



# Evolutsoon 12. klassile



Triin Marandi  
2012

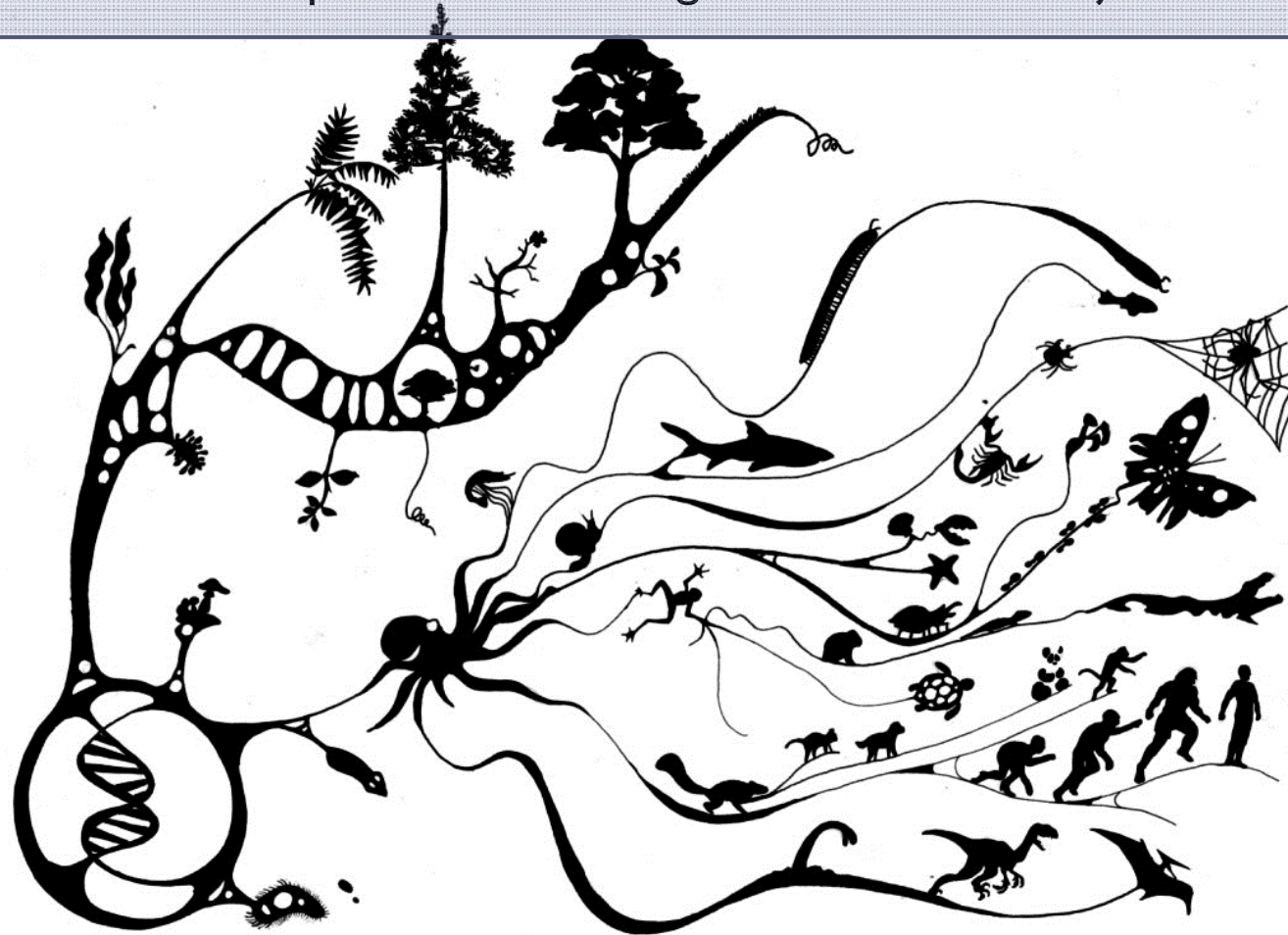
# 2 tundi

---

Evolutsiooni mõiste  
Evolutsiooni põhivormid  
Elu päritolu teooriad  
Evolutsioonitõendid

# Evolutsiiooni mõiste

**Evolutsiioon** – süsteemi pöördumatu areng mitmekesisemaks ja keerukamaks.



# Evolutsiooni põhivormid



- 1) Kosmiline e füüsikaline evolutsioon** – universumi kujunemine.
- 2) Keemiline evolutsioon** – keeruliste stabiilsete keemiliste ühendite moodustumine lihtsatest anorgaanilistest molekulidest.
- 3) Bioloogiline evolutsioon** – elu areng Maal esimestest elusolestest inimeseni.
- 4) Sotsiaalne evolutsioon** – inimühiskonna areng, s.o kultuuride ja tsivilisatsiooni areng Maal.

# Kosmiline ehk füüsikaline evolutsioon 1

- ebapüsivatest elementaariosakestest raskemate aatomite (keemiliste elementide), tähtede, planeetide ja galaktikate teke ning edasine areng.

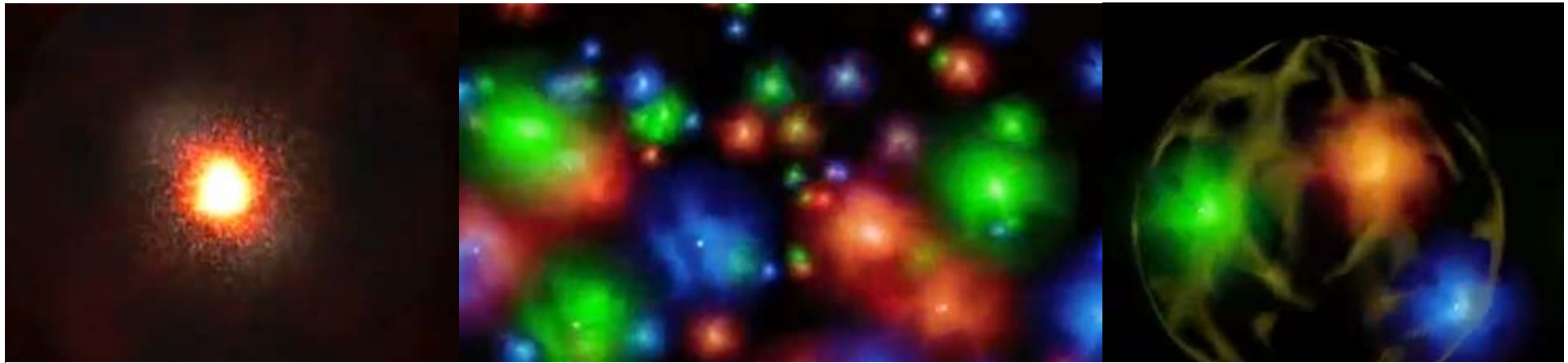
**Suure paugu hüpotees** (1927. a. Belgia astronoom *Georgs Lemaitre*) - universum sai alguse üliväikese ja tiheda mateeria-kogumi plahvatuslikust laialipaiskumisest umbes **15-12 miljardit aastat tagasi**.

Plahvatusel ulatus temperatuur 100 miljardi kraadini - mateeria paisus – temperatuur hakkas langema.

Universumi paisumine ja jahtumine toimub kogu aeg ning tähesüsteemid eemalduvad üksteisest.

**Tekkisid keemilised elemendid** (nt **süsinik, lämmastik, hapnik**), mis olid aluseks järgnevale keemilisele evolutsioonile.

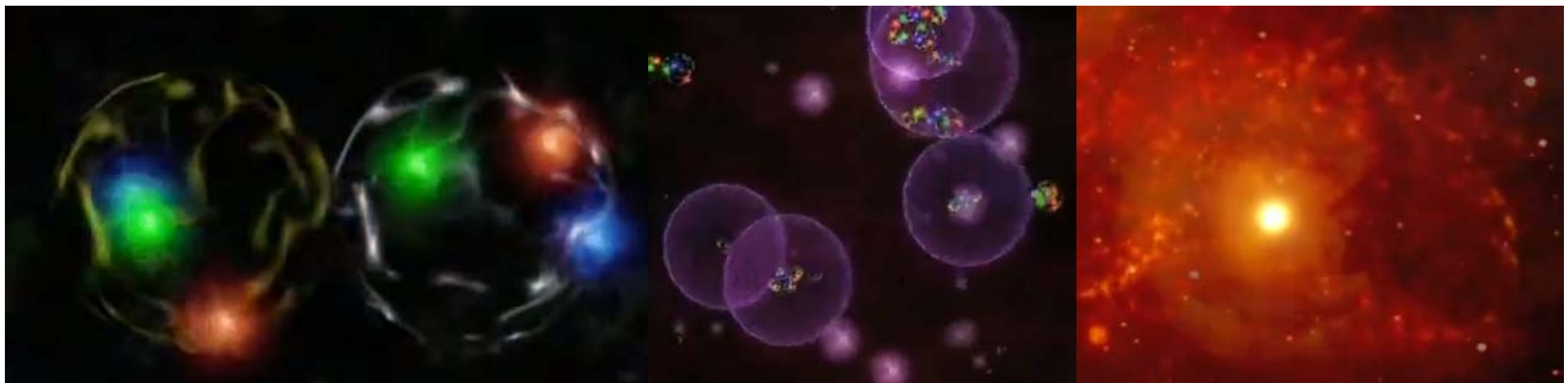
# Kosmiline evolutsioon 2



Tiheda ja kuuma kosmilise aine plahvatus

Kvargid

Neutronid ja prootonid



Vesink jm elemendid

Raskemad elemendid

Uued plahvatused

# Kosmiline evolutsioon 3



Galaktikad



Päikesesüsteem (5 miljardit aastat tagasi)  
Planeedid (**Maa 4,5 miljardit aastat tagasi**)



**Maal: hapnikku pole, on äike ja vulkaanid**

Vaba hapnik oleks kõik tekkivad orgaanilised ühendid lagundanud.

# Keemiline evolutsioon 1

- keeruliste stabiilsete keemiliste ühendite moodustumine lihtsatest anorgaanilistest molekulidest.

**Sai võimalikuks tänu** aatomite tekkele, vaba hapniku puudumisele, osoonikihi puudumisele (UV-kiirgus energiaallikana).

Oluliseks kujunes **süsinik**, mis võib moodustada püsivaid makromolekule.

Keemilisteks reaktsioonideks vajalik **energia** saadi päikesekiirgusest, kosmilisest kiirgusest, radioaktiivsest kiirgusest, õhuelektrist ja vulkaanilisest tegevusest.

Makromolekule aitasid koos hoida **savimineraalid** (püriit  $\text{FeS}_2$ ).

Atmosfääris tekkinud ühendid segunesid veekogudes (80-100°C) ja reageerisid edasi ('**ürgpuljong**').



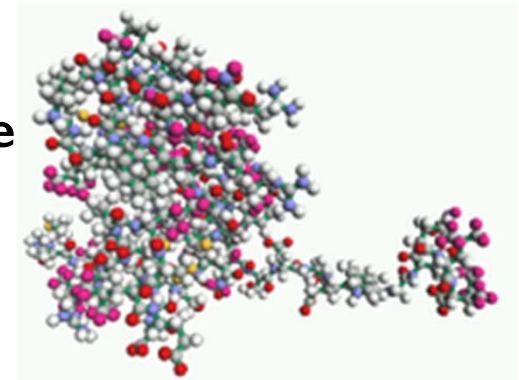
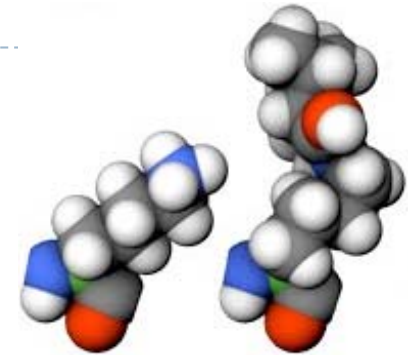
# Keemiline evolutsioon 2

Kolm etappi:

**1. etapil** moodustusid erinevate gaaside reageerimisel **lihtsad orgaanilised ühendid**, nende hulgas aminohapped, nukleotiidid ja sahhariidid.

**2. etapil** toimus nende ühendite **polümeriseerumine** (nt moodustusid polüpeptiidid, polünukleotiidid).

**3. etapil** organiseerusid orgaanilised polümeerid suhteliselt püsivateks ja ümbritsevast **keskkonnast eristuvateks molekulide kogumiteks** – üleminek bioloogilisele evolutsioonile.



# Keemiline evolutsioon 3 - tõestus

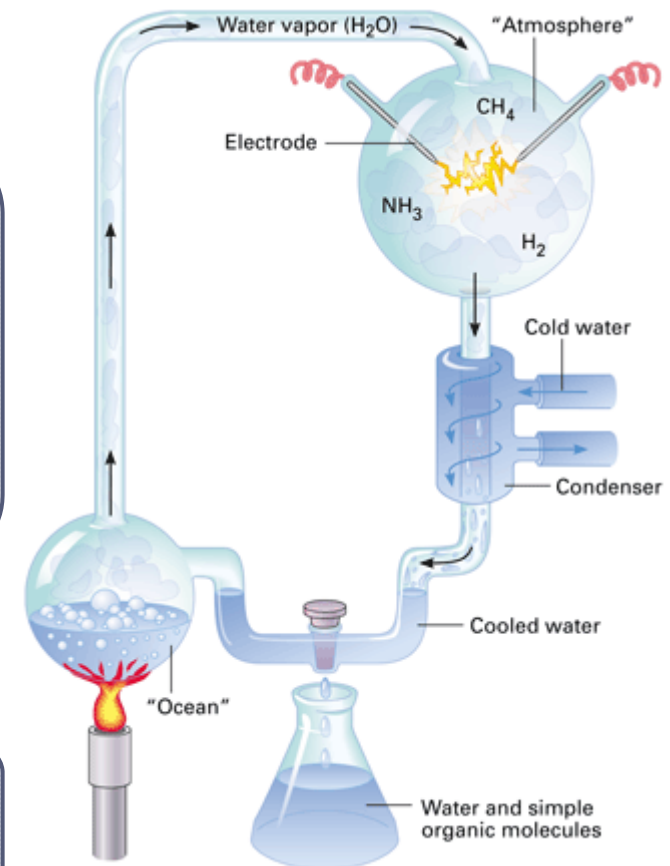
## Stanley Miller 1953

Atmosfääri mudel: vesinik, metaan, ammoniaak + elekter = **4 erinevat aminohapet**

On saadud **ka teisi aminohappeid, suhkruid, lipiide** jm, aga mitte kõiki elusorganismides olemas olevaid.

## Sidney Fox 1969

Aminohapete kuumutamine – **polüaminohapped** – vees mikrokeradena (nagu rakud).



# Keemiline evolutsioon 4 - tõestus

---

## Austraaliasse kukkunud meteoriit 1969

Leiti üle 90 aminohappe (tuntud ja tundmatud), suhkruid jm orgaanilisi aineid.

Need tekkisid abiootiliste reaktsioonide tulemusena Päikese välisatmosfääris.

Võivad/võisid sattuda meteoriitidega Maale.



# Bioloogiline evolutsioon 1

---

- elu ajalooline areng Maal liikide üksteisest põlvnemise kaudu esimestest elusolestest inimeseni.

**Mis on elu omadused?**

Aeg: umbes **4...3,5 miljardit aastat tagasi.**

# Bioloogiline evolutsioon 2

---

**Elu omadus:** paljunemine – endasarnaste järglaste andmine.

**Selleks vajalikud:**

DNA (kannab endas pärilikkuse infot)

Valgud (päriliku info realiseerumine)

RNA (vahendavad pärilikku infot DNAlt valkudele)

**Mis oli enne?**

**Teooria:** esmalt oli RNA, mis paljunes, moodustas RNA kogumikke – ribosoomid – osalesid valgusünteesil, valkude ümber lihtne lipiidne kile (nagu rakud).

**Probleemid:** katseliselt pole saadud RNA-d ega DNA-d, teooria ei seleta geneetilise koodi teket.

# Elu päritolu ja arengu teooriad 1

---

1. Elu on loodud
2. Elu on ise tärganud (sh 19. saj. alguses):
  - minevikus keemilistest ainetest
  - korduvalt, mudast jm elutust
3. Elu on tulnud kosmosest
4. Elu pärineb elusast (19. saj.)

**L. Pasteur** (19. saj. keskpaik) – bakterid tekivad bakteritest

5. Elu tekkis minevikus teatud tingimustel elutust ja arenes. Nüüd tekib vaid elusast (20. saj.)

**Miks elu praegu ei teki?** Põhjusi on palju, alates atmosfääri sobimatust koostisest, ebapiisavast vulkaanilisest aktiivsusest ja lõpetades asjaoluga, et värskelt tekkinud aminohapped söödaks otsekohe ära juba olemasolevate elusorganismide poolt.

# Elu päritolu ja arengu teooriad 2 (Liikide teke)

- ▶ Organisme hakati rühmitama eristuvateks rühmadeks **17.-18. sajandil**.
- ▶ Algselt seletati liikide päritolu **loomisega**.
- ▶ Liik - omavahel sarnased isendid, kes annavad ka endasarnaseid järglasi.

- ▶ **Liigitekke teaduslikud alused - Charles Darwin (1859):** olemasolevad liigid põlvnevad varem elanud liikidest ja on muutunud tänu looduslikule valikule ning olelusvõitlusele (kuna isesendeid on palju ja ressursse vähe).

Näide: Galàpagose saarestikus vindi- ja kilpkonnaliigid on Charles Darwini arvates tekkinud Lõuna-Ameerika mandrilt saarestikku sattunud üksikute isendite paljunemisel ja kohastumisel kohalike tingimustega.

Geneetikast ei teatud eriti midagi!

