Lőrinczi Gábor, Torma Attila

Bevezetés a zoológiába

Egyetemi jegyzet

Szeged, 2019.

BEVEZETÉS A ZOOLÓGIÁBA

Írta: Dr. Lőrinczi Gábor (2-7. fejezet), Dr. Torma Attila (8-10. fejezet)

Szerzői jog © 2019 Dr. Lőrinczi Gábor, Dr. Torma Attila

E jegyzet kutatási és oktatási célokra szabadon használható. Bármilyen formában való sokszorosítása a jogtulajdonosok írásos engedélyéhez kötött.

Jelen tananyag a Szegedi Tudományegyetemen készült az Európai Unió támogatásával. Projekt azonosító: EFOP-3.4.3-16-2016-00014.

Szegedi Tudományegyetem
Cím: 6720 Szeged, Dugonics tér 13.
www.u-szeged.hu
www.szechenyi2020.hu

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

Tartalomjegyzék

1. Bevezető 1
2. Szisztematikai alapismeretek 4
Ellenőrző kérdések 7
3. Az állatvilág rendszere 8
Ellenőrző kérdések 18
4. Bazális állatcsoportok 19
4.1. Szivacsok (Porifera) 19
4.1.1. Mészszivacsok (Calcarea) 22
4.1.2. Kovaszaruszivacsok (Demospongiae) 22
4.1.3. Üvegszivacsok (Hexactinellida) 22
4.1.4. Homoscleromorpha 22
4.2. Bordásmedúzák (Ctenophora) 23
4.2.1. Tapogatósok (Tentaculata) 25
4.2.2. Tapogató nélküliek (Nuda) 26
4.3. Csalánozók (Cnidaria) 26
4.3.1. Virágállatok (Anthozoa) 29
4.3.1.1. Nyolcosztatú virágállatok (Octocorallia) 30
4.3.1.2. Hatosztatú virágállatokra (Hexacorallia) 30
4.3.1.3. Csöves virágállatok (Ceriantharia) 30
4.3.2. Medúzák (Medusozoa) 31
4.3.2.1. Hidraállatok (Hydrozoa) 31
4.3.2.2. Kehelyállatok (Scyphozoa) 31
4.3.2.3. Kockamedúzák (Cubozoa) 32
Ellenőrző kérdések 32
5. A spirális barázdálódású állatok (Spiralia) jellemzői és főbb csoportjai 33
5.1. Kerekesférgek (Rotifera) 33
5.1.1. Kerékszerv nélküliek (Seisonidea) 35
5.1.2. Egypetefészkűek (Monogononta) 35
5.1.3. Araszoló kerekesférgek (Bdelloidea) 35
5.2. Buzogányfejű férgek (Acanthocephala) 36
5.3. Puhatestűek (Mollusca) 38
5.3.1. Cserepeshéjúak (Bogárcsigák) (Polyplacophora) 41

5.3.2. Kagylók (Bivalvia) 42
5.3.3. Csigák (Gastropoda) 44
5.3.4. Lábasfejűek (Cephalopoda) 46
5.3.5. Ásólábúak (Agyarcsigák) (Scaphopoda) 49
5.4. Mohaállatok (Bryozoa) 50
5.4.1. Szájfedősök (Phylactolaemata) 52
5.4.2. Szájfedő nélküliek osztálya (Gymnolaemata) 52
5.4.3. Stenolaemata 53
5.5. Gyűrűférgek (Annelida) 53
5.5.1. Soksertéjűek (Polychaeta) 56
5.5.2. Nyeregképzők (Clitellata) 57
5.6. Zsinórférgek v. Ormányüregesek (Nemertea) 60
5.6.1. Árva zsinórférgek osztálya (Anopla) 62
5.6.2. Szuronyos zsinórférgek osztálya (Enopla) 62
5.7. Laposférgek (Platyhelminthes) 62
5.7.1. Örvényférgek (Turbellaria) 64
5.7.1.1. Lánctelepes férgek (Catenulida) 65
5.7.1.2. Valódi örvényférgek (Rhabditophora) 65
5.7.2. Módosult kültakarójú laposférgek (Neodermata) 66
5.7.2.1. Mételyek (Trematoda) 66
5.7.2.2. Horgasférgek (Cercomeromorpha) 69
Ellenőrző kérdések 71
6. Vedlőállatok (Ecdysozoa) jellemzői és főbb csoportjai 73
6.1. Húrférgek (Nematomorpha) 74
6.2. Fonálférgek (Nematoda) 75
6.2.1. Enoplea 79
6.2.2. Chromadorea 79
6.3. Medveállatkák (Tardigrada) 80
6.4. Ízeltlábúak (Arthropoda) 81
6.4.1. Csáprágósok (Chelicerata) 86
6.4.1.1. Csupalábállatok v. Ászkapókok (Pantopoda v. Pycnogonida) 87
6.4.1.2. Rákszabásúak (Merostomata) 88
6.4.1.3. Pókszabásúak (Arachnida) 89

6.4.2. Soklábúak (Myriapoda) 90
6.4.2.1. Százlábúak (Chilopoda) 91
6.4.2.2. Szövőcsévések (Symphyla) 93
6.4.2.3. Villáscsápúak (Pauropoda) 94
6.4.2.4. Ikerszelvényesek (Diplopoda) 94
6.4.3. Rákok (Crustacea) 96
6.4.3.1. Kagylósrákok (Ostracoda) 99
6.4.3.2. Ichthyostraca 99
6.4.3.3. Gályarákok (Remipedia) 100
6.4.3.4. Patkófejű rákok (Cephalocarida) 101
6.4.3.5. Levéllábú rákok (Branchiopoda) 101
6.4.3.6. Hexanauplia 102
6.4.3.7. Felsőrendű rákok (Malacostraca) 103
6.4.4. Hatlábúak (Hexapoda) 105
6.4.4.1. Előrovarok (Parainsecta v. Entognatha) 110
6.4.4.2. Valódi rovarok (Insecta v. Ectognatha) 110
Ellenőrző kérdések 112
7. Újszájúak (Deuterostomia) jellemzői és csoportjai 114
7.1. Tüskésbőrűek (Echinodermata) 114
7.1.1. Crinozoa 118
7.1.1.1. Tengeri liliomok (Crinoidea) 118
7.1.2. Eleutherozoa 119
7.1.2.1. Tengeri csillagok (Asteroidea) 119
7.1.2.2. Kígyókarú csillagok (Ophiuroidea) 120
7.1.2.3. Tengeri sünök (Echinoidea) 122
7.1.2.4. Tengeri uborkák (Holothuroidea) 123
7.2. Zsákállatok (Tunicata) 125
7.2.1. Farkos zsákállatok (Larvacea) 127
7.2.2. Aszcídiák (Ascidiacea) 127
7.2.3. Szalpák (Thaliacea) 127
7.3. Gerincesek (Vertebrata) 128
7.3.1. Nyálkahalak (Myxini) 132
7.3.2. Ingolák (Petromyzontida) 133

7.3.3. Porcoshalak (Chondrichthyes) 135
7.3.4. Sugarasúszójú halak (Actinopterygii) 138
7.3.5. Izmosúszójú halak (Sarcopterygii) 141
7.3.6. Kétéltűek (Amphibia) 142
7.3.7. Hüllők (Reptilia) 146
7.3.8. Madarak (Aves) 150
7.3.9. Emlősök (Mammalia) 157
Ellenőrző kérdések 163
8. Az állatföldrajz alapjai 165
8.1. Az állatföldrajz tárgya és részterületei 165
8.2. Kontinensvándorlás 166
Ellenőrző kérdések 170
8.3. Az állatföldrajzi egységek 170
8.3.1. Arktogea 170
8.3.1.1. Holarktikus régió (Holarktisz) 172
8.3.1.2. Etiópiai régió 174
8.3.1.3. Madagaszkári régió 176
8.3.1.4. Orientális régió 177
Ellenőrző kérdések 179
8.3.2. Neogea 179
Ellenőrző kérdések 184
8.3.3. Notogea 184
8.3.3.1. Ausztráliai faunaterület 185
8.3.3.2. Új-Guineai faunaterület 188
8.3.3.3. Új-Zélandi faunaterület 188
8.3.3.4. Hawaii faunaterület 189
8.3.3.5. Polinéziai faunaterület 189
Ellenőrző kérdések 189
9. Az állatvilág sokfélesége és védelme 191
9.1. Biodiverzitási krízis: hatodik kihalási hullám? 191
9.2. Természetvédelem és természetvédelmi biológia 192
9.3. Biodiverzitás 193
9.4. A biodiverzitást veszélyeztető tényezők 196

9.5. Biodiverzitás monitorozása 201
9.6. GLOBENET project 204
Ellenőrző kérdések 209
10. Idegenhonos állatfajok hazánkban 210
10.1. Idegenhonos vízi álltok 210
10.2. Idegenhonos szárazföldi állatok 222
Ellenőrző kérdések 242
11. Irodalomjegyzék 243
Függelék – Licencek a nem saját ábrákhoz 254

1. Bevezető

A zoológia (állattan) a biológiának a kihalt és ma élő állatok testszerveződésével, egyedfejlődésével, genetikájával, élettanával, evolúciójával, rendszertanával, ökológiájával, viselkedésével és elterjedésével foglalkozó tudományterülete. Mindezen ismeretek külön kurzusok és külön jegyzetek formájában jelennek meg a felsőoktatási tanulmányok során. Ezt az ismeretanyagot egyetlen jegyzetben már csak terjedelménél fogva sem lehet összegezni. Jelen jegyzet célja ennél fogva nem is a felhalmozott zoológiai ismeretanyag részleteses ismertetése, hanem bepillantást kíván nyújtani az egyes állatcsoportok (taxonok) morfológiai, élettani, ökológiai jellemzőibe, és ezen keresztül az állatvilág sokféleségébe. Ez a sokféleség azonban nem egyenletesen oszlik el Földünkön, ennek okait, ill. az egyes taxonok elterjedési területét is vázoljuk, mint ahogy a ma még fellelhető biológiai sokféleséget veszélyeztető tényezőket is. Reméljük így egy egységesebb képet tudunk kialakítani az olvasóban az állatvilág diverzitásáról és annak jelentőségéről, akárcsak az emberi tevékenységek nem éppen pozitív szerepéről a jelenleg zajló, az állatvilág sokféleségét is érintő változásokban.

A jegyzet első része az alapvető rendszertani ismereteket foglalja össze, de a fontosabb taxonok jellemzésénél utalunk az állatok szaporodására, egyedfejlődésére, életmódjára, elterjedésére, stb. is. A főbb szisztematikai fogalmak tisztázását követően (2. fejezet) az állatvilág rendszerét, ill. a főbb taxonok rokonsági viszonyait tekintjük át röviden, a legújabb kutatások eredményeinek felhasználásával (3. fejezet). A további fejezetekben a bazális állatcsoportok (4. fejezet), a spirális barázdálódású állatok (Spiralia) (5. fejezet), a vedlőállatok (Ecdysozoa) (6. fejezet), ill. az újszájúak (Deuterostomia) főbb törzseinek bemutatása következik (7. fejezet). A könnyebb áttekinthetőség és összehasonlíthatóság érdekében minden törzs jellemzése az alábbi részekre tagolódik: (1) rövid jellemzés (a törzs rövid, egy mondatos jellemzése az ide tartozó állatok legfontosabb jellegeivel); (2) etimológia (a törzs tudományos nevének eredete); (3) testméret (a törzs tagjainak mérettartománya); (4) morfológia (a törzs tagjainak általános külső- és belső anatómiája); (5) életmód (a törzs tagjainak szaporodásmódja, egyedfejlődésének módja, táplálkozásmódja, élőhelye, stb.); (6) diverzitás (a törzsbe tartozó recens és fosszilis fajok száma); (7) jelentőségük az ember számára (a törzs tagjainak pozitív és negatív jelentősége gazdasági, közegészségügyi, stb. szempontból), (8) rokonsági viszonyok (a törzs elhelyezése az állatvilág rendszerében); (9) rendszer (a törzs főbb ágainak felvázolása). A nagyobb vagy jelentősebb törzsek (pl. puhatestűek, ízeltlábúak, gerincesek) esetén részletesen kitérünk az ide tartozó osztályok jellemzésére is.

A jegyzet második részében az egyes taxonok mai elterjedési területéről, a taxonok kialakulásának és szétterjedésének központjairól, valamint az elterjedési mintázatokat meghatározó, befolyásoló földtörténeti és ökológiai tényezőkről esik szó (8. fejezet). Összefoglaljuk továbbá az állatvilág sokféleségét veszélyeztető főbb tényezőket, mint a

fragmentáció, az urbanizáció, a klímaváltozás és a biológiai inváziő, és ezek ismert és potenciális hatásait. Kitérünk természetesen a természetvédelem, a biológiai sokféleség megőrzési lehetőségeire is (9. fejezet). Az utolsó (10.) fejezetben a hazai idegenhonos, inváziós állatfajokat összegezzük, bepillantást nyújtva a napjainkban globálissá vált biológiai inváziő nagyságrendjébe, és konkrét példákkal szolgálva arra, hogy miképp befolyásoljuk tevékenységeinkkel az állatok természetes elterjedési mintázatát, ami aztán visszaüt ránk az inváziós fajok megjelenésével.

A főbb fejezetek végén ellenőrző kérdések segítik az anyag elsajátítását. A jegyzetet számos saját, ill. az internetről származó szabad felhasználású ábrával, ill. fotóval igyekeztünk szemléletesebbé tenni. A nem saját készítésű ábraanyagok forrását a jegyzet végén található függelékben tüntettük fel. A szövegbe illesztett szövegdobozok (bokszok) a törzsszöveg ismeretanyagát egészítik ki tudománytörténeti vonatkozásokkal, a megértést segítő példákkal és az érdeklődök számára további, speciális szakismeretekkel.

A jegyzet anyagának elsajátításához ajánlott az alapvető állatszervezettani és ökológiai ismeretek birtoklása.

A jegyzettel a következő konkrét tanulási eredmények alakíthatók ki:

Tudás	**Képesség**	**Attitűd**	**Autonómia/Felelősség**
Tisztában van a zoológia egyes részterületeinek (rendszertan és taxonómia, állatföldrajz, konzervációbiológia) ismeretköreivel, alapfogalmaival és terminológiájával.	Szemlélteti az állatvilág taxonómiai és funkcionális sokféleségét és mindezek jelentőségét a természetes ökoszisztémákban.	Nyitott az újabb kutatási eredmények megismerésére az állatvilág kialakulását, az egyes taxonok elterjedését és ökológiai szerepüket érintő kérdésekben.	Szakmai és nem szakmai körökben önállóan nyilvánít véleményt zoológiai kérdésekben.
Ismeri az állatvilág nagyobb csoportjait és tisztában van ezek rokonsági viszonyaival.	Bemutatja az állatok főbb csoportjait, és vázolja az állatvilág evolúcióját a főbb csoportok szintjén.	Nyitott az újabb rendszertani témájú kutatási eredmények megismerésére és az evolúciós szemléletmód alkalmazására.	Szakmai és nem szakmai körökben önállóan nyilvánít véleményt az állatvilág evolúcióját érintő kérdésekben.
Ismeri az állatok jelenkori elterjedésén alapuló állatföldrajzi régiókat, és az ezeket kialakító jelentősebb földtörténeti eseményeket.	Példákkal igazolja az egyes állatföldrajzi régiók faunája közötti különbségeket.	Nyitott a modern molekuláris módszerek nyújtotta lehetőségek megismerésére.	Önállóan érvel az evolúciós világnézet mellett, a múltbéli földtörténeti események és az állatvilágban történt változások összefüggéseinek értelmezésén keresztül.

Tisztában van az emberi populációk és a természet kapcsolatával, és ismeri az ezzel kapcsolatos természetvédelmi paradigmákat.	Felsorolja a globális természetvédelmi problémákat, és ismerteti azok potenciális hatásait. Példákon keresztül mutassa be a gyakorlati természetvédelem lehetőségeit és korlátait.	Nyitott az eltérő, nem csak természetvédelmi szempontú véleményekre a természetvédelem és más érdekcsoportok közötti konfliktus helyzetekben.	Önállóan nyilvánít véleményt a bizonyítékokon alapuló ún. evidence-based természetvédelem lehetőségeiről.
Tisztában van a biológiai sokféleség fogalmával, jelentőségével, és az azt veszélyetető tényezőkkel.	Felsorolja és értelmezi a biológiai sokféleség szintjeit. Ismeri a biodiverzitás mérésének, összehasonlításának alapvető módszereit.	Nyitott az együttműködésre a politika, a gazdaság és a természetvédelem területén dolgozó szakemberekkel és döntéshozókkal a biológiai sokféleség megóvása érdekében.	Önállóan és felelősségteljesen nyilvánít véleményt az élővilág nyújtotta javak és szolgáltatások jelentőségéről, a biodiverzitás és a fenntarthatóság kapcsolatáról.

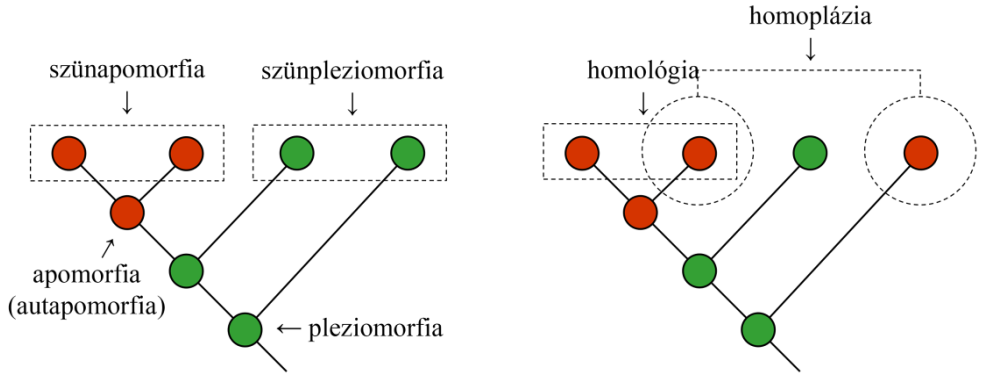
Reméljük, hogy jegyzetünket nem csupán az állatismeret, állatrendszertan, biogeográfia, ill. természetvédelmi zoológia vizsgákra készülő hallgatók használják majd, hanem azok is, akik pusztán érdeklődésből kívánják zoológiai ismereteiket bővíteni.

A szerzők

Szeged
2019. május. 31.

2. Szisztematikai alapismeretek

A különböző **taxon**ok, azaz az élőlények névvel ellátott csoportjai (pl. fajok) közötti hasonlóság és különbözőség megállapítását a rajtuk megmutatkozó **bélyegek vagy taxonómiai jellegek (karakterek)** segítségével végezhetjük el. Ezek nem csupán morfológiai, élettani vagy viselkedésbeli jellegek, hanem molekuláris jellegek is lehetnek. Egy adott jelleg különféle állapotok sorozatából áll. A „szemszín" jelleg például állhat a „kék", „zöld", „barna", „szürke", stb. állapotból. Az evolúció során egy jellegállapot egy másikba alakulhat át. Az átalakulás iránya megszabja, hogy melyik az **ősi vagy eredeti (pleziomorf) jelleg**, és melyik az **új vagy leszármaztatott (apomorf) jelleg** (2.1. ábra). A több taxonra is jellemző közös ősi jelleget **szünpleziomorf jelleg**nek nevezzük (pl. az ősi, szárny nélküli rovarok, azaz az ugró ősrovarok és a pikkelykék elsődleges szárnyatlansága). Ha egy leszármaztatott jelleg csak egyetlen taxonra jellemző, akkor **autapomorf jelleg**ről (pl. a beszédképesség embernél, amely más főemlősökre nem jellemző), ha többre, akkor **szünapomorf jelleg**ről beszélünk (pl. a gerincoszlop megléte a gerinceseknél, amely elsődlegesen a törzs minden tagjára jellemző).

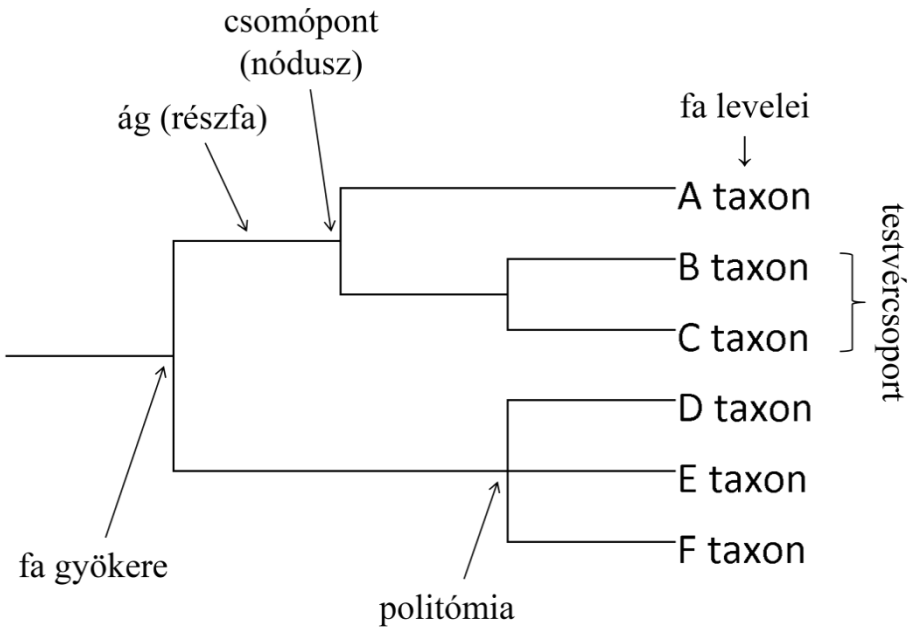


2.1. ábra. A jellegek és a jellegek eredete. Az ábrán a közös ősre jellemző zöld szín ősi (pleziomorf) jelleg, amely a leszármazott taxonokban is megmaradhat közös ősi (szünpleziomorf) jellegként. A piros szín új (apomorf) jellegként jelenik egy vagy több leszármazott taxonban, és ezek leszármazottjaira is jellemző lehet mint közös új (szünapomorf) jelleg. Ez esetben a piros szín homológ jelleg, hiszen azt a leszármazott taxonok a legközelebbi közös ősüktől örökölték. Ha azonban a piros szín egymástól függetlenül két vagy több taxonban is kialakult, akkor homopláziáról, azaz analóg jellegről van szó.

A jellegek közötti hasonlóság alapulhat a jellegek közös eredetén, vagy lehet a jellegek egymástól független kialakulásának eredménye. Előbbi esetben „valódi" (a valós rokonsági viszonyokat tükröző) hasonlóságról, azaz **homológiá**ról, ill. **homológ jellegek**ről (pl. az elsődlegesen ötujjú elülső végtag az emlősöknél, amely minden fajnál ugyanazon csontelemekből épül fel), míg utóbbi esetben „felületes" hasonlóságról, azaz **homopláziá**ról (**analógiá**ról), ill. **analóg jellegek**ről beszélünk (2.1. ábra). A homopláziának három megjelenési formája lehet: (1) a hasonló jellegek egymástól független kialakulása különböző

fejlődési útvonalakon a **konvergencia** (pl. a pteroszauruszok, madarak és denevérek szárnyai); (2) a közelrokon taxonok hasonló jellegeinek egymástól független kialakulása hasonló fejlődési útvonalakon a **parallelizmus** (pl. az elülső torvégtagoknak a szájszerveket segítő állkapcsi lábbá módosulása a rákok különböző csoportjaiban); és végül (3) egy korábbi (ősibb) jellegállapothoz való visszatérés a **homopláziás** reverzió (pl. a fogak újbóli megjelenése a *Gastrotheca guentheri* békafaj alsó állkapcsán annak ellenére, hogy az alsó állkapcsi fogakat a békák evolúciójuk során elvesztették).

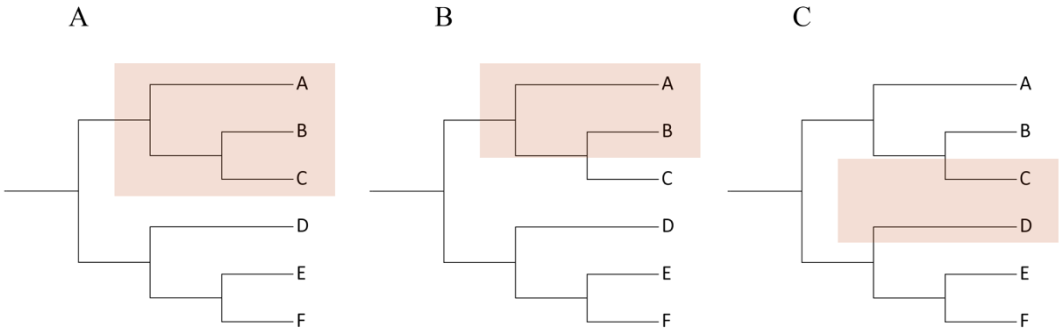
A **kladisztika (filogenetikus szisztematika)** olyan módszer, amellyel a taxonokat a közös leszármaztatott (szünapomorf) jellegeik alapján természetes csoportokba osztjuk és osztályozzuk. Alapelve szerint a taxonok leszármazási viszonyai **filogenetikai fák**on (**fa-gráfok**on) ábrázolhatók. A fa levelei a vizsgált taxonok (pl. fajok), csomópontjai (nóduszai) két leszármazási sor elkülönülésére (divergenciájára) utalnak, gyökere az utolsó közös ősnek megfelelő csomópont (nódusz), ágai vagy részfái (**kládok**) pedig egy-egy leszármazási sornak felelnek meg (2.2. ábra). Amennyiben a vizsgált taxonok leszármazási kapcsolata nincsen teljesen felbontva politómiáról beszélünk. A filogenetikai fáknak három fő típusa ismert. A **kladogram** esetében az ágak hossza nem informatív az evolúciós változás mértékére, míg a **filogram**nál az ágak hossza a változás mértékét szemlélteti, a **kronogram** esetében pedig az egyes ágak hossza az idővel arányos.



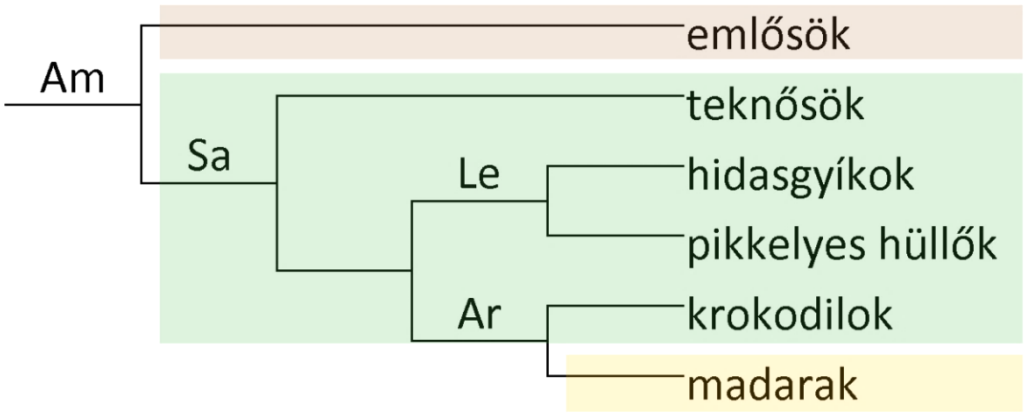
2.2. ábra. A filogenetikai fa (ez esetben egy kladogram) értelmezése.

A kladisztika kulcsfontosságú alapja a monofiletikus csoportok (taxonok) meghatározása. A **monofiletikus csoport** olyan közös leszármaztatott jellegekre (szünapomorfiákra) alapozott csoport, amely tartalmazza a közös őst és annak minden leszármazottját (pl. a magzatburkos gerincesek, azaz a hüllők, madarak és emlősök) (2.3. és 2.4. ábrák). Két monofiletikus csoport egymás **testvércsoport**ját (**testvérkládj**át) képezi,

hogyha egymás közvetlen és legközelebbi rokonai, azaz egy közös ősből származtathatók le (pl. a 2.3. ábra fáján B+C). A testvércsoportok együtt egy újabb monofiletikus egységet képeznek (A+B+C), amely a testvércsoportjával (D+E+F) együtt szintén egy újabb monofiletikus csoportot (A+B+C+D+E+F) alkot, és így tovább. A monofiletikus csoporttal szemben a **parafiletikus csoport** (vagy **„csonka" monofiletikus csoport**) olyan közös ősi (szünpleziomorf) jellegekre alapozott csoport, amely tartalmazza a közös őst, de annak nem minden leszármazottját (pl. a hüllők leszármazottaik, a madarak nélkül) (2.3. és 2.4. ábrák). A **polifiletikus** csoport olyan nem közös eredetű hasonló jellegekre (homopláziákra) alapozott csoport, amelynek közös őse egy rajtuk kívül álló csoporthoz tartozik (pl. a hüllőket kizárva az állandó testhőmérsékletű magzatburkosok, azaz a madarak és az emlősök) (2.3. és 2.4. ábrák).



2.3. ábra. Mono- (A), para- (B) és polifiletikus csoport (C).



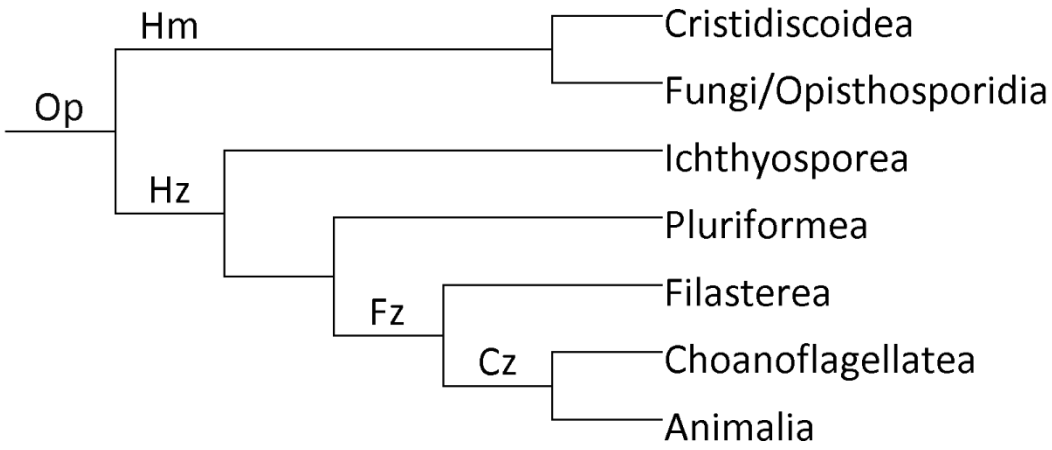
2.4. ábra. A mono- , para- és polifiletikus csoportok bemutatása a magzatburkosok (Amniota) példáján. Az összes magzatburkos együtt egy monofiletikus csoportot alkot, hiszen közös jellemzőjük az embriót védő és annak anyagcseréjét biztosító magzatburkok megléte mint szünapomorf jelleg. Az emlősök (barna), ill. a hüllőket és madarakat magába foglaló hüllőszerűek (Sauropsida) szintén monofiletikus csoportokat képeznek. Ezzel szemben a hüllők (zöld) önmagukban, leszármazottjaik, a madarak (sárga) nélkül parafiletikus csoportként jelennek meg a Sauropsida kládon belül. Ha az állandó testhőmérsékletű magzatburkosokat, azaz az emlősöket és madarakat egy közös taxonban helyeznénk el, akkor ezzel egy a valós leszármazási viszonyokat nem tükröző polifiletikus csoportot hoznánk létre. *Am*: Amniota; *Sa*: Sauropsida; *Le*: Lepidosauria; *Ar*: Archosauria.

Ellenőrző kérdések

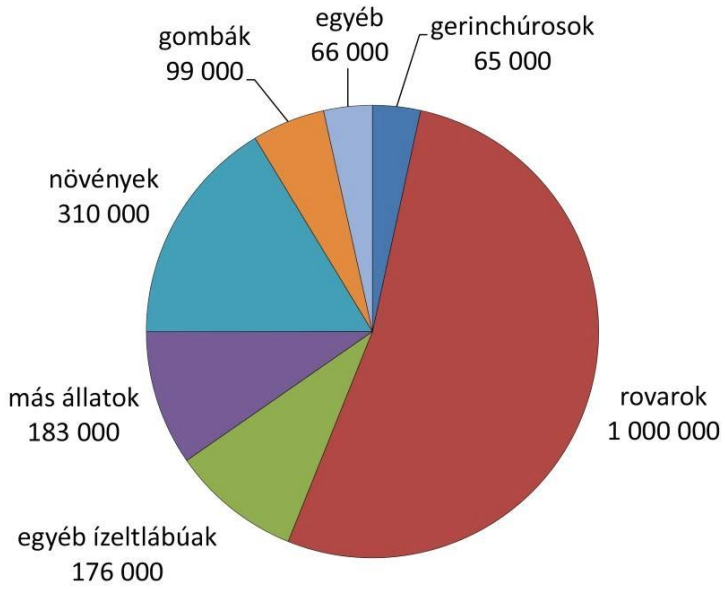
1. Mit nevezünk taxonnak?
2. Mik a bélyegek (taxonómiai jellegek)?
3. Mi a különbség a jelleg és a jellegállapot között?
4. Mi a különbség a pleziomorf és apomorf jellegek között?
5. Mi a különbség a homológia és homoplázia között?
6. Milyen megjelenési formái vannak a homopláziának?
7. Mi a kladisztika (filogenetikus szisztematika)?
8. Hogyan kell értelmezni a filogenetikai fákat?
9. Mit nevezünk mono-, para- és polifiletikus csoportnak?

3. Az állatvilág rendszere

Az állatok rendszertanilag az ANIMALIA (METAZOA) országba (regnum) tartoznak, amely a galléros ostorosok (Choanoflagellatea) testvércsoportját képezi az OPISTHOKONTA kládon belül, ahová több más egysejtű csoport mellett a gombák (Fungi) is tartoznak (3.1. ábra). Az Opisthokonta tagjainak közös jellemzője, hogy ostoros sejtjeik (így pl. az állatok hímivarsejtjei vagy a rajzósprórás gombák spórái) opisthokont típusúak, azaz **egyetlen hátul eredő ostor**ral rendelkeznek.



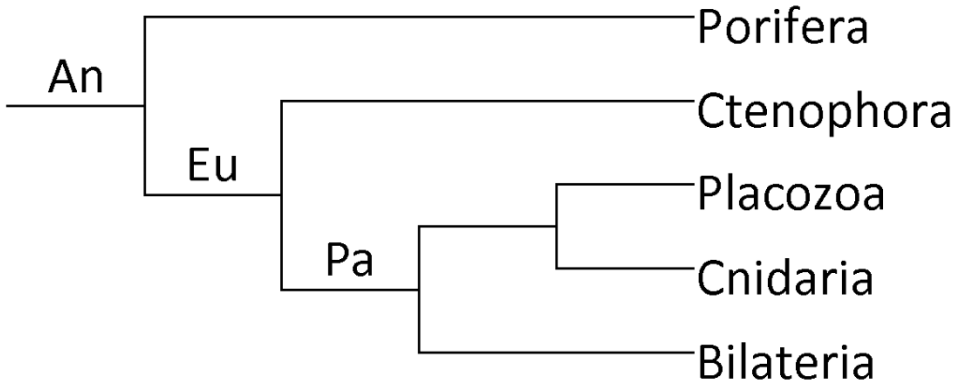
3.1. ábra. Az állatokat (Animalia) is magába foglaló Opisthokonta klád főbb ágai Hehenberger et al. (2017) és Tedersoo et al. (2018) alapján. *Op*: Opisthokonta; *Hm*: Holomycota; *Hz*: Holozoa; *Fz*: Filozoa; *Cz*: Choanozoa.



3.2. ábra. A Földön élő fajok számbeli megoszlása Chapman (2009) adatai alapján.

Maguk az állatok elsődlegesen **többsejtű**, **heterotróf** (azaz már meglévő szerves anyagokat átalakító és azt a szervezetükbe beépítő) **eukarióta** szervezetek. Jellemzőjük, hogy (1) a sejtjeik között speciális **sejtkapcsoló struktúrák** alakulnak ki (pl. dezmoszómák, réskapcsolatok, stb.), (2) a sejtközötti állományuk (**extracelluláris mátrix**) pedig **kollagén**t és más strukturális fehérjéket tartalmaz. Életük nagy részében rendszerint **diploidok**, csupán a számfelező osztódással (meiózissal) létrejövő ivarsejtjeik (petesejtek és hímivarsejtek) haploidok. Egyedfejlődésük **barázdálódás**sal történik, amelynek során a megtermékenyített petesejtből (zigóta) szedercsíra (morula), ebből hólyagcsíra (blasztula), majd (a legtöbb állatnál) bélcsíra (gasztrula) fejlődik. Jelenleg több mint 1,4 millió állatfaj ismert − amelyek mintegy 70%-a rovar −, ezzel a Földön jelenleg élő fajok közel háromnegyedét teszik ki (3.2. ábra).

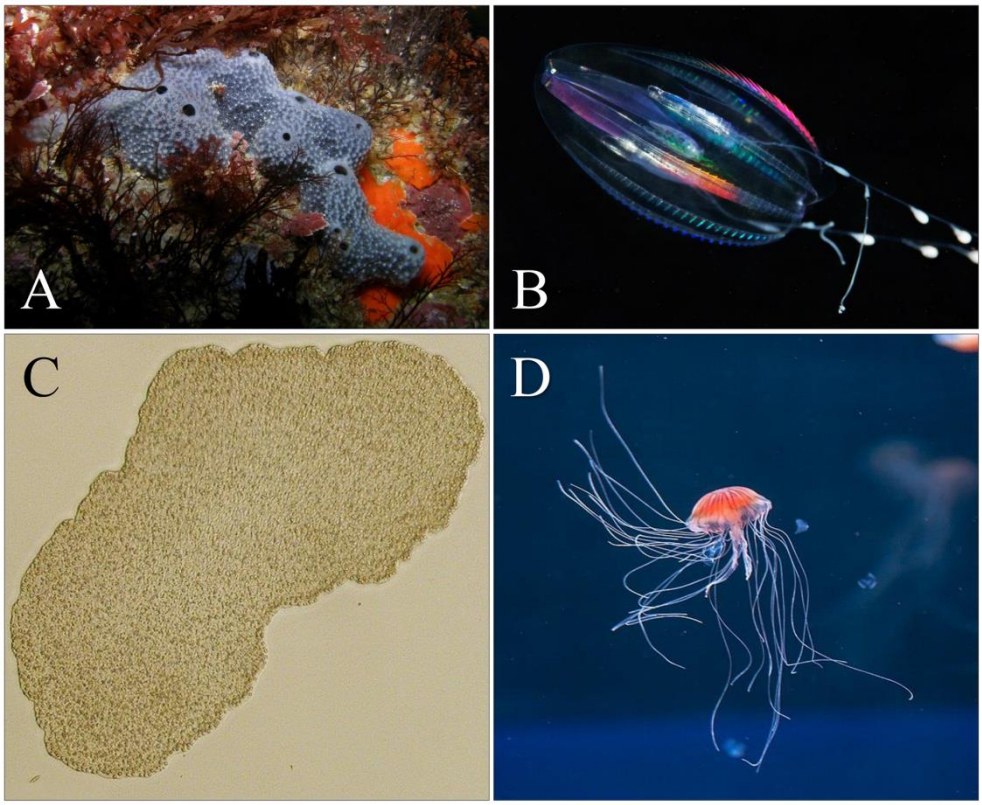
Az állatok elsőként divergálódó ágát az ÁLSZÖVETES ÁLLATOK (PARAZOA) képezik (3.3. ábra), amelyeknek fő jellemzője, hogy sejtjeik nagyfokú átalakulásra képesek, közöttük pedig nem alakulnak ki szoros kapcsolatok. A Parazoa egyedüli ma is élő (recens) képviselői a rendszerint szabálytalan formájú (aszimmetrikus), helytülő (szesszilis) és szűrögető életmódú, kizárólag vízben élő (többségében tengeri) SZIVACSOK (PORIFERA) (3.4. ábra A). A szivacsokon kívül az összes többi állat, azaz a VALÓDI SZÖVETESEK (EUMETAZOA) sejtjei **valódi szövetek**be szerveződnek, így szervezetükben szervek, szervrendszerek alakulnak ki. További közös jellemzőjük (1) a hámszöveti sejtjeiket az alatta lévő szövetektől elválasztó **alaphártya (bazális membrán)** megléte, (2) az **ideg- és izomsejtek** jelenléte, továbbá hogy (3) az egyedfejlődésük során keresztülmennek a **bélcsíra (gasztrula)** állapoton. Az Eumetazoa kládon belül két fő ág különíthető el (3.3. ábra).



3.3. ábra. Az állatok (Animalia) főbb ágai Laumer et al. (2018) alapján.
An: Animalia; *Em*: Eumetazoa; *Pa*: ParaHoxozoa.

A valódi szövetes állatok legősibb képviselői a BORDÁSMEDÚZÁK (CTENOPHORA), amelyek kétsugaras (biradiális) szimmetriájú, csillóösszenövésekből alakult úszólemezeik segítségével mozgó, kizárólag tengerekben élő ragadozók (3.4. ábra B). Az összes többi valódi szövetes állat a PARAHOXOZOA kládba tartozik, mely tagjainak közös jellemzője az egyedfejlődésben kulcsszerepet játszó **Hox és ParaHox gének** megléte. A ParaHoxozoa

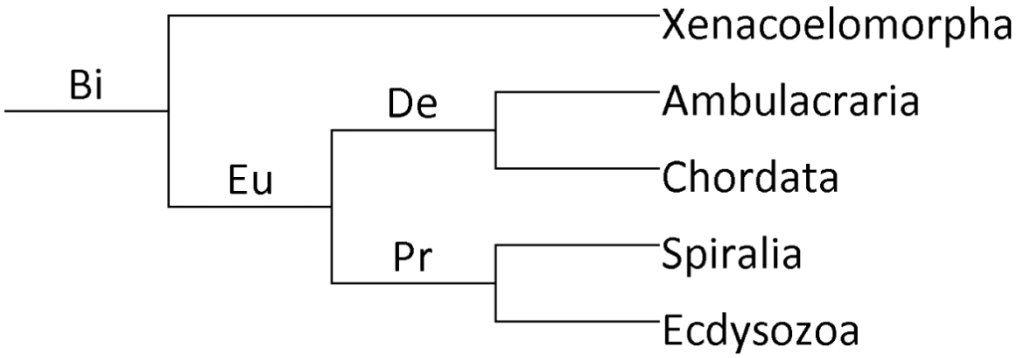
további három ágra különül. A KORONGÁLLATKÁK (PLACOZOA) másodlagosan leegyszerűsödött, mindössze néhány ezer sejtből felépülő aszimmetrikus állatok, csupán egyetlen ismert fajjal, a korongállatkával (*Trichoplax adhaerens*) (3.4. ábra C). A korongállatkák testvércsoportját képező CSALÁNOZÓK (CNIDARIA) speciális, zsákmányejtést és védekezést szolgáló csalánsejtekkel (cnidociták) rendelkező, sugaras (radiális) szimmetriájú, kivétel nélkül vízi (nagyrészt tengeri) ragadozók, amelyekre rendszerint nemzedékváltakozás jellemző, amelyben az ivarosan szaporodó, szabadon úszó medúzaalak és az ivartalanul (bimbózással) szaporodó, gyakran helytülő (szesszilis) és telepes polipalak váltja egymást (3.4. ábra D).



3.4. ábra. A bazális állattörzsek (Non-Bilateria). *A*: szivacsok (Porifera); *B*: bordásmedúzák (Ctenophora); *C*: korongállatkák (Placozoa); *D*: csalánozók (Cnidaria).

A ParaHoxozoa harmadik, és egyben legfajgazdagabb ágát képezik a KÉTOLDALI SZIMMETRIÁJÚ ÁLLATOK (BILATERIA) (3.3. ábra), amelyek nevüknek megfelelően elsődlegesen **kétoldali (bilaterális) szimmetriá**t mutató állatok, azaz testük hossztengelyén egyetlen nyílirányú sík fektethető keresztül, amely a testüket két egyenlő, egymással nagyjából tükörszimmetrikus jobb és bal oldali részre osztja. A testükön továbbá elkülöníthetünk egy elülső vagy feji (kraniális), ill. hátulsó vagy farki (kaudális) véget, továbbá egy háti (dorzális) és hasi (ventrális) oldalt. Triploblasztikus szerveződést mutató állatok, azaz egyedfejlődésük során az ekto- és az entoderma között egy újabb sejtréteg, a **mezoderma** alakul ki, így testük három csíralemezből fejlődik ki. Szervezetükben mind a négy szövet alaptípus, azaz a hám-, kötő-/támasztó-, izom- és idegszövet megjelenik.

A **testüreg** alakulása függvényében lehetnek (1) testüreg nélküliek, ill. rendelkezhetnek (2) elsődleges, az ősbélüreggel homológ testüreggel (blasztocölóma) vagy (3) mezodermális eredetű hámmal bélelt másodlagos (valódi) testüreggel (eucölóma). Az ősibb csoportok kivételével sajátos vonásuk a test hossztengelyében végighúzódó **kétnyílású bélcsatorna** megléte, amely azonban másodlagosan redukálódhat (pl. állkapcsos férgecskék, laposférgek). Ideg- és érzéksejtjeik a testük mozgásirányába eső elülső (feji) végén koncentrálódnak (**kefalizáció**). Egyes képviselőik, így a gyűrűsférgek (Annelida), az ízeltlábúak és közeli rokonaik (Panarthropoda), valamint a gerinchúrosok (Chordata) **valódi külső és/vagy belső szelvényezettség**et mutatnak, azaz testük a hossztengely mentén ismétlődő részekre való tagolódik fel, amely valószínűleg egymástól függetlenül alakult ki a három csoportban. Az állatfajok döntő többsége (>98%) ide tartozik. A Bilateria elsőként divergálódó ágát a XENACOELOMORPHA képezi, az összes többi kétoldali szimmetriájú állat pedig az EUBILATERIA kládba tartozik (3.5. ábra).



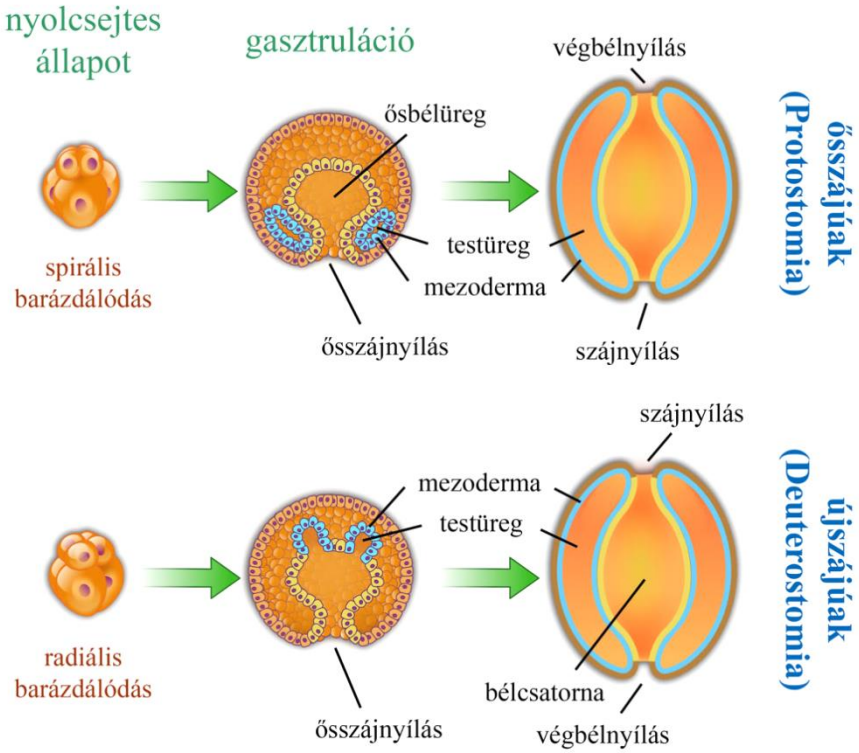
3.5. ábra. A kétoldali szimmetriájú állatok (Bilateria) főbb ágai.
Bi: Bilateria; *Eu*: Eubilateria; *De*: Deuterostomia; *Pr*: Protostomia.

3.6. ábra. A Nemertodermatida egy képviselője.

A Xenacoelomorpha klád tagjai (ACOELA, NEMERTODERMATIDA, XENOTURBELLIDA) a legegyszerűbb testszerveződésű kétoldali szimmetriájú állatok (3.6. ábra). Sem végbélnyílással, sem elkülönült kiválasztószervvel nem rendelkeznek, idegrendszerük pedig

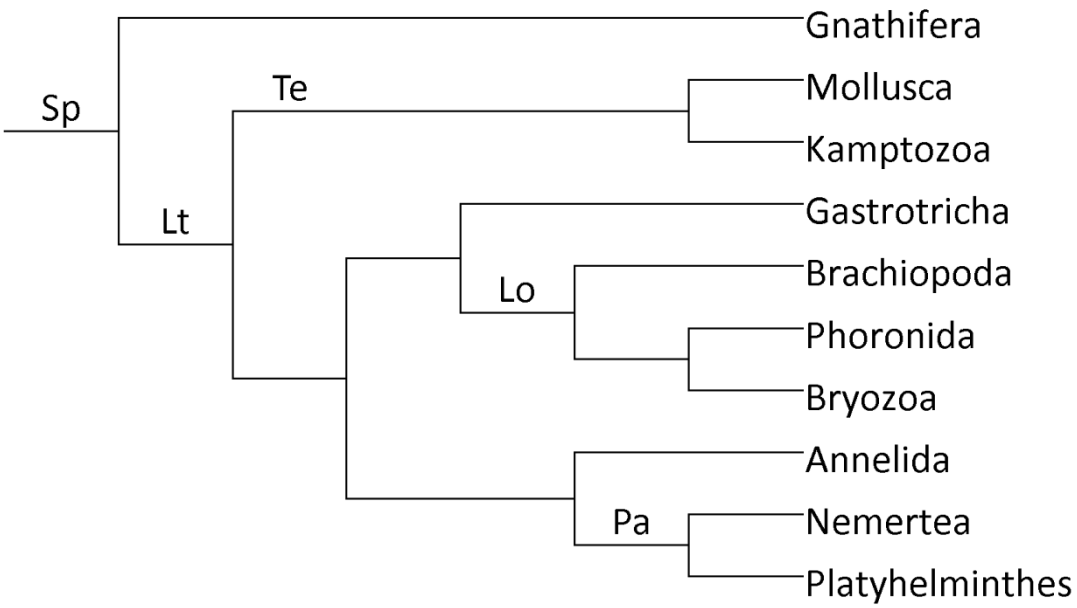
„még” nem központosult. A Xenacoelomorpha testvércsoportját alkotó Eubilateria tagjait ezzel szemben a **kétnyílású bélcsatorna**, az **elkülönült kiválasztószerv** és a **központosult idegrendszer** megléte jellemzi. Az Eubilateria két fő ágra tagolódik, az egyiket az ŐSSZÁJÚAK (PROTOSTOMIA), a másikat pedig az ÚJSZÁJÚAK (DEUTEROSTOMIA) alkotják (3.5. ábra).

Az ősszájúak (Protostomia) nevüket arról kapták, hogy az embrionális fejlődésük során − az újszájúakkal (Deuterostomia) ellentétben − a **szájnyílás**uk **a tápcsatorna ősszájnyílás (blasztopórus) felöli oldalán** jelenik meg (3.7. ábra). További közös jellemzőjük, hogy (1) egyedfejlődésük során a másodlagos testüreg (eucölóma) hasadékképződéssel alakul ki a mezodermális sejtek alkotta tömör sejthalmazok belsejében (**schizocölia**) (3.7. ábra), valamint hogy (2) idegrendszerük tipikusan agydúcból, garatkörüli ideggyűrűből és a test hosszában futó hasi (ventrális) idegtörzsekből áll.

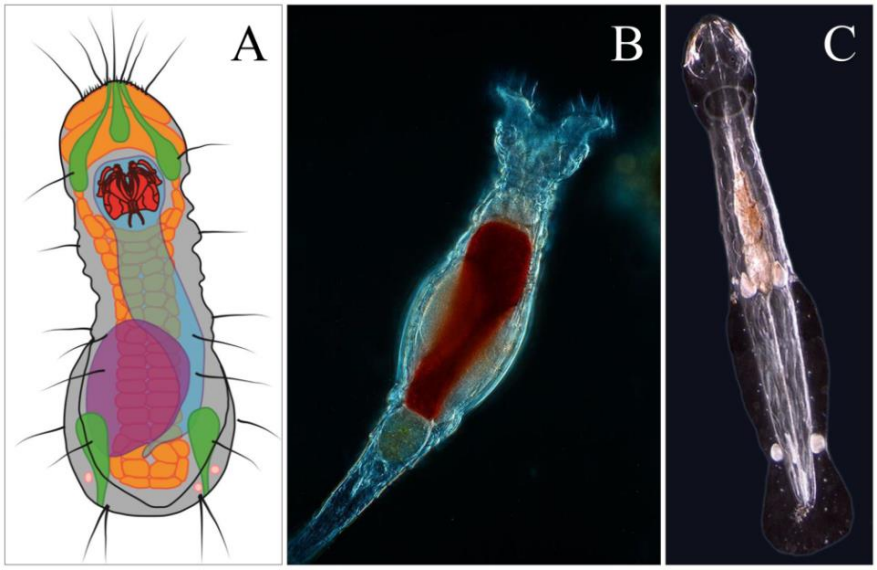


3.7. ábra. Egyedfejlődésbeli különbségek az ősszájúak (Protostomia) és az újszájúak (Deuterostomia) között.

A Protostomia további két ágra különül, ezek a SPIRÁLIS BARÁZDÁLÓDÁSÚ ÁLLATOK (SPIRALIA) és a VEDLŐÁLLATOK (ECDYSOZOA) (3.5. ábra). A Spiralia tagjainak jellemzője hogy petebarázdálódásuk (amennyiben teljes) jellemzően **spirális típusú**, azaz a zigóta osztódásával létrejövő leánysejtek (blasztomérák) nem egymás felett szabályosan, hanem egymáshoz képest mintegy 45 fokkal elcsúszva helyezkednek el (3.7. ábra). A kládon belül további két ág különíthető el, ezek az ÁLLKAPCSOSAK (GNATHIFERA) és a TAPOGATÓS-CSILLÓKOSZORÚS ÁLLATOK (LOPHOTROCHOZOA) (3.8. ábra).



3.8. ábra. A spirális barázdálódású állatok (Spiralia) főbb ágai Marlétaz et al. (2019) alapján. *Sp*: Spiralia; *Lt*: Lophotrochozoa; *Te*: Tetraneuralia; *Lo*: Lophophorata; *Pa*: Parenchymia.



3.9. ábra. Az állkapcsosak (Gnathifera) néhány reprezentatív törzse. *A*: Micrognathozoa; *B*: kerekesférgek (Rotifera); *C*: serteállkapcsúak (Chaetognatha).

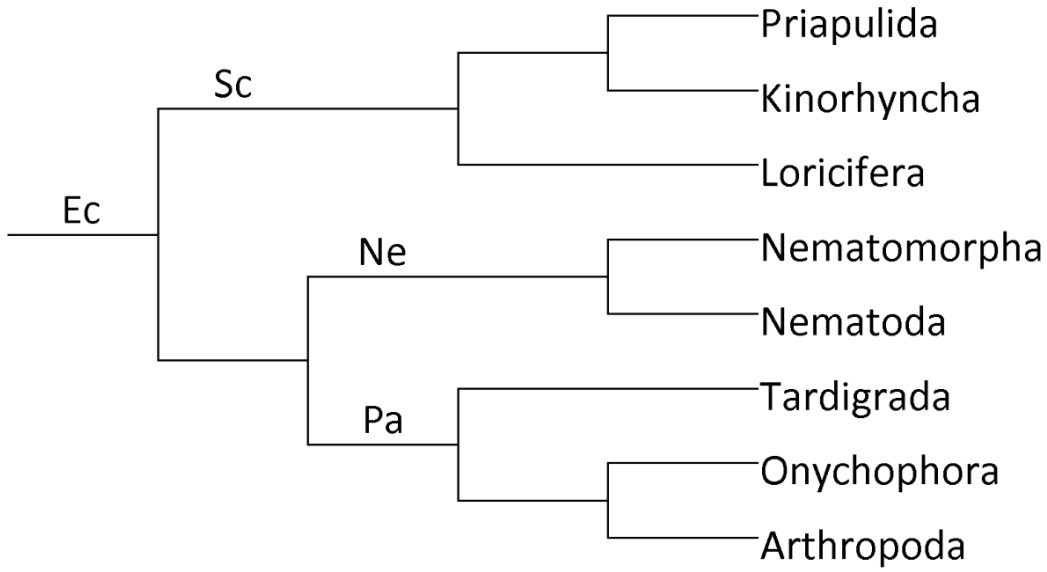
Az állkapcsosak (Gnathifera) közös jellemzője, hogy garatjukban többtagú **állkapcsi készülék** található. Ide tartoznak az apró termetű, másodlagosan egynyílású bélcsatornával rendelkező ÁLLKAPCSOS FÉRGECSKÉK (GNATHOSTOMULIDA), a MICROGNATHOZOA egyetlen, Grönlandon élő mikroszkopikus méretű faja (*Limnognathia maerski*), a szintén mikroszkopikus méretű, csillós kerékszervvel rendelkező KEREKESFÉRGEK (ROTIFERA), valamint a belőlük leszármaztatható, kiölthető ormánnyal rendelkező, belső élősködő (endoparazita) BUZOGÁNYFEJŰ FÉRGEK (ACANTHOCEPHALA) (3.9. ábra A-B). Újabban az állkapcsosak közé sorolják a kizárólag tengerekben élő, tövisfogakkal és fogóhorgokkal, ill.

kutikulapálcával merevített úszókkal rendelkező, ragadozó életmódú SERTEÁLLKAPCSÚAKat (CHAETOGNATHA) is (3.9. ábra C).

A Spiralia másik ágát a TAPOGATÓS-CSILLÓKOSZORÚS ÁLLATOK (LOPHOTROCHOZOA) alkotják (3.8. ábra), amelyek közös jellemzője a szűrögetéshez használt **csillós tapogatókoszorú (lofofóra)** és/vagy a **csillókoszorús (trochofóra) lárva** megléte, bár számos igen egyszerű testszerveződésű ősszájú is ide tartozik, mint pl. a mikroszkopikus méretű, kizárólag vízben élő CSILLÓSHASÚAK (GASTROTRICHA) vagy a másodlagosan egynyílású bélcsatornával rendelkező, többségében élősködő (parazita) LAPOSFÉRGEK (PLATYHELMINTHES) (3.10. ábra D). A lofofórával rendelkező helytülő (szesszilis) és szűrögető életmódú csoportokat képviselik az apró termetű, nagyrészt tengeri NYELESFÉRGEK (KAMPTOZOA), a kagylókra emlékeztető, kettős héjjal rendelkező, kivétel nélkül tengeri PÖRGEKARÚAK (BRANCHIOPODA), a szintén kizárólag tengeri, kitines lakócsőben élő CSÖVES TAPOGATÓSOK (PHORONIDA), valamint a telepes szerveződésű MOHAÁLLATOK (BRYOZOA) (3.10. ábra B). Trochofóra lárva (vagy ennek származéka) jellemző (a nyelesférgeken kívül) a kiölthető ormánnyal rendelkező, ragadozó életmódú ZSINÓRFÉRGEKre (NEMERTEA), a valódi szelvényezettséget mutató, elsődlegesen sertékkel (chaetae) és páros csonklábakkal (parapodia) rendelkező GYŰRŰSFÉRGEKre (ANNELIDA) (3.10. ábra C), valamint a rendszerint meszes külső héjjal és a táplálkozáshoz használt reszelőnyelvvel (radula) rendelkező PUHATESTŰEKre (MOLLUSCA) (3.10. ábra A), mely utóbbiak 118 ezer leírt fajjal az állatvilág második legnépesebb törzsét alkotják az ízeltlábúak (Arthropoda) után.

3.10. ábra. A spirális barázdálódású állatok (Spiralia) legfajgazdagabb törzsei.
A: puhatestűek (Mollusca); *B*: mohaállatok (Bryozoa); *C*: gyűrűsférgek (Annelida); *D*: laposférgek (Platyhelminthes).

A Spiralia testvércsoportját képező vedlőállatok (Ecdysozoa) közös jellemzője, hogy testüket **háromrétegű, kitint tartalmazó kutikula** borítja, amelyet − minthogy nem nő együtt a testükkel − időről időre hormonálisan szabályozott módon levedlenek (**ecdysis**). További közös tulajdonságuk, hogy (1) spermiumaik elsődlegesen amöboid jellegűek, (2) petebarázdálódásuk pedig nem spirális típusú. A klád további három ágra különül, ezek a SCALIDOPHORA, a NEMATOIDA és a PANARTHROPODA, mely utóbbi kettő egymás testvércsoportját alkotja (3.11. ábra).

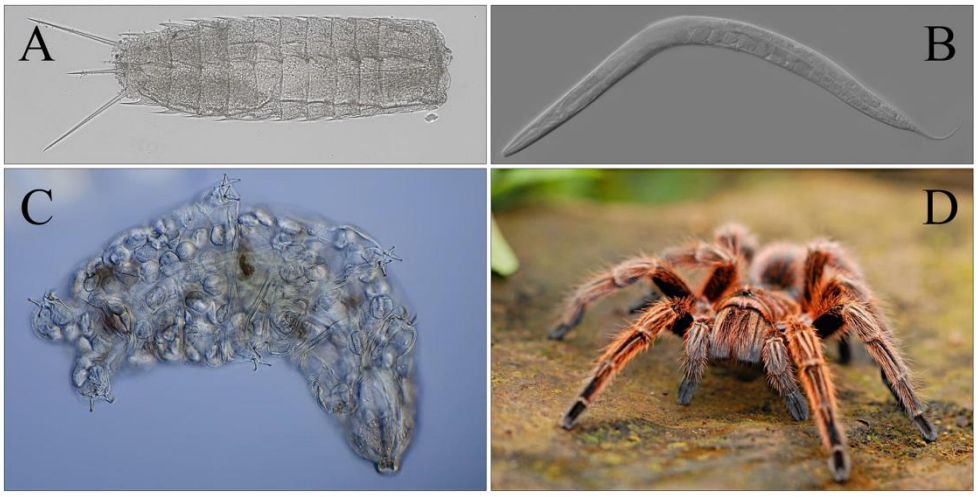


3.11. ábra. A vedlőállatok (Ecdysozoa) főbb ágai. *Ec*: Ecdysozoa; *Sc*: Scalidophora; *Ne*: Nematoida; *Pa*: Panarthropoda.

A Scalidophora és Nematoida klád tagjainak jellemzője a (1) **kiölthető ormány (introvert)** elsődleges megléte, valamint hogy (2) idegrendszerük központja („agy”) egy **garat körüli ideggyűrű**. A Scalidophora kládba a kizárólag tengerekben élő, üledéklakó, ormányukon a mozgást és érzékelést szolgáló kitines töviseket vagy pikkelyeket (scalidok) hordozó FARKOSFÉRGEK (PRIAPULIDA), ÖVESFÉRGEK (KINORHYNCHA) és PÁNCÉLOSFÉRGEK (LORICIFERA) tartoznak (3.11., 3.12. ábrák). A Nematoida két törzs tagjait foglal magába, a lárvakorukban ízeltlábúakban élősködő, másodlagosan erősen leegyszerűsödött HÚRFÉRGEKet (NEMATOMORPHA), valamint a változatos életmódú, de gyakran szintén élősködő (parazita) FONÁLFÉRGEKet (NEMATODA) (3.11., 3.12. ábrák).

Az Ecdysozoa harmadik ágát a PANARTHROPODA képezi (3.11. ábra). Az ide tartozó állatok **valódi szelvényezettség**gel, ill. **szelvényenként páros végtagok**kal rendelkeznek. A Panarthropoda három ágát a mikroszkopikus méretű, kriptobiózisra, ill. betokozódni képes, és ilyen állapotban rendkívül ellenálló MEDVEÁLLATKÁK (TARDIGRADA), a kilövellhető nyálkával vadászó, trópusokon elterjedt KARMOS FÉREGLÁBÚAK (ONYCHOPHORA), valamint az ÍZELTLÁBÚAK (ARTHROPODA) alkotják (3.11., 3.12. ábrák). Utóbbiak legfontosabb közös jellemzője, hogy (1) testük különböző funkciókat ellátó testtájakra (tagmata) különül

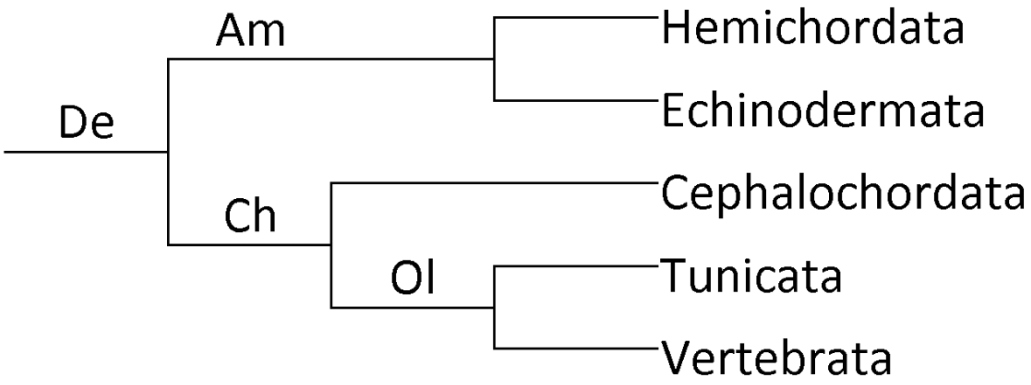
(pl. előtest-utótest, fej-tor-potroh), (2) kutikulájuk lemezekre (sclerit) tagolódik, (3) végtagjaik (csápjaik, szájszerveik, lábaik) ízeltek, (4) agyuk három részre (proto-, deuto- és tritocerebrumra) különül, (5) szemeik pedig kétfélék, egyszerű, csupán fényérzékelésre alkalmas, középső helyzetű pontszemek (ocelli), valamint kép- és színlátásra is alkalmas, számos fiókszemből (ommatidium) felépülő, oldalsó helyzetű összetett szemek (oculi). Több mint 1,2 millió leírt fajjal az ízeltlábúak (Arthropoda) képezik az ősszájúak, és egyben az állatok legfajgazdagabb csoportját.



3.12. ábra. A vedlőállatok (Ecdysozoa) néhány reprezentatív törzse.
A: övesférgek (Kinorhyncha); *B*: fonálférgek (Nematoda);
C: medveállatkák (Tartigrada); *D*: ízeltlábúak (Arthropoda).

A Bilateria másik fő ágát az ÚJSZÁJÚAK (DEUTEROSTOMIA) képezik, amelyek nevüket arról kapták, hogy az embrionális fejlődésük során − az ősszájúakkal (Protostomia) ellentétben − **szájnyílás**uk **a tápcsatorna ősszájnyílással (blasztopórussal) ellentétes oldalán** alakul ki (3.7. ábra). További közös jellemzőjük, hogy (1) egyedfejlődésük során a másodlagos testüreget (eucölóma) létrehozó testüregzacskók az embrionális bélről (archenteron) fűződnek le (**enterocölia**) (3.7. ábra), valamint hogy (2) központi idegrendszerük hosszanti idegtörzsei jellemzően a háti (dorzális) oldalon húzódnak. Ha a petebarázdálódásuk teljes, akkor jellemzően **radiális típusú**. A Deuterostomia két fő ágra különül, ezek az AMBULACRARIA és a GERINCHÚROSOK (CHORDATA) (3.13. ábra).

Az Ambulacraria tagjainak közös jellemzője (1) a **hármas tagoltságú testüreg**, (2) az elsődlegesen a kiválasztásban szerepet játszó **axiális komplex**, ill. (3) a **dipleurula lárva** mint alap lárvatípus megléte. Ide tartoznak a tengerek aljzatán élő, üledékevő vagy szűrögető életmódot folytató, kopoltyúrésekkel áttört garattal rendelkező FÉLGERINCHÚROSOK (HEMICHORDATA), valamint a szintén kivétel nélkül tengeri, másodlagosan ötsugaras (pentaradiális) szimmetriát mutató, belső vázzal és egy igen sajátos, a táplálkozásban, mozgásban, légzésben, stb. szerepet játszó csatornarendszerrel (ún. vízedényrendszerrel) rendelkező TÜSKÉSBŐRŰEK (ECHINODERMATA) (3.13., 3.14. ábrák).



3.13. ábra. Az újszájúak (Deuterostomia) főbb ágai Dunn et al. (2014) alapján.
De: Deuterostomia; *Am*: Ambulacraria; *Ch*: Chordata; *Ol*: Olfactores.

3.14. ábra. Az újszájúak (Deuterostomia) néhány reprezentatív törzse.
A: félgerinchúrosok (Hemichordata); *B*: tüskésbőrűek (Echinodermata);
C: zsákállatok (Tunicata); *D*: gerincesek (Vertebrata).

A Deuterostomia másik fő ágát a gyűrűsférgekhez és ízeltlábúakhoz hasonlóan **valódi szelvényezettség**et mutató GERINCHÚROSOK (CHORDATA) képezik (3.13. ábra), amelyek közös jellemzője, hogy legalább az egyedfejlődésük korai szakaszában rendelkeznek (1) a test hátoldalán húzódó, a testnek támasztékot adó és izomtapadási helyül szolgáló **gerinchúr**ral (**notochord**, **chorda dorsalis**), (2) háti helyzetű (dorzális), üreges **velőcső**vel, (3) a táplálkozásban és légzésben szerepet játszó **garatrések**kel (**kopoltyúrések**kel), valamint (4) izmos, a végbélnyílásukon túlnyúló (poszt-anális) **farok**kal. A Chordata három fő ágát a tengerekben élő, kifejlett korukban is mind a négy Chordata alapjelleget megtartó FEJGERINCHÚROSOK (CEPHALOCHORDATA), a szintén kizárólag tengeri, nagyrészt helytülő

(szesszilis) és telepes életmódú, zsákszerű héjjal (tunica) borított ZSÁKÁLLATOK (TUNICATA), valamint a zsákállatok testvércsoportját képező GERINCESEK (VERTEBRATA) alkotják (3.13., 3.14. ábrák). Utóbbiak legfontosabb közös jellemzője (1) a többelemű és többfunkciós, porcos vagy csontos belső váz megléte, amelynek tengelyét a gerinchúr helyén kialakuló, csigolyák sorozatából álló gerincoszlop képezi, (2) a dúcléc sejtjek és neurogén plakódok jelenléte, amelyek a fejváz elemek, pigmentsejtek, feji érződúcok, páros érzékszervek, stb. kialakításában fontos szerepet játszó, ektodermális eredetű embrionális struktúrák, valamint (3) az adaptív (szerzett) immunrendszer megléte, amely az öröklött (természetes) immunrendszerrel együttműködve a védekezés második vonalát képezi a kórokozókkal szemben.

Ellenőrző kérdések

1. Mik az állatok (Animalia) legfontosabb közös jellegei?
2. Kik a legősibb állatok, és miért?
3. Mi jellemzi a valódi szövetes állatokat (Eumetazoa)?
4. Milyen főbb ágakra tagolódnak a valódi szövetes állatok?
5. Mik a kétoldali szimmetriájú állatok (Bilateria) legfontosabb közös jellegei?
6. Milyen főbb ágakra tagolódnak a kétoldali szimmetriájú állatok?
7. Mi jellemzi az ősszájúakat (Protostomia)?
8. Milyen főbb ágakra tagolódnak az ősszájúak?
9. Mi jellemzi a spirális barázdálódású állatokat (Spiralia)?
10. Mik a spirális barázdálódású állatok főbb törzsei?
11. Mi jellemzi a vedlőállatokat (Ecdysozoa)?
12. Mik a vedlőállatok főbb törzsei?
13. Mik az ízeltlábúak (Arthropoda) legfontosabb közös jellegei?
14. Mi jellemzi az újszájúakat (Deuterostomia)?
15. Milyen főbb ágakra tagolódnak az újszájúak?
16. Mik a gerincesek (Vertebrata) legfontosabb közös jellegei?

4. Bazális állatcsoportok

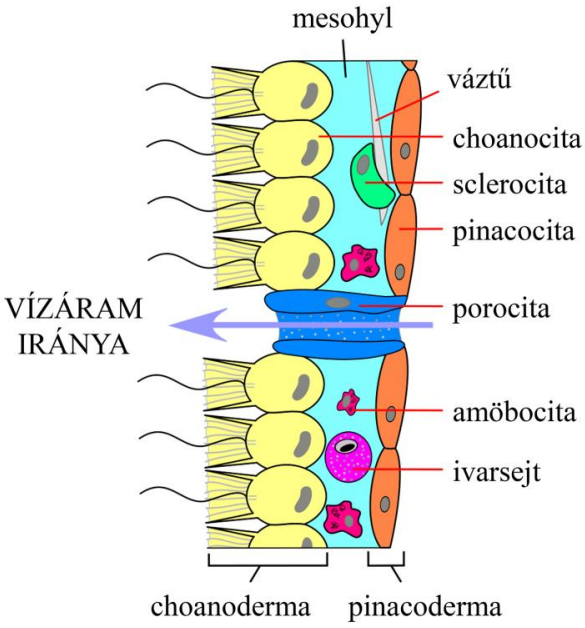
A bazális állatcsoportok közé tartoznak a szivacsok (Porifera), bordásmedúzák (Ctenophora), korongállatkák (Placozoa) és a csalánozók (Cnidaria) (3.3. ábra), azaz minden olyan állat, amely nem kétoldali szimmetriát mutat, vagyis nem a Bilateria klád tagját képezi. Az alábbiakban csupán a három nagyobb törzsük jellemzésére térünk ki részletesen.

4.1. Szivacsok (Porifera)

Rövid jellemzés: Szabálytalan formájú (aszimmetrikus), helytülő (szesszilis) és szűrögető életmódot folytató, kizárólag vízben élő (többségében tengeri) álszövetes állatok.

Etimológia: A latin *porus* (pórus) és *-fer* (hordó) szavak összetételéből („pórushordozók”), a testfalukat áttörő pórusokra utalva.

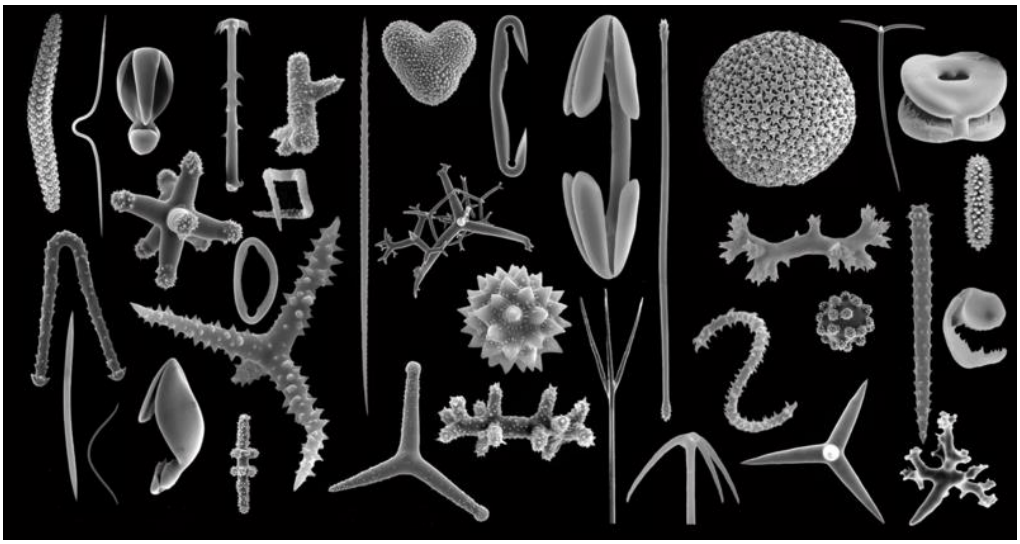
Testméret: Méretük a néhány mm-től a több mint 2 m-ig terjed.



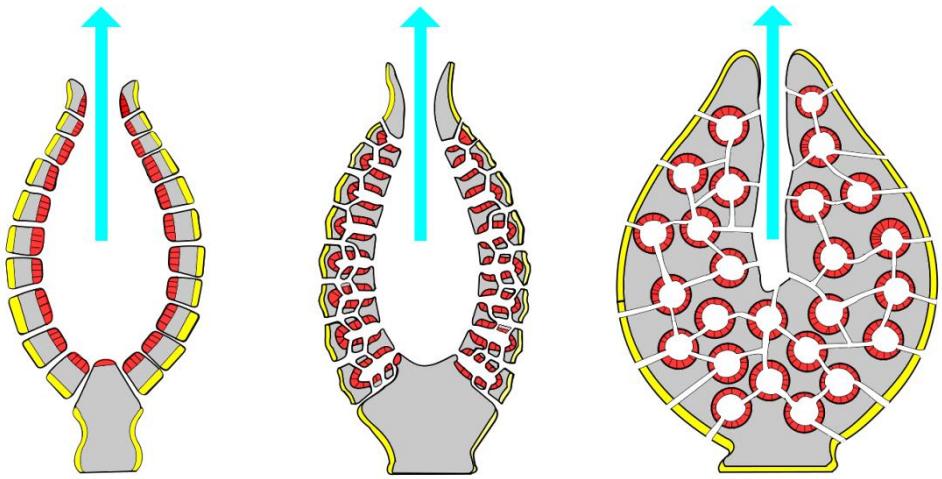
4.1.1. ábra. Szivacs testfal felépítése.

Morfológia: Testük jellemzően szabálytalan formájú (aszimmetrikus). Álszövetes állatok lévén sejtjeik nagyfokú átalakulásra képesek, közöttük pedig nem alakulnak ki szoros kapcsolatok. Testfaluk külső sejtrétegét (**pinacoderma**) fedősejtek (pinacociták), ill. közöttük pórusokat (ostia) formáló likacssejtek (porociták), a belsőt (**choanoderma**) pedig a fagocita-emésztő funkciót ellátó galléros ostoros sejtek (choanociták) alkotják (4.1.1. ábra). A két sejtréteg között kocsonyás alapanyagba (**mesohyl**) ágyazva vázképző sejtek (sclerociták,

spongociták), tápanyagszállító amöboid vándorsejtek (amöbociták), differenciálatlan őssejtek (archaeociták), ivarsejtek, ill. vázelemek találhatók (4.1.1. ábra). Izom- és idegszöveti funkciókat ellátó sejtegyütteseik nincsenek. A vázelemek anyaga és szimmetriaviszonyai fontos rendszertani bélyegek. A vázelemek állhatnak mészből (kalcium-karbonát) és kovából (szilícium-dioxid), ezek a **váztűk (spicula)** (4.1.2. ábra), ill. speciális, jódot is tartalmazó szaruszerű struktúrfehérjéből, ún. **spongin**ból. A szimmetriaviszonyok alapján elkülöníthetünk egytengelyű (monaxon), azaz egy- (monactin) vagy kétsugaras (diactin), háromtengelyű (triaxon), azaz három- (triactin) vagy hatsugaras (hexactin), négytengelyű (tetraxon), azaz négysugaras (tetractin), soktengelyű (polyaxon), stb. váztűket. A tűkön belül rendszerint két nagyságrendet lehet megkülönböztetni, vannak nagy (makroszklerák) és kis tűk (mikroszklerák) (4.1.2. ábra).



4.1.2. ábra. Kovaszaruszivacsok (Demospongiae) különböző mikro- és makroszklerái.



4.1.3. ábra. Az asconoid (*bal*), syconoid (*középső*) és leuconoid (*jobb*) típusú szivacstest felépítése. *sárga*: pinacociták; *vörös*: choanociták; *szürke*: mesohyl réteg; *kék*: vízáram iránya (spongocölből a kivezető nyíláson át a szabadba).

A szivacsok testfelépítésük alapján három típusba sorolhatók, amelyek között a különbséget a táplálkozásért felelős galléros ostoros sejtek által bélelt felszín nagysága jelenti (4.1.3. ábra). Az **asconoid** típus a legősibb és a legegyszerűbb. Ennél a galléros ostoros sejtek a központi üreg, az ún. gasztrális üreg (spongocöl) falát bélelik. Ez a típus csak egyes mészszivacsoknál fordul elő. A **syconoid** típusú szivacsok testét csatornák törik át, amelyek megnyúlt sugárkamrákba vezetnek, ezek falát borítják a galléros ostoros sejtek. Ez a mészszivacsoknál és az ősibb üvegszivacsoknál jellemző. A legösszetettebb a **leuconoid** típus, amelynél a szivacs testét áttörő csatornák csomópontszerűen elhelyezkedő ostorkamrákká öblösödnek ki, és ezek falán helyezkednek el a galléros ostoros sejtek. A legtöbb szivacs ehhez a típushoz tartozik.

Életmód: Hímnősek (proterandrikus hermafroditák). Ivarosan vagy ivartalanul (bimbózással) egyaránt szaporodhatnak. Lárvájuk szabadon úszó **parenchimella lárva**, kifejlett korban helytülők (szesszilisek). Többségük telepképző, de lehetnek magányosak is. Nagyrészt tengeriek, csupán kevés fajuk édesvízi. Szűrögető szervezetek, amelyek a vízből kiszűrt mikroszkopikus méretű táplálékszemcséket fogyasztják. A víz a testfalat áttörő pórusokon vagy a testfelszínről induló csatornarendszeren keresztül jut a vízáramot keltő, ill. a táplálékszemcsék felvételét végző galléros ostoros sejtekhez, majd egy nagyobb kivezető nyíláson (osculum) át távozik a szivacs testéből (4.1.3. ábra). Egyes fajok másodlagosan ragadozók. Az édesvízi és a parti (litorális) zónában élő szivacsok a kedvezőtlen időszak (tél, száraz időszak) átvészelésére speciális kitartóképleteket, ún. **gyöngysarjak**at (**gemmulae**) hoznak létre. A kedvezőtlen körülmények beköszöntekor a mesohyl réteg őssejtjei kis csoportokat képeznek, amelyeket kettős falú, beágyazódó váztűket tartalmazó spongin tok vesz körül. Maga a szivacstest elhal, az őssejtek azonban túlélnek a spongin tok védelmében. A kedvezőtlen időszak elmúltával az őssejtek egy kivezető nyíláson (micropyle) keresztül hagyják el a tokot, majd osztódnak és differenciálódnak a szükséges sejttípusokká, így kialakítva az új szivacstestet.

Diverzitás: Több mint 8.600 recens és 2.200 fosszilis fajuk ismert.

Jelentőségük az ember számára: A *Spongia* és *Hippospongia* génuszokba tartozó kovaszaruszivacsok, pl. a mosdószivacs (*Spongia officinalis*) tisztított szaruvázát az ókortól kezdve használták, ill. használják tömőanyagként, ivóvíz szállítására, vízszűrésre, súrolóanyagként, festék vagy máz felvitelére, hüvelyi fogamzásgátlóként, mosakodásra vagy más higiéniás célokra (pl. sebtisztításra, tamponként, stb.). Gyűjtésükre a Földközi-tenger vidékén külön foglalkozási ág, az ún. szivacshalászat alakult ki. Az előbb említett faj porított vázát régen a pajzsmirigy-megnagyobbodás (golyva, strúma) kezelésére is alkalmazták jódtartalma miatt (*officinalis* = „orvosi”). Számos szivacsokból kinyert vegyület antivirális, antibakteriális, antifungális, ill. antitumorális hatással bír.

Rokonsági viszonyok: A ma élő legősibb állatok, az összes többi állat (Eumetazoa) testvércsoportját alkotják (3.3. ábra).

Rendszer: A törzsön belül négy osztályt különítenek el, ezek a mészszivacsok (Calcarea), a kovaszaruszivacsok (Demospongiae), az üvegszivacsok (Hexactinellida) és a Homoscleromorpha.

4.1.1. Mészszivacsok (Calcarea)

Többnyire kisebb (<10 cm) termetű, cső vagy váza alakú szivacsok (4.1.4. ábra A). Három-, ritkán két- vagy négysugaras váztűiket mészkristályok alkotják. Mindhárom testfelépítési típus (asconoid, syconoid, leuconoid) előfordul a körükben, de az asconoid típus csak itt található meg.

Kizárólag tengeriek, többségük a sekély trópusi vizek lakója.

4.1.2. Kovaszaruszivacsok (Demospongiae)

Méretük és alakja igen változatos. Egyesek élénk színezetűek (4.1.4. ábra B). Vázuk kovatűkből áll, amelyeket sponginrostok kapcsolnak össze, bár egyeseknél a vázat csak spongin alkotja. Testfelépítésük leuconoid típusú.

Többségük tengeri, egyetlen rendjük (Spongillida) képviselői édesvíziek csupán. A ma élő szivacsfajok döntő többsége (>90%) ide tartozik.

4.1.3. Üvegszivacsok (Hexactinellida)

Változatos méretű, cső vagy váza alakú, sugaras szimmetriát mutató szivacsok. Testük nagy része összeolvadt sejtek alkotta sokmagvú citoplazma (szincicium). Nincs fedősejtrétegük (pinacoderma), és sponginrostjaik sincsenek. Hat- és/vagy négysugaras szilíciumtűik egymással összenőve rácsszerű hálózatos vázat („üvegvázat”) alkotnak (4.1.4. ábra C). Testfelépítésük syconoid vagy leuconoid típusú.

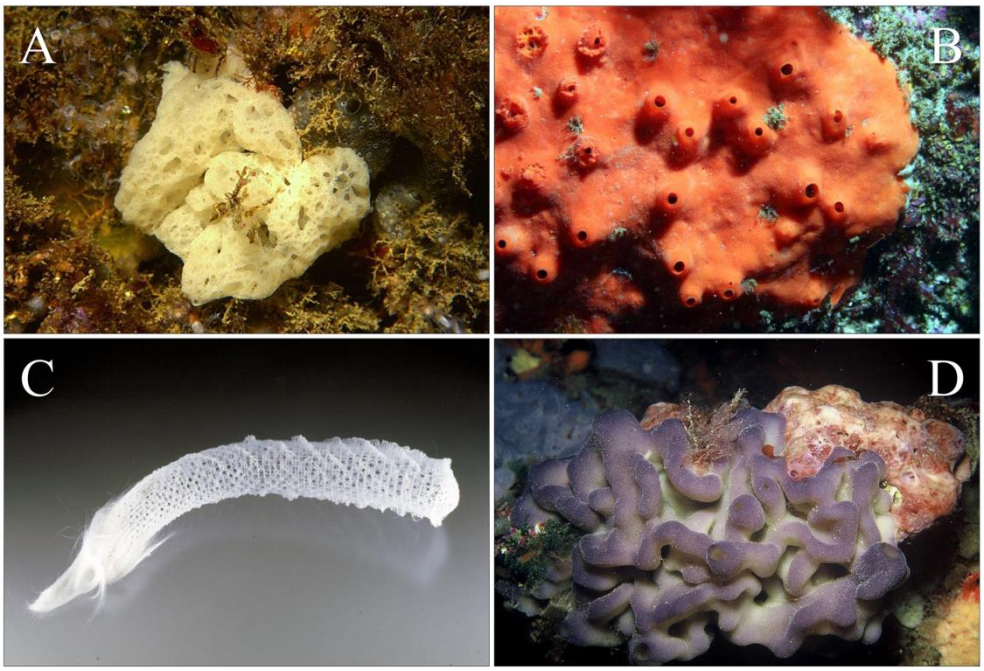
Kizárólag tengeriek, törékeny testük miatt azonban más szivacsoknál jellemzően mélyebben (főleg 500 és 1.000 m közötti mélységekben) fordulnak elő.

4.1.4. Homoscleromorpha

Többnyire kisebb termetű, a leuconoid vagy a syconoid és leuconoid típusok közötti átmenetet mutató, kéregszerű bevonatokat alkotó szivacsok (4.1.4. ábra D). Gyakran élénk színezetűek. Vázuk redukált, sőt egyeseknél a vázelemek teljesen hiányoznak. Kovatűik (ha vannak) közel egyforma méretűek, erről kapták nevüket (*homoscleromorpha* = „egyneművázasok”). További jellegzetességük, hogy a valódi szövetes állatokhoz

(Eumetazoa) hasonló alaphártyával (membrana basalis), ill. a valódi szövetesekre jellemző IV-es típusú kollagénnel, adhéziós fehérjékkel és sejtközötti kapcsolatokkal rendelkeznek.

Kizárólag tengeriek, gyakran a sötét, fénymentes élőhelyek (pl. tengeri barlangok) lakói.



4.1.4. ábra. A szivacsok (Porifera) négy osztályának egy-egy reprezentatív képviselője. *A*: *Clathrina coriacea* (Calcarea); *B*: *Acarnus erithacus* (Demospongiae); *C*: *Euplectella* sp. (Hexactinellida); *D*: *Oscarella lobularis* (Homoscleromorpha).

4.2. Bordásmedúzák (Ctenophora)

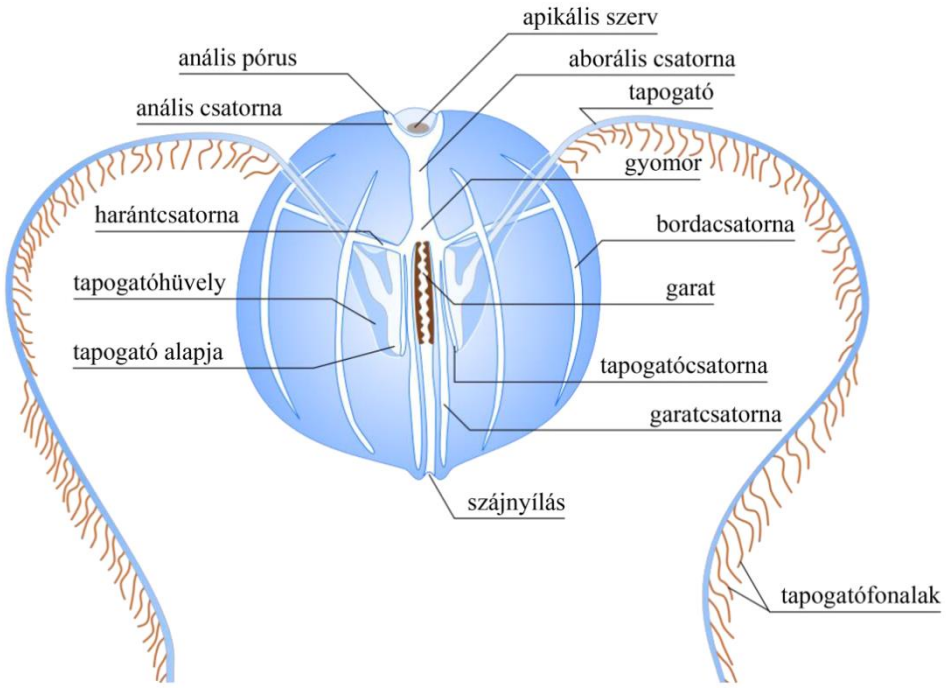
Rövid jellemzés: Kétsugaras (biradiális) szimmetriájú, csillóösszenövésekből alakult úszólemezeik segítségével mozgó, kizárólag tengerekben élő ragadozók.

Etimológia: A görög *ktenidion* (fésűcske) és *pherein* (hordozni) szavak összetételéből („fésűhordozók"), a fésűkre emlékeztető úszólemezeikre utalva.

Testméret: Méretük a néhány mm és a 1,5 m között változik.

Morfológia: Alakjuk változatos, lehetnek gömbszerűek vagy kucsmaalakúak, de szalagszerűen megnyúltak vagy hát-hasi irányban lapítottak is. **Kétsugaras (biradiális) szimmetriá**val rendelkeznek. A testüket kívülről borító, ektodermális eredetű felhám (epidermisz) és az entodermális eredetű bélhám (gasztrodermisz) között vastag köztesréteg (mesogloea) található. Testükön elkülöníthető a tetőtájék (aborális pólus), itt található jellegzetes **helyzetérző szerv**ük (**apikális szerv**), valamint ezzel ellentétes oldalon a

szájnyílást hordozó orális pólus (4.2.1. ábra). A két pólus között húzódik a testpalást (perisoma), amelyen nyolc **bordaszerű duzzanat** húzódik, erről kapták magyar nevüket (4.2.2., 4.2.3. ábrák). A bordákon fésűkre emlékeztető, a helyváltoztatást szolgáló **úszólemezek** ülnek, amelyek csillóösszenövésekből alakultak ki.



4.2.1. ábra. A bordásmedúzák (Ctenophora) általános belső testszerveződése.

Testük két oldalán gyakran egy pár **tapogató (tentaculum)** található, amelyek ún. tapogatóhüvelybe húzhatók vissza. A tapogatók felszínét speciális, a zsákmányszerzést segítő sejtek, ún. **enyvsejtek (kolloblasztok)** borítják. Gasztrovaszkuláris rendszerük bonyolult felépítésű, többszörösen elágazó (4.2.1. ábra). Gyomrukból (infundibulum) kétoldalt egy-egy harántcsatorna (transzverzális csatorna) ágazik szét, amelyből az úszólemezes bordákhoz négy-négy bordacsatorna (meridionális csatorna) fut. Ezek néha gazdagon elágaznak és újraegyesülnek, hálózatot alkotva. A tapogatóhüvelyekhez, ill. lefelé, a garat mentén szintén egy-egy csatorna fut. Végül a gyomorból egy csatorna (aborális csatorna) fut az apikális szerv felé, itt Y-alakban elágazik, és egy-egy póruson a külvilágba nyílik. Ezek a pórusok anális nyílásként is felfoghatók, bár a salakanyagok nagy része a szájnyíláson keresztül távozik. Elkülönült kiválasztó-, légző- és keringési rendszerük nincs. Ivarmirigyeik a bordacsatornákban vagy ezek kiöblösödéseiben találhatók. Idegrendszerük hálózatos, de a test bizonyos részein, így a csúcsszerv alatt, a bordák mentén, a száj körül, ill. a tapogatókban koncentrálódhat. Biolumineszcensek, zavarás hatására kékes vagy zöldes színű fénnyel világítnak.

Életmód: Többségük hímnős (hermafordita). Főleg ivarosan szaporodnak, megtermékenyítésük külső. Egyedfejlődésük közvetett. Egyes fajok már lárvakorban is

képesek szaporodni. Kivétel nélkül tengeriek. Többségük nyíltvízi (pelágikus), planktonikus életmódú, ezek úszólemezeik csillózatának csapkodásával hajtják magukat előre a vízben, mégpedig szájnyílásukkal előre. Egyes fajoknál a tapogatók is segítik a helyváltoztatást. Néhány fajuk aljzatlakó (bentikus) életmódú. Ragadozók, zsákmányukat enyvsejtes tapogatóikkal ragadják meg, vagy, ahol a tapogatók hiányoznak, tágulékony szájnyílásukkal húzzák rá magukat a zsákmányra.

Diverzitás: Kevés, alig több mint 180 recens fajuk ismert.

Jelentőségük az ember számára: Egyes inváziós fajaik (pl. a Fekete-tengerbe behurcolt *Mnemiopsis leidyi*) túlszaporodva komoly károkat okozhatnak a gazdasági szempontból értékes halfajok táplálékkonkurenseként, ill. ikráik és ivadékaik fogyasztásával.

Rokonsági viszonyok: A valódi szövetes állatok (Eumetazoa) elsőként divergálódó ágát, a csalánozókat (Cnidaria), korongállatkákat (Placozoa) és a kétoldali szimmetriájú állatokat (Bilateria) magába foglaló ParaHoxozoa testvércsoportját alkotják (3.3. ábra).

Rendszer: A törzsön belül két osztály különíthető el, ezek a tapogatósok (Tentaculata) és a tapogató nélküliek (Nuda).

4.2.1. Tapogatósok (Tentaculata)

Egy pár hosszú tapogatóval rendelkeznek, amelyek egy-egy tapogatóhüvelybe húzhatók vissza (4.2.2. ábra). Szájuk kicsiny, garatjuk is viszonylag szűk, kisméretű.

A fajok többsége ide tartozik.

4.2.2. ábra. *Euplokamis* sp. (Tentaculata).

4.2.2. Tapogató nélküliek (Nuda)

Nem rendelkeznek tapogatókkal (4.2.3. ábra). Szájuk nagy és tágulékony, garatjuk bő. Bordacsatornáik hálózatot alkotnak. Enyvsejtes tapogatók hiányában zsákmányukat nagy szájuk segítségével kapják el, amely nagyobb méretű zsákmány (pl. halak) bekebelezésére is alkalmas.

4.2.3. ábra. *Beroe abyssicola* (Nuda).

4.3. Csalánozók (Cnidaria)

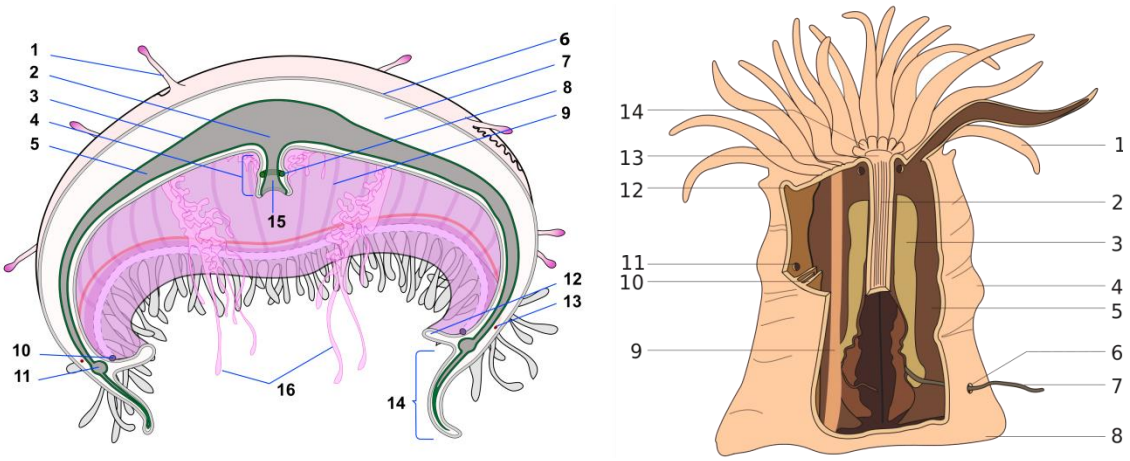
Rövid jellemzés: A zsákmányejtést és védekezést szolgáló csalánsejtekkel (cnidociták) rendelkező, sugaras (radiális) szimmetriájú, kivétel nélkül vízi (nagyrészt tengeri) ragadozók, amelyekre rendszerint nemzedékváltakozás jellemző, amelyben az ivarosan szaporodó, szabadon úszó medúzaalak és az ivartalanul (bimbózással) szaporodó, gyakran helytülő (szesszilis) és telepes polipalak váltja egymást.

Etimológia: A görög *knidē* (csalán) szóból, a csalánsejtjeikre utalva.

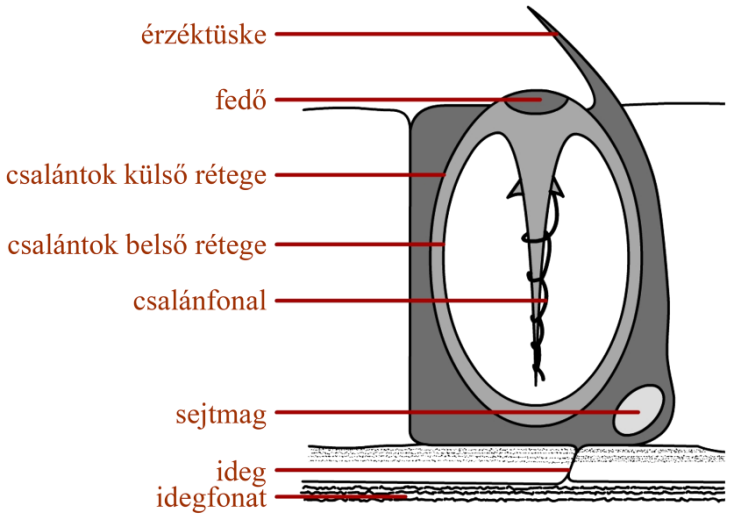
Testméret: Méretük a néhány mm-től a 2,5 m-ig terjed, de telepeik akár a 10 m-t is meghaladhatják, ill. egyes medúzák fogófonalai akár 30-40 m hosszúak is lehetnek.

Morfológia: Testük **sugaras (radiális) szimmetriá**t mutat. Testüket kívülről ektodermális eredetű felhám (epidermisz), belülről pedig entodermális eredetű bélhám (gasztrodermisz) borítja (4.3.1. ábra). A két hámréteg között köztesréteg (mesogloea) található, amely lehet vékony és sejtmentes, ill. lehet vastagabb és izomsejteket is tartalmazhat. Névadó sejtjeik a zsákmányejtést és védekezést szolgáló, bénító hatású méreganyagot vagy ragacsos anyagot termelő **csalánsejtek (cnidociták)**, amelyek többnyire az epidermiszben helyezkednek el

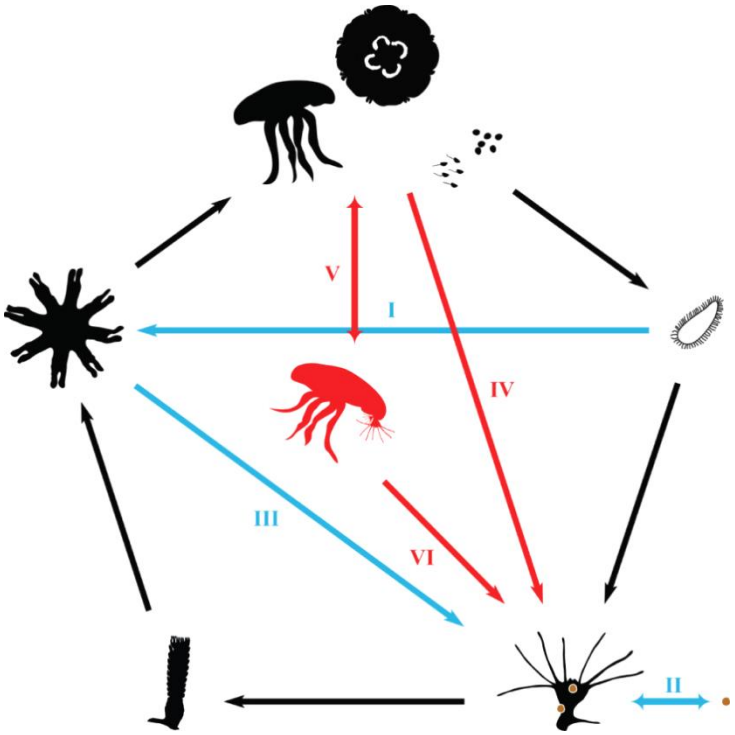
(4.3.2. ábra). Ezeknek több típusa is ismert (hurkolók, faltörők, ragasztók). Szájnyílásukat **tapogatók (tentacula)** veszik körül (4.3.1. ábra). Emésztőrendszerük a gasztrovaszkuláris űrbél (cölenteron), amely lehet egyszerű vagy válaszfalakkal (septa) tagolt. Elkülönült kiválasztó-, légző- és keringési rendszerük nincs. Idegrendszerük hálózatos.



4.3.1. ábra. Hidromedúza (*bal oldal*) és tengeri rózsa (*jobb oldal*) külső és belső testszerveződése. Hidromedúza: *1*. elsődleges tapogató (tentaculum); *2*. gyomor; *3*. bélhám (gasztrodermisz); *4*. szájcső (manubrium); *5*. sugárcsatorna; *6*. felhám (epidermisz); *7*. köztesréteg (mesoglea); *8*. manubriális ideggyűrű; *9*. centripetális csatorna; *10*. belső ideggyűrű; *11*. körcsatorna; *12*. fátyol (velum); *13*. külső ideggyűrű; *14*. másodlagos tapogató; *15*. szájnyílás; *16*. ivarmirigy (gonád); Tengeri rózsa: *1*. tapogató (tentaculum); *2*. garatcső (pharynx); *3*. ivarmirigy (gonád); *4*. testfal; *5*. teljes sövény (septum); *6*. testfali oldalnyílás; *7*. űrbéli fonal (acontium); *8*. talpkorong; *9*. retraktor izom; *10*. részleges sövény (septum); *11*. nyílás a sövényen; *12*. gallér; *13*. szájnyílás; *14*. szájmező.



4.3.2. ábra. A faltörő típusú csalánsejt (cnidocita) felépítése. Az érzéktüske (cnidocil) érintésére a csalánsejt fedője (operculum) felpattan, a csalánfonal kicsapódik, és a csalántok (nematociszta) méreganyagát a zsákmányon vagy támadón ütött sebbe juttatja.



4.3.3. ábra. A csalánozók (Cnidaria) életciklusa a fülesmedúza (*Aurelia* sp.) példáján. A normál fejlődési útvonalat a fekete nyilak jelzik. Ennek során az ivaros szaporodás eredményeként létrejövő, szabadon úszó planula lárva letelepedve polippá alakul. Az ivartalanul (aszexuálisan) szaporodó polipon befűződések alakulnak ki, majd a legrégebbi befűződés leválik (ez a folyamat az ún. végbimbózás), létrehozva az ún. ephyra stádiumot, amely fokozatosan ivarsejteket termelő, szabadon úszó medúzaformává alakul. Az alternatív fejlődési útvonalakat a piros és kék nyilak jelölik. Ezek részletezésére itt nem térünk ki, a részletekért ld. He és mtsai. (2015) cikkét.

Életmód: Nemzedékváltakozás jellemzi őket, amelyben az ivarosan szaporodó **medúzaalak** és az ivartalanul (bimbózással) szaporodó **polipalak** váltják egymást, bár ez többféleképen módosulhat (pl. mind a medúza-, mind a polipalak hiányozhat) (4.3.3. ábra). A medúza- és a polipalak testfelépítése alapjaiban megegyezik; a medúza ernyője (umbrella) a polip törzsének és talpkorongjának, az ernyőalji konkáv rész (subumbrella) pedig a polip szájtájékának feleltethető meg. Az aljzatlakó polipok helytülők (szesszilisek), esetleg csak nagyon lassú, bukfencező vagy csúszó mozgással képesek a helyüket változtatni, míg a medúzák szabadon úszó, nyíltvízi (pelágikus) életmódúak, és az űrbelükből kipréselt víz segítségével gyors úszásra képesek. A gyakran telepes polipoknak külső epidermális vagy belső, mesogloea eredetű vázuk lehet. Többségében váltivarúak, de hímnősek (hermafroditák) is lehetnek. Lárvájuk alaptípusa a planktonikus életmódú **planula lárva (bolygólárva)**, amelyből egyes csoportoknál **actinula lárva** fejlődhet. Többségük tengeri. Nagyrészt ragadozók, de szűrögetők vagy élősködők is lehetnek.

Diverzitás: Több mint 10 ezer recens és 6.000 fosszilis fajuk ismert.

Jelentőségük az ember számára: A telepképző virágállatok (Anthozoa) által létrehozott korallzátonyoknak halászati és idegenforgalmi jelentőségük mellett fontos szerepük van az árhullámok elleni védelemben. Kelet- és Délkelet-Ázsiában egyes gyökérszájú medúzákat (Scyphozoa: Rhizostomeae) ínyencségként fogyasztanak. Számos faj, különösképp a kockamedúzák (Cubozoa) mérge az emberre nézve is veszélyes. A halparazita nyálkaspórások (Myxozoa) néhány faja súlyos problémákat okoz a halgazdaságokban.

Rokonsági viszonyok: A ParaHoxozoa kládon belül a korongállatkák (Placozoa) testvércsoportját alkotják (3.3. ábra).

Rendszer: A törzsön belül három altörzset különítenek el, ezek a virágállatok (Anthozoa), a medúzák (Medusozoa), valamint a parazita *Polypodium hydriforme* fajt és a szintén parazita nyálkaspórásokat (Myxozoa) magába foglaló Endocnidozoa. A virágállatok közé tartoznak a nyolcosztatú virágállatok (Octocorallia), hatosztatú virágállatok (Hexacorallia), ill. csöves virágállatok (Ceriantharia), míg a medúzák közé a hidraállatok (Hydrozoa), kehelyállatok (Scyphozoa), kockamedúzák (Cubozoa), ill. a Staurozoa tagjai. Az alábbiakban csak a főbb csoportok jellemzésére térünk ki részletesebben.

4.3.1. Virágállatok (Anthozoa)

Csak polipalakkal rendelkeznek, amely talpkorongjával rögzül az aljzathoz (4.3.1. ábra). Tapogatóik száma változó, olykor több ezer is lehet. Az űrbelükbe izmos **sövények (septa)** nyúlnak be, amelyek tagolják annak üregét (4.3.4. ábra). A sövények gasztrodermiszében találhatók az ivarmirigyeik is. Rendszerint külső vagy belső **meszes váz**at hoznak létre.

Többnyire hatalmas telepeket képeznek, de lehetnek magányosak is. Kizárólag tengeriek.

4.3.4. ábra. Hatosztatú virágállat (Hexacorallia) keresztmetszeti képe középen a garatcsővel (pharynx), ill. az űrbelet tagoló 6 teljes és 6 részleges sövénnyel (septum).

4.3.5. ábra. A virágállatok (Anthozoa) egy-egy reprezentatív képviselője.
A: tengeri toll (*Virgularia* sp.) (Octocorallia) polipokból álló telepe; *B*: agykorall (*Diploria strigosa*) (Hexacorallia) polipokból álló telepei; *C*: tengeri rózsa (*Cerianthus* sp.) (Ceriantharia).

4.3.1.1. Nyolcosztatú virágállatok (Octocorallia)

Testükre a nyolcosztatúság jellemző, azaz nyolc, cimpás tapogatóval rendelkeznek, űrbelüket pedig nyolc szeptum tagolja. Mészkristályokból vagy szaruszerű anyagból álló belső (mesogloea eredetű) vázuk van.

Nagyrészt telepképzők (4.3.5. ábra A), a telepen belül az egyes egyedek űrbelei összeköttetésben állnak egymással.

4.3.1.2. Hatosztatú virágállatokra (Hexacorallia)

Nevüknek megfelelően hatosztatúság jellemző, azaz a tapogatók és az űrbelet tagoló szeptumok száma hat vagy ennek többszöröse (4.3.4. ábra). A tapogatók száma a több százat is elérheti, amelyek a nyolcosztatú virágállatokkal szemben többnyire nem cimpásak. Külső (epidermális) szaru- vagy mészvázuk lehet (4.3.5. ábra B).

Magányosak vagy telepesek.

4.3.1.3. Csöves virágállatok (Ceriantharia)

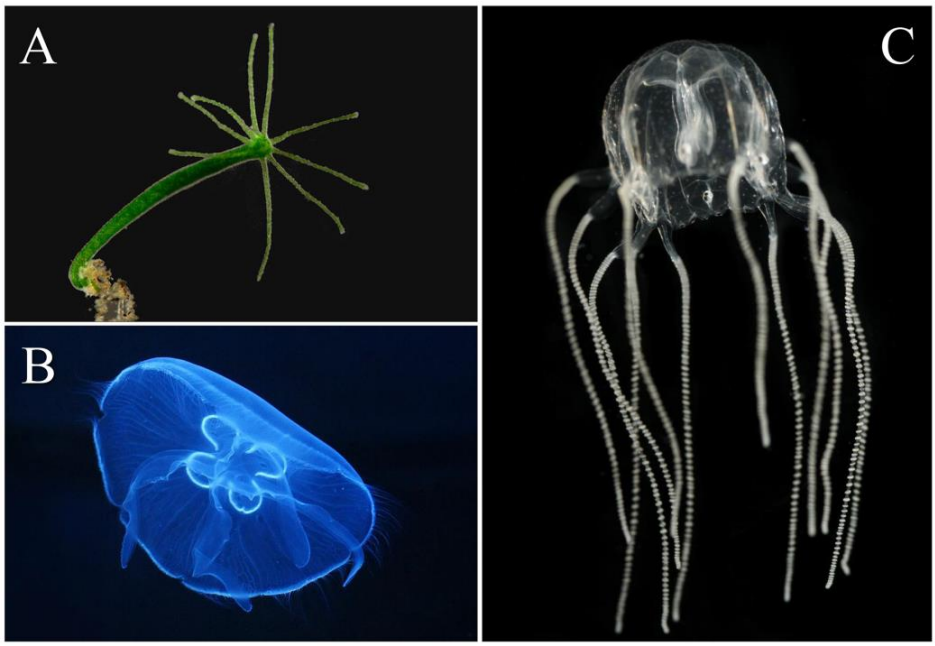
Egyszerű, vékony tapogatóik két körben helyezkednek el. Nem rendelkeznek vázzal.

Magányosak, a laza aljzatba fúródva élnek nyálkacsöveikben, amelyeket homokszemcsék és más idegen anyagok is szilárdítanak (4.3.5. ábra C).

4.3.2. Medúzák (Medusozoa)

Űrbelük lehet tagolt vagy tagolatlan. A virágállatoktól eltérően medúzaalakjuk is van, és többnyire szabályos polip-medúza nemzedékváltakozás jellemzi őket.

Nagyrészt tengeriek, de édesvizekben is előfordulhatnak.



4.3.6. ábra. A medúzák (Medusozoa) egy-egy reprezentatív képviselője.
A: zöld hidra (*Hydra viridissima*) (Hydrozoa) polipja; *B*: füles medúza (*Aurelia aurita*) (Scyphozoa) medúzaalakja; *C*: *Tripedalia cystophora* (Cubozoa) medúzaalakja.

4.3.2.1. Hidraállatok (Hydrozoa)

Általában fejlettebb, tagolatlan űrbelű polipjai többnyire telepesek (4.3.6. ábra A). A medúzaalak (ha van) kicsiny, ernyőjének pereméről izomsejtekben gazdag, ritmikus összehúzódásra képes redő, ún. **fátyol (velum)** nyúlik le, amely az úszás szerve (4.3.1. ábra). A többi csalánozótól eltérően köztes rétegük sejtmentes mesogloea, ivarmirigyeik pedig nem a gasztrodermiszben helyezkednek el.

A fajok mintegy háromnegyedénél a medúza másodlagosan hiányzik.

4.3.2.2. Kehelyállatok (Scyphozoa)

Polipjuk kicsiny, csak ritkán telepes, olykor hiányozhat. A jelentősebb medúzaalak ernyője jól fejlett, lebenyekre osztott, megnyúlt szájcsöve (manubrium) gyakran szájkarokat alkot (4.3.6. ábra B). Az ernyő peremlebenyei között **peremtestek (rhopalia)** találhatók, amelyek fény- és helyzetérzékelő szervek.

A polipok ivartalan (aszexuális) szaporodása ún. **végbimbózás**sal (**strobiláció**) történik (4.3.3. ábra).

4.3.2.3. Kockamedúzák (Cubozoa)

Polipjuk kicsi, magányos. Medúzájuk magas, négyszögletes ernyővel, a hidraállatok velumához hasonló **peremhártyá**val (**velarium**), négy vagy négy csoport tapogatóval, ill. négy peremtesttel (rhopalium) rendelkezik (4.3.6. ábra C).

A polipból egy medúza fejlődik. A melegebb tengerekben fordulnak elő. Érintésük komoly sérülést okoz, mely égési sebekhez hasonlít.

Ellenőrző kérdések

1. Hogyan épül fel a szivacsok (Porifera) testfala?
2. Mi jellemzi a szivacsok vázelemeit?
3. Mi a szivacsok három testfelépítési típusa, és mik ezek jellemzői?
4. Mik a gyöngysarjak (gemmulák)?
5. Mik a szivacsok főbb csoportjai, és ezek miben különböznek egymástól?
6. Milyen szimmetriát mutatnak a bordásmedúzák (Ctenophora)?
7. Hogyan épül fel a bordásmedúzák gasztrovaszkuláris rendszere?
8. Hogyan mozognak a bordásmedzúzák?
9. Mi a bordásmedúzák két fő csoportja, és ezek miben különböznek egymástól?
10. Milyen szimmetria jellemzi a csalánozókat (Cnidaria)?
11. Milyen speciális sejttípussal rendelkeznek a csalánozók?
12. Milyen általános életciklus jellemzi a csalánozókat?
13. Mik a csalánozók főbb csoportjai, és ezek miben különböznek egymástól?

5. A spirális barázdálódású állatok (Spiralia) jellemzői és főbb csoportjai

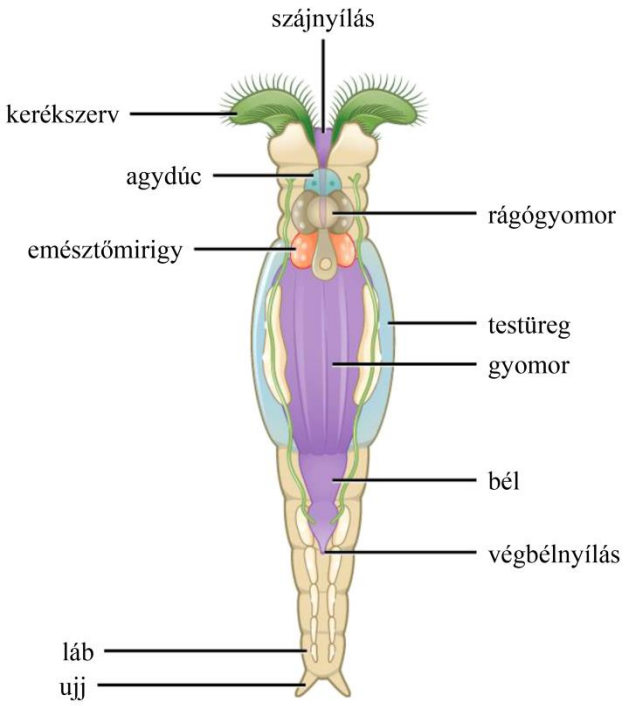
Nevüket arról kapták, hogy többnyire **spirális típusú petebarázdálódás** jellemzi őket, azaz a zigóta osztódásával létrejövő leánysejtek (blasztomérák) nem egymás felett szabályosan, hanem egymáshoz képest mintegy 45 fokkal elcsúszva helyezkednek el (3.7. ábra). Szájnyílásuk az egyedfejlődés során a többi ősszájúhoz (Protostomia) hasonlóan a tápcsatorna ősszájnyílás (blasztopórus) felöli oldalán alakul ki, idegrendszerük pedig tipikusan agydúcból, garatkörüli ideggyűrűből és a test hosszában futó hasi (ventrális) idegtörzsekből áll.

Két fő ágát az állkapcsosak (Gnathifera) és a tapogatós-csillókoszorús állatok (Lophotrochozoa) képezik (3.8. ábra). Az alábbiakban csak a főbb törzseik jellemzésére térünk ki.

5.1. Kerekesférgek (Rotifera)

Rövid jellemzés: Mikroszkopikus méretű, csillós kerékszervvel (rota) és héttagú állkapcsi készülékkel rendelkező, többségében édesvízi állatok.

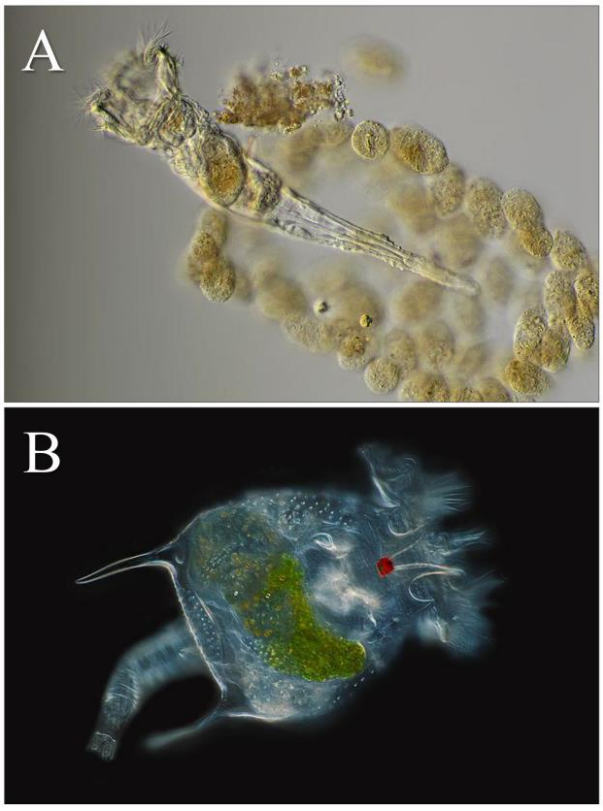
Etimológia: A latin *rota* (kerék) és *fero* (hord) szavak összetételéből („kerékhordozók”), a csillós kerékszervükre utalva.



5.1.1. ábra. Kerekesférgek (Rotifera) alap testszerveződése.

Testméret: Az állatvilág legkisebb képviselői közé tartoznak, ritkán érik el az 1-3 mm-es nagyságot, a legkisebbek pedig csupán 0,04 mm-es nagyságúak.

Morfológia: Testük fejre, törzsre és lábra tagolódik (5.1.1. ábra). Alakjuk az életmód függvénye, az úszók-mászók megnyúltak, a lebegők gömbdedek, míg a helytülők váza alakúak. Epidermiszük összeolvadt sejtekből álló **szinciciumot** alkot belső (intraszinciciális) fehérjevázzal. Törzsüket változatos képleteket viselő kutikula borítja, amely egyeseknél gyűrűkre tagolódik. Testüregük elsődleges testüreg (blasztocölóma). Nevüket a fejet övező csillózatról, az ún. **kerékszerv**ről (**rota**/**corona**) kapták, amelynek a táplálék szájnyílásba terelésében, ill. a helyváltoztatásban van szerepe (5.1.1., 5.1.2. ábrák). Ennek felső részét csillókeréknek (trochus), az alsót pedig csillóövnek (cingulum) nevezzük. Egyes fajoknál a kerékszerv másodlagosan hiányzik. Lábuk (ha van) többnyire gyűrűzött, a vége elágazik és ujjaknak nevezett nyúlványokban végződik (5.1.1. ábra). A láb lehet úszó, araszoló, rögzítő vagy ugró típusú. A lábban található ragasztómirigyek kivezető csövei az ujjak végén nyílnak. Testfalizomzatuk testtájanként elkülönült (kiegyénült) izomkötegekből áll. Elkülönült légző- és keringési rendszerük nincs. Kiválasztószerveik ozmoregulációt végző elővesécskék (protonefrídiumok). Bélcsatornájuk első szakasza lekerekített, tágas **rágógyomor (mastax)**, ebben található a héttagú **állkapcsi készülék**ük (**trophus**). Jellegzetességük, hogy hímivarsejtjeik előrefelé irányuló (anterior) ostorral rendelkeznek.



5.1.2. ábra. Különböző kerekesférgek (Rotifera). *A*: *Ptygura pilula* (Monogononta); *B*: *Brachionus quadridentatus* (Monogononta).

Életmód: Váltivarúak, ivari dimorfizmusuk általában kifejezett. Számos fajnál csak nőstények ismertek, amelyek szűznemzéssel (parthenogenezis) szaporodnak. Egyedfejlődésük közvetlen. Többségük édesvízi, de tengerekben és félsós vizekben (brakkvizekben), ill. szárazföldön (pl. nedves talajban, mohapárnában) is előfordulnak. Nagyrészt szűrögetők, de akadnak közöttük kommenzalista és parazita fajok is.

Diverzitás: Több mint 2.000 recens fajuk ismert.

Jelentőségük az ember számára: Planktonikus szervezetekként számos más állat (pl. halak), köztük több gazdasági jelentőséggel bíró faj fontos táplálékforrását képezik.

Rokonsági viszonyok: Leszármazottjaikkal, a buzogányfejű férgekkel (Acanthocephala) együtt a Syndermata kládba tartoznak, amely a Gnathifera egyik ágát képezi.

Rendszer: A törzsön belül három osztályt különítenek el, ezek a kerékszerv nélküliek (Seisonidea), az egypetefészkűek (Monogononta), araszoló kerekesférgek (Bdelloidea).

5.1.1. Kerékszerv nélküliek (Seisonidea)

Testükön erősen megnyúlt nyaki rész különíthető el. Kerékszervük másodlagosan redukálódott. A nemek közötti ivari dimorfizmus kevéssé kifejezett. Ivarmirigyeik párosak.

Kétivaros szaporodás jellemző rájuk. Kizárólag tengeriek. Pajzsosfejű rákok (*Nebalia* spp.) testén élő kommenzalisták vagy ektoparaziták.

5.1.2. Egypetefészkűek (Monogononta)

Testük nem gyűrűzött. Sok fajuk kutikulapáncélt visel. A hímek (ha vannak) jelentős mértékben redukálódott felépítésűek. Ivarmirigyeik páratlanok.

Jellemzőjük a szaporodásforgó (heterogónia). Nyáron a nőstények szűznemzéssel (parthenogenezis) szaporodnak, majd ősszel megjelenik egy hím generáció, és a nőstények megtermékenyítése nyomán ún. tartós tojások jönnek létre. Szabadon úszók vagy helytülők.

5.1.3. Araszoló kerekesférgek (Bdelloidea)

Testük gyűrűzött. Csak nőstényeik ismertek, amelyek páros petefészekkel rendelkeznek.

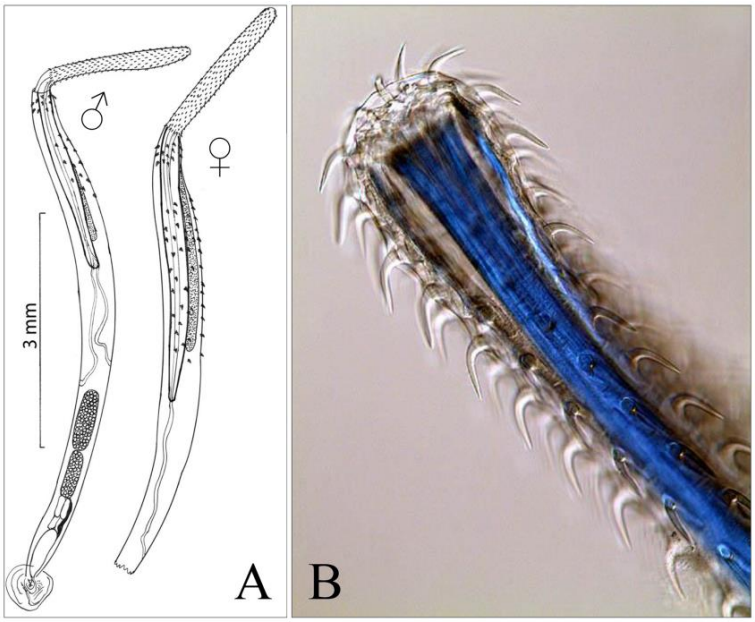
Kizárólag szűznemzéssel (parthenogenezis) szaporodnak. Jól úsznak, az aljzaton araszoló mozgással haladnak. Sajátos képességük a száraz időszak átvészelését lehetővé tévő anhidrobiózis, amelynek során testük vizet veszít, majd újabb eső vagy áradás nyomán vizet felvéve „kelnek életre” ismét.

5.2. Buzogányfejű férgek (Acanthocephala)

Rövid jellemzés: A kerekesférgekből (Rotifera) leszármaztatható, kiölthető ormánnyal (proboscis) rendelkező, belső élősködő (endoparazita) állatok.

Etimológia: A latin *acantho-* (tövises) és a görög *kephalē* (fej) szavak összetételéből („tövisesfejűek”), a horgokat viselő, kapaszkodást segítő ormányukra utalva.

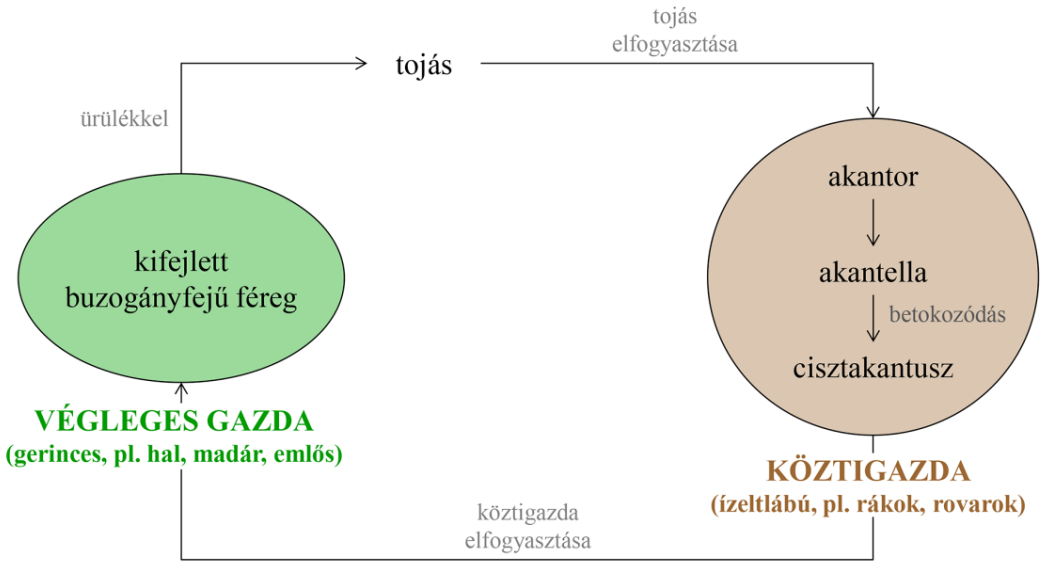
Testméret: Viszonylag nagytermetűek, akár több dm-esek is lehetnek. Jellemző rájuk a méretbeli ivari dimorfizmus, a nőstények mindig nagyobbak a hímeknél.



5.2.1. ábra. Buzogányfejű férgek (Acanthocephala). *A*: hím és nőstény *Rhadinorhynchus oligospinosus* (Palaeacanthocephala); *B*: *Rhadinorhynchus* sp. ormánya (proboscis).

Morfológia: Epidermiszük a kerekesférgekhez hasonlóan sejthatárok nélküli **szincícium**. Testük tömlő alakú, elülső részén kapaszkodó horgokkal ellátott, kiölthető és visszahúzható (retraktilis) **ormánny**al (**proboscis**), amely rögzítőszervként működik, erről kapták nevüket (5.2.1. ábra). Az ormányhoz a kültakaró betűrődéseként két megnyúlt **lemniscus** kapcsolódik, amelyek fontos szerepet töltenek be az ormány visszahúzásakor az ennek belsejében lévő testüregfolyadék befogadásában. Állkapcsi készülékük másodlagosan hiányzik. Testüregük elsődleges testüreg (blasztocölóma). Testfalizomzatukat csatornák rendszere (**lakunáris rendszer**) hálózza be, amely kapcsolatban áll az epidermisz csatornarendszerével, szerepe a tápanyagok és bomlástermékek szállítása. Elkülönült légzőszervük nincsen, a gázcsere a testfalon keresztül történik. Keringési rendszerük hiányzik. Tápcsatornájuk másodlagosan redukált, a tápanyagokat a testfelületen keresztül (abszorpcióval) veszik fel. Elővesécskéik (protonefrídiumok) többnyire hiányoznak. Kerekesféreg őseikhez hasonlóan hímivarsejtjeik előrefelé irányuló (anterior) ostorral rendelkeznek.

Életmód: Váltivarúak, és kizárólag ivarosan szaporodnak. A párzás után a hím cementmirigyének váladékával elzárja a nőstény ivarnyílását, ezzel akadályozva meg a más hímekkel történő párzást. A nőstények ál-elevenszülők (ovovivipárok). Obligát belső élősködők (endoparaziták), kifejlett korban gerincesek bélcsatornájában, míg lárvaként ízeltlábúak (rákok, rovarok) testüregében vagy zsírtestjében élősködnek. A nőstényből kikerülő tojásokból a köztigazdában **akantor lárvák** kelnek ki, amelyek a bélfalat átfúrva a köztigazda testüregébe vagy zsírtestébe jutnak, ahol fertőzőképes **akantella lárvá**vá, majd betokozódva ún. **cisztakantusszá** alakulnak (5.2.2. ábra). A végleges gazda a köztigazda elfogyasztása révén fertőződik, benne válnak a férgek ivaréretté.



5.2.2. ábra. Buzogányfejű férgek (Acanthocephala) általános életciklusa.

Diverzitás: Mintegy 1.200 recens, valamint 2 fosszilis fajuk ismert.

Jelentőségük az ember számára: Számos fajuk tenyésztett halakban, házi szárnyasokban vagy más háziállatokban élősködik. Egyes fajaik (pl. *Macracanthorynchus hirudinaceus*, *Moniliformis moniliformis*) emberben is megtelepedhetnek (acanthocephaliasis), bár a fertőzések meglehetősen ritkák.

Rokonsági viszonyok: Őseikkel, a kerekesférgekkel (Rotifera) együtt a Syndermata kládba tartoznak, amely a Gnathifera egyik ágát képezi.

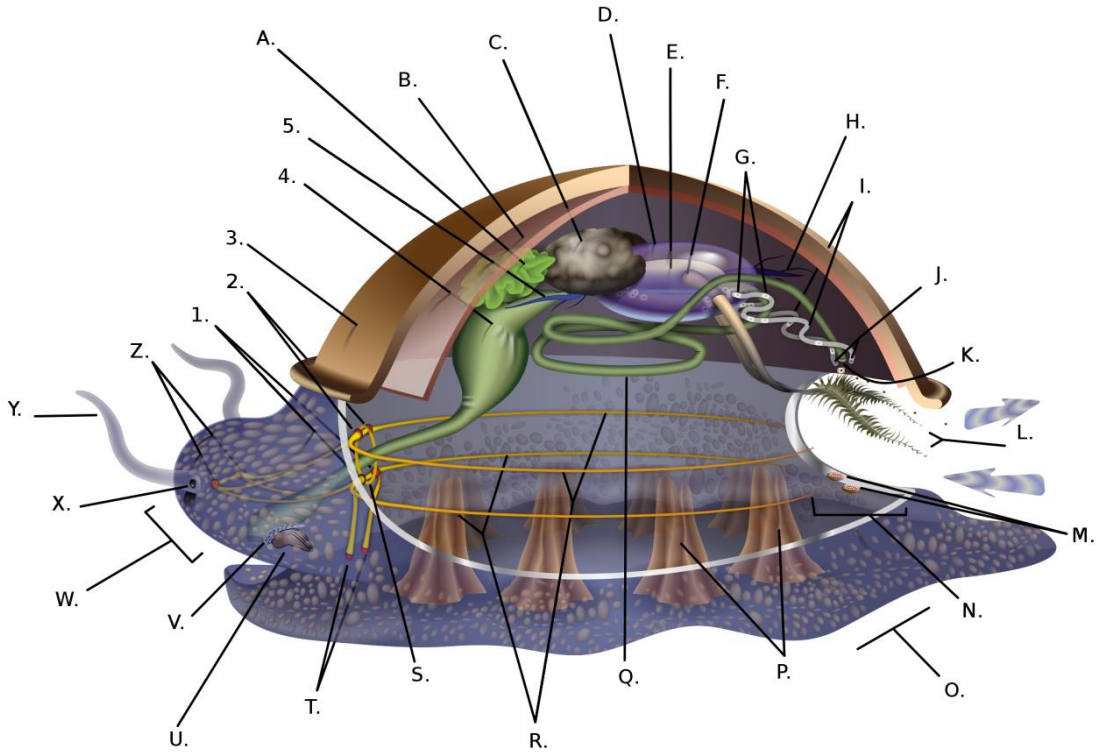
Rendszer: A törzsön belül négy osztályt különítenek el, ezek az Archiacanthocephala, Eoacanthocephala, Polyacanthocephala és a Palaeacanthocephala. Ezek részletes jellemzésére itt nem térünk ki.

5.3. Puhatestűek (Mollusca)

Rövid jellemzés: Rendszerint meszes külső héjjal és az ezt kiválasztó köpennyel (pallium), valamint a táplálkozáshoz használt reszelőnyelvvel (radula) rendelkező, rendkívül változatos megjelenésű és életmódú állatok.

Etimológia: A latin *molluscus* (puha) szóból, testük lágyságára utalva.

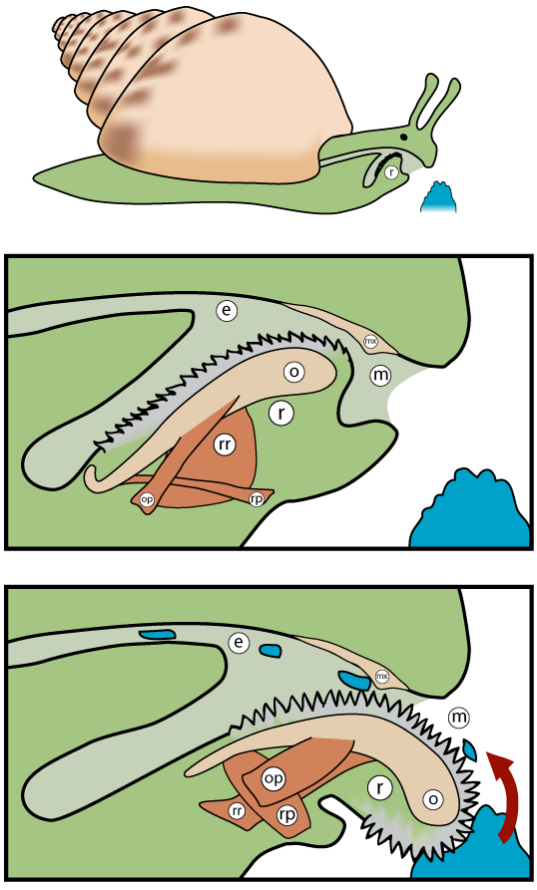
Testméret: Méretük rendkívül változatos, a néhány mm-től a kb. 15 m-ig terjed.



5.3.1. ábra. Hipotetikus ős puhatestű alapszerveződése. *1*. lábdúc; *2*. köpenydúc; *3*. héj; *4*. gyomor; *5*. anterior aorta; *A*. emésztőmirigy; *B*. köpeny (pallium); *C*. ivarmirigy (gonád); *D*. szívburok (pericardium) ürege; *E-F*. szív; *G*. ivarsejtek; *H*. poszterior aorta; *I*. vesécskék (metanefrídiumok); *J*. kiválasztószerv pórusai; *K*. végbélnyílás (anus); *L*. fésűs kopoltyúk (ctenidia); *M*. szaglószervek (osphradia); *N*. köpenyüreg; *O*. láb; *P*. lábvisszahúzó izmok; *Q*. bélcsatorna; *R*. hosszanti idegkötegek; *S*. garatideggyűrű; *T*. helyzetérzékelő szervek (sztatociszták); *U*. radulapárna (odontophora); *V*. reszelőnyelv (radula); *W*. fej; *X*. szem; *Y*. tapogató (tentaculum). A kék nyilak a köpenyüreg be- és kimenő vízáramát jelölik.

Morfológia: Testük jellemzően három testtájra, az érzékszervek jelentős részét hordozó fejre, a lapos, izmos lábra és a belső szervek nagy részét tartalmazó zsigerzacskóra tagolódik (5.3.1. ábra). Utóbbi kültakaró kettőzete a **köpeny (pallium)**, amely a testet védő külső héjat választja ki. A legtöbb puhatestűnél a zsigerzacskót a fejtől és a lábtól ún. köpenybarázda választja el, amely poszterior irányban mélyül, és üreget képez (5.3.1. ábra). Itt a

köpenyüregben találhatók többek között a **fésűs kopoltyúk (ctenidia)**, valamint ide nyílnak a vesécskék (metanefrídiumok), az ivarmirigyek (gonádok) és a végbélnyílás (anus) is. Héjukat egy a puhatestűeknél elterjedt kitintartalmú fehérje (conchin) és mész (kalcit vagy aragonit) alkotja. A héj három rétegből, egy külső héjhártyából (periostracum), egy középső oszlopos (prizmás) rétegből (ostracum), valamint egy belső gyöngyházrétegből (hypostracum) áll. A héj részlegesen vagy teljesen redukálódhat (pl. csupaszcsigák, polipok). Valódi testüreggel (eucölóma) rendelkeznek, ez azonban másodlagosan redukálódott. Rágószervük a szájüreg boltozatán lévő állkapocsból (maxilla) és a szájüreg alján található, a táplálék aprításáért felelős **reszelőnyelv**ből áll (**radula**), mely utóbbit alulról egy izmokkal mozgatható porc, az ún. **radulapárna (odontophora)** támaszt alá (5.3.2. ábra). A radula felszíne conchinból áll, és fajra jellemző számú és alakú horogszerű fogak borítják szabályos sorokban. Egyeseknél (pl. kagylók) a radula másodlagosan hiányzik.



5.3.2. ábra. A reszelőnyelv (radula) működése. Táplálkozáskor az állat a reszelőnyelvét előre-hátra mozgatva szakít le kis darabkákat a táplálékból, ill. vonja be azokat a szájába, ahol azok az állkapocs és a reszelőnyelv közé kerülve összemorzsolódnak. *e*. nyelőcső; *m*. = szájnyílás; *mx*. = állkapocs; *o*. = radulapárna (odontophora); *op*. = radulapárnát előrehúzó izom; *r*. = reszelőnyelv (radula); *rp*. = reszelőnyelvet előrehúzó izom; *rr*. = reszelőnyelvet visszahúzó izom.

Keringési rendszerük a lábasfejűek (Cephalopoda) kivételével nyílt, szívük a szívburok (pericardium) üregében helyezkedik el, amely az eucölóma maradványa (5.3.1. ábra).

Légzésük történhet kopoltyúkkal, a testfelszínen keresztül vagy a köpenyüreg falán át. Kiválasztószerveik vesécskék (metanefrídiumok). Viszonylag gyakori körükben bizonyos szervek (pl. kopoltyúk, vesécskék, stb.) megsokszorozódása. A kizárólag a puhatestűekre jellemző **pórussejtek (rhogociták)** a sejtes immunválaszban, a légzőpigmentek szintézisében és lebontásában, a fémion anyagcserében, ill. a detoxifikációban vesznek részt. Az ősibb csoportoknál az idegrendszer hasdúlláncszerű, míg a levezetettebb csoportoknál a dúcok egyesülése, és ezzel a központosulás jellemző. Érzékszerveik változatosak, a fejen rendszerint szemek és **tapogatók (tentacula)**, a lábban helyzetérzékelő szervek (sztatociszták), a köpenyüregben pedig **szaglószervek (osphradia)** találhatók (5.3.1. ábra).

Életmód: Többségében váltivarúak, de gyakori körükben a hímnősség (hermafroditizmus) is (pl. szárazföldi csigák). Megtermékenyítésük külső vagy belső egyaránt lehet. Egyedfejlődésük közvetett vagy közvetlen. Többségében tojásrakók (ovipárok), de elevenszülők (vivipárok) is lehetnek. A közvetetten fejlődők **csillókoszorús (trochofóra) lárvá**val rendelkeznek, amelyből egyes csoportoknál **vitorlás (veligera) lárva** fejlődik. A veligera lárva két oldalán csillós, mozgatható lebenyekkel (vela) rendelkezik, amelyek az úszásban és a táplálkozásban játszanak szerepet. Döntő többségük tengeri, édesvízi fajok csupán a csigák és kagylók között fordulnak elő, míg a szárazföldön csak csigákkal találkozhatunk. Táplálkozásmódjuk igen változatos, szűrögetők, üledékevők, növényevők, ragadozók vagy élősködők egyaránt lehetnek.

Diverzitás: Több mint 85 ezer recens és 33 ezer fosszilis fajjal az állatvilág második legnagyobb törzsét képezik az ízeltlábúak (Arthropoda) után.

Jelentőségük az ember számára: Számos képviselőjüket, de különösen a kagylókat (pl. osztrigákat) az ember az ősidők óta fogyasztja, ill. az ókor óta halássza és tenyészti. Számos kagyló- és csigafaj héjából ékszereket, dísztárgyakat, ill. különböző használati tárgyakat készítenek. A kauri- vagy porceláncsigák (Cypraeidae) héja több preindusztriális társadalomban is fizetőeszközként szolgált. A gyöngykagylók, ill. más kagylófajok által elválasztott igazgyöngyöt az ókortól kezdve használják ékkőként. Az ókorban egyes tüskéscsigákból (Muricidae), pl. a tüskés bíborcsigából (*Bolinus brandaris*) vonták ki a kelmék színezéséhez használt, igen keresett és drága bíborfestéket. Egyes lábasfejűek (pl. tintahalak) tintamirigyének váladékát egykor tintaként használták íráshoz, ma pedig ételszínezékként, ill. ízesítőként elterjedt a használata, különösen Japánban és a mediterrán térségben. Egyes kagylók, de főleg a nagy sonkakagyló (*Pinna nobilis*) bisszusz-mirigye által termelt fehérjefonalakból, azaz a rendkívül drágának számító „kagylóselyemből" az ókorban különböző textíliákat állítottak elő. A kagylók gyakran alkalmazott bioindikátorok, amelyek a vizek nehézfém-szennyezésének, ill. savasodásnak jelzésére alkalmasak. A tengeri nyulak (*Aplysia* spp.) a neuroanatómiai, idegélettani, ill. viselkedéstani kutatások fontos modellszervezetei. A kúpcsigák (*Conus* spp.) és egyes polipok, így pl. a *Hapalochlaena* fajok

mérge az ember számára is veszélyes. Számos édesvízi tüdőscsiga az embert is fertőző közvetett fejlődésű mételyek (pl. májmétely, vérmételyek) köztigazdája. Egyes szárazföldi tüdőscsigák (köztük több meztelencsiga faj) fontos mezőgazdasági kártevők.

Rokonsági viszonyok: Az újabb vizsgálatok alapján a Lophotrochozoa elsőként divergálódó ágát (Tetraneuralia) képezik a nyelesférgekkel (Kamptozoa) mint testvércsoportjukkal együtt (3.8. ábra).

Rendszer: A törzsön belül nyolc osztályt különítenek el, ezek a csatornáshasúak (Solenogastres), fejpajzsosak (Caudofoveata), cserepeshéjúak (Polyplacophora), maradványcsigák (Monoplacophora), kagylók (Bivalvia), csigák (Gastropoda), lábasfejűek (Cephalopoda) és az ásólábúak (Scaphopoda). Az alábbiakban csupán a főbb osztályaik jellemzésére térünk ki részletesebben.

5.3.3. ábra. *Tonicella lineata*, egy Atlanti-óceánban élő bogárcsiga.

5.3.1. Cserepeshéjúak (Bogárcsigák) (Polyplacophora)

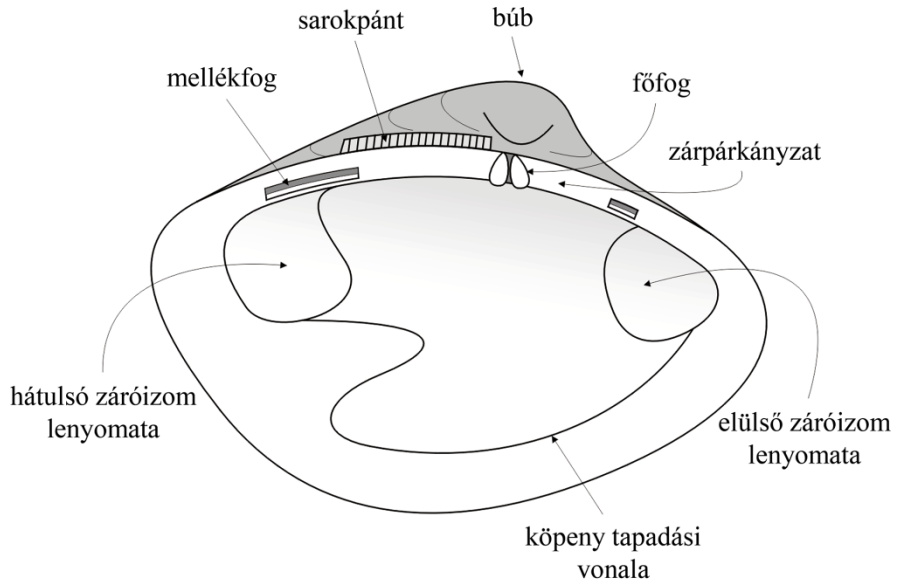
Méretük a néhány mm-től a több mint 30 cm-ig terjed. Testük oválisan megnyúlt, hát-hasi irányban lapított. Héjuk 8, részben átfedő, egymáshoz mozgathatóan kapcsolódó, gyakran élénk színű **lemez**ből (**lorica**) áll (5.3.3. ábra). A héj legbelső rétege (hypostracum) sajátos módon további két rétegre (**articulamentum, myostracum**) különül. A héjat keskeny perem, ún. **hát körüli szegély (perinotum)** veszi körül, amelyet gyakran meszes tüskék vagy pikkelyek borítanak. Lábuk lapos, kiszélesedett csúszótalp, amely a szilárd aljzathoz (pl. sziklákhoz) történő tapadásukat biztosítja. Radulájuk megnyúlt, a fogakat fémvegyületek (magnetit) erősítik. Köpenybarázdájuk a láb és a perinotum között húzódik, benne a kopoltyúkkal, amelyek a lábvisszahúzó izmokhoz hasonlóan megsokszorozódtak, így számuk akár a 80 párt is meghaladhatja. Fejükön szemek, tapogatók nincsenek. Speciális,

fotoreceptorokat tartalmazó érzékszerveik, az ún. **héjszemek (aestheta)** a héjlemezekbe ágyazva helyezkednek el.

Váltivarúak, megtermékenyítésük külső. A tengerek árapály zónájának jellemző puhatestűi, bár mélytengeri fajaik is ismertek. Többségük szerves törmeléket (detrituszt), algákat, szivacsokat, mohaállatokat, stb. legel a sziklákról. Főleg dagály idején aktívak, apálykor sziklamélyedésekbe húzódnak vissza. Összetett izomzatuk révén képesek összegömbölyödni, ha a hullámverés lesodorja őket a sziklafelszínről. Mintegy 1.000 fajuk ismert.

5.3.2. Kagylók (Bivalvia)

Méretük a 0,5 mm-től a több mint 1 m-ig terjed (5.3.6. ábra). Héjuk **két fél**ből (teknőből) áll, amelyeket a hátoldalon rugalmas szalag, az ún. sarokpánt (ligamentum) kapcsol össze (*bivalvia* = „kétszárnyasok") (5.3.4. ábra). A héj anyaga aragonit vagy kalcit, a gyöngyházréteg gyakran hiányzik. A teknők dorzális, kiemelkedő része a búb (umbo). A teknők szétnyitásáért a sarokpánt felelős, míg a teknők között húzódó záróizmok azokat összezárják. Az elsődlegesen egy pár (másodlagosan egyetlen) záróizom lenyomata a teknőkön jól kivehető (5.3.4. ábra). A teknők szoros záródását a dorzális szegélyükön található **zárpárkányzat** kiemelkedései (fogak) biztosítják, amelyek az ellenoldali teknő megfelelő mélyedéseibe illeszkednek (5.3.4. ábra). Az ősibb csoportoknál a fogazat sok apró, egyforma fogakból (taxodont típus), míg a levezetettebb csoportoknál jellemzően kisszámú, egymástól különböző fogakból (fő- és mellékfogakból) áll (pl. heterodont, schizodont típus). A zárpárkányzat fogazata néha redukált (dysodont típus) vagy hiányzik (anodont típus).



5.3.4. ábra. Egy heterodont fogazatú kagyló egyik oldali teknőjének belső szerkezete.

A teknők nagysága, formája, mintázata, stb., a zárpárkányzat típusa, ill. az izomlenyomatok alakja, elhelyezkedése, stb. fontos határozóbélyegek. Testüket a héj rendszerint teljesen elrejti, csak a víz be- és kivezetésére szolgáló szifók, valamint a láb nyúlhat ki belőle (5.3.5. ábra). Fejük csökevényes, így szájnyílásuk az elülső záróizom és a láb töve között található. Radulájuk hiányzik. Lábuk izmos toló- és ásóláb, amely a helytülő (szesszilis) fajoknál (pl. osztrigák) redukált. Egyesek a lábban található **bisszusz-mirigy**ük által képzett ragadós fehérjefonalak segítségével képesek az aljzathoz rögzülni. A kopoltyúk szerkezete csoportonként eltérő; míg az ősibb kagylóknál a kopoltyúk fonalasak (filibranch típus), addig a levezetett csoportok tagjainál lemezes szerkezetűek (pseudolamellibranch, ill. eulamellibranch típus). A legtöbb kagylónál a kopoltyúk a légzés mellett a táplálékszemcsék kiszűrésében is fontos szerepet játszanak.

5.3.5. ábra. Vénuszkagylók (Venerida) kinyújtott szifóikkal.

Többségük váltivarú, de hímnősek (hermafroditák) is lehetnek (pl. osztriga). A megtermékenyítés többnyire külső. A tengeri fajok rendszerint egy planktonikus trochofóra és veligera stádiumon mennek keresztül, míg az édesvízi fajoknál ezek hiányoznak. A folyamikagylók (Unionidae) jellemző lárvatípusa az ún. **kajmacsos lárva (glochidium)**, amely halak bőrére, kopoltyújára tapad fogófonala és a teknői szegélyén található horgok (kajmacsok) segítségével, hetekig innét táplálkozik és viteti magát, majd átalakulva leválik, és önálló életet kezd. Kizárólag víziek, döntő többségük tengeri. Az ősibb csoportok tagjai üledékfogyasztók, a legtöbb ma élő kagyló azonban szűrögető életmódot folytat. Számos fajuk ehető. Mintegy 10 ezer fajuk ismert, ezzel a puhatestűek második legfajgazdagabb csoportját alkotják a csigák után.

5.3.6. ábra. A kagylók (Bivalvia) néhány reprezentatív képviselője. *A*: óriáskagyló (*Tridacna gigas*) (Heterodonta); *B*: ehető kékkagylók (*Mytilus edulis*) (Pteriomorphia); *C*: kis tavi kagyló (*Anodonta anatina*) (Palaeoheterodonta).

5.3.7. ábra. Egy tengeri csiga, a *Tonna galea* (Caenogastropoda) helikospirálisan felcsavarodott héja különböző szögekből nézve.

5.3.3. Csigák (Gastropoda)

Testméretük igen változatos, a 0,3 mm-től a közel 1 m-ig terjed. Jellegzetességük az elsődlegesen egy darabból álló, **spirálisan felcsavarodott héj (ház)**, amely az ősibb csigáknál egy síkban (planospirálisan) felcsavarodott, míg a levezetettebb csoportok tagjainál a csavarodás egy kúppalást mentén, helikospirálisan történik (5.3.7. ábra). A legtöbb faj háza jobbra csavarodó, azaz ha a házat csúcsával (apex) felfelé és nyílásával, az ún. szájadékkal

(apertura) magunk felé fordítjuk, a szájadék jobb kéz felé esik. A ház másodlagosan lehet sapkaszerű (patelliform), két darabból álló, de akár részlegesen vagy teljesen redukálódhat is (5.3.9. ábra B, C). Gyöngyházrétege rendszerint hiányzik. A ház alakja, mérete, mintázata, a kanyarulatok száma, stb. fontos határozóbélyegek. Fejükön elsődlegesen egy pár tapogató található, szemeik ennek tövében ülnek (5.3.8. ábra, 5.3.9. ábra A). Egyeseknél a tapogatók száma két pár, és a szemek a hosszabbik pár, visszahúzható tapogató végén ülnek (pl. nyelesszemű tüdőscsigák) (5.3.9. ábra D). Radulájuk szerkezete rendkívül változatos. Lábuk izmos csúszótalp, de ásáshoz vagy úszáshoz is módosulhat (5.3.9. ábra C). A láb hátulsó részén általában **héjfedő (operculum)** található (5.3.8. ábra), amely a ház szájadékának lezárását teszi lehetővé, amikor az állat visszahúzódik a házába, de ez másodlagosan hiányozhat is (pl. tüdőscsigák).

5.3.8. ábra. A nálunk is élő csinos ajtóscsiga (*Pomatias elegans*) (Caenogastropoda) lábán a héjfedővel (operculum) (*bal oldali ábra nyíl*), amellyel házának szájadékát le tudja zárni (*jobb oldali ábra nyíl*).

Légzésük fésűs kopoltyúkkal, vagy ezek hiányában az egész testfelületen keresztül, különböző testfüggelékekkel, másodlagosan kialakuló kopoltyúkkal vagy (a szárazföldieknél) a köpenyüreg redőzött, dúsan erezett falán (mint „tüdőn") át történik. A csigák evolúciója során szimmetriaviszonyaik jellegzetes módon változtak. Az eredetileg hátulsó helyzetű köpenyüregük előrehajlását (**flexió**) kísérve zsigerzacskójuk a láb síkjából kiemelkedve megcsavarodott (**torzió**), így a testük aszimmetrikussá vált. E folyamatok következtében köpenyüregük (benne a kopoltyúkkal, az ide nyíló végbélnyílással, stb. együtt) a test végéről a fej közelébe került, hosszanti idegtörzseik átkereszteződtek (**streptoneuria**), páros szerveik (kopoltyúk, vesécskék, stb.) pedig páratlanná váltak. A tüdőscsigákat is magába foglaló egyenesidegűeknél (Euthyneura) a torziót követő részleges vagy teljes visszacsavarodás (**detorzió**) eredményeként a köpenyüreg oldalsó vagy hátulsó helyzetbe tért vissza, a keresztezettidegűség pedig megszűnt, és (mint arra a nevük is utal) másodlagos egyenesidegűség (**euthyneuria**) alakult ki.

A legtöbb csiga váltivarú, de hímnősek (hermafroditák) is lehetnek (pl. Euthyneura). Viszonylag gyakori körükben az elevenszülés (vivipária). Az ősi, külső megtermékenyítésű csoportok egyedfejlődése során először planktotróf típusú trochofóra lárva jelenik meg, ezt

követi a lecitotróf veligera stádium. A levezetett csoportok tagjainál a megtermékenyítés belső, a posztembrionális fejlődés pedig már planktotróf veligera lárvával kezdődik. Számos tengeri fajnál, az édesvízi csigák többségénél, ill. a szárazföldi csigáknál a fejlődés közvetlen. Elsődlegesen (és többségében) tengeriek, azonban számos csoportjuk egymástól függetlenül édesvízi, ill. szárazföldi életmódra tért át. A vízi fajok többsége aljzatlakó (bentikus), de vannak nyíltvízi (pelágikus) fajok is. Növényevők, törmelékevők, ragadozók és élősködők egyaránt lehetnek. A puhatestűek legfajgazdagabb csoportja, több mint 60 ezer fajuk ismert, azaz a ma élő puhatestűek közel 3/4-ét teszik ki.

5.3.9. ábra. Különböző csigák (Gastropoda). *A*: *Charonia lampas* (Caenogastropoda); *B*: egy csupaszkopoltyús csiga, a *Hypselodoris bullocki* (Nudibranchia); *C*: egy tenger nyúl, az *Aplysia fasciata* (Euopisthobranchia); *D*: egy tüdőscsiga, az *Amphidromus caeruleus* (Eupulmonata).

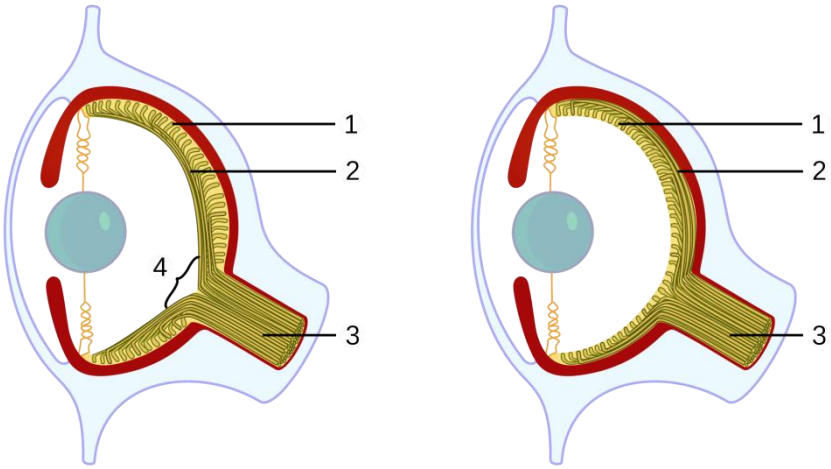
5.3.4. Lábasfejűek (Cephalopoda)

A puhatestűek legnagyobb termetű alakjai, méretük a kb. 1 cm-től a több mint 10 m-ig terjed. Testük rövid, gömbölyded (pl. polipok) vagy megnyúlt, torpedó alakú (pl. tintahalak, kalmárok). Egyeseknél a test két oldalán úszólebenyek találhatók (5.3.13. ábra B), másoknak páros úszója van. Héjuk általában csökevényes, a háti epidermisz alá süllyedt, de teljesen hiányozhat is. Kültakarójukban rendszerint pigmentszemcséket tartalmazó **színsejtek (kromatofórák)** találhatók, amelyek segítségével dinamikusan képesek a színüket alakítani, de emellett a testük alakját, ill. felületi textúráját is képesek megváltoztatni (5.3.10. ábra).

5.3.10. ábra. Egy tintahal, a *Sepia latimanus* (Sepiida) színváltoztatása.

Lábuk elülső része a fejjel összeolvadva az izmos és igen mozgékony, rendszerint tapadókorongokat viselő **karok**at alkotja. A karok száma csoportonként változó. Az ősi csigáspolipok (Nautiloidea) 60-90 tapogatószerű, visszahúzható karral rendelkeznek, amelyek felszínét ragadós mirigyváladék borítja (5.3.13. ábra A). A tintahalakat és kalmárokat magába foglaló tízkarúaknál (Decapodiformes) 8 rövidebb szájkar és 2 hosszabb, gyorsan kinyújtható fogókar (tapogató) található, amelyek gyakran ún. tapogatózsákba húzhatók vissza (5.3.13. ábra B, C). A szájkarok egész hosszukban, a fogókarok (tapogatók) csak a végi, kiszélesedő részükön vagy egyáltalán nem viselnek tapadókorongokat. A polipok, azaz a nyolckarúak (Octopodiformes) többségének 8, többé-kevésbé egyforma, egész hosszában tapadókorongokat viselő karja van, amelyeknek alapi részét vitorláknak (vela) nevezett úszóhártyák kötik össze (5.3.11. ábra, 5.3.13. ábra D). A lábasfejűek jellegzetes szerve a láb hátulsó részéből kialakuló **tölcsér (infundibulum)**, amely a fej alatt található csőszerű képződmény, és amely a köpenyüregből vezet a külvilágba (5.3.11. ábra). Ez részben mozgásszervként szolgál, a köpenyüregbe beszívott és a tölcséren keresztül kipréselt vízsugár ugyanis rakétaelven hajtja előre az állatot.

5.3.11. ábra. Közönséges polip (*Octopus vulgaris*) (Octopoda). Az ábrán jól látszik a tölcsér (infundibulum) (*fehér nyíl*), ill. a karokon lévő tapadókorongok (*fekete nyíl*).



5.3.12. ábra. A gerincesek (Vertebrata) (*bal oldal*) és a lábasfejűek (Cephalopoda) hólyagszemének (*jobb oldal*) összehasonlítása. A gerincesek szeme ún. inverz szem, azaz a retina receptorsejtjei a beérkező fénynek „hátat fordítva”, a fény hatására keletkezett ingerület elvezetését végző idegrostok alatt helyezkednek el. Emiatt utóbbiak szemgolyóból való kilépési helyénél vakfolt alakul ki, ahol nem találhatók receptorsejtek. Ezzel szemben a lábasfejűek szeme ún. everz szem, azaz a retina receptorsejtjei a retina üvegtest felöli oldalán találhatók (így a beérkező fény közvetlenül ezekre vetődik), a fény hatására keletkezett ingerület elvezetését végző idegrostok pedig ezek alatt helyezkednek el, így itt nem alakul ki vakfolt. *1*. retina; *2*. idegrostok; *3*. látóideg; *4*. vakfolt.

Radulájuk mellett kétrészes, papagájcsőrszerű állkapcsuk van. Egyes fajok nyála különböző méreganyagokat, másoké pedig fehérjebontó enzimeket tartalmaz. Utóbelükhöz **tintamirigy** kapcsolódhat, amelynek kilövellhető, melanint és alkaloidokat is tartalmazó

váladékát a ragadozók megtévesztésére használják. Keringési rendszerük a többi puhatestűtől eltérően zárt, többségüknél a kopoltyúk tövében **járulékos szívek (kopoltyúszívek)** alakultak ki. Kopoltyúik, szívpitvaraik és vesécskéik száma elsődlegesen két pár (csigáspolipok), másodlagosan egy pár (többi lábasfejű). Agydúcukat gyakran porcos belső váz veszi körül, amely egyben a karoknak is támasztékul szolgál. Szemük a csigáspolipok kivételével a gerincesekéhez hasonló, jó szín- és képlátást biztosító **hólyagszem**, amely rendszerint szaruhártyából (cornea), szivárványhártyából (iris), szemlencséből (lens), ideghártyából (retina) és üvegtestből (corpus vitreum) áll (5.3.12. ábra).

Váltivarúak, megtermékenyítésük belső. A hímek a párzás során spermatofórát adnak át a nősténynek, rendszerint egy erre módosult karjuk, az ún. **párzókar (hectocotylus)** segítségével. Egyedfejlődésük közvetlen. Gyakori körükben az utódgondozás. Kivétel nélkül tengeri, aljzatlakó (bentikus) vagy nyílttengeri (pelágikus) állatok. Többségük ragadozó, egyesek törmelékevők. Színváltoztató képességük a környezetbe való beleolvadást, ill. a vizuális kommunikációt szolgálja. Könnyen tanulnak, jó a memóriájuk és az alakfelismerő képességük. Mindössze kb. 800 recens fajuk ismert, a leírt fosszilis fajok száma azonban meghaladja a 17 ezret.

5.3.13. ábra. A lábasfejűek (Cephalopoda) néhány reprezentatív képviselője. *A*: egy csigáspolip, a *Nautilus belauensis* (Nautilida); *B*: egy kalmár, a *Sepioteuthis sepioidea* (Myopsida); *C*: egy tinthahal, a *Sepia mestus* (Sepiida); *D*: óriáspolip (*Enteroctopus dofleini*) (Octopoda).

5.3.5. Ásólábúak (Agyarcsigák) (Scaphopoda)

Méretük a 3 mm-től a 15 cm-ig terjed. Testük megnyúlt. Héjuk mindkét végén nyitott, csőszerű és rendszerint ívesen hajlott, innét ered az agyarcsiga elnevezés (5.3.14. ábra). Fejük leegyszerűsödött, a szájnyílás mellett számos (akár több száz), tapadós végű, visszahúzható

fogófonál (captaculum) ered. Lábuk erőteljes ásószerv (erre utal az ásólábú elnevezés), amely a héj elülső, általában szélesebb végén, a fej alatt található. Bélcsatornájuk fordított U-alakú. Keringési rendszerük leegyszerűsödött, szívük hiányzik. Kopoltyúik redukálódtak, légzésük a megnyúlt, tágas köpenyüreg falán keresztül történik. Szemeik nincsenek.

Többségük váltivarú, a megtermékenyítés külső. Kizárólag tengeriek, a homokos aljzatba fúródva élnek. Likacsoshéjúakat (foraminiferákat) és más intersticiális szervezeteket zsákmányolnak fogófonalaik segítségével. Mintegy 600 fajuk ismert.

5.3.14. ábra. Az *Antalis vulgaris* nevű agyarcsiga (Scaphopoda) faj héja.

5.4. Mohaállatok (Bryozoa)

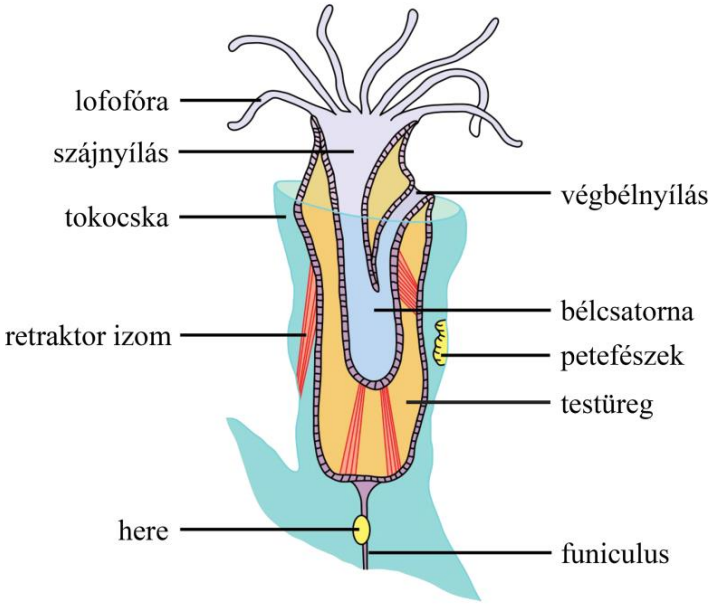
Rövid jellemzés: Kis méretű, helytülő (szesszilis) és szűrögető életmódú, nagyrészt tengerekben élő telepes állatok.

Etimológia: A görög *bryon* (moha) és *zoion* (állat) szavakból, a gyakran mohaszerű bevonatot képező telepeik miatt.

Testméret: A telepeket alkotó egyes egyedek mikroszkopikus (<1 mm) méretűek, de maguk a telepek a méteres nagyságot is elérhetik.

Morfológia: Gyakran feltűnő színűek. A telepet alkotó egyedeket zoidoknak nevezzük, amelyeknek teste két részből áll, a kör- vagy patkóalakú **csillós tapogatókoszorú**t (**lofofórá**t) viselő, táplálkozó **polipocská**ból (**polypid**) és a külső, kocsonyás, pergamenszerű, kitines vagy meszes **lakócsö**vet (**zoárium**) képző **tokocská**ból (**cystid**) (5.4.1. ábra). Zavarás hatására a polypid páros visszahúzó (retraktor) izom segítségével képes visszahúzódni a tokocskába. Testüregük másodlagos testüreg (eucölóma). Bélcsatornájuk U-alakú, a végbélnyílás a nyelesférgekkel (Kamptozoa) szemben a lofofórán kívül nyílik. Belső szerveik a miniatürizáció következtében igen leegyszerűsödtek, elkülönült kiválasztó-, légző- és

keringési rendszerük nincs, ivarsejtjeik pedig nem elkülönült ivarszervekben, hanem a testüreg falában keletkeznek.



5.4.1. ábra. Mohaállat (Bryozoa) zoid testszerveződése.

Az ún. **homomorf telep**eket alkotó zoidok egyforma kinézetű, ún. táplálkozó egyedek (autozoidok), amelyek mind a táplálékszerzés, mind a szaporodás feladatát ellátják. A **heteromorf telep**eket alkotó zoidok specializált egyedek (heterozoidok), amelyeknek több típusát lehet elkülöníteni. Ezek lehetnek a telep indaszövevényét (stolo) létrehozó gyökérszerű egyedek (cenozoidok), védekező funkciót ellátó, csőrszerű egyedek (avicularia), a telep felszínének tisztántartását végző tisztogató egyedek (vibracularia), ill. szaporítóegyedek (gonozoidok). Telepeik többnyire mohaszerű bevonatot képeznek (erről kapták nevüket), de vannak fa- vagy bokorszerűen elágazó telepeket létrehozó fajaik is.

Életmód: Többségük hímnős (hermafrodita), megtermékenyítésük rendszerint belső. A telep gyarapodása döntően a zoidok ivartalan (aszexuális) bimbózásával történik. Az édesvízi fajok telepe télre elpusztul, csupán kitartóképleteik (**sztatoblasztok**) telelnek át, tavasszal ezekből fejlődik ki az új telep. Egyedfejlődésük közvetett vagy közvetlen. A közvetetten fejlődő fajok lárvái lehetnek önállóan táplálkozó, planktotróf típusú, ún. **cyphonautes lárvá**k, amelyek néhány hónapig is élhetnek a letelepedés előtt, valamint működő emésztőrendszerrel nem rendelkező lecitotróf lárvák, amelyek hamarabb telepednek le. A letelepedését követő átalakulással létrejövő első zoid (ancestrula) bimbózással hozza létre a többi zoidot. Nagyrészt tengeriek, jellemzően a sekélyebb vizek lakói. Szűrögetők (mikrofágok), apró mikroszervezetekkel és szerves törmelékkel (detritusz) táplálkoznak. Telepeik fontos komponensei a vízi élőbevonatnak (biotekton).

Diverzitás: Több mint 6.000 recens és 5.500 fosszilis fajuk ismert.

Jelentőségük az ember számára: A tengeri mohaállatok gyakran nagy tömegben telepszenek meg a hajótesteken, kikötőkön, ill. part menti létesítményeken. Az édesvízi fajok telepei néha problémát okozhatnak a vízvezetékek, víztisztító berendezések, ill. az erőművek hűtővezetékeinek eltömítéséért. Egyes fajok a tenyésztett halakat is parazitáló nyálkaspórások (Myxozoa) köztigazdái. Az *Alcyonidium diaphanum* nevű faj felelős egy az északi-tengeri halászok körében előforduló bőrmegbetegedésért, az ún. Dogger-pad viszketésért.

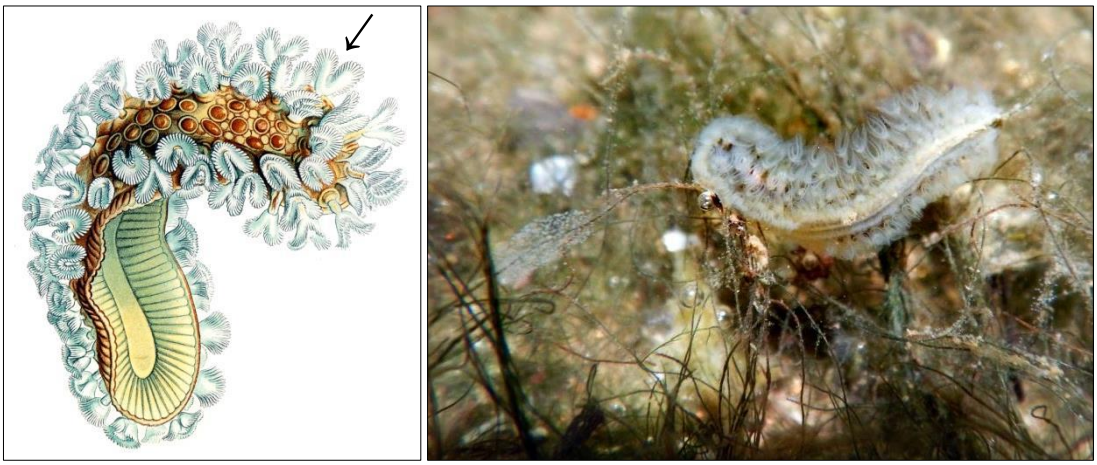
Rokonsági viszonyok: A Lophotrochozoa kládon belül a hasonló életmódú pörgekarúakkal (Branchiopoda) és csöves tapogatósokkal (Phoronida) együtt a Lophophorata kládot alkotják (3.8. ábra).

Rendszer: Három osztályukat a szájfedősök (Phylactolaemata), a szájfedő nélküliek (Gymnolaemata) és a Stenolaemata tagjai alkotják.

5.4.1. Szájfedősök (Phylactolaemata)

Szájnyílásukat egy rövid nyúlvány, a szájfedő (epistoma) zárja le. Lofofórájuk patkó alakú (5.4.2. ábra), amelynek kitüremítése a teljes testfal összehúzódása révén történik. Lakócsövük sosem meszes.

Egyedfejlődésük közvetlen. Rendszerint elágazó, kizárólag autozoidokból álló homomorf telepeket alkotnak (5.4.2. ábra). Kizárólag édesvíziek.



5.4.2. ábra. Mászkáló mohaállat (*Cristatella mucedo*), az egyetlen olyan mohaállatfaj, amelynél az egész telep aktív mozgásra képes. Az ábrán jól látszik a zoidok patkó alakú lofofórája (*nyíl*).

5.4.2. Szájfedő nélküliek osztálya (Gymnolaemata)

Nincs szájfedőjük (epistoma). Lofofórájuk kör alakú, amelynek kitüremítése a teljes testfal összehúzódása vagy a testfal egy meghatározott, rugalmas részének deformációja révén történik.

Egyedfejlődésük közvetett. Heteromorf telepeket alkotnak, amelyek rendszerint felállóak vagy bevonatot alkotnak (5.4.3. ábra). Döntő többségük tengeri, csupán néhány fajuk él félsós- (brakk-) vagy édesvizekben. A fajok döntő többsége ide tartozik.

5.4.3. ábra. Leveles mohaállat (*Flustra foliacea*) tengeri moszatra emlékeztető telepe.

5.4.3. Stenolaemata

Nincs szájfedőjük (epistoma). Lofofórájuk kör alakú, amelynek kitüremítése a testüreget bélelő epithél réteg összehúzódásával történik.

Egyedfejlődésük közvetett. Heteromorf telepeket alkotnak, bár ezek nagy részét gonozoidok alkotják. A telepek rendszerint felállóak vagy bevonatot alkotnak. Kizárólag tengeriek.

5.5. Gyűrűférgek (Annelida)

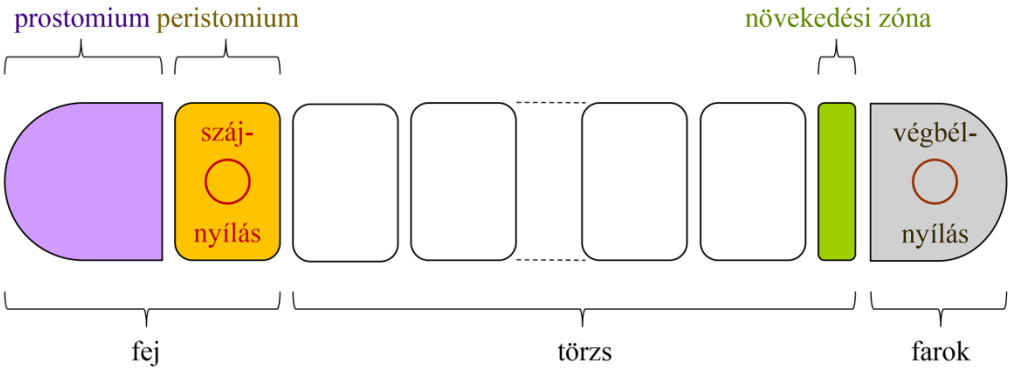
Rövid jellemzés: Valódi szelvényezettséget mutató, elsődlegesen sertékkel (chaetae) és páros csonklábakkal (parapodia) rendelkező, rendkívül változatos megjelenésű és életmódú állatok.

Etimológia: A latin *anellus* (gyűrűcske) szóból, a szelvényekre tagolódó, gyűrűzött testükre utalva.

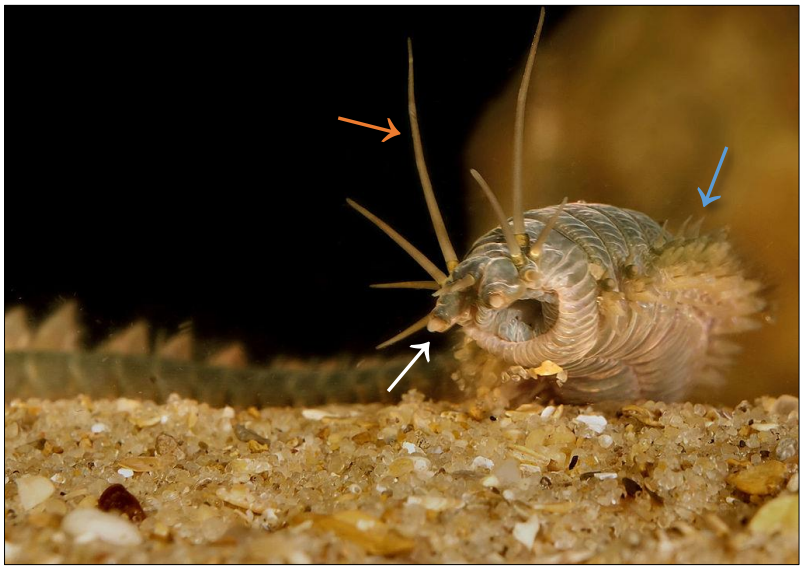
Testméret: Méretük rendkívül változatos, a 0,5 mm-től a több mint 6 m-ig terjed.

Morfológia: Testük szelvényezett. Szelvényezettségük lehet egynemű (homonóm) vagy különnemű (heteronóm). A **homonóm szelvényezettség**et mutató fajoknál az egyes szelvények közel azonos felépítésűek, míg a **heteronóm szelvényezettség**et mutató fajok

teste egymástól morfológiailag és funkcionálisan is különböző szelvénycsoportokra különül. Testük fejre, törzse és farokra (pygidium) tagolódik (5.5.1. ábra). Fejük a **fejlebeny**ből (**prostomium**) és az azt követő, szájnyílást hordozó **peristomium**ból áll. Ezután következik a változó számú szelvényből felépülő törzs, majd a testvéget alkotó **farok (pygidium)**, rajta a végbélnyílással. Szelvényenként epidermális eredetű, jellemzően nyalábokba rendeződő, mozgatható **sertéke**t (**chaetae**) viselnek (5.5.3. ábra), amelyek száma, morfológiája, elhelyezkedése, stb. fontos rendszertani bélyeg. A serték egyes csoportoknál (pl. valódi piócák) másodlagosan hiányoznak.



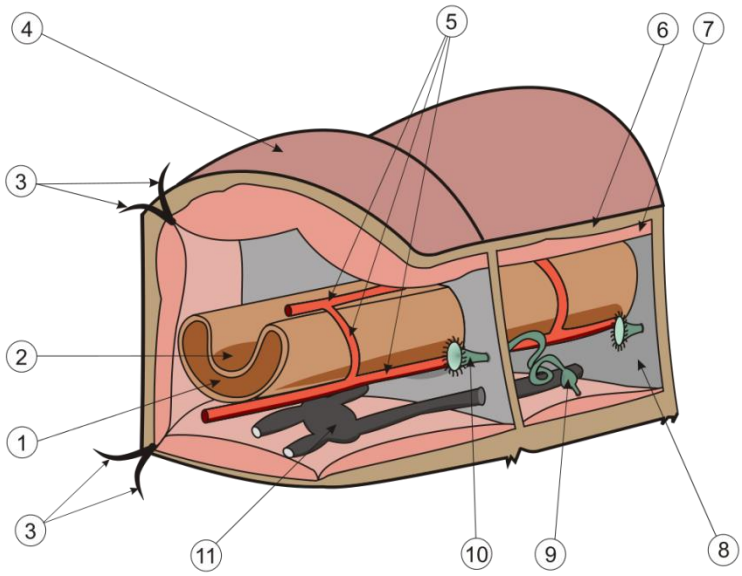
5.5.1. ábra. A gyűrűsférgek (Annelida) alap testszerveződése.



5.5.2. ábra. Egy soksertéjű gyűrűsféreg (Polychaeta), a zöld százlábúféreg (*Alitta virens*) elülső testvége. A képen jól láthatóak a feji vég vaskos tapogatói (*fehér nyíl*), ill. megnyúlt, vékony tapogatókacsai (*narancssárga nyíl*), valamint a törzsszelvényeken elhelyezkedő csonklábak (parapodiumok) (*kék nyíl*).

Jellemző szerveik a szelvényenként párban elhelyezkedő, elsődlegesen kétágú **csonklábak (parapodia)** (5.5.2. ábra), amelyek azonban számos csoportnál (pl. nyeregképzők) másodlagosan hiányoznak. Testüregük valódi (másodlagos) testüreg (eucölóma), általában minden szelvényben páros cölomazacskók találhatók. Keringési rendszerük zárt, központi

része a háti és hasi véredény, amelyeket gyűrűedények kapcsolnak össze (5.5.3. ábra). Légzőszerveik (kopoltyúk) lehetnek, bár a gázcsere többnyire a testfalon keresztül történik. Kiválasztószerveik rendszerint a szelvényenként ismétlődő páros vesécskék (metanefrídium) (5.5.3. ábra). Idegrendszerük a garat fölött elhelyezkedő páros agydúcból, garatideggyűrűből és hasdúcláncból áll, mely utóbbit szelvényenként ismétlődő dúcpárok alkotnak. Fejükön mechano- és kemoreceptorokat hordozó **tapogatók (tentacula, palpi)**, ill. **tapogatókacsok (cirri)** (5.5.2. ábra), változatos felépítésű szemek, szaglószervként szolgáló **gödörszervek (nuchális szervek)** és helyzetérzékelő receptorok (sztatociszták) lehetnek.



5.5.3. ábra. Kevéssertéjű gyűrűsféreg (Oligochaeta) két szomszédos törzsszelvényének metszete.
1. bélcsatorna ürege; *2*. hosszanti redő (typhlosolis); *3*. serték (chaetae); *4*. kutikularéteg; *5*. vérerek; *6*. testfal körkörös (cirkuláris) izomrétege; *7*. testfal hosszanti (longitudinális) izomrétege; *8*. szelvények közötti válaszfal (septum); *9*. vesécske (metanefrídium); *10*. vesécske (metanefrídium) csillós tölcsére (nefrosztóma); *11*. szelvény idegdúca.

Életmód: Váltivarúak vagy hímnősek (hermafroditák) egyaránt lehetnek. Közvetetten, átalakulással vagy közvetlenül, átalakulás nélkül fejlődnek. A közvetetten fejlődők egyedfejlődése során **csillókoszorús (trochofóra) lárva** jelenik meg. Tengerekben, édesvizekben és nedves, szárazföldi környezetben egyaránt előfordulnak. Táplálkozásmódjuk rendkívül változatos, ragadozók, dögevők, szűrögetők vagy törmelékevők egyaránt lehetnek. Többségük szabadon élő, a kommenzalista vagy parazita életmódú fajok száma viszonylag kevés.

Diverzitás: Több mint 17 ezer recens és mintegy 40 fosszilis fajuk ismert.

Jelentőségük az ember számára: Kelet és Délkelet-Ázsiában számos fajukat fogyasztják (pl. fecskendőférgek, ehető palolo, koreai péniszhal). Egyes képviselőiket csaliállatként (pl. csalifélgek, piócák), másokat különböző akváriumi állatok (halak, teknősök) etetésére

(pl. csővájófélgek) vagy tenyésztett állatok takarmányozására használják (pl. földigiliszták). A televényférgeknek és földigilisztáknak fontos szerepük van a talaj minőségének javításában. Egyes földigilisztákat, pl. a trágyagilisztát (*Eisenia fetida*) a szerves hulladékok lebontására alkalmazzák (vermikomposztálás). A Haemadipsidae, Hirudinidae, ill. más piócacsaládok képviselői emberen is parazitálhatnak. Az orvosi pióca (*Hirudo medicinalis*) nyála különféle, többek között véralvadásgátló, trombocita aggregációt gátló, ill. értágító hatású fehérjéket tartalmaz, így egykor elterjedten használták szinte mindenféle betegség kezelésére. Ma piócaterápiát főleg a mikrosebészeti rekonstrukciós műtétek után alkalmaznak a vérrögképződés megakadályozására, ill. a vénás keringés helyreállítására.

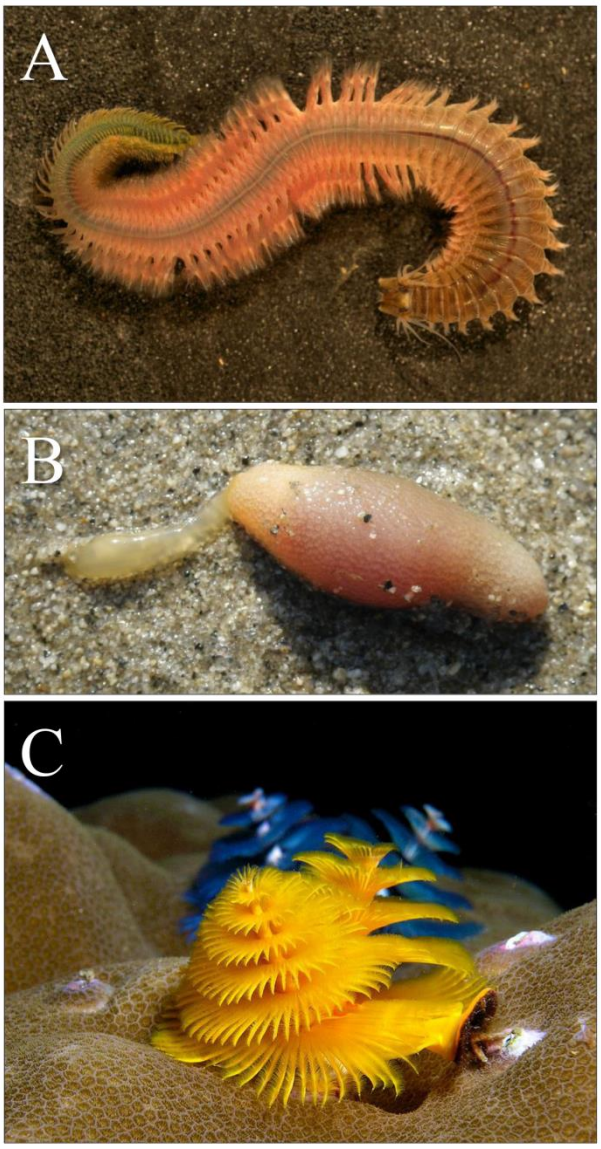
Rokonsági viszonyok: A legújabb vizsgálatok alapján a Lophotrochozoa kládon belül a zsinórférgeket (Nemertea) és a laposférgeket (Platyhelminthes) magába foglaló Parenchymia klád testvércsoportját képezi (3.8. ábra).

Rendszer: Két osztályát a soksertéjűek (Polychaeta), ill. a kevéssertéjűeket (Oligochaeta) (csővájófélgeket, televényférgeket, földigilisztákat, stb.) és piócákat (Hirudinea) magába foglaló nyeregképzők (Clitellata) alkotják.

5.5.1. Soksertéjűek (Polychaeta)

Szelvényezettségük egynemű (homonóm) vagy különnemű (heteronóm). Fejük határozottan elkülönül a törzstől, rajta rendszerint fejlett érzékszervek (tapogatók, tapogatókacsok, szemek, páros gödörszerv, stb.) találhatók (5.5.2. ábra). Elsődlegesen rendelkeznek csonklábakkal (parapodia), amelyek a helyváltoztatás mellett más funkciókat (pl. légzés, táplálékszerzés, stb.) is elláthatnak (5.5.2. ábra). A ragadozó életmódú fajok garatja kiölthető, és gyakran egy vagy két pár állkapoccsal, ill. méregmiriggyel felfegyverezett. Ivarszerveik nem állandóak, csupán a szaporodási időszakban jelennek meg.

Többségében váltivarúak. Megtermékenyítésük többnyire külső. Egyes aljzatlakó (bentikus) soksertéjűek jellegzetes szaporodási módja az ún**. epitokia**. Ilyenkor az adott egyed teljes vagy részleges metamorfózison esik át, amelynek során szaporodásra kész, ivarsejteket termelő rajzó formává, ún. epitokká alakul át (5.5.4. ábra). Egyedfejlődésük rendszerint közvetett. Többségük tengeri. Szabadon mozgók (erratikusak) vagy helytülők (szesszilisek), ill. félig helytülők (hemiszesszilisek) (5.5.4. ábra). Előbbiek többnyire aktívan mozgó ragadozók, míg utóbbiak helyhez kötötten, az aljzatba ásott járataikban vagy a maguk készítette lakócsövekben élnek, és törmelékevő vagy szűrögető életmódot folytatnak. Több mint 10 ezer fajjal a gyűrűsférgek legnagyobb csoportját képezik. Minthogy belőlük származtathatók le a nyeregképzők (Clitellata), az osztály önmagában nem képez monofiletikus egységet.



5.5.4. ábra. Különböző életmódú soksertéjű gyűrűsférgek (Polychaeta).
A: *Alitta succinea*, egy szabadon mozgó (erratikus), ragadozó soksertéjű epitok alakja;
B: *Arhynchite hayaoi*, egy félig helytülő (hemiszesszilis), törmelékevő soksertéjű;
C: karácsonyfaféreg (*Spirobranchus giganteus*), egy helytülő (szesszilis), szűrögető soksertéjű.

5.5.2. Nyeregképzők (Clitellata)

Szelvényezettségük többnyire egynemű (homonóm). Testfelépítésük soksertéjű őseikhez képest jóval egyszerűbb: fejük a törzstől kevésbé különül el, feji függelékeik (tapogatók, tapogatókacsok), ill. csonklábaik (parapodia) hiányoznak, sertéik (chaetae) száma pedig redukált, sőt teljesen hiányozhatnak is (pl. piócák többsége) (5.5.6. ábra). A piócáknál (Hirudinea) a szájnyílás körül **szívókorong**, testvégükön, a végbélnyílás alatt pedig **tapadókorong** található. Egyes piócák **szúróormánny**al (**proboscis**), mások fogazott **állkapcsok**kal rendelkeznek. Az osztály tagjainak névadó sajátossága a **nyereg (clitellum)**,

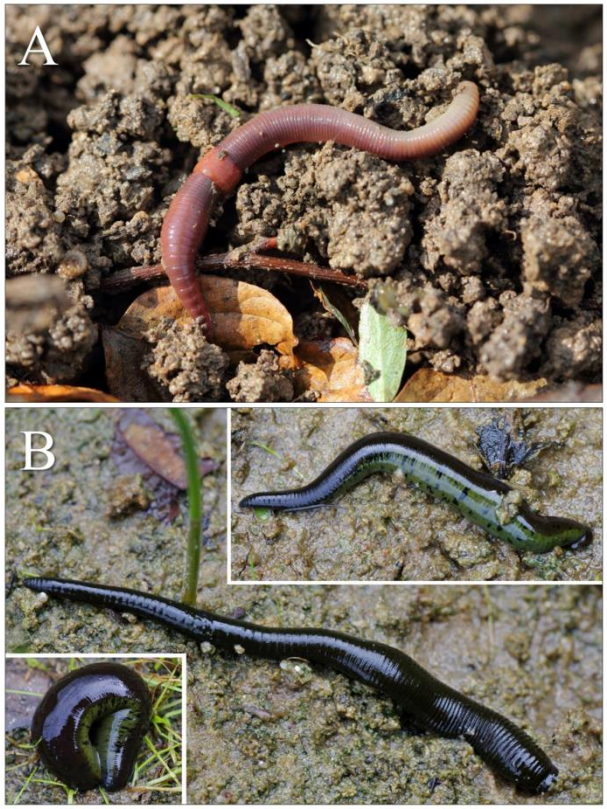
amely az epidermisz mirigyes megvastagodása bizonyos egymást követő szelvényeken, közel az ivarnyílásokhoz (5.5.5. ábra). Ennek szerepe a párzásban, ill. a kokonképzésben van.

5.5.5. ábra. Földigiliszták párzása. A képen jól látható mindkét egyeden a test alapszínétől elütő színű nyereg (clitellum) (*nyilak*), amely itt, a kevéssertéjűeknél nagy mennyiségben nyálkát (mucus) termelve segíti a párzó hímnős egyedek összetapadását.

A piócáknál a testüreg a jól fejlett kötőszöveti réteg és kiterjedt testfalizomzat következtében csatornákká (lakúnákká) szűkült, keringési rendszerük pedig nyílt vagy teljesen hiányzik, mely utóbbi esetben a **lakúnarendszer** helyettesíti a véredényeket. A szárazföldi életmódú kevéssertéjűek (Oligochaeta) nyelőcsövéhez **mészmirigyek (Morren-féle mirigyek)** kapcsolódhatnak, amelyek a táplálékkal felvett anyagok (pl. humuszsavak) közömbösítését, ill. a testfolyadékok kalcium- és karbonátion szintjének (és ezáltal kémhatásának) szabályozását biztosítják. A kevéssertéjűek középbelének hátoldali fala a bél üregébe betüremkedve jellemzően egy **hosszanti redőt (typhlosolis)** alkot (5.5.3. ábra), amely a felszívó felületet növeli. A középbél külső felületén, ill. a középbéli redőben nagy mennyiségben vannak jelen ún. **kloragogén sejtek**, amelyeknek a glikogén és zsír szintézisében, a fehérjék deaminációjában, valamint a nitrogéntartalmú anyagcsere végtermékek (ammónia, urea) képzésben van szerepük. A soksertéjűektől eltérően a nyeregképzők jól fejlett, állandó ivarszervekkel (gonádok) rendelkeznek, amelyek elhelyezkedése sajátos, csupán néhány, általában elülső szelvényre korlátozódnak, és a herék (testes) mindig megelőzik a petefészkeket (ovaria). A törzsszelvények száma, a nyerget alkotó szelvények száma, ill. a nyereg elhelyezkedése, valamint az ivarszervek és ivarnyílások helyzete fontos rendszertani bélyegek. Agydúcuk nem a fej, hanem a törzs valamely elülső szelvényében helyezkedik el. Érzékszereik a soksertéjűekhez képest redukáltak.

A soksertéjűekkel ellentétben hímnősek (proterandrikus hermafroditák). A párzás során kölcsönös, direkt (párzószerv segítségével) vagy indirekt módon (spermatofóra átadásával) történő spermatranszfer jellemző. A kevéssertéjűeknél a párzás után a nyereg által termelt kocsonyás váladék gyűrűszerűen előrefelé lecsúszik az állat testéről, miközben az

ondótartály (spermatheca) nyílásai, ill. az ivarnyílások előtt elhaladva felveszi a párzótárstól kapott hímivarsejteket, ill. az állat saját petesejtjeit. A lecsúszó váladékgyűrű két nyitott vége összeszárad, és ún. **kokon**t képez, a petesejtek megtermékenyítése, majd a teljes fejlődés már ennek belsejében megy végbe (5.5.7. ábra). A piócáknál ehhez képest különbség, hogy ondótartályuk másodlagosan hiányzik, a párzást követően a megtermékenyítés már a női ivarrendszerben megtörténik, így a nyereg által képzett váladékgyűrűbe nem az egyes ivarsejtek, hanem már a zigóták vagy embriók kerülnek bele.



5.5.6. ábra. Különböző nyeregképzők (Clitellata).
A: vöröslő giliszta (*Lumbricus rubellus*), egy szárazföldi szaprofág kevéssertéjű (Oligochaeta);
B: lópióca (*Haemopis sanguisuga*), egy félvízi ragadozó pióca (Hirudinea).

5.5.7. ábra. Földigiliszta kokonja.

Egyes kevéssertéjűeknél szűznemzés (parthenogenezis), ill. a test feldarabolódásával (fragmentációjával) történő ivartalan (aszexuális) szaporodás is előfordul. Egyedfejlődésük közvetlen, lárvaalakjuk hiányzik. Egyes piócák ivadékgondozók. Többségük szárazföldi vagy édesvízi, kisebb számban tengeriek. A kevéssertéjűek többségében ásó életmódú, lebontó (szaprofág) szervezetek, bár a vízi fajok között akadnak ragadozók is. Egyeseknek (televényférgek, földigiliszták) fontos szerepe van az avarlebontásban. A kevéssertéjűekkel szemben a piócák ragadozók vagy külső, ritkán belső élősködők (vérszívók). Előbbiek kisebb gerinctelenekkel (csigákkal, más gyűrűsférgekkel, rovarlárvákkal, stb.) táplálkoznak, míg utóbbiak többnyire gerincesek vérét szívják. Mintegy 7.000 fajuk ismert, amelyek több mint 85%-át a kevéssertéjűek teszik ki.

5.6. Zsinórférgek v. Ormányüregesek (Nemertea)

Rövid jellemzés: Kiölthető ormánnyal (proboscis) rendelkező, többségében tengeri ragadozó állatok.

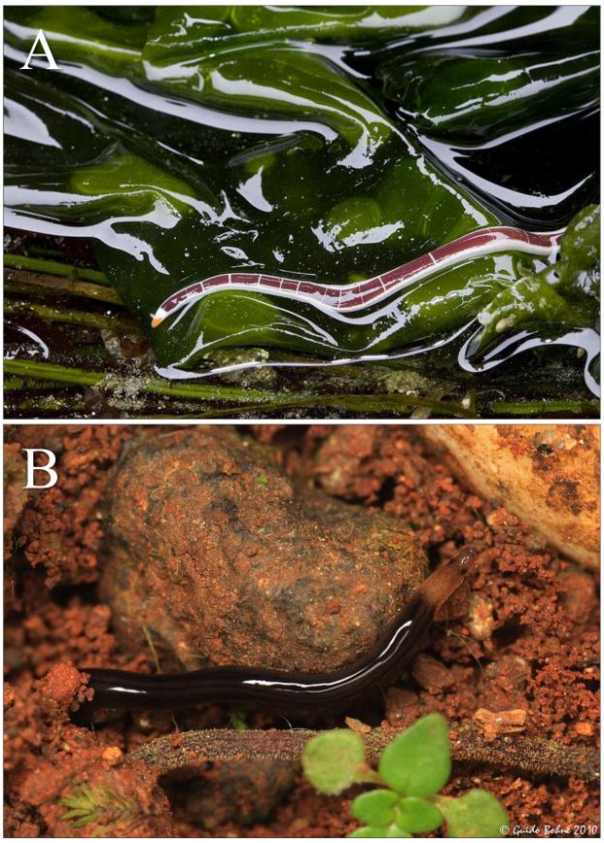
Etimológia: A görög *Nēmertēs* tengeri nimfa (néreisz) nevéből.

Testméret: Méretük a néhány mm-től a több m-ig terjed, bár többségük 20 cm-nél kisebb. Ide tartozik az óriás zsinórféreg (*Lineus longissimus*) is, amely az akár 50 m-t is meghaladó testhosszával a Föld leghosszabb állatai közé tartozik.

5.6.1. ábra. Zavarásra az ormányát (proboscis) kiöltő *Gorgonorhynchus repens* (Anopla).

Morfológia: Testük hosszú, vékony és igen nyúlékony. Színezetük gyakran élénk. Epidermiszük az örvényférgekhez hasonlóan **nyálkapálcák**at (**rhabditok**at) tartalmazhat. Legfőbb jellegzetességük a zsákmányszerzést és védekezést szolgáló izmos, kiölthető,

gyakran a testnél is hosszabb **ormány (proboscis)** (5.6.1. ábra), amely nyugalomban az ormánytasakban, egy háti, mezodermális eredetű hámmal bélelt testüregrészben (**rhynchocöl**) helyezkedik el. Ennek nyílása a szájnyílástól függetlenül vagy azzal közösen nyílik. Az ormányon gyakran méregmirigyhez kapcsolódó **szúróserte (stylet)** található. Középbelükből páros vakbelek indulnak ki. Ivarszerveik a vakbelekkel váltakozva helyezkednek el, és külön-külön nyílnak a szabadba. Keringési rendszerük zárt, két vagy három hosszanti véredény alkotja, szívük azonban nincsen. Kiválasztószerveik elővesécskék (protonefrídiumok), amelyek összeköttetésben állnak a keringési rendszerrel oly módon, hogy a lángzósejtek a véredények falába ágyazottak. Légzőszerveik nincsenek, a gázcsere a testfalon keresztül történik. Fejükön két pár, dorzális és ventrális idegdúc található, amelyet garatideggyűrű kapcsol a két hasi idegtörzshöz, gyakran azonban egy háti idegtörzs is megjelenik. Egyes fajoknál a fejen páros **cerebrális szerv** helyezkedik el, amely idegi-, érző- és szekréciós funkcióval rendelkezik. Érzékszerveik közül az egyszerű, csupán fényérzékelésre alkalmas szemek (általában 2-6, egyeseknél több száz), ill. a kemoreceptorokat tartalmazó oldalszervek a legfontosabbak.



5.6.2. ábra. Egy tengeri és egy szárazföldi zsinórféreg (Nemertea).
A: *Micrura verrilli* (Anopla); *B*: *Antiponemertes* sp. (Enoplea).

Életmód: Többségében váltivarúak, az édesvízi, ill. egyes tengeri fajok hímnősek (hermafroditák). Megtermékenyítésük jellemzően külső. Egyedfejlődésük általában közvetlen vagy **planuliform lárvá**n keresztül történő közvetett fejlődés, de egyes fajoknál

ún. **sisaklárva (pilidium)** is megjelenhet. Többségük tengeri, de vannak édesvízi és szárazföldi képviselőik is (5.6.2. ábra). Ragadozók, ritkábban dögevők. Egyes fajok puhatestűek köpenyüregében élő kommenzalisták vagy élősködők.

Diverzitás: Mintegy 1.400 recens fajuk ismert.

Jelentőségük az ember számára: Egyes ragadozó fajok (pl. *Carcinonemertes errans, Cerebratulus lacteus*) negatív hatással lehetnek a különböző akvakultúrákra.

Rokonsági viszonyok: A legújabb vizsgálatok alapján a laposférgekkel (Platyhelminthes) együtt alkotják a Parenchymia kládot, amely a Lophotrochozoa egyik ágát képezi (3.8. ábra).

Rendszer: A hagyományos rendszerben két osztályukat az árva zsinórférgek (Anopla), és az ebből leszármaztatható szuronyos zsinórférgek (Enopla) képezik.

5.6.1. Árva zsinórférgek osztálya (Anopla)

Ormányukon nincsenek szúróserték. Egyes fajoknál az ormány elágazó (5.6.1. ábra). Szájnyílásuk az ormánytasaktól függetlenül nyílik.

A szuronyos zsinórférgek (Enopla) nélkül nem képez monofiletikus egységet.

5.6.2. Szuronyos zsinórférgek osztálya (Enopla)

Ormányukon elsődlegesen egy vagy több szúróserte (stylet) található. Szájnyílásuk rendszerint az ormánytasakkal közösen nyílik a test csúcsán.

5.7. Laposférgek (Platyhelminthes)

Rövid jellemzés: Viszonylag egyszerű szerveződésű, másodlagosan egynyílású bélcsatornával, ill. ektolecitális petékkel rendelkező, többségében élősködő (parazita) életmódot folytató állatok.

Etimológia: A görög *platys* (lapos) és *helmins* (féreg) szavak összetételéből, erősen lapított testalkatukra utalva, bár ez főleg csak az örvényférgek jellemzője.

Testméret: Méretük rendkívül széles tartományban, a mikroszkopikus mérettől a 30-40 m-t meghaladó testhosszúságig változhat.

Morfológia: Testük változatos alakú, rendszerint hát-hasi irányban lapított. Epidermiszük elsődlegesen csillós, másodlagosan, az élősködő életmódra való áttérés következményeként csillótlan, szinciciális szerkezetű ún. neodermisz. Testüregük másodlagosan hiányzik. Elkülönült légzőszervük nincsen, a gázcsere a testfalon keresztül történik. Keringési rendszerük hiányzik, szerepét a testüregfolyadék, esetleg a bélcsatorna látja el. Kiválasztószerveik ozmoregulációt végző elővesécskék (protonefrídiumok). Bélcsatornájuk másodlagosan vakon végződik, végbélnyílásuk nincsen (5.7.1. ábra). Középbelük elágazhat. A belső élősködőknél a bélcsatorna változó mértékben csökevényes lehet. Ivarszerveik bonyolult felépítésűek, mind a hím, mind a női ivarvezetékhez járulékos részek kapcsolódnak. Hímivarsejtjeik általában két ostorral rendelkeznek. A laposférgek többségénél, szemben a többi állatnál jellemző endolecitális típussal, a petesejt **ektolecitális**, azaz a szikanyag nem magában a petesejtben, hanem a petesejt körül, a szikmirigyek (vitellláriumok) által képzett sziksejtekben (vitellocitákban) helyezkedik el. A szabadon élő fajoknál az érzékszervek fejlettek, szemek, tapintó-helyzetérző, ill. kémiai érzékszervek jelennek meg, míg az élősködő fajok érzékszervei redukáltak.

Életmód: A vérmételyek (*Schistosoma* spp.) (ld. 5.7.3. ábra B) kivételével hímnősek (hermafroditák), a megtermékenyítés többnyire kölcsönös. Egyedfejlődésük egyaránt lehet közvetlen vagy közvetett. A közvetett fejlődés során több lárvaalak is megjelenhet, az élősködő fajoknál pedig gazdacsere is előfordul (5.7.4., 5.7.8. ábrák). Elsődlegesen szabadon élők, másodlagosan (és többségében) külső- (ekto-) vagy belső élősködők (endoparaziták).

Diverzitás: Igen fajgazdag csoport, több mint 20 ezer fajuk ismert.

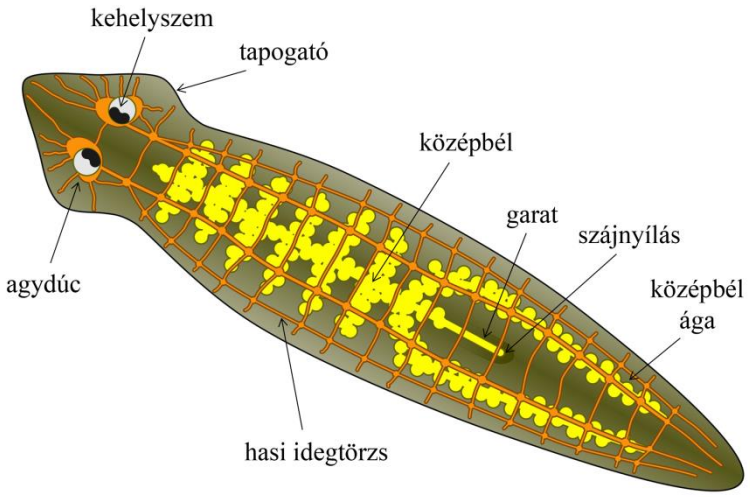
Jelentőségük az ember számára: A közvetett fejlődésű métely ek (Digenea), pl. a májmételyek (*Fasciola* spp.), tüdőmételyek (*Paragonimus* spp.), vérmételyek (*Schistosoma* spp.), ill. a színgalandférgek (Eucestoda), pl. a széles galandféreg (*Diphyllobothrium latum*), simafejű galandféreg (*Taenia saginata*), horgasfejű galandféreg (*T. solium*), háromízű galandféreg (*Echinococcus granulosus*) a különböző haszonállatok, ill. az ember fontos belső élősködői. A trópusi és szubtrópusi területeken a vérmételyek (*Schistosoma* spp.) okozta vérmétely-kór (schistosomiasis, bilharziasis) a malária után a második legelterjedtebb parazita által okozott betegség, amely több mint 200 millió embert fertőz meg világszerte, és a becslések szerint 12 és 200 ezer között van a fertőzés okozta halálesetek száma. A csáklyásférgek (Monogenea) számos faja az akváriumi, ill. a tenyésztett halak külső élősködője. A földi planáriák (Geoplanidae) számos képviselője inváziós faj (pl. *Arthurdendyus triangulatus*, *Bipalium* spp.), míg másokat (pl. *Platydemus manokwari*, *Endeavouria septemlineata*) az olyan inváziós csigafajok elleni biológiai védekezésben használnak fel, mint pl. a közönséges achátcsiga (*Achatina fulica*).

Rokonsági viszonyok: A legújabb vizsgálatok alapján a zsinórférgekkel (Nemertea) együtt alkotják a Parenchymia kládot, amely a Lophotrochozoa egyik ágát képezi (3.8. ábra).

Rendszer: Két fő ágát a szabadon élő, csillós epidermisszel rendelkező örvényférgek (Turbellaria), ill. a belőlük leszármaztatható, élősködő életmódra áttért, csillótlan neodermisszel rendelkező módosult kültakarójú laposférgek (Neodermata) alkotják.

5.7.1. Örvényférgek (Turbellaria)

Méretük változatos (1-600 mm), bár többségük 1 cm-nél kisebb. Testük rendszerint hosszúkás, hát-hasi irányban gyakran erősen lapított, ovális vagy levél alakú. Epidermiszük csillós. Bélcsatornájuk többnyire fejlett. A test középtáján található szájnyílás az életmódtól függően gyengén fejlett vagy izmos, kiölthető garatba vezet, majd onnan a vakon végződő, egy vagy több ágú középbélbe, amely (keringési rendszer hiányában) a tápanyagelosztásban is szerepet játszó **béledényrendszer**ként működik (5.7.1. ábra).



5.7.1. ábra. Egy hármasbelű örvényféreg (Tricladida), a füles planária (*Dugesia gonocephala*) belső testszerveződése.

Egyedfejlődésük többnyire közvetlen, csak a tengeri ágasbelű örvényférgeknél (Polycladida) fordulnak elő lárvaalakok (**Müller-**, ill. **Götte-lárvák**). Egyesek (pl. planáriák) nagyfokú regenerációs képességgel rendelkeznek. Többségében víziek (tengeriek vagy édesvíziek), de kivételesen szárazföldiek is lehetnek (5.7.2. ábra). Általában szabadon élők. Egyesek baktériumokat és szerves törmeléket fogyasztanak, míg mások ragadozók vagy dögevők. Szabadon élő csoportjaiból származtathatók le az élősködő életmódra áttért módosult kültakarójú laposférgek (Neodermata), így az altörzs önmagában nem képez monofiletikus egységet. Mintegy 4.500 fajuk ismert.

5.7.1.1. Lánctelepes férgek (Catenulida)

A laposférgek legősibb képviselői. Epidermiszük sejtjei kis számú csillóval rendelkeznek. Bélcsatornájuk igen egyszerű felépítésű. Mindössze egyetlen elővesécskével (protonefrídium) rendelkeznek. Hímivarnyílásuk a többi laposféregtől eltérően nem a hasi, hanem a háti oldalon nyílik, hímivarsejtjeik pedig ostor nélküliek. Rendszerint rendelkeznek **helyzetérzékelő szerv**vel (**sztatocisztá**val).

Gyakori körükben a harántosztódással történő ivartalan (aszexuális) szaporodás, amelynek során több egyedből álló ún. **zoidláncok**at képeznek, erről kapták nevüket. Kevés, mindössze kb. 100 fajuk ismert.

5.7.2. ábra. A valódi örvényférgek (Rhabditophora) néhány reprezentatív képviselője.
A: *Pseudoceros bifurcus* (Polycladida), egy riasztó színezetű trópusi tengeri örvényféreg;
B: *Prorhynchella minuta* (Rhabdocoela), egy édesvizekben vagy azok környékén élő örvényféreg;
C: *Bipalium* sp. (Tricladida), egy riasztó színezetű szárazföldi örvényféreg;
D: *Dendrocoelum cavaticum* (Tricladida), egy édesvízi örvényféreg.

5.7.1.2. Valódi örvényférgek (Rhabditophora)

Epidermiszük sejtjeik számos csillóval rendelkeznek. Epidermiszükben **nyálkapálcák (rhabditok)** találhatók (*rhabditophora* = „nyálkapálca-hordozók”), amelyek kilövellhető tartalma védekezésre vagy zsákmányszerzésre szolgáló ragacsos, mérgező nyálkaréteget képez a testük felületén. Többnyire összetett garattal és jól fejlett béledényrendszerrel rendelkeznek. Elővesécskéik (protonefrídium) mindig párosak. Helyzetérzékelő szervük (sztatociszta) nincs, két vagy több pigmentált kehelyszemük azonban lehet.

Az örvényférgek döntő többsége (>97%) ide tartozik. Belőlük származtathatók el a módosult kültakarójú laposférgek (Neodermata).

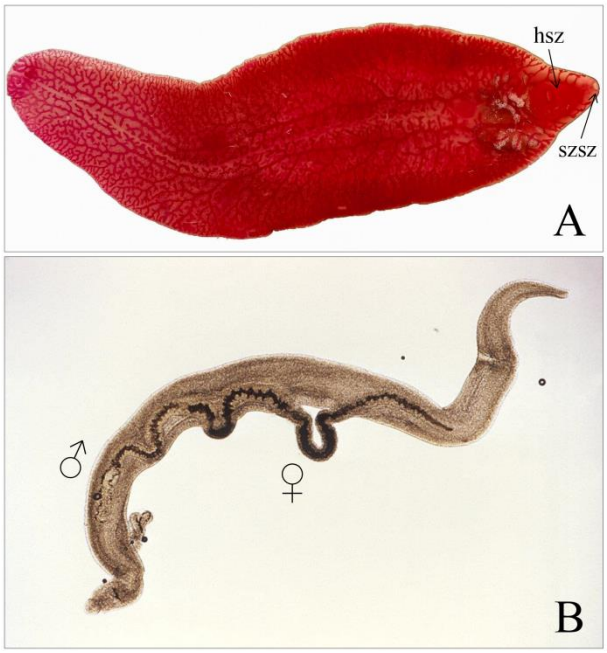
5.7.2. Módosult kültakarójú laposférgek (Neodermata)

Lapított testük ovális, levélszerű vagy megnyúlt szalagszerű. Az örvényférgektől eltérően csillós hámmal legfeljebb csak a lárvaalakok (pl. miracidium, koracidium, stb.) rendelkeznek, a kifejlett egyedeknél ún. **neodermisz** jön létre, amelynél a hámsejtek sejtmagvakat tartalmazó része mélyen az alaphártya (bazális membrán) alatt található, a felszíni részen pedig a sejtek szinciciummá olvadnak össze. Ennek felszíne mikrobolyhokkal borított, rajta megkapaszkodást segítő, tüske- vagy pikkelyszerű képletek lehetnek. Nyálkapálcáik (rhabditok) hiányoznak. Testükön különféle, a gazdán vagy gazdában való rögzülést szolgáló kapaszkodószervek találhatók.

Kivétel nélkül külső- (ekto-) vagy belső élősködők (endoparaziták). Fejlődésmenetük gyakran bonyolult, változatos lárvatípusokkal. Számos fajnál jellemző a gazdaváltással történő indirekt (közvetlen) fejlődés. Köztigazdának azt a gazdaszervezetet nevezzük, amelyben a féreg lárvaformái fordulnak elő, és legfeljebb ivartalan (aszexuális) szaporodás történhet, míg végleges gazdának hívjuk azt, amelyben az ivarérett, ivarosan szaporodó féreg él. A köztigazdát általában elfogyasztja a végleges gazda, így kerül a parazita egyik gazdából a másikba. Igen fajgazdag csoport, mintegy 16 ezer leírt fajjal, azaz a laposférgek csaknem 80%-a ide tartozik. Két fő ágát a közvetlen (Aspidogastrea) és közvetett fejlődésű mételyeket (Digenea) magába foglaló mételyek (Trematoda), ill. a csáklyásférgeket (Monogenea) és galandférgeket (Cestoda) tartalmazó horgasférgek (Cercomeromorpha) képezik.

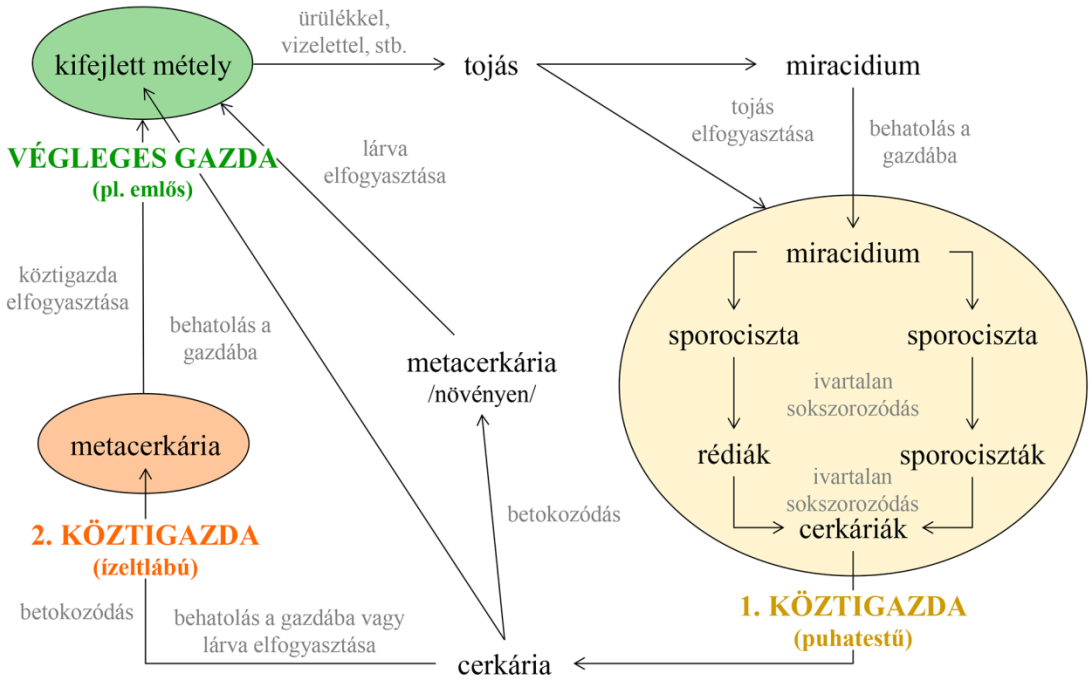
5.7.2.1. Mételyek (Trematoda)

Testméretük a néhány tized mm-től a több cm-ig terjed. A közvetlen fejlődésű mételyek (Aspidogastrea) rögzítőszerve a hasi oldalon található nagyméretű **tapadótárcsa**, amely sorokba rendeződött nagyszámú szívókaszerű mélyedésből (loculus) áll. A közvetett fejlődésű mételyeknél (Digenea) a gazdában való megtapadást két erős szívókorong teheti lehetővé, az egyik a **szájszívó**, a test elülső részén, a másik a **hasi szívó (acetabulum)**, amely a test elülső harmadában található (5.7.3. ábra). Ezek közül néha egyik, ritkán mindkét szívókorong hiányozhat. Bélcsatornájuk egyszerű, a szájnyílást rövid garat, nyelőcső, majd általában kétfelé elágazó középbél követi.

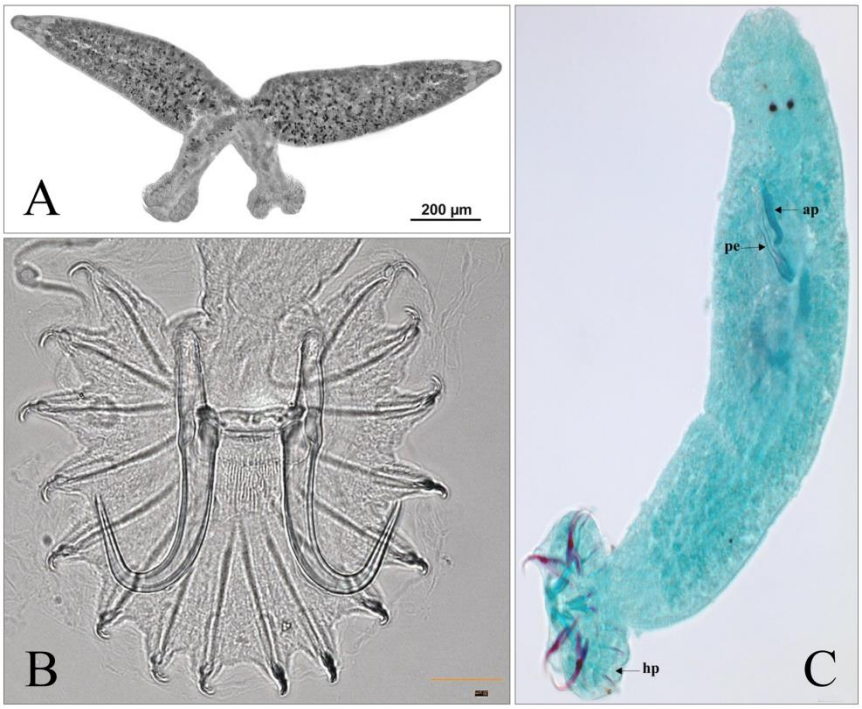


5.7.3. ábra. Különböző, emberekben is élősködő közvetett fejlődésű mételyek (Digenea). *A*: májmétely (*Fasciola hepatica*) (Plagiorchiida); *B*: vérmétely (*Schistosoma mansoni*) (Diplostomida). *hsz.* hasi szívó (acetabulum); *szsz.* szájszívó.

Kizárólag belső élősködők (endoparaziták), elsődleges gazdáik különböző puhatestűek (csigák, kagylók). A közvetlen fejlődésű mételyek fejlődése – nevüknek megfelelően – direkt (közvetlen) módon, köztigazda nélkül történik, bár életciklusuk során fakultatív gazdaváltás lehetséges. Lárvájuk csillótlan **kotilocidium lárva**. Fejlődésmenetükben a Digenea tagjaitól eltérően nem jellemző ivartalan sokszorozódás. Gazdáik rendszerint puhatestűek (csigák, kagylók), de gerincesekben (halakban, teknősökben) is megtelepedhetnek, ha azok még nem kifejlett mételyekkel fertőzött puhatestűeket fogyasztanak. Egyes fajaik rövid ideig (néhány hétig) gazda nélkül is képes életben maradni. A közvetett fejlődésű mételyek kifejlett korukban gerincesek, főleg emlősök belső élősködői, fejlődésükhöz legalább egy köztigazda szükséges (5.7.4. ábra). Első vagy egyetlen köztigazdájuk mindig valamilyen puhatestű, amelybe a tojásból kikelő, szabadon úszó **csillós lárvák (miracidiumok)** jutnak. Ezekből fejlődik ki az ivartalanul sokszorozódó **csíratömlő (sporociszta)** és **dajka (rédia)** generáció, majd kialakulnak a puhatestű köztigazdát elhagyó, és a második köztigazdát (rendszerint valamilyen ízeltlábút) vagy a végleges gazdát fertőző **farkos lárvák (cerkáriák).** A kifejlett, ivarérett mételyek a végleges gazda vérében, emésztőrendszerében vagy más belső szerveiben élnek. Ezek a gazdaszervezetet súlyosan károsíthatják, sőt, erős fertőzöttség esetén akár annak halálát is okozhatják. A Neodermata legfajgazdagabb csoportja, mintegy 11 ezer fajuk ismert, amelyek döntő többségét (>99%) a közvetett fejlődésű mételyek teszik ki.



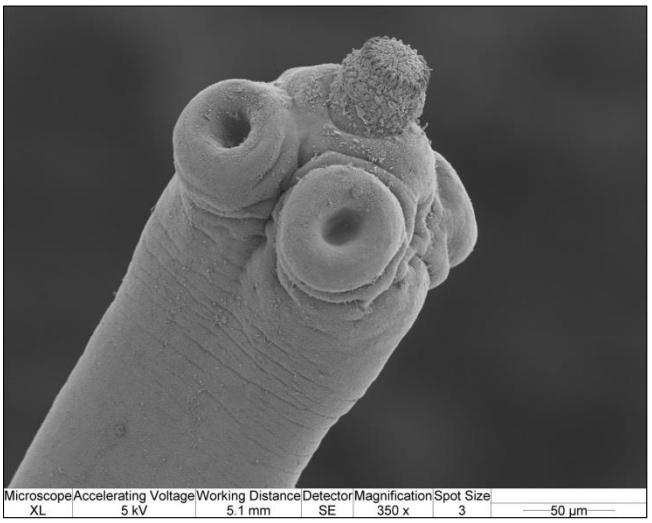
5.7.4. ábra. A közvetett fejlődésű mételyek (Digenea) általános életciklusa.



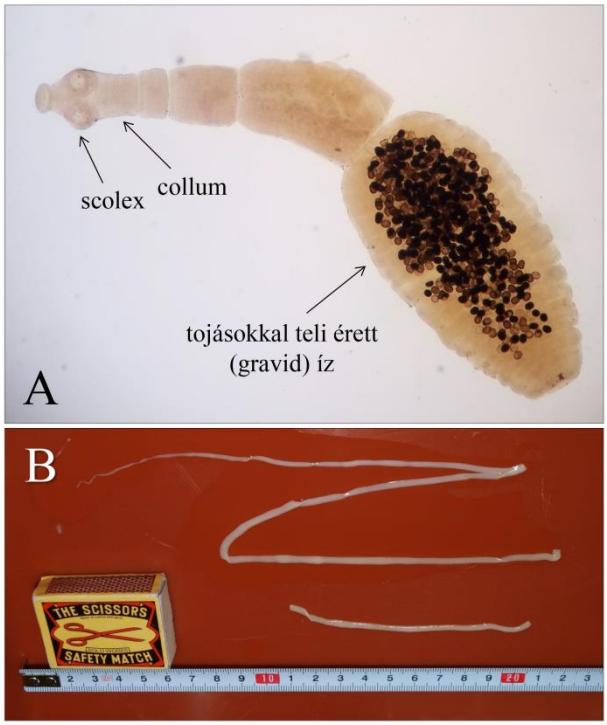
5.7.5. ábra. Különböző csáklyásférgek (Monogenea).
A: *Paradiplozoon hemiculteri* (Mazocraeidea) két, egymással összenőtt egyede;
B: *Gyrodactylus alexanderi* (Monopisthocotylea) horgokkal ellátott opisthaptora;
C: *Cichlidogyrus philander* (Monopisthocotylea).

5.7.2.2. Horgasférgek (Cercomeromorpha)

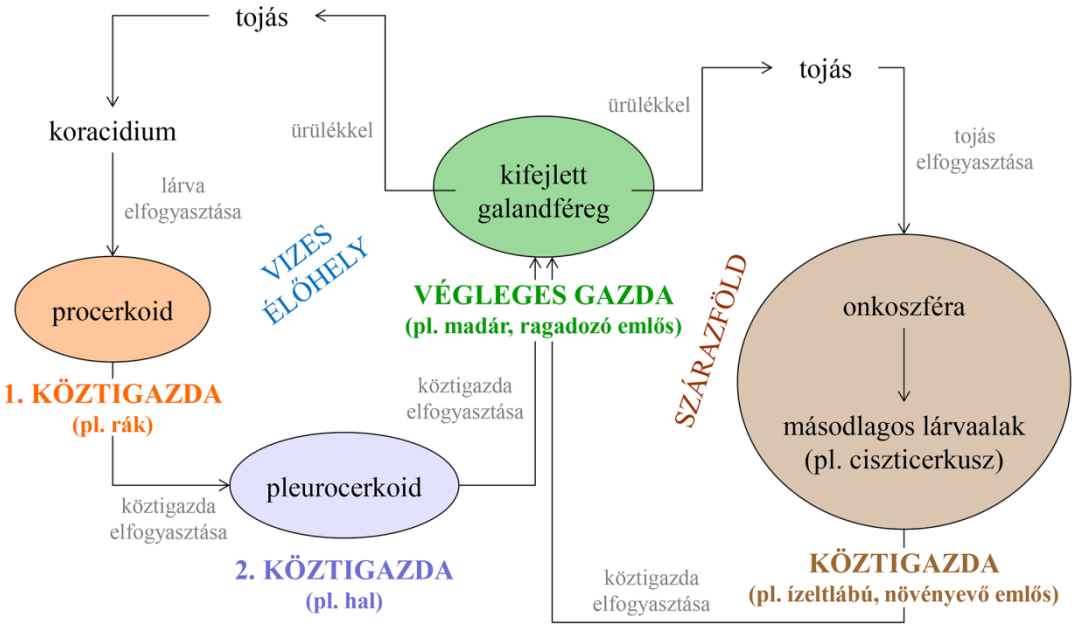
Testméretük a néhány tized mm-től a több m-ig terjed. A csáklyásférgek (Monogenea) testének elején 1-2 **szívóka (prohaptor)**, a test végén pedig jól fejlett, különféle rögzítőképleteket (kapaszkodóhorgokat, tapadókorongokat, stb.) hordozó **tapadókészülék (opisthaptor)** található (5.7.5. ábra). Középbelük egyszerű, általában kétágú és vakbélszerű elágazásokkal rendelkezik. Egyeseknek 1 vagy 2 pár pigmentált szemfoltjai lehetnek. A galandférgek (Cestoda) teste ősileg tagolatlan (Cestodaria), a levezetett csoportok tagjainál (Eucestoda) azonban másodlagosan tagolt. Utóbbiak teste kapaszkodásra szolgáló, különböző rögzítőszerveket (szívókákat, kapaszkodó horgokat, stb.) hordozó elülső részből, ún. **dajká**ból (**scolex**) és az utána következő, változó számú **íz**ből (**proglottis**ból) felépülő **féreglánc**ból (**strobila**) áll (5.7.6., 5.7.7. ábrák). Az ízek száma fajtól függően a 2-3-tól a több ezerig változhat. A scolexet a féreglánctól egy **nyaki rész (collum)** választja el, amely gyarapodási (germinatív) zónaként ivartalan sarjadzással (harántosztódással) hozza létre a kifejlett állat testét alkotó ízeket. Ennek megfelelően a legfiatalabb ízek mindig közvetlenül a nyaki rész után következnek, míg a legidősebb (ún. érett) ízek a féreglánc végén találhatók. Az egyes ízek felépítése és működése nagymértékben önálló, ugyanis az egyes szervrendszerek megismétlődnek bennük, egységesen csak a kültakaró, az idegrendszer és a kiválasztórendszer működik. Légzésük nagyrészt anaerob módon történik. Bélcsatornájuk a csáklyásférgekkel ellentétben teljesen redukálódott, így a táplálékot neodermiszük mikrobolyhainak segítségével a testfalon át (abszorpcióval) veszik fel. Specializált érzékszerveik általában nincsenek. Az osztály tagjainak közös jellemzője, hogy lárváik testvégén egy differenciált rögzítőhorgas testszakasz, ún. **cercomer** található, csoportonként különböző számú (Monogenea 16, Cestodaria 10, Eucestoda 6) horoggal, erről kapták nevüket.



5.7.6. ábra. Egy színgalandféreg (Eucestoda), a *Hymenolepis microstoma* (Cyclophyllidea) négy szívókával és horogkoszorús ormánnyal (rostellum) ellátott dajkája (scolex).



5.7.7. ábra. Különböző, emberekben is élősködő színgalandférgek (Eucestoda).
A: háromízű galandféreg (*Echinococcus granulosus*) (Cyclophyllidea);
B: *Hymenolepis diminuta* (Cyclophyllidea).



5.7.8. ábra. Színgalandférgek (Eucestoda) általános életciklusa.

A csáklyásférgek fejlődése direkt (közvetlen), köztigazdájuk nincsen. A tojásból kikelő **tizenhathorgas csillós lárvák (onkomiracidiumok)** hasonlítanak a kifejlett egyedekre. A lárvák a gazda testfelületén megtapadva elveszítik csillóikat, araszoló mozgással a megtelepedésük helyére vándorolnak, majd rendkívül gyors fejlődésnek

indulnak. Többnyire tengeri és édesvízi halak külső élősködői (ektoparazitái), de kétéltűek, hüllők bőrén, nyelőcsövében, húgyhólyagjában, ill. emésztő- és véredényrendszerében is megtelepedhetnek. Kifejezetten gazdaspecifikusak, többségük csak egyetlen gazdafajt vagy annak közelrokon fajait képes megfertőzni. Természetes körülmények között komolyabb bántalmakat általában nem okoznak a gazdának. A galandférgek kifejlett korukban rendszerint gerincesek emésztőrendszerében telepszenek meg. Fejlődésük a csáklyásférgekkel ellentétben indirekt (közvetett) módon, gazdaváltással történik (5.7.8. ábra). A végleges gazda az ízeltlábú vagy gerinces köztigazda elfogyasztása révén fertőződik. Lárváik a köztigazda testüregében, izomzatában vagy központi idegrendszerében fejlődnek. Az elsődleges lárvaalakok között található a **tízhorgas (likofóra) lárva** (Cestodaria) és a **hathorgas lárva (onkoszféra)** (Eucestoda). Utóbbi sajátos típusa a **csillós hathorgas lárva (koracidium)**, amely csillókkal rendelkezve a külvilágban kezdi el fejlődését. Az első vagy második köztigazdában kialakuló másodlagos, fertőzőképes lárvaalakok (pl. pleurocerkoid, ciszticerkusz, stb.) alkalmasak arra, hogy a végleges gazdába jutva belőlük az ivarérett féreg kifejlődjön. A közvetett fejlődésű mételyekhez hasonlóan a galandférgek mind lárva, mind kifejlett korban súlyosan károsíthatják a gazdaszervezetet, esetenként annak halálát is okozhatják. Mintegy 4.500 fajuk ismert, amelyek kb. 75%-át a galandférgek teszik ki.

Ellenőrző kérdések

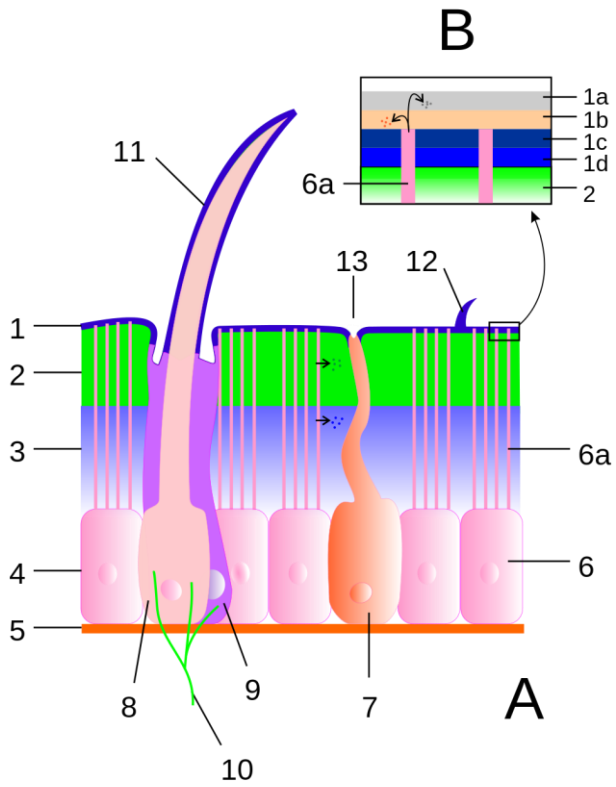
1. Miről kapták nevüket a spirális barázdálódású állatok (Spiralia)?
2. Mi a spirális barázdálódású állatok két fő ága, és melyek az ezekbe tartozó főbb törzsek?
3. Mik a kerekesférgek (Rotifera) legfontosabb közös jellemzői?
4. Mi a kerekesférgek három osztálya, és ezek között milyen különbségek vannak a szaporodás tekintetében?
5. Milyen filogenetikai kapcsolatban állnak egymással a kerekesférgek és a buzogányfejű férgek (Acanthocephala)?
6. Mik a buzogányfejű férgek legfontosabb közös jellemzői, milyen következményekkel járt náluk a parazita életmódra való áttérés?
7. Mik a puhatestűek (Mollusca) legfontosabb közös jellemzői?
8. Mik a puhatestűek főbb osztályai?
9. Mi jellemzi a kagylók (Bivalvia) és a csigák (Gastropoda) héját?
10. Hogyan változtak meg a szimmetriaviszonyok a csigák evolúciója során?
11. Mikben különböznek a lábasfejűek (Cephalopoda) a többi puhatestűtől?
12. Mik a mohaállatok (Bryozoa) legfontosabb közös jellemzői?
13. Mik a különbségek a mohaállatok homomorf és heteromor telepei között?
14. Mi a mohaállatok három osztálya, és mik közöttük a főbb különbségek?
15. Mi a különbség a homonóm és heteronóm szelvényezettség között?
16. Mik a gyűrűsférgek (Annelida) legfontosabb közös jellemzői?

17. Milyen filogenetikai kapcsolatban állnak egymással a soksertéjű gyűrűsférgek (Polychaeta) és a nyeregképző gyűrűsférgek (Clitellata), és mik a főbb különbségek közöttük?
18. Mik a zsinórférgek (Nemertea) legfontosabb közös jellemzői?
19. Mik a laposférgek (Platyhelminthes) legfontosabb közös jellemzői?
20. Mi a laposférgek két fő ága, és ezek milyen rokonsági viszonyban állnak egymással?
21. Milyen következményekkel járt a parazita életmódra való áttérés a módosult kültakarójú laposférgeknél (Neodermata)?
22. Milyen rögzítőszervek jellemzik a mételyeket (Trematoda), és hogyan alakul az életciklusuk?
23. Milyen rögzítőszervek jellemzik a horgasférgeket (Cercomeromorpha), és hogyan alakul az életciklusuk?

6. Vedlőállatok (Ecdysozoa) jellemzői és főbb csoportjai

Testüket az epidermisz által termelt **háromrétegű kutikula** (**epi-, exo- és endokutikula**) borítja, amelynek legbelső rétege (endokutikula) α-kitint tartalmaz (6.1. ábra). Minthogy a kutikula nem nő együtt az állattal, ezért azt időről időre hormonálisan szabályozott módon levedlik (**ecdysis**). További közös tulajdonságuk, hogy a hímjeik spermiumai elsődlegesen amöboid jellegűek. Petebarázdálódásuk nem spirális típusú. Szájnyílásuk az egyedfejlődés során a többi ősszájúhoz (Protostomia) hasonlóan a tápcsatorna ősszájnyílás (blasztopórus) felöli oldalán alakul ki, idegrendszerük pedig tipikusan agydúcból, garatkörüli ideggyűrűből és a test hosszában futó hasi (ventrális) idegtörzsekből áll.

Három fő ágát a Scalidophora, ill. az egymás testvércsoportját alkotó Nematoida és Panarthropoda képezi (3.11. ábra). Az alábbiakban csak a főbb törzseik jellemzésére térünk ki.



6.1. ábra. Rovar kültakaró felépítése. *A*: kutikula és a felhám (epidermisz); *B*: epikutikula. *1*. epikutikula; *1a*. cementréteg; *1b*. viaszréteg; *1c*. külső epikutikula; *1d*. belső epikutikula; *2+3*. prokutikula; *2*. exokutikula; *3*. endokutikula; *4*. felhám (epidermisz); *5*. alaphártya (bazális membrán); *6*. epidermisz sejt; *6a*. póruscsatorna; *7*. mirigysejt; *8*. szőrképző (trichogén) sejt; *9*. szőrt körülölelő üreg falát létrehozó (tormogén) sejt; *10*. idegvégződés; *11*. érzékszőr (sensillum); *12*. serte (seta); *13*. mirigy kivezető pórusa.

6.1. Húrférgek (Nematomorpha)

Rövid jellemzés: Lárvakorban különböző ízeltlábúakban élősködő, míg kifejlett korban szabadon élő, másodlagosan erősen leegyszerűsödött, többségében édesvizekben élő állatok.

Etimológia: A görög *nēma* (fonál) és *morphē* (alak, forma) szavak összetételéből („fonálalakúak"), megnyúlt testükre utalva.

Testméret: Viszonylag nagytermetűek, többségük 5-10 cm-es, de a legnagyobbak akár a 2 m-es testhosszúságot is elérhetik.

Morfológia: Testük nevüknek megfelelően megnyúlt, vékony, húrszerű (6.1.1. ábra). Kutikulájukból az α-kitin másodlagosan hiányzik. Testfalukban csak hosszanti (longitudinális) izomelemek találhatók, a körkörös (cirkuláris) izmok hiányoznak. Testüregük elsődleges testüreg (blasztocölóma). Bélcsatornájuk változó mértékben redukált. Elkülönült kiválasztó-, légző- és keringési rendszerük nincs. Idegrendszerük központja egy garat körül futó ideggyűrűből áll. Hosszanti idegtörzseik az epidermisz lécszerű megvastagodásaiban (bordák) futnak.

Életmód: Megtermékenyítésük belső. Lárvakorban belső élősködők, kifejletten szabadon élők. A kifejlett állapot elérése előtt egyszer vedlenek, közvetlenül a gazdából való kikelésük előtt. Gazdáik különböző ízeltlábúak (pl. rovarok, rákok, stb.). Számos faj fejlődése során gazdaváltás is történik. Minthogy a gazdájukat többnyire elpusztítják, így gyakorlatilag parazitoidoknak tekinthetők (6.1.1. ábra A). Döntő többségük kifejlett korban édesvizekben él, esetleg félszárazföldi, mindössze néhány fajuk tengeri.

Diverzitás: Mindössze kb. 340 recens és 15 fosszilis fajuk ismert.

Jelentőségük az ember számára: Felhasználhatók egyes rovarkártevők elleni biológiai védekezésben, bár szerepük e tekintetben nem túl jelentős.

Rokonsági viszonyok: A fonálférgek (Nematoda) testvércsoportját alkotja a Nematoida kládon belül (3.11. ábra).

Rendszer: A törzsön belül két osztályt különítenek el, ezek a mindössze néhány tengeri fajt (*Nectonema*) magába foglaló Nectonematida, ill. az összes többi, édesvízi vagy félszárazföldi életmódú húrférget tartalmazó Gordioida. Az osztályok részletesebb jellemzésére itt nem térünk ki.

6.1.1. ábra. Húrférgek (Nematomorpha). *A*: rovargazdából frissen kikelt húrféreg; *B*: szabadon úszó kifejlett húrféreg.

6.2. Fonálférgek (Nematoda)

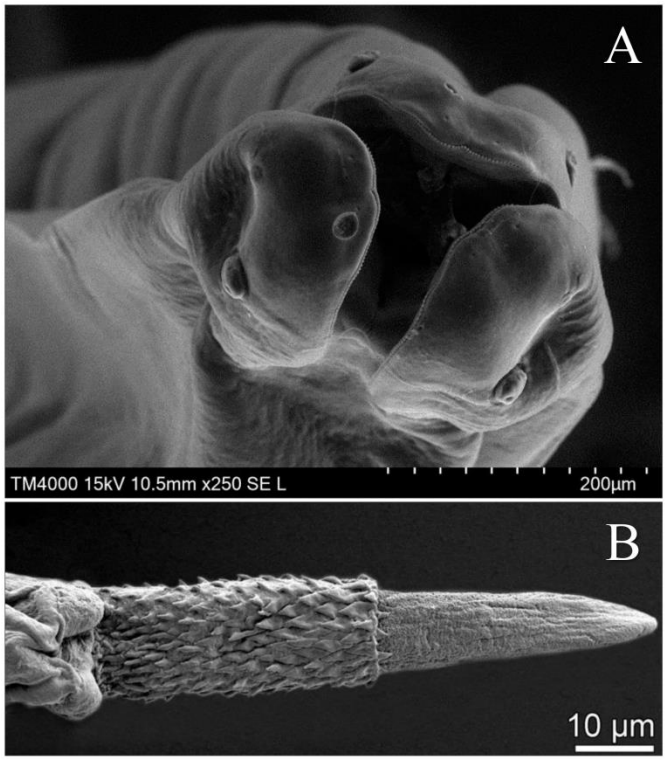
Rövid jellemzés: Viszonylag egyszerű szerveződésű, sajátos kiválasztószervvel és kémiai érzékszervekkel rendelkező, rendkívül változatos életmódú, gyakran élősködő (parazita) állatok.

Etimológia: A görög *nēma* (fonál) és a latin *-odes* (-szerű) szavak összetételéből („fonálszerűek”), megnyúlt testükre utalva.

Testméret: Méretük igen változatos, a néhány tized mm-től a 9 m-ig terjed.

Morfológia: Testük nevüknek megfelelően erőteljesen megnyúlt, fonálszerű. A nemek között ivari dimorfizmus jellemző, a hímek kisebbek és farokvégük erősebben bekunkorodik. Kutikulájuk felülete lehet sima, haránt irányban gyűrűzött vagy hosszanti bordákkal mintázott. Kutikulájukból az α-kitin másodlagosan hiányzik. Az epidermisz a szabadon élőknél sejtes szerkezetű, míg az élősködőknél sejthatárok nélküli szincícium. Az epidermisz a testüreg felé a középsíkban egy háti és egy hasi, a horizontális síkban pedig két oldalsó bordát képez. Az előbbiekben a hosszanti idegtörzsek, az utóbbiakban pedig a kiválasztószerv gyűjtőcsövei futnak. Testüregük elsődleges testüreg (blasztocölóma), amelynek kiterjedése

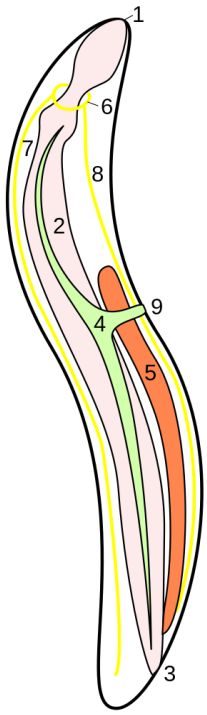
nem túl nagy, döntő részét a belső szervek töltik ki. Testfalukban a húrférgekhez hasonlóan csak hosszanti (longitudinális) izomelemek találhatók, a körkörös (cirkuláris) izmok hiányoznak. A testfalizomzat minden izomrostja egyetlen óriási sejtből áll, amely egy fibrillumokat tartalmazó, összehúzódni képes talprészre és az idegrostokhoz kapcsolódó, szarkoplazmás és sejtmagot tartalmazó, összehúzódásra nem képes része tagolódik. A fejgerinchúrosokhoz (Cephalochordata) hasonlóan, ám minden más állattól eltérően a fonálférgeknél az idegimpulzusokat az izomsejtek veszik át az idegrostoktól. Szájnyílásukat **ajkak (labia)** veszik körül, rajtuk két körben elhelyezkedő tapintószemölcsökkel (papillákkal) (6.2.1. ábra A). A fajok egy részénél a szájüreg egyszerű, fegyvertelen, másoknál az életmódtól függően a szájüregben szájszurony (stylus), fogak vagy tüskeszerű képződmények lehetnek.



6.2.1. ábra. *A*: egy kutyákban élősködő fonálféreg, a *Toxocara canis* (Chromadorea) feji vége a szájnyílást körülvevő ajkakkal (labia), ill. az ajkakon a tapintószemölcsökkel (papillae); *B*: egy halélősködő fonálféreg, a *Capillaria plectropomi* (Enoplea) hímjének kitolt párzótüskéje (spicula).

Nyelőcsövük felépítése igen változatos. Elkülönült légző- és keringési szerveik nincsenek. Kiválasztószervük az állatvilágban egyedülálló. A kiválasztást a legegyszerűbb esetben a hasi oldalon elhelyezkedő és nyíló 1 vagy 2 mirigysejt, az ún. **renett-sejt** végzi, ebből vezethető le az általában H-alakú **csöves kiválasztószerv**, amelynek gyűjtőcsövei (a H betű függőleges szárainak megfelelő részek) a test két oldalán az epidermisz bordáiban futnak, majd a H-alak vízszintes, összekötő vonalában egyesülve a hasi oldalon nyílnak (6.2.2. ábra). Idegrendszerük központja egy garat körül futó ideggyűrűből áll (6.2.2. ábra). Sajátos páros

kémiai érzékszerveik a feji végen található **amphidiumok**, ill. egyes csoportoknál a farki végen található **phasmidiumok**. A nőstények ivarnyílása mindig a hasoldalon, a végbélnyílástól függetlenül nyílik, míg a hímeknél kloáka alakul ki. A hímek párzótüskékkel (spicula) segíti a sperma bejuttatását a nőstény ivarnyílásába (6.2.1. ábra B).



6.2.2. ábra. Hím fonálféreg (Nematoda) általános belső testszerveződése.
1. szájnyílás; *2*. bélcsatorna; *3*. kloákanyílás; *4*. kiválasztószerv;
5. here (testis); *6*. garatideggyűrű; *7*. háti (dorzális) idegtörzs;
8. hasi (ventrális) idegtörzs; *9*. kiválasztó pórus.

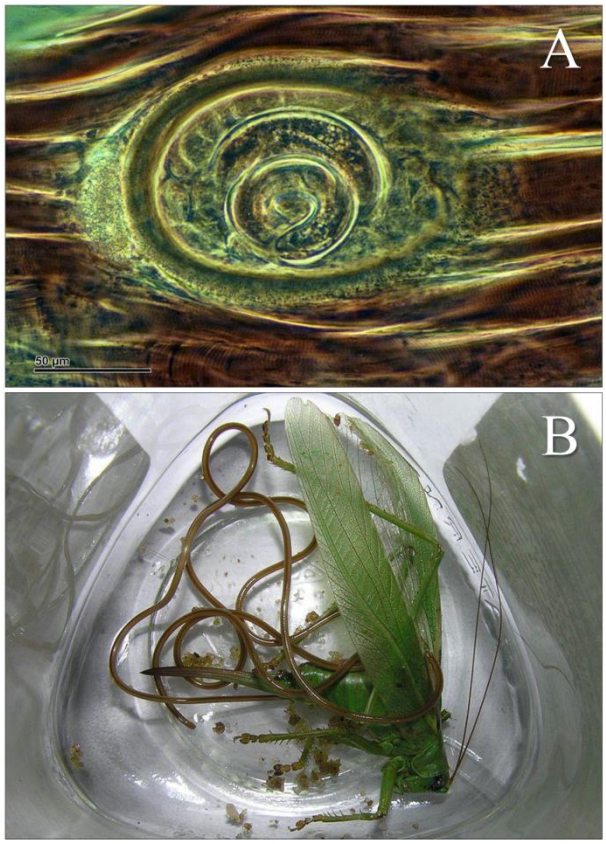
Életmód: Megtermékenyítésük belső. A nőstények tojásrakók (ovipárok), ál-elevenszülők (ovovivipárok) vagy elevenszülők (vivipárok) egyaránt lehetnek. Egyedfejlődésük közvetett, a kifejlett állapot elérése előtt négyszer vedlenek. Elsődlegesen szabadon élők, másodlagosan állati vagy növényi élősködők. Az élősködő életmód egymástól függetlenül több alkalommal is kialakult a körükben. A szabadon élő fajok táplálkozásmódja igen változatos, fogyaszthatnak szerves törmeléket, algákat, gombafonalakat, növényi nedveket, baktériumokat vagy más állatokat. A Földön szinte mindenütt megtalálhatók, gyakran minden más állatcsoportot messze felülmúló egyedszámban és sűrűségben, így a bioszféra egyik legtömegesebb élőlénycsoportját képviselik.

Diverzitás: Több mint 25 ezer recens, ill. 10 fosszilis fajuk ismert, bár a tényleges fajszámukat kb. egymillióra becsülik, így az ízeltlábúak (Arthropoda) után valószínűleg a második legfajgazdagabb állattörzset képviselik.

Jelentőségük az ember számára: Számos fajuk a különböző haszonállatok, ill. az ember fontos belső élősködője. A legelterjedtebb humánparazita fajok az orsóféreg (*Ascaris lumbricoides*) (≈1000 millió fertőzött), a kampósférgek (*Ancylostoma duodenale*, *Necator americanus*) (≈900 millió fertőzött), az ostorgiliszta (*Trichuris trichiura*) (≈500 millió fertőzött), a hegyesfarkú bélgiliszta (*Enterobius vermicularis*) (≈200 millió fertőzött), ill. a törpe fonálféreg (*Strongyloides stercoralis*) (≈50-100 millió fertőzött). A növényélősködő fonálférgek számos faja (pl. *Heterodera* spp., *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp.) fontos mezőgazdasági kártevő. Közülük többen növényi vírusok vektorai. A rovarokban élősködő, és a gazdaszervezetet elpusztító (entomopatogén) *Sterinernema* és *Heterorhabditis* fajokat a rovarkártevők elleni biológiai védekezésben alkalmazzák. A *Caenorhabditis elegans* a genetika és a fejlődésbiológia első és egyik legfontosabb modellszervezete.

Rokonsági viszonyok: A húrférgek (Nematomorpha) testvércsoportját alkotja a Nematoida kládon belül (3.11. ábra).

Rendszer: Két osztályát különítik el, ezek az Enoplea és a Chromadorea.



6.2.3. ábra. Az Enoplea néhány reprezentatív parazita képviselője.
A: izomféreg (*Trichinella spiralis*) betokozódott lárvája az emlős gazda vázizmában;
B: szöcskegazdából frissen kikelt *Mermis nigrescens*.

6.2.1. Enoplea

Kutikulájuk sima felszínű vagy gyengén barázdált. Szájüregükben gyakran szájszurony vagy fogak találhatók (*enoplea* = „felfegyverzettek"). Nyelőcsövük henger- vagy palackalakú. Kiválasztószervük mirigyes típusú, és általában egy renett-sejtből áll. Amphidiumaik zsebszerűek. Egyeseknél phasmidiumok is előfordulnak. A hímek rendszerint páros herével, a nőstények pedig páros petefészekkel rendelkeznek.

A tengeri fajok többsége ide tartozik. Többségük szabadon élő, de élősködők (paraziták) is lehetnek (6.2.3. ábra).

6.2.2. Chromadorea

Kutikulájuk rendszerint gyűrűzött, rajta különböző képletek (pl. érzőserték, szemölcsszerű kiemelkedések) lehetnek. Nyelőcsövük általában 1 vagy 2 hagyma alakú duzzanatot (bulbus) képez. Kiválasztószervük mirigyes vagy csöves típusú egyaránt lehet. Amphidiumaik változatos alakúak. Többnyire rendelkeznek phasmidiumokkal. A hímek rendszerint páratlan herével, a nőstények pedig páros vagy páratlan petefészekkel rendelkeznek.

Többségében szárazföldiek. Számos fajuk élősködő (parazita) életmódot folytat (6.2.4. ábra).

6.2.4. ábra. A Chromadorea néhány reprezentatív parazita képviselője.
A: nyirokféreg (*Wuchereria bancrofti*) lárvája (mikrofilária) ember vérében;
B: kampósférgek (*Ancylostoma caninum*) kutya vékonybelének nyálkahártyájában;
C: paradicsom gyökerébe behatoló gyökérgubacs-fonálféreg (*Meloidogyne incognita*).

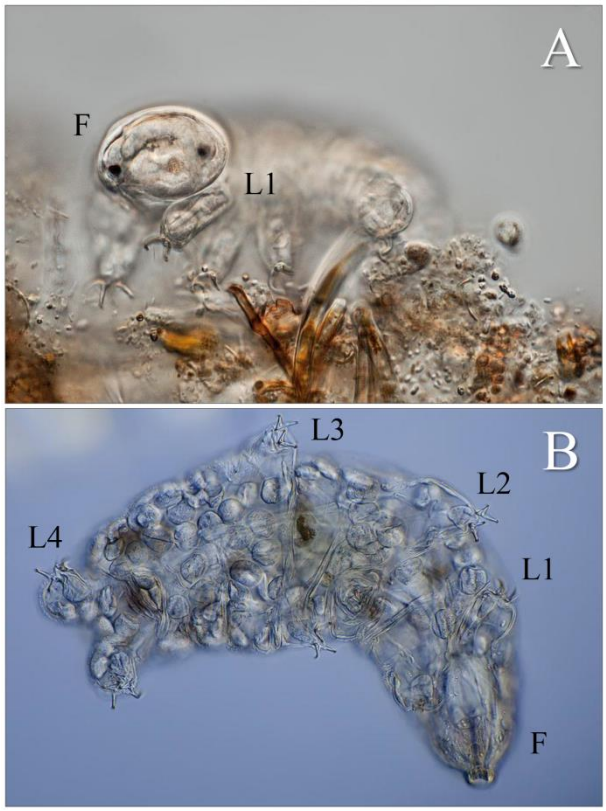
6.3. Medveállatkák (Tardigrada)

Rövid jellemzés: Mikroszkopikus méretű, szelvényezett, 4 pár csonklábbal és szájszuronnyal rendelkező, kriptobiózisra, ill. betokozódni képes, és ilyen állapotban rendkívül ellenálló állatok.

Etimológia: A latin *tardigradus* (lassan járó) szóból, a jellemzően lomha, nehézkes mozgásukra utalva.

Testméret: Igen apró, mikroszkopikus méretű (0,1-1,7 mm) állatok.

Morfológia: Zömök, henger alakú testüket 1 feji- és 4 törzsszelvény alkotja. Egyesek kutikulája lemezekre tagolt. A törzsszelvényeken 1-1 pár **csonkláb (lobopodium)** található, amelyek 4-8 karomban végződnek (6.3.1. ábra). Szájukban egy pár **szájszurony (stylet)** található, amelyek az eredeti 1. törzsszelvény végtagpárjának karmaiból alakultak, amikor a szelvény összeolvadt a fejjel. Izomkötegeik kiegyénültek. Keringési- és légzőszerveik nincsenek. Kiválasztószerveik (ha vannak) Malpighi-edények.



6.3.1. ábra. Medveállatkák (Tardigrada). *A*: medveállatka szemből; *B*: medveállatka alulnézetből. *F*: fejszelvény; *L1-4*: 1-4. pár csonklábak (lobopodia).

Életmód: Váltivarúak, megtermékenyítésük belső. Gyakran fordul elő a körükben szűznemzés (parthenogenezis). Egyedfejlődésük közvetlen. Többségük növényevő, ezek szájszuronyaik

segítségével sértik fel a növényi sejteket, majd a sejtnedvet kiszívogatják. Kedvezőtlen körülmények (pl. szárazság, hideg) között képesek életműködésüket felfüggesztve ún. **kriptobiotikus állapot**ba kerülni, ill. betokozódni. Ilyen állapotban rendkívül ellenállóak, és alkalmasak az általában szél útján történő terjedésre. Tengerekben, édesvizekben vagy nedves, szárazföldi környezetben (pl. mohapárnában) élnek.

Diverzitás: Mintegy 1.200 recens és 170 fosszilis fajuk ismert.

Jelentőségük az ember számára: Nincs vagy nem ismert.

Rokonsági viszonyok: A Panarthropoda elsőként divergálódó ágát alkotják a karmos féreglábúak (Onychophora) és ízeltlábúak (Arthropoda) testvércsoportjaként (3.11. ábra).

Rendszer: Három osztályát különítik el, ezek a fajok többségét tartalmazó Eutardigrada, a Heterotardigrada, ill. a mindössze egyetlen fajt (*Thermozodium esakii*) tartalmazó Mesotardigrada. Ezek részletes jellemzésére itt nem térünk ki.

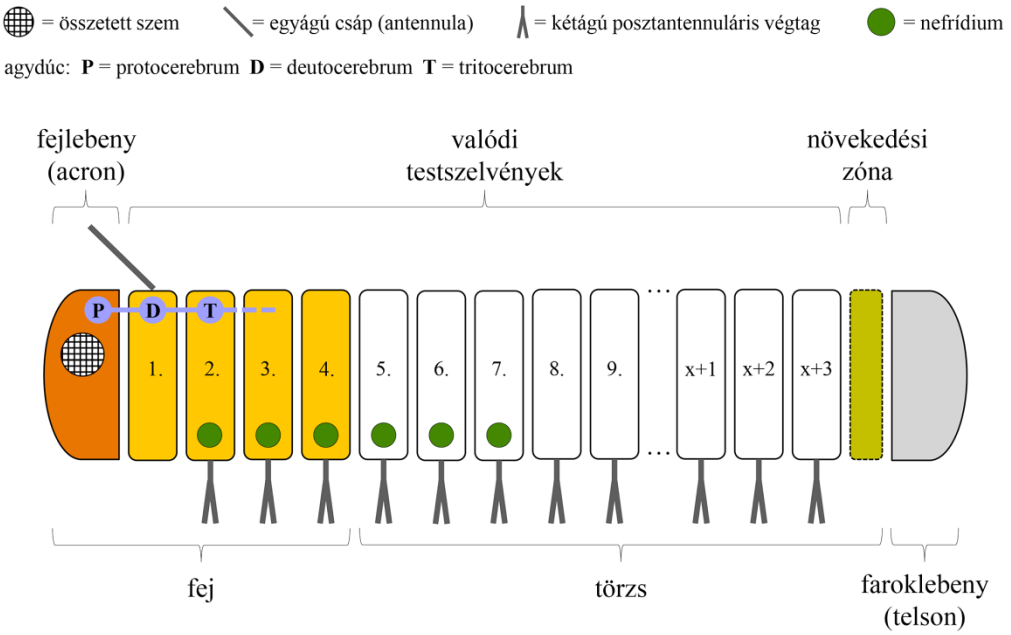
6.4. Ízeltlábúak (Arthropoda)

Rövid jellemzés: Különnemű (heteronóm) szelvényezettséget mutató, lemezekre tagolt kutikulával, ízelt végtagokkal, háromosztatú aggyal és kétféle típusú szemmel rendelkező, rendkívül változatos megjelenésű és életmódú állatok.

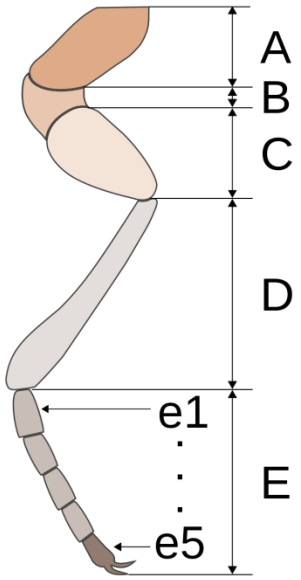
Etimológia: A görög *arthron* (íz) és *pous* (láb) szavak összetételéből, az ízekre tagolódó lábaikra utalva.

Testméret: A ma élő képviselőik testhossza a <0,1 mm és a több mint 1 m között változik, bár döntő többségük nem haladja meg a 10 mm-t.

Morfológia: Különnemű (heteronóm) szelvényezettséget mutató állatok, azaz testük egymástól morfológiailag és funkcionálisan is különböző szelvénycsoportokra különül, amelyek **testtájak**at (**tagmata**) alkotnak. Két fő testtájukat elsődlegesen a fej és törzs képezi (6.4.1. ábra), ebből vezethető le testük elő- és utótestre (csáprágósok), vagy fejre, torra és potrohra tagolódása (rákok többsége, rovarok). Az első valódi testszelvényüket a **fejlebeny (acron)** előzi meg, az utolsó testszelvényt pedig a **faroklebeny (telson)** követi (6.4.1. ábra). Kutikulájuk lemezekre (sclerit) tagolódik, amelyekhez kiegyénült izmok csatlakoznak. Minden szelvényen elsődlegesen egy **háti (tergit)**, egy **hasi (sternit)**, valamint két **oldalsó lemez (pleurit)** különböztethető meg. Az egyes vázelemek ízületi membránokkal kapcsolódnak egymáshoz, ez biztosítja testük mozgékonyságát.



6.4.1. ábra. Hipotetikus ős ízeltlábú alapszerveződése. A fejet ősileg a fejlebeny (acron) és négy szelvény alkotja. Az első végtagpár elsődlegesen egyágú, és csápként (antennula) működik, az ezt követő, mozgásra szolgáló végtagok (lábak) pedig kétágúak. A kiválasztószervek (módosult metanefrídiumok) ősileg a 2-7. szelvényekben helyezkednek el párosával.
A törzs utolsó szelvényét a faroklebeny (telson) követi.



6.4.2. ábra. Egy rovar járóláb felépítése. *A*. csípő (coxa); *B*. tompor (trochanter); *C*. comb (femur); *D*. lábszár (tibia); *E*. lábfej (tarsus); *e1*. 1. lábfejíz (basitarsus); *e2* az utolsó, karmokat hordozó lábfejíz.

Végtagjaik jellemzője, hogy ízekre tagolódnak (mely ízeket ízületi membránok kötnek össze), a testhez is ízületesen kapcsolódnak, valamint saját (intrinsic) izomzattal rendelkeznek (6.4.2. ábra). A végtagok (az 1. pár kivételével) elsődlegesen kétágúak, egy tőízből

(protopodit), valamint saját belső (intrinsic) izomzattal rendelkező külső (exopodit) és belső ágból (endopodit) állnak. A külső ágak redukciójával létrejövő egyágú végtagok (pl. pókszabásúak, soklábúak, rovarok járólábai) egymástól függetlenül több csoportban, elsősorban a szárazföldi életmódra való áttéréssel jelentek meg. Egyedfejlődésük során az elsődleges és a másodlagos testüreg összenyílik, így kevert testüreg (mixo- v. hemocölóma) alakul ki. Keringési rendszerük (ha van) nyílt, szívükön szelepekkel ellátott nyílások (ostia) találhatók, ezeken keresztül áramlik vissza a hemolimfa a szívükbe. Légzőszerveik (ha vannak) kopoltyúk, tracheacsövek vagy végtag eredetű tracheatüdők. Kiválasztószerveik módosult vesécskék (metanefrídiumok) és/vagy a közép- és utóbél határán nyíló Malpighi-edények. Agyuk három részre, **proto-, deuto-** és **tritocerebrum**ra különül (6.4.1. ábra). Szemeik kétfélék, egyszerű, csupán fényérzékelésre alkalmas, középső helyzetű **pontszemek (ocelli)**, valamint kép- és színlátásra is alkalmas, számos fiókszemből (ommatidium) felépülő, oldalsó helyzetű **összetett szemek (oculi)** (6.4.3. ábra).

6.4.3. ábra. Egy rovar, a széleslábú szitakötő (*Platycnemis pennipes*) feje közelről. A képen jól láthatók a fejen kétoldalt elhelyezkedő hatalmas összetett szemek (oculi), ill. középen a fejtetőn ülő, háromszög alakba rendeződött pontszemek (ocelli).

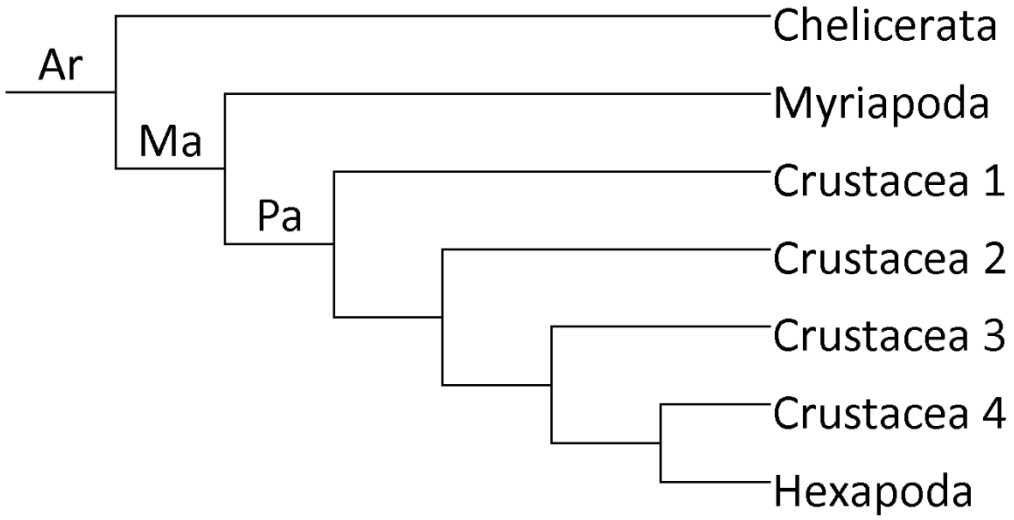
Életmód: Többségében váltivarúak, megtermékenyítésük rendszerint belső. Egyeseknél szűznemzés (parthenogenezis) is előfordul. Többségük tojásrakó (ovipár), de elevenszülők (vivipárok) is lehetnek. Számos fajnál fejlett ivadékgondozás jellemző. Egyedfejlődésük többnyire közvetett. Fejlődésük során a szelvényszám vagy fokozatosan növekszik az egyes vedlésekkel (**anamorfózis**), vagy állandó marad (**epimorfózis**). Életmódjuk rendkívül változatos. Elsődlegesen tengeriek, bár a ma élő fajok döntő többsége szárazföldi.

Diverzitás: Az állatvilág legfajgazdagabb törzse, több mint 1,2 millió recens faj tartozik közéjük, amelyek döntő többségét (>80%) a rovarok teszik ki. A leírt fosszilis fajok száma kb. 45 ezer.

Negatív jelentőségük az ember számára: Az atkák (pl. kullancsok, óvantagok, tetűatkák, tollatkák, rühatkák) és a rovarok (pl. tetvek, vérszívó poloskák, bolhák, csípőszúnyogok, púposszúnyogok, böglyök, bagócsok) számos faja a különböző haszonállatok, ill. az ember külső vagy belső élősködője. A vérszívó, ill. a bomló, rothadó anyagokon táplálkozó fajok számos betegséget (pl. vírusos agyvelőgyulladás, lepra, pestis, tífusz, Lyme-kór, malária) terjeszthetnek, így közegészségügyi szempontból nagy jelentőséggel bírnak. A fémeslegyek (Calliphoridae) és húslegyek (Sarcophagidae) lárvái veszélyesek mint a légynyüvesség (myiasis) okozói, mivel közvetlenül az ember és más gerincesek szöveteiben élhetnek, és azok fogyasztásával, roncsolásával fájdalmas és súlyos tüneteket okozhatnak. A háziporatkák (*Dermatophagoides* spp.) felelősek nagyrészt a porallergiának hívott betegség kialakulásáért. A haltetvek (Branchiura), ill. más halakon élősködő rákok (pl. evezőlábú rákok, ászkarákok) a tenyésztett halak fontos külső élősködői, egyes rákok, így a féregatkák (Pentastomida) pedig akár az embert is parazitálhatják. Számos lombfogyasztó, növényi nedveket szívogató vagy a növények belsejében fejlődő ízeltlábú (pl. takácsatkák, gubacsatkák, sáskák, tripszek, kabócák, növénytetvek, mezeipoloskák, levéldarazsak lárvái, levélbogarak, ormányosbogarak, lepkehernyók, kétszárnyúak lárvái) fontos erdő- és mezőgazdasági kártevők. A növényi nedveket szívogató ízeltlábúak nem csupán a szívásukkal okozhatnak komoly károkat, de gubacsképződést is indukálhatnak a gazdanövényen, ill. növényi vírusokat terjeszthetnek. Egyes növényeken szívogató rovarok (pl. kabócák, növénytetvek) tömény, cukros ürüléke (mézharmat) bevonhatja a leveleket, ami egyrészt akadályozza a gazdanövény légzését, másrészt rajta különböző kórokozók (pl. korompenész) is elszaporodhatnak. Egyes ízeltlábúak fontos készletkártevők (pl. készletatkák, csótányok, porvafélék, valódi molyok hernyói). A háziméh külső élősködője az ázsiai méhatka (*Varroa destructor*), amely tömegesen elszaporodva a parazitált kolónia pusztulását okozhatja. Egyes ízeltlábúak (pl. skorpiók, pókok, szkolopendrák, társas redősszárnyú darazsak) mérge az