci je najštevilčnejši in zato zelo pomemben red Cladocera, v katerega spadajo vodne bolhe (*Daphnia*) (slika 8.1). Te predstavljajo velik delež sladkovodnega zooplanktona. Pri vodnih bolhah karapaks obdaja trup, a ne glave. Škrgonožci imajo reducirane prve antene in druge maksile. Noge so navadno listaste in služijo kot dihala, za plavanje in za prehranjevanje (filtracija). Škrgonožci so večinoma sladkovodni organizmi. Vodne bolhe neugodne razmere premagujejo z odpornimi, oplojenimi jajci (v efipijih).



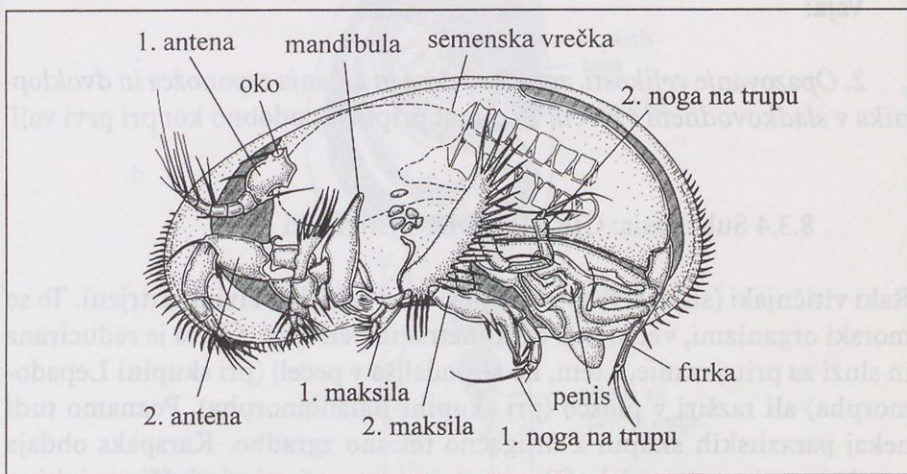
SLIKA 8.1: Anatomija vodne bolhe.

## Vaja:

1. Opazovanje velikosti, telesne zgradbe in gibanja vodne bolhe (*Daphnia magna* ali *Daphnia pulex*) in opazovanje efipijev: Nekaj vodnih bolh in efipijev iz kulture prenesi (skupaj z medijem) v stekleno petrijevko in opazuj pod lupo. Za opazovanje telesne zgradbe lahko uporabiš tudi mikroskop.

### 8.3.2 Subclassis: OSTRACODA - dvoklopniki

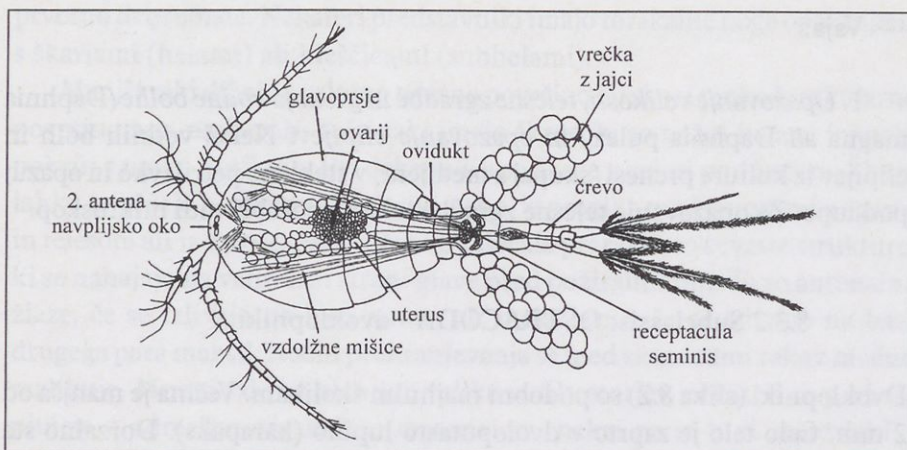
Dvoklopniki (slika 8.2) so podobni majhnim školjkam. Večina je manjša od 2 mm. Celo telo je zaprto v dvoloputasto lupino (karapaks). Dorzalno sta loputi lupine povezani z elastično vezjo. Trup je močno skrajšan, ohranjena sta največ dva para trupnih nog, lahko tudi manjkajo. Večina dvoklopnikov živi na dnu ali pleza po rastlinah. Imajo različne prehranjevalne navade. Razširjeni so predvsem v morju, številni pa so tudi v sladkih vodah.



SLIKA 8.2: Anatomija dvoklopnika.

### 8.3.3 Subclassis: COPEPODA - ceponožci

Tudi ceponožci (slika 8.3) so milimetrskih velikosti. Karapaksa nimajo. Glava in šestčlensko oprsje tvorita glavoprsje. Prvi par anten je običajno daljši od ostalih okončin. Na trupu imajo par enovejnatih maksilipedijev in štiri pare ploščatih, dvovejnatih plavalnih nog. Peti par je reduciran. Zadek je brez nog in se konča s furko. Ceponožci so zelo raznolika skupina. Med njimi je tudi mnogo parazitov in simbiotov. Nekateri so tako spremenjeni, da njihova telesna zgradba ne kaže več niti artropodskih značilnosti. Razvoj ceponožcev je indirektn, preko ličinke navplij. Metamorfoza je še posebej nenavadna pri nekaterih parazitskih skupinah. Prostoživeči ceponožci so sestavni del morskega (*Calanus*) in sladkovodnega zooplanktona (*Cyclops*, *Diaptomus*) ali bentosa.



SLIKA 8.3: Anatomija ceponožca.

### Vaja:

2. *Opazovanje velikosti, zgradbe telesa in gibanja ceponožca in dvoklop-nika v sladkovodnem vzorcu:* Preparat pripravi podobno kot pri prvi vaji.

#### 8.3.4 Subclassis: CIRRIPEDIA - vitičnjaki

Raki vitičnjaki (slika 8.4) so posebneži med raki, ker živijo pritrjeni. To so morski organizmi, večinoma centimetrskih velikosti. Glava je reducirana in služi za pritrjevanje, s tem, ko se podaljša v pecelj (pri skupini Lepadomorpha) ali razširi v ploščo (pri skupini Balanomorpha). Poznamo tudi nekaj parazitskih skupin z drugačno telesno zgradbo. Karapaks obdaja oprsje in reduciran zadek. Okrepljen je z apnenčastimi ploščicami, ki se lahko tesno staknejo in preprečijo izsušitev med oseko. Torakalne noge so dolge, členjene in vitičaste in se iztezajo skozi odprtine med ploščicami. Vitičnjaki so večinoma hermafroditi.

### Vaja:

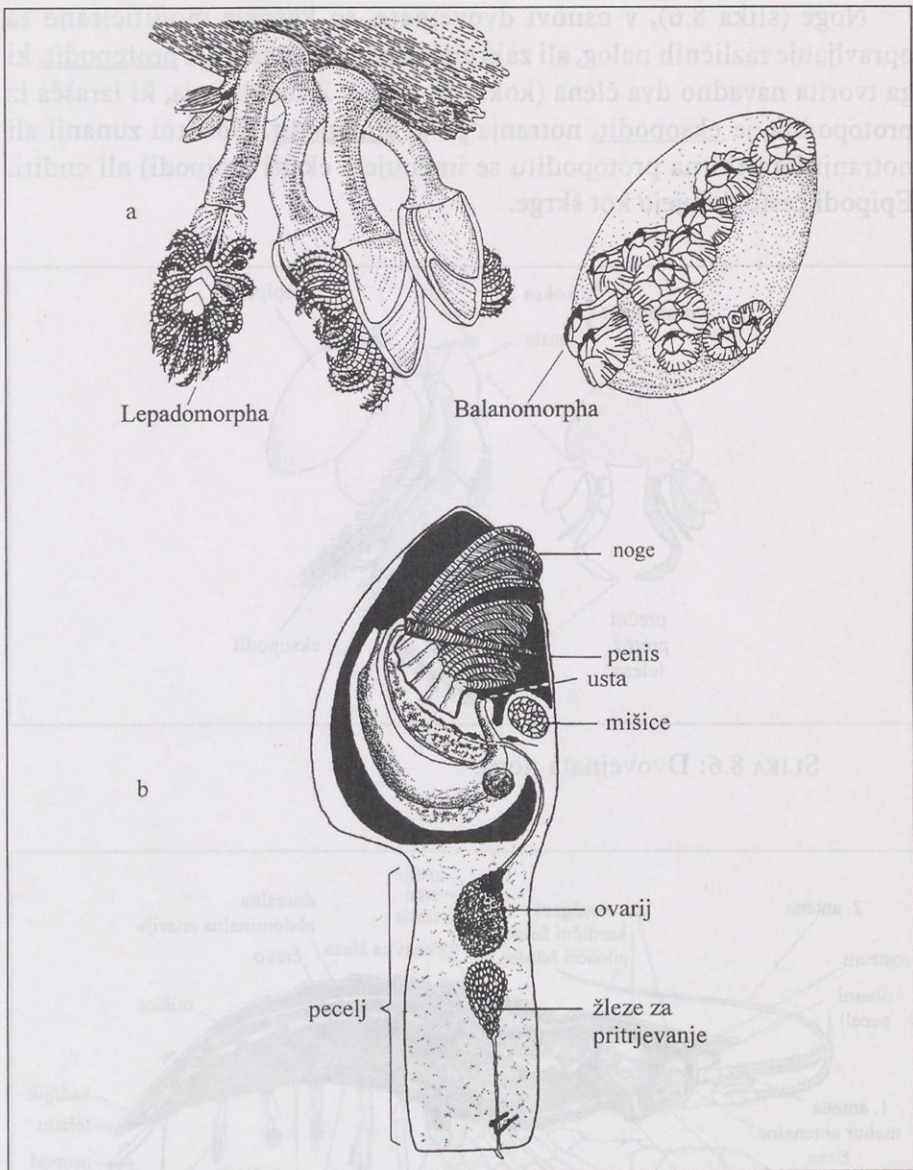
3. *Opazovanje zunanje telesne zgradbe rakov vitičnjakov:* Na fiksiranih in suhih makroskopskih preparatih rakov vitičnjakov si poglej apnenčaste ploščice na karapaksu.

#### 8.3.5 Subclassis: MALACOSTRACA

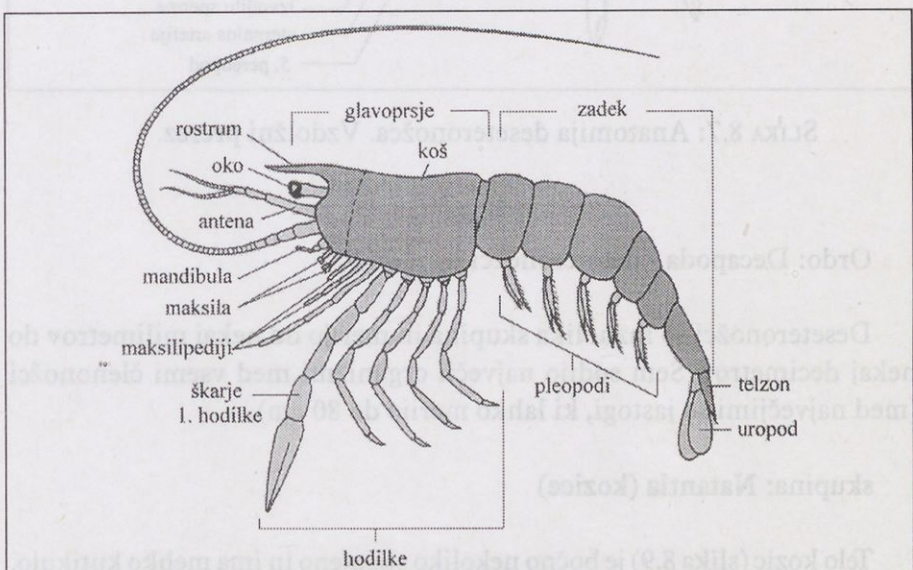
Skupina Malacostraca je najštevilčnejša račja skupina. Vanjo spadajo zelo raznoliki raki.

Telesna zgradba je v celi skupini podobna (slika 8.5):

- glava iz petih somitov
- oprsje iz osmih somitov
- zadek iz šestih somitov (konča se z zadnjično krpo ali telzonom).

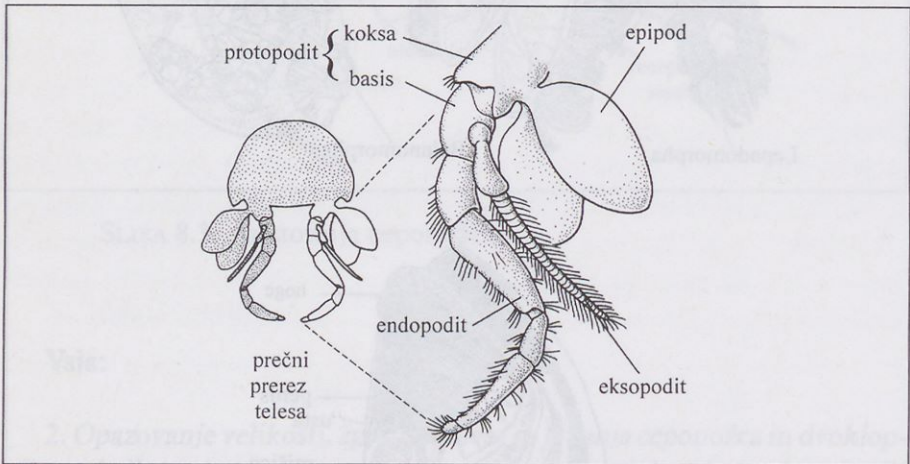


SLIKA 8.4: Zunanji izgled dveh skupin rakov vitičnjakov (a) in anatomija vitičnjaka iz skupine Lepadomorpha (b).

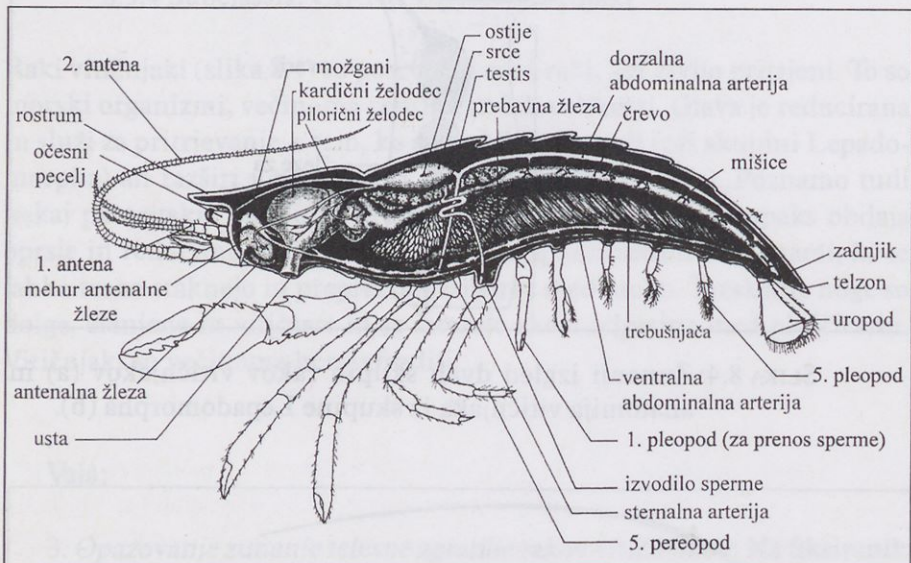


SLIKA 8.5: Telesna zgradba raka iz skupine Malacostraca.

Noge (slika 8.6), v osnovi dvovejnate, so kasneje modificirane za opravljanje različnih nalog, ali zakrnijo. Bazalni del noge je protopodit, ki ga tvorita navadno dva člena (koksa in basis). Zunanja veja, ki izrašča iz protopodita, je eksopodit, notranja pa je endopodit. Dodatni zunanji ali notranji izrastki na protopoditu se imenujejo eksiti (epipodi) ali enditi. Epipodi često delujejo kot škrge.



SLIKA 8.6: Dvovejnata noga.



SLIKA 8.7: Anatomija deseteronožca. Vzdolžni prerez.

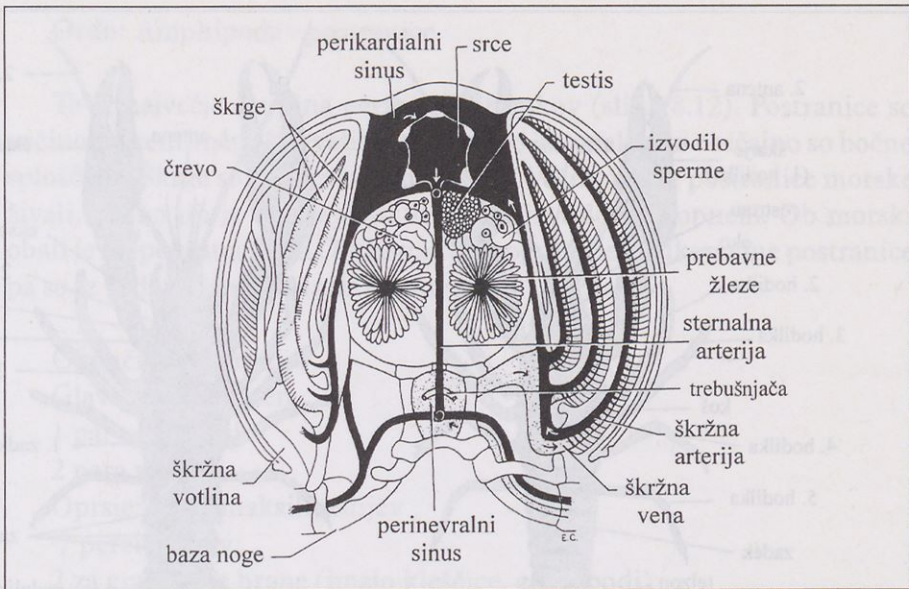
Ordo: Decapoda - deseteronožci

Deseteronožci so raznolika skupina in merijo od nekaj milimetrov do nekaj decimetrov. Sem sodijo največji organizmi med vsemi členonožci (med največjimi so jastogi, ki lahko merijo do 80 cm).

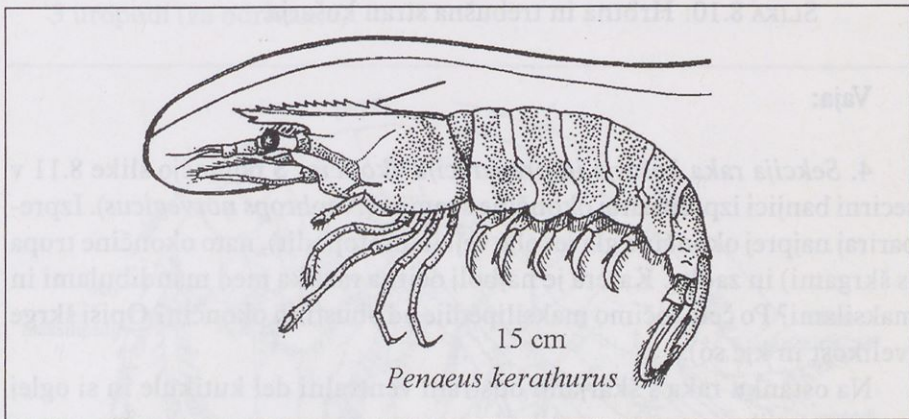
skupina: **Natantia (kozice)**

Telo kozic (slika 8.9) je bočno nekoliko stisnjeno in ima mehko kutikulo. Imajo dobro razvite plavalne pleopode.





SLIKA 8.8: Anatomija desetonožca. Prečni prerez toraksa.



SLIKA 8.9: Skica kozice.

skupina: **Reptantia (košarji)**

Kutikula košarjev (slika 8.10) je bolj toga kot kutikula kozic, lahko je tudi poapnela. Košarji za razliko od kozic ne plavajo s pleopodi. Pleon in uropodi so različno diferencirani (glede na oblikovanost uropodov jih razvrščamo v več skupin): Palinura (rarog - *Palinurus*), Astacura (škamp - *Nephrops*, jastog - *Homarus*, potočni rak - *Astacus*), Brachyura (rakovice), Anomura (samotarec - *Pagurus*).

Okončine večine desetonožcev:

Glava: 2 para anten

1 par mandibul

2 para maksil

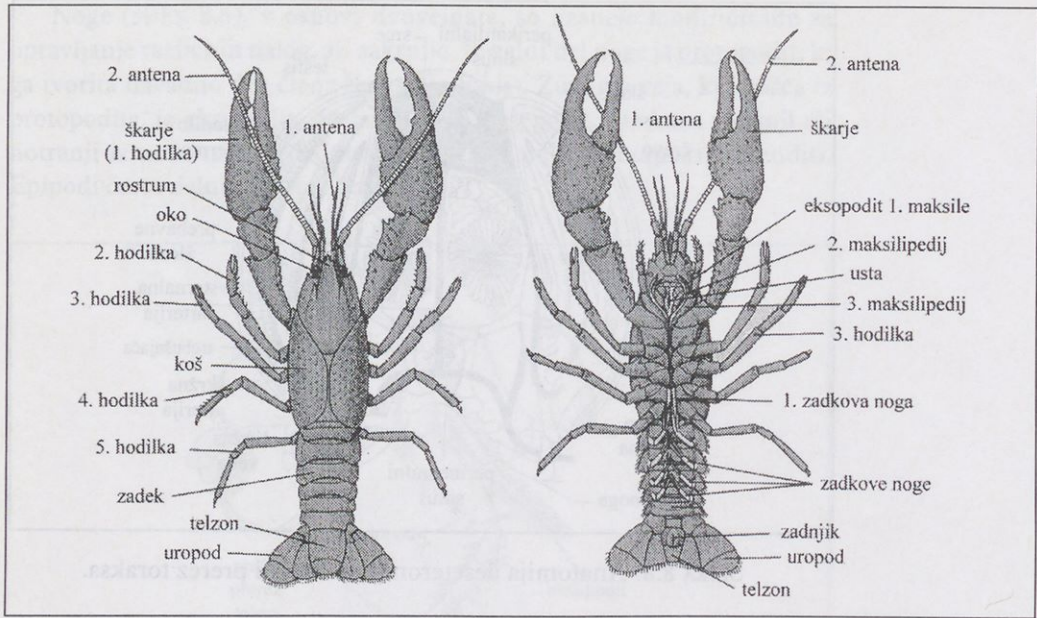
Oprsje: 3 pari maksilipedijev

5 parov hodilk (1. par ali več imajo škarje)

Zadek: 2 para gonopodov, tudi za plavanje

3 pari plavalnih nog

1 par uropodov

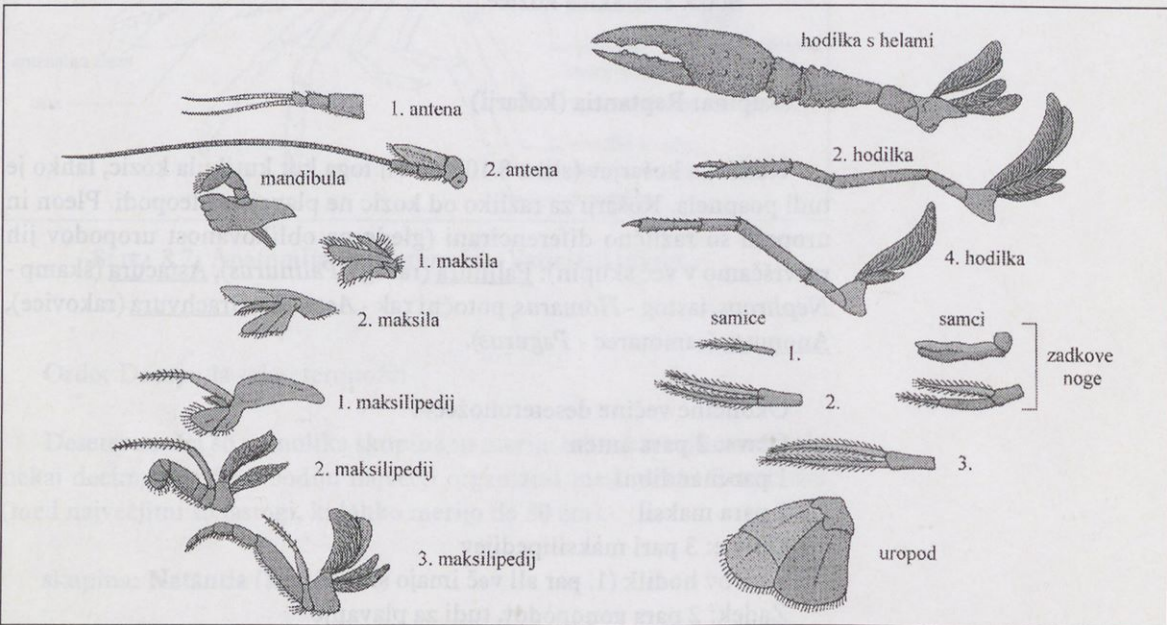


SLIKA 8.10: Hrbtna in trebušna stran košarja.

**Vaja:**

4. *Sekcija raka košarja in preparacija okončin:* S pomočjo slike 8.11 v secirni banjici izprepariraj okončine škampa (*Nephrops norvegicus*). Izprepariraj najprej okončine glave (obe veji in protopodit), nato okončine trupa (s škrkami) in zadka. Katera je najbolj očitna razlika med mandibulami in maksilami? Po čem ločimo maksilipedije od obustnih okončin? Opiši škrge (velikost in kje so).

Na ostanku raka s škarjami odstrani ventralni del kutikule in si oglej lego notranjih organov.



SLIKA 8.11: Okončine raka košarja.

Ordo: Amphipoda - postranice

To je največja skupina perikaridnih rakov (slika 8.12). Postranice so večinoma centimetrskih velikosti. Nimajo karapaksa in običajno so bočno sploščene. Škrge so na torakalnih koksah. Večinoma so postranice morske živali, veliko jih je tudi v sladkih vodah in celo na kopnem. Ob morski obali je najpogostejši rod *Orchestia*; najpogostejše sladkovodne postranice pa so iz rodov *Gammarus* in *Niphargus*.

Okončine postranic:

Glava: 2 para anten

1 par mandibul

2 para maksil

Oprsje: 1 par maksilipedijev

7 pereopodov:

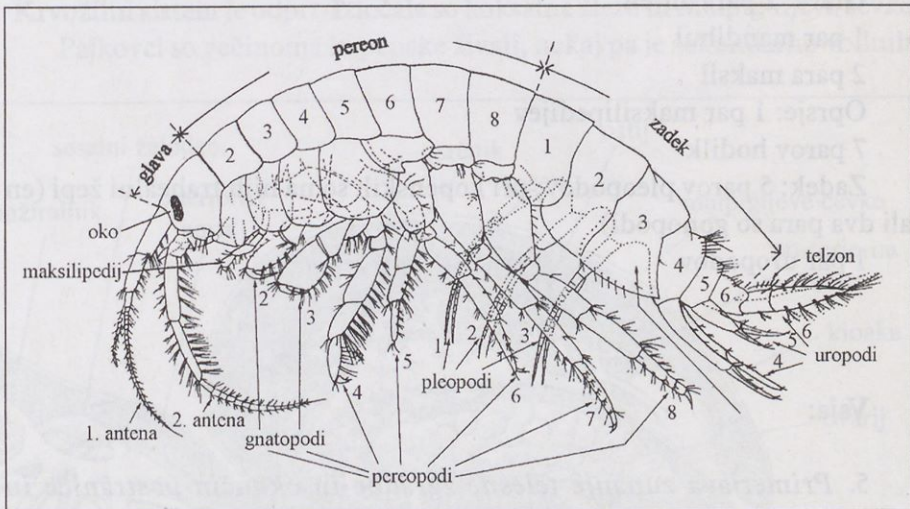
2 za grabljenje hrane (imajo kleščice, gnatopodi)

5 parov hodilk

Zadek: 6 pleopodov:

3 pleopodi (za plavanje)

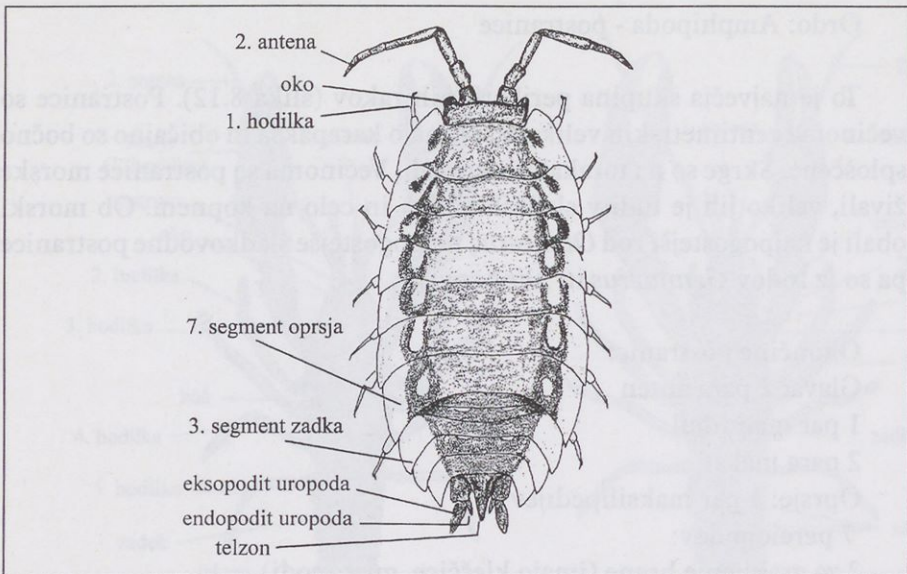
3 uropodi (za odrivanje)



SLIKA 8.12: Bočna stran postranice.

Ordo: Isopoda - enakonožci

Enakonožci (slika 8.13) so večinoma centimetrskih velikosti. Telo je navadno dorziventralno sploščeno. Sedem parov pereopodov je med sabo podobnih, od tod ime enakonožci. Zadkovi segmenti so prosti ali pa zrasli na različne načine. Pleopodi so največkrat listasti. Nekateri se lahko zvijejo v kroglico. Največ vrst izopodov živi v morju. Za razliko od vseh ostalih rakov so uspešno poselili tudi kopno. Mnogi so tudi paraziti. Kopenski izopodi imajo vrsto prilagoditev na kopenski način življenja. Čeprav jih najdemo tudi v puščavah, so vselej močno odvisni od okoliške vlage, ker nimajo voskaste epikutikule tako kot žuželke. Pogosti kopenski predstavniki pri nas so iz rodov *Porcellio* in *Armadillidium*, sladkovodni iz rodu *Asellus*, na morski obali sta pogosta rodova *Ligia* in *Sphaeroma*. Morski živijo v bentosu (rod *Idotea*) ali kot paraziti na ribah (rod *Anilocra*).



SLIKA 8.13: Hrbtna stran kopenskega izopodnega raka.

Okončine tipičnih enakonožcev:

Glava: 2 para anten

1 par mandibul

2 para maksil

Oprsje: 1 par maksilipedijev

7 parov hodilk

Zadek: 5 parov pleopodov; pri kopenskih so na njih trahealni žepi (en ali dva para so gonopodi)

1 par uropodov

**Vaja:**

5. *Primerjava zunanje telesne zgradbe in okončin postranice in sladkovodnega enakonožca.*

6. *Sekcija kopenskega izopodnega raka:* Narkotizirano žival s hrbtno stranjo pritrdi na čebelji vosek, ki si ga pred tem stopil z razgreto stekleno paličico. Na ventralni strani si z lupo oglej namestitvev in obliko okončin (obustnih okončin, pereopodov in pleopodov). Poskušaj določiti spol. Poglej si lego trahealnih škrg. Živali odreži glavo (dekapitiraj), odstrani ventralno stran kutikule in si oglej lego in zgradbo prebavila.

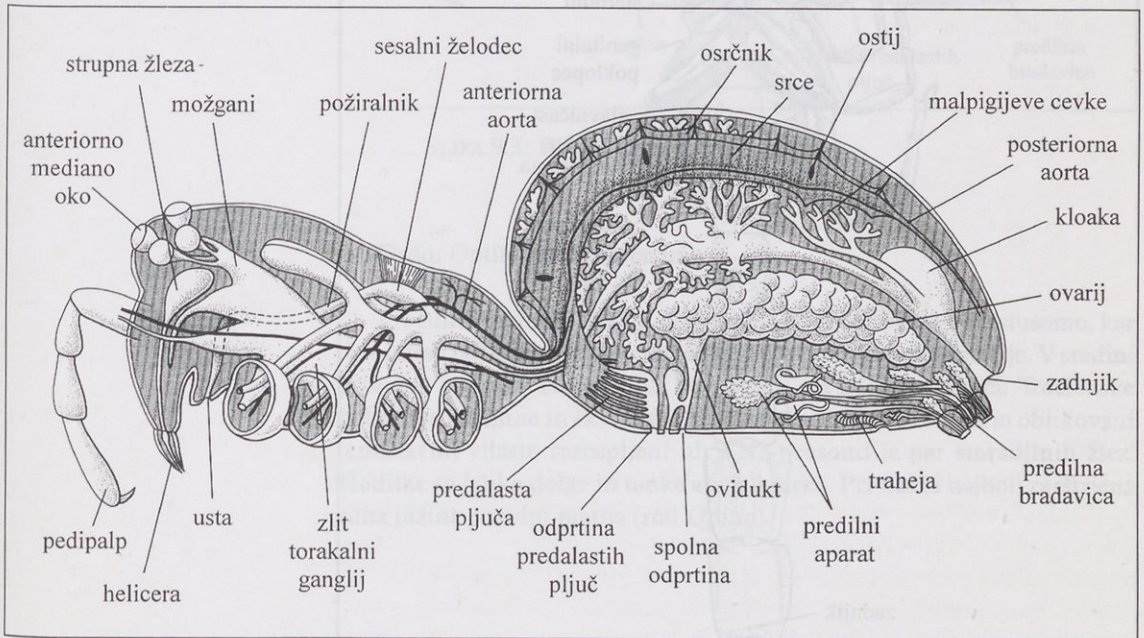
## 9. Členonožci (Arthropoda); pajkovci (Arachnida)

### 9.1 Značilnosti pajkovcev

Pajkovci (slika 9.1) nimajo anten in mandibul. **Telo** je iz glavoprsja (prosome), na katerem je par helicer, par pedipalпов in štiri pari hodilk, in zadka (opistosome), na katerem so okončine močno spremenjene (v predilne bradavice) ali pokrneli.

Helicere sodelujejo pri prehranjevanju, pedipalpi pa so različno oblikovani in imajo različne vloge. Zadek je členjen le pri primitivnejših skupinah. **Dihala** so predalasta pljuča ali cevaste traheje. Traheje pri pajkovcih so podobne trahejam pri žuželkah, vendar sta se oba dihalna sistema najbrž razvila ločeno. Vsi pajkovci (razen mnogih pršic) so predatorji. Prebava delno poteka že zunaj telesa. **Prebavilo** je tako kot pri drugih živalih iz treh delov: stomodeuma, mezenterona in proktodeuma. Sprednji del prebavila (usta, požiralnik in želodec) je v obliki črpalke, ki sesa že delno prebavljeno hrano. Srednje črevo (mezenteron) je najaktivnejši del pri presnovi hrane. Lahko je bogato razvejano in zapolnjuje večji del opistosome. Neprebavljeni ostanki hrane gredo skozi kratko zadnje črevo do anusa. **Krvožilni sistem** je odprt. **Izločala** so koksalne žleze in Malpighijeve cevke.

Pajkovci so večinoma kopenske živali, nekaj pa je sekundarno vodnih.

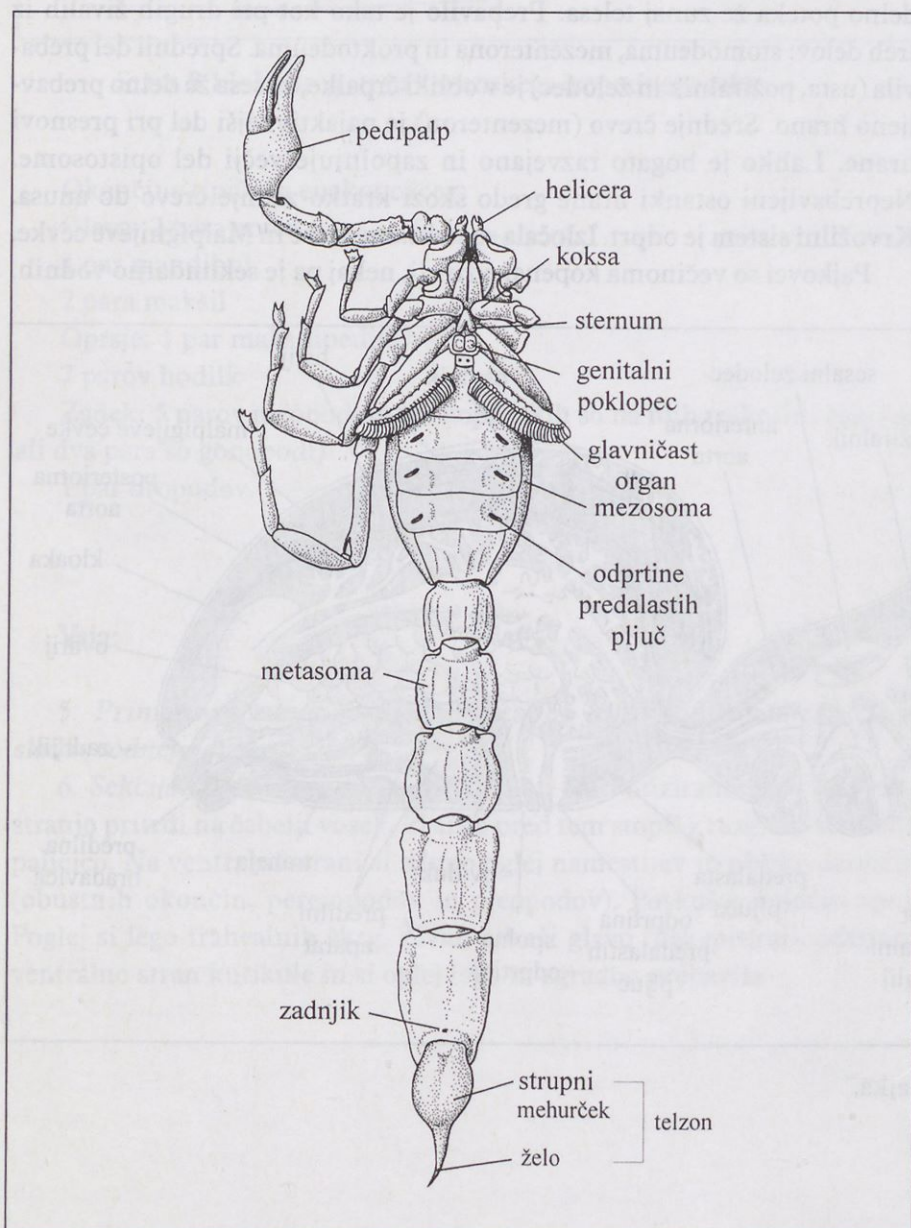


SLIKA 9.1: Anatomija pajka.

## 9.2 Raznolikost in razvrščanje pajkovcev

Ordo: Scorpiones - ščipalci

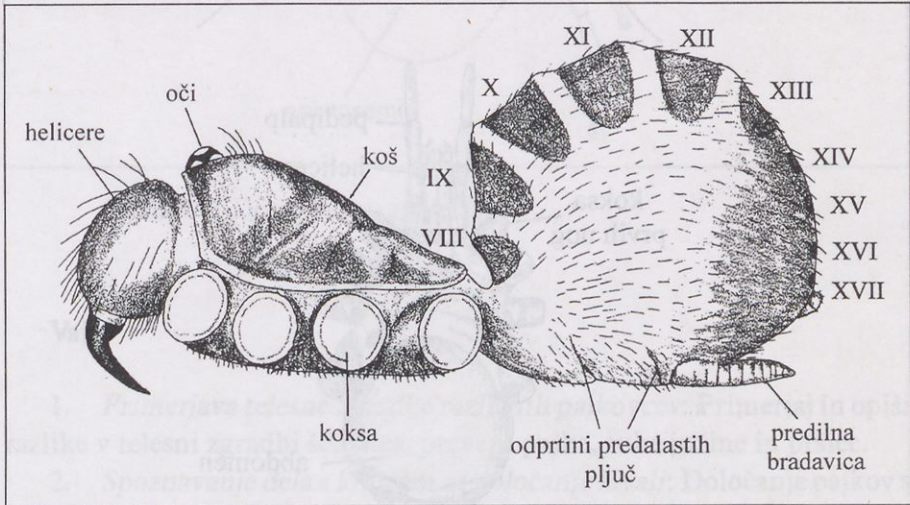
Ščipalci (slika 9.2) so primitivna skupina pajkovcev centimetrskih velikosti. Največji med njimi meri 21 cm, najmanjši pa 9 mm. Spadajo med najstarejše poznane kopenske členonožce. Členjenost pro- in opistosome je dobro vidna. Prosoma z okončinami je sorazmerno kratka in široko prehaja v opistosomo. Na njej so kratke helicere in veliki, škarjasti pedipalpi. Opistosoma je iz 13. členov (7 členska mezosoma, 6 členska metasoma), na koncu je telzon, preoblikovan v strupni mehurček. Na mezosomi so 4. pari dobro vidnih dihalnih odprtin (stigem). Na 3. členu mezosome je glavničast organ z mehanoreceptorji. Na hrbtu prosome so oči. Škorpijoni so nočne živali in se hranijo pretežno z žuželkami.



SLIKA 9.2: Ventralna stran ščipalca.

## Ordo: Araneae - pajki

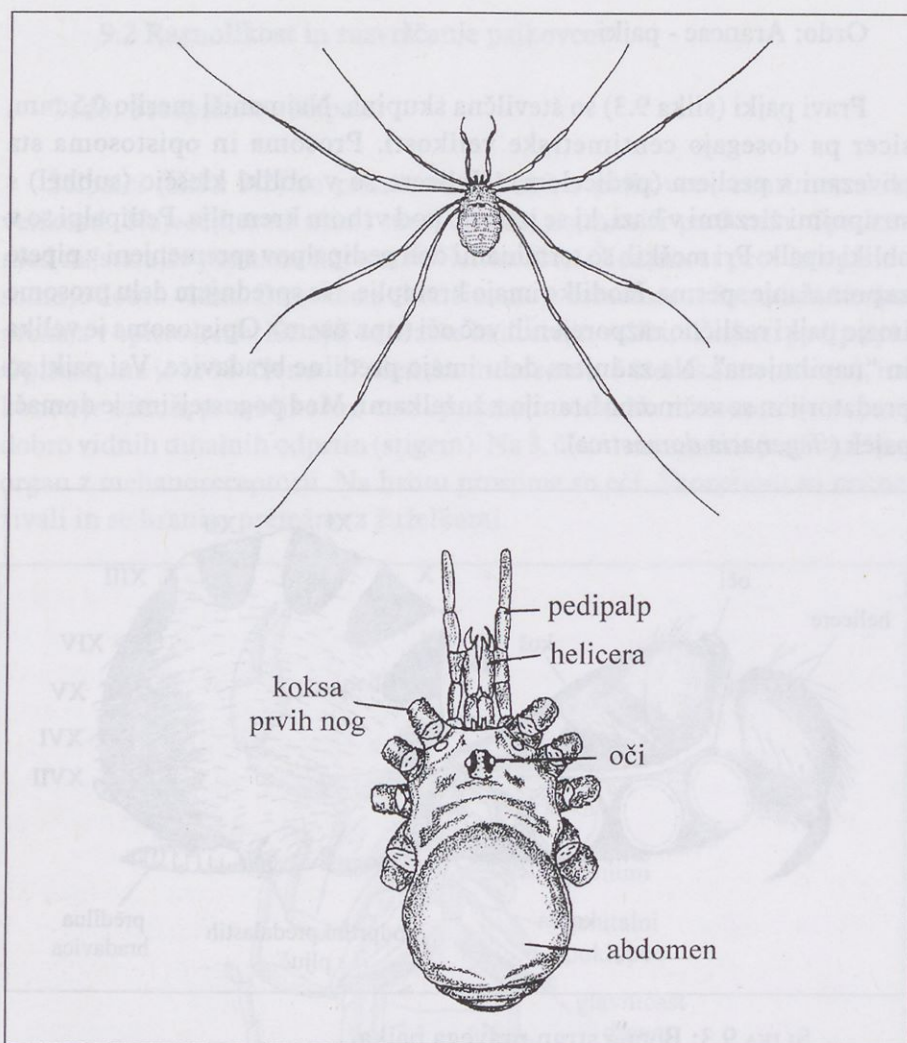
Pravi pajki (slika 9.3) so številčna skupina. Najmanjši merijo 0,5 mm, sicer pa dosegajo centimetrski velikosti. Prosoma in opistosoma sta povezani s pecljem (pedicelom). Helicere so v obliki kleščic (subhel) s strupnimi žlezami v bazi, ki se izlivajo pod vrhom kremplja. Pedipalpi so v obliki tipalk. Pri moških so terminalni deli pedipalпов spremenjeni v pipete za prenašanje sperme. Hodilke imajo kremplje. Na sprednjem delu prosome imajo pajki različno razporejenih več oči (npr. osem). Opistosoma je velika in "napihnjena". Na zadnjem delu imajo predilne bradavice. Vsi pajki so predatorji in se večinoma hranijo z žuželkami. Med pogostejšimi je domači pajek (*Tegenaria domestica*).



SLIKA 9.3: Bočna stran pravega pajka.

## Ordo: Opiliones - suhe južine

Pri suhih južinah (slika 9.4) prosoma široko prehaja v opistosomo, kar daje telesu jajčasto obliko. Opistosoma kaže zunanjo segmentacijo. V sredini prosome je griček (tuberculus oculorum), na katerem so oči. Tročlenske helicere so majhne in škarjaste (helatne). Pedipalpi so različno oblikovani (enostavni, vilasto razcepljeni idr.). Na prosomi je par smradilnih žlez. Hodilke so lahko dolge in tanke ali pa kratke. Pri nas je najbolj razširjena suha južina pozidni matija (rod *Opilio*).



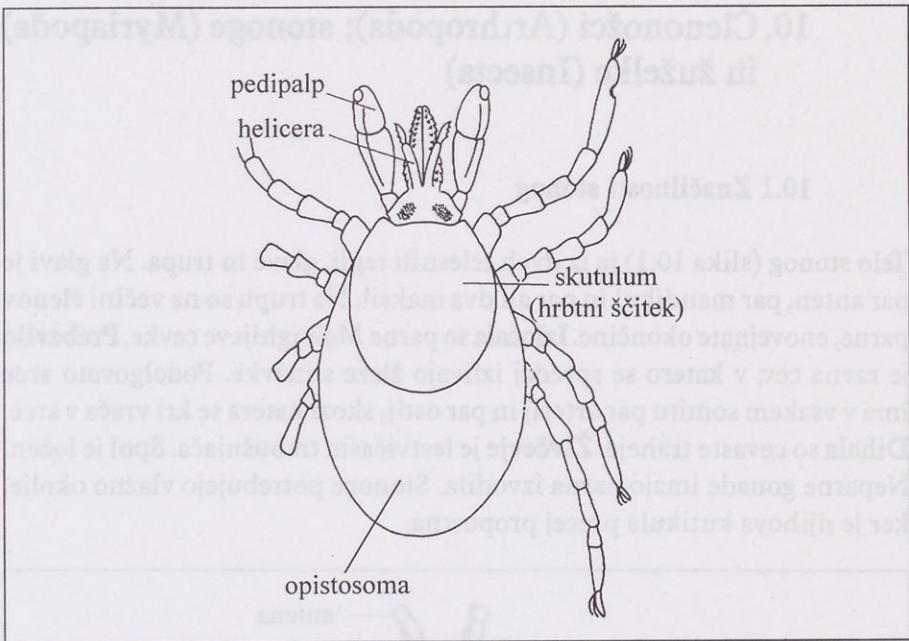
SLIKA 9.4: Dorzalna stran suhe južine.

#### Ordo: Acarina - pršice

Pršice (slika 9.5) so najštevilčnejša in zelo raznolika skupina pajkovcev. Večina je velikih okoli 1 mm. K uspehu pri poseljevanju različnih okolij je najbrž mnogo pripomogla njihova majhnost. Pršice imajo popolnoma združeno pro- in opisto-somo. Helicere in pedipalpi so različno oblikovani in imajo raznolike vloge (grizenje, zbadanje, sesanje). Nekatere skupine imajo zmeren do močan oklep (oklepljene pršice, Oribatida), nekatere pa so brez oklepa (akaridije, Acaridia). Nekatere pršice imajo močne hrbtne ščitke (skutelume). Pršice se hranijo z zelo raznoliko hrano in imajo pestre prehranjevalne navade. Zelo pogoste so v humusu in mahu. Nekatere skupine pršic so prilagojene tudi na vodno okolje. Večinoma plezajo po vodnih rastlinah, nekatere pa tudi plavajo z dlakastimi nogami. Najbolj poznane pršice so navadni klop (*Ixodes*), žametna pršica (*Trombidum*) in čebelja pršica (*Varroa*).

SLIKA 9.5: Ventralna stran pršice





SLIKA 9.5: Dorzalna stran pršice.

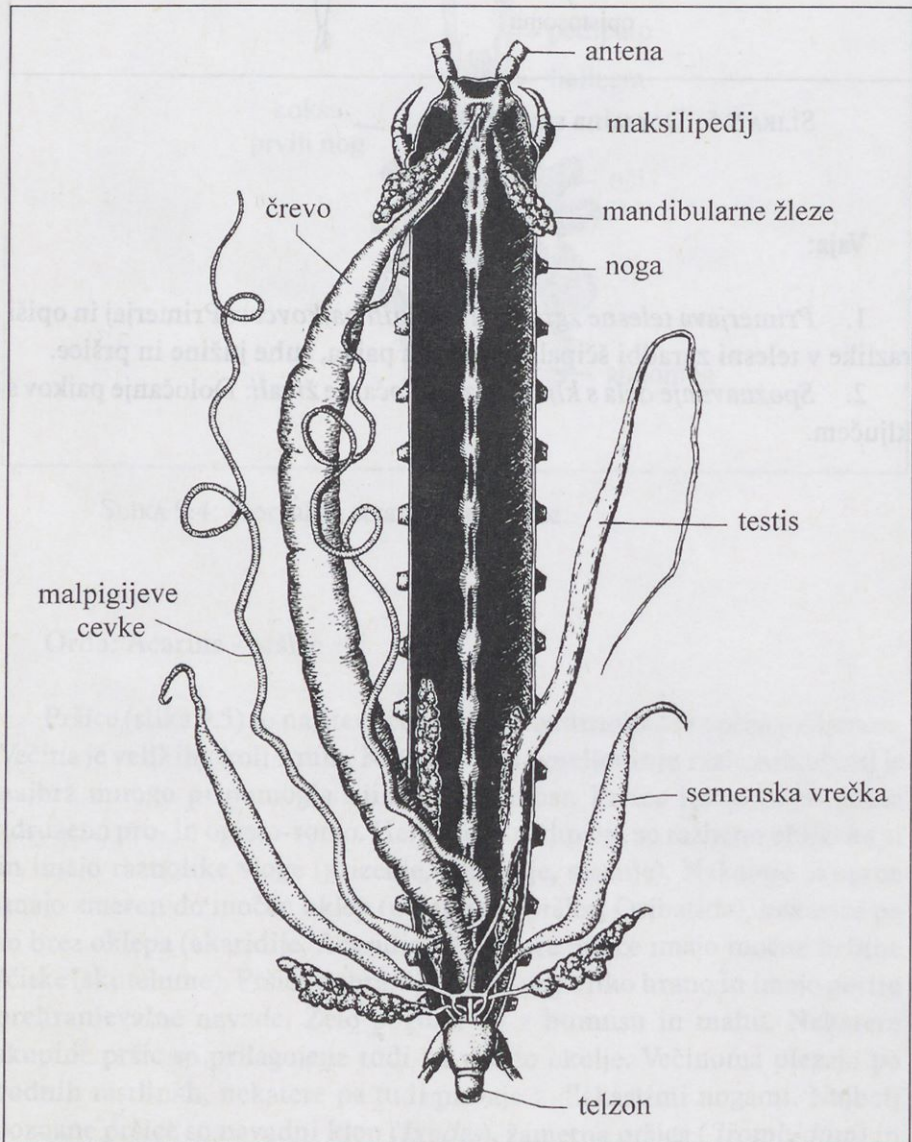
**Vaja:**

1. *Primerjava telesne zgradbe različnih pajkovcev:* Primerjaj in opiši razlike v telesni zgradbi ščipalca, pravega pajka, suhe južine in pršice.
2. *Spoznavanje dela s ključem za določanje živali:* Določanje pajkov s ključem.

## 10. Členonožci (Arthropoda); stonoge (Myriapoda) in žuželke (Insecta)

### 10.1 Značilnosti stonog

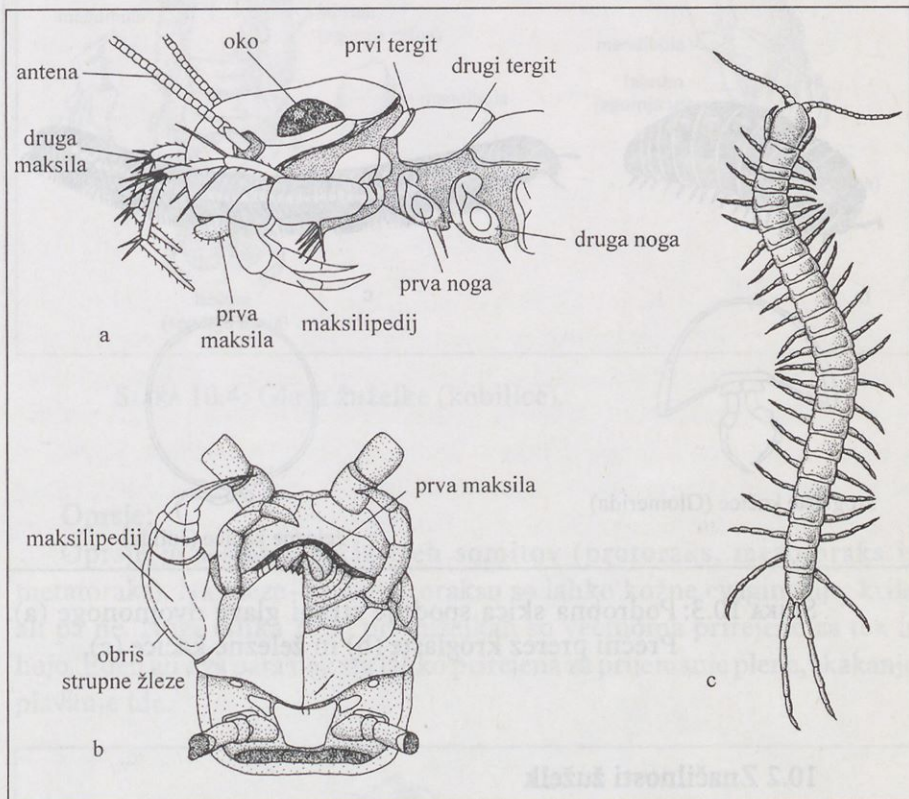
**Telo** stonog (slika 10.1) je iz dveh telesnih regij, glave in trupa. Na glavi je par anten, par mandibul in par ali dva maksil. Na trupu so na večini členov parne, enovejnatne okončine. **Izločala** so parne Malpighijeve cevke. **Prebavilo** je ravna cev, v katero se spredaj izlivajo žleze slinavke. Podolgovato **srce** ima v vsakem somitu par arterij in par ostij, skozi katera se kri vrača v srce. **Dihala** so cevaste traheje. **Živčevje** je lestvičasta trebušnjača. **Spol** je ločen. Neparne gonade imajo parna izvodila. Stonoge potrebujejo vlažno okolje, ker je njihova kutikula precej propustna.



SLIKA 10.1: Anatomija stonoge.

### 10.1.1 CHILOPODA - strige

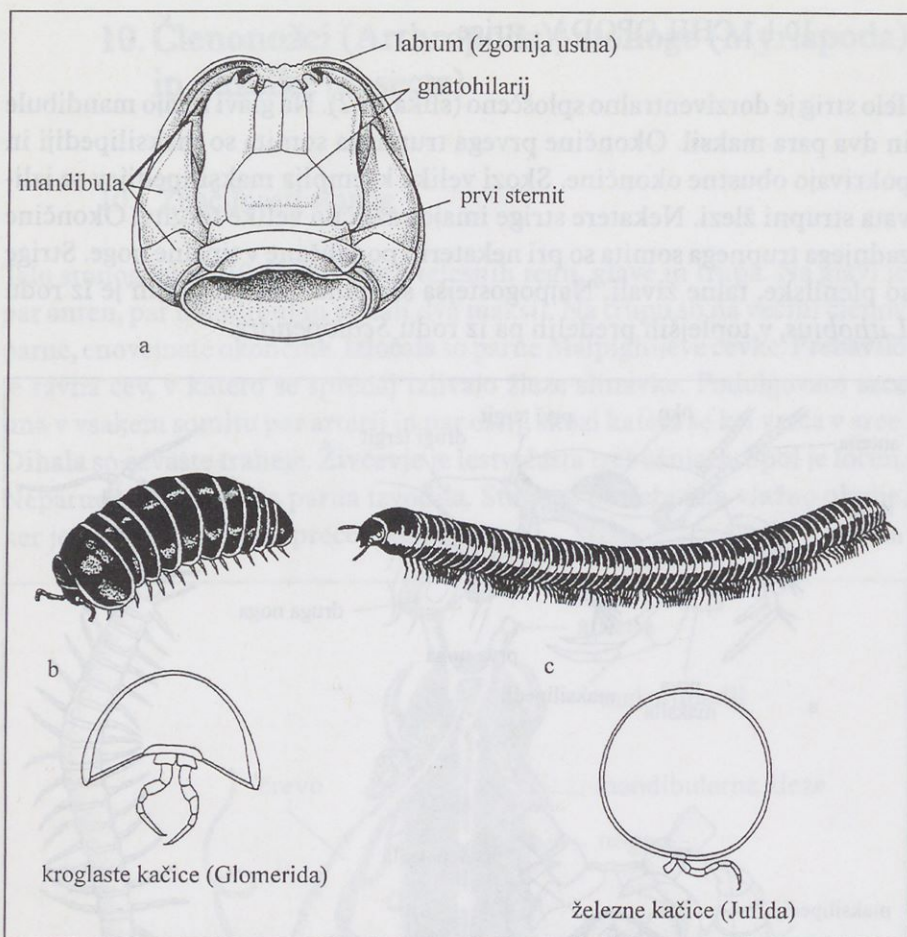
Telo strig je dorziventralno sploščeno (slika 10.2). Na glavi imajo mandibule in dva para maksil. Okončine prvega trupnega somita so maksilipediji in pokrivajo obustne okončine. Skozi velika kremplja maksilipedijev se izliva strupni žlezi. Nekatere strige imajo različno velike tergite. Okončine zadnjega trupnega somita so pri nekaterih podaljšane v tipalne noge. Strige so plenilske, talne živali. Najpogostejša skupina v naših krajih je iz rodu *Lithobius*, v toplejših predelih pa iz rodu *Scolopendra*.



SLIKA 10.2: Podrobna anatomija strige: bočna (a) spodnja (b) in dorzalna (c) stran.

### 10.1.2 DIPLOPODA - kačice, dvojnonoge

Telo dvojnonog je grajeno je iz 25 do 100 somitov (slika 10.3). Na glavi imajo velike mandibule. Edini par maksil je na bazi zrasel, tako da oblikuje dno predustne votline (gnatohilarij). Po dva somita sta zrasla, zato izgleda, da nosijo somiti po dva para nog. Noge izraščajo iz trebušne strani somitov. Dvojnonoge so manj aktivne, bolj počasne, kot strige. Večina je herbivorov. Kadar so vznemirjene, se lahko zvijejo v kroglico (kroglaste kačice, Glomerida) ali spiralo. Pogosta, razširjena skupina so železne kačice iz rodu *Julus*. To so valjasti organizmi s trdo kutikulo in kratkimi tipalnicami.



SLIKA 10.3: Podrobna skica spodnje strani glave dvojnonoge (a). Prečni prerez kroglaste (b) in železne kačice (c).

## 10.2 Značilnosti žuželk

Žuželke so daleč največja živalska skupina. So kar trikrat bolj številčna skupina kot vse ostale skupaj. Živijo v vseh življenjskih okoljih, le v morju izjemoma.

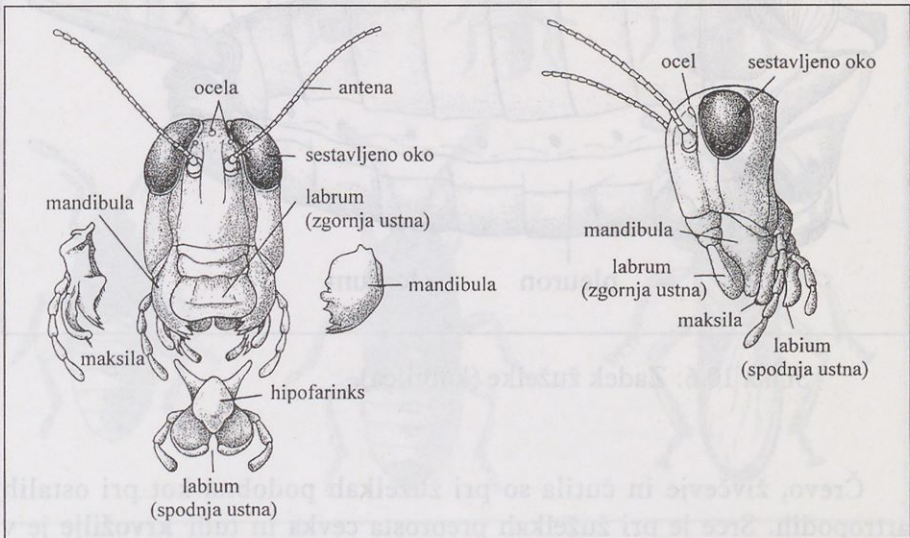
### 10.2.1 Zgradba in oblika telesa

Od vseh ostalih skupin členonožcev se žuželke razlikujejo po tem, da imajo na trupu tri pare nog in običajno dva para kril. Tudi pri žuželkah ločimo tri telesne regije: glavo, oprsje, zadek.

#### Glava:

Na glavi (slika 10.4) imajo par anten, par sestavljenih oči in navadno tri ocele. Glava žuželk je lahko hipognatna, ortognatna ali prognatna. Pri **hipognatni glavi** so obustne okončine orientirane ventralno in nazaj (kot npr. ščurki). **Ortognatna glava** ima obustne okončine usmerjene v trebušno smer, pravokotno na telesno os (kot npr. metulji). **Prognatna glava** ima obustne okončine usmerjene naprej, to je v podaljšku telesne osi (kot npr. nekateri hrošči).

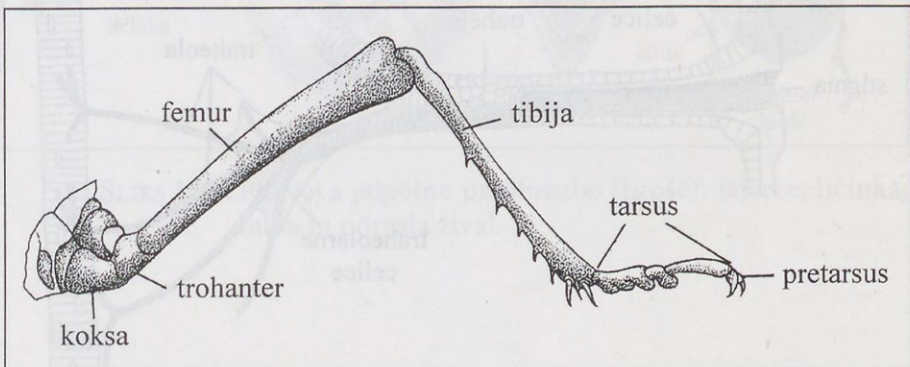
Na glavi so trije pari obustnih okončin. Spredaj sta mandibuli, sledita maksili in labium ali spodnja ustna (zrasli drugi maksili). Mandibuli sta pokriti s kožno gubo labrumom (zgornjo ustno). Za maksilami, blizu baze labiuma, izrašča kožna guba dna ustne votline - hipofarinks.



SLIKA 10.4: Glava žuželke (kobilice).

### Oprsje:

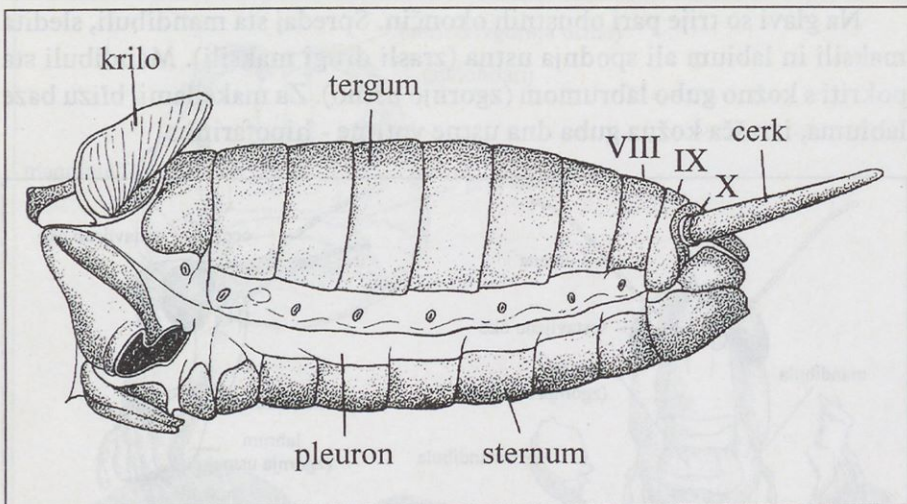
Oprsje je sestavljeno iz treh somitov (protoraks, mezotoraks in metatoraks). Na mezo- in meta-toraksu so lahko kožne evaginacije, krila, ali pa ne. Noge (slika 10.5) pri žuželkah so večinoma prirejene za tek in hojo. Eden ali dva para nog sta lahko prirejena za prijemanje plena, skakanje, plavanje idr..



SLIKA 10.5: Noga žuželke (kobilice).

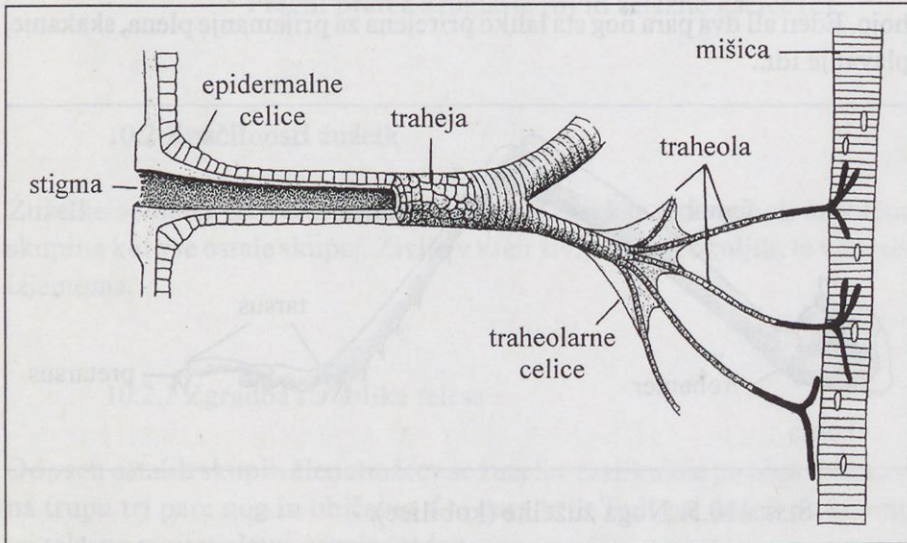
### Zadek:

Zadek (slika 10.6) je običajno iz 9 do 11 gibljivo vezanih členov. Primitivne skupine npr. Protura imajo na koncu zadka telzon. Zadkove okončine so močno preoblikovane ali pa jih ni. Raznolike abdominalne okončine so razvite pri žuželčjih ličinkah. Pri odraslih pa so abdominalne okončine npr. kot čutilni cerki na enajstem segmentu.

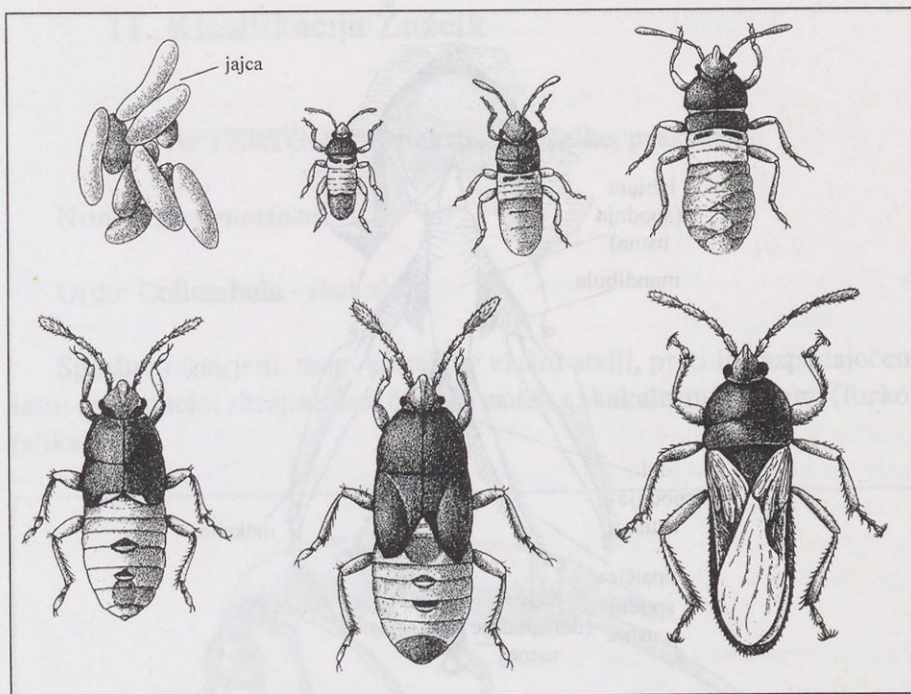


SLIKA 10.6: Zadek žuželke (kobilica).

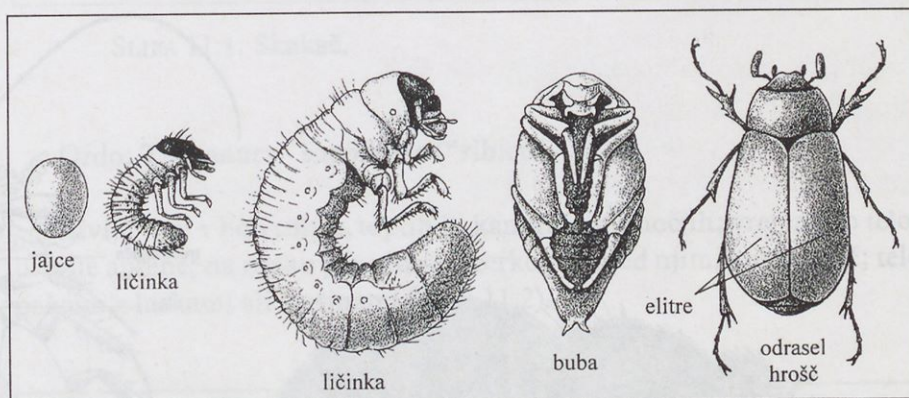
Črevo, živčevje in čutila so pri žuželkah podobna kot pri ostalih artropodih. Srce je pri žuželkah preprosta cevka in tudi **krvožilje** je v primerjavi z drugimi členonožci še bolj reducirano. **Izločala** so Malpighijeve cevke. **Dihajo** s trahejami (slika 10.7). Nekatere larve imajo škrge, vendar te niso homologne s škrkami rakov. Večinoma sta **spola** ločena. **Razvoj** je lahko nepopolna preobrazba (hemimetabolija), kjer je ličinka z vsako delitvijo bolj podobna odraslemu stadiju (slika 10.8), ali popolna preobrazba (holometabolija). Pri popolni preobrazbi stadiju ličinke sledi stadij bube, ki se po določenem času razvije v odraslo žival (slika 10.9).



SLIKA 10.7: Traheja pri žuželkah.



SLIKA 10.8: Razvoj z nepopolno preobrazbo (stenica). Ličinka je z vsako levitvijo bolj podobna odraslemu organizmu.



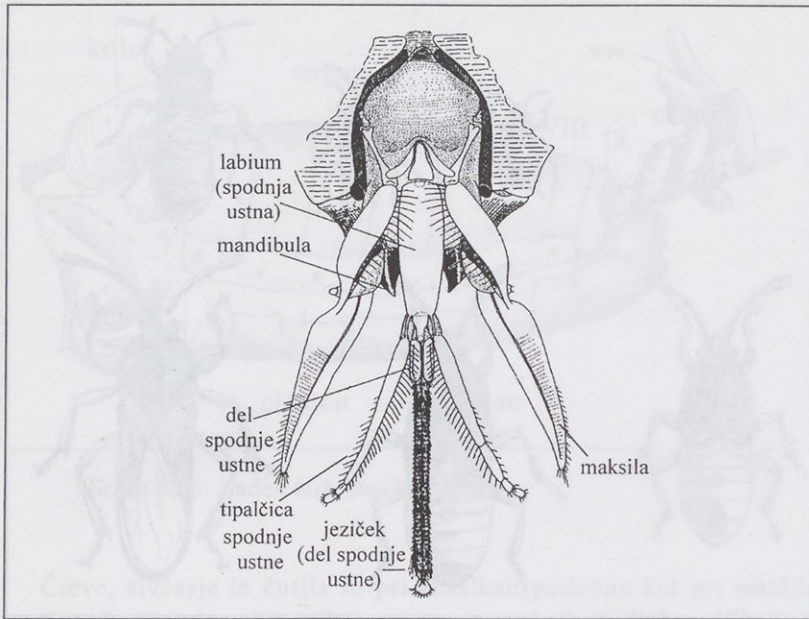
SLIKA 10.9: Razvoj s popolno preobrazbo (hrošč): jajce, ličinka, buba in odrasla žival.

### Vaja:

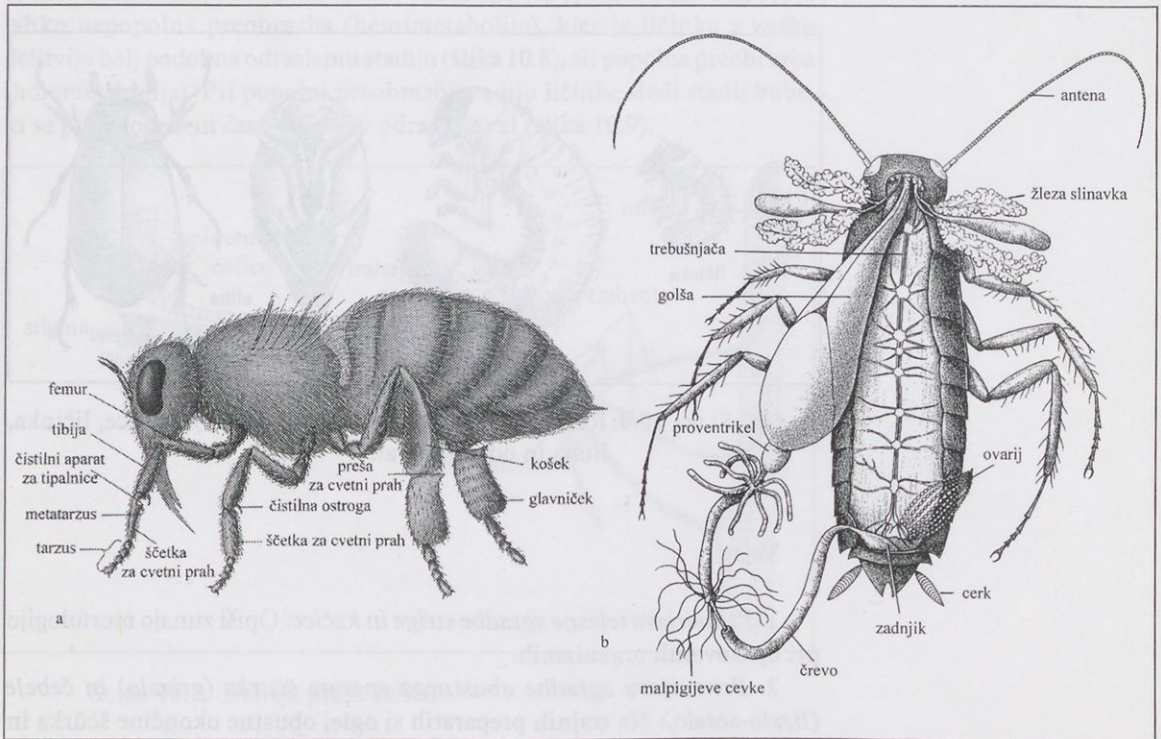
1. *Primerjava telesne zgradbe strige in kačice:* Opiši zunajo morfologijo pri opazovanih organizmih.

2. *Primerjava zgradbe obustnega aparata ščurka (grizalo) in čebele (lizalo-sesalo):* Na trajnih preparatih si oglej obustne okončine ščurka in čebele (slika 10.10).

3. *Šekcija čebele in opazovanje notranje telesne zgradbe:* Narkotizirani čebeli (slika 10.11 a) odstrani noge in jo z ventralno stranjo pritrdi na čebelji vosek, ki si ga predhodno stalil s segreto stekleno paličico. Pod lupo s škarjami lateralno prereži hitinjačo zadka, jo odstrani in si oglej prebavilo, Malpighijeve cevke, želo s strupno žlezo, traheje in lestvičasto trebušnjako. Nato s škarjami odstrani še dorzalni del hitinjače oprsja (nad bazami kril) in si oglej letalne mišice.



SLIKA 10.10: Obustni aparat čebele.



SLIKA 10.11: Zunanja anatomija čebele (a) in notranja anatomija ščurka (b).



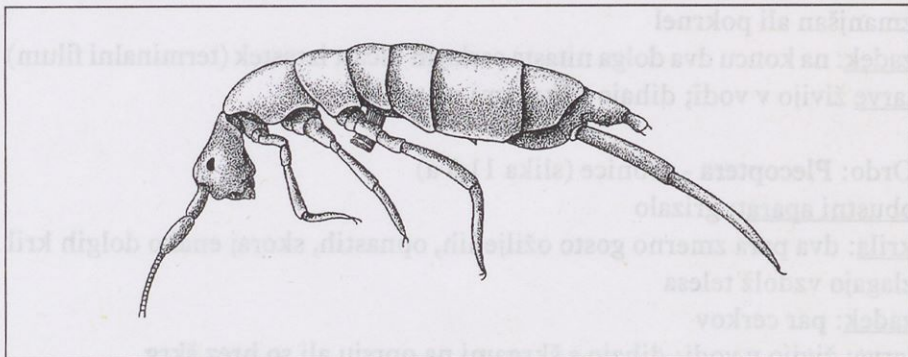
## 11. Klasifikacija Žuželk

### 11.1 APTERYGOTA - nekrilate žuželke, praužuželke

Nimajo metamorfoze.

Ordo: **Collembola** - skakači

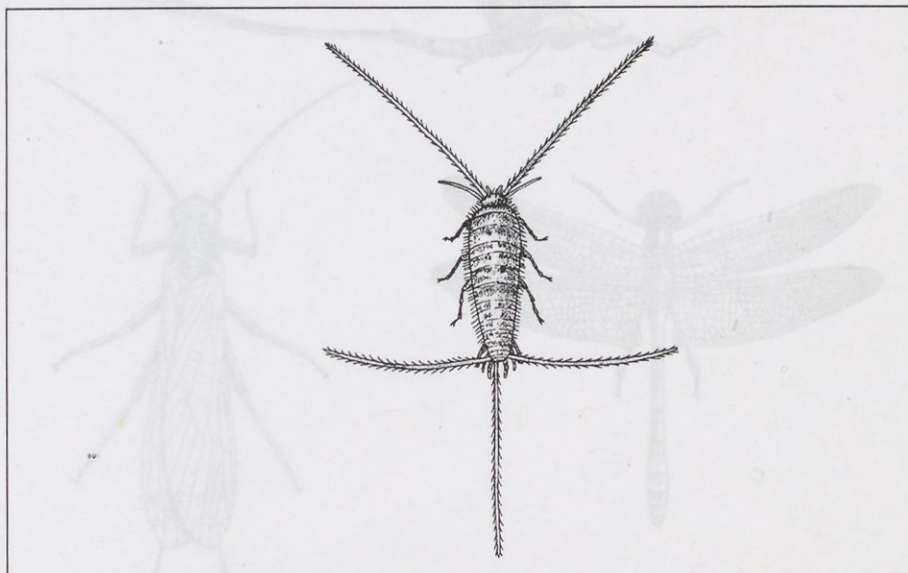
Splošno razširjeni, najpogostejši v vlažni stelji, prsti in razpadajočem lesu; čokato telo; skrajšan šest členski zadek s skakalnimi vilicami (furko) (slika 11.1).



SLIKA 11.1: Skakač.

Ordo: **Thysanura** - šoporepke ("ribice")

Živijo tudi v bolj suhih, toplih in kamnitih območjih; vretenasto telo; bičaste antene; na zadku par nitastih cerkov in med njimi končni bič; telo pokrito z luskami ali ščetinami (slika 11.2).



SLIKA 11.2: Šoporepka.

## 11.2 PTERYGOTA - krilate žuželke

Imajo dva para kril; sekundarno lahko brez kril; okončine na zadku so le kot genitalni priveski; pri larvah škrge ali netipične nožice.

### 11.2.1 HEMIMETABOLNE žuželke

(razvoj z nepopolno preobrazbo, ličinka je z vsako levitvijo bolj podobna odraslemu organizmu)

Ordo: **Ephemeroptera** - enodnevnice (slika 11.3 a)

obustni aparat: grizalo pri ličinkah; pri odraslih pokrnelo

krila: dva para gosto ožiljenih, opnastih kril zlagajo pokonci, zadnji par je zmanjšan ali pokrnel

zadek: na koncu dva dolga nitasta cerka in bičast izrastek (terminalni filum)

larve: živijo v vodi; dihajo s škrkami na zadku

Ordo: **Plecoptera** - vrbnice (slika 11.3 b)

obustni aparat: grizalo

krila: dva para zmerno gosto ožiljenih, opnastih, skoraj enako dolgih kril zlagajo vzdolž telesa

zadek: par cerkov

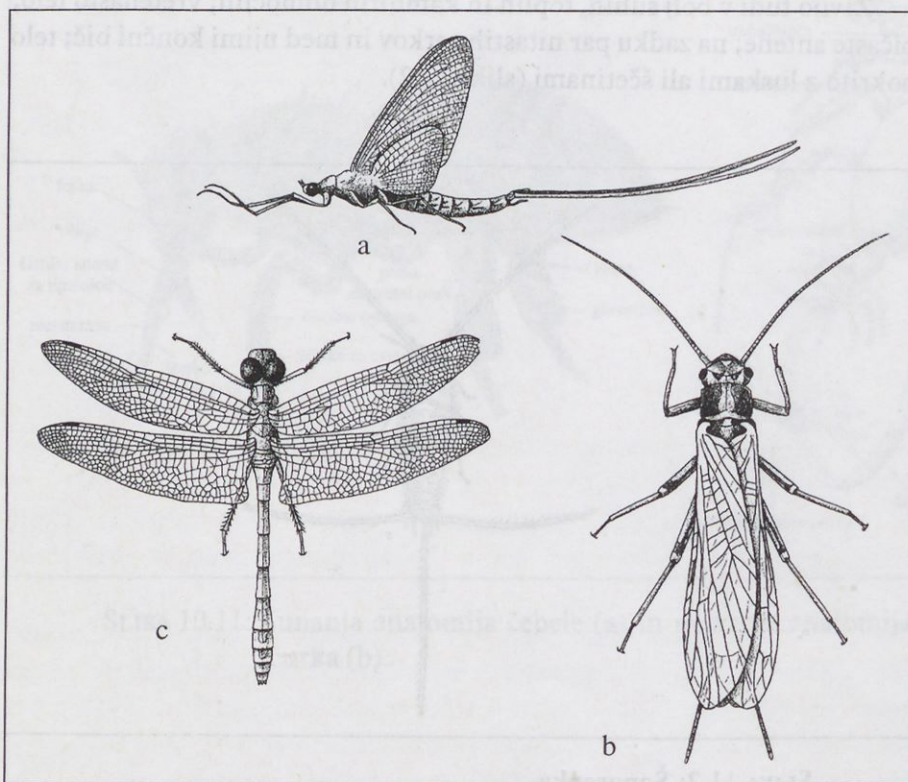
larve: živijo v vodi; dihajo s škrkami na oprsju ali so brez škrk

Ordo: **Odonata** - kačji pastirji (slika 11.3 c)

obustni aparat: grizalo

krila: dva para opnastih gosto ožiljenih kril

larve: živijo v vodi; imajo značilno lovilno krinko (labium)



SLIKA 11.3: Enodnevnica (a), vrbnica (b) in kačji pastir (c).

Ordo: **Saltatoria** - kobilice (slika 11.4)

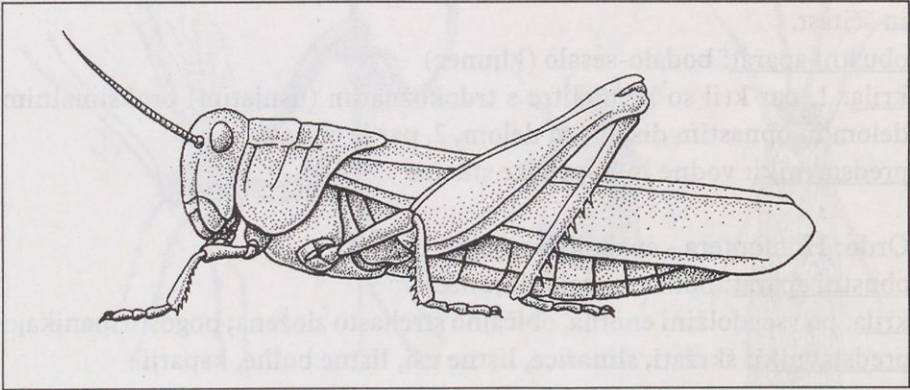
Imajo veliko ortognatno glavo, močne skakalne zadnje noge.

obustni aparat: grizalo

oprsje: protoraks je velik z močnim sedlastim tergitom

krila: sprednja so pergamentasta in toga, zadnja so nežna in opnasta, pahljačasta, pogosto pokrneta

predstavniki: kobilice, bramorji, murni



SLIKA 11.4: Kobilica.

Ordo: **Blattaria** - ščurki (slika 11.5)

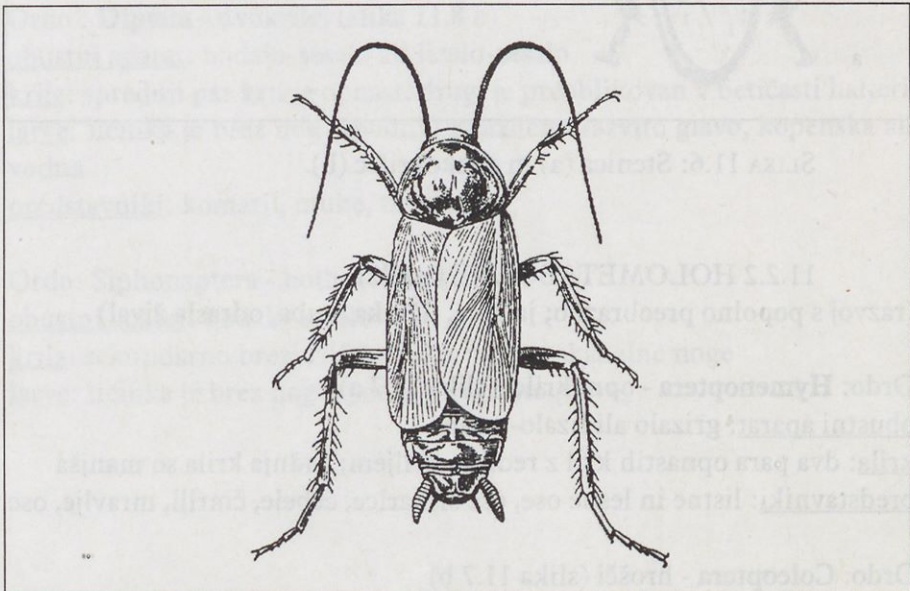
Kokse nog so močno povečane.

obustni aparat: grizalo

krila: sprednja toga, pergamentasta, zadnja nežna, opnasta; pogosto reducirana

zadek: na širokem zadku kratka členjena cerka

predstavniki: ščurek, švab



SLIKA 11.5: Ščurek.

HEMIPTEROIDEA - kljunate žuželke

Sem sodita skupini: Heteroptera - stenice, Homoptera - enakokrilci

Navadno imajo dva para kril. Sekundarno so lahko nekrilati. Prvi par je pogosto nekoliko otrdel. Obustni aparat je kljunec za prebadanje in sesanje.

Ordo: **Heteroptera** - stenice (slika 11.6 a)

Na mezotoraksu je trikotna hrbtna ploščica (ščitak - skutelum) med prednjim parom kril in vratnim ščitkom (pronotumom); pronotum je velik in ščitast.

obustni aparat: bodalo-sesalo (kljunec)

krila: 1. par kril so hemielitre s trdokožnatim (usnjatim) proksimalnim delom in opnastim distalnim delom, 2. par je opnast

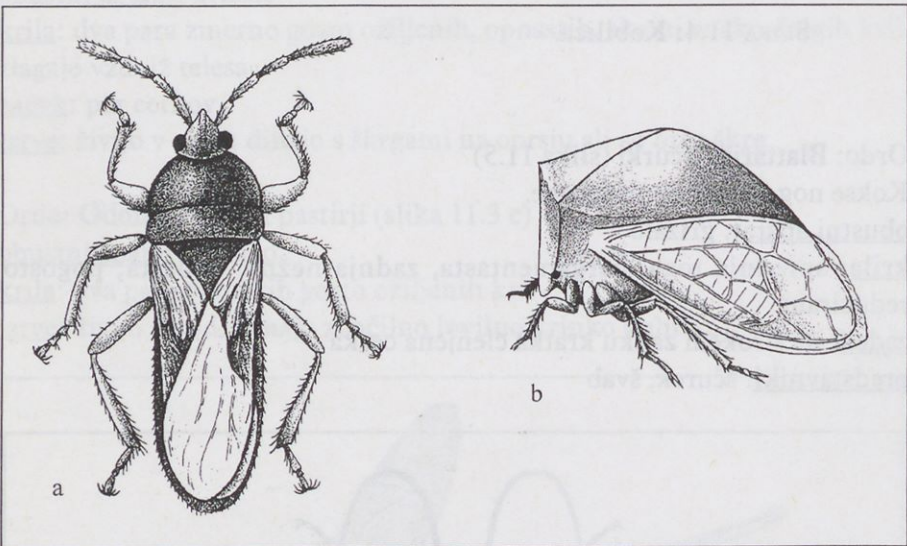
predstavniki: vodne in kopenske stenice

Ordo: **Homoptera** - enakokrilci (slika 11.6 b)

obustni aparat: bodalo-sesalo (kljunec)

krila: po vsej dolžini enotna, običajno strehasto zložena; pogosto manjkajo

predstavniki: škržati, slinarice, listne uši, listne bolhe, kaparji



SLIKA 11.6: Stenica (a) in enakokrilec (b).

### 11.2.2 HOLOMETABOLNE žuželke

(razvoj s popolno preobrazbo; jajčece, ličinka, buba, odrasla žival)

Ordo: **Hymenoptera** - opnokrilci (slika 11.7 a)

obustni aparat: grizalo ali lizalo-sesalo

krila: dva para opnastih kril z redkim ožiljem; zadnja krila so manjša

predstavniki: listne in lesne ose, ose šiškaričice, čebele, čmrlji, mravlje, ose

Ordo: **Coleoptera** - hrošči (slika 11.7 b)

obustni aparat: grizalo

krila: sprednja krila otrdela v pokrovke, zadnja so opnasta

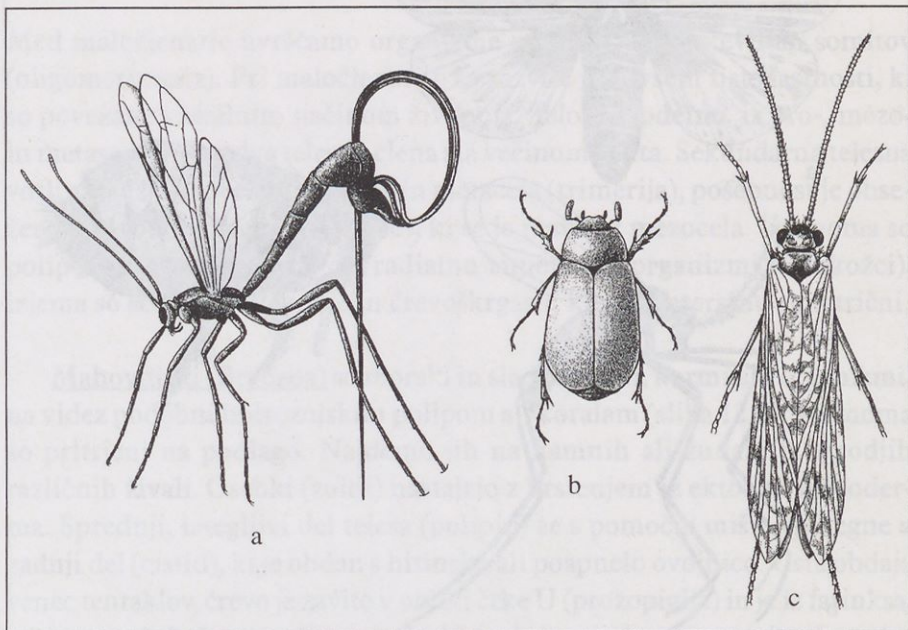
larve: zelo raznolike

Ordo: **Trichoptera** - mladoletnice (slika 11.7 c)

obustni aparat: pogosto reduciran; sicer lizalo-sesalo

krila: dva para dlakavih kril zlagajo strehasto

larve: vodne, večinoma delajo tulce, trahealne škrge na zadku



SLIKA 11.7: Opnokrilec (a), hrošč (b) in mladoletnica (c).

Ordo: **Lepidoptera** - metulji (slika 11.8 a)

obustni aparat: sesalni, zvit riley

krila: dva para podobno grajenih kril, pokritih z luskami

larve: polipodna larva - gosenica

Ordo : **Diptera** - dvokrilci (slika 11.8 b)

obustni aparat: bodalo-sesalo ali lizalo-sesalo

krila: sprednji par kril je opnast, drugi je preoblikovan v betičasti halteri

larve: ličinka je brez nog (apodna) z različno razvito glavo, kopenska ali vodna

predstavniki: komarji, muhe, trzače

Ordo: **Siphonaptera** - bolhe (slika 11.8 c)

obustni aparat: bodalo-sesalo

krila: sekundarno brezkrile žuželke, močne skakalne noge

larve: ličinka je brez nog (apodna) z razvito glavo

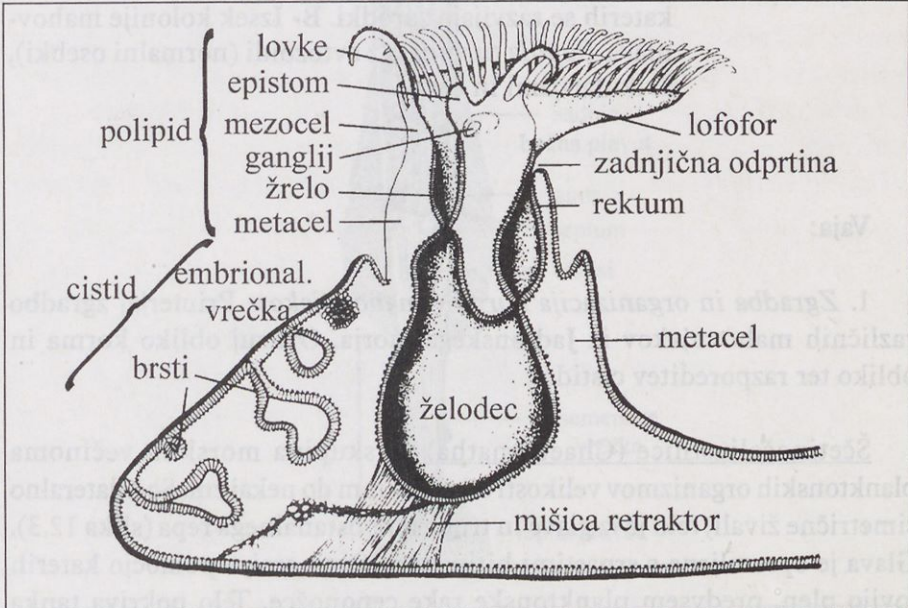


## 12. Maločlenarji (Oligomeria)

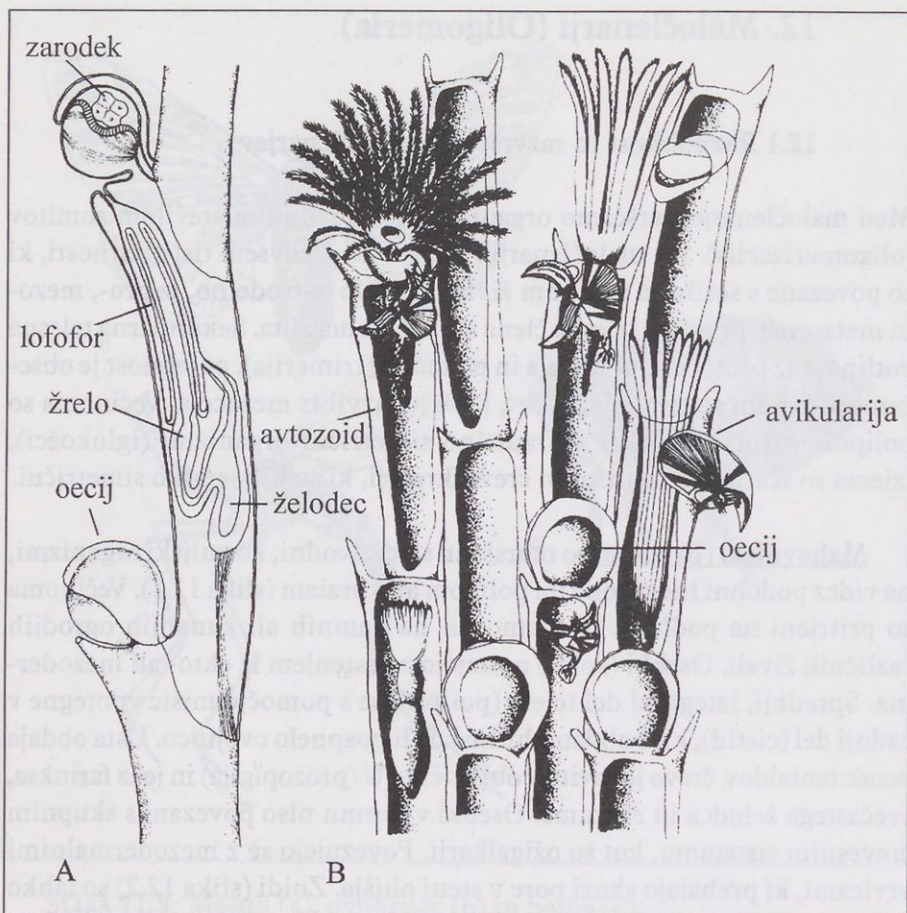
### 12.1 Raznolikost in razvrščanje maločlenarjev

Med maločlenarje uvrščamo organizme z reduciranim številom somitov (oligomerizacija). Pri maločlenarjih so razvite predvsem tiste lastnosti, ki so povezane s sesilnim načinom življenja. Telo je **trodelno**, iz pro-, mezo- in metasome, prva dva telesna člena sta večinoma zlita. Sekundarna telesna votlina je iz protocela, mezocela in metacela (trimerija), posebnost je obsežen **vodovodni sistem** iglokožcev, ki se je razvil iz mezocela. Večinoma so polipoidni (mahovnjaki) ali radialno simetrični organizmi (iglokožci), izjema so ščetinočeljustnice in črevoškrjarji, ki so bilateralno simetrični.

Mahovnjaki (Bryozoa) so morski in sladkovodni, kormijski organizmi, na videz podobni hidrozojskim polipom ali koralam (slika 12.1). Večinoma so pritrjeni na podlago. Najdemo jih na kamnih ali zunanjih ogrodjih različnih živali. Osebk (zoidi) nastajajo z brstenjem iz ekto- ali mezoderma. Sprednji, iztegljivi del telesa (polipid) se s pomočjo mišic vpotegne v zadnji del (cistid), ki je obdan s hitinsko ali poapnelo ovojnico. Usta obdaja venec tentaklov, črevo je zavito v obliki črke U (prozopigija) in je iz farinksa, vrečastega želodca in rektuma. Osebki v kormu niso povezani s skupnim črevesnim sistemom, kot so ožigalkarji. Povezujejo se z mezodermalnimi vrvicami, ki prehajajo skozi pore v steni ohišja. Zoidi (slika 12.2) so lahko enaki ali zelo raznoliki (polimorfizem) in opravljajo različne funkcije v kormu (avtozoidi, gastrozoidi, kenozoidi, daktilozoidi, avikularije).



SLIKA 12.1: Mahovnjaki (Bryozoa). Organizacijska shema posameznega osebka (zoida). Polipid (zunANJI, sprednji del telesa) s podkvastim lofoforjem se lahko hitro vpotegne v cistid (močne mišice retraktorji). Izzvihajo se počasi ob povečanju pritiska tekočine v metacelu. Razmnožujejo se spolno ali nespolno z brsti.



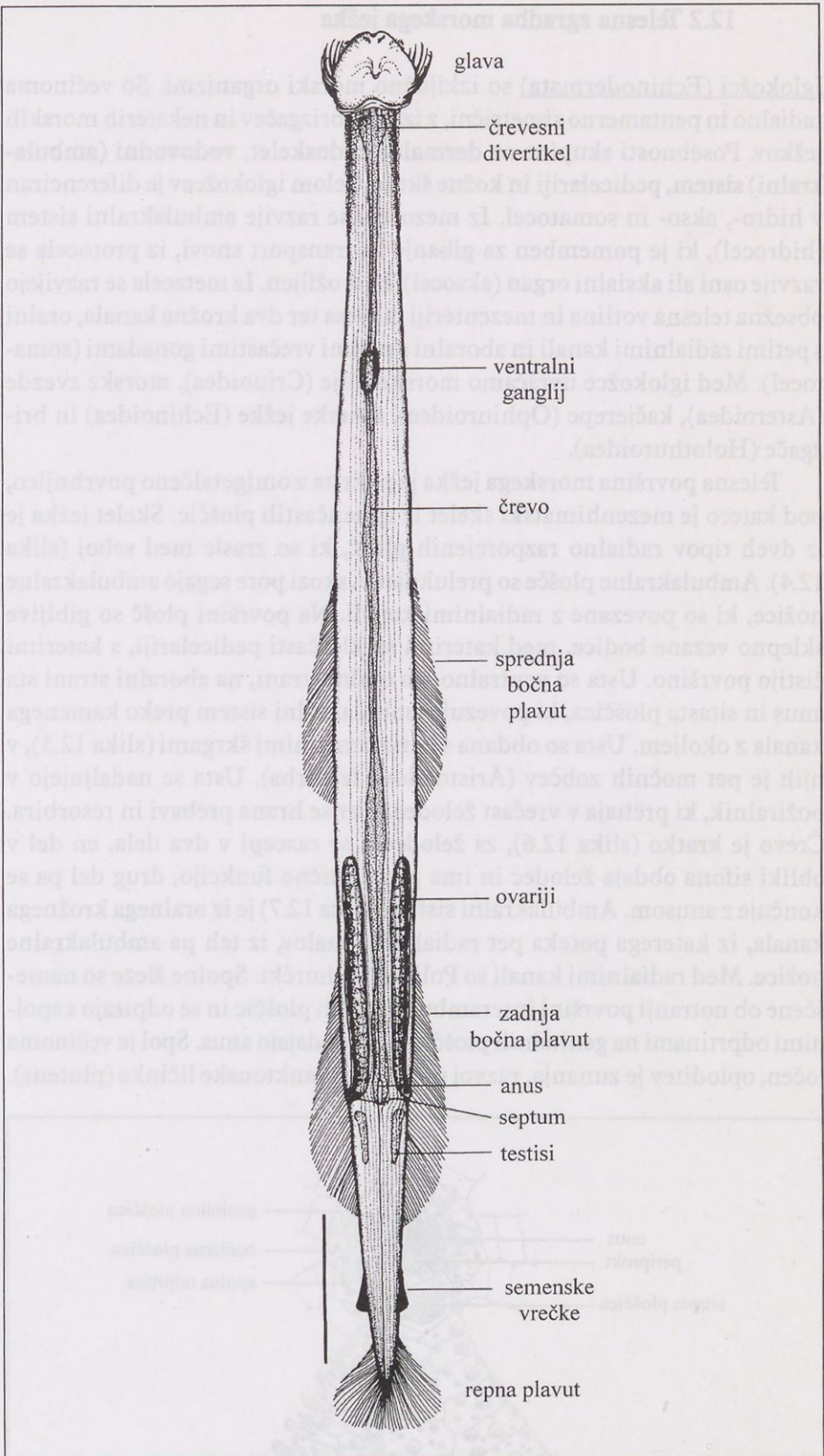
SLIKA 12.2: Polimorfizem mahovnjakov: A- Veja kolonije mahovnjaka *Bugula sabatieri*. Oeciji so valilne kamrice, v katerih se razvijajo zarodki. B- Izsek kolonije mahovnjaka *Bugula turbinata* z avtozoidi (normalni osebki), avikularijami in oeciji.

### Vaja:

1. *Zgradba in organizacija kormov mahovnjakov*: Primerjaj zgradbo različnih mahovnjakov iz Jadranskega morja. Opazuj obliko korma in obliko ter razporeditev cistidov.

Ščetinočeljustnice (Chaetognatha) so skupina morskih, večinoma planktonskih organizmov velikosti od nekaj mm do nekaj cm. So bilateralno simetrične živali, telo je iz glave in trupa ter postanalnega repa (slika 12.3). Glava je opremljena s srpastimi hitinskimi ščetinami, s pomočjo katerih lovijo plen, predvsem planktonske rake ceponožce. Telo pokriva tanka kutikula, povrhnjica je večplastna, pod njo je plast prečno progastega mišičevja. Trup je obdan s horizontalnima stranskima plavutma. Rep se konča z repno plavutjo. Notranja zgradba je preprosta, prebavni sistem je enostavna cev, krvožilja nimajo. Živčevje je iz možganov in velikega trebušnega ganglija. Oči in čutilne ščetine so na glavi. So hermafroditi. Ženski del spolnega aparata je v trupu. Moške spolne žleze so v repu, ki je za zadnjično odprtino in se končuje s plavutjo.





SLIKA 12.3: *Sagitta elegans* (Chaetognatha). Telesna zgradba. Merilce: 2mm

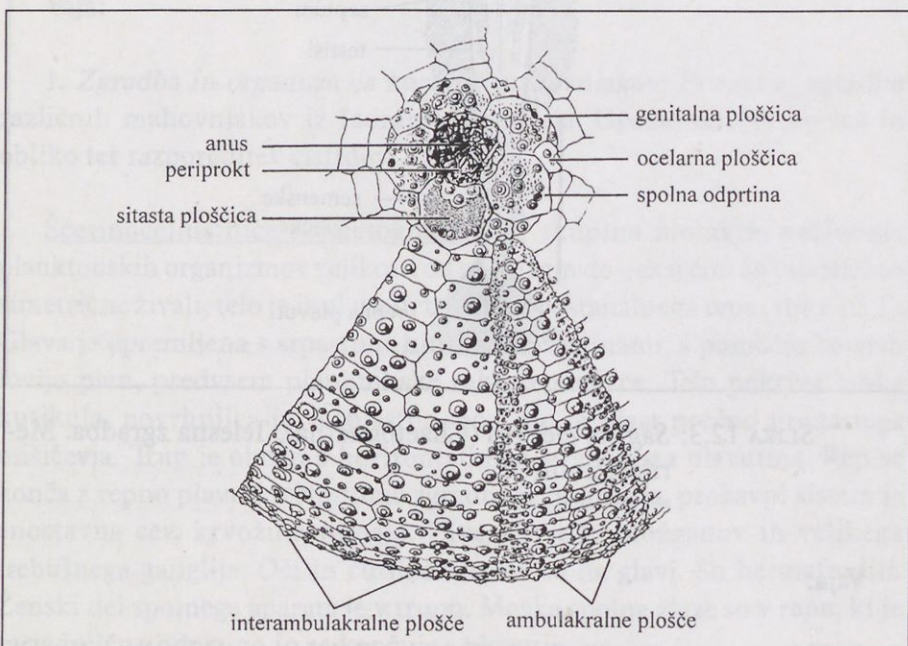
**Vaja:**

2. Telesna zgradba ščetinočeljjustnic: Oglej si trajni mikroskopski preparat ščetinočeljjustnice rodu *Sagitta* in opiši zgradbo telesa!

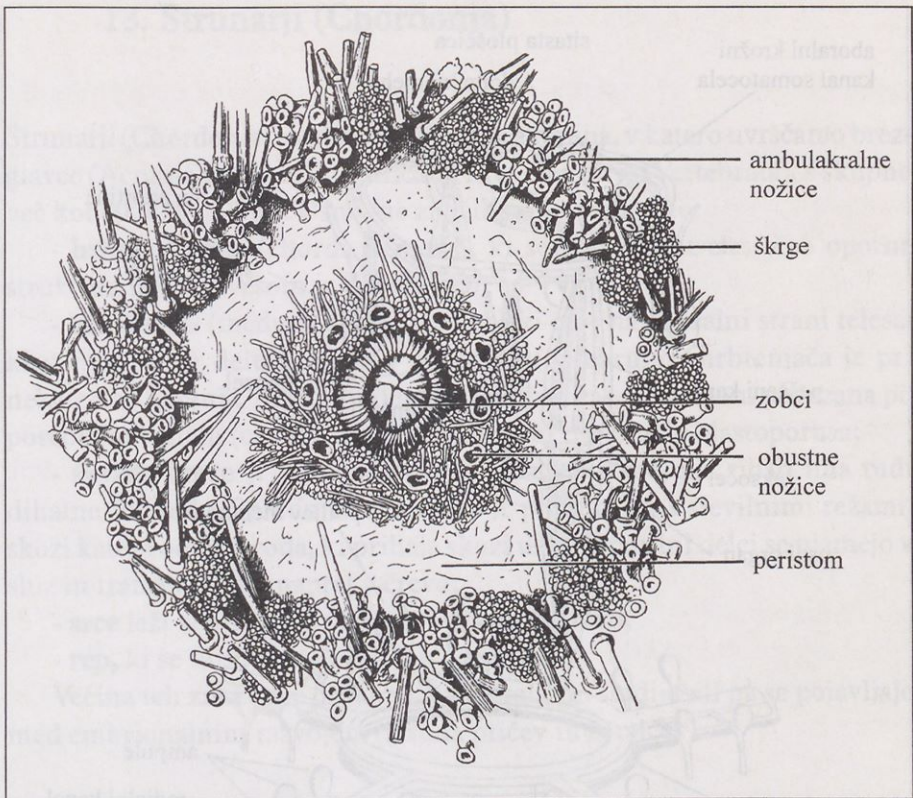
## 12.2 Telesna zgradba morskega ježka

Iglokožci (*Echinodermata*) so izključno morski organizmi. So večinoma radialno in pentamerno simetrični, z izjemo brizgačev in nekaterih morskih ježkov. Posebnosti skupine so **dermalni endoskelet**, **vodovodni (ambulakralni) sistem**, pedicelariji in kožne škrge. Celom iglokožcev je diferenciran v hidro-, akso- in somatocel. Iz mezocela se razvije ambulakralni sistem (hidrocel), ki je pomemben za gibanje in transport snovi, iz protocela se razvije osni ali aksialni organ (aksocel), ki je ožiljen. Iz metacela se razvijejo obsežna telesna votlina in mezenteriji črevesa ter dva krožna kanala, oralni s petimi radialnimi kanali in aboralni s petimi vrečastimi gonadami (somatocel). Med iglokožce uvrščamo morske lilije (*Crinoidea*), morske zvezde (*Asteroidea*), kačjerepe (*Ophiuroidea*), morske ježke (*Echinoidea*) in brizgače (*Holothuroidea*).

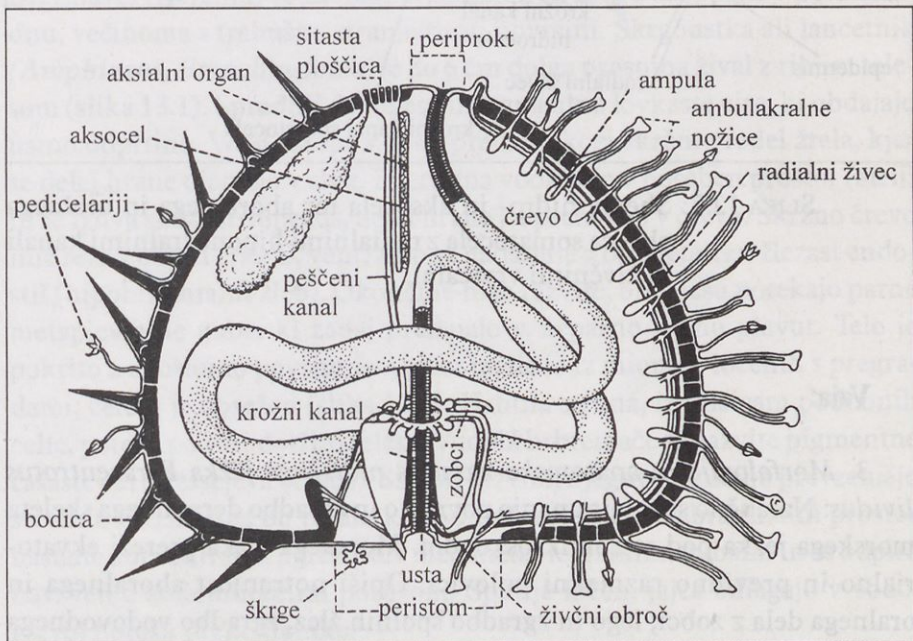
Telesna površina morskega ježka je pokrita z omigetalčno povrhnjico, pod katero je mezenhimatski skelet iz apnenčastih ploščic. Skelet ježka je iz dveh tipov radialno razporejenih plošč, ki so zrasle med seboj (slika 12.4). Ambulakralne plošče so preluknjane, skozi pore segajo ambulakralne nožice, ki so povezane z radialnimi kanali. Na površini plošč so gibljive sklepno vezane bodice, med katerimi so kleščasti pedicelariji, s katerimi čistijo površino. Usta so ventralno, na oralni strani, na aboralni strani sta anus in sitasta ploščica, ki povezuje ambulakralni sistem preko kamenega kanala z okoljem. Usta so obdana s peristomialnimi škrkami (slika 12.5), v njih je pet močnih zobcev (Aristotelova leščerba). Usta se nadaljujejo v požiralnik, ki prehaja v vrečast želodec, kjer se hrana prebavi in resorbira. Črevo je kratko (slika 12.6), za želodcem se razcepi v dva dela, en del v obliki sifona obdaja želodec in ima peristaltično funkcijo, drug del pa se končuje z anusom. Ambulakralni sistem (slika 12.7) je iz oralnega krožnega kanala, iz katerega poteka pet radialnih kanalov, iz teh pa ambulakralne nožice. Med radialnimi kanali so Polijevi mehurčki. Spolne žleze so nameščene ob notranji površini interambulakralnih ploščic in se odpirajo s spolnimi odprtinami na genitalnih ploščicah, ki obdajajo anus. Spol je večinoma ločen, oploditev je zunanja, razvoj gre preko planktonske ličinke (*pluteus*).



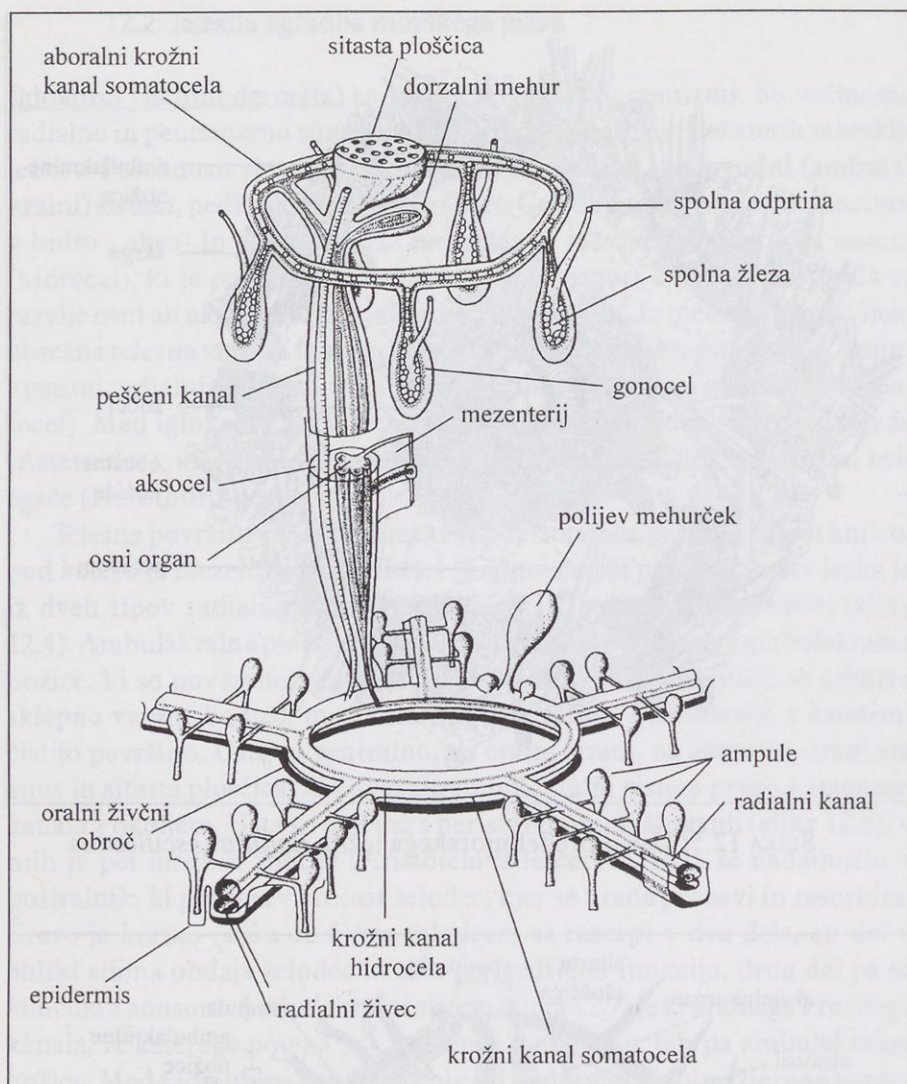
SLIKA 12.4: Aboralna stran skeleta morskega ježka *Echinus esculentus*.



SLIKA 12.5: Ustni predel morskega ježka *Echinus esculentus*.



SLIKA 12.6: Sagitalni rez morskega ježka. Desno poteka rez skozi ambulakralni, levo pa skozi interambulakralni predel.



SLIKA 12.7: Shema hidro- in aksocela ter aboralnega in oralnega obroča somatocela z radialnimi hiponevralnimi kanali in živčnimi vrvicami.

### Vaja:

3. *Morfologija in anatomska zgradba morskega ježka Paracentrotus lividus*: Natančno si oglej zunanjo površino in zgradbo dermalnega skeleta morskega ježka pod steromikroskopom. Morskega ježka prereži ekvatorialno in previdno razmakni polovici. Opiši notranjost aboralnega in oralnega dela z zobci, lego in zgradbo spolnih žlez, zgradbo vodovodnega sistema in prebavila.

## 13. Strunarji (Chordonia)

Strunarji (Chordonia) so obsežna živalska skupina, v katero uvrščamo brezglavce (Acrania), plaščarje (Tunicata) in vretenčarje (Vertebrata), s skupno več kot 40.000 vrstami. Osnovne značilnosti skupine so:

- **hrbтна struna** (chorda dorsalis), ki se razvije kot elastična oporna struktura med črevesom in hrbtenjačo;

- **hrbtenjača** (medulla spinalis), v obliki cevi na dorzalni strani telesa, ki v sprednjem delu prehaja v možgane (cerebrum); hrbtenjača je pri nekaterih (Acrania, Amphibia) lahko določen čas s črevesom povezana po posebnem kanalu (canalis neurentericus), ki nastane iz blastoporusa;

- **škržno črevo** je pomembno za filtracijo hrane, pri ribah ima tudi dihalno funkcijo. Sprednji del črevesa je preluknjan s številnimi režami, skozi katere odteka voda, ki prihaja skozi usta. Hranilni delci se ujamejo v sluz in transportirajo naprej v črevo;

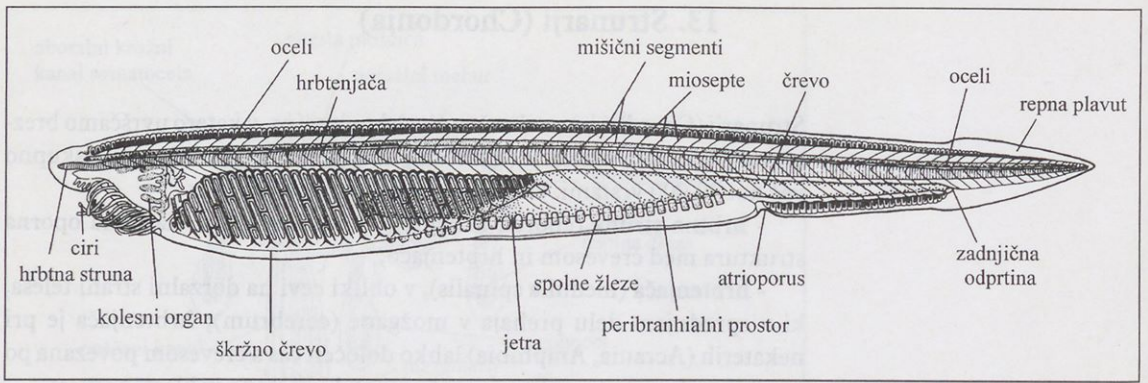
  - **srce** leži ventralno in črpa kri v škržno črevo;

  - **rep**, ki se razvije za zadnjično odprtino.

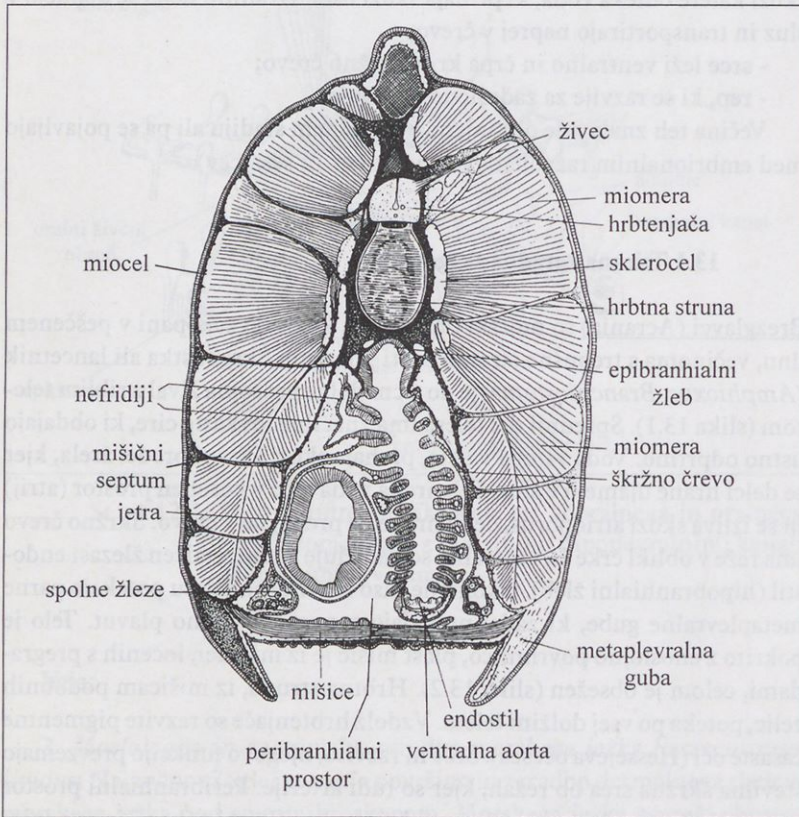
Večina teh znakov je ohranjena v larvalnem stadiju ali pa se pojavljajo med embrionalnim razvojem (struna ptičev in sesalcev).

### 13.1 Telesna zgradba škrgoustke

Brezglavci (Acrania) so morski organizmi, ki živijo zakopani v peščenem dnu, večinoma s trebušno stranjo proti površini. Škrgoustka ali lancetnik (*Amphioxus*, *Branchiostoma*) je do 6 cm dolga prosojna žival z ribjim telesom (slika 13.1). Sprednji del telesa ima značilne lovkaste cire, ki obdajajo ustno odprtino. Voda vstopa v usta, prehaja skozi škržni predel žrela, kjer se delci hrane ujamejo v sluz. Filtrirana voda teče v poseben prostor (atrij) in se izliva skozi atrioporus, delci hrane pa prehajajo v črevo. Škržno črevo ima reže v obliki črke U, ventralno se nadaljuje v omigetalčen žlezast endostil (hipobranhialni žleb). Okončine niso razvite, ob telesu potekajo parne metaplevralne gube, ki zadaj prehajajo v neparno repno plavut. Telo je pokrito z enoslojno povrhnjico, plast mišic je iz miomer, ločenih s pregradami, celom je obsežen (slika 13.2). Hrbtna struna, iz mišicam podobnih celic, poteka po vsej dolžini telesa. Vzdolž hrbtenjače so razvite pigmentne čašaste oči (Hessejeva očesca). Srce ni razvito, njegovo funkcijo prevzemajo številna škržna srca ob režah, kjer so tudi arterije. Peribranhialni prostor nastane kot ventralna ugreznitev med metaplevralnimi gubami in se odpira navzven z abdominalnim porusom. Spol je ločen, jajca odlagajo v vodo, razvoj poteka preko ličinke.



SLIKA 13.1: Telesna zgradba škrgoustke (*Branchiostoma lanceolatum*).



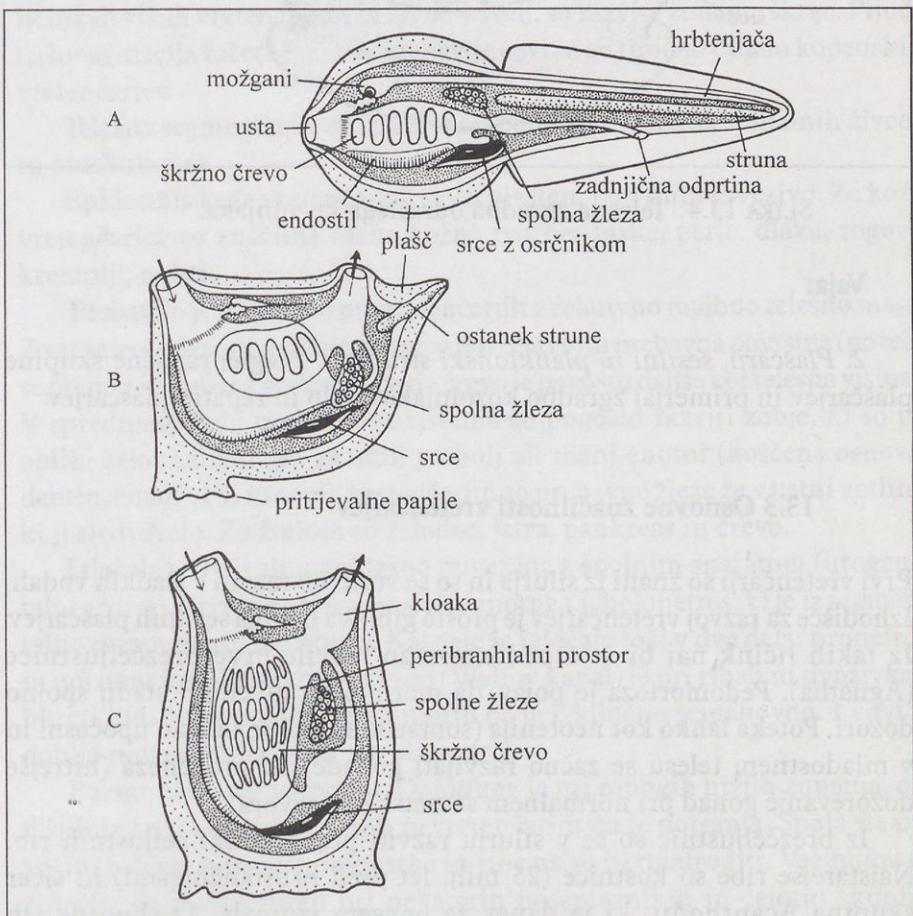
SLIKA 13.2: Prečni prerez škrgoustke (*Branchiostoma lanceolatum*) v predelu škržnega črevesa.

### Vaja:

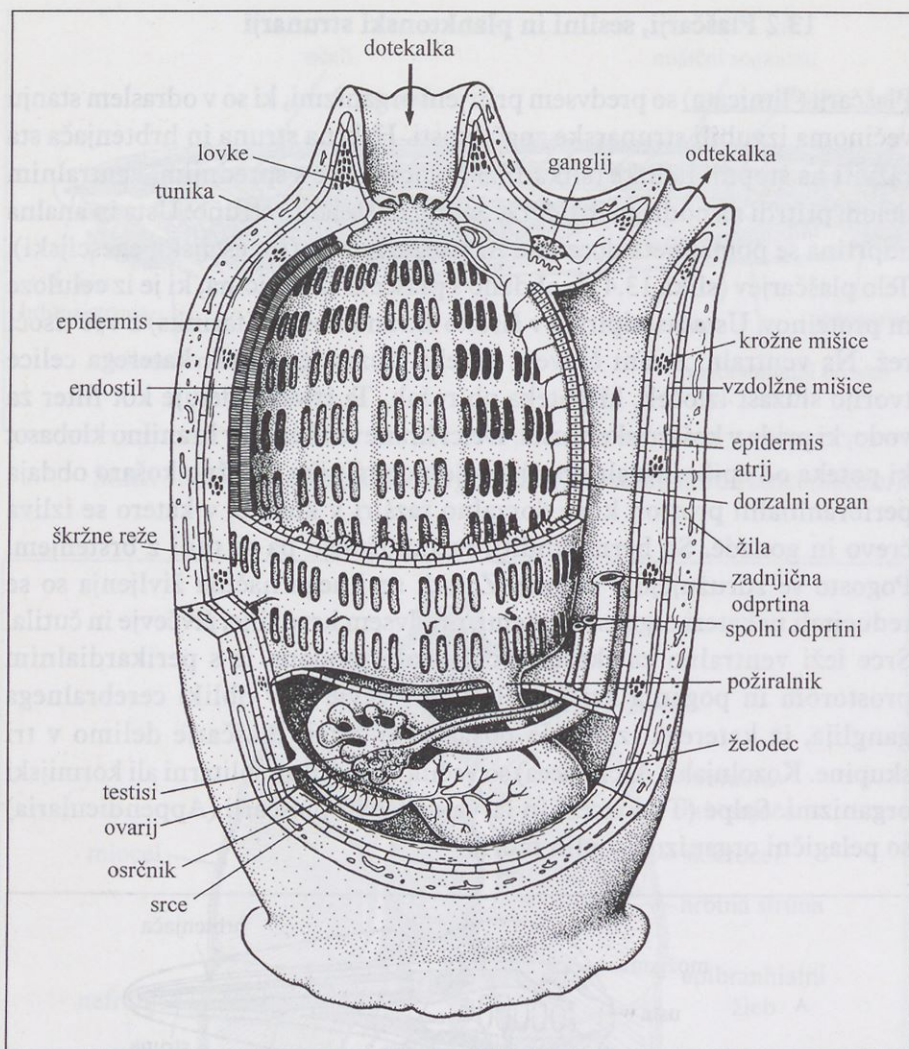
1. *Telesna zgradba škrgoustke*: Opazuj trajni preparat škrgoustke in opiši osnovne značilnosti telesne organizacije strunarjev!

### 13.2 Plaščarji, sesilni in planktonski strunarji

Plaščarji (*Tunicata*) so predvsem pritrjeni organizmi, ki so v odraslem stanju večinoma izgubili strunarske značilnosti. Hrbtna struna in hrbtenjača sta razviti na stopnji ličinke (slika 13.3). Ličinka se s sprednjim, ventralnim delom pritrdi na podlago in odvrže zadnji del telesa s struno. Usta in analna odprtina se pomakneta dorzarno in tvorita sifona (ingescijski, egescijski). Telo plaščarjev (slika 13.4) je obdano s plaščem iz tunicina, ki je iz celuloze in proteinov. Usta se odpirajo v široko škvržno košaro (farinks) z več tisoči rež. Na ventralni strani črevesa poteka žlezast endostil, katerega celice tvorijo sluzast izloček, ki poteka ob režah. Ta izloček deluje kot filter za vodo, ki pride v košaro skozi usta. Delci hrane se zberejo v hranilno klobaso, ki poteka od epibranchialnega žleba do požiralnika. Škržno košaro obdaja peribranchialni prostor, ki se dorzarno razširi v kloako, v katero se izliva črevo in gonade. So hermafroditi, razmnožujejo pa se tudi z brstenjem. Pogosto se združujejo v korme. Zaradi sesilnega načina življenja so se reducirali nekateri organski sistemi, predvsem krvožilje, živčevje in čutila. Srce leži ventralno za škvržnim črevesom, obdano je s perikardialnim prostorom in poganja kri po telesu. Živčevje je v obliki cerebralnega ganglija, iz katerega izstopajo posamezni živci. Plaščarje delimo v tri skupine. Kozolnjaki (*Ascidiacea*) so večinoma sesilni, solitarni ali kormijski organizmi. Salpe (*Thaliacea*) in larvalni repati plaščarji (*Appendicularia*) so pelagični organizmi toplih morij.



SLIKA 13.3: Telesna zgradba in preobrazba kozolnjaka. A) Stadij ličinke s struno v repnem delu; B) kozolnjak v stadiju preobrazbe, redukcija repa in pritrditev na podlago; C) odrasli kozolnjak.



SLIKA 13.4: Telesna zgradba odraslega kozolnjaka.

### Vaja:

2. *Pllaščarji, sesilni in planktonski strunarji*: Preglej različne skupine pllaščarjev in primerjaj zgradbo kozolnjakov, salp in repatih pllaščarjev.

### 13.3 Osnovne značilnosti vretenčarjev

Prvi vretenčarji so znani iz silurja in so se verjetno razvili v sladkih vodah. Izhodišče za razvoj vretenčarjev je prosto gibljiva ličinka sesilnih pllaščarjev. Iz takih ličink naj bi se s pedomorfozo razvile prve brezčeljustnice (Agnatha). Pedomorfoza je pojav, da morfološko juvenilni stadij spolno dozori. Poteka lahko kot neotenija (somatski razvoj se močno upočasni in v mladostnem telesu se začno razvijati gonade) ali progeneza (hitrejše dozorevanje gonad pri normalnem somatskem razvoju).

Iz brezčeljustnic so se v silurju razvili predhodniki čeljustnih rib. Najstarejše ribe so kostnice (25 milj. let pred hrustančnicami) in sicer skupina Acanthodii, ki je danes že povsem izumrla. Iz skupine rib Placodermi se je razvoj verjetno nadaljeval v hrustančnice.

Konec devona je prišlo do postopnega prehoda na kopno, ki je trajal več milijonov let. Ribjo obliko, iz katere so izšle dvoživke, predstavlja skupina resoplavutaric (Crossopterygii, danes še živi *Latimeria*). Prvi



predstavnik dvoživk je bila skupina labirintozobci (Labyrinthodontia). Iz nje je šel razvoj v dvoživke in tudi prednike plazilcev.

Prvi plazilci so se pojavili v karbonu. Prvi sesalцем podobni plazilci so se pojavili že v paleozoiku, a do njihovega razcveta je prišlo šele v kenozoiku. Iz skupine Thecodontia se je v začetku jure odcepila razvojna linija ptičev (Archaeopteryx).

Telo vretenčarjev je bilateralno simetrično in je sestavljeno iz glave, trupa in repa. V glavi so skoncentrirana najvažnejša čutila in možgani. V trupu je telesna votlina (celom), v kateri so nameščeni notraji organi, predvsem srce, prebavila, izločala, genitalni aparat. Iz trupa izraščajo ekstremitete (petprstna noga ali plavuti). Rep je za analno odprtino in je iz vretenc.

Hrbtna struna (chorda dorsalis) leži med črevesom in hrbtenjačo, pri večini vretenčarjev je prisotna le v embrionalni stopnji razvoja, razen pri nižjih vretenčarjih, kjer je razvita doživljenjsko.

Hrustančen ali koščen skelet iz vretenc gradi hrbtenico (columna vertebralis), razvita je lobanja in skelet okončin. Večdelni možgani so zaščiteni z lobanjo (cranium - Craniata) in segajo nekoliko naprej pred sprednji del horde, iz hrbtenjače izstopajo spinalni živci (senzorični dorzalno, motorični ventralno). Vegetativni živčni sistem je osredotočen v drobovju, zgrajen je iz številnih ganglijev, ki oživčujejo vegetativne organe in gladko muskulaturo.

Krvožilni sistem je sklenjen, srce je večdelno, krvni pigment je hemoglobin.

Dihajo s škrgami ali pljuči. Škrge so evaginacija začetnega dela prebavne cevi in so razvite pri večini vodnih vretenčarjev. Pri nekaterih nižjih in ličinkah višjih vretenčarjev, ki živijo v vodi, so razvite zunanje škrge. Pljuča so invaginacija začetnega dela prebavne cevi in so tipično dihalo kopenskih vretenčarjev.

Telesna segmentacija se izraža v razporeditvi vretenc, spinalnih živcev in muskulature.

Epidermis kože vretenčarjev je večplasten. Pod njim je vezivo. Za kožo vretenčarjev so značilne razne kožne tvorbe: luske, perje, dlaka, rogovi, kremplji, nohti.

Prebavilo je preprosto pri vretenčarjih z relativno majhno telesno maso. Z večanjem telesne površine, se mora povečati tudi prebavna površina (poveča se premer in dolžina prebavne cevi - črevo je pogosto daljše kot telesna višina.) V sprednjem delu prebavnega sistema so pogosto razviti zobje, ki so po obliki zelo različni, po zgradbi pa bolj ali manj enotni (koščena osnova, dentin, emajl). Pri mnogih vretenčarjih so prebavne žleze že v ustni votlini, ki ji sledi žrelo. Za žrelom so želodec, jetra, pankreas in črevo.

Izločala so bolj ali manj tesno povezana s spolnim aparatom (urogenitalni aparat). Prvotna oblika izločal je enotna t.i. holonefros, ki je iz segmentalno razporejenih nefridijev. Kasneje se izločalo loči v dva dela: pronefros in opistonefros. Primarni sečevod (Wolfov kanal) je pri ribah in dvoživkah hkrati tudi semenovod, pri amniotih pa je izključno semenovod. Ledvice dobijo novo izvodilo, sečnico ali uretro.

Razmnoževanje je spolno. Oploditev je pri mnogih nižjih zunanja, pri višjih in tudi nekaterih nižjih nevretenčarjih pa je notranja. Spola sta pri večini ločena, nekatere obloustke in ribe pa so hermafroditi. Večinoma se pojavlja oviparija, razen pri nekaterih posameznikih in celotni skupini sesalcev, za katere je značilna viviparija.

V embrionalnem razvoju se pojavijo t.i. ekstraembrionalne membrane, ki tvorijo dodatne votline. Te membrane so iz različnih zarodnih plasti, ki se med gastrulacijo izdiferencirajo iz enotne celične mase, ki nastane po

brazdanju. Membrane zarodka so **amnion**, ki varuje embrio pred izsušitvijo in s tem omogoča razvoj na kopnem, **horion**, ki ima zaščitno funkcijo, **stena rumenjake** **vrečke** in **alantois**, ki se pojavi šele v kasnejši fazi in deluje kot sečni mehur (kopiči odpadne snovi) ali pa kot organ, s pomočjo katerega zarodek diha (skozenj se namreč izmenjujejo plini in tudi nekatere druge snovi) in se prehranjuje.

Vse te ovojnice so značilne za plazilce, ptiče in sesalce. Po tem so te tri skupine dobile ime Amniota, za razliko od ostalih, ki teh struktur nimajo (Anamnia).

Razredi vretenčarjev:

### Agnatha

Obloustke (Cyclostomata)

### Gnathostomata

Ribe (Pisces)

Dvoživke (Amphibia)

Plazilci (Reptilia)

Ptiči (Aves)

Sesalci (Mammalia)

## 13.3.1 Obloustke

1. Glenavice (Myxiniiformes)
2. Piškurji (Petromyzoniformes)

Značilnosti:

Usta so okrogla, z mesnatimi ustnicami, jezik je v obliki bata. So brez čeljusti, ki so pri čeljustnicah razvite iz sprednjih škržnih lokov. So brez parnih plavuti. Po hrbtu poteka enotna hrbtna plavut. Hrbtna struna se ohrani vse življenje. Koža recentnih vrst je gola (so brez lusk). Čutilo za voh je sicer parno, a ima eno samo zunanjo odprtino. Notranje uho ima en ali dva polkrožna kanala (vse čeljustnice imajo 3 kanale). Zaradi načina življenja in jeguljaste oblike jih mnogi uvrščajo med skupino rib, vendar so ribam podobne le v nekaterih primitivnih znakih in po načinu življenja.

## 13.3.2 Ribe

Ribe spadajo med ektotermne živali. Večina jih diha s škrkami. Koža je sluzasta, saj imajo v večplastni epidermidi številne enocelične mukozne žleze. Koža je večinoma pokrita z luskami (plakoidna luska hrustančnic, cikloidna in ktenoidna pri kostnicah).

Kemoreceptorji niso razporejeni samo po ustni votlini in farinksu, ampak so lahko tudi izpostavljeni na posebnih ustnih tentaklih in celo po celotni zunanji površini. Za to skupino so značilni tudi elektoreceptorji in sistem pobočnice, ki pa ga imajo tudi larve dvoživk, ki živijo v vodi. Ribe imajo parne prsne in trebušne plavuti ter tudi neparne plavuti (hrbturna, repna, predrepna), ki so se razvile iz enotne prvotne gube, ki je potekala od hrbta do trebušne strani. Srce je iz ventrikla in atrija. Ribe naseljujejo skoraj vse vode - od oceanov do občasno presihajočih potokov, kjer so njihova jajčeca

sposobna preživeti neugodne življenjske razmere (sezonske ribe). Število vrst je preko 20.000 in tako predstavljajo najboljšejšo skupino vretenčarjev.

### 13.3.3 Dvoživke

Tudi v tej skupini so ektotermne živali. V larvalnem stadiju dihajo s škrgami, odrasle živali pa s pljuči in skozi kožo. Koža je mehka in polna žlez, zato je na otip vlažna. Ima zelo tanek keratiniziran sloj. Ta skupina je prva, pri kateri se pojavi srednje uho. Skupina sleporilov (*Gymnophiona*) je edina, ki nima okončin. Za ostale velja, da imajo pogosto na sprednjih okončinah 4 prste, na zadnjih pa 5. Srce je iz ventrikla in dveh predvorov. Distalni del opisthonefrosa je izločalo, kranialni del pa se izoblikuje v obmodek. Skoraj izključno so gonohoristi (ločen spol).

### 13.3.4 Plazilci

Tudi te živali so ektotermne. Dihajo s pljuči. So pretežno kopne živali. Telo je prekrito s kožo, ki je zelo močno poroženela (pogoste levitve). Imajo večplasten epidermis, katerega plasti se dvakrat ponovijo. Poroženeli sloj se oblikuje v roževinaste luske. V koži imajo zelo malo žlez. Nekateri predstavniki (kače) imajo na glavi receptorje za toploto. Srce še ni popolnoma predeljeno, razen pri krokodilu. Okončine lahko imajo ali pa so reducirane. V ontogenetskem razvoju ni več stadija ličinke, mladiči se iz jaje izvalijo popolnoma razviti ali pa so živali živorodne, običajno gre za ovoviviparijo. (ni povezanosti med embrijem in materjo).

### 13.3.5 Ptiči

Te živali so endotermne. Njihov način gibanja (letenje) jim je omogočil osvojitve velikega števila življenjskih prostorov. V povezavi z letenjem se jim izoblikujejo tipične lastnosti:

- prednji par okončin se je izoblikoval v krila
- značilna kožna tvorba je perje
- imajo tipično dihalo - pretočna pljuča
- v povezavi z letenjem so tudi votle kosti, redukcija zobovja.

So živali z najostrejšim vidom, saj imajo celo dve rumeni pegi v očesu. Srce je že povsem predeljeno.

### 13.3.6 Sesalci

Med vsemi živalmi jih lahko prepoznamo po naslednjih posebnostih:

- pokriti so z dlako
- viviparija (kotijo žive mladiče), izjema so stokavci (*Monotremata*)
- laktacija (mladiči zrastejo ob mleku, ki se pri višjih izloča iz seskov, iz katerih mladiči sesajo, pri nižjih pa se mleko cedi po posebnem žlezem polju, kjer ga mladiči ližejo).

**Vaja:**

3. *Osnovne značilnosti vretenčarjev:* Primerjaj telesno zgradbo posameznih skupin vretenčarjev!

# Razmnoževanje in razvoj

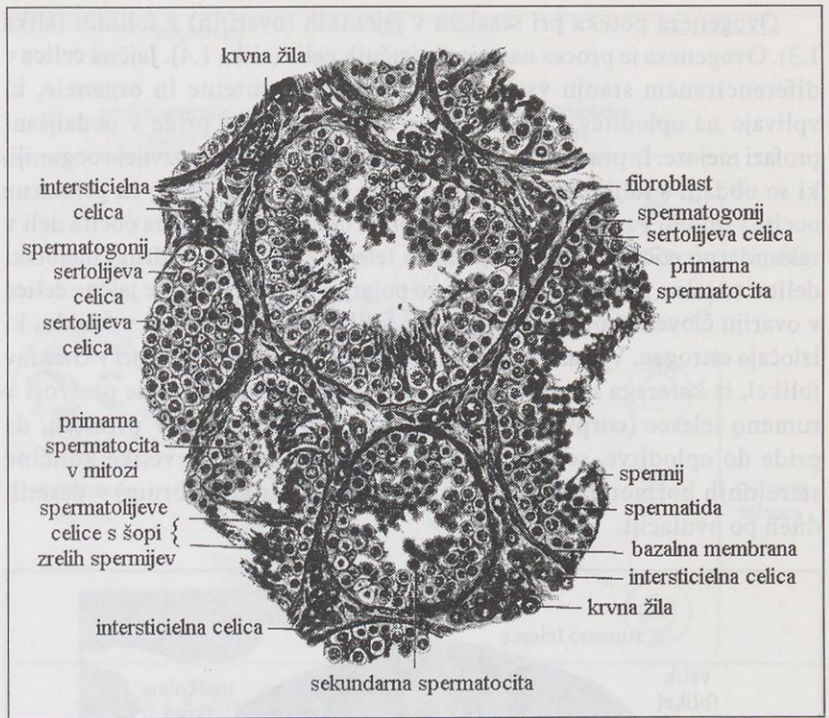
## 1. Zgradba spolnih žlez in nastanek spolnih celic

### 1.1 Spermatogeneza in ovogeneza

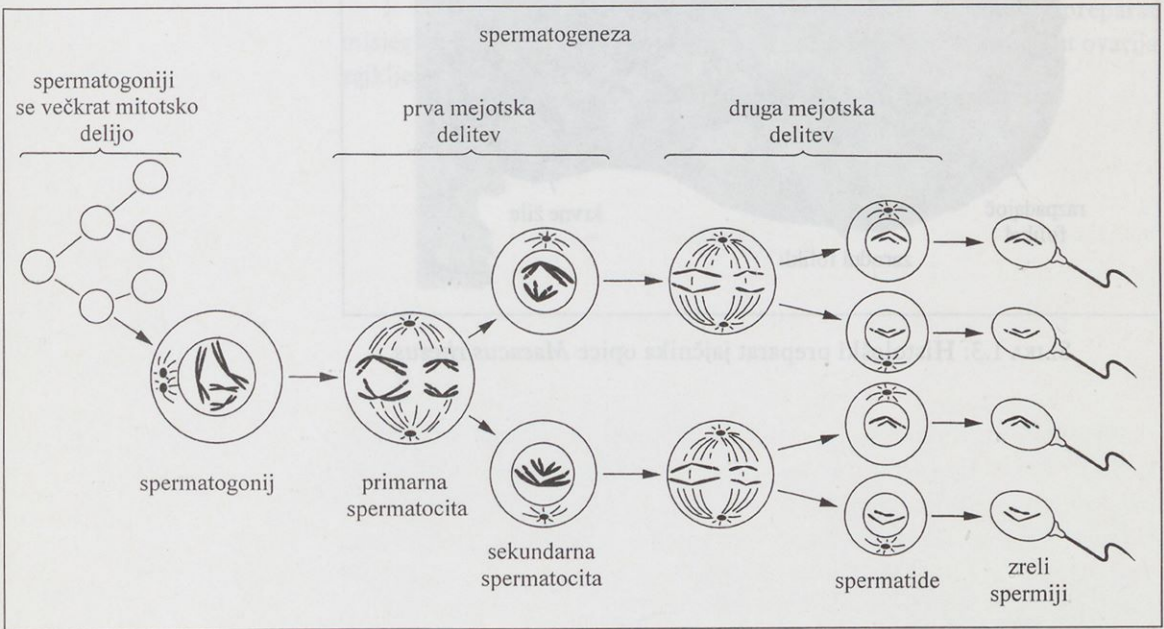
Razmnoževanje je osrednjega pomena za vsak organizem, saj omogoča obstoj vrste.

Pogoj za spolno razmnoževanje je nastanek spolnih celic (gamet). Zarodna celična linija, ki navadno izvira iz zarodne plazme jajčeca, je pomembna za razvoj praspolnih celic takoj po oploditvi. Spolne celice nastajajo v procesu gametogeneze z redukcijsko delitvijo iz praspolnih celic. Redukcijska delitev ali mejoza je proces, v katerem se v dveh zaporednih delitvah brez vmesne replikacije DNK zmanjša število kromosomov na polovico. V mejozi pride do rekombinacije genetskega materiala med homolognimi kromosomi in neodvisnega razporejanja kromosomov v spolne celice.

Spermatogeneza poteka pri sesalcih v semenskih kanalčki mod (testisev) v smeri od stene kanalčka proti svetlini (slika 1.1). Spermatogeneza je proces nastajanja spermijev, najbolj specializiranih celic v živem svetu. Večina spermijev je v osnovi iz jedra, akrosoma in bička. Akrosom omogoča prodiranje skozi zaščitne ovojnice jajčne celice in vrstno specifično povezavo spermija z jajčno celico. Pri večini živalskih vrst poteka spermatogeneza v tesni povezavi zarodnih celic s specializiranimi somatskimi celicami. Ta povezava je zelo izrazita med Sertolijevimi in spolnimi celicami v semenskih kanalčkih sesalčjih testisov. Spermatogoniji so diploidne celice z velikim jedrom, ti se mitotsko delijo in vstopijo v mejozo kot primarne spermatocite. Sekundarne spermatocite nastanejo po prvi mejotski delitvi, po drugi pa haploidne spermatide. Vsaka spermatida se v procesu spermiogeneze diferencira v spermij, pri katerem se razvijejo funkcionalne posebnosti, ki omogočajo oploditev. Iz vsakega diploidnega spermatogonija na koncu nastanejo štiri haploidne semenčice (slika 1. 2).

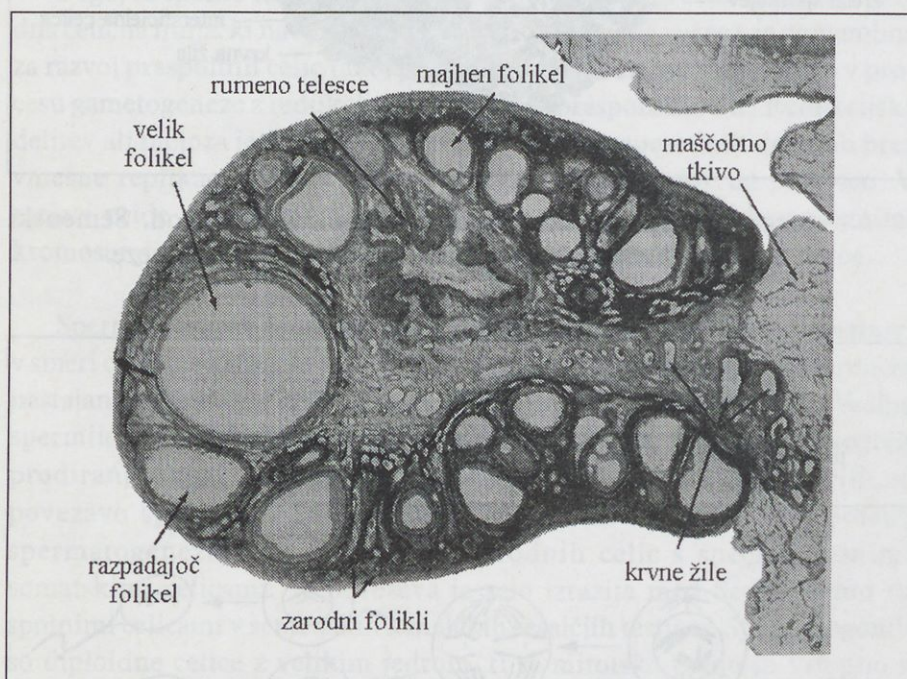


SLIKA 1.1: Histološki preparat dela človeških mod. Semenski kanalčki so v različnih fazah spermatogeneze.

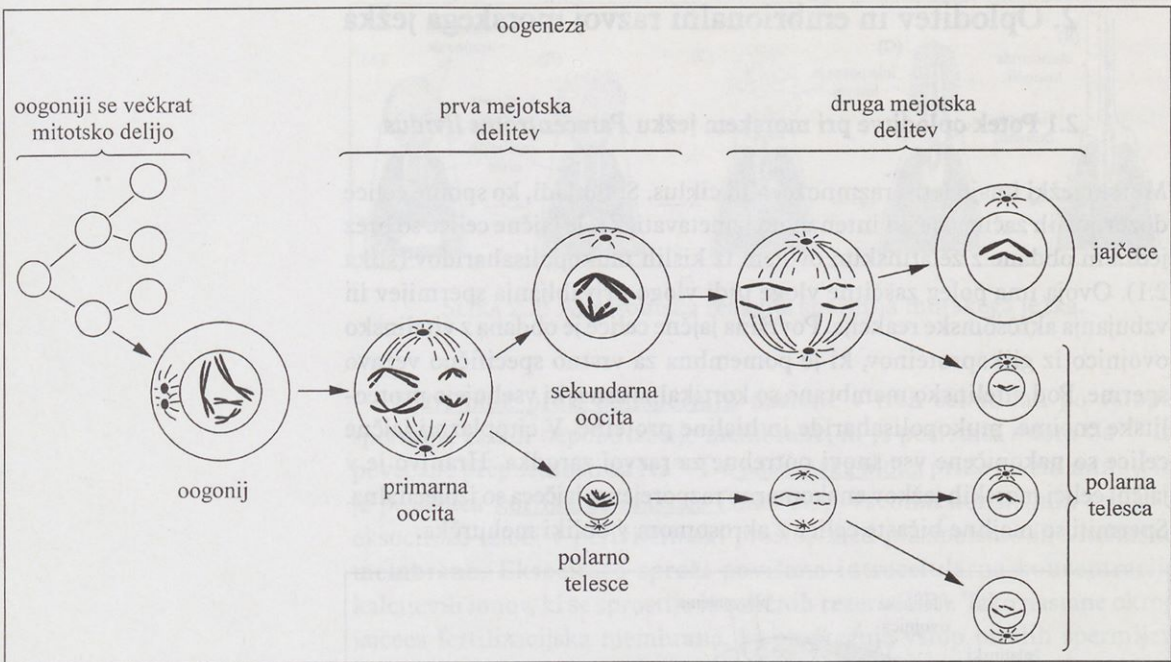


SLIKA 1.2: Shematski prikaz poteka spermatogeneze.

Ovogeneza poteka pri sesalcih v jajčnikih (ovarijih) v foliklih (slika 1.3). Ovogeneza je proces nastajanja jajčnih celic (slika 1.4). Jajčna celica v diferenciranem stanju vsebuje specializirane proteine in organele, ki vplivajo na oploditev. Do diferenciacije jajčne celice pride v podaljšani profazi mejoze. Iz praspolnih celic se pri sesalčjih samicah razvijejo oogoniji, ki so obdani s folikularnimi celicami. Ti se mitotsko delijo in primarne oocite vstopijo v mejozo. Po prvi mejotski delitvi se primarna oocita deli v sekundarno oocito in manjše polarno telesce (polocito). V drugi mejotski delitvi nastane jajčna celica in še eno polarno telesce. Zorenje jajčne celice v ovariju človeka poteka v povezavi s folikularnimi celicami v foliklu, ki izločajo estrogen. V vsakem ciklusu se razvije en folikel, ki dozori v Graafov folikel, iz katerega se ob ovulaciji sprosti oocita, folikel pa se pretvori v rumeno telesce (corpus luteum), ki izloča progesteron. V primeru, da pride do oploditve, se rumeno telesce poveča in izloča velike količine steroidnih hormonov, drugače pa degenerira (corpus rubrum) v desetih dneh po ovulaciji.



SLIKA 1.3: Histološki preparat jajčnika opice *Macacus rhesus*.



SLIKA 1.4: Shematski prikaz poteka ovogeneze.

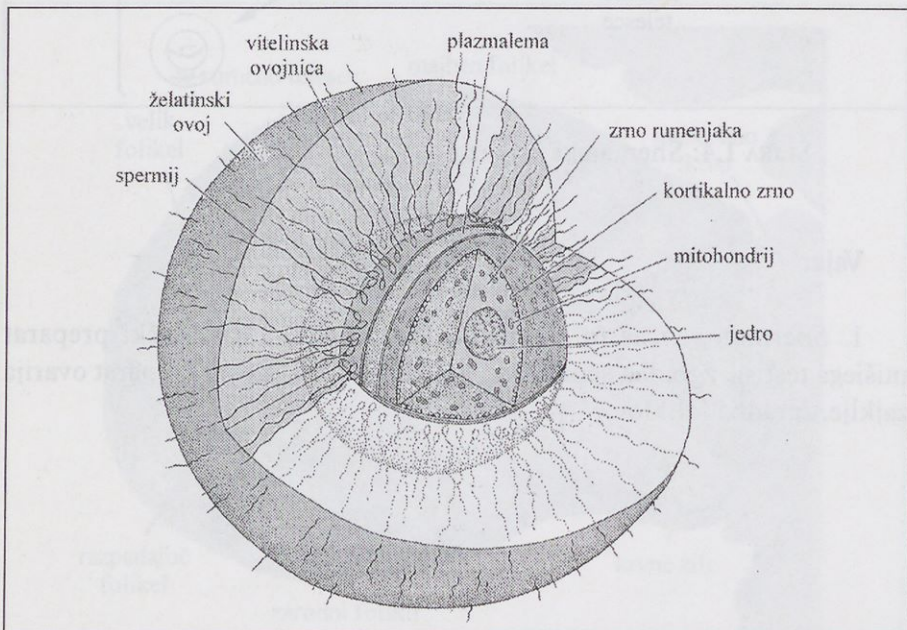
**Vaja:**

1. *Spermatogeneza in ovogeneza pri sesalcih*: Histološki preparat mišjega testisa, zgradba semenskih kanalčkov. Histološki preparat ovarija zajklje, zgradba foliklov.

## 2. Oploditev in embrionalni razvoj morskega ježka

### 2.1 Potek oploditve pri morskem ježku *Paracentrotus lividus*

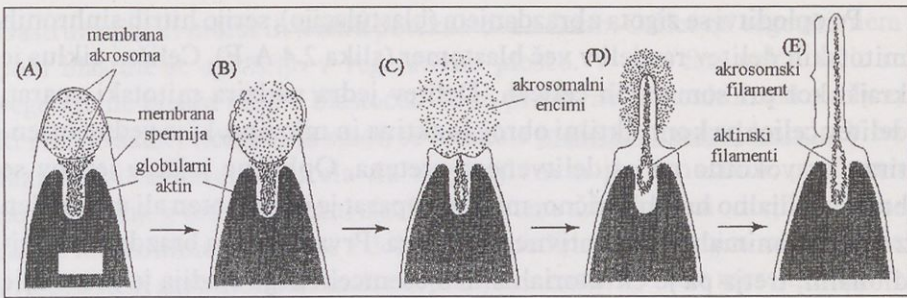
Morski ježki imajo letni razmnoževalni cikel. Spomladi, ko spolne celice dozori, jih začnejo ježki intenzivno izmetavati. Zrele jajčne celice so brez jedra in obdane z želatinskim ovojem iz kisljih mukopolisaharidov (slika 2.1). Ovoja ima poleg zaščitne vloge tudi vlogo privabljanja spermijev in vzbujanja akrosomske reakcije. Površina jajčne celice je obdana z vitelinsko ovojnico iz glikoproteinov, ki je pomembna za vrstno specifično vezavo sperme. Pod vitelinsko membrano so kortikalna zrna, ki vsebujejo proteolitike encime, mukopolisaharide in hialine proteine. V citoplazmi jajčne celice so nakopičene vse snovi potrebne za razvoj zarodka. Hranivo je v jajčni celici morskih ježkov enakomerno razporejeno, jajčeca so izolecitalna. Spermiji so majhne bičaste celice z akrosomom v obliki mehurčka.



SLIKA 2.1: Zgradba jajčne celice morskega ježka med oploditvijo.

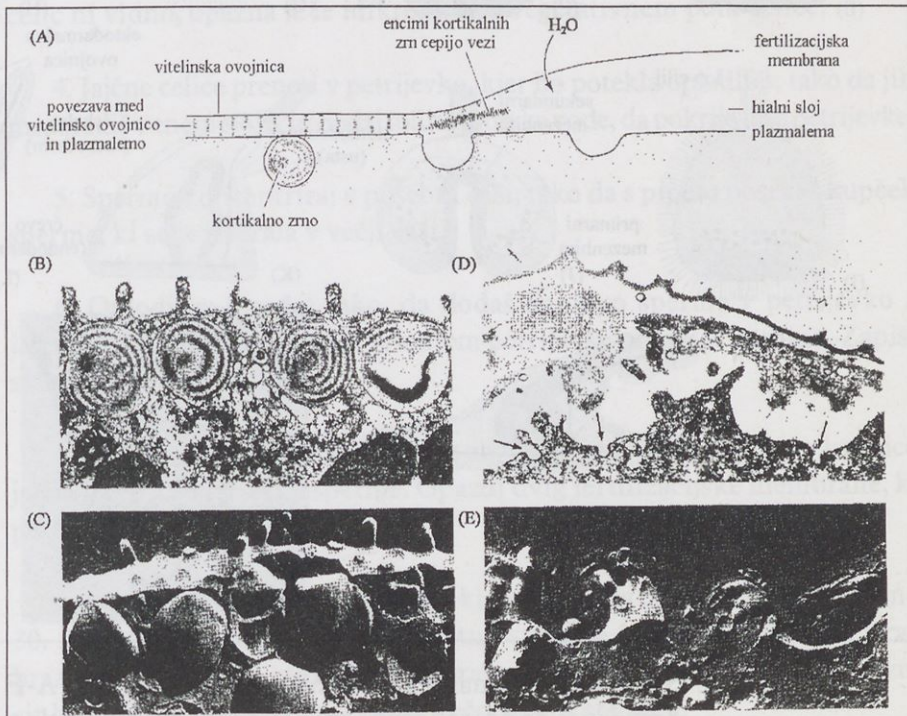
Prepoznavanje spermija in jajčne celice temelji na mehanizmi privabljanja in aktivacije sperme, ki sta vrstno specifična procesa. Privabljanje poteka s kemotaksijo, želatinski ovoj vsebuje polipeptide (speract, resact), ki delujejo kemotaktično. Encimi v želatinskem ovoju sprožijo akrosomsko reakcijo (slika 2.2), pri kateri pride do polimerizacije aktina in do nastanka akrosomalnega filameta, ki prodre do membrane jajčne celice. Bindin je vrstno specifičen akrosomalni protein, ki omogoči zlitje membran obeh spolnih celic preko bindinskega receptorja v membrani jajčne celice. S pomočjo kimotripsinske proteaze filament dokončno predre vitelinsko ovojnico. Preprečitev vdora več semenčic naenkrat (polispermija) temelji na dveh zaporednih procesih.





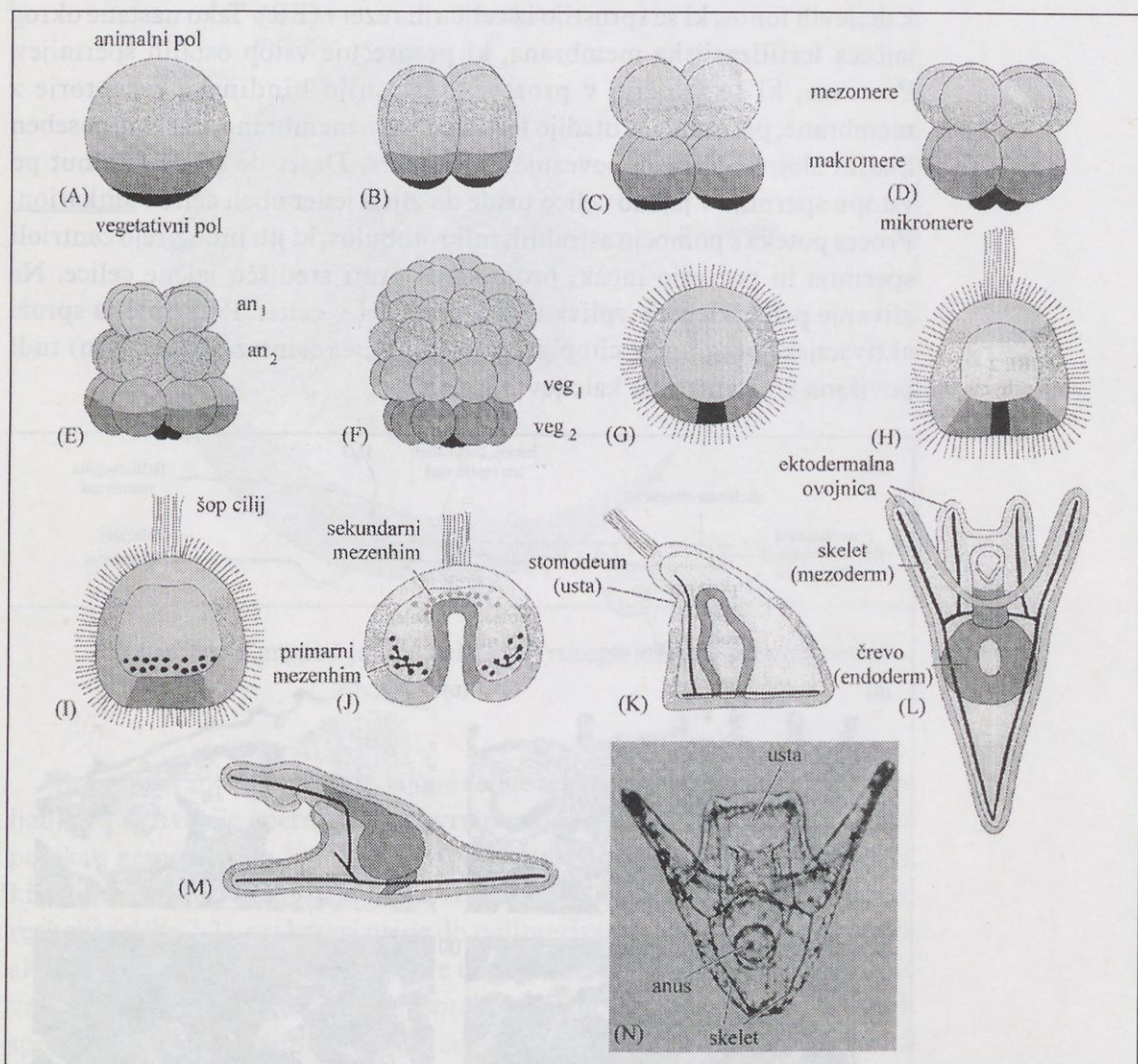
SLIKA 2.2: Akrosomska reakcija spermija morskega ježka.

Hitri blok proti polispermiji nastane v treh sekundah po vstopu spermija, zaradi depolarizacije membrane, ki je posledica vdora  $\text{Ca}^{++}$  in povečane prepustnosti za  $\text{Na}^+$ . Do počasnega bloka pride po eni minuti in je posledica kortikalne reakcije (slika 2.3). Vsebina kortikalnih zrn se z eksocitozo izloči v perivitelinski prostor med plazmalemo in vitelinsko membrano. Eksocitozo sproži povišana intracelularna koncentracija kalcijevih ionov, ki se sprostijo iz celičnih rezerv (ER). Tako nastane okrog jajčeca fertilizacijska membrana, ki preprečuje vstop ostalih spermijev. Proteaze, ki se izločijo v prostor, odstranijo bindingske receptorje z membrane, peroksidaze utrdijo fertilizacijsko membrano, nastane poseben hialini sloj, ki kasneje povezuje blastomere. Deset do dvajset minut po vstopu spermija v jajčno celico pride do zlitja jeder obeh celic v sinkarion. Proces poteka s pomočjo astralnih mikrotubulov, ki jih inducirajo centrioli spermija in porivajo moški pronukleus proti središču jajčne celice. Na zlivanje pronukleusov vpliva tudi zvišan pH v celici. Poleg pH-ja sproži aktivacijski program v citoplazmi jajčne celice (sintezo beljakovin) tudi povišana koncentracija kalcijevih ionov.



SLIKA 2.3: Kortikalna reakcija, eksocitoza kortikalnih zrn (A). Elektronsko mikroskopska posnetka korteksa neoplojene jajčne celice (B,C). Elektronsko mikroskopska posnetka oplojene jajčne celice, dvig fertilizacijske membrane (D,E).

Po oploditvi se zigota z brazdanjem (blastulacijo), serijo hitrih sinhronih mitotskih delitev razdeli v več blastomer (slika 2.4 A-F). Celični cikel je krajši kot pri somatskih celicah. Delitev jedra nadzira mitotski aparat, delitev celice pa kontraktilni obroč iz aktina in miozina, ki je vedno orientiran pravokotno na os delitvenega vretena. Opljeno jajčece ježkov se brazda radialno holoblastično, mitotski aparat je pravokoten ali vzporeden z ravnino animalno-vegetativne osi jajčeca. Prva in druga brazda sta meridionalni, tretja pa je ekvatorialna. Do osemceličnega stadija je brazdanje enakomerno, blastomere so enake. Četrta brazda, po kateri se razvije šestnajstcelični stadij, poteka na animalnem polu meridionalno in dobimo osem mezomere, na vegetativnem pa ekvatorialno inekvalno, tako da dobimo štiri makromere in štiri mikromere. Na tem stadiju se razvijejo na zunanji površini blastomer migetalka in zarodek plava v fertilizacijski ovojnici. To je stadij blastule (slika 2.4 G-I) iz enoslojnega epitela, ki obdaja blastocel. V nadaljevanju razvoja pride do gastrulacije (slika 2.4 J), kjer se celice blastoderma, ki so nastale z brazdanjem prerazporedijo na nova mesta v zarodku. Pri tem nastanejo tri zarodne plasti: ektoderm, mezoderm in endoderm.



SLIKA 2.4: Shema embrionalnega razvoja morskega ježka. A-F brazdanje do 64-celičnega stadija, G zgodnja blastula z migetalkami, H pozna blastula s šopom migetalk in sploščenim vegetativnim polom, I blastula s primarnim mezenhimom, J gastrula s sekundarnim mezenhimom, K ličinka v obliki prizme, L-N ličinka pluteus

Gastrulacija pri morskih ježkih poteka v dveh fazah. Celice na vegetativnem polu blastule se sploščijo v vegetativno ploščo. V prvi fazi nekaj celic iz vegetativne plošče vdre v blastocel. To so primarne mezenhimatske celice, ki tvorijo skelet ličinke. Ta stadij se imenuje mezenhimatska blastula. V tej fazi z uvihavanjem epitela na vegetativnem polu nastane pračrevo (arhenteron). V drugi fazi gastrulacije se od stene arhenterona odcepijo sekundarne mezenhimatske celice z dolgimi filopodiji. Ko se konica arhenterona približa steni gastrule na animalnem polu, kjer nastanejo usta mezenhimatske celice zaključijo potovanje in migrirajo posamič v blastocel, kjer nastaja zasnova za mišice, pigmentne celice in celomsko vrečko. Z zaključkom gastrulacije nastane ličinka pluteus (slika 2.4 L,M,N).

### Vaja:

#### 2. Oploditev in opazovanje razvoja modrovijoličnega morskega ježka (*Paracentrotus lividus*):

1. Morskemu ježku vbrizgaj skozi peristom približno 0.5 ml 0.5M izotoničnega KCl ali  $\text{CaCl}_2$  in ga postavi z aboralno stranjo na čašo, napolnjeno z morskovo vodo, tako da voda sega do telesne površine.

2. Opazuj proces izmetavanja spolnih celic. Jajčeca so oranžne barve, sperma je mlečno bela. Oglej si zgradbo spolnih celic. Jajčne celice so obdane z želatinskim ovojem, ki ga obarvaš z metilenskim modrilom. Ob izmetavanju spolnih celic pride tudi do iztrebljanja in sproščanja barvil!

3. Po 5-15 minutah se v čaši nabere plast spolnih celic. Preveri procent zrelosti jajčnih celic! Nezrele oocite imajo veliko jedro, jedro zrelih jajčnih celic ni vidno, opazna je le mikropila na vegetativnem polu celice.

4. Jajčne celice prenesi v petrijevko, kjer bo potekla oploditev, tako da jih razporediš v enem sloju, in dodaj toliko morske vode, da pokrije dno petrijevke.

5. Spermio koncentriraj v posebni čaši, tako da s pipeto posrkaš kupček sperme, ki se je nabrala v večji čaši.

6. Oploditev izvedeš tako, da dodaš kapljico sperme v petrijevko z jajčnimi celicami in z rahlim vrtenjem petrijevke pomešaš vsebino. Zapiši si čas oploditve.

7. Oploditev lahko izvedeš tudi na objektnem stekelcu, tako da v kapljico jajčnih celic dodaš malo sperme. Opazuj dvig fertilizacijske membrane, ki poteče v eni minuti.

8. Opazuj dogajanje v petrijevki, kjer je potekla oploditev. Po približno 30. minutah vzemi vzorec na objektno stekelce in opazuj nastanek prve brazde. Opazuj lego mitotskega aparata, ki določa mesto brazde! Opazuj sinhronost brazdanja in nastanek večceličnih stadijev!

9. Opiši stadije embrionalnega razvoja in oceni časovne intervale, v katerih nastajajo posamezni stadiji (omigetalčna blastula, mezenhimatska blastula, gastrula, pluteus).

## Slovstvo

- Hickman C.P., Roberts L.S., Larson A. (1997) Integrated Principles of Zoology, Wm.C. Brown Publishers, Dabuque
- Matoničkin I. (1981) Beskralješnjaci - biologija nižih avertebrata, Školska knjiga, Zagreb
- , (1981) Beskralješnjaci - biologija viših avertebrata, Školska knjiga, Zagreb
- Remane A, Storch V, Welsch U. (1989) Kurzes Lehrbuch der Zoologie (6. Auflage), Gustav Fischer Verlag, Stuttgart
- Riedl R. (1983) Fauna und Flora des Mittelmeeres, Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin
- Ruppert E.E., Barnes R.D. (1994) Invertebrate Zoology (sixth edition), Saunders College Publishing, Orlando
- Scott F. Gilbert (1988) Developmental Biology, Sinauer associates, Inc. Publishers
- Storch V, Welsch U. (1996) Kükenthal Zoologisches Praktikum (22. Auflage), Gustav Fischer Verlag, Stuttgart
- Storch V, Welsch U. (1997) Systematische Zoologie (5. Auflage), Gustav Fischer Verlag, Stuttgart
- Welsch U., Storch V, (1976) Comparative Animal Cytology and Histology, Sidgwick & Jackson, London
- Westheide W., Rieger R. (1996) Spezielle Zoologie (Teil 1.), Gustav Fischer Verlag, Stuttgart





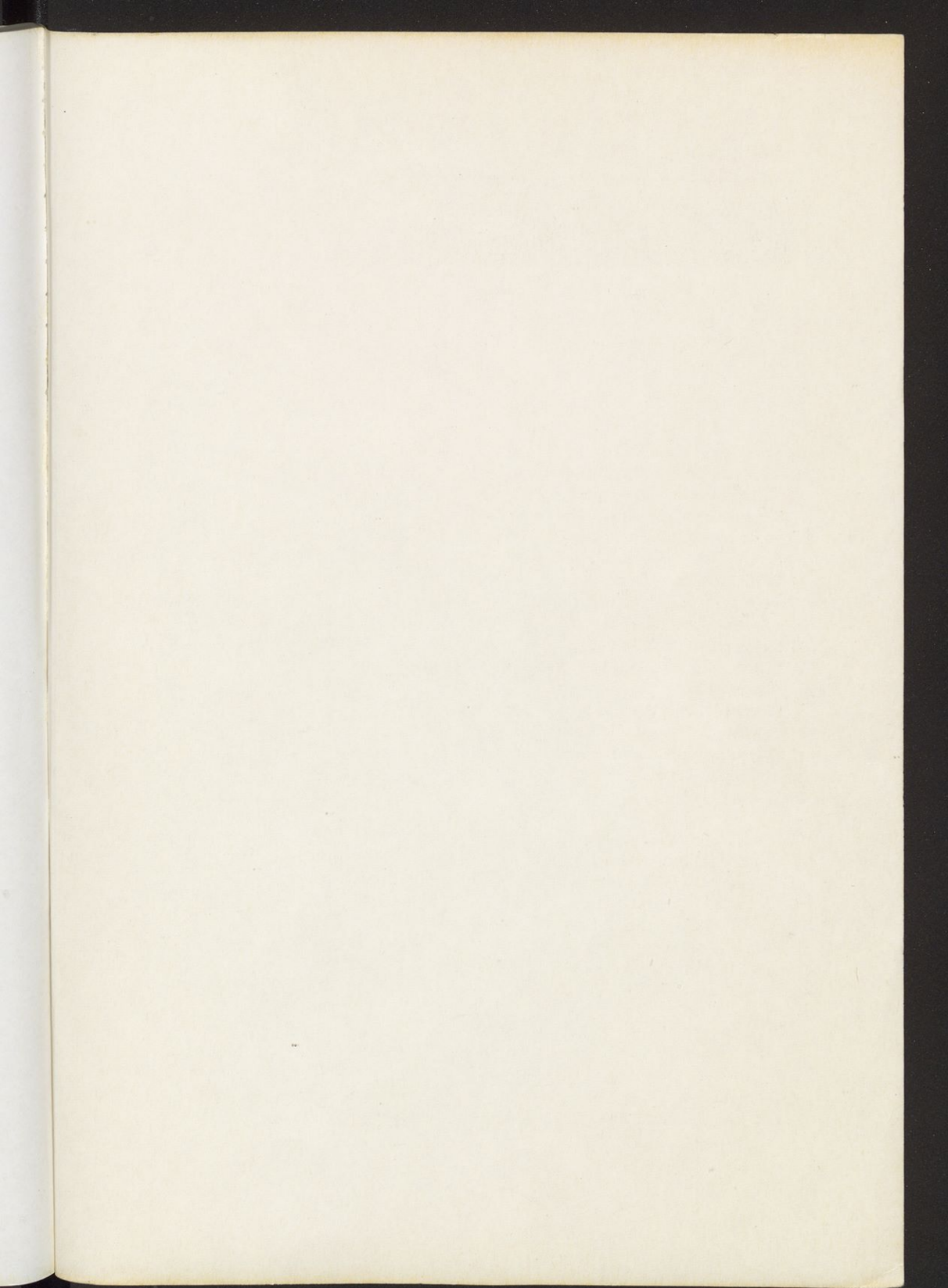
00000206734

# scripta

	MPC v SIT	študentska cena v SIT
M. Saje: <b>Zgodovina Kitajske</b>		<i>razprodano</i>
A. Židan: <b>Aktivno učenje mladih v družboslovju</b>	840	630
J. Kocijan: <b>Praktikum regulacijske tehnike</b>		<i>razprodano</i>
F. Adam: <b>Kompendij socioloških teorij</b>	2940	2058
I. Grdina: <b>Starejša slovenska nabožna književnost</b>	1260	882
M. Kos, B. Bulog: <b>Embriologija vretenčarjev</b>		1155
M. Zupan: <b>Meščanska drama v 18. stoletju</b>	840	630
A. Štern, I. Jerman: <b>Evolucija s teoretično biologijo</b>		<i>razprodano</i>
J. Štrus: <b>Splošna zoologija - vaje</b>	1680	1176
M. Demastia, B. Turk: <b>Botanika</b>	1680	1176
T. Turk, K. Sepčič, G. Anderluh, P. Maček: <b>Biokemijski praktikum</b>	2274	1365
A. Židan: <b>Didaktizacija družboslovja za mlade</b>	1470	882
M. Štefančič, V. Pohar: <b>Evolucija človeka. Okolje in kulture v pleistocenu</b>	2026	1158
Rajko Bratož: <b>Grška zgodovina</b>	3200	1600
Dejan Jelovac: <b>Poslovna etika</b>	1714	1200
B. Herzog-Velikonja, K. Gruden: <b>Praktikum iz molekularne biologije</b>	2310	1155
K. Šterk: <b>O težavah z mano</b>	2940	1470
D. Vodnik: <b>Simbioze in parazitizem</b>		600
T. Perovič, Š. Šipek: <b>TV novice</b>	3200	1600
M. Rupnik, M. Janc: <b>Splošna mikrobiologija</b>	2300	1150
G. Bervar: <b>C++ na kolenih</b>	3000	6000
več avtorjev: <b>Uvod v umetnostno zgodovino</b>	3150	2205
Gerhard Jäger: <b>Uvod v klasično filologijo</b>	5000	2500

Knjige so na voljo po študentski ceni v **Študentski knjigarni**, Kersnikova 4, Ljubljana  
in na Internetu na naslovu študentske knjigarne (<http://www.knjigarna.uni-lj.si>).





II 472100

2

**Dr. Jasna Štrus**

Dr. Jasna Štrus je izredna profesorica za področji splošne zoologije in biologije celice na Oddelku za biologijo Biotehniške fakultete (BF) v Ljubljani. V okviru dodiplomskega študija Oddelka za biologijo predava predmet "Splošna zoologija" za študente prvih letnikov biologije na BF in študente Pedagoške fakultete ter predmet "Biologija celice" za študente živilske tehnologije na BF in študente biokemije na Fakulteti za kemijo in kemijsko tehnologijo. V okviru podiplomskega študija BF pa predava predmet "Funkcionalna morfologija nevretenčarjev in biologija živalske celice". Vodi raziskovalno skupino za področje funkcionalne morfologije nevretenčarjev in ekotoksikologijo na Oddelku za biologijo.

**Dr. Damjana Drobne**

Dr. Damjana Drobne je docentka za področji splošne zoologije in ekotoksikologije na Oddelku za biologijo Biotehniške fakultete v Ljubljani. Vrsto let je vodila vaje pri predmetu "Splošna biologija" za študente prvega letnika Pedagoške fakultete v Ljubljani. Zadnja leta vodi vaje pri predmetu "Splošna zoologija" za študente prvega letnika biologije. Na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani je vključena tudi v interdisciplinarni podiplomski študij hidrotehnike in zaščite voda pri predmetu "Biologija". Njeno raziskovalno področje je ekotoksikologija, kjer se ukvarja z raziskavami strupenosti kovin.

**Mag. Primož Zidar**

Mag. Primož Zidar je asistent za področje splošne zoologije na Oddelku za biologijo Biotehniške fakultete v Ljubljani. V okviru dodiplomskega študija vodi vaje pri predmetu "Splošna zoologija" za študente prvih letnikov biologije na BF in študente Pedagoške fakultete. Na raziskovalnem področju se ukvarja z raziskavami strupenosti kovin.