

Biologija

za Državnu maturu



Zagreb, akademska godina 2010./2011.
www.pripreme-pomak.hr

Polaznik

Nakladnik

Pomak, Zagreb 1. Ferenščica 45
tel.: 01/24 50 904, 01/24 52 809
mtel.: +385 (91) 513 6794
www.pripreme-pomak.hr

Za nakladnika

Branko Lemac

Dizajn ovitka

minimum d.o.o.

© Pomak, Zagreb, 2009.

Intelektualno je vlasništvo, poput svakog drugog vlasništva, neotuđivo, zakonom zaštićeno i mora se poštovati (NN 167/03). Nijedan dio ove skripte ne smije se preslikavati ni umnažati na bilo koji način, bez pismenog dopuštenja nakladnika. Skripta služi isključivo za internu uporabu na tečajevima koji se, u okviru Priprema **Pomak**, održavaju kao pripreme za polaganje ispita iz biologije na Državnoj maturi.

1. UVOD U BIOLOGIJU

Sažetak je napisan na temelju udžbenika:

1. KRSNIK-RASOL, M. (1995) OD MOLEKULE DO ORGANIZMA, Šk. knjiga, Zagreb: 1-11 i 25-38
2. ŠVERKO, V. (1998) RAZNOLIKOST ŽIVOGA SVIJETA – OD MOLEKULE DO ORGANIZMA, Priručnik iz biologije za prvi razred gimnazije, Profil, Zagreb: 9-24 i 65-71

NAPOMENA: Ovaj sažetak može poslužiti isključivo za ponavljanje gradiva i kao podsjetnik! Tu će ulogu u potpunosti ispuniti ako ga samostalno dopunite i potražite odgovore na postavljena pitanja!

SADRŽAJ:

1.1 BIOLOGIJA = ZNANOST O ŽIVOTU	1
1.2 GRANE BIOLOGIJE	1
1.3 ZAJEDNIČKE OSOBINE ŽIVIH BIĆA:	2
1.4 ZNANSTVENI PRISTUP ISTRAŽIVANJU U BIOLOGIJI.....	3
1.5 ORGANIZACIJSKE RAZINE ŽIVIH BIĆA.....	4
1.6 KEMIJSKA OSNOVA ŽIVOTA	5
1.7 PODRIJETLO ŽIVOTA NA ZEMLJI	6
1.7.1 MOGU LI ORGANSKE MOLEKULE NASTATI IZVAN ORGANIZMA?.....	6
1.7.2 KAKO SU SE MALE MOLEKULE POVEZALE U VELIKE (MAKROMOLEKULE)?	7
1.7.3 KAKO SU SE IZ MAKROMOLEKULA OBLIKOVALE PRVE STANICE?	7
1.8 KAKO SE ISTRAŽUJU STANICE	7
1.9 POVIJEST OTKRIĆA STANICE.....	8

1.1 BIOLOGIJA = ZNANOST O ŽIVOTU

bios = grč. život

logos = grč. riječ, misao, znanost

Odgovori na pitanja:

1. Zašto učimo biologiju?
2. Nabroji prirodne znanosti? Što proučavaju?
3. Navedi znanosti (prirodne , društvene...) koje surađuju s biologijom.
4. Koje značenje imaju prirodoslovna otkrića za život čovjeka?
5. Može li se znanje zloupotrijebiti? Kako?
6. Navedi barem pet znanost koje su proizašle iz biologije.

BIOLOGIJA je znanost koja proučava živa bića, tj. pojave i zakone koji su zajednički cijelom organskom svijetu.

Što je znanost?

Znanost je zajedničko, povezano, organizirano i sistematizirano **znanje** ljudskog roda.

Što je život?

Život je lakše prepoznati nego definirati, razlikujemo živa bića od neživih tvari na temelju nekih obilježja koja su zajednička svim živim bićima, a koja ne pripadaju neživoj prirodi.

1.2 GRANE BIOLOGIJE

ANATOMIJA – građa organizma
HISTOLOGIJA - tkiva
MORFOLOGIJA - oblik i građu organizma (više se upotrebljava u botanici)
CITOLOGIJA - stanica
FIZIOLOGIJA - životne procese u organizmima
BAKTERIOLOGIJA - bakterije
VIROLOGIJA - viruse
MIKROBIOLOGIJA - mikroorganizme općenito
BOTANIKA-biljke
ZOOLOGIJA - životinje
ENTOMOLOGIJA - kukce
IHTIOLOGIJA - ribe
HERPETOLOGIJA - vodozemce i gmazove
ORNITOLOGIJA - ptice
MAMALOGIJA - sisavce
EMBRIOLOGIJA - embrionalni razvitak (od začeca do "rođenja" nove jedinke)
GENETIKA - nasljeđivanje
MOLEKULARNA BIOLOGIJA - makromolekule u stanici i reakcije među njima
EVOLUCIJA - razvoj živih bića na Zemlji
EKOLOGIJA - odnos organizma i njegovog okoliša
GEOBOTANIKA - rasprostranjenost biljaka na Zemlji

1.3 ZAJEDNIČKE OSOBINE ŽIVIH BIĆA:

1. STANICA – osnovna građevna i funkcionalna jedinica svih živih bića (prokariotska, eukariotska)
2. INDIVIDUALNOST – ne postoje dvije istovjetne jedinke, ona je osnovno obilježje života
3. RED – pravilnost u ustroju jedinke (visok stupanj uređenosti i organiziranosti – od jednostavnog prema složenom) – Određena građa i aktivnosti u živim bićima u posebno su usklađenim međusobnim odnosima.
4. PODRAŽLJIVOST – organizmi primaju podražaje iz okoliša (pomoću različitih organela ili organa) i reaguju na njih
5. PRILAGODBA – organizam odgovara na djelovanje okoliša (ponašanjem), adaptira se (prilagođava) svom okolišu ili izumire
6. STANIČNI METABOLIZAM (IZMJENA TVARI) – niz kemijskih reakcija kojima se uz pomoć kisika razgrađuju hranjive tvari i dobiva se energija (obuhvaća hranjenje i disanje – na staničnom nivou); uključuje dvije skupine reakcija:

I. procese razgradnje (katabolizam, disimilacija) – energija se oslobađa te su to _____
_____.

I. proces sinteze (izgradnje, anabolizam, asimilacija) – energija se troši te su to _____

7. KRETANJE – organizmi se kreću upotrebljavajući svoju energiju
8. RAST I RAZVOJ – rast = povećanje broja stanica i volumena stanica (=povećanje mase i volumena tijela); razvoj – proces u kojem potomci pravilnim redoslijedom promjena postaju sve složeniji (npr: jaje žabe → punoglavac → žaba)
9. STARENJE I SMRT – živa bića žive različito dugo (bakterije – nekoliko minuta ili sati, neke zmije – oko 11 god., čovjek – oko 70 godina, kornjače – 122 godine...)
10. RAZMNOŽAVANJE - organizmi stvaraju sebi slična bića
11. NASLJEĐIVANJE – potomci nasljeđuju gene svojih roditelja koji određuju njihove osobine i ponašanje
12. EVOLUCIJA – vrste pronalaze nove putove preživljavanja
13. PROSTORNA I ENERGETSKA EKONOMIČNOST – svi životni procesi obavljaju se na malom prostoru i troše malo energije

1.4 ZNANSTVENI PRISTUP ISTRAŽIVANJU U BIOLOGIJI

“Od živog promatranja, prema apstraktnom mišljenju i praksi”

ISTRAŽIVANJE: 1. ZNANSTVENO – traženje odgovora na novo pitanje (u svjetskim razmjerima)
 2. STRUČNO – provjera stečenog znanja

- opažanje promjena u prirodi dovodi do postavljanja pitanja o tim promjenama (zašto? kako?...)
- 1. IZBOR PROBLEMA – određivanje konkretnog problema istraživanja i postavljanje HIPOTEZE (pretpostavlja se odgovor na postavljeno pitanje)
- 2. PROUČAVANJE LITERATURE – nastoji se doznati sve što je poznato o određenom problemu
- 3. IZRADA PROGRAMA ili PROJEKTA ISTRAŽIVANJA – predočuje pristup istraživačkom radu i tok istraživanja; točnost hipoteze potvrdit će se (ili neće) uz pomoć različitih metoda: **eksperiment*** (pokus), promatranje, mjerenje, mikroskopiranje (SM, ELM), biokemijske metode, citokemijske metode, autoradiografija, kultura stanica, stanično frakcioniranje...; potrebno je još odrediti način sređivanja podataka, vrijeme trajanja istraživanja, radni tim i troškove
- 4. PRIKUPLJANJE PODATAKA – prema utvrđenom planu
- 5. OBRADA PODATAKA – prikupljene podatke treba analizirati i donijeti određene zaključke (jesmo li ili ne potvrdili hipotezu)
- 6. INTERPRETACIJA PODATAKA – dobiveni se podaci trebaju objaviti (znanstveno djelo)

***eksperiment (lat. *experimentum*)** = znanstveno postavljen pokus, pojava se promatra pod točno određenim uvjetima koji dozvoljavaju praćenje toka pojave i mogućnost ponavljanja pokusa uz iste uvjete; obavezna kontrolna skupina

REZULTATI ZNANSTVENOG RADA objavljuju se najčešće u ZNANSTVENOM DJELU:

1. NASLOV, IME AUTORA, NAZIV USTANOVE U KOJOJ JE RAD IZRAĐEN

2. **SAŽETAK**(~ 150 riječi), hrvatski i engleski
3. **UVOD** – izlaže se znanstveni problem, do sada poznate činjenice i rezultati, na kraju se obavezno ističe **CILJ RADA**
4. **MATERIJAL I METODE** – točan “recept” da bilo koji znanstvenik može ponoviti naša istraživanja
5. **REZULTATI** - jasno opisani (tablice, slike – grafički prikazi), statistička provjera podataka
6. **RASPRAVA** – ističe se značenje rezultata, uspoređuje se naše istraživanje s postojećim istraživanjima, potvrđuje se ili odbacuje hipoteza, predlažu daljnja istraživanja...
Potvrdi li više znanstvenika hipotezu, ona postaje teorija ili čak zakon!!!
7. **ZAKLJUČAK** – sažeto i jasno navedeni (po točkama) – izvučeni iz rasprave
8. **ZAHVALA** – svima koji su značajno pomogli u istraživanju
9. **POPIS LITERATURE** – treba navesti sve spomenute radove, abecednim redom autora (najčešće)

1.5 ORGANIZACIJSKE RAZINE ŽIVIH BIĆA

- **BROJ VRSTA** živih bića na Zemlji ~ **2.000.000** (broj nije stalan)
- **IME VRSTE**: 18 st. **Carl Linne** (Carolus Linnaeus) [1707. – 1778.], švedski prirodoslovac,
- uveo je : **DVOIMENO NAZIVLJE** ili **BINARNU NOMENKLATURU** (u tekstu se piše kosim slovima ili je podvučeno)
- ime svake vrste sastoji se iz dva dijela:

1. <u>IME RODA</u>	2. <u>IME VRSTE</u>	<u>INICIJAL AUTORA</u>
↓	↓	↓
maslačak = <u>Taraxacum</u>	<u>officinale</u>	L.
vuk = <u>Canis</u>	<u>lupus</u>	L.
- C. Linne – osnivač **SISTEMATIKE** ili **TAKSONOMIJE** (grč. *taxis* = red, raspored; *nomos* = zakon) = grana biologije koja se bavi imenovanjem i raspoređivanjem različitih oblika živih bića
- **VRSTA** je osnovna taksonomska kategorija; skupina organizama koji imaju zajedničke osobine, mogu se međusobno pariti i davati plodne potomke
- slične **VRSTE** → **ROD** → **PORODICA** → **RED** → **RAZRED** → **KOLJENO** → **CARSTVO**
- R. H. Whittaker (1969. god.) rasporedio živa bića u **5 carstava**:

	CARSTVO	Koja živa bića pripadaju u skupinu:	Podjela prema vrsti stanice:
1.	MONERA	(bakterije i modrozelenne alge)	PROKARIOTI
2.	PROTISTI	(trepetljikaši, truskovci, bičaći, korjenonošci)	EUKARIOTI
3.	GLJIVE	pupavka, vrganj	
4.	BILJKE	maslačak, hrast	
5.	ŽIVOTINJE	lav, sjenica, poskok, hidra	

- sva živa bića imaju zajedničke osobine te se u tome ogleda **JEDINSTVO** žive prirode, ali promatrajući živa bića u svom okolišu prvo ćemo utvrditi brojne **RAZLIKE**; kako se penjemo organizacijskom

ljestvicom (od atoma...) SLIČNOST se sve više gubi, a sve su izraženije RAZLIKE i obratno, kako se spuštamo organizacijskom ljestvicom JEDINSTVENA MOLEKULARNA OSNOVA je sve izraženija:

ATOM → MOLEKULA → **MAKROMOLEKULA*** → ORGANELI → STANICA → TKIVA →
ORGANI → ORGANSKI SUSTAVI → ORGANIZAM → **POPULACIJA*** → **BIOCENOZA*** →
EKOSUSTAV* → BIOSFERA

***MAKROMOLEKULA** – ugljikohidrati, lipidi, bjelančevine, nukleinske kiseline

***POPULACIJA** – skupina jedinki neke vrste koji se međusobno rasploduju na određenom prostoru

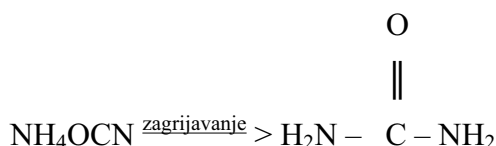
***BIOCENOZA** = životna zajednica, skup različitih populacija (biljnih, životinjskih...) na istom prostoru

***EKOSUSTAV** – biocenoza + stanište (najviši i najsloženiji stupanj u organizaciji života)

PITANJE: Kako objašnjavamo pojavu novih svojstava na višim razinama ustroja tvari?

1.6 KEMIJSKA OSNOVA ŽIVOTA

- F. WÖHLER (1787), njemački kemičar – sintetizirao je ureu (iz urina sisavaca) iz anorganske tvari – amonijevog cijanata:



- to je dokaz da su organske molekule izgrađene od istih kemijskih elemenata kao i anorganske tvari → isti zakoni vrijede u živom i neživom svijetu
- MIT, RELIGIJA I ZNANOST slažu se da život na Zemlji ne postoji oduvijek

KADA JE NASTAO SVEMIR? – prije 10 – 20 aeona (aeon = 1×10^9 godina) – u VELIKOM PRASKU

KADA JE NASTALO SUNCE? – prije 5 aeona

KADA JE NASTALA ZEMLJA? – prije 4,5 aeona

KADA JE NASTAO ŽIVOT NA ZEMLJI? – prije 3,8 aeona

- nakon velikog praska (“BIG BANG”) prvo su nastale elementarne čestice – p^+ , e^- , n^0
- nakon toga prvi atomi: H, He, te njihovom sintezom: Li, C, O, N, metali...
- povezivanjem atoma (kovalentne veze) nastale su prve molekule: CO, CO₂, H₂O (g), CH₄, NH₃ – građene od četiri kemijska elementa: vodika, ugljika, kisika i dušika

PROČITAJ: *Sunčev sustav i planet Zemlja* (str. 10. – 11.) i odgovori na pitanja:

1. Kako se zove naša galaktika?

2. Kako su nastali planeti?
3. Što je PANGEA?
4. Mijenjaju li živa bića naš planet? Kako?
5. Koji je plin bio prvi u sastavu Zemljine praatmosfere?
6. Što je kemijska evolucija?

1.7 PODRIJETLO ŽIVOTA NA ZEMLJI

- Danas znamo da život nastaje samo iz prethodno postojećeg života (biogeneza)!
- Postanak i razvoj života na Zemlji proučava **BIOLOŠKA EVOLUCIJA!**
- Kako je nastao život? KAKO JE NASTALA 1. STANICA, tj. 1. ORGANIZAM?
- **4. teorije:**

1. RANA VJEROVANJA – nije znanstvena teorija; sve, pa i živa bića na Zemlji, je stvorila neka nadnaravna sila ili je djelo stvoritelja.
2. KOZMOLOŠKA TEORIJA – znanstvena teorija; život je na Zemlju došao iz Svemira (meteoriti) – to nije odgovor na pitanje, problem se samo premješta u drugo vrijeme i drugi prostor!
3. TEORIJA O SAMONIKLOSTI ŽIVOTA (=abiogeneza, *generatio spontanea*) – živa bića mogu nastati sama od sebe iz nežive tvari; ovu teoriju su svojim pokusima opovrgnuli: *REDI*; *SPALLANZANI* i *PASTEUR* (PROČITAJ – str. 25. – 26.)
4. SUVREMENE TEORIJE – znanstvenim metodama istražuju se tragovi koji govore o tome što se nekada dogodilo, npr. istraživanje fosila (PALEONTOLOGIJA), proučavanjem embrionalnog razvitka, bjelančevina i nukleinskih kiselina, tj. postanak života pokušava se objasniti EVOLUCIJOM.

1.7.1 MOGU LI ORGANSKE MOLEKULE NASTATI IZVAN ORGANIZMA?

1. A. OPARIN (1936. ruski znanstvenik) – 1. organske molekule na Zemlji su nastale **abiotički** (bez sudjelovanja živih organizama) = KEMIJSKA EVOLUCIJA (=proces spontane sinteze sve složenijih organskih molekula iz jednostavnih, koje su nastale iz prvih anorganskih molekula: CO, CO₂, H₂O (g), CH₄, NH₃, HCl, H₂); potrebna energija: Sunce, visoka temperatura, električna pražnjenja u atmosferi;

POKUS: priredio je otopinu jednostavnih lančastih molekula (proteini + ugljikohidrati ili proteini + nukleinske kiseline), podvrgao određenoj temperaturi, ionskom sastavu i pH te je dobio KOLOIDNE KAPLJICE ($\phi = 1\text{--}100\text{ nm}$) = **KOACERVATI** (makromolekule povezane hidrofobnim vezama i učvršćene vodenom ovojnicom, mogu se dijeliti u nekim uvjetima).

2. S. MILLER (1953. USA, biokemičar) – oponašao u laboratoriju uvjete koji su vladali u prvobitnoj atmosferi i pokušao je sintetizirati organske molekule (slika 4.1./str. 26.): smjesu vodene pare, metana, amonijaka i vodika izložio je električnom pražnjenju i visokoj temperaturi (i tlaku) te je dobio

AMINOKISELINE i NUKLEOTIDE; DOKAZ: male organske molekule mogle su nastati prije nego su postojali organizmi.

3. S FOX (1960) – u laboratoriju je proizveo MIKROSFERE, čestice obavijene proteinskom membranom i ispunjene vodom koja se giba kao citoplazme, te se mikrosfere mogu stapati s većim sferama i mogu upijati druge molekule iz okoliša.
4. LIPOSOM – model nakupine koja je također laboratorijski ispitivana posjeduje li svojstva živih stanica; kružni dvoslojni ili višeslojni lipidi, nastali su miješanjem fosfolipida u vodi; danas se u liposome ugrađuju neki lijekovi, citostatici, enzimi (mogu ulaziti u stanice endocitozom, spoje se s lizosomom, enzimi iz lizosoma oslobađaju korisne tvari iz liposoma i te tvari tada djeluju u stanici)

1.7.2 KAKO SU SE MALE MOLEKULE POVEZALE U VELIKE (MAKROMOLEKULE)?

- danas u organizmu polimerizacijama upravljaju enzimi
- u početku nije bilo enzima, ali kemijske reakcije mogu katalizirati i neki metali ili gline (ioni)
- 1. vrsta samoumnožavajuće molekule – **rana RNA** (stvorena na površini neke stijene ili gline) - prouči slike 4.2/str. 27. i 4.3/str. 28.
- redosljed nukleotida u RNA: sadrži uputu za vlastito udvostručenje i određuje redosljed aminokiselina u bjelančevini
- neke molekule RNA djeluju katalitički (zbog oblika) i mogu ubrzati povezivanje aminokiselina u bjelančevine

1.7.3 KAKO SU SE IZ MAKROMOLEKULA OBLIKOVALE PRVE STANICE?

- odlučujući događaj - **OBLIKOVANJE 1. MEMBRANA** – može spontano, ako su građene od **AMFIPATSKIH MOLEKULA** (npr. fosfolipida) – imaju dva dijela:
- 1. **HIDROFOBAN DIO** (“boji se vode”) – okreće se jedan drugome,
- 2. **HIDROFILAN DIO** (“voli vodu”) – okreće se prema vodi

ZADATAK: Nabroji 4 događaja koji su vjerojatno bili presudni u oblikovanju 1. stanica!!!

- svi današnji organizmi najvjerojatnije potječu od **jedne ishodišne stanice** koja je u brzini razmnožavanja nadmašila sve ostale – **DOKAZ: velika sličnost svih živih bića na molekularnoj razini!**
- **osnovne značajke 1. STANICE**: metabolizam, rast, razmnožavanje; bila je **PROKARIOTSKA** (bez jezgre), **ANAEROBIONT** (- O₂) i **HETEROTROFNA** (upijala je gotove organske tvari iz okoliša)
- smatra se da je eukariotske stanica nastala iz prokariotske prije $\sim 1,5 \times 10^9$ godina

1.8 KAKO SE ISTRAŽUJU STANICE

- oko može razlučiti sitne strukture ako su udaljene barem 0,08 – 0,1 mm, promjera $\sim 0,1$ mm
- stanice su sitnije i moguće ih je proučavati samo pomoću mikroskopa
- 2 su glavne vrste mikroskopa: svjetlosni mikroskop (SM) i elektronski mikroskop (ELM)

- SM: vidimo predmete do promjera $\sim 1 \mu\text{m}$ (povećanje* do $1000\times$) [biljne stanice ($80\text{--}200 \mu\text{m}$), životinjske stanice ($10 - 20\mu\text{m}$), bakterije ($\sim 1\mu\text{m}$), jezgru, kloroplaste i mitohondrije, kromosomi tijekom diobe – obojeni!]
- **moć razlučivanja**** (razdvajanja) SM = $0,2 - 0,4 \mu\text{m}$.
- **SM**: možemo promatrati žive organizme
- **ELM**: vidimo predmete do promjera $\sim 0,1 \text{ nm}$ (povećanje do $100.000\times$) [virusi ($10 - 100\text{nm}$), ribosomi, proteini, kromosomi, nukleinske kiseline, membrane, male molekule, atomi?...]
- moć razlučivanja ELM = $0,2 - 0,5 \text{ nm}$

***POVEĆANJE MIKROSKOPA** = povećanje objektiva \times povećanje okulara (omjer veličine slike i predmeta)

****MOĆ RAZLUČIVANJA (razdvajanja)** – sposobnost mikroskopa da dvije bliske točke prikaže odvojeno

PITANJA (odgovore potraži u udžbeniku na str. 32. – 38.):

1. Nabroji glavne dijelove SM (uz pomoć slike 5.1). Navedi ulogu svakog dijela.
2. Kakvu sliku predmeta daje objektiv, a kakvu okular mikroskopa?
3. Što se istražuje FAZINIM MIKROSKOPOM?
4. Što saznajemo promatrajući POLARIZACIJSKIM MIKROSKOPOM?
5. Na kojem principu radi FLUOROSCENCIJSKI MIKROSKOP?
6. Kako se priprema preparat za ELM? Kolika mu je najveća dopuštena debljina?
7. Zašto pomoću ELM možemo promatrati sitnije strukture u stanici? Kojem znanstveniku zahvaljujemo na tom otkriću?
8. Što je STANIČNO FRAKCIONIRANJE i čemu je pridonijelo?
9. Što je KULTURA STANICA i gdje se primjenjuje?
10. Zašto se u staničnoj biologiji često primjenjuju RADIONUKLIDI?

1.9 POVIJEST OTKRIĆA STANICE

- 1. SM – 16. st.

- a) **Robert HOOK** (1665) – promatrao tanke prereze pluta (stijenke mrtvih stanica) pomoću vrlo primitivnog mikroskopa; 1. \times upotrijebio naziv *cellula* = lat. STANICA
- b) **Antony van LEEUWENHOEK** (1674) – “otac mikroskopa” – usavršio mikroskop i dobio povećanje $\sim 270 \times$; 1. put promatrao živi jednostanični organizam (mikroorganizme iz usne šupljine, spermije, krvne stanice...)
- c) **Matthias SCHLEIDEN** (botaničar) i **Theodor SCHWANN** (zoolog) (1838. – 1839.) – STANIČNA TEORIJA sva su živa bića građena od stanica
- d) **Robert BROWN** (1831) – promatrao je strukture unutar stanice i 1. \times vidio JEZGRU (lat. *nucleus*; grč. *karion*)

- e) **Jan PURKINJE** (1839) – **PROTOPLAZMA**
- f) **Rudolf VIRHOW** (1858) – diobom stanice nastaju nove stanice: “*Omnis cellula ex cellula*”
- g) **M. SCHULTZ** (1859) – PROTOPLAZMA je fizička osnova života, a STANICA je nakupina protoplazme s jezgrom
- h) **Louis PASTEUR** (1859. – 1861.) – dokazao je nizom pokusa da je **stanica osnova živih bića**

SUVREMENA STANIČNA TEORIJA (osnovne postavke stanične teorije):

1. STANICA je osnovna građevna i funkcionalna jedinica života
2. Organizmi su izgrađeni iz stanica
3. Stanice mogu nastati samo iz postojećih stanica
4. *Stanice višestaničnih organizama međusobno su povezane
5. *Stanice se spajaju čvrstim površinama, što im omogućuje dijeljenje, kretanje i obavljanje njihovih uloga

(*4. i 5. se odnose samo na višestanične organizme)

CITOLOGIJA = znanost o stanici, nije se mogla razviti prije otkrića mikroskopa, a razvijala se zajedno s razvojem i usavršavanjem mikroskopa

2. KEMIJSKA SVOJSTVA I ZADAĆA TVARI KOJE GRADE STANICU

Sažetak je napisan na temelju udžbenika:

1. KRSNIK-RASOL M (1995) OD MOLEKULE DO ORGANIZMA, Šk. knjiga, Zagreb:12–24, 49-83 i 91-99
2. ŠVERKO V (1998) RAZNOLIKOST ŽIVOGA SVIJETA – OD MOLEKULE DO ORGANIZMA, Priručnik iz biologije za prvi razred gimnazije, Profil, Zagreb:45-63, 82-112 i 119-132

NAPOMENA: Ovaj sažetak može poslužiti isključivo za ponavljanje gradiva i kao podsjetnik! Tu će ulogu u potpunosti ispuniti ako ga samostalno dopunite i potražite odgovore na postavljena pitanja!

SADRŽAJ:

2.1 KEMIJSKI ELEMENTI	10
2.1.1 UGLJIK $_6\text{C}$	11
2.2 VODA	11
2.3 ORGANSKI SPOJEVI:	12
2.3.1 UGLJIKOHIDRATI	13
2.3.2 LIPIDI	14
2.3.3 BJELANČEVINE (PROTEINI – grč. protos = prvi)	15
2.3.4 NUKLEINSKE KISELINE	16

2.1 KEMIJSKI ELEMENTI

– živi i neživi svijet grade isti kem. elementi, ali su različito zastupljeni u živoj i neživoj prirodi

W/%	ŽIVA PRIRODA	NEŽIVA PRIRODA
C	20	0,2
O	60	50
H	10	1
N	3,5	0,03
Na	0,2	2,5
Fe	0,1	4
Si	0,004	26

- živi svijet grade **BIOGENI ELEMENTI***: **VODIK, UGLJIK, KISIK, DUŠIK** (najzastupljeniji u sastavu suhe tvari); zatim: FOSFOR, SUMPOR, KALCIJ, MAGNEZIJ, KALIJ, NATRIJ, KLOR, ŽELJEZO (+ JOD, SILICIJ) – izgrađuju 99% žive prirode

***BIOGENI ELEMENTI** se mogu podijeliti u dvije skupine (prema: SPRINGER, O – BIOLOGIJA 3):

- I. MAKROELEMENTI = vodik, ugljik, kisik, dušik, kalcij, kalij
 - II. MIKROELEMENTI = fosfor, magnezij, sumpor, klor, natrij, željezo, mangan, aluminij
- ELEMENTI U TRAGOVIMA (ultramikroelementi, oligoelementi) – dolaze u vrlo malim količinama, ali su neophodni za normalno odvijanje životnih procesa (biokatalizatori) TITAN, CINK, SELENIJ, RADIJ, RUTENIJ

2.1.1 UGLJIK $_6C$

- posebna svojstva; atomi ugljika povezuju se međusobno jednostrukim, dvostrukim i trostrukim kovalentnim vezama i tako oblikuju dugačke lančaste (razgranate i nerazgranate) i prstenaste molekule,
- na “kostur” ugljikovih atoma mogu biti vezane različite druge skupine (polarne i nepolarne), a preko njih se uspostavljaju veze (slabe i reverzibilne) sa susjednim molekulama – presudno za životne procese!
- SVE ORGANSKE MOLEKULE SADRŽE UGLJIK!

- **ANORGANSKE TVARI:** VODA, SOLI, KISELINE
- **ORGANSKE TVARI:** UGLJIKOHIDRATI, LIPIDI, BJELANČEVINE, NUKLEINSKE KISELINE

2.2 VODA

VODA – osnovna anorganska molekula u stanci (skiciraj molekulu vode i dvije molekule vode povezane vodikovom vezom)

- VODA je polarna molekula ili DIPOL (dio molekule – kisik – je nabijen negativno, a drugi dio molekule – vodik – je nabijen pozitivno; zbog razlike u elektronegativnosti i usmjernosti kovalentne veze u prostoru)
- živi organizmi sadrže 65 – 99% vode, ostatak je SUHA TVAR
- u stanci – voda: a) slobodna (otapalo, za kemijske reakcije)
b) vezana (npr. za proteine)
- voda uvjetuje KOLOIDNU strukturu stanice (ϕ čestica = 1–100 nm, ELM)

- VODIKOVE VEZE uzrok su:
 - a) KOHEZIJSKIH SILA I KAPILARNOSTI – unutarnje sile između molekula neke tvari, koje drže te molekule na okupu, voda se kreće u biljci od korijena prema vrhu biljke, suprotno gravitaciji
 - b) ADHEZIJSKIH SILA – voda se lako priljubljuje uz hidrofilne tvari; šupljikava hidrofilna tvar upija (apsorbira) vodu, npr: spužva, drvo, papir
 - c) POVRŠINSKE NAPETOSTI – na granici sa zrakom molekule vode se pravilno orijentiraju, kao da su privučene u tekućinu pa se čini da je voda prevučena tankom opnom; kap vode poprima oblik kuglice, nekim kukcima je omogućeno kretanje po površini vode
 - d) VISOKE SPECIFIČNE TOPLINE – voda može primiti mnogo topline, a da se njezina temperatura bitno ne promijeni i zato je dobar TERMOREGULATOR; ublažava nagle i velike promjene temperature na Zemlji, ali i unutar organizma
 - e) VISOKE TOPLINE ISPARAVANJA – voda na isparavanje troši vrlo mnogo energije, zato se isparavanjem organizam hladi (drveće putem lišća, čovjek se znoji...)

- f) ANOMALIJE VODE – max. gustoća vode je pri 4⁰C; na nižim i višim temperaturama voda ima manju gustoću, zato led pliva na vodi, a ispod leda mogu preživjeti vodeni organizmi
- g) vezanje s polarnim skupinama (-OH, -COOH, -NH₂, -SH...) na makromolekulama
- **DIPOL** uzrokuje:
- a) vezanje vode s ionima (Na⁺, Cl⁻...) – ioni privlače dipolne molekule vode (ion – dipol veza), nastaju hidratizirani ioni – zato je voda dobro otapalo polarnih tvari (soli, kiseline...)
- b) H₂O ↔ H⁺ + OH⁻ - [H⁺] = [OH⁻] = 10⁻⁷ mol/L – pH (vode) = 7, u živom organizmu pH vrijednost se kreće u rasponu pH = 6 – 8 (iznimke: želučani sok – 1,5); pH krvi mora biti 7,4 [pH(krvi) = 7,0 – acidoza, pH(krvi) = 7,8 – alkalozna – nastupa smrt]; pH prirodne kiše = 5,6; kisele kiše imaju pH < 5,6

- nepolarne molekule odbijaju vodu – hidrofobne su (npr. masne kapljice u vodi međusobno se privlače i istisnu vodu)

- udio vode u organizmu čovjeka ovisi o dobi i o spolu:

DOB/god.	ŽENE/%	MUŠKARCI/%		DOB	% vode
10 – 18	57	59		rani zametak	90
19 – 40	51	61		novorođenče	75
41 – 60	47	55		adolescent	60
više od 60	46	52		starija osoba	50

2.3 ORGANSKI SPOJEVI:

- male organske molekule: sadrže do 30-tak atoma ugljika i Mr = 100 – 1000; otopljene su u staničnoj tekućini
- makromolekule = polimeri koji su izgrađeni od mnogo manjih podjedinica (monomera), povezanih kovalentnim vezama; imaju drugačija svojstva nego molekule od kojih su izgrađene
- između dijelova makromolekule uspostavljaju se slabe veze (npr. vodikove veze) koje su odgovorne za trodimenzionalnu strukturu molekule; izraz “prepoznavanje” molekula koristi se upravo za molekule koje se mogu međusobno (ili unutar sebe) povezivati takvim slabim vezama

ORGANSKI SPOJ	% U TIJELU	GLAVNI ATOMI	PODJEDINICE	ULOGA
UGLJIKOHIDRATI	15	C, H, O	MONOSAHARIDI	strukturni elementi, izvor energije
LIPIDI	10	C, H, O (P, N)	GLICEROL, VIŠE MASNE KISELINE, PO ₄ ³⁻ ...	strukturni elementi, energetska zaliha
BJELANČEVINE	50	C, H, O, N	AMINOKISELINE	regulacija kemijskih reakcija, obrana tijela od mikroorganizama
NUKLEINSKE KISELINE	3 (DNA) 15 (RNA)	C, H, O, N, P	NUKLEOTIDI	čuvanje, prijenos i određivanje nasljednih uputa

2.3.1 UGLJIKOHIDRATI

Skiciraj strukturne formule: glukoze, riboze, deoksiriboze, škroba i celuloze (slika 3.5/str. 15)

- OPĆA FORMULA: $(\text{CH}_2\text{O})_n$
- ime su dobili upravo na temelju ove opće formule – vodik i kisik odnose se kao u molekuli vode 2:1
- PODJELA:
 1. JEDNOSTAVNI ŠEĆERI ili MONOSAHARIDI
 2. OLIGOSAHARIDI
 3. POLISAHARIDI

1. JEDNOSTAVNI ŠEĆERI ili MONOSAHARIDI

- građeni su od 3 C-at: TRIOZE, 5 C-at: PENTOZE (riboza, deoksiriboza), 6 C-at: HEKSOZE (glukoza, fruktoza, galaktoza)
- najvažniji monosaharid: GLUKOZA – groždani šećer ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) – najrasprostranjeniji spoj u prirodi, osnovna hranidbena molekula u stanicima; nastaje u zelenim biljkama u procesu FOTOSINTEZE
- FRUKTOZA = voćni šećer

2. OLIGOSAHARIDI – sadrže od 2 do 10 molekula monosaharida koji su međusobno povezani GLIKOZIDNIM VEZAMA

- najznačajniji su DISAHARIDI (sastavljeni od dva monosaharida): SAHAROZA (glukoza + fruktoza), MALTOZA (dvije molekule glukoze), LAKTOZA (glukoza + galaktoza), CELOBIOZA
- u kućanstvu upotrebljavamo saharozu koja se dobiva preradom šećerne repe i šećerne trske, a med je također po sastavu saharoza
- povećanjem broja monosaharida u molekuli smanjuje se topljivost u vodi i gubi se sladak okus
- u biološkim membranama: a) GLIKOPROTEINI – oligosaharidi + proteini
b) GLIKOLIPIDI – oligosaharidi + lipidi

3. POLISAHARIDI – izgrađeni su od velikog broja molekula monosaharida (100 – 10.000) – $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$

- netopljivi su u vodi i stoga nisu “šećeri” – nisu slatki
- podjela: a) rezervni – ŠKROB* (biljni) i GLIKOGEN (životinjski, pohranjeni u jetri ili mišićima)
b) građevni (strukturni)- CELULOZA** (biljni) i HITIN (životinjski – kukci, rakovi; stanične stijenke gljiva)

- ***ŠKROB**: pohranjen u sjemenkama žitarica, krumpiru..., osnovni je izvor ljudske hrane; sastoji se od dvije vrste molekula: AMILOZE (20%) – topljiva u vodi, sadrži 200 – 400 molekula glukoze, tvori zavojnicu u koju se mogu smjestiti molekule joda (I₂) i tada kompleks poprima plavu boju što se smatra dokazom škroba i AMILOPEKTINA (80%) – netopljiv u vodi, sastoji se od n100 – n1000 molekula glukoze
- ****CELULOZA** (izgrađuje staničnu stijenku biljnih stanica): w (lišće) = 10%; w (drvo) = 50%; w (pamuk) = 100%

2.3.2 LIPIDI

- NEUTRALNE MASTI (maslac, slanina...); ULJA (maslinovo, suncokretovo, bučino...), FOSFOLIPIDI (sastavni dio staničnih membrana, lecitina iz žumanca...), STEROIDI [vitamini A, D, E; hormoni (estrogen, progesteron, testosteron), kolesterol], VOSAK...
- ZAJEDNIČKA ZNAČAJKA: svi su topljivi u nepolarnim otapalima, a netopljivi su u vodi

1. NEUTRALNE MASTI i ULJA = **esteri** viših masnih kiselina i trovalentnog alkohola glicerola (=trigliceridi)

- hranidbene molekule, njihovom razgradnjom oslobađa se 2× više energije nego razgradnjom jednake mase glukoze, ali se ta energija puno sporije oslobađa nego ona pohranjena u molekuli glukoze
- npr: 1 gram glukoze sadrži 4 kcal, a 1 gram masti sadrži 9 kcal (1 cal je energija potreban da se 1 gram vode ugrije za 1⁰C)
- u stanicama masnih tkiva čovjeka i životinja veliki dio staničnog volumena ispunjavaju kapljice masti
- više masne kiseline:
 - PALMITINSKA – zasićena – CH₃(CH₂)₁₄COOH
 - STEARINSKA – zasićena – CH₃(CH₂)₁₆COOH
 - OLEINSKA – nezasićena – CH₃(CH₂)₇-HC=CH-(CH₂)₇COOH
- u mastima su zastupljene samo zasićene više masne kiselina, a u uljima postoji barem jedna nezasićena viša masna kiselina
- **SKICIRAJ**: triglicerid (slika 3.6/str. 17.) i zaokruži **ESTERSKU VEZU**

2. FOSFOLIPIDI – grade stanične membrane

- **SKICIRAJ**: fosfolipid (slika 3.6/str. 17.) i označi hidrofilan i hidrofoban dio molekula
- molekule koje imaju hidrofilan i hidrofoban dio zovu se _____.

3. STEROIDI – sastoje se od ugljikovih atoma povezanih u obliku prstena, a na njih su vezane druge molekule

- kolesterol – nalazi se u membranama životinjskih stanica, živčanim tkivima i krvnoj plazmi, zatim u žučnim kamencima (u kristalnom obliku)
- važan je kao ishodišna molekula u sintezi hormona
- često se nakuplja u žilama, sužuje ih i uzrokuje visoki tlak (posljedice: moždana kap ili srčani udar)

2.3.3 BJELANČEVINE (PROTEINI – grč. protos = prvi)

– građene su iz aminokiselina (skiciraj i označi amino i karboksilnu skupinu) koje su međusobno povezane **PEPTIDNIM VEZAMA**

– skiciraj dipeptid – dvije povezane aminokiseline

- mogu biti građene od jedne ili više lančastih molekula, koje se mogu svijati, naborati i omatati u različite oblike
- postoji **20-tak različitih aminokiselina** koje izgrađuju bjelančevine svih živih bića (što govori o zajedničkom podrijetlu života na Zemlji)
- veliki broj mogućnosti međusobnog povezivanja aminokiselina dovodi do neizmjereno raznolikih bjelančevina – zato su bjelančevine nosioci biološke specifičnosti (individualnosti) – molekule po kojima se jedinke iste vrste međusobno razlikuju (npr. krvne grupe)
- 2 aminokiseline – DIPEPTID; 3 aminokiseline – TRIPEPTID..., POLIPEPTID; iznad 50 aminokiselina - PROTEIN
- redoslijed vezanja aminokiselina u bjelančevine određen je genima
- BROJ I VRSTA aminokiselina u bjelančevini određuje: VELIČINU, OBLIK I ULOGU bjelančevine
- ULOGA: izgrađuju stanice i izvanstaničnu tvar, enzimi, imunoglobulini, hemoglobin, prenose informacije, bitne se za normalno funkcioniranje živčanog i mišićnog sustava, upravljaju djelovanjem gena, ...
- OSJETLJIVI SU NA: djelovanje temperature (koagulacija na višim tem.), kiselina, lužina, soli, teških metala, droga
- osnovni cilj u istraživanju bjelančevina – otkrivanje njihove trodimenzionalne strukture (slika 3.11/str. 21.)
- PODJELA BJELANČEVINA:
 1. a) JEDNOSTAVNE – sastavljene samo od aminokiselina (albumni, histoni)
 1. b) SLOŽENE (KONJUGIRANE) – sastoje se od proteinskog i neproteinskog dijela (=prostetičke skupine): glikoprotein, nukleoprotein, kromoprotein (hemoglobin + Fe, hemocijanin + Cu), različiti enzimi

2. a) STRUKTURNI – oblikuju kosti, mišiće, korijenje, listove,
 2. b) HORMONI – reguliraju metaboličke procese u organizmu (neki hormoni su proteini, neki steroidi)
 2. c) ANTITIJELA (imunoglobulini) – obrambeni proteini
 2. d) PRIJENOSNI PROTEINI – prenose druge tvari, npr: hemoglobin prenosi O₂(g),
 2. e) ENZIMI – ubrzavaju i kataliziraju kemijske reakcije u organizmu
-
3. a) FIBRILNI – strukturni proteini u animalnom tkivu, netopljivi u vodi, npr: keratin (kosa), kolagen (tetive), fibroin (svila), miozin (mišići)
 3. b) GLOBULARNI – kompleksna struktura, topljivi u vodi, osjetljivi na promjene temperature, npr: enzimi, antitijela, hemoglobin, albumin...
-
4. a) STRUKTURNI
 4. b) REGULATORNI (hormoni, enzimi)
 4. c) IZVOR ENERGIJE – meso, bjelanjak...

ENZIMI ili BIOKATALIZATORI:

- nosioci i regulatori svih biokemijskih promjena u stanici (regulatori st. metabolizma)
- ubrzavaju kemijske reakcije, a pritom se na promijene
- OSOBI NE ENZIMA:
 1. specifični su (djeluju samo na određenu vrstu molekula – **SUPSTRAT**) – enzim i supstrat združuju se na principu “ključ – brava” tako što se supstrat veže na aktivno mjesto enzima (udubina na površini molekule bjelančevine) i dok su združeni enzim pretvara supstrat u produkt reakcije
 2. mala količina enzima može reagirati s velikom količinom supstrata u kratkom vremenu (1 molekula enzima može obraditi oko 1000 molekula supstrata u 1 sekundi)
 3. smanjuju energiju aktivacije (E_a) – tako se reakcije u organizmu odvijaju na nižim temperaturama (slika 3.12./str. 22.)
 4. osjetljivi su na promjene pH i tlaka
 5. neke bjelančevine i enzimi povezuju reakcije koje se ne mogu odvijati izvan živog organizma, npr. sinteza bjelančevina

PITANJE: Ako se u niz povezuju četiri različite aminokiseline, koliko različitih molekula može nastati?

2.3.4 NUKLEINSKE KISELINE

- jedne od najvećih biloških molekula
- osnovna građevna jedinica: **NUKLEOTID** (2 nukleotida = dinukleotid; 3 = trinukleotid; 4,5...= polinukleotid)
- DNA i RNA su polinukleotidni lanci (30.000 i više nukleotida); nukleotidi se spajaju u lanac preko PO₄³⁻ koja povezuje monosaharide susjednih nukleotida
- ime su dobile prema jezgri u kojoj su nađene – 1869. god. Friedrich Miescher otkrio je u jezgri neproteinsku tvar i nazvao ju NUKLEIN

- Skiciraj nukleotid (slika 3.7/str. 18.)

- dijelovi nukleotida: 1. DUŠIČNA BAZA: a) PURINSKA – adenin (A), guanin (G)
b) PIRIMIDINSKA – citozin (C), timin (T), uracil (U)

2. MONOSAHARID (pentoza): a) riboza (RNA)
b) deoksiriboza (DNA)

3. FOSFAT

- uloga nukleotida: izgrađuju nukleinske kiseline (DNA, RNA), prenose kemijsku energiju pohranjenu u kemijskoj vezi koja se lako hidrolizira uz oslobađanje energije (ATP); derivati nukleotida PRENOSIOCI su nekih kemijskih skupina (H, šećera), a djeluju kao signalne molekule

Sličnosti i razlike između DNA i RNA:

	DNA	RNA
PURINSKE BAZE	A, G	A, G
PIRIMIDINSKE BAZE	T, C	U, C
MONOSAHARID	deoksiriboza	riboza
BROJ LANACA	2 (dvostruka uzvojnica - helix)	1
POLOŽAJ U EUKARIOTSKOJ STANICI	jezgra, mitohondrij, kloroplast	citoplazma (sinteza u jezgri)
VRSTE	-	_m RNA, _t RNA, _r RNA
SVOJSTVA	- replikacija (udvostručenje) - na njoj se sintetiziraju RNA, - osnovu genetske šifre čini redosljed parova baza (nukleotida) na DNA, - posredno sudjeluje u sintezi proteina	- neposredno sudjeluje u sintezi proteina - _m RNA (informacijski povezuje DNA i ribosom) - _t RNA (prijenos aminokiselina na ribosome pri sintezi bjelančevina) - _r RNA (izgrađuje ribosome)

- KOMPLEMENTARNI PAROVI BAZA: **A = T**; **G ≡ C**, povezane su međusobno s dvije ili tri **VODIKOVE VEZE**

ZADATAK:

- a) a) Ako se jedan lanac roditeljske DNA sastoji iz baza: **A A T C C G T C G T T G**; napiši komplementaran niz baza na drugom lancu DNA.
- b) Prikaži replikaciju tog dijela DNA i redoslijed baza na novonastalim DNA-molekulama (hibridnim DNA, DNA - kćeri).
- c) Zašto se proces zove semikonzervativan? ENZIM koji katalizira komplementarno povezivanje nukleotida novog lanca zove se: _____.

3. ORGANIZACIJSKI PLAN EUKARITOSKE STANICE

Sažetak je napisan na temelju udžbenika: _____

1. KRSNIK-RASOL M (1995) OD MOLEKULE DO ORGANIZMA, Šk. knjiga, Zagreb:12–24, 49-83 i 91-99
2. ŠVERKO V (1998) RAZNOLIKOST ŽIVOGA SVIJETA – OD MOLEKULE DO ORGANIZMA, Priručnik iz biologije za prvi razred gimnazije, Profil, Zagreb:45-63, 82-112 i 119-132

NAPOMENA: Ovaj sažetak može poslužiti isključivo za ponavljanje gradiva i kao podsjetnik! Tu će ulogu u potpunosti ispuniti ako ga samostalno dopunite i potražite odgovore na postavljena pitanja!

SADRŽAJ:

3.1 EUKARIOTSKA STANICA.....	19
3.2 OPĆA SVOJSTVA STANICE:.....	20
3.3 BIOMEMBRANE.....	21
3.4 TRANSPORT TVARI KROZ MEMBRANU.....	22
3.5 CITOPLAZMA.....	22
3.6 OSTALE STRUKTURE U STANICI.....	23
3.7 POSTANAK EUKARIOTSKE STANICE (slika).....	23
3.8 JOŠ NEKI POJMOVI VEZANI UZ DOSAD NAVEDENO GRADIVO:.....	24

3.1 EUKARIOTSKA STANICA

- *eu* – dobro, pravo; **eukariotska** = s pravom jezgrom
- **EUKARIOTSKE ST.** – ne obavljaju sve svoje procese u citoplazmi; membranama su raščlanjene u brojne reakcijske prostore, bitne su za održanje složene i uređene stanične strukture
- samo su eukariotske stanice razvile mogućnost međusovne suradnje i zajedničkog života u višestaničnom organizmu

Usporedi prokariotsku (protocit) i eukariotsku stanicu (eucit) - ispunj tablicu +/-:

	MONERA	PROTISTI	GLJIVE	BILJKE	ŽIVOTINJE
JEZGRINA OVOJNICA					
KRUŽNA DNA (NUKLEOID)					
DNA U KROMOSOMIMA					
RIBOSOMI					
ORGANELI					
PLAZMID					
CITOSKELET					
ENDOPLAZMATSKI RETIKULUM					
GRADE JEDNOST. ORGANIZME					
GRADE VIŠEST. ORGANIZME					
VELIČINA STANICE	~ 2,0μ			~ 35,0μ	~ 20,0μ
SKUPINA (pro-eukarioti):					

- **STANIČNI ORGANEL** je tvorevina u stanici obavijena membranom i obavlja određenu funkciju (npr. mitohondrij)
- jezgrice, ribosomi, kromosomi, centrioli – NISU ORGANELI u užem smislu riječi (nisu obavijeni membranom)
- **ST. GLJIVA** – imaju st. stijenku i vakuolu, nemaju plastide; heterotrofne
- s obzirom na ishranu: **BILJNA ST. = AUTOTROFNA**; **ŽIVOTINJSKA ST. = HETEROTROFNA**; **ST.**

Usporedi građu biljne i životinjske stanice – ispuni tablicu +/-:

BILJNA ST.	DIO STANICE	ŽIVOTINJSKA ST.	BILJNA ST.	DIO STANICE	ŽIVOTINJSKA ST.
	st. stijenka			mitohondriji	
	st. membrana			jezgra	
	citoplazma			vakuole	
	ribosomi			kloroplast	
	endoplazmatski retikulum			centrosom	
	Golgijevo tijelo			citoskelet	
	lizosomi			polarne kape	

3.2 OPĆA SVOJSTVA STANICE:

- **KOLOIDI** (koloidni sustavi)- smjese tvari čije su čestice veličine 1 – 100 nm (5 – 50 nm) i vide se ELM
- makromolekule i druge tvorevine u stanici veličinom su slične koloidnim česticama i ponašaju se slično kao koloidne čestice: difuzija teče vrlo sporo ili ne difundiraju; pokazuju Tyndallov efekt; postoje u dva stanja – SOL ↔ GEL (SOL – voda je vezana na makromolekula – tekuće stanje; GEL – voda nije vezana na makromolekule – kruto stanje), ta dva stanja mogu reverzibilno prelaziti jedan u drugi, osim u slučaju kada je gel-stanje izazvano visokom temperaturom ili strujnim udarom – tada stanica trajno ostaje u gel-stanju i nastupa smrt stanice
- **DIFUZIJA** (*difundirati* = rasprostirati se)– kretanje čestica neke tvari iz područja visoke koncentracije u područje niske koncentracije do izjednačenja koncentracija (do uspostavljanja ravnoteže); zbiva se u plinovima i tekućinama; spontan proces (ne troši energiju) – osnovni način fizičkog prijenosa i miješanja molekula u nekom prostoru!
- **OSMOZA** – difuzija OTAPALA kroz polupropusnu (semipermeabilnu) membranu iz otopine niže koncentracije (područja gdje otapala – H₂O - ima više) u otopinu više koncentracije (područje gdje otapala – H₂O - ima manje) do izjednačavanja koncentracija
- **DIJALIZA** – kroz polupropusnu membranu prolaze čestice OTOPLJENE TVARI iz područja njihove veće konc. u područje manje konc. (=difuzija čestica otopljene tvari kroz polupropusnu membranu)
- **GRADIJENT KONCENTRACIJE** - postupno smanjenje konc. nekih molekula od mjesta većih konc. prema nižim
- **PITANJA:**
 1. Što je osmometar?
 2. Što je hemodijaliza?
 3. Što će se dogoditi eritrocitu, a što biljnoj stanici u: a) izotoničnoj, b) hipertoničnoj, c) hipotoničnoj otopini? Objasni uz pomoć slika 8. 1. (str. 53)!

3.3 BIOMEMBRANE

- tanke $d = 8 \text{ nm}$, ne vide se SM (Kako su znanstvenici još u 19. st. utvrdili njihovo postojanje?)
- omeđuje protoplazmu (=citoplazma + st. jezgra) svake stanice; razdvaja st. od okoliša, ali joj omogućava kontakt i izmjenu tvari s okolišem; semipermeabilna je i selektivno propusna (=važno za transport tvari – propušta manje molekule, npr. vodu; djelomično propušta veće molekule, npr. šećere; ne propušta makromolekule; zadrži i sakupi molekule koje su joj potrebne za normalne životne procese, a oslobađa molekule koje joj nisu potrebne ili su štetne)
- GRAĐA ST. MEMBRANE (sve biološke membrane podudaraju se planom građe, a razlikuju se - ovisno o funkciji - sastavom bjelančevina, fosfolipida i ugljikohidrata)
 1. **FOSFOLIPIDI** – tvore dvosloj; to su amfipatske molekule čiji je hidrofilan kraj (PO_4^{3-}) okrenut prema citoplazmi ili prema međust. prostoru (oba sadrže vodu), a hidrofobni krajevi (više masne kiseline) jedni prema drugima; ULOGA: grade “kostur” st. membrane (odgovorni za građu)
 2. **MEMBRANSKI PROTEINI**- uronjeni u sloj fosfolipida (integralni proteini) ili se nalaze na rubu membrane (periferni proteini); ako su djelomično hidrofilni bit će uronjeni u hidrofilno područje, a ako su djelomično hidrofobni – uronjeni su u hidrofobno područje, mogu biti i transmembranski, tj. protezati se širinom cijele membrane i tvoriti proteinske kanaliće; ULOGA: odgovorni za funkciju st. membrane (transport tvari), neki su enzimski aktivni
 3. **UGLJIKOHIDRATI** – ne sadrže ih sve membrane; vezani su (kovalentnim vezama) ili na lipide (=glikolipidi) ili na proteine (=glikoproteini); ULOGA: označavanje i prepoznavanje stanica
- membrane nisu krute st. tvorbe, lipidi i proteini mogu se bočno pomicati i mijenjati svoje mjesto u membrani (svojstvo dvodimenzijske tekućine), tj. st. membrana je “TEKUĆI MOZAIK RAZLIČITIH MOLEKULA” (1972. god. S. J. SINGER i G. L. NICOLSON)
- **SKICIRAJ** građu stanične membrane prema “modelu tekućeg mozaika” (slike 8.3/str. 55.)

- **PROČITAJ I ODGOVORI:**

1. Koji su znanstvenici tijekom 19. i početkom 20. st bitno pridonjeli upoznavanju građe stanične membrane, prije otkrića ELM?
2. Što ih je navelo na zaključak da je st. membrana građena od lipida, odnosno fosfolipida?
3. Zašto su fosfolipidi u membrani složeni u dvosloj?

3.4 TRANSPORT TVARI KROZ MEMBRANU

- tvari: hranjive tvari (šećeri, aminokiseline), plinovi (O₂, CO₂), voda, ioni (Na⁺, K⁺, H⁺, Cl⁻), hormoni, otpadni produkti metabolizma

	PASIVNI TRANSPORT - bez utroška energije -		AKTIVNI TRANSPORT - uz utrošak energije (izvor: ATP)-	
VRSTA TRANSPORTA:	DIFUZIJA	OLAKŠANA DIFUZIJA	AKTIVNI TRANSPORT	MASOVNI TRANSPORT*
TVARI KOJE SE PRENOSE:	voda, kisik, ugljikov (IV) oksid	glukoza aminokiseline	ioni Na ⁺ , K ⁺ , H ⁺ , Cl ⁻ (elektroliti)	velike čestice (bakterije) ili velika količina čestica
NAČIN PRIJENOSA:	difuzija (brzina ovisi o razlici konc.)	difuzija + prenosiooci, prijenos teče u smjeru konc. gradijenta; selektivno!	teče u smjeru suprotnom od konc. gradijenta	teče u smjeru suprotnom od konc. gradijenta
NAPOMENA:	kroz lipidni dvosloj (tvari topljive u lipidima – lako i brzo prolaze) – nepolarne i male polarne molekule (prolaze)	postoje prenosiooci u transmembran. proteinima; prijenos zaustavi zasićenost u st. – ne trebaju se izjednačiti konc.	u proteinskim prenosiocima (transmem. proteini), npr. Na ⁺ - K ⁺ - pumpa	fagocitoza (egzo- i endocitoza), pinocitoza

MASOVNI TRANSPORT* - nije transport kroz membranu, tvari ulaze u stanicu omotane staničnom membranom, odvija se uz pomoć energije

- elektrokemijski gradijent = koncentracijski + električni gradijent [utječe na gibanje iona, membrana je različito nabijena s vanjske (+) i s unutrašnje strane(-) – potencijal st. membrane], odgovorni za održanje potencijala st. membrane su upravo ioni natrija i kalija!!!
- **SKICIRAJ i OPIŠI: natrij – kalij crpku (pumpu) (slika 8.4 c)/str. 57.). Što čini crpku? Što su ATP-aze?**

3.5 CITOPLAZMA

- PROTOPLAZMA = CITOPLAZMA + ST. JEZGRA (zauzima središnji dio st., najveći st. organel)
- **CITOPLAZMA = ST. ORGANELI + CITOSOL + CITOSKELET** (str. 49.) – osnovna tvar stanice bez membrana, tj. organela; tu se odvija st. metabolizam
- **CITOSOL** – osnovna koloidna otopina citoplazme (str. 49.)
- **CITOSKELET** (stanični kostur) = sustav tankih proteinskih vlakana (mikrofilamenti) i cjevčica (mikrotubuli), daje st. mehaničku strukturu → omogućava zadržavanje oblika, promjenu oblika, kretanje st., stezanje st. (kontrakcije) i opuštanje st. (relaksacija) – tako se npr. ostvaruje rad mišića
- **mikrofilamenti** – u mišićnim st. (aktin i miozin)
- **mikrotubuli** – strukture koje imaju ulogu pokretanja st. ili njezinih dijelova: tezne niti diobenog vretena, centrioli, bičevi, trepetljike

3.6 OSTALE STRUKTURE U STANICI

Ispuni tablicu uz pomoć udžbenika (str. 59. –62., 73. – 83., 91. – 96.)

STRUKTURA U STANICI	GRAĐA:	ULOGA:	POSEBNOSTI:
JEZGRA			
JEZGRICE			
MITOHONDRIJ			
PLASTIDI			
ENDOPLAZMATSKI RETIKULUM			
RIBOSOMI			
GOLGIJEVO TIJELO (APARAT)			
LIZOSOMI			
PEROKSISOMI			

3.7 POSTANAK EUKARIOTSKE STANICE (slika)

- postanak eukariotske stanice objašnjava teorija **ENDOSIMBIOZE** ili **SIMBIOGENEZE**
- **SIMBIOZA** je zajednica dvaju (više) organizama od koje svaki organizam ima određenu korist
- **ENDOSIMBIOZA** – simbioza u kojoj unutar jednog organizma živi drugi organizam

- pretpostavlja se da je nekoć postojao **AMEBOID** (prokariotski organizam sličan amebi) i da je u njega mogla “ući” aerobna bakterija te je tako nastala endosimbioza, a ta aerobna bakterija je kasnije postala mitohondrij (DOKAZ: mitohondriji imaju prstenastu DNA, ribosome 70 S i dijele se neovisno o diobi stanice);
- za taj se ameboid s mitohondrijem mogla pričvrstiti neka spiralna bakterija i preuzeti ulogu pokretanja – bič; (DOKAZ: otkriće praživotinje na čijoj se površini nalaze spiralne bakterije koje služe za pokretanje) – prabičaći se smatraju ishodišnim organizmima u razvoju biljaka i životinja;
- ako je u ameboid “ušla” modrozeleno alga (+ klorofil) mogao je nastati ameboid s kloroplastom (kloroplasti se izvode iz modrozelenih algi: DOKAZ: prstenasta DNA, ribosomi 70 S, dijele se neovisno o diobi stanice)

3.8 JOŠ NEKI POJMOVI VEZANI UZ DOSAD NAVEDENO GRADIVO:

- **HISTONI** – skupina bjelančevina bazične naravi koje vezane s DNA ili nekim drugim bjelančevinama izgrađuju kromatin, odnosno kromosome; DNA se omata oko histona
- **KROMOSOMI i KROMATIN** razlikuju se u stupnju spiralizacije (zgusnutosti); prije diobe u stanici je vidljiva mrežica tankih niti – kromatinska vlakna = kromonema; zadebljanja na toj niti zovu se kromomere (oboje se posebnim bojama)
- uoči diobe ta se kromatinska vlakna skraćuju i postaju vidljivi kromosomi; zapravo se molekula DNA namata oko **NUKLEOSOMA** (kromomera) = izgrađeni su od DNA i HISTONA
- skraćeni kromosom dug je oko 7 μ m, a ima oko 7 cm dugu molekulu DNA (bez sažimanja dužina DNA bila bi oko 200 cm)
- **KROMOSOM** je građen iz dvije kromatide koje su učvršćene **PRIČVRSNICOM** ili **CENTROMEROM**, pomoću koje se kromosomi vežu za tezne niti diobenog vretena
- **HOMOLOGNI KROMOSOM** su kromosomi jednake veličine i izgleda, a u njima se nalaze geni koji određuju ista svojstva; ti geni ne moraju biti identični, a takve varijante jednog te istog gena zovemo **ALELIMA** (npr: homologni kromosomi nose gen za boju cvijeta, ali jedan određuje bijelu, a drugi crvenu boju cvijeta)
- **NUKLEOZID** – organske tvari nastale spajanjem purinskih ili pirimidinskih baza sa šećerima i to C – N vezom (adenozin = adenin + riboza; gvanozin = guanin + riboza; citidin = citozin + riboza; uridin = uracil + riboza)

4. TABLICA: Građa i uloga staničnih organela i ostalih struktura u stanici

STRUKTURA U STANICI:	GRADA:	ULOGA:	POSEBNOSTI:
<p>JEZGRA lat. <i>nucleus</i> grč. <i>karion</i></p> <p>KROMATIN i KROMOSOMI grč. <i>chroma</i> = boja grč. <i>soma</i> = tijelo</p>	<p>- najveći, najteži i najvažniji dio eukar. st. - veličina: 5 – 10 µm; okrugla ili ovalna - vidi se SM - obavijena dvostrukom ovojnicom - ovojnica sadrži mnogo pora, kojima jezgra “komunicira” sa citoplazmom - širina međumembr. prostora = 20 – 40 nm - <u>vanjska membr.</u> je dio ER i može sadržavati ribosome; - <u>unutr. membr.</u> okružuje karioplazmu (=nukleoplazmu) u kojoj se nalazi kromatin (DNA + bjelančevine); gušći (uz jezgrinu ovojnicu) = heterokromatin; rijedi (u središtu jezgre) = eukromatin; - na unutr. strani jezgrine ovojnice postoje bjelančevine – očuvanje oblika jezgre - sadrži jezgrice</p>	<p>1. upravljačko središte st. – sadrži nasljednu uputu (u kromosomima) koja određuje kako će st. izgledati i kako će djelovati - sadrži uputu za sintezu proteina - ta je uputa zapisana u genima, a geni su dijelovi DNA (geni su izgrađeni od 600 do 1800 nukleotida) - uputu za sintezu proteina s DNA prepisuje mRNA = transkripcija - mRNA prenosi uputu u citoplazmu na ribosom gdje se zbiva sinteza proteina uz pomoć tRNA = translacija 2. sadrži cjelokupni plan građe i funkcije višest. org. (zigota sadrži plan po kojem se razvija višest. org.)</p>	<p>- iz kromatina se oblikuju kromosomi prije diobe st. pa neki kromosome nazivaju transportnim oblikom kromatina; - kromosomi i kromatin se razlikuju u stupnju zgusnutosti, tj. spiralizacije - debljina kromosoma: 0,7 – 2 µm - vide se SM kada se oboje - kromosomi su (prije diobe) građeni iz dvije kromatide koje su spojene pričvrstnicom ili centromerom, za koju se vežu tezne niti diobenog vretena - kromonema = osnovno vlakno kromosoma - kromomere = zadebljanja na kromonemi; dijelovi koji se jače oboje (grč. <i>meros</i> = dio)</p>
<p>JEZGRICE lat. <i>nucleolus</i></p>	<p>- okrugle strukture unutar jezgre (1, 2, ..., 100 u oocitama nekih vodozemaca) - veličina: 1 – 5 µm - vide se SM - građa: RNA i ribonukleoproteini - nastaju zbog djelovanja <u>nukleolarnih organizatora</u> = dijelovi kromosoma koji sarže gen za sintezu rRNA (čovjek – 10 takvih kromosoma čini nukleolus)</p>	<p>- sinteza rRNA</p>	
<p>ENDOPLAZMATSKA MREŽICA ili RETIKULUM = ER</p>	<p>- sustav tankih cjevčica, kanalića koji se proteže poput mreže cijelim volumenom citoplazme - lipoproteinske građe a) glatki ili goli ER – na sadrži na svojoj površini ribosome b) hrpavi ili zrnati ER – sadrži na svojoj površini ribosome</p>	<p>- povezuje st. jezgru sa st. membranom i važna je za transport tvari a) glatki ER: neutralizacija otrova, na njemu se sintetiziraju lipidi (npr. steroidi), služi za pohranjivanje Ca u mišićnim st., razgradnju otrova... - npr. u stanicama kože glatki ER pretvara kolesterol u provitamin D₃, a zatim u vit. D₃ pod utjecajem Sunca b) zrnati ER – s obzirom da sadrži ribosome uključen je u sintezu proteina</p>	<p>- st. koje obilno sintetiziraju bjelančevine, posebno ako se one izlučuju iz st., imaju dobro razvijen zrnati ER, npr. žlijezdate st. (gušterača) - poseban ER – <u>sarkoplazmatski ER</u> koji se nalazi u mišićnim stanicama; fini kanalići ER obavljaju mišićna vlakna i omogućuju održavanje konc. Ca²⁺</p>

<p>VAKUOLE lat. <i>vacuum</i> = prazno</p>	<ul style="list-style-type: none"> - u biljnim st. - nisu prazne vrećice unutar citoplazme - može zauzimati 5% - 95% st. 	<ul style="list-style-type: none"> - sadrže: vodu, rezervne tvari (šećere, proteine, otrove, opium,...) 	<ul style="list-style-type: none"> - neke prazivotinje (slatkovodne), npr. papučica – sadrže kontraktilne vakuole koje reguliraju količinu vode unutar tih organizama
<p>RIBOSOMI</p>	<ul style="list-style-type: none"> - makromolekulske nakupine građene iz rRNA i ribosomskih proteina - nalaze se u citoplazmi - veličina: 15 – 25 (30) nm a) slobodni ili vezani za ER b) pojedinačno ili u nakupinama (5 – 7, ~20 = <i>poliribosomi</i>) - u eukariotskim st. – 80 S (dvije podjedinice, veća i manja) - u prokariotskim st. – 70 S 	<ul style="list-style-type: none"> - omogućuju da se nasljedna uputa iz DNA prevede u određenu bjelančevinu, tj. na ribosomima se aminokiseline povezuju točno određenim redom u protein 	<ul style="list-style-type: none"> - proteini koji se sintetiziraju na slobodnim ribosomima ostaju u citoplazmi - proteini koji se sintetiziraju na zrnatom ER (na ribosomima vezanim za ER) uzale u sustav cijevi ER, često se sakupljaju u male mjehuriće (vezikule) i izlučuju iz stanice
<p>GOLGIJEVO TIJELO (APARAT) = GA</p>	<ul style="list-style-type: none"> - membranske naslage u st. - građen od diktiosoma (grč. <i>diktyon</i> = mreža), a svaki je diktiosom građen od plosnatih membranom omeđenih šupljina ili Golgijevih cisterni - te su cisterne naslagane jedna iznad druge - promjer cisterni: 1 μm - na rubovima su cisterne proširene i iz njih se odvajaju Golgijevi mjehurići - dobro razvijen u st za izlučivanje - proteini i lipidi se raspoređuju u mjehuriće 	<ul style="list-style-type: none"> - kontrola prometa proteina (i lipida) u biljnim st. – GA sudjeluje u oblikovanju st. membr. i st. stijenke tijekom diobe - uključen je i u sintezu i u nakupljanje ugljikohidrata - uključen je i u sintezu hormona i pigmentata - proteini sintetizirani na zrnatom ER prvo se koncentriraju u šupljinama zrnatog ER → glatki ER → GA → izlučuju se u obliku mjehurića - u GA proteini se modificiraju (za njih se npr. vežu, kovalentnim vezama, polisaharidi) 	<ul style="list-style-type: none"> - rosika pomoću lovki (tentakula) hvata kukce; na lovkama se luče blistave kapljice ljepljive sluzi za koju se kukac uhvati – ta slatka ljepljiva sluz rezultat je djelovanja GA - kremena ljuštura algi kremenjašica – rezultat djelovanja GA - eterična ulja (npr. metvica) – proizvod GA - LIZOSOME nekad nazivaju i “samoubilačke vrećice” – kad se njihova membrana rasprsne i kad se enzimi rasprše unutar citoplazme mogu razgraditi sve ostale st. dijelove i samu st. - to se zbiva prilikom metamorfoze gusjenice u leptira - nije poznato zašto enzimi ne mogu razgraditi vlastitu membranu - starenjem se u lizosomima nakupljaju smeđi pigmenti – staracke pjege
<p>LIZOSOMI</p> <p>PEROKSISOMI</p>	<ul style="list-style-type: none"> - na rubovima su cisterne proširene i iz njih se odvajaju Golgijevi mjehurići - dobro razvijen u st za izlučivanje - proteini i lipidi se raspoređuju u mjehuriće 1. tip mjehurića: spoje se sa st. membr. i izlučuju iz st. 2. tip mjehurića: vežu se za st. membr. – popravci st. membrane 3. tip mjehurića: LIZOSOMI – sadrže enzime za razgradnju hranjivih tvari ili sl. 4. tip mjehurića: PEROKSISOMI (= mikrotriješća) – sadrže enzime kojima razgrađuju otpadne tvari (npr. alkohol u st. jetre ili bubrega) 	<ul style="list-style-type: none"> - kontrola prometa proteina (i lipida) u biljnim st. – GA sudjeluje u oblikovanju st. membr. i st. stijenke tijekom diobe - uključen je i u sintezu i u nakupljanje ugljikohidrata - uključen je i u sintezu hormona i pigmentata - proteini sintetizirani na zrnatom ER prvo se koncentriraju u šupljinama zrnatog ER → glatki ER → GA → izlučuju se u obliku mjehurića - u GA proteini se modificiraju (za njih se npr. vežu, kovalentnim vezama, polisaharidi) 	<ul style="list-style-type: none"> - rosika pomoću lovki (tentakula) hvata kukce; na lovkama se luče blistave kapljice ljepljive sluzi za koju se kukac uhvati – ta slatka ljepljiva sluz rezultat je djelovanja GA - kremena ljuštura algi kremenjašica – rezultat djelovanja GA - eterična ulja (npr. metvica) – proizvod GA - LIZOSOME nekad nazivaju i “samoubilačke vrećice” – kad se njihova membrana rasprsne i kad se enzimi rasprše unutar citoplazme mogu razgraditi sve ostale st. dijelove i samu st. - to se zbiva prilikom metamorfoze gusjenice u leptira - nije poznato zašto enzimi ne mogu razgraditi vlastitu membranu - starenjem se u lizosomima nakupljaju smeđi pigmenti – staracke pjege

MITOHONDRIJ			
<ul style="list-style-type: none"> - štapičasti (ovalni) st. organel - veličina: d = 1-2 μm; š = 0,1 – 0,5 μm - vide se SM - broj im varira unutar stanice; mišićne st. osoba koje aktivno treniraju sadrže više mitohondrija - kem. građa: 30% lipidi; 70% proteini – ti podaci ukazuju na veliku količinu membrana - obavijen dvostrukom ovojnicom - vanjska membr. – glatka, dobro propusna; sadrži enzime za obradu lipida, pripada citoplazmi; unutr. <u>membr.</u> – naborana i teško propusna; pripada mitohondriju - nabori unutr. membr. u mišićnim st. = <i>cristae</i>; u st. jetre su u obliku cjevčica = <i>tubuli</i> - unutrašnjost ispunjava tekućina = <i>matrix</i> - u matriksu se nalazi DNA – 1, 2 ..., (prstenaste), RNA, ribosomi i enzimi (više od 60) koji sudjeluju u sintezi ATP-a (najvažniji: ATP-sintaza) 	<ul style="list-style-type: none"> - energetski najvažniji citoplazmat. organel - proizvodi i pohranjuje kemijsku energiju u obliku ATP – molekula - ti procesi obuhvaćaju Krebsov ciklus i dišni lanac (djelovi staničnog disanja) - u matriksu se nalaze i enzimi za oksidaciju masnih kiselina i aminokiselina 	<ul style="list-style-type: none"> - vlastita DNA omogućuje mitohondrijima sintezu vlastitih proteina - također se mitohondriji mogu dijeliti neovisno o diobi stanice = samoumnažajući organeli - u životinjskom svijetu mitohondriji se nasljeđuju isključivo od majkejer se nalaze u citoplazmi jajne stanice, a ne u citoplazmi spermija - pretpostavlja se da su nastali endosimbiozom iz “bakterija” - nisu sposobni za samostalni život izvan st. masno tkivo životinja koje spavaju zimski san ne sadrže ATP-azu u mitohondrijima, pa dišni procesi ne završavaju sintezom ATP-a, već se energija oslobađa u obliku topline 	

5. MITOZA I MEJOZA

Sažetak je napisan na temelju udžbenika:

1. KRSNIK-RASOL M (1995) OD MOLEKULE DO ORGANIZMA, Šk. knjiga, Zagreb:12–24, 49-83 i 91-99
2. ŠVERKO V (1998) RAZNOLIKOST ŽIVOGA SVIJETA – OD MOLEKULE DO ORGANIZMA, Priručnik iz biologije za prvi razred gimnazije, Profil, Zagreb:45-63, 82-112 i 119-132

NAPOMENA: Ovaj sažetak može poslužiti isključivo za ponavljanje gradiva i kao podsjetnik! Tu će ulogu u potpunosti ispuniti ako ga samostalno dopunite i potražite odgovore na postavljena pitanja!

SADRŽAJ:

5.1 MITOZA	28
5.2 MEJOZA - Redukcijska ili zoriđbena dioba	29
5.3 STANIČNI CIKLUS	31

5.1 MITOZA

= dioba tijekom koje se udvostručena nasljedna tvar pravilno razdijeli na dvije nove stanice - kćeri

- 2 dijela:**
- I. dioba jezgre = **kariokineza**
 - II. dioba citoplazme = **citokineza**

I. dio: KARIOKINEZA ima 4 faze (grč. *fasis* = razvojni stupanj):

1. PROFAZA,
2. METAFAZA,
3. ANAFAZA
4. TELOFAZA

1. PROFAZA:

- kromatin se spiralizira, skraćuje i deblja,
- u stanici postaju vidljivi kromosomi koji se sastoje od dvije kromatide – **dvostruki kromosom**
- kromatide su obavijene jedna oko druge
- razgrađuju se jezgrice
- razgrađuje se jezgrina ovojnica
- centrosom se dijeli na dva centriola koji putuju prema suprotnim polovima i putem se stvara diobeno vreteno

2. METAFAZA:

- kromosomi su dobro vidljivi u stanici (dostigli su najviši stupanj sažimanja)
- smješteni su u ekvatorijalnoj ravnini = METAFAZNA PLOČA
- kromatide su spojene samo na mjestu pričvrsnice (centromere)
- niti diobenog vretena su potpuno sintetizirane i pričvršćene su za centromeru

3. ANAFAZA

- počinje razdvajanje sestrinskih kromatida na mjestu pričvrsnice
- niti diobenog vretena se skraćuju i vuku kromatide prema suprotnim polovima
- svaka kromatida sada postaje **jednostruki kromosom**

4. TELOFAZA

- kromatide su na polovima stanice
- počinje despiralizacija – kromosomi se izdužuju, postaju sve tanji, poprimaju oblik prividno zrnatog kromatina
- razgrađuju se niti diobenog vretena
- počinje sinteza jezgrinih ovojnica
- u jezgrama ponovo postaju vidljive jezgrice

II. dio: CITOKINEZA – dioba citoplazme, tj. dioba stanice

razlikuje se kod biljnih i životinjskih stanica

biljne stanice: stvara se stijenka s obje strane stanične membrane

životinjske stanice: stvara se membranski uvrat (u presjeku poprimaju oblik broja”8”)

REZULTAT: iz jedne stanice nastaju dvije stanice – kćeri s jednakim brojem kromosoma i nasljednom uputom koja je identična onoj kakvu je imala stanica majka

5.2 MEJOZA - Redukcijska ili zoridbena dioba

Mejoza je dioba tijekom koje nastaju spolne stanice (gamete)

- Ženska spolna stanica zove se jajna stanica (ovum)
- u ženskom organizmu mejoza se zove OOGENEZA
- tijekom oogeneze nastaje jedna ženska spolna stanica ili jajna stanica (jaje) i tri polocite koje propadaju; oogeneza se događa u ženskim spolnim žlijezdama ili jajnicima (ovariji)
- Muška spolna stanica zove se spermij
- u muškom organizmu mejoza se zove SPERMATOGENEZA
- tijekom spermatogeneze nastaju 4 muške spolne stanice ili spermiji; spermatogeneza se događa u muškim spolnim žlijezdama ili sjemenicima (testisi)
- Organizmi koji se spolno razmnožavaju započinju život u trenutku oplodnje
- **OPLODNJA** = stapanje jajne stanice i spermija; oplodnjom nastaje oplodena jajna stanica ili zigota
- zigota ujedinjuje u sebi dvije skupine kromosoma (dvije kromosomske garniture): majčinu i očevu
- zigota je DIPLOIDNA STANICA (2n) – ima dvostruki broj kromosoma
- gamete su HAPLOIDNE STANICE (n) – imaju polovičan broj kromosoma
- do smanjenja (redukcije) broja kromosoma dolazi tijekom mejoze – iz jedne diploidne stanice nastaju 4 haploidne stanice (kod muškaraca 4 spermija, kod žena 1 jaje i 3 polocite)
- mejoza je važna jer u njoj dolazi do miješanja genetičkog materijala, tj. nastaju nove kombinacije gena
- zato se potomci roditelja koji se spolno razmnožavaju razlikuju od svojih roditelja, a razlikuju se i međusobno (osim jednojajčanih blizanaca)

MEJOZA se dijeli na dvije MEJOTIČKE DIOBE: MEJOZA I. i MEJOZA II. Svaka ima 4 faze:

I. MEJOTIČKA DIOBA (MEJOZA I): PROFAZA I,
METAFAZA I,
ANAFAZA I,
TELOFAZA I;

II. MEJOTIČKA DIOBA (MEJOZA II): PROFAZA II,
METAFAZA II,
ANAFAZA II,
TELOFAZA II

MEJOZA I:

PROFAZA I: dugo traje i složena je iz nekoliko dijelova

- otapa se jezgrina ovojnica
- otapaju se jezgrice
- dijeli se centrosom i putuje prema polovima
- počinje se stvarati diobeno vreteno
- **sparuju se homologni kromosomi** – nastaju **BIVALENTI** (2 sparena kromosoma) ili **TETRADE** (4 kromatide – 4 DNA molekule): to je preduvjet za redukciju broja kromosoma – znači: ljudska stanica ima 46 kromosoma ili 23 para homolognih kromosoma i sada sparivanjem ta 23 para nastaju **23 bivalenta!!!**
- **nastaje crossing-over (=prekriženje):** isprepletene kromatide pucaju i prespajaju se i tako homologni kromosomi međusobno izmjenjuju genetički materijal; mjesto prekriženja (pucanja kromatida) zove se HIJAZMA
- kromosomi se spiraliziraju i skraćuju i postaju sve bolje vidljivi su stanici

METAFAZA I:

- bivalenti (23) se nalaze u ekvatorijalnoj ravnini i tvore metafaznu ploču
- diobeno vreteno je potpuno sintetizirano i pričvršćeno za centromeru; centromere svakog homologa okrenuta je prema suprotnom polu stanice

ANAFAZA I:

- niti diobenog vretena se skraćuju i razdvajaju homologne kromosome – znači: prema svakom polu putuje **1 dvostruki kromosom**, ukupno prema jednom polu 23 dvostruka kromosoma, prema drugom polu 23 dvostruka kromosoma – broj kromosoma se prepolovio sa 46 na 23!!!
- kromosomi su pričvršćeni na mjestu pričvrsnice (centromere)

TELOFAZA I:

- nestaje diobeno vreteno

REZULTAT MEJOZE I: dvije nastale jezgre imaju polovičan broj kromosoma (23 dvostruka kromosoma)

MEJOZA II:

- tijekom II. mejotičke diobe razdvajaju se kromatide, a proces teče na isti način kao i mitoza

REZULTAT MEJOZE II: 4 stanice, svaka ima 23 jednostruka kromosoma (haploidne stanice - **n**) – to su spolne stanice ili gamete!!!

- razlikuju se međusobno i razlikuju se od roditeljske stanice

5.3 STANIČNI CIKLUS

= životni ciklus stanice) sastoji se iz dva glavna dijela: DIOBE (MITOZE*) i INTERFAZE

INTERFAZA = faza između dvije diobe; u ovoj fazi stanica raste i priprema se za diobu

INTERFAZA se dijeli u 3 perioda (stupnja, dijela):

1. G_1 – faza (engl. *gap* = rupa, prekid)
2. S – faza (engl. *synthesis* = spajanje)
3. G_2 -faza

1. G_1 – biosinteza bjelančevina (i RNA), volumen stanice se povećava (rast) i udvostručuju se stanične tvorbe; može trajati 15 sati do nekoliko mjeseci
 2. S – udvostručenje molekule DNA (replikacija DNA) – udvostručenje kromatida, sada kromosomi postaju dvostruki; traje oko 10 sati
 3. G_2 – priprema stanice za novu diobu*; traje oko 2 sata
- neke stanice su u G_0 -fazi – one se ne dijele (npr. živčane stanice – nemaju centrosom) – one imaju RADNE JEZGRE, za razliku od onih u interfazi ili mitozu
 - *MITOZA traje od 20 – 30 minuta

6. VIRUSI

Sažetak je napisan na temelju udžbenika:

KRSNIK-RASOL M (1995) OD MOLEKULE DO ORGANIZMA, Šk. knjiga, Zagreb:45-47

ŠVERKO V (1998) RAZNOLIKOST ŽIVOGA SVIJETA – OD MOLEKULE DO ORGANIZMA, Priručnik iz biologije za prvi razred gimnazije, Profil, Zagreb:77-78

BAČIĆ T, ERBEN, R (1999) RAZNOLIKOST ŽIVOGA SVIJETA – udžbenik za 2. razred gimnazije, šk. knjiga, Zagreb:10-14

PAVLETIĆ Z (1997) BIOLOGIJA 2 – Svezak A – Prokarioti, gljive i biljke, Profil, Zagreb:11-14

NAPOMENA: Ovaj sažetak može poslužiti isključivo za ponavljanje gradiva i kao podsjetnik! Tu će ulogu u potpunosti ispuniti ako ga samostalno dopunite i potražite odgovore na postavljena pitanja!

SADRŽAJ:

6.1 VIRUSI	32
6.1.1 ZNAČAJKE VIRUSA	32
6.1.2 OTKRIVANJE VIRUSA	33
6.1.3 GRAĐA VIRUSA	33
6.1.4 UMNOŽAVANJE VIRUSA	33
6.1.5 PODJELA VIRUSA	34
6.1.6 LIJEČENJE	35
6.1.7 PRIMJENA VIRUSA	35
6.1.8 TEORIJE O PODRIJETLU VIRUSA	35
6.2 VIROIDI I PRIONI.....	36
6.2.1 VIROIDI	36
6.2.2 PRIONI	36
6.2.3 SUBVIRUSI.....	36

6.1 VIRUSI

- lat. *virus* = otrov

6.1.1 ZNAČAJKE VIRUSA

- najprimitivniji oblik života
- na granici živog i neživog svijeta
- sitne zarazne čestice – submikroskopski paraziti (vide se samo ELM) – mogu zaraziti i prokariotske i eukariotske stanice
- obligatni stanični paraziti – aktiviraju se i umnožavaju samo u živim stanicama
- obilni geni – u stanicu domaćara ubacuju NAJČEŠĆE samo svoju nukleinsku kiselinu (neki ulaze s kapsidom)
- ne ubrajaju se ni u jedno carstvo - nemaju st. građu
- ne pokazuju osobine živih bića: ne mogu rasti, nemaju metabolizam, ne razmnožavaju se diobom
- izvan žive stanice postoje jedino u obliku kristala = agregacije virusa (to je značajka nežive tvari)

VIROZE = bolesti uzrokovane virusima;

- šire se najčešće kapljičnim putem ili dodirnom te putem tjelesnih tekućina (krv)
- MBD (engl. TMV) = virus mozaične bolesti duhana; žutica šećerne repe, mozaik cvijeća, herpes, ospice, dječja paraliza, bjesnoća, velike boginje, gripa, hunjavica, mumps, trahom oka, encefalitis, vodene kozice, rubeola, virusni hepatitis, AIDS (SIDA), rak,...

6.1.2 OTKRIĆE VIRUSA

19. st. – detaljno su poznati nakon otkrića ELM:

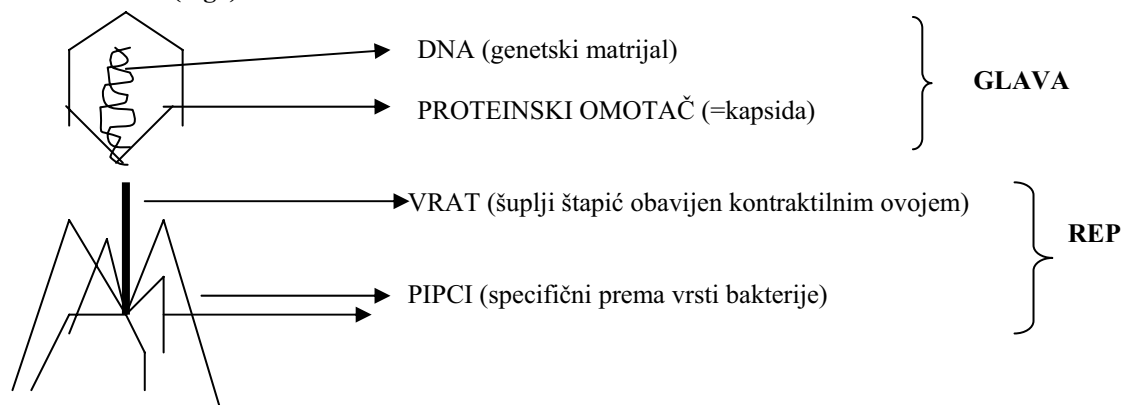
- **MAYER** (njemački znanstvenik, 1883.): tražio je uzročnika MBD (uzročnik ove bolesti usporava rast biljke i uzrokuje pjegavost listova); nije poznao viruse, mislio je da su uzročnici ove bolesti vrlo sitne bakterije; utvrdio da iscjedak iz lista zaražene biljke može zaraziti zdravu biljku
- **IVANOVSKI** (ruski znanstvenik, 1892.): profiltrirao je iscjedak iz lista zaražene biljke kroz bakterijski filter (ne propušta bakterije) i utvrdio je da je filtrat i dalje zarazan, uzročnik MBD je manji od bakterija, jednostavnije građen i ne može se uzgajati na hranjivim podlogama kao bakterije
- **STANLEY** (američki znanstvenik): dobio je zarazne čestice MBD u kristalnom obliku – virus MBD (ili TMV), zaključio da virusi nisu stanice jer se ni najjednostavnija stanica ne može dobiti u kristalnom obliku
- **PASTEUR** (francuski mikrobiolog, 1822. – 1895.): proučavao uzročnika bjesnoće, nije ga mogao utvrditi SM; zarazne čestice naziva virus (lat. otrov), te su čestice manje od bakterija; otkrio cjepivo protiv bjesnoće (1881. – 1885.)
- **1. puta** virusi su zapaženi i fotografirani 1930. godine
- **1. model virusa** izrađen je 1955. godine, a 1966. godine objavljeni su podaci prema kojima se virusi razlikuju od živih bića

6.1.3 GRAĐA VIRUSA

- virusi su čestice izgrađene od nukleinske kiseline (DNA **ili** RNA – nikad obje zajedno!!!) i bjelančevina koje čine omotač (KAPSIDU, koja se sastoji od KAPSOMERA) (neki virusi imaju ovojnicu koja osim bjelančevina sadrži i lipide i ugljikohidrate)
- promjer: **10 nm – 300 nm**
- oblik: štapičasti, kuglasti, fagi...

ZADATAK: Prouči sliku 6.5/str. 45. (1) – različiti oblici i veličina virusa i sliku 6.6/str. 46. (1) – životni ciklus bakteriofaga

GRAĐA BAKTERIOFAGA (faga):



6.1.4 UMNOŽAVANJE VIRUSA

- umnožavaju se isključivo u stanicama domadara, koriste materijal i energiju iz stanice domadara
- uzrokuju smrt stanice (LIZA STANICE)
- iz razorene stanice oslobađaju se zarazne (infektivne) virusne čestice = VIRIONI; oni napadaju okolne zdrave stanice i tkivo

- **životni ciklus bakteriofaga** (traje 20 - 30 min.) uz sliku 6.6/ str.46 (1):
- 1. fag se prihvati za st. stijenku bakterije
- 2. fag ispušta samo svoju DNA (svoje gene) u bakteriju; proteinski omotač i pipci ostaju izvan bakterije
- 3. virusna DNA ugrađuje se u bakterijsku DNA
- 4. virusna DNA “naređuje” proizvodnju virusnih dijelova – u bakteriji se sintetiziraju **virusni proteini** i nove **virusne DNA** koje izgrađuju nove viruse
- 5. stanice se na kraju raspada i ispušta brojne fage (100- 300)

VIROLOGIJA – znanost koja proučava viruse; sam proces umnožavanja virusa proučava molekularna biologija

6.1.5 PODJELA VIRUSA

1. prema nukleinskoj kiselini: **DNA – virusi**
RNA – virusi
 2. prema domadaru: **BAKTERIJSKI (=BAKTERIOFAGI)**
BILJNI (=FITOFAGI; prema nekim autorima ovaj se naziv ne može koristiti)
ŽIVOTINJSKI (=ANIMALNI)
HUMANI
 3. prema obliku: štapićasti (MBD), poliedarski...
 4. prema veličini
 5. prema osjetljivosti na tvari koje ih pasiviziraju
- a) **BAKTERIJSKI (=BAKTERIOFAGI) = DNA – virusi**; napadaju isključivo bakterije; lako se mogu uzgajati u bakterijskim kolonijama i izolirati iz njih (centrifuga i filtracija)
- b) **BILJNI = RNA virusi**; napadaju samo biljke, jedna vrsta virusa može izazvati infekciju različitih biljnih vrsta; uvjetuju smanjen rast biljke i smanjen prirod te su štetni za gospodarstvo; posebno su štetni virusi koji napadaju duhan, rajčicu, krumpir i koji dovode do kloroze (žute mrlje na listovima), kržljivosti i smanjene vitalnosti drveća, npr. divljeg kestena
- ne prodiru aktivno u biljnu stanicu kroz celuloznu stijenku, već kroz ozljede, a mnoge biljne viruse prenose i kukci;
 - virus MBD: vrlo otporan, može biti zarazan i nakon 50 godina
 -
- c) **ŽIVOTINJSKI i HUMANI = DNA ili RNA – virusi**; napadaju životinje i čovjeka; prenose se dodiranjem (st. membrana je tanka) ili putem uboda kukaca; istražuju se u laboratoriju na živim pokusnim životinjama (pilići) ili na inokuliranim (zaraženim) jajima, ili kulturama tkiva u *VIROLOŠKIM LABORATORIJIMA*
- virus HERPESA: ugrađuje svoju nukleinsku kiselinu u kromosom najčešće živčanih stanica; u njima ostaje u pritajenom obliku (**dormantni oblik**) = PROVIRUS; znakovi zaraze se pojave pod utjecajem psihičkog ili fizičkog stresa (Sunca, groznice, ...)
 - virus DJEČJE PARALIZE (poliomijelitis): napada središnji živčani sustav, izaziva klijenut (paralizu) udova
 - virus BJESNOĆE: napada živčani sustav, smrtonosna bolest ako se ne liječi
 - virus ENCEFALITISA: uzrokuje upalu moždane ovojnice – oboljenje mozga i leđne moždine; prenosnik je krpelj, prvi simptomi: ukočenost vrata

- virus TRAHOMA OKA: izaziva sljepilo ako se ne liječi
- virus MUMPSA (zaušnjaci): RNA virus – nateknu žlijezde slinovnice, povišena temperatura
- virus GRIPE (influenca virus): širi se kapljičnim putem, ima neobično veliku sposobnost brzih mutacija te se stalno pojavljuju novi sojevi, otporni na dosadašnja cjepiva; izaziva bolest dišnih organa koju prati često visoka temperatura, bolovi u mišićima i opća slabost, a može izazvati i upalu pluća
- RINOVIRUS – izaziva prehlade
- virus HIV: RNA-virus → **RETROVIRUS***; uzrokuje AIDS (SIDA) – slabi obrambeni sustav organizma (napada i uništava T4-limfocite – nositelje stanične imunosti) i povećava osjetljivost na rak i druge bolesti (oportunističke infekcije); najčešće se prenosi spolnim putem, zatim, preko krvi, zaraženih igli (narkomani), sa zaražene majke kroz posteljicu na nerođeno dijete, mlijekom tijekom dojenja,...
- KANCEROGENI VIRUSI = virusi koji izazivaju rak – **RETROVIRUSI***, npr. HPV – mogu izazvati rak maternice i ženskih spolnih organa

***RETROVIRUSI** - sadrži RNA i enzim REVERZNU TRANSKRIPTAZU; njihova se genetička uputa (RNA) prevodi uz pomoć vlastitog enzima (reverzne transkriptaze) u DNA, koja se ugradi u DNA stanice i kontrolira sintezu virusnih dijelova – to je obrnuti put i izuzetak od pravila (DNA → RNA → proteini)

ZADATAK:

Skiciraj virus AIDS-a i označi njegove glavne dijelove:

udžbenik: (3) str.12./slika 1-14 ili

udžbenik: (4) str. 12./slika 12.

6.1.6 LIJEČENJE

1. CIJEPLJENJE (VAKCINACIJA) – organizam se zarazi oslabljenim virusom koji ne može izazvati bolest, ali može potaknuti stvaranje antitijela koja će uništiti viruse
2. INTERFERON = protein koji stvara stanica napadnuta virusima, taj protein koči umnožavanje virusa
3. Lijekovi koji sprečavaju u virusa odvajanje proteinskog omotača od nukleinske kiseline; koče enzim odgovoran za umnažanje virusne nukleinske kiseline (npr. protiv HIV-a: **AZT, DDI, DDC**)

[**ANTIBIOTICI**, a ni različiti otrovi **ne utječu** na viruse jer oni nemaju metabolizam!!!]

6.1.7 PRIMJENA VIRUSA

- u šumarstvu se npr. rabe kao **biološka sredstva** protiv štetočina, umjesto kemijskih sredstava
- u hortikulturi za uzgoj ukrasnih biljaka sa šarenim cvjetovima i listovima (tulipani, šeboj, sobni sljez...) – šare su područja cvijeta ili lista inficirana virusima, tj. na tim mjestima virusi onemogućavaju stvaranje pigmenta

6.1.8 TEORIJE O PODRIJETLU VIRUSA

1. “**ŽIVI FOSILI**” – prvotni (predstanični) oblici života koji se nisu puno promijenili od vremena kada su nastali na Zemlji
2. virusi su nastali **od staničnih organela** koji su stekli **sposobnost neovisne replikacije** (samoreprodukcije)
3. nastali **pojednostavljanjem građe patogenih** (onih koje uzrokuju bolesti) **bakterija** zbog obligatnog staničnog parazitizma

dokaz: rikecije – prijelazni oblik između virusa i bakterija; uzročnici teških bolesti – trahom, psitakoza, pjegavi tifus (prenosi uš)

6.2 VIROIDI I PRIONI

= čestice manje od virusa

6.2.1 VIROIDI

- do 1971. godine mislilo se da su virusi najjednostavniji oblici “života”sa sposobnošću vlastitog umnožavanja, ali su tada otkriveni viroidi
- viroidi su **gole molekule RNA** (250 – 400 nukleotida)
- same se umnožavaju, a za replikaciju koriste enzime stanice domadara
- uzrokuju biljne bolesti (limuna, avokada, artičoka, krizantema, palmi...) – na Filipinima je jedan tip viroida uništio 12 milijuna kokosovih palmi

6.2.2 PRIONI

- složene molekula **bjelančevina** (glikoprotein s npr. 250 aminokiselina)
- otkriveni su 1980. godine
- $N = 2 - 3$ nm
- sposobne za samoumnožavanje samo u živim stanicama– nije do kraja razjašnjeno: normalne proteine u neuronima preoblikuju u prione, tj. proteine koji izazivaju bolest (mijenjaju trodimenzionalnu strukturu proteina) ili su to proteini koji nastaju od nenormalnih gena, koji daju pogrešne obavijesti o stvaranju proteina
- svi su patogeni - napadaju živčani sustav čovjeka i životinja i uzrokuju teške, smrtonosne bolesti (npr. kravlje ludilo, kuru-bolest, staračku demenciju...)

6.2.3 SUBVIRUSI

- ostale čestice koje izazivaju zarazu, a manji su od virusa i svojstvo života pokazuju samo i isključivo u živim stanicama
- tu se ubrajaju i viroidi i prioni, ali osim njih još i: satelitski virusi, virusoidi, virogeni (oni npr. stvaraju zarazne čestice samo pod određenim okolnostima)

7. Carstvo: MONERA: MIKOPLAZME, BAKTERIJE i MODROZELENE ALGE

Sažetak je napisan na temelju udžbenika:

KRSNIK-RASOL M (1995) OD MOLEKULE DO ORGANIZMA, Šk. knjiga, Zagreb:39-44 i 50-52

ŠVERKO V (1998) RAZNOLIKOST ŽIVOGA SVIJETA – OD MOLEKULE DO ORGANIZMA, Priručnik iz biologije za prvi razred gimnazije, Profil, Zagreb:72-76

BAČIĆ T, ERBEN, R (1999) RAZNOLIKOST ŽIVOGA SVIJETA – udžb. za 2. razred gimnazije, šk. knjiga, Zagreb:9 i 15-26

PAVLETIĆ Z (1997) BIOLOGIJA 2 – Svezak A – Prokarioti, gljive i biljke, Profil, Zagreb:15-25

REGULA I, SLIJEPCHEVIĆ M (1996) ŽIVOTNI PROCESI – Životni procesi u biljkama, Biologija čovjeka – udžb. za 3. raz. gim. Šk. knjiga, Zagreb:15-17, 25, 45-46

DOMAC R (1973) BOTANIKA za gimnazije, Šk. knjiga, Zagreb:15-27

NAPOMENA: Ovaj sažetak može poslužiti isključivo za ponavljanje gradiva i kao podsjetnik! Tu će ulogu u potpunosti ispuniti ako ga samostalno dopunite i potražite odgovore na postavljena pitanja!

SADRŽAJ:

7.1 Carstvo MONERA.....	37
7.2 ZNAČAJKE PROKARIOTA	38
7.3 MIKOPLAZME (=mikoplazmodiji).....	38
7.4 BAKTERIJE	38
7.4.1 ZNAČAJKE BAKTERIJA	38
7.4.2 PODJELA BAKTERIJA.....	39
7.4.3 GRAĐA BAKTERIJE	39
7.4.4 RAZMNOŽAVANJE BAKTERIJA.....	40
7.4.5 PREHRANA BAKTERIJA	41
7.4.6 PODRIJETLO I FILOGENIJA BAKTERIJA.....	45
7.4.7 VAŽNOST BAKTERIJA	45
7.4.8 UZGOJ BAKTERIJA	45
7.4.9 MIKROBIOLOGIJA	46
7.4.10 RIKETSIJE	46
7.4.11 KLAMIDIJE	46
7.4.12 BILJNI TUMORI.....	46
7.5 MODROZELENE ALGE (=cijanobakterije, cijanofita, <i>Cyanobacteria</i>)	47
7.5.1 ZNAČAJKE MODROZELENIH ALGI.....	47
7.5.2 GRAĐA	47
7.5.3 RAZMNOŽAVANJE:	48
7.5.4 STANIŠTE I NAČIN ŽIVOTA.....	48
7.5.5 VRSTE.....	49
7.6 JOŠ NEKI POJMOVI VEZANI UZ BAKTERIJE i MODROZELENE ALGE:.....	49

7.1 Carstvo MONERA

- u ovo carstvo se ubrajaju **jednostanični prokariotski organizmi** = organizmi građeni iz prokariotskih stanice = **PROKARIOTI: MIKOPLAZME, BAKTERIJE i CIJANOBAKTERIJE (=MODROZELENE ALGE)**
- PROKARIOTSKE STANICE (= protociti) – evolucijski starije stanice, manje su i jednostavnije od eukariotskih

7.2 ZNAČAJKE PROKARIOTA

- a) nemaju jezgru (prokariotske = prijejezgrene stanice),
- b) nemaju organele,
- c) unutrašnjost prokariotske stanice nije raščlanjena membranama
- d) imaju ribosome
- e) imaju **kružnu DNA** u citoplazmi = **NUKLEOID** (=područje genetske tvari koje nije obavijeno membranom)
- f) $\phi = 0,2 - 10 \mu\text{m}$
- g) hrane se heterotrofno (direktnom apsorpcijom hranjivih - organskih tvari) ili autotrofno (fotosintezom ili kemoautotrofno)
- h) razmnožavanje: nespolno; postoje načini miješanja gena (=paraspolno razmnožavanje)

7.3 MIKOPLAZME (=mikoplazmodiji)

- NAJMANJI i NAJJEDNOSTAVNIJI PROKARIOTI
- $\phi = 0,1 - 0,3 \mu\text{m}$ (na granici moći razdvajanja SM)
- najjednostavnije stanice → smatra se da su preteče današnjih stanica bile slične mikoplazmama
- njihove stanice sadrže i DNA i RNA
- obavijene su staničnom (=plazmatskom) membranom, ali nikada ne sadrže staničnu stijenku (osobina životinja)
- često su u nitastim tvorevinama (poput gljivinih micelija)
- neke mikoplazme uzrokuju bolesti čovjeka i životinja (poseban oblik upale pluća kod čovjeka)
- otporne su na antibakterijske tvari

7.4 BAKTERIJE

7.4.1 ZNAČAJKE BAKTERIJA

- a) jednostanični prokariotski organizmi koje nalazimo svuda oko nas - **kozmopoliti** – tlo, voda, zrak, živi organizmi,...
- b) imaju velik utjecaj na Zemlju i život na Zemlji
- c) neke bakterije (manji broj) uzrokuju različite bolesti (=patogene bakterije; grč. *pathos* = koji pati)
- d) većina je korisna i prijeko potrebna za život (saprofiti)
- e) jednostavna građa, ali su biokemijski vrlo složeni organizmi
- f) žive i na mjestima gdje drugi oblici života nisu mogući: vrući izvori, morske dubine, slane močvare...
- g) žive pojedinačno ili u nakupinama (=kolonijama – udruženi jednostanični organizmi među kojima nema podjele rada); kolonije mogu biti nitaste, pločaste, kuglaste... – često karakteristične za određenu vrstu
- h) $\phi = 1 - 10 \mu\text{m}$
- i) imaju i DNA i RNA
- j) mogu stvarati ATP i upotrijebiti ga za sinteze unutar svoje stanice
- k) vide se SM

- l) nepovoljne uvjete (npr. visoke ili niske temperature) bakterije mogu preživjeti u obliku **SPORA** (endospore) – obavijene su otpornom zaštitnom stijenkom [zato se kirurški pribor treba sterilizirati pri visokoj temperaturi i tlaku, a spore se uništavaju i ukuhavanjem voća i povrća] - u njima se **ne odvijaju** metabolički procesi = stanje mirovanja, u povoljnim uvjetima – ponovo žive; neke su spore vrlo otporne na visoke i niske temperature, ali mali broj patogenih bakterija stvara tako otporne spore (npr. gram-pozitivne štapičaste bakterije iz roda *Bacillus* i *Clostridium*)
- m) zato što su male, što se brzo razmnožavaju, brzo se prilagođuju uvjetima u okolišu, šire se i zrakom...
- n) prve će se (zajedno s modrozelenim algama) naseliti u svakom beživotnom prostoru, npr. na ohlađenoj površini vulkanske lave i pepela

7.4.2 PODJELA BAKTERIJA

I. prema obliku:

- kuglaste (cocci); [diplokokci (2 × kuglaste bakt.), streptokoki (lanci), stafilokoki (grozdaste nakupine)]; štapičaste (bacilli); zavojite (spirilli); u obliku zareza (vibrioni)

II. prema metodi bojenja po Gramu (danskom liječniku koji je uveo ovu grubu metodu) – za heterotrofne bakterije

1. **GRAM-POZITIVNE** - npr. *Bacillus subtilis* – imaju jednostavnu stijenku s puno peptidoglikana mureina
2. **GRAM-NEGATIVNE** – npr. *Escherichia coli* (= *E. coli*) – imaju manje peptidoglikana mureina i složeniju strukturu stanične stijenke, a sadrže i vanjski lipopolisaharidni omotač (kapsulu); otpornije su na djelovanje antibiotika

III. prema tome trebaju li kisik ili ne:

1. AEROBNE BAKTERIJE [+ O₂] (grč. *aer* = zrak)
2. ANAEROBNE BAKTERIJE [- O₂] – fakultativni i obligatni anaerobi

7.4.3 GRAĐA BAKTERIJE

- a) **kapsula ili omotač**: sluzav zaštitni omotač koji obavija izvana neke bakterije; oligosaharidni ili polipeptidni; omogućuje pasivno pokretanje
- b) **stanična stijenka**: oblik i zaštita stanice; kem. sastav: **MUREIN** (peptidoglikan = aminokiseline + aminošećeri) – kemijski spoj nađen samo kod bakterija
- c) **stanična (plazmatska) membrana (=plazmalema)**: omeđuje citoplazmu; lipoproteinske građe, semipermeabilna
- d) **mezosomi**: uvrnuća stanične membrane – uloga u staničnom disanju
- e) **citoplazma**: nema staničnih organela; u unutrašnjosti – endoplazma i uz staničnu membranu – ektoplazma (važna kod infekcija)
- f) **nukleiod** – prstenasta DNA ili bakterijski kromosom (različit od kromosoma eukariotske stanice); haploidan i ima jednu garnituru gena → nema mitoze i mejoze; podložna mutacijama*; dužina bakterijske DNA: oko 1000 × je duža od same bakterije (=1 mm)

- g) **plazmidi** (1, 2,...) - dodatne, male, prstenaste molekule DNA u citoplazmi, nose nekoliko gena bez kojih bakterija može živjeti, ali u nekim uvjetima plazmidi su korisni bakterijama; npr. neki plazmidi su odgovorni za otpornost (rezistentnost) bakterija prema nekim antibioticima, neke bakterije zbog plazmida mogu koristiti druge izvore hrane; plazmidi se mogu KONJUGACIJOM prenositi u druge bakterije
- h) **rezervne tvari** – ugljikohidrati, masti...
- i) **RNA i ribosomi** – odgovorni za sintezu proteina
- j) **bič** (1, 2,...) – omogućuje aktivno pokretanje, hranjenje; broj i raspored bičeva je različit kod različitih vrsta bakterija (podjela bakterija: *monotrihne* – 1 bič; *amfitrihne* – 2 biča na suprotnim krajevima; *peritrihne* – više bičeva po cijeloj površini tijela); razlikuju se od bičeva eukariota [osim bičeva postoje i: *fimbrije* = trepetljike koje pomažu pričvršćivanje za podlogu; *pilusi* = “spolne” niti kojima se bakterije pridržavaju pri miješanju gena)
 - *mutacijama nastaju novi **SOJEVI** bakterija, npr. otporni na djelovanje antibiotika;
 - brza dioba, spontane mutacije (=neočekivane promjene nasljedne tvari) i preslaganje gena → omogućuje brzu prilagodbu promjenama u okolišu

7.4.4 RAZMNOŽAVANJE BAKTERIJA

A) **nespolno ili vegetativno razmnožavanje: dvostruka dioba** (= binarno cijepanje)

- potomci genetički potpuno jednaki matičnoj stanici
- stanica koja se priprema za diobu prvo udvostruči svoju DNA (uzdužno)
- svaka DNA pričvršćena je za staničnu membranu (olakšava točnu razdiobu), zatim se podijeli citoplazma i nastanu dvije stanice – kćeri
- diobom se broj bakterija povećava geometrijskom progresijom (1 → 2 → 4 → 8 → 16 ...)
- u povoljnim se uvjetima bakterija dijeli svakih 20 – 30 minuta (za 6 sati iz jedne bakterije → 500.000 novih bakterija; za 24 sata – masa bakterija 2×10^6 kg) – objašnjenje naglog razvoja bakterijske infekcije
- nema spolnog razmnožavanja → nema gameta niti njihovog spajanja u zigotu (nema oplodnje)
- biološko značenje spolnog razmnožavanja = **miješanje gena** dviju jedinki neke vrste

B) **paraspolno razmnožavanje** - postoji više mogućnosti miješanja gena (stoga neki te oblike razmnožavanja nazivaju “*oblikom spolnog razmnožavanja*” – nikad ne stvaraju gamete): **konjugacija bakterija, transformacija, transdukcija (+ pupanje, fragmentacija, grananje)**

B-1) **KONJUGACIJA BAKTERIJA** (=hibridizacija)

- najbolje proučeno kod *E. coli*: stanica davateljica gena (F^+) priljubi se tankim nitastim nastavcima (=pilus, =citoplazmatski mostić) uz stanicu primateljicu gena (F^-)
- citoplazmatski mostić između bakterija omogućuje prijelaz nasljedne tvari iz F^+ u F^- (jednostrano primanje genetičkog materijala)
- sposobnost stvaranja citoplazmatskog mostića i prijenosa DNA (gena) određuju geni plazmida (=F-čimbenik; engl. *fertility factor* = čimbenik plodnosti)

- konjugacijom se plazmid bakterija otpornih na antibiotike može raširiti unutar populacije bakterija – otežava liječenje

B-2) TRANSFORMACIJA = pretvorba

- komadić DNA ulazi iz okoliša u stanicu i ugrađuje se u bakterijski kromosom – s novim genima bakterija poprima nova svojstva

B-3) TRANSDUKCIJA = prenošenje

- prenošenje gena iz bakterije u bakteriju pomoću virusa
- **B-1 do B-3:** nova se svojstva, stečena izmjenom gena, javljaju samo u potomaka primaoca – stoga je ipak postignuta suština spolnog razmnožavanja – dobiveni su potomci s novom kombinacijom gena

7.4.5 PREHRANA BAKTERIJA

- svi načini prehrane (= načini na koji organizam dolazi do energije i ugljika za sintezu organskih spojeva) poznati kod eukariota prisutni su i kod bakterija, npr. *E. coli* može iz šećera i anorganskih soli izgraditi sve stanične sastojke – bjelančevine, ugljikohidrate, lipide, vitamine...
- temeljni načini: heterotrofni način (saprofiti i paraziti) i autotrofni način (fotosintetske i kemosintetske bakterije)

A) HETEROTROFNA PREHRANA

A-1) SAPROFITI (=RAZLAGAČI, REDUCENTI)

- troše gotovu organsku hranu (upijaju hranu iz mrtvih organizama i uzimaju gotove organske tvari) i razgrađuju ih, a u okoliš vraćaju kemijske elemente koji su potrebni živim bićima = **kemoheterotrofni organizmi, uzročnici truljenja i vrenja**
- većina bakterija pripada u ovu skupinu (npr. dušikove bakterije)
- većinom su bezbojne te se za identifikaciju treba obojiti (Gram)
- npr. *Bacillus putrificus* – uzrokuje **truljenje** (razgradnja bjelančevina uz prisustvo zraka) leševa, tj. dekarboksilira (- COOH) i deaminira (- NH₂) aminokiseline, pri tome nastaju toksični spojevi: indol, kavaderin, CO₂, NH₃, H₂S – neugodan miris većine spojeva
- saprofitske bakterije uzrokuju i **vrenje** = način dobivanja energije; organski spojevi bogati energijom cijepaju se na male organske molekule koje sadrže manje energije (npr. mliječna, maslačna, octena kiselina, alkohol...)
- bakterije aktivno sudjeluju u procesima dobivanja octa, kiselog mlijeka, sira, kiselog kupusa,...
- octeno vrenje: *Acetobacter aceti* – etanol → vinski ocat (octenu kiselinu):



- **aeroban proces** [+ O₂];
- octena kiselina je za većinu bakterija, čak i za one koje su je proizvele, otrov, i one ugibaju u njoj – konzerviranje povrća
- tvore velike sluzaste nakupine

- mliječno - kiselinsko vrenje: laktoza → mliječna kiselina:



- pod utjecajem enzima bakterija mliječno-kiselinskog vrenja: *Lactobacillus bulgaricus* – jogurt; *Streptococcus lactis* – kiselo mlijeko; *Lactobacillus caucasicus* – kefir; acidofil, ostali mliječni proizvodi, kiseljenje kupusa...
- anaerobno vrenje [- O₂]
- ako je **udio mliječne kiseline > 30 %** - u tim mliječnim proizvodima ugibaju bakterije koje ne uzrokuju ovo vrenje
- maslačno vrenje: glukoza → maslačna kiselina:



- pod utjecajem enzima bakterija maslačnog vrenja – *Clostridium butyricum*
- anaerobno vrenje [- O₂]
- maslačna kiselina uzrokuje kvarenje maslaca (užeglost), a tu pripadaju i vrenja kojima se proizvode sirevi (rupe su od CO₂)

DODATAK:

- neke vrste trebaju za život točno određena hranilišta; postoje bakterije koje razgrađuju naftu; pomoću bakterija dobivaju se i neki vitamini i hormoni;
- skoro sve organske molekule (osim plastike) mogu poslužiti bakterijama kao hrana – to su tzv. BIORAZGRADIVE TVARI
- **ULOGA SAPROFITA:** sudjeluju u kruženju tvari i protoku energije u prirodi (zajedno s proizvođačima (=producentima – zelenim biljkama) i potrošačima (=konzumentima – životinjama))

A-2) PARAZITI

- hrane se organskim tvarima iz živih organizama (biljaka, životinja, čovjeka) - žive na štetu domadara
- mogu se uzgajati i na hranjivim podlogama – važno za proučavanje!
- uzrokuju bolesti (=patogene bakterije): kod čovjeka - KUGA, KOLERA, TIFUS, TUBERKULOZA (TBC), TETANUS, DIFTERIJA, GUBA, UPALA PLUĆA, SIFILIS, GONOREJA, GANGRENA, ŠARLAH; bolest nastaje zbog oštećenja tkiva kojim se bakterija hrani ili zbog trovanja toksinima koje bakterija luči (organizam se brani stvaranjem protuotrova)
- u ovu skupinu pripada manji broj bakterija; osjetljive su na svjetlost i zrak
- biljne patogene bakterije: bacili (~ 200 vrsta), ne stvaraju spore, ulaze kroz puči, hidatode, rane
- životinjske patogene bakterije: npr. *Bacillus anthracis* – izaziva bedrenicu (=antraks, crni prišt) kod preživača – napada vegetativni živčani sustav, a može se prenijeti na čovjeka
- do infekcije patogenim bakterijama kod životinja i ljudi dolazi: zrakom (kapljične infekcije - kašljanje, kihanje, udisanje...), hranom i pićem, preko kože, spolnim dodirima, preko kukaca i dr. životinja...

- **kapljične infekcije:** psitakoza; *Diplococcus pneumoniae* – uzročnik upale pluća; *Corynebacterium diphtheriae* – bacil, uzročnik difterije (upala ždrijela, osjetljiva su djeca); *Mycobacterium tuberculosis* – bacil, uzročnik tuberkuloze pluća; *Legionella pneumophila* – uzročnik legionarske bolesti (teška upala pluća), otkrivena 1970. godine kod američkih legionara
- **hranom se unosi** npr. *Salmonella* (piletina, jaja) i *Clostridium botulinum* (=živi u loše konzerviranoj, steriliziranoj i upakiranoj hrani – mesu; njeni otrovi uzrokuju smrtonosnu bolest - botulizam); *Vibrio cholerae* – uzročnik crijevne bolesti kolere (zaražena voda)
- **spolnim dodirrom:** npr. *Neisseria gonorrhoeae* – uzročnik kapavca ili gonoreje - kuglaste patogene bakterije (streptokoki, stafilokoki); *Treponema pallidum* – spiralna bakterija, uzročnik spolne bolesti sifilisa
- **infekcija preko životinja** (glodavaca, kukaca...) *Pasturella tularens* – uzročnik tularemije, prenosi se glodavcima, a rijeđe muhama i krpeljima; *M. leprae* – bacil – uzročnik gube (=lepre), prenosi se štakorima; uzročnik kuge – bacil, prenosi se štakorima, naglo se širi međusobnim kontaktom - u srednjem vijeku osnivane su karantene (franc. quarante = 40)
- **infekcija preko rana:** *Clostridium tetani* – bacil, živi u tlu, izaziva tetanus ili zli grč

LIJEČENJE

- **ANTIBIOTICI** se koriste u liječenju bakterijskih zaraza
- antibiotik **penicilin** ometa izgradnju sastojaka stanične stijenke nekih bakterijskih stanica - dolazi do rasprsnuća stanice ili se zaustavi dioba stanice te nastupa smrt stanice
- drugi antibiotici: razgrađuju ribosome, koče sintezu nukleinskih kiselina...
- **CIJEPLJENJE** (vakcinacija) – sprječavanje (redovito se cijepimo protiv difterije, tetanusa, rubeole...)

SIMBIONTI

- žive u **SIMBIOZI** s domadarom – oboje imaju korist od ove zajednice
- npr. *E. coli* (bacil) – živi u ljudskim crijevima, proizvodi vitamine K i B-12 (u drugim dijelovima tijela je ova vrsta vrlo patogena, npr. u mokraćnom sustavu)
- nazočnost *E. coli* u vodi upućuje na **FEKALNO ONEČIŠĆENJE** vode
- mnogi biljojedi (krave, koze, kunići...) imaju bakterije u svom probavilu koje pomažu razgradnju celuloze
- postoji i simbioza sa svjetlećim bakterijama – one sadrže tvar **LUCIFERIN** – ta tvar pri oksidaciji zrači svjetlosnu energiju što omogućuje nekim ribama, lignjama... svjetlucanje u tami morskih dubina (svjetlucaju i hife nekih gljiva, krijesnice... - ta se pojava zove **BIOLUMINISCENCIJA**)

B) AUTOTROFNA PREHRANA

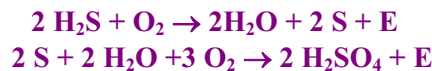
- same sintetiziraju organske spojeve iz anorganskih tvari (NH_3 , CO_2 , H_2O , H_2S , H_2 ...) pomoću svjetlosne ili kemijske energije
- manji broj bakterija

B-1) FOTOSINTETSKE BAKTERIJE

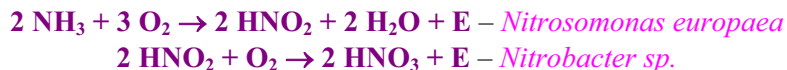
- sadrže u citoplazmi **bakterioklorofil** vezan uz uvratae njihove stanične membrane (nema kloroplasta) – vidi se pod ELM; neke bakterije sadrže i crveni karotenoid
- bakterioklorofil apsorbira svjetlosnu energiju pomoću koje se stvaraju organski spojevi
- način fotosinteze se razlikuje od fotosinteze biljaka i modrozelenih algi – fotosinteza se događa u anaerobnim uvjetima
- prilikom fotosinteze se **ne razvija kisik**
- fotosintezu mogu obavljati npr. zelene i purpurne bakterije, **nemaju klorofil a, ne koriste vodu** kao izvor elektrona i vodikovih iona za redukciju NADP, već npr. sumporovodik H₂S ili organsku tvar, a oksidacija tih tvari se ne događa na svjetlu i ne ovisi o svjetlu; imaju samo fotosistem I

B-2) KEMOSINTETSKE BAKTERIJE

- stvaraju organske tvari uz pomoć energije oslobođene tijekom kemijske reakcije → oksidiraju anorganske (i organske) tvari
- *bijele sumporne bakterije* (fam. Thiobacteriaceae) – žive uz termalna vrela, oksidiraju sumporovodik u sumpornu kiselinu i sulfate uz oslobađanje energije; važne su za prirodno čišćenje industrijskih otpadnih voda:



- *nitificirajuće (=nitifikacijske, dušične) bakterije* – žive slobodno u tlu i vodi, oksidiraju amonijak do nitrata i nitrata u procesu NITRIFIKACIJE:



- vodik dušične (nitratne) kiseline se zatim zamijeni nekim metalom (K, Na, Ca...) → soli: nitrati (koje biljka može jedino iskoristiti kao izvor dušika)
- oslobođenu energiju bakterije koriste za sinteze organskih tvari iz CO₂ i H₂O
- *denitificirajuće bakterije* – razgrađuju nitrata do amonijaka (AMONIFIKACIJA) i elementarnog dušika (DENITRIFIKACIJA); često su anaerobne i žive u muljevitoj i vodoni natopljenom tlu
- *dušikove bakterije (=nitrofikacijske – SAPROFITI!!!)* – mogu vezati (fiksirati) atmosferski dušik (φ (N₂) = 78 %) i tako ga vraćati u tlo; žive u tlu i vodi (asimbiozno) (npr. *Azotobacter*) ili u simbiozi s lepinjama – djetelinom, bobom, grahoricom, lucernom... (bakterije roda *Rhizobium*) – u korijenu tvore nodule (zadebljanja, kvržice) – biljke dobivaju dušične spojeve koje mogu iskoristiti, a bakterije dobivaju gotove organske tvari kao hranu – ako se polje s lepinjama preore dušikovi spojevi ostaju u tlu = “zelena gnojidba”
- samo neke bakterije i modrozeleni alge mogu dušik iz zraka direktno ugraditi u svoju stanicu (=NITROFIKACIJA)

ZADATAK: Prouči u udžbeniku (3) ili (4) kružni tok dušika u prirodi.

- željezne bakterije (*Sphaerotilus natans*) – žive u onečišćenim vodama, pretvaraju fero-soli (Fe^{2+}) u feri-soli (Fe^{3+}), te su bakterije BIOLOŠKI INDIKATOR polisaprobnih voda – voda s najvećim stupnjem onečišćenja
- metanove bakterije - *Methanobacterium formicum* (1), *M. ruminantium*(2) – žive na dnu močvara i oceana (1.) ili u probavilu preživača, čak i čovjeka (2.) stvaraju metan (u crijevima razgradnjom celuloze)
- smatra se da je njihovim djelovanjem nastao u prošlosti zemni plin
- anaerobne [- O_2]

7.4.6 PODRIJETLO I FILOGENIJA BAKTERIJA

- stara i izolirana skupina iz koje dalje razvoj nije tekao prema organizmima veće organizacije (neki fosili iz prekambrija – stari 2,5 milijarde godina)
- danas se smatra da je evolucija tekla u dva smjera: 1. razvoj Eubacteria (pravih bakterija); 2. razvoj Archeobacteria (arhaične bakterije, halofiti, termofili, metanogene bakterije)

7.4.7 VAŽNOST BAKTERIJA

- razgradnja organske tvari
- sudjeluju u kružnom toku tvari i protoku energije
- sinteza nekih vitamina
- pomažu u probavi
- u komercijalnoj proizvodnji: ocat, aceton, butanol, mliječna kiselina, vitamini, proizvodnja kože, prehrambena industrija...
- u poljodjelstvu – silaža, proizvodnja komposta (*Bacillus subtilis* – bacil sijena)
- uništavanje kukaca (umjesto umjetnih insekticida)
- proizvodnja antibiotika (streptomycin, aureomicin, teramicin, neomicin...) – važne su vrste roda *Streptomyces* i *Actinomyces* (žive u tlu i imaju antibakterijsko djelovanje na druge vrste bakterija)
- genetičko inženjerstvo (*E. coli*)

7.4.8 UZGOJ BAKTERIJA

- uzgajaju se kako bi se proučavale u čistim i mješovitim kulturama
- uzgajaju se na krutim (agar* s hranjivim tvarima) i tekućim (bujon) hranjivim podlogama; u petrijevim zdjelicama ili u epruvetama; *agar = tvar koja se dobiva iz crvenih algi iz Japanskog mora
- na hranjive podloge bakterije se nanose posebnom iglom – EZA (platinasta)
- uzgoj treba teći u strogo sterilnim uvjetima
- PASTERIZACIJA – uništavanje bakterija na tem. 60 – 70⁰C; ne uništavaju se spore
- STERILIZACIJA – uništavanje spora na tem. 120⁰C

7.4.9 MIKROBIOLOGIJA

- proučava viruse, bakterije, mikoplazme, riketsije, klamidije, cijanobakterije i ostale mikroskopski sitne organizme, npr. gljivice, i jednostanične životinje
- **BAKTERIOLOGIJA** – posebna grana biologije (biomedicine) - proučava bakterije
- **A. LEEUWENHOEK** (1632 – 1723) – otkrio živa bića pod mikroskopom - mikrobe
- **L. PASTEUR** (1822 – 1895) – suština vrenja, truljenje, gnijiljenja, veza između bolesti i bakterija (putem imunizacije) – «*Bakterije su svuda, bakterije su svemoćne, bakterije će imati posljednju riječ!*»
- **R. KOCH** (1843 – 1910) – osnivač medicinske bakteriologije, uveo bojenje i uzgoj bakterija, otkrio uzročnika TBC-a i kolere
- **FLEMING** – 1. antibiotik
- **soj** = organizmi s novim svojstvima (genetičkim)

7.4.10 RIKETSIIJE

- degradirani oblici bakterija, vrlo malh dimenzija
- razvijaju se samo unutar živih stanica (podsjećaju na viruse)
- štapičaste ili kuglaste
- najpoznatija: *Rickettsia prowazekii* – uzročnik pjegavog tifusa (prenosi se na čovjeka ubodom bijele uši)

7.4.11 KLAMIDIJE

- degradirani oblici bakterija
- obligatni stanični paraziti
- najpoznatije vrste: *Chlamydia trachomatis* – uzročnik trahoma, *C. psittaci* – uzročnik psitakoze (=papagajske bolesti) – na čovjeka se prenosi s ptica

7.4.12 BILJNI TUMORI

- najčešći uzrok stvaranja tumora je bakterija *Agrobacterium tumefaciens* – ona u stanicu domadara, u njezin genom, **unosio dio Ti-plazmida, tj. T-DNA (=tumorsku DNA)**; T-DNA sadrži nekoliko gena (=ONKOGENA) koji uzrokuju rast tumorskih stanica; na Ti-plazmidu nalaze se i virulentni (vir) geni koji pomažu unošenje T-DNA u biljnu stanicu
- tumori izazvani bakterijom *Agrobacterium tumefaciens* zovu se **Crown gall - tumori**
- na mjestu ozljede prvo se stvara kalus rane, a zatim izvan kalusa počinje rasti tumor prema van – nekontrolirana dioba stanica
- T-DNA u stanici domadara izaziva promjene (sintezu bakterijskih proteina), potiče stvaranje metastaza
- kad je tumor izazvan, za njegov razvitak više ne trebaju bakterije, ali se tumor neće razviti ako biljka nije ranjena!

7.5 MODROZELENE ALGE (=cijanobakterije, cijanofita, *Cyanobacteria*)

7.5.1 ZNAČAJKE MODROZELENIH ALGI

- najsloženiji prokarioti
- autotrofni fotosintetski organizmi – **proizvode kisik!!!**
- najsamostaljniji organizmi na Zemlji – za život im je dovoljna: voda (+ minerali), zrak (CO₂, N₂), i Sunčeva svjetlost
- mogu živjeti u vrlo nepovoljnim uvjetima (vrući izvori – 75⁰C – 90⁰C), lužnate vode i tlo (pH = 11), kiseli okoliš (pH = 0,5-1), u koncentriranim otopinama soli (25 –50 % NaCl) – zato ih zovu “pioniri vegetacije” ili “pioniri života” - prve dolaze (kao i bakterije) na tla na kojima nema života (vulkansko tlo nakon hlađenja, Antarktika, topla vrela...)
- mogu stvarati SPORE (=CISTE) u obliku kojih prežive nepovoljno razdoblje
- smatra se da su među najstarijim organizmima na Zemlji bile modrozelenne alge - među najstarijim okamenjenim stanicama nađenim u stijenama starim **2,7 (2,5) milijardi godina** (prekambrij) jesu organizmi slični današnjim modrozelenim algama – ti su organizmi svojom fotosintetskom aktivnošću izmijenili sastav atmosfere, tj. obogatili su je kisikom, što je omogućilo razvoj životinjskog svijeta – heterotrofnih organizama (smatra se da je trebalo oko 500 milijuna godina za stvaranje ozonskog sloja!)
- pretpostavlja se da su srodne s crvenim algama zbog fikoeritrina, fikocijanina i stoga što nikad nemaju bičeve

7.5.2 GRAĐA

- nikad nemaju bičeve
- obavijeni staničnom stijenkom – autori navode različite podatke o njenom sastavu; jedan autor (4) navodi u sastavu stanične stijenke pektin ili hemicelulozu (rijeđe celulozu); drugi autor (3) navodi sljedeće: stanična stijenka je iz peptidoglikana, a oko nje je ovojnica iz pektina i glikoproteina, a s obzirom da pektin bubri u vodi – oko stanice je sluzav pektinski ovoj = GALERTA
- citoplazmu obavija stanična membrana
- citoplazma ima dva dijela: **KROMATOPLAZMU** i **CENTROPLAZMU**
- središnji dio citoplazme je bezbojan i sadrži DNA (=nukleoid) i RNA, ribosome, zrnca hranjivih tvari, proteina, cijanoficejskog škroba... = **centroplazma**
- periferni (rubni) dio stanice zauzima citoplazma s biljnim bojama (pigmentima) = **kromatoplazma**
- u unutrašnjosti se nalazi sustav membrana – TILAKIODI (vidljivi ELM) – u njih je ugrađen KOLOROFIL A (zeleni pigment, odgovoran za fotosintezu)
- prilikom fotosinteze stvaraju kisik (O₂), a asimilacijom nastaje CIJANOFICEJSKI ŠKROB (=poliglukan) (drugačijeg sastava od škroba kojeg stvaraju zelene biljke, sličniji je glikogenu)
- u graničnom sloju između centroplazme i kromatoplazme mogu se kod nekih vrsta nalaziti PLINSKE VAKUOLE – te modrozelenne alge nakon uginuća plutaju na površini vode (često su pod SM crne boje)

- **ostali pigmenti:**
- **FIKOBILINI** (crveni = **FIKOERITRIN**; plavi = **FIKOCIJAN**) u cijanosomima = zrnca izvan membrane – od tih pigmenata potječe modrozeleno boja
- **KAROTINOIDI** (=karoteni) – narančasti
- **KSANTOFILI** - žuti
- različite boje omogućuju apsorpciju različitih valnih duljina svjetla, pri čemu se mijenja boja samih modrozelenih algi (mogu biti modre, zelene, smeđe, žute, crvene, crne), a boja ovisi i o mjestu gdje žive – **KROMATSKA ADAPTACIJA** (=mijenjenje boje s obzirom na sastav pigmenta i sastav svjetlosti)
- periodično crvenilo Crvenog mora vezano je za modrozeleno alge koje sadrže fikoeritrin

7.5.3 RAZMNOŽAVANJE:

- nespolno (vegetativno)
 - a) mitotičkom diobom (binarno cijepanje) - iz jedne stanice nastaju dvije
 - b) fragmentacija – nitaste kolonije raspadaju se u manje dijelove (fragmente, HORMOGONIJE)
 - c) razmnožavanje endosporama (jednostanični oblici)
 - d) razmnožavanje egzosporama (nitasti oblici)
- spolni način ne postoji, ali je (kao i kod bakterija dokazana izmjena gena)

7.5.4 STANIŠTE I NAČIN ŽIVOTA

- kozmopoliti
- vlažna mjesta, na stijenama (crne pruge) =EPILITI i u pukotinama stijena =ENDOLITI, na kori drveća, na krovovima, na kamenoj obali uz more (u zoni plime i oseke tvore tamnu zonu), u toplim vrelima (termama), na snijegu, u tlu, na tlu, u vodi (uglavno slatkoj, slanoj, čistoj, onečišćenoj), u pustinjama...
- čine sluzave prevlake, često modrozeleno boje
- žive pojedinačno (kuglast, štapičast oblik) ili u nitastim (razgranatim, nerazgranatim) ili kuglastim kolonijama (obavijene su sluzavim omotačem – “tok”) – STANIČNE KOLONIJE (susjedne stanice unutar tih niti mogu biti povezane plazmodezmama, a ponekad postoji i podjela rada – neke stanice isključivo vežu atmosferski dušik – pa stoga neki biolozi ove kolonije smatraju višestaničnim organizmom)
- neke sudjeluju u stvaranju sedrenih naslaga (Plitvička jezera) – iz bikarbonata (HCO_3^-) otopljenih u vodi vežu CO_2 , a nastali CaCO_3 talože u svom galertastom ovoju
- neke žive u solanama (Pag)
- neke vrste mogu vezati atmosferski dušik (N_2) (50 kg dušika po hektaru) – NITROFIKSACIJA – npr. rižina polja ne treba gnojiti jer u vodi ima puno takvih modrozelenih algi; imaju osobito debele stanične stijenke = HETEROCISTE – koji sadrže enzim NITROGENAZU [uz pomoć ATP-a dušik (N_2) se reducira u amonijak (NH_3) koji one upotrebljavaju za sintezu svojih bjelančevina]; **kisik koči djelovanje nitrogenaze**

- neke vrste izazivaju CVJETANJE VODE ili MORA (“vodeni cvijet”), najčešće ljeti u stajaćicama bogatim organskim tvarima (npr. dušikovim spojevima) – to izazove vrlo brzo razmnožavanje modrozelenih algi i naglo nastaju brojne populacije u obliku tamnozelenih sluzastih naslaga na površini vode – naglim truljenjem oslobađaju se otrovi iz tih nakupina koji usmrćuju ribe i druge vodene organizme
- neke vrste žive u simbiozi s višim biljkama (=endofiti) ili gljivama (=LIŠAJEVI)

7.5.5 VRSTE

- poznato je oko 2000 vrsta modrozelenih algi
- *Chroococcus*, *Gloeocapsa* – kuglasti oblici, česti na vlažnim zidovima ili kori drveća
- *Oscillatoria* – nitaste kolonije čiji vršni dijelovi tvore kružne kretnje, na vlažnim zidovima ili kori drveća
- *Anabaena azollae* = anabena (endofit) – u simbiozi s paprati *Azolla sp.*, živi u njenim listovima u kojima su vidljive heterociste – nitrofikacija; ima ih u Kopačkom ritu, a uzgaja se i u Botaničkom vrtu u Zagrebu
- *Nostoc sp.* = nostok – također ima heterociste, živi na vlažnom kamenju ili u steljci mahovina (endofit)
- *Gunnera sp.* = gunera – endofit u korijenu cikasa *Cycas sp.*

7.6 JOŠ NEKI POJMOVI VEZANI UZ BAKTERIJE I MODROZELENE ALGE:

- MINERALIZACIJA – proces potpune razgradnje organske tvari do anorganskih spojeva, CO₂, H₂O
- FERMENTACIJA – proces nepotpune razgradnje organske tvari do manjih, jednostavnijih organskih molekula (alkohola, kiselina)
- samo je 3% bakterija patogeno

8. RAZVITAK ŽIVOTINJSKOG ORGANIZMA

Sažetak je napisan na temelju udžbenika:

1. KRSNIK-RASOL, M. (1995) OD MOLEKULE DO ORGANIZMA, Šk. knjiga, Zagreb
2. ŠVERKO, V. (1998) RAZNOLIKOST ŽIVOGA SVIJETA – OD MOLEKULE DO ORGANIZMA

NAPOMENA: Ovaj sažetak može poslužiti isključivo za ponavljanje gradiva i kao podsjetnik! Tu će ulogu u potpunosti ispuniti ako ga samostalno dopunite i potražite odgovore na postavljena pitanja!

ŽIVOT: započinje u trenutku oplodnje (=stapanje muške spolne stanice – SPERMIJA i ženske spolne stanice – JAJNE STANICE)

OPLODNJOM (može biti vanjska ili unutrašnja) nastaje **ZIGOTA** → mitoze → višestanični organizam (=rezultat je skladnog djelovanja velikog broja stanica)

- spermiji nastaju tijekom SPERMATOGENEZE (mejoza!!!) u sjemenicima
- jajna stanica nastaje OOGENEZOM (mejoza!!!) u jajnicima
- prilikom razvitka organizma dolazi do:

a) DIFERENCIJACIJE (razlikovanja stanica)

b) SPECIJALIZACIJE (usavršavanja stanica u pojedinim ulogama)

TIJEK:

spermij + jajna stanica → ZIGOTA → **brazdanje*** → MORULA → brazdanje → BLASTULA (kod sisavaca: BLASTOCISTA) → gastrulacija → GASTRULA (građa: 3 sloja stanica ili 3 zametna listića: ektoderm, mezoderm i gastroderm) → histogeneza, organogeneza (diferenciranje tkiva i organa)

- ***BRAZDANJE:** 1. etapa embrionalnog razvitka, to je zapravo niz MITOZA!!!
- tijekom brazdanja zametak NE RASTE (Φ zigote = Φ blastule); početna masa jajne stanice raspodijeli se na mnogo manjih stanica
- **GASTRULACIJA:** 2. etapa embrionalnog razvitka mnogih višestaničnih životinja, to je zapravo uvrtanje (invaginacija) embrionalnih stanica u unutrašnjost zametka i tako nastaju zametni listići, odnosno, GASTRULA

- **IZ EKTODERMA:** živčano tkivo i osjetila, koža i kožne žlijezde, dijelovi usta, sinusi i zubi
 - **IZ MEZODERMA:** svitak, kralježnica, kosti i hrskavica, mišići, bubrezi, srce i krvne žile, spolne žlijezde, potrbušnica, poplućnica, srčana opna, limfa
 - **IZ ENDODERMA:** probavilo i probavne žlijezde (jetra i gušterača), pluća, škrge, mokraćni mjehur
- **BLASTULA** → rani oblik zametka mnogih višestaničnih životinja (ježinci, žabe...); završni je stadij brazdanja zigote
 - **građa blastule:** šuplja kugla (lopta) → **površinski (1) sloj stanica** (BLASTOMERE) tvore BLASTODERM; u unutrašnjosti je šupljina ispunjena tekućinom (BLASTOCEL)
 - blastula ima dva pola: ANIMALNI (veći broj manjih stanica) i VEGETATIVNI (manji broj većih stanica)
 - razlike u položaju blastocela kod pojedinih životinja, npr. ježinci imaju blastocel u centru blastule, a žabe na animalnom polu
 - BLASTOPORUS → otvor (uvrnuće) na površini GASTRULE vodozemaca; vodi u šupljinu arhenterona (=pracijeva) – kasnije je to analni otvor; **kod vodozemaca** nastaje na početku gastrulacije tako da se stanice animalnog polja utiskuju između ekvatora i vegetativnog polja blastule; **kod ježinaca** blastoporus nastaje na početku gastrulacije utiskivanjem stanica vegetativnog pola
 - ARHENTERON = prostor koji nastaje uvrtnjem (=invaginacijom) endoderma u šupljinu gastrule, to je preteča crijeva
 - **BLASTOCISTA** → oblik, stadij zametnog razvitka, nastaje brazdanjem zigote isključivo kod sisavaca (znači i čovjeka!)
 - **građa blastociste: 2 sloja stanica:** 1. TROFOBLAST (vanjski sloj stanica koji s decidua stanica maternice kasnije tvori posteljicu ili placentu); 2. EMBRIOBLAST (unutrašnji sloj stanica → gastrulacija → zametni listići → embrio)

9. NAČINI RAZMNOŽAVANJA

Sažetak je napisan na temelju udžbenika:

1. KRSNIK-RASOL, M. (1995) OD MOLEKULE DO ORGANIZMA, Šk. knjiga, Zagreb
2. ŠVERKO, V. (1998) RAZNOLIKOST ŽIVOGA SVIJETA – OD MOLEKULE DO ORGANIZMA

NAPOMENA: Ovaj sažetak može poslužiti isključivo za ponavljanje gradiva i kao podsjetnik! Tu će ulogu u potpunosti ispuniti ako ga samostalno dopunite i potražite odgovore na postavljena pitanja!

9.1 SPOLNO:

OPLODNJA (vanjska, unutarnja; spajanje gameta; muške spolne stanice = spermija i ženske spolne stanice = jajne stanice) → ZIGOTA (opložena jajna stanica) → mitozom se razvija:

→ KLICA (biljke)

→ ZAMETAK (embrij; životinje)

- sudjeluju spolne stanice (gamete) koje su nastale mejozom
- miješa se genetički materijal
- gamete nastaju redukcijском diobom
- potomci se genetički razlikuju od matične stanice

- životinje: GAMETOGENEZA: a) SPERMATOGENEZA – stvaranje spermija
 b) OOGENEZA – stvaranje jajne stanice

- **biljke:** SPOROGENEZA – mejozom nastaju spore (n) – iz spora klije haploidan gametofit (spolna generacija) koji stvara gamete (n); nakon oplodnje nastaje zigota (2n) – iz nje se razvija diploidan sporofit (nespolna generacija) koji u sporangijima (2n) mejozom stvara spore (n)

- PARTENOGENEZA: grč. *Parthenos* = djeвица; *genesis* = postanак; način razmnožavanja (kukci, neki virnjaci) kod kojeg se jaje razvija bez oplodnje

- npr. pčele: radilice (neplodne ženke, razvijaju se iz oplođenih jaja - usni organi za lizanje i sisanje nektara iz cvijeta, čeljust za usitnjavanje peludi), trutovi (mužjak, razvija se iz neoplođenih jaja = partenogeneza; živi od proljeća do jeseni, ugibaju nakon parenja s maticom), matica (jedina spolno zrela ženka, razvija se iz oplođenog jaja - nakon oplodnje snese 1500 – 2000 jaja/dan, živi 4 – 5 godina)

9.2 NESPOLNO:

- ne sudjeluju spolne stanice
 - nema miješanja genetičkog materijala
 - nema redukcije broja kromosoma
 - potomci su genetički jednaki majčinskoj stanici (jedinki) → KLON (=nove, identične jedinke s istom genetskom osnovom kao i matična stanica, odnosno, organizam)
 - osnova za razmnožavanje – teoretski: svaki dio roditeljskog organizma ako ima potpunu skupinu gena
- a) DVOJNA DIOBA – matična jedinka nestaje kao jedinka nakon diobe; jednostanični organizmi - alge; bakterije; praživotinje
- b) MNOGOSTRUKA DIOBA (fragmentacija) – prvo se dijeli jezgra nekoliko puta (nastane višejezgre struktura), a zatim se podijeli citoplazma na isto toliko dijelova; bičaši, amebe
- c) PUPANJE – pup se pojavi na roditeljskom organizmu, iz pupa se razvije cijela nova jedinka koja može ostati na roditelju (nastaju kolonije ili zadruge) ili se odvoji od njega; kvaščeve gljivice, spužve, žarnjaci
- d) VEGETATIVNO RAZMNOŽAVANJE – pojedine stanice, skupine stanica ili dijelovi organa/organizma (povaljenice, reznice) izrastu u novi organizam; poljoprivreda, šumarstvo

10. BESKRALJEŽNJACI

Sažetak je napisan na temelju udžbenika:

BAČIĆ T, ERBEN R (1999) RAZNOLIKOST ŽIVOGA SVIJETA – udžbenik biologije za 2. razred gimnazije. Šk. knjiga, Zagreb:

DOLENEC Z, BARTOLIĆ G, MARKOVIĆ N (2001) BIOLOGIJA – ŽIVOTINJSKI SVIJET. Profil, Zagreb

HABDIJA I (1996) RAZNOLIKOST ŽIVOGA SVIJETA – ŽIVOTINJSKI SVIJET - udžbenik iz biologije za drugi razred gimnazije. Profil, Zagreb

LUI A (1994) ZOOLOGIJA. Šk. knjiga, Zagreb

NAPOMENA: Ovaj sažetak može poslužiti isključivo za ponavljanje gradiva i kao podsjetnik! Tu će ulogu u potpunosti ispuniti ako ga samostalno dopunite i potražite odgovore na postavljena pitanja!

SADRŽAJ:

1. SPUŽVE
2. BESKOLUTIČAVCI
 - 2.1 PLOŠNJACI
 - 2.2 ŽARNJACI
 - 2.3 OBLENJACI
 - 2.4 MEKUŠCI
3. MNOGOKOLUTIČAVCI
 - 3.1 KOLUTIČAVCI
 - 3.2 ČLANKONOŠCI
 - 3.2.1 KLIJEŠTARI
 - 3.2.2 RAKOVI
 - 3.2.3 UZDUŠNJACI
4. MALOKOLUTIČAVCI

1. SPUŽVE (Spongia)

- ~ 5000 vrsta u biosferi
- žive u moru (malo slatkovodnih vrsta)
- sjedilački (sesilni) organizmi – žive pričvršćeni za dno ili predmete u vodi
- asimetrične
- podrijetlo spužvi: razvile su se iz zadružnih prabičaa; vrlo stara skupina životinja (više od 600 milijuna godina)
- iz njih se nije razvila niti jedna druga životinjska skupina
- najprimitivnije, najjednostavnije mnogostanične životinje – organizacijski na razini stanice
- do 1765. god. nisu svrstavane u životinje
- različitih oblika (gomoljaste, razgranate, cjevaste...)
- mogu biti različitih boja: smeđe, crvene, žute, zelene, plave, purpurne... - boju daje pigment (karotinoidi) u pigmentnim stanicama
- **GRADA TIJELA:** stanice nisu udružene u tkiva – tijelo čini skup specijaliziranih stanica; pojedine skupine obavljaju određene uloge
- tijelo grade 3 sloja:
 1. **ektoderm** – vanjski sloj stanica – pločaste, pokrovne stanice
 2. **mezohil** – sloj različito specijaliziranih stanica ili sloj bez strukture (želatinozni, bjelančevinasti sloj)
 3. **endoderm** – unutarnji sloj – bičaste stanice (hoanociti) – izazivaju strujanje vode
- voda ulazi kroz mnogo sitnih otvora (porocita) na ektodermu u veliku unutrašnju šupljinu (spongocel) obloženu bičastim stanicama
- voda (i neprobavljene čestice hrane) izlazi kroz veliki otvor (oskulum)
- vodom u unutrašnjost spužve ulaze i sitne organske čestice, bakterije, alge... - hrana – sakupljaju ih i probavljaju bičaste stanice – unutarstanična probava

- **NEMA**: organa za disanje (kisik do stanica dolazi difuzijom); optjecajnog sustava; živčanih stanica (stanice su osjetljive su na podražaj)
- **u mezohilu** su uložene posebne stanice (skleroblasti) koje grade kostur spužvi, tj. u svojoj citoplazmi izgrađuju sitne iglice (spikule) - čine unutrašnji, čvrsti kostur; različiti oblici iglica prema kojem možemo odrediti vrstu spužve
- **PODJELA SPUŽVI prema vrsti iglica:**
 - a) iz vapnenca - **VAPNENJAČE**
 - b) iz kremenca - **KREMENJAČE**
 - c) iz spongina (= rožnata organska tvar) - **KREMENOROŽNJAČE** – mekane ne dodir
- **RAZMNOŽAVANJE:** **spolno** – jednospolne (razdvojena spola) i dvospolci (hermafroditi) - stvaraju gamete (jaja
i spermije; nastaju od *ameboidnih stanica* i *hoanocita*); nakon oplodnje razvija se trepetljikava ličinka (parenhimula) – prvo pliva, pričvrsti se za dno i razvije u spužvu

nespolno – PUPANJE – (pup = gemula – sadrže stanice *arheocite* – u jesen grade novu spužvu i *trofocite* – hranjive stanice) – iz gemule izraste mlada spužva (češće kod slatkovodnih spužava)
- **POZNATE VRSTE:** obična spužva (kremenorožnjača; živi na tvrdom morskom dnu u Jadranu; gomila jod – lijek protiv gušavosti), promjenljiva sumporača, spirastrela, aksinela, kamotočna spužva (stvara kiselinu kojom izbuši kamen, beton, školjku...), ljubičasta spužva, morska naranča (meko dno), geodia...
- **vrlo dobra sposobnost regeneracije** – koristi se u umjetnom uzgoju
- u komercijalne svrhe koriste se spužve s iglicama iz spongina

2. BESKOLUTIČAVCI (AMERIA)

- *a* = ne; *meros* = grč. dio, cjelina
 - jednostavno tijelo bez kolutića
 - uglavnom bilateralno simetrične životinje (žarnjaci – radijalna simetrija)
 - pokretne životinje koje nemaju pravih organa za pokretanje ili sjedilačke i polusjedilačke životinje
 - slobodni oblici, nametnici
 - sva staništa
 - neki imaju glavu (cefalizacija)
 - ~ 170 000 vrsta
1. PLOŠNJACI – virnjaci, metilji, trakavice
 2. ŽARNJACI – koralji, režnjaci, obrubnjaci
 3. OBLENJACI - oblići
 4. MEKUŠCI – puževi, školjkaši, glavonošci

2.1 PLOŠNJACI (Platodes)

- ~ 18.500 vrsta: virnjaci (žive slobodno); metilji i trakavice (nametnici)
- bilateralno simetrični beskolutičavci; plosnato tijelo (ime!)
- **NEMA**: kostura, tjelesnih šupljina, dišnog sustava, optjecajnog sustava
- **GRADA TIJELA**: ispod pokrovnog sustava (= jednoslojni epiderm) tijelo ispunjava rahlo osnovno tkivo mezodermalnog podrijetla (PARENHIM) u koji su uloženi unutrašnji organi; parenhim pruža i određenu potporu tijelu

- **PROBAVILO: neprohodno** (vrećasto), jako razgranato; usta s trbušne strane (→ virnjaci); dio hrane se probavlja u crijevu – izvanstanična probava; dio hrane se probavlja u stanicama – unutarstanična probava; imaju ga samo virnjaci i metilji, trakavice ne!
- **DISANJE:** kisik do tjelesnih stanica dolazi difuzijom
- **IZLUČIVANJE: protonefridiji** – razgranat sustav cjevčica koje završavaju tjemenom stanicom; tjemene stanice apsorbiraju otpadne produkte metabolizma iz međustaničnih prostora i izlučuju ih u sustav cjevčica koje se otvaraju s nekoliko otvora
- **ŽIVČANI SUSTAV** – građen od ganglija smještenog u glavi; iz njega se pruža više živčanih vrpca prema stražnjem dijelu tijela (najprimitivniji virnjaci – više ganglija raspršenih po tijelu i povezanih = mrežast živčani sustav) – cijelo tijelo je osjetljivo na dodir

2.1.1 VIRNJACI (Turbellaria)

- žive u moru i kopnenim vodama, neki u vlažnim šumama (uglavnom slobodni, rijetko nametnici na beskralježnjacima)
- vrlo sitne životinje (do ~ 20mm), smeđe – sive boje
- prema Hadžiju – prve prave višestanične životinje s razvijenim organskim sustavima
- preci virnjaka - praživotinje – trepetljikaši
- **POKROV TIJELA:** jednoslojni trepetljikavi epiderm, ispod sloj mišićnih stanica – oba sloja sudjeluju u puzanju
- na prednjem dijelu tijela – osjetila (oči: 1 ili više pari – reagiraju na svjetlosni podražaj; ticala); između epidermalnih stanica umetnute su sluzne stanice – luče sluz po kojoj se virnjaci kreću
- hrana: manje životinje; neki nemaju probavilo (= bescrijevci)
- **RAZMNOŽAVANJE:** spolno (rijetko nesporno); dvospolci su – svaka jedinka ima i jajnike i sjemenike; oplodnja je unakrsna (spermiji jedne jedinice oplode jaja druge jedinice i obratno), postoji kopolatorni organ (-i)
- **vrlo dobra sposobnost regeneracije**
- **POZNATE VRSTE:** puzavice, žive u čistim vodama, npr. alpinska puzavica, šiljoglava puzavica, mnogooka puzavica, mliječna puzavica

2.1.2 METILJI (Trematodes)

- **nametnici** – vanjski (egzoparaziti) ili unutrašnji (endoparaziti); na kralježnjacima; napadaju: škrge, ždrijelo, kožu, pluća, žučni kanalić, jetru, gušteraču, probavilo, vene, mokraćni mjehur...)
- **PRILAGODBE na nametnički način života:**
 - a) na površini tijela – debela bjelančevinasta **kutikula** (zaštita od probavnih sokova u crijevu domadara); prof. Erben spominje **glikokaliks** (sloj polisaharida + glikoproteina) kao zaštitu od probavnih enzima koju stvara kutikula
 - b) prijanjaljke na površini tijela (usna i trbušna)
 - c) anaerobionti
 - d) dvospolci
 - e) veliki broj jajašaca
- hrana: krv i tjelesne tekućine domadara
- **POZNATE VRSTE:** ovčji (veliki) metilj, mali metilj
- **RAZVOJNI CIKLUS OVČJEG METILJA:** nametnik (d ~ 2 – 4 cm) je u žučovodu i jetri ovce - bolest se zove **METILJAVOST** (fasciolozna) (u 70 zemalja boluje ~ 250 milijuna ljudi; jaja metilja nađena i na omotima papirusa i mumijama starim 3000 godina)

- iz debelog crijeva ovce izlaze oplođena jajašca zajedno s izmetom → iz jaja se razvija trepetljikava ličinka (= *miracidij*) (samo ako jaje dospije u vodu) → trepetljikava ličinka treba naći u roku 24 sata međudomadara – puža malog barnjaka → u pužu se pretvori prvo u *sporocistu*, a zatim se razmnožava – prvo nastaju *redije* koje se razvijaju u ličinke s repićem (= *cerkarije*) koje izlaze iz puža → malo plivaju, a zatim se začahure (= *metacerkarije*) na vlati trave → ovca (govedo, koza, čovjek) pojede čahuru i u njenom se crijevu razvije mladi metilj koji se u **žućovodu i jetri razvija u spono zrele jedinku**

2.1.3 **TRAKAVICE (Cestodes)**

- **nametnici** – probavilo kralježnjaka (domaće životinje)
- **PRILAGODBE na nametnički način života:**
 - a) na površini tijela – debela bjelančevinasta kutikula (zaštita od probavnih sokova u crijevu domadara)
 - b) prijanjaljke i kukice na površini tijela
 - c) anaerobionti
 - d) dvospolci
 - e) veliki broj jajašaca
 - f) **nemaju probavilo**
- **GRADA TIJELA:** vrlo dugačko (15 - 25 m); prednji dio = SKOLEKS (glava) s kukicama i prijanjaljkama; iza VRAT, zatim tjelesni članci = PROGLOTIDI (1. članak do vrata je najmlađi, a zadnji članak je najstariji) – broj članaka je različit, od 3 – 4500 (dio tijela s člancima zove se STROBILA)
- **RAZMNOŽAVANJE:** u starijim člancima razvijaju se spolni organi (često parni); nakon oplodnje (samooplodnje ili autogamije) u jednom članku → 500 milijuna oplođenih jaja (godišnje), završni dio sjemenovoda ima kopulatorni organ (= cirus); uz jajnike često postoji ŽUMANJČIŠTE – razvitak zametka
- zreli članak se otkine i izlazi s izmetom iz crijeva domadara ili se jaja pohrane unutar članka u vrećici (plodnica)
- **POZNATE VRSTE:** goveđa trakavica, pasja trakavica (= ehinokok), riblja trakavica, svinjska trakavica
- **RAZVOJNI CIKLUS SVINJSKE TRAKAVICE:**
 - čovjek (domadar) se može zaraziti svinjskom trakavicom ako pojede nedovoljno kuhano ili pečeno meso → u crijevu naraste za oko 3 mjeseca do dužine nekoliko metara (2 – 6 m) → zreli članci izlaze s izmetom van → ako ih pojede svinja – jaja se u crijevu svinje razvijaju u ličinke → ličinke iz crijeva odlaze u krvotok i putem krvi u mišiće i druge organe → začahure se (stvaraju ikricu) → u ikrici nespolnim razmnožavanjem nastane veliki broj nepotpuno razvijenih mladih trakavica
- **RAZVOJNI CIKLUS PASJE TRAKAVICE:** najopasnija za čovjeka (bolest se naziva ehinokokoza ili bijeli tumor); veličine do 5 mm, živi u crijevu psa, vuka, lisice
 - zaraženi pas nosi ličinke u jajnom ovoju po cijelom tijelu → čovjek (govedo, svinja, ovca) se zarazi ako dira zaraženog psa ili ga pas liže po licu ili piju zaraženu vodu → ličinke dospiju u crijevo čovjeka, a iz crijeva krvotokom u jetru, mozak i pluća → u tim se organima razvija ikrica = mjehurasta tvorevina u kojoj se razvijaju mlade trakavice (1 cm³ → 4 milijuna mladih trakavica) → pas se zarazi ako pojede ehinokokom zaraženu jetru goveda ili svinje → pasja trakavica postaje spolno zrela u crijevu psa i stvara veliki broj oplođenih jaja
- **RAZVOJNI CIKLUS GOVEĐE TRAKAVICE:** naraste do ~ 3 m (LUI: do 12 m; DOLENEC: 4 – 10 m); živi u čovječjem probavilu (tankom crijevu) –čovjek je domadar; može doživjeti i 18 godina; svaki članak može imati ~ 100 000 jaja

- proglotidi sa zrelim jajima izlaze iz zaražene osobe fekalijama; ako ih progutaju goveda, ovce ili koze u njihovom se probavilu razvijaju u onkosferu → onkosfera probija crijevo i krvotokom dolazi do mišića gdje se razvija u novu ličinku (cisticercus) → cisticercus se začahuri (= cista, ikrica) u mišiću (mjehurić, d ~ 10 mm) → ako čovjek pojede nedovoljno pečeno/kuhano meso u njemu se iz cisticerkusa razvija odrasla trakavica

- simptomi zaraze: mučnina, povraćanje, proljev, razdražljivost, gubitak na težini...

- **RIBLJA TRAKAVICA:** najveći crijevni nametnik čovjeka (psa, mačaka) - domadari; naraste u crijevu do dužine 10 – 15 m; izaziva tešku slabokrvnost

2.2 ŽARNJACI (Cnidaria)

- oko 11 000 vrsta; u Jadranu ~ 80 vrsta
- stanište: more, kopnene vode (malo vrsta: ~50)
- žive pojedinačno ili u zadrugama
- ovisni o temperaturi vode

GRADA TIJELA

- zrakasto (radijalno) simetrične životinje
- dva morfološka oblika: **POLIP** i **MEDUZA**
- **NEMA:** sustav za optjecanje, sustav za disanje (difuzija kroz epiderm), sustav za izlučivanje (produkti staničnog disanja izlučuju se kroz epiderm)

POLIP:

- cjevast oblik tijela
- živi sjedilačkim (sesilnim) načinom života → pričvršćen je za podlogu **PODNOŽNOM** (bazalnom) **PLOČOM** (= stopalo)
- često grade velike kolonije (zadruga); polipi u zadruzi = hidranti; imaju različite oblike jer obavljaju različite uloge (razmnožavanje → gonozoid; prehrana → gastrozoid; obrana...); često imaju zajedničku probavnu šupljinu
- usta su s gornje strane okružena lovkama (uvlače plijen u usta), vode u ždrijelo i gastrovaskularnu (probavnu) šupljinu (cjelovita ili podijeljena u odjeljke); nema crijevnog otvora (neprobavljeni ostaci izbacuju se kroz usta) – grabežljivci (plankton, ribe, školjkaše)
- tijelo čine 3 sloja stanica:
 1. **EKTODERM ili EPIDERM:** pokrovne stanice (pokrovna i zaštitna uloga); žarne stanice (obrana i omamljivanje plijena; ime skupine!); osjetne stanice (primanje podražaja); mišićne stanice; intersticijalne stanice (iz njih mogu nastati drugi tipovi stanica, npr. spolne)
 2. **MEZOGLEJA** (sloj mezodermalnog podrijetla?) – tanka membrana (hidre) ili debela i želatinozna (meduze)
 3. **ENDODERM ili GASTRODERM** – bičaste stanice, obavijaju probavnu šupljinu, luče enzime kojima razgrade plijen (izvanstanična probava); sadrži i druge tipove stanica (osjetne, živčane, mišićne)
- **ŽARNA STANICA** (ili nematocit): guste su na lovkama (više oblika); u svakoj se nalazi žarnica (žarnik, knida) = plazmatski organel s otrovom i smotanom cjevčicom; kad se podraži žarna stanica (najvjerojatnije modificirana trepetljika = knidocil) → žarnica u njoj eksplodira → cjevčica se izbacivan i iz nje istječe otrov (obnovi se za 48 sati)
- mnogi žarnjaci (kolonijalni) izgrađuju unutrašnje i vanjske vapnene i rožnate (crveni koralji) skelete – podupiru zadrugu
- **ŽIVČANI SUSTAV:** mrežast (ispod epiderme) – **DIFUZNI** živčani sustav → podražaji se prenose u svim smjerovima, vrlo sporo
- dva mišićna sloja (ispod epiderma i ispod gastroderma) – pokreću lovke polipa i tijela meduza (rub zvona sadrži nabor = velum)
- velika moć regeneracije polipa (iz malog dijela tijela hidre obnovit će se cijela životinja)

MEDUZA:

- sliči zvonu ili klobuku
- slobodno plivajući oblik;
- građena kao i polip – usta su s donje strane (na dršku); lovke su na rubu klobuka, sadrže puno žarnih stanica i složena osjetila za primanje različitih podražaja (ocele = oči → crvene, crne ili smeđe pjege; statocisti = ravnoteža;

RAZMNOŽAVANJE:

- spolno, nesporno i **izmjenom spolne i nesporno generacije** → **METAGENEZA** (npr. ušati ili uhati klobuk u Jadranu)
 - a) **SPOLNO:** - spolne stanice nastaju na određenim dijelovima tijela (ispod epiderma, ispod gastroderma ili na pregradama u probavnoj šupljini iz tzv. intersticijalnih stanica)
- odvojena spola (meduze) ili dvospolci (polipi)
- oplodnja je vanjska (meduze) ili unutrašnja (polipi)
- iz oplođenog jajeta → slobodno plivajuća trepetljikava ličinka (planula) → iz nje se razvija polip ili meduza
 - b) **NESPOLNO: pupanje** (hidra) → tjelesna stijenka se izboči prema van (=pup); pup se nakon nekog vremena odvoji → iz pupa se može razviti novi polip (mlada hidra) ili meduza

RAZNOLIKOST ŽARNJAKA U BIOSFERI:

2.2.1 KORALJI (Anthozoa)

- morski organizmi
- nemaju meduza
- grade vrlo velike zadruge
- imaju pregrade u probavnoj šupljini (6 ili 8 ili umnožak tih brojeva!)
- razmnožavaju se nesporno ili spolno
- spolno: dvospolci; gonade su na pregradama u probavnoj šupljini, a tu se događa i oplodnja
- najbrojniji u tropskim morima; kameni koralji grade **ATOLE** = koraljne otoke i **KORALJNE GREBENE** (najpoznatiji: istočno-australski koraljni greben, d = 1000 km) – plitko more (do 50 m)
- Jadransko more: crvena moruzgva, smeđa vlasulja, crveni koralj (otok Zlarin pored Šibenika)

2.2.2 REŽNJACI (Scyphozoa)

- morski organizmi
- uglavnom samo meduze (samo neke vrste imaju vrlo sitne polipe)
- četverostrana simetrija tijela
- veličina: 2 – 40 cm, čak i $\phi = 2$ m (rod *Cyanea*)
- Jadransko more: ušati (uhati) klobuk, morska mjesečina (opasna za kupaće)

2.2.3 OBRUBNJACI (Hydrozoa)

- imaju i polipoidnu i meduzoidnu generaciju (metageneza)
- uglavnom morski organizmi (osim **HIDRE!!!**)
- hidra: u povoljnim uvjetima razmnožava se pupanjem, a u nepovoljnim (jesen) spolno – hidra ugine, a oplođeno jaje preživi i dočeka proljeće → planula → mlada hidra
- vrste: modri loptaš (u oceanima čini velike slobodno plivajuće zadruge), portugalski ratnik

EVOLUCIJA ŽARNJAKA:

- razvili su se iz kolonijalnih bičaća (Haeckel) ili iz ravnocrijevnikih virnjaka (Hadži)
- prije 600 000 000 godina bili su najbrojnija skupina životinja u oceanima

2.3 OBLENJACI (Aschelminthes)

- 12 000 – 90 000 vrsta
- bilateralno simetrične životinje
- oblo, izduženo, nekolutičavo tijelo
- dosta raznoliki → mnogo skupina (npr. kolnjaci, trbodlaci, bodljoglavci, valjčari, oblići, strunaši, kukaši, stapkočašci)
- stanište: morski, kopne vode, kopno (u tlu), nametnici (paraziti na biljkama, životinjama i čovjeku)

2.3.1 OBLIĆI (Nematodes)

- najbrojnija i najrasprostranjenija skupina oblenjaka (~ 10 000 vrsta; HABDIJA i ERBEN: možda ima čak 800 000 neopisanih vrsta oblića u biosferi???)
- pučki se zovu: gliste
- najčešće: nametnici
- NEMA: organa za disanje (slobodno živući oblici → izmjena plinova difuzijom; nametnici – anaerobionti); pravih protonefridija (otpadne produkte metabolizma izlučuju kroz dvije cijevi); optjecajnog sustava

GRADA TIJELA:

- obli, duguljasti
- na površini tijela → jednoslojni epiderm → izlučuje bjelančevinastu kutikulu (tanku u slobodno živućih oblika, debela i višeslojna – 3 roznata sloja - kod nametnika)
- uloga kutikule → štiti nametničke vrste (npr. dječju glistu, glisticu, zavojitu trihinu) od probavnih enzima
- ispod epiderme – mišići (kutikula + epiderma + mišići → kožno-mišićni sloj)
- kreću se svijanjem tijela uz pomoć mišića ispod epiderma
- imaju **PRIMARNU TJELESNU ŠUPLJINU** ili **PSEUDOCEL** → između crijeva i tjelesne stijenke
- pseudocel je ispunjen tekućinom → potpora tijelu (= hidroskelet)

PROBAVNI SUSTAV:

- hrana: životinje, biljke, uginuli ostaci, gnoj, bakterije, zooplankton, hrana iz probavila domadara...
- hranu gutaju ili isisavaju
- probava: izvanstanična
- usta → ždrijelo (mišićavo) → crijevo (dugo i ravno) → crijevni otvor (ženke), tj. nečisnica ili kloaka (mužjaci) → **PROHODNO PROBAVILO (1 ×)**
- kloaka → prostor u kojem se skupljaju i neprobavljeni ostaci hrane (izmet), mokraća i spolni produkti

ŽIVČANI SUSTAV:

- velika masa živčanih stanica na prednjem dijelu tijela koja tvori prsten oko ždrijela
- iz okoždrijelnog prstena pružaju se živčane vrpce prema ostatku tijela (naprijed i nazad) – s leđne i trbušne strane (LUI)
- osjetila: četine i bradavice

RAZMNOŽAVANJE:

- razdvojenog spola
- postoji i spolni dimorfizam (= spolno dvoličje) kod nekih vrsta (npr. mužjaci dječje gliste su manji i imaju svinut kraj tijela; manji su i mužjaci svinjske gliste: $d_m = 25$ cm, a $d_z = 40$ cm)
- mužjaci pri kraju kloake imaju kopulatorne četine (lepezasti nastavci) – pomoćni organi pri parenju (= kopulaciji)
- ženke (parni spolni organi): jajnici (najtanje cjevčice) → jajovodi (deblje cjevčice) → plodnice (tu se sabiru jaja) → spolnica ili vagina (1) → spolni otvor ili gonopora (1) na prednjem dijelu tijela
- mužjaci (neparni spolni organi): cjevasti sjemenik → sjemenovod (dozrijevanje spermija – nemaju bičeve) → sjemenovod spremašte → kloaka
- oplodnja je unutrašnja
- jaja se omataju opnom (prema opni se raspoznaju nametničke vrste)

NAMETNIČKI OBLIĆI

DJEČJA GLISTA (*Ascaris lumbricoides*)

- ružičasto-bijeli nametnik u tankom crijevu čovjeka
- naraste do 40 cm (ERBEN: do 50 cm)
- pravi anaerobiont (kisik je otrov!)
- čovjek se zarazi oplodjenim jajašcima (nečiste ruke) u kojima su se u povoljnim uvjetima (vlažna, rahla, topla zemlja ili izmet iz gnojnica) razvile začahurene ličinke → u tankom crijevu ličinke izlaze

iz čahure → ulaze u krvotok → krvotokom dođu u srce i pluća – presvlače se i rastu (do 1,5 mm) → iz srca i pluća probijaju se u dušnik i grlo → tanko crijevo – tu se razvijaju u odrasle jedinice → zrela jajašca s izmetom izlaze van (do 60 000 000 godišnje)

BIJELA GLISTICA

- česti nametnik na čovjeku
- naraste do 1,5 cm (ženka: 10 mm; mužjak: 5 mm)
- živi u debelom crijevu
- spolno zrela ženka noću izlazi iz crijevnog otvora radi polaganja jaja (svrbež)
- češanjem, preko rublja ili zrakom zrela se jaja nađu u ustima i ciklus se zatvori

ZAVOJITA TRIHINELA (*Trichinella spiralis*)

- najopasnija glista u našim krajevima (zarazna je samo za sisavce)
- domadari: svinje, štakori
- u potpunosti se razvijaju unutar istog organizma
- štakori se zaraze ako pojedu zaraženo svinjsko meso
- svinja se zarazi ako pojede zaraženog štakora ili meso druge zaražene životinje
- čovjek se zarazi ako jede nedovoljno kuhano ili pečeno svinjsko meso (sušeno!!!)
- u tankom crijevu čovjeka iz trihineloznih čahura (otope se) izađu ličinke trihinele (d = 1 mm) → prihvate se za stijenku crijeva i sišu limfu → brzo rastu i svijaju se (ime!) → odrasle postanu spolno zrele za 24 – 48 sati → nakon oplodnje ženke se uvuku u sluznicu crijeva i legu žive ličinke → ličinke limfom putuju do krvotoka → krvotokom dolaze do poprečno-prugastih mišića (ošit, trbušni, prsni mišići, mišići vrata, jezika, žvačni mišići...) → mijenjaju ulogu mišićne stanice (stvara se kolagen koji ličinkama treba za čahuru) – iz mišića se ne mogu odstraniti ni lijekovima ni operativno → začahurene mogu živjeti i 30 godina
- simptomi: proljev, groznica, glavobolja, povišena temperatura, bolovi u mišićima, smrt od iznemoglosti
- trihinelozna (= bolest uzrokovana zavojitom trihinelom) suzbija se veterinarskim nadzorom svinjskog mesa (trihineloskopija, umjetna probava)
- **1998. god.** – zakon o obaveznom pregledu svinjskog mesa na trihinelu u RH
- od 1968. – 1980. u RH zabilježeno 137 oboljelih ljudi od trihinele; 1999. god. broj oboljelih u RH: 93!
- trihinelom je zaraženo 59% polarnih medvjeda i 10 % morževa

JAMSKI ZMIJAK

- živi u crijevu čovjeka, siše krv i izaziva slabokrvnost → TUNELSKA BOLEST (tropi)

KRVNA GLISTA

- živi u limfnim žlijezdama → začepi limfne žile – oteknu dijelovi tijela (npr. noga) → SLONOVSKA BOLEST ili ELEFANTIJAZA (tropi)

2.3.2 OSTALI OBLENJACI:

KOLNJACI – manja skupina životinja, žive u moru i kopnenim vodama, vrlo sitni (SM), oko usta imaju 1 ili 2 vijenca trepetljika;

KUKAŠI – nametnici, slični oblicima, najpoznatija vrsta: golemi kukaš – nametnik u crijevu svinja i pasa;

VALJČARI – poznate samo 4 vrste, žive u moru;

STAPKOČAŠCI – žive u moru i kopnenim vodama

2.4 MEKUŠCI (Mollusca)

OPĆA SVOJSTVA SKUPINE:

- **ime:** mekano tijelo (lat. **molis** = mekan, gibak)
- nekolutičavo tijelo
- vrlo brojna skupina: ~120 000 vrsta (40 000 fosilnih vrsta)
- raspoređeni u 7 razreda, najznačajnije skupine: **PUŽEVI, ŠKOLJKAŠI i GLAVONOŠCI**

- **simetrija:** bilateralno simetrični školjkaši i glavonošci) ili nesimetrični (puževi)
- **stanište:** more, kopnene vode, kopno
- među beskolutičavcima – mekušci su dostigli najviši stupanj tjelesnog ustroja i funkcioniranja unutrašnjih organa

GRADA TIJELA:

- **PLAŠT** – obavlja tijelo (dio pokrovnog sustava); unutrašnji organi nalaze se u plaštanoj šupljini;
- plašt izlučuje čvrstu **LJUŠTURU** – zaštita tijela;
- a) JEDNODJELNA = KUĆICA (puževi)
- b) DVODJELNA = ŠKOLJKA (školjkaši)
- **grada ljuštura:**

I. vanjski sloj – KONHIOLIN (protein)	}	CaCO₃
II. srednji sloj		
III. unutrašnji sloj (sedef)		
- **GLAVA** – puževi i glavonošci, potpuno reducirana kod školjkaša
- **STOPALO** – mišićni organ, služi za pokretanje

POKROVNI i POTPORN I SUSTAV

- o izvana tijelo obavlja jednoslojna koža (jednoslojni cilindrični epiderm)
- o na pojedinim dijelovima - trepetljike
- o u kožu su uložene žlijezde (sluzave, pigmentne, vapnene...)
- o između žlijezda – glatki mišići
- o izvana – ljuštura (školjkaši i puževi)

MIŠIĆNI SUSTAV I KRETANJE

- o mišići su uglavnom u stopalu (i plaštu)
- o **1. skupina životinja s organima za pokretanje**
- o **načini kretanja:**
- a) **puževi** - puzanje (pomoću trepetljivog stopala)
- b) **glavonošci** - koračanje (pomoću krakova) ili plivanje - uvlačenje vode u **LJEVAK** (= preobraženi dio stopala koji vodi u plaštano šupljinu) i naglo izbacivanje vode iz te šupljine (= retroaktivno kretanje potiskivanjem vode; brzo)
- c) **školjkaši** – sjekirasto stopalo kojim se ukopaju u podlogu (pijesak, drvo, kamen...)

ŽIVČANI SUSTAV I OSJETILA

- o razvijen; najrazvijeniji kod glavonožaca
- o sastoji se od pet pari živčanih ganglija (glava – cerebralni; stopalo – pedalni; utroba – visceralni; plašt – pleuralni; škrge – parijetalni)
- o parovi ganglija međusobno su povezani živčanim vrpčama

OSJETILA:

1. **oči** – primanje svjetlosnih podražaja (glavonošci);
2. **ticala** – služe za opip i miris (puževi);
3. **statocisti - ravnotežni organi** (u stopalu) – pomoć pri kretanju
4. **osfradij - osjetilo za njuh** (uz škrge) – ispituju vodu koju koriste za disanje

PROBAVNI SUSTAV

- o prohodno probavilo
- o smješteno u plaštanoj šupljini
- o usta → ždrijelo → jednjak → želudac → probavna žlijezda i/ili crijevo → crijevni otvor
- o u ustima → **ŽLIJEZDE SLINOVNICE** i **TRENICA** ili **RADULA** (osim školjkaša) – hrapava hitinska membrana, prekriva jezik, niz sitnih zubića; uloga: usitnjavanje hrane (radi poput ribeža)
- o u želucu → probavni enzimi (izvanstanična probava)
- o probavna žlijezda – unutarstanična probava; probavljena hrana → optjecajni sustav; neprobavljena → crijevo

DIŠNI SUSTAV

- o vodeni mekušci dišu **PERASTIM ŠKRGAMA** (= K TENIDIJE) – prokrvljene, oplakuje ih voda i na njima se zbiva izmjena plinova
- o kopnjeni mekušci (puževi) i puževi barnjaci dišu «**PLUĆIMA**» - dobro prokrvljen dio plašta

OPTJECAJNI SUSTAV

- o otvoren optjecajni sustav – žile se na pojedinim mjestima prekidaju i izljevaju u međutkivne šupljine (zatone)
- o **SRCE** – nalazi se u šupljini (= osrčje ili perikard) – ispunjen tekućinom – smanjuje trenje
- o građeno iz 1 klijetke i 2 pretklijetke (školjkaši i glavonošci)
- o uloga: potiskuje krv kroz žile
- o krv prenosi: plinove (O₂, CO₂), hranjive tvari i otpadne produkte metabolizma
- o **OPTOK KRVI**: srce (1. pretklijetka → 2. klijetka) → tijelo → organi za disanje (ktenidije ili «pluća») → srce
- o **HEMOCIJANIN** – krvni pigment (+ Cu) koji veže kisik

SUSTAV ZA IZLUČIVANJE

- o **METANEFRIDIJ** - savršeni organi za izlučivanje otvorenog tipa
- o to su otvorene jako prokrvljene cjevčice koje završavaju trepetljivim lijevkom koji sakuplja otpadne metaboličke produkte iz tjelesne šupljine
- o otpadni metabolički produkti izbacuju se kroz otvore metanefridija u plaštanu šupljinu i onda van

SPOLNI SUSTAV I RAZMNOŽAVANJE

- o rastavljenog spola (školjkaši i glavonošci) ili dvospolci ili hermafroditi (većina puževa)
- o razmnožavaju se jajima
- o oplodnja: vanjska (u vodi) ili unutrašnja (unutar plaštane šupljine)
- o parna plodila ili jedinstvena dvospolna žlijezda u kojoj 1. dozrijevaju spermiji, a zatim jajne stanice (puževi)
- o iz oplodnenog jajeta → ličinka (veliger) – slobodno pliva; kasnije [jednostavniji – ličinka trohofora; složeniji – 1. trohofora, 2. veliger]
- o ličinka se naknadno razvija u odraslu jedinku

2.4.1 PUŽEVI (Gastropoda)

- najbrojnija skupina mekušaca (~ 40 000 živućih i 25 000 fosilnih vrsta)
- jednodijelna ljuštura = kućica – spiralno zavijena; nesimetrična i različitih oblika i strukture
- puževi bez kućice = GOLAĆI
- s trbušne strane → STOPALO (kretanje) – olakšava sluz koju luče sluzne žlijezde u koži (smanjuje trenje)
- neki vodeni puževi imaju «poklopac» - čvrstu vapnenu pločicu - na kućici kojim zatvaraju ulaz u kućicu
- kopneni puževi ulaz zatvaraju tijekom zimskog sna tankom vapnenom membranom
- preci puževa su bili bilateralno simetrični, tijekom evolucije došlo je do TORZIJE (= spiralno zakretanje trupa); najstariji dio kućice - vrh
- posljedice torzije: organi su im se smjestili iznad glave; neparni organi: jedna škrga, jedan metanefridij, jedna gonada, srce ima 1 klijetku i 1 pretklijetku
- **podjela:**
 1. **prednoškržnjaci** – žive u moru u području plime i oseke, razdvojena spola; u Jadranu npr. puzlatka, priljepak, kvrgavi volak, bodljikavi volak, veliki bačvaš....,
 2. **stražnoškržnjaci** – žive na dnu mora ili u planktonu, dvospolci su, mnogi izlučuju neugodne tvari; npr. morski zekan (bez vanjske ljuštore)
 3. **plućnjaci** – kopneni, manji broj vrsta u kopnenim vodama u koje su prešli naknadno (barnjaci – obični barnjak, mali barnjak, barski puž, ogrc...), žive u vrtovima, šumama, parkovima, živicama, livadama, vinogradima...- bitna im je vlaga (za disanje); hrana: ostaci bilja, gljiva, lišajeva, algi...; dvospolci su, +/- kućica; npr. puž vinogradnjak, prugasti živičnjak, šumski prpolj, golaći

2.4.2 ŠKOLJKAŠI (Bivalvia)

- ~ 30.000 vrsta
- more (većinom) i kopnene vode; živi na dnu (bentos)
- većinom su polusjedilački organizmi – dugo vremena ostaju na istom mjestu
- neke vrste su sjedilački organizmi – žive trajno pričvršćena za dno, a neke se ukopavaju u mulj ili pijesak

- bilateralno simetrično tijelo
- nemaju glavu
- nemaju radulu (trenicu)
- plašt izlučuje dvodijelnu ljušturu (lijevu i desnu polovicu) = ŠKOLJKA
- između tijela i plašta nalazi se plaštana šupljina; rubovi plašta su srasli, ali postoje 3 otvora:
- 1) ulaz vode i hrane; 2) izlaz vode; 3) otvor kroz koji se pruža sjekirasto stopalo
- voda u plaštanoj šupljini oplakuje i škrge
- stopalo sadrži žlijezde koje luče sluz; sluz se stvrdne u vodi u čvrste niti = BISUS
- razdvojenog spola, oplodnja je vanjska, iz oplođenog jajašca razvija se ličinka (veliger – more; glohidija – kopnene vode; to je pravi mali školjkaš)
- hrane se planktonom i detritusom (raspadnutim biljnim i životinjskim organizmima) što pada na dno – važni su za samoočišćenje voda
- morske vrste: kamenice (oštrige), dagnje, periske, jakovljeve kapice, srčanke, prstaci...
- slatkovodne vrste: bezupka
- BISERNICA: luči sedef oko neke strane čestice koja se nađe između plašta i ljušture

2.4.3 GLAVONOŠCI (Cephalopoda)

- najrazvijeniji mekušci i beskralježnjaci (~600 živućih i ~ 9000 fosilnih vrsta)
- ime: «noge» rastu na glavi – Cuvier, 1796. god. – te «noge» su krakovi koji su nastali iz stopala; služe za kretanje i hvatanje plijena, a kod nekih i za parenje
- dio stopala preobražen je u LIJEVAK – otvor koji vodi u plaštanu šupljinu
- isključivo morski organizmi
- grabežljivci – hrane se ribama, rakovima, drugim mekušcima
- uz probavilo imaju i vrećicu s crnilom (sadrži tamni pigment melanin) – izbacuju crnilo u opasnosti
- najveći napredak živčanog sustava – gangliji su stopljeni u mozak i obavijeni hrskavičnom čahurom
- oči glavonožaca slične su očima kralježnjaka (vide poput riba)
- razdvojenog spola; izražen je i spolni dimorfizam (=spolno dvoličje): mužjaci su manji od ženki, neki mužjaci (sipa) imaju jedan krak promijenjen - pomoć pri parenju
- oplodnja – u plaštanoj šupljini ženke
- oplođena jaja ženka izbacuje u vodu i ona se pričvrste za podlogu
- neki glavonošci imaju svjetleće organe
- podjela prema broju krakova:
 - 1) **deseterokračnjaci** – 10 krakova (8 kraćih i 2 dulja); plašt im je razvučen sa strane u peraje; ljuštura – reducirana [vapnene pločice – sipovine (**sipa**) ili rožnati listići (**lignja**)]; 2 škrge
 - 2) **osmokračnjaci** – 8 krakova; bez peraja i bez ljušture; **hobotnice, mrki muzgavac**; 2 škrge (=dvoškržnjaci)
- **INDIJSKA LAĐICA** (=nautilus) – živi samo u Indijskom oceanu, jedini je glavonožac s vanjskom ljušturicom u obliku spiralne kućice podijeljene u više komorica; oko usta ima ~ 90 krakova, ima 4 škrge i 4 metanefridija

GOSPODARSKA VAŽNOST MEKUŠACA I SRODSTVENI ODNOSI

- važan izvor hrane (bogati bjelančevinama i vitaminima)
- glavonošci: sipe, lignje, muzgavci, hobotnice
- školjkaši: dagnje, kamenice – uzgajališta: Linski kanal i Malostonski zaljev (toplo, čisto i mirno more, tj. boćate vode)
- puževi: puž vinogradnjak, volak, ogrc...
- mnogi mekušci su zaštićeni: plemenita periska, prstac, tritonov rog, puž bačvaš, prugasta mitra
- podrijetlo mekušaca nije razjašnjeno, neki smatraju da su se razvili iz kolutičavaca, a da je beskolutičavost sekundarna pojava zbog prilagodbe na život na dnu (sličnosti: brazdanje jajeta, embrionalni razvoj, rani stadiji ličinke)

3. MNOGOKOLUTIČAVCI (Polymeria)

- poly = grč. mnogo; meros = grč. dio
- oblo tijelo podijeljeno na kolutiće (ime!)
- niži oblici → u kolutićima se ponavljaju unutrašnji organi (kolutići su međusobno jednaki) – organi koji se ponavljaju → **SEGMENTALNI ORGANI**
- bilateralno simetrični
- imaju **SEKUNDARNU TJELESNU ŠUPLJINU ili COELOM** – između mišića i crijeva; tijekom embrionalnog razvitka coelom nastaje u mezodermu; podijeljena je poprečnim pregradama → kolutićavost
- vrstama najbrojnija skupina beskralježnjaka (opisanih: 950 000 vrsta)
- sedam koljena; najvažnija dva: **KOLUTIČAVCI** (jednakomjerna kolutićavost) i **ČLANKONOŠCI** (tagmatizacija)
- nastanjuju sve biotope
- 1. mnogokolutićavci → prekambrij

3.1 KOLUTIČAVCI (Annelida)

- opisano ~ 15 000 vrsta
- stanište: more, kopnene vode, vlažno tlo
- jednakomjerna kolutićavost – vanjska i unutrašnja
- ispred prvog (usnog) kolutića → nabor: **AKRON**

POKROVNI SUSTAV I POKRETANJE

- mekana, gola i sluzava koža – jednoslojni epiderm → izlučuje bjelančevinastu kutikulu
- između epidermalnih stanica → žljezdane stanice → sluz i osjetne stanice → primanje podražaja
- pokreću se svijanjem tijela pomoću kožno-mišićnog sloja → ispod kože → prstenasti i uzdužni mišići → naizmjeničnim stezanjem i opuštanjem mišića steže se i opušta tijelo gujavice → valovite kontrakcije pomiču tijelo unaprijed
- nemaju čvrsti vanjski skelet

PROBAVNI SUSTAV

- gujavica: usta → ždrijelo → jednjak → volja (proširenje jednjaka – spremanje hrane) → želudac (mišićni – izvanstanična probava) → crijevo → crijevni otvor
- gujavica ruje zemlju i guta ju → hrani se detritusom (organskom tvari koja se raspada u tlu) → prozračuje tlo
- ostali kolutićavci: usta → ždrijelo → crijevo → crijevni otvor

DISANJE

- škrge (izvrat površine kože) → vodeni kolutićavci
- kopneni → preko kože (difuzija)

OPTJECAJNI SUSTAV

- zatvoren
- dvije krvne žile → leđna i trbušna; u svakom su kolutiću povezane prstenastim žilama
- iz glavnih žila odvajaju se ogranci u ostatak tijela
- krvni pigment: **HEMOGLOBIN**

SUSTAV ZA IZLUČIVANJE

- metanefridiji (u svakom kolutiću jedan par) → segmentalni organ
- započinju trepetljivim lijevkom u jednom kolutiću, a završavaju izvodnom cjevčicom u susjednom kolutiću
- izlučuju amonijak

ŽIVČANI SUSTAV

- nadždrijelni i podždrijelni ganglij spojeni okoždrijelnim vrpčama → okoždrijelni prsten – iz njega izlaze živčane vrpce s trbušne strane tijela

- jedan par ganglija u svakom kolutiću → povezani s dvije živčane vrpce, spojene u svakom kolutiću → ljestvičav živčani sustav
- mnogočetinaši i pijavice → oči (1 – nekoliko pari)
- gujavica → negativno fototropna (danju u tlu)

RAZMNOŽAVANJE

- morski kolutičavci → razdvojena spola; razvijaju se iz jajeta u ličinke (trohofora) → odrasla jedinka
- slatkovodni i kopneni kolutičavci → dvospolci; iz jajeta se razvijaju odrasle jedinke

PODJELA:

3.1.1 MNOGOČETINAŠI (Polychaeta)

- uglavnom žive na dnu mora (ispod kamenja, u mulju, među algama...); koriste se kao mamac za pecanje
- opisano: ~ 11 000 vrsta; Jadran: ~ 500 vrsta
- d = par mm – 3 m
- **parapodiji** (bataljice, panožice) – na svakom izdanku jedan par; iz njih izbijaju brojne četine (hete - ime!) → služe za kretanje (početak razvoja člankovitih nogu člankonožaca), a na njima su i škrge
- **imaju glavu:** usta, 1 – 4 para očiju, pipala (palpi) i ticala – osjetila i pomoć pri uzimanju hrane
- **grabežljivci**
- pokretne vrste: morski crv (afroditin palolo); crveni mnogočetinaš
- sjedilačke vrste: kožasti cjevaš (perjaničar), obični cjevaš → oko tijela izgrađuju vapnenu cijev i imaju obojene škrge
- dobra sposobnost regeneracije

3.1.2 MALOČETINAŠI (Oligochaeta ili pojasnici)

- malo četina s donje strane svakog kolutića (ime!) → pomoć pri kretanju i osjetila
- na tijelu gujavice → nekoliko zadebljanih kolutića → PAS ili KLITELUM – prstenasto zadebljanje u kojem se intenzivno stvara sluz; uloga: pri razmnožavanju
- dvospolac; ima parne spolne organe (gujavica: 2 para jajnika i 3 para sjemenika)
- oplodnja: naizmjenična
- oplodena jaja omata u sluz (kokon) i ostavlja ih u zemlji
- vrste: kalifornijska gujavica, obična gujavica

3.1.3 PIJAVICE (Hirudinea)

- opisano: ~ 300 vrsta pijavica
- produljeno, plosnato tijelo, ravno s trbušne, a zaobljeno s leđne strane
- kolutići se ne vide (33 ili 34 kolutića) → spojeni u prstenke; nisu odvojeni pregradama
- tjelesna šupljina ispunjena parenhimom
- nemaju parapodija ni četina
- imaju dvije prijanjaljke (sprijeda i straga)
- više pari očiju na glavi
- narastu i do 70 cm
- uglavnom slatkovodne, neke vrste na kopnu i u moru
- paraziti na vodenim životinjama (puževi, ribe, žabe) i na sisavcima (konjska pijavica)
- sišu krv (velika volja) ili su grabežljivci;
- slinske žlijezde HIRUDIN → sprečava grušanje krvi
- prenosnici teških bolesti
- vrste: liječnička pijavica, riblja pijavica
- dvospolci; jedan par jajnika, više pari sjemenika
- oplodnja → unutrašnja; jaja polaže u vlažnu zemlju omotana u sluz koju luči iz pasa

SRODSTVENI ODNOSI KOLUTIČAVACA

- srodni su virnjacima (sličnost ličinki, npr. trohofore, sličnost u brazdanju jajeta, živčanom sustavu, parenhimu)
- najjednostavniji kolutičavci: mnogočetinaši
- maločetinaši i pijavice razvili su se od pretka koji je rovač po tlu

3.2 ČLANKONOŠCI (Arthropoda)

- najbrojnija i najrasprostranjenija skupina beskralješnjaka

PODJELA:

- 1) **KLIJEŠTARI (Chelicerata)**
- 2) **RAKOVI (Crustacea)**
- 3) **STONOGE (Myriapoda)**
- 4) **KUKCI (Insecta)**

- stanište: more, kopnene vode, kopno
- slobodne životinje, tvore zadruge, nametnici
- prvi su osvojili kopno prije ~ 400 000 000 godina (→ paučnjaci → štípavci iz ordovicija)
- *Što ime je omogućilo izlazak na kopno?* – čvrst, nepromočiv oklop (vanjski kostur ili egzoskelet) – HITIN – moraju se presvlačiti; taj kostur je oslonac mišićima (poprečno-prugastim i glatkim); ticala, usni organi, noge (člankovite – ime cijele skupine!)
- bilateralna simetrija
- imaju kolutičavo tijelo – kolutići su spojeni (stopljeni) u 2 ili 3 funkcionalne cjeline (= TAGMATIZACIJA): klijestari → prednje i stražnje tijelo (spojeni sponicom); rakovi → glavopršnjak i zadak; kukci → glava, prsa, zadak
- DISANJE: vodeni dišu škrgama, a kopneni uzdušnicama, planktonski račići – preko kože
- OPTJECAJNI SUSTAV: otvoren
- IZLUČIVANJE: cjevčice na različitim dijelovima tijela
- ŽIVČANI SUSTAV: ljestvičav; u glavi nakupina ganglija = mozak
- OSJETILA: dobro razvijena - vid (jednostavne i sastavljene oči), njuh, opip, sluh i ravnoteža
- razvijen sustav žlijezda koje upravljaju rastom, presvlačenjem, obojenošću,...
- RAZMNOŽAVANJE: razdvojena spola, organi za kopulaciju (mužjaci), legu jaja ili rađaju žive mlade

3.2.1 Razred: KLIJEŠTARI (Chelicerata)

- udišu zrak, neki su sekundarno prešli na život u vodi
- nemaju ticala
- na prednjem dijelu tijela, iza usta → KLIJEŠTA (helicere) – služe za hvatanje plijena – ime skupine!

VANJSKI IZGLED TIJELA (pauk križar)

- mekano tijelo pokriveno hitinskom kutikulom (zaštita od povreda, isušivanja, potpora), na površini dlake i četine
- prednje tijelo (= PROSOMA; 8 kolutića): glava i prsa srasli u cjelinu;
- na glavi → jednostavne oči (8 očiju → LUI); iza usta jedan par klijesta (izgledaju kao zubići ili šiljasti nastavci) koji na vrhu ima otvor otrovne žlijezde
- na prsima → jedan par člankovitih čeljusnih nogu (pridržavanje plijena ili osjetilo) i **4 para nogu za hodanje**, svaka ima češljaste pandže za pletenje mreže
- stražnje tijelo (= OPISTOSOMA ili zadak; 12 kolutića): mekano i nekolutičavo, s trbušne strane otvori dišnih organa i bradavice predljivih žlijezda (2 – 6) – iz njih izlaze niti (debljina = 0,0004 mm) koje se stvrđuju na zraku (= paučina)

HRANJENJE I PROBAVNI SUSTAV

- grabežljivci
- plijen uhvate klijestima, otvor usrti plijen, a zatim na njega ispuste probavne enzime koji ga razgrade u tekućinu koju usišu → ždrijelo → jednjak (crpka) → želudac → crijevo (srednje i stražnje + probavne žlijezda – «jetra») → crijevni otvor

DISANJE

- uzdušnice: lepezaste i cjevaste, protkane kapilarama, otvaraju se prema van ODUŠKOM

OPTJECAJNI SUSTAV

- otvoren
- tekućina: HEMOLIMFA
- s leđne strane dulja krvna žila (= srce) – na toj žili postoje otvori (= OSTIOLE) kroz koje ulazi hemolimfa

IZLUČIVANJE

- Malpigijeve cjevčice – sakupljene otpadne tvari izlučuju u stražnje crijevo
- kućne žlijezde (→ HABDIJA) – otvaraju se na osnovi 4. para nogu; to su preobraženi metanefridiji

ŽIVČANI SUSTAV I OSJETILA

- ljestvičav
- jednostavne oči
- dlake i četine na površini tijela služe za primanje mehaničkih i kemijskih podražaja

RAZMNOŽAVANJE

- razdvojena spola
- postoji spolno dvoličje (spolni dimorfizam) → mužjaci su manji od ženki
- spolne žlijezde su parne
- ženka često nakon parenja pojede mužjaka, a oplođena jajašca zaprede u zapredak ili kokon ili nose jaja sa sobom; iz jaja se izlegu mladi koji sličje roditeljima

RAZNOLIKOST KLIJEŠTARA U BIOSFERI

- najprimitivniji prakliješтари su vodene životinje koje žive u moru
- najveći broj pripada PAUČNJACIMA (→ štipavci ili škorpioni, pauci, grinje, lažipauci)

PAUCI

- najveći i najbrojniji paučnjaci
- uglavnom žive u tlu
- **vrste:** *kućni pauk*, *pauk križar*, *crna udovica* (ili malminjat) – Primorje i Dalmacija – naš najopasniji pauk, otrovna je ženka → d = 7 mm, crne boje s 1 – 13 crvenih pjega na stražnjem dijelu tijela; *pauci vučjaci* – ne predu mreže, love plijen u trku

ŠTIPAVCI ili ŠKORPIONI

- najveći kopneni paučnjaci (d = 22 cm)
- imaju jaka i kratka kliješta, na kraju tijela koje je izduženo poput repa imaju otrovnu bodlju
- ženke rađaju žive mlade
- **vrste:** *karpatski štipavac* – smeđe boje, d = 4 cm, šume; *njemački štipavac*

LAŽIPAUCI

- šume, livade, polja, zidovi, spilje...
- smeđe ili sive boje
- duljine do 1 cm, ali mogu imati vrlo duge noge (do 16 cm)
- hrana: uginuli kukci
- nemaju predljlive žlijezde
- ženke: dugačka leglica kojom odlažu jaja u pukotine
- **vrste:** *obični lažipauk*

GRINJE

- vrlo sitni organizmi (manji od 1 mm)
- boja tijela: žuti, bijeli, zelenkasti, crveni
- nametnici na životinjama i čovjeku, a neke i na biljkama
- **vrste:** *čovječji svrabac* (šugarac) → buši hodnike u koži, među prstima, prenosi se dodirrom i odjećom, suzbija insekticidima; *obični krpelj* → živi na višem bilju i grmlju, siše krv, prenosioc je virusa koji uzrokuje virusnu upalu moždanih ovojnica (virusni meningoencefalitis) – virus se nalazi u utrobi i inficira čovjeka ako se krpelj nestručno vadi

3.2.2 Razred: RAKOVI (Crustacea)

- poznato ~ 40 000 vrsta
- stanište: more, kopnene vode, kopno

GRADA TIJELA (*Astacus astacus* – riječni rak):

- bilateralno simetrični
- čvrsti vanjski skelet (hitin + CaCO₃) – pokrov, potpora i zaštita tijela
- rak može rasti samo odbacivanjem starog oklopa (presvlačenjem) – novi se oklop stvara ispod starog, mekan je u početku i naknadno se inkrustrira s CaCO₃ (zalihe se nalaze u obliku račjih očiju u stijenci želuca, za vrijeme presvlačenja taj se vapnenac otapa, ulazi u krv, prvo očvrstnu čeljusti raka te on pojede stari oklop i tako poveća zalihu vapnenca); presvlačenje kontroliraju hormoni; životinja je tijekom presvlačenja (nekoliko sati) jako osjetljiva – skriva se u pukotine, ispod kamena...
- dijelovi tijela:
 - 1. GLAVOPRŠNJAK** [glava (6) + prsa (8)] – 14 kolutića
 - **2 para ticala** (antena); manji par → veslanje; veći par → primanje podražaja
 - **čeljusne nožice - 3 para** → pomoć pri hranjenju
 - **oči + glaveni šiljak** → između očiju
 - **noge za hodanje (hodalice) - 5 pari** → 1. par često preobražen u kliješta (grabljenje hrane, napad, obrana)
 - 2. ZADAK** (6 kolutića)
 - **začane noge (plivalice)** – 5 pari → pomoć pri plivanju
 - **repna peraja (lepeza)** – plivanje i zaštita jaja (građa: zadnji par začanih nogu + zadnji kolutić)

MIŠIĆI

- poprečnoprugasti (vidljiva kolutićavost)

ŽIVČANI SUSTAV I OSJETILA

- glavni ganglij nalazi se iznad ždrijela u glavi = mozak, povezan okoždrijelnim prstenom s podždrijelnim ganglijem iz kojeg se pružaju 2 trbušne vrpce – **ljestvičav živčani sustav**; jedan par ganglija u svakom kolutiću
- ticala – osjetne dlačice ili četine (miris i opip)
- 1 par očiju – sastavljene → građene od mnogo okašaca (omatidije); svako okašće prima dio slike – mozaik
- osjetila za ravnotežu (pri dnu dugih ticala) → statocisti

PROBAVNI SUSTAV

- hranu uzimaju filtriranjem (biljnu i životinjsku)
- usta (tvrde čeljusti 1 par gornjih i 2 para donjih) → jednjak → želudac (žvačni) → crijevo → crijevni otvor
- u želucu → zubići za drobljenje hrane
- uz crijevo → probavna žlijezda

DISANJE

- škrge (crvene boje) → nalaze se na bočnim stranama nogu hodalice, čuperaste (povećanje površine)
- sitniji oblici rakova nemaju škrge – disanje se odvija difuzijom

OPTJECAJNI SUSTAV

- otvoren
- tekućina → HEMOLIMFA
- dišni pigment u krvi: hemocijanin
- srce → leđna strana (3 para otvora = ostiole)
- kroz otvore hemolimfa ulazi u srce → srce se stegne (otvori se zatvore) i hemolimfa ulazi u arterije (prednje, stražnje, bočne) i njima putuje tijelom → razlijeva se unutar organa → sakuplja se u vene i njima putuje do škrge → obogaćuje se kisikom i putuje prema srcu: **SRCE → TIJELO → ŠKRGE → SRCE**

IZLUČIVANJE I OSMOREGULACIJA

- ticalne (antenalne) žlijezde (ispod velikih, dugih ticala) – reguliraju količinu soli, iona i vode u organizmu

RAZMNOŽAVANJE

- razdvojenog spola
- ženke: spolni otvor na 3. paru nogu hodalica
- mužjaci: spolni otvor na 5. paru nogu hodalica; 1. par začanih nogu preobražen za parenje (lijepi paketiće sperme na zadak ženke)
- oplodnja: ženka izbaci jaja, ali ih ne odlaže, oplodnja se događa izvana na njoj i jaja ostaju prilijepljena za noge zatka i ženka ih nosi dok se ne izlegnu mladi (od jeseni do lipnja)
- spolnu zrelost postižu s 3 – 4 godine, tijekom sazrijevanja se presvlače

VRSTE:

NIŽI RAKOVI → planktonski oblici: rašljoticalci, npr. vodenbuha; veslonošci (ciklopsi)

VIŠI RAKOVI (20 kolutića!!!): škamp, hlap, jastog (nema štipaljki), riječni rak, rakovica

sjedilački rakovi: vitičari (ljepljivom su žlijezdom glavom pričvršćeni za podlogu

nametnici – šaranova uš, rak kesičar

kopneni rakovi:

GOSPODARSKA VAŽNOST RAKOVA:

- koriste se za hranu: riječni rak, škamp, jastog, hlap, kozice, rakovica
- uzgajaju se na moru i u kopnenim vodama (dosta poteškoća)
- opasnost od prevelikog izlova u prirodnim staništima

SIMBIOZA: rak samac i moruzgva

3.2.3 UZDUŠNJACI (Tracheata) – STONOGE I KUKCI

- člankonošci koji dišu pomoću uzdušnica ili traheja
- uzdušnice – tanke cjevčice građene iz hitina; nastale su uvrtnjem kože u unutrašnjost tijela; granaju se i dopiru do svih stanica
- bilateralno simetrične životinje
- kolutičavo tijelo; kod stonoga je kolutičavost jednakomjerna, kod kukaca su kolutići srasli

3.2.3.1 STONOGE (Myriapoda)

- ~ 10.500 vrsta
- kopneni organizmi, vlažna staništa
- dugačko tijelo
- **jednakomjerna kolutičavost** (osim prednjih – glava)
- na svakom kolutiću 1 – 2 para nogu (ukupno mogu imati 100 – 200 pari nogu, ali i manje!)
- glava: oči i ticala
- uzdušnice imaju otvore na svakom kolutiću
- najpoznatije vrste: obična stonoga (šume, ispod kore); striga (stanovi, vinogradi; hrani se malim životinjama koje omami otrovnim ujedom jakih čeljusti)

3.2.3.2 KUKCI (Insecta ili Hexapoda)

- min. 800.000 vrsta kukaca → najbrojnija skupina životinja
- **nastanjuju sva staništa na Zemlji:** pustinje, šume, duboke jame i pećine, tlo, voda, visoke planine, polovi Zemlje, vrela izvori, vrlo slane vode, paraziti na drugim živim bićima....
- vladaju kopnom od paleozoika (uz paukove i stonoge); lete već 300 000 000 godina
- razvoj kukaca teče paralelno s razvojem biljaka cvjetnica
- **PERIPATUS** – živi fosil; J. Amerika, Afrika i Novi Zeland – slični kolutičavcima i uzdušnjacima
- **ENTOMOLOGIJA** – znanost o kukcima

PRILAGODBE KUKACA

- a) **KRILA** (većina) – olakšavaju i ubrzavaju traženje hrane, omogućuju bijeg; razvila su se iz leđnih izdanaka kože (1. su služila kao «padobran»)
- b) **MALO TIJELO** – trebaju malo hrane (malo energije) i lako se sakriju
- c) **HITINSKI VANJSKI SKELET** – sprječava gubitak tjelesnih tekućina
- d) **PRILAGODLJIVA GRAĐA TIJELA**
građa usnih organa (sl. 5.27, str. 58.) – različiti usni organi: za grizenje (hrušt), bodenje (komarac), lizanje (pčela), sisanje (leptir);
građa nogu: za hodanje (leptir), trčanje (trčci), skakanje → produljene stražnje noge (skakavci), kopanje → kratke, raširene (rovac), plivanje i veslanje → plosnate (vodeni kornjaš, vodene stjenice), sabiranje → vrlo dlakave stražnje noge (pčela), grabljenje → hvatanje plijena (bogomoljka), čišćenje → nježne, dlakave (leptir) – najjače su izmijenjene prednje noge
- e) **OSJETILA** – opip, miris, sluh, okus, vid
- f) **PLODNOST** – veliki broj potomaka
- g) **PRILAGODBA OKOLIŠU BOJOM I OBLIKOM TIJELA** – leptir – putujući list, paličnjak

VANJSKA GRAĐA TIJELA

- kolutići su srasli (sraštavanje ili tagmatizacija): **GLAVA (6) – PRSA (3) – ZADAK (11)**
- **GLAVA** – 1 par ticala (četinasta, nitasta, vrpčasta, pilasta, češljasta, listasta...) – mužjaci često imaju veća i složenija ticala → **SPOLNO DVOLIĆJE ili SPOLNI DIMORFIZAM**, 2 složena oka, s donje strane – 3 para usnih organa (gornja i donja usna, gornja čeljust, donja čeljust) – *jelenak: gornja čeljust → rog*
- **PRSA** (3 odvojena kolutića)
- svaki kolutić nosi 1 par člankovitih nogu (= 3 para ili 6 nogu - Hexapoda) – kuk – bedro – gnjat - stopalo
- na 2. i 3. kolutiću većina kukaca ima po 1 par krila (2. par je kod nekih vrsta zakržljao, npr. muhe, komarci), a neki su kukci izgubili oba para krila, npr. buhe, stjenice; mali broj vrsta nikad nije imao krila (= beskrilci)
- **ZADAK** – nema nogu ni krila, otvori uzdušnica

POKROVNI i MIŠIĆNI SUSTAV

- izvana tijelo obavića hitinska kutikula – zaštita od gubitka vode; **kutikula:** glatka, naborana, + dlačice, + ljuščice...
- u koži → pigmenti (kukci su različito obojani); → brojne žlijezde – zaštita tijela, stvaranje ovoja oko legla, gradnja saća (pčele), pronalaženje spolnog partnera, sporazumijevanje, obrana...
- mišići trupa i nogu su velike snage (mravi!)

DIŠNI SUSTAV - dišu uzdušnicama koje imaju otvore (odušci ili stigme) na zatku (sl. 5.29, str. 59.)

OPTJECAJNI SUSTAV

- otvoren, jednostavan (jedna žila s leđne strane tijela – srce); slabije razvijen i služi za prenošenje hranjivih tvari i otpadnih produkata metabolizma; boja: bezbojna, zelena, crvena

PROBAVNI SUSTAV

- usta → prednje crijevo (ždrijelo, jednjak, volja, želudac) → srednje crijevo (probavljanje i upijanje hrane) → stražnje crijevo → analni otvor
- tvrda hrana se usitnjava u žvačnom želucu; meku hranu usisavaju jakim ždrijelom
- **MONOFAGI** – samo jedna vrsta hrane
- **POLIFAGI** – jedu različitu hranu
- hrane se: biljkama (korijen, stabljika, list, cvijet - nektar, pelud - OPRAŠIVANJE, plod.); životinjama., organskom tvari koja se raspada (saprofiti), krvlju i tkivom (paraziti) – često su prijenosnici različitih bolesti...

IZLUČIVANJE

- **Malpigijeve cjevčice**, nalaze se na prijelazu iz srednjeg u stražnje crijevo, filtriraju tjelesne tekućine, sve suvišno (u obliku mokraćne kiseline) se izlučuje kroz stražnje crijevo van

ŽIVČANI SUSTAV i OSJETILA

- ljestvičav
- složene oči – sastoje se od velikog broja okašaca koje prima dio slike – mozaik (sl. 5.30, str. 60.), imaju i jednostavne oči
- 1 par ticala (antene) – miris i opip
- osjetila za ravnotežu – unutrašnjost tijela
- okusna osjetila – oko usta i na stopalima prednjih nogu
- osjetila za sluh (proizvode zvuk – struganje krilom o krilo ili nogom o krilo...)

RAZMNOŽAVANJE i PREOBRAZBA KUKACA

(= METAMORFOZA; grč. meta = kasnije; morfe = oblik)

- razdvojena spola; parne spolne žlijezde (jajnici i sjemenici)
- razmnožavaju se jajima (neke vrste su živorodne)
- ženke odlažu jaja na lišće, u drveće, pod koru, u zemlju, u gnoj ili trulež, ispod kamenja, u druge kukce, gusjenice...
- ličinke puno jedu i nekoliko puta se presvlače (rastu); presvlačenje kontroliraju hormoni i živčani sustav

POTPUNA PREOBRAZBA: JAJE → LIČINKA → KUKULJICA → ODRASLI KUKAC ili IMAGO (leptiri, hruštovi, muhe, buhe, pčele...) – sl. 5.31.a, str. 60.

NEPOTPUNA PREOBRAZBA: JAJE → LIČINKA → ODRASLI KUKAC

(skakavac, žohar, uš, stjenica, vretenca, vodencvjetovi...) – sl. 5.31. b, str. 60.

RAZNOLIKOST KUKACA U BIOSFERI

1. Kako se dijele kukci s obzirom na građu krila, usnih organa i oblik preobrazbe? Navedite glavne osobine svake skupine.
 - **BESKRILCI** – manji broj vrsta; nemaju krila i nikada ih nisu imali; duga ticala, usni organi za grizenje, žive na tamnim i vlažnim mjestima; najpoznatiji: šećeraši, skokuni
 - **KRILAŠI** – imaju 1 ili 2 para krila, a kod nekih su krila zakržljala
2. Koje se skupine kukaca ubrajaju u krilaše s nepotpunom preobrazbom?
 - **VODENCVJETOVI, VREtenca, RAVNOKRILCI, GRIZLICOKRILAŠI**
3. Navedi po čemu se razlikuju vodencvjetovi i vretenca? Navedi nekoliko vrsta vretenaca.
 - **RAZLIKE:** odrasli oblici vodencvjetova se ne hrane jer nemaju razvijene usne organe i žive samo 1 – 2 dana, a odrasla vretenca su grabežljivci
 - **VRSTE:** KONJSKA SMRT, LIBELA ili VILINSKI KONJIC
4. Koji kukci spadaju u ravnokrilce? Čime se hrane?
 - **VRSTE:** ZELENI SKAKAVAC, ŠAŠKA, ŠTURAK, BOGOMOLJKA
 - kukci koji se zadržavaju na grančicama i lišću i hrane se njima (usni organi za grizenje)
 - imaju 1. par uskih i jače hitiniziranih krila koja pokrivaju zadak, 2. par krila je mekši
5. U koju skupinu spadaju uši, termiti i tekuti? Po čemu je ta skupina kukaca posebna?
 - u **GRIZLICOKRILAŠE**
 - sitni nametnici ljudi i životinja – usni organi su prilagođeni bodenju, sisanju i grizenju; mnogima su krila zakržljala
6. Što su rilčari?
 - **VRSTE:** STJENICE, BILJNE I ŠTITASTE UŠI, CVRČAK
 - usni organi prilagođeni za bodenje i sisanje (poput rila); krila: kožasta ili ih nemaju
7. Koje se skupine kukaca ubrajaju u krilaše s potpunom preobrazbom?
 - **MREŽOKRILCI, LEPTIRI, DVOKRILCI, BUHE, KORNJAŠI, OPNOKRILCI**
8. Navedi nekoliko vrsta leptira. Kakve usne organe imaju odrasli leptiri?
 - **VRSTE:** BIJELCI, NOĆNA PAUČETA, GUBARI, SOVICE, PLAVCI, RIĐE, PRELLCI, LASTIN REP, LJILJCI

- ličinke: usni organi za grizenje, hrane se lišćem
 - odrasli: usni organi za lizanje i sisanje; dugim sisalom sišu slatki sok; 2 para mrežastih krila prekrivenih ljuskicama (poslagane kao crijepovi na krovu)
9. Što su dvokrilci? Navedi nekoliko glavnih osobina?
- **VRSTE:** MUHE, KOMARCI, OBADI, KOMARI, ŠTRKOVI
 - 1 par opnatih krila, 2. par je zakržljao
 - usni organi: za bodenje, sisanje (sišu krv životinjama i prenose bolesti), lizanje; ličinke nemaju noge
10. U kojoj se skupini kukaca krilaša s potpunom preobrazbom nalaze nametničke vrste? Navedi ih i napiši koje bolesti mogu prenositi.
- nametničke vrste pripadaju BUHAMA
 - usni organi za bušenje kože i sisanje krvi pticama i sisavcima; noge – jake i prilagođene za skakanje; plosnato tijelo
 - **VRSTE:** OBIČNA, PASJA, MAČJA, ŠTAKOROVA BUHA – prenosi kugu
11. Koja je najbrojnija skupina kukaca krilaša s potpunom preobrazbom? Koje su njihove osobine? Navedi neke vrste.
- **KORNJAŠI** – opisano ~ 300.000 vrsta
 - stanište: šume, vode, zemlja, biljke...
 - 2 para krila – tvrdo pokrtilje i kožasto potkrtilje; usni organi za grizenje
 - **VRSTE:** JELENCI, HRUŠTEVI, ZLATNE MARE, STRIZIBUBE, BOŽJE OVČICE, POTKORNJACI, ZLATNICE, TRČCI, PIPE...
12. Što su opnokrilci?
- kukci koji imaju 2 para opnatih krila; usni organi za lizanje i grizenje; neke vrste imaju na zatku leglicu za odleganje jaja ili žalac
 - **SKUPINE:** OSE, PČELE, MRAVI, BUMBARI
13. Koji kukci žive u zadrugama? Izaberi jednu vrstu i opiši njihovu zadrugu.
- PČELE, OSE, MRAVI, TERMITI
 - **zadružni život:** najviši stupanj složenog ponašanja kukaca

13.1 ZADRUGE TERMITA

- žive u termitnjacima ($\Phi = 5$ m; h = 4 m) – građeni su od drva ili zemlje, sadrže mnogo hodnika i prostorija
- u središnjoj komori – ženka (vrlo plodna) i mužjak
- bespolni (zakržljali) mužjaci i ženke – vojnici (velika glava i snažne čeljusti – brane zadrugu) i radilice (pribavljaju hranu za čitavu zadrugu) – često slijepi
- 2 vrste žive u Dalmaciji (inače tropsko područje)

13.2 ZADRUGE MRAVA

- zadružni opnokrilci - žive u mravinjacima – ispod kamena, u zemlji, drvetu; zadrugu čini $\times 1000$ jedinki
- plodna ženka (matica), radnici i vojnici (bespolne ženke bez krila); matica i mužjaci imaju krila
- u doba spolne zrelosti mužjaci izlaze na svadbeni let, nakon oplodnje mužjaci ugibaju
- ženke se vraćaju u isti mravinjak ili grade novi
- radilice i vojnici – hrane i čiste ličinke, prenose kukuljice. skupljaju hranu za zimu, grade nove hodnike, hrane mravinjak...
- npr. RUSI MRAV

13.3 ZADRUGE MEDNE PČELE

- medna pčela potječe iz Afrike - uzgajaju se radi meda i voska u umjetnim nastambama – košnicama; zadrugu čine: matica trutovi i radilice (50.000 – 100.000)
- matica - može odložiti 1.500 – 2.000 jaja dnevno, živi 4 – 5 godina, hrane ju radilice mliječem (bjelančevine, šećer, masti, vitamine), oplodi ju trut tijekom svadbenog leta (trut uginje), nema žalac ni noge za sakupljanje peluda

- radilice žive oko 6 tjedana, one koje prezimljuju i do 8 mjeseci, rade različite poslove, npr. kad imaju 15 dana voskom koji luče žlijezde voskovnice grade saće; imaju žalac povezan s otrovnim žlijezdama
 - trutovi žive u zadruzi od proljeća do jeseni, nakon toga ih radilice izbace iz košnice – uginu, namaju žalac i noge za sakupljanje peluda
14. Što je matica, što su trutovi, a što radilice?
- MATICE – ženke koje legu jaja, jedina spolno zrela ženka; TRUTOVI – mužjaci; RADILICE – neplodne ženke s nerazvijenim spolnim organima
15. Zašto su kukci i gospodarski važni?
- kukci su biljojedi, strvinari i grabežljivci – sudjeluju u hranidbenim lancima i u kruženju tvari
 - oprašuju cvjetnice
 - hrane su mnogim životinjama (ribe, pauci, vodozemci, gmazocvi, kukcojedne ptice, sisavci..)
 - nametnici
 - pčele proizvode med i vosak; dudov svilac – čahurice se upotrebljavaju u proizvodnji svile
16. Navedi **tri vrste kukaca** koji su prenosnici bolesti i bolesti koje prenose.
- BUHE, UŠI – sišu krv sisavcima
 - TEKUTI – hrane se rožnatim proizvodima kože peradi
 - ŠTRKOVI - parazitiraju u nosnim šupljinama ili želucu goveda i konja (čovjeka)
 - KOMARAC MALARIČAR – prenosi uzročnike malarije (plazmodije) u krv čovjeka
 - PAPATAČI KUKCI – prenose papatačku groznicu
 - MUHE GLOSINE (CE–CE MUHE) - ubodom prenose uzročnike bolesti spavanja (bičase tripanosoma)
 - ŠTAKOROVA BUHA – kuga
 - ODJEVNA UŠ – tifus
 - KUĆNA MUHA – može zaraziti hranu bakterijama ili virusima s bolesnog čovjeka ili životinje
17. Navedi tri vrste kukaca koji uzrokuju štetu u poljoprivredi i šumarstvu.
- ličinke leptira KUPUSNOG BIJELCA – jedu lišće kupusa
 - ROVCI – uništavaju korijenje povrtnica
 - ličinke KRUMPIROVE ZLATICE – jedu lišće krumpira
 - LISNE i ŠTITASTE UŠI i gusjenice leptira – štete u voćnjacima
 - BILJNE UŠI – sišu biljne sokove – sušenje biljaka
 - ŠEĆERNA PIPA – napada šećernu repu
 - VINOVI TRSENAC ili FILOKSERA – napada vinovu lozu
 - POTKORNJACI, STRIZIBUBE, PIPE, HRUŠTEVI, BOROVI i SMREKOV PRELAC - oštećuju šumsko drveće
 - KRZNENI i SUKNENI MOLJCI – oštećuju odjeću u domovima
 - ŽITNI, BRAŠNENI i PŠENIČNI MOLJAC – napadaju spremište žitarica
18. Navedi i opiši metode kojima možemo suzbiti štetne kukce.
- **NAPOMENA:** naziv štetnici koristi se samo u vezi s čovjekom, u prirodi nisu štetnici!!!
 - **MEHANIČKE METODE** – uništavanje gnijezda (termitnjaka, osinjaka...), razvojnih stadija
 - **BIOLOŠKE METODE** – suzbijanje njihovim prirodnim neprijateljima – drugim kukcima ili pticama (ličinke komarca malaričara suzbijaju se ribama gambuzijama koje se njima hrane)
 - **KEMIJSKE METODE** – upotreba otrova (insekticida – lat. insecta = kukci, caedere = ubiti); nepovoljno djeluju na čovjeka i životinje i teško se razgrađuju (dolaze u hrani), a kukci brzo postaju otporni nanjih

4. MALOKOLUTIČAVCI (OLIGOMERIA)

- **stanište:** more → dno → plićaci i dubine
- najvažnije skupine: bodljikaši i žiroglavci; lovkaši, crijevodisači, bradnjaci, četinočeljasti
- nastali su vjerojatno iz kolutičavaca → smanjenjem broja tjelesnih kolutića; na njihovom tijelu kolutičavost nije uočljiva
- zbog sjedilačkog načina života na dnu: dvobočna (bilateralna) simetrija → zrakasta (radijalna) simetrija
- živjeli su na Zemlji prije 500 milijuna godina (dobro očuvani ostaci zbog vapnenog kostura)

4.1 BODLJIKASHI (Echinodermata)

- 6000 vrsta
- neke vrste opisao je već Aristotel
- razlike u obliku i veličini (od nekoliko milimetara do 1 m)
- Jadransko more: ~ 60 vrsta
- ježinci, zvjezdače, zmijače, trpovi (→ pužu ili kopaju po dnu), stapčari (→ barem u jednom razdoblju života žive pričvršćeni za dno)
- naziv: neki imaju bodlje (ježinci, zvjezdače!); trpovi – nemaju; zmijače – tanke i krhke, sličnije dlakama
- uloga bodlji: pokretanje i obrana
- **REGRESIJA (redukcija) U GRADI TIJELA:** nemaju sustav za izlučivanje, krvožilni sustav, dišni sustav

1. SIMETRIJA TIJELA

- zrakasto (radijalno) simetrične životinje s **5** ravnina simetrije: **PETEROZRAKASTA SIMETRIJA TIJELA**
- svaka ravnina simetrije dijeli tijelo na 2 jednaka (simetrična) dijela
- nije uočljiva na prvi pogled kod trpova i ježinaca, ali je vidljiva u unutrašnjem rasporedu organa

2. KOSTUR (=kožni skelet)

- unutarnji kostur → smješten ispod površine kože
- izgrađen iz vapnenih pločica
- ježinci – vapnene su pločice srasle u (nepokretnu) čahuricu
- **BODLJE** ježinca su povezane s čahuricom (kuglasti zglobovi) – mogu se pokretati u svim smjerovima
- zmijače i zvjezdače – vapnene pločice su povezane i pokretne → krakovi se mogu savijati
- trpovi: pločice su vrlo sitne, zakržljale (fragmenti) i raspršene u koži (= OSIKULE) ili ih uopće nemaju → mekano tijelo
- između bodlji smještene su **ŠTIPALJKE** – ježinci i zvjezdače ih koriste za čišćenje bodlji, hvatanje sitnih životinja i prinošenje ustima; neke štipaljke mogu biti povezane s otrovnim bodljama i služe za obranu (malo neprijatelja – neke ribe, raci i puževi)

3. KRETANJE

- spore životinje; zvjezdače i zmijače su nešto brže
- neki se kreću (pužu) stezanjem mišićne stijenke tijela (trpovi)
- drugima kretanje omogućuje **VODOŽILNI (AMBULAKRALNI) SUSTAV** – sustav cjevčica ispunjen morskom vodom
- taj sustav ima slijepe ogranke različite dužine:
 - a) najduži ogranči čine **PRIONLJIVE (ambulakralne) NOŽICE** – izbijaju kroz kostur i kad su ispunjene vodom prijanjaju uz podlogu, kad su prazne – mlohave → kretanje – ježinci i zvjezdače (koriste ih za otvaranje školjaka, npr. kamenica)
 - b) najmanje izbočine – služe za disanje
 - c) kratki izdanci – pipala – služe za primanje podražaja
 - d) izlučivanje(?)

4. PREHRANA I PROBAVNI SUSTAV

- usta → želudac → crijevo → crijevni otvor (ježinci, trpovi, stapčari) – sl. 6.2, str. 69.

- zmijske i zvjezdače (uglavnom) imaju neprohodno probavilo
- hrana: organske tvari s morskog dna (trpovi); alge (ježinci – brste ih zubićima); grabežljivci (zvjezdače i zmijske – napadaju puževe, školjkaše, ribe)
- manji plijen zvjezdače sabiru u probavilo, a na veći izbace usta i mišićav želudac koji luči probavne enzime – probava izvan tijela, kad se plijen razgradi, usišu ga

5. OSJETILA

- nemaju osjetila, ali reagiraju na svjetlo → osjetne stanice u koži(?)

6. RAZMNOŽAVANJE

- razdvojenog spola; nema vanjske razlike
- oplodnja: vanjska
- ženke stvaraju veliki broj jajašaca (npr. jedna ženka ježinca – 10^6 jajašaca) – važno za embriologiju
- iz oplodnenog jajašca razvija se ličinka (pluteus) – bilateralno ili dvobočno simetrična
- ličinka prvo pliva, a kasnije dobiva zrakastu simetriju i pričvrsti se za dno
- većina ličinki hrana je različitim morskim organizmima
- briga za leglo: ježinci ne brinu; ženke trpova čuvaju oplodnena jajašca u vrećicama na površini tijela ili između nabora kože; neke zvjezdače čuvaju jaja i mlade oko usta, između bodlji ili svijaju krakove oko oplodnenih jajašaca
- višekraka zvjezdača (7 krakova) razmnožava se tako što se «rastrga» na dva nejednaka dijela, a svaki dio obnovi organe koji nedostaju
- svi bodljikaši imaju veliku sposobnost regeneracije (obnavljanja)
- zvjezdače i zmijske obnavljaju krakove; ježinci – bodlje, štipaljke, dijelove čahure; trpovi – unutrašnje organe (izbace ih uslijed stresa – vađenje iz vode, jak pritisak...)

BODLJIKASHI U JADRANU

- kamenito dno: crni ježinac (crne do tamnoljubičaste boje), hridinasti ježinac (tamnozeleno boje, kraćih bodlji) – čest je u onečišćenom moru (s puno organske tvari)
- stjenovito dno: narančasta križalina, crvena zvjezdača, kvrgava zvjezdača, brisinga (rijetka u plićaku) – crvene boje, $\Phi = 70$ cm; 9 – 10 krakova

4.2 ŽIROGLAVCI (Enteropneusta)

- najbliži današnjim svitkocima (kralježnjacima)
- ~ 60 vrsta
- duguljasto tijelo (d = 2 cm – 2,5 m – golemi žiroglavac iz Atlantika, Brazil)
- u Jadranu: obični žiroglavac (d = 20 – 50 cm)
- žive u hodnicima koje kopaju u morskoj podlozi
- stijenke hodnika slijepe pomoću sluzi koja omogućava lakše provlačenje
- hrane se uvlačenjem pijeska i mulja u probavilo iz kojeg probavljaju hranjive (organske) tvari
- razdvojenog spola; oplodnjom nastaje ličinka koja se razvija preobrazbom do odrasle jedinke
- **građa tijela:**
 1. glavica
 2. ogrlica s ustima
 3. trup
- unutar tijela → s leđne strane ždrijela – postoji **POTPORNI ŠTAPIĆ** – učvršćuje glavicu pri kopanju hodnika (sl. 6.11, str. 71.)
- na ždrijelu → **ŠKRŽNE (ždrijelne) PUKOTINE** – prokrvljene su, služe za disanje (voda ulazi kroz usta, a izlazi kroz te pukotine u okolnu vodu, kisik iz vode ulazi u krv)
- **ŽIVČANA VRPICA** – s leđne strane tijela

DODATAK EVOLUCIJI MALOKOLUTIČAVACA:

- Ameria i Polymeria → različiti, ali srodni – ličinke kolutičavaca
- najrazvijeniji beskolutičavci – glavonošci, razvoj prema mnogokolutičavcima ne ide preko glavonožaca
- najrazvijeniji mnogokolutičavci – kukci, ali razvoj prema malokolutičavcima ne ide preko kukaca
- u evoluciji se nikad napredak ne zbiva preko najrazvijenijih skupina - suviše su specijalizirane
- drevni kolutičavci (preci današnjih – recentnih) razvili su se u današnje kolutičavce i današnje člankonošce; **zajedničke značajke:** potkožni mišići, dugo, valjkasto, pokretno tijelo; bilateralna

- simetrija; segmentirano tijelo; živčani sustav (ganglij, trbušni živčani traci); ekstremiteti; škrge, uzdušnice; oči
- neki od tih drevnih kolutićavaca su se prilagodili životu na dnu mora, pričvrstile su se za podlogu, ruju po njoj - to je moglo dovesti do promjena u građi i simetriji tijela – kržljaju pojedini organi, a drugi se razvijaju (REGRESIJA) – smanji se broj kolutića i bilateralna simetrija → radijalna simetrija (analogna koraljima) → malokolutićavci
 - iz njih, odnosno, iz njihovih predaka → **SVITKOVC!**

11. SVITKOVCI (Chordata)

Sažetak je napisan na temelju udžbenika:

- BAČIĆ T, ERBEN R (1999) RAZNOLIKOST ŽIVOGA SVIJETA – udžbenik biologije za 2. razred gimnazije.. Šk. knjiga, Zagreb
DOLENEC Z, BARTOLIĆ G, MARKOVIĆ N (2001) BIOLOGIJA 2 – Životinjski svijet. Profil, Zagreb
HABDIJA I (1996) RAZNOLIKOST ŽIVOGA SVIJETA – Životinjski svijet - udžbenik iz biologije za drugi razred gimnazije.. Profil, Zagreb
LUI A (1994) ZOOLOGIJA. Šk. knjiga, Zagreb

NAPOMENA: Ovaj sažetak može poslužiti isključivo za ponavljanje gradiva i kao podsjetnik! Tu će ulogu u potpunosti ispuniti ako ga samostalno dopunite i potražite odgovore na postavljena pitanja!

5. SVITKOVCI

- opisano: ~ 40 000 – 47 000 vrsta
- stanište: more, kopnene vode, kopno

ŠTO JE SVITAK? – elastični potporanj s leđne strane tijela

ZAJEDNIČKE OSOBINE SVITKOVACA:

1. unutrašnji potporanj tijela – **svitak** (*chorda dorsalis*) ili kralježnica sastavljena iz kralježaka
2. **škržne pukotine** (obrasle trepetljikama) – na prednjem dijelu probavila (crijeva, u ždrijelu); uloga: izmjena plinova (kod kralježnjaka tu ulogu preuzimaju škrge ili pluća → nastaju iz prednjeg dijela probavila)
3. glavna **živčana vrpca na leđnoj strani tijela** – smještena iznad svitka, a kod kralježnjaka → leđna moždina
4. **zatvoren optjecajni sustav** (osim kod mješčičnica)

- navedene osobine ne trebaju biti prisutne kod odrasle životinje, ali se javljaju barem tijekom embrionalnog razvitka:

- kopneni kralježnjaci → škržne pukotine i svitak imaju samo tijekom embrionalnog razvitka;
- svitkoglavci i kružnousti → imaju svitak tijekom cijeloga života;
- plaštenjaci → imaju svitak samo u ličinačkom stadiju)
 - pojavili su se početkom paleozoika (prije ~ 500 000 000 godina)
 - kolutičavost se izgubila; zapaža se npr. u rasporedu nekih tjelesnih mišića kralježnjaka (riba) i rasporedu kralježaka (raspoređeni su *metamerno* → jedan iza drugoga)
 - smatra se da su preci svitkovaca životinje slične današnjim žiroglavcima
 - **LUI**: drevni kolutičavci (pokretni) razvijali su se u dva smjera:
 1. prema današnjim mnogokolutičavcima (Polymeria)
 2. prema današnjim malokolutičavcima (Oligomeria) – ramenonošci, mahovnjaci, bodljikaši, žiroglavci

PODJELA SVITKOVACA:

1. **PLAŠTENJACI** (Tunicata) → mješčičnice, repnjaci, dvootvorke
 2. **SVITKOGLAVCI** (Cephalochordata) → kopljače
 3. **KRALJEŽNJACI** (Vertebrata) → kružnousti, ribe, vodozemci, gmazovi, ptice, sisavci
- } **BEZLUBANJCI**
- } **LUBANJCI**

GLAVNA OBILJEŽJA EVOLUCIJE SVITKOVACA:

- razvoj unutrašnjeg kostura (svitak → bezlubanjski; kralježnica → lubanjski)
- razvoj višeslojnog pokrovnog sustava (kože) i rožnatih tvorbi: ljuške, perje, dlake
- razvoj cjevastog živčanog sustava s leđne strane tijela, iznad svitka (kralježnjaci → leđna moždina)

- cefalizacija = proces razvoja glave → razvoj mozga kojeg okružuje lubanja (hrskavična, koštana)
- specijalizacija osjetilnih organa → bolje snalaženje u okolišu
- prijelaz iz vode na kopno → anatomija (razvoj pluća, optjecajnog sustava, sustava za izlučivanje...), fiziologija, način kretanja, ponašanje...
- postizanje stalne tjelesne temperature (toplokrvnost, homeotermnost) → ptice i sisavci
- raznolikost oblika ponašanja u razmnožavanju

5.1 PLAŠTENJACI (Tunicata) → mješćinice, repnjaci, dvootvorke

- opisano ~ 2000 vrsta
- stanište: more
- različite građeni organizmi: pokretni, planktonski, mikroskopske veličine i makroskopski, sjedilački oblici
- **mješćinice (kvrčava mješćinica)** – najbrojnije (d = 10 cm); tijelo građeno poput vrećice ili mješine (ime!)
- sesilni organizmi → samostalni ili u zadrugama, na različitim dubinama (plićaci → pa do 1000 m dubine)
- izvana obavijene PLAŠTEM ili TUNIKOM (sluzav) – izrađen iz TUNICINA (sličan celulozi) – izlučuje ga epiderm (epiderm sadrži i različite pigmente)
- 2 otvora – usta i izlazni otvor → mogu se zatvoriti mišićima
- između stijenke tijela i unutrašnjih organa → šupljina: ATRIJ ili PREDVORJE
- **PROBAVA i DISANJE:** usta (ulaz vode i hrane) → škržno ždrijelo (ispunjava većinu tijela) - filtrira vodu, hrana ostaje u ždrijelu, a voda izlazi van kroz pukotine ždrijela i oplakuje mrežu krvnih kapilara u njemu (disanje) → hrana putuje dalje u želudac i crijevo → izlazni otvor (nečisnica)
- **ERBEN:** s trbušne strane ždrijela postoji podškržni žlijeb = ENDOSTIL → žljezdane stanice (omataju hranu) + trepetljike (potiskuju hranu u želudac)
- **OPTJECAJNI SUSTAV: otvoren**
- **ŽIVČANI SUSTAV** - jednostavan (moždani ganglij na leđnoj strani i živci koji se protežu tijelom); nisu pronađena osjetila
- **RAZMNOŽAVANJE:** spolno i nespolno
- **spolno:** dvospolci, spolne se stanice ispuštaju u vodu, oplodnja ili u slobodnoj vodi ili u tjelesnoj šupljini
- iz oplođenih jaja → ličinke (+ svitak), slične punoglavcima; prvo plivaju, pričvrste za podlogu i razvijaju u odrasle jedinke (izgube svitak!)
- **nespolno:** PUPANJEM (1. izraste izdanak = *stolon*, na njemu se razvija pup), pupovi se mogu i ne moraju odvajati od matične jedinke → složene zadruge
- velika sposobnost regeneracije

5.2 SVITKOGLAVCI (Cephalochordata) → kopljače (*Amphioxus*)

- poznato ~ 30 vrsta
- žive na pješčanom dnu, u plićacima (do 60 m dubine), blizu obale – tropska mora i mora umjerenog pojasa – bogata kisikom
- u Jadranu: **zašiljena kopljača** (d = 5 – 8 cm) – tijelo je zašiljeno sprijeda i straga (ime!)
- stražnji dio tijela uvlači u pijesak, može plivati (ima repnu, trbušnu i leđnu peraju)
- epiderm luči sluz
- nema lubanju
- kolutičavost se raspoznaje u rasporedu tjelesnih mišića (60 mišićnih kolutića = miomera) i spolnih žlijezda (s trbušne strane)

- tijelo učvršćuje SVITAK (obavijen dvjema ovojnicama) – s leđne strane tijela, između crijeva i leđne živčane vrpce
- ŽIVČANI SUSTAV i OSJETILA: leđna živčana vrpca → u prednjem dijelu tijela – proširena; iz nje izlaze jedan par trbušnih i leđnih živaca
- na površini tijela osjetilne stanice koje raspoznaju svjetlost
- PROBAVA i DISANJE: oko usta na prednjem dijelu tijela ima vijenac usnih pipala (12 – 20 pari) → osjetljiv na dodir i okus – unosi vodu s hranom u usta → škržno ždrijelo – hrana ostaje u probavilu (crijevu), a voda koja izlazi kroz pukotine ždrijela oplakuje krvne kapilare (difuzija plinova) → neprobavljeni ostaci hrane izlaze kroz izmetni otvor
- uz crijevo → slijepa vrećica = jetra
- OPTJECAJNI SUSTAV: vrlo dobro razvijen krvotok – nema srca, krv pokreću stežljive žile (svitkoglavci = žilosrdnice)
- SUSTAV ZA IZLUČIVANJE: SOLENOCITI - slične metanefridijima kolutićavaca – u parovima (do 90) na leđnoj strani škrznog ždrijela, jednim krajem otvaraju se u tjelesnu, a drugim u okoškržnu šupljinu
- RAZMNOŽAVANJE: spolno; odvojena spola
- mužjak i ženka imaju oko 25 pari spolnih žlijezda; nemaju izvodne cjevčice za izvođenje spolnih stanica → kada spolne stanice sazriju, spolne žlijezde puknu, a stanice se prvo oslobađaju u tjelesnu šupljinu kopljače, a zatim u more gdje se događa oplodnja
- u nekim se zemljama (Kina) pripremaju za hranu
- u Tihom oceanu: kalifornijska kopljača
- teorija o ostanka svitkoglavaca i kralježnjaka: iz ličinki plaštenjaka

5.3 KRALJEŽNJACI

5.3.1 KRUŽNOUSTE (Cyclostomata)

- najprimitivniji kralježnjaci - lubanjci
- pojavili su se u ordoviciju (paleozoik)
- okrugla usta u obliku lijevka bez čeljusti (samo okrugla hrskavična tvorevina) + zubići (rožnate kvržice)
- neparan nosni otvor
- hrskavičan kostur; kolutićav raspored mišića
- imaju svitak tijekom cijeloga života
- imaju bočnu prugu (ravnoteža)
- koža: gola, bez ljusaka + sluzne žlijezde (izumrle vrste imale su koštane pločice na tijelu)
- oči bez kapaka; imaju i tjemeno oko
- disanje: škržne vrećice
- srce: vensko - 1 PKL i 1KL
- probavilo: poput cijevi + jetra + gušterača (nemaju slezenu)
- izlučivanje: prvi bubreg (prabubreg)
- razmnožavanje: odvojenoga spola, spolni produkti se izljevaju u trbušnu šupljinu i iz tijela izlaze kroz mokraćnospolni otvor
- oko 40 vrsta; najčešće nametnici na ribama
- žive u moru i slatkim vodama
- **paklare** → leđna i repna peraja (morska, riječna, potočna – sve se mrijeste u rijekama)
- **sljepulje** (nemaju oči) → samo repna peraja, žive u polarnim morima

5.3.2 RIBE (Pisces)

- niži kralježnjaci
- staništa: more, bočate i kopnene vode, neke izlaze na kopno
- broj vrsta: ~20000 – 22000

- voda je toplinski stabilnija od zraka → ribe su hladnokrvni (poikilotermno) organizmi, spori metabolizam

VANJSKI IZGLED:

- vretenasto, hidrodinamično tijelo → glava – trup – rep (mogu biti i crvolike, zmijolike i plosnate)
- 1 par prsnih i 1 par trbušnih peraja; neparne peraje: leđna, repna i 1 ili više podrepnih
- velike oči (bočno na glavi) + prozirni srasli kapci koji prekrivaju rožnicu → gledanje na blizinu, boje???
- disanje: škrge, sa strane tijela (glave); broj škržnih pukotina: 5 – 7, pridržavaju ih škržni lukovi; +/- škržni poklopac
- s bočne strane tijela +/- **bočna pruga** → cjevčica ispod ljusaka s brojnim otvorima pomoću kojih je u doticaju s okolnom vodom, u cjevčici su osjetni pupoljci (primaju podražaje o strujanju vode)
- nosni otvori = mirisne jamice – samo njuh! – pronalaženje hrane, parenje i orijentaciju

POKROVNI SUSTAV:

- višeslojna koža + mnogo sluznih žlijezda, prekrivena ljuskama (romboidne +/- zubići; cikloidne, češljaste ili ktenoidne + zubići)
- na ljuskama se vide krugovi priraštaja → starost ribe

POTPORNİ SUSTAV:

- hrskavičan (hrskavičnjače) ili koštan (zrakoperke)
- lubanja (živčana i škržna) – kralježnica (izravno spojena na lubanju) + rebra + kostur prsne peraje (povezan s lubanjom: lopatica, ključna kost i vranjača); nemaju kukovlje

MIŠIĆNI SUSTAV

- kolutićav raspored mišića
- kod nekih riba (drhtulja, munjevita jegulja, munjeviti som) – poprečno-prugasti mišići preobraženi su u električne organe → omamljivanje plijena i obrana

ŽIVČANI I OSJETILNI SUSTAV

- mozak (prednji – velike polutke kod hrskavičnjača, srednji, stražnji, međumozak, primozak) – leđna moždina – živci
- osjetilni organi: oči; mirisne jamice na glavi; mehaničke vibracije prima labirintni organ (unutrašnje uho); bočna pruga, samo unutrašnje uho

PROBAVNI SUSTAV

- usta (nema jezik) – ždrijelo – jednjak – želudac – crijevo – analni otvor
- zubi – u čeljustima; mijenjaju zube; pridržavanje plijena, neke ribe drobe plijen
- kod nekih riba usna je šupljina povezana s mirisnim jamicama (nosnoprozračnice: resoperke i dvodihalice)
- zavojiti zalistak (morski psi) u crijevu – nabor sluznice, povećana površina za apsorpciju hrane
- probavne žlijezde: jetra (+ulje → važno za plivanje u dubini zbog tlaka), žučni mjehur i gušterača, nemaju slinovnice
- imaju slezenu
- plivaći mjehur – šuplji izdanak stijenke jednjaka, kod nekih je spojen s jednjakom (zrakovod – otvoreni tip) → **HIDROSTATSKI ORGAN** (+ plin ↑; - plin ↓)

DIŠNI SUSTAV

- škrge → 4 škržna luka + škržni listići
- voda ulazi na usta i izlazi kroz škržne pukotine i pritom se zbiva izmjena plinova (O₂ ulazi u krv, a CO₂ se oslobađa u vodu – DIFUZIJA!!!)
- krvne stanice koje vežu kisik: ERITROCITI; krvni pigment: HEMOGLOBIN
- neke ribe (čikovi) u nedostatku kisika dišu crijevima (izmjena plinova – na sluznici crijeva)

OPTJECAJNI SUSTAV

- u škragama se krv oksigenira (+O₂) → leđna arterija → tijelo (tu se deoksigenira: O₂ u stanice, a CO₂ u krv) → venski zaton → srce (**vensko**; 1 PKL, 1 KL) → škrge

SUSTAV ZA IZLUČIVANJE

- prabubreg (mezonefros)
- paran organ tamnocrvene boje smješten uz kralježnicu iznad plivaćeg mjehura

- u bubrege dolazi venska krv iz koje se odstranjuju dušikovi spojevi i višak soli
- iz bubrega izlaze mokraćovodi → mokraćni mjehur → nečisnica (=kloaka) ili poseban otvor mokraćne cijevi na vrhu mokraćne kvržice iza crijevnog otvora
- dio štetnih tvari izlučuje se preko škrge i kože
- važno održati osmotsku ravnotežu s okolnom vodom (neke piju morsku vodu da bi nadoknadile gubitak soli, višak Na^+ , K^+ i Ca^{2+} izbacuju stanice u škragama ili posebnim žlijezdama...)

SPOLNI SUSTAV I RAZMNOŽAVANJE

- razmnožavaju se jajima; neke su vrste živorodne
- ženke odlažu različit broj jaja ($\times 100$, npr. morski konjic → $\times 1000$, npr. patuljasti som → $\times 10000$, npr. mladica → $\times 1000000$, npr. jegulja, iverak); riblja jaja = **IKRA**
- mužjaci → mliječ (+ spermiji)
- uglavnom su odvojena spola (rijetko dvospolci)
- spolne žlijezde (=plodila; gonade = jajnici i sjemenici) – s leđne strane tijela
- ikra izlazi kroz jajovod ili se jajovod spaja s kloakom
- mliječ se ulijeva u mokraćovod
- oplodnja: najčešće vanjska; unutrašnja rijetka, mužjaci u tom slučaju imaju GONOPODIJ (posebno oblikovanu peraju)

RAZNOLIKOST, PONAŠANJE I GOSPODARSKA VAŽNOST RIBA

- preci današnjih riba slični su današnjim prečnoustama
- 1. ribe – ordovicij, vrlo brojne su u siluru

1. HRSKAVIČNJAČE: *PREČNOUSTE*: morske mačke, morski psi, morski golubovi, drhtulje, raže (isključivo morske!)

- hrskavični kostur čitavog života + svitak
- koža prekrivena plakoidnim ljuskama (**romboidne + zubići**)
- nema plivaćeg mjehura nego slušne cjevčice (ampularni organ)
- heterocerkalna repna peraja
- nemaju škržnog poklopca, 5 škržnih pukotina
- usta su poprečna s trbušne strane tijela, a glava završava «kljunom»
- u ustima više redova zubi

2. ZRAKOPERKE:

2.1 STAROZRAKOPERKE – stara skupina riba, puno fosilnih vrsta

- *ŠTITONOŠE*: kečiga i jesetra; ganoidne ljuske i 5 redova koštanih štitova; hrskavični kostur; moruna – najveća, d = 6 m, m = 2 t

2.2 NOVOZRAKOPERKE

- *CJELOKOSTE* (koštunjavke) – okoštala lubanja i kralješci, svitak reduciran, ganoidne ljuske; grabežljive ribe srednje i sjeverne Amerike
- *PRAVE KOŠTUNJAČE* – potpuno okoštao kostur; cikloidne i ktenoidne ljuske, 90% današnjih vrsta riba
- red: sleđevke – srdela, inćun
- red: lososi - pastrva, lipljan
- red: štuke – štuka, crnka
- red: šaranke – šaran, klen, linjak
- red: grgečke – cipal, skuša
- red: plosnatice – iverak, listopad red: pločoglavke – škrpina, peš
- red: somovi – patuljasti som, som

3. NOSNOPROLAZNICE - mali broj vrsta; spojeni su nosni otvori i usna šupljina (hoane) – zrak dolazi do pluća koja su se razvila iz plivaćeg mjehura, poznate iz devona

- *RESOPERKE* - latimerija (Indijski ocean) – sličnost u građi kostura prednjih peraja i prednjih udova vodozemaca

- *DVODIHALICE* – afrička i južnoamerička dvodihalica, slatkovodne ribe, u vodi dišu škrgama, u sušno doba – pluća

SELIDBE (migracije) RIBA RADI MRIJEŠTENJA: iz rijeka u more – Sargaško more (katadromne selice) – JEGULJE; iz mora u rijeke (anadromne selice) – LOSOSI, JESETRE; uz obalu od proljeća do jeseni, a zimi na otvorenom moru (mrijesti u južnom Jadranu) – SRDJELA; svibanj i lipanj – W Sredozemno more (mrijesti) poslije seli prema Atlantiku, Crnom i Jadranskom moru - TUNJ

- MORSKI KONJIC – ženka odlaže jaja u mužjakovu trbušnu vrećicu, gdje ih on oplodi, a potpuno razvijeni potomci izlaze iz očeve trbušne vrećice
- neke kopaju jame ili kanaliće u koje polažu jaja (pastrve, koljuške) ili grade gnijezda od vodenih biljaka
- morske i slatkovodne ribe – hrana (bjelančevine, vit. A i D), lov, uzgoj, sportski ribolov



5.3.3 VODOZEMCI (Amphibia)

- razvili su se iz praresoperki (pravodozemci = štitolubanjci)
- puno raznolikih vrsta u paleozoiku

PRELAZAK IZ VODE NA KOPNO

- izlazak na kopno doveo je do velikih promjena – fizički uvjeti na kopnu se jako razlikuju od onih u vodi
- prelazak na kopneni način života trajao je ~ 1000000 godina
- voda apsorbira UV zračenje, a zrak ne, to zračenje je štetno za tkiva i kopnenim je organizmima potrebna bolja zaštita
- voda ima veću gustoću i viskozitet od zraka, zrak zato pruža manji otpor pri pokretanju - kopnene životinje imaju jači kostur i jače mišiće te trebaju noge, a za gutanje kopneni su organizmi razvili slinovnice i jezik (vodeni organizmi usisaju hranu ravno u ždrijelo...)
- primanje podražaja u zraku – osjetila trebaju biti bliže površini tijela i moraju biti zaštićena
- temperatura zraka je promjenljiva (dnevna, sezonska, godišnja) – postupno se razvija regulacija tjelesne temperature
- voda sadrži manje kisika od zraka, a plinovi se na kopnu trebaju izmjenjivati bez gubitka tjelesne tekućine – razvoj pluća i boljeg optjecajnog sustava
- preobrazba iz ličinke u odraslu jedinku (vodozemci)

VANJSKI IZGLED

- npr. žaba: glava – trup – 2 para nogu, zadnji par je duži (skakanje)
- na glavi: široka usta, izbočene oči, nos, bubnjić

POKROV TIJELA

- tanka, mekana, gola višeslojna koža + brojne žlijezde (sluz) – disanje, zaštita + pigment
- kožom upijaju vodu (ne piju vodu) i dišu putem nje (veliki broj krvnih žila u usmini)
- neki sadrže žlijezde čija je sluz otrovna (južnoameričke žabe krošnjarice)
- nema rožnatih tvorevina (iznimka: mužjaci žaba → palčani žulj)

POTPORNI I MIŠIĆNI SUSTAV

- koštani kostur: lubanja – kralješnica (9 kralježaka +/- rebra; nikada nisu povezana s prsnom kosti) – kosti udova
- postoje ostaci svitka u kralješnici
- 1. kralježak: ATLAS (nosilac)
- rameni pojas: lopatica, ključna kost i vranjača
- kosti prednjih udova – ramena i palčanolakatna (=podlaktatna) + kosti šake i prstiju
- zdjelični pojas: trtična kost, crijevne i sjedne kosti
- kosti zadnjih udova – bedrena, gnjatna (=goljencična) i lisna + kosti stopala i prstiju
- mišići raspoređeni koso i uzdužno, dobro razvijeni mišići udova

ŽIVČANI SUSTAV I OSJETILA

- razvijen prednji i srednji mozak

- osjetila po cijelom tijelu
- okus: usna šupljina
- nosni otvori (2) završavaju u usnoj šupljini na nepčanom svodu; tu su osjetila za njuh
- mogu zatvoriti ulaz u nosnu šupljinu kožnim zaliskom
- najrazvijenije oči – žabe (veliki raspon akomodacije), imaju 2 očna kapka, donji veći i prozirniji i migavicu (nepokretni kožni nabor u unutrašnjem kutu oka)
- složeniji slušni aparat: unutrašnje (labirintni organ) i srednje uho (počinje bubnjićem na površini tijela) koje je povezano s usnom šupljinom (Eustahijeva cijev)

PROBAVNI USTAV

- usta (jezik – započinje sprijeda i zadnji kraj se može ispružiti van iz usta, zubi u obliku kukica)– ždrijelo – jednjak – želudac – dvanaesnik – tanko crijevo – debelo crijevo – kloaka
- gutaju plijen
- gušterača – probavni enzimi (razgrade hitinske oklope kukaca)
- jetra i žučni mjehur
- ličinka – biljožder, odrasli – mesožderi

DIŠNI SUSTAV

- ličinke – škrge (čovječja ribica – čitav život)
- odrasli – pluća (alveolarna građa) i koža
- nosni otvori – grkljan (+ glasnice) – dušnik – pluća (alveole)
- kreketanje pojačava zvučni mjehur

OPTJECAJNI SUSTAV

- srce – 2 pretklijetke i 1 klijetka; prije srca – venski zaton u kojem se nakuplja venska krv → DPKL → KL → pluća → LPKL → KL → tijelo; u glavu žabe stiže samo oksigenirana krv
- optok krvi: srce → aorta (2 aortina luka) → tijelo → srce → pluća → srce
- limfa – vraća tjelesne tekućine iz tkiva u krv

MOKRAĆNOSPOLNI SUSTAV

- prabubreg (2) → 2 mokraćovoda → mokraćni mjehur → nečisnica (kloaka)
- dio tekućine isparava kroz kožu
- mužjaci: sjemenici → sjemenovodi → mokraćovodi
- ženke: jajnici → jajovodi → kloaka

RAZMNOŽAVANJE

- oplodnja: vanjska; uz vodu, u proljeće, mužjaci kreketanjem vabe ženke, ženka ispušta ikru, a mužjak se drži za njena leđa i ispušta spermije
- jaja nemaju zaštitnu ovojnicu (lupinu) i mogu se razvijati samo u vodi
- unutrašnja: vodenjaci - ženka nečisnicom «usiše» paketiće spermija koji u blizini odlože mužjaci
- ličinka: **PUNOGLAVAC** – **sličan ribi**: diše škragama (2-3), srce je vensko, neparna repna peraja, s leđne strane je svitak, bočna pruga
- preobrazbu (METAMORFOZU) kontrolira štitnjača: hormon TIROKSIN
- preobrazba traje nekoliko tjedana, do spolne zrelosti – nekoliko (10) godina
- npr. orijaški japanski daždevnjaci spolno su zreli s 30 godina
- moguća regeneracija dijelova tijela (noga ili rep)

RAZNOLIKOST VODOZEMACA

- | | | |
|---|---|-------------------|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. BEZNOŠCI 2. REPAŠI 3. BEZREPCI | } | ukupno 2500 vrsta |
|---|---|-------------------|

1. BEZNOŠCI

- nemaju nogu
- indijski rijač (S i SE Azija: Indija, Indokina, Cejlon...), crvoliko tijelo, d = 40 cm
- hrani se gujavicama i malim gušterima
- pripadnik stare skupine vodozemaca iz karbona i perma (štitolubanjava)

2. REPAŠI

- kratke noge, mnogo žlijezda u koži (otrovi), rep
- daždevnjaci – pjegavi i crni daždevnjak, smeđi besplućnjak
- vodenjaci – veliki, mali, planinski
- pjegavi daždevnjak – d = 12 – 17 cm, vlažne i tamne šume, aktivan noću, danju izlazi nakon kiše, hrani se puževima, gujavicama, kukcima...; sporo se kreće,
- čovječja ribica – endem podzemnih voda krškog podzemlja; diše škragama, blijeda, zakrčljale oči, neotenijska (=sposobnost razmnožavanja u ličinačkom stadiju)

3. BEZREPCI

- najmnogobrojniji
- rep otpadne tijekom preobrazbe
- na nogama imaju plivaće kožice
- velika i mala zelena žaba, gatalinka, zelena i smeđa krastača, žuti mukač, obična češnjača, hrženica,...

5.3.4 GMAZOVI (Reptilia)

- pojavili su se prije ~ 300 000 000 godina
- mezozoik: na Zemlji → velika i bogata fauna gmazova dinosaura (d = 30 m): kopneni, vodeni, a neki su i letjeli
- iz nekih su se vjerojatno razvile ptice i sisavci
- dinosauri su izumrli prije ~ 130 000 000 godina
- danas na Zemlji: ~ 6000 vrsta gmazova
- **prvi pravi kopneni kralježnjaci:** pokrov tijela → zaštita od isušivanja; oplodnja i razvitak zametka bez vode; u potpunosti dišu plućima (ni u jednom stadiju razvitka nemaju škrge)

VANJSKI IZGLED

- glava – vrat - trup – rep – prednji i stražnji udovi
- na glavi: usta, nosni otvori, oči

POKROVNI SUSTAV

- tijelo pokriveno rožnatim ljuskama (gušteri i zmije), oklopom (kornjače) ili pločama (krokodili) → proizvod pousmine
- koža je suha; ljuske sprečavaju gubitak vode, ali i rast životinje (presvlačenje → gušteri, zmije)
- žlijezde – samo oko nečisnice, luče mirisne tvari za primamljivanje partnera za razmnožavanje

POTPORN I MIŠIĆNI SUSTAV

- lubanja (koštana, malo hrskavičnih dijelova) - kralježnica – rameni pojas – zdjelčni pojas – kostur prednjih i zadnjih udova
- donju čeljust s lubanjom povezuje kvadratna kost
- 1. i 2. vratni kralježak nose i okreću glavu
- iz kralježaka izlaze rebra
- gušteri → prvih 5 rebra je spojeno s prsnom kosti, ostala su rebra slobodna
- zmije → nemaju prsnu kost, nemaju rameni i zdjelčni pojas ni kosti udova (osim pitona → 2 kosti: ostatak zadnjih nogu); imaju rebra na svim kralježcima (osim repnih) – odupiranje o podlogu pri kretanju
- kornjače → oklop je nastao stapanje unutrašnjeg kostura i rožnatog (kožnog) kostura, npr. oplečje, kukovlje i dio kralježaka su srasli s oklopom; nemaju rebra ni prsne kosti; imaju manje mišića, pokretljiv vrat!
- mišići su specijaliziraniji – brže i spretnije kretanje na kopnu

ŽIVČANI I OSJETILNI SUSTAV

- jače razvijen prednji mozak; kora iz sive tvari
- osjetila: jezik (rascijepljen) – različita osjetila
- organ za sluh: unutrašnje (labirintni organ i pužnica) i srednje uho

- oči: gornji i donji očni kapak + prozirna migavica (gušteri – pokretni donji kapak; zmijske i gekoni – kapci su srasle u prozirnou opnu → «ukočen pogled»)
- gušteri → **tjemeno oko (tjemeni organ)** – na glavi, ispod tjemernih kosti, dio međumozga, sadrži osjetilne stanice za svjetlost, a kod nekih guštera sadrži malu leću i mrežnicu; kosti lubanje na tom dijelu nisu potpuno srasle – otvor presvučen kožom, neproziran, ali dobro propušta svjetlost na tjemeni organ kod gušterica i pilastog premonika

PROBAVNI SUSTAV

- usta (puno žlijezda, zubi → odgrizanje i pridržavanje plijena) – ždrijelo – jednjak – želudac – crijevo – kloaka
- jetra, žučni mjehur, gušterača

DIŠNI SUSTAV

- dušnik – dušnice – pluća (izdužene, naborane vrećice, prokrvljene) – relativno mala dišna površina
- zmijske imaju samo jedno (desno) plućno krilo, lijevo je zakržljalo (razlog: duguljasto tijelo)

OPTJECAJNI SUSTAV

- srce: trodjelno, 2 PKL i 1 KL (postoji pregrada koja djelomično dijeli klijetku na lijevu i desnu polovicu – osim kod krokodila čije je srce potpuno pregrađeno! → zato se venska i arterijska krv samo djelomično miješaju)
- optok krvi: venska krv → venski zaton → DPKL → KL → pluća → LPKL → KL → tijelo
- mali broj eritrocita → malo kisika dospijeva u stanice → spori metabolizam → mala količina oslobođene topline (hladnokrvni)

SUSTAV ZA IZLUČIVANJE

- pravi bubreg (metanefros): gmazovi, ptice, sisavci
- leđna strana trbušne šupljine, jajasti organi tamnocrvene boje
- uz bubrege postoje nadbubrežne žlijezde
- mokraćna (mokraćna kiselina) → nečisnica

SPOLNI SUSTAV I RAZMNOŽAVANJE

- spolni sustav je odvojen od sustava za izlučivanje
- **mužjaci**: sjemenici su smješteni iznad bubrega → sjemenovodi → nečisnica i organi za kopulaciju
- **ženke**: grozdasti jajnici smješteni su s leđne strane potrbušnice → jajovodi započinju s ljevkastim proširenjem, a završavaju u nečisnici
- u jajovodu se oko oplodene jajne stanice bogate žumanjkom izgradi najprije sloj bjelanjka, a zatim i čvrsta lupina
- nesu oplodena jaja, a neki su živородni
- tijekom embrionalnog razvitka razvijaju se 3 embrionalne (zametne) ovojnice: 1) AMNION – ispunjen tekućinom («vodenjak») → zaštita embrija od isušivanja i oštećenja; 2) ALANTOIS → dobro prokrvljena opna koja omogućava disanje i izlučivanje; 3) SEROZA
- **organizmi koji imaju amnion (gmazovi, ptice, sisavci) = AMNIOTA**
- opodnja: **unutrašnjaja**; u vrijeme parenja stijenke nečisnice mužjaka se ispune krvlju, nabubre i izbace van iz otvora kloake te služe kao organ za parenje
- jaja odlažu u rupe iskopane u tlu
- mladi se razvijaju bez preobrazbe i kad se izlegu nalikuju odraslima
- ženke sljepića, poskoka, riđovke i živородne gušterice nose jaja u tijelu dok se mladi ne razviju dovoljno da su sposobni za samostalan život, tada probiju ljusku i izlaze iz majčina tijela

PONAŠANJE GMAZOVA

- funkcionalne prilagodbe za život na kopnu: zaštita od isparavanja, plućno disanje, četveronožno kretanje, unutrašnja oplodnja, jaja s čvrstom lupinom, labirintni organ za sluh...
- kornjače zakapaju jaja u meki pijesak
- neki krokodili čuvaju gnijezda i brane jaja od guštera varana
- temperatura tijela ovisi o okolišu → mnogi gušteri (i vodozemci) zakapaju se zimi u mulj ili u tlo (zimski san); neke pustinjske kornjače za duge žege se zakapaju duboko u pijesak (ljetni san)

PODRIJETLO I RAZNOLIKOST GMAZOVA U BIOSFERI

- 4350 vrsta gmazova danas u biosferi

- rasprostranjeni: suptropi i tropi
- jako puno raznolikih oblika
- podjela: **PREMOSNICI (TUATARE)** – pilasti premosnik
KORNJAČE (240 vrsta)
KROKODILI (23 vrste)
LJUSKAŠI (GUŠTERI i ZMIJE)

1. **PREMOSNICI** – «živi fosil» ili relik, građom tijela sličan paleozojskim gmazovima: $d = 75$ cm; leđni pilasti greben izgrađen je od trokutastih ljustica, živi na Novom Zelandu, hrani se kukcima, puževima, gušterima (noću), danju boravi u rupama u tlu; zaštićena vrsta
2. **KORNJAČE** – oklop s otvorom za glavu i noge, smanjen broj mišića, najrazvijeniji mišići su u vratu (za uvlačenje glave); barska kornjača, obična čančara, gorostasne kornjače (Galapagos), velika i glavata želva (morske)
3. **KROKODILI** – evolucijski = najrazvijeniji gmazovi: kratke noge s dobro razvijenim stopalima nose veliko i masivno tijelo: gangeski gavijal (Indija), nilski krokodil (Afrika), aligator (Amerika)
4. **LJUSKAŠI** – **GUŠTERI**: najbrojniji, odbace rep u opasnosti (samoosakaćivanje) i regeneriraju ga (ali unutra samo hrskavična potpora): macaklini, agame, kameleoni, gušterice (krška, primorska – mnogo podvrsta, endemične vrste na otocima: brusnička, viška, malopalagruška...), sljepići
 - **ZMIJE**: otrovnice → žljebasti ili šuplji otrovni zubi povezani s parom otrovnih žlijezda (preobraženih slinovnica)
 - vrste: bjelouška, četveroprugi kravosas, ljutice (poskok i riđovka); istočnoindijska naočarka, afrička guja, američke čegertuše... - najotrovnije; južnoamerička anakonda i azijski piton - najveće



5.3.5 PTICE (Aves)

- kopneni kralježnjaci
- mogu letjeti - perje (obojeno, rožnatog podrijetla - keratin)
- 2 para udova: prednji par: krila; stražnji par: noge
- kljun (rožnati)
- pjev mužjaka u doba parenja
- grade gnijezda (obojena jaja)
- **ORNITOLOGIJA** – grana biologije koja proučava ptice

KRILO I LET

- lakše dolaze do hrane, biježe od grabežljivca, selidbu i rasprostranjenje na povoljnija staništa
- najbolji letači – oblik tijela, pokretljivost krila, pneumatične (šuplje) kosti, snažni prsni (letni) mišići
- uzlet → diže krila, a zastavice na perima zauzimaju okomit položaj
- spuštanje → spuštaju krila, a zastavice na perima zauzimaju vodoravan položaj
- promjenom položaja zastavica mijenja se tlak zraka na krilima
- pravocrtan let, npr. grlice
- lete tako da se uzdižu i poniru, npr. žune
- imaju brz metabolizam ($15 \times$ više energije troši se u letu); neke ptice štede energiju u klizećem letu (čaplje), druge jedrenjem (albatros)
- koribri – dok uzima hranu lebdi stalno mašući krilima
- obrušavanje sivog sokola ($v = 280$ km/h) – djelomice sklopi krila – najbrža ptica

POKROVNI SUSTAV

- **koža**: tanka, suha, nježna
- ne presvlače se nego se koža peruta
- malo žlijezda u koži – samo neparna lojna trtična žlijezda, mast istiskuju kljunom i njome mažu perje; najrazvijenija je u ptica koje žive uz vodu (guske, patke); neke ih nemaju (noj)
- **perje**: šuplja badrljica + zastavica; badrljica na području zastavice prelazi u stručak → nosi isperke s resicama (vidi sliku u udžbeniku)

- **tipovi pera:** paperje, pokrovno, repno i krilno perje
- **MITARENJE** – promjena perja (min. jedanput godišnje); kontrola mitarenja: štitnjača (tiroksin)
- kod mnogih vrsta postoji spolno dvoličje (u boji perja) – mužjaci su življe obojeni od ženki (fazan, divlja patka), kod nekih se ne razlikuju (svrake, poljski vrabac)
- kod većine – ženke manje uočljivih boja (zaštita za vrijeme gniježdenja)

POTPORNI I MIŠIĆNI SUSTAV

- osnova kostura: lubanja, kralježnica, rebra, prsna kost, rameni pojas, zdjelični pojas, kosti udova
- letačice: lagani kostur – šuplje kosti ispunjene zrakom (preduvjet za let)
- neletalice: ispunjene kosti (koštana srž)
- pokretljiv vratni dio kralježnice, broj vratnih kraljeaka može biti različit u raznih vrsta (siva čaplja: 16 – 17)
- kostur glave: sraštene kosti
- ptice i gmazovi – 1 zglobno puca koje spaja lubanju s prvim vratnim kralješkom
- kljun: nema zuba; oblik ovisi o načinu prehrane
- prsna kost letačica ima greben za koji se drže prsni mišići (let); spojena je s rebrima i kostima ramenog pojasa (= lopatica, vranjača i ključna kost)
- iza prsnog dijela kralježnice → **KRIŽNA KOST** (12 sraslih kralježaka) – uz nju se vežu kosti zdjeličnog pojasa (= crijevne, sjedne i preponske kosti)
- kralježnica završava trokutastom trticom – tu su pričvršćena repna pera
- u razvoju krila (kosti šake) – ostale su samo 2 zapešćajne kosti i 3 skraćene aprsta
- noga: bedrena kost, gnjat, pisnica (nastala iz stopalnih kosti); prsti (4) završavaju kandžama (noge su prilagođene načinu života)
- prsni mišić: dva dijela – površinski dio spušta krila, a manji unutrašnji dio – podiže krila
- tamnocrveni mišići (sporije se stežu i umaraju) – selice, dobri letači i bijeli mišići → neletačice, npr. kokoš
- dobro razvijene mišiće nogu imaju ptice trkačice (kazuar)
- mnogi mišići su raspoređeni po tijelu i pokreću perje

ŽIVČANI I OSJETILNI SUSTAV

- razvijen mozak
- osjetila nisu ravnomjerno razvijena: najčešće dobro razvijen vid (2 ili 3 žute pjege; 5 – 6 × gušće raspoređeni osjetni čunjići; raspoznaju boje) i sluh (sove); slabije razvijen miris (osim npr. smeđi kivi), opip i okus
- sove imaju oči usmjerene naprijed → široko vidno polje i dobra procjena udaljenosti plijena, mogu okretati vrat
- patke imaju oči sa strane glave → gledaju unazad a da ne okreću glavu

PROBAVNI SUSTAV

- usna šupljina u kljunu → jednjak → volja (proširenje jednjaka – mekšanje hrane) → žljezdani predželudac (enzimi) → mišićni želudac (dodatno usitnjavanje hrane, sadrži i kamenčiće, npr. kokoš) → tanko crijevo → debelo crijevo → nečisnica (kloaka)
- debele stijenke želuca imaju vrste koje se hrane biljkama; grabljivice imaju tanku želučanu stijenku, a neprobavljive ostatke izbacuju kroz kljun (= GVALICE, sove)

DIŠNI SUSTAV

- nosni otvori (na dnu gornjeg dijela kljuna), ždrijelo, dušnik, dušnice, pluća i zračne vrećice (5 pari, ulaze u unutrašnjost krilnih kostiju, smanjuju težinu ptice i pomažu plućima tijekom leta, pridonose i očuvanju tjelesne topline – zamjena za masnoće)
- zrak može ulaziti i kroz usta → ždrijelo....
- **PJEVALO** (sustav koštanih i hrskavičnih potpora i opni): na prijelazu dušnika u dušnice – ptice proizvode različite glasove (zov, pjev); lijepo pjevaju: slavuj, drozd cikelj, crnokapa grmuša, crvendać

OPTJECAJNI SUSTAV

- srce: dvije pretkljetke i dvije kljetke – ne miješa se venska i arterijska krv – osnovni preduvjet homeotermnosti (stalne tjelesne temperature; $t = 40 - 44^{\circ}\text{C}$)
- mali (plućni, opskrba krvi kisikom) i veliki (sistemska – opskrba tjelesnih stanica kisikom) krvni optok

- slabo razvijen limfni sustav

SUSTAV ZA IZLUČIVANJE

- mokraćna nastaje u pravim bubrezima (metanefrosima)
- nemaju mokraćnimjehur
- u nečisnici → redukcija vode – mokraćna je kašasta, odstranjuje se iz tijela zajedno s neprobavljenim ostacima hrane

SPOLNI SUSTAV I RAZMNOŽAVANJE

- odvojena spola
- **mužjaci:** sjemenici, nuzsjemenici, dva sjemenovoda → kloaka; neki imaju kopulatorni organ
- **ženke:** REDUKCIJA DESNOG JAJNIKA I JAJOVODA
- oplodnja: unutrašnja; gornji dio lijevog jajovoda dok je jaje bez ovojnice
- ljuska se formira tijekom ispuštanja jaja kroz jajovod
- unutar jajeta: zametak, zavojita vrpca, zračni mjehurić, bjelanjak i žumanjak
- zametni razvoj: potrebno je grijati jaje (gniježđenje) – različito dugo kod različitih vrsta ptica (čvorak: 13 dana; mali zovoj: 61 dan)
- oko zametka se stvaraju (kao i u guštera) zametni ovoji: amnion, alantois i seroza
- ptice neso od 1 jajeta (njorka, bjeloglavi sup) do ~ 20 jaja (trčka)
- valjenje iz jajeta traje 1 – 2 dana
- mlade ptice: POTRKUŠCI (imaju odmah perje i razvijena osjetila, npr. pilići) ili ČUČAVCI (valjaju se slijepi i goli, npr. lastavice)

PONAŠANJE PTICA

- briga za mlade
- građenje gnijezda (na tlu – poljska ševa, u tlu - vodomar, u grmlju – crnokapa grmuša, na drveću - kobac, u dupljama -sjenice, na stijenama – bjeloglavi sup, u /na ljudskim nastambama – piljci, lastavice...); različiti oblici, različiti materijali, gnijezdo gradi mužjak ili oba roditelja zajedno, svake godine grade nova (zeba, žutarica) ili koriste stzara (rode, lastavice); kukavice ne grade gnijezda – podmetnu jaja u tuđa (često gnijezda pjevica)
- šepurenje (snubljenje) prije parenja
- pjev mužjaka
- jata – zbog gniježđenja (galebovi), traženja hrane (čvorak), noćenja (siva vrana), selidbe (lastavice)...
- **SELIDBA:** promjena mjesta boravkačitavih populacija koje se ponavlja u pravilnim vremenskim razmacima; u sadašnjem obliku vjerojatno je određena leenim dobima
- podjela ptica s obzirom na selidbu: **stanarice** (vrabac); **skitalice** (kugara), **selice** (roda) – ovisi o **ponudi hrane** na području gniježđenja
- najduži put prevale arktičke čigre (34 000 km – Arktik – Antarktiki)
- istraživanje selidbe: promatranje, prstenovanje, radiotelemetrija, biološko označavanje
- orijentacija ptica – nije do kraja jasna (Sunce, zvijezde, zemljin magnetizam, smjer vjetrova....)

PODRIJETLO I RAZNOLIKOST PTICA U BIOSFERI

- 9 600 vrsta; u Hrvatskoj: 371 vrsta
- podjela: BEZGREBENKE i GREBENKE
- **GREBENKE** (novočeljuske) – letačice, npr. vranci, rodarice, guščarice, sokolovke, kokoške, šljukarice, golubovke, čiopke, djetlovke, vrapčarke....
- **BEZGREBENKE** (staročeljuske)– ne lete, dobri trkači (stepe, polupustinje) – kazuar (Australija), noj (Afrika), emu, nandu (J. Amerika)...
- preci današnjih ptica su srodni dinosaurima
- pojavile su se u TRIJASU (→ HABDIJA), a u JURI razvijaju brojne vrste
- najpoznatiji fosil: Archeopterix – praptica → prije ~ 150 000 000 godina
- fosili (6 kom.) su pronađeni u Njemačkoj 1861. god. (čuva se u muzeju u Londonu)
- obilježja gmazova: rep s kralješcima (20), zubi u kljunu, kandže na krilima, trbušna rebra, u kostima nema zračnih mjehura
- obilježja ptica: krila s perjem, kljun, građa noge, veličina glave,

ČOVJEK I PTICE (+ ZANIMLJIVOSTI):

- hrana (lov i uzgoj), istrebljenje (dodo s Madagaskara, 17. st.; golub selac – 1914. viđen zadnji primjerak)
- danas ptice najviše ugrožava uništavanje njihovih staništa
- u Hrvatskoj – većina je ptica zakonom zaštićena (osim lovnih vrsta u određeno doba godine)
- najmanja ptica: helenin kolibri (m = 1,6 g)
- najveća ptica – noj (m = 125 kg)



5.3.6 SISAVCI

- onačna skupina kralježnjaka (u filogenetici životinjskog svijeta)
- opisano: ~ 4500 vrsta (< 0,2 % životinjskog svijeta)
- najveći oblici životinja u biosferi → sisavci
- prve životinje koje je čovjek pripitomio → sisavci (1. pas – prije više od 10 000 godina; govedo, konj...)
- danas se uzgajaju zbog mesa, vune, kao kućni ljubimci ...
- posebnosti: **DLAKA, PREHRANA MLADUNČADI MAJČINIM MLIJEKOM, KOTE ŽIVE MLADE** (osim jednootvora → legu jaja)

VANJSKI IZGLED

- glava (usta, parni nosni otvori, ušni otvori + hrskavično vanjsko uho) → vrat → trup (mliječne žlijezde na prsima) → rep + 2 para udova za pokretanje (razlike u građi zbog različitog načina kretanja)
- načini kretanja: hod i trčanje (konj) → razvijen srednji prst + kopito; držanje za grane (ljenivci) → pandže pretvorene u kuke; kretanje po drveću (majmuni) → pomoć u nogu i repa; dvonožno skakanje (klokan) → rep koriste za održavanje ravnoteže; vodeni sisavci → vretenasto, hidrodinamično tijelo; vidra, dabar, čudnovati kljunaš → između prstiju – plivaće kožice; perajari (morž, sredozemna medvjedica...) → oba para udova preobraženi su u peraje; kitovi → pokreću se repnom i prsnim perajama, stražnji udovi su zakržljali; leteće vjeverice → kožne opne između prednjih i stražnjih udova; šišmiši → krila (= letnica ili opna razapeta između vrlo produženih prstiju udova i repa)

POKROVNI SUSTAV

- koža (pousmina) stvara **DLAKU** (orožnjavanjem) isto kao i pandže, rogove, kopita, papke, nokte... (LUI: iznimka: ploče pasanaca i ljuske ljuskavaca i ljuske na repu štakora djelomice stvara usmina)
- izgled dlake: kratka i čvrsta (četine svinje); duga i fina (ovce, alpake, lame); preobražena u bodlje (jež, dikobraz)
- pokrivne dlake = **osje**; ispod su manje i slabije dlake = **malje**
- razlikuje se mikroskopski izgled dlake → određivanje vrste
- dlaka zadržava zrak → dobar izolator; kod vodenih sisavaca → sprečava prodiranje vode do površine kože
- koža vodenih vrsta sisavaca bogata je i lojnim žlijezdama → masnoća također sprečava prodiranje vode do kože
- duge dlake na njušci i oko kapaka → osjetilo opipa
- **LINJANJE** → promjena dlake
- neki sisavci su izgubili dlaku: ljuskavci i pasanci → oklop (rožnate ploče); kitovi → imaju dlake samo kao zametak, odrasli imaju malo četina na gornjoj usni; čovjek → jako smanjena dlakavost
- **HABDIJA**: na koži postoje duboki uvrati pousmine u usminu = **dlačni mješčići**; u njih su usađene dlake **dlačnom glavicom**; iz dlačnog mješčića izlazi **dlačni stručak**; dlačna glavica + dlačni stručak = dlačni korijen (uložen u dlačni mješčić); svaka dlaka ima svoj **dlačni mišić** (mogu se nakostriješiti); u udubljeni dio dlačne glavice ulazi izbočeni dio usmine s krvnim žilama koji zovemo **dlačna bradavica** → žive stanice čijim dijeljenjem dlaka raste
- koža sadrži i znojne žlijezde (znojnice)

POTPORNI I MIŠIĆNI SUSTAV

- **koštani kostur**; hrskavica – tu i tamo (uška, vrh nosa...)
- temeljni dijelovi kostura jednaki kao i kod ostalih kralježnjaka (kosti glave, kralježnica + rebra + prsna kost, lopatični i zdjelični pojas, kosti udova)
- kosti lubanje (zatiljni, tjemeni, čeon, nosno-čeljusni dio) srasle s kostima lica

- zatiljna kost je povezana s 2 zglobna puceta s prvim vratnim kralješkom; na njega se nastavlja 2. vratni kralježak = obrtač → omogućuje okretanje i sagibanje glave
- vratnih kralježaka – 7
- kralježnica: vratni, prsni, križni, trtični (najčešće 3 kralješka), repni dio
- broj rebra – različit; prava rebra – pričvršćena za prsnu kost; lažna rebra – slobodno strše
- **mišići** – specijalizirani (različiti načini kretanja...)
- najuočljiviji – leđni i prsni mišići i mišići nogu (poprečno prugasti)
- ošit (dijafragma) – mišićna pregrada koja dijeli prsnu i trbušnu šupljinu
- ispod kože → potkožni mišići
- **tetive** → povezuju mišiće s kostima
- **glatki mišići** → povezani s unutrašnjim organima

ŽIVČANI I OSJETILNI SUSTAV

- mozak; leđna (kralježnička) moždina, periferni živci (12 pari → prema unutarnjim organima)
- mozak – podijeljen na 2 polutke i na površini mozga – SIVA KORA
- razvijeniji veliki (prednji) mozak → učenje, pamćenje, traženje rješenja u novim situacijama
- na površini mozga → brazde (nemaju ih jednootvori i neki glodavci)
- veličina mozga – različita: 0,15 g → šišmiši; 7 kg → plavetni kit (veličina ne ukazuje na kvalitetu i razinu živčane djelatnosti)
- čovjekoliki majmuni pokazuju i emocije (ljutnja, interes, radost, strah...)
- **osjetilo za DODIR i TOPLINU** → koža
- **osjetilo za OKUS** → na jeziku i usnoj šupljini
- **osjetilo za MIRIS** → u nosnoj šupljini (dobro razvijena kod pasa i vukova, zakržljao kod vodenih sisavaca)
- **osjetilo za VID:** slabije razvijeno nego kod ptica (velike razlike među vrstama; mačke imaju dobro razvijen vid), samo rijetki raspoznaju boje (majmuni, čovjek)
- **zvijeri, konji, preživai** → u oku imaju kožicu (zrcalce) koje reflektira svjetlost – noću oči svjetlucaju
- za snalaženje u okolišu vidu pomažu osjetilo sluha i mirisa
- npr. oči perajara su zaštićene debljom rožnicom koja štiti oči u vodi, ali su na kopnu kratkovidni; šišmiši vide – u okolišu se snalaze pomoću ehlokacijskog sustava...
- **osjetilo za SLUH:** različito osjetljivo kod različitih vrsta (čovjek, mačka: 20 Hz – 20 kHz; pas: do 35 kHz; šišmiši i kitovi – ultrazvuk, tj. 70 000 – 80 000 Hz)
- građa: vanjsko – srednje (čekić, nakovanj i stremen) – unutrašnje uho (→ labirintni organ)
- kitovi mogu osjetiti jakost magnetskih silnica Zemlje – orijentiraju se pomoću njih

PROBAVNI SUSTAV

- usta (zubalo → rezanje, trganje i žvakanje hrane) → ždrijelo → jednjak → želudac → crijevo (na prijelazu tankog u debelo crijevo nalazi se slijepo crijevo: +/-; dobro razvijeno u biljojeda) → izmetni otvor ili kloaka (aplacentalni sisavci)
- u tankom crijevu – puno crijevnih resica – povećavaju površinu za probavu i apsorpciju hrane, u početni dio tankog crijeva svoje produkte luče gušterača i jetra
- zubalo: važno pri određivanju vrste sisavaca (kukcojedno, svejedno, mesojedno, biljojedno, glodnjačko)
- zubi različitog oblika i funkcije: sjekutići (odgrizanje); očnjaci (komadanje); pretkutnjaci i kutnjaci (mljevenje)
- mladunčad po porodu nema zube
- vidljivi dio zuba prekriva caklina – najtvrdra tvar u tijelu
- **BILJOJEDI:** biljna hrana je siromašna, sadrži celulozu
- celulozu razgrađuju pomoću bakterija (mikroorganizama) u probavilu
- najbolje razrađeno probavilo imaju preživai (jeleni, bivoli, antilope, ovce, goveda) → zubalo bez očnjaka i sjekutića u gornjoj čeljusti; donja čeljust može «rotirati»; složeni želudac (burag, kapura, knjižavci, sirište); tri dijela želuca → omekšavanje celuloze; u četvrtom dijelu (sirištu) se luče probavni enzimi
- dok životinja odmara → hrana se vraća u usta, miješa sa slinom i ponovo guta
- **MESOJEDI:** energetska bogatija hrana
- probava mesa traje kraće → kraće i jednostavnije probavilo

DIŠNI SUSTAV

- nosne šupljine (na njušci, nosu...) → ždrijelo → grkljan → dušnik → dušnice → pluća (građena od plućnih mjehurića ili alveola; npr. mačka: jedno plućno krilo – 400 000 000 alveola)
- u disanju sudjeluju međurebreni mišići i ošit (dijafragma)
- kitovi (perajari) → u mišićima imaju dišni pigment mioglobin (spremište kisika) – nakon udaha ne moraju 40 min izroniti na površinu
- u grkljanu → glasnice (proizvode zvuk)
- dišni pigment: hemoglobin

OPTJECAJNI SUSTAV

- zatvoren
- srce – 2 pretklijetke i 2 klijetke; u osrčju
- desni dio – venski; lijevi dio – arterijski → krv se ne miješa
- krvni pigment → hemoglobin (u eritrocitima – nemaju jezgru)

TABLICA: Broj eritrocita u 1 cm³ krvi različitih vrsta sisavaca (LUI) – ukupna količina hemoglobina je slična – slična tjelesna temperatura

vrsta sisavca	broj eritrocita u 1 cm ³	vrsta sisavca	broj eritrocita u 1 cm ³	vrsta sisavca	broj eritrocita u 1 cm ³
čovjek	5 000 000	govedo	5 000 000	svinja	6 300 000
zeleni	5 000 000	ovca	11 500 000	štakor	9 000 000
pas	4 500 000	deva	10 800 000	zamorče oposum	5 200 000
konj	5 800 000	lama (alpaka)	19 400 000		5 900 000

SUSTAV ZA IZLUČIVANJE

- bubrezi (treći ili pravi bubrež = metanefros) → mokraćovodi → mokraćni mjehur → mokraćna cijev
- aplacentalni sisavci: mokraćovodi završavaju u nečisnici
- mokraćna cijev mužjaka prolazi kroz spolni ud (penis) i s njom se spajaju sjemenovodi → pri parenju izvodi sjeme (spermu)

SPOLNI SUSTAV I RAZMNOŽAVANJE

- svi sisavci hrane mlade mlijekom
- mlijeko stvaraju mliječne žlijezde u nakupinama (= sise, lat. - mamma – ime!)
- mliječne žlijezde → promijenjene znojne (DOLENEC) ili lojne (HABDIJA) žlijezde; potpuno razvijene u ženki
- rastu u vrijeme parenja, povećavaju se tijekom nošenja mladih, a mlijeko luče nakon poroda (okota)
- mokrać: sadrži najviše vode (tekuća; iznimka – pustinjske životinje), ureu, sol...

1. PLACENTALNI (PRAVI) SISAVCI

- odvojena spola
- parne spolne žlijezde (jajnici i sjemenici) i parni jajovodi i sjemenovodi
- jajna stanica sazrijeva jednom ili nekoliko puta godišnje (= ovulacija) → podudara se s razdobljem parenja (iznimka: čovjekoliki majmuni – mogu se pariti tijekom cijele godine)
- zanimljivost: europski šišmiši: pare se u jesen, spermiji ostanu pohranjeni u tijelu ženke do proljeća kada dolazi do oplodnje
- oplodnja jajne stanice → u jajovodu
- žumanjak u jajnoj stanici kratko hrani zametak
- kod placentalnih sisavaca → zametak se implantira (ugradi, ukopa) u stijenku maternice
- iz dijela blastociste i dijela maternice → POSTELJICA ili PLACENTA (izmjena hrane i plinova – difuzijom)
- oko zametka stvaraju se zametni ovoji: AMNION, ALANTOIS i SEROZA (HABDIJA: nastanak posteljice: alantois i seroza srastu u resasti ovoj = HORION – isprepleten krvnim žilicama koji sraste sa stijenkom maternice)
- u vrijeme trudnoće → hormoni posteljice sprečavaju sazrijevanje nove jajne stanice i oplodnju

- razvitak u maternici traje različito dugo kod različitih vrsta
- porod (okot) → izazvan stezanjem mišića maternice; nakon ploda izlazi i posteljica
- pupčanu vrpcu (veza posteljice i ploda) → ženka pregrize ili se sama prekine
- mladi sisavaca su nakon okota većinom bespomoćni, slijepi...; iznimka: mladunčad kopitara i dvopapkara – odmah progleda i brzo mogu stajati i slijediti roditelje
- za vrijeme dojenja ženka nije plodna
- **LUI** → razdoblje od oplodnje do trudnoće: zečica – 30 dana; štakorica – 20 dana; mišica – 21 dan; kuja – 62 dana; rovkica – 45 dana; krmača – 4 mjeseca; koza – 5 mjeseci, ovca – 6 mjeseci; krava – 9 mjeseci; kobila – 11 mjeseci, slonica – 22 mjeseca (650 dana)

2. APLACENTALNI SISAVCI

- u embrionalnom razvitku nemaju posteljicu

2.1 JEDNOOTVORI (čudnovati kljunaš, kljunati ježak)

- imaju nečisnicu (kloaku) → nesu jaja obavijena kožastom opnom (polazu ih u podzemna gnijezda)
- mladi ližu mlijeko → ženke nemaju mliječne bradavice, mliječne žlijezde imaju veliki broj izvodnih kanalića iz kojih se cijedi mlijeko

-

2.2 TOBOLČARI (klokani, koale, oposumi ili naboruše)

- imaju nečisnicu (kloaku) → okoćeni mladunci su mali, slijepi, goli, gluhi, nerazvijenih udova (kod klokana – veličine pčele)
- embrionalni razvitak traje 13 – 35 dana
- od otvora nečisnice mladi se probijaju do tobolca; tu nađu mliječne bradavice – sišu mlijeko i razvijaju se
- glavnina razvoja → u tobolcu!!!
- ženka može ostati ponovo gravidna dok je jedno mlado u tobolcu

OČUVANJE TJELESNE TEMPERATURE

- sisavci: homeotermni organizmi ($t = 37 - 39 \text{ }^{\circ}\text{C}$)
- visoku i stalnu tjelesnu temperaturu održava velika potrošnja hrane i kisika
- zaštitni mehanizmi sprečavaju gubitak oslobođene topline (pothlađivanje), ali i pregrijavanje
- od pothlađivanja štiti debele dlaka i sloj sala (važno za sisavce polarnih krajeva i hladnih mora)
- od pregrijavanja se štite znojenjem (znojne žlijezde po cijelom tijelu imaju samo majmuni i čovjek; nemaju ih kitovi, zečevi, miševi, koze; pas ih ima na površini njuške i na stopalima) i dahtanjem
- nepovoljna razdoblja mnogi sisavci provedu u stanju mirovanja (zimski san = hibernacija; ljetni san = estivacija)
- zimski san spavaju: šišmiši, puhovi, hrčci, ježevi – isključe se mehanizmi za očuvanje visoke tjelesne temperature, usporavaju se disanje i rad srca, utrošak hrane smanji se i do $100 \times$ - uspore metabolizam i tjelesna temperatura padne i za **20 °C**
- ljetni san: pustinjaški sisavci

PONAŠANJE SISAVACA

- odnos među spolovima
- briga za potomstvo
- njegovanje mladih
- zimski ili ljetni san
- selidbe
- društveni život
- hvatanje plijena

PODRIJETLO I RAZNOLIKOST SISAVACA U BIOSFERI

- krajem paleozoika – kasni **karbon** (prije ~ 200 000 000 godina) na Zemlji žive gmazovi s nekim osobinama sisavaca → raznoliko zubalo, uspravno postavljene noge, 2 zglobna puceta, pandže na nogama (= zvjerozupci ili zvjerogmazovi)
- prasisavci su se vjerojatno razvili iz takvih gmazova
- najstariji nalazi sisavaca → životinja veličine 10 cm, slična rovki
- fosili su pronađeni u Europi, Aziji i Africi – stari ~ 200 000 000 godina

- u mezozoiku – sisavci su beznačajna skupina (u to vrijeme dominiraju gmazovi – dinosauri)
- najpoznatija skupina mezozojskih prasisavaca: **pantoteria** – iz njih su se vjerojatno razvili tobolčari i plodvaši (= pravi sisavci)
- nagli razvoj pravih sisavaca: tercijar (početak kenozoika) iz prakukcojeda
- **ERBEN: Pelycasuria** – imaju noge sa strane, «jedra» na leđima (za hlađenje?) → razvili su se u red *Therapsida* (**perm**) – noge ispod tijela, snažni čeljusni mišići, raznoliko zubalo, dugačka rebra i prsni koš, vrlo aktivni → iz njih su se odijelili sisavci (**trijas**) prije ~ 240 000 000 godina – zbog 3 kvržice u nizu na kutnjacima zovu ih *tricodontima*

1. APLACENTALNI SISAVCI

1.1 JEDNOOTVORI (Monotremata)

- čudnovati kljunaš, kljunati ježak
- Australija
- rukavci rijeka uz obale obrasle drvećem, u obalama kopaju nastambe

1.2 TOBOLČARI (Marsupialia)

- opisano ~ 200 vrsta
- Australija (crvenkasti i mrki klokan, vombat...), Tasmanija, Nova Gvineja i J. i S. Amerika (naboruše = oposumi)

2. PLACENTALNI ili PRAVI SISAVCI (Placentalia)

- nastanjuju različita staništa → homeotermnost i razvijen živčani sustav
- najbrojniji su glodavci (~ 3000 vrsta ili 50 %) i netopiri (~ 950 vrsta ili 20 %)
- **KUKCOJEDI** – ježevi, krtice, rovke; nema ih u Australiji
- **KREZUBICE** – ljenivci (= tipavci), mravojedi i pasanci – duge pandže i rilo, dug i ljepljiv jezik; hrane se mravima i termitima; J. Amerika;
- **NETOPIRI** – šišmiši (kukcojedi) i letipsi (topiri – plodojedi); lete; kad odmaraju vise glavom nadolje; osim kukcima i plodovima mogu se hraniti: sisanjem krvi, nektarom, malim kraljeznjacima (ribe); ispuštaju ultrazvuk koji im služi za orijentaciju u prostoru
- **MAJMUNI** – među najpotpunije razvijenim sisavcima (mozak!), palac u opoziciji prema ostalim prstima (hvatanje za grane...), žive u Africi, Aziji i Americi (topliji predjeli); dvije skupine: POLUMAJMUNI (Madagaskar – lemuri ili maki, Azija, Afrika - lorisi) i PRAVI MAJMUNI (imaju nokte na svim prstima; širokonosci – Amerika – kapucini, dugi rep; uskonosci – Afrika – zamorci, pavijani, npr. afrički mandril; Azija - makaki i čovjekoliki majmuni – čimpanza, gorila, orangutan)
- **GLODAVCI** – biljojedi; dabrovi, tekunice, voluharice, miševi, štakori, dikobrazi, vjeverice, krznaši (barska nutrija i prava činčila) – glođu prednjim parom dugačkih sjekutića (rastu cijeloga života)
- **DVOJEZUPCI** – zečevi, kunići, zviždari; imaju 2 para sjekutića (2. par iz 1. vrlo dugačkog para)
- **ZVIJERI** (= mesožderi) – mrki medvjed, vuk, lisica, ris, pas, lasica, vidra, kune (bjelica i zlatica – cijenjane i zbog krzna), velike mačke (lav, bengalski tigar, gepard, leopard, puma, američki jaguar) – zubi specijalizirani za ubijanje i komadanje plijena; mogu brzo trčati, imaju jake pandže
- **PERAJARI** – imaju izrazita obilježja zvijeri; dobro prilagođeni životu u vodi; tuljani (sredozemna medvjedica) i morževi
- **KITTOVI** – najbolje prilagođeni sisavci za život u vodi; prednji udovi → peraje; stražnji → zakržljali; usani: plavetni, grendlandski kit – hrane se planktonom (imaju usi); zubani: glavata ulješura, dupini
- **SLONOVI** – najveći kopneni sisavci; imaju rilo (preobražen nos i gornja usna; ~ 40 000 različitih snopova mišića) i kljove (iz prednjih zuba - sjekutića) – zubnina kljova je bjelokost ili slonovača; nemaju ocnjake; afrički (po 3 prsta na nogama, veće uške...) i azijski slon (prednje noge - 5 prstiju, stražnje noge – 4)
- **KOPITARI ili NEPARNOPRSTAŠI** (lihoprstaši) – 1 ili 3 prsta na nogama (teret noge nosi 3. prst), obložena rožnatim kopitom: američki i istočnoindijski tapir, istočnoindijski nosorog (1 rog), afrički nosorog (2 roga), magarci, konji, zebre
- **PAPKARI ili PARNOPRSTAŠI** (takoprstaši) – tijelo nose 3. i 4. prst – veći od ostalih; glavno obilježje: prelazak s 4 na 2 prsta; preživači (biljojedi; tvore velika stada, mnogi imaju rogovlje: jeleni, žirafe, deve, losovi, sobovi, šupljorošci: antilope, koze, ovce, bivoli) i nepreživači (svinje i vodenkonji)

UGROŽENOST I ZAŠTITA SISAVACA

- **psoglavi vučak** - posljednji tobolčar mesojed, uginuo 1933. godine u londonskom zoološkom vrtu (podrijetlom iz Tasmanije – tamo je istrijebljen jer se hranio ovcama kolonizatora ili je izumro zbog bolesti - šteničak)
- **plavetni kit** – početak 20. st. - broj jedinki procijenjen na 150 000; 1963. godine – ostalo ih je ~ 2000 – strogo zaštićena vrsta
- **sredozemna medvjedica** – najugroženiji sisavac u Europi; krajem 19. st. – široko rasprostranjena u Sredozemlju; danas ~ 500 jedinki (2 populacije u Grčkoj i na atlantskoj obali Afrike, a jedna uz tursku obalu; Jadran - ???)
- **sisavce istrebljuje:**
 - a) **lov** – krzno, meso, trofeji
 - b) **širenje ljudskih naselja, poljoprivrednih površina, prometnica, tj. nestajanje staništa**
- smeđi medvjed, vuk, ris → žive još u skandinavskim šumama, šumama gorskog dijela Hrvatske, istočna Europa (?)

12. USPOREDBA ANATOMSKE GRAĐE SVITKOVACA

	Plaštenjaci	Svitkoglavci	Kružnouste	Ribe hrskavičnjače	Ribe koštunjače	Ribe resoperke	Vodozemci	Gmazovi	Ptice	Sisavci
Svitak	+ (ličinke)	+	+	-	-	-	- (+ punoglavci)	-	-	-
Krajježnica	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+
Donja čeljust	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+
Plivači mjehur	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-
Izmijenjene prsne peraje	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Noge	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+
Pluća	-	-	-	-	-	- resoperke + dvodihalice	+	+	+	+
Razvitak zarnice u vodenjaku	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+
Ljuske	-	-	-	+	+	+	-	+	-	-
Perje	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
Diapa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
Dojke stvaraju mlijeko	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+

Tablica je napravljena na temelju udžbenika: DOLENEC Z, BARTOLIĆ G, MARKOVIĆ N (2001) BIOLOGIJA 2 – Životinjski svijet. Profil, Zagreb
HABDIJA I (1996) RAZNOLIKOST ŽIVOGA SVIJETA – Životinjski svijet – udžbenik iz biologije za drugi razred gimnazije. Profil, Zagreb

13. Potkoljeno: KRALJEŽNJACI (Vertebrata)

(općenito)

Sažetak je napisan na temelju udžbenika:

DOLENEC Z, BARTOLIĆ G, MARKOVIĆ N (2001) BIOLOGIJA 2 – Životinjski svijet. Profil, Zagreb
HABDIJA I (1996) RAZNOLIKOST ŽIVOGA SVIJETA – Životinjski svijet - udžbenik iz biologije za drugi razred gimnazije. Profil, Zagreb

NAPOMENA: Ovaj sažetak može poslužiti isključivo za ponavljanje gradiva i kao podsjetnik! Tu će ulogu u potpunosti ispuniti ako ga samostalno dopunite i potražite odgovore na postavljena pitanja!

Potkoljeno KRALJEŽNJAKA obuhvaća oko **40.000** opisanih vrsta. Svrstani su u 6 skupina:

1. KRUŽNOUSTE (*Cyclostomata*)
2. RIBE (*Pisces*)
3. VODOZEMCI (*Amphibia*)
4. GMAZOVI (*Reptilia*)
5. PTICE (*Aves*)
6. SISAVCI (*Mammalia*)

EVOLUCIJA KRALJEŽNJAKA: razvili su se najprije kao svitkovci, koji su s vremenom postali pokretniji i grabežljiviji; postoji sličnost u embrionalnom razvitku, građi ždrijela (pukotine) i živčane cijevi (leđna moždina); smatra se da su se i kralježnjaci i svitkoglavci mogli razviti *iz pokretne ličinke mješčičnica*, koja je veća od drugih ličinki svitkovaca, pokreće se repom, ima svitak, živčanu vrpču i mišićna vlakna, a najznačajnije je što se takva ličinka pojavljuje i u kralježnjaka i u svitkoglavaca.

ZNAČAJKE KRALJEŽNJAKA:

1) KOŽA:

Tijelo kralježnjaka prekriva višeslojni epitel (ne jedan već više slojeva stanica) koji zovemo *POUSMINA* ili *EPIDERMIS*; ispod pousmine je *USMINA* ili *DERMIS*. Između je bazalna membrana.

Stanice pousmine, koje se nalaze pri samoj bazalnoj membrani, dijeljenjem stvaraju nove stanice, a stare se stanice potiskuju prema površini i one *OROŽNJAVAJU* i tvore na površini različite ROŽNATE TVORBE: PERJE, DLAKU, LJUSKE (ribe, gmazovi), PANDŽE, ROGOVE... Koža sadrži i brojne ŽLIJEZDE: SLUZNE (ribe i vodozemci), ZNOJNE, LOJNE (sisavci), MIRISNE, OTROVNE (daždvenjaci)...; zatim, pigmente, osjetila...

2) KOSTUR (SKELET):

Postoje dvije vrste kostura:

I. VANJSKI KOSTUR

II. UNUTRAŠNJI KOSTUR

I. VANJSKI: nastao je iz različitih slojeva kože; iz gornjeg sloja - rožnate pousmine, nastale su ljuske gmazova, npr. oklop kornjača

II. UNUTRAŠNJI: sastavljen je od kralježnice s rebrima, lubanje, oplečja, kukovlja i kostiju udova; kralježnica se sastoji od različito građenih kralježaka, koji su međusobno spojeni na različite načine (ribe: kralježci se dotiču ploham; ostali: između kralježaka postoji međukralježnička hrskavica).

3) MIŠIĆI:

Kod riba je još vidljiv polukolutićav raspored mišića, s prijelazom na kopno kolutićavost se gubi, a mišići se raspoređuju u udove i na trup; dijelimo ih na POPREČNOPRUGASTE (vezani su uz skelet i pomažu pri pokretanju - *tjelesni ili somatični mišići*) I GLATKE (povezani su s unutrašnjim organima - *utrobni ili visceralni mišići*); poseban oblik poprečnoprugastih mišića je SRCE.

4) ŽIVČANI SUSTAV:

Cjevasta živčana vrpca, koja je značajka SVITKOVACA, u kralježnjaka se susreće samo u embrionalnom razvitku; KRALJEŽNJACI imaju leđnu moždinu koja je sprijeda proširena u MOZAK; mozak je zaštićen u lubanji, a leđna moždina u kralježnici; iz mozga i leđne moždine izlaze živci do organa koje podražuju; cijeli živčani sustav je obavijen ovojnicom od vezivnog tkiva, koja ga štiti i odvaja od koštanih dijelova (**ribe: 2 ovojnice, sisavci imaju 3 ovojnice** - 1. MEKANA: prijanja uz mozak i leđnu moždinu; 2. TVRDA: prijanja uz kosti; 3. PAUČINASTA: između tvrde i mekane, a sadrži i tekućinu - zaštita živčanog sustava).

MOZAK: u početku je u obliku cijevi, kasnije se podijelio na: PREDNJI, SREDNJI i STRAŽNJI mozak; između prednjeg i srednjeg mozga razvio se MEĐUMOZAK, a na stražnji mozak se nastavlja PRIM MOZAK na koji se nadovezuje leđna moždina (ti su dijelovi dobro vidljivi kod riba; sisavci imaju mozak podijeljen u dvije polutke i teže se razlikuju nabrojani dijelovi); na površini mozga su živčane stanice (neuroni) bez aksona: SIVA TVAR, a u unutrašnjost mozga zalaze aksoni: BIJELA TVAR

U **LEĐNOJ MOŽDINI** je obratna situacija, siva tvar je iznutra (oblik slova "H" ili leptira), a bijela - izvana; iz završetaka sive tvari izlaze vlakna živčanih stanica koja se udružuju u živce koji izlaze iz leđne moždine s leđne i trbušne strane između kralježaka.

5) OSJETILA:

- S potpunijim razvojem živčanog sustava i njegovom koncentracijom u prednjem dijelu tijela razvijaju se i osjetni organi; njih podražuju različiti podražaji pa ih dijelimo:
 1. MEHANIČKA OSJETILA
 2. KEMIJSKA OSJETILA
 3. OSJETILA ZA SVJETLOST
 4. OSJETILA ZA TEMPERATURU

- Osjetila su građena iz osjetnih stanica između kojih se nalaze potporne stanice, a osjetila su najčešće udružena u organe.

1. MEHANIČKA OSJETILA: reagiraju na dodir, bol, promjenu prema sili teži i na zvuk; dodir i bol primaju živčani završeci (osjetna tjelešca) koji se nalaze na istaknutijim dijelovima tijela (njuška, kljun, stopalo); osjetila za sluh i ravnotežu nalaze se u unutrašnjem uhu, složene su građe i zovemo ih LABIRINT; LABIRINT se sastoji iz 3 polukružna kanalića (osjetilo za ravnotežu) i pužnice (osjetilo za sluh)

2. KEMIJSKA OSJETILA: u njih ubrajamo osjetilo za okus i njuh; okusna osjetila redovito se nalaze na jeziku (okusne bradavice ili papile s okusnim pupoljcima); njušna osjetila nalaze se u dubljim dijelovima nosa

3. OSJETILO ZA SVJETLOST - OKO: oči se nalaze u očnim jabučicama koje omata **bjeloočnica** (sklera), s prednje strane bjeloočnica je prozirna i zove se **rožnica** (kornea), ispod bjeloočnice je **žilnica** (korioidea) koja u prednjem dijelu pravi otvor kojim ograničava količinu svjetlosti koja ulazi u oko, a zove se **šarenica** (iris), u šarenici je **zjenica** (pupila); očna jabučica je ispunjena **staklastim tijelom**, a s unutrašnje strane je oblaže **mrežnica** (retina) na kojoj su osjetne stanice - **čunjići i štapići** - koji primaju svjetlosne podražaje.

4. OSJETILA ZA TEMPERATURU: reagiraju na toplinu.

6) PROBAVNI SUSTAV:

USTA (zubi, jezik, slinovnice) → ŽDRIJELO → JEDNJAK (+/-VOLJA)→ ŽELUDAC → TANKO CRIJEVO (+ probavne žlijezde: JETRA I GUŠTERAČA)→ DEBELO CRIJEVO → ANALNI OTVOR (koštunjače i sisavci) ili KLOAKA (vodozemci, gmazovi, ptice i jednootvori)

ZUBI: mogu biti a) istovrsni (homodontni) i b) raznovrsni (heterodontni), koji se sastoje od: SJEKUTIĆA, OČNJAKA, PREDKUTNJAKA I KUTNJAKA

JEZIK: pomaže pri uzimanju hrane, gutanju hrane i proizvodnji glasa, sadrži i osjetila za okus

VOLJA: proširenje jednjaka (ptice)

ŽELUDAC: mesojedi - započinje razgradnja hrane; biljojedi - spremište hrane

TANKO CRIJEVO: tu se luče probavni sokovi (enzimi) iz JETRE I GUŠTERAČE

JETRA: luči ŽUČ koja emulgira (raspršuje) masnoće

GUŠTERAČA: luči enzime za razgradnju ugljikohidrata, bjelančevina i masnoća

DEBELO CRIJEVO: luči se sluz, stvaraju fekalije

KLOAKA ili NEČISNICA: crijevni otvor kroz koji izlaze fekalije (izmet), mokraćna i spolni produkti

7) DISANJE:

- Kralježnjaci dišu ili ŠKRGAMA ili PLUĆIMA.
- **ŠKRG** (ribe): razvile su se iz ždrijelnih pukotina, resastog su oblika, dobro prokrvljene, obavijene tankom ovojnicom: pri disanju voda ulazi kroz usta, a izlazi preko škrge i pri tome se zbiva izmjena plinova, O₂ iz vode ulazi u krv, a CO₂ iz krvi izlazi u vodu.
- **PLUĆA** (gmazovi, ptice, sisavci): nastala su kao izbočina prednjeg dijela probavila; dišni sustav započinje *nosom*, zrak prolazi kroz *ždrijelo u dušnik*, on se grana u *2 dušnice*, a one u sve tanje cjevčice - *bronhiole*, na krajevima kojih se nalaze *zračni mjehurići - alveole*, one su obavijene finom mrežom tankih kapilara i tu se zbiva izmjena plinova

8) OPTJECAJNI SUSTAV:

- Kod kralježnjaka je **ZATVOREN**
- **SRCE** je različito građeno kod pojedinih skupina, ribe imaju **VENSKO SRCE**, a ostali imaju srce podijeljeno na dva glavna dijela: **VENSKO** i **ARTERIJSKO**; žile koje dovode krv u srce zovu se **VEENE**, a žile koje odvođe krv iz srca zove se **ARTERIJE**
- **KOPNENI KRALJEŠNJACI** koji dišu plućima imaju **MALI** (između srca i pluća) i **VELIKI KRVNI OPTOK** (između srca i tijela).
- **KRV**: sastoji se od **KRVNE PLAZME** i **KRVNIH TJELEŠACA** - **ERITROCITA** (crvene stanice), **LEUKOCITA** (bijele stanice) i **TROMBOCITA** (krvne pločice); eritrociti sadrže krvni pigment za koji se veže kisik = **HEMOGLOBIN**.

LIMFNI SUSTAV: njime kruži limfa, taj je sustav **OTVOREN**, a glavna funkcija mu je svu suvišnu tjelesnu tekućinu dovesti u vensku krv.

9) HORMONALNI SUSTAV:

Hormonalni sustav čine **žlijezde s unutrašnjim izlučivanjem** - one u krv luče **HORMONE**; hormoni i živčani sustav zajedno upravljaju životnim aktivnostima organizma

ŠTITNJACA: luči hormone (tiroksin) koji upravljaju metabolizmom stanica

NUŽŠTITNE ŽLIJEZDE: reguliraju količinu kalcija u krvi

TIMUS (prsna žlijezda): luči hormon koji omogućuje sazrijevanje limfocita

HIPOFIZA: svojim hormonima upravlja radom svih ostalih endokrinih žlijezda i rastom organizma

NADBUBREŽNE ŽLIJEZDE: reguliraju promet anorganskih i organskih tvari

SPOLNE ŽLIJEZDE: luče spolne hormone koji određuju spolne značajke (dvoličje) i reguliraju oogenezu i spermatogenezu

10) IZLUČIVANJE:

Sve nepotrebne tvari i štetni produkti metabolizma moraju se izlučiti iz organizma. Kralježnjaci imaju poseban sustav za izlučivanje: **MOKRAĆNI SUSTAV**, koji se sastoji iz **BUBREGA**, **MOKRAĆOVODA**, **MOKRAĆNOG MJEHURA** (sisavci) i **MOKRAĆNE CIJEVI** (sisavci); kružnoust, ličinke riba i vodozemaca imaju **PRVI BUBREG** (1-3 para trepetljikavih lijevaka ispred kojih se nalazi glomerul); odrasle ribe i vodozemci imaju **DRUGI BUBREG** (Wolfovo tijelo), a gmazovi, ptice i sisavci imaju **TREĆI BUBREG** (Pravi bubreg) građen iz **NEFRONA**, u kojima se stvara mokraćna koja se kroz mokraćovod ulijeva u kloaku ili mokraćni mjehur.

11) RAZMNOŽAVANJE:

Sustav za razmnožavanje kralježnjaka čine parne spolne žlijezde: **GONADE**; iznimka su ptice, koje nemaju desnog jajnika ni jajovoda;

ŽENKE: **JAJNIKI** → **JAJOVODI** → **MATERNICA** (sisavci) → **SPOLNI OTVOR** (kloaka)

MUŽJACI: **SJEMENICI** → **SJEMENOVODI** → **MOKRAĆNO-SPOLNA CIJEV** (sisavci) → **SPOLNI OTVOR** (kloaka)

ORGANI ZA PARENJE (KOPULATORNI ORGANI): imaju ih oni kralježnjaci koji imaju unutrašnju oplodnju

MLADI se legu iz jajeta ili živi.

14. GRAVIDITET DOMAĆIH ŽIVOTINJA

VRSTA DOMAĆE ŽIVOTINJE	GRAVIDITET U DANIMA (ili mjesecima)
slon	(22)
kobila	336 (11)
krava	285 (9)
ovce	150 (6)
koze	150 (5)
krmače	114 (4)
kuje	62 – 63
mačke	58
zečica	40 – 42
kunić	28 – 30
miš	21
štakor	20

LITARATURA:

DARABUŠ, S, JAKELIĆ, I. Z. - OSNOVE LOVSTVA; RAZMNOŽAVANJE: 106. STR.

15. ALGE

Sažetak je napisan na temelju udžbenika:

BAČIĆ T, ERBEN R (1999) RAZNOLIKOST ŽIVOGA SVIJETA – udžbenik biologije za 2. razred gimnazije. Šk. knjiga, Zagreb

BAČIĆ T, ERBEN R, KRAJAČIĆ M (2003) RAZNOLIKOST ŽIVOGA SVIJETA – udžbenik biologije za 2. razred gimnazije. Šk. knjiga, Zagreb

MAYR RADONIĆ M, ŠIMUNOVIĆ VEČEK, MARKOTA ŠEPAROVIĆ Z (2001) BIOLOGIJA 2 – monera, protisti, gljive, biljke. Profil, Zagreb.

PAVLETIĆ Z (1996) Raznolikost živoga svijeta – prokarioti, gljive i biljke. Profil, Zagreb.

NAPOMENA: Ovaj sažetak može poslužiti isključivo za ponavljanje gradiva i kao podsjetnik! Tu će ulogu u potpunosti ispuniti ako ga samostalno dopunite i potražite odgovore na postavljena pitanja!

SADRŽAJ:

15.1 ŠTO SU ALGE*, ŠTO SU BILJKE**, A ŠTO PROTISTI***?	102
15.2 CARSTVO: PROTISTI	103
15.2.1 BIČAŠI.....	103
15.2.1.1 ZELENI BIČAŠI (Euglenophyta).....	103
15.2.1.2 SVIJETLEĆI BIČAŠI ili PERIDINEJE (Pyrrhophyta).....	104
15.2.1.3 ZLATNOSMEĐI BIČAŠI (Chrysophyta).....	104
15.2.2 RAZMNOŽAVANJE BIČAŠA.....	104
15.2.3 ZNAČENJE BIČAŠA.....	104
15.3 ALGE KREMENJAŠICE (<i>Diatomeae</i>).....	105
15.4 ZELENE ALGE (Chlorophyta)	105
15.5 SMEĐE ALGE (<i>Phaeophyta</i>).....	107
15.6 CRVENE ALGE	108

15.1 ŠTO SU ALGE*, ŠTO SU BILJKE**, A ŠTO PROTISTI***?

* Što su ALGE?

ALGE – **biljke** (celulozna stanična stijenka, izmjena generacija) ili **protisti** (jednostanični oblici, višestanični oblici bez tkiva, vodeni organizmi)

RAZLIČITI AUTORI RAZLIČITO SVRSTAVAJU ALGE:

PAVLETIĆ Z:

- alge su niže **biljke** ili steljnjake (= talofita)
- podjela algi: bičaši, kremenjašice, zelene alge, crvene alge, smeđe alge

BAČIĆ T:

- **stari udžbenik (1999):** alge su niže **biljke** ili steljnjake (= talofita)
- podjela algi: zelene alge, crvene alge, smeđe alge
- **novi udžbenik (2003):** alge su **protisti** (autotrofni)
- podjela algi: bičaši, kremenjašice, zelene alge, crvene alge, smeđe alge

MAYR RADONIĆ M:

- alge su **protisti**

** Što su BILJKE?

- **BILJKE** su autotrofni, fotosintetski eukarioti
- **PODJELA BILJAKA:**
 - 1) STELJNJAKE (Thallophyta) – niže biljke
 - 2) STABLAŠICE (Cormophyta) - više biljke

- **1) STELJNJAČE** (Thallophyta)– niže biljke (evolucijski starije, razvile su se prije stablašica) → organizam: **steljka ili talus**, jednostavne građe – nemaju tijelo razlučeno u tkiva i organe, nemaju provodnih žila, nemaju potpornog ni kožnog tkiva niti puči; vodeni organizmi, jedno- i višestanični **==ALGE**
- kod nekih steljnjača postoje dijelovi koji sliče biljnim organima: RIZOIDI ili KORIJENČIĆI (nalik korijenu); KAULOID (nalik stabljici); FILOIDI (nalik listu)
- podjela algi (ovisi o autoru!!!): +/- bičaći, +/- kremenjašice, **zelene alge, crvene alge, smeđe alge**
- **2) STABLAŠICE** (Cormophyta) - više biljke → kopnene biljke, složene građe – razlikujemo tkiva i organe (korijen, stabljiku, list), uvijek višestanične, celulozna stanična stijenka, izmjena generacija (sporofita i gametofita) tijekom razvoja
- **podjela stablašica: nevaskularne stablašice (MAHOVINE)** – nemaju pravi provodni sustav i prave vegetativne organe i **vaskularne stablašice (PAPRATNJAČE, SJEMENJAČE)** – imaju pravi provodni sustav (ksilem, floem) i prave vegetativne organe (korijen, stabljiku, list)

*** Što su PROTISTI (grč. *protistos* = najprvi)?

PAVLETIĆ Z:

- ne govori uopće o protistima
- u alge svrstava i bičaće i kremenjašice

BAČIĆ T:

- jednostavni eukariotski organizmi, imaju veće stanice od ostalih eukariota i brži metabolizam
 - prehrana: autotrofi i heterotrofi
 - razmnožavanje: spolno i nespolno
 - **dvije podjele na carstvo protista:**
1. samo organizmi koji su primarno jednostanični ili kolonijski i vrlo jednostavne višestanični ili višezgri organizmi koji su barem u jednoj fazi života pokretni (ameboidno kretanje, bič...)
 - JEDNOSTAVNE (= jednostanične alge) BILJKE: *zeleni bičaći, svijetleći bičaći, zlatnosmeđi bičaći, kremenjašice*
 - JEDNOSTAVNE GLJIVE: *algašice i sluznjače*
 - JEDNOSTANIČNE ŽIVOTINJE (*Protozoa*) → zoologija!!!
2. uz jednostanične i kolonijske organizme u carstvo protista ubrajaju se i svi višestanični organizmi koji nemaju formirana tkiva (npr. sve alge)

MAYR RADONIĆ M:

nadcarstvo: EUKARIOTI

carstvo: **PROTISTI** → jednostanični organizmi s jezgrom (zeleni bičaći, svijetleći bičaći, kremenjašice), **višestanične alge (zelene, smeđe, crvene)** i gljive sluznjače

- protisti su vrlo stara skupina organizama
- postojali su najmanje milijardu godina prije prvih biljaka, gljiva i životinja, oni su najraniji potomci prokariota
- najstariji «fosili» protista = *acritarch* (= nepoznatog porijekla)
- prvobitni protisti imali su svojstva i biljaka i životinja
- stanica je eukariotska → stanična membrana, jezgra, jezgrica, kromosomi, endoplazmatski retikulum, mitohondriji, Golgijevo tijelo, kloroplasti, centriol, bič, trepetljike, mogućnost stvaranja pseudopodija
- mogli su se hraniti i auto- i heterotrofno

15.2 CARSTVO: PROTISTI

15.2.1 BIČAŠI

15.2.1.1 ZELENI BIČAŠI (Euglenophyta)

- jednostanični organizmi s 2 biča (pokretanje u vodi)
- najpoznatiji: **zeleni bičać ili euglena (*Euglena viridis*)**

- građa tijela: vretenast oblik (15 – 500 μm), obavijene pelikulom (elastična), jedan kraći i jedan duži bič (u udubljenju ili spremniku, kloroplasti (fotosintetizira, produkt fotosinteze: paramilum), crvena očna pjega ili stigma (sadrži karotenoide i astaksantin; prima svjetlosne podražaje), kontraktilna vakuola (regulacija količine vode; slatkovodni organizam)
- živi pojedinačno
- u mraku se hrani heterotrofno → karakteristične za životinje
- kontraktilna vakuola i crvena očna pjega → karakteristične za životinje
- pri pokretanju se okreće oko svoje osi
- zelena euglena voli vode koje obiluju organskim tvarima (npr. u slučaju onečišćenja) – bioindikator (= pokazatelji kakvoće vode) – izazivaju zeleno ili crveno cvjetanje u barama kada se prenamnože
- crvena euglena (*Euglena sanguinea*) živi u čistim vodama
- astazija – bičaš koji živi isključivo heterotrofno (nema plastide)
- podrijetlo: prabičaši (prekambrij)

15.2.1.2 SVIJETLEĆI BIČAŠI ili PERIDINEJE (Pyrrhophyta)

- grč. *pyros* = vatra
- sadrže luciferin koji u doticaju sa zrakom svjetluca (= bioluminiscencija) - fosforesciraju (svjetlucaju), npr. *Noctiluca miliaris*
- žive pojedinačno
- različitih oblika – mnoge imaju produljene nastavke koji im povećavaju površinu – lakše lebde u vodi (rod *Ceratium*); neke su kuglaste (*Noctiluca miliaris*, *Peridinium*) – pružaju veliki otpor vodi, stijenka je građena od celuloznih pločica s rupicama kroz koje izlazi plazma, na stijenci se nalaze 2 brazde – poprečna (dijeli staničnu stijenku na gornju polovicu = epiteku ili epivalvu i donju polovicu = hipoteku ili hipovalvu) i uzdužna; u svakoj je brazdi po jedan bič
- produkt fotosinteze: škrob, poliglukani i ulje
- plankton slatkovodnih stajačica (bioindikator) i toplih mora, kada se jako razmnože izazovu cvjetanje morske vode – «crvena plima» - Florida i Meksički zaljev
- neki luče otrovne alkaloidne koje mogu gomilati školjkaši, ti spojevi mogu uzrokovati i pomor riba, a mogu otrovati i ljude koji konzumiraju zaražene školjkaše

15.2.1.3 ZLATNOSMEĐI BIČAŠI (Chrysophyta)

- jednostanični samostalni ili kolonijalni organizmi
- žive u slatkoj, slanoj i očatoj vodi (plankton)
- stanična stijenka: iz pektina + CaCO₃ ili + SiO₂
- imaju 2 biča sprijeda
- neke vrste imaju i očnu pjegu i kontraktilne vakuole
- boja (i ime) im potječe od pigmenta ksantofila (prevladava)
- produkti fotosinteze: krizolaminarin i ulja
- neke vrste (primnezij – živi u ribnjacima) izlučuju tvari (primnezim) otrovne za ribe (= ihtiotoksine) – pomor riba
- predstavnici: sinura i uroglena (kolonijski oblici)
- kokolitine – u protoplastu stvaraju vapnene pločice i te vapnene pločice stvaraju ljušturu oko stanice → fosili su stvorili vapnenjačke sedimentne stijene (krede)
- morski silikoflagelati – u u nutrašnjosti stanice stvaraju skelet od SiO₂
- obogaćuju vodu kisikom i važni su primarni producenti

15.2.2 RAZMNOŽAVANJE BIČAŠA

- vegetativno – uzdužnom diobom (jezgrina ovojnica ostaje netaknuta tijekom mitoze – primitivno svojstvo)
- spolno – vrlo rijetko (svijetleći bičaši roda *Glenodinium*)

15.2.3 ZNAČENJE BIČAŠA

- autotrofni organizmi – uloga: primarni producenti (proizvođači hrane)
- važni za razvoj svih ostalih organizama – biljaka (osim crvenih algi) i životinja → teorija o simbiogenezi
- prema teoriji o simbiogenezi biljna stanica mogla je nastati udruživanjem: modrozeleno alge (kloroplast, na njima su pirenoidi = bjelančevinasta zrnca koja skladište hranjive tvari; pigmenti u kloroplastu:

klorofil a i b, karoteni i ksantofili), probakterije (mitohondrij), mikoplazmodija (citoplazma), pravirusa (jezgra) i zavojite bakterije (bič)

- bič (istovjetno građen – 11 pari mikrotubula – 2 para u sredini i 9 pari oko njih u krugu) – većina biljaka posjeduje bičeve barem u jednom razdoblju života (muške gamete), a i muška gameta životinja (spermij) imaju bič → evolucijska povezanost živoga svijeta

15.3 ALGE KREMENJAŠICE (*Diatomeae*)

1. Zašto se ovi organizmi nazivaju «kremenjašice»?

- imaju čvrstu kremenu (95%) stijenku
- jednostanične su

2. Mogu li se kremenjašice kretati?

- mogu po sluzi koju same proizvode
- nemaju bičeve

3. Kakve su boje kremenjašice?

- zlatnosmeđe boje (često ih ubrajaju u zlatno žute alge, tj. zlatnosmeđe bičaše)

4. Opiši građu ljušturice kremenjašica.

- stijenka kremenjašica je složene građe; ima dvije polovice, gornje (epiteka) i donje (hipoteka) – poput kutije i poklopca
- polovice su spojene preko pleure (okolni dio ili pojas)
- jedinka izgleda drugačije ako se promatra sa strane ili odozgo (odozdo)
- vrlo su čvrste i sadrže vrlo pravilne i fine ornamente (skulpture)

5. Kako se kremenjašice razmnožavaju? Kada prestaje dioba dijatomejske stanice na dvije stanice kćeri?

- vegetativno – dioba polutki, razdvoje se i svaka sintetizira manju, jedna generacija se stoga smanjuje
- kad se dovoljno smanji prelazi u trajni stadij – sporu, ona će u povoljnim uvjetima izrasti (→ spolno razmnožavanje) u normalnu kremenjašicu
- spolno; muške gamete imaju bič

6. Gdje žive kremenjašice? Što su *Pennatae*, a što *Centriceae*? Po čemu su specifične morske planktonske kremenjašice?

- na vlažnim mjestima i u vodama, na čvrstoj podlozi (=bentos), često u neprekinutim prevlakama (žuto smeđa boja dna plitkih vodotokova)
- neke čine plankton slatkih i slanih voda – zrakasto građene s nastavcima koji im omogućuju lebdjenje
- mogu izazvati «cvjetanje mora»
- *Pennatae*: slatkovodne i morske, žive na dnu; imaju oblik štapića ili lađice; slatkovodne imaju uzdužnu pukotinu (rafu) – kroz nju izlazi protoplast koji im omogućuje puzanje
- *Centriceae*: lebde – čine plankton, okruglasta ljušturica

7. Kako se kremenjašice hrane?

- autotrofi, produkt fotosinteze: polisaharidi (kriolaminrin) i ulja/nikada škrob

8. Što je to kременa ili dijatomejska zemlja? Zašto se koristi?

- ljušturice uginulih kremenjašica padaju na dno mora, tijekom vremena stvorile su se debele naslage tih čvrstih ljušturica → kременa ili dijatomejska zemlja
- sredstva za poliranje; testiranje preciznosti mikroskopskih leća, utvrđivanje moći razdvajanja (razlučivanja) svjetlnog mikroskopa, toplotna izolacija, ranije čak i u proizvodnji dinamita, pasti za zube....

ZANIMLJIVOST: Naftna polja u Santa Mariji (Kalifornija) imaju sloj dijatomejske zemlje deo čak 900m.

15.4 ZELENE ALGE (*Chlorophyta*)

1. Kakve mogu biti steljke (talusi, «tijela») zelenih algi?

- jednostanične (žive pojedinačno ili u kolonijama) i višestanične (različitog oblika)

2. Koje pigmente (biljne boje) sadrže njihovi kloroplasti i što je produkt fotosinteze?

- a i b klorofil, karotene i ksantofile i bjelančevinasta zrnca (pirenoide)
- produkt fotosinteze: škrob
- kloroplasti različitih oblika: vrčast, vrpčasti, zvjezdast, mrežast, pločast, ...

3. Koji se polisaharid nalazi u njihovim staničnim stijenkama?

- celuloza

4. Koje su dvije poznate jednostanične alge? Gdje žive i kako izgledaju (ispuni tablicu)?

JEDNOSTANIČNA ALGA	STANIŠTE	GRAĐA STANICE
kišna alga (<i>Pleurococcus</i>)	zelene naslage na vlažnim zidovima, kora drveća (sjeverna strana, u sjeni)	kuglaste stanice, nepokretna
klamidomonas (<i>Chlamydomonas</i>)	slatkovodni plankton (stajačice)	- kuglaste stanice s 2 biča; - sadrže udubljeni kloroplast, crvenu očnu pjegu i kontraktilnu vakuolu; (razmnožavanje: povoljni uvjeti - nespolno, nepovoljni uvjeti - spolno (izogamija*) – postoji izmjena generacija)

*izogamija: način razmnožavanja u kojem su gamete oba spola jednake (= izogamete)

5. Opiši građu volvoksa (*Volvox*).

- jednostanična alga s bičevima; građom sličnih klamidomonasu
- udružuje se u velike kolonije (250 – 20000 jedinki) – kuglaste nakupine ili cenobije
- kolonija ima stalan broj jedinki = ZATVORENA KOLONIJA ili CENOBIJ; alge se nalaze na površini i povezane su plazmatskim nitima, u unutrašnjosti sluz
- u koloniji postoji podjela rada – jedinke koje se razmnožavaju, jedinke koje pokreću koloniju i jedinke koje obavljaju fotosintezu
- razmnožavanje: spolno (spermatozoidi – muške kolonije i jajne stanice – ženske kolonije, iz zigote se razvije novi cenobij) i nespolno (dioba)
- neki botaničari volvoks smatraju višestaničnom algom

6. Navedi najvažnije predstavnike višestaničnih zelenih algi. Gdje žive i kako izgledaju (ispuni tablicu)?

VIŠESTANIČNA ALGA	STANIŠTE	GRAĐA STELJKE
spirogira (<i>Spirogyra</i>)	slatke i bočate vode, na površini tijekom vrućih dana	nitasta alga, steljka je vrlo meka i sluzava, sadrži vrpčast, zavojit kloroplast
parožine (<i>Chara</i>)	slatke vode, tvore podvodne «livade», česte u krškim vodama (Zrmanja, Modro jezero)	izgledom slične višim biljkama (tijelo razlučeno u rizoide i kauloid + ogranci), u stanične stijenke ugrađuju CaCO_3 – oštre i lako lomljive
morska salata (<i>Ulva lactuca</i>)	more, onečišćeni plićaci	veliki krpasti talus
klobučić (<i>Acetabularia mediterranea</i>)	more, čisti plićaci, na kamenu	steljka podsjeća na kišobran, zeleno-bijele boje, visoka par centimetara
kaulerpa (<i>Caulerpa taxifolia</i>)	more, nova pridošlica u Jadranu (1. × uočena 1994. – naglo se širi i luči neke otrove)	ogranci steljke slične listovima tise

7. Opiši konjugaciju spirogira (JARMAŠICE).

- spoje se dvije stanice susjednih niti (alga) preko citoplazmatskog mostića
- kroz taj se mostić pretoči sadržaj jedne stanice u drugu

8. Što je vegetativno razmnožavanje i što je prednost takvog razmnožavanja?

- vegetativno razmnožavanje → mitotička tjelesnih stanica (steljka se kida i iz tih komadića se obnove nove alge)
- veliki broj potomaka; genetički su jednaki međusobno i istovjetni s matičnom biljkom → svi potomci su dobro prilagođeni postojećim uvjetima

9. Što je izmjena generacija i koje joj je biološko opravdanje? Skiciraj u bilježnicu izmjenu generacije morske salate.

- pravilno izmjenjivanje spolnog (jedinka koja proizvodi gamete) i nespolnog razmnožavanja (jedinka koja proizvodi spore)
- **spolno razmnožavanje:** pomoću gameta (n); njih proizvodi spolna generacija ili gametofit (n)
- gamete (n) se stapaju u zigotu (2n)
- iz zigote se razvija nespolna generacija ili sporofit (2n)
- **nespolno razmnožavanje:** pomoću spora (n); razvijaju se na sporofitu mejozom
- iz spore (n) se razvija gametofit
- jedna oplodnja – jedan potomak (nova genetička kombinacija) – razvija mnogo spora koje klijanjem daju veliki broj potomaka (gametofit) → učinak jedne oplodnje se višestruko umnaža

10. Koje je značenje zelenih alga?

- primarni producenti i proizvođači kisika u slatkim i slanim vodama
- u plućacima – skrovišta ribama i ličinkama
- pradavne zelene alge preci su stablašica

ZANIMLJIVOSTI:

Parožine često nalazimo u našim krškim rijekama (Zrmanja) i jezerima (Modro jezero). One u sebi talože (inkrustiraju) kalcijev karbonat (CaCO_3) i stvaraju podvodne livade. Zato su i fosilno dobro očuvane.

Kaulerpa (*Caulerpa taxifolia*) je novi stanovnik Jadranskog mora. Ona je sifonalna alga – nestale su poprečne membrane pa steljka nalikuje na cijev. Vrlo se brzo vegetativno razmnožava, zauzima nova područja i potiskuje ostale organizme u moru.

Halimeda (*Halimeda tuna*) je, kao i kaulerpa, sifonalna alga. Također taloži vapnenač u stijenkama i nakon ugibanja ima ključnu ulogu stvaranju karbonatnog pijeska. Neke halimede sadrže tvari koje sprječavaju ribe da ih koriste za hranu.

15.5 SMEĐE ALGE (*Phaeophyta*)

1. Gdje žive smeđe alge?

- žive uglavnom u moru (hladna i umjereno topla mora, dubine 6-15 m)

2. Kakva je steljke (talus, «tijelo») smeđih alga? Koliku dužinu mogu doseći njihove steljke?

- višestanični organizmi
- steljka različita oblika; listasta, vrpčasta, nerazgranata, razgranata; u mnogih se predstavnika dijeli na rizoide, kauloide i filoide
- stanična stijenka: celuloza; često obložena sluzima od ALGINSKIH KISELINA
- najveće danas živuće alge (= *MAKROFITSKE ALGE*); npr. *Macrocystis pyrifera* (steljka može biti duga i više od 100 m, živi u hladnim morima)

3. Koje pigmente (biljne boje) sadrže njihovi plastidi?

- kloroplasti (= feoplasti) – sadrže klorofil a i b (c?), karotene, ksantofile (FUKOKSANTIN – smeđa boja!); nikada ne sadrže pirenoide
- produkti fotosinteze u njih su ugljikohidrati LAMINARIN i MANIT, rijeđe ulje, **nikada škrob**

4. Kako se razmnožavaju smeđe alge? Zašto je steljka jadranskog bračića jednodomna?

- razmnožavaju se vegetativno (trganjem talusa), nespolno (sporama) i spolno (stapanjem gameta)
- postoji izmjena generacija
- jadranski bračić → prikrivena izmjena generacija: izostaju spore, a mejozom na sporofitu nastaju gamete
- u stijenci plovaka (= napuhnutih vršnih zadebljanja steljke) nalaze se udubljenja (= konceptakuli) s anteridijima i oogonijima u kojima nastaju muške i ženske gamete → JEDNODOMNA biljka (na istoj algi nastaju i muške i ženske gamete)

**(UPAMTI POJMOVE: SPOROFIT → DIPLOIDNA, NESPOLNA GENERACIJA;
GAMETOFIT → HAPLOIDNA, SPOLNA GENERACIJA)**

5. Pogledaj slike smeđih algi i zapiši vrste koje žive u Jadranskom moru.

- **CISOZIRA** (plićaci mirnih, zaštićenih uvala) - naše najveće alge, u čistom moru (bioindikator)
- **LAMINARIJA**
- **DIKTIOTE** i **TAONIJE** (plićaci) višestruko viličasto razgranate smeđe alge
- **PADINA** (kameniti plićaci) - ima sploštenu i polukružno oblikovanu steljku na kojoj se vide naizmjenice raspoređeni smeđi i bijeli koncentrični krugovi

6. Što je endem?

- vrsta koja živi na nekom užem, ograničenom području i nigdje drugdje na Zemlji

7. Koja je smeđa alga najpoznatiji endem u Jadranu? Opiši njezinu steljku.

- **JADRANSKI BRACIĆ** – endem, najpoznatiji predstavnik smeđih alga u Jadranu
- stanište: uz morsku obalu, u zoni plime i oseke, u obliku busenastih nakupina pričvršćenih za kamenu podlogu rizoidnom pločicom
- vršni dijelovi steljke su napuhnuti (poput plovaka – drže steljku uspravnom)

8. Gdje živi i u koji rod pripada alga bobičarka? Po čemu je još značajno Sargaško more?

- **OBIČNA BOBIČARKA** – nađena na dubini od 250 m, kraj otoka Jabuke; srodnik je saragaške bobičarke
- **SARGAŠKA BOBIČARKA** (Sargaško more je po toj algi i dobilo ime); poznata je po brojnim kuglastim aerocistama i brzom vegetativnom razmnožavanju, a Sargaško more po mriještenju naših jegulja

9. Koja alga pruža sklonište plovama mladih riba?

- CISTOZIRE

10. Navedi značenje smeđih algi.

- sadrže puno vitamina A, B i C te se upotrebljavaju kao hrana i začini (istočnoazijske zemlje)
- proizvodnja gnojiva (zbog velike biomase)
- sadrže i do 40% alginske kiseline (= algin) koja se primjenjuju u tekstilnoj industriji, industriji kartona, filmskoj, prehrambenoj industriji...

ZANIMLJIVOSTI:

Diktiota (*Dyctiota dichotoma*) je česta smeđa alga u našem moru. Ima plosnatu, višestruko viličasto razgranatu steljku. Kod nje spolni organi dolaze u nakupinama – ženski ili oogoniji i muški ili anteridiji.

Padina (*Padina pavonica*) također je česta smeđa alga u Jadranskom moru. Steljka joj je plosnata i polukružnog oblikasa smeđim i bijelim krugovima te podsjeća na plodište gljiva.

15.6 CRVENE ALGE

1. Gdje žive crvene alge?

- višestanični organizmi
- u toplim morima (samo ~ 200 vrsta naseljava slatke vode)
- najbrojnije su u dubljim vodama gdje nema velikih valova (na dubini od 20 do 40 m, neke i na 250 m – otok Jabuka)

2. Kako je građena steljka crvenih algi?

- steljka: nitasta (perasto ili viličasto razgranata), člankovita ili krpasta, može biti razlučena na rizoide, kauloide i filoide
- građa stijenki: unutarnji slojevi - celuloza, vanjski – pektin

3. Što im daje crvenu boju?

- kloroplasti (rodoplastim), sadrže klorofil *a* i *d*, karotene, ksantofile i crveni pigment: **FIKOERITRIN**
- neke vrste u rodoplastima imaju pigment modre boje fikocijan

4. Što je kromatska adaptacija? Što im ona sve omogućuje?

- KROMATSKA ADAPTACIJA – prilagođavanje na različite svjetlosne uvjete
- boja crvenih algi ovisi i o sastavu svjetlosti koje dopire do tih alga - idući prema većim dubinama one postaju sve crvenije

- FIKOERITRIN omogućuje oblicima u dubokim vodama fotosintezu, odnosno iskorištavanje i one minimalne količine svjetlosti koja do njih dopire (oblici koji su nađeni na dubini od 286 m koriste svega 0,0005% površinskog svjetla)
- produkt fotosinteze: FLORIDEJSKI ŠKROB (ugljikohidrat, sličan glikogenu); u obliku zrnaca nalazi se kao pričuvna tvar u citoplazmi ili u blizini PIRENOIDA (kod onih koje ih imaju)
- 5. Što je specifično u razmnožavanju crvenih alga i na što nas upućuje ta specifičnost?
- razmnožavaju se vegetativno, spolno i nespolno
- postoji izmjena generacija (vrlo složena)
- njihove su rasplodne stanice, nespolne i spolne, **NEPOKRETNE** → muške spolne stanice (**SPERMACIJ**) **nemaju bičeva** – srodne modrozelenim algama
- 6. Navedi za što sve možemo koristiti crvene alge?
- u prehrani ljudi
- proizvodnja agara
- insekticid – zamjena za DDT
- floridejski škrob upotrebljava se kao “štirka”
- 7. Što je «štirka»?
- učvršćivač pri pranju rublja; koristi se i u tekstilnoj industriji
- 8. Što je litotamnijski vapnenac i kako je nastao?
- rod LITOTAMNIJ - poznat po taloženju vapnenaca u svoje stijenke
- tijekom geološke prošlosti Zemlje njihovim su ugibanjem i taloženjem nastale naslage organogenih stijena – LITOTAMNIJSKI VAPNENEAC (= LITAVAC) → upotrebljava u građevinarstvu
- 9. Gdje je u Hrvatskoj poznato nalazište litotamnijskog vapnenca i u koju je poznatu građevinu u Zagrebu ugrađen?
- na Medvednici
- ugrađen je u Zagrebačku katedralu
- 10. Što je agar i iz čega se dobiva?
- želatinozna tvar koja se upotrebljava u mikrobiologiji za izradu hranjivih podloga, u prehrambenoj industriji, u kulturi biljnih i životinjskih tkiva (npr. uzgoj orhideja)
- rod *Gelidium*
- 11. Nabroji neke vrste crvenih alga.
- CERAMIUM – česta u Jadranu
- VRANGELIJA: perasto razgranata, žute boje
- LOMENTARIJA: viličasto razgranata nitasta alga čija se steljka sastoji od svijetloružičastih članaka
- HALARAKNION: krpasta alga izrazito crvene boje
- KILOKLADIJA: perasto razgranata alga tamnocrvene boje

ZANIMLJIVOSTI:

Mnoge crvene alge ljudi koriste u prehrani kao varivo ili alatu. vrlo je cijenjena porfira koja se u Japanu uzgaja kao povrtlarska biljka.

16. Carstvo: GLJIVE (Fungi, Mycota)

Sažetak je napisan na temelju udžbenika:

BAČIĆ T, ERBEN R (1999) RAZNOLIKOST ŽIVOGA SVIJETA – udžbenik biologije za 2. razred gimnazije. Šk. knjiga, Zagreb

MAYR RADONIĆ M, ŠIMUNOVIĆ VEČEK, MARKOTA ŠEPAROVIĆ Z (2001) BIOLOGIJA 2 – monera, protisti, gljive, biljke. Profil, Zagreb.

PAVLETIĆ Z (1996) Raznolikost živoga svijeta – prokarioti, gljive i biljke. Profil, Zagreb.

NAPOMENA: Ovaj sažetak može poslužiti isključivo za ponavljanje gradiva i kao podsjetnik! Tu će ulogu u potpunosti ispuniti ako ga samostalno dopunite i potražite odgovore na postavljena pitanja!

SADRŽAJ:

16.1 OSOBINE GLJIVA	110
16.2 MORFOLOŠKE I ANATOMSKE OSOBINE GLJIVA	110
16.3 SISTEMATIKA GLJIVA	111
16.3.1 Odjeljak: SLUZNJAČE	111
16.3.2 Odjeljak: ALGAŠICE	111
16.3.3 Odjeljak: MJEŠINARKE	111
16.3.4 ODJELJAK: STAPČARKE	113
16.4 OTROVNE I NEOTROVNE STAPČARKE	114
16.5 MIKORIZA	115
16.6 SIMBIOZA GLJIVA I ŽIVOTINJA	115
16.7 NEPOTPUNE GLJIVE (<i>FUNGI IMPERFECTI</i>)	115

16.1 OSOBINE GLJIVA

- opisano oko 70 000 vrsta gljiva, nove se vrste otkrivaju svakodnevno (~ 1700 godišnje)
- heterotrofni (saprofitski ili parazitski), eukariotski organizmi
- gljive - dugo svrstavane u biljno carstvo
- uz osobine biljaka imaju i osobine životinja - **posebno carstvo živoga svijeta**
- ono što najčešće nazivamo gljivom → PLODIŠTE (sadrži sporangije sa sporama)
- često su uzročnici bolesti
- upotrebljavaju se u pekarstvu, farmaceutskoj industriji (antibiotici), proizvodnji sireva
- najvažnija uloga gljiva na Zemlji: razgradnja uginulih organizama

Osobine gljiva koje ih povezuju sa životinjama jesu:

1. HETEROTROFAN NAČIN PREHRANE - saprofitski ili parazitski, na animalan način (sluznjače)
2. STIJENKA IZGRAĐENA OD HITINA – (oklop člankonožaca)
3. PRIČUVNA TVAR GLIKOGEN (ili mast) – životinjski polisaharid (nikada škrob!)
4. SLIČNA STRUKTURA DNA GLJIVA I ŽIVOTINJA
5. NEMAJU PLASTIDE

Osobine gljiva koje ih povezuju s biljkama jesu:

1. uzimanje organskih tvari VANJSKOM POVRŠINOM TIJELA
2. IZMJENA GENERACIJA – gametofita (n) i sporofita (2n), tijekom razvoja
3. tijelo gljiva je poput STELJKE nižih biljaka (algi) – nerazlučeno u tkiva
4. neke niže gljive imaju CELULOZNU STANIČNU STIJENKU
5. NEPOKRETNI ORGANIZMI (uglavnom)

16.2 MORFOLOŠKE I ANATOMSKE OSOBINE GLJIVA

- gljive se ni u jednom razdoblju života ne kreću, nemaju ni bičeva ni lažnih nožica
- tijelo gljiva je **MICELIJ** → sustav tankih, dugih, cjevastih niti = **HIFA**
- stijenka HIFA načinjena je iz **HITINA**
- hife su **VIŠESTANIČNE** (pregrađene poprečnim stijenkama)
- micelij: PRIMARAN (1 JEZGRA) i SEKUNDARAN (2 JEZGRE → nastao je stapanjem dviju stanica primarnog micelija)
- micelij se nalazi u supstratu ili na supstratu (na primjer u tlu), dok se iznad supstrata nalazi **PLODIŠTE**

16.3 SISTEMATIKA GLJIVA

- GLJIVE SLUZNJAČE (*Myxomycetes*)
- GLJIVE ALGAŠICE (*Phycomycetes*)
- GLJIVE MJEŠINARKE (*Ascomycetes*)
- GLJIVE STAPČARKE (*Basidiomycetes*)

16.3.1 Odjeljak: SLUZNJAČE

- najprimitivnije gljive ili **predci gljiva** → neki ih svrstavaju u PROTISTE
- građom sličnije životinjama (praživotinjama) → tijelo je velika, gola, višezjegrena masa bez stijenke, bijele, žute ili crvene boje → PLAZMODIJ - nema stalan oblik (nema stanične stijenke)
- kreću se poput ameba (ameboidno) - plaženjem
- stanište: šumsko tlo, palo lišće i trulo drveće, mjesta gdje se gomila otpad; u obliku sluzavih prevlaka
- hrane se saprofitski i poput životinja (animalno, fagotrofno), tj. unose hranjive čestice u tijelo lažnim nožicama i probavljaju ih pomoću enzima u hranidbenim vakuolama
- neke razgrađuju i celulozu

RAZMNOŽAVANJE SLUZNJAČA

- tijekom razmnožavanja sličnije biljkama → razmnožavaju se nespolno i spolno (izmjena generacija)
- sporangiji tvore plodišta (visokih par milimetara)
- spore imaju bičeve (=zoospore) i čvrstu stijenku građenu iz celuloze ili bjelančevina (keratin); nikada hitin
- iz spore → gole stanice, s jednim bičem (= miksoflagelati) → gube bičeve → miksoamebe: **haploidni = spolna generacija ili GAMETOFIT (n)**
- miksoamebe (~gamete) tvore MIKSOZIGOTE, a zatim PLAZMODIJE (trebaju vodu!)
- drugi dio razvoja ne zahtijeva toliko vode - plazmodiji na vlažnim, sjenovitim mjestima stvaraju **SPORANGIJE** u obliku **PLODIŠTA** u kojima se razvijaju spore; iz njih → miksoflagelati → plazmodiji s plodištima: **diploidni** i čine **nespolnu generaciju ili SPOROFIT (2n)**

16.3.2 Odjeljak: ALGAŠICE

- raznolika skupina
- neke su jednostanične, a neke "višestanične"
- hife → bez poprečnih stijenki → duge cijevi s mnogo jezgara
- heterotrofan način prehrane (saprofitski);
- stanična stijenka → hitin (rijetko celuloza)
- žive uglavnom u vodi i na izrazito vlažnim staništima (muljevitom tlu), poput alga (naziv)
- tijekom razvoja imaju pokretne stadije
- iznimno su paraziti na vodenim biljkama (algama) i životinjama (ličinkama komaraca)
- neke su se algašice potpuno prilagodile kopnenom načinu života (plamenjača ili peronospora)

PREDSTAVNICI:

- **KITRIDIJALE**
- **PERONOSPORA** (plamenjača)- prilagodile su se životu na kopnu, ali za razmnožavanje trebaju vodu (bičaste spore); paraziti na višim biljkama
- u biljnom tkivu razvija kratke nastavke (= haustorije) → njima ulazi u žive stanice; kada micelij naiđe na puč – izlazi van → stvara sporangije koje raznosi vjetar; na vlažnom se oslobađaju spore s 2 biča
- najpoznatije su peronospora vinove loze i peronospora krumpira
- suzbijaju se prskanje mješavinom modre galice, gašenog vapna i vode (= bordoška juha)
- **SIVE** (*Mucor mucedo*) ili **CRNE PLIJESNI**- potpuno prilagođene životu izvan vode (nepokretne spore)
- mukor → saprofit (vlažnim ostacima hrane - kruh), u obliku sive paučinaste prevlake s crnim «posipom» (= sporangiji sa sporama); spore se šire vjetrom; izaziva truljenje

16.3.3 Odjeljak: MJEŠINARKE

- prilagođene kopnenom načinu života
- micelij grade hife s poprečnim stijenkama
- spore se razvijaju u mješinicama (askusi); spore = askospore (naziv skupine)

- askusi se razvijaju na HIMENIJU → posebno plodište u jednom sloju
- jasno izražena izmjena generacija

RAZMNOŽAVANJE MJEŠINARKI

- nespolno → pomoću **ASKOSPORA**; u jednom askusu (sporangij, u njemu spore nastaju mejozom!) razvija se najčešće 8 askospora - 4 minus (muške) i 4 plus (ženske)
- askusi - smješteni su unutar posebno izgrađenih plodišta (askokarpija), različita oblika (zdjeljastog, kuglastog, u obliku boce), u jednom sloju – **HIMENIJU** (osim askusa sadrži i sterilne ili vegetativne hife – parafize)
- miceliji koji kliju iz spora → GAMETOFIT
- postanku askusa s askosporama redovito prethodi spolni način razmnožavanja - **GAMETANGIOGAMIJA** (spajanje cijelih spolnih organa, ženskog **OOGONIJA** ili **ASKOGONA** i muškog **ANTERIDIJA**)
- u oogonijima i anteridijima se ne nalaze spolne stanice, nego **SPOLNE JEZGRE**, i to u oogoniju veći broj ženskih, a u anteridiju veći broj muških jezgara; stapanje jezgara = **KARIOGAMIJA** – nastaje zigota (iz nje se razvija sporofit)
- neke mješinarke → razmnožavaju se nespolno, npr. **PUPANJEM** ili uz askospore stvaraju i druge vrste spora, primjerice **KONIDIJE** (zračne spore)

PREDSTAVNICI:

- **KVAŠČEVE GLJIVICE** ili **SAHAROMICETI**
- najjednostavnije građene; **jednostanične gljive**; stijenka je iz ugljikohidrata
- razmnožavaju se vegetativno (pupanjem), a u nepovoljnim uvjetima – askosporama (nastaju apogamski - bez prethodne kopulacije)
- tijekom pupanja stvaraju kolonije (teče brzo u šećernoj otopini)
- najpoznatiji su kvasci **VINSKI** i **PIVSKI KVASAC**
- **VINSKI KVASAC** – živi u tlu, odakle dospijeva na bobbe grožđa i u mošt, izlučuje enzime pomoću kojih se glukoza mošta raspada na etilni alkohol i ugljični dioksid (alkoholno vrenje):



- dugo se smatralo da je taj proces isključivo kemijske naravi, **PASTEUR** je utvrdio da su mu uzročnici kvaščeve gljivice, a **BUCHNER** da su to zapravo enzimi koje kvaščeve gljivice izlučuju
- vrenjem mošta razvija se CO₂, koji je teži od zraka te potiskuje kisik, u vinskim se podrumima CO₂ zadržava u prizemnom dijelu prostorije – **OPREZ!**
- **PIVSKI (PEKARSKI) KVASAC** – poznat je samo u obliku kulture
- upotreba: proizvodnja piva - za pretvorbu ječmenog slada u etilni alkohol, u domaćinstvu za pečenje kruha, peciva i kolača (mjehurići CO₂ “dižu” tijesto čineći navedene proizvode rahlima)
- u farmaciji se rabe jer su bogati vitaminima, posebice vitaminima iz skupine B
- **ZELENE PLIJESNI**
- tvore paučinaste micelije zelene boje
- razmnožavaju se dvjema vrstama spora – **ASKOSPORAMA** (nastaju unutar askusa, endogeno) i **KONIDIJAMA** (nastaju pregrađivanjem vršnih dijelova hifa, egzogeno)
- najvažniji predstavnik: **KISTAC (PENICILIUM)** (*Penicillium notatum*); micelij kistaca može se naći na ostacima hrane (limun) u obliku zelenkaste prevlake; na njemu se razvijaju okomiti nositelji konidija – **KONIDIOFORI** - višekratno razgranati, poput kista (naziv)
- na vrhovima konidiofora nastaju konidije (zelene), drže se zajedno u obliku nizova ili niti;
- samo tijekom nepovoljnih uvjeta kistac stvara askuse s askosporama

- A. Fleming (engleski liječnik) 1929. god. → kistac ima **ANTIBAKTERIJSKO (BAKTERICIDNO, ANTIBIOTSKO) DJELOVANJE** → prvi antibiotik - **PENICILIN** – 1942. god. (primjena: kraj II. svj. rata za liječenje bakterijskih bolesti)
- Nobelova nagrada A. Flemingu – 1945. god.
- današnji derivati penicilina potječu od različitih sojeva gljivice *Penicillium notatum* dobiven ih u laboratorijima
- danas se antibiotici dobivaju iz različitih tvari (sintetskim putem) ili organizama, npr. bakterija
- neki sojevi kistaca uzgajaju se i koriste u proizvodnji sireva (roquefort, camamber, gorgonzola)
 - osobit okus – plijesni u siru proizvode enzime koji razgrađuju masti i bjelančevine i stvaraju određenu aromu
- jedna druga vrsta zelenih plijesni → enzim ZIMAZA (razgrađuje škrob)
- **PEPELNICE**
 - parazitske gljivice
 - žive u pepeljastim prevlakama na listovima i plodovima viših biljaka
 - poznata vrsta: PEPELNICA VINOVE LOZE (*Oidium*)
 - suzbijaju se preparatima koji sadrže sumpor
 - razmnožavanje: dvije vrste spora – askospore i konidije
- **RAŽINA (RAŽOVA) GLJIVICA (ERGOT)**
 - parazitira na plodnici trava (raž) – u klasu se razvija tamni roščić = sklerocij
 - sklerocij sadrži alkaloid (ergotin) koji se koristi u poroditeljstvu – izaziva trudove
 - ergotin je inače vrlo otrovan → izaziva halucinacije i psihičke smetnje (prirodna droga - LSD)
 - razmnožavanje: dvije vrste spora – askosporama i konidijama
- **NARANČASTA ZDJELIČARKA**
 - narančasto obojena plodišta zdjeličastog oblika
 - živi na pjeskovitom tlu po šumskim proplancima i jestiva je
- **SMRČAK**
 - plodišta smrčka imaju oblik stručka i klobuka, poput gljiva stapčarki
 - stanište: u travi ispod listopadnog drveća, pripada jestivim gljivama
- **TARTUFI (GOMOLJAČE)**
 - osebujne gljive, imaju plodišta u obliku gomolja koja se razvijaju u tlu (listopadnih šuma) – dubina 15 cm
 - askospore se rasprostranjuju životinjama

ZANIMLJIVOSTI:

- većina umrlih od AIDS-a umire od gljivičnih oboljenja
- «Nikoše k'o gljive poslije kiše!» - veća količina vode je nepovoljna za hife i zato micelij brzo stvara puno plodišta kako bi se osigurao život sljedećoj generaciji

16.3.4 ODJELJAK: STAPČARKE

- oko 30 000 vrsta («gljive»)
- imaju dobro razvijen **MICELIJ** - nalazi se u tlu, crpi hranjive tvari iz humusa - saprofit
- stvaraju **PLODIŠTA** (bazidiokarp) – stručak + klobuk → razvija se tijekom razmnožavanja
- plodišta imaju različit oblik, mogu biti različito obojena i različitih veličina
- najčešće su SAPROFITSKE gljive
- žive na šumskom tlu, na livadama, na kori drveća...

RAZMNOŽAVANJE STAPČARKI:

- izražena izmjena generacija
- stapaju se + i – **hife** (= somatogamija) – tjelesna ili somatska stanica preuzela je ulogu spolne stanice
- nesporno se razmnožavaju pomoću spora
- stvaraju različite tipove spora među kojima su i **BAZIDIOSPORE** – 4 na zajedničkoj stapci (bazidiji - sporangij), izvan sporangija (egzogeno)
- bazidiospore su odvojena spola: 2 × muške (-) i 2 × ženske (+)
- bazidiospore se razvijaju nakon stapanja + i – **jezgre** (= kariogamija)

PREDSTAVNICI

- **KLOBUČARKE** = stapčarke s dobro razvijenim stručkom i klobukom
- **a) LISTIČARKE:** klobučarke koje s donje strane klobuka imaju zrakasto raspoređene listiće ili lamele (listići su *himeniofori*, tj. nositelji *himenija*, sloja koji se sastoji od bazidija s bazidiosporama i sterilnih ili vegetativnih hifa)
- POLJSKA PEČURKA, GRMAŠICA, MUHARA, ZELENA PUPAVKA, BLAGVA, RUJNICA
- ovoj koji obavija mlada plodišta = **VELUM** (kad se klobuk počinje širiti, kidaju se ovoji te od njih na plodištu ostaju ostaci u obliku krpica, npr. na klobuku muhare te prstena ili rukavca na stručku, npr. zelene pupavke)
- **b) RUPIČARKE:** klobučarke koje s donje strane klobuka imaju rupice ili pore (rupice - otvori cjevčica čija je stijenka iznutra obložena himenijem)
- VRGANJ, LUDARA, BUKOVA GUBA...
- **c) JEŽEVICE ili ZUPČARKE:** klobučarke koje na donjoj strani klobuka imaju bodljasto ili zupčasto ispupčeni himeniofor
- ŽUTA JEŽEVICA ili PROSENJAK
- **d) TRBUŠARE** imaju **ZATVORENA PLODIŠTA** (kruškasta ili kuglasta) – spore se razvijaju unutra i pucanjem plodišta se rasipaju i raznose vjetrom
- PUHARA, OBIČNA KRUMPIRAČA, LJUBIČASTA KRUNAŠICA
- takva plodišta mogu izvana biti obavijena korastom opnom (peridijom)
- **e) CAPICE** – razgranato plodište
- CRVENA CAPICA
- **PARAZITSKE STAPČARKE**
- nemaju pravo plodište
- bazidije su višestanične
- **a) SNIJETI**
- parazitske gljive (cvjetovi, plodovi)
- napadaju žitarice, npr. KUKURUZNA SNIJET (crne spore – klamidospore - u klipu kukuruza)
- **b) HRĐE**
- parazitska gljiva (listovi, stabljika)
- npr. ŽITNA HRĐA (hrđave pjege)
- ima dva domadara: pšenicu i žutiku (razmnožava se s pet vrsta spora) - smanjuje prinos pšenice, suzbija se uništavanjem žutike

16.4 OTROVNE I NEOTROVNE STAPČARKE

- malen broj otrovnih gljiva (~ 60 vrsta) – jako su opasne za zdravlje, 14 vrsta je smrtonosno
- naša najotrovnija gljiva: ZELENA PUPAVKA

- stupanj otrovnosti ovisi o količini toksina koji uđu u organizam i o načinu na koji djeluju:
- 1. toksini koji izazivaju degeneraciju jetre i bubrega (= stanični otrovi) – najotrovnije gljive, npr. zelena pupavka
- 2. toksini koji djeluju na živčani sustav, npr. panterovka, muhara
- 3. toksini koji djeluju na sluznicu probavnih organa – izazivaju povraćanje i proljev, npr. ludara
- NEMA ZNANSTVENIH METODA ZA RAZLIKOVANJE OTROVNIH I NEOTROVNIH GLJIVA – razlikovanje se temelji na dobrom poznavanju gljiva i iskustvu
- neke neotrovne gljive ponekad mogu biti otrovne, npr. kad su u mlađem stanju ili kad su prijesne, neke postaju otrovne (gnojistarka) ako se uz njih pije neko neodgovarajuće piće (alkohol) ili su nepravilno sakupljane (u najlonske vrećice)
- najsigurnije: gljive iz uzgoja: bukovače i šampinjoni (pečurke)

ZANIMLJIVOSTI

- neke gljive rastu u obliku krugova ili lukova (vilinski krug) – micelij nekih vrsta gljiva obnavlja se na nekom mjestu tijekom više godina (stoljeća), a plodišta rastu na novom (krajnjem) miceliju
- kresivna guba je lako zapaljiva, sakupljali su ih i koristili za kresanje vatre
- golema trbušara može imati plodište promjera pola metra (~ 7 bilijuna spora)

16.5 MIKORIZA

- pojava kada hife mnogih gljiva žive u simbiozi s korijenjem viših biljaka (bor, smreka, hrast, breza)
- gljive od viših biljaka dobivaju organske tvari
- gljive - preuzimaju ulogu korjenovih dlačica i opskrbljuju više biljke vodom, ponekad i dušikom
- neke su biljke toliko ovisne o gljivama, npr. orhideje ili kaćuni da im sjemenke ne mogu klijeti bez odgovarajućih gljiva (ne mogu se uzgajati iz sjemenki)
- neke orhideje trajno žive u mikorizi – nemaju zelenih listova, npr. kokoška
- pretpostavlja se da je uništavanje simbiotičkih gljiva u šumama (posljedica onečišćenja zraka) jedan od uzroka poremećaja šumskih biocenoza - bolesti i sušenje drveća i šuma

16.6 SIMBIOZA GLJIVA I ŽIVOTINJA

- životinje osiguravaju životne uvjete gljivama (tropski mravi – režu lišće i na njemu u podzemnim hodnicima uzgajaju micelij gljiva; termiti...)
- gljive su hrana životinjama

16.7 NEPOTPUNE GLJIVE (*FUNGI IMPERFECTI*)

- ne razvijaju ni askuse ni bazidije, ne razmnožavaju se spolno; razmnožavaju se konidijama i kod ljudi izazivaju kožne bolesti (DERMATOMIKOZE), npr. KANDIDA (jezik i spolni organi)

17. ODJELJAK: LIŠAJI ili LIŠEJEVI (*Lichenes*)

Sažetak je napisan na temelju udžbenika:

BAČIĆ T, ERBEN R (1999) RAZNOLIKOST ŽIVOGA SVIJETA – udžbenik biologije za 2. razred gimnazije. Šk. knjiga, Zagreb

MAYR RADONIĆ M, ŠIMUNOVIĆ VEČEK, MARKOTA ŠEPAROVIĆ Z (2001) BIOLOGIJA 2 – monera, protisti, gljive, biljke. Profil, Zagreb.

PAVLETIĆ Z (1996) Raznolikost živoga svijeta – prokarioti, gljive i biljke. Profil, Zagreb.

NAPOMENA: Ovaj sažetak može poslužiti isključivo za ponavljanje gradiva i kao podsjetnik! Tu će ulogu u potpunosti ispuniti ako ga samostalno dopunite i potražite odgovore na postavljena pitanja!

- poznato oko 25 000 vrsta lišajeva
- ranije smatrani posebnom skupinom biljaka
- **SIMBIOZA*** (**SIMBIOGENEZA**) jedne vrste gljiva i jedne vrste alga - morfološka i fiziološka cjelina
- spužvasto tijelo lišajeva zove se i MICELIJ
- GLJIVE - **MJEŠINARKE** (stapčarke – 2 % lišaja)
- ALGE – **ZELENE ALGE** ili **CIJANOBAKTERIJE** (modrozeleni alge) – jednostanične; zadržale su sposobnost samostalnog života
- alge asimiliraju i daju organske tvari (ugljikohidrate) gljivama, dok gljive štite alge i opskrbljuju ih vodom i mineralima
- žive posvuda: na kori drveća, između grana u krošnji, na zidovima, stijenama, tlu i drugdje
- u sjevernim su krajevima (Laponija), uz mahovine, glavni dio **vegetacije tundra**

PODJELA LIŠAJEVA:

1. **KORASTI** (korasta izgleda, cijelom donjom površinom pričvršćeni za podlogu), npr. *Xantoria parietina* – Palagruža; *Candelarella aurella*
2. **LISNATI** (oblik lista, vezani su za podlogu - GONIFON, tako da su im rubni dijelovi tijela slobodni)
3. **GRMASTI** (razgranati poput grma i žive uglavnom u krošnjama drveća, tijelo – slobodno), npr. *Usnea barbata* na crnogorici; *Caldonia verticillaris*

ANATOMSKE OSOBINE

- 1. tip: HETEROMERNI TIP - izgrađen je od tri ili četiri sloja: GORNJE KORE (sastoji se od debelostijenih i gusto zbijenih hifa, često obojena) – zaštita, ASIMILACIJSKOG SLOJA (alge i malo tankostijenih hifa) - fotosinteza, SRŽI (rahlo raspoređene tankostijene hife) - izmjena plinova i DONJE KORE (+/- građena je kao i gornja, ima rizoide ili skupine rizoida – **RIZINIJE**) - pričvršćivanje za podlogu i upijanje vode i minerala
- 2. tip - HOMEOMERNI TIP - ne postoje slojevi

OSOBITA SVOJSTVA I VAŽNOST

- ni gljive ni alge nemaju sva ona svojstva koja imaju kao samostalni organizmi
- snažniji je utjecaj na gljive - izdvojene iz lišaja ne mogu živjeti samostalno
- lišaji imaju i neka svojstva koja nisu svojstvena ni gljivama ni algama npr. stvaraju LIŠAJISKE KISELINE (služe otapanju minerala)

- vole vlagu, za suša vrlo brzo gube vodu i prelaze u stanje PRIVIDNE OBAMRLOSTI ili ANABIOZE u kojem su suhi i kruti pa se lako lome; u takvom stanju mogu ostati mjesecima, na kiši nabubre i ponovno pokazuju znakove života
- DUGO ŽIVE (neki alpski i arktički lišaji stari su više od 1000 godina)
- PIONIRI VEGETACIJE – oblikuju prva tla na stijenama
- vrlo su osjetljivi na onečišćenje zraka (SO₂) - nema ih u gradskim naseljima, u blizini tvornica – INDIKATORI ONEČIŠĆENJA ZRAKA
- primjena: u prehrani ljudi i životinja (islandski lišaj služi kao hrana sobovima), u parfumeriji kao aromatske tvari, u farmaceutskoj industriji za proizvodnju vitamina C ili lijeka za kašalj (islandski lišaj), za proizvodnju lakmusa, u tekstilnoj industriji itd.

RAZMNOŽAVANJE:

1. **VEGETATIVNO** - otkinutim dijelovima tijela,
2. **ASKOSPORAMA** koje se razvijaju u plodištima nalik na trubice (na gornjoj površini tijela),
3. putem **SOREDIIJA** – tjelešca koje sadrži jednu kuglastu stanicu alge omotanu hifom gljive; rasprostranjuju se vjetrom

***SIMBIOZA** - zajednica dvaju različitih organizama u kojoj oba imaju korist

18. Carstvo: BILJKE (Vegetabilia)

Sažetak je napisan na temelju udžbenika:

BAČIĆ T, ERBEN R (1999) RAZNOLIKOST ŽIVOGA SVIJETA – udžbenik biologije za 2. razred gimnazije. Šk. knjiga, Zagreb

PAVLETIĆ Z (1996) Raznolikost živoga svijeta – prokarioti, gljive i biljke. Profil, Zagreb.

NAPOMENA: Ovaj sažetak može poslužiti isključivo za ponavljanje gradiva i kao podsjetnik! Tu će ulogu u potpunosti ispuniti ako ga samostalno dopunite i potražite odgovore na postavljena pitanja!

- STABLAŠICE (Cormophyta) - više biljke → kopnene biljke, složene građe
 - autotrofni, fotosintetski eukarioti
 - razlikujemo tkiva i organe (korijen, stabljiku, list)
 - uvijek višestanične
 - celulozna stanična stijenka
 - izmjena generacija (sporofita i gametofita) tijekom razvoja
- PREDNOST VEGETATIVNOG NAČINA RAZMNOŽAVANJA: veliki broj potomaka koji su genetički identični s matičnom biljkom i međusobno, svi su potomci dobro prilagođeni postojećim ekološkim uvjetima
- PREDNOST SPOLNOG RAZMNOŽAVANJA: genetička raznolikost potomaka
- **SPOLNO RAZMNOŽAVANJE** - pomoću spolnih stanica (=gameta, n) koje proizvodi spolna generacija (=gametofit, n); muška gameta (n) i ženska gameta (n) stapaju se u zigotu (2n) iz koje se razvija nesporna generacija (=sporofit, 2n)
- **NESPOLNO RAZMNOŽAVANJE** - pomoću nespornih rasplodnih stanica (= spora, n); nastaju na sporofitu (2n) mejozom; iz spore se razvija gametofit (n)
- spolno i nesporno razmnožavanje pravilno se izmjenjuju i nadopunjuju = (antitetska) IZMJENA GENERACIJA, izmjenjuju se jedinke koje proizvode spore i jedinke koje proizvode gamete
- BIOLOŠKO OPRAVDANJE IZMJENE GENERACIJA: jedna oplodnja, razvoj jednog potomka s novom genetičkom kombinacijom (=sporofit) – na njemu se razvijaju brojne spore (tisuće i više) iz kojih se razvija veliki broj potomaka (gametofiti) – učinak jedne oplodnje se višestruko umnaža!!!

STABLAŠICE (Cormophyta)

- **biljnom carstvu** pripadaju organizmi sa sljedećim osobinama (BAČIĆ):
- a) višestanično tijelo izgrađeno je od tkiva i organa,
 - b) stanična stijenka iz celuloze,
 - c) autotrofni način prehrane,
 - d) kopneni način života,
 - e) izmjena generacija, gametofita i sporofita, tijekom razvoja
 - f) dobro razvijen izdanak (stabljika s listovima) – naziv!

- tijelo **steljnjača** je STELJKA ili TALUS - nije razlučeno na korijen, stabljiku i list (jednostanično ili višestanično)
- kod nekih alga steljka se sastoji od dijelova koji sličje biljnim organima:
 - a) RIZOIDI ili KORJENČIĆI nalik na korijen,
 - b) KAULOID, koji sličje stabljici,
 - c) FILOIDI, nalik na list
- **steljnjače** nazivamo i NIŽIM BILJKAMA jer su u odnosu prema stablašicama na nižem stupnju organizacije tijela i evolucijski su starije, tj. razvile su se prije stablašica
- **stablašice** su biljke čije je tijelo izgrađeno od tkiva koja tvore organe
- 2 skupine biljnih organa: VEGETATIVNI i GENERATIVNI
 - a) VEGETATIVNI ORGANI - održavaju biljku na životu. KORIJEN, STABLJICA + LIST = IZDANAK → STABLAŠICE
 - b) GENERATIVNI ORGANI - raznoliki, služe za razmnožavanje (cvijet), u kritosjemenjača i za zaštitu sjemenke i za rasprostranjivanje (PLOD).
- stablašice = VIŠE BILJKE; imaju viši stupanj organizacije tijela i evolucijski su mlađe, primarno žive na kopnu (KOPNENE BILJKE)

PODRIJETLO STABLAŠICA I PRIJELAZ BILJAKA IZ VODE NA KOPNO

- preci stablašica - drevne zelene alge, živjele su prije više od 400 milijuna godina
- zajedničke osobine:
 - a) istovjetni pigment, KLOROFIL *a* i *b*, zelene boje
 - b) produkt fotosinteze – ŠKROB
- gdje su živjele? - u zoni plime i oseke
- bile su viličasto razgranate, a u steljci su imale središnje rebro
- izomorfna izmjena generacija
- prijelazom na vlažna staništa, neke su (mutacijama) postigle sposobnost preživljavanja i prilagođavanja uvjetima života na kopnu – sporofit se brže i lakše prilagodio, a gametofit se reducirao (s obzirom na oplodnju, bio je jače vezan za vodu) - **biljke koje vidimo oko nas zapravo su sporofiti**
- njihove gametofite ne vidimo, vrlo su mali, nalaze se na tlu, u tlu, skriveni su unutar sporofita (u cvijetu)

- prilagođavanje sporofita uvjetima života na kopnu → razvoj vegetativnih organa: korijena (učvršćivanje i upijanje vode); listova (fotosinteza); stabljike (provođenje vode i asimilata)
- u sklopu razvoja organa razvijala su se tkiva: provodno, kožno, potporno...
- **odlučujući korak u razvoju stablašica:** prijelaz s izomorfne na heteromorfnu izmjenu generacija te neprestano jačanje sporofita - evolucija stablašica je EVOLUCIJA SPOROFITA
- pojava biljaka na kopnu → razvoj i opstanak heterotrofnih organizama (života na kopnu)
- najstarije stablašice: izumrle biljke iz skupine PSILOFITA; poznate u fosilnom stanju, (očuvali su se samo sporofiti) – to su bile zeleni ili mala drveta, visoka od 25 cm do 2 m, koje su živjele prije oko 400 milijuna godina
- sporofit najprimitivnijih tipova psilofita, npr. RINIJE sastojao se od viličasto razgranate osi koja je na vrhu viličastih ogranaka nosila sporangije s debelom stijenkom i jednakim sporama (izosporama) u tetradama, u unutrašnjosti; listovi ili sl. nisu postojali - asimilacija se odvijala pomoću kloroplasta u stanicama zapornicama puči; oblici poput rinije bili su “goli” – naziv!!! (grč. *psilos* = gol, *phyton* = biljka)
- napredniji oblici - cijela je površina sporofita bila obrasla izraštajima zelene boje, koji su služili fotosintezi, npr. ASTEROKSILON
- najnapredniji oblici – sporofit je bio višestruko viličasto razgranat, sa znatno većom površinom tijela, a u nekih je čak bio razlučen na dijelove koji su bili nalik na deblo i krošnjju, npr. PSEUDOSPOROHNUS; vrhovi nekih ogranaka bili su splošteni i zeleni te obavljali ulogu listova
- neki predstavnici psilofita žive i danas (PSILOTUM) - tropski predjeli, jednostavno građeni

19. NEVASKULARNE STABLAŠICE

Sažetak je napisan na temelju udžbenika:

BAČIĆ T, ERBEN R (1999) RAZNOLIKOST ŽIVOGA SVIJETA – udžbenik biologije za 2. razred gimnazije. Šk. knjiga, Zagreb

PAVLETIĆ Z (1996) Raznolikost živoga svijeta – prokarioti, gljive i biljke. Profil, Zagreb.

NAPOMENA: Ovaj sažetak može poslužiti isključivo za ponavljanje gradiva i kao podsjetnik! Tu će ulogu u potpunosti ispuniti ako ga samostalno dopunite i potražite odgovore na postavljena pitanja!

19.1 Odjeljak: MAHOVINE (*Bryophyta*)

- najprimitivnije stablašice - tijelo → steljka, nemaju prave vegetativne organe
- nemaju pravi provodni sustav = nevaskularne stablašice
- mahovine nisu prave kopnene biljke - za održanje na životu i oplodnju potrebna im je voda (mali broj vrsta živi u vodi - naknadno prešle u vodu)

RAZMNOŽAVANJE I GENERATIVNI ORGANI

- razmnožavaju se spolno i nesporno
- **nespolno** → sporama
- **spolno** → oogamija (spajanjem jajne stanice i spermatozoida)
- gametofit i sporofit su jedna biljka
- HETEROMORFNA IZMJENA GENERACIJA → spora proklija u PROKLIČNICU (PROTONEMU) → talusnu nitasto razgranatu zelenu tvorevinu; iz pupa na prokličnici razvija se mahovina; više pupova na prokličnici → busenovi
- mahovina završava razvoj stvaranjem spolnih organa – ANTERIDIJA i ARHEGONIJA - na vrhu stabalca
- arhegoniji i anteridiji su izvana obavijeni slojem sterilnih stanica
- u arhegonijima (oblik boce) → jedna jajna stanica
- u anteridijima (oblik kijače) → više spermatozoida s dva biča
- **OPLODNJA** - u kapljici vode, nastaje ZIGOTA, iz nje – SPOROGON → DRŽAK + SPORANGIJ → u njemu nastaju spore (MEJOZOM) – iz njih klije prokličnica
- sporangij se otvara poklopcem (prave mahovine) ili zaklopcima (talusne mahovine)
- GAMETOFIT = stalce s listićima; zelene boje, asimilira, može samostalno živjeti – **jače razvijen od sporofita!**
- SPOROFIT «parazitira na gametofitu», uzima iz gametofita vodu i minerale, a donekle i organske tvari; ne može živjeti samostalno već nakon sazrijevanja i rasijavanja spora ugiba
- korjenčići, stalce i listići mahovina nisu homologni vegetativnim organima ostalih stablašica, korijenu, stabljici i listu, jer su dio gametofita, dok su vegetativni organi, korijen, stabljika i list ostalih stablašica dio sporofita
- mahovine se razmnožavaju i vegetativno – (talusne mahovine), odvija se pomoću rasplodnih tjelešaca koja se razvijaju u rasplodnim košaricama

RASPROSTRANJENOST I EKOLOGIJA

- vlažna staništa (šume, tresetišta...)
- vodu uzimaju cijelom površinom tijela te je provode kapilarnim putem; ne postižu značajan rast
- mogu se naći i na izrazito suhim staništima - vrlo kratak životni ciklus koji završava prije ljetnih suša
- na stijenama s lišajima sudjeluju u stvaranju humusa pioniri vegetacije

PREDSTAVNICI

- 2 skupine: JETRENJARKE ili TALUSNE MAHOVINE i PRAVE ili LISTASTE MAHOVINE

1) **JETRENJARKE:**

- ZDENČARA ILI ZVJEZDIČARKA- vlažna staništa, uz bunare, izvore i riječne obale

2) **PRAVE MAHOVINE:**

a) **OBIČNI VLASAK** - bjelogorične šume

b) **BIJELE MAHOVINE (MAHOVINE TRESETARI)** - žive na vlažnim mjestima s kiselom podlogom gdje čine vegetaciju cretova (Gorski kotar, Hrvatsko zagorje); vršnim dijelom tijela neprestano rastu, donji dio tijela odumire - podloga na kojoj žive je kisela, odumrli dijelovi ne trunu već se karboniziraju i prelaze u TRESET (nazivi); treset je najmlađa vrsta ugljena

c) **MAHOVINE SEDROTVORCI** - žive u krškim vodama (Krki, Plitvičkim jezerima), pospješuju stvaranje sedrenih barijera preko kojih se slijevaju slapovi - inkrustriraju CaCO_3 , uginu i talože se na preprekama

20. RAZMNOŽAVANJE GOLOSJEMENJAČA

Sažetak je napisan na temelju udžbenika:

PAVLETIĆ Z (1996) RAZNOLIKOST ŽIVOGA SVIJETA - prokarioti, gljive, biljke - priručnik-udžbenik iz biologije za drugi razred gimnazije. Profil, Zagreb

NAPOMENA: Ovaj sažetak može poslužiti isključivo za ponavljanje gradiva i kao podsjetnik! Tu će ulogu u potpunosti ispuniti ako ga samostalno dopunite i potražite odgovore na postavljena pitanja!

- starije, primitivnije sjemenjače
- drvenaste biljke
- manji broj vrsta nego kritosjemenjača
- najzastupljenije: ČETINJAČE
- SJEMENI ZAMETAK (svojtven sjemenjačama) → 1. se razvio u golosjemenjača

primjer: tisa (dvodomna biljka → na jednoj se biljci razvijaju sjemeni zameci, a na drugoj prašnici)

- 1. ženski sporangij = megasporangij = NUCEL** (u pazušcu lista) → mejoza → **4 megaspore** (ženske spore); 3 propadaju, a iz 4. koja ostaje unutar sjemenog zametka klije u **ženski gametofit = embrionska vreća**;
 - stanice ženskog gametofita su brojne i ispunjene su hranjivim tvarima za embrio = **primarni endosperm**;
 - na vrhu ženskog gametofita (prema mikropili) razvijaju se **2 jajne stanice**
- 2. muški sporangiji = mikrosporangiji = POLENOVNICE** (na prašnicima u rahlom češeriću u pazušcu lista) → mejoza → **mikrospore** (muške spore = polenova ili peludna zrnca – ispadaju iz polenovnica i raznosi ih vjetar); unutar mikrospore razvija se **muški gametofit s 2 muške gamete**

OPRAŠIVANJE, OPLODNJA I IZMJENA GENERACIJA

- **oprašivanje:** prenošenje polena vjetrom na mikropilu sjemenog zametka
- polenovo zrnce dođe na mikropilu sjemenog zametka → klije u polenovu mješinicu kroz koju putuju 2 muške gamete do jajnih stanice → **oplodnja** (stapanje muške i ženske gamete) → zigota → mitoze → embrio → sjemenka
- generacija gametofita je jako reducirana i potpuno ovisna o matičnoj biljci (sporofitu)
- embrio se razvija unutar sjemenog zametka (slično kod životinja – sisavaca)
- muške gamete ne ovise o vodi u okolišu – nemaju bičeve (važnost polenove mješinice)
- položaj sjemenih zametaka kod golsjemenjača: na stapci (ginko), na sjemenim ljuskama u češerima (bor, jela, smreka, borovica...), na preobraženom listu...; **uvijek je sjemeni zametak «gol», tj. u izravnom dodiru s okolišem i polenovo zrnce neometano dolazi na mikropilu!**
- sjemenke kositrenice i tise omotane su crvenim i mesnatim omotačem (arilus) kojim se hrane ptice, sjemenke bora imaju izrasline (krilca) – šire se vjetrom, sjemenke borovica su unutar sočne pupuljice (razvije se iz sjemenih ljusaka) kojima se hrane životinje

FIZIOLOGIJA ČOVJEKA – poglavlja 21. – 33.

Sažetci svih poglavlja fiziologije čovjeka napisani su na temelju udžbenika:

1. SPRINGER O P, PEVALEK-KOZLINA B (1997) BIOLOGIJA 3, Profil, Zagreb
2. REGULA I, SLIJEPCÉVIĆ - ŽIVOTNI PROCESI, Šk. knjiga, Zagreb

NAPOMENA: Ovi sažetci mogu poslužiti isključivo za ponavljanje gradiva i kao podsjetnik! Tu će ulogu u potpunosti ispuniti ako ih samostalno dopunite i potražite odgovore na postavljena pitanja!

21. KEMIJSKI SASTAV TIJELA ČOVJEKA

- tijelo odrasla čovjeka ima ~ 60 bilijuna stanica
- kemijski elementi koji grade ljudsko tijelo: **kisik (60%)**; ugljik (20%); vodik (10%); dušik (4%); minerali (6%)
- najvažnija anorganska molekula - voda (O i H) - oko 60% tjelesne mase čovjeka; organske tvari (O, H, C, N)
- u tijelu čovjeka dokazano je više od 70 kemijskih elemenata
- makroelementi: O, C, H, N, Ca, K (= 99%)
- mikroelementi: P, Mg, S, Cl, Al, Na, Fe, Mn (= 1%)
- elementi u tragovima = ultramikroelementi = oligoelementi: Ti, Zn, Se, Ru, Ra - važni u izgradnji tijela, katalizatori mnogih reakcija
- **VODA**: struktura i svojstva - **proučiti tablice u udžbeniku (1)**: starenjem se % vode u organizmu smanjuje; žene, u odnosu na muškarce, tijekom cijeloga života imaju manji % vode u organizmu
- HIPERTONIČNA, HIPOTONIČNA, IZOTONIČNA OTOPINA; što se događa s eritrocitima u otopinama različitih koncentracija - pogledaj slike (1); ove promjene posljedica su OSMOZE!
- KONSTANTE za stanične tekućine i krvnu plazmu:
 - Molaritet: 0,15 M (0,9%)
 - Osmolaritet: 0.30 osmola = 300 miliosmola
 - Broj osmotski aktivnih čestica: $1,8 \times 10^{23}$
 - Osmotski tlak: 6,72 atm = 5107 mmHg = 679 kPa (prema deH₂O)
- glavna otopljena tvar u krvnoj plazmi: natrijev klorid (NaCl); otopina iste konc. = FIZIOLOŠKA OTOPINA
- organi koji sudjeluju u održavanju osmotske ravnoteže u organizmu: središta u mozgu (središta za žeđ), bubrege, hormone hipofize i nadbubrežne žlijezde - reguliraju promet vode i minerala putem bubrega i kože
- PROMET VODE U TIJELU - **prouči tablice (1)** - kako gubimo vodu, kako uzimamo vodu, koliko iznosi dnevna sekrecija vode u čovjekovo probavilo; što utječe na povećan - smanjen unos vode u organizam ili na povećan - smanjen gubitak vode iz organizma
- METABOLIČNA VODA - koliko se takve vode oslobađa razgradnjom ugljikohidrata, masti i bjelančevina
- kako pustinjske životinje preživljavaju sušne uvjete
- KONZUMNIH VODA na Zemlji ima oko 3%

- **GLAVNI ORGANSKI SPOJEVI U TIJELU:** bjelančevine (20%); masti (16% kg); ugljikohidrati (1% kg); [minerali (6%); voda (57%)] - koliko možemo izgubiti tih tvari tijekom gladovanja bez opasnosti po život
- **TJELESNE TEKUĆINE** - ukupni volumen: 40 L
- STANIČNE TEKUĆINE - unutar stanice - 25 L; IZVANSTANIČNE TEKUĆINE - 15 L; međustanični prostor (12 L), krvna plazma (3L)
- razlika između stanične i izvanstanične tekućine - ionski sastav - **prouči slike (1)**
- glavni kation stanične tek. - K^+ ; glavni anioni - HCO_3^- i SO_4^{2-} ; **pH = 7,0**
- glavni kation izvanstanične tek. - Na^+ ; glavni anion - Cl^- ; **pH = 7,4**
- razlika između krvne plazme i međustanične tekućine: u krvnoj plazmi ima više bjelančevina
- različit kemijski sastav stanične i izvanstanične tekućine - važan za život i funkciju svih tj. stanica - zbog tih su razloga stanice **PODRAŽLJIVE**, omogućen je **PRIJENOS** različitih otopljenih tvari, metabolita i vode; stalan ionski sastav = **STALAN pH**
- **HOMEOSTAZA**
- **ZDRAVSTVENO ZNAČENJE VODE ZA PIĆE:** čovjeku je potrebno dnevno oko 150 L vode (u razvijenim zemljama svijeta: 150 - 250 L vode na dan)
- Kakva treba biti pitka voda?
- voda može biti onečišćena uzročnicima koji izazivaju dizenterija (bacil roda *Shigellae*), trbušni tifus (amebe ili bakterija *Salmonella typhi*), gastroenteritis (virus) - načini zaraze, simptomi, liječenje!
- indikator fekalne onečišćenosti vode - **test na *E. coli* (*Escherichia coli*)** - crijevna bakterija
- kemijske tvari: fluoridi, nitrati i nitriti, teški metali (Pb, Cd, Cr, Hg...), pesticidi, mineralna ulja, radioaktivni izotopi
- **Kako se voda dezinficira?**

22. KRV I KRVNE STANICE

KRV:

- Što je krv? - tekuće vezivno tkivo, tjelesna tekućina koja protječe kroz krvožilni sustav, sastoji se od **krvne plazme** (tekući dio) i **krvnih stanica** (eritrociti i leukociti) i **krvnih pločica** (trombociti) = suspenzija skupina stanica u krvnoj plazmi
- volumen krvi u tijelu odrasla čovjeka: **5 L**
- **uloge:**
 - prijenos plinova
 - prijenos hranjivih tvari
 - izlučivanje štetnih sastojaka (uree)
 - održavanje tjelesne temperature
 - održavanje količine vode u tijelu
 - održavanje ionskog sastava
 - održavanje pH
 - odbrana tijela od infekcije
 - prijenos hormona, vitamina...
- fizikalno -kemijska svojstva krvi: gusta, viskozna, neprozirna tekućina crvene boje (boja potječe od eritrocita, tj. od krvnog pigmenta hemoglobina)
- izgled molekule hemoglobina: slika 2.1/str. 21 (1)
- hemoglobin + kisik = OKSIHEMOGLOBIN - svjetlo crvena boja krvi
- hemoglobin + ugljikov(IV) oksid = KARBAMINOHEMOGLOBIN - tamno crvena boja krvi
- Kako nastaje hemoglobin? - sintetizira se iz octene kiseline i glicina (=aminokiselina) - ta dva spoja tvore **PIROLOV PRSTEN**
- 4 pirolova prstena tvore **PROTOPORFIRINSKI SPOJ**, zatim vežu atom željeza (Fe) i nastaje molekula HEM-a
- 4 molekule hema spajaju se s jednom molekulom **GLOBINA** i nastaje **HEMOGLOBIN**
- **KRVNA PLAZMA**
- žućkasta tekućina - nakon što uklonimo krvna tjelešca [centrifugiranjem ili spontanom taloženjem =sedimentacijom; veća specifična težina krvnih tjelešaca (1,080 - 1,090) od specifične težine krvne plazme (1,020 - 1,030)]
- BRZINA SEDIMENTACIJE: krvne stanice sedimentiraju spontano u uskoj staklenoj baždarenoj cijevi brzinom od **2-10 mm/sat** - muškarci; **3-12 mm/sat** - žene
- POVIŠENA SEDIMENTACIJA: veća od 10 mm u prvom satu; npr: upalni procesi, procesi propadanja tkiva, anemije, alergije, uslijed zračenja, u trudnoći (35mm/sat)...
- SNIŽENA SEDIMENTACIJA: manja od 2 mm u prvom satu; npr. novorođenčad (1-2 mm/sat)
- **HEMATOKRIT** - volumni udio krvnih tjelešaca u krvi (zdrava osoba: ~ 45%)
- **ANTIKOAGULATIVNA SREDSTVA** - sredstva koja koče grušanje (koagulaciju krvi): citrati, oksalati, heparin; djeluju na fibrinogen, protrombin ili blokiraju ione Ca^{2+} - koji su važni u zgrušavanju krvi
- **ANORGANSKE TVARI KRVNOJ PLAZMI:** Na^+ , Cl^-
- **ORGANSKE TVARI U KRVNOJ PLAZMI:** bjelančevine (60 - 80 g/L): **ALBUMINI**, α , β , γ - **GLOBULINI**, **FIBRINOGEN**
- uloge pojedinih bjelančevina u krvnoj plazmi

- **KRVNA TJELEŠCA - krvne stanice + krvne pločice**
- **ERITROCITI** - najbrojnije krvne stanice, crvene boje
- **uloga:** prijenos plinova
- MUŠKARCI: $4,4 - 5,8 \times 10^{12}$ u L; ŽENE: $3,8 - 4,9 \times 10^{12}$ u L
- zreli eritrociti NEMAJU JEZGRU
- bikonkavnog oblika; $\phi = 8 \mu\text{m}$; debljina $\sim 2 \mu\text{m}$; volumen $\sim 90 \mu\text{m}^3$
- najvažniji dio u citoplazmi: **HEMOGLOBIN**
- molekule hemoglobina nastaju u koštanoj srži u stanicama koje imaju jezgru
- fetalni hemoglobin (HbF)/adultni hemoglobin (HbA) - razlika u sastavu globina (polipeptid)
- HbF - veća sposobnost vezanja kisika kod nižih koncentracija kisika
- životni vijek eritrocita: 120 dana
- mrtvi eritrociti razgrađuju se u slezeni, razgradnjom nastaje BILIRUBIN (žuti pigment) izlučuje se iz krvi i iz jetre putem žuči u crijevo gdje se pretvara u STERKOBILIN B (smeđe boje - boja stolice) i UROBILIN B (žute boje - boja urina)
- hranom treba unositi oko 10 - 15 mg željeza na dan

- **LEUKOCITI** - bijele krvne stanice
- **uloga:** sudjeluju u obrani organizma od infekcije
- polimorfonuklearni (segmentirani) granulociti: **eozirofilni** (1 - 3%; afinitet prema kiselim bojama), **bazofilni** (manje od 1 %; afinitet prema bazičnim bojama), **neutrofilni** (54 - 62%; najvažniji mikrofazi): imaju segmentiranu jezgru i granule u citoplazmi
- nesegmentirani agranulociti: **monociti** (3 - 7 %; makrofazi), **limfociti** (25 - 33 %, T i B - limfociti)
- DIFERENCIJALNA KRVNA SLIKA (=DKS): sastav različitih vrsta leukocita u krvi
- DIJAPEDEZA - svojstvo leukocita da mogu izlaziti kroz pore krvnih žila u okolno tkivo; to im omogućuje ameboidno kretanje

- **TROMBOCITI** = krven pločice
- nastali su raspadom MEGAKARIOCITA
- **uloga:** kontrola krvarenja, tj. sudjeluju u zgrušavanju krvi
- PROUČI SLIKE I TABLICE na str. 20 - 25

KRVNE SKUPINE i RHESUS (Rh) FAKTOR

- Karl Landsteiner (1901) otkrio fiziološku prirodu krvnih skupina - ABO - sustav i Rh - faktor
- **TRANSFUZIJSKE REAKCIJE:** AGLUTINACIJA - AGLUTINATI (ugrušci)
HEMOLIZA

KRVNA SKUPIN A (fenotip)	GENOTIP	UČESTALOS T	AGLUTINOGENI (antigeni na membranama eritrocita)	AGLUTININI (antitijela u krvnoj plazmi)
O	OO	34 %	nema	anti A (alfa) i anti B (beta)
A	AA ili AO	43 %	A	anti B (beta)
B	BB ili BO	16 %	B	anti A (alfa)
AB	AB	7 %	AB	nema

- neki eritrociti (85 % bijelog pučanstva Europe i Amrike) imaju Rh - aglutinogene = **Rh +**; ostali 15 % = **Rh -**
- u krvnoj plazmi ne postoje prirodna antitijela protiv ovih antigena; antitijela se stvaraju tek nakon miješanja krvi nesrodnih Rh-faktora (pogrešna transfuzija, tijekom trudnoće ako Rh - majka nosi Rh + dijete)
- za sintezu Rh aglutinogena zadužena su 3 gena: **CDE**; **gen D (dominantan)** proizvodi Rh-aglutinogene s najjačim antigenim značajkama, tj. uzrokuje najburniju imunizaciju
- osoba koja ima genoti CdE na oba homologa je Rh -!!! (**gen d** je recesivan)

- HEMOLITIČKA BOLEST NOVOROĐENČADI

- POREMEĆAJI KRVI: ANEMIJA

LEUKEMIJA

KRVARENJE (HEMORAGIJA)

- STVARANJE KRVNIH STANICA = HEMATOPOEZA i HEMATOPOETSKI REDOVI STANICA

- KRVOTVORNI (HEMATOPOETSKI) ORGANI: KOŠTANA MOŽDINA

TIMUS

SLEZENA

LIMFNI ČVOROVİ

- BOLESTI KRVOTVORNIH ORGANA: POLICITEMIJA

MIJELOM

APLASTIČNA ANEMIJA

AGRANULOCITOZA

23. SRCE I KRVOŽILNI (kardiovaskularni) SUSTAV

- popis pojmova

- ULOGA SRCA I KRVOŽILNOG SUSTAVA
- GRAĐA SRCA:
 - vensko (desno srce): DPKL (pretkljetka = atrij) i DKL (kljetka = ventrikul);
 - arterijsko (lijevo srce): LPKL i LKL
- SRČANI ZALISCI (=valvule): DPKL → DKL: trikuspidalni zalisci;
LPKL → LKL: bikuspidalni (mitralni) zalisci;
zalisci plućne arterije (*arteria pulmonalis*) i zalisci aorte →
polumjesečasti (semilunarni) zalisci
- KRVNE ŽILE KOJE DOVODE KRV U SRCE:
 - A) GORNJA I DONJA ŠUPLJA VENA (*vena cava superior*, *v. c. inferior*) – dovode vensku krv iz tijela
 - B) PLUĆNE VENE (*venae pulmonales*) 3-5, najčešće 4 – dovode arterijsku krv iz pluća
- KRVNE ŽILE KOJE ODVODE KRV IZ SRCA:
 - A) PLUĆNA ARTERIJA – odvodi vensku krv u pluća
 - B) AORTA – odvodi arterijsku krv u tijelo
- OSRČJE ili PERIKARD
- KORONARNE ARTERIJE i VENE – hranidbeni (nutritivni) krvotok srčenog mišića
- RAD SRCA: UDARNI VOLUMEN
MINUTNI VOLUMEN
- SREDIŠTA AUTOMACIJE SRCA: 1. SINUS-ATRIJSKI ČVOR
2. ATRIO-VENTRIKULARNI ČVOR
3. HISOV SNOP i PURKINJEOVA VLAKNA
- DEPOLARIZACIJA uzrokuje SISTOLU (=stezanje; kontrakciju)
- REPOLARIZACIJA uzrokuje DIASTOLU (=opuštanje; relaksaciju)
- EKG = elektrokardiogram: P- val; QRS-kompleks; T-val
- visina stupca: pokazuje voltažu valova depolarizacije/repolarizacije
- dužina vala: pokazuje vrijeme tijeka tog procesa
- DOPUNSKA STIMULACIJA RADA SRCA: SIMPATIKUS - noradrenalin
PARASIMPATIKUS – acetil-kolin
- POREMEĆAJI RADA SRCA: KORONARNA SKLEROZA (ATEROM, TROMB, SRČANI
INFARKT)
ANGINA PEKTORIS (STENOKARDIJA)
BOLESTI SRČANIH ZALISTAKA
- POREMEĆAJI SRČANOG RITMA: TAHIKARDIJA
BRADIKARDIJA
- OPTOK KRVI: MALI (PLUĆNI) KRVNI OPTOK: SRCE → PLUĆA → SRCE
VELIKI (SYSTEMSKI) KRVNI OPTOK: SRCE → TIJELO → SRCE

- OKSIGENIRANA KRV – u malom optoku teče venama, u velikom optoku teče arterijama
- DEOKSIGENIRANA KRV – u malom optoku teče arterijama, u velikom optoku teče venama
- ARTERIJE (uloga, građa)
- VENE (uloga, građa)
- KAPILARE (uloga, građa)
- PULS ili BILO
- KRVNI TLAK: SISTOLIČKI (gornji, maksimalni) TLAK KRVI
 DIJASTOLIČKI (donji, minimalni) TLAK KRVI
- NORMALNI KRVNI TLAK: **16/10,7 kPa (120/80 mmHg)**
- POREMEĆAJI KRVNOG TLAKA: HIPERTENZIJA (simptomi, posljedice, liječenje)
 HIPOTENZIJA (simptomi, posljedice, liječenje)
- BOLESTI I PREHRANA: ATEROSKLEROZA
 KOLESTEROL I LIPOPROTEINI
 TROMBOZA

24. DIŠNI (RESPIRACIJSKI) SUSTAV

ULOGA DIŠNOG SUSTAVA:

- omogućuje svim tjelesnim stanicama izmjenu plinova → primanje kisika i odstranjivanje ugljikovog (IV) oksida

ŠTO UDIŠEMO?

- **ZRAK!!!**

ZAŠTO DIŠEMO?

probavljene hranjive tvari → krv → stanice + O₂ → CO₂ + H₂O + E

- kisik oksidira hranjive tvari (glukozu, masti...) i pritom se oslobađa energija (ATP)
- dobivena energija koristi se za normalni rad svih naših stanica, tkiva i organa
- nedostatak energije dovodi do smrti
- tkiva posebno osjetljiva na nedostatak kisika → mozak (3 – 4 minute)

KAKO KISIK MOŽE UĆI U ORGANIZAM?

- preko cijele površine tijela (vodozemci)
- kroz škrge (ribe)
- kroz pluća (gmazovi, ptice, sisavci)
- zajednička značajka svih tih organa: vrlo tanka propustljiva opna, dobro prokrvljena i vlažna

TIPOVI DISANJA:

- 1) VANJSKO – DIŠNI SUSTAV
- 2) STANIČNO – BIOLOŠKA OKSIDACIJA – dobivanje energije

GRAĐA DIŠNOG SUSTAVA:

GORNJI DIŠNI PUT: NOS; ŽDRIJELO, GRKLJAN (+ GLASNICE)

DONJI DIŠNI PUT: DUŠNIK, DUŠNICE, BRONHIOLE, PLUĆA

1. GORNJI DIŠNI PUT

- **ULOGA** gornjih dišnih putova: zagrijati, ovlažiti, pročistiti, dezinficirati zrak
- **NOS** – dvije nosne šupljine; svaka ima tri nosne školjke; iznutra je nosna sluznica koja je dobro prokrvljena i sadrži puno dlačica
- prokrvljena sluznica → zagrijava i vlaži zrak
- dlačice i sluz → zaustavljaju prašinu i mikroorganizme
- 3. nosna školjka sadrži mirisne osjetne stanice → primaju kemijske podražaje
- možemo udahnuti zrak i na usta – također će se zagrijati do grla
- stražnji otvori nosnih školjki propuštaju zrak u ždrijelo
- **ŽDRIJELO** – otvor jednjaka i početak dušnika = grkljan
- **GRKLJAN** → sadrži GLASNICE i GRKLJANSKI POKLOPAC
- **GRKLJANSKI POKLOPAC** – pri gutanju hrane prilagodne uz otvor dušnika i omogućiti hrani ulazak u jednjak
- **GLASNICE** = dva mišićna nabora – gornji (neprave glasnice) i donji (prave glasnice) – vrlo elastične; mišićima koji stežu i rastežu glasnice upravlja središte u mozgu
- **GLAS** nastaje kada zrak izlazi iz pluća i izaziva titranje glasnica
- **VISINA ZVUKA** – ovisi o duljini glasnica i veličini grkljana (muškarci - d = 18 mm; žene - d = 12 mm; djeca - d = 8 mm) → što su dulje to je glas dublji

- **JAIČINA GLASA** – ovisi o razmaku između glasnica, **snazi** kojom zrak izlazi iz pluća i o nosnoj, usnoj i ždrijelnoj šupljini (uloga rezonatora)
- **BOJA GLASA** – ne ovisi o visini i jačini glasa; ovisi o obliku i volumenu usne i ždrijelne šupljine (zvukovi iste visine mogu imati različitu boju)
- **GOVOR** – glasnice proizvode neartikulirani zvuk različite boje, jačine i visine; u artikulaciji sudjeluju: pluća, dušnik, usna i ždrijelna šupljina

2. DONJI DIŠNI PUT

- **ULOGA** donjih dišnih putova: pročistiti zrak, izmjena plinova
- **DUŠNIK** (trachea) – smješten ispred jednjaka, spušta se od ždrijela prema plućima
- elastična cijev, $d = 12 \text{ cm}$, $\Phi = 2 \text{ cm}$
- obložen prstenastom hrskavicom → stalno otvoren (zrak neometano ulazi i izlazi iz njega)!
- obložen trepetljivim epitelom; trepetljike trepere odozdo prema gore (→ ždrijelu; $v = 1 \text{ cm/min}$), uz pomoć sluzi odnose čestice prašine i mikrobe iz dušnika u ždrijelo iz kojeg se gutanjem prebacuju u želudac ili se iskašlju (ispljuvak)
- uz dišne putove → brojni su MAKROFAGI (fagocitiraju mikroorganizme) i LIMFNI ČVORVI (krajnici, pluća) – štite od infekcije (zrak u plućima – sterilan!)
- dušnik se grana u dvije DUŠNICE
- **DUŠNICE** (bronhi) – također obložene prstenastom hrskavicom; granaju se u sve tanje cjevčice → BRONHIOLE koje se proširuju u ALVEOLE ili PLUĆNE MJEHURIĆE
- najmanje bronhiole - $\Phi = \frac{1}{4} \text{ mm}$
- **PLUĆA** – nalaze se u plućnoj šupljini, zaštićena su rebrima; ispod se nalazi ošit (dijafragma) - dijeli plućnu i trbušnu šupljinu i sudjeluje u disanju
- **boja pluća**: kod djece – ružičasta; odrasli – siva, pušači - smeđa
- **građa pluća**: 2 PLUĆNA KRILA → DESNO – 3 REŽNJA; LIJEVO – 2 REŽNJA; $m = 1,2 \text{ kg}$
- svako plućno krilo obavijeno je POPLUĆNICOM (= PLEURA); sastoji se od 2 lista: unutarnji – prileže uz pluća; vanjski – prileže uz rebra = POREBRICA
- između vanjskog i unutarnjeg lista – tekućina → sljubi obje opne i oba plućna krila prate pomicanje prsnog koša i ošita pri udisaju i izdisaju
- u korijenu pluća (hilusu) → veliki limfni čvor
- **PLUĆNI MJEHURIĆI = ALVEOLE** – obložene jednoslojnim epitelom; ispunjene zrakom (spužvast izgled pluća); obavijene mrežom krvnih kapilara ($\Phi = 8 \mu\text{m}$) – eritrociti se protiskuju $v = 0,5 \text{ mm/sek}$
- Φ (alveola) = $0,2 - 0,3 \text{ mm}$
- N (alveola) = 300×10^6 (odrasli); $10 \times$ manje kod novorođenčadi
- u_{kupna} (alveola) = $75 - 90 \text{ m}^2$ ($40 - 45 \times$ više od površine tijela)

PROMET PLINOVA U PLUĆIMA

- **DIŠNI (respiracijski) VOLUMEN** = volumen zraka koji udahnemo pri jednom udisaju; ~ 500 ml
- **MINUTNI VOLUMEN DISANJA** = volumen zraka koji udahnemo tijekom jedne minute, kada mirujemo; ~ 6000 ml
- RITAM (frekvencija) DISANJA – u mirovanju ~ 12 × u minuti (odrasli; novorođenčad – 40 × u minuti)
- forsiranim udisajem možemo unijeti u pluća veću količinu zraka, muškarci oko 6000 ml, a žene oko 4200 ml
- volumni udio kisika u zraku: ~ 21% - muškarci takvim udahom unesu ~ 1200 ml kisika, a žene ~ 840 ml
- disanje se ubrzava ili se povećava dubina udisaja (= INSPIRACIJSKI VOLUMEN: $f \times RV$) pri napornom radu, manjku kisika u zraku, povišenoj ili sniženoj vanjskoj temperaturi, uslijed bolesti, različitih uzbuđenja, stresa.... – **TABLICE: 4.1 – 4.3., str. 57.**

PRIJENOS KISIKA I HEMOGLOBIN

- kisik iz alveola prelazi u krvne kapilare
- **1. vezan za hemoglobin ~ 97%** → oksihemoglobin – veže se za željezo vrlo labavom vezom – reverzibilno (brzo vezanje i brzo otpuštanje); hemoglobin sadrži 4 atoma željeza i svaki može vezati jednu molekulu kisika → Hb_4O_8
- **2. otopljen u krvnoj plazmi ~ 3%**

PRIJENOS UGLJIKOVOG (IV) OKSIDA

- **1. u obliku karbonatne kiseline (H_2CO_3) ~70%**
- $H_2O + CO_2 \rightarrow H_2CO_3 \leftrightarrow H^+ + HCO_3^-$; uz djelovanje enzima: karboanhidraza
- **2. vezan za hemoglobin ~23% → KARBAMINOHEMOGLOBIN – $HbCO_2$**
- **3. otopljen u krvnoj plazmi ~7%**
- princip izmjene plinova: **DIFUZIJA**, zbog razlike u parcijalnim tlakovima – kisik, odnosno, ugljikov (IV) oksid difundira iz područja svog većeg parcijalnog tlaka u područje manjeg parcijalnog tlaka
- koncentracijski gradijent postoji u plućima i tkivu – **TABLICA 4.4, str. 58.**

MEHANIKA DISANJA

- primanje (udisaj ili inspirij) i istiskivanje (izdisaj ili ekspirij) zraka u/iz pluća → ritmički živčani impulsi koji dolaze iz dišnih središta u mozgu
- živčani impulsi podražuju ošit (dijafragmu) i međurebrene (interkostalne) mišiće
- pluća prate promjenu volumena prsnoga koša → stežu se i rastežu – poplućnicom su pričvršćene za stijenku prsnoga koša
- inspiracijski mišići → sudjeluju pri udisaju (trajanje: ~ 2 sek)
- ekspiracijski mišići → sudjeluju pri izdisaju (trajanje: ~ 3 sek)

- **UDISAJ** – povećava se volumen prsnoga koša, tlak u plućima pada i zrak ulazi u pluća (zbog razlike u tlakovima vani i u plućima)
- **IZDISAJ** – smanjuje se volumen prsnoga koša, pluća se stežu i zrak se istiskuje iz pluća
- **REGULACIJA DISANJA**
 1. **DIŠNO ili RESPIRACIJSKO SREDIŠTE** u produženoj moždini → autonomno određuje frekvenciju disanja; dopunski se podražuje povećanom razinom CO₂ u krvi (+ 0,3 % CO₂ u krvi → 2 × veća količina udahnutog zraka) – oštećenje uzrokuje smrt!
 2. **INSPIRACIJSKO SREDIŠTE** – određuje ritam disanja (12 – 17 ×/min); podražuje međurebrene mišiće i ošit
 3. **KEMOSENZITIVNO PODRUČJE** – dopunsko respiracijsko središte → aktivira ga povišena razina CO₂ u krvi i povećava frekvenciju disanja
 4. **RECEPTORI U LUKU AORTE** (i **KAROTIDNE ARTERIJE** – ide u glavu) – reagiraju na smanjenu razinu O₂ u krvi – povećavaju frekvenciju disanja (isto se događa i pri padu krvnoga tlaka)
- voljno možemo **privremeno** zaustaviti disanje ili ga ubrzati
- porast CO₂ u krvi glavni je razlog prvog udisaja nakon rođenja djeteta!

Odgovore na sljedeća pitanja potražite sami u udžbeniku!

- **DISANJE PRIJE ROĐENJA**
 1. Gdje se razvija plod čovjeka?
 2. Zašto posteljicu nazivamo «plućima» ploda? Miješa li se krv fetusa s majčinom krvlju?
 3. Čemu još služi posteljica osim za izmjenu plinova?
 4. Koja je glavna razlika između izmjene plinova u plućima i izmjene plinova preko posteljice?
 5. Što je hipoksija?
 6. Što je fetalni, a što adultni hemoglobin? Koja je prednost HbF-a?
 7. Što se javlja kao posljedica propadanja HbF-a?
 8. Koji još **kompensacijski mehanizmi** postoje u krvi fetusa i što je ukupno postignuto njima
- **PROMJENA KRVOTOKA I DISANJA PRILIKOM ROĐENJA**
 1. Dopuni shemu krvotoka fetusa: oksigenirana krv (pupčanom vrpcom) → _____ (donja šuplja vena) → DPKL → dio krvi: _____ → _____; manji dio krvi iz DPKL → _____; najveći dio krvi iz DPKL → _____ → _____ → aorta
 2. Po čemu je posebna DPKL fetusa?
 3. Koliko krvnih žila odvodi deoksigeniranu krv u posteljicu?
 4. Čime su ispunjena pluća fetusa i što se dogodi tijekom i nakon porođaja?
 5. Kakve se promjene dogode u srcu i krvotoku nakon prvog udaha novorođenčeta?
- **BOLESTI DIŠNOG SUSTAVA:**
 1. Zašto je dišni sustav posebno osjetljiv?
 2. Što je PREHLADA i što ju uzrokuje? Što posebno pogoduje uzročniku? Nabroji najčešće simptome!
 3. Što je i čime je uzrokovan AKUTNI BRONHITIS? Navedi glavne simptome i rizičnu skupinu.
 4. Čime je uzrokovan KRONIČNI BRONHITIS? Zašto pušači često obolijevaju od ove bolesti?
 5. Kako se zove bolest u kojoj su oštećene plućne alveole? Navedi neke simptome.
 6. Što sve uzrokuje UPALU PLUĆA? Navedi simptome.
 7. Koje osobe najčešće obolijevaju od RAKA PLUĆA? Zašto? Navedi simptome. Kako se liječi?
 8. Tko su pasivni pušači? Postoji li i kod njih rizik od dobivanja raka pluća?
 9. Što je TUBERKULOZA PLUĆA (TBC)? Na što je posebno osjetljiv uzročnik? kako je smanjena pojava te bolesti?

25. IMUNOLOŠKI SUSTAV

- ljudi su neprestano izloženi djelovanju različitih mikroorganizama u okolišu (=patogeni mikroorganizmi)
 - uzrokuju bolesti i smrt
- ulaze u organizam kroz dišni, probavni, spolni sustav i kroz rane (na koži npr.)
- bolesti uzrokuju zato što u staničnim tekućinama nalaze pogodnu sredinu za život i razmnožavanje (temperatura, hrana...)
- u domaćinu narušavaju fiziološke uvjete i/ili luče otrovne metaboličke produkte (=toksine) – posljedica: **BOLEST**
- tijekom evolucije organizam čovjeka i brojnih životinja razvio je fiziološke mehanizme koji mogu “prepoznati” tuđe stanice od vlastitih, “reagirati” na njih i “uništiti” ih → **IMUNOLOŠKI SUSTAV, IMUNOST**
- **IMUNOST** = prirođena ili stečena fiziološka sposobnost organizma da se brani od štetnih djelovanja vanjskih čimbenika (npr. mikroorganizama)
- “tuđe” ili strane stanice, tvari = **ANTIGEN** (=virusi, bakterije, gljivice, endoparaziti, bjelanjak, serumi, toksini, enzimi, lipoproteini, glikoproteini... – svi imaju bjelančevine u svojoj građi)
- **osnova prepoznavanja: RAZLIKE U GRAĐI BJELANČEVINA**; te se bjelančevine nalaze u membranama; **ANTIGENOST** se temelji na prostornom rasporedu aminokiselina, tj. nekih kemijskih skupina koje “strše” iz sklopčanog proteina = **EPITOP**
- **ANTIGEN** ili **IMUNOGEN** – pokreće **IMUNOLOŠKU REAKCIJU**
- veća Mr (bjelančevine) – jači antigen, tj. u organizmu pokreće jaču imunološku reakciju
- **mjesto prepoznavanja: LIMFOIDNI ORGANI** u organizmu domaćina (npr. limfni čvorovi)
- tu se stvaraju i specifična protutijela (=ANTITIJELA, obrambene bjelančevine) ili antigen razlažu leukociti
- **IMUNOLOŠKI SUSTAV** – dio krvotvornog (limfatičkog) sustava, nije lokaliziran, njegovi su organi i tkiva “razbacani” unutar organizma; sastoji se od imunskih tkiva i organa (**SREDIŠNJI ORGANI: timus, koštana srž** – primarna uloga u proizvodnji i raseljavanju stanica značajnih za obranu tijela i održavanje imunosti; **PERIFERNI ORGANI: slezena, limfni čvorovi** – pod kontrolom središnjih organa) i stanica (fagociti i limfociti)
- **ZNAČAJKE IMUNOSTI:**
 - 1) **PREPOZNAVANJE** – mehanizmi koje tijelo stvara kako bi razlikovalo “tuđe” od “vlastitog”, to su zapravo tvari koje u perinatalnom razdoblju cirkulacijom dođu do nezrelog limfoidnog sustav i koje organizam usvoji kao “vlastito” – npr. antitijela koja prolaze kroz posteljicu i antitijela iz majčinog mlijeka (kolostruma)
 - 2) **MEMORIJA** – rijetko 2 × obolimo od iste bolesti – 1. dodir s antigeno ostavlja informaciju, tj. organizam “panti” da je već bio u dodiru s određenim antigenom, pri ponovnom susretu djelotvorno i brzo odbija napad

- 3) SPECIFIČNOST – uspostavljanje memorije ili imunosti na jedan uzročnik ne štiti organizam od drugog uzročnika, tj. organizam specifično razlikuje 2 mikroorganizma
- **IMUNOST (tablica):**
 - 1) NESPECIFIČNA (PRIROĐENA) – temelji se na fagocitozi, enzimatskoj razgradnji mikroorganizama ili na izravnom razaranju mikroorganizama postojećim antitijelima
 - 2) SPECIFIČNA (STEČENA) - mnogi virulentni oblici bakterija i drugih mikroorganizama se ne mogu fagocitirati jer teško prijanjaju uz fagocite ili stvaraju antifagocitne tvari – u tom slučaju organizam treba stvoriti (steći) imunost: stvaranjem humoralnih (specifičnih) antitijela ili pomoću T-limfocita (=stanična imunost)
 - **INKUBACIJA** – razdoblje (sati, dani, mjeseci, godine...) koje protekne od infekcije do pojave prvih simptoma
 - u tom razdoblju u krvi ljudi i životinja zaraženih nekim mikroorganizmom uočava se povećan broj leukocita (=limfocita) – STANIČNA (CELULARNA) IMUNOST ili povećana koncentracija antitijela – HUMORALNA ili SERUMSKA IMUNOST
 - **AKTIVNO STEČENA SPECIFIČNA IMUNOST** – organizam dolazi u dodir s antigenom koji pokreće imunološku reakciju
 - 1) PRIRODNI PUT – imunizacija nastala kod ljudi koji su preboljeli neku zaraznu bolest ili su bili u dodiru s antigenom ali nisu oboljeli
 - 2) UMJETNI PUT – imunizacija nastala cijepljenjem – u organizam je unesen oslabljeni (nepatogeni) uzročnik koji će pokrenuti imunološku reakciju, ali neće izazvati bolest
 - **PASIVNO STEČENA SPECIFIČNA IMUNOST** – organizam dobiva gotova antitijela protiv određenih antigena
 - 1) PRIRODNI PUT – embrio i fetus dobivaju antitijela kroz posteljicu (Ig-G), novorođenče sisanjem majčina mlijeka – KOLOSTRUMA (Ig-A, Ig-M)
 - 2) UMJETNI PUT – cijepljenjem se u organizam unose gotova antitijela dobivenih imunizacijom drugog čovjeka ili životinje, npr. protiv ugriza otrovnica i sl.
 - **OBAVEZNO CIJEPLJENJE U HRVATSKOJ: TBC (=BCG), difterija + tetanus + hripavac (pertussis) (=DI-TE-PER), rubeola, dječja paraliza (=POLIO-vakcina), ospice**
 - **IMUNOLOŠKA REAKTIVNOST PREMA STRANIM TRANSPLANTANTIMA**

- BOLESTI IMUNOLOŠKOG SUSTAVA:

- 1) **IMUNOINKOMPETENCIJE** (imunodeficijencije) – uzrokovane su manjkavom djelatnošću stanica imunološkog sustava; organizam se ne može braniti od infekcije; ovaj poremećaj najčešće je posljedica bolesti imunohematopoetskog sustava (koštene srži, limfnih čvorova ili timusa), npr. **LIMFOM** (maligni tumor limfnih čvorova), **MIJELOM** (prekomjerno množenje plazma stanica u koštanoj srži), **HODGKINOVA BOLEST** (tumor limfnih čvorova), **IMUNOTOKSIČNI OTROVI** (lijekovi ili otrovi, npr. pesticidi, iz okoliša koji slabe imunološki sustav) – sličan učinak ima i radioaktivno zračenje, **AIDS** (HIV-virus = retrovirus – napada T₄-limfocite; simptomi bolesti; inkubacija; putovi zaraze, rizične skupine, zaštita)

- 2) **POREMEĆAJI IMUNOLOŠKE REAKTIVNOSTI** – poremećena je reakcija na antigen (preosjetljivost ili hipersenzitivnost) – **ALERGIJE** = specifičan oblik imunološke reakcije na alergene (lijekovi: sulfonamidi, penicilin; pelud: narcise, bagrem, lipa, trave, korovi...; hrana: maline, jagode, sir, rakove,...; kemikalije: detergentski, ...); za vrijeme alergijske reakcije stanice imunološkog sustava ispuštaju **histamin** koji izaziva simptome: prekomjerno izlučivanje sluzi, crvenilo, mrlje, svrbež (=urtikarija ili koprivnjača), oteženo disanje, naticanje očnih kapaka i sluznice, proljevi...; alergijska reakcija može biti potpuna ili lokalna; pri velikom unosu alergena može doći do **ANAFILAKTIČKOG ŠOKA** – gušenje i smrt; **ASTMA** – oblik alergijske reakcije, zbog histamina se stežu mišići dišnih putova i disanje je otežano; **EKCEMI** – obli kožne preosjetljivosti (često profesionalne bolesti); **LIJEČENJE**: izbjegavati kontakt s alergenom, antihistaminici, kalcij

- 3) **ZLOĆUDNE BOLESTI (=TUMORI) IMUNOLOŠKOG SUSTAVA** – imunološki sustav se stalno bori protiv tumora (=izraslina, novotvorina tkiva nastala nekontroliranim rastom stanica), prepoznaje tumorske stanice po specifičnim tumorskim antigenima te ih suzbija; uzročnici tumora (raka) su vrlo različiti; **LIJEČENJE**: kirurški zahvati, zračenje (=radioterapija), kemijski citostatici (=kemoterapija) i imunoterapija

26. I M U N O S T

NESPECIFIČNA (PRIROĐENA)		SPECIFIČNA		(STEČENA)
ENZIMSKI SUSTAVI	FAGOCITI	NESPECIFIČNA ANTITIJELA	HUMORALNA (SERUMSKA)	CELULARNA (STANIČNA)
<ul style="list-style-type: none"> - tijelo nastoji izbjeći infekciju - najjednostavniji način je spriječiti ulazak mikroorg. u tijelo - neoštećena KOŽA – najbolja zaštita, žlijezde u koži luče bakteriцидне tvari (u znoju – mliječna i masne kiseline; lojni sekreti; kiselost...) - membrane koje obavijaju tjelesne šupljine luče sekrete (=mukus) – zaštita, mehanički se pomoću trepetljika zadržavaju (nos, dušnik...) i izbacuju mikroorganizmi (kihanje, kašljanje...) - SUZE i nosni sekret – LIZOZIM (baktericid) - ŽELUČANA KISELINA – pH = 1 – 3 – baktericid - SPERMA – SPERMIN (baktericid) - URIN – mokraćna kiselina – baktericid - INTERFERON – tvar koja uništava viruse ili inhibira replikaciju virusa unutar stanice - <u>iznimka:</u> <i>Staphylococcus aureus</i> – inficira folikul dlake i žlijezda 	<ul style="list-style-type: none"> 1. × opisao Mečnikov FAGOCITOZA – proces unosa krutih čestica i mikroorg. u stanicu PINOCITOZA – proces unosa kapljica MIKROFAGI – neutrofilni, bazofilni, eozinofilni leukociti; kratko žive, ne dijele se; mogu fagocitirati od 5 – 2,5 bakterija i sl. – glavna obrana! MAKROFAGI – monociti; pokretni i nepokretni (u tkivima – slobodni, tkivni, usidreni – ne mogu se ameboidno kretati, npr. HISTOCITI (=histiomonociti) – Kupferove stanice u jetri); 1) fagocitiraju do 100 mikroorganizama, mrtve stanice, stare proteine 2) predočuju antigen limfocitima (obrada antigena) ANTIGEN – luče tvari koje privlače fagocite FAGOCITI – kreću prema antigenu = kemo-taksija - antigen se prijelubi na membranu fagocita, fagocit ispruži pseudopodije, omota antigen = FAGOSOM – uvuče ga u citoplazmu (→ endocitoza); u citoplazmi se fagosom spaja s lizosomom (+ H₂O₂, kiseli pH, X) → FAGOLIZOSOM ili FAGOCITOSOM; ostaci se izbacе → egzocitoza 	<ul style="list-style-type: none"> - temelji se na stalnoj prisutnosti gotovih antitijela koja će reagirati na neke mikroorg. ili njihove toksine - ta se antitijela nalezu u krvotoku od rođenja (=prirodna imunost) – dobili smo ih ili preko placente ili sisanjem majčima mlijeka - nespecifična antitijela su po kemijskoj građi <u>globulini</u> (imunoglobulini) - GRADA ANTITIJELA: 4 proteinska lanca koji su međusobno povezani disulfidnim vezama –S-S- 2 “teška” lanca → ~ 440 aminokiselina - 2 “laka” lanca → ~ 214 aminokiselina - svaki lanac ima: konstantni kraj (veže se na određeni tip stanica) i varijabilni kraj (ovisi o specifičnim antitijelima, veže se na antigen i nastaje kompleks antitijelo – antigen u kojem antigen gubi reaktivnost) - PODJELA – razlika u Mr: IgG – najlakši, najviše ih je, dugo žive, prolaze kroz placentu - IgA – zaštita sluznice (suze), u majčinom mlijeku - IgM – najteža, u primarnim imunološkim reakcijama, u majčinom mlijeku - IgE – alergijske reakcije - IgD – ? 	<ul style="list-style-type: none"> - obuhvaća stvaranje i izlučivanje slobodnih specifičnih antitijela u krv i druge tjelesne tekućine - ta antitijela se ili <u>izravno vežu s bakterijskim toksinima i neutraliziraju ih ili obavijaju bakterije i tako olakšavaju fagocitozu</u> - nosioci ovog tipa imunosti = limfociti koji nastaju iz prastanica koštane srži dozrijevaju u crijevnom limfoidnom tkivu, slezeni, limfnim čvorovima i koštanoj srži (kod ptica u fabriciusovoj Bursi) – B-LIMFOCITI; na membrani sadrže receptore kojima rсаpoznaju “tuđe” od “vlastitog” - u dodiru s antigenom postaju PLAZMA STANICE (=plazmociti) koje stvaraju specifična HUMORALNA ANTITIJELA; vrlo brzo (100 molekul./1 sek.) - osim plazma stanica stvaraju se i stanice s memorijom koje organizam održava za slučajni ponovni dodir s antigenom 	<ul style="list-style-type: none"> - nosioci ovog tipa imunosti su T-LIMFOCITI - potječu iz koštane srži, a sazrijevaju u THIMUSU u rano djetinjstvu - limfociti “nauče” od “vlastitih” bjelančevina, zatim odlaze u limfne čvorove i slezenu kao imunološki sposobne stanice - oni imaju na svojim membranama specifične receptore kojima prepoznaju antigene (neutraliziraju ga ili privuku fagocite) - T-limfocit + antigen → aktivirani T-limfocit (senzibilizirani T-limfocit) – dijeli se i stvara više tipova T-limfocita - citotoksični T-limfociti (T₈) – mogu razoriti druge stanice (=izvršne, efektorske stanice) - pomoćnički T-limfociti (T₄) – oni luče limfokine kojima reguliraju i djelovanje B-limfocita (=regulacijske stanice) - limfociti – O (ili K ili NK) – potiskuju djelovanje T i B-limfocita (=supresijske stanice) - neki T-limfociti → stanice s memorijom - nikad ne stvaraju antitijela! - sporije djelovanje, očituje se za 2 dana (npr. test na TBC)

27. PROBAVNI SUSTAV

- ULOGA PROBAVNOG SUSTAVA:

- 1) preraditi hranjive tvari u jednostavnije molekule koje se mogu apsorbirati iz crijeva u krvotok
- 2) apsorbirati zalihe energije iz hranjivih tvari
- 3) odstraniti iz tijela neiskorištene i štetne produkte

- GRADA PROBAVNOG SUSTAVA:

- duga cijev sastavljena iz niza **probavnih organa** koji se nadovezuju u slijedu i funkciji + **probavne žlijezde**

- PROBAVNI ORGANI:

- **USTA** - usne;
 - zubi – sjekutići, očnjaci, predkutnjaci, kutnjaci; 20 mliječnih, 32 stalna zuba;
 - jezik – okus: slatko, slano, kiselo, gorko; toplina; dodir; bol

↓

- **ŽDRIJELO** (gutanje)

↓

- **JEDNJAK** – mišićna cijev, 23 – 25 cm, prazan – stijenke priljubljene

↓

- **ŽELUDAC** (V = 1200 – 1500 mL)
 - hrana u želucu = **himus**
 - ulazni dio – **cardia** – kardijački sfinkter
 - tijelo želuca - **fundus**
 - izlazni dio – **pylorus** – pilorički sfinkter

- žlijezde u stijenci želuca luče ~ 2000 mL/dan probavnih sokova (enzimi + HCl) i sluzi
- enzimi: **PEPSIN** (=pepsinogen + HCl) – proteolitički enzim – razgrađuje bjelančevine u kiselom mediju (pH ~ 2)

- probava traje oko 2 – 3 (6) sata,
- pepsin luče glavne stanice fundusnih i piloričkih žlijezda; osim pepsina luče se i želučane LIPAZE (malo) – razgradnja masti – slab učinak zbog kiselosti
- **HCl** (pH ~ 0,8) – luče obložne stanice u sluznici želuca, podražuje ih AŽS (parasimpatikus) i probavni hormon GASTRIN (koji djeluje i na lučenje pepsinogena)

- zaštita sluznice želuca – sporedne (mukozne) stanice koje luče sluz (mukozu) d = 1mm
- pilorički dio želuca luči **UNUTARNJI FAKTOR** – omogućuje apsorpciju vitamina **B12** u tankom crijevu – važan za proizvodnju eritrocita

↓

- **CRIJEVO**

- **TANKO CRIJEVO** (5 – 6 m): **dvanaesnik** → **jejunum** → **ileum**
- unutrašnja površina ~ 19 m²; zbog crijevnih resica P ~ 300 m²
- **BRUNNEROVE ŽLIJEZDE**: početni dio dvanaesnika, luče sluz – zaštita
- **LIBERKÜHNOVE KRIPTE**: jejunum i ileum, luče 2000 mL/dan sluzi i sekreta

- hrana se u tankom crijevu probavlja oko 5 – 6 sati

↓

- **DEBELO CRIJEVO** (1,5 – 2 m): **slijepo crijevo (caekum)** + crvuljak (apendix) → **kolon** → **rectum**

- volumen 3 × veći od volumena tankog crijeva
- ulaz u debelo crijevo: **ileocekalni sfinkter**; izlaz iz debelog crijeva: **analni sfinkter**
- u unutrašnjosti nema crijevnih resica i nema toliko žlijezda kao u tankom crijevu

- **ULOGE:** a) primanje himusa iz tankog crijeva
- b) lučenje sluzi
- c) reapsorpcija vode i minerala
- d) bakterijsko truljenje ostataka hrane (*E. coli*) i probava celuloze (~1 %)
- e) inaktivacija štetnih produkata (indol, fenol, skatol)
- f) sinteza vitamina (*E. coli*) – npr. **vitamin K**
- g) formiranje i nakupljanje stolice (feces) i plinova (flatus): **H₂S, CH₄, CO₂**
- h) refleksno i kontrolirano pražnjenje crijeva (defekacija)

- prolaženje sadržaja kroz debelo crijevo olakšavaju sluzne žlijezde, a omogućuju hastracijske kontrakcije – javljaju se rjeđe, 3 – 4 ×/dan, nakon obroka
- sadržaj putuje kroz debelo crijevo 12 – 24 sata
- **IZMET (FAKLJE):** ¾ vode, masti, 10 – 20 % bjelančevina, 30 % ostataka hrane, mrtve stanice crijevnog epitela, sterkobilin (smeđa boja) – nastaje raspadom hemoglobina u jetri, a u crijevo se oslobodi putem žuči

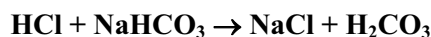
- **PROBAVNE ŽLIJEZDE:**

- 1) **SLINOVNICE** – 3 para: **PODUŠNE** (parotidne), **PODVILIČNE** (submandibularne), **PODJEZIČNE** (sublingvalne); dnevno luče 1 – 1,5 L SLINE; pH = 5,6 – 7,6; sadrži **PTIJALIN** (=α-amilaza) – razgradnja škroba do maltoze i glukoze (70 % škroba se razgraadi u ustima), podmazivanje zalogaja – olakšava žvakanje i gutanje hrane
- 2) **GUŠTERAČA (pancreas)** – nalazi se ispod želuca; d = 15 cm, m = 70 – 90 g; **najveći proizvođač probavnih sokova**, otpušta ih u dvanaesnik
- **dvije vrste tkiva:** 1. **stanice osnovnog žljezdanog parenhima (acinusi)** – sintetiziraju probavne enzime –

EGZOKRINA ULOGA

2. **alfa i beta stanice Langerhansovih otočića (insula)** – luče hormone: **GLUKAGON** i **INZULIN** – **ENDOKRINA ULOGA**

- **GUŠTERAČIN SOK** – **500 – 1500 mL/dan**; pH = **7,1 – 8,3**; sadrži vodu, HCO₃⁻ - ione i probavne enzime; lučenje reguliraju AŽS i probavni hormoni (pankreoizimin, sekretin, kolekistokinin...)
- **HCO₃⁻ - ioni:** neutralizacija himusa



- **probavni enzimi – 3 vrste:**

- a) probava ugljikohidrata – *pankreasna amilaza* – hidrolizira škrob i glikogen do disaharida (celulozu NE!!!)
- b) probava bjelančevina (=proteolitički enzimi) – *tripsin, kimotripsin, karboksipolipeptidaze i (deoksi-) ribonukleaze*
- c) probava lipida – *pankreasna lipaza* – hidrolizira neutralne masti u glicerol i masne kiseline (uz pomoć žuči)

3) **JETRA** – jedna od zadaća – stvara žuč – **500 mL/dan** (u jetrenim stanicama);

- žuč se iz tih stanica luči u međustanične prostore gdje se stvaraju kapilarni žučni vodovi koji se spajaju i na kraju tvore **jetreni izlazni vod (ductus hepaticus)**
- jetreni izlazni vod spaja se ispod jetre sa **žučnim vodom**, a zajednički **izvodni kanal žučovoda** ulijeva se u dvanaesnik i spaja s izvodnim kanalom gušterače; na ulazu u dvanaesnik nalazi se **Oddijev sfinkter**
- **Oddijev sfinkter** relaksira se prolaskom peristaltičkog vala i dodatno kolekistokininom
- **KOLECISTOKININ** je probavni hormon čije lučenje izaziva masna hrana u dvanaesniku, on putem krvi dolazi do žučnog mjehura, izaziva stezanje žučnog mjehura i lučenje žuči u tanko crijevo
- **ULOGA ŽUČI:** emulgiranje masti (raspršivanje u sitne kapljice - hilomikrone) – lipaze lakše djeluju na sitne kapljice
- **SASTAV ŽUČI:** soli žučnih kiselina (emulgiranje), bilirubin (nastao raspadom hemoglobina), kolesterol, lecitin, elektroliti...

- **KRETANJE CRIJEVA**
- himus se u crijevu miješa s probavnim enzimima i žuči – miješanje se događa zbog kretanja (peristaltike) crijeva
- miješanjem se postiže bolji kontakt s crijevnim resicama i pokretanje himusa prema debelom crijevu
- u kretanju crijeva sudjeluju uzdužni i kružni mišići u stijenki crijeva (kontrakcije i relaksacija pod djelovanjem AŽS)
- hranjive tvari prelaze **u krv** (monosaharidi i aminokiseline) ili **u limfu** (masne kiseline i glicerol)
- samo ~5% masti i ~ 10% bjelančevina ne uspije se apsorbirati u tijelo; najveća apsorpcija odvija se u jejunumu

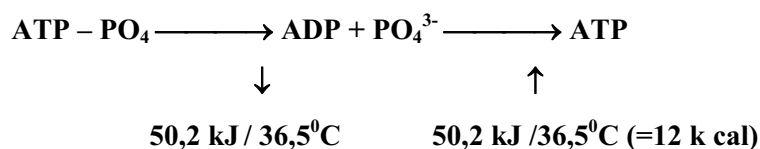
- **ZADATAK:** Prouči tablicu 6.1/str. 94 (1) ili Sl. 2-46/str. 126. (2)

- **BOLESTI PROBAVNOG SUSTAVA:**

- 1) BOLESTI ZUBA: karijes; apsces zuba;
- 2) BOLESTI USTA: *Herpes simplex*; usni čirovi (aftozni ulkusi); tumori jezika i usta – benigni i maligni
- 3) BOLESTI ŽELUCA: gastritis; čir želuca; rak želuca
- 4) BOLESTI CRIJEVA: čir dvanaesnika; začepljenje crijeva; zapletaj crijeva; upala crvuljka; rak debelog crijeva; hemoroidi (=šuljevi)
- 5) BOLESTI JETRE. ŽUČNOG MJEHURA I GUŠTERAČE: ciroza jetre; žučni kamenci, akutna upala gušterače (pankreatitis)
- 6) NAMETNICI U PROBAVILU: oblići (obična ili dječja glista), trakavice (goveđa, svinjska, pasja...); mikroorganizmi – kolera, tifus, paratifus, dizenterija...

28. METABOLIČKI SUSTAV

- za normalan život potrebna nam je ENERGIJA
- kratkotrajan nedostatak energije → smrt
- glavne tvari pomoću kojih tijelo dobiva energiju su HRANA i KISIK
- METABOLIZAM – splet svih kemijskih reakcija u svim tjelesnim stanicama (ovisi o dobi, spolu, aktivnostima, fiziološkom i zdravstvenom stanju)
- ANABOLIČKE REAKCIJE – sinteze – pri tome se uzgrađuje organizam
- KATABOLIČKE REAKCIJE – razgradnje – pri tome se energija koristi za rad stanica, tkiva, organa...
- osnovne hranjive tvari: **ugljikohidrati, bjelančevine, masti**, minerali, vitamini, voda (razgrade se u probavilu do monosaharida, aminokiselina, masnih kiselina i glicerola)
- glavna ATP-a sintetizira se pomoću energije dobivene razgradnjom ugljikohidrat, bjelančevina i masti
- **ATP** – nepostojan kemijski spoj, prisutan u svim stanicama



- metaboličnom razgradnjom oslobađa se i **toplinska energija** (40 % - 55 % ukupne energije hrane) – ta toplinska energija katalizira većinu reakcija u tijelu i održava stalnu tjelesnu temperaturu
- minerali, vitamini, voda – NE SADRŽE energetske zalihe, nužni su za održavanje i izgradnju organizma
- energetska vrijednost hrane mjeri se **kalorimetrom** (kalorimetrijskom bombom) – toplina koja se oslobađa spaljivanjem uzorka hrane preračunava se u JOULE (J), ranije su se upotrebljavale kalorije (1 cal = 4,18 J ili 1 J = 0,24 cal)
- **BAZALNI METABOLIZAM (BM)** – količina energije koju organizam troši tijekom 24 sata u mirovanju (spavanju) za svoje osnovne funkcije, održavanje nužnih, životnih funkcija (rad srca, krvotoka, bubrega, disanje, mozga...)
- BM (muškaraca) = 10 × veći nego BM (žena)
- važna uloga u održanju BM ima štitnjača (tiroksin i trijodtironin), hipofiza (hormon rasta) i spolni hormoni
- **RADNI METABOLIZAM** – količina energije koju organizam treba za normalan rad (čovjek m = 70 kg, 20 godina – 10 – 12 MJ/dan)
- utrošak energije povećava fizičko opterećenje, intelektualan rad,... (može i do 100 % povećati potrebu za energijom)
- između utroška i prinosa energije treba vladati ravnoteža, ako ravnoteže nema:
 - a) MRŠAVLJENJE – organizam troši više energije nego što uzima hranjivih tvari
 - b) DEBLJANJE (pretilost, gojaznost, adipoznost) – organizam troši manje energije nego što unosi hranjivih tvari (prinos energije > utroška energije); višak masnoća opterećuje srce i krvotok
- **METABOLIČKI AKTIVNA TKIVA** – troše više glukoze i kisika

- **RAZBORITA (ZDRAVA) PREHRANA** = optimalna količina hranjivih tvari
- ovisi o: DOBI, MASI TIJELA, SPOLU, KLIMI, AKTIVNOSTIMA, FIZIOLOŠKIM STANJIMA (npr. trudnoća, dojenje...), PATOLOŠKIM STANJIMA (bolest...)
- tijekom trudnoće – 10 % više hranjivih tvari, posebno bjelančevina biljnog i animalnog (esencijalne aminokiseline: valin, leucin, izoleucin, lizin, fenilalanin, triptofan, metionin, treonin – odrasli; histidin i tirozin – dojenčad) podrijetla
- tijekom dojenja (laktacija) – 40 % više hranjivih tvari; dnevna proizvodnja mlijeka: ~ 850 mL
- do prestanka rasta i razvoja – povećana potreba za hranom
- nakon 25 godine – opada potreba za količinom energije i to od 5 – 7 % za svakih 10 godina života

- **POTREBA ZA IONIMA I VITAMINIMA** – nedostaci uzrokuju različite poremećaje i bolesti
- **MINERALI:**
 - ANEMIJA ili SLABOKRVNOST – nedostatak Fe
 - GUŠAVOST – nedostatak I
 - RAHITIS – nedostatak Ca
 - neophodni su ioni: Na⁺, K⁺, Cl⁻, Mg²⁺ i u tragovima: Co, Mn, Br, Se, Zn, Al, Ni...

- **VITAMINI:** biološki regulatori kemijskih reakcija izmjene tvari u organizmu
- djeluju u malim koncentracijama, štite tijelo od zaraze,...
- HIPOVITAMINOZA – manjak vitamina
- AVITAMINOZA – nedostatak vitamina
- HIPERVITAMINOZA – višak vitamina
- ljudski organizam ne sintetizira sve vitamine i trebamo ih uzimati hranom
- NOĆNA SLJEPOĆA – nedostatak vitamina A
- BERI-BERI, PELAGRA, DERMATITIS, SRPASTA ANEMIJA – nedostatak vitamina B - kompleksa
- SKORBUT – nedostatak vitamina C
- POREMEĆAJ U METABOLIZMU Ca (rahitis) – nedostatak vitamina D
- POREMEĆAJ FUNKCIJA SPOLNIH ŽLIJEZDA – nedostatak vitamina E (vitamin E = antisterilitetni vitamin)

- vitamini topivi u mastima: A, D, E, K
- vitamini topivi u vodi: B – kompleks, C

- **REGULACIJA ŠEĆERA U KRVI**
 - za energetske potrebe stanica – važna uloga šećera – monosaharida: glukoze (glavni izvor energije u stanici)
 - GUK = glukoza u krvi (ranije: ŠUK = šećer u krvi) – važna je stalna koncentracija šećera (glukoze) u krvi
 - **šećer → probavilo → krv → stanice**; za ulazak u stanice potreban je prenosilac kojeg aktivira hormon gušterače = **INZULIN** (glukoza je velika molekula)

- nedostatak inzulina → nedostatak šećera u stanicama → nedostatak energije → smrt
- glukoza se nakuplja u krvi = HIPERGLIKEMIJA
- iznimno glukoza može difundirati u stanice mozga, jetre, crijeva, eritrocite i kroz posteljicu
- GUK = normalna koncentracija šećera u krvi: **c (glukoze) = 5,55 mmol/L**
- **HIPOGLIKEMIJA**: c (glukoze) < 5,55 mmol/L – štetno, stanice dobivaju manje od potrebne količine energije, stanje zamora, krvna plazma postaje hipotonična
- **HIPERGLIKEMIJA**: c (glukoze) > 5,55 mmol/L – štetno, krvna plazma postaje hipertonična
- višak glukoze pohranjuje se u obliku GLIKOGENA (=jetreni šećer - najčešće u jetri i mišićima) – to je rezerva šećera u tijelu (500 – 800 g)
- razgradnju glikogena stimulira hormon gušterače – **GLUKAGON** (u doba hipoglikemije)
- stanice Langerhansovih otoka luče INZULIN (β -stanice) i GLUKAGON (α -stanice)
- proizvodnju i otpuštanje tih hormona stimulira visoka razina GUK-a (inzulin) ili niska razina GUK-a (glukagon)
- razgradnju glikogena stimulira i **ADRENALIN** (hormon srži nadbubrežne žlijezde)
- **STRES**: oslobađa adrenalin u krv
- adrenalin ubrzava oslobađanje energije, djeluje na živčani sustav koji brže provodi impulse – brža reakcija ...
- glikogen je pričuva energije i glukoze – dostatno za 2 – 3 dana gladovanja
- dugotrajno gladovanje – u organizmu se glukoza stvara iz neugljikohidrata: 1. iz masti i 2. iz bjelančevina; to se također zbiva pod utjecajem hormona: **glukokortikoidi** iz **kore nadbubrežne žlijezde** i **tiroksin** iz **štitnjače**

OSLOBADANJE ENERGIJE RAZGRADNOM HRANJIVIH TVARI

- METABOLIZAM UGLJIKOHIDRATA – 1 g glukoze → 15,96 kJ; 1 mol glukoze (=180 g) → 2872 kJ (= 686 kcal)
- glukoza se razgrađuje u procesu staničnog disanja do CO₂, H₂O i energije (ATP + toplina)
-
- METABOLIZAM MASTI – razgrađuju se do glicerola i masnih kiselina; glicerol ulazi u *glikolitički put*, a masne kiseline se razgrađuju *beta-oksidacijom* do **acetil-Co-A** (ulazak u Krebsov ciklus)
- METABOLIZAM BJELANČEVINA – razgrađuju se do aminokiselina; deaminacijom (oduzimanjem NH₂-skupine) nastaju karboksilne kiseline koje se uključuju u Krebsov ciklus; amonijak koji nastaje je toksičan, pretvara se u jetri u ureu (karbamid) i izlučuje iz organizma (dozvoljena konc. uree u krvi: **2,5 – 7,5 mmol/L**)

TERMOREGULACIJA - 40 – 55 % ukupne energije iz hrane oslobađa se u obliku topline

- čovjek (kao i ptice i ostali sisavci) je HOMEMOTERMNI ORGANIZAM sa stalnom tjelesnom temperaturom (36,5⁰C)
- povišenje tjelesne temperature: povećan mišićni rad, djelovanje endokrinih žlijezda, vanjski utjecaj, toksini patogenih mikroorganizama (=pirogene tvari - poremete normalnu osjetljivost termoregulacijskih središta – vrućica; ANTIPIRETIK – lijek koji snižava povišenu tjelesnu temperaturu)...
- **središte za termoregulaciju: HIPOTALAMUS** – središte za produkciju/redukciju topline
- obavijest dobiva živčanim impulsima iz termoreceptora u koži ili iz pregrijene/pothlađene krvi...
- PREGRIJANO TIJELO – uključuje se središte za redukciju topline: širenje krvnih kapilara (vazodilatacija), povećan dotok krvi u kožu – crvenilo lica, toplina se otpušta u okoliš; znojenje – isparavanjem se tijelo hladi; hormoni – smanjena razgradnja hrane – manje oslobođene topline
- POTHLAĐENO TIJELO – uključuje se središte za produkciju topline: znojenje prestaje; stezanje krvnih žila (vazokonstrikcija), smanjuje se protok krvi – blijedi smo; hormoni stimuliraju kataboličke reakcije u kojima se oslobađa toplina

29. REGULACIJA SASTAVA TJELESNIH TEKUĆINA

- u organizmu stalno nastaju štetene tvari koje se trebaju izlučiti iz tijela, u većim koncentracijama su najčešće otrovne
- to npr: ugljični dioksid, mokraćevina,...

- **ACIDOZA**: pH = 7,2 (normalni pH = 7,4) +++ CO₂

- **ALKALOZA**: pH = 7.6 --- CO₂

- **HOMEOSTAZA**
- održavanje homeostaze: BUBREZI, KOŽA, PLUĆA, HORMONI, JETRA (ŽUČ)

- **MOKRAĆNI SUSTAV**
- **BUBREZI** – osnovna građevna jedinica: **NEFRON** (slika 8.6/str. 119)
 - a) Bowmanova čahura – unutar nje – **GLOMERUL**: **FILTRACIJA** krvne plazme
 - b) silazni krak – **TUBULARNA REAPSORPCIJA** (100 % glukoze; prema potrebi: voda, Na⁺, K⁺, Cl⁻, H⁺, PO₄³⁻, aminokiseline,...)
 - c) Henleova petlja
 - d) uzlazni krak – **TUBULARNA SEKRECIJA** – sve otpadne tvari se izlučuju iz organizma

ULOGA MOKRAĆNOG SUSTAVA:

1. regulacija volumena tekućine
2. izlučivanje konačnih produkata metabolizma bjelančevina (urea)
3. izlučivanje soli (regulacija iona: Na⁺, K⁺, Cl⁻, H⁺, Mg²⁺)
4. izlučivanje toksina i svih štetnih produkata (bilirubin,...)
5. održavanje stalnog krvnog tlaka
6. održavanje stalnog pH krvi
7. posredno utječe na proizvodnju eritrocita [luče hormon ERITROPOETIN koji stimulira koštanu srž na proizvodnju eritrocita (=eritropoeza)]

UTJECAJ HORMONA

- **ADH** (=antidiuretički hormon – koči diurezu), luči ga stražnji režanj hipofize kada u organizmu nema vode, djeluje na stanice silaznog kraka koje postaju propusnije za vodu – tako se povećava reapsorpcija vode iz filtrata nazad u krv; mokraća je koncentriranija – sadrži manje vode!

- **ALDOSTERON** – luči ga kora nadbubrežne žlijezde; održava stalnu razinu iona: Na⁺, K⁺, Cl⁻
- niska konc. Na⁺ → luči se pojačano aldosteron → pojačava se reapsorpcija Na⁺ iona → samnjuje se lučenje aldosteerona → PRINCIP POVRATNE SPREGE

OSTALI ORGANI MOKRAĆNOG SUSTAVA:

1. MOKRAĆOVODI

2. MOKRAĆNI MJEHUR

3. MOKRAĆNA CIJEV

KEMIJSKI SASTAV MOKRAĆE

- ovisi o višku/manjku određenih tvari u organizmu
- lijekovi, alkohol, narkotici, hipnotici,... inhibiraju lučenje ADH – posljedica: pojačano lučenje vode (diureza)
- morski organizmi luče NH_3
- kopneni organizmi luče UREU
- kukci, ptice, gmazovi luče MOKRAĆNU KISELINU
- mokraća je kiselića od krvi: $\text{pH} = 5 - 6,5$

KOŽA

GRAĐA KOŽE:

- 1) POUSSMINA
 - 2) BAZALNA MEMBRANA
 - 3) USMINA – dlake, krvne kapilare, ogranci osjetnih živaca, glatki mišići, lojne i znojne žlijezde
- MELANOCITE – melanin, feomelanin
 - MELANOM
 - ZNOJ

ULOGA KOŽE:

POREMEĆAJI MOKRAĆNOG SUSTAVA:

- GLOMERULONEFRITIS
- UPALA BUBREGA
- BUBREŽNI KAMENCI
- INSUFICIJENCIJA BUBREGA
- UREMIJA
- PROTEINURIJA
- HEMATURIJA
- LEUKOCITURIJA
- GLIKOZURIJA
- HEMODIJALIZA
- TRANSPLANTACIJA BUBREGA

30.SUSTAV ORGANA ZA KRETANJE

(popis pojmova)

1. **KOSTI:** građa kosti (epifiza, dijafiza; osteoblasti, osteoklasti), podjela kostiju (cijevaste, plosnate, kubične; kosti glave, kosti trupa, kosti udova)

HRSKAVICA (hondroblasti, hondroklasti)

SINOVIJALNA TEKUĆINA

LIGAMENTI (sveze)

2. ZGLOBOVI

3. **MIŠIĆI:** vrste mišića (poprečno-ptugasti, glatki, srčani); podjela mišića (mišići glave, mišići vrata, mišići trupa, mišići udova)

TETIVE

ŽIVČANO - MIŠIĆNA SVEZA

GRAĐA POPREČNO PRUGASTOG MIŠIĆA (mišićna vlakna; miofibrile – aktin, miozin; I-pruge; A-pruge; poprečni mostovi; Z-membrane – sarkomera, H-zona; broj mitohondrija u mišićnim stanicama)

KONDICIJA

MIŠIĆNI UMOR

MIŠIĆNA HIPERTROFIJA

BOLESTI KOSTIJU I MIŠIĆA:

- RAHITIS
- OSTEOPOROZA
- REUMATIZAM
- BOLNA LEĐA
- ARTROZA
- ARTRITIS
- SPONDILITIS
- ISTEGNUĆE MIŠIĆA
- PUCANJE TETIVA
- PRIJELOMI

31. ENDOKRINI SUSTAV

(popis pojmov)

- HORMONI
- HORMONSKI RECEPTORI
- PODJELA HORMONA: bjelančevinasti i steroidni
- MEHANIZAM POVRATNE SPREGE

ENDOKRINE ŽLIJEZDE:

1. HIPOFIZA

A) PREDNJI REŽANJ: STH, TSH, ACTH, GTH (FSH = folikul stimulirajući hormon – potiče spermatogenezu; LH ili ICSH – potiče lučenje spolnih hormona – estrogena, progesterona, testosterona; LTH), PROLAKTIN

B) SREDNJI REŽANJ: MSH

C) STRAŽNJI REŽANJ: ADH, OKSITOCIN

2. EPIFIZA - ?

3. **ŠTITNA ŽLIJEZDA** – TIROKSIN (T₄), TRIJODTIRONIN (T₃)

4. **DOŠTITNE ŽLIJEZDE** - PARATHORMON

5. **PRсна ŽLIJEZDA** - TIMOZIN

6. NADBUBREŽNA ŽLIJEZDA

A) KORA – kortikosteroidni hormoni: ALDOSTERON, KORTIZOL

B) ŠRŽ – AADRENALIN (hormon stresa)

7. **GUŠTERAČA** – INZULIN, GLUKAGON

8. **SPOLNE ŽLIJEZDE** – JAJNICI: ESTROGEN, PROGESTERON; SJEMENICI: TESTOSTERON

BOLESTI ENDOKRINIH ŽLIJEZDA:

- GIGANTIZAM
- AKROMEGALIJA
- NANOSOMIJA (=patuljasti rast)
- ŠEĆERNA BOLEST (=hiperglikemija, dijabetes)
- TUMOR SRŽI NADBUBREŽNE ŽLIJEZDE
- HIPERTIREOZA
- HIPOTIREOZA
- HIPERPARATIREOIDIZAM
- HIPOPARATIREOIDIZAM

32. SPOLNI I REPRODUKTIVNI SUSTAV

GRAĐA I ULOGA MUŠKIH SPOLNIH ORGANA:

- SJEMENIK (slika 11.3/str. 148) – **spermatogeneza** (sjemeni kanalići); **lučenje spolnih hormona (testosteron, androgene)** - endokrine, intersticijske (=Leydigove) stanice
- MOŠNJE; KRIPTORHIZAM – pojava kada se sjemenici (samo jedan ili oba) ne spuste u mošnje, nego ostaju u trbušnoj šupljini; javlja se kod ~ 5% muške djece, ako se sjemenici ne spuste do 3. godine – treba obaviti operaciju, u suprotnom muškarac može biti sterilan (viša tjelesna tem. u trbuhu)
- DOSJEMENIK (=epididimis) – dozrijevanje spermija
- SJEMENOVOD
- PROSTATA (=kestenjača) --> SPERMA
- MOKRAĆNA CIJEV
- SPOLNI UD (=penis) – slika 11.5/str. 149. – erekcija; ejakulacija;

GRAĐA I ULOGA ŽENSKIH SPOLNIH ORGANA:

- JAJNICI (slika 11.6/str. 150 i slika 11.7/str.151.) – **oogeneza** (Graafov folikul); **lučenje spolnih hormona (estrogen, progesteron)** – ŽUTO TIJELO (=corpus luteum)
- OVULACIJA
- JAJOVODI
- MATERNICA (=uterus); unutrašnjost – sluznica (=endometrij) – ljušti se u vrijeme mjesečnice, tijekom trudnoće stvara posteljicu
- RODNICA; himen
- STIDNICA – velike usne, male usne, otvor mokraćne cijevi, vanjski otvor rodnice, dražica
- DRAŽICA (=clitoris)

ZADATAK: DETALJNO PROUČI slike 11.10/str. 152. i 11.11/str. 153.

OVARIJSKI ili MENSTRUACIJSKI CIKLUS

- 1. faza: FOLIKULARNA – započinje mjesečnicom i traje oko 12 dana - započinje dozrijevanje jajne stanice u jednom folikulu
- 2. faza: OVULACIJSKA – traje 2 – 3 dana; dozrijevanje jajne stanice i ovulacija = pucanje Graafovog folikula i izbacivanje jajne stanice u trbušnu šupljinu (kraj 2. faze)
- 3. faza: SEKRECIJSKA – traje do prvog dana sljedeće menstruacije (oko 13 – 14 dana) = faza s povećanom sekrecijom hormona
- SPOLNO SAZRIJEVANJE MLADIĆA; primarne i sekundarne spolne osobine; polucija sjemena; muški klimakterij
- SPOLNO SAZRIJEVANJE DJEVOJAKA - primarne i sekundarne spolne osobine; menarhe, PMS (=predmenstrualni sindrom); menopauza
- PSIHIČKI RAZVITAK U PUBERTETU
- SPOLNI ŽIVOT ČOVJEKA
- ŽIVČANA I HORMONSKA REGULACIJA SPOLNE AKTIVNOSTI – slika 11.12./str 156.

OPLODNJA, TRUDNOĆA I POROĐAJ

I. Oplođnja i razvitak zametka (*embria*) i ploda (*fetusa*)

OPLODNJA ili **FERTILIZACIJA** (sl. 11.13./str. 157.) je spajanje jajne stanice i spermija

- događa se u prvoj trećini jajovoda
- jajna st. je oplođno sposobna između 12 i 24 sata nakon ovulacije
- spermiji su oplođno sposobni do 48 sati nakon ejakulacije

GRADA SPERMIJA (sl. 11.3./str. 148.):

- a) glava – jezgra i malo citoplazme, na vrhu se nalazi *akrosom*
- b) tijelo ili vrat – sadrži mitohondrije
- c) rep – služi za pokretanje

- **AKROSOM** (vršni dio spermija) sadrži enzime (*AKROZIN*) za razgradnju sloja (stanica?) koje oblažu jajnu stanicu (*Corona radiata*)
- jajna st. ima još jedan sloj *Zona pellucida* - sadrži specifične receptora za ljudske spermije te ne može biti oplodena spermijima druge vrste
- nakon prodora prvog spermija (sl. 11.14./str. 158.) *Zona pellucida* zadeblja i tako onemogućuje drugim spermijima ulazak u jajnu st. (na taj način je spriječena poliploidija = organizam s više od dva niz homolognih kromosoma)
- glava spermija koji je ušao u jajnu st. počinje bubriti i oslobađa se predjezgra (*pronukleus*) s haploidnim brojem kromosoma; rep otpada
- u jajnoj st. stvara se **zigota** - diploidna ($2n = 46$), zajednička jezgra (udružuju se jezgre jajne stanice i spermija), kromosomi se udvostruče i pripremaju se za prvu mitozu (sl. 11.15./str. 158.)
- od oplodnje do dvostaničnog oblika protekne oko 30 sati
- za četverostanični oblik potrebno je još 10 - 20 sati (sl. 11.16./str.158.)

1. faza fetalnog razvitka: BRAZDANJE

- daljnjim diobama nastaje **MORULA** (rani embrio – nakupina jednakih stanica)
- MORULA putuje kroz jajovod prema maternici
- hranu dobiva difuzijom i osmozom iz sekreta jajovoda i maternice
- nakon 72 sata nastane zametni mjehurić ili **BLASTOCISTA** (sl. 11.18./str. 159.) koja se sastoji iz dva sloja stanica: vanjskog sloja st. ili **TROFOBLASTA** i unutrašnjeg sloja st. ili **EMBRIOBLASTA** - oba se sloja intenzivno dijele
- **st. TROFOBLASTA** luče enzime koji razgrađuju st. *endometrija* (= stijenka, sluznica maternice) i stoga se blastocista može implantirati (usaditi) duboko u sluznicu maternice - to se zbiva 7 - 8 dan nakon oplodnje (sl. 11.17./str. 159.)
- trofoblast buja i hrani (difuzijom) st. blastociste
- hrana se nakuplja u **st. endometrija – decidua stanice** pod utjecajem hormona estrogena i progesterona koje pojačano luči žuto tijelo; iz tih decidua st. trofoblast upija hranjive tvari i održava zametak 8 – 12 tjedana, iako se 16. dana nakon oplodnje počinje stvarati **POSTELJICA** (*placenta*) **iz trofoblasta i decidua stanica**
- površina zrele posteljice iznosi oko 16 m^2
- zametak je povezan s posteljicom putem pupčane vrpce (sl. 11.19./str. 160.)
- posteljica hrani zametak u kasnijoj fazi embrionalnog i fetalnog razvitka

2. faza embrionalnog razvitka: GASTRULACIJA

- skupine stanica svrstavaju se u stanične slojeve, tj. **ZAMETNE LISTIĆE (3 sloja stanica)** koji su osnova svih organa i organskih sustava = **ORGANOGENEZA**; taj zametni oblik zove se **GASTRULA**
- a) Vanjski sloj ili **EKTODERM** – živčani sustav, osjetila, koža i kožne tvorevine
- b) Srednji sloj ili **MEZODERM** – kosti, mišići, srce, krvne žile, mokraćni i spolni organi
- c) Unutrašnji sloj ili **ENDODERM** – crijeva, jetra, pluća

- iz st. **EMBRIOBLASTA** se razvijaju četiri embrionalne ovojnice - imaju važnu ulogu u razvitku zametka:
- 1. **žumančana vreća** - služi dohranjivanju zametka u prvim tjednima razvitka, kad se pričuvne tvari potroše - žumančana vreća zakržlja
- 2. **korion** - vanjska membrana koja obavija embrio
- 3. **alantois** - malen i bez funkcije, tj. krvne žile sudjeluju u stvaranju pupčane vrpce
- 4. **vodenjak (= amnion)** - unutarnja membrana, ispunjen je plodnom vodom (štiti embrio od trenja s vodenjakom i štiti ga od udaraca i povreda - "amortizer", štiti ga od isušivanja i omogućava pokretljivost) i u njemu se razvija plod (sl. 11.20./str. 161.)

II. Trudnoća

TRUDNOĆA traje u prosjeku **280 dana od prvog dana zadnje menstruacije** ili 40 tjedana ili 10 lunarnih mjeseci (lunarni mjesec ima 28 dana)

- u resice trofoblasta urastaju kapilare žilnog sustava embria – **16. dana nakon oplodnje počinje optok krvi**
- u sluznici maternice, uz trofoblast, razvijaju se krvne žile koje će u *lakune* (= veća proširenja) dopremiti majčinu krv
- **MAJČINA KRV I KRV ZAMETKA SE NE MIJEŠAJU (sl. 11.19./str. 160.)**, dolaze u posredan dodir izlivanjem u lakune posteljice; između je opna posteljice i kroz nju se izmjenjuju kisik, ugljični dioksid, hranjive i otpadne tvari
- između zametka i vanjskog staničnog sloja izgrađuje se **PUPČANA VRPČA**
- **POSTELJICA:** propušta mnoge tvari, osim korisnih tvari, u krvotok fetusa mogu proći i mnoge štetne tvari, npr. lijekovi, droge, alkohol, kofein, različite štetne tvari koje potječu od pušenja, nezdrava atmosfera...
- **AKO TRUDNICA NE IZBJEGAVA** navedene štetne tvari u tkivu zametka može doći do teških oštećenja, teška oštećenja zametka može izazvati i težak fizički rad ili rad noću
- trudnice trebaju dosta šetati na svježem zraku, baviti se laganom gimnastikom, redovito jesti različitu hranu (s dosta voća i povrća, mlijeka), izbjegavati zagušljive prostorije te **ne uzimati** bilo kakve lijekove bez liječničkog nadzora i kontrole
- **oko 4. tjedna** sve se jasnije uočava zametak (= *embrio*); stvara se kralježnica, škržni lukovi, jednostavno srce kuca i tjera krv krvožilnim sustavom embria, tijekom sljedeća tri tjedna srce se dijeli u četiri dijela,
- **već u 5. - 6. tjednu** raspoznaju se šake i stopala s prstima, ruke se pojavljuju nekoliko dana nakon nogu (u početku i noge i ruke liče "pupoljcima" na trupu)
- **glava:** izgleda velika - mozak se brzo razvija, na glavi dominiraju velike oči, koje su zatvorene, oči i uši stvaraju se u četvrtom tjednu i njihov razvoj teče vrlo brzo, vanjske uške vidljive su u šestom tjednu; usnice i usta stvaraju se između 6. i 9. tjedna

- **poslije 10 - 12 tjedana** vidljivi su obrisi tijela embrija
- **središnji živčani sustav (mozak i leđna moždina) počinju se razvijati u trećem tjednu trudnoće**
- od oplodnje do kraja 2. (3.) mjeseca = **ZAMETAK ili EMBRIO**; od 3. (4.) mjeseca do kraja = **PLOD ili FETUS**
- LIJEČNICI često dijele trudnoću na tromjesečja;
- **na kraju 1. tromjesečja** embrio je težak oko 28 grama, a dugačak je 7.6 cm (sl. 11.22./str. 162.);
- **na kraju drugog tromjesečja** fetus je težak oko 850 grama, a dugačak 36 cm;
- **na kraju trećeg tromjesečja** fetus je težak oko 3.2 grama i dugačak oko 50 cm
- **u 5. mjesecu trudnoće** tijelo fetusa je prekriveno finim dlačicama - *lanugo* te također ima kosu; lanugo nestaje u kasnijim mjesecima ili neposredno nakon poroda
- koža fetusa je masna kako se ne bi smežurala
- oči se otvaraju u 26. tjednu
- nokti se stvaraju i na prstima ruku i nogu u 28. tjednu
- nakon petog mjeseca trudnoće plod je sve više nalik novorođenčetu, a dug je 25 cm
- do 30. tjedna fetus je mršav; nakon 30. tjedna fetus se počinje debljati
- plod se nalazi u vodenjaku (ili amnionu) koji je ispunjen plodnom vodom (amnionska tekućina), s placentom je spojen pomoću pupčane vrpce
- voda u vodenjaku se obnovi svakih 6 sati, uvijek je čista i jednake temperature
- fetus se sve češće i jače giba, a te pokrete osjeća i trudnica, pokreti se vide i izvana na truhu trudnice (posebice se osjeća povremeno štucaanje fetusa)

HORMONALNE PROMJENE TIJEKOM TRUDNOĆE (sl. 11.21./str. 162.):

- u ranoj fazi trudnoće iz stanica trofoblasta, a kasnije iz posteljice, luče se placentarni gonadotropni hormoni (PGTH) - ti hormoni sprečavaju propadanje žutog tijela nakon ovulacije
- žuto tijelo nabuja i luči pojačano progesteron i estrogen, tako krv trudnica tijekom trudnoće sadrži povećane koncentracije oba hormona
- žuto tijelo propada u kasnijoj fazi trudnoće (120. dan), a PGTH i ženske spolne hormone će nastaviti lučiti posteljica
- PGTH, estrogen i progesteron sprečavaju menstruaciju (u slučaju menstruacije došlo bi do gubitka ploda)

KAKO TRUDNOĆA UTJEČE NA ŽENU:

- **PRESTAJE MENSTRUACIJA**, ne javlja se do nakon porođaja
- tijekom prva tri mjeseca trudnoće žena može imati jutarnje mučnine (slabost, povraćanje, gubitak apetita) – javljaju se kao reakcija na povećane koncentracije estrogena i progesterona
- tijekom trudnoće žena može dobiti od 9 do 12 kg
- promjene se događaju na dojka - bradavice se povećavaju, a područje oko njih (areola) potamni

- povećaju se i same dojke - pripremaju se za proizvodnju mlijeka i dojenje
- važna je dobra medicinska skrb tijekom trudnoće - pregledi, ultrazvuk, preporuka djeteta (ne djeteta za mršavljenje!!!)
- starije majke (nakon 35 godina) - upućuju se na pregled plodne vode kako bi se na vrijeme utvrdila teška genetska oštećenja ploda

III. P o r o đ a j (sl. 11.23./str. 163.):

- pred kraj trudnoće vrat maternice postaje podražljiv, a djeteta, koje je sada okrenuto glavom nadolje, jače pritišće
- mehanički podražaj na vrat maternice izaziva živčani refleks koji preko hipotalamusa potiče lučenje hormona **OKSITOCINA** - oksitocin luči stražnji režanj hipofize (*neurohipofiza*)
- oksitocin izaziva pravilna i ritmička stezanja i opuštanja mišića maternice
- istu pojavu izaziva i porast koncentracije estrogena nad koncentracijom progesterona (tijekom trudnoće luči se više progesterona od estrogena)
- progesteron = hormon trudnoće

POROĐAJ se dijeli u tri porođajna doba:

1. Prvo porođajno doba

- grlić maternice se rasteže i puca vodenjak u kojem je plutao fetus
- trudovi su u početku rijetki, zatim učestaliji, svakih 15 do 20 min; u početku traju kratko, a zatim sve duže i sve su intenzivniji, pred sam porod javljaju se svakih 1 do 2-3 min i traju između 30 i 60 sekundi

2. Drugo porođajno doba

- nastupa nakon pucanja vodenjaka - to je doba istiskivanja ploda
- plod se istiskuje stezanjem mišića maternice i trbušnih mišića kroz grlo maternice i kroz rodnicu (porođajni kanal)
- trudovi i prolazak djeteta kroz porođajni kanal izaziva porođajnu bol koju može podnijeti bez poteškoća većina žena
- porođaj traje različito dugo, u prvorotkinja traje i oko 9 sati (može i do 14 sati) - samo istiskivanje traje oko 1 sat, u višerotkinja za istiskivanje djeteta je potrebno samo nekoliko trudova
- žena može olakšati porođaj pravilni disanjem i aktivnim sudjelovanjem (ne vrištati, histerizirati, paničariti i sl.)
- djeteta odmah nakon poroda, poslije prvog dubokog udisaja počne plakati - pri tom se šire pluća i prvi put se u njih puni zrak
- samostalni krvotok novorođenčeta aktivira se rezanjem pupčane vrpce - beba je sada potpuno neovisna o krvotoku i dišnom sustavu majke
- pri porodu većina beba ima oko 3.2 kg i dugačke su oko 50 cm

3. Treće porođajno doba

- nastupa nakon 10 do 45 min. - u tom se razdoblju ljušti posteljica iz stijenke maternice, a roditeljica izgubi oko 350 ml krvi

IV. D o j e n j e (sl. 11.24./str. 163.):

- **PROLAKTIN** će izazvati izlučivanje mlijeka iz žljezdanih stanica dojke = **LAKTACIJU**
- u oslobađanju mlijeka sudjeluje i **oksitocin** - IZAZIVA STEZANJE MJEHURIĆA PUNIH MLIJEKA i POTISKIVANJE MLIJEKA U KANALIĆE putem kojih dolazi do bradavica
- mlijeko se luči kao reakcija na podražaj djeteta pri sisanju - dijete podražuje osjetilna tjelešca u bradavici dojke
- prvo se luči *kolostrum* (u prva 24 sata) - gotovo prozirna tekućina, s vrlo malo masnoća, ali bogata antitijelima (proteinima) – zaštita bebe od infekcije
- PRAVO MLIJEKO: nailazi nakon 2 - 3 dana nakon poroda
- **Humano mlijeko** jedinstvena je sastava i zasada ga nije moguće sasvim reproducirati. Ono je svojim sastavom u potpunosti prilagođeno osobitostima probavnog sustava djeteta, kao i potrebama rasta i razvoja.

KEMIJSKI SASTAV HUMANOG MLIJEKA (neobavezni dodatak)

- Humano mlijeko jedinstveno je po svom kemijskom sastavu. Ono sadrži *bjelančevine, šećere, masti, minerale, vitamine i oligoelemente*.
- **Bjelančevine** su u humanom mlijeku zastupljene u najmanjoj količini od svih vrsta mlijeka i omogućavaju fino grušanje mlijeka u želucu djeteta te mu olakšavaju probavljivost.
- **Šećer** u mlijeku jest laktoza, a osim laktoze mlijeko sadrži i oligosaharide. Laktoza je važan izvor energije i glavna je odrednica kolonizacije crijeva djeteta bacilom bifidusom.
- **Masti** su i u humanom mlijeku najznačajniji izvor energije. Mlijeko je osobito bogato mastima na kraju podoja što izaziva osjećaj sitosti u dojenčeta.
- **Minerali, vitamini i oligoelementi** idealno su uravnoteženi i mogu u potpunosti zadovoljiti potrebe djeteta.
- U humanom se mlijeku osim navedenih spojeva nalaze i razne *štetne tvari* koje iz majčinog organizma dolaze u mlijeko. Takve štetne tvari su i *organoklorirani spojevi*. (Organoklorirani spojevi rijetko se susreću u prirodi. U Hrvatskoj se upotrebljavaju od kraja II. svjetskog rata. Danas se sintetiziraju u kemijskoj industriji i upotrebljavaju kao međuprodukti, otapala i gotovi produkti za posebne svrhe, npr. za insekticide, pesticide... Oni su uglavnom tekućine netopljive u vodi. U organizam se uglavnom unose hranom, a vežu se na masnoće pa tako dospjevaju u većim koncentracijama i u majčino mlijeko. Organoklorirane spojeve možemo podijeliti u 4 glavne skupine: organoklorirani pesticidi, poliklorirani bifenili (PCB), poliklorirani dibenzodioksini (PCDD) i poliklorirani dibenzofurani (PCDF). Najviše mjerenja organokloriranih spojeva načinjena su na ljudskom serumu i mlijeku, ali analiziran je i urin, masno tkivo te hrana. Najčešći organoklorirani pesticidi u humanom mlijeku su sljedeći: HCB, α -HCH, β -HCH, γ -HCH, DDE, DDD i DDT.)

V. B a b i n j e (puerperium):

- nakon 4 do 5 tjedana maternica se smanji i vrati u normalno stanje
- dojenje može spriječiti menstruaciju, tj. nove ovulacije - adenohipofiza proizvodi prolaktin
- nakon nekoliko mjeseci dojenja ponovo se počinju lučiti dovoljne količine GTH (nove ovulacije - nove menstruacije (ako ne dođe do oplodnje)

BOLESTI SPOLNOG SUSTAVA

- SIFILIS

- GONOREJA

- KLAMIDIJA

- INFEKCIJE MIKOPLAZMAMA

- INFEKCIJE VIRUSOM HERPESA

- INFEKCIJE BIČAŠEM TRIHOMONAS

- RAK SJEMENIKA

- POVEĆANA PROSTATA i UPALA PROSTATE

- AMENOREJA

- MENORAGIJE

- MIOM (=rak maternice)

- RAK GRLIĆA MATERNICE; Papa-test

33.OSJETILNI I ŽIVČANI SUSTAV

- Živčani sustav i endokrini sustav obavljaju nadzornu - koordinativnu i regulatornu funkciju između pojedinih organa.
- **Endokrini sustav** regulira metaboličke reakcije.
- **Živčani sustav** nadgleda brze aktivnosti (kontrakcije mišića, održavanje ravnoteže,...).
- Živčani sustav: *prikuplja, prenosi, obrađuje i pohranjuje* brojne informacije iz tijela i okoliša; pohranjene informacije pamti, razvija logično rasuđivanje, razum i inteligenciju te reagira na primljene podražaje.
- Sustav za primanje informacija sadrži oko **6 000 000 000** receptorskih stanica, koje se nalaze razbacane u koži i unutrašnjosti tijela.
- U osjetilnim organima nalazi se još **6 000 000 000** stanica.
- Mozak sadrži oko **25 000 000 000** stanica (13 milijardi neurona i 12 milijardi glija stanica)

Podjela živčanog sustava:

1. osjetilni ili senzorički (receptivni)
2. pokretački ili motorički
3. središnji
4. periferni
5. voljni
6. autonomni

OSJETILNI SUSTAV

- Osjetilni sustav odgovoran je za primanje informacija
- Informacije primaju specijalizirani *osjetilni neuroni* koji na dendritima imaju posebne receptore (senzore, osjetilna tjelešca) koji primaju određenu vrstu podražaja. Brojnim i raznolikim receptorima spoznajemo svoj okoliš.
- Receptori se razlikuju po građi ili specifičnim stanicama koje primaju određeni podražaj: **dodir, tlak, toplinu, hladnoću, okus, miris, bol, zvuk, svjetlo, boje,...**

Tablica 12.1./str. 122. PODJELA RECEPTORA

MEHANORECEPTORI - dodir, tlak, sluh, ravnoteža

TERMORECEPTORI - hladnoća, toplina

NOCIRECEPTORI - bol

ELEKTROMAGNETSKI RECEPTORI - vid

KEMORECEPTORI - okus, miris, kisik, ugljik(IV)-oksid, glukoza

NEURON

- Neuron ili živčana stanica je temeljna građevna jedinica živčanog sustava.
- Građa: tijelo neurona (soma, nema *centrosoma*, živ. st. ga izgube još u zametno doba nakon zadnje diobe, živ. st. se ne dijele), dendriti (kraća živčana vlakna, dobro razgranata), akson ili neurit (duže živčano vlakno, na završetku također razgranato, postoje zadebljanja - *završne nožice* s pomoću kojih se stvara veza, tj. *sinapsa*).
- Dendritima i neuritima se međusobno povezuju pojedinačni neuroni.
- Podjela neurona prema položaju i funkciji:
- *osjetilni (receptorski), prijenosni i pokretački (motorički)*

PRIMANJE INFORMACIJA

- Primanje informacija - osjetilni neuroni s receptorima (na dendritima) koji primaju određenu vrstu podražaja.
- Nakon podraživanja, na receptoru se događa niz *osmotskih i električnih promjena*.
- npr: tlak (podražajno sredstvo) će uzrokovati 1. promjenu stabilnosti receptorske membrane i 2. otvaranje ionskih kanala (za ione natrija, Na⁺)
- Membrana postaje propusna za ione natrija, kojih ima u suvišku u izvanstaničnoj tekućini i koji će stoga difundirati kroz otvorene ionske kanale u neuron. Na mjestu ulaska (podraženi dio) uzrokovat će ti ioni promjenu električnog naboja (**depolarizaciju**).
- Nepodraženi receptor je negativno nabijen (-90 mV), podraženi receptor je pozitivno nabijen (+50 mV).
- Promijenjeni električni potencijal receptora prenosi se dendritom u tijelo neurona te dalje aksonom do završnih nožica.
- Nakon prolaska podražaja kroz receptor, odnosno živčano vlakno uspostavlja se prvobitni električni podražaj (**repolarizacija**), pritom se natrijevi ioni izbacuju iz stanice (Na - K - pumpa) i za to se troši energija.
- Završne nožice ne dodiruju sljedeći neuron; između dva neurona nalazi se **sinaptička pukotina ili sinapsa** (150 - 300 nm).
- U sinapsi se prijenos podražaja ostvaruje kemijskim podraživanjem, pomoću **neurohormona (neurotransmitera)** (sl.12.10./str. 126.).

SINAPSA I NEUROHORMONI

- Neurohormoni (*acetil-kolin, noradrenalin* - ekscitacijski; *gama-aminomaslačna kiselina = GABA* - inhibicijski) se stalno sintetiziraju u neuronima i pohranjuju u mjehurićima koji se nalaze u završnim nožicama. Oslobođanje neurohormona iz tih mjehurića uzrokuje bioelektrički potencijal koji stiže u završni dio aksona.
- Neurohormoni se oslobađaju u sinaptičku pukotinu. Zatim se vežu na specifične **membranske neurohormonske receptore** sljedećeg neurona - otvaraju se ionski kanali i natrijevi ioni ulaze u novi (postsinaptički) neuron, tj. novi neuron se podražuje kemijski (sl.12.6. i 12. 7./str. 124.).

- Postsinaptički neuron nakon kraćeg vremena izlučuje enzim (npr. *acetil-kolin esteraza* = ACE) za brzu razgradnju neurohormona koji se vezao za njegove receptore - tako se sprijeći predugo podraživanje neurona.
- Ako podražaj traje dulje - u sinaptičku pukotinu se stalno, za vrijeme trajanja podražaja, izlučuju nove količine neurohormona koje se stalno vežu na slobodne receptore postsinaptičkog neurona i, usprkos razgradnji, prijenos podražaja kroz sinapsu traje jednako dugo koliko i izvorni podražaj.
- **Ekscitacijski neurohormoni** = podražuju postsinaptički neuron.
- **Inhibicijski neurohormoni** = koči prijenos informacije kroz sinapsu, iako se već ekscitacijski hormon vezao za receptore; inhibicijske neurohormone luče inhibicijski neuroni, ti neurohormoni otvaraju ionske kanale propusne za klorid-ione te i oni ulaze u neuron, zajedno s natrijevim ionima i poništavaju njihov pozitivan naboj - takva sinapsa ne prenosi dalje podražaj (sl. 12.8./str. 125.).
- Sinapsa se može "zamoriti", tj. potrošiti pričuvu neurohormona; takve sinapse sporo i otežano prenose podražaj.
- Na neurohormonske receptore lako se vežu neki otrovi: *nikotin* iz cigareta, *muskarin* iz gljiva, za takve tvari ne postoje enzimi koji bi ih razgradili.
- **Otrovi** mogu izazvati trajno podraživanje nekog živčanog puta, trajno podraživanje živčano-mišićne veze, što dovodi do trajne kontrakcije mišića sa smrtnim ishodom.
- U središnjem živčanom sustavu luči se više od 20 različitih neurohormona, oni određuju i specifičnosti pojedinih dijelova mozga, a manjak ili nedostatak pojedinog neurohormona može uzrokovati neke živčane bolesti.
- Danas se liječe mnoge živčane bolesti ili bolesti uzrokovane poremećajima u radu autonomnog živčanog sustava (visoki krvni tlak, pretjerana želučana sekrecija...), a liječenje se temelji na spoznajama o neurohormonskim receptorima.
- PRIJENOS INFORMACIJA U MOZAK

REFLEKSNE REAKCIJE

- brza, nesvjesna, svrsishodna motorička reakcija na primljeni podražaj (bez sudjelovanja velikog mozga)
- prema broju neurona u refleksnom luku:
- a) monosinaptički (preko 1 sinapse) – 1. receptorski (=osjetilni) neuron – sinapsa – 2. motorički neuron: npr: patelarni refleks ili refleks ahilove pete
- b) disinaptički (preko 2 sinapse) refleks – 1. receptorski neuron – sinapsa – 2. međuneuron – sinapsa – 3. motorički neuron; npr: refleks uboda
- receptorski (=osjetilni) neuron – vodi impuls od receptora (npr. kože, tetiva...) do leđne moždine; motorički neuron – vodi impuls iz leđne moždine do mišića = efektor, koji će reagirati na podražaj
- najveća brzina impulsa: $v = 520 \text{ km/h}$
- kod uboda, npr. impuls putuje brzinom $v = 45 \text{ km/h}$
- najmanja brzina impulsa: $v = 2,4 \text{ km/h}$

- informacija leđnom moždinom putuje u mozak: $v = 4 \text{ km/h}$ – postajemo svjesni da smo reagirali nakon reakcije
- REFLEKSI: prirođeni, stečeni, uvjetovani

OSJETILA

- za vid: OKO (građa i uloga oka)
- za sluh: UHO (građa i uloga uha)
- za ravnotežu: unutarnje UHO – polukružni kanalići
- za okus: JEZIK
- za miris: MIRISNA REGIJA NOSA

SREDIŠNJI ŽIVČANI SUSTAV

1. VELIKI MOZAK (građa i uloga)

1.1 **MOZGOVNI ŽIVCI (=ž)** – izlaze iz beze velikog mozga; **12 pari** [njušni, vidni, ž. pokretač oka, zaporni ž., trodjelni ž., odvodni ž., lični ž., slušno-ravnotežni ž., jezično-ždrijelni ž., ž. lotalica (spada u AŽS, parasimpatikus; podražuje srce, pluća, jetru), pomoćni ž., podjezični ž.]; djelomice dovode osjetne impulse iz osjetila , a djelomice odvođe motoričke impulse u mišiće glave i vrata

1.2 PAMĆENJE

1.3 SPAVANJE

1.4 BUĐENJE

1.5 GOVOR

2. MALI MOZAK

3. **MEĐUMOZAK** – 4 dijela (jedan iznad drugoga); glavni dijelovi: TALAMUS (moždano deblo – **velike** motoričke jezgre, upravlja grubim pokretima: stajanje, sjedenje, hodaње) i HIPOTALAMUS (središte AŽS, povezan s HIPOFIZOM); s gornje strane međumozga – EPIFIZA – njena uloga nije poznata

4. PRODUŽENA MOŽDINA

5. **LEĐNA MOŽDINA** = debeo snop živčanog tkiva

- d = 40 – 45 cm
- nalazi se u kralježnici, unutar kraljezničkog kanala
- izvana: bijela tvar – aksoni
- iznutra: siva tvar – tijela živčanih stanica
- obavijena čvrstom vezivnom ovojnicom i moždanom tekućinom (liquor)
- između kralježaka – sa svake strane su otvori kroz koje izlaze živci: 8 pari vratnih, 12 pari prsnih, 5 pari slabinskih, 5 pari križnih, 1 – 2 para trtičnih
- kroz sredinu sive tvari prolazi središnji kanal ispunjen moždano-kraljezničkom tekućinom (=cerebrospinalni liquor) – povezuje leđnu moždinu sve do šupljih komora unutar velikog mozga, također ispunjenih liquorom
- u stražnje rogove leđne moždine ulaze OSJETILNA VLAKNA – dovode podražaj
- iz prednjih rogova leđne moždine izlaze MOTORIČKA VLAKNE – vode signal do mišića
- UZLAZNI PUTOVI: L. M. – veliki mozak
- SILAZNI PUTOVI: veliki mozak – L. M.

ELEKTRIČNA AKTIVNOST MOZGA

- nakon podraživanja nekog osjetnog organa u kori velikog mozga javljaju se električne promjene – moždani valovi (f = 0,5 – 30 Hz; amplituda = 50 μ V) koje se mogu snimati pomoću 8 – 10 elektroda koje se polažu na glavu
- snimanje moždanih valova = **elektroencefalografija**
- grafički prikaz moždanih valova = **encefalogram (=EEG)**
- **α - valovi**: spori, f = 10 Hz, najviše izraženi u zatiljnom režnju (vidna regija)
- **β - valovi**: nepravilni, javljaju se otvaranjem očiju (uzbuđeno stanje), f = 20 Hz
- tijekom spavanja javljaju se još: **theta – valovi** (f = 4 - 8 Hz) i **δ - valovi** (f = 0,5 – 4 Hz)
- različite bolesti živčanog sustava mogu uzrokovati poremećaje u EEG-u

BOLESTI ŽIVČANOG SUSTAVA:

- **POREMEĆAJI VIDA:** kratkovidnost, dalekovidnost, glaukomi, ablacija mrežnice, daltonizam
- **POREMEĆAJI SLUHA:** perforacija bubnjića, upala srednjeg uha
- **POREMEĆAJI FUNKCIJE MOZGA i LEĐNE MOŽDINE:** moždana kap, meningitis, ozljeda leđne moždine (+ PARAPLEGIJA), tumori mozga, tumori leđne moždine,
- **TEGOBE UZROKOVANE POREMEĆAJEM U FUNKCIJI SŽS:** glavobolje, migrene, vrtoglavice, padavica
- **ŽIVČANE BOLESTI UZROKOVANE DEGENERATIVNIM PROCESIMA U MOZGU:** Parkinsonova bolest, multipla skleroza, presenilna i senilna demencija
- **DUŠEVNE BOLESTI:** neurastenija, malodušnost, depresija, manija, tjeskoba, fobije i opsesije, shizofrenija, asocijalno ponašanje, hipohondrija...

34. PLASTIDI I FOTOSINTEZA

Sažetak je napisan na temelju udžbenika:

1. KRSNIK-RASOL M (1995) OD MOLEKULE DO ORGANIZMA, Šk. knjiga, Zagreb: 73-78 i 85-90
2. SPRINGER OP, PEVALEK-KOZLINA B (1997) BIOLOGIJA 3, FIZIOLOGIJA ČOVJEKA, FIZIOLOGIJA BILJA Profil, Zagreb:218-237
3. ŠVERKO V (1998) RAZNOLIKOST ŽIVOGA SVIJETA – OD MOLEKULE DO ORGANIZMA, Priručnik iz biologije za prvi razred gimnazije, Profil, Zagreb:113-118
4. REGULA I, SLIJEPCJEVIĆ M (1996) ŽIVOTNI PROCESI, Udžbenik za III. razred, Šk. knjiga, Zagreb:18-22

NAPOMENA: Ovaj sažetak može poslužiti isključivo za ponavljanje gradiva i kao podsjetnik! Tu će ulogu u potpunosti ispuniti ako ga samostalno dopunite i potražite odgovore na postavljena pitanja!

34.1 PLASTIDI (1,3):

- nalaze se samo u biljnim stanicama; u algama po jedan u stanici, kod viših biljaka – nekoliko stotina u jednoj stanici
- sadrže vlastitu DNA (nema dovoljno gena za samostalan život izvan stanice) i ribosome; mogu se dijeliti neovisno o diobi stanice
- razlikuju se bojom (zeleni, crveni, žuti, bezbojni...), veličinom i građom; uglavnom okrugli ili ovalni
- VRSTE PLASTIDA:
- **1. PROPLASTIDI** – ishodišni oblik plastida, iz njega pod utjecajem svjetlosti nastaju ostali tipovi plastida (Sl. 10.1), nalaze se u embrionalnim stanicama kao plastidni zameci, obavijeni su DVOSTRUKOM MEMBRANOM
- **2. KLOROPLASTI** – prisutni su u stanicama zelenih dijelova biljke (listu, stabljici, plodu); $\phi = 4 - 8 \mu\text{m}$; često sadrže škrobna zrnca (oboje se LUGOLOVOM OTOPINOM); obavijen je DVOSTRUKOM MEMBRANOM – vanjska (pripada citoplazmi) i unutrašnja (pripada plastidu), u unutrašnjosti se nalazi membranski sustav = **TILAKOIDI**, ako su u nakupinama = **GRANA TILAKOIDI** (lat. *granum* = zrnce), ako su pojedinačni = **STROMA TILAKOIDI**; tekućina koja ispunjava kloroplasti iznutra zove se **STROMA** u njoj se sintetizira škrob i mast (pohranjuju se u obliku škrobnih zrnaca i masnih kapljica); za tilakoidne membrane vezana su bojila (pigmenti): **KLOROFIL a, b, c** (zeleni pigment), **KAROTENI**, **KSANTOFILI** (=žuti pigment), (količina ovisi o tipu plastida), ovdje se događa najznačajniji proces pretvorbe energije o kojem ovise gotovo svi oblici života na Zemlji - **FOTOSINTEZA**; karoteni i ksantofili upijaju plavi i mali dio zelenog dijela spektra
- **3. KROMOPLASTI** – obojeni su žuto do narančasto-crveno; **NE SADRŽE KLOROFIL** i ne mogu obavljati fotosintezu, pigmenti koji prevladavaju: **KAROTENI** (različitih oblika), daju boju zrelim plodovima, laticama cvjetova, korijenu nekih biljnih vrsta,...
- **4. LEUKOPLASTI** – plastidi koji ne sadrže pigmente, dolaze pretežno u spremišnim tkivima (sjemenke, gomolji, korijen), u njima se šećer pretvara u škrob koji biljci služi kao rezervna hrana; AMILOPLASTI su leukoplasti s velikim škrobnim zrcima (u npr. gomolju krumpira) i mogu razgraditi škrob u šećer; leukoplasti također mogu prijeći u kromoplaste ili u kloroplaste (npr. ozelenjavanje gomolja krumpira)

34.2 FOTOSINTEZA (2,4):

- život na Zemlji postoji zahvaljujući Sunčevoj energiji i organizmima koji je mogu iskorištavati – **AUTOTROFNI ORGANIZMI** (= iz anorganskih tvari mogu stvarati organske spojeve; ako se taj proces zbiva uz korištenje Sunčeve energije = **fotoautotrofni organizmi**, ako koriste kemijsku energiju oslobođenu u raznim kemijskim reakcijama = **kemoautotrofni organizmi**)
- fotosintezu mogu obavljati: zelene biljke, alge, modrozelenne alge i neke bakterije
- u procesu fotosinteze sudjeluju brojni enzimi, a odvija se i danju i noću
- **HETEROTROFNI ORGANIZMI** – ovisni su o organskim spojevima koje sintetiziraju autotrofni organizmi (=PRIMARNI PRODUCENTI), a to su: većina bakterija, gljive, životinje, čovjek, parazitske biljke

- tijekom fotosinteze se Sunčeva energija (koja na Zemlju dolazi u obliku kvanata svjetlosti) pretvara u kemijsku energiju (koja se pohranjuje u sintetiziranim organskim molekulama); iz molekule vode se oslobađa kisik, a vodik iz vode se koristi za redukciju ugljik(IV)-oksida pri čemu nastaje glukoza:



ZADATAK: Pročitaj u udžbeniku (1/str. 75-76) što su otkrili VAN HELMONT (16. – 17. st.), PRISLEY (18. st.) i LAVOISIER. Kako su njihova istraživanja pridonjela otkriću fotosinteze?

- svake se godine fotosintezom transformira oko 200 – 500 bilijuna tona ugljika
- vidljiva svjetlost (**380 – 760 nm**) i ostali oblici elektromagnetske energije putuju od Sunca do Zemlje (~oko 160×10^6 km) kao valovi različitih valnih duljina (2/Sl. 15.1/str. 219.); ozonski sloj (na visini od 22 – 25 km) zadržava većinu zračenja valnih duljina manjih od 290 nm (UV-zrake), koja su jako štetna za žive organizma jer oštećuju bjelančevine i nukleinske kiseline
- fotosinteza se zbiva pri valnim duljinama vidljivog dijela spektra (**380 – 760 nm**), a te valne duljine uzrokuju i FOTOTROPIZME (zakrivljenja uzrokovana svjetlošću), FOTOTAKSIJE (slobodna lokomotorna gibanja upravljana svjetlošću) i FOTOMORFOGENEZE (promjene oblika izazvane svjetlošću) te se taj dio spektra zove i **FOTOBIOLOŠKO PODRUČJE**
- najaktivnije fotosintetsko tkivo viših biljaka je MEZOFIL LISTA (2/Sl. 15.2/str. 219.), iako mogu fotosintetizirati sve stanice koje imaju kloroplaste

FOTOSINTETSKI PIGMENTI

- PIGMENTI – tvari koje apsorbiraju svjetlost; različiti pigmenti apsorbiraju različite valne duljine svjetlosti, npr. klorofil ima max. apsorpcije u CRVENOM i MODROM dijelu spektra
- samo **KLOROFIL a** može neposredno sudjelovati u pretvorbi Sunčeve u kemijsku energiju, svi ostali pigmenti apsorbiraju svjetlost i prenose tu energiju na *klorofil a* (koji se ponaša kao da je sam apsorbirao svjetlost (foton))

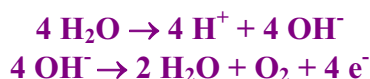
ZADATAK: Prouči slike 15.3, 15.4 i 15.5/str. 220-221(2) i odgovori na sljedeća pitanja:

- 1. Koji su glavni dijelovi molekule *klorofila a*? Koji se atom nalazi u središtu molekule?
- 2. Gdje se u kloroplastu nalaze fotosintetski pigmenti?
- 3. Koji dio spektra reflektira klorofil? Što je rezultat toga?
- 4. Što je reakcijsko središte, a što su antenske molekule?
- Reakcijsko središte, antenske molekule i primarni receptor elektrona zajedno čine FOTOSISTEM; u tilakoidnim membranama nađena su dva fotosistema: **FOTOSISTEM I** (molekula klorofila u središtu ima max. apsorpcije pri valnoj duljini **700nm**) i **FOTOSISTEM II** (molekula klorofila u središtu ima max. apsorpcije pri valnoj duljini od **680 nm**)
- FOTOSINTEZA se dijeli na dva stadija (2/Sl. 15.6/str. 222 i Sl. 15.8/str.224):

1. SVJETLOSNE (primarne) REAKCIJE

2. REAKCIJE U TAMU (sekundarne reakcije ili Calvinov ciklus)

- **1. SVJETLOSNE (primarne) REAKCIJE FOTOSINTEZE** – Sunčeva se energija pretvara u kemijsku energiju
- u ovim reakcijama sudjeluju: **Sunčeva svjetlost, voda i klorofil**
- kada molekula klorofila apsorbira foton prelazi iz osnovnog u pobuđeno (ekscitirano) stanje [ako se radi o izoliranom klorofilu (2/Sl.15.7/str. 222), on se vrlo brzo vraća u osnovno stanje i pri tom se višak energije oslobađa kao toplina i kao fluorescentna svjetlost (koja uvijek ima veću valnu duljinu od pobudne)]
- **u kloroplastima** te pobuđene elektrone (visokoenergizirane) “hvata” i privremeno pohranjuje PRIMARNI AKCEPTOR ELEKTRONA \Rightarrow **NADP⁺** (nikotinamid-adenin-dinukleotid-fosfat); molekula klorofila se zato OKSIDIRA (otpušta elektrone), a molekula NADP⁺ se REDUCIRA (prima elektrone) u **NADPH**
- u ovom stadiju zbiva se i **FOTOLIZA VODE** – pod utjecajem svjetlosti cijepa se molekula vode i oslobađa se **KISIK**



- elektroni se dalje prenose preko niza spojeva koji se mogu reverzibilno oksidirati i reducirati; u ovim reakcijama procesom fotofosforilacije nastaje **ATP**; znači: svjetlosna energija pretvorena je u kemijsku energiju i pohranjena je u dva spoja: **NADPH (izvor visokoenergiziranih elektrona)** i **ATP (izvor energije)**
- u reakcijama na svjetlu NE STVARAJU se ugljikohidrati

- **2. REAKCIJE FOTOSINTEZE U TAMI** (=sekundarne reakcije, Calvinov ciklus) – skupina reakcija u kojima se uz pomoć **NADPH i ATP** (nastalih u primarnim reakcijama) **reducira CO₂ i stvaraju se ugljikohidrati**
- UGLJIK u ciklus ulazi kao CO₂, a iz ciklusa izlazi u obliku gliceraldehida-3-fosfata (ima 3 atoma ugljika i ishodišni je spoj u sintezi glukoze i drugih ugljikohidrata – biljke koje na taj način vežu CO₂ zovu se **C₃ biljke**)
- **ENZIM** koji katalizira vezanje CO₂ na molekulu ribulaza difosfat zove se: *ribuloza-1,5-difosfat karboksilaza* (=RUBISCO) i taj je enzim istovremeno i karboksilaza i oksigenaza; kloroplasti sadrže mnogo tog enzima (16% od ukupnih bjelančevina u kloroplastu); taj je enzim odgovoran za fiksiranje 200 bilijuna tona CO₂ godišnje
- **za sintezu jedne molekule glukoze** – treba fiksirati 6 molekula CO₂, utrošiti 18 molekula ATP i 12 molekula NADPH (ATP → ADP, a NADPH → NADP⁺, ponovo se uključuju u svjetlosne reakcije)
- ugljikohidrati (s 3, 4, 5 i 6 C atoma) sintetizirani u Calvinovom ciklusu služe dalje za sintezu saharoze i škroba
- **SAHAROZA** je glavni transportni oblik šećera, sintetizira se u citosolu
- višak šećera se može gomilati u stromi kloroplasta u obliku škroba = **ASIMILACIJSKI (primarni) ŠKROB**; enzim koji vodi sintezu zove se "sintaza škroba" - ona pridodaje molekulu glukoze već lancu povezanih molekula glukoze (amilozu - ravni lanci; amilopektin - razgranati lanci)

ZADATAK: Pročitaj 2/str. 223-227 prouči slike 15.8, 15.9 i 15.10 i odgovori na sljedeća pitanja:

- 5. Kako dolazi do **FOTORESPIRACIJE**, koje su njezine posljedice i što ju potiče?
- 6. Što utječe na stopu fotosinteze? Objasni detaljnije utjecaj svjetlosti, temperature, vode i CO₂.
- 7. Što su **C₄ biljke**?
- 8. Što su **CAM biljke**?
- 9. Kako se zove i kako izgleda (slika) biljno tkivo kojim kolaju asimilati kroz biljku? Kako je građeno to tkivo kod kritosjemenjača, a kako kod golosjemenjača i papratnjača? Po čemu se razlikuje od **ksilema**?
- 10. Opiši **model tlačne struje**; koja je njegova uloga?
- 11. Što je **KEMOAUTOTROFIJA**? Nabroji najvažnije kemoautotrofne organizme.

35. BIOLOŠKA OKSIDACIJA i MITOHONDRIJI

Sažetak je napisan na temelju udžbenika:

1. KRSNIK-RASOL M (1995) OD MOLEKULE DO ORGANIZMA, Šk. knjiga, Zagreb:85-90
2. SPRINGER OP, PEVALEK-KOZLINA B (1997) BIOLOGIJA 3 – FIZIOLOGIJA ČOVJEKA I BILJA, Profil, Zagreb:230-237
3. REGULA I, SLIJEPCJEVIĆ M (1996) ŽIVOTNI PROCESI, Šk. knjiga, Zagreb:29-35
4. ŠVERKO V (1998) RAZNOLIKOST ŽIVOGA SVIJETA – OD MOLEKULE DO ORGANIZMA, Priručnik iz biologije za prvi razred gimnazije, Profil, Zagreb:115-118

NAPOMENA: Ovaj sažetak može poslužiti isključivo za ponavljanje gradiva i kao podsjetnik! Tu će ulogu u potpunosti ispuniti ako ga samostalno dopunite i potražite odgovore na postavljena pitanja!

35.1 BIOLOŠKA OKSIDACIJA ili STANIČNO DISANJE

CILJ: dobivanje **ENERGIJE** nužne za tijek životno važnih procesa u stanicama (metaboličkih reakcija)

- metabolizam obuhvaća ANABOLIČKE REAKCIJE (= sinteze) i KATABOLIČKE REAKCIJE (= razgradnje)
- organske molekule (bogate potencijalnom energijom, nastale npr. u procesu fotosinteze) razgrađuju se pomoću enzima do jednostavnih spojeva koji imaju manje energije (CO₂ i H₂O)
- 40 % (45 %) oslobođene energije iskoristi se za RAD; 60 % (55 %) oslobađa se kao TOPLINA
- odvija se u biljnim i životinjskim stanicama
- najvažniji i najčešći organski spojevi koji su izvor energije u stanici: ugljikohidrati, zatim masti i na kraju bjelančevine
- za sve aktivnosti u stanici potrebna je energija koja se pohranjuje u obliku kemijske (potencijalne) energije u molekule **ATP-a**; **količina ATP-a u stanici čini vrhunski nadzor dišnih procesa!!!**

STANIČNO DISANJE dijeli se u 2 tipa:

1. tip: **AEROBNO DISANJE** (značajka eukariotskih organizama) [+ O₂]
2. tip: **ANAEROBNO DISANJE** ili **VRENJE** [- O₂]

1. tip: AEROBNO DISANJE [+ O₂]

- disanje je biološki proces u kojem se mobiliziraju i postupno oksidiraju reducirani organski spojevi
- energija koja se pritom oslobađa može se pohraniti za sintezu ATP-a (=adenozin-trifosfata)
- ATP sadržava 3 visokoenergetske fosfatne veze; hidrolizom (odcjepijavanjem) svake od tih veza oslobađa se energija (oko 30 kJ ili 29.300 J ili 7000 cal) – ta se energija može upotrijebiti za različite procese u stanicama
- $ATP \rightarrow ADP + P_i \rightarrow AMP + P_i$; **P_i = anorganski fosfat**
- ATP se u stanicama nikad ne hidrolizira izravno, jer bi se tako oslobađala energija u obliku topline, a stanica takvu energiju ne može iskoristiti
- u stanicama se oslobođena energija prenosi s ATP-a na druge molekule, tako da određeni enzimi prenose fosfatnu skupinu = **FOSFORILACIJA**; fosforilacija omogućuje određenim molekulama da pokreću, odnosno obavljaju određene procese, tj. prijenosom fosfatne skupine na supstrat povećava se njegova reaktivnost = supstratna fosforilacija

ZADATAK: Skiciraj molekulu ATP-a i označi njezine sastavne dijelove (1/str. 80./slika 11.3)

- u biljnim stanicama **reducirani ugljik** se dobiva:
 - a) najvećim dijelom u obliku GLUKOZE (koja nastaje razgradnjom saharoze ili škroba);
 - b) u obliku LIPIDA, ORGANSKIH KISELINA, rijede BJELANČEVINA
- ugljikov(IV) oksid i vodu, koji nastaju procesom staničnog disanja biljka može ponovo iskoristiti za fotosintezu
- UGLJIK koji ulazi u stanično disanje:
 - a) završava kao CO₂
 - b) iskoristi se za sintezu aminokiselina, masnih kiselina, pentoza...
- **jednadžba staničnog disanja:**



STUPNJEVI STANIČNOG DISANJA:

1. GLIKOLIZA
2. CIKLUS LIMUNSKJE KISELINE ili KREBSOV CIKLUS
3. DIŠNI LANAC ili TRANSPORTNI LANAC ELEKTRONA

1. GLIKOLIZA

- najstariji stadij disanja, zbiva se u svim organizmima
- anaeroban proces [- O₂]
- zbiva se u citosolu (citoplazmi) – tu se nalaze enzimi koji kataliziraju ove reakcije
- zadovoljava trenutne potrebe stanice za energijom ili za građevnim elementima nužnima za različiti sinteze
- niz od **10 reakcija** → 1 molekula GLUKOZE (6 C-atoma) **oksidira** se do 2 molekule PIRUVATA (ili pirogroždane kiseline = CH₃COCOOH) (3 C-atoma)
- [1. glukoza + 1 fosfat (iz ATP) → pretvori se u fruktozu-6-fosfat + 1 fosfat → nastabilna i raspada se na dvije trioze = piruvat]
- supstratnom fosforilacijom nastaju **2 molekule ATP** + **2 molekule NADH** (nikotinamid-adenin-dinukleotid)
- ~ 75% energije ostaje pohranjeno u molekulama piruvata

1.1 MEĐUSTADIJ između GLIKOLIZE i KREBSOVOG CIKLUSA

- aeroban proces [+ O₂]
- povezuje glikolizu i Krebsov ciklus, proces je kataliziran nizom enzima
- piruvat ulazi u mitohondrij, gdje će se nastaviti proces staničnog disanja
- u mitohondriju: 1. piruvat se DEKARBOKSILIRA (=odcjepљуje se molekula CO₂)
2. zatim se OKSIDIRA
- tako nastaje acetilna skupina koja se veže na koenzim A i nastaje **ACETIL CoA** (=acetil koenzim A = aktivirana octena kiselina) – sadrži tioestersku vezu bogatu energijom
- **ACETIL CoA** je spoj koji ima važno značenje u izmjeni tvari jer nastaje kao produkt razgradnje ugljikohidrata, masnih kiselina i aminokiselina

2. CIKLUS LIMUNSKKE KISELINE ili KREBSOV CIKLUS - (ciklus = kružna serija biokem. reak.)

- konačni i zajednički put oksidacije ugljikohidrata, masnih kiselina i aminokiselina
- tijek Krebsovog ciklusa reguliran je trenutačnom potrebom stanice za energijom
- zbiva se u mitohondriju, u matriksu
- aeroban proces [+ O₂]
- niz od **8 reakcija** → acetil CoA se potpuno **oksidira** do CO₂ i nastaju protoni – H⁺ (enzimi – svi osim jednog - koji kataliziraju ovaj proces nalaze se u matriksu mitohondrija)
- [1. acetil CoA + oksaloctena kiselina (4 C-atoma) → limunska kiselina (6 C-atoma) → ... → ... oksaloctena kiselina]: **znači**: Krebsov ciklus započinje spajanjem oksaloacetata (=oksalocetene kiseline) i acetil CoA; u posljednjoj reakciji ciklusa regenerira se oksaloacetat]
- vodikovi atomi iz tih kiselina se vežu na NAD⁺ i prenose iz matriksa mitohondrija na unutarnju membranu gdje će predati elektrone elektrotransportnom lancu (dišnom lancu – 3. stadij): **znači**: dobivena energija pohranjena je u obliku visokoenergiziranih elektrona u NADH i FAD (=flavin-adenin-dinukleotid)
- **za svaku acetilnu skupinu** koja ulazi u ciklus reduciraju se 3 molekule NAD⁺ u NADH i 1 FAD u FADH₂
- supstratnom fosforilacijom nastaju **2 ATP-a**

3. DIŠNI LANAC ili TRANSPORTNI LANAC ELEKTRONA

- **sustav** prenositelja elektrona
- u unutrašnjoj membrani mitohondrija
- aeroban proces [+ O₂]
- **sustav** čine BJELANČEVINE s prostetskom skupinom koja se može reverzibilno oksidirati i reducirati (OKSIDACIJA = otpuštanje elektrona; REDUKCIJA = primanje elektrona), sakupljene su u 3 kompleksa koji su uronjeni u unutrašnju membranu mitohondrija
- važni prenositelji elektrona su **CITOKROMI** (više različitih vrsta - Cyt b, Cyt b₂, Cyt a) – njihova prostetska skupina je **HEM (+ Fe)**; atom željeza može se naizmjenice nalaziti u oksidiranom (Fe³⁺) i reduciranom (Fe²⁺) stanju
- NADH i FADH₂ se oksidiraju na unutrašnjoj membrani mitohondrija, tj. otpuštaju H-atome, tj. H⁺ i e⁻

- H^+ -ioni se pumpaju u međumembranski prostor, a elektroni se prenose duž transportnog lanca elektrona u unutrašnjoj membrani; **rezultat:** u međumembranskom prostoru se povećava koncentracija H^+ -iona i naboj u tom prostoru postaje pozitivan +, a u matriksu negativan -
- nastaje gradijent protona iz međumembranskog prostora nazad u matriks (prouči sliku 16.6/str.235/2)
- pri tome se oslobađa velika količina slobodne energije koja pokreće stvaranje ATP-a procesom OKSIDATIVNE FOSFORILACIJE (u prisustvu kisika sintetizira se ATP); izvor energije za sintezu ATP-a je potencijalna energije pohranjena u gradijentu protona
- proces katalizira enzim: **ATP-sintetaza (=ATP-aza)**; ATP-aza nalazi se u unutrašnjoj membrani mitohondrija i povezuje matriks s međumembranskim prostorom
- visokoenergizirani elektroni se duž dišnog lanca prenose s NADH i $FADH_2$ na molekularni kisik (O_2) – od više energetske razine prema nižoj, a energija koja se pritom oslobađa koristi se za cijepanje molekule kisika prema formuli: $1/2 O_2 + 4 H^+ + 2 e^- \rightarrow H_2O + 2 H^+$ - dva vodikova iona se vežu u molekulu vode, a dva se pumpaju u međumembranski prostor
- oksidacijom svake molekule NADH nastaju 3 molekule ATP-a
- oksidacijom svake molekule $FADH_2$ nastaju 2 molekule ATP-a
- **neki plinovi** (H_2S , CO, HCN...) ako dođu u mitohondrije mogu blokirati prijenos elektrona na kisik (oksidativnu fosforilaciju) i zato ih smatramo OTROVIMA, ali biljke posjeduju alternativne putove za transport elektrona te se tako otrovnost tih plinova izbjegne
- **REZULTAT:** potpunom oksidacijom 1 molekule glukoze u procesu staničnog disanja (1. + 2. + 3.) može nastati 36* molekula ATP-a:

GLIKOLIZA →	2 ATP
KREBSOV CIKLUS →	2 ATP
<u>OKSIDATIVNA FOSFORILACIJA →</u>	<u>32 ATP</u>
UKUPNO:	36 ATP

*u stanicama srca i jetre tijekom oksidativne fosforilacije može nastati i **34 ATP-a**, pa je to ukupno 38 ATP-a!!!

- za potpuno prevođenje različitih dišnih supstrata u CO_2 potrebne su različite količine kisika
- odnos volumena ugljikovog(IV) oksida oslobođenog disanjem i volumena utrošenog kisika zove se dišni ili respiracijski kvocijent (Q)

$$\text{DIŠNI KVOCIJENT (Q)} = \frac{\text{volumen } CO_2 \text{ oslobođenog disanjem}}{\text{volumen utrošenog kisika}}$$

- pri trošenju ugljikohidrata – dišni kvocijent = 1
- pri razgradnji masti i bjelančevina (molekula bogatih vodikom) – dišni kvocijent < 1 (=0,7)
- pri razgradnji organskih kiselina (molekula bogatih kisikom) dišni kvocijent > 1

- na disanje utječu brojni vanjski (okoliš) i unutarnji čimbenici
- unutarnji čimbenici: intenzitet disanja razlikuje se kod različitih vrsta, a unutar iste vrste ovisi o pojedinom organu, stadiju razvitka i metaboličkoj aktivnosti tkiva
- vanjski čimbenici: temperatura (najniža tem. pri kojoj biljke mogu disati je -10°C , iznimka: četinjače i tkiva otporna na mraz min. tem. = -20°C); opskrbljenost vodom (za biljke); konc. kisika

2. tip: ANAEROBNO DISANJE ili VRENJE [- O₂]

- u **anaerobnim uvjetima** ne mogu se odvijati Krevsov ciklus i dišni lanac
- u tom slučaju se nakon glikolize, u uvjetima bez kisika, odvija **VRENJE** ili **FERMENTACIJA** (prouči sliku 16.5/str. 234./2)
- tijekom vrenja ATP se proizvodi isključivo supstratnom fosforilacijom, a proces traje tako dugo dok postoji dostatna opskrba s NAD^+ koji prima elektrone tijekom glikolize
- konačni akceptor elektrona je organska molekula (alkohol, kiselina) koja nastaje pri razgradnji
- većina organizama koji provode anaerobno disanje su **FAKULTATIVNI ANAEROBI** (kvaščeve gljivice, bakterije) – to znači da ATP mogu proizvoditi ili disanjem ili vrenjem – što ovisi o količini raspoloživog kisika, tj. energiju dobivaju vrenjem samo ako nema kisika (npr. kvaščeve gljivice mogu živjeti u anaerobnim uvjetima, ali se razmnožavaju samo u aerobnim uvjetima)
- postoje i **OBLIGATNI ANAEROBI** koji mogu živjeti isključivo u anaerobnim uvjetima (manji broj bakterija koje žive u mulju gdje trune organska tvar; npr. KLOSTRIDIJI – uzročnici maslačnog vrenja)
- tijekom anaerobnog disanja ovih bakterija elektroni iz supstrata prolaze transportnim lancem elektrona i stvaraju gradijent protona koji je potreban za sintezu ATP-a, ali je konačni receptor elektrona npr. sulfat ili nitrat (nikada O₂)
- postoje različite vrste vrenja (ovisno o konačnom produktu koji nastaje iz piruvata), npr. ako nastaje alkohol – alkoholno vrenje; ako nastaje mliječna kiselina – mliječno-kiselinsko vrenje...

ALKOHOLNO VRENJE (2/str. 236./slika 16.7-gore)

- piruvat \rightarrow etilni alkohol (etanol) + CO_2 – tijekom 2 reakcije
- 1. reakcija: piruvat se dekarboksilira do acetaldehida
- 2. reakcija: acetaldehid se pomoću NADH reducira u etanol; tu se regenerira NAD^+ koji je potreban za novu glikolizu
- iz 1 molekule glukoze \rightarrow 2 ATP-a*
- alkoholno vrenje provode: kvaščeve gljivice (razgrađuju škrob iz brašna do glukoze), neke bakterije (*Pseudomonas linderi*)
- ponekad se može pojaviti i u nekim organima (tkivima) viših biljaka, zbog pomanjkanja kisika (npr. u korijenu kukuruza koji raste na poplavljenom tlu)
- etanol je otrovan za stanicu u višim koncentracijama i kao stalan produkt može nastajati samo kod vodenih biljaka jer ga one mogu izlučivati u okoliš

- UPOTREBA alkoholnog vrenja: VINARSTVO, PIVARSTVO, PEKARSTVO...

*vrenjem zapravo ne nastaju nove ATP-molekule već se samo obnavljaju molekule koje prenose elektrone i omogućavaju glikolizu; ta 2 ATP-a nastala su u glikolizi, koja prethodi svakom vrenju!!!

MLIJEČNO-KISELINSKO VRENJE (2/str. 236./slika 16.7-dolje)

- piruvat → laktat (mliječnu kiselinu; otpadni produkt); direktno uz pomoć NADH, bez oslobađanja CO₂
- mliječno-kiselinsko vrenje provode: neke gljivice i bakterije (*Lactobacillus bulgaricus*, *L. delbrueckii*, *Streptococcus lactis*)
- mliječna kiselina u količini = 2 % sprječava razvitak mikroorganizama truljenja
- ponekad se može pojaviti i u nekim organima (tkivima) viših biljaka, zbog pomanjkanja kisika (krumpir)
- UPOTREBA:mliječno-kiselinskog vrenja: proizvodnja sira, jogurta, kiselog kupusa, ...

OCTENO VRENJE

- etanol → octena kiselina
- aeroban proces [+ O₂], ipak se zove vrenje jer nastaje produkt s visokim sadržajem energije
- provode ga: bakterije roda *Acetobacter*
- $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O} + \text{energija}$

35.2 MITOHONDRIJ

- stanični organel, $\phi = 0,5 \mu\text{m}$; okruglasti ili duguljasti (nekoliko μm)
- obavijen DVOSTRUKOM MEMBRANOM – vanjska (pripada citoplazmi) i unutarnja (pripada matriksu mitohondrija); između membrana – MEĐUMEMBRANSKI PROSTOR
- vanjska membrana – **propusna** i sadrži enzime za obradu lipida koji ulaze u mitohondrij
- unutarnja membrana ima brojne uvratae (*cristae* – mišićne stanice ili *tubuli* – stanice jetre) koji povećavaju njenu površinu, glavni enzim koji se nalazi u unutarnjoj membrani je ATP-aza*
- osnovna tvar unutar mitohondrija zove se matičnica ili MATRIKS; u njoj se nalazi prstenasta DNA (1, 2,...) i ribosomi i različiti enzimi koji kataliziraju Krebsov ciklus, oksidiraju masne kiseline i aminokiseline
- mitohondrijska DNA nosi uputu za sintezu nekih bjelančevina unutar mitohondrija
- mitohondrij ne može živjeti samostalno izvan žive stanice, iako se može dijeliti neovisno o diobi stanice (1/str. 81./slika 11.4) – dokazano na gljivi roda *Neurospora* – mitohondriji su stoga samoumnažajući organeli
- **ULOGA:** u mitohondrijima se oslobađa energija potrebna za životne procese (sadrži enzime koji kataliziraju stanično disanje i enzime koji razgrađuju masti)

ZADATAK: Skiciraj mitohondrij i navedi njegove glavne dijelove (2/str. 233./slika 16.3)

*stanice masnog tkiva (tj. mitohondriji u tim stanicama) životinja koje spavaju zimski san **ne sadrži** **ATP-aze!!!** – zato kod tih životinja dišni procesi ne završavaju sintezom ATP-a, već se energija oslobađa u obliku topline koja grije životinju

36. FIZIOLOGIJA BILJA

Sažetak je napisan na temelju udžbenika:

1. SPRINGER OP, PEVALEK-KOZLINA B (1997) BIOLOGIJA 3 – FIZIOLOGIJA ČOVJEKA I BILJA, Profil, Zagreb
2. REGULA I, SLIJEPCHEVIĆ M (1996) ŽIVOTNI PROCESI, Šk. knjiga, Zagreb

NAPOMENA: Ovaj sažetak može poslužiti isključivo za ponavljanje gradiva i kao podsjetnik! Tu će ulogu u potpunosti ispuniti ako ga samostalno dopunite i potražite odgovore na postavljena pitanja!

36.1 FIZIOLOGIJA MIJENE TVARI I ENERGIJE

POPIS NAJVAŽNIJIH POJMOVA:

1. ISHRANA (mineralna ishrana*); AUTOTROFNI i HETEROTROFNI ORGANIZMI – procesi kojima biljka uzima vodu i mineralne tvari iz tla i neposredno ih iskorištava ili ugrađuje
2. DISANJE (aerobno/anaerobno = vrenje) – dobivanje energije potrebne za odvijanje životnih procesa
3. TVARI OD KOJIH SU BILJKE IZGRAĐENE (voda: do 90%; bjelančevine: 10-20%; ugljikohidrati: 1%; lipidi: 2-3%; nukleinske kiseline; organske kiseline, biljne boje; steroidi; hormoni...)
4. SVOJSTVA VODE
 - **kohezija** - lat. cohaerere = biti svezan; unutarnja sila (vodikova veza) koja djeluje između molekula neke tvari (vode) držeći ih na okupu: osnovni uvjet za kretanje vode kroz biljku
 - **adhezija** - lat. adhaerere = prijanjati; međusobno privlačenje dva tijela koja su u tijesnom dodiru
5. SLOBODNA ENERGIJA VODE – energija koja se može koristiti za neki rad (svaka molekula ima E_p i E_k slobodnu energiju); to je energija kojim se voda kreće i reagira s drugim tvarima; voda se kreće iz područja svoje više slobodne energije (iz područja gdje vode ima više – to je otopina manje koncentracije) u područje svoje niže slobodne energije (u područje gdje vode ima manje – to je otopina veće koncentracije); kretanjem postupno gubi energiju i kretanje se zaustavlja kad prestane mogućnost daljnjeg gubljenja energije
6. VODNI POTENCIJAL – slobodna energija po molu vode; otapanjem tvari u vodi smanjuje se njena slobodna energija, a time i vodni potencijal
7. DIFUZIJA
8. BUBRENJE – sposobnost krutih tvari da upijaju vodu i pritom povećavaju volumen; uzrok je stvaranje hidratijskih (vodenih) plašteva oko iona, zbog kojih se čestice moraju razmaknuti; tlak bubrenja, kojima čestice vuku vodu je vrlo velik ($\times 1000$ Pa); **bubrenjem stanica prima vodu**
9. TURGOR – unutarnji tlak stanice; povećava se ulaženjem vode; kad se izjednače turgor i tlak bubrenja prestane ulaziti voda u stanicu jer su to tlakovi suprotnog smjera

10. OSMOZA – **drugi način primanja vode u stanicu**; jednomolarna otopina (1M) tvari koje ne disociraju pri 0°C ima osmotski tlak $22,7 \text{ bar} = 2,27 \text{ MPa} = 22,7 \times 10^5 \text{ Pa}$
11. SILA USISAVANJA (S) — sila usisavanja je onaj dio osmotskog tlaka koji nije neutraliziran hidrostatskim tlakom: $S = B - P$ (B = osmotski tlak; P = hidrostatski tlak) = jednadžba osmotskog stanja stanice; osmotski tlak se mijenja ovisno o organu (od 0,5 – 3,0 MPa), a također i turgor (od 0,1 – 1,0 MPa)
12. PLAZMOLIZA – kada se biljna stanice nađe u otopini veće koncentracije – tada izlazi voda iz vakuole, vakuola se smanjuje i za sobom vuče protoplast; ako ostane duže u toj otopini – protoplast se potpuno odvoji i zaobli: nastaje konveksna plazmoliza
13. TONOPLASTNA PLAZMOLIZA – do nje dolazi npr. u 1M otopini KSCN = kalij-rodanida, nakon plazmolize počinje bubriti plazma i širiti se prema stijenci stanice, dok vakuola i TONOPLAST (=granični sloj plazme prema vakuoli) ostaju smanjeni – upućuje na različitu propusnost graničnih slojeva plazme, tj. plazmaleme i tonoplasta; posljedica: različite tvari različitom brzinom ulaze u stanicu
14. DEPLAZMOLIZA – postupni ulazak vode u stanicu i vakuolu – 12. i 13. dokazuje da se plazmatske opne selektivno propusne za tvari (ne polupropusne – to bi značilo da propuštaju samo vodu)
15. KORIJENOV TLAK I TRANSPIRACIJA – pokretači vode kroz biljku; **korijenov tlak** se temelji na aktivnom istiskivanju vode i mineralnih tvari iz stanica endoderma (=sloj stanica u korijenu koje okružuju provodne žile) u provodne žile (=ksilem), iznosi oko 0,1 MPa i podigne vodu do visine oko 1 m; **transpiracija** djeluje poput vučne sile na tu vodu, tj. uspostavlja tok vode kroz biljku; kopnene biljke trebale su razviti tkiva koja će spriječiti gubitak vode – **kutikulu i pluto**; vodu (kapilarnu vodu u tlu) primaju preko korijenovih dlačica
16. SLIČNOST BILJKE I TLA – biljka je sličnija tlu nego atmosferi jer sadrži oko 70 % vode, a u atmosferi se nalazi oko 0,2 % vode – tako velika razlika nastaje zbog visoke temperature isparavanja vode (2,435 J/g vode) – atmosfera zato ima veliku silu usisavanja vode iz biljke što je uzrok transpiracije
17. ŠTO UTJEČE NA BRZINU TRANSPIRACIJE? – opskrbljenost biljke vodom, sunčana svjetlost, koncentracija CO₂ u listu, temperatura, vlažnost zraka, brzina vjetra...
18. MEHANIZAM OTVARANJA I ZATVARANJA PUČI (STOME) – puči se najčešće nalaze na naličju lista; građa: 2 stanice zapornice i 2 stanice susjedice; zapornice se otvaraju kad u njima poraste turgor u odnosu na susjedice (znači: TURGOR upravlja otvaranjem i zatvaranjem puči)
19. GUTACIJA (+ HIDATODE) – pojava izlučivanja vode u obliku kapljica; opaža se na travama, fuksiji, dragoljubu...; pojavljuje se kada je transpiracija niska ili je nema zbog zasićenosti zraka vodenom parom; voda (+ min.tvari) u obliku kapljica izlazi kroz puči vodenice = HIDATODE, nalaze se na rubovima listova

20. PRIMANJE I PROVOĐENJE MINERALNIH TVARI* (+ redukcija nitrata; + redukcija atmosferskog dušika)

MINERALNE TVARI u tlu se nalaze u 3 osnovna oblika:

- a) otopljene mineralne tvari < **od 0,2 %** - vodena otopina tla
- b) vezane na koloidne čestice tla (glinene čestice, humus... - negativno nabijene) ~ **2 %** (vežu katione: K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} ...) – tako vezane ione biljka mijenja za H^+ ili HCO_3^- ione
- c) mineeralne tvari u obliku teško topljivih soli ~ **98 %** (fosfati, karbonati, sulfati...)

IONI iz tla ulaze:

- a) PASIVNO – putuju sa strujom vode u smjeru pada koncentracije vode i mineralnih tvari
- b) AKTIVNO – prolazak kroz plazmalemu – potrebni su nosači iona i ATP

REDUKCIJA NITRATA (i sulfata) – događa se u stanicama korijena i češće listova; nitrati se reduciraju do nitrita u citoplazmi, a redukcija nitrita do amonijaka događa se u kloroplastima, dobiveni se amonijak ugrađuje u organske kiseline i nastaju aminokiseline (enzimi: *nitrat* i *nitrit reduktaze*); fosfati se ugrađuju direktno, bez redukcije

REDUKCIJA ATMOSFERSKOG DUŠIKA – atmosferski (molekularni) dušik mogu koristiti samo neki prokarioti – neke bakterije i modrozeleno alge (rod *Anabaena*); sadrže enzim *nitrogenazu* (jako osjetljiv na kisik) – taj enzim reducira N_2 u NH_4^+ koji se ugrađuje u ketokiselinu i nastaje aminokiselina

21. POSLJEDICE NEDOSTATAKA POTREBNIH ELEMENATA*

ZA ŽIVOT BILJKE NAJVAŽNIJI SU: **ugljik, vodik, kisik, dušik, fosfor, sumpor**

Fe: za dišne enzime i sintezu klorofila

Mg: sastojak klorofila, važan u svim reakcijama s ATP

Ca i K: održavanje pH i sadržaja vode u plazmi

Na: za rast biljaka na slanim tlima

Si: za rast trava (riža, kukuruz)

Nedostatak (-) bitnih elemenata u tlu razlog je kržljavog rasta i nepotpunog razvitka:

- **N:** listovi žute i suše se
- **P:** listovi postaju tamnozeleni
- **Mg:** listovi žute od vrha, a žile ostaju zelene
- **K:** žuti listovi sa smeđim točkama na rubovima i vršcima
- **Ca:** mlađi listovi su naborani na vrhovima
- **Fe:** mlađi listovi su žuti ili bijeli, a žile su im zelene

BILJOJEDI, a i LJUDI, također su ugroženi nedostatkom vitamina:

- **Co** (neophodan za sintezu vitamina B): biljojedi su "suhi" i jalovi
- **I**: gušavost

PREVELIKE KOLIČINE MINERALNIH TVARI U BILJKAMA NE IZAZIVAJU POREMEĆAJE (biljka ne može 100% kontrolirati primanje mineralnih tvari iz tla), ALI:

+++ **Cu** => hemoliza eritrocita i žutica u biljojeda

+++ **Se** => sljepilo, teturanje, ugibanje u grčevima

22. KOLANJE ASIMILATA – asimilati nastaju u procesu fotosinteze u osvijetljenim stanicama koje sadrže kloroplaste; sadrže: **saharozu**, trisaharide, aminokiseline, organske kiseline, bjelančevine, katione (NE kalciji i olovo), ATP, hormone, vitamine...; prenose se kao vodena otopine (10 – 25 %); **visoki turgorski tlak** uzrokuje kretanje asimilata u sva tkiva i organe gdje se oni troše, uspostavlja se **TURGORSKI GRADIJENT** između stanica nastanka i potrošnje asimilata – **uvjet kretanja asimilata kroz biljku**

PRIJENOS ASIMILATA:

- intracelularni – kroz protoplaste (difuzijom) – male udaljenosti
- prijenos plazmodezmijama kroz tkiva – srednje udaljenosti
- prijenos sitastim cijevima (floem) – velike udaljenosti

23. HETEROTROFNA ISHRANA: SAPROFITI, PARAZITI (+ POLUPARAZITI), SIMBIONTI, MIKORIZA, BILJKE MESOŽDERKE – važni su primjeri za svaku skupinu!!!

36.2 FIZIOLOGIJA MIJENE OBLIKA - Rast i razvitak biljnog organizma

- **RAST** - proces u kojem se povećava masa, tj. obujam stanica, organa i organizma
- **DIFERENCIJACIJA** - promjene stanica, tj. nastaju različite vrste specijaliziranih stanica
- **RAZVITAK** - povećanje kompleksnosti (temelji se na rastu i diferencijaciji)
- ti procesi teku istovremeno; počinju klijanjem sjemenke, a završavaju dostizanjem pune zrelosti
 - stvaranje cvijetova i plodova, tj. stvaranje sjemenaka (biljke sjemenjače)
- dosizanje stadija zrelosti kod pojedinih vrsta traje različito:
 - biljke jednoljetnice – sazriju u jednoj sezoni
 - dvogodišnje biljke – sazriju tijekom dviju vegetacijskih sezona
 - trajnice i drvenaste biljke – za sazrijevanje trebaju dvije ili više godina

1) KLIJANJE SJEMENKE I RAZVITAK KLIJANACA

- zadnji stadij u razvitku sjemenjača je stvaranje sjemenke
- u obliku sjemenke mnoge biljke prežive nepovoljne uvjete staništa (suše, hladnoće...) – to se zove *razdoblje mirovanja* i traje različito dugo za različite vrste
- sjemenke nekih vrsta kliju odmah nakon zriobe (u kasno ljeto), a za klijanje trebaju svjetlost

- **DORMANCIJA** = *razdoblje mirovanja*; sjemenke mnogih vrsta ne mogu klijati odmah nakon što dospiju u tlo; u sjemenci djeluju mehanizmi koji sprečavaju klijanje (nedostatno razvijena klica ili premalo hormona); često se poklapa s razdobljem nepovoljnih uvjeta na staništu
- u plodu jasena – klica i sjemenka neće biti zreli za klijanje još godinu dana nakon otpadanja; kukuruz treba razdoblje mirovanja i sušenja;
- može trajati vrlo dugo - npr. sjemenke stolista skupljene u Kini 1793. god. i čuvane u Londonskom muzeju, proklijale su 1940. god. nakon što je požar gašen vodom; sjemenke arktičke vučike, nađene u Yukonu (Kanada), starost im je procijenjena na 10.000 godina – nema čvrstih znanstvenih dokaza o njihovoj klijavosti
- **ŠTO PREKIDA DORMANCIJU?** – ako temperatura tla dostigne niže pozitivne vrijednosti ($+2^{\circ}\text{C}$ - $+9^{\circ}\text{C}$) – sjemenke bubre, mijenja se njihov hormonski sastav (konc. abskizinske kiseline se smanjuje, a konc. giberelina raste) – nakon nekoliko dana ili tjedana, u uvjetima povoljne vlage i temperature, sjemenka počinje klijati

- **STRATIFIKACIJA** = postupak za prekid dormancije; sjemenke se stavljaju u vlažan pijesak na niže pozitivne temperature (npr. sjeme lipe, jasena, oraha, lješnjaka)
- dormanciju može prekinuti svjetlost = **SVJETLOSNI KLIJAVCI** (salata, celer, naprstak...) – oni sadrže **FITOKROM** - pigment za primanje svjetlosti; taj pigment utječe na aktivaciju gena koji potiču klijanje

- u mesnatom dijelu ploda mogu postojati tvari koje sprečavaju klijanje; npr. kavina kiselina (rajčica); u prirodi mesnate dijelove ploda razgrade saprofitske bakterije i gljive – time oslobađaju sjemenke
- kad se uklone svi inhibitori i stvori dovoljna količina hormona (*giberelina, auksina i citokinina*) odgovornih za diobu stanica, produženi rast i sintezu enzima – sjemenka nastavi primati vodu te započinju hidrolitički procesi (razgradnja škroba i drugih hranjivih tvari)
- npr. u aleuronskom sloju pšenice, ječma... pod utjecajem hormona giberelina stvaraju se *proteaze* (razgrađuju bjelančevine) i *amilaze* (razgrađuju škrob u hranjivom endospermu)
- izduživanje stanica klicina korijenka povezano je s osmotskim primanjem vode; izlaženjem klicina korijenka iz sjemenke završava klijanje

- daljnji razvitak klice zbiva se pod djelovanjem hormona, šećera, aminokiselina..., istodobno se odvija glikoliza, stvaraju se mitohondriji i započinje stanično disanje
- dvosupnice – hranjive tvari su uskladištene u supkama, a supke mogu i ozelenjeti kad klijanjem izađu iz tla i fotosintetizirati
- jednosupnice – na mladim klijavcima razvijaju se listići koji probijaju zaštitni ovoj = KOLEOPTIL – mogu fotosintetizirati; hranjive tvari primaju dijelom iz spremišnih tkiva, a dijelom su to asimilati iz ozelenjelih dijelova

2) RAZVITAK I DIFERENCIJACIJA STANICA

- primanjem hrane stanica povećava ili obujam ili se dijeli – to je vidljivo kod jednostavnih organizama (bakterija, algi...)
- više biljke: dioba stanica i povećanje stanica (=produženi rast) ograničeno je samo na TVORNA TKIVA = MERISTEM i KAMBIJ
- ZONE RASTA: područja tvornog tkiva koja u određenim uvjetima mogu stvarati nove dijelove:
 - a) TJEMENIŠNA ili VRŠNA TVORNA TKIVA – **meristem** – na vršcima izdanka i korijena
 - b) BOČNA TVORNA TKIVA – **kambij** – odgovoran za rast stabljike u debljinu
- biljke (za razliku od životinja) u svom tijelu trajno imaju tvorna tkiva koja mogu u određenim uvjetima stvarati nove dijelove
- nakon toga započinje diferencijacija (vakuolizacija i povećanje volumena) - genetski ustrojena, ali pod utjecajem biljnih hormona – nastaju specijalizirane stanice unutar tkiva i organa
- **UZROK** razilaženja stanica na različite putove diferencijacije: ASIMETRIČNA DIOBA – posljedica polariziranih razlika u gustoći citoplazme majčinske stanice; nastane jedna veća i jedna manja plazmom bogatija stanica; npr. korijeni nekih trava – epidermalne stanice imaju gušću plazmu u gornjem dijelu, a donji je vakuoliziran i nakon mitoze nastaje manja stanica s gušćom plazmom iz koje se razvija korijenova dlačica i veća stanica koja se razvija u epidermalnu stanicu
- epidermalna stanica lista se također podijeli asimetrično, iz manje stanice gušće plazme razvija se majčinska stanica puči koja se zatim dijeli u dvije jednake stanice zapornice

3) RAZVITAK TKIVA I ORGANA

3 a) Razvitak klice ili embrija biljke:

ZIGOTA se nejednako podijeli na manju VRŠNU (gušća plazma) i veću BAZALNU (vakuoliziranu) stanicu

- iz vršne stanice nastane najveći dio klice; vršna stanica se dijeli (uzdužno i poprečno), nastane kuglasta tvorevina omeđena *epidermom* (izvana), a iz unutrašnjih stanica razvije se *stručak klice sa supkama i pupoljkom* (vršni meristem)

- iz bazalne stanice razvije se nositelj klice - služi za dovođenje hrane; iz stanice nositelja klice najbliže klici nastaje *korijenak*

3 b) Postanak tvornih tkiva:

- iz stanica stručka i korijenčića nastaju tvorna tkiva
- iz bočnih tvornih tkiva – razvijaju se zameci listova
- zameci bočnih ogranaka razvijaju se u pazušcima mladih listova

3 c) Razvitak lista:

- bočne stanice lisnog zametka se izdužuju samo u jednom smjeru (plosnat zametak) – postanak plojke lista
- na osnovi lisnog zametka razvija se glavna lisna žila – nastavlja se na provodni sustav

3 d) Diferencijacija stabljike:

- drvenaste biljke (golosjemenjače i dvosupnice): između kore i drva nalazi se tvorno tkivo = KAMBIJ; stanice kambija dijeleći se prema unutra stvaraju provodne elemente za vodu (=DRVO ili KSILEM), a prema van provodne elemente za asimilate (=FLOEM ili KORU)

3 e) Diferencijacija korijena:

- na vršku korijena nastaje KORIJENOVA KAPA
- dijeljenjem i diferencijacijom nastaje epiderma, kora i provodne žile kojima se provodi voda i mineralne tvari i asimilati

3 f) Stvaranje i zrioba plodova:

- razvitak ploda započinje oprašivanjem, tj. ulaskom peludove mješine u plodnicu
- bubrenje plodnice i sjemenog zametka započinje pod djelovanjem hormona: **indol-3-octena kiselina (IAA)**
- oplođena jajna stanica – zigota iz koje se diobama oblikuje klica
- klica stvara hormone (npr. auksin) koji potiču diobe i produženi rast
- veličina ploda (jabuka, kruška, rajčica...) razmjerna je broju sjemenki u njemu
- **PARTENOKARPNI PLODOVI** - plodovi koji nastaju bez oplodnje, ne sadrže sjemenke ili su one bez klice (rajčica, krastavac, banana, ananas...)
- plodovi u razvitku primaju hranu iz floemskih elemenata (manji dio iz ksilema)
- ZRIOBA: brojni biokemijski procesi; npr. fermenti razlažu pektine – omekšavanje ploda; razgradnja polisaharida – slatkoća ploda; povećava se količina vode u plodu; razgrađuje se klorofil, a stvaraju se karoteni (rajčica, paprika...) ili antocijani (višnje, trešnje...); uz antocijane

često dolaze ioni željeza ili magnezija – tamno plavi do crni plodovi borovnice, kupine, bazge...; nastaju mirisne tvari – mirisni plodovi

- povećano disanje ploda uzrokuje stvaranje plina ETILENA – ubrzava sazrijevanje

4) ZNAČENJE EMBRIONALIZACIJE STANICA U REGENERACIJI DIJELOVA TKIVA, ORGANA ILI CIJELE BILJKE – KULTURA TKIVA

- **EMBRIONALIZACIJA** - diferencirane stanice mogu opet postati nediferencirane; povratni proces - biljka se njime koristi pri zatvaranju ozljeda, a botaničari pri uzgoju biljaka jer se iz embrionalizirane stanice može razviti nova biljka
- stanice i tkiva mogu se uzgajati na hranjivim podlogama u KULTURI TKIVA
- na istom procesu se zasniva zacjeljivanje ozljeda – u blizini ozljede nastane KALUS (=nastaje diobom embrionaliziranih parenhimskih stanica) koji zatvori ozljedu novoizgrađenim tkivom
- **KALEMLJENJE** – način vegetativnog razmnožavanja; na podlogu se nakalemi grančica s pupovima; uspijeva kod srodnih vrsta i rodova; nastaje kalus (=nediferencirano tkivo) iz kojeg se razvijaju biljci potrebna tkiva
- **KALEMSKE HIMERE** – na mjestu kalemljenja iz kalusa nastanu izdanci koji se sastoje od međusobno sraslih tkiva obaju partnera (glog-mušmula – dobije se kalemljenjem mušmule na glog)
- **ŠIŠKE** - tvorevine nastale na tkivima i organima viših biljaka pod utjecajem bakterija, gljiva ili kukaca; za njihovo stvaranje mnoge biljke posjeduju genetsku sposobnost
- npr. ubodom ose ružine šiške i odlaganjem jaja u zametke listova i izdanaka razvijaju se unakaženi listovi – “*ružine jabučice*”; slično se događa na i listovima bukve ili hrasta nakon uboda kukaca
- **BILJNI TUMORI** - nastaju prilikom poremećaja u regulacijskom mehanizmu; najčešće nastaju zbog infekcije virusima, bakterijama (vidi sažetak o bakterijama!), gljivama ili križanjem vrsta unutar roda (kod duhana (tada je tumor genetički uvjetovan)

5) UTJECAJ TEMPERATURE I DULJINE DNEVNE SVJETLOSTI NA STVARANJE CVIJETA

- **GENERATIVNA (fruktifikacijska) FAZA** - faza u kojoj biljka počinje stvarati cvijetove i priprema se za oplodnju (tu prestaje vegetativna faza)
- **VERNALIZACIJA** - poticajno djelovanje hladnoće na stvaranje cvjetova (ozime sorte - raž, pšenica, ječam, repa); tvar koja nastaje tijekom zime – VERNALIN (možda hormon giberelin)
- **jare sorte** – siju se u proljeće

- zelje, peršin, celer... - dvogodišnje biljke koje u 1. godini stvaraju prizemnu rozetu listova, vernaliziraju tijekom zime i cvatu u drugoj godini
- mnoge trajnice moraju biti izložene zimi da bi cvale: ljubica, jaglac, karanfil...
- stvaranje cvijeta kod biljaka potiče svjetlost (neke biljke trebaju dugi dan) i pozitivne niske temperature: od +1⁰C do +9⁰C
- **FOTOPERIODIZAM** – pravilna izmjena dana i noći (određene dužine trajanja!)
- **BILJKE KRATKOG DANA** – trebaju dan kraći od 12 sati; cvatu ljeti;
- **BILJKE DUGOG DANA** – trebaju dan dulji odo 12 sati; cvatu u proljeće ili jesen
- **FITOKROM** – pigment koji raspoznaje duljinu trajanja svjetlosti, valnu duljinu i jačinu svjetlosti; pod utjecajem bijele i svijetlocrvene svjetlosti stvara se aktivni fitokrom, a pod utjecajem tamnocrvene svjetlosti inaktivni fitokrom
- “**HORMON CVATNJE**” – mješavina tvari rasta, kočenja itd...
- **BIOLOŠKI RITMOVI** – postoje zahvaljujući utjecaju Sunca, Mjeseca i zvijezda; **CIRKADIJANI RITMOVI** (=okodnevni ritmovi) – ritmovi koji traju od 23 – 28 sati

ZADATAK:

1. Potražite primjere za biljke kratkog i dugog dana
2. Pronađite primjere za različite periodička gibanja biljnih dijelova (latica, listova...)

36.3 FIZIOLOGIJA GIBANJA - Gibanja u biljkama

Gibanje je jedno od temeljnih svojstava života. Ono omogućuje organizmu da dođe do povoljnih položaja u okolišu (svjetlosti, temperature, vlage...)

Gibanja (prema izvoru podražaja):

- 1) izazvana vanjskim činiteljem = PODRAŽAJNA GIBANJA (temelje se na svojstvu podražljivosti živih bića) –inducirane ili aitonomne reakcije
- 2) izazvana činiteljima unutar organizma = AUTONOMNA ili ENDOGENA GIBANJA

PRAG PODRAŽAJA:

- određena vrijednost podražaja koja može izazvati reakciju, tj. pobuđenost (npr. svjetlost određene valne duljine i intenziteta);
- podražaji čija je vrijednost ispod praga, a djeluju s manjim prekidima često se mogu zbrajati te također izazvati reakciju

Gibanja u biljkama:

- 1) LOKOMOTORNA GIBANJA
- 2) ORGANOMOTORNA GIBANJA

1) LOKOMOTORNA GIBANJA - ovise o vanjskim činiteljima – oni određuju smjer gibanja

- važna su za mnoge jednostanične organizme, niže biljke (bičaši, trepetljikaši, korijenonošci, muške spolne stanice papratnjača...); pokreće se cijeli organizam, a odnose se (manji dio) i na gibanja plazme i organela u stanici

1a) TAKSIJE - kretanje organizma; u smjeru podražaja => pozitivna taksija
od izvora podražaja => negativna taksija

- prema podražajima koji ih uzrokuju: KEMOTAKSIJE (kemikalije), FOTOTAKSIJE (svjetlost), TIGMOTAKSIJE (dodir), HIDROTAKSIJE (vlaga), TERMOTAKSIJE (temperatura), GEOTAKSIJE (sila teža)
- KEMOTAKSIJE - omogućuje saprofitskim i parazitskim bakterijama i nekim gljivama pronalaženje hrane i domadara; ovako se međusobno pronalaze i spolne stanice (npr. spermatozoide mahovina jetrenjarki privlače bjelančevine)
- mjesto primanja podražaja: PROTEINI u plazmatskoj membrani
- FOTOTAKSIJE – značajne za fotosintetske organizme (npr. jednostanične alge) i za kloroplaste; omogućuje pronalaženje najpovoljnijeg intenziteta svjetlosti (za fotosintezu)

1b) GIBANJA U STANICAMA - gibanje plazme i staničnih organela (jezgre, plastida, mitohondrija)

- plazma struji djelomice spontano (autonomno), a djelomice zbog vanjskih podražaja
- jezgre se kreću prema mjestu najjačeg rasta, a kloroplasti prema najpovoljnijem osvjetljenju

2) ORGANOMOTORNA GIBANJA - gibanja organa (promjena položaja organa u prostora) i čvrsto priraslih organizama

2 a) TROPIZMI - svijanja što su uzrokovana i usmjeravana vanjskim podražajima

- temelji se na različito jakom rastu suprotnih strana organa (na produženom rastenju stanica); rijetko turgorska gibanja
- gibanje organa prema izvoru podražaja => pozitivni tropizmi
- gibanje organa od izvora podražaja => negativni tropizmi

- **GEOTROPIZAM** - gibanje kojim biljke dovode svoje organe u određen položaj prema sili teži
- pozitivno geotropno raste korijen, neki cvjetovi (ljiljani), negativno geotropno raste stabljika, plodovi, plodišta gljiva...
- **FOTOTROPIZAM** - gibanje rastenjem kojemu je uzrok jednostrano djelovanje svjetlosti
- organi dolaze u najpovoljniji položaj za iskorištavanje svjetlosti (npr. hormon rasta - *auksin* - "bježi" s osvijetljene strane klice u zasjenjenu gdje uzrokuje pojačano rastenje)
- izdanak biljke svija se pozitivno fototropno, a korijen negativno fototropno
- **TIGMOTROPIZMI** – gibanja uzrokovana mehaničkim podražajem
- npr. lisne peteljke nevena reagiraju na dodir
- **KEMOTROPIZAM** - gibanje izazvano kemijskim tvarima; važno za ishranu gljiva (hife se gibaju prema organskim tvarima u tlu)
- ista tvar može u nižoj koncentraciji djelovati privlačno, a u višoj odbojno; npr. klijanci viline kose rastu prema domadaru koji luči primamljive tvari

2 b) NASTIJE

- smjer gibanja je neovisan o smjeru izvora podražaja (to je samo signal) i određen je građom organa
- nastaju reverzibilnom promjenom turgora, a manjim dijelom se temelje na rastenju
- **TERMONASTIJA** - gibanje uzrokovano razlikom u temperaturi, temelji se na rastenju (npr. cvjetovi tulipana i šafrana otvaraju se na povišenoj tem. - intenzivniji rast gornje strane cvjetnih listića i zatvaraju na nižoj tem. - intenzivniji rast donje strane cvjetnih listića)
- **FOTONASTIJA** - gibanje uzrokovano svjetlošću (promjene u intenzitetu)
- temelji se na rastenju - cvjetovi lopoča, kaktusa, maslačka, tratinčica, listovi sramežljive mimoze, zečja kiselica ili cecelj, neke mahunarke – ako imaju zglobne jastučice... - otvaraju se na svjetlu, a zatvaraju u tami
- **NIKTINASTIJE** – javlja se kod termo- i fotonastijski osjetljivih biljaka – izmjena dana i noći uzrokuje periodična gibanja otvaranja i zatvaranja cvjetova ili listova
- **KEMONASTIJE** – uzrokovane su kemijskim podražajem; npr. tentakuli (dlačice) na listovima rosike reagiraju na kemijski podražaj

- **SEIZMONASTIJA** - podražajno gibanje uzrokovano potresanjem ili dodirrom, temelji se na promjeni turgora (sniženje turgora u parenhimskim stanicama na bazi peteljki listova i liski kod tropskih mimoza ili na bazi prašnika kod žutike);
- to su BRZA GIBANJA => npr. sramežljiva mimoza – potresanjem lista naglo se snizi turgor u zglobnom jastučiću zbog izlaska vode i osmotski aktivnih tvari iz parenhimskih stanica stanične stijenke – lisna se peteljka sklopi prema dolje, a liske prema gore
- tu se ubrajaju i gibanja listova kod nekih mesožderki (venerina muholovka) – omogućuje hvatanje plijena
- **TIGMONASTIJE** – važne za biljke-penjačice, koje se penju pomoću vitica (npr. grašak) – svijanje vitice (=CIRKUMNUTACIJA) rezultat je promjene turgora u vitici

2 c) MEHANIZAM OTVARANJA I ZATVARANJA PUČI - temelji se na promjeni turgora;

- potiču ga čimbenici unutar biljke (=endogeni čimbenici)
- nastijsko gibanje => kombinacija foto-, termo- i hidronastija

2 d) TURGORSKA GIBANJA – ireverzibilna, rezultat su prirodnih procesa razvitka i zoridbe

- gibanja nastala zbog promjene turgora u pojedinim susjednim tkivima ili slojevima tkiva (susjednih stanica) nekih plodova (štrcalica, neditrak)
- velika napetost među tkivima dovodi do pucanja i izbacivanja sjemenki od 10 – 12 m

37. GENETIKA

Sažetak je napisan na temelju udžbenika:

VRTAR B, BALABANIĆ J, MEŠTROV M (1998) GENETIKA, EVOLUCIJA, EKOLOGIJA – udžbenik iz biologije za IV. razred gimnazije. Šk. knjiga, Zagreb:4-79

NAPOMENA: Ovaj sažetak može poslužiti isključivo za ponavljanje gradiva i kao podsjetnik! Tu će ulogu u potpunosti ispuniti ako ga samostalno dopunite i potražite odgovore na postavljena pitanja!

1. POJAVE I PROUČAVANJE NASLJEDNOSTI

- potomci su **slični** svojim roditeljima, daljnjim precima i pripadnicima iste vrste
- potomci nikad nisu potpune kopije svojih roditelja, a **razlikuju se** i međusobno (pri spolnom razmnožavanju)
- razlike mogu biti vidljive – morfološke ili unutrašnje – biokemijske ili fiziološke
- **GENETIKA** = znanost o nasljeđivanju – grana biologije koja proučava pojave i uzroke međusobne sličnosti i nasljeđivanja svojstava u živih bića
- nova grana biologije

- odavno postoji interes za proučavanje pojave nasljeđivanja iz čisto praktičnih razloga – uzgoj boljih vrsta korisnog bilja (npr. žitarica, voćaka...), domaćih životinja (npr. stoka, kućni ljubimci...) i čovjekovo nasljeđe
- prva temeljna istraživanja u vezi nasljednosti (pokusi s graškom): **GREGOR MENDEL** (1865.) – osnivač znanstvene genetike; postavio 3 osnovna zakona križanja
- značenje Mendelovih otkrića spoznali su tek 1900. godine: CORRENS, TSCHERMAK, DE VRIES (mutacije) i JOHANNSEN (uvodi naziv GEN = osnovna materijalna jedinica nasljeđa) – nastavili i produbili Mendelove radove (=MENDELIZAM)
- 1910. – 1930. god. MORGAN – istraživanja na vinskih mušicama – veza genetike i citologije i razvija se KROMOSOMSKA TEORIJA NASLJEĐIVANJA (=MORGANIZAM) – dopuna mendelizma
- 1927. god. – MULLER – 1. umjetna mutacija rendgenskim zrakama
- 1930. – 1940. god. DOBZHANSKY i VAVILOV – veza genetike s evolucijom; DEMEREC – PRIMJENA GENETIČKIH METODA u tehnologiji (uzgoj korisnih mikroorganizama)
- 1950. god..... – MODERNA GENETIKA – temelji se na molekularnoj i biokemijskoj biologiji i mikrobiologiji (WATSON, CRICK, JACOB, MONOD, LEDERBERG, NIRENBERG, SANGER, CZECH...); razvoj **populacijske genetike** (HARDY, WEINBERG, HALDANE...)
- genetika koristi matematičke metode
- u Hrvatskoj: TAVČAR, LORKOVIĆ, RADMAN...

- svaka jedinka posjeduje svojstva koja se «prenose» neposrednim nasljeđivanjem = NASLJEDNA SVOJSTVA određene vrste (oblik, veličina, boja...)
- stvarno se nasljeđuju materijalni čimbenici (faktori) nasljednosti = **GENI**
- zbroj svih gena (=materijalnih čimbenika nasljednosti) neke vrste = NASLJEDNA TVAR ili NASLIJEDE

- način prijenosa i količina nasljedne tvari koja se daje potomcima ovisi o NAČINU RAZMNOŽAVANJA
- tipovi razmnožavanja: SPOLNO I NESPOLNO
- **NESPOLNO:** od pojedinih se organizma odvajaju stanice ili tjelesni dijelovi iz kojih se **bez oplodnje** razvijaju nove jedinice (npr. dioba praživotinja...) – potomci preuzimaju naslijeđe samo jednog roditelja i bit će mu potpuno slični, a i svi na taj način nastali potomci bit će slični i međusobno (=klon); nema novih kombinacija naslijeđa; dogode li se slučajno mutacije – ograničene su samo na neposredne potomke određene jedinice
- **SPOLNO:** novi potomci nastaju nakon oplodnje, stapanjem gameta (spermija i jajne stanice); **gamete stvaraju a) dvospolni organizmi** (većina biljaka i neke životinje) – moguća je samooplodnja ili oplodnja od druge jedinice pa potomci mogu sadržavati naslijeđe samo jednog ili dva roditelja ili **b) jedinice neke vrste su odvojena spola** (većina životinja i dvodomne biljke) – potomci uvijek sadrže naslijeđe oba roditelja, odnosno tu uvijek dolazi do miješanja nasljednih faktora (gena); i u a) i u b) – potomci nikada nisu identični svojim roditeljima niti međusobno – češće nastaju novi organizmi sa novim svojstvima, neki će se bolje snaći u okolišu, a drugi slabije – **veća važnost spolnog razmnožavanja za evoluciju!**

2. POJAM GENA I RAZLIKOVANJE FENOTIPA I GENOTIPA

- materijalna osnova (čimbenik, faktor...) nekog nasljednog svojstva = **GEN**
- pojam gen – uveo Johannsen prije nego što je objašnjen kemijski sastav nasljedne tvari
- svako je svojstvo (morfološko, fiziološko...) odraz djelovanja jednog ili više gena

- djelovanje gena ne mora se izraziti u svakoj generaciji potomaka – NEZAVISNOST GENA (geni se ne miješaju poput dviju boja u istoj posudici; biljke crvenih i bijelih cvjetova daju potomke ružičastih cvjetova, ali daljnji potomci mogu imati i crvene i bijele i ružičaste cvjetove)
- **POKUS – KRIŽANJE CRNIH ZAMORČIĆA** (sl. 1.1, str. 7.) – postoji razlika između izraženih svojstava neke jedinke i njenih gena (iako su fenotipski isti, genotip se može razlikovati)
- **FENOTIP** – ukupan izražaj organizma, tj. zbroj svih morfoloških i fizioloških svojstava (sve vidljivo, ispoljeno)
- **GENOTIP** - ukupno naslijeđe organizma, tj. zbroj svih gena koji određuju svojstva neke jedinke i ne moraju se svi izraziti na fenotipu (ispoljiti, biti vidljivi), neki će se ispoljiti tek u sljedećim generacijama
- organizmi koji se razvijaju iz zigote ili spore razvijaju se postupno, ne djeluju svi geni istovremeno, neki se «uključuju» u kasnijim fazama ili embrionalnog razvitka ili života
- na razvitak djeluje i okoliš – u svom konačnom obliku (fenotipu) organizam je rezultat zajedničkog djelovanja naslijeđa i okoliša

3. KROMOSOMI I GENI

- svojstva organizama prenose se s roditelja na potomstvo GENIMA
- geni se nalaze u spolnim stanicama (=gametama) - Φ (gameta) = nekoliko mikrometara
- geni su vrlo sitne materijalne jedinice (molekulske dimenzije), a prenose se pri umnožavanju (diobi - MITOZI) stanica – organizam je genetički jedinstvena cjelina, tj. sve su stanice genetički identične
- geni se nalaze samo u onim dijelovima stanice koji se podjednako raspoređuju tijekom mitoze u novonastale stanice-kćeri, odnosno **GENI se nalaze na KROMOSOMIMA** (kromosomi eukariota mogu nositi i stotine tisuća gena)
- kromosomi postaju vidljivi u jezgri prije diobe (i mitoze i mejoze)
- **GRAĐA KROMOSOMA** (sli. 1.2, str. 9.): glavni dio = dvostruka nit (=kromonema) – to je zapravo DNA, dijelom je ravna, a dijelom je namotana oko bjelančevinastih nakupina (=8-histonskih molekula = NUKLEOSOM), zamjećuje se i kromomera – jače obojeno mjesto
- kromosom se sastoji od dviju **kromatida** koje su spojene na jednom utanjenom mjestu (neobojeno) – CENTROMERA ili PRIČVRSNICA – tu se vežu i niti diobenog vretena (PONOVI: mitozu i mejozu)
- kromatide su nastale udvostručavanjem (replikacijom) ishodne DNA – ako nije bilo pogrešaka pri udvostručavanju one su identične (replikacija je semikonzervativna!)
- tijekom diobe kromosomi se rastavljaju na dvije kromatide i one se raspoređuju u dvije novonastale stanice
- **INTERFAZA** (razdoblje između dviju dioba – kromosomi su despiralizirani, tj. jako razvučeni ili razmotani, jednostruki = **kromatin**) – **G₁** (sinteza bjelančevina); **S** (udvostručanje DNA, odnosno kromosoma); **G₂** (priprema za novu diobu); kromosomi imaju **kontinuitet** u životu stanice ili kažemo: kromosomi su transportni oblik kromatina!
- svaka vrsta ima određen broj kromosoma (od 2 do npr. 400 – neke vrste leptira) – stalan i karakterističan za određenu vrstu
- neke vrste imaju isti broj kromosoma, npr. čovjek, jež i jedna vrsta tropske ribe: 46
- važan je broj kromosoma, ali važniji je oblik i veličina kromosoma; mogu se prepoznavati prema izgledu – označuju se rednim brojevima (npr. kod čovjeka) i izrađuju se **KARIOGRAMI**
- mogu se razlikovati spolni kromosomi = **GONOSOMI** od tjelesnih kromosoma = **AUTOSOMA** (sl. 1.3, 1.4, str. 10.)
- **MORGAN** (1908.), proučavao je vinske mušice – prvi upozorio na spolne kromosome
- **vinska mušica** (*Drosophila melanogaster*) - pojavljuju se pri alkoholnom vrenju grožđa i drugog voća, **prikladna je za genetička istraživanja**; brzo se množi (nova generacija svakih 10 – 20 dana), u tjelesnim stanicama ima samo 4 para (=8) kromosoma koji se dobro međusobno razlikuju, a razlikujemo i autosome od gonosoma (**ženke su xx, a mužjaci xy**); **gorostasni (gigantski, politeni) kromosomi** – pronađeni su u stanicama žlijezda slinovnica (sl.1.5, str. 11.) – sastoje se od velikog broja (čak do 1000) niti DNA koje su nakon uzastopnih udvostručanja ostale u istoj stanici slijepljene (=endomitoza), imaju široke kromomere koje se dobro razlikuju
- ta su istraživanja povezala genetiku i citogenetiku i dovela do razvoja **citogenetike**
- kromosomi se razlikuju i u kemijskom sastavu nukleinske kiseline - kromosomi imaju i **morfološku i kemijsku individualnost**
- kromosomi dolaze u parovima u tjelesnim stanicama (morfološki su jednaki – jednako su dugački, na jednakim mjestima imaju pričvrstnicu, na istim mjestima nose gene za ista svojstva, ali ti geni mogu i ne moraju biti identični; **mogu se međusobno razlikovati samo spolni kromosomi!**) – **DIPLOIDNA GARNITURA (2n)** (grč. diploos = dvostruk)
- članovi pojedinih parova = **HOMOLOGNI KROMOSOMI** (sl. 1.6, str. 12.)
- u gamete dolazi po jedan kromosom iz svakog para (posljedica mejoze) = **HAPLOIDNA GARNITURA (n)** – polovičan broj kromosoma (grč. haploos = jednostruk)

- haploidna garnitura je ujedno najmanja moguća cjelina nasljedne tvari neke vrste = **GENOM**
- **KROMOSOMSKA TEORIJA NASLJEĐIVANJA** – geni se nalaze u kromosomima (= osnova suvremene citogenetike)
- kromosomi se tijekom mejoze rasparuju, a nakon oplodnje - u tjelesnim stanicama ponovo se pojavljuju u parovima [**VAŽNO:** oplodnja je stapanje muške (n) i ženske (n) gamete – kromosomi iz gameta se u zigoti (2n) ne spajaju, nego se udvostruče!]
- Mendel je primijetio slično proučavajući prijenos nasljednih osobina (svojstava), iako nije poznao gene – rekao je da se nasljedni faktori u gametama razdvajaju, a pri oplodnji ponovo spajaju (1. ideja da se geni nalaze u kromosomima) – na to su upozorili BOVERI i SUTTON (1902.) – povezali su spoznaje o nasljeđivanju i znanja o kromosomima
- na vezu između kromosoma i gena upućuje i činjenica da gamete (spermiji!) nose samo kromosome (citoplazme ima vrlo malo)
- tijekom mitoze jednak broj i jednaka masa kromatida se raspoređuje u dvije novonastale stanice (to ne vrijedi za citoplazmu i drugo) – najpravilnija raspodjela nasljedne tvari može ići preko kromatida
- geni su na kromosomima poredani u nizu – **LINEARNO** (nisu razbacani nepravilno) – jedino takav poredak pruža sigurnost da će isti broj i iste vrste gena prijeći u nove stanice pri uzdužnom cijepanju kromosoma (sl. 1.7, str. 13.)
- točan položaj gena na kromosomu = **LOKUS GENA** (lat. locus = mjesto)
- vezu gena i kromosoma potvrđuju i gorostasni kromosomi vinskih mušica (sl. 1.7, str. 13.)
- PROKARIOTI (npr. bakterije...) i VIRUSI se razlikuju od eukariota
- **BAKTERIJE:** nasljedna tvar – «gola» DNA u citoplazmi (=NUKLEOID, bakterijska DNA, bakterijski kromosom...) – **kružna** (nosi i do 10 000 gena)
- nukleoid se može (danas) istraživati – izolirati, obrađivati, lomiti... i koristiti u metodama genetičkog inženjerstva; bakterije jednog soja mogu konjugacijom prenijeti svoje gene bakterijama drugog soja [poznate su još transdukcija i translacija (pomoću virusa)]
- **VIRUSI:** još jednostavniji genetički materijal; **moгу biti ili DNA ili RNA virusi** (npr. TMV, HIV...); pogodni su za genetička istraživanja

4. **IZVANKROMOSOMSKI GENI**

- GENI U PLASTIDIMA I MITOHONDRIJIMA – sadrže vlastitu DNA (kružnu!), različita od DNA u jezgri (=kromosomske DNA); mogu se umnožavati neovisno o diobi stanice (=samoumnažajući organeli)
- GENI U CITOPLAZMI – dopunska uloga u procesima istraživanja, vlastiti genski sadržaj je upitan
- jajna stanica (nosi puno više citoplazme) – možda ima važniju ulogu u nasljeđivanju («materinska dominacija»)
- *Euglena* (zeleni bičšaš) – određena količina DNA u citoplazmi
- GENI U PLAZMIDIMA – **plazmidi** su vrlo male, kratke, «gole» DNA (kružne) ili RNA (nose svega nekoliko gena – 2 do 300) u citoplazmi prokariota, a otkriveni su i u nekih eukariota; upotrebljavaju se u genetičkom inženjerstvu kao tzv. vektorske molekule

5. **KEMIJSKE OSNOVE GENA**

- nukleinske kiseline: DNA, RNA
- **AVERY** i suradnici (1944) – geni su građeni od DNA! (to su potvrdili: M. Chase i Hershey)
- **WATSON, CRICK i WILKINS** (1953) – objavili strukturu DNA
- građa nukleinskih kiselina: **NUKLEOTID** (sl. 1.9, str. 16.) – osnovna građevna jedinica; nukleotidi se povezuju u POLINUKLEOTIDNI LANAC (=DNA ili RNA)
- **građa nukleotida:** 1. DUŠIČNA BAZA – purinske (adenin i gvanin); pirimidinske (citozin, timin, uracil)
2. MONOSAHARID (pentoza) – riboza ili deoksiriboza
3. FOSFAT (fosforna kiselina) – zato se zovu kiseline

	DNA	RNA
šećer	deoksiriboza	riboza
dušična baza	adenin, gvanin, citozin, timin	adenin, gvanin, citozin, uracil
fosfat	PO ₄ ³⁻	PO ₄ ³⁻
broj lanaca	dvolančana	jednolančana

- u polinukleotidnom lancu – dušične baze mogu biti različito nanizane, njihov broj je različit (od 10 do 100.000) – molekule su različite dužine,
- 2r (DNA) = 2 nm (vidljivo ELM)

- [vrlo duge molekule – raspetljane iz svih 46 kromosoma čovjeka imale bi dužinu ~2 m; broj baza: 6×10^9]
- **građa DNA** – dva usporedna, spiralno uvijena lanca (heliks) povezana komplementarnim dušičnim bazama (komplementarne baze se povezuju s dvije – **A=T** ili tri vodikove veze – **G=C**)
- **replikacija DNA:** molekula DNA se može replicirati (=udvostručiti) – dva nasuprotna lanca majčinske DNA se razdvoje (uz enzime) (sl. 1.11, str. 18.) → replikacijske rašlje; na svakom lancu se stvara novi – spajaju se komplementarne baze (uz enzim: DNA-polimerazu) – novi su lanci (=DNA-kćeri) identični majčinskoj DNA (replikacija je **semikonzervativna** – u svakoj DNA-kćeri: jedan lanac DNA je «stari» - iz majčinske DNA, a jedan je novosintetizirani)
- danas postoje dokazi da i neke vrste RNA pokazuju isto svojstvo (virusi, plazmidi)
- **DOKAZI O PRISUTNOSTI DNA U KROMOSOMIMA:**
 - a) udvostručenje DNA događa se u interfazi (S-fazi – pojavljuju se i 2 kromatide;
 - b) prisutnost DNA u kromosomima dokazuje se pomoću Feulgenova reagensa – kromosomi postaju crvenoljubičasti – jednako kao i DNA (=mikrokemijski dokaz);
 - c) i kromosomi i DNA upijaju UV zračenje $\lambda = 260 \text{ nm}$;
 - d) dokaz pomoću autoradiografije – radioaktivni timin se ugradi u DNA i kromosome;
 - e) pravilan odnos između broja kromosoma i količine DNA (tab. 2, str. 19.);
 - f) transdukcija – prijenos DNA pomoću bakteriofaga iz jedne vrste bakterija u drugu – time se prenose i određena svojstva
- **ZAKLJUČAK:** nukleinske kiseline su MATERIJALNA OSNOVA NASLJEĐIVANJA i IZGRAĐUJU GENE (geni su dijelovi nukleinskih kiselina, sastavljeni od različitog broja nukleotida, između susjednih gena postoje spojevi ili prekidi, a prekidi postoje i unutar jednog gena – prekidi su ponekad neaktivni dijelovi koji se nakon *prepisivanja* uklone (=INTRONI) ili ponekad djeluju kao enzimi koji potiču vlastito izrezivanje iz molekule)

6. GENSKI INFORMACIJSKI SUSTAV

- **bjelančevine (proteini)** – vrlo važne makromolekule (građevni materijal, temeljni dijelovi enzima, antitijela, hormoni...) - nemaju sposobnost samoobnavljanja; za njihovu sintezu odgovorne su nukleinske kiseline, tj. **bjelančevine su spojevi određeni naslijeđem i specifične su za svaku vrstu** (čak i jedinku)
- u sintezi bjelančevina posredno sudjeluje DNA (sinteza se obavlja prema osobinama genske DNA), a neposredno različite vrste RNA (sve nastaju u jezgri)
- **vrste RNA:** 1) **rRNA** = ribosomska RNA – gradi ribosome
 - 2) **mRNA** = glasnička ili engl. messenger RNA – nastaje *prepisivanjem* (=transkripcijom) – nosi informaciju (=gensku uputu) s DNA na ribosome; sadrži **kodon**
 - 3) **tRNA** = prijenosna ili engl. transfer RNA – nosi aminokiseline na ribosom i tako sudjeluje u *prevođenju* (=translaciji); sadrži **antikodon**
- pri sintezi mRNA sudjeluje enzim RNA-polimeraza
- **sinteza bjelančevina:**
 1. faza: **PREPISIVANJE ili TRANSKRIPCIJA**
 2. faza: **PREVOĐENJE ili TRANSLACIJA**
- **1. faza: PREPISIVANJE ili TRANSKRIPCIJA** – događa se u jezgri, na kromosomu, odnosno, na DNA; pomoću enzima RNA-polimeraze na DNA kalupu nastaje mRNA prepisivanjem komplementarnog niza baza: gvanin se prepisuje u citozin, citozin u gvanin, timin u adenin, **iznimka - ako je na DNA adenin – na mRNA dolazi uracil**; kad je mRNA gotova odjeljuje se od DNA i odlazi u citoplazmu na ribosom i nosi sa sobom prepisanu gensku uputu ili informaciju o rasporedu dušičnih baza u molekuli DNA, tj. o naravi određenog gena!!!
- **genska uputa se uvijek sastoji od 3 dušične baze** (=TROJKA, TRIPLET); kada je **prepisana na mRNA naziva se KODON ili ŠIFRA** i odgovara pojedinoj aminokiselini (osnovna građevna podjedinica bjelančevine)
- **2. faza: PREVOĐENJE ili TRANSLACIJA** – događa se na ribosomima («tvornice proteina») – oni posreduju u «prepoznavanju» kodona i antikodona (kodon i antikodon su također komplementarni i odnose se na istu aminokiselinu); prvo na ribosom dolazi mRNA s nizom kodona, a zatim na ribosom dolaze - jedna po jedna - tRNA s antikodonima i one nose određene aminokiseline; aminokiseline se na ribosomu povezuju peptidnim vezama u lance (dipeptid, tripeptid, polipeptid... protein) – «jezik nukleotida se na ribosomu *prevodi* u jezik aminokiselina»; u cijelom procesu prevođenja sudjeluju različiti ribosomski enzimi (sl. 1.13, str. 21.)
- Koliko nukleotida (baza) određuje jednu aminokiselinu? 1 nukleotid za 1 aminokiselinu je premalo (20 aminokiselina nalazi se u sastavu svih bjelančevina svih živih bića); 2 nukleotida za 1 aminokiselinu je premalo ($4^2 = 16$); 3 nukleotida za 1 aminokiselinu – više no dovoljno ($4^3 = 64$) – kombinira se i sastav i redoslijed nukleotida (baza), npr. UCG, UGC, GUC, GCU, CGU, CUG... - pojedine aminokiseline kodirane su s nekoliko šifri, a postoje i **3 STOP – kodona: UAA, UGA, UAG**
- **START – KODON: AUG** – istovremeno je to i šifra za aminokiselinu metionin

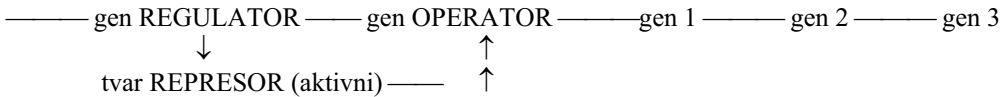
- vrsta bjelančevina ovisi o broju i rasporedu aminokiselina koje na ribosom donose tRNA, a koje se vežu prema redosljedju koji određuje mRNA, odnosno, posredno, DNA – svaka aminokiselina ima u DNA svoju 3-nukleotidnu šifru (gen od 3000 nukleotida kodira sintezu bjelančevine sastavljenu od 1000 aminokiselina; «1 gen = 1 enzim» - to su pokusima potvrdili Beadle i Tatum)
- → **TEORIJA ŠIFRE (KODA) ILI TEORIJA GENSKIH UPUTA** (DNA → mRNA → protein)
- postoje razlike u kodonima za pojedine aminokiseline kod pojedinih organizama [npr. CGG → arginin kod prokariota, a triptofan kod biljaka ili AUA → metioni u mitohondrijima sisavaca, a izoleucin kod prokariota] – zaslužni: Meselson, Brenner, Jacob, Nirenberg, Khoran...
- **REVERZNA TRANSKRIPCija (=OBRNUTO PREPISIVANJE) RNA**
- neki virusi imaju samo RNA, ona se udvostručuje i gradi pomoću enzima RNA ovisne RNA-polimeraze, a nalazi se u samom virusu
- neki virusi (npr. HIV...) su također RNA – virusi, ali oni obavljaju obrnuto prepisivanje: RNA → DNA → ugradi se u genom stanice i stvara svoje proteine; enzim koji pritom sudjeluje zove se **reverzna transkriptaza** (ili enzim RNA ovisna DNA-polimeraza ili povratna transkriptaza); te viruse zovemo: **RETROVIRUSI**

7. **KAKO GENI UPRAVLJAJU ŽIVOTNIM PROCESIMA**

- nukleinske kiseline **ne mogu funkcionirati same** u prijenosu naslijeđa i u razvitku organizma
- DNA je najvažnija za stanične sinteze, ali sve sinteze ovisi i o izmjeni tvari u stanici, a posebno o enzimima (npr. obavljaju udvostručenje DNA, sintezu RNA, spajaju nukleotide, vežu aminokiseline za tRNA i vežu ih u bjelančevine...)
- za početak samog procesa treba postojati određena količina gotovih aminokiselina ili samih enzima – nalaze se u gametama [jajnoj stanici i spermijima (?)] – stanice stoga danas nastaju samo iz već postojećih stanica
- ALTMANN I CZECH – **postoje vrste RNA koje samo po sebi i za sebe mogu djelovati kao enzimi**; neke RNA nisu samo prenositelji genskih uputa, već mogu upravljati vlastitom sintezom i djeluju pritom kao enzim za vlastito udvostručenje (autokatalitički) – takve slične molekule RNA mogle su biti prvi oblici života na Zemlji (?)
- **SUSTAV OPERONA I GENI REGULATORI** – iz majčinske stanice se, tijekom diobe, u nove stanice-kćeri prenosi isti genotip; iz oplodene jajne stanice – zigote – razvije se organizam s različitim tkivima, organima i organskim sustavima – KAKO DOLAZI DO DIFERENCIJACIJE? – potrebno je upoznati GENETIČKU REGULACIJU
- **GENETIČKA REGULACIJA** – pojava da neki geni reguliraju sposobnost organizma da sintetizira njima odgovarajući enzim (neki geni mogu «odlučiti» hoće li se sintetizirati određeni enzim)
- **OPERON** – skupina vrlo blisko vezanih gena koja se sastoji od jednog ili više **strukturnih gena** i jednog **gena operatora**; aktivnost operona regulira **gen regulator** koji stvara tvari (**represore**) koji utječu na gen operator
- **pokus: ENZIMATSKA ADAPTACIJA** - gljivica *Aspergillus* – mnogi mikroorganizmi i eukariotske stanice stvaraju određene enzime samo ako je prisutan supstrat (= tvar na koju određeni enzim djeluje) → **INDUCIRANI ENZIMI**
- enzimi koji su uvijek prisutni → **KONSTITUCIONALNI (konstitucijski) ENZIMI**
- Jacob i Monod – postoji nekoliko vrsta gena koji djeluju zajednički u ovim procesima, npr. **OPERON** (skupina sintetički aktivnih gena)
- **pokus: E. coli** – ako u hranjivoj podlozi na kojoj se uzgaja bakterija *E. coli* postoji laktoza stvara se inducirani enzim koji cijepa laktozu na glukozu i galaktozu; ako u hranjivoj podlozi nema laktoze – nema ni enzima (odnosno, postoji u tragovima)
- utvrđeno: iskorištavanje laktoze ovisi o 5 gena
- 1., 2. i 3. gen → **STRUKTURNI GENI** – određuju strukturu 3 različite bjelančevine (redosljed aminokiselina u njima)
- 4. gen → **REGULATOR** (regulira aktivnost 1., 2. i 3. gena) i stvara određenu tvar – **REPRESOR [R]** – ta tvar kad nema induktora (supstrata) sprečava sintezu mRNA (mRNA je potrebna za sintezu određenog enzima, npr. onog koji razlaže laktozu); ako postoji induktor, represor će se udružiti s njime i nastat će kompleks koji ne može zaustaviti sintezu mRNA
- 5. gen → **OPERATOR [O]** – to je gen koji regulira aktivnost strukturnih gena (1., 2. i 3.), djeluje samo na strukturne gene istog kromosoma, a njime upravlja 4. gen (=regulator)

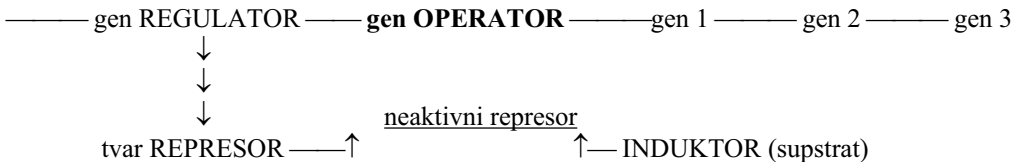
➤ **objašnjenje slike 1.15, str. 24.**

OPERON



- gen OPERATOR – **isključen** → nema sinteze mRNA na operonu laktoze ni sinteze enzima koji razgrađuje laktozu

OPERON



- gen OPERATOR je **uključen** → može teći sinteza mRNA na operonu laktoze, tj. sinteza enzima koji razgrađuje laktozu

- **USPORENI GENI** – na djelovanje gena utječe i vrijeme, tj. neki su geni usporeni ili privremeno zakočeni; neki geni aktivni su samo u pojedinim razdobljima života (npr. spolna aktivnost – pubertet; boja očiju – nekoliko tjedana nakon rođenja; neke nasljedne bolesti mogu se pojaviti tek nakon 20 godina...)
- **GENI I OKOLIŠ** – geni ne upravljaju neovisno svojstvima organizma
- **unutar organizma** postoji niz faktora koji imaju određen utjecaj na fenotip (=unutrašnji ili stanični okoliš gena, npr. citoplazma, međudjelovanja različitih tkiva i organa, hormonski utjecaj roditelja tijekom embrionalnog razvoja...)
- **izvan organizma: OKOLIŠ** (temperatura, svjetlost, hrana, strane bjelančevine i mikroorganizmi...) – veliki utjecaj na fenotip
- **geni ne određuju samo karakter svojstava, nego i granice unutar kojih se mogu dogoditi neke promjene** (koje nastaju pod utjecajem okoliša)
- međusobno djelovanje gena i okoliša sukobljava se u citoplazmi
- organizam treba uvijek promatrati kao rezultat zajedničkog djelovanja gena i okoliša!

8. VRSTE I UZROCI VARIJABILNOSTI

- između jedinki iste vrste (unutar iste generacije i između različitih generacija) postoji sličnost, ali i brojne razlike (veličina, težina, boja, kem. i fiziološka svojstva,...) → pojava nejednakosti, različitosti naziva se **VARIJABILNOST** ili **PROMJENLJIVOST** organizama; može biti **KVALITATIVNA** i **KVANTITATIVNA**
- **KVALITATIVNA** – npr. crna – bijela dlaka; crvena i bijela boja cvijeta; goli i obrasli vrat ;... – razlika je uvijek jasna, ističu se suprotnosti, prijelaza nema ili su rijetki → **ALTERNATIVNA** svojstva, a mijenjaju se **DISKONTINUIRANO**; nasljeđivanje ovih svojstava lako se proučava jer se zbiva po zakonima križanja; okoliš utječe neznatno jer su ta svojstva jasno određena djelovanjem gena
- **KVANTITATIVNA** – npr. tjelesna visina, težina, debljina dlake, veličina lišća,... - veličine koje variraju količinski; postoji uvijek puno prijelaza između dviju krajnosti (min. i max. vrijednosti) → **FLUKTUIRAJUĆA** svojstva, a mijenjaju se **KONTINUIRANO**; oblici ili jedinke koje promatramo u nizovima između dviju krajnosti nazivaju se **VARIJANTAMA** ili **INACICAMA**
- **KVANTITATIVNA** svojstva ovise o zajedničkom djelovanju skupine gena → **MULTIFAKTORIJALNA SVOJSTVA**; okoliš na ova svojstva ima veliki utjecaj i zato nastaje puno varijanata; teško (nemoguće) ih je proučavati na temelju križanja, proučavaju se matematičkim metodama (DODATAK, str. 71), a prikazuju brojčano (tablice) ili grafički (slike); **srednje su varijante najčešće, a krajnjih ima malo**

- geni određuju značajke, ali i granice varijabilnosti; varijabilnost je posljedica vanjskih utjecaja i ne nasljeđuje se (POKUS: papučiće – razmnožavaju se diobom – nastaju mali, srednji i veliki potomci, uzgojem tih potomaka u istim uvjetima – svaki će imati ponovo i male i srednje i velike potomke!)
- **UZROCI VARIJABILNOSTI**
 - a) kromosomske razlike pri nastanku spolnih stanica (mejoza)
 - b) miješanje gena križanjem (hibridizacijom)
 - c) pogreške na kromosomima ili kemijske promjene na genima (mutacije)
 - d) neposredan utjecaj okoliša na organizam (modifikacije)
- varijabilnost pojedinog organizma = INDIVIDUALNA; varijabilnost skupine organizama = GRUPNA (proizlazi iz individualne) → tako nastaju podvrste, sorte, rase... (neko se svojstvo ili izgubilo ili se pojavilo novo svojstvo) → veliko značenje za evoluciju
- **VAŽNOST MEJOZE ZA RAZNOLIKOST POTOMAKA**
- **MITOZA** – nastaju genetički identične stanice
- **MEJOZA = GAMETOGENEZA** (oogeneza, spermatogeneza) - nastaju gamete (ženska = jajna stanica; muška = spermij) – različite su i međusobno, a razlikuju se i od matične stanica iz koje su nastale, nose nove kombinacije gena (sl. 1.16, str. 27.)
- koliko može nastati različitih gameta ako samo kombiniramo kromosome? – 2^n , n = haploidan broj kromosoma (npr: $2n = 6$, $n = 3$; $2^3 = 8$); čovjek: $n = 23$, $2^{23} = 8\ 338\ 608$ genetički različitih gameta (genotipova) i kod žene i kod muškarca – može se spojiti prilikom oplodnje bilo koja jajna stanica s bilo kojim spermijem
- varijabilnost je zapravo još i veća jer u gornjem računu nije uzet u obzir **KROSINGOVER** (engl. crossing-over) – u profazi I. mejotičke diobe sparuju se (= konjugiraju) homologni parovi kromosoma i pritom može doći na mjestima gdje su prekrizane kromatide (HIJAZME – imaju oblik slova «X») do pucanja i izmjenjivanja dijelova kromatida (sl. 1.17, str. 27.), tj. izmjenjivanja gena (u stanicama s puno gena broj i vrste mogućih kombinacija genotipova ne mogu se predvidjeti)
- varijabilnost se proučava kod skupina za koje se zna da su nastale od određenih roditelja ili da imaju zajedničko podrijetlo u istim životnim uvjetima, tj. kod POSEBNIH GENETIČKIH SKUPOVA
- **ČISTE LINIJE** – skup genetički vrlo sličnih jedinki koje su nastale samooplodnjom jednog roditeljskog organizma; često kod biljaka (grašak s kojim je Mendel radio svoja istraživanja); potomci nose naslijeđe samo jednog roditelja i kod njih nema varijabilnosti koja može nastati križanjem
- **KLONOVI** – skup genetički jednakih (identičnih) jedinki koje su nastale nespolno (diobom), vegetativno ili partenogenezom (= razvoj zametka iz neoplođene jajne stanice); potomci su KLONOVI – jednaki su međusobno i jednaki su roditeljskom organizmu; ako postoji varijabilnost – posljedica okoliša; klonovima možemo smatrati i jednojajne blizance; genetika se danas intenzivno bavi kloniranjem (kloniraju se geni, stanice, organizmi...)
- **POPULACIJE** (= realna kategorija jedinki iste vrste) - ograničen skup genetički nejednakih jedinki neke vrste koji ne potječu od istih roditelja, ali žive na istom prostoru, međusobno se oplođuju – tako se stalno miješaju geni pojedinih jedinki, tj. populacija raspolaže istom **SUMOM GENA** i razlikuje se od susjednih i drugih populacija iste vrste s kojima se ne miješa jer postoji prostorna izolacija (npr. polje pšenice, vjeverice u Maksimirskoj šumi, ljudska populacija nekog udaljenog otoka ili planinskog sela...)

9. OSNOVNI POJMOVI O KRIŽANJU (HIBRIDIZACIJI)

- **KRIŽANJE** ili **HIBRIDIZACIJA** → proces miješanja nasljeđa dvaju različitih roditelja; utječe na sastav populacije; važno u uzgoju korisnih biljaka i životinja
- **KRIŽANCI (HIBRIDI, BASTARDI)** → potomci s miješanim svojstvima nastali križanjem
- **KRIŽANJA** prikazujemo u **TABLICAMA KRIŽANJA**; neke simbole uveo još Mendel (osnivač genetike)
 - početna ili roditeljska ili parentalna generacija → **P**
 - generacije potomaka ili filijalne generacije → **F₁, F₂, F₃...**
- ako se prati jedno svojstvo → **MONOHIBRIDNO KRIŽANJE**
- 2 svojstva → **DIHIBRIDNO KRIŽANJE**; 3 svojstva → **TRIHIBRIDNO**; 4, 5... → **POLIHIBRIDNO**
- u tablicama križanja mogu se pratiti i brožani odnosi u svakoj generaciji

- **GREGOR MENDEL** – češki redovnik, 1865. god. u Brnu objavio rezultate svojih istraživanja
- radio je najviše istraživanja na grašku – biljka sa samooplodnjom – uzdržavao je **čiste linije**
- pratio je sljedeća svojstva: rast (visoki/niski); boju cvijeta (ljubičasta/bijela); boju sjemenke (žuto/zeleno)...
- uzgojem u čistoj liniji → svojstva se u potomaka ne mijenjaju
- križanjem umjetnim oprašivanjem → različite biljke u potomstvu, u pravilnim brojčanim odnosima
- nije poznao gene → zaključio je da u svakoj biljci moraju postojati dva **«nasljedna faktora»** (jedinice nasljeđa = geni) za određeno svojstvo, svaki potječe od jednog roditelja
- pri nastanku gameta → nasljedni faktori se razdvajaju (segregiraju) i gamete sadrže samo jedan nasljedni faktor (mejoza!)
- oplodnjom se ti nasljedni faktori udružuju u stanicama novog organizma

- **DOMINANTNO** → prevladavajuće (označava se u tablicama križanja velikim slovom, npr. **A**)
- **RECESIVNO** → potisnuto, koje nije uvijek izraženo (označava se u tablicama križanja malim slovom, npr. **a**)
- **INTERMEDIJARNO** → pojavljuju se prijelazni tipovi (zijevalice) (označava se u tablicama križanja: $a_1, a_2 \dots$)

- **HOMOLOGNI** ili **ALELNI GENI** → geni za isto svojstvo na homolognim kromosomima, mogu i ne moraju biti jednaki (dominantni, recesivni)
- **HOMOZIGOTI** → ako su alelni geni jednaki (AA ili aa ili a_1a_1) – zovu se još i **ČISTE RASE** ili **ČISTE SORTE**
- **HETEROZIGOTI** → ako se alelni geni razlikuju (Aa ili a_1a_2) – zovu se još i **KRIŽANCI**
- **HEMIZIGOTI** → za neko svojstvo postoji samo jedan gen u organizmu (npr. spolno vezani geni - za **X** – spolni kromosom)
- za jedno svojstvo u organizmu mogu postojati najviše dva gena (alela), ali u populaciji ih može biti više, npr. krvne grupe čovjeka određene su s tri alela: **A, B, O** → **MULTIPLI ALELI**
- **KONDOMINANTNOST** → zajednička dominantnost (npr. krvna grupa **AB**)

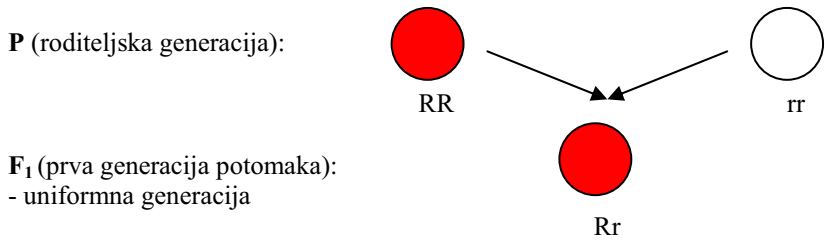
- **POLIFENIJA** ili **PLEIOTROPIJA** – jedan gen određuje više svojstava (bijela mačka s plavim očima je gluha)
- **POLIGENIJA** → više gena određuje jedno svojstvo (npr. rast, boja očiju...) – takvi geni: **KOMPLEMENTARNI**, a na taj način određena svojstva: **MULTIFAKTORIJALNA SVOJSTVA** (tu je često dominantnost izražena postupno)
- dominantnost i recesivnost su relativni pojmovi, u suvremenoj genetici kaže se da različiti aleli imaju različite stupnjeve izražajnosti (ekspresivnosti)

10. PRIMJERI KRIŽANJA I MENDELOVI ZAKONI

1.1 **zakon jednoličnosti F_1 – generacije**: Križaju li se homozigotni roditelji ("čiste rase"), svi će potomci u F_1 – generaciji biti međusobno jednaki. → **SLIKA 1**

1.2 **zakon cijepanja (segregacije) svojstava u F_2 – generaciji po stalnim brojčanim odnosima**: Križanjem jedinki F_1 – generacije međusobom nastaju potomci s različitim svojstvima i to kod monohibridnog križanja u omjeru 3 : 1, a kod intermedijarnog križanja u omjeru 1 : 2 : 1 → **SLIKA 2**

1.3 **zakon nezavisnost nasljednih čimbenika**: Kada se križaju jedinke s više svojstava, pojedina se svojstva nasljeđuju nezavisno → **SLIKA 3**

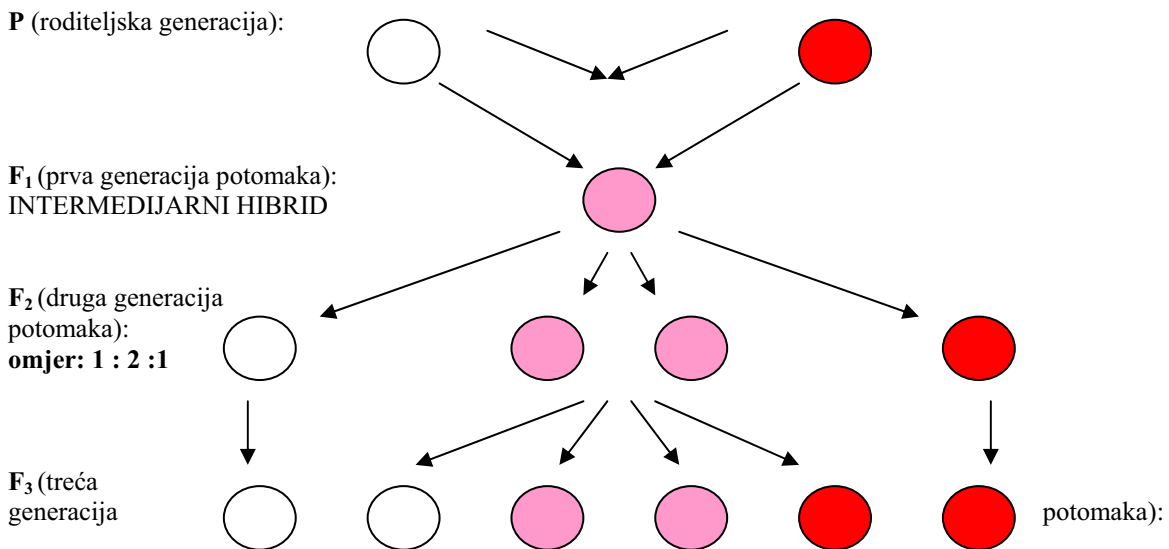


F₂ (druga generacija potomaka):
omjer: 3 : 1

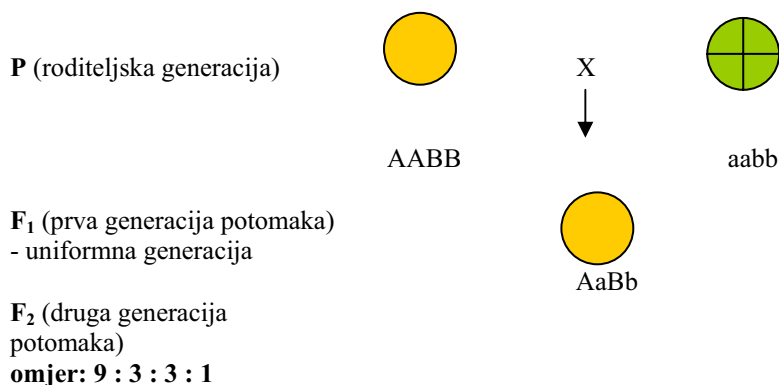
		♂	
		muška spolna stanica (polen)	
ženska spolna stanica (tučak)	+	R	r
	R	 RR	 Rr
r	 Rr	 rr	

R = gen crvenog cvijeta (dominantan), r = gen bijelog cvijeta (recesivan)

Slika 1. Mendelov pokus - monohibridno križanje s dominacijom (Juraj Šutalo, 1. f; 2003./04.)



Slika 2. Monohibridno intermedijarno križanje kod zijevalice (*Antirrhinum maius*) (Juraj Šutalo, 1. f; 2003./04.)



		muške stanice (polen)			
		AB	Ab	aB	ab
ženske stanice (tučak)	AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb
	Ab	AABb	AAbb	AaBb	Aabb
	aB	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb
	ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb

A = gen za žutu boju, a = gen za zelenu boju
B = gen za glatku površinu sjemenke, b = gen za naboranu površinu sjemenke

Slika 3. Mendelov pokus - dihibridno križanje graška glatke i žute sjemenke i graška naborane i zelene sjemenke (Juraj Šutalo, 1. f; 2003./04.)

11. VEZANI GENI, GENSKE KARTE I NASLJEĐIVANJE SPOLA

POVIJEST:

- početak 20. st. – nova grana genetike: **CITOGENETIKA** (povezuje znanja iz citologije i genetike, temelji se na *kromosomskoj teoriji nasljeđivanja*)

- SUTTON: Mendelovi «faktori nasljeđa» su povezani s pojavama na kromosomima
- **T. H. MORGAN:** pogodan objekt istraživanja su vinske mušice; otkrio je spolne kromosome; utvrdio lokacije nekih gena na pojedinim kromosomima; razvio teoriju o «vezanim» genima
- BRIDGES: proučavao je pojave kod potomaka vinske mušice kod kojih je došlo do pogrešnih (defektnih) pomicanja kromosoma u mejozi
- STURTEVANT: izradio 1. gensku kartu (= raspored gena u kromosomima) na temelju krosingovera
- TJIO i LEVAN (1956.): **diploidna stanica čovjeka sadrži 46 kromosoma**

VEZANI GENI:

- **3. Mendelov zakon** = zakon nezavisnosti nasljednih faktora: Kad se križaju jedinke s više svojstava, pojedina se svojstva nasljeđuju nezavisno
- **nezavisnost gena nije apsolutna!!!**
- neka se svojstva uvijek nasljeđuju zajedno, tj. povezana su – geni koji određuju ta svojstva nalaze se na istom kromosomu i zovu se **VEZANI GENI (Morgan)**
- broj skupina vezanih gena jednak je haploidnom broju kromosoma (u ljudskoj stanici: 23) – ako nema krosingovera geni na jednom kromosomu su nerazdvojivi
- **zbog krosingovera** (dijelovi homolognih kromosoma se ponekad unakrsno zamjenjuju) neka se križanja ne mogu protumačiti ni vezanim genima (Morgan) — sl. 1.25, str. 37.
- dva će se gena češće razilaziti ako su na kromosomu udaljenija, a rjeđe ako su blizu jedan drugome!!!
- ako poznajemo za pojedine gene učestalost krosingovera – znamo kojim su redom nanizani na kromosomu (**međusobna udaljenost gena na kromosomu razmjerna je postotku krosingovera među njima**)
- npr. ako je između dva vezana gena samo jedna rekombinacija (u 100 slučajeva), tj. samo 1% krosingovera – ta su dva gena udaljena 1 morgan (jednu kromosomsku jedinicu) – vidi zadatak na str. 38.
- (poznato je da je ponekad krosingover moguć i između homolognih gena – njih čine još manji dijelovi, možda samo par nukleotida!?!)
- **Zašto je Mendel imao sreće kada je odabrao grašak za svoju pokusnu biljku?** – grašak ima haploidno 7 kromosoma ($n = 7$), tj. 7 skupina vezanih gena, a Mendel je ispitivao 7 svojstava čiji su geni slučajno ležali svaki na svom kromosomu!!!
- **GENSKE KARTE**
- geni su poredani LINEARNO (uzdužno) na kromosomima – to je potvrđeno metodom krosingovera (sl.1.26, str.39.)
- danas se izrađuju GENSKE KARTE – raspored gena u kromosomima (postoje za mnoge vrste biljaka, npr. kukuruz, rajčicu, ječam; životinja, npr. vinsku mušicu, kokoš; za čovjeka)
- **NASLJEĐIVANJE SPOLA I SPOLNO VEZANE OSOBINE**
- kod mnogih vrsta (biljaka i životinja) spol je određen SPOLNIM KROMOSOMIMA (nalaze se u svakoj tjelesnoj stanici)
- prvi put su otkriveni kod vinske mušice (sl. 1.27, str. 39.) – **ženke: XX; mužjaci: XY** (isto i kod čovjeka)
- diploidna garnitura kromosoma vinske mušice: $6 + X + X = 8$ (ženka); $6 + X + Y = 8$ (mužjak)
- ptice – obratno: XX – mužjaci; XY – ženke
- **jedinka koja ima nejednake spolne kromosome stvara dva tipa gameta: 50% gameta s X i 50% gameta s Y kromosomom** (mužjaci vinskih mušica i čovjeka; ženke ptica)
- spolni kromosomi određuju svojstva dotičnog spola – oblikuju spolne organe i određuju njihovu ulogu, određuju sekundarne spolne osobine... - posredno! – oni zapravo određuju sintezu specifičnih hormona koji neposredno određuju spol jedinke
- postoje i drugi geni (na drugim kromosomima) koji mogu utjecati na spol jedinke, pod njihovim utjecajem dolazi do neodređene spolnosti (interseksualnosti) ili do promjene spola u različitim stadijima razvoja
- kod nekih životinja vanjski uvjeti mogu utjecati na spol jedinke – npr. iz jaja nekih žaba se pri $+10^{\circ}\text{C}$ razvijaju samo ženke, a pri $+27^{\circ}\text{C}$ – uglavnom mužjaci!!!
- spolni kromosomi nose i neke «nespolne» gene – određuju osobine koje nemaju veze sa spolnosti
- **Morgan:** vinske mušice mogu imati crvenosmeđe oči (normalna mušica ili divlji tip) i bijele oči (mutacija), a **gen koji određuje boju oka kod vinske mušice vezan je za spolni X-kromosom**
- **LETALNI GENI**
- neki geni određuju relativno beznačajne osobine organizma
- drugi su geni presudni za život – nedostaju li takvi geni ili ako su promijenjeni – smrt jedinke = LETALNI GENI (npr. kukuruz – defekt na genu koji određuje sintezu klorofila – bez klorofila može biljke isključiti, ali ne može obavljati fotosintezu i vene!)
- letalni geni nastaju mutacijama (promjenama) normalnih gena

12. MUTACIJE – NASLJEDNE PROMJENE GENOTIPA

- postoje nasljedne promjene koje nisu posljedica križanja; pojavljuju se naglo i neočekivano
- **DARWIN** – «igre» (engl. sports); **De VRIES** – MUTACIJA (lat. *mutare* = mijenjati)
- npr. kratkonoge životinje, bezrepe životinje, prekobrojni prsti, deformacija nepca, biljke s crvenim lišćem (kupus, javor, bukva...), s visećim granama (žalosna vrba), albino (lat. *albus* = bijel) organizmi (bijeli miševi, kunići, majmuni, pingvini, kitovi, čovjek...), itd. – **VIDLJIVE MUTACIJE**
- **FIZIOLOŠKE MUTACIJE** - pokazuju se u promjeni neke funkcije
- **LETALNE MUTACIJE** – uzrokuju smrt organizma

- **ŠTO JE MUTACIJA?** - iznenadna promjena nekog svojstva koja nije uočena u roditelja i nije nastala križanjem, ali se pojavljuje i nasljeđuje kod potomaka
- mutant – organizam s mutacijom (normalan tip = divlji tip); u tablicama križanja: ++ × alb alb
- **GDJE SE DOGAĐAJU MUTACIJE?** – u jednoj stanici – tjelesnoj ili u gameti
- nasljeđuju se samo one nastale u gametama
- mutacijom u tjelesnim stanicama mijenja se samo dio tijela ili tkivo koje nastaje iz te stanice – SOMATSKE MUTACIJE (grč. *soma* = tijelo)

VRSTE MUTACIJA:

1. MUTACIJE GENA
2. MUTACIJE GRAĐE KROMOSOMA
3. MUTACIJE BROJA KROMOSOMA

1. MUTACIJE GENA

- promjene u kemijskom sastavu gena (na jednoj ili više dušičnih baza); ne mogu se pratiti mikroskopom, ali mogu križanjima
- recesivne promjene

2. MUTACIJE GRAĐE KROMOSOMA

- promjene se događaju na čitavim kromosomima (važnost položaja gena u kromosomu!!!)
- vide se SM (posebice dobro na gorostasnim kromosomima vinske mušice)
 - a) DELECIJA – dio kromosoma se odvoji i raspadne
 - b) TRANSLOKACIJA – dio kromosoma se otkine i zalijepi na drugi kromosom
 - c) INVERZIJA – zamijene mjesta geni unutar kromosoma
 - d) DUPLIKACIJA – pojedini geni se udvostruče unutar kromosoma
- posebnu ulogu ponekad imaju mali dijelovi DNA = TRANSPOZONI (premještanjem unutar genoma uzrokuju takve promjene)

3. MUTACIJE BROJA KROMOSOMA

- najčešće se ne rastave kromosomi u mejozi (gamete imaju višak ili manjak kromosoma)
- posljedica: teške nasljedne bolesti
- POLIPLOIDIJA – udvostruči (uvišestruči) se čitava kromosomska garnitura, a citoplazma se ne dijeli (ne radi diobeno vreteno) – nastaju 4 n – tetraploidi; 6 n – heksaploidi; 8 n – oktaploidi... (a i neparni poliploidi)
- u biljkama tako nastaju oblici s povećanim stanicama i/ili tkivima, organima (listovi, plodovi): šumska jagoda 2 n = 14; vrtna jagoda 2 × 14 = 28; divlja šljiva 2 n = 16; pitoma šljiva 3 × 16 = 48...
- može se uzrokovati i umjetno (npr. kolhicin...)
- rijetka kod životinja (neki kukci)

UČESTALOST MUTACIJA

- stabilnost gena je različita – neki geni mutiraju češće, neki rjeđe
- vidljive mutacije su rijetke (1 – 10 mutacija na 1 000 000 jedinki)
- učestalost možemo povećati: promjenom temperature, radijacija, kemikalije...
- mutacije imaju velikog utjecaja na evoluciju (jedini proces u kojem se geni mijenjaju)

UZROCI MUTACIJA

1. SPONTANE

- nastaju same od sebe, uzroci su nepoznati

2. UMJETNO IZAZVANE

- MULLER (1927.) – umjetno izaziva mutacije na vinskih mušicama
- MUTAGENI FAKTORI - čimbenici koji izazivaju mutacije: zračenja (X – zrake, α, β, γ zračenje, neutroni, UV zrake...); toplinski udari, organske i anorganske tvari (spojevi mangana, peroksidi, benzol, formaldehid, fenol, iperit...)

KORISNE I ŠTETNE MUTACIJE

- samo 1% umjetnih mutacija su korisne, ostalo štetne
- broj radijacijskih mutacija razmjeran je dozi zračenja koju je organizam primio odjednom ili u prekidima
- uglavnom su recesivne (ne moraju se pojaviti u prvoj generaciji potomaka)
- slučajne su i nepredvidive

13. MODIFIKACIJE – NENASLJEDNE PROMJENE

- **MODIFIKACIJE ili SOMATSKE VARIJACIJE** – poseban tip varijabilnosti; fenotip jedinke mijenja se pod djelovanjem okoliša na somatske stanice
- primjeri: klimatski utjecaj na rast biljaka, boju životinja: maslačak; sobni jaglac ($t = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ – cvate crveno, $t = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ – cvate bijelo) – slično kod mačuhica, šafrana, gljiva...; neki leptiri su tamniji pri nižim tem., spolne razlike (žabe), kemijski utjecaj hrane: iz ličinki pčela koje se hrane matičnom mliječi nastanu matice, a uz običnu hranu – radilice;
- pocrnjela koža na suncu – privremena modifikacija
- ne nasljeđuju se
- **REAKCIJSKA NORMA** – genotipski određeno ograničenje u sklopu kojega se mogu pojaviti različite modifikacije
- modifikacije su česte u prirodi
- postoje razlike između vrsta, a i unutar vrste – između jedinki!
- reakcijsku normu može promijeniti samo promjena u genotipu
- **DUGOTRAJNE MODIFIKACIJE** – ponekad se neke modifikacije zadržavaju u nekoliko generacija, a zatim se gube
- primjer 1): djelovanje kemikalija (spojeva arsena) na papučicu (*Paramecium sp.*) – postupno privikavanje na te spojeve i njihove sve veće količine uspjelo se uzgojiti generaciju koja podnosi 5 % koncentracije tog otrova u hranjivoj otopini – nakon prestanka davanja otrova – otpornost se zadržala u još nekoliko generacija
- primjer 2): pokusi s kloralhidratom koji deformira listove graha – morfološka modifikacija – izgubi se nakon nekoliko generacija
- **KAKO JE PRENESENA PROMJENA?** citoplazma ili kromosomski geni
- stjecanje otpornosti na antibiotike (bakterije) ili na insekticide (kukci) – to su mutacije!!! – nastaju novi sojevi bakterija, odnosno rase kojima su ta svojstva trajno nasljedna

14. GENETIKA U POLJODJELSTVU I ŠUMARSTVU - potražite u udžbeniku!

15. GENETIKA PRI UZGOJU ŽIVOTINJA - potražite u udžbeniku!

16. PRIMJENA GENETIKE U TVORNIČKOJ PROIZVODNJI - potražite u udžbeniku!

17. GENETIKA ČOVJEKA

- poteškoće: ne mogu se raditi pokusi križanja, vrlo polagana promjena generacija (svakih 30 godina u prosjeku), malen broj potomaka, veliki broj malih kromosoma
- prednost: lako dostupan veliki uzorak
- opći zakoni genetike vrijede i za čovjeka
- korisne rezultate o genetici čovjeka daju: CITOGENETIČKA ISTRAŽIVANJA; PROUČAVANJA RODOSLOVLJA; PROUČAVANJE BLIZANACA; BIostatističke metode
- 1. **CITOGENETIČKA ISTRAŽIVANJA** (proučavanje kromosoma)
 - diploidan broj kromosoma čovjeka: **$2n = 46$** (žene: $44 + x + x$; muškarci: $44 + x + y$)
 - kromosomi se međusobno razlikuju oblikom
 - nasljeđivanje većine svojstava je multifaktorijalno (ovise o zajedničkom učinku većeg broja gena) → nije napravljena potpuna genska karta
 - broj kromosoma može biti i nenormalan ($2n < 46$; $2n > 46$)
 - parovi kromosoma su (prema dogovoru) raspoređeni po obliku i veličini i označeni brojevima =
 - **KARIOGRAM** – može se utvrditi koji kromosom nedostaje ili ako postoji višak (npr. pojavljivanje nekih kromosoma po 3 ili 4 mogže uzrokovati gluhoću, srčanu manu...; $3 \times$ kromosoma 21 – DOWNOW SINDROM ili MONGOLOIZAM)
 - opasnije je imati manjak kromosoma nego višak; manjak može uzrokovati vrlo ranu smrt
 - uzroci pogrešnog broja kromosoma: nepravilna mejoza; češće u jece starijih majki
 - pogreške u broju spolnih kromosoma: **XO** – žene, nerazvijene i neplodne (sterilne); **XXY** – muškarci, neplodni, sa ženskim osobinama
 - **MEĐUSPOLNOST** (interseksualnost) – posljedica nenormalnosti u broju i izgledu spolnih kromosoma
 - češća je oplodnja y-spermijem – lakši je i brži → stvara se više muških zametaka ($130 : 100$); smrtnost muških zametaka je veća → novorođenčad: $106 : 100$; veća je i smrtnost osoba muškog spola → više žena starijih od 50 godina nego muškaraca

DOMINANTNOST I RECESIVNOST KOD ČOVJEKA

- opasne dominantne osobine su rijetke jer su letalne (osobe koje ih imaju rano umiru)

- od recesivnih bolesti obole osobe koje su recesivni homozigoti; heterozigoti su **PRENOSIOCI** (u njima su te osobine prikrivene i tijekom nekoliko generacija) → **vidi tablicu dominantnih i recesivnih osobina čovjeka!**

2. RODOSLOVNA STABLA (GENEALOŠKA METODA)

- RODOSLOVLJE – shematski prikaz (pregled) živih i umrlih članova neke obitelji po generacijama i njihovoj međusobnoj srodnosti
- upotreba: pri različitim proučavanjima naslijeđa (tjelesne osobine - kongenitalno/hereditarno, nasljedne bolesti, dominantne i recesivne osobine, mapiranje kromosoma – vezani geni, medicinsko – genetička konzultacija...)
- osoba koja je početna za proučavanje → **PROBAND** ili **PROPOSITUS**
- generacije se označe rimskim, a osobe u generacijama prema redoslijedu rođenja arapskim brojevima
- rodoslovljem je proučena i postojanost nekih osobina (npr. krvne grupe – važno za transfuziju krvi, ali i za dokazivanje očinstva, u kriminalistici... - krvne grupe su određene s 3 alela: A, B, O; kombinacijom postoje 4 krvne grupe: A, B, AB, O (fenotipski), odnosno postoji ukupno 6 genotipova: **A – AA ili AO, B – BB ili BO, AB – AB, O – OO!!!**)
- utjecaj naslijeđa na pozitivne duševne kvalitete, nadarenost, inteligenciju... - različit i povezan s utjecajem okoliša – genetičke sposobnost se neće razviti same od sebe, veliki utjecaj imaju obitelj, škola i društvo u cjelini

3. PROUČAVANJE BLIZANACA

- korisno je proučavati jednojajne blizance (genetički potpuno jednaki ljudi ili «mini – klonovi»)
- na njima je jasno vidljiv utjecaj okoliša
- razlike nastaju već prije rođenja – nejednak razvoj tijekom trudnoće, a kasnije razlike uvjetuju način prehrane, životni okoliš, preboljene bolesti, vrsta zanimanja...
- genetičke se osobine ne mogu promijeniti (uspješne transplantacije tkiva i organa)

4. STATISTIČKE METODE

- važne za proučavanje dominantnih i recesivnih osobina

NASLJEDNE BOLESTI I NJIHOV PRIJENOS

- nasljedne bolesti i nepravilnosti → uglavnom recesivne
- geni nekih bolesti smješteni su na spolnim kromosomima → hemofilija (nesposobnost grušanja krvi), daltonizam (nerazlikovanje boja), distrofija (slabljenje mišića)...
- npr. **HEMOFILIJA**: gen za stvaranje enzima grušanja krvi = TROMBOKINAZE → X – kromosom; ako je defektan – recesivan – izrazit će se samo u organizmu žene homozigota (X^+X^+) ili muškarca hemizigota (X^+Y) – takve osobe imaju hemofiliju; žene heterozigoti (XX^+) su zdrave, ali su **PRENOSIOCI**
- živčane i duševne bolesti – mnoge su nasljedne (mozak je jako osjetljiv na kromosomske nepravilnosti!), npr. shizofrenija, epilepsija (često se bolest izrazi u pubertetu, trudnoći...)
- **INCEST** (ženidba u srodstvu, konsangvinitet) – povećava rizik od štetnih recesivnih osobina → npr. životinje – dobijemo neke bolje osobine, ali se često ispolje i recesivni geni
- **treba razlikovati: PRIROĐENE ili KONGENITALNE NENORMALNOSTI: rubeola (dijete može imati srčanu manu) i sl. bolesti u trudnoći, droge, alkohol, lijekovi (npr. talidomid) – štetne tvari dolaze do fetusa i uzrokuju modifikacije i nisu nasljedne i NASLJEDNE ili HEREDITARNE BOLESTI – zbog mutacija**
- **genoterapija – mapirati gen, odrediti defekt i izolirati ga**

MUTACIJE GENSKOG SUSTAVA ČOVJEKA

- mutacije u genskom sustavu čovjeka mogu biti spontane, a li i izazvane
- najčešće: mutacije gena (recesivne) – učestalost 5×10^{-5} (na ~ 200 000 000 spermija → 1000 spermija sadrži mutaciju)
- kromosomske mutacije – rijetke
- broj mutacija raste pod utjecajem mutagenih faktora: kemikalija (naftalin, benzen...) i zračenja (prirodna radijacija, rendgen, reaktori, atomske eksplozije, radioaktivni izotopi...)

- čovjek – 30 god. primi ~ 0,03 Gy (greja) prirodne radijacije koja može izazvati ~ 1 – 2% mutacija
- za udvostručenje količine mutacija – trebao bi primiti ~ 0,2 – 0,8 Gy – samo zbog umjetnog zračenja! → ne mora djelovati na osobu koja je primila zračenje, već na njezino potomstvo! (individualna oboljenja uočena kod osoba koje su primile doze > 1 Gy; ako je doza > 4,5 Gy (odjednom ili na rate) – smrt

Tablica: dominantne i recesivne osobine čovjeka (Tablica 4., str. 57.)

DOMINANTNO	RECESIVNO
TAMNA KOSA	SVJETLA KOSA, CRVENA KOSA
SMEĐE ili ZELENE OČI	PLAVE ili SIVE OČI
JAMICE NA OBRAZIMA	OBRAZI BEZ JAMICA
UŠNA RESICA SLOBODNA	UŠNA RESICA PRIRAŠTENA
SAVIJANJE JEZIKA	NESAVIJANJE JEZIKA
KRVNE GRUPE: A, B, AB	KRVNA GRUPA 0
KRATKOVIDNOST	NORMALAN VID
PJEGE NA KOŽI	KOŽA BEZ PJEGA
IVICA KOSE NA SREDINI ČELA IZVIJENA	RAVNA IVICA KOSE NA ČELU
BIJELI PRAMEN U KOSI MUŠKARACA	BIJELI PRAMEN U KOSI ŽENA
ČELAVOST MUŠKARACA	PRORIJEĐENOST KOSE ŽENA
RAVNA KOSA	KOVRČAVA KOSA
KRATKI PRSTI (BRAHIDAKTILIJA)	NORMALNI PRSTI
VIŠE PRSTIJU (POLIDAKTILIJA)	NORMALAN BROJ PRSTIJU
NEMOGUĆNOST SAVIJANJA PALCA	SAVIJANJE PALCA I DO 45%
POSLEDNJI ČLANAK MALOG PRSTA SAVIJEN KA PRSTENJAKU	MALI PRST RAVAN
DLAČICE NA SREDNJEM ČLANKU PRSTIJU	SREDNJI ČLANAK PRSTIJU BEZ DLAČICA
NORMALNA USNA	ZEČJA USNA
LIJEVI PALAC PREKO DESNOG (sklopljene šake)	DESNI PALAC PREKO LIJEVOGA (sklopljene šake)
KAŽIPRST KRAĆI OD 4. PRSTA KOD MUŠKARACA	KAŽIPRST KRAĆI OD 4. PRSTA KOD ŽENA
DVIJE TETIVE U KORIJENU ŠAKE	TRI TETIVE U KORIJENU ŠAKE
MALJAVOST	ODSUSTVO MALJAVOSTI
OSJEĆANJE GORKOG OKUSA PTC-a (feniltiokarbamida)	NESPOSOBNOST OSJEĆANJA GORKOG OKUSA PTC-a
NORMALNO RAZLIKOVANJE BOJA	DALTONIZAM
NORMALNA PIGMENTACIJA	ALBINIZAM
NORMALAN METABOLIZAM	ALKAPTONURIJA (Tyr), FENILKETONURIJA (Phe)
NORMALNO ZGRUŠAVANJE KRVI	HEMOFILIJA

RAK (KANCER) – bolesna preobrazba tjelesnih stanica koje su izgubile kontrolu rasta i diobe i imaju sposobnost širenja organizmom (metastaziraju)

- Što se dogodilo? - promjene u genima oboljele stanice – proizvode enzime koji aktiviraju umnažanje
- Zašto su se dogodile te promjene?
 - a) neposredne mutacije stanične DNA putem KANCEROGENIH TVARI (čađa. katran, dim - benzpiren...)
 - b) pod utjecajem zračenja (subletalnih doza)
 - c) pod djelovanjem virusa (=ONKOGENA) – virusni geni za rak ugrade se u normalnu stanicu, aktiviraju se i prouzroče tumor (u stanicama postoje PROTOONKOGENI koje se mogu mutacijama pretvoriti u aktivne onkogene i izazvati razvoj raka)
- rak je pojava povezana s promjenama u nasljednoj tvari, u načelu nije nasljedna, nosimo veću ili manju sklonost (predispoziciju) obolijevanju od raka – nužni su dodatni faktori

GENETIKA I PRESADIVANJE (TRANSPLANTACIJA) TKIVA I ORGANA

- tkiva i organi potječu iz živih ili netom umrlih osoba (životinja)
- presađuje se koža (opekotine), bubrezi, koštana srž, srce...
- velika zapreka: genetičko – imunološka nepodnošljivost stranog tkiva ili organa u organizmu primatelja i pravno – etički problemi
- najuspješnije presađivanje: među braćom, posebno jednojajnim blizancima

18. POPULACIJSKA GENETIKA

ZALIHE GENA I GENETIČKA RAVNOTEŽA U POPULACIJI

- **POPULACIJA** = jedinke iste vrste koje žive na istom prostoru i povezane su odnosima razmnožavanja; međusobno se genetički razlikuju
- male populacije: 10-tak jedinki - \times 100 jedinki
- velike populacije: 100 000 – 1 000 000 jedinki
- dok se jedna populacija ne miješa s drugom (zatvorena i odijeljena) – broj i vrsta gena u njoj se ne mijenja – **ZALIHA GENA** je stalna! – **GENETIČKA RAVNOTEŽA**
- npr. krvne grupe kod čovjeka (Tablica 5. –str. 63.)

	O	A	B	AB
	%			
KINEZI	29	32	29	10
INDIJCI	31	19	41	9
RUSI (Moskva)	33	38	21	8
HRVATI	34	42	18	6
ŠVICARCI	42	45	10	3
AMERIKANCI (bijeli)	45	42	9	4
SENEGALCI	43	23	29	5
AUSTRALCI (pristanovnici)	53	37	8	2
INDIJANCI	91	8	1	-

- Od Azije i Afrike prema zapadu smanjuje se grupa B; U Europi je najčešća grupa A; Američki indijanci – 91% - grupa 0

ČIMBENICI KOJI MOGU POREMETITI GENETIČKU RAVNOTEŽU

1. INCEST – iskazuje se u malim i izoliranim populacijama (rijetke životinje!)
2. USMJEREN IZBOR PARTNERA – neki geni postaju povlašteni (čovjek)
3. MUTACIJE – novi geni!
4. PRILJEV GENA IZ DRUGIH POPULACIJA – npr. seobe naroda

OBRADA PODATAKA U POPULACIJSKOJ GENETICI

- genetička obrada populacije – dosta teškoća, posebno ako za jedno svojstvo postoji više alela; važna je frekvencija (učestalost) nekih gena – matematičke metode!

19. GENETIČKO INŽINJERSTVO – RAZVITAK I METODE i 20. GENETIČKO INŽINJERSTVO U PRIMJENI – odgovore potražite u udžbeniku!

1. Što je genetičko inženjersvo? Kada se počinje razvijati?
2. Koja su se pitanja pojavila u javnosti i znanosti s pojavom genetičkog inženjersva?
3. Po čemu se razlikuje genetičko inženjersvo od induciranih mutacija? Navedi jedan primjer.
4. Što je rekombinirana DNA i kako nastaje?
5. Što je RESTRIKCIJSKA ENDONUKLEAZA?
6. Što su VEKTORI?
7. Što je opasnost genetičkog inženjersva?
8. Što je kloniranje? Navedi primjere u biljnom i životinjskom svijetu.
9. Tko je i kada proveo 1. kloniranje na razini gena?
10. Navedi neke (barem 3) korisne primjene kloniranja.
11. Koji se mikroorganizmi najčešće rabe u genetičkim istraživanjima?
12. Iz čega proizlaze najveće genetičke opasnosti za čovjeka?

38. ORGANIZACIJA KROMOSOMA

Sažetak je napisan na temelju udžbenika:

SPRINGER O P, PAPEŠ D, KALAFATIĆ M (1998) BIOLOGIJA 4 – genetika, evolucija, ekologija. Profil, Zagreb:60-63

NAPOMENA: Ovaj sažetak može poslužiti isključivo za ponavljanje gradiva i kao podsjetnik! Tu će ulogu u potpunosti ispuniti ako ga samostalno dopunite i potražite odgovore na postavljena pitanja!

- postoje 2 vrste kromosoma:

1. jednostavni, goli kromosomi – virusi, bakterije, stanični organeli
2. kompleksni kromosomu – jezgre eukariota

1. **PROKARIOTSKI KROMOSOMI**: jednostavne duge molekule dvolančane DNA (npr. *E. coli* – 1 kružni kromosom, $d = 1,4 \text{ mm}$, sadrži oko **4 000 000** nukleotidnih parova); replicira se semikonzervativno, s početkom na određenom mjestu ($v = 16 \text{ 000}$ parova baza/min)
2. **EUKARIOTSKI KROMOSOMI**: nalaze se u jezgri; svaka jezgra sadrži nekoliko parova kromosoma; mijenjaju svoj izgled i strukturnu organizaciju u različitim dijelovima staničnog ciklusa (**interfaza**: dekonenzirani, despiralizirani oblik; **mitoza**: čvrsto kondenzirani, spiralizirani oblik); zato se kromosomi istražuju u mitozu (max. spiralizirani!!!); sadrže velike količine DNA (npr. najveći kromosom vinske mušice – 62 000 000 parova baza; najveći kromosom kod ljudi: 200 000 000 parova baza) – DNA nije nikada potpuno ispužena već je «pakirana» na određen način (npr. ljudi: 10 000 : 1 – metafazni kromosom: $d = 10 \text{ }\mu\text{m}$);

KAKO IZGLEDA METAFAZNI KROMOSOM?

- dvostruka štapićasta građa – sastoji se od dvije sestrinske kromatide koje se drže u centromeru
- morfološke osobine po kojima ih raspoznamo:
 - a) duljina
 - b) položaj centromere (= pričvrsnica) – za njega se vežu niti diobenog vretena (bjelančevinasti mikrotubuli)
 - c) prisutnost sekundarnog stanjenja

- sastoje se od DNA i bjelančevina (u jednakim količinama) – **DNA nosi genetičku uputu, a bjelančevine su uglavnom odgovorne za strukturu = NUKLEOPROTEIN ili KROMATIN;**

- tipovi bjelančevina u kromosomu:

1. **HISTONI** – bazične; stabilne – 5 vrsta: **H1, H2A, H2B, H3, H4** – u gotovo svim eukariotskim kromosomima
2. **NEHISTONSKE BJELANČEVINE** – kisele; raznolike, možda tvore «skele» oko kojih zavijaju kromosomske fibrile

- promatramo li interfazni kromatin pod ELM: nit (= DNA) + «perle» (= NUKLEOSOMI – osnovne strukturne jedinice kromatina)

- nukleosomi sadrže 8 molekula histona ($2 \times H2A, 2 \times H2B, 2 \times H3, 2 \times H4$) – oko njih je savijena DNA

- **H1** – pakira nukleosom u kromatinsku fibrilu, nalazi se izvan nukleosoma

- zavijenost DNA oko nukleosoma čini omjer skraćivanja 10 : 1; daljnje savijanje – 100 : 1; za vrijeme diobe dostiže se prije naveden omjer (10 000 : 1)

- **TELEOMERI**: krajevi kromosoma koji sadrže specijalne sljedove nukleotida; omogućuju linearan (štapićast) oblik kromosoma i njihovu stalnu duljinu (bez teleomera kromosomi bi se iz diobe u diobu skraćivali)

39. EVOLUCIJA

(popis pojmova)

Sažetak je napisan na temelju udžbenika:

1. VRTAR B, BALABANIĆ J, MEŠTROV M (1996) GENETIKA, EVOLUCIJA, EKOLOGIJA. Šk. knjiga, Zagreb:82-169

NAPOMENA: Ovaj sažetak može poslužiti isključivo za ponavljanje gradiva i kao podsjetnik! Tu će ulogu u potpunosti ispuniti ako ga samostalno dopunite i/ili potražite odgovore na postavljena pitanja!

1. ŠTO JE EVOLUCIJA?

- a) FIKSIZAM

2. STALNOST, PROMJENLJIVOST i RAZVOJ (EVOLUCIJA) SVIJETA – makrosvijet, mikrosvijet

3. MNOGOLIKOST i JEDINSTVO ŽIVOGA SVIJETA

4. BIOLOŠKA EVOLUCIJA

5. OPĆA NAČELA EVOLUCIJSKIH TEORIJA

- a) evolucija se ne događa uvijek jednako brzo
- b) evolucija se ne događa jednakomjerno kod svih tipova organizama
- c) nove se vrste ne razvijaju od specijaliziranih, uznapredovalih oblika
- d) evolucija ne ide uvijek od jednostavnijeg prema složenijem
- e) evolucija se događa preko populacija, a ne preko jedinki

6. POVIJESNI RAZVOJ EVOLUCIJSKIH IDEJA

7. **LAMARK I LAMARKIZAM** - 1. cjelovita teorija evolucije, ali **BEZ DOKAZA!!!**

- a) Zemlja je vrlo stara
- b) organizmi **teže** usavršavanju pod utjecajem vanjskih i unutarnjih činitelja
- c) prilagođavanje se zbiva zato što organizmi nastoje zadovoljiti svoje potrebe, jedne organe upotrebljavaju, druge ne
- d) organi koji se upotrebljavaju sve su jači, a oni koji se ne upotrebljavaju sve su slabiji – kržljaju
- e) za života stečene osobine se nasljeđuju

8. DRUŠTVENI POTICAJ I ZNANSTVENE PREDRADNJE ZA POJAVU DARVINIZMA

9. **CHARLES DARWIN I DARVINIZAM (=darwinova selekcijska teorija)**

- I. opažanje: Nijedan organizam nije posve jednak drugome (=VARIJABILNOST)
- II. opažanje: organizmi stvaraju više potomaka nego što ih preživi
- I. zaključak: Okoliš određuje koje će varijante ostati i dati potomke (prirodna selekcija)
- II. zaključak: Svojstva takvih varijanti se očuvaju i dalje nasljeđuju (odabir se obavlja i na razini gena)

GLAVNI ČINITELJI DARWINOVE TEORIJE:

- I. **VARIJABILNOST**
- II. **BORBA ZA OPSTANAK**
- III. **PRIRODNA SELEKCIJA**
- IV. **PRILAGOĐAVANJE**

10. MODERNA EVOLUCIJSKA SINTEZA I NJEZINE POSTAVKE

11. DOKAZI ZA EVOLUCIJU

- a) FOSILI (postanak fosila: okamenjivanje ili petrifikacija; pougljenjivanje ili karbonizacija; konzerviranje: mumificiranje, smrzavanje)
- b) PROVODNI FOSILI
 - TRILOBITI (davno izumrli čankonošci) → STARI PALEOZOIK

- AMONITI (veliki glavonošci s kućicama) → MEZOZOIK
- školjka CONGERIA u laporu → TERCIJAR

c) ODREĐIVANJE STAROSTI ZEMLJINE KORE I FOSILA: relativna i apsolutna starost

12. GEOLOŠKA DOBA I RAZVOJ ŽIVOG SVIJETA U PROŠLOSTI – Tablica 1, str. 122.

I. PREKAMBRIJ

- a) ARHEOZOIK ili ARHAIK – kondenzacija vodene pare, prvi praoceani, prvi jednostanični organizmi – južna Afrika ((Transval) – nađeni ostaci organskih spojeva koji nastaju razgradnjom klorofila i tvari koje izgrađuju vanjske ovoje peluda i spora = KEMOFOSILI (starost: $3,5 \times 10^9$ godina); nađeni su i fosili nalik štapićastim bakterijama, kuglaste alge nalik modrozelenim algama...
- b) PROTEROTZOIK ili ALGONKIJ – nastaju velike količine taložnih stijena; jednostanične praživotinje (zrakaši), neki puževi, člankonošci, spužve, koralji; ŽIVOTA NA KOPNU NEMA!!!

FANEROZOIK = PALEOZOIK, MEZOZOIK, KENOZOIK – traje ukupno oko 600 000 000 godina

II. PALEOZOIK

- a) KAMBRIJ – nema života na kopnu; **pojavljuju se predstavnici gotovo svih razvojnih stabala (filumi) životinja, osim ptica i sisavaca**
- b) ORDOVICIJ – alge
- c) SILUR – **pojavljuju se RIBE; osvajanje kopna!!!**, najprije biljke, zatim životinje
- prve kopnene biljke: bescvjetnjače niska rasta sa sporangijima = *psilofitine* – veza između stelnjača (alge, gljive, lišajevi) i stablašica
- d) DEVON – **VODOZEMCI, KUKCI**; dominacija PAPRATI
- 1. predstavnik četveronožnih kralježnjaka koji je izašao na kopno potkraj devona: štitoglavac - *Ichthyostega* – prijelazni oblik između riba resoperki i vodozemaca: imaju škržne poklopce i riblje ljušćice na truhu
- e) KARBON – **GMAZOVI**; dominacija VODOZEMACA
- razvoj golemih papratnjača (visina = 30 m), visokih preslica (10 m) i divovskih crvotočina (*Lepidodendron, Sigillaria*) – tvorile šume i dale velike količine kamenog ugljena
- f) PERM – kritosjemenjače
- 1. se razvijaju *pteridosperme* – paprati sa sjemenjem, a zatim i prve sjemenjače (velike golosjemenjače)
- *Dimetrodon* – jedan od prvih paleozojskih gmazova, živio je u Sjevernoj Americi, u permu; d = 3 m, krijesta na leđima

III. **MEZOZOIK** – na sjevernoj polutki formirano je prostrano kopno, a na jugu jedinstveno kopno = GONDVANA, počinje se razbijati već u premu – nastaje Indijski ocean, , odvaja se Australija; između sjevernog i južnog kopna stvara se ekvatorijalno more = TETIS – u njemu se razvijaju AMONITI, a u kredi jednostanični KREDNJACI (*Foraminifera*)

- a) TRIJAS
- b) JURA – razvoj cvjetnjača, razvoj ptica; dominacija GMAZOVA (*Ichthyosaurus, Brontosaurus, Iguanodon...*) – ovladali su morem, kopnom i zrakom, svi su izumrli u doba KREDE
- c) KREDA – razvoj sisavaca

IV. **KENOZOIK** – dijeli se u TERCIJAR (a, b, c, d,e) i KVARTAR (pleistocen, holocen – to traje i danas)

- a) PALEOCEN
- b) EOCEN
- c) OLIGOCEN – dominacija sisavaca
- d) MIOCEN
- e) PLIOCEN – koštane ribe

- f) PLEISTOCEN = DILUVIJ – pojava čovjeka; dominacija kukaca i biljaka cvjetnjača
- g) HOLOCEN = ALUVIJ

13. PALEONTOLOGIJA

- a) PRIJELAZNI OBLICI – resoperka, štitoglavac ihtiostriga, sejmurija, *Triconodonta*, *Archaeopteryx*
- b) ŽIVI FOSILI – resoperka, neke vrste dvodihalica,
- c) RAZVOJNI NIZOVI – puž ogrc *Viviparus*, konj, deva, slon

14. DOKAZI ZA EVOLUCIJU NA TEMELJU DANAŠNJEG ŽIVOG SVIJETA:

- a) POREDBENA ANATOMIJA
- b) JEDINSTVO STANIČNE GRAĐE
- c) HOMOLOGNI ORGANI – krilo ptice i šišmiša
- d) ANALOGNI ORGANI – organi slični po funkciji, ali različiti po postanku, npr: krilo kukaca i krilo ptica
- e) RUDIMENTARNI (ZAKRŽLJALI) ORGANI – crvuljak slijepog crijeva, trtica, umnjaci, ...
- f) ATAVIZMI – veći broj mliječnih žlijezda, pretjerana dlakavost u čovjeka, repić
- g) DOKAZI ZA EVOLUCIJU IZ EMBRIOLOGIJE
- h) DOKAZI ZA EVOLUCIJU IZ POREDBENE FIZIOLOGIJE I BIOKEMIJE
- i) DOKAZI ZA EVOLUCIJU IZ GENETIKE
- j) DOKAZI ZA EVOLUCIJU IZ RASPROSTRANJENOSTI ORGANIZAMA NA ZEMLJI – ENDEMI I RELIKTI

15. PRILAGODBA KAO POSLJEDICA EVOLUCIJE

- a) OPĆE PRILAGODBE
- b) POSEBNE (SPECIJALNE) PRILAGODBE
- c) PRILAGODBE U VEZI S ISHRANOM
- d) PRILAGODBE U VEZI S RAZMNOŽAVANJEM
- e) KONVERGENTNA EVOLUCIJA
- f) OBOJENOST I OPONAŠANJE ŽIVOTINJA KAO PRILAGODBA: zaštitna obojenost, ošpominjuća obojenost (=aposemija), mimikrija

16. TIPOVI EVOLUCIJE

- a) SUKCESIVNA EVOLUCIJA
- b) DIVERGENTNA EVOLUCIJA

17. GLAVNE SNAGE EVOLUCIJE

- a) MUTACIJE
- b) PRIRODNI ODABIR ili PRIRODNA SELEKCIJA
- c) GENSKA SNAGA ili "DRIFT"
- d) IZOLACIJSKI MEHANIZMI

18. OBLIKOVANJE NOVIH VRSTA

- a) OBLICI IZOLACIJE (i njihova važnost u specijaciji)
- b) ALOPATRIJSKA SPECIJACIJA
- c) SIMPATRIJSKA SPECIJACIJA

19. PODRIJETLO I RAZVOJ ČOVJEKA

- a) ČOVJEK U SVJETLU PRIRODNE ZNANOSTI
- b) ČOVJEK PRIPADA U SISAVCE – PRIMATE
- c) EVOLUCIJA PRIMATA
- d) DANAŠNJI PRIMATI
- e) EVOLUCIJA RODA *HOMO*
- f) ODVAJANJE LJUDSKE I MAJMUNSKJE LINIJE

- g) JAČANJE ČOVJEKOVE RAZVOJNE LINIJE
- h) GLAVNE ETAPE U RAZVOJU ČOVJEKA
- i) AUSTRALOPITECI
- j) *HOMO HABILIS*
- k) *HOMO SAPIENS ERECTUS*
- l) NEANDERTALCI
- m) *HOMO SAPIENS SAPIENS*

21. EVOLUCIJA I BIBLIJA

40. UVOD U EVOLUCIJU

Sažetak je napisan na temelju udžbenika:

1. VRTAR B, BALABANIĆ J, MEŠTROV M (1996) GENETIKA, EVOLUCIJA, EKOLOGIJA. Šk. knjiga, Zagreb:82-169

NAPOMENA: Ovaj sažetak može poslužiti isključivo za ponavljanje gradiva i kao podsjetnik! Tu će ulogu u potpunosti ispuniti ako ga samostalno dopunite i/ili potražite odgovore na postavljena pitanja!

ŠTO JE EVOLUCIJA?

EVOLUCIJA (lat. *evolvere* = odvijati se) – postupna, dugotrajna promjena tijekom koje nešto nastaje (=evolucija svijeta, života, čovjeka, ideja...);

EVOLUCIJA – grana biologije koja proučava razvoj živih bića na Zemlji postupnim mijenjanjem tijekom vremena (=teorija evolucije; evolucionizam; transformizam; teorija descendencije); traje i danas

1. **KOZMIČKA EVOLUCIJA** (grč. kosmos – svijet, svemir) – proces postanka i razvoja svemira (nuklearni tip, kemijski tip) – proučavaju: astrofizika, kozmologija, filozofija...
2. **BIOLOŠKA EVOLUCIJA** – postanak i razvoj života na Zemlji (kulturni tip)
 - Ciceron – *evolutio* - «razmatanje svitka», tj. čitanje nečega napisanog na papiru
 - 18./19. st. embriolozi opisuju događaje pri rastu zametka nakon oplodnje (*teorija performacije* – razvoj je napredovanje i povećanje prethodno postojećeg oblika, koji će postati odrasla jedinka, samo se mora «razviti», «odmotati» i uvećati; 17. st. Malpighi)
 - 19. st. evolucija označava postupne prijelaze od stanja manje prema stanju veće složenosti ili funkcionalnosti (H. Spencer)

FIKSIZAM – uvjerenje da se svijet (živi i neživi) ne razvija i da se nije razvio, od početka svijeta sve je stalno (fiksno), a sve je proizveo izvansvjetski uzrok;

Karl Linné (18. st.): *Toliko imamo vrsta koliko ih je u početku stvorilo Najviše Biće; Samo su neke vrste bile stvorene «u početku», a većina su «kćerke vremena».*

STALNOST, PROMJENLJIVOST i RAZVOJ (EVOLUCIJA) SVIJETA

- svijet je stalan i postojan: pravilno gibanje nebeskih tijela, pravilna izmjena godišnjih doba, živi organizmi se rađaju i ugibaju, ali su izgledom i ponašanjem jednaki... (u životnom vijeku čovjeka)
- svijet je promjenljiv:
 - a) makrosvijet – novi organizmi ipak nisu potpuno isti prethodnima, prolaznost i propadljivost stvari, promjene nežive prirode...
 - b) b) mikrosvijet – promjene unutar tvari (atoma, molekula...)
- uzrok stalnosti i promjene? Grci, 7. st. pr. Kr. - PRAPOČELO: Tales – voda; Anaksimn – zrak; Heraklit – vatra; zemlja – 4 elementa iz čijih stanja ili čijom kombinacijom nastaju sva bića u svojoj stalnosti i promjeni

- ATOMISTI ili MEHANICISTIČKI PRISTUP – Demokrit, Leukip...- sve nastaje slučajnim miješanjem atoma
- FINALISTIČKI ili TEOLOŠKI PRISTUP – Anaksagora, Sokrat, Platon, Aristotel, Toma Akvinski... - nema slučajnosti, sve je unaprijed određeno, sve se «rađa» prema ideji, slici...

MNOGOLIKOST I JEDINSTVO ŽIVOGA SVIJETA

- živi svijet sastoji se od mnoštva raznolikih organizama (bakterije, gljive, biljke, životinje...)
- zajednička kemijska osnova svih živih bića
 - BIOGENI ELEMENTI: C, H, O, N, Mg, P, K, I, S, Na, Ca, Fe, Cl...
 - MOLEKULE: H₂O
 - MAKROMOLEKULE: ugljikohidrati, lipidi, bjelančevine, nukleinske kiseline
- stanična građa: prokariotske (carstvo Monera) i eukariotske stanice
- zajednički životni procesi: rast, podražljivost, gibanje, razmnožavanje, metabolizam, prilagođavanje okolišu (jedinke tijekom života, skupine tijekom evolucije)

KEMIJSKA EVOLUCIJA

- KADA JE NASTAO SVEMIR? – prije ~ 10–20×10⁹ godina (“big bang”)
- KADA JE NASTALO SUNCE? – prije ~ 5×10⁹ godina
- KADA JE NASTALA ZEMLJA? – prije ~ 4,5×10⁹ godina
- KADA JE NASTAO ŽIVOT NA ZEMLJI? – prije ~ 3,8×10⁹ godina

1. elementarne čestice – p⁺, e⁻, n⁰
2. prvi atomi: H, He
3. poslije: Li, C, O, N, metali...
4. prve molekule: CO, CO₂, H₂O (g), CH₄, NH₃ – 4 kemijska elementa: vodika, ugljika, kisika i dušika; kovalentne veze
5. organske molekule

MOGU LI ORGANSKE MOLEKULE NASTATI IZVAN ORGANIZMA?

1. **A. OPARIN (1936)** – 1. organske molekule nastale su **abiotički**;
 - energija: Sunce, visoka temperatura, električna pražnjenja u atmosferi (- O₂)
 - iz smjese proteina i ugljikohidrata ili nukleinskih kis. dobio je **KOACERVATE**
2. **S. MILLER (1953)** – smjesu H₂O (g), CH₄, NH₃ i H₂ izložio je električnom pražnjenju i visokoj temperaturi (i tlaku) → AMINOKISELINE i NUKLEOTIDE;
3. **S FOX (1960)** – MIKROSFERE
4. **LIPOSOM** – kružni dvoslojni ili višeslojni lipidi, nastali miješanjem fosfolipida u vodi; model nakupine koja posjeduje svojstva žive stanice

BIOLOŠKA EVOLUCIJA

- živi svijet u prošlosti razlikovao se od današnjeg
- najprije su postojali jednostavniji oblici života, a zatim sve složeniji
- evolucija koristi rezultate: geologije, paleontologije, ontogeneze, anatomije, poredbene anatomije, taksonomije, filogenije, genetike, ekologije, biogeografije
- evolucija se ne može eksperimentalno ponoviti
- dokazi za evoluciju (fosili, «živi fosili», prijelazni oblici, razvojni nizovi...)

OPĆA NAČELA EVOLUCIJSKIH TEORIJA

- evolucija se ne događa uvijek jednako brzo
- evolucija se ne događa jednakomjerno kod svih tipova organizama
- nove se vrste ne razvijaju od specijaliziranih, uznapredovanih oblika
- evolucija ne ide uvijek od jednostavnijeg prema složenijem (regresivna evolucija – od složenijeg prema jednostavnijem, npr. malokolutićavci)
- evolucija se događa preko populacija, a ne preko jedinki

POVIJESNI RAZVOJ EVOLUCIJSKIH IDEJA

- do 18. i 19. st. nema evolucionizma
- fosili** izazivaju čuđenje; Aristotel – ostaci nekada živih bića
- Herodot (450 g. pr. Kr.) u Libijskoj pustinji ostaci morskih org. – Sredozemno more sezalo je u prošlosti mnogo južnije
- Filozofija u staroj grčkoj: Anaksimander iz Mileta – borba za opstanak; Empedoklo – Zemlja u početku poput kotla (selekcija?!?)
- Zašto stari Grci nisu došli na ideju o evoluciji?** – poimanje vremena: svijet je vječan, a sve pojave se neprestano vrte u krug (vraćaju na početak)
- Sv. Augustin (4. i 5. st.) – Bog je stvorio živa bića u oblicima nalik sjemenju iz kojeg su se razvijala (vremensko i postupno zbivanje); besmisleno je doslovno shvatiti biblijski tekst o stvaranju čovjeka
- Biblija: Bog je stvorio svijet iz ničega (POČETAK), svijet ima SADAŠNJOST, imat će i SVRŠETAK – dinamična vizija (linijsko događanje), čovjek je Božji suradnik u stvaranju
- Zašto kršćanski filozofi nisu došli na ideju o evoluciji?** – jedini interes je duša čovjeka, svijet je relativno mlad (6000 g.), Zemlja je «nepromjenjiva pozornica», živa bića su postojana – svijet je nepromijenjeni otisak svijeta koji je Bog stvorio u početku
- 16. st.** – javlja se interes za živa bića i prirodu, započinju istraživanja
- VESALIUS i HARVEY – koriste mikroskop
- MALPIGHI – prirodoslovac, teorija performacije («babuške»)
- LEEUVENHOEK – otkrio i opisao bakterije, praživotinje i spermije
- K. LINNÉ (18. st.) – sistematike i binarna nomenklatura
- 18. st. – KANT – teorija o razvoju svemira (*Opća povijest prirode i teorija nebesa*)
- PROSVJETITELJSTVO** – vjera u progres, napredak koji se ostvaruje postupno, u razvoju, neograničene su mogućnosti usavršavanja...

1. JEAN BAPTISTE LAMARCK (1744-1829) I LAMARKIZAM

- J. B. Lamarck – tvorac prve teorije o evoluciji
- nije se složio s klasifikacijom životinja u 6 razreda (sisavci, ptice, gmazovi i vodozemci, ribe, kukci i crvi), podijelio je životinje na beskraljeznjake i kraljeznjake
- PHILOSOPHIE ZOOLOGIQUE (Zoolozijska filozofija, 1809. g.) – razradio teoriju o polaganoj i postupnoj promjeni jednih živih bića u druge, tijekom tih promjena živa se bića usavršavaju
- do 1800. g. bio je fiksist, tada se upoznao sa zbirkom fosilnih morskih mekušaca u Pariškom muzeju – slagao ih je u niozve, prema starosti i uočio promjene do današnjih oblika

GLAVNE POSTAVKE LAMARKIZMA (= Lamarckove teorije evolucije)

- Zemlja je vrlo stara.
- Organizmi teže «usavršavanju» pod utjecajem unutarnjih (energija unutrašnjih fluida) i vanjskih (promjenljiv okoliš) činitelja (fluidi se aktiviraju u skladu s potrebama organizma, a one ovise o okolišu)
– da ne bi propali organizmi se prilagođavaju!

3. Prilagođavanje se zbiva jer organizmi žele zadovoljiti svoje potrebe, neke organe upotrebljavaju, druge ne.
4. Organi koji se upotrebljavaju su sve jači, a oni koji se ne upotrebljavaju - kržljaju.
5. Za života stečene osobine se naasljeđuju!
 - život može nastati spontano iz nežive tvari koja teži usavršavanju!
 - **nedostaci:** NEMA DOKAZA (osim fosila), iznio je samo primjere gdje je okoliš zahtijevao promjene tjelesne građe: čaplje, žirafe, žabe, zmije...; osobine stečene za života se ne nasljeđuju (Weismann – pokus s mišjim repovima)
 - **pozitivno:** IDEJA RAZVOJA

2. DRUŠTVENI POTICAJ I ZNANSTVENE PREDRADNJE ZA POJAVU DARVINIZMA

3. CHARLES DARWIN I DARVINIZAM (=darwinova selekcijska teorija)

- I. opažanje: Nijedan organizam nije posve jednak drugome (=VARIJABILNOST)
- II. opažanje: organizmi stvaraju više potomaka nego što ih preživi
- I. zaključak: Okoliš određuje koje će varijante ostati i dati potomke (prirodna selekcija)
- II. zaključak: Svojstva takvih varijanti se očuvaju i dalje nasljeđuju (odabir se obavlja i na razini gena)

GLAVNI ČINITELJI DARWINOVE TEORIJE:

- I. VARIJABILNOST
- II. BORBA ZA OPSTANAK
- III. PRIRODNA SELEKCIJA
- IV. PRILAGOĐAVANJE

➤ 41. EVOLUCIJA - SAŽECI

Sažetak je napisan na temelju udžbenika:

PAVLICA M, BALABANIĆ J (2004) GENETIKA – EVOLUCIJA – udžbenik biologije za četvrti razred gimnazije. Šk. knjiga, Zagreb

VRTAR B, BALABANIĆ J, MEŠTROV M (1996) GENETIKA – EVOLUCIJA – EKOLOGIJA – udžbenik iz biologije za IV. razred gimnazije. Šk. knjiga, Zagreb

NAPOMENA: Ovaj sažetak može poslužiti isključivo za ponavljanje gradiva i kao podsjetnik! Tu će ulogu u potpunosti ispuniti ako ga samostalno dopunite i/ili potražite odgovore na postavljena pitanja!



➤ SADRŽAJ:



1. UVOD: ZAŠTO OPET UČITE O EVOLUCIJI ŽIVOGA SVIJETA I ČOVJEKA?.....	211
2. CIJELI SVEMIR JE U RAZVOJU.....	212
3. MISAO O PROMJENJIVOSTI ŽIVOGA SVIJETA PRIJE CHARLESA DARWINA (1809. – 1882.)	214
4. CHARLES DARWIN (1809–1882) I NJEGOVA VARIJACIJSKA TEORIJA EVOLUCIJE	215
5. DOKAZI ZA EVOLUCIJU	219
6. GEOLOŠKA DOBA I RAZVOJ ŽIVOGA SVIJETA (uz tablicu 20.5, str. 87.)	221
7. EVOLUCIJA JE PROCES PRILAGODBE PROMJENAMA OKOLIŠA	223
8. TIPOVI I POGLAVITE SNAGE EVOLUCIJE	224
9. PODRIJETLO I RAZVOJ ČOVJEKOVIH PREDAKA	226
10. POSTANAK I EVOLUCIJA LJUDSKOG RODA	227

1. UVOD: ZAŠTO OPET UČITE O EVOLUCIJI ŽIVOGA SVIJETA I ČOVJEKA?

ŠTO JE EVOLUCIJA?

- znanost koja proučava razvoj života na Zemlji

KOLIKO JE STARA ZEMLJA?

- **Zemlja je nastala prije ~ 5 milijardi godina**
- u početku - užarena
- živa bića nisu nastala odjednom
- različite vrste su se razvile postupno u dugotrajnom i polaganom procesu evolucije
- prvo se Zemlja ohladila, zatim su nastali jednostavni organizmi, a zatim sve složeniji
- **1. život na Zemlji pojavio se prije ~ 3,5 (3,8) milijardi godina, u moru**
- živa bića su se više ili manje mijenjala - u različitim geološkim dobima živi svijet na Zemlji je različit
- u prošlosti su katkad izumrle skupine biljaka ili životinja
- **čovjek je također nastao evolucijom; pojavio se na Zemlji prije ~ 2 milijuna godina**

ZAŠTO OPET UČITE O EVOLUCIJI ŽIVOGA SVIJETA I ČOVJEKA?

- sposobni ste razumjeti važnost poznavanja procesa evolucije za opstanak čovjeka
- **čovjek je dio prirodnog procesa evolucije, a priroda (živa i neživa) ponaša se poput velikog i vrlo osjetljivog organizma**
- postoje mnoge veze između litosfere, hidrosfere, atmosfere i biosfere i njih nije dovoljno samo poznavati
- to što znamo moramo primijeniti u svom životu
- gruba nepažnja i koristoljublje izazivaju brzi nestanak mnogih vrsta i degradiraju cijele ekosustave
- neki ljudski postupci imaju globalne posljedice (učinak staklenika, ozonske «rupe»...)

ŠTO PROUČAVA EVOLUCIJSKA BIOLOGIJA?

- postanak Svemira, Sunčeva sustava i Zemlje proučavaju kozmologija, astronomija, astrofizika
- kako se pojavio život na Zemlji nastoje objasniti biokemija i molekularna biologija

- što se dogodilo s prvim živim oblicima na Zemlji, kako su se i zašto mijenjali – to proučava **EVOLUCIJSKA BIOLOGIJA** (= teorija evolucije ili evolucija)
- evolucija ne može riješiti svoje probleme (*Zašto ima toliko raznovrsnih organizama? Kako nastaju nove vrste? Zašto su pripadnici različitih vrsta toliko slični i isto toliko različiti? Zašto sva živa bića na Zemlji imaju neke zajedničke osobine, npr. genetički kod?*) bez suradnje s drugim znanostima (npr. genetikom, molekularnom biologijom...)

ZAŠTO JE EVOLUCIJA KLJUČ RAZUMIJEVANJA SVIH GRANA BIOLOGIJE, A PRUŽA I VEĆU POMOĆ NEKIM DRUGIM ZNANOSTIMA?

- učimo evoluciju kako bismo bolje razumjeli genetiku, ekologiju, sistematiku, embriologiju, fiziologiju, anatomiju...
- evolucija također pomaže sociobiologiji (nastoji otkriti biološka ishodišta raznih oblika ljudske društvenosti, npr. obitelji, nesebičnosti, morala, etike...), etologiji (proučava ponašanje životinja), psihologiji...
- **Theodosius Dobzhansky: U svjetlu evolucije sve u biologiji postaje razumljivo, bez nje ne razumijemo ništa.**

2. CIJELI SVEMIR JE U RAZVOJU

ŠTO JE KOZMIČKA, A ŠTO KEMIJSKA EVOLUCIJA?

- postanak svemira tumači **KOZMIČKA EVOLUCIJA**
- u različitim dijelovima svemira postigla je različit stupanj svojeg razvoja
- «naš» svemir je nastao u velikom prasku (engl. Big Bang) prije $\sim 13 \times 10^9$ godina ($10 - 20 \times 10^9$ godina)
- Zemlja se oblikovala spajanjem manjih planeta koji su se oblikovali od plinova i prašine prije $\sim 4,8 \times 10^9$ godina
- u početku je bila kompaktna užarena kugla koja se na površini polako hladila (svom je središtu i danas užarena)
- prije $\sim 3,8 \times 10^9$ godina postojala je dobro skrutnuta **kora**
- koru na mnogim mjestima probijaju vulkani – izbacuju lavu, vrelu vodu, vodenu paru i plinove
- vodena se para kondenzirala – dugotrajne kiše → nastaju prvi oceani, mora, jezera, rijeke...
- **mora i Zemljina praatmosfera nastali su djelovanjem vulkana!!!**
- užarena kugla prvobitne Zemlje → slobodni atomi (H)
- postupno su nastajali teži atomi (C, O, N...Fe) – zbog okretanja
- teži atomi (Fe) gomilaju se bliže središtu Zemlje
- srednje teški atomi (Si, Al) – izgrađuju omotač oko jezgre
- laki atomi (**H, C, N, O**) – vanjski omotač i atmosfera
- iz atoma → prve molekule (u praatmosferi): **H₂O, NH₃, CH₄, CO₂, CO, HCN**
- proces nastanka složenijih atoma i molekula → **KEMIJSKA EVOLUCIJA** (trajala je \sim milijardu godina)
- tako su mogli nastati i prvi jednostavniji i složeniji organski spojevi, npr. **šećeri** iz aldehida, **bjelančevine** i z aminokiselina, **nukleinske kiseline** iz fosfata, šećera i dušičnih baza...
- u uvjetima koji su vladali na Zemlji prije $\sim 3,8 \times 10^9$ godina mogle su nastati i tvorevine koje su počele pokazivati neke osobine živih bića, tj. mogle su nastati prve stanice ili prvi organizmi (jednostanični, prokarioti, anaerobni, heterotrofni)
- četiri elementa koji su tvorili prve molekule → elementi koji dominiraju u živoj tvari

ŠTO JE BIOLOŠKA EVOLUCIJA I KAKO JE IZGLEDAO PROTOBIONT?

- započinje pojavom prvih organizama na Zemlji
- prvi organizmi nastali su evolucijom nežive tvari prema hipotezi **ABIogeneSE** (grč. *a* – ne, *bios* – život, *genesis* – postanak)
- **PALEONTOLOGIJA** – potvrđuje veliku starost prvih organizama
- najstariji tragovi vrlo primitivnih organizama (sferični i nitasti nalik na današnje modrozelenoalge) pronađeni su (1965.) u taložnim stijenama iz prekambrija; pronađeni su u zapadnoj Australiji i u

južnoj Africi u kamenju starom $\sim 3,5 \times 10^9$ godina → **STROMATOLITI** (grč. *stroma* – postelja, ležište, *lithos* – stijena, kamen)

- pretpostavka je da su ti organizmi mogli obavljati fotosintezu i proizvoditi kisik, te je život na Zemlji morao nastati ranije prije ($\sim 3,8 \times 10^9$ godina)
- **potrebni preduvjeti:**
 1. materija od koje je izgrađen ovaj svijet imala je u sebi mogućnosti za takav razvoj (fizička i kemijska svojstva subatomske i atomske materije, tj. u skladu s «prirodnim zakonima»);
 2. prošlo je dovoljno vremena (\sim milijardu godina);
 3. bila je dostupna energija potrebna za reakcije (toplina, električna izbijanja, UV zračenje....)
- organske makromolekule nisu živa bića, nego sastojci koji su se na određenom stupnju organizacije počeli ponašati kao **PROTOBIONTI** (prvi organizmi; grč. *protos* – prvi, *biont* – živući)
- **protobionti su imali oko 2000 gena (najvjerojatnije u RNA)**
- morali su biti podražljivi, imati sposobnost izmjene tvari i razmnožavanja....
- nastali su u plićacima praoceana («rijetka juha» različitih organskih spojeva)
- život je organizacija na razini stanice
- iz prvobitne – prokariotske stanice – nastala je eukariotska stanica u koju su uklopljeni dijelovi iz okoline koji su postali njezini organeli (teorija o endosimbiozi)
- organizacijom kolonija stanica → prvi višestanični organizmi (slični spužvama!)
- virusi nisu živi organizmi, za njih kažemo da su «na granici» živog i neživog svijeta

ZA ONE KOJI ŽELE ZNATI VIŠE (PITANJA):

1. Zašto je praatmosfera bila reducirajuća?
2. Koji su plinovi bili zastupljeni u praatmosferi?
3. Zašto praatmosfera nije sadržavala kisik (O_2)?
4. Koji je najpoznatiji pokus koji je poslužio kao dokaz hipoteze abiogeneze i tko ga je osmislio i proveo? Skiciraj pokus!
5. Po čemu se bitno razlikuju stare teorije samorodstva (*generatio spontanea*) i moderne teorije evolucije?
6. Tko je svojim pokusom oborio stare teorije? Opiši taj pokus (potraži ga u udžbeniku iz 1. raz. ili u drugoj literaturi, na internetu....)!
7. Je li danas moguća kemijska evolucija na Zemlji i zašto?
8. Kako danas na Zemlji nastaju novi organizmi?

KAKO SU NASTALI AUTOTROFNI ORGANIZMI, AEROBNO DISANJE, JEDNO- I VIŠESTANIČNI EUKARIOTI?

- **Problemi prvih stanica:**
 1. Kako doći do potrebne energije?
 2. Kako se razmnožiti?

1. Kako doći do potrebne energije?

- energija se dobiva u metabolizmu (razgradnjom složenih organskih spojeva)
- prvi organizmi (bakterije) → heterotrofni, anaerobni
- postupno se smanjivala količina slobodne organske hrane u praoceanima → pojavili su se prvi autotrofni organizmi koji su mogli (+ enzim) proizvesti organske tvari iz anorganskih
- dokaz: sumporne bakterije (kemosintetske): $H_2S + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow S + H_2O + E$ (koriste za sintezu organskih tvari) → **KEMOAUTOTROFNI ORGANIZMI**
- praatmosfera nije sadržavala kisik!?! → prvi kemoautotrofi morali su biti anaerobi! (postoje i danas!)
- takav oblik dobivanja energije nije suviše djelotvoran, a brzo su i potrošene anorganske tvari potrebna za kemosintezu
- život se održao i dalje razvijao pronalaskom novog, neiscrpnog izvora energije: **SUNČEVE SVJETLOSTI**

- neki organizmi dobili su (mutacijama gena) sposobnost sinteze klorofila, katalizatora fotosinteze → FOTOAUTOTROFNI ORGANIZMI (npr. cijanobakterije)
- oslobađaju kisik u atmosferu (pretpostavka: prvi kisik oksidirao je željezo u praocanima i tek kad je svo željezo istaloženo u obliku željeznih oksida počeo se kisik oslobađati u atmosferu)
- Kada se to moglo dogoditi? U PREKAMBRIJU ($5 - 3 \times 10^9$ godina)
- promjene u metabolizmu: kisik «izgara» hranu – djelotvorniji način dobivanja energije → temelj za ubranu evoluciju višestaničnih organizama (biljaka, životinja...)

2. Kako se razmnožiti?

- to je teže pitanje: Kako su se nukleinske kiseline počele samoumnožavati? Danas je u tom procesu nužna RNA
- pretpostavlja se da je RNA bila prva nukleinska kiselina
- gornji prekambrij (prije $\sim 1,5 \times 10^9$ godina) postoje jednostanični eukarioti i raznovrsni višestanični organizmi te nekoliko tipova organizacije (*koljena*): bičaći, beskolutičavci, člankonošci
- «EKSPLOZIJA ŽIVOTA» u moru - KAMBRIJ (trajao je ~ 90 milijuna godina)

3. MISAO O PROMJENJIVOSTI ŽIVOGA SVIJETA PRIJE CHARLESA DARWINA (1809. – 1882.)

NEKI ODGOVORI DREVNIH KULTURA ANTIKE I SREDNJEG VIJEKA

- **1. odgovor:** svijet je stvoren odjednom i više se ne mijenja
- drevni narodi u svojim mitovima (na temelju svog razmišljanja i iskustva) pretpostavljaju da je temeljni uzrok svega Bog (ili bogovi)
- drevne predaje o Bogu zabilježene su i u Knjizi Postanka (1. knjiga Biblije)
- **2. odgovor:** u svijetu postoje promjene – nagle, tajanstvene, hirovite
- npr. grčki mitovi i srednjovjekovne priče govore o naglim, čudesnim pretvorbama (transmutacijama) jednog bića u drugo
- u biti je suvremena teorija evolucije – transmutacijska teorija (iz jednih vrsta nastaju druge!); ali u prirodi se promjene ne događaju «u hipu», «brza» prirodna promjena može trajati $\times 1000$ ili $\times 1000\ 000$ godina!!!
- evolucija je spor proces i postupan koji nije tekao i ne teče u svim skupinama živoga svijeta jednako brzo
- u evoluciji nema magije
- u antici («sve u prirodi vječno je ponavljanje istoga») i u srednjem vijeku («zbivanja u svijetu imaju svoj početak i kraj») nisu se mogle «roditi» ideje o evoluciji (postupnoj promjeni)

JEAN BAPTISTE LAMARCK (1744 – 1829)

- do kraja 18. st. pojavila se hipoteza o polaganom i dugotrajnom mijenjanju flora i fauna, ej, vrsta – TRANSFORMACIJA (pokušaj tumačenja takve pojave – transformizam)
- Zašto? od 13. st., počinje zanimanje za fizički svijet; do kraja 16. st. razvile su se matematika, astronomija, fizika, kemija, geologija, anatomija, fiziologija, botanika....
- otkriveno je mnogo fosila u slojevima tla, utvrđeno da su 1) slojevi različito stari i da se živi svijet postupno mijenjao i postajao sličniji današnjem; 2) da slojeva ima mnogo i da je Zemlja starija nego što se mislilo na temelju Biblije
- **1. spoznaja** «*da je sav živi svijet na Zemlji, uključujući čovjeka, plod transformacije ili preoblikovanja jedinki, tj. rezultat njihove prilagodbe okolišu*» - **JEAN BAPTISTE LAMARCK**
- najpoznatije djelo: *Philosophie Zoologique* – preoblikovanje vrsta je postupno; promjene su vidljive i nasljeđuju se

GLAVNE POSTAVKE LAMARKIZMA (= Lamarckove teorije evolucije)

1. Zemlja je vrlo stara.
2. Organizmi teže «usavršavanju» pod utjecajem unutarnjih (energija unutrašnjih fluida) i vanjskih (promjenljiv okoliš) činitelja (fluidi se aktiviraju u skladu s potrebama organizma, a one ovise o okolišu) – da ne bi propali organizmi se prilagođavaju!

3. Prilagođavanje se zbiva jer organizmi žele zadovoljiti svoje potrebe, neke organe upotrebljavaju, druge ne.
 4. Organi koji se upotrebljavaju su sve jači, a oni koji se ne upotrebljavaju - kržljaju.
 5. Za života stečene osobine se nasljeđuju!
- **PRIMJERI:** čaplje izdužuju vrat u potrazi za hranom u vodi po kojoj gacaju; žabe imaju opne među prstima, slično i ptice plivačice, žirafe...
 - **prema Lamarcku:** vrste su tipovi (osnovni oblici života), dio prirodnog sklada i nove vrste nastaju neprestano tijekom vremena samorodstvom (iz nežive tvari) kad god promjena u okolišu to zahtijeva
 - **neke vrste izumiru** – prazninu «spontano» popunjavaju nove vrste
 - **jednom nastale vrste ne daju nove vrste** nego se samo transformiraju i usavršavaju – živa se priroda uspinje kao cjelina «prema savršenstvu» - to je razvoj, ali nije evolucija
 - **nema dokaze za svoju teoriju**

ZA ONE KOJI ŽELE ZNATI VIŠE

1. Kako se zvao Lamarckov najpoznatiji protivnik i kako se zove njegova teorija?
2. Navedi glavne značajke njegove teorije.
3. Koju je znanost utemeljio?
4. Što je važno zabilježio u svojoj teoriji?
5. Koji su hrvatski znanstvenici u 19. st. određeno vrijeme zastupali tu teoriju?

ZA ONE KOJI ŽELE ZNATI VIŠE

1. Kako se zvao Lamarckov najpoznatiji protivnik i kako se zove njegova teorija?
 - francuski prirodoslovac George Cuvier (1796 – 1832)
 - teorija katastrofa ili kataklizama (KATASTROFIZAM)
2. Navedi glavne značajke njegove teorije.
 - drukčije biljke i životinje nalazimo u prošlosti jer je došlo do velikih propasti cjelokupnih flora i fauna zbog katastrofa (nagle i velike promjene u rasporedu kopna i mora, tektonski pokreti, izdizanje planina, provale vulkana, poplave...)
 - nakon takvih razaranja na mjestu nesreće pojavio bi se ponovo život koji bi se više-manje razlikovao od prethodnoga – po načelu sklada i punine trebaju se popuniti praznine u prirodi sukladno promijenjenom okolišu
 - nije govorio o neprestanim Božjim intervencijama u svijetu
 - opustošeno područje naselili bi organizmi s područja koje nije bilo pogođeno katastrofom i ti bi se organizmi promijenili zbog prilagođavanja novim životnim uvjetima
3. Koju je znanost utemeljio?
 - PALEONTOLOGIJU -
4. Što je važno zabilježio u svojoj teoriji?
 - organizmi se mogu prilagoditi promjenama okoliša
5. Koji su hrvatski znanstvenici u 19. st. određeno vrijeme zastupali tu teoriju?
 - Ljudevit Vukotinović, Josip Torbar
 - kasnije su prihvatili darvinizam

4. CHARLES DARWIN (1809–1882) I NJEGOVA VARIJACIJSKA TEORIJA EVOLUCIJE

1. Opiši (u natuknicama) život Ch. Darwina prije njegovog putovanja brodom *Beagle* («*njuškalo*»). **POTRAŽI ODGOVOR I U DRUGOJ LITERATURI!**
 - rođen je 1809. godine u Shrewsburyju u Engleskoj
 - sa 16 godina otac (liječnik) ga šalje na studij medicine u Edinburgh od kojega odustaje
 - 1928. godine odlazi na studij teologije na Cambridge
 - družio se s uglednim profesorima zoologije, botanike i geologije
 - 1831. godine uspješno završava studij, a profesor botanike i prijatelj John Henslow daje preporuku britanskom admiralitetu da ga uzme kao prirodoslovca na brod koji je kretao na put
 - 27. prosinca 1831. godine kreće na putovanje brodom *Beagle*

- 2. listopada 1836. godine završava putovanje oko svijeta
- Darwin se posvećuje znanstvenom proučavanju svojih zbirki i objavljivanju stručnih radova (najprije geoloških)
- nakon povratka u Englesku, (od 1836-1846) objavio je svoja opsežna izvješća: "Zoologija putovanja, Dnevnik" i 3 sveska iz geologije: "Koraljni grebeni" (1842); "Vulkanski otoci", "Južna Amerika" (1846)
- umro je 1882. godine u Down Houseu

2. Zašto je taj Darwinov put oko svijeta postao **povijesni znanstveni put** (opiši uz pomoć karte)?

- put je postao glasovit jer su se tijekom putovanja kod Darwina rodile prve sumnje u nepromjenjivost vrsta

PUTOVANJE BEGLEOM OKO SVIJETA

- prvobitno putuje kao suputnik da bi tijekom putovanja postao "znanstveni vođa puta"
- prvotno su isplanirana samo istraživanja unutrašnjosti Južne Amerike (priobalja i Ognjene zemlje), a kasnije je to postao istraživački put oko svijeta

Smjer putovanja bio je:

Engleska – Azorsko otočje – San Salvador – Rio de Janeiro – Montevideo – Falklandsko otočje (otišli su i do unutrašnjosti Južne Amerike/ - Ognjena zemlja – Magellanov prolaz – zapadna obala Južne Amerike – posjetili Čile i Argentinu – otočje Galapagos – Tahiti – Novi Zeland – Australija – Kokosovi otoci – Mauritius – Rt dobre nade – ponovno neka mjesta u Brazilu – Azori – Engleska

- osobito ga se dojmio život ljudi na Ognjenoj zemlji
- tamo je primijetio da ljudi Južne Amerike žive na nižem stupnju razvitka negoli u bilo kojem drugom dijelu svijeta; po načinu življenja, slični su životinjama – žive nagonski, imaju dobro razvijen vid i sluh te su mogli dobro reproducirati engleski govor

3. Kako se zove **Darwinovo najpoznatije djelo** i kada je objavljeno?

- *On the Origin of Species by Means of Natural Selection* (London, 1859.) – postanak vrsta putem prirodnog odabira

4. Kada se razvio **uniformizam**, tko ga je zastupao i koje su njegove temeljne postavke?

- tijekom 18. st.
- James Hutton – osnivač moderne geologije (znanost o postanku i razvoju Zemlje)
- danas u prirodi djeluju iste sile koje su djelovale i u prošlosti (erozije tla, vulkani, potresi, oborine...)
- proučavanjem tih pojava možemo objasniti mnoge stvari iz prošlosti Zemlje

5. Tko je napisao *Principles of Geology*? Koje nove činjenice donosi to djelo u znanstveni svijet?

- Sir Charles Lyell, geolog
- *Principles of Geology* = načela geologije (1831.)
 - 1) Zemlja je mnogo starija od nekoliko tisuća godina kako se dotad pretpostavljalo
 - 2) promjene na Zemlji događaju se polagano i postupno (gradualizam)

6. Što je Darwin primijetio za vrijeme svog putovanja i što je zaključio?

- vidio je koliko su različite biljke i životinje, čak u odvojenim područjima istih zemljopisnih širina, u podjednakim klimatskim uvjetima
- zaključio je da se vrste mijenjaju, da su se razvile jedne iz drugih – *živi svijet nije nastao posebnim stvaranjem pojedinih vrsta odjedanput, nego se postupno razvijao*

7. Kako su **Galapagoski otoci** utjecali na Darwinovu teoriju evolucije? U kojim uvjetima u prirodi nastaju **nove vrste**? Navedi primjer!

- otočje Galapagos (vulkanskog podrijetla, vrhovi ugaslih vulkana) leži u Tihom oceanu, tisuće kilometara udaljeni od najbližeg kopna (J. Amerike) i nikada nisu bili dio kopna
- značajni zato što čovjek nije imao značajnu ulogu u njihovom naseljavanju živim bićima – život je do njih došao morem ili zrakom s južnoameričkog kopna

- životinje tih otoka osobito su pitome, vrlo lako pristupaju ljudima i ne boje ih se - tu nije obitavao čovjek, tj. nije bilo nikoga tko bi ih lovio i one nisu bile u strahu; zato treba proći neko vrijeme da se ptice uoče opasnost i počnu se bojati ljudi
 - Primjeri:
 - 1) divovske kornjače žive na raznim otocima istog otočja, ali se međusobno razlikuju
 - 2) raznopojski (eng. *mockingbirds*) – na svakom otoku živi druga vrsta raznopojsaca, morale bi potjecati iz J. Amerike, ali tamo tih vrsta nema (u J. Americi živi samo jedna vrsta raznopojsaca); zaključak: galapagoske vrste raznopojsaca nastale su upravo iz te jedne južnoameričke vrste
 - 3) zebe (rod *Geospiza*), nazvane Darwinove zebice - potječu od nekog zajedničkog pretka; pod nekim specifičnim uvjetima su razvile neka određena obilježja, zapazio je različitosti u dužini i veličini kljuna s pojedinih otoka, zaključio: vjerojatno su postojali na svakom otoku drugačiji uvjeti koji su utjecali na život tih ptica
 - na Galapagosu je počeo shvaćati mehanizam evolucijskog razvoja → odbacio je teoriju o katastrofama po kojoj bi se neka vrsta uništila, a razvila nova
 - **iz biogeografskih činjenica zaključio: u prirodi - prilagodbom na različite načine života (hranu....) u uvjetima odijeljenosti ili izolacije NASTAJU NOVE VRSTE**
8. Što je Darwin podrazumijevao pod **teorijom descendencije** (*common descent*)?
- to je teorija zajedničkog podrijetla
 - sva su živa bića srodstveno povezana
 - sva su živa bića (biljke i životinje) potekla od nekog prvog, možda samo jednog oblika života i dalje se razvijaju
9. Što ima **presudnu važnost** u nastajanju novih vrsta? Kako je Darwin došao do tog otkrića i potvrdio ga?
- varijabilnost ili promjenljivost potomstva
 - proučavao je uzgajivače raznih vrsta žitarica, voćaka, domaćih životinja... i sam je uzgajao golubove
 - potomci se razlikuju od roditelja i odabirom se mogu dobiti nove vrste, pasmine, sojevi i sorte
 - dokazao je da svi današnji golubovi vuku podrijetlo od divljeg goluba pećinara (*Columba livia*)
 - proučavao je i rakove vitičare – svaka jedinka je unikat
 - za varijacije ne postoje granice
 - nije znao odgovoriti na pitanje: TKO/ŠTO u prirodi obavlja ODABIR?
10. Kako je djelo **T. Malthusa *On Population*** utjecalo na Darwina i njegovu teoriju evolucije?
- *On Population* (O pučanstvu) – kako dolazi do regulacije broja stanovništva s obzirom na raspoložive životne namirnice?
 - Malthus: hrana se povećava aritmetičkom progresijom (2, 4, 6, 8, 10,...), a broj ljudi se povećava eksponencijalno (2, 4, 8, 16, 32,...); npr. dok se količina hrane poveća 5× - broj ljudi poraste 32×: zato dolazi do napetosti, ratova, osvajačkih pohoda, bolesti...pa se broj stanovnika (svakih ~25 godina) smanji
 - Darwin: u prirodi se dešava upravo to – PRIRODNI ODABIR ili BORBA ZA OPSTANAK
11. Kako se zove **suotkrivač** prirodnog odabira?
- Alfred Russell Wallace
 - u ljeto 1856. godine došao neovisno o Darwinu do iste misli o prirodnom odabiru: *potomstvo teži neograničenom variranju, a okoliš koji odabire podobne varijacije odlučujući je činitelj u nastanku novih vrsta*
 - potaknuo ga je na pisanje i objavljivanje teorije evolucije
 - 1859. godine u Londonu izašla je Darwinova knjiga: *On the Origin of Species by Means of Natural Selection (Postanak vrsta putem prirodnog odabira)*
12. Što je **izolacija** i zašto su važni izolacijski mehanizmi?
- neki oblik odvojenosti među vrstama tako da se one međusobno ne dodiruju (= geografska ili prostorna izolacija) ili se zbog raznih uzroka ne miješaju (razlike u ponašanju, hranidbenim navikama....)
 - bez izolacije među skupinama ne bi bilo novih vrsta (u umjetnom uzgoju važno je spriječiti miješanje poželjnih varijeteta s nepoželjnim)

13. Skratite četiri temeljne tvrdnje i zaključak Darwinove teorije evolucije!

DARVINIZAM (= SELEKCIJSKA TEORIJA ili VARIJACIJSKA TEORIJA EVOLUCIJE):

1. VARIJABILNOST

- jedinke neke vrste razlikuju se morfološki, fiziološki, u ponašanju...
- može se događati umjetno, pod utjecajem čovjeka
- nijedna vrsta nije fiksna → promijene nisu velike, one se odvijaju sporo

2. BORBA ZA OPSTANAK ili BORBA ZA ŽIVOT

- razmnožavanjem nastaje veći broj potomaka nego što ih može dobiti hranu, svjetlo, životni prostor...
- jedinke koje razviju bolja svojstva imaju bolji preduvjet za opstanak

3. PRIRODNI ODABIR ili PRIRODNA SELEKCIJA

- potomci se međusobno nadmeću
- izravna posljedica borbe za opstanak
- samim time što su neke jedinke ostale, a neke umrle obavljen je odabir
- Darwin daje veliki značaj i spolnom odabiru

4. PRILAGOĐAVANJE

- dolazi kao konačna posljedica selekcijskog procesa
- najbolje prilagođene jedinke → najveće šanse za opstanak, razvoj, razmnožavanje – one ostaju, ostale nestaju
- ZAKLJUČAK: gomilanjem sitnih nasljednih varijacija tijekom dužeg razdoblja nastane velika promjena, pojavljuje se nova vrsta (kada pripadnici srodnih populacija više ne daju plodno potomstvo)
- podvrste su vrste u nastajanju začetne vrste, engl. *incipient species*)

14. Zašto se ponekad govori o Darwinovim **teorijama** evolucije?

- misli se na 5 manjih teorija:
 - 1) osnovna teorija evolucije: vrste nisu nepromjenjive
 - 2) evolucija grananjem: svaka vrsta nastane divergencijom od nekog zajedničkog pretka
 - 3) evolucija je postupna: nema skokova
 - 4) evolucija je izvor raznolikosti: tijekom vremena nastaje sve više vrsta
 - 5) važnost okoliša u prirodnom odabiru

15. Što je **populacija**, a što **dem**? Zašto su te skupine važne za evoluciju?

- populacija: jedinke iste vrste koje žive na istom prostoru i međusobno se razmnožavaju
- dem: lokalna populacija
- evolucija se događa na razini populacije putem nasljednih varijacija i prirodnog odabira

16. Kako bi objasnio rečenicu: *Natura non facit saltus*?

- *Natura non facit saltus* = priroda ne čini skokove
- korisne nasljedne varijacije (mutacije) su rijetke, ali gomilanjem na dugi rok daju veliki učinak
- kod nekih se skupina događa brže, kod drugih sporije, ali uvijek postupno (gradualizam)

17. Što je najbolji **dokaz Darwinove teorije evolucije**?

- molekularna biologija
- potvrdila je i da je nasljeđivanje stečenih tjelesnih značajki nemoguće (DNA → bjelančevine; a ne bjelančevine → DNA)
- analiza gena potvrđuje teoriju o zajedničkom podrijetlu i pomaže u postavljanju točne sistematike

18. Navedi neka razmišljanja i nalaze «mladih» genetičara ili paleontologa koji su krajem 19. i početkom 20. st. doveli do krize darvinizma.

- razvojem genetike (početak 20. st.) mnogi (mendelski genetičari) su mislili da su za evoluciju najvažnije makromutacije – velike i nagle genetičke promjene u prilagodbama fenotipa
- povratak Lamarcku – takve mutacije pokazuju da su smjerovi evolucije unaprijed određeni (unutarnje «potrebe» težnji k savršenstvu)

- prigovori paleontologa: nisu uspjivali pronaći male prijelaze, tj. fosilne ostatke koji bi potvrdili kako je evolucija tekla polako i postupno
 - činilo se da su i paleontolozi skloni skokovitim prijelazima u evoluciji
19. Nabroji znanstvenike koji su postavili evolucijsku sintezu. Zašto se njihova teorija zove sinteza, što su otkrili i posebno istaknuli?
- prva polovica 20. st. – populacijska genetika – otkriveno poligeno nasljeđivanje (složene osobine određuje više gena) i da se evolucija zbiva na nivou populacije
 - E. Mayr (taksonom), G.G. Simpson (paleontolog), L. Stebbins (botaničar), T. Dobzhansky (genetičar)
 - sinteza – jer su spoznaje dobivene iz različitih grana biologije: biogeografije, taksonomije, paleontologije... i povezane s otkrićima populacijske genetike
 - postoje 2 vrste evolucije: anageneza (postupna promjena u jednom smjeru) i kladogeneza (evolucija grananjem)
 - evolucija je proces prilagođavanja i proces u kojem raste bioraznolikost
20. Tko su bili hrvatski darvinisti? S obzirom da su mnogi bili vjernici ili čak teolozi, kako su uskladili evolucionizam s religijom i kršćanstvom?
- D. Gorjanović Kramberger, S. Brusina, Lj. Farkaš Vukotinić, J. K. Schlosser, B. Šulek, O. Kučera, J. Janda
 - Bog je prirodi dao zakone po kojima se sve razvilo – umjereni evolucionizam (J. Torbar, A. Kržan, J. J. Strossmayer)

5. DOKAZI ZA EVOLUCIJU

- **PALEONTOLOGIJA** (*paleos* – drevan, star; *on*, gen. *ontos* – biće) – znanost o izumrlim oblicima života; pronalazi, svrstava i tumači fosile (= fosilni zapisi, engl. *fossil record*)
- Darwin: pronaći će se tijekom vremena dokazi o tome kako je izgledao život u prošlosti
- teško su se sačuvali lako propadljivi oblici života, a i promjene u okolišu su uništile mnoge fosile
- do kraja 19. st. – pronađeni fosili dokazuju postanak jednih skupina organizama iz drugih

A) FOSILI ili OKAMINE (lat. *fossilis* - iskopano) – ostaci organizama iz davnih razdoblja Zemljine prošlosti

- pronalazimo ih u sedimentnim (taložnim) stijenama
- rekonstrukcija izgleda i razvoja pojedinih skupina
- fosili mogu biti: kost, školjka, zub, otisak ili trag života iz prošlosti (otisci biljaka i životinja, npr. slika praptilice; tragovi stopala – npr. stopala istarskih dinosaura...)

➤ RELATIVNA I APSOLUTNA STAROST

- a) GEOLOGIJA koristi izraz RELATIVNA starost – mlađi i stariji slojevi, organizmi iz paleozoika, mezozoika....
- 5 glavnih slojeva stijena → 5 geoloških doba (ere), a svaki ima podslojeve → periodi, epohe
- za određivanje relativne starosti važni su PROVODNI FOSILI
- b) APSOLUTNA STAROST (fosil star 2 000 000 godina) – računa (-la se) na različite načine: prema debljini karbonatskih stijena – vapnenca (zna se brzina taloženja); mjerenjem količina elemenata koji su nastali RA* raspadom

B) PRIJELAZNI OBLICI

- životni oblici organizama koji uključuju osobine dviju skupina – jedna je ishodište za postanak druge
- primjeri:
 - a) *Psilophyton*, *Rhynia* (drevne papratnjače, sl. 23.1/str. 101.) – imaju osobine algi i papratnjača; iz devona
 - b) fosilni štitoglavci (*Stegocephala*) – imaju osobine riba i vodozemaca (sl.23.2/str. 101.) – 1. kopneni kralježnjak, vodozemac *Ichtyostega* – škržni poklopci, riblje ljuščice na truhu (zadržane značajke riba)

- c) resoperka (Crossopterigii; riba koštunjača) – osobine riba i vodozemaca, smatra se da su iz takvih organizama potekli kopneni kralježnjaci (sl. 23.3/str. 101.); devon
- d) sejmurija (*Seymouria* – prema gradiću u Texasu u kojem je fosil pronađen) – štitoglavac, ima osobine vodozemaca i gmazova
- e) znanstvenici se slažu da su se sisavci razvili iz gmazova dokaz: *Tericonodonta* (iz trijasa i jure) – neki tu skupinu uvrštavaju u gmazove, drugi u sisavce
- f) gmazovi iz gornjeg perma i donjeg trijasa imaju zvjerolike zube – zvjerogušteri (*Theriodontia*) – izravna ishodišna skupina sisavaca
- g) okamine praptica (arheopteriks) osobinama gmazova i ptica (sl. 23.4 i 23.5/str. 102.)

C) «ŽIVI FOSILI»

- 1939. i 1952. godine u Indijskom oceanu (J. Afrika) su ulovljene iz velike dubine dvije resoperke – nepromijenjene (u stabilnim uvjetima) od devona – više od 200 000 000 godina → «živi» fosil
- dvodihalice (*Dipnoi*) - iz devona, postoje i danas neke vrste u tropskim vodama – kad ima vode dišu škrgama, a u sušnim uvjetima preobraženim ribljim mjehurom («pluća»); ne smatra ih se prethodnicima pravodozemaca

D) RAZVOJNI NIZOVI

- uzastopni fosilni ostaci predstavnika nekih vrsta kod kojih se promjene u građi tijela mogu pratiti odozdo naviše
- 2 vrste evolucije: ANAGENEZA i DIVERGENTNA EEVOLUCIJA
 - 1) ANAGENEZA – odražava promjene u okolišu, npr. u Slavoniji (Novska, pješčane pliocenske naslage) otkriven razvojni niz živorodnog ogrca (paludina, *Viviparus*) – od glatkih kućica do hrapavih i kvrgavijih kućica
 - 2) DIVERGENTNA EVOLUCIJA (kladogeneza) – evolucija razilaženjem, ne može se govoriti o «nizu», npr. evolucija konja – današnji konj je jedan ogranak evolucijskog grma, a raznih je težnji bilo mnogo

➤ POJAM IZGUBLJENE KARIKE U RAZVOJU

- izgubljena karika (engl. *missing link*) - oblik koji je bio spona (karika u lancu) između prijašnjeg (ishodišnog) i novonastalog oblika

E) DOKAZ IZ BIOGEOGRAFIJE (znanost o rasprostranjenosti živoga svijeta)

- različit je živi svijet na različitim kontinentima, raspored kontinenta danas je drugačiji nego u prošlosti
- Zašto se u Australiji i na Novom Zelandu nisu razvili viši sisavci?
- pojam: SREDIŠTE POSTANKA NOVIH VRSTA – neke vrste razvijaju se samo jednom te je nastanak novog razvojnog stupnja vezan uz ograničeno područje (središte razvoja)
- viši sisavci razvili su se u razvojnim središtima u Aziji i Africi, nakon krede, nisu mogli do Australije jer se već odvojila!

F) FAUNA I FLORA UDALJENIH OTOKA

- jako udaljeni otoci (vulkanskog podrijetla), npr. Galapagos (u Tihom oceanu, 1000 km udaljen od južnoameričkog kopna) → osebujne faune; život je stigao do njih s najbližeg kopna, ali zbog izolacije i posebnih prilika, tijekom vremena nastale su nove vrste (veće su razlike što su otoci udaljeniji i što su stariji)
- **ENDEMI** – pojavljuju se zbog geografske izolacije (česti na Havajima, Azorima, Sv. Heleni, Brusniku, Jabuci, Palagruži...); to su **biljne i životinjske vrste rasprostranjene samo na nekom užem području**, tj. imaju uzak areal (areal = područje rasprostranjenosti)
- endemi se mogu pojaviti i unutar špilja i jama (krš): različiti kukci kornjaši, pauci, čovječja ribica....
- **RELIKTI** (lat. *relictum* – preostao) – danas imaju uzak areal, ali u prošlosti su naseljavali puno šire područje (zbog klimaskih razlika), tj. preostali su na nekom ograničenom području
- npr. tercijski relikti: hrvatska sibireja (*Sibireia croatica*) – srodnici žive u srednjoj Aziji (Tjen-Šan), čagalj (*Canis aureus*)

G) DOKAZ IZ POREDBENE ANATOMIJE

- zajedništvo podrijetla dokazuje i anatomska građa organizama iste sistematske kategorije, a i fiziologija – govori o temeljnoj sličnosti u građi bjelančevina srodnih organizama
- npr. prednji udovi čovjeka, mačke, kita i šišmiša (sl. 23.6., str. 104.) – **organi istog podrijetla imaju različite uloge** (divergentni razvoj): ruke, prednje noge, peraje, krila
- značajke koje potječu od zajedničkog pretka → HOMOLOGIJE; a organi → **HOMOLOGNI ORGANI** (pluća četveronožnih životinja i riblji mjehur – potječu od dijela probavila; listovi biljaka i trnovi kaktusa...)

H) ANALOGNI ORGANI – organi isti po ulozi, ali različitog podrijetla (i građe)

- rezultat su konvergentne evolucije (adaptacije)
- organizmi različitog podrijetla i koji nisu srodni, ali žive u istim uvjetima slične su građe tijela, npr. morski pas, ihtiosaur (izumrli gmaz) i dupin (sl. 23.7, str. 104.) – hidrodinamičan oblik tijela, peraje...; krila ptica (promijenjeni prednji udovi) i krila kukaca (hitinske izrasline)

I) RUDIMENTARNI ORGANI – zakržljali organi, tj. ostaci nekoć razvijenih organa koji su potpuno ili većim dijelom izgubili svoju ulogu

- npr. kosti kukova udava, tragovi lopatičnih i zdjeličnih kosti blavora i sljepića, crvuljak slijepog crijeva čovjeka...
- pojavljuju se u svih jedinki neke vrste

J) ATAVIZMI - organi koji svjedoče prijedenu evoluciju

- pojavljuju se u nekih jedinki neke vrste
- npr. veći broj mliječnih žlijezda, pretjerana dlakavost, rep...

K) DOKAZ IZ POREDBENE EMBRIOLOGIJE

- važni za evoluciju – istaknuli su to i Ch. Darwin i E. Haeckel → postavio teoriju da zametak u svojem razvoju ponavlja u skraćenom obliku evolucijski put (TEMELJNI BIOGENETSKI ZAKON: «*Ontogeneza je kratka rekapitulacija filogeneze*»), tj. da zameci razvijenijih životinja u svom embrionalnom razvitku oponašaju svoje pretke, tj. slične odraslim (izumrlim, nekadašnjim) oblicima svojih predaka
- ONTOGENEZA – razvitak jedinke od oplodnog jajašca do spolno zrelog organizma
- FILOGENEZA – putovi postanka od predaka
- **zameci** razvijenijih životinja u svom embrionalnom razvitku **slične zamecima** primitivnijih organizama (sl. 23.8., str. 105.)

L) DOKAZ IZ MOLEKULARNE BIOLOGIJE

- 20. st. – biokemija dokazala sličnost živih bića na molekularnoj razini (biokatalizatori, hormoni, pigmenti...)
- molekularna biologija – utvrdila jedinstven genetički kod (*u svih se živih bića nasljedne osobine prenose putem nukleinskih kiselina: RNA ili DNA*)
- srodne vrste imaju sličnije nukleinske kiseline i bjelančevine
- može se utvrditi stupanj srodnosti, a i vrijeme kada su se neke skupine razdvojile
- *Ako paleontologija u prilog činjenici evolucije nudi «fosilni zapis», molekularna biologija nudi svoj izvorni «genetički zapis»!*

6. GEOLOŠKA DOBA I RAZVOJ ŽIVOGA SVIJETA (uz tablicu 20.5, str. 87.)

- geolozi su podijelili Zemljinu prošlost na dva eona, pet era, a ere na epohe
- podjela je načinjena prema debljini i sastavu pet glavnih taložnih slojeva

I. EON: PREKAMBRIJ

- traje više od 3 000 000 000 godina
- tu se javlja život na Zemlji; u početku napreduje vrlo polagano

1. ERA: ARHEOZOIK (grč. *arhé* = početak; *zoé* = život) ili ARHAIK

- početak prije više od 3 000 000 000 godina, trajala je ~ 1 000 000 000 godina

- najstarija era, računanje počinje sa stvaranjem Zemljine kore, tj. pojavom prvih stijena i gorja (pojavom erozija i taloženja)
- pojava prvih oceana, u početku – topli
- pojava prvih jednostaničnih organizama u praoceanima
- južna Afrika (Transval) – kemofosili: organski spojevi koji nastaju razgradnjom klorofila, tvari koje izgrađuju ovoje peluda i spora (starost: $\sim 3,5 \times 10^9$ godina)
- nađeni su i fosili nalik štapičastim bakterijama, alge nalik današnjim modrozelenim algama...
- malo nalaza – te su stijene pretrpjele brojne promjene i zbog visokog tlaka i temperature ostaci prvih organizama su uništeni

2. ERA: PROTEROZOIK ili ALGONKIJ

- početak prije $\sim 2\,500\,000\,000$ godina, trajala oko $2\,000\,000\,000$ godina
- nastaje mnogo taložnih stijena, mnoge i djelovanjem organizama
- živi svijet: prazivotinje (zrakaši); višestanične crvolike životinje, puževi, člankonošci, koralji, spužve – svi su vodeni organizmi
- kopno – beživotno

II. EON: FANEROZOIK (grč. *faneros* = očit, svijetao, blistav, izvrstan; *zoé* = život)

- javljaju se sva koljena životinjskog carstva osim ptica i sisavaca
- mnoga su koljena do danas izumrla
- živa bića počinju naseljavati kopno u siluru; prvo biljke, zatim životinje

3. ERA: PALEOZOIK: kambrij, ordovicij, silur, devon, karbon, perm

- započela prije $\sim 600\,000\,000$ godina; trajala $\sim 370\,000\,000$ godina
- jako gibanje Zemljine kore, oceani preplavljuju kopno, vlažna i topla razdoblja smjenjuju se sa sušnim razdobljima
- fosili: **TRILOBITI (člankonošci)**, RAMENONOŠCI...
- pojava riba, vodozemaca; na kopnu: kukaca i prvih gmazova
- 1. predstavnik četveronožnih kralježnjaka izašao na kopno krajem devona → štitoglavac (*Ichthyostega*) – prijelazni oblik između riba (resoperki) i vodozemaca; zadržao škržni poklopac, riblje ljuščice na truhu
- sredina paleozoika: prve kopnene više biljke – bescvjetnjače, sadrže sporangije, niskog rasta → PSILOFITINE – veza između steljnjaka (alge, gljive, lišaji) i stablašica
- karbon: razvoj golemih papratnjača (stabla visoka ~ 30 m), visoke preslice (~ 10 m), divovske crvotočine (rod *Lepidodendron* i rod *Sigillaria*)
- čitave prašume tvore biljke rodova *Lepidodendron* i *Sigillaria* → naslage kamenog ugljena
- perm: razvoj pteridosperma (paprti sa sjemenjem), a zatim i golosjemenjače

4. ERA: MEZOZOIK: trijas, jura, kreda

- započela prije $\sim 250\,000\,000$ godina; trajala $\sim 160\,000\,000$ godina
- u paleozoiku se formirao prostrano kopno na sjevernoj polutki – protezalo se od današnje Kanade preko srednje i sjeverne Europe do Sibira i veliko kopno na jugu – Gondvana
- u permu se južno kopno počinje razbijati → nastaje Indijski ocean, odvaja se Australija
- stvara se veliko ekvatorijalno Tetis – more (Tetidino more) između sjevernog i južnog kopna – prastaro Sredozemno more
- u Tetis – moru → **AMONITI** (mekušci – glavonošci s kućicama), kasnije u KREDI: jednostanični krednjaci s vapnenastom ljušturicom – **FORAMINIFERA**
- razvoj golemih **GMAZOVA** (*Ichtyosaurus*, *Brontosaurus*, *Iguanodon*...) – uz današnje kitove najveće životinje što su živjele na Zemlji (do 25 m) – naseljavali su i kopno i vode i zrak (mezozoik = doba gmazova); svi su izumrli tijekom krede
- nakon njih ribe postaju gospodari mora, a sisavci (TRIJAS) i ptice (JURA) gospodari kopna i zraka
- **BILJKE**: na kopnu se razvijaju **SJEMENJAČE** (= CVJETNJAČE: GOLO I KRITOSJEMENJAČE)
- prve GOLOSJEMENJAČE su se razvile iz papratnjača (PTERIDOSPERMA), a prve KRITOSJEMENJAČE iz skupine golosjemenjača (CYCADOPHYTA)

5. ERA: KENOZOIK: tercijar, kvartar

- započela prije $\sim 65\,000\,000$ godina; traje i sada
- **TERCIJAR**: trajao je $\sim 63\,000\,000$ godina; 5 epoha: **paleocen, eocen, oligocen, miocen, pliocen**
- "DOBA SISAVACA" – naglo su evoluirali u posljednjih 60 000 000 godina; međutim može se zvati i "doba cvjetnjača" ili "doba ptica" ili "doba kukaca"

- krajem krede: boranja Zemljine kore, izdižu se Ande i Stijenjak
- u tercijaru – boranje se prenosi na stari svijet → Alpe, Dinaridi, Kavkaz, Himalaja
- velike promjene u rasporedu i izgledu kontinenata
- u mlađem tercijaru: na području današnje srednje Europe → drugo mediteransko more PARATETIS, a iz njega kasnije oslađeno SARMATSKO more (dio tog mora je i PANONSKO MORE)
- flora i fauna tercijara slična je današnjoj, ali im je različit raspored zbog drugačijih klimatskih uvjeta na Zemli
- it tercijarnih slojeva → mnogo nalaza; čak 80% su vrste koje žive i danas
- **KVARTAR:** traje posljednjih 2 000 000 godina i u njemu živimo i danas; 2 epohe: **pleistocen (diluvij)** i **holocen (aluvij)** – traje zadnjih 11 000 godina
- završena su velika geološka zbivanja; periodične su klimatske promjene zbog pomicanja Zemljine osi i promjenjivog zračenja Sunca → izmjena toplih (INTERGLACIJALI) i hladnih razdoblja (LEDENA DOBA ili GLACIJALI)
- za vrijeme ledenih doba – uništeni mnogi organizmi ili su se povukli u toplije krajeve; preživjeli su samo organizmi koji su bili dobro prilagođeni na hladnoću (bliže ledu – TUNDRE; podalje od leda – CRNOGORIČNE ŠUME...; životinje: polarne lisice, lsovi, mamuti, bizoni, špiljski medvjed, špiljska hijena...)
- velike vrste sisavaca izumiru
- iz gornjeg kvartara (pleistocena) – ostaci pračovjeka (živio u špiljama)
- mi danas živimo u: epohi HOLOCENU; u periodu KVARTAR, u eri KENOZOIK

7. EVOLUCIJA JE PROCES PRILAGODBE PROMJENAMA OKOLIŠA

- "evolucija je proces u kojem populacije raznih vrsta postaju prilagođene uvjetima okoliša"
- različiti su načini kako su se organizmi prilagodili okolišu – uspješno zadovoljavaju potrebe za hranom i razmnožavanjem...
- prilagodbe su rezultat koji se postiže u uzajamnom djelovanju promjenljivog okoliša i varijabilnih genoma snagom prirodnog odabira
- prilagodbe jesu posljedica evolucije, ali dostignute prilagodbe mogu biti i "odskočna daska" za daljnju evoluciju
- 2 tipa prilagodbi: 1) OPĆE PRILAGODBE; 2) SPECIJALNE ili POSEBNE PRILAGODBE

1) OPĆE PRILAGODBE

- prednosti postignute u evoluciji koje cijelim skupinama organizama omogućuju uspješan razvoj, tj. evoluciju (prodor u nove, neiskorištene životne prostore...)
- npr. odvojenost venskog i arterijskog krvotoka u ptica i sisavaca stvorila je adaptacijsku prednost (stalna tjelesna temperatura – manja ovisnost o temperaturi okoliša)

2) SPECIJALNE ili POSEBNE PRILAGODBE

- postižu se unutar pojedinih skupina organizama ovisno o načinu života, prehrane...
- npr. posebno prilagođena zubala sisavaca biljoždera i mesoždera
- **ADAPTIVNA RADIJACIJA** (sl. 25.1, str. 114.) – u evoluciji organizmi se natječu za životni prostor, za hranu... i svaka skupina teži širenju i zauzimanju novih staništa; s vremenom prirodnim odabirom nastanu novi oblici – širenje je poput mnogo zraka iz jednog središta

2.1 PRILAGODBE U VEZI S PREHRANOM

- iz kukcoždera (nalik na rovkju) razvili su se placentalni sisavci: psi i jeleni (žive na tlu, brzo trče), vjeverice i primati (žive na drveću), šišmiši (lete), dabrovi i tuljani (žive u vodi i na suhom), kitovi i dupini (pravi vodeni organizmi), krtice i rovkje (žive pod zemljom)...
- te različite skupine sisavaca s obzirom na način i vrstu prehrane imaju različito zubalo, različit probavni sustav, različitu duljinu i broj nožnih kostiju, različite mišiće, debljinu i boju krzna...
- biljke u različitim klimatskim uvjetima imaju zanimljive prilagodbe (npr. za štednju vode...)

2.2 PRILAGODBE U VEZI S RAZMNOŽAVANJEM

- npr. cvjetnjače: one koje se oprašuju samo vjetrom – prašnici imaju duge prašničke niti; one koje oprašuju kukci - obojeni cvjetovi; sjemenje prilagođeno za različito rasijavanje:

okriljene sjemenke javora, kitice dlaka u maslačka (rasprostriranje vjetrom = ANEMOHORNE BILJKE); kukice čička (te se sjemenke prihvaćaju za krzno životinja...

2.3 KONVERGENTNA EVOLUCIJA

- pripadnici raznih skupina životinja živeći u sličnom tipu staništa (npr. u vodi, u tlu...)
- tijekom evolucije razvijaju slično građene organe
- npr. morski pas (riba), ihtiosaur (izumrli gmaz), dupin (sisavac) – hidrodinamično tijelo, leđna peraja, repne peraje, krilima nalik prednje peraje

2.4 OPONAŠANJE (mimikrija, mimetizmi) KAO PRILAGODBA

- pripadnici različitih vrsta imaju zbog obrambenih razloga boju ili oblik okoliša ili pripadnika drugih vrsta; oponaša se čak i ponašanje – ZAŠTITNA BOJA, ZAŠTITNI OBLIK, ZAŠTITNO PONAŠANJE
- **ZAŠTITNA OBOJENOST** (ili boja): životinja je manje uočljiva svom neprijatelju
- mnoge životinje bojom perja, dlake, kože ne odudaraju od okoliša u kojem žive
- neke (hobotnica, kameleon...) mogu mijenjati boju prema podlozi na kojoj se nađu
- npr. bijela boja polarnih životinja zaštita je od napadača, ali skriva i samog napadača (agresivni mimetizam)
- **OPOMINJUĆA (UPOZORAVAJUĆA) OBOJENOST ili APOSEMIJA**: žive i uočljive boje upozoravaju napadača da je životinja koju smatra plijenom otrovna ili neugodna za jelo
- npr. mnoge zmije, daždevnjaci...
- **MIMIKRIJA**: pojava da organizmi nalikuju na neke druge žive organizme ili nežive tvari (oblik grančice, trna, lista...)
- npr. biljke koje oprašuju kukci (entomogamne biljke) nalikuju na ženke kukaca određene vrste, čak luče i sličan miris, tako namami mužjake i uspješno postižu oprašivanje

8. TIPOVI I POGLAVITE SNAGE EVOLUCIJE

TIPOVI EVOLUCIJE:

1) SUKCESIVNA EVOLUCIJA (SUSLJEDNA, ANAGENEZA)

- o zbog kolebanja u sastavu gena
- o važne su male nasljedne promjene u zalihi gena neke populacije
- o iz naraštaja u naraštaj mijenja se omjer **homozigotnih** i **heterozigotnih** jedinki
- o sukcesivna evolucija ne stvara nove promijenjene populacije ni nove vrste
- o stvara nestabilne genotipove i tijekom dugog razdoblja može se postići velika fenotipska razlika
- o sukcesivnu evoluciju prati paleontologija
- o primjer: razvojni niz živorodnog ogrca iz pješćanih pliocenskih nanosa kod Novske u Slavoniji

2) DIVERGENTNA EVOLUCIJA (RAČVASTA, KLADOGENEZA)

- o događa se u dužem razdoblju
- o nastaju nove populacije, tj. nove vrste
- o golema raznolikost izumrlog i današnjeg živog svijeta rezultat je tisuća i tisuća divergencija koje su započele prije $\sim 3,5 \times 10^9$ godina
- o proces: adaptivna radijacija → iz ishodišnog zajedničkog oblika u različitim životnim uvjetima nastaju nove vrste; pripadaju različitim rodovima i porodicama

TEMELJNE SNAGE EVOLUCIJE

Što pokreće evoluciju? Koja snaga rađa promjenljivost? Kako različite populacije ili njihovi dijelovi (dem) mogu biti ishodište novih vrsta?

- GENETIKA: mehanizmi nasljeđivanja djeluju tako da se nakon nekog vremena postiže genetička ravnoteža, tj. ako su svi faktori okoliša stalni, frekvencija gena se neće mijenjati iz naraštaja u naraštaj unutar neke populacije
- PRIRODA: nema stalnih faktora u okolišu; zalihe gena se mijenjaju iz naraštaja u naraštaj
- sile evolucije → uzroci koji pridonose promjenama učestalosti (frekvencije) gena

1. MUTACIJA

- promjena u nasljednoj osnovi (genomu): indiferentne (neutralne); letalne (smrtonosne); korisne (podobne)

- osiguravaju nasljednu varijabilnost
- neke su vrlo rijetke, a neke česte
- većinom se događaju mutacije samo u jednoj bazi i vrlo se brzo izgube, ali ako se učvrsti u maloj populaciji, bit će sve učestalija

2. REKOMBINACIJA

- preraspodjela dijelova kromosoma za vrijeme crossing-overa u mejozi, tj. pri nastanku spolnih stanica
- iznimno pridonosi varijabilnosti potomstva

3. PRIRODNI ODABIR ili PRIRODNA SELEKCIJA

- mutacija osigurava grubi materijal na koji djeluje prirodna selekcija
- prirodni odabir izravno ne stvara nove značajke već samo izabire (selektira) između onih koje se pojave → određuje koji će "mutanti" preživjeti, a koji neće

4. GENSKA SNAGA ili "DRIFT"

- događa se u malim populacijama
- neki mutirani gen se može zadržati ili izgubiti suprotno pravilima po kojima djeluje prirodna selekcija
- jedinka koja ima mutirani gen može i ne mora imati potomke; njezini potomci mogu i ne moraju imati mutirani gen; mogu ga i ne moraju prenijeti svojim potomcima – u malim populacijama takav se gen može odmah izgubiti, ali je isto moguće da ga kroz nekoliko generacija sadrže sve jedinke
- važno je pritom da je okoliš relativno stabilan

VRSTE U PRIRODI I VAŽNOST IZOLACIJSKIH MEHANIZAMA U NASTAJANJU NOVIH VRSTA

- tipološki ili morfološki pojam VRSTE: istoj vrsti pripadaju jedinke koje su slične (oblik, opći izgled, plod...)
- biološki pojam VRSTE: pripadnici iste vrste međusobno se razmnožavaju ili se mogu međusobno rasplodivati (interfertilnost)
- VRSTE su prirodno izolirane zalihe gena
- pripadnici različitih vrsta ne mogu se međusobno rasplodivati i davati plodno potomstvo

SPECIJACIJA = oblikovanje novih vrsta; proces u kojem se tijekom vremena iz neke već postojeće vrste razvija nova vrsta organizama

- **DARWIN (specijacija "by splitting")**: 1. **varijabilnost** – jedinke unutar populacije se razlikuju po ustrojstvu, fiziologiji, ponašanju; 2. **prirodni odabir** – manje podobne jedinke ugibaju; na duži rok – određene značajke populacije ili njezinog dijela prevladaju, a ako su dvije populacije odvojene, svaka će skupljati značajke sukladno uvjetima svog okoliša → ako se ne miješaju, dolazi do razilaženja (divergencije) i tijekom vremena do nastanka novih vrsta (taj proces je vrlo spor!!!)
- **na nekoj razini takve odvojene, pomalo različite populacije još su "otvorene"** – mogu se međusobno rasplodivati: **PODVRSTE** ili **RASE**....

OBLICI IZOLACIJA I NJIHOVA VAŽNOST U SPECIJACIJI

- **IZOLACIJA**: oblik odvojenosti među skupinama organizama (među demima)
- **GEOGRAFSKA IZOLACIJA** – međusobno se ne dodiruju
- **ETOLOŠKA, GENETSKA, MORFOLOŠKA** (spolna), **EKOLOŠKA**... **IZOLACIJA** – zbog razlika u ponašanju, izgledu, vrsti hrane, građi spolnih organa... se ne miješaju
- bez izolacije ne bi bilo novih vrsta

ALOPATRIJSKA SPECIJACIJA (grč. *allos* = drugi, *patria* = podrijetlo, rod)

- nove vrste nastaju zbog geografske izolacije dviju populacija iste vrste
- tijekom dugog razdoblja nastat će prvo rase, podvrste i na kraju nove vrste (= ALOPATRIJSKE)

SIMPATRIJSKA SPECIJACIJA (grč. *syn* = s, sa, skupa; *patria* = podrijetlo)

- nove vrste nastaju bez geografske izolacije, zbog genetičke, etološke.... izolacije

- specijacija se događa unutar istih obitavališta (habitata)
- tako nastale vrste – SIMPATRIJSKE
- npr. stvaranje novih vrsta kulturnog bilja, npr. žitarica – poliploidijom, samooplodnjom... – potomci se mogu križati međusobno, ali ne i s roditeljima!

MAKROEVOLUCIJA – evolucija velikih skupina organizama (rodova, porodica, redova, razreda, koljena)
 MIKROEVOLUCIJA – postanak nove vrste

9. PODRIJETLO I RAZVOJ ČOVJEKOVIH PREDAKA – nedovršeno!!!

- Darwin i drugi prirodoslovci 19. st. – i čovjek je nastao evolucijom – sisavaca primata
- čovjek vuče podrijetlo iz nekih davnih pramajmuna - danas ih više nema, ali možda ćemo pronaći fosile

ŠTO SU PRIMATI?

- **jedan red** razreda sisavaca; dijeli se na više **podredova**: prosimiji (lemuri i lorisi), tarzijeri, majmuni novoga svijeta (širokonosci), majmuni staroga svijeta (uskonosci) i čovjekoliki majmuni (opice)
- podred čovjekolikih majmuna ima dvije porodice: hilobatidi (giboni) i hominidi

➤ KOLJENO	svitkovci – Chordata
POTKOLJENO	➤ kralježnjaci – Vertebrata
RAZRED	sisavci – Mammalia
RED	primati – Primates
NATPORODICA	hominoidi - Hominoideae
PORODICA	hominidi – Hominidae
ROD	➤ ljudi - Homo
VRSTA	razuman čovjek - <i>Homo sapiens</i>

- velika sličnost između čovjeka i čovjekolikih majmuna → zajedničko ishodište
- zajednički preci → davno izumrli majmuni
- u Egiptu pronađen vrlo star (gornji oligocen, star ~ 30 000 000 godina) majmunski oblik **egiptopitek** (*Aegyptopithecus*) – građom tijela odgovara ishodišnom obliku svih čovjekolikih majmuna, uključujući čovjeka
- nisu pronađeni fosilni ostaci koji bi povezali driopiteka prokonzula (~ 30 000 000 godina) i prve australopiteke (~ 6 000 000 godina)

DANAŠNJI ČOVJEKOLIKI MAJMUNI I NJIHOVA EVOLUCIJA

- prema suvremenoj sistematici svi su čovjekoliki majmuni okupljeni su u natporodicu *Hominoidea* (opice ili čovjekoliki majmuni)
- natporodica *Hominoideae* sadrži dvije podrodice:
 1. porodica *Hylobatidae* - azijske opice (s rodovima gibona i orangutana)
 2. porodica *Hominidae* - afričke opice (s rodovima čimpanza, gorila i čovjeka)
- razlika između ovih porodica je velika; razvile su se grananjem (divergencijom) od zajedničkog pretka prije ~ 12 - 15 milijuna godina
- **čovjek potječe od davno izumrlih oblika majmuna**; nije postao odjednom i nije postao od današnjih oblika majmuna
- prije ~ 5 – 6 milijuna godina razvili su se pramajmuni australopiteci iz kojih su nastali (prije ~ 2 milijuna godina) prvi predstavnici ljudskog roda

DOKAZI DA ČOVJEK POTJEČE OD NEKIH DAVNO IZUMRLIH PRIMATA:

1. ANATOMSKA SLIČNOST

- sličnost u građi tijela (posebno s čimpanzama)
- razlike: omjeri ruku i nogu; pokretljivost palca; tjelesna dlakavost; pigmentacija kože; veličina i organizacija središnjeg živčanog sustava (frontalni režanj)

2. FOSILNI DOKAZI

- nema mnogo fosilnih nalaza starijih od 5 milijuna godina

3. MOLEKULARNI DOKAZI

- srodni organizmi imaju slične molekule (koje ukazuju na postojenje određenih gena)
- različite molekule su se tijekom vremena različito mijenjale pa se može utvrditi i stupanj srodnosti po stupnju sličnosti tih molekula i trenutak razdvajanja njihovih današnjih nositelja
- prema tim dokazima ljudi su najbliži čimpanzama (neki enzimi, npr. hemoglobin su nam gotovo istovjetni)
- u nekim se molekulama ljudi razilaze od čimpanza, ali manje nego čimpanze i drugi čovjekoliki majmuni (ŠTO TO DOKAZUJE?)
- najveća vrijednost metode molekularne analize: potvrđuje Darwinovu postavku o zajedničkom podrijetlu svih organizama
- osim toga utvrđeni su srodstveni odnosi mnogih skupina, tako je, npr. utvrđeno da su gljive na molekularnoj razini srodnije životinjama nego biljkama

MOLEKULARNI SAT

- omogućuje istraživačima utvrditi kada je nastupila određena nasljedna promjena koja se odrazila kao promjena u strukturi molekula nekih važnih spojeva
- proučavanjem učestalosti i brzine mijenjanja proteina i nukleinskih kiselina omogućava nam raspolaganje molekularnim satom (kada znamo kako dolazi do promjena u strukturi neke molekule – možemo zaključiti i kada se ta promjena dogodila)
- povežu li se ta znanja s dokazima koje pruža paleontologija može se zaključiti kada su se pojavili predstavnici neke nove vrste ili roda...

KAD SE ČOVJEKOVA LINIJA ODVOJILA OD LINIJE KOJA JE DOVELA DO DANAŠNJIH ČIMPANZA?

10. POSTANAK I EVOLUCIJA LJUDSKOG RODA – nedovršeno!!!

42. EKOLOGIJA

Sažetak je napisan na temelju udžbenika:

1. VRTAR B, BALABANIĆ J, MEŠTROV M (1996) GENETIKA, EVOLUCIJA, EKOLOGIJA. Šk. knjiga, Zagreb:172-230

NAPOMENA: Ovaj sažetak može poslužiti isključivo za ponavljanje gradiva i kao podsjetnik! Tu će ulogu u potpunosti ispuniti ako ga samostalno dopunite i/ili potražite odgovore na postavljena pitanja!

Biološke discipline:

- a) one koje proučavaju objekt (Botanika, Zoologija, Virologija, Bakteriologija,...)
- b) one koje proučavaju prema problemu (Morfologija, Fiziologija, **Ekologija**,...)

EKOLOGIJA: znanost koja proučava međusobni odnos organizama i odnos organizma i njegovog okoliša; znanost o održanju živih bića u staništu i održanju živog svijeta u cjelini; znanost o sustavu prirode,...

Naziv potječe iz **1886. godine**, a prvi ga je upotrijebio **Ernest Haeckel, njemački biolog:**

grč. *OIKOS* = dom, kuća, stanište

grč. *LOGOS* = misao, znanost

EKOLOGIJU možemo podijeliti na dva načina:

1. prema predmetu (objektu) proučavanja:

- a) **E. biljaka** - proučava međusobni odnos biljaka i biljaka i okoliša
- b) **E. životinja** - proučava međusobni odnos životinja i životinja i okoliša
- c) **E. čovjeka** - proučava utjecaj čovjeka na okoliš i okoliša na čovjeka

ČOVJEK - moćan činilac na Zemlji, promjene koje izaziva su vrlo brze, a posljedice su duboke i dalekosežne.

2. prema metodama, načinu pristupa:

- a) **IDIOEKOLOGIJA (AUTEKOLOGIJA)** - u središtu proučavanja je jedinka, pristup je analitički, proučava specifični odnos jedinke prema okolišu
- b) **SINEKOLOGIJA** - proučava zajednicu (populacije, biocenoze, ekosistem), pristup je sintetički.

Što je to zajednica?

POPULACIJA - skupina jedinki iste vrste, koje žive na zajedničkom prostoru, različite su starosti i međusobno povezane odnosima razmnožavanja; to je zajednica koja se nikad ne pojavljuje izolirano (npr. populacija vjeverica u Maksimiru).

BIOCENOZA = ŽIVOTNA ZAJEDNICA - skupina nekoliko različitih populacija na nekom širem prostoru; populacije (**biljne i životinjske**) samo u zajednici ostvaruju svoje životne potrebe - ishranu, zaštitu, razmnožavanje (npr. hrastova šuma, jezero,...).

BIOCENOLOGIJA - biol. disciplina koja proučava biocenoze; dijeli se na

- a) **FITOCENOLOGIJU** - proučava životne zajednice biljaka
- b) **ZOOCENOLOGIJU** - proučava životne zajednice životinja.

EKOSUSTAV (EKOSISTEM) = BIOCENOZA + BIOTOP

- Ekosustavi su: pustinja, jezero, bara, šuma, more,...
- Ekosustav je dinamičan i vrlo promjenljiv sustav.

Što je to biotop (grč. *TOPOS* = mjesto)?

BIOTOP ili STANIŠTE - poseban dio naseljenog prostora koji se odlikuje specifičnim ekološkim faktorima (svjetlost, CO₂, voda,...).

- Biotopi mogu biti jasno i oštro ograničeni, ali mogu zalaziti jedni u druge i nadopunjavati se.
- Svaki biotop je naseljen živim bićima.

Što je to životna sredina?

ŽIVOTNA SREDINA - svi faktori (= faktori žive i nežive prirode = ekološki faktori) koji djeluju na organizam na području gdje on živi.

BIOM - više sličnih ekosistema.

BIOCIKLUS - svi slični biomi (npr. slana voda, slatka voda, kopno)

Sva tri biociklusa zajedno čine **BIOSFERU** (svi ekosustavi na Zemlji); tanak omotač Zemlje u kojem se odvija život, tj. kruženje tvari i protjecanje energije.

BIOSFERA obuhvaća: gornji sloj **LITOSFERE** (desetak metara ispod površine tla), **HIDROSFERU** (oceani, mora, kopnene vode) i donji sloj **ATMOSFERE** (nekoliko desetaka metara iznad tla); nastala je s pojavom života na Zemlji

Osnovna značajka biosfere: povezanost (jedinstvo) živog svijeta i nežive tvari.

TEMELJNA SVOJSTVA BIOCENOZA I EKOSUSTAVA:

- **kruženje tvari** (autotrofni organizmi, heterotrofni organizmi - primarni konzumneti, sekundarni konzumneti, tercijarni konzumneti, razlagači) i **protjecanje energije** (autotrofi vežu dio Sunčeve energije u organske molekule, na svakom se stupnju dio energije pretvara u toplinu)

PODJELA BIOSFERE I RASPORED BIOMA:

AREAL - područje rasprostranjenosti jedne vrste na Zemlji.

Rasprostranjenost (i uzroke takve rasprostranjenosti) proučava posebna biološka disciplina:

BIOGEOGRAFIJA, koja se dijeli na:

- a) **FITOGEOGRAFIJA** - proučava rasprostranjenost biljaka
- b) **ZOOGEOGRAFIJA** - proučava rasprostranjenost životinja

S obzirom na rasprostranjenost postoje:

1. **KOZMOPOLITSKE VRSTE** - vrste koje imaju širok areal (npr. maslačak)
2. **ENDEMI** - vrste ograničene na vrlo uskom području (npr. velebitska degenija)
3. **RELIKTI** - vrste koje su u prošlosti imale vrlo širok areal, ali danas im je areal jako sužen zbog promjene klime ili sl.
 - 3.1. **GLACIJALNI RELIKT** - vrsta biljke ili životinje, podrijetlom iz ledenog doba, koja se pod određenim okolnostima mogla zadržati u nekom poručju u kojem se ledenjački led davno povukao.

FLORA - sistematski pojam koji obuhvaća sve biljne vrste nekog kraja

FAUNA - sistematski pojam koji obuhvaća sve životinjske vrste nekog kraja

VEGETACIJA - ekološki pojam koji obuhvaća **sve biljne zajednice** (fitocenoze) nekog kraja

PODJELA BIOSFERE:

Dva su osnovna medija u kojima organizmi žive: **VODA** i **ZRAK**; između ta dva medija postoje velike fizičke i kemijske razlike, a postoje i razlike između mora i oceana te slanih i slatkih voda, stajačica i tekućica, itd. Ekosustave, stoga, dijelimo na: 1. vodene i 2. kopnene

1. VODENI EKOSUSTAVI:

Mora i oceani naseljeni su u svim slojevima, do najvećih dubina.

Morsko dno (hridinasto, pjeskovito, muljevito) naseljuju *bentoske biocenoze ili bentos* - alge i životinje pričvršćene za podlogu i druge koje "gmižu" po dnu (koralji, spužve, školjkaši, bodljikaši,...).

U slojevima morske vode žive biljke (alge kremenjašice, modrozeleno alge) i životinje (praživotinje, meduze, ličinke mnogih morskih organizama,...) koje lebde u vodi i čine *plankton*.

Životinje koje se svojim mišićima kreću kroz vodu (glavonošci, ribe, morski sisavci) čine *nekton*.

Sličan je raspored biocenoza i u kopnenim vodama. Razlika postoji između stajačica (obilniji plankton) i tekućica (obilniji bentos).

Na raspored života u moru utječe:

- a) hranjivost - morska voda sadrži u svim slojevima dovoljno otopljenih soli, kisika i ugljik(IV)-oksida
- b) gustoća morske vode - dovoljno je velika te u sebi može trajno nositi naselje organizama, omogućuje pokretanje, tonjenje org. iz gornjih, osvjetljenjih i produktivnih u donje, neosvijetljenje i neproduktivne slojeve.

To su razlozi zbog kojih su mora i oceani naseljeni u čitavoj svojoj dubini.

2. KOPNENI EKOSUSTAVI:

Biocenoze kopna raspoređene su samo u tankom sloju, članovi kopnenih zajednica su svojom ishranom, zaklonom i razmnožavanjem potpuno (posredno i neposredno) ovisni o podlozi. Prostor za razvoj kopnenih biocenoza je manji, površina kopna iznosi samo 3/8 Zemljine površine. Fizički uvjeti u zraku su različiti i promjenljiviji nego u vodi, a tlo, kao glavni izvor mineralnih soli, ima veće značenje nego morsko dno.

Prednosti života na kopnu: snažan razvoj cvjetnjača (proizvođači organske tvari i hrana potrošača), i dovoljne količina metabolički važnih plinova (O₂, CO₂) - to su glavni razlozi koji u uvjetima povoljne temperature i vlage, omogućuju razvoj vrlo bujnog života.

RASPORED BIOMA:

Zbog različitih uvjeta podneblja i tla, izmjenjuju se na površini kopna pravilno u horizontalnom i vertikalnom pravcu različite biocenoze (horizontalno i vertikalno zoniranje).

1. HORIZONTALNO ZONIRANJE: ovisi o klimi; na kopnu postoje opsežni pojasi u kojima su osobine podneblja prilično izjednačene te su razvijene posebne skupine ekosustava (ovisno o podneblju: sjever-jug) - **biomi**.

- a) Najsjevernije - *arktički ledenjaci*
- b) *tundre*; mahovine, lišajevi, malobrojne životinjske vrste
- c) *tajge*; crnogorične šume
- d) umjereni pojas - *listopadne šume*

- u unutrašnjosti kontinenta, sa smanjivanjem vlažnosti, razvijaju se *stepe, polupustinje i pustinje*

- e) *primorske vazda zelene šume*
- f) oko ekvatora - *tropske vlažne šume (prašume)*

2. VERTIKALNO ZONIRANJE: najčešće čitave biocenoze i ekosustave označujemo po biljnim zajednicama (vegetaciji) nekog podneblja.

- a) 0-100 m/nad morem - *stepe, pustinje, oranice, ...*
- b) niži predjeli - *hrastove šume*
- c) *bukove šume*
- d) *miješane šume bukve i jele*
- e) *pretplaninske bukove šume*
- f) *planinske šikare*; planinski bor (krivulj)
- g) *planinski travnjaci (pašnjaci)*
- h) *zona vječnog snijega i leda*

ORGANIZAM I SREDINA

Odnosi u ekosistemu:

1. **AKCIJE** - utjecaj nežive prirode na živa bića
2. **REAKCIJE** - utjecaj živih bića na stanište
3. **KOAKCIJE** - međusobni utjecaji živih bića

Značajke odnosa unutar zajednice:

1. specifični su za svaku vrstu
2. stalni su (trajni) tijekom života jedinke
3. uzajamni su
4. neraskidivi su (uvijek prisutni)
5. promjenljivi u prostoru i vremenu

BIODINAMIZAM - sposobnost prilagođavanja; stalna promjenljivost živih organizama uvjetovana promjenljivošću ekoloških faktora; nasljedno je određena za svaku vrstu i njen razvojni stadij; ako ne postoji prilagodba dolazi do smrti, izumiranja vrste.

PREOBRAZBE - odražavaju odlike ili uvjete sredine u kojoj žive različita živa bića, ona će na iste uvjete reagirati različito, a to će ovisiti o njihovim fizikalnim osobinama i mogućnostima.

PRILAGOĐAVANJE:

- a) MORFOLOŠKI - mijenja se oblik tijela
- b) FIZIOLOŠKI - mijenja se funkcija organa i organizma

ŽIVOTNA ili EKOLOŠKA FORMA - to su sve adaptacije zajedno kod jedne vrste, osobite su za određenu sredinu (npr. kaktusi - uvjeti s vrlo malo vode; biljke koje žive u području zasićenom vlagom, i sl.).

EKOLOŠKA NIŠA: položaj jedne vrste u spletu odnosa jedne biocenoze; sveukupnost svih čimbenika okoliša koji određuju postojanje, tj. onih čimbenika koji su neophodni i odgovorni za postojanje nekog organizma u određenom životnom prostoru.

Što je to okoliš živih bića?

OKOLIŠ živih bića je u PRIRODI u kojoj je ujedinjeno mnoštvo različitih čimbenika (faktora):

- a) fizički (nikad ne djeluju odvojeno, uvijek povezano; to su svjetlost, toplina, vlaga, tem. vode, pokreti zraka,...),
- b) kemijski i
- c) biološki faktori

Utjecaj svih tih faktora nije jednako važan za organizme. Najvažniji su npr: povoljna temperatura (odvijanje kemijskih reakcija u protoplazmi), voda (sastavni dio svakog organizma), kisik i ugljik(IV)-oksid (disanje i fotosinteza), mineralne tvari (soli dušika i fosfora - neophodne u sintezi bjelančevina i nukleinskih kiselina), svjetlost (glavni izvor energije autotrofnim organizmima, posredan izvor heterotrofnim) - svi zajedno čine EKOLOŠKE ČIMBENIKE ili FAKTORE

EKOLOŠKI ČIMBENICI (FAKTORI):

1. BIOTIČKI
2. ABIOTIČKI
3. ANTROPOGENI

1. ABIOTIČKI - faktori nežive prirode

- a) KLIMATSKI - određuju klimu određenog područja: svjetlost, toplina, vlažnost, atmosferske padaline, sastav zraka, vjetrovi
- b) EDAFSKI - odnose se na tlo: geološki sastav, dubinu, mehanički sastav, kemijska svojstva, vlažnost tla, toplinu tla, zračni kapacitet tla, humus (mrtvi organizmi u tlu)
- c) OROGRAFSKI - odnose se na reljef: geografska širina, udaljenost od mora i oceana, veličina planinskih masiva, nadmorska visina (ELEVACIJA), izloženost terena (EKSPOZICIJA), nagib terena (INKLINACIJA)

2. BIOTIČKI - faktori žive prirode

- 2.1/a) FITOGENI - utjecaj biljnih zajednica: prirodnih i umjetnih (korovi, kulturne biljke, tj. nasadi)
- 2.1/b) ZOOGENI - utjecaj životinjskih zajednica: prirodnih (divlje životinje) i umjetnih (domaće životinje)
- 2.2/a) Odnosi među jedinkama iste vrste: razmnožavanje (natalitet, mortalitet), brojnost jedinki
- 2.2/b) Odnosi među jedinkama različitih vrsta: hrana su jedne drugima, konkurencija (za prostor, hranu, zaklon, uvjete razmnožavanja...) - ANTIBIOZA, SIMBIOZA, NAMETNIK i DOMADAR, PREDATOR i PLIJEN / **važno je znati primjere!!!**

3. ANTROPOGENI - utjecaj čovjeka

EKOLOŠKA VALENCIJA (=valenca) - razmak između donje i gornje granice vrijednosti nekog ekološkog faktora u čijem je okviru moguć život organizma neke vrste.

- različita je za svaki faktor posebno i za svaku vrstu (njen razvojni stadij i fiziološke procese)

- mijenja se tijekom života organizma

Organizmi s obzirom na ekol. val. mogu biti:

- a) EURIVALENTNI - org. koji imaju široku ekol. val., tj. podnose velika variranja ekoloških činioca
- b) STENOVALENTNI - org. koji imaju usku ekol. val., tj. ne podnose variranja ekoloških činioca

PRIMJERI: komarac malaričar - s obzirom na temperaturna kolebanja je eurivalentan, tj. podnosi variranja tem. od -30°C do $+30^{\circ}\text{C}$, a s obzirom na kolebanja vlažnosti zraka je stenovalentan, tj. može živjeti samo u zraku koji je **90% zasićen vlagom** (često su živi organizmi eurivalentni na jedan, a stenovalentni na drugi ekološki faktor)

UTJECAJ svih ekoloških faktora na org. nije jednako važan:

- a) **EKOLOŠKI MINIMUM** - najmanji intenzitet nekog činioca koji mora postojati kako bi org. mogao preživjeti
 - b) **EKOLOŠKI MAKSIMUM** - najveći intenzitet nekog činioca koji org. još može podnijeti
 - c) **EKOLOŠKI OPTIMUM** - optimalne vrijednosti ekoloških činioca kod kojih se životni procesi najpovoljnije odvijaju
- a) i b) su **pesimalne vrijednosti** - ograničavajuće vrijednosti, izvan njih život nije moguć

PRIMJERI: Ekološka termovalencija

- *žablja jaja*: - optimum: 22°C
- *jaja pastrve*: - optimum: 4°C
- minimum: 0°C
- minimum: 0°C
- maksimum: 30°C
- maksimum: 15°C

- *spolnost šarana* - minimum: 18°C, ne razmnožava se u hladnijim vodama, iako živi i u njima
- *tigrovi* - prašume Indije: 35°C; - Sibir: -40°C
- *grebenski koralji* - topla tropska mora

Ekološka valencija s obzirom na izbor hrane:

- *gusjenice leptira*: dudov svilac se hrani isključivo lišćem duda (stenovalentan), a gubar glavonja lišćem 477 različitih biljnih vrsta (eurivalentan)

Najvažniji su OGRANIČAVAJUĆI ekološki faktori, tj. oni koji se najviše udaljuju od optimuma. Tu činjenicu je uočio još **1840. god. J. LIEBIG** (proučavao je ovisnost rasta biljaka o hranjivim solima) i postavio:

I. EKOLOŠKO PRAVILO MINIMUMA - mogućnost preživljavanja jedne vrste, njen razvoj, određen je onim ekološkim faktorom koji je najbliži pesimalnoj vrijednosti MINIMUMU, iako su svi ostali na optimumu (rast biljke ograničava ona tvar koje ima najmanje u tlu, kojom biljka najmanje raspolaže).

THIENEMANN je uključio obje pesimalne vrijednosti (nije uključio promjenljivost) i **1926. god.** postavio:

II. OPĆE PRAVILO EKOLOŠKIH FAKTORA - brojnost jedne vrste i njeno preživljavanje određeno je onim faktorom koji je najviše udaljen od optimuma (soli koje sadrže dušik i fosfor ograničavajući su faktor organske produkcije).

KONVERGENCIJA - rezultat prilagodbe na određene ekološke faktore;

- filogenetski (srodstveno) udaljene vrste su na iste ekol. faktore slično prilagođene.

PRIMJERI: ribe i morski sisavci (kitovi, dupini)

JOŠ NEKI POJMOVI IZ EKOLOGIJE:

BIOMASA - mjerilo **gustoće** neke populacije; broj jedinki neke **vrste** na nekom prostoru ili njihova ukupna masa u suhom (dehidriranom) ili sviježem stanju.

BIOINDIKATORI (životni pokazatelji) - biljne ili životinjske vrste koje ukazuju na veliku vrijednost nekog biotopa; krajnje karike hranidbenog lanca; vrste usko prilagođene određenim tipovima biotopa; organizmi koji pokazuju određene odnose unutar staništa.

BIOLOŠKA RAVNOTEŽA - brojčano više ili manje stabilan omjer između različitih biljnih i životinjskih vrsta nekog područja.

CRET - područje na tresetnom tlu, često močvarno i pokriveno raslinjem.

DENDROLOGIJA - znanost o drveću.

BIODIVERZITET ili **BIOLOŠKA RAZNOLIKOST** - raznolikost biljnih i životinjskih vrsta.

FITOMIMEZA - kod nekih vrsta (često kukaca) oblik tijela je sličan dijelovima biljaka (listu, grančici...)

MONOKULTURA - nasad iste biljne vrste na velikoj površini.

MIMIKRIJA - neke vrste načinom pokretanja, bojom ili sl. oponašaju otrovne vrste te ih njihovi predatori izbjegavaju, ...

KULTURNA STEPA - izraz koji se često upotrebljava za velike površine intenzivno obrađivanih monokultura

ZAŠTITA PRIRODE - naponi za očuvanje krajobrazne, biljne i životinjske raznolikosti, a time i za očuvanje biološke ravnoteže i dojmljivog krajolika.

ZAŠTITA VRSTE - planirane mjere za očuvanje određenih biljnih i životinjskih vrsta, te mjere uključuju i zaštitu njihovih staništa.

43. NEKA ČESTA PITANJA

1. Što je KINETOHORA? – *struktura koja se stvara na centromeri, najčešće tijekom profaze (mitoze i mejoze), za nju se «hvataju» niti diobenog vretena (ili čak «rastu» iz nje)*
2. Razlika između ANEURIZMA i ANURIZMA? – ANEURIZMA (grč.) proširenje krvnih žila zbog bolesti stijenki; ANURIZMA – NE POSTOJI; postoji: ANURIJA (grč. =bez urina – poteškoće pri mokrenju ili potpuni izostanak mokrenja) i ANURI (=bezrepci; skupina vodozemaca, npr. žabe)
3. Što se događa s drugim lancem DNA pri sintezi proteina? – *dok se na jednom lancu DNA sintetizira mRNA, drugi lanac DNA ostaje namotan oko histona*
4. Što je VAZOPRESIN? – *hormon koji se naziva i ADH = antidiuretički hormon*
5. Što razgrađuje α -AMILAZA? – *to je zapravo enzim koji se nalazi u slini i zovema ga PTIJALIN, razgrađuje škrob do maltoze (u ustima), a maltaza dalje cijepa maltozu na glukozu*
6. Kojem rodu pripadaju modrozelenne alge koje izazivaju cvjetanje mora? - *Microcystis*
7. Što su IZOLECITALNA JAJA? = HOMOLECITALNA, *sadrže malo žumanjka koji je ravnomjerno raspodijeljen po citoplazmi; kod morskog ježa, amfioksa (kopljača) i placentalnih sisavaca (HRŽENJAK, str. 59.)*
8. Što su TELOLECITALNA JAJA? – *sadrže više žumanjka koji je potisnut prema jednom polu (=vegetativni pol), suprotan pol sadrži jezgru i citoplazmu (=animalni pol); dijele se na: OLIGOLECITALNA (malo žumanjka – vodozemci) i POLILECITALNA (mnogo žumanjka – gmazovi, ptice i sisavci jednootvori)*
9. Što su CENTROLECITALNA JAJA? – *sadrže mnogo žumanjka; u sredini jajeta je citoplazma s jezgrom, okolo je žumanjak pa opet tanak sloj citoplazme ispod opne (kukci)*

žumanjak = vitelus – sadrži fosfolipid LECITIN
10. Što je BLASTODISK? – *mali disk blastomera u kojem se brazda zigota ptica, gmazova i sisavaca jednootvora, na animalnom polu (NEMA STADIJA MORULE – zato što zigota ptica,... sadrži pretežno žumanjak)*
11. Što je sekundarna tjelesna šupljina? =COELOM – *nastaje u mezodermu*
12. Što je ANTIBIOGRAM? – *mikrobiološka metoda kojom se ispituje djelovanje niza antibiotika na izoliranu bakteriju uzročnika; tom se metodom utvrđuje najdjelotvorniji antibiotik za liječenje određene bolesti prema NAJVEĆOJ ZONI INHIBICIJE*
13. Što znače pojmovi: IZOGAMIJA, OOGAMIJA i ANIZOGAMIJA? IZOGAMIJA (=stapanje gameta koje se morfološki **ne razlikuju**); OOGAMIJA (=gamete se razlikuju u veličini i pokretljivosti: jajna stanica je velika, nepokretna, a spermij je mala, pokretna stanica); ANIZOGAMIJA (=gamete se razlikuju u veličini **ili** pokretljivosti- kod svih METAZOA = višestaničnih životinja razvijenih tkiva i nekih biljaka)
14. Što je PROSTETIČKA SKUPINA? – *neproteinska skupina koja se veže na protein i tvori konjugirani protein, npr. hemoglobin (DNA neki smatraju prostetičkom skupinom histona u kromatinu!!!)*
15. Što je KOENZIM (coenzim)? – *organska molekula, u heterotrofa to su često derivati u vodi topljivih vitamina ili derivati mono- ili dinukleotida; sudjeluju u kemijskim reakcijama, za razliku od prostetičke skupine vežu se privremeno za molekulu enzima (Co A, Co Q, FAD, NAD, NADP...); često su to **reciklirajući** (=vraćaju se u početnu formu) prenosioци kemijskih grupa potrebnih u enzimskim reakcijama ili za kemijske grupe koje nastaju u tim reakcijama; odvajanje coenzima od produkta reakcije ili iz enzimatskog okoliša često je **esencijalno** da se spriječi inhibicija enzima!*

16. Što je MULA, a što MAZGA, što je ZEBRULA, a što ZEBRIN? – MULA=magarac + kobila; MAZGA=magarica + konj (pastuh); ZEBRULA=mužjak zebre + kobila; ZEBRIN=ženka zebre + konj (pastuh)
17. Što je NUKLEOSOM? – DNA namotana oko histona (bjelančevina)
18. Što su C-4 biljke? – biljke koje žive na sunčanim i toplim staništima (npr. kukuruz i šećerna trska); imaju posebno građen list: uz mezofilne stanice(+kloroplasti) imaju i štapičaste stanice koje obavijaju žile; CO₂ se u mezofilnim stanicama ugrađuje u spoj koji ima 4 C-atoma (IME!!!) i kroz plazmodezmijske prenosne spojeve u štapičaste stanice u kojima se odvija Calvinov ciklus (sinteza ugljikohidrata) (BIOLOGIJA 3); prof. Regula: te su biljke «i danju prisiljene pritrvoriti puči» što bi moglo dovesti do smanjenja fotosinteze, zato kod njih postoji mehanizam «temeljen na nazočnosti enzima (fosfoenolpiruvat-karboksilaza) koji ima visoki afinitet prema CO₂» te se time «CO₂ ugrađuje u jabučnu kiselinu i pohranjuje u vakuole».
19. Što su CAM-biljke? = biljke s dnevnim kiselinskim ritmom ili Crassulacean Acid Metabolism (Crassulacea – tustike): sukulente biljke koje žive na vrlo suhim staništima i visoke temperature (npr. kaktusi), danju imaju zatvorene puči (smanjuju transpiraciju), a noću otvorene primaju CO₂ i ugrađuju ga u organske kiseline, danju se taj CO₂ otpušta iz organskih kiselina i u kloroplastima se reducira do ugljikohidrata (Calvinov ciklus) (BIOLOGIJA 3); prof. Regula spominje u svom udžbeniku da te biljke «ako ih prenesemo u područje umjerene klime» otvaraju svoje puči danju, «a CO₂ neće ugrađivati u jabučnu kiselinu nego u ribulozu-1,5-bifosfat».
20. Što su BILJKE KRATKOG DANA, a što BILJKE DUGOG DANA? - **BILJKE KRATKOG DANA**=duge noći - trebaju dan kraći od 12 sati; cvatu u proljeće ili jesen (krizanteme); **BILJKE DUGOG DANA**=kratke noći – trebaju dan dulji od 12 sati; cvatu ljeti (trave, žitarice, špinat, djetelina...)
21. Što je POREMEĆAJNA SVJETLOST? - ako biljku KRATKOG DANA osvijetlimo u vrijeme noći tzv. poremećajnom svjetlošću – BIJELOM ili SVJETLOCRVENOM svjetlošću (kraće vrijeme) – ona neće cvasti, ali ako je osvijetljena TAMNOCRVENOM svjetlošću – onda će cvasti! Razlog: stvaranje fitokroma u plazmi stanica listova koji raspoznaje duljinu trajanja svjetlosti, valnu duljinu i jačinu svjetlosti! Pod utjecajem bijele i svjetlocrvene svjetlosti stvara se aktivni oblik fitokroma, a pod utjecajem tamnocrvene svjetlosti – inaktivni oblik fitokroma! (prof. Regula); poremećajna svjetlost skraćuje razdoblje tame i potiče cvjetanje biljaka dugog dana!
22. Što je KRITIČNO RAZDOBLJE TAME? =**minimalno razdoblje tame koje zahtijevaju biljke kratkog dana** da bi mogle cvjetati, odnosno, **maksimalno razdoblje tame koje zahtijevaju biljke dugog dana** da bi mogle cvjetati!