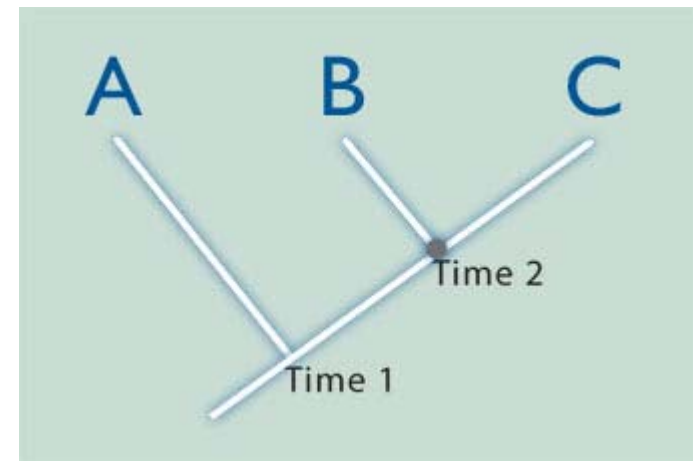
**J. B. de Lamarck (19. saj. algus):**

- liigid ei ole ühevanused
- uued eluvormid tekivad pidevalt anorgaanilisest loodusest
- liigid muutuvad erinevates keskkonnatingimustes
- modifikatsioonid on pärilikud

# Elu päritolu ja arengu teooriad 2 (Liikide teke)

- ▶ **Darvinism** (Darvini teooria): evolutsiooni määrab pärilik mitmekesisus, olelusvõitlus, looduslik valik, kohastumine.
- ▶ **Lamarkism** (Lamarcki teooria): harjutamine ja keskkonnas kasulikud muutused päranduvad järglastele.
- ▶ **Sünteesiline evolutsiooniteooria**: tänapäevane evolutsiooniteooria = darvinism + mendelism (Mendeli geneetika ehk pärilikkuseõpetus)

**Fülogenees** e. evolutsiooniline põlvnemine





# Evolutsiooni tõendid 1

---

- ▶ Paleontoloogilised tõendid
- ▶ Väljasurnud organismide ehituse (anatomia) võrdlus praegu elavate organismidega
- ▶ Organismide lootelise arengu võrdlus (embrüoloogia)
- ▶ Biokeemia ja molekulaarbioloogia meetodid (organismide keemilise koostise võrdlus)
- ▶ Biogeograafia ja ökoloogia tõendid
- ▶ Kultuurtaimede ning koduloomade aretus



# Evolutsiooni tõendid 2

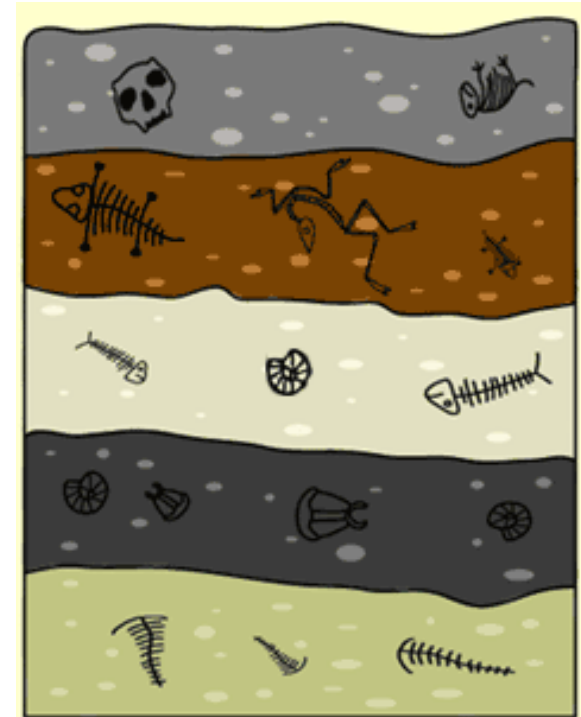
**Paleontoloogia – teadus möödunud aegadel elanud organismidest.**

Tõendeid leitakse maakoos, eelkõige settekivimites.

## **Tõendid:**

- kivistised e. **fossiilid** (vanimad 2 miljardit aastat tagasi – mikroorganismid)
- väljasurnud organismide **elutegevuse jäljed**
- taimede **seemned ja tolmuterad**
- organismide **jäljendid**

**Mõte:** maakoore erineva vanusega kihid sisaldavad erisuguste organismide kivistisi. Mida vanemad kivimid, seda lihtsama ehitusega organismide jäänuseid leiab.



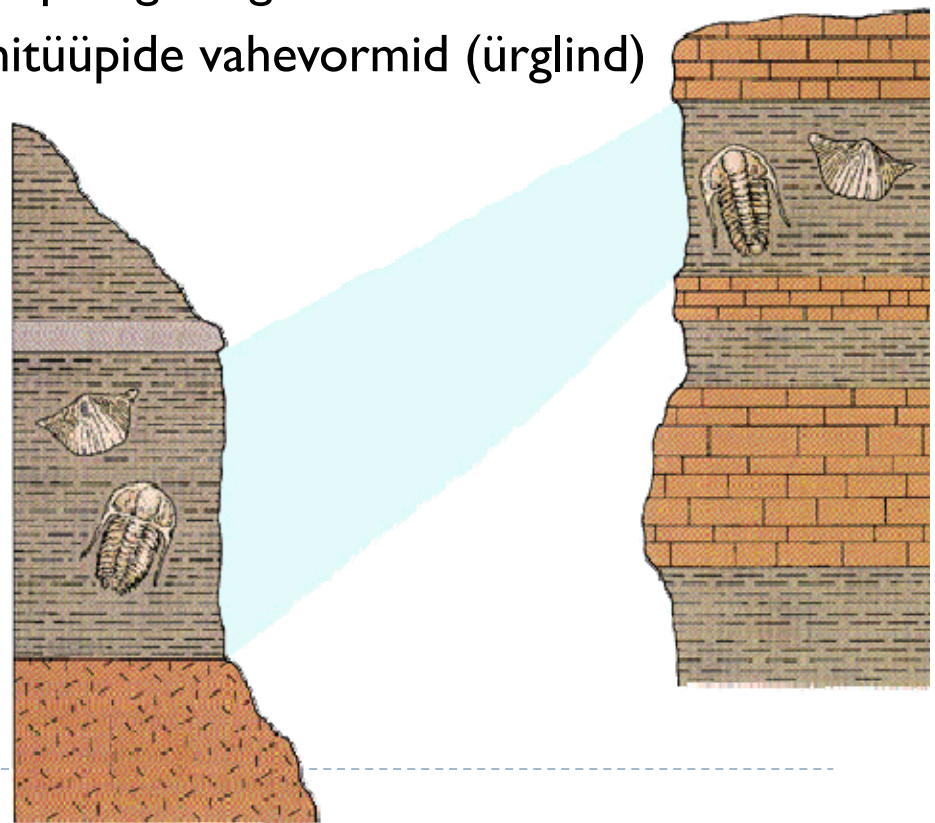
**G. Cuvier** (19. saj. algus)  
Elu on loodud, kivistised.

# Evolutsiiooni tõendid 3

- ▶ Sügavamal vanemad kivistised
- ▶ Igal kihil ainult temale omased kivistised nn **juhtkivistised**
- ▶ Vanemad organismid lihtsamad
- ▶ Vanemad organismid vähem sarnased praegustega
- ▶ Keskel vanade ja praeguste organismitüüpide vahevormid (ürglind)

Ühtedes kihtides esinevad ühed kivistised ja teistes teised.

Sarnased trilobiidid ja käsijalgseid viitavad kihi samaaegsele tekkele.



# Evolutsiiooni tõendid 4

---

## **Paleontoloogia eesmärk:** selgitada

- millised organismid on minevikus Maad asustanud ja millal täpselt
- millised on olnud organismidevahelised sugulus- ehk põlvnemissuhted
- millised tegurid on põhjustanud elu evolutsiooni

**Suhteline vanus** – millised organismid elasid varem ja millised hiljem

Suhteline vanus ei pruugi olla täpne – nt mäeteke võib muuta kihtide järjekorda.

**Absoluutne vanus** – tegelik vanus, kaua aega tagasi organismid elasid

Mõõdetakse radioaktiivsete elementidega ja isotoopidega.

<http://gi.ee/geomoodulid/files/modules/GEOL-VANUS.html>

# Evolutsiiooni tõendid 5

---

- ▶ **Väljasurnud organismide ehituse (anatomia) võrdlus praegu elavate organismidega.** Võrreldakse organismide siseehitust.

▶ Kui organismidel on põhijoonelt sarnased elundid, elundkonnad, võib järeldada, et neil on ühised eellased.

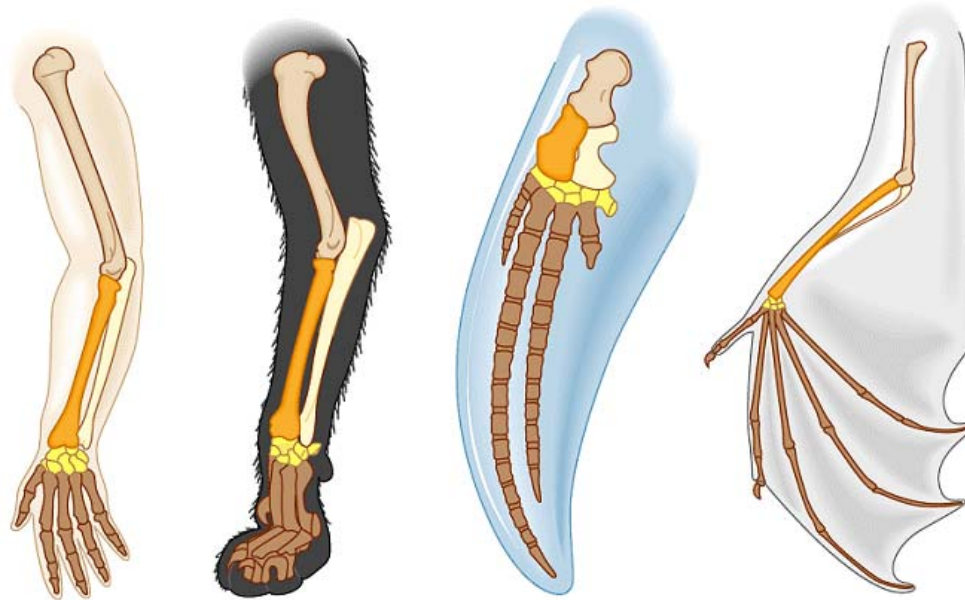
- ▶ **Homoloogilised elundid** – sarnane ehitus ja päritolu, kuid funktsioon võib olla erinev (N: selgroogsetel jalg, loib, tiib)
- ▶ **Analoogilised elundid** – erinev päritolu ja ehitus, kuid sarnane funktsioon (N: linnu ja liblika tiib)
- ▶ **Mandunud elundid** – elundid, mis ei arene täielikult välja ning on kaotanud oma algse funktsiooni (N: õndraluu lülid, kõrvaliigutmise lihased, ussiripik, osaline karvkate inimestel)

# Evolutsiiooni tõendid 6

---

## ▶ Homoloogilised elundid

- ▶ Nt inimese, kassi, vaala ja nahkhiire viievarbalised esijäsemed – sarnased luud.
- ▶ Seega linnu tiib on muundunud esijäse, mis pärineb imetajatega ühiselt eellaselt.

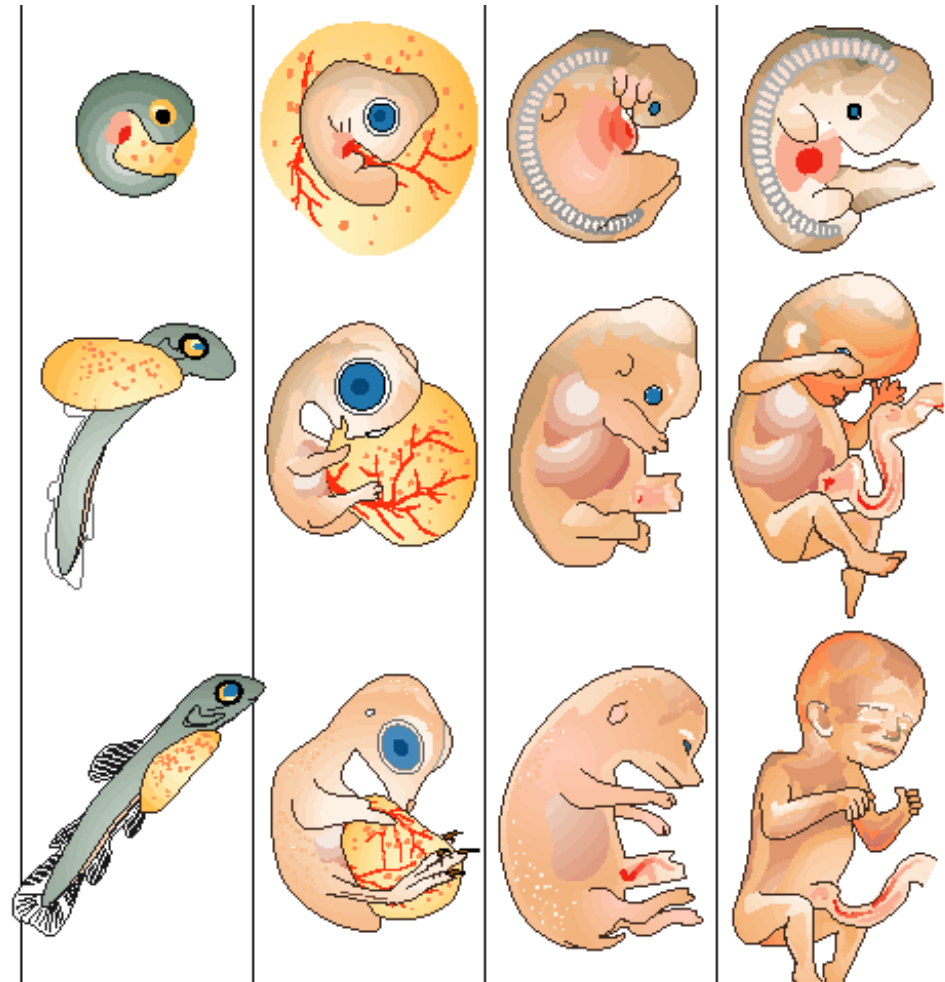


# Evolutsiooni tõendid 7

- ▶ **Organismide lootelise arengu võrdlus (embrüoloogia):** kõrgemate organismide loodete arengus korduvad mõned madalamate organismide loodete arengujärgud ehk siis

**teatud etappidel on ühise eellasega organismide looted sarnased.**

- ▶ Nt on kõigi selgroogsete loodetel teatud etapis lõpusepilud ja seljakeelik.



**Biogeneetiline reegel**

# Evolutsiiooni tõendid 8

---

- ▶ **Biokeemia ja molekulaarbioloogia meetodid - organismide keemilise koostise ja geneetika võrdlus**

Mida suurem biokeemiline ja molekulaarbioloogiline sarnasus, seda lähem sugulus.

- ▶ Võrreldakse geene, pseudogeene, keemilist koostist, molekulaarbioloogilisi protsesse.

**Pseudogeenid** – mittekodeerivad geenid eukarüootsetes organismides, väga ammu tekkinud. Nende võrdlus peegeldab fülogeneesi.

**Molekulaarkell** – DNA nukleotiidse või valkude aminohappelised järjestuse erinevusel põhinev fülogeneetiliste liinide lahknemisaegade ligikaudne määrang; mis põhineb faktil, et geneetiline struktuur muutub keskmiselt püsiva kiirusega (geenmutatsioonide kinnitumine genoomides toimub eri fülogeneetilistes liinides pika ajavahemiku jooksul enam-vähem püsiva kiirusega).



# Evolutsiiooni tõendid 9

---

- ▶ Nt inimesel ja šimpansil on enamik valkudest ühesuguse aminohappelise koostisega).
- ▶ Nt kõigil organismidel esinevad ühesugused biomolekulid: DNA, aminohapped, ATP jne.
- ▶ Nt geneetiline kood on universaalne – toimib kõigis organismides.
- ▶ Nt inimesel on ühiseid geene isegi bakteritega.

**Seega** on kõigil Maal elavatel organismidel sama päritolu.

# Evolutsiooni tõendid 10

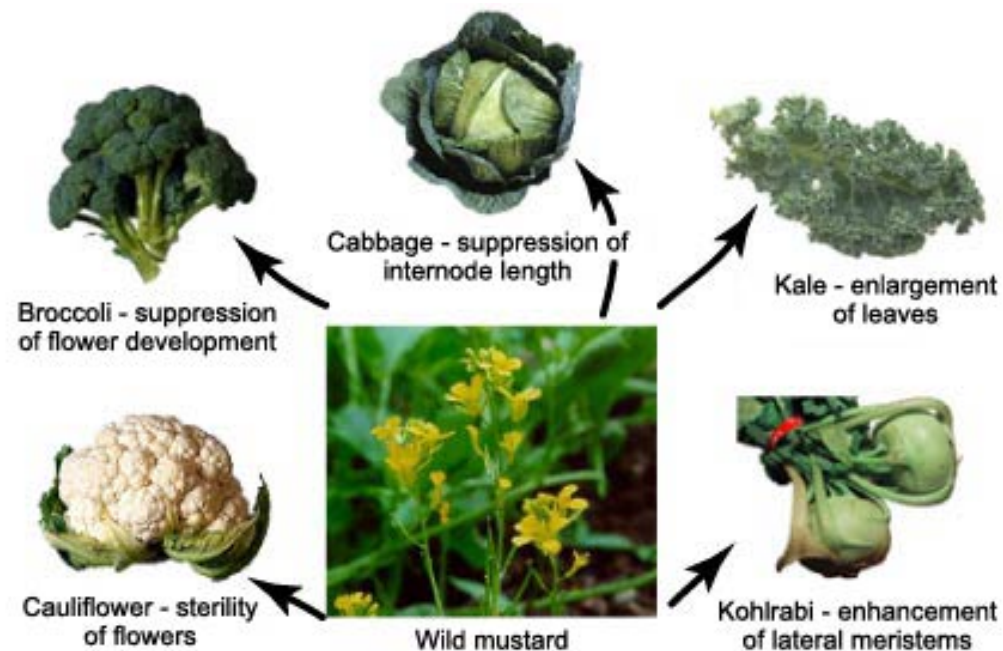
---

- ▶ **Biogeograafia ja ökoloogia tõendid:** organismide levik on seotud kindlate piirkondadega. Pikka aega geograafiliselt üksteisest eraldatud ühte liiki organismid erinevad üksteisest.
- ▶ Nt ürg- ja alamimetajad on levinud põhiliselt Austraalias.
- ▶ Nt Galapagose saarel ja mujal elavad kilpkonnad on väga erinevad.



# Evolutsiooni tõendid 11

- ▶ **Kultuurtaimede ning koduloomade aretus:** ristamist, kunstlikku valikut ja teisi võtteid kasutades on inimene suutnud muuta paljude organismide ehitust ja elutegevust.
- ▶ Sarnased muutused võisid toimuda ka looduses.
- ▶ Tõestab analoogiat ja liikide muutumisvõimet.



# Üldised küsimused kordamiseks

---

1. Mida tähendab evolutsioon?
2. Nimeta evolutsiooni põhivormid
3. Kirjelda evolutsiooni põhivorme (aeg, tingimused, tagajärjed)
4. Millised on olnud elu päritolu teooriad?
5. Millised on evolutsiooni teaduslikud tõendid?

# Täpsemad küsimused kordamiseks

---

1. Mis on evolutsioon?
2. Nimeta evolutsiooni põhivormid (4).
3. Mis on füüsikaline evolutsioon (mõiste, toimumise aeg, tingimused, tulemus, tähtsus)?
4. Kirjelda suure paugu hüpoteesi.
5. Mis on keemiline evolutsioon (mõiste, toimumise aeg, tingimused, 3 etapi tulemused, tähtsus)?
6. Kuidas on tõestatud keemilist evolutsiooni Stanly Miller, Sidney Fox ja Austraaliasse kukkunud meteoriit?
7. Mis on bioloogiline evolutsioon (mõiste, toimumise aeg, tingimused, tulemus, tähtsus)?
8. Mis on elu tunnused?
9. Mis oli enne, kas RNA või DNA? Selgita!
10. Nimeta 5 elu päritolu ja arengu teooriat (17.-20. saj.)
11. Miks elu praegu ei teki?
12. Mida olulist evolutsiooniteooriasse andis L. Pasteur?
13. Mida olulist evolutsiooniteooriasse andis C. Darwin?
14. Mida olulist evolutsiooniteooriasse andis J. B. de Lamarck?
15. Mis on darvinism?
16. Mis on lamarkism?
17. Mis on sünteetiline evolutsiooniteooria?
18. Mis on fülogenees? Joonista üks teoreetiline fülogeneesipuu. Mida selle põhjal võib öelda?

# Täpsemad küsimused kordamiseks

---

1. Nimeta 9 teadusharu, mis pakuvad evolutsioonitõendeid.
2. Mis on paleontoloogia, millised on ja millel põhinevad tema tõendid?
3. Mis on organismide suhteline vanus? Kuidas seda mõõdetakse?
4. Mis on organismide absoluutne vanus? Kuidas seda mõõdetakse?
5. Millist infot annab organismide anatoomia võrdlus?
6. Mis on homoloogilised elundid? Too näiteid.
7. Mis on analoogilised elundid? Too näiteid.
8. Mis on mandunud elundid? Too näiteid.
9. Sõnasta biogeneetiline reegel. Millel see reegel põhineb?
10. Millist infot annab organismide biokeemia ja molekulaarbioloogia võrdlus?
11. Mis on pseudogeenid?
12. Mis on molekulaarkell?
13. Too näiteid biokeemilistest ja molekulaarbioloogilistest evolutsioonitõenditest.
14. Millist infot annab organismide biogeograafia ja ökoloogia?
15. Too näiteid biogeograafilistest ja ökoloogilistest evolutsioonitõenditest.
16. Millist infot annab kultuurtaimede ja koduloomade aretus?

2 tundi

---

Elu areng Maal

# Elu areng Maal 1

- ▶ Kauges minevikus olid kontinendid omavahel ühendatud.
  - ▶ Kontinendid liiguvad tänu laamade (Maa välimise osa jäigad plaadid) liikumisele.
- ▶ Mandrite triiv mõjutab Maa kliimat.
  - ▶ Maa kliima määrab evolutsiooni.



Kuidas võiks kliima evolutsiooni kulgu määrata?



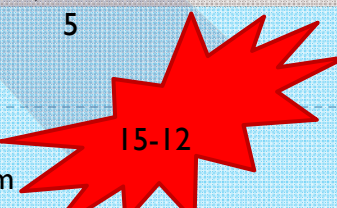
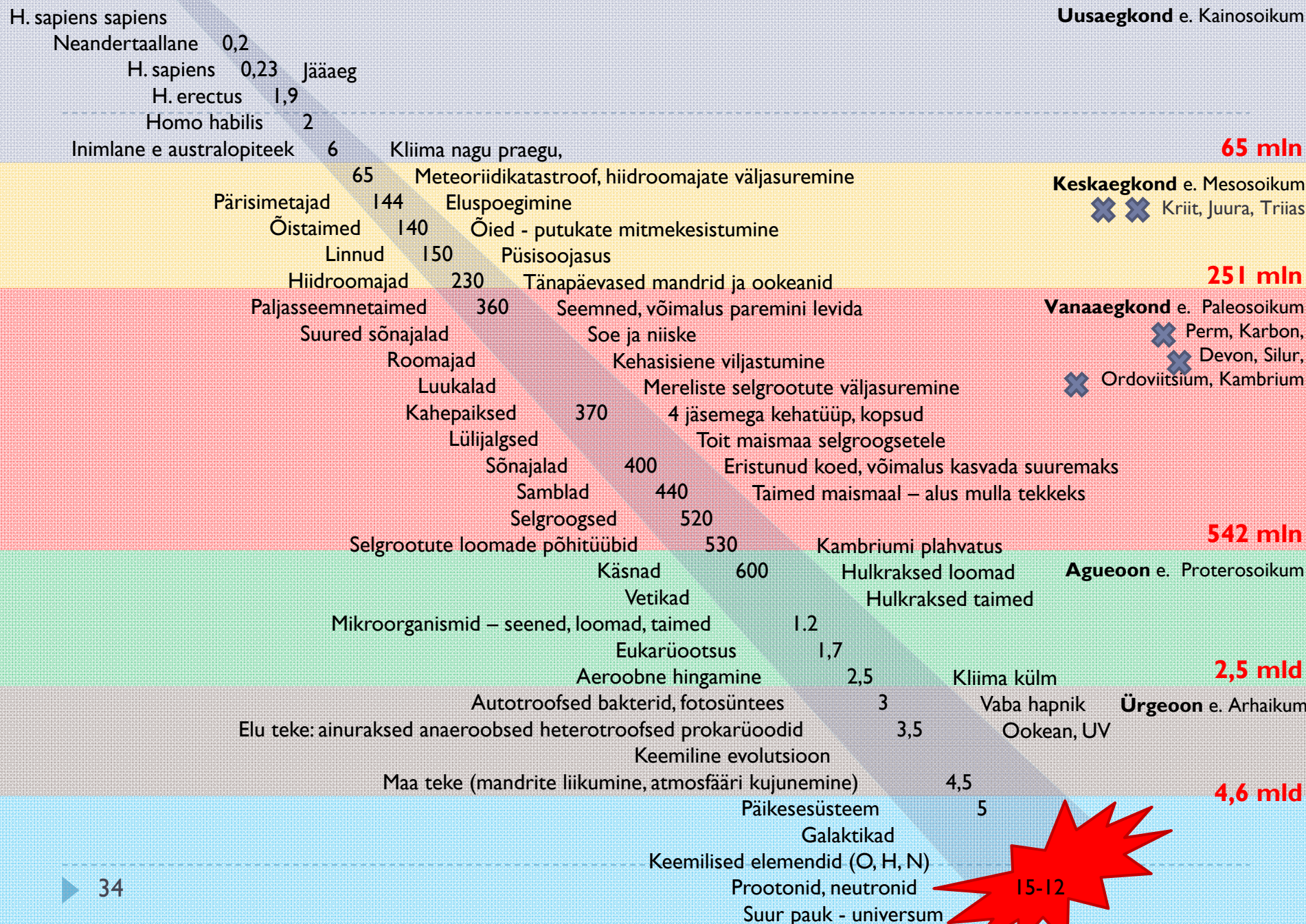
# Elu areng Maal 2

Vastavalt etappidele mandrite triivis, kliima ja elustiku muutustele on teadaolev geoloogiline ajalugu jagatud **aegkondadeks ja ajastuteks.**

**Miljon - mln**  
**Miljard - mld**

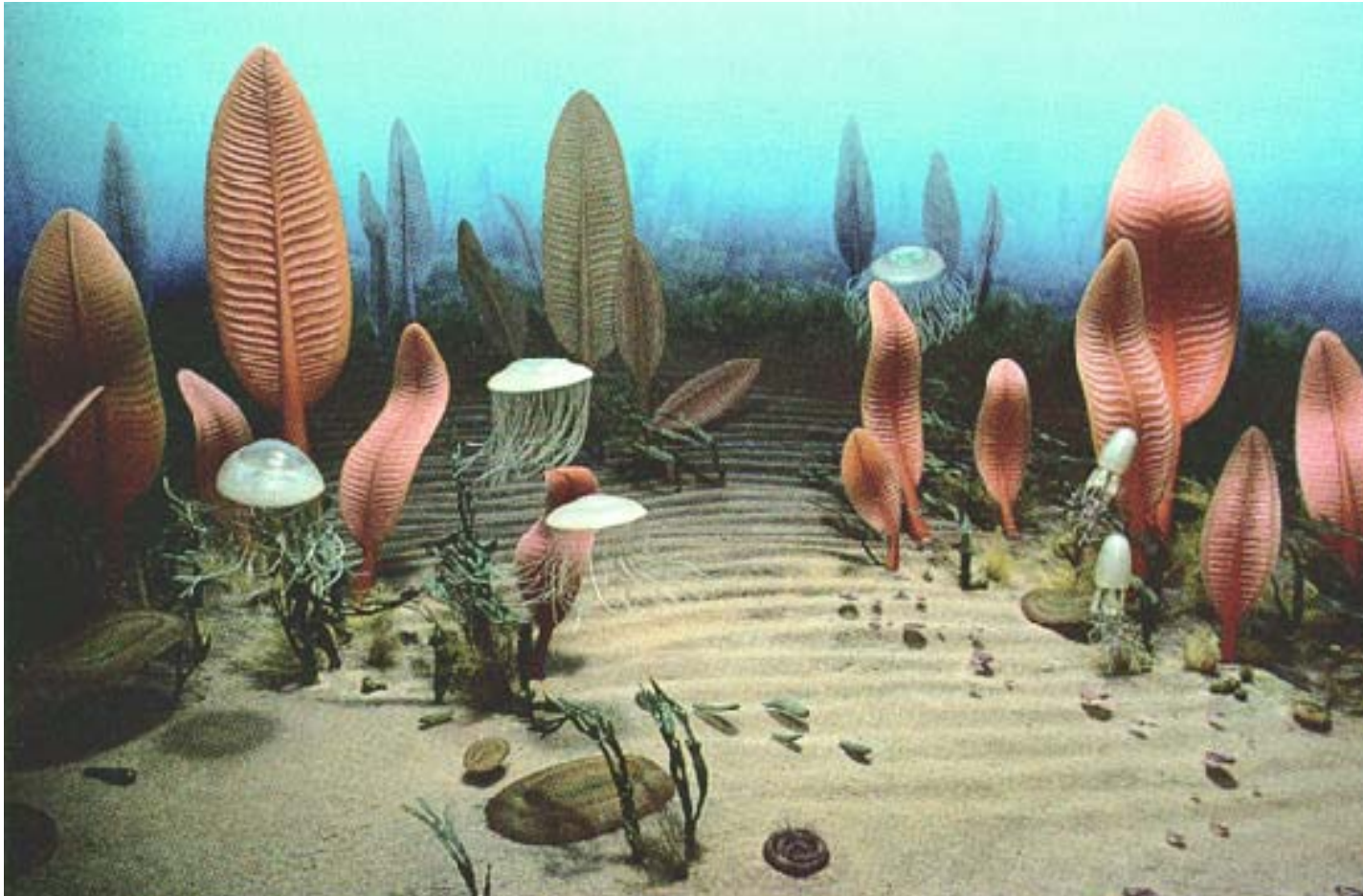
EOON	AEGKOND	AJASTU	Vanus mln. a.	
Faneroosoikum	Kainosoikum <i>Uusaegkond</i>	KVATERNAAR	2,588	
		NEOGEEN	23,03	
		PALEOGEEN	65,5	
	Mesosoikum <i>Keskaegkond</i>	KRIIT	145,5	
		JUURA	199,6	
		TRIIAS	251,0	
		PERM	299,0	
		KARBON	359,2	
	Paleosoikum <i>Vanaaegkond</i>	DEVON	416,0	
		SILUR	443,7	
		ORDOVIITSIUM	488,3	
		KAMBRIUM	542,0	
		EDIACARA	635	
Proterosoikum <i>Agueoon</i>	Neoproterosoikum	KRÜOGEEN	850	
		TON	1000	
		STEN	1200	
	Mesoproterosoikum	ECTAS	1400	
		CALYMMA	1600	
		Paleoproterosoikum	STATHER	1800
			OROSIR	2050
RHYAC	2300			
Arhaikum <i>Urgeoon</i>		SIDER	2500	
		Neoarhaikum	2800	
		Mesoarhaikum	3200	
		Paleoarhaikum	3600	
	Eoarhaikum			

Uusaegkond e. Kainosoikum

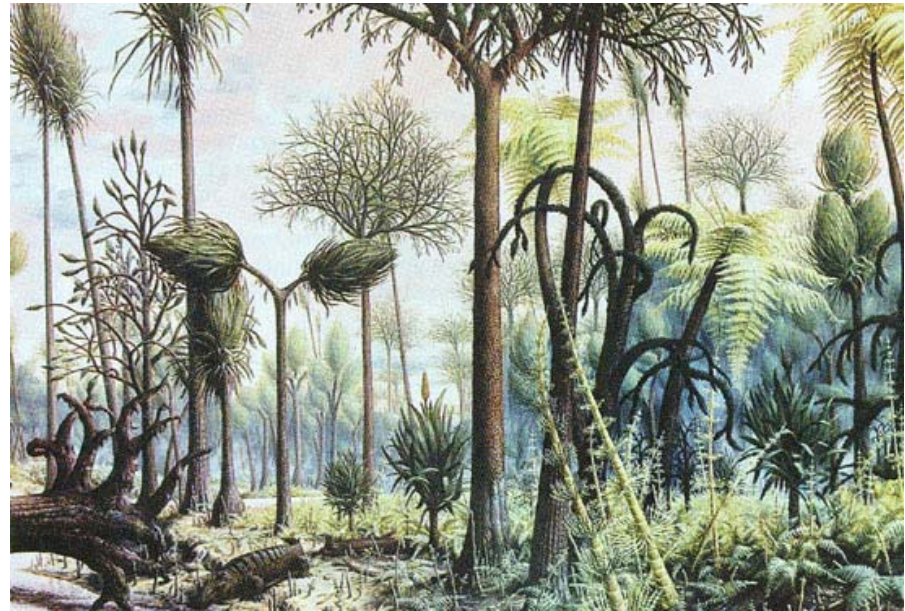


# Elu areng Maal 4 - Agueoon

---



# Elu areng Maal 5 - Vanaaegkond



# Elu areng Maal 6 – Keskaegkond

---



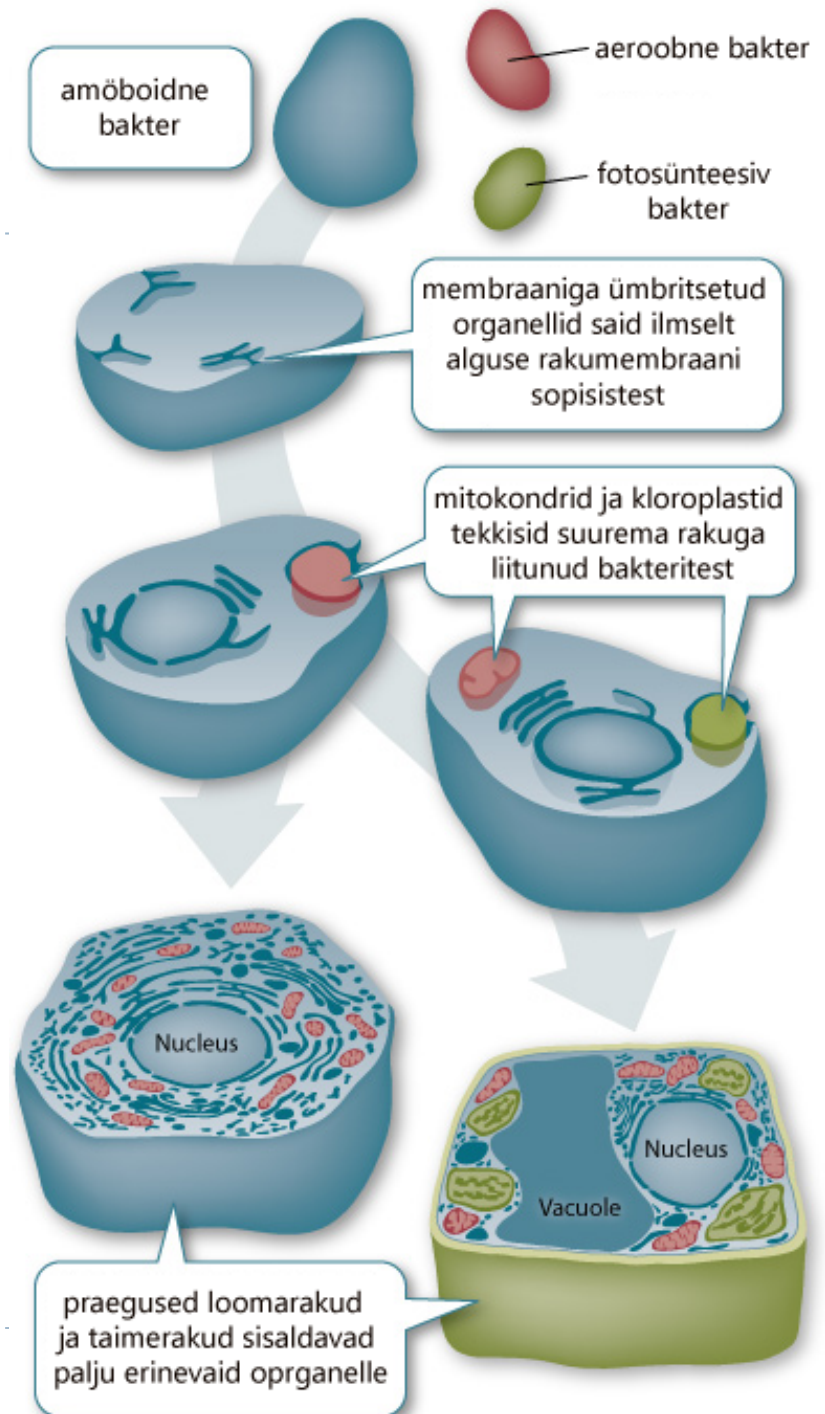
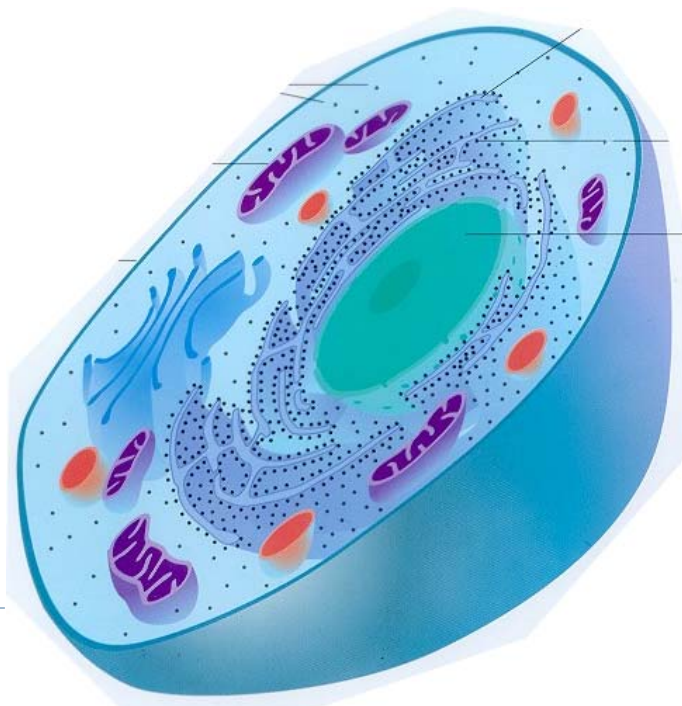
# Elu areng Maal 7 - Uusaegkond

---



# Eukarüootsuse teke

- ▶ **Endosümbioosi hüpotees:** amöboidsete prokarüootidega ühinesid aeroobsed prokarüoodid (millest kujunesid mitokondrid) ja fotosünteesivad prokarüoodid (millest kujunesid kloroplastid).



# Eukarüootsuse eelised

---

## **Milliseid eeliseid andis organismidele eukarüootne ehitustüüp?**

- ▶ võimaldas hulkraksuse tekke
- ▶ hulkraksus võimaldas rakkude eristumist kudedeks ja organiteks
- ▶ kujunes organismisisene tööjaotus
- ▶ parem eraldatus väliskeskkonnast - püsivam sisekeskkond
- ▶ loomadel terviklikkust tagavad regulatsioonisüsteemid (närv-, vereringe- ja hormonaalsüsteem)
- ▶ hulkraksus kujunes välja nii taime-, looma- kui ka seeneriigis



# Järeldused

---

- ▶ elu on alguse saanud lihtsa ehituse ja elutalitlusega olestest
- ▶ aja jooksul on Maale ilmunud üha keerukamad ja täiuslikumad organismid
- ▶ kõrvuti uute liikide tekkimisega on palju liike välja surnud
- ▶ erisuguste organismirühmade vahel on olnud vahepealsete tunnustega üleminekuvorme

# Kordamiseks

---

1. Kuidas on seotud kontinentide liikumine, Maa kliima ja evolutsioon?
2. Mis on aegkonnad ja ajastud? Nimeta näiteid ja nende ligikaudsed ajad.
3. Kirjelda ürgeooni: aeg, peamised arengud eluta looduses ja elusas looduses.
4. Kirjelda agueooni: aeg, peamised arengud eluta looduses ja elusas looduses.
5. Kirjelda vanaaegkonda: aeg, peamised arengud eluta looduses ja elusas looduses.
6. Kirjelda keskaegkonda: aeg, peamised arengud eluta looduses ja elusas looduses.
7. Kirjelda uusaegkonda: aeg, peamised arengud eluta looduses ja elusas looduses.
8. Vaata eoonide ja aegkondade pilte – mille järgi tunneb ära vastava perioodi?
9. Selgita endosümbioosi hüpoteesi.
10. Milliseid eeliseid andis organismidele eukarüootne ehitustüüp?

# 2 tundi

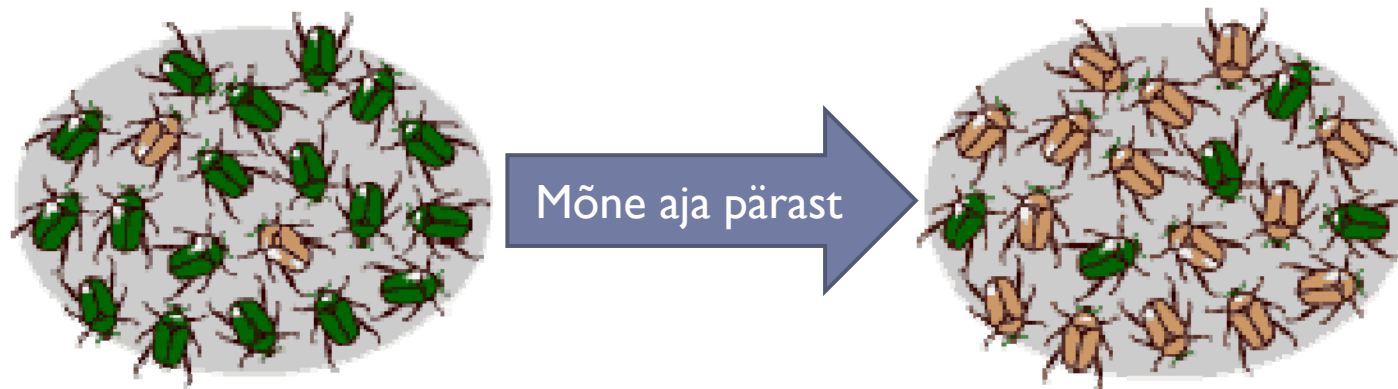
---

**Evolutsiooni geneetilised alused**

**Looduslik valik**

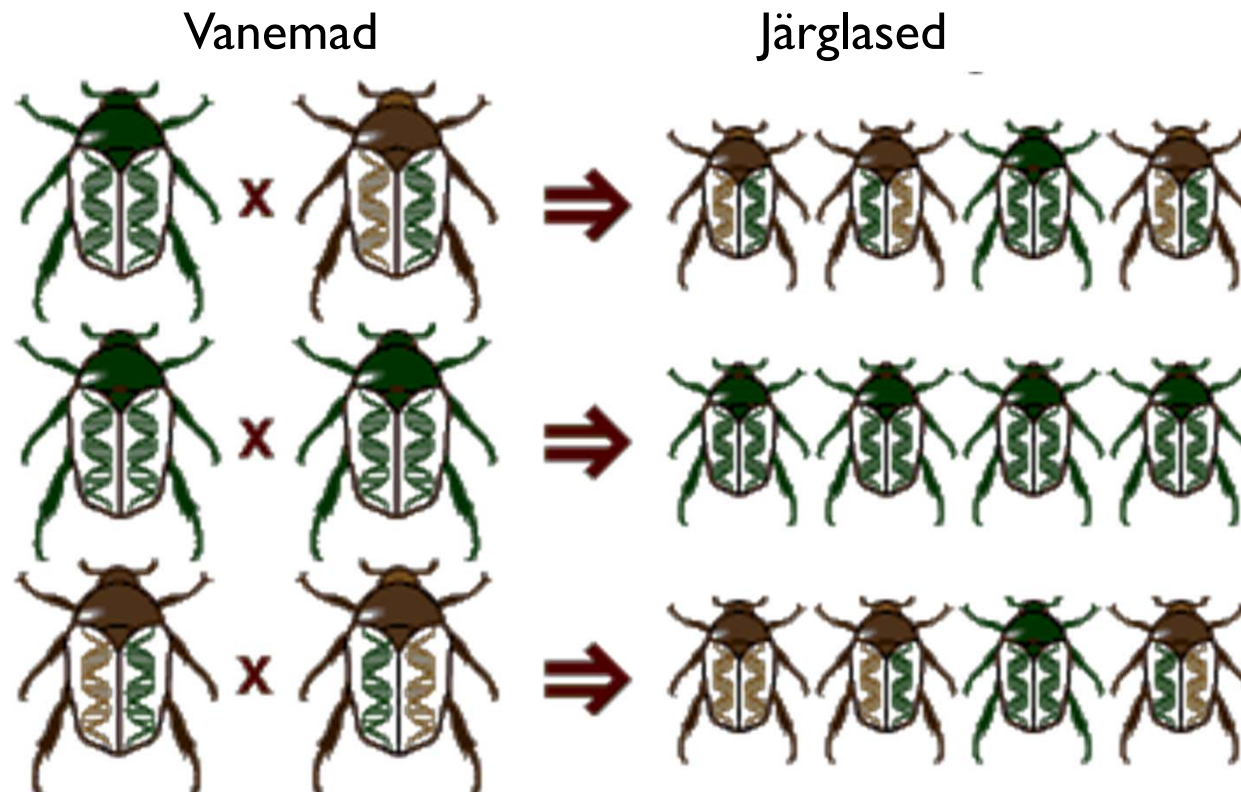
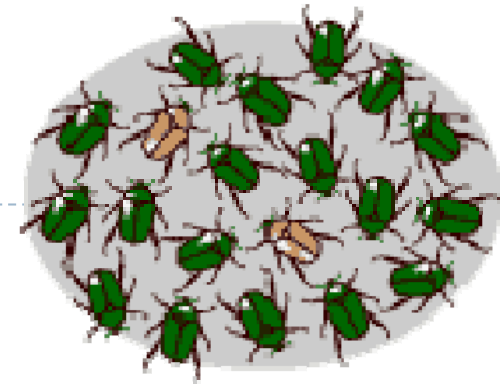
# Evolutsiooni geneetilised alused 1

- ▶ **Evolutsiooniline muutus** - mingi loodusliku organismirühma tunnuse (või tunnuste) kindlasuunaline pöördumatu muutumine.



- ▶ Väikseim evolutsioonivõimeline organismirühm on **populatsioon** (samast liigist, omavahel vabalt ristuvad, teistest populatsioonidest ruumiliselt eraldatud).

# Meenutame geneetikat 1



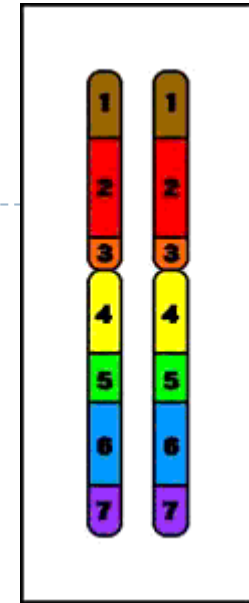
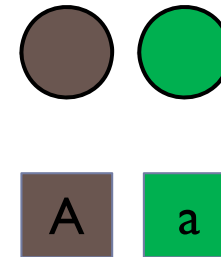
Nt. populatsioonis ilmnevad geenid, mis määravad pruuni värvuse

# Meenutame geneetikat 2

I tunnus (värvus)

Määratud I geeni 2 alleeli poolt (A ja a)

Igas isendis 2 alleeli (emalt ja isalt)



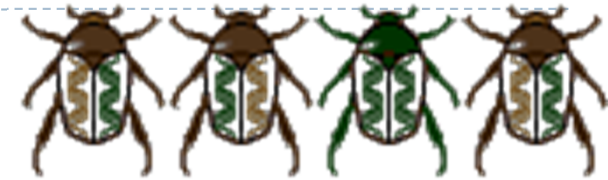
Maksimaalselt 3 genotüüpi

Mitu genotüüpi saab olla 3 alleeli puhul (A, a, **A**)?

**Genotüübisagedus** – iga genotüübi esinemissagedus antud populatsioonis (konkreetse genotüübiga isendite arv / isendite üldarv populatsioonis).

# Evolutsiooni geneetilised alused 2

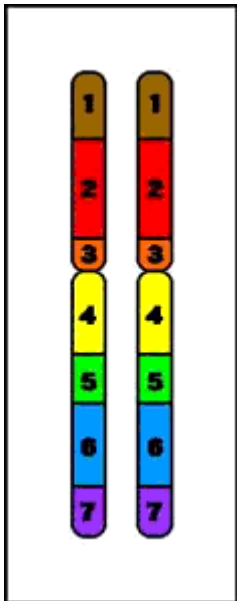
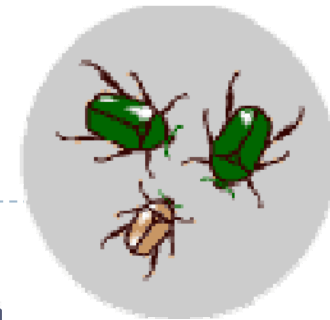
- ▶ Kõik populatsioonis olemasolevad geenid ja nende alleelid moodustavad selle populatsiooni **geenifondi**.
- ▶ Erinevate alleelide ja genotüüpide arvuline suhe (suhteline sagedus) - **populatsiooni geneetiline struktuur antud geeni suhtes**.
- ▶ Evolutsiooniliste muutuste aluseks on **muutused populatsiooni geneetilises struktuuris**.
- ▶ Populatsiooni geneetilise struktuuri muutuste allikaks on **mutatsioonid, kombinatiivne muutlikkus, geenisiire ehk geenivool, geenitriiv**.



Millised on selles populatsioonis värvuse geeni alleelid?

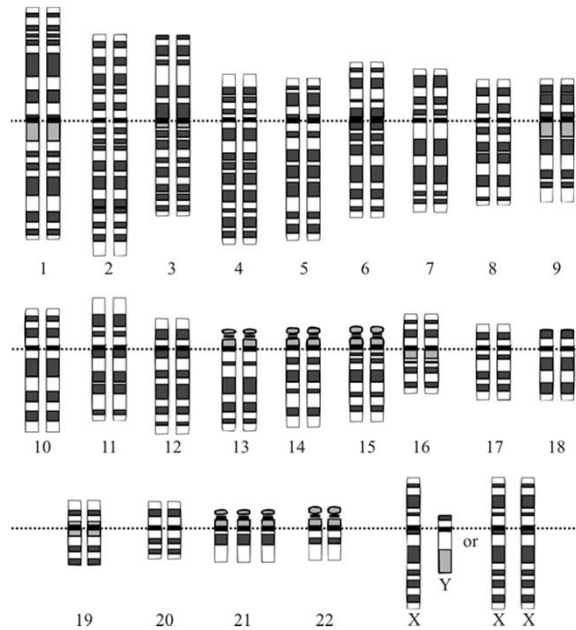
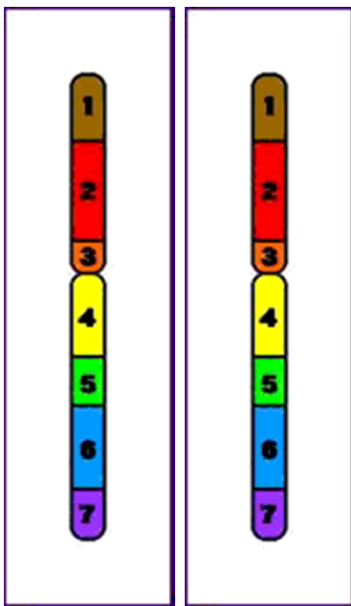
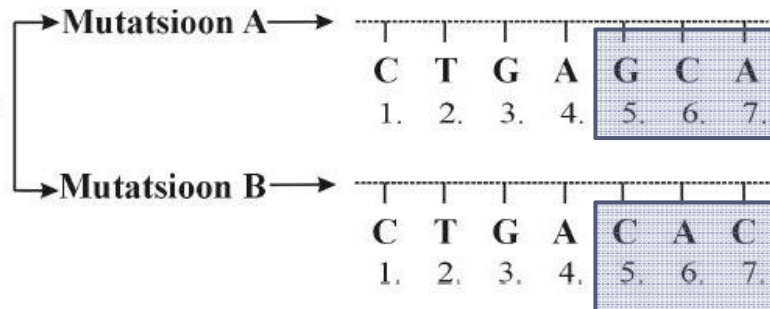
Milline on selle populatsiooni geneetiline struktuur värvuse geeni suhtes?

# Mutatsioonid 1



Lõik DNA-molekulist

C	T	G	A	A	C	G
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.



Mis on juhtunud DNA molekuli lõiguga?  
 Mis on juhtunud kromosoomi lõiguga?  
 Mis on juhtunud kromosoomide arvuga?

Geenmutatsioon  
 Kromosoommutatsioon  
 Genoommutatsioon

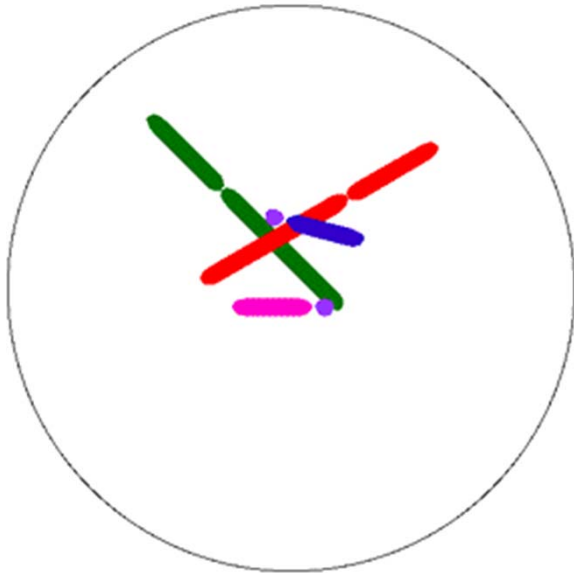


# Mutatsioonid 2

---

- ▶ Mutatsioonid on üheks populatsiooni geneetilise struktuuri muutuste allikaks.
- ▶ **Geenmutatsioonid** - tekivad uued geenid või alleelid.
- ▶ **Kromosoommutatsioonid** - muutused geenide paiknemises.
- ▶ **Genoommutatsioonid** - muutub kromosoomide ja seega ka alleelide arv (kordsus).
- ▶ Mutatsioonide tulemusena tekib populatsioonis **mutatsiooniline muutlikkus**.
- ▶ **Spontaansete mutatsioonide tekkesagedus on madal** (1/1 miljoni gameedi kohta). Nt inimeses keskmiselt kaks uut mutatsiooni.
- ▶ Paljud mutatsioonid **ei avaldu fenotüübis**.
- ▶ Enamik fenotüübis avalduvaid mutatsioone on **organismile kahjulikud**, kuid on neutraalseid ja vähesel määral (0,1...1%) ka kasulikke mutatsioone.

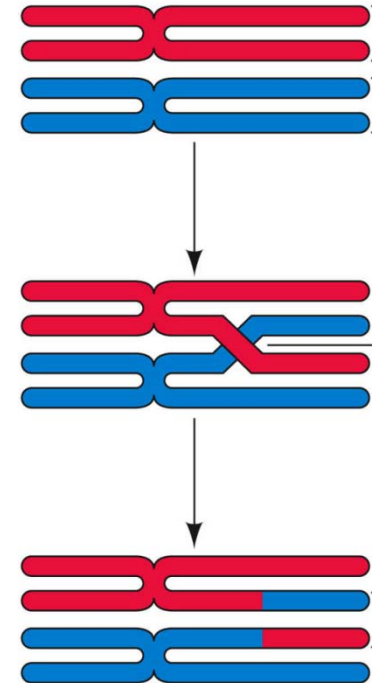
# Kombinatiivne muutlikkus



**Kombinatiivne muutlikkus** - uusi geene ja allele juurde ei teki, olemasolevad kombineeruvad ümber järglaste genotüüpides.

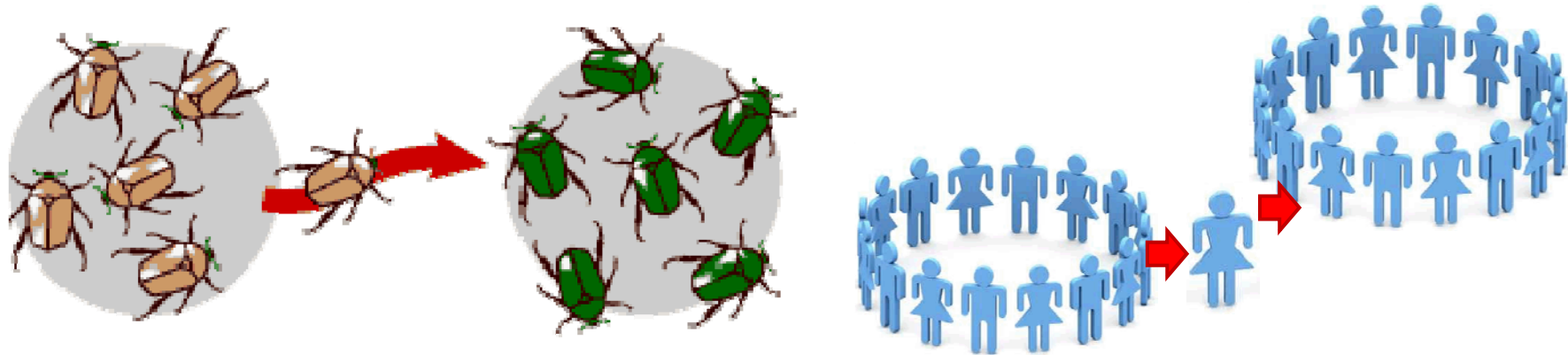
Alus - meiosis **gameetide moodustumine ja viljastumine.**

Osa kombinatiivsest muutlikkusest **avaldub fenotüüpides**, põhjustades varieeruvust sama liigi või populatsiooni isendite tunnustes.



Mis on juhtunud homologiliste kromosoomide lõikudega?  
Juhuslikkus kromosoomide ristsiirdel

# Geenisiire ehk geenivool



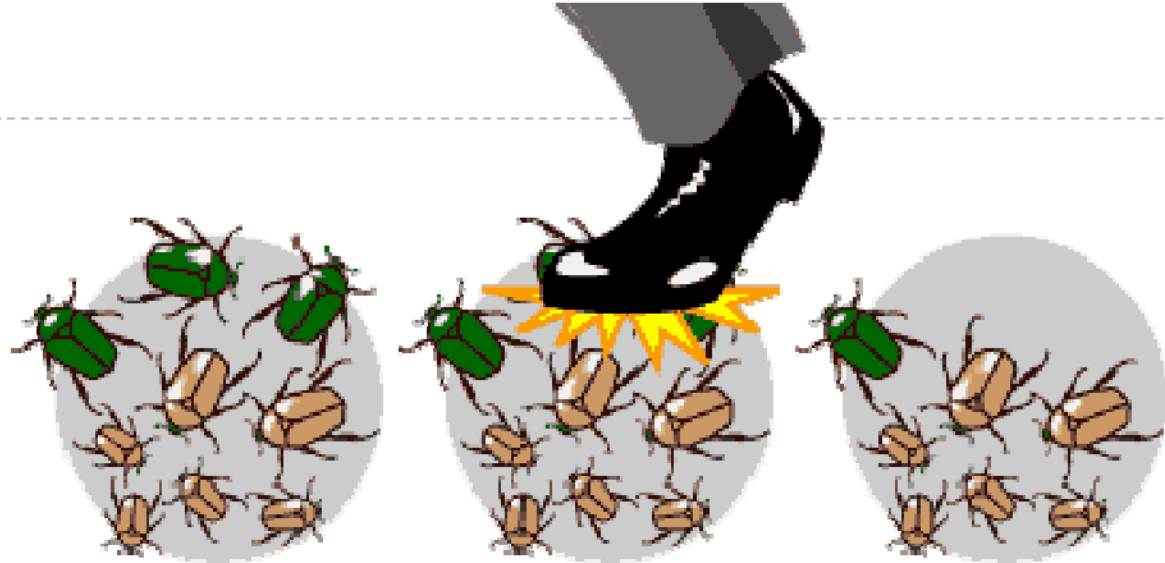
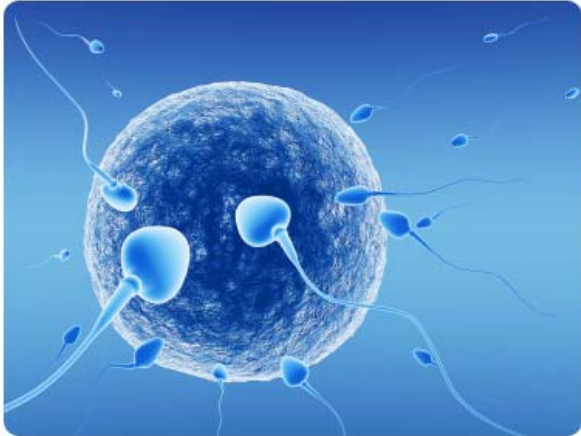
Millised geenid lähevad edasi järglasele?

Kombinatiivset muutlikkust suurendab erinevatesse populatsioonidesse kuuluvate isendite ristumine, nn **geenisiire ehk geenivool**.

Geenisiirde alus - eoste, seemnete, viljade ja vastsete levik ning organismide ränne.

Kombinatiivne muutlikkus ja geenisiire on üheks populatsiooni geneetilise struktuuri muutuste allikaks.

# Geenitriiv 1



Millised geenid lähevad edasi järglasele?  
Juhuslikkus viljastumisel – geenitriiv  
Õnnetused – geenitriiv

# Geenitriiv 2

---

- ▶ Geenitriiv on üheks populatsiooni geneetilise struktuuri muutuste allikaks.
- ▶ **Geenitriiv** - juhuslikud muutused populatsiooni geneetilisest struktuuris.
- ▶ On **juhuslik**, pole kindlat suunda.
- ▶ Avaldab mõju väikestes populatsioonides.
- ▶ Suurendab geneetilisi erinevusi populatsioonide vahel.
- ▶ Alus nt:
  - ▶ **juhuslikkus viljastumisel**, kus edasi läheb vaid osa geenifondist;
  - ▶ **loodusõnnetused** - allesjäänud isendite geneetiline struktuur on erinev eelnenud terve populatsiooni geneetilisest struktuurist.

# Geenitriiv 3

---

- ▶ Loodusõnnetus – ellu jääb väike osa populatsioonist – need kannavad edasi vaid osa endise populatsiooni genofondist. Uus populatsioon erineb seega algsest populatsioonist oma genofondi osas.

## **Pudelikaelaefekt**

- ▶ Väike osa populatsioonist satub uude elukeskkonda - need kannavad edasi vaid osa endise populatsiooni genofondist. Uus populatsioon erineb seega algsest populatsioonist oma genofondi osas.

## **Rajajaefekt ehk asutajaefekt**

# Kordamiseks

---

1. Mis on evolutsiooniline muutus?
2. Mis on väikseim evolutsioneeruv organismirühm?
3. Defineeri populatsioon.
4. Selgita, kuidas on seotud tunnuste pärandumine, geenid, alleelid, tunnuste avaldumine ja genotüübid.
5. Mis on genotüübisagedus?
6. Selgita, mitu genotüüpi saab populatsioonis olla 3 alleeli puhul?
7. Mis on populatsiooni geenifond?
8. Mis on populatsiooni geneetiline struktuur antud geeni suhtes?
9. Mis on evolutsiooniliste muutuste aluseks?
10. Mis on populatsiooni geneetilise struktuuri muutuste allikaks (4)?
11. Mis on geenmutatsioon? Too näide.
12. Mis on kromosoommutatsioon? Too näide.

# Kordamiseks

---

1. Mis on genoommutatsioon? Too näide.
2. Mis on mutatsiooniline muutlikkus?
3. Kui tihti mutatsioonid tekivad?
4. Millised mutatsioonid enamasti fenotüübis avalduvad?
5. Mis on kombinatiivne muutlikkus?
6. Selgita, kuidas toimib kombinatiivne muutlikkus meiosis gameetide moodustamisel?
7. Selgita, kuidas toimib kombinatiivne muutlikkus viljastumisel?
8. Mis on geenisiire ehk geenivool? Kuidas see toimib?
9. Mis on geenitriiv? Too kaks näidet geenitriivi põhjustest.
10. Selgita, mis on pudelikaelaefekt.
11. Selgita, mis on rajajaefekt ehk asutajaefekt.



# Evolutsiooni geneetilised alused 1

---

- ▶ **Ideaalpopulatsioon:**

- ▶ Väga suur isendite arv
- ▶ Täiesti vaba ristumine
- ▶ Mutagenees puudub
- ▶ Täielik isolatsioon
- ▶ Puudub looduslik valik

- ▶ **Hardy-Weinbergi seadus** e populatsiooni geneetilise tasakaalu seadus e. populatsioonigeneetika põhiseadus. Suures isoleeritud populatsioonis, milles ei toimi mutagenees ega valik, säilivad alleeli- ja genotüübisagedused põlvkonniti muutumatutena (evolutsioon puudub).

# Looduslik valik 1

---



Mis mõjutavad järglaste ellujäämist ja paljunemist?

Millest sõltub järglaste ellujäämine ja paljunemine?

# Looduslik valik 2

---

- ▶ Järglasi on palju...

## Mis mõjutavad järglaste ellujäämist ja paljunemist?

- ▶ liigikaaslased (konkurents), teist liiki isendid (kisklus, parasitism jne.)
- ▶ ebasoodne temperatuur, ebasoodne niiskus, ebasoodne valgus, loodusõnnetused

## Millest sõltub järglaste ellujäämine ja paljunemine?

- ▶ sobivam kaitsevõime
- ▶ vastupidavus haigustele
- ▶ kiirem või liikuvam
- ▶ suurem viljakus
- ▶ ...

Individuaalsed iseärasused

Olelusvõitlus

**Olelusvõitlus** seisneb sobiva elupaiga ja sugupartneri otsimises, toidu hankimises, toimetulekus konkurentidega, kiskjate ja parasiitidega, ebasoodsate temperatuur-, niiskus-, soolsus-, valgus- jms tingimuste talumises.

# Looduslik valik 3

---

## ▶ **Eeldused:**

- ▶ Organismid võivad anda rohkem järglasi, kui neid ellu saab jääda.
- ▶ Kõik isendid ei anna järglasi.
- ▶ Ellujäämist ja paljunemist mõjutavad biootilised ja abiootilised tegurid.

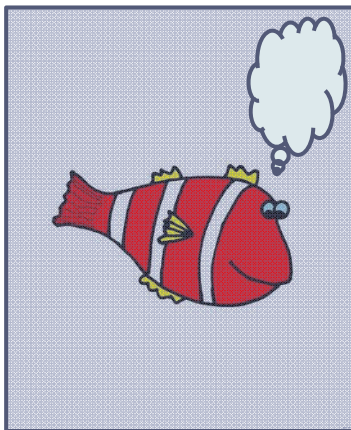
## ▶ **Looduslik valik** - organismide ebavõrdne ellujäämine ja paljunemine.

- ▶ Suurema tõenäosusega jäävad ellu ja annavad järglasi need isendid, kes erinevad oma liigikaaslastest **mõne kasuliku tunnuse poolest**.

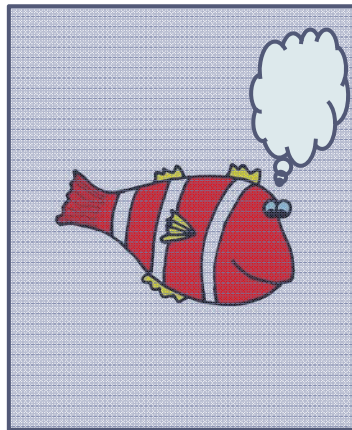
- ▶ Loodusliku valiku kõikidel vormidel on **sama mehhanism**: isendite ebavõrdse paljunemise tagajärjel kujunevad ja jäävad püsima organismirühmadele kasulikud tunnused (fenotüüp!) antud keskkonnas - **kohastumused**.

# Looduslik valik 4

25°  
Vähe vaenlasi  
Aeglane vool

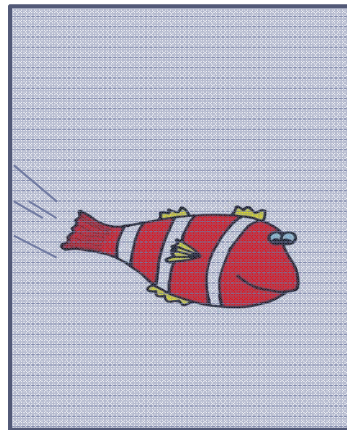


25°  
Vähe vaenlasi  
Aeglane vool



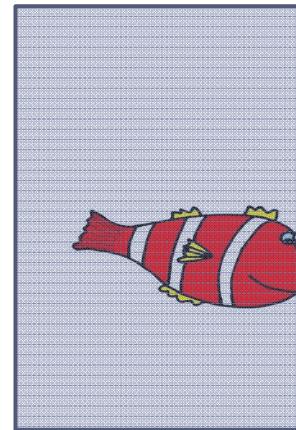
Stabiliseeriv valik

17°  
Palju vaenlasi  
Kiirem vool

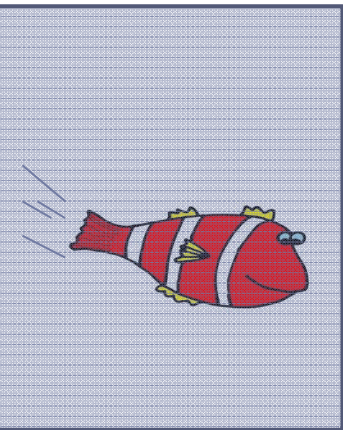


Suunav valik

25°  
Vähe vaenlasi  
Kiirem vool



25°  
Palju vaenlasi  
Kiirem vool



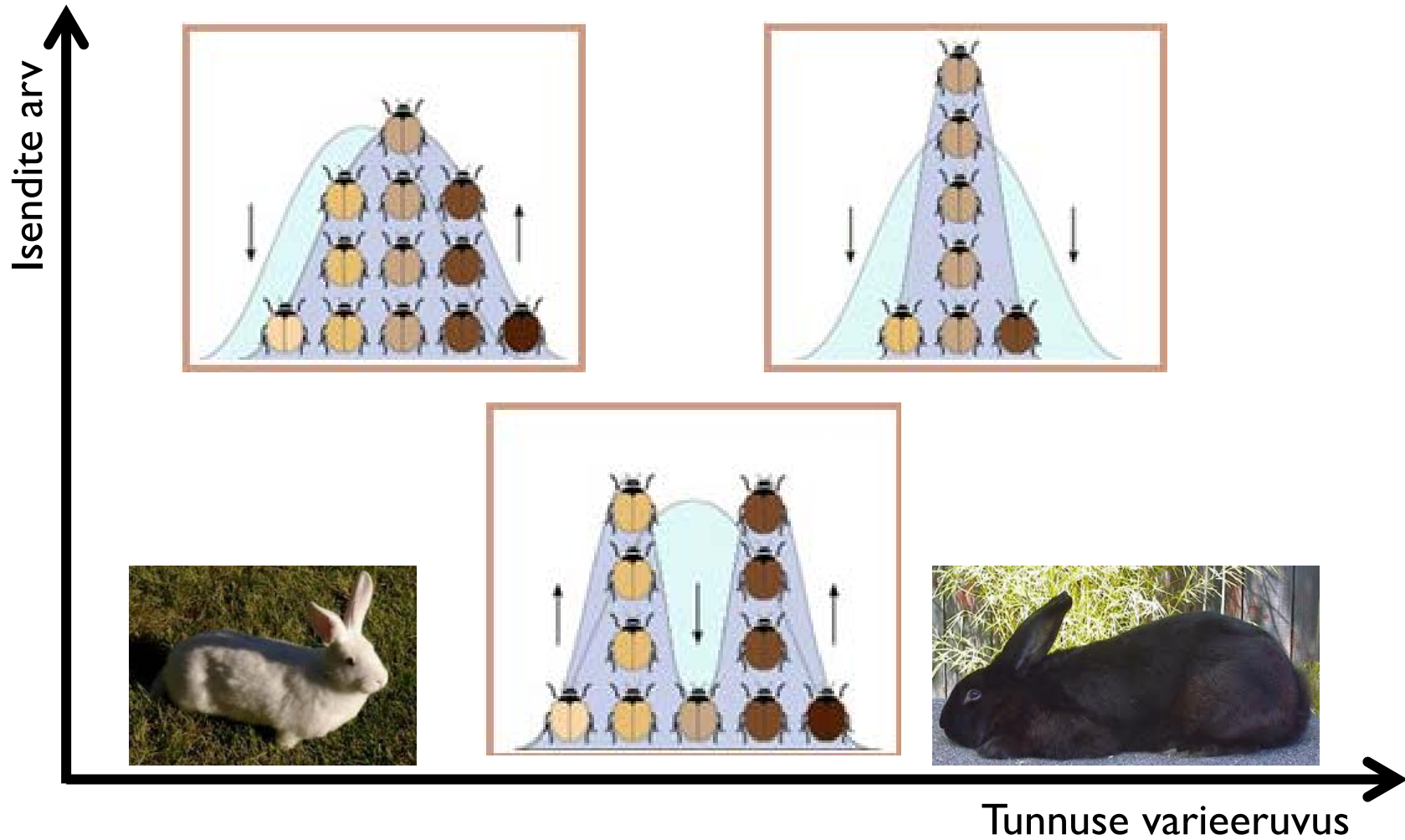
Lõhestav valik

# Looduslik valik 5

---

- ▶ Loodusliku valiku **vormid**:
  - ▶ **Stabiliseeriv valik** ehk säilitav valik toimib suhteliselt püsivates keskkonnatingimustes. Sel juhul annavad kõige rohkem järglasi need isendid, kellel on juba eelnevates põlvkondades kujunenud neile tingimustele vastavad tunnused. Toimub tunnuste kinnistamine.
  - ▶ **Suunav valik** seisneb keskmisest teatud suunas erinevate tunnustega isendite eelispaljunes. Suunav valik leiab aset elutingimuste kindlasuunalisel muutumisel või organismide asumisel uude keskkonda.
  - ▶ **Lõhestav valik** seisneb kahe või enam keskmisest erinevate tunnustega isendirühma eelispaljunes. Lõhestav valik toimub juhul, kui liigi leviala jaotub elutingimustelt erinevateks piirkondadeks. Võivad varieeruda temperatuur, niiskus ja teised füüsikalised tingimused. Samuti võivad leviala erinevates piirkondades kujuneda erisugused olelusvõitluse suhted teiste liikidega.

# Millise looduslikku valiku vormiga on tegu?



# Millise loodusliku valiku vormiga on tegu?

---

1. tööstuslik melanism
2. valgusüntees
3. kahjurputukate väiksem tundlikkus mürgkemikaalide suhtes
4. fotosüntees
5. hõmikpuu
6. bakterite ravimiresistentsus
7. padjandtaimed tugeva tuulega kasvukohas
8. mustad küülikud mustade kaljude lähedal ja valged küülikud eemal



# Kordamine

---

Mõisted: mutatsioonid (eri tüübid), geenitriiv, geenisiire, looduslik valik, olelusvõitlus, liigiteke

# Küsimused kordamiseks

---

1. Mis on ideaalpopulatsioon?
2. Sõnasta Hardy-Weinbergi seadus e populatsiooni geneetilise tasakaalu seadus e. populatsioonigeneetika põhiseadus.
3. Mis mõjutavad järglaste ellujäämist ja paljunemist?
4. Millest sõltub järglaste ellujäämine ja paljunemine?
5. Mis on olelusvõitlus?
6. Mis on looduslik valik?
7. Millised isendid jäävad suurema tõenäosusega ellu ja annavad järglasi?
8. Mis on kohatumused ehk adaptatsioonid?
9. Nimeta loodusliku valiku 3 vormi.
10. Selgita stabiliseeriva valiku olemust ja too näiteid.
11. Selgita suunava valiku olemust ja too näiteid.
12. Selgita lõhestava valiku olemust ja too näiteid.
13. Joonista neid kolme loodusliku valiku vormi iseloomustavat graafikut.

# 2 tundi

---

Kohastumine

Liigiteke

Kordamine

# Kohastumine – kohastumuste teke

---

- ▶ Organismide ehitus ja elutegevus vastavad neid ümbritseva keskkonna tingimustele.
- ▶ **Kohastumused** ehk **adaptatsioonid** - liigi isendite (organismide) ellujäämist ja paljunemist soodustavad omadused.
- ▶ Kohastumused **avalduvad** organismide sise- ja välisehituses, füsioloogias, paljunemises, käitumises ja teistes eluavaldustes.
- ▶ Kohastumuse tekke **eelduseks** on individuaalsed pärilikud muutused.
- ▶ **Loodusliku valiku tagajärjel** kujunevad soodsatest individuaalsetest muutustest tervele populatsioonile või liigile omased kasulikud muutused.
- ▶ Kohastumused on **suhtelised** - organismidele kasulikud vaid teatud tingimustes teatud aja vältel, st nad pole täiuslikud.

# Ära aja segamini!

---

- ▶ **Kohastumine** - organismide ellujäämist ja paljunemist soodustavate **pärilike** omaduste kujunemine põlvkondade vahetumisel.
- ▶ **Kohanemine – mittepärilik** organismide sobitumine elukeskkonnaga.

Too näiteid kohastumuste ja kohanemiste kohta!

# Kohastumuste näited



Millised on kõrbeloomade ja kõrbetaimede kohastumused eluga kõrbes?

Kellel on varjevärvus? Kellel on varjekuju?

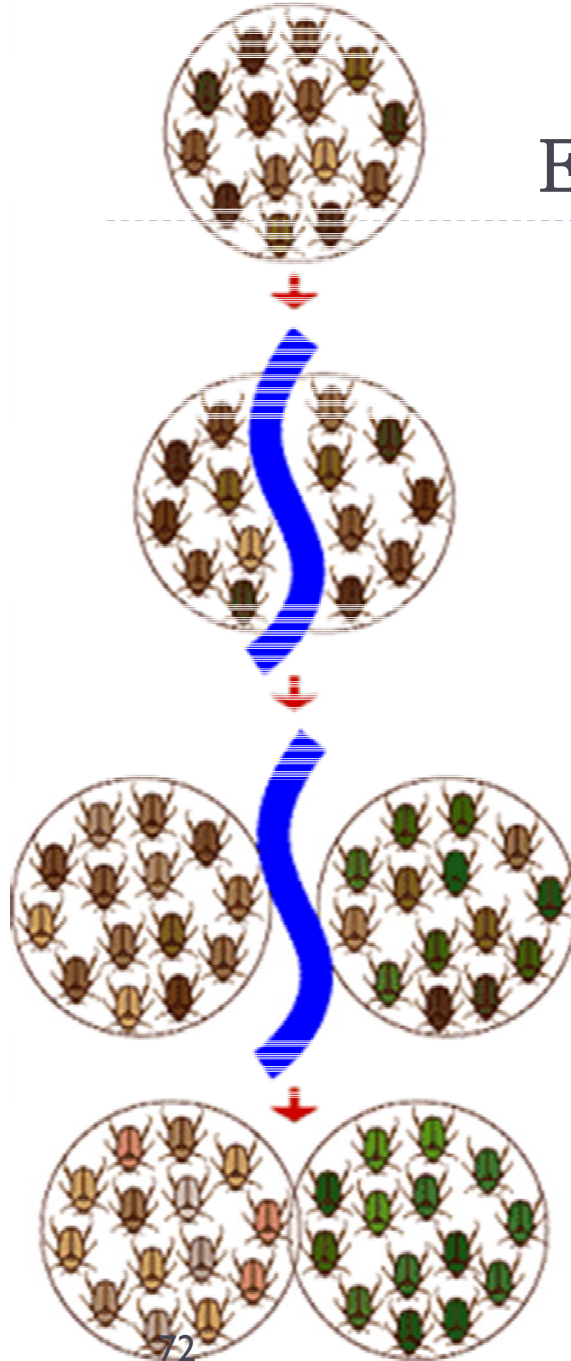
Millised on veeimetajate kohastumused eluks vees?

**Mimikri** - sarnasus teise liigiga. Näide?

# Liigiteke

- ▶ **Liik - looduslik organismirühm, kelle isendid võivad omavahel vabalt ristuda, kel on oma, teistest erinev geenifond, liigiomased tunnused ning oma levila.**
- ▶ Erinevatesse liikidesse kuuluvad isendid tavaliselt omavahel ei ristu.
- ▶ Liikidevahelist ristumist ja erinevate geenifondide segunemist takistavad erinevad **isolatsioonimehhanismid**:
  - ▶ **geograafiline isolatsioon** - mäed, veekogud, maapinna kerkimine või vajumine, suured vahemaad, kliimamuutused jm
  - ▶ **bioloogiline isolatsioon** –
    - ▶ sigimispaikade või sigimisaegadega erinevus,
    - ▶ sigimisperioodiaegne käitumine (pulmatantsud, kutsehüüud, lõhnaained),
    - ▶ hübriidide viljatus (N: muuladel, hobuse ja eesli hübriidil, on viljatud vaid isasloomad) või elujõuetus,
    - ▶ muutused kromosoomide arvus ja seega geneetiline sobimatus.

# Erimaine e geograafiline liigiteke



Geograafiline isolatsioon

**Eeldused:** arvukuse tõus, levila laienemine, ristumisbarjääri teke.

**Peamised tegurid:**

Mutatsioonid - muutub populatsiooni geneetiline struktuur.

Geenitriiv - muutub populatsiooni geneetiline struktuur.

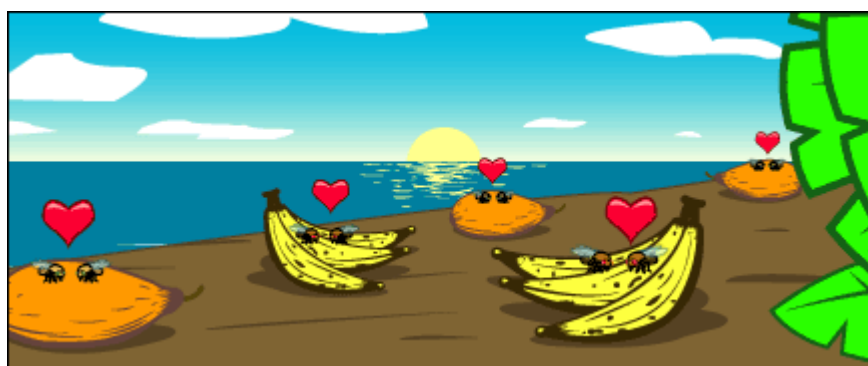
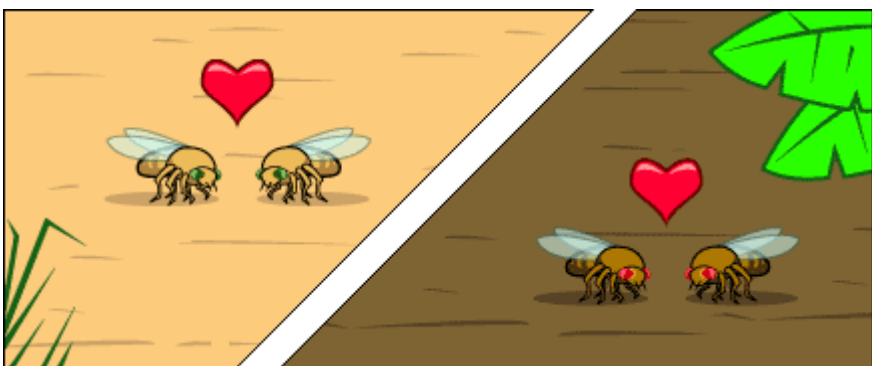
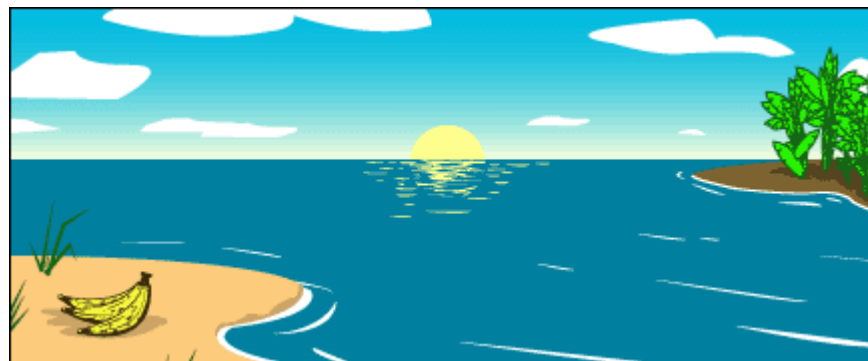
Looduslik valik - osa hukkub, osa ühineb põhiliigiga, osa kohastub uute tingimustega ja paljuneb.

Kujuneb uus populatsiooni geenifond.

**Tähtsus:** kujunevad eri liigid, kel on erinevad elupaigad, erinev toit - kasutavad paremini ära Maa ressursse!



# Kirjelda liigiteket!



# Küsimused kordamiseks

---

1. Milles kohastumused avalduvad?
2. Mis on kohastumuste tekke eelduseks ja kinnistavaks teguriks?
3. Mida tähendab, et kohastumused on suhtelised? Too näide.
4. Mille poolest erinevad kohastumine ja kohanemine? Too näide.
5. Too 3 kohastumise näidet taimeriigist ja 3 loomariigist.
6. Mis on liik?
7. Mis takistab liikide omavahelist ristumist?
8. Mis on geograafiline isolatsioon? Too näiteid.
9. Mis on bioloogiline isolatsioon? Too näiteid.
10. Selgita erimaise ehk geograafilise liigitekke olemust.
11. Miks on liigiteke oluline?

# 2 tundi

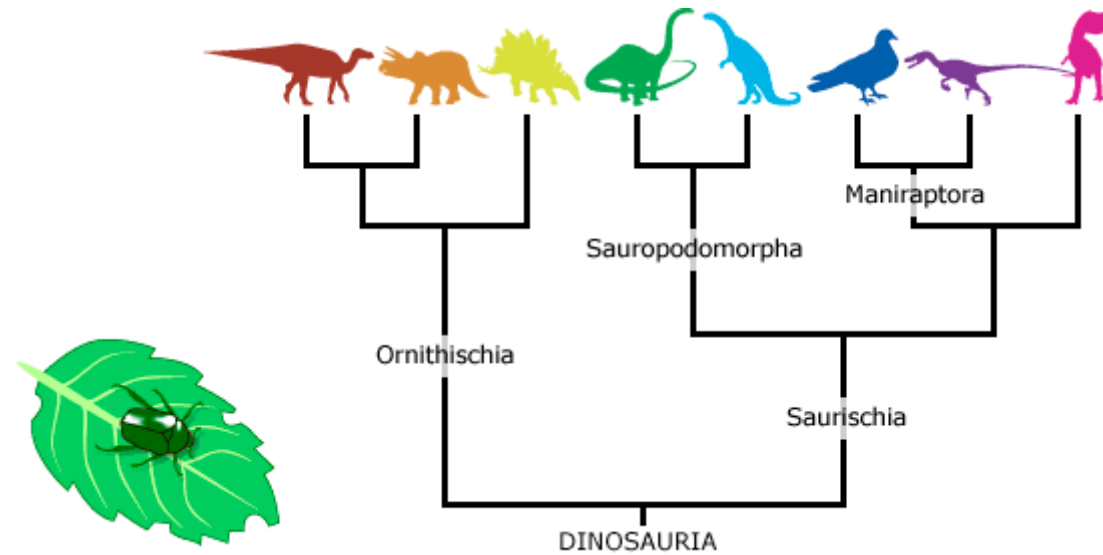
---

Mikroevolutsioon

Makroevolutsioon

# Mikroevolutsioon ja makroevolutsioon

---



Mikroevolutsioon

Makroevolutsioon

# Mikroevolutsioon

---

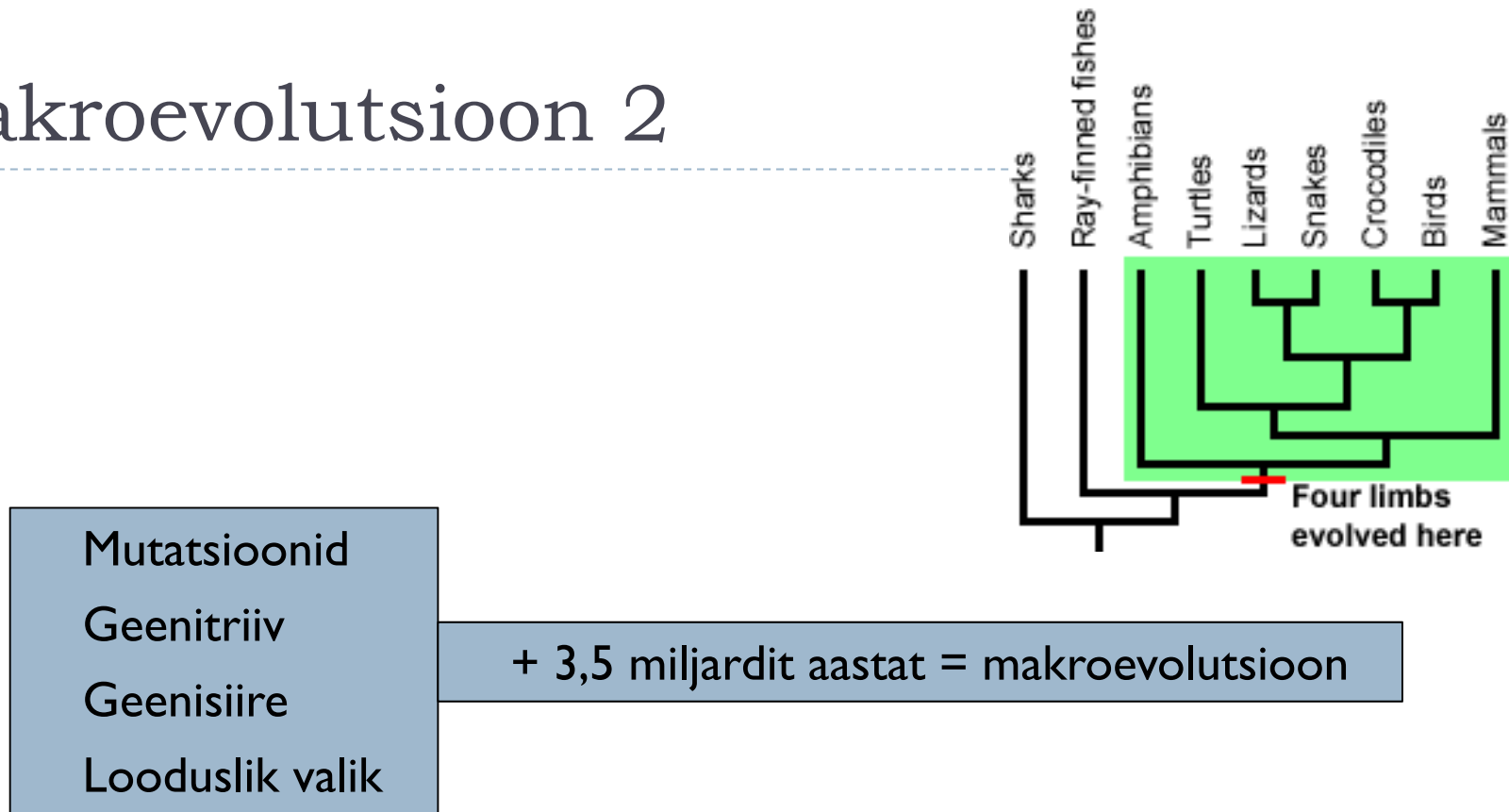
- ▶ **Mikroevolutsioon** - uute **liigiseste rühmituste** (populatsioonide ja alamliikide) tekkimine.
- ▶ Võib geoloogilises ajaskaalas toimuda **suhteliselt lühikese aja jooksul** ning on seetõttu mugav uurida.
- ▶ **Lõppeb uue liigi tekkimisega.**

# Makroevolutsioon 1

---

- ▶ **Makroevolutsioon** - liigist kõrgemal tasemel toimuv evolutsioon - liikidest moodustuvad **uued perekonnad, perekondadest uued sugukonnad, seltsid, klassid, hõimkonnad**.
- ▶ Erinevate organismitüüpide teke ja evolutsioneerumine.
- ▶ Toimub **väga pika aja vältel** ega ole seetõttu vahetult jälgitav ega uuritav.
- ▶ Uuritakse sugupuid (fülogeneesipuu), ehitust ja keemiliselt ning molekulaarbioloogiliselt.

# Makroevolutsioon 2



Toimivad samad **tegurid**: uus elupaik (geenitriiv), olelusvõitlus, mutatsioonid, looduslik valik ning nendest tulenev vähemkohastunud vormide väljasuremine (90%).

# Makroevolutsioon 3

---

- ▶ **Väljasuremise põhjused:** kokkupõrked taevakehadega, mandrite triiv, kliimamuutused, hapnikuvaegus ookeanis, meretaseme muutus jne.
  - ▶ Fooniline väljasuremine – konkurentsi või keskkonnatingimuste muutudes.
  - ▶ Massiline väljasuremine – lühikese aja jooksul sureb välja enamik liikidest.
- ▶ Elu üldhulk Maal suureneb, suureneb biotiliste tegurite osakaal, tugevnevad seosed liikide vahel, võimalikuks saab sotsiaalne evolutsioon.
- ▶ **Evolutsiooniline regress** ehk lihtsustumine – tüüpiliselt parasiitidel. Nt paelussil on kadunud või taandarenenud enamik elundkondi. Alles on kõige olulisemad – sigimiselundid.



# Makroevolutsiooni vormid/protsessid

progress (täiustumine)	divergents (mitmekesisustumine)	konvergens (sarnastumine)
uute, keerukamate ja täiuslikemate organismitüüpide teke	eri elupaikades algtüüpide lahknemine uuteks liikideks	eri päritolu organismid sarnastuvad sarnastes tingimustes
prokarüootidest eukarüoodid ainurakstest hulkraksed inimese areng organismid veest maismaale uued koed, organid ja paljunemisviisid	eukarüootide lahknemine seenteks, loomadeks ja taimedeks  organismide jagunemine klassidesse, sugukondadesse jne.  organismide kohastumine eluks maismaal, vees ja õhus	vaalal ja kalal on voolujooneline keha
kasutatakse paremini keskkonda, sõltutakse vähem kk. mõjudest	sõltub uue organismitüübi arenemisvõimest ja elupaikade mitmekesisusest	ei mõjuta põhitunnuseid

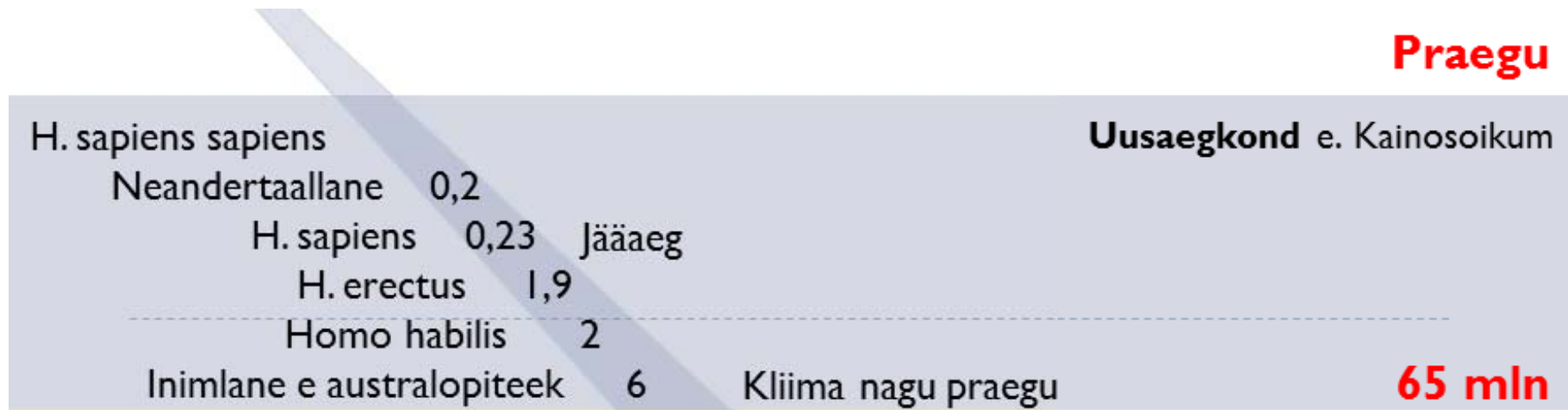
# Küsimused kordamiseks

---

1. Mis on mikroevolutsioon?
2. Mis on makroevolutsioon?
3. Mille poolest sarnanevad mikroevolutsioon ja makroevolutsioon?
4. Mille poolest erinevad mikroevolutsioon ja makroevolutsioon?
5. Nimata väljasuremise põhjuseid ja tähtsust.
6. Mis on evolutsiooniline regress? Too näide.
7. Nimeta makroevolutsiooni 3 vormi (protsessi).
8. Selgita progressi olemust ja tähtsust. Too näiteid.
9. Selgita divergentsi olemust ja tähtsust. Too näiteid.
10. Selgita konvergenti olemust ja tähtsust. Too näiteid.

# 2 tundi

## Inimese evolutsioon



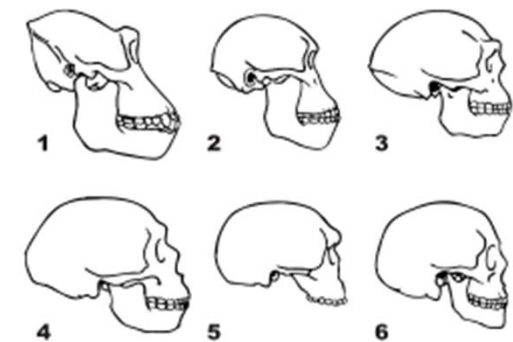
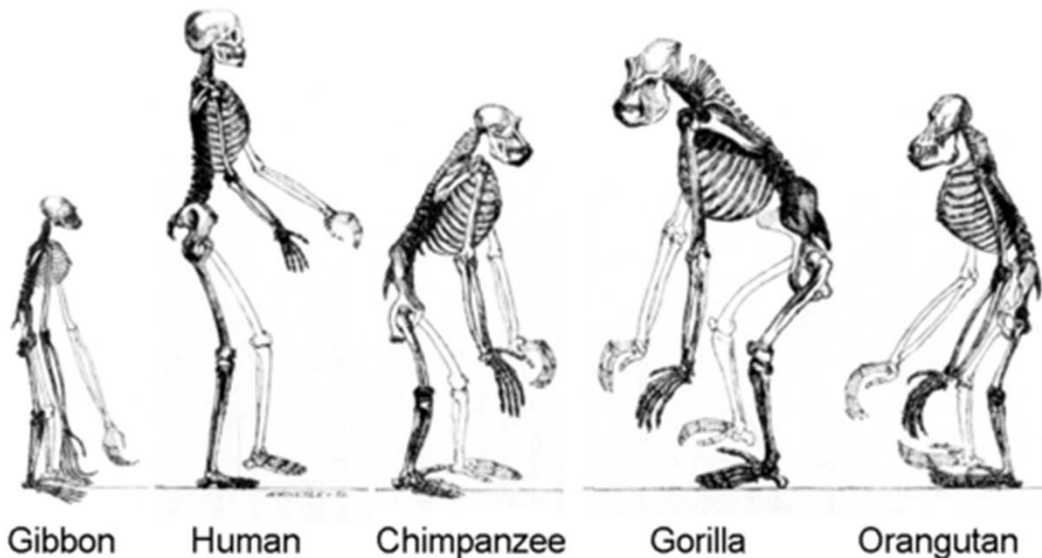
# Inimese evolutsioon

---

- ▶ Charles Darwin: **inimene pärineb loomariigist, Aafrika inimahvidega (šimpans ja gorilla) ühistest eellastest.**
- ▶ Uurimine: inimest võrreldakse nii praegu elavate kui ka väljasurnud loomaliikidega.
- ▶ Võrdlus näitab: **inimeses kajastuvad paljud loomariigi evolutsiooni astmed.** Geneetiline kood ja pärilikkuse põhilised seaduspärasused on sarnased isegi üherakulistel olestel.
- ▶ **Inimese lähimateks sugulasteks on inimahvid** (sarnasus kehaehituses, füsioloogias, käitumises, haigustes, kromosoomide ehituses, valkude koostises).

# Inimese evolutsioon

- ▶ Selts: primaadid ehk esikloomad
- ▶ Ülemsugukond inimlaadsed (*Hominoidea*)
- ▶ Sugukonnad: gibbonlased, inimahvlased (orangutan, gorilla, šimpansid), inimlased (lõunaahvid e australopiteegid) – eristusid üksteisest 6-4 miljonit aastat tagasi.
- ▶ Inimese ja šimpansi erinevused: genoomi nukleotiidne järjestus 1,6%, aminohappeline järjestus 1%.

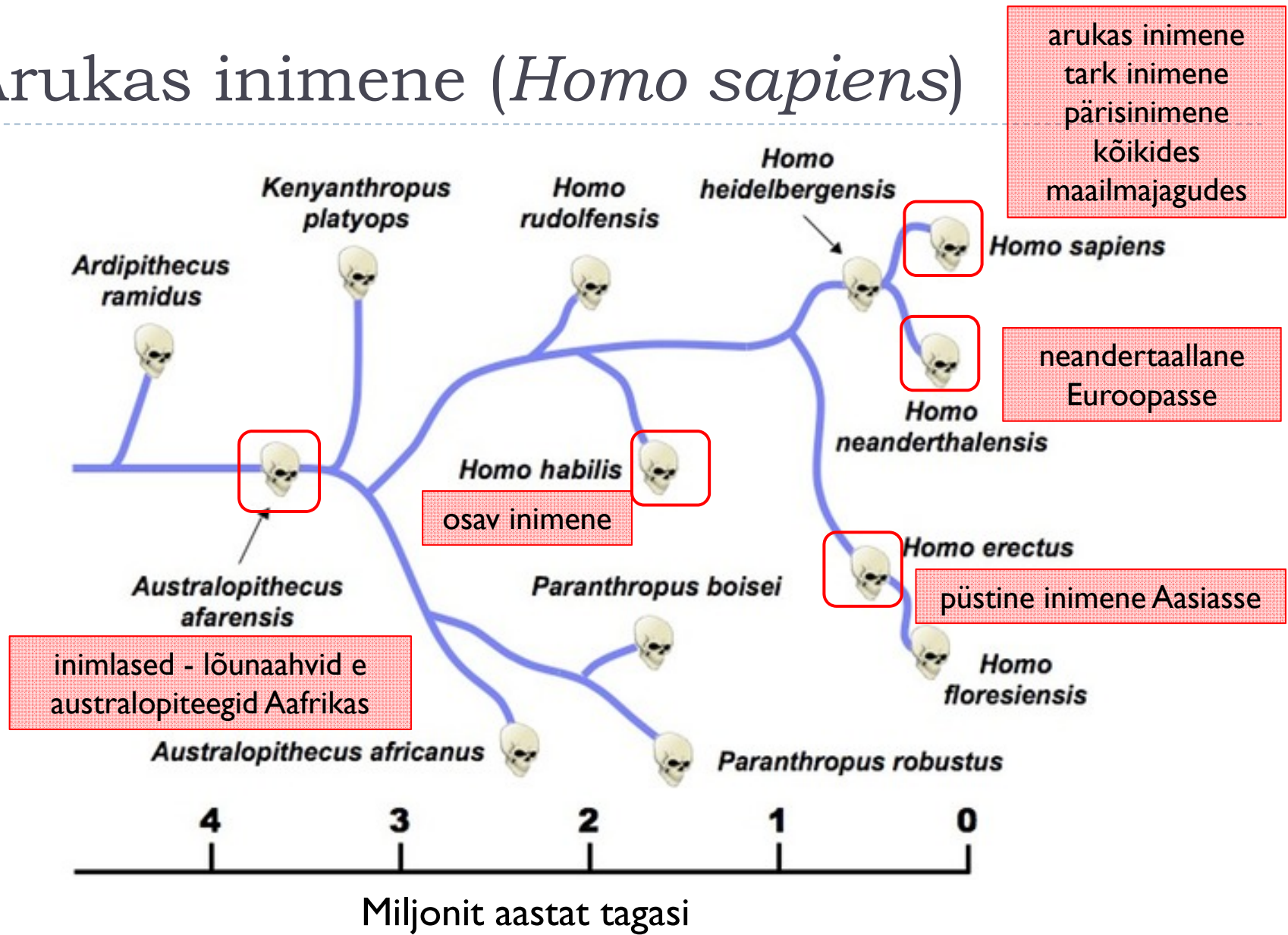


1. Gorilla
2. Australopithecus
3. Homo erectus
4. Neanderthal
5. Steinheim Skull
6. Euhominid

## Inimese olulisemad erinevused inimahvidest

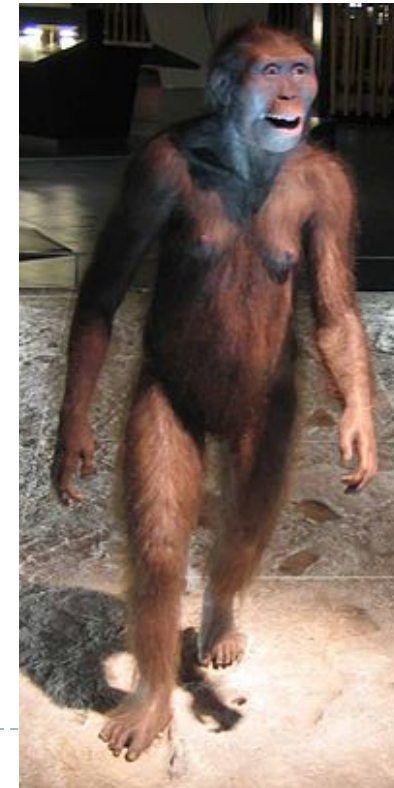
Tunnus	Inimene	Inimahvid
Liikumisviis	püstine, kahel jalal	peamiselt neljal jalal
Luustiku iseärasused	S-kujuline selgroog, laienenud rinnakorv, suur varvas ei vastandu ülejäänutele, vaagen laiem, esijäsemed lühemad	selgroog ei ole S-kujuline – ühe kõverusega, suur varvas vastandub ülejäänutele, vaagen kitsam, tagajäsemed lühemad
Käe funktsioonid	haaramine, manipuleerimine, kompimine jpm.	peamiselt haaramine, liikumine
Karvkate	taandarenenud, kohatine	rikkalik, ühtlane
Peaaju	suuraju poolkerade tugev areng, ajumaht 1200-1500cm <sup>3</sup>	suuraju poolkerad vähem arenenud, ajumaht 350-500cm <sup>3</sup>
Suhtlemisvahend	artikuleeritud kõne	žestid, häälotsused
Mõtlemine	abstraktne ja konkreetne	konkreetne
Töövõime	tehnoloogiate kasutamine	looduslike esemete kasutamine

# Arukas inimene (*Homo sapiens*)



# Australopiteegid ehk lõunaahvid

Elasid **1...6 miljonit aastat tagasi**. Inimahvide ja inimese **vaheaste**. Käisid kahel jalal, peaaju oli inimahvide omast rohkem arenenud. Elasid lagedal maal (Lõuna-Aafrikas), kus ei piisanud taimset toitu, hakkasid sööma ka loomset toitu - pidama jahti, kasutama teadlikult algelisi tööriistu.





# Australopiteegid ehk lõunaahvid

---

Arenesid kahte suunda (3 miljonit aastat tagasi):

**1. siredad australopiteegid** (1,2-1,5 m pikad, peenemad luud, väiksemad hambad, inimese evolutsiooni algus?);

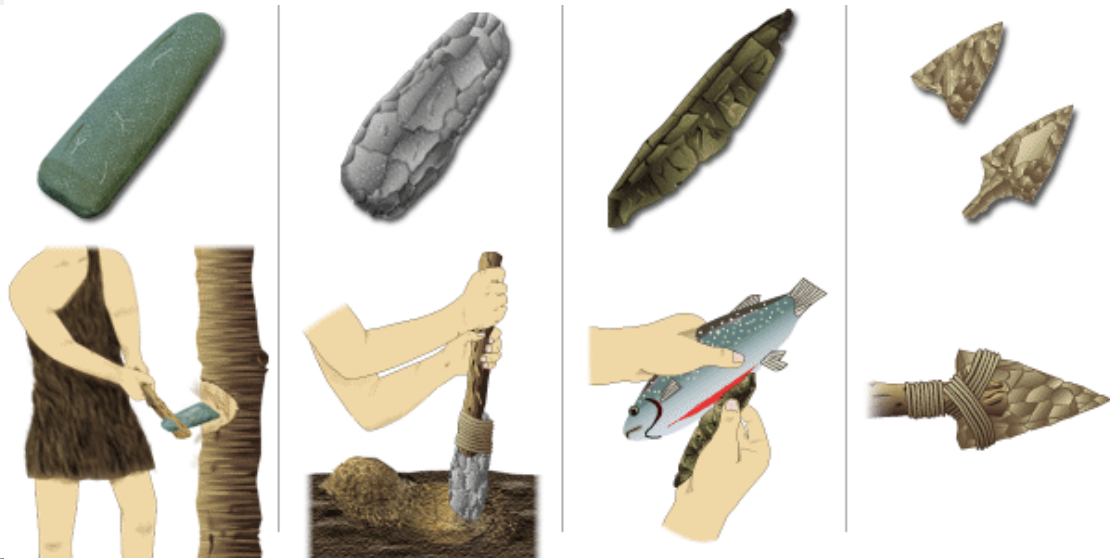
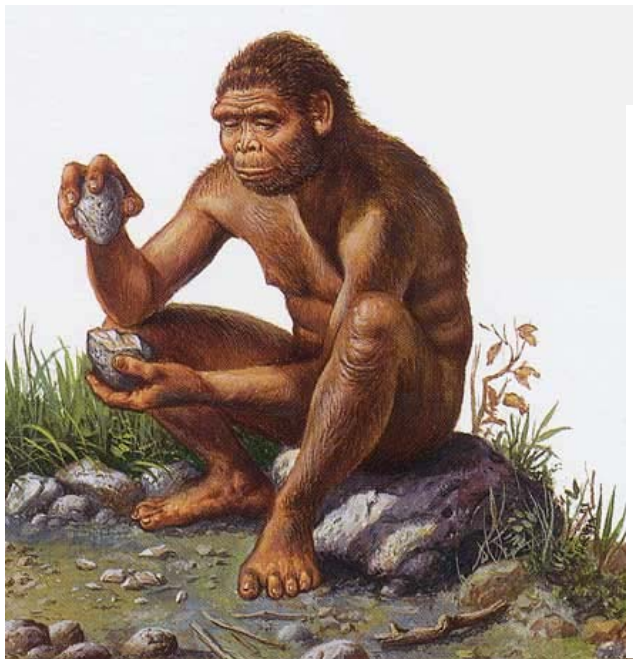
**2. robustsed australopiteegid** (pikemad, massiivsemad luud, suuremad hambad ja mälumislihased).

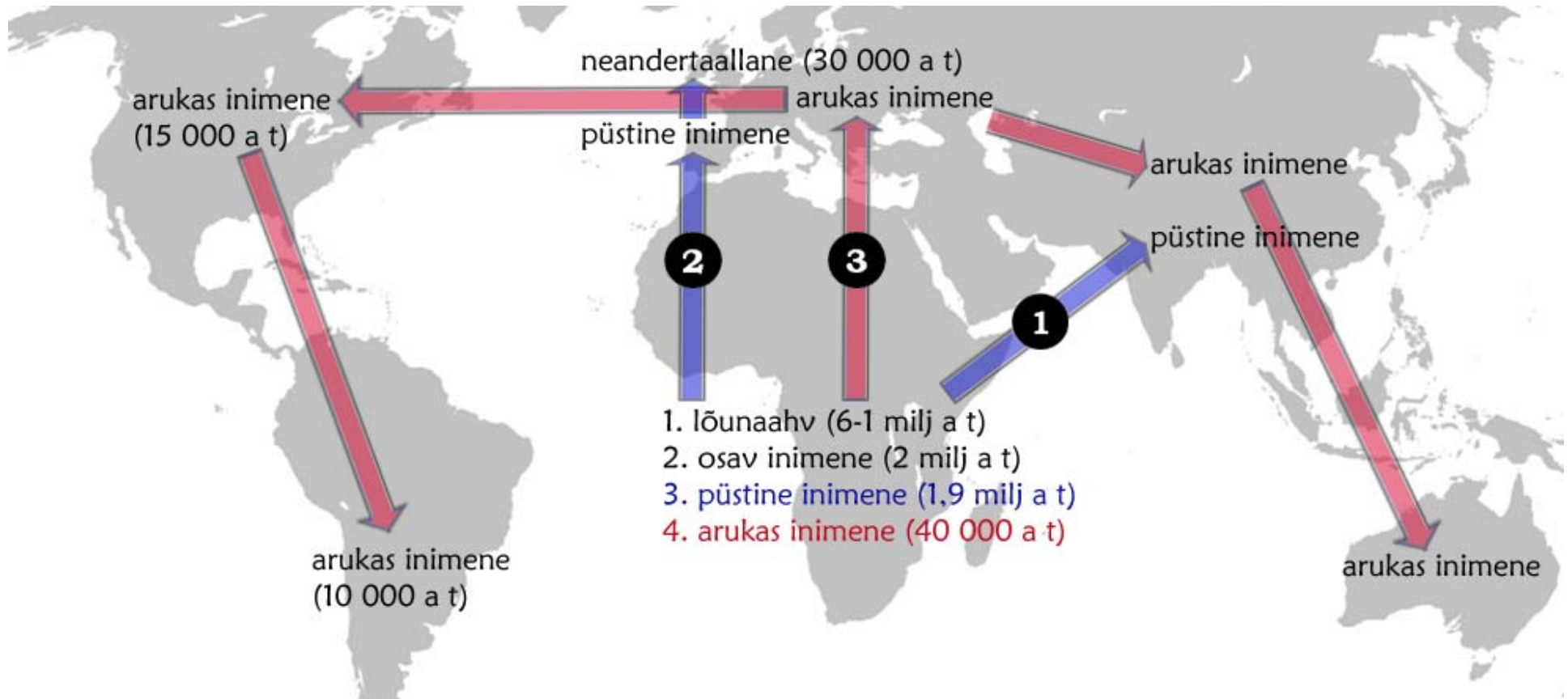
# Inimese (Homo) ilmumine

---

Elasid u **2 miljonit** aastat tagasi **Aafrikas**. Ajukolju sarnanes siredate australopiteekide omaga, aga oli suurem. Oskasid kivist tööriistu teha – **Homo habilis** e **osav inimene**.

**1,9 miljonit** aastat tagasi Aafrikas – **püstine inimene** e. **Homo erectus**. Suurem koljumaht ja kasv, täiuslikumad kivist tööriistad. Pidasid jahti, olid lihatoidulised ja oskasid kasutada tuld. Levis **Aafrikast Aiasse**.





*Homo ergaster* - Aafrika *Homo erectus* e püstine inimene

*Homo erectus* - püstine inimene - levis Aafrikast Aiasse

Neandertaallased levisid Euroopasse

*Homo sapiens* – levisid Euroopas, Aafriks, Aias ja Ameerikasse (jääajal maasilla kaudu)

Ränded olid korduvad

Väljarännete ajad: <http://ngm.nationalgeographic.com/ngm/0603/feature2/map.html>

# Inimese evolutsioon Euroopas

---

**Neandertaallane (*Homo neanderthalensis*)** arenes Euroopasse rännanud püstisest inimesest u **30 000 aastat tagasi** – lühike, jässaks ja lihaseline, suurema ajukoljuga, ümar kukal, lame laup, suured silmakoopad. Inimese evolutsiooni kõrvalharu.



# Arukas inimene (*Homo sapiens sapiens*)

---

**Arukas inimene** ehk **tark inimene** ehk **pärisinimene** arenes Aafrikas püstisest inimesest u **40 000 aastat tagasi** – kõrge laup, väikesed hambad, suur ajukolju, käsitlesid tööriistu.

**Kromanjoonlane** – arukas inimene Euroopas.

Kiviajal (40 000 – 50 000 aastat tagasi) – **kultuurirevolutsioon** – kalju- ja koopamaalingud, skulptuurid, kaunistustega tööriistad jne.

Aruka inimese järeltulijateks peetakse kõiki praeguseid rasse ja rahvaid.

Rasside tekke põhjus: ränded ja geograafiline eraldatus.

# Inimese evolutsiooni tegurid

---

Inimese evolutsiooni tegurid on samasugused nagu kõigil teistel liikidel.

Oluliseks osutusid **kahel jalal kõndimine, liha söömine, sotsiaalsed suhted** (inimkeel; sotsiaalne evolutsioon).

Inimlaste eraldumise põhjused: **kliima ja ökoloogiliste tingimuste muutused** (kliima jahenemine, kuivenemine, metsade asemele savannid).

Avamaal kujunes kahel jalal liikumine. Mõjutas samuti esijäsemete kasutamine muuks otstarbeks.

Evolutsiooni käigus kujunes **neoteenia** – arengu aeglustumine (rasedus pikem, lapsed väetid kauem)

# Sotsiaalne evolutsioon

---

Inimühiskonna kultuuride, tsivilisatsioonide, riikluse ja tehnoloogiate areng ja edastamine järglaspõlvkondadele – **sotsiaalne e kultuuriline pärilikkus**.

Info levib **vertikaalselt** (põlvest põlve) ja **horisontaalselt** (populatsioonide, rahvaste ja kultuuride vahel).

Kas inimese evolutsioon toimub edasi? Millises suunas?

Kuidas toimivad inimeste puhul mutatsioonid, kombinatiivne muutlikkus, geenisiire ehk geenivool, geenitriiv, olelusvõitlus ja looduslik valik?

# Inimese taksonoomia

---

<i>Homo</i>	
Taksonoomia	
Riik:	Loomad <i>Animalia</i>
Hõimkond:	Keelikloomad <i>Chordata</i>
Klass:	Imetajad <i>Mammalia</i>
Selts:	Esikloomalised
Sugukond:	Inimlased <i>Hominidae</i>
Alamsugukond:	<i>Homininae</i>
Triibus:	<i>Hominini</i>
Alamtriibus:	<i>Hominina</i>
Perekond:	<b><i>Homo</i></b> Linnaeus, 1758



# Küsimärgid

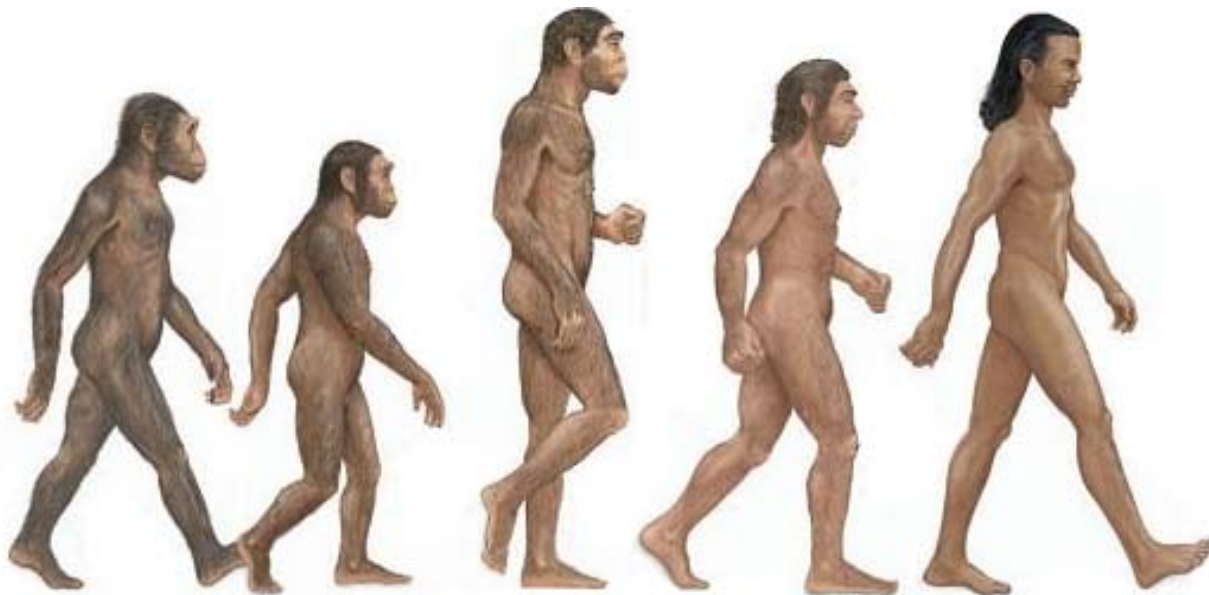
---

- ▶ Millised olid esimesed inimlased ja millal nad lahknesid inimahvide evolutsiooniteedest?
- ▶ Kuidas on kulgenud inimese evolutsioon esimesest inimliigist nüüdisinimeseni ja kui palju inimliike on eksisteerinud?
- ▶ Kust on pärit nüüdisinimene (*H. s. sapiens*)?
- ▶ Millisel kohal inimese fülogeneneesis asuvad neandertallased?
- ▶ Missugused on olnud inimese evolutsiooni ökoloogilised tingimused ja evolutsioonilised tegurid?
- ▶ Missugused on olnud inimese evolutsiooni geneetilised iseärasused ja mehhanismid?
- ▶ Milles seisnevad inimese geneetilised erinevused inimahvidest?

# Kordamine

---

- ▶ Milliste loomadega on inimese sarnasus kõige suurem?
- ▶ Mis tõendab, et inimesed põlvnevad erinevate loomarühmadega ühistest eellastest?
- ▶ Millisel mandril inimese eellased arenesid ja kuidas/millal levisid mujale?
- ▶ Mille poolest inimesed erinevad primaatidest?
- ▶ Millised tegurid on mõjutanud inimese evolutsiooni ja kuidas?
- ▶ Kirjelda inimese eellaste (inimlaste) tunnuseid.



*Australopiteekus*  
*H. habilis*  
*H. erectus*  
*H. neanderthalensis*  
*H. sapiens*

---

# Küsimused kordamiseks

---

1. Mis on sotsiaalne evolutsioon?
2. Kes on inimesed?
3. Millal eristusid inimesed inimesedest ühistest eellastest? Miks?
4. Mis tõendab, et inimesed põlvnevad erinevate loomarühmadega ühistest eellastest?
5. Milline on inimese süstemaatiline kuuluvus (riik, hõimkond, klass, selts, sugukond)?
6. Võrdle inimest ja inimese ja too välja peamised sarnasused ning erinevused (liikumisviis, luustik, käe funktsioonid, karvastik, peaaju, suhtlemine, mõtlemine, töövõime).
7. Selgita, kuidas on seotud inimesed (lõunaahvid), osav inimene, püstine inimene, neandertaallane ja arukas inimene.
8. Kirjelda lõunaahve ehk australopiteeke (millal ja kus elasid, peamised tunnused ja eluviis).
9. Kirjelda osavat inimest (millal ja kus elasid, peamised tunnused ja eluviis).
10. Kirjelda püstist inimest (millal ja kus elasid, peamised tunnused ja eluviis).
11. Kirjelda neandertaallast (millal ja kus elasid, peamised tunnused ja eluviis).

# Küsimused kordamiseks

---

1. Kirjelda arukat inimest (millal ja kus elasid, peamised tunnused ja eluviis).
2. Selgita, kuidas ja millal levisid inimesed erinevatesse maailmajagudesse.
3. Mis on kultuurirevolutsioon (aeg ja tõendid)?
4. Kuidas on kujunenud inimrassid?
5. Nimeta inimrasside põhigrupid ja põhitunnused.
6. Millised on inimese evolutsiooni kõige olulisemad tegurid?
7. Mis on neoteenia?
8. Mis on sotsiaalne ehk kultuuriline pärilikkus?
9. Selgita, kuidas levib info verikaalselt ja horisontaalselt?
10. Millises suunas toimub inimeste evolutsioon edasi?
11. Selgita, kuidas toimivad inimeste evolutsioonis mutatsioonid, kombinatiivne muutlikkus, geenisiire ehk geenivool, geenitriiv, olemusvõitlus ja looduslik valik?

# 2 tundi

## Eluslooduse süsteem



# Eluslooduse süsteem

---

- ▶ **Aristoteles** (300 eKr) – loomad ja taimed (kuni 19. saj).
  - ▶ **J. Ray** (17. saj) – loomise jumalikku korda kajastav loomulik süsteem (ehituse sarnasuse alusel).
  - ▶ **K. von Linne** (18. saj) – liik on süstemaatika põhiüksus eluslooduse hierarhilises süsteemis. **Binaarne nomenklatuur** – liikide nimes 2 sõna: perekond ja liigi-täiend.
    - ▶ *Betula pendula* – arukask
    - ▶ *Betula pubescens* – sookask
- Kunstik süsteem – nt liikumatud loomad pani taimeriiki.
- ▶ 19. saj. arenes võrdlev bioloogia, embrüoloogia, mikroskoopia. Rühmitamine põlvnemissuguluse järgi. Selgus, et peale taimede ja loomade on ka muid riike (protsiidid – bakterid, algloomad, vetikad) (**E. Haeckel**).
  - ▶ 20. saj. algus bakterite uurimine. Bakterid ja sinivetikad eraldi riiki.
  - ▶ 20. saj. keskel – rakubioloogia areng. Seened eraldi riiki (**R. Whittaker**).

# Eluslooduse süsteem

---

- ▶ 20. saj. lõpus – **5 riiki**: loomad, taimed, seened, protsid ja bakterid.
- ▶ Molekulaargeneetika areng (RNA ja DNA võrdlus) – **2 ülemriiki** (prokarüoodid ja eukarüoodid) ja **6 riiki** (arhed, bakterid, protsitid, seened, taimed, loomad (**C. Woese**)).

Seened sarnanevad pigem loomadele kui taimedele!

# Eluslooduse süsteem

Linnaeus 1735 2 riiki	Haeckel 1866 3 riiki	Chatton 1937 2 ülemriiki	Copeland 1956 4 riiki	Whittaker 1969 5 riiki	Woese al. 1977 6 riiki	Woese al. 1990 3 domeeni
(ei ole)	Protistid	Proka- rüoodid	Monera	Monera	Eubacteria	Bakterid
					Archaebac- teria	Arhed
Vegetabilia	Taimed	Euka- rüoodid	Protistid	Protistid	Protistid	Euka- rüoodid
Loomad	Loomad		Taimed	Seened	Seened	
			Loomad	Taimed	Taimed	
			Loomad	Loomad	Loomad	

\*Monera - bakterid



# Eluslooduse süsteem

---

- ▶ **Rakuline ehitus** - ainuraksed (bakterid, algloomad e. protistid, ainuraksed vetikad, ainuraksed seened) ja hulkraksed (enamik taimi, loomi ja seeni).
- ▶ **Sisemine keeruline organiseeritus** - keeruline ehitus, talitus ja regulatsioon.
- ▶ **Aine- ja energiavahetus** - autotroofid ja heterotroofid.
- ▶ **Stabiilne sisekeskkond** - homöostaas - püsiv keemiline koostis, püsiv pH (happesus), püsisoojastel püsiv temperatuur.
- ▶ **Paljunemisvõime** - suguliselt või mittesuguliselt (pooldumine, eostega, vegetatiivselt kehaosade abil).
- ▶ **Arenemine** - kvalitatiivsed muutused organismis. Viljastumisest surmani. Areng otsene või moondeline.
- ▶ **Reageerimine ärritustele** - hulkraksetel meeleelundid, alamatel organismidel ja taimedel nende asemel teatud orgaaniliste ainete molekulid.

# Eluslooduse süsteem

---

Millised on 6 riigi peamised tunnused?

- ▶ Bakterid
- ▶ Arhed
- ▶ Protistid
- ▶ Seened
- ▶ Taimed
- ▶ Loomad

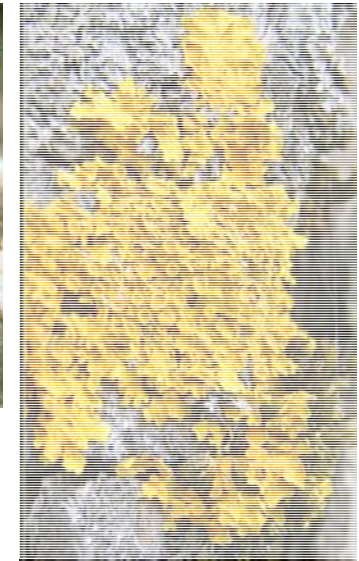
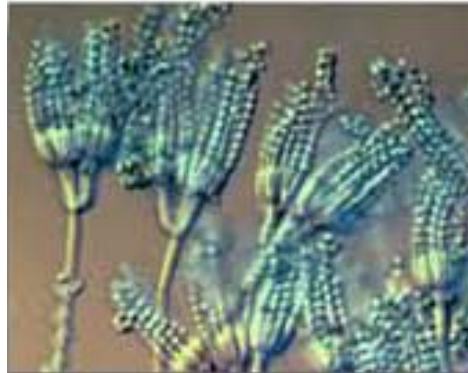
# Eluslooduse süsteem

---

- ▶ **Bakterid** - üherakulised eeltuumsed organismid (prokarüoodid) - pärisbakterid (Eubacteria). Rakutuuma pole. On 1 rõngaskromosoom. Kaksikmembraaniga rakuorganelle pole. On rakukest.
- ▶ **Arhed** (arhebakterid ehk ürgbakterid ehk metabakterid) – prokarüoodid. Puudub rakutuum. RNA ja ensüümide järgi on lähemal eukarüootidele kui bakteritele. Elavad üsna äärmuslikes elutingimustes.
- ▶ **Protistid** ehk algloomad – kunstlik rühm, kuhu kuuluvad eukarüoodid, kes pole seemed, taimed ega loomad. Üherakulised. Autotroofid ja heterotroofid.
- ▶ **Seened** – eukarüoodid. Neil on rakukest (taimed) kitiinist (loomad). Keha koosneb hüüfidest. Heterotroofid.
- ▶ **Taimed** – hulkraksed autotroofid. Rakukest, plastiidid, piiramatu kasv.
- ▶ **Loomad** – hulkraksed heterotroofid. Rakukesta pole, kasv piiratud.

# Millise riigi esindajaga on tegu?

---





### Harilik härjasilm



Härjasilma õisik, näha on valged keelõied ja kollased putkõied

### Taksonoomia

Riik: Taimed *Plantae*  
 Hõimkond: Katteseemnetaimed  
*Magnoliophyta*  
 Klass: Kaheidulehelised  
*Magnoliopsida*  
 Selts: Astrilaadsed *Asterales*  
 Sugukond: Korvõielised *Asteraceae*  
 Perekond: Härjasilm  
*Leucanthemum*  
 Liik: Harilik härjasilm

### Ladinakeelne nimetus

*Leucanthemum vulgare*  
 Lam.

### Sünonüümid

- *Chrysanthemum leucanthemum*

### Tuvilased



Smaragdtuvi

### Taksonoomia

Riik: Loomad *Animalia*  
 Hõimkond: Keelikloomad *Chordata*  
 Klass: Linnud *Aves*  
 Selts: Tuvilised *Columbiformes*  
 Sugukond: Tuvilased

### Ladinakeelne nimetus

*Columbidae*

Illiger (1811)

# Küsimused kordamiseks

---

1. Kuidas on ajalooliselt elusloodust süstematiseeritud (Aristoteles, Ray, Linne, Haeckel, Whittaker, Woese)?
2. Selgita, mis on binaarne nomenklatuur? Too näide ühe liiginime põhjal.
3. Nimeta 7 elusorganismidele omast tunnust.
4. Nimeta praegu kasutatavad 6 eluslooduse riiki.
5. Too välja eelpool nimetatud 6 riigi peamised tunnused.
6. Nimeta põhitaksonid (7) riigist liigini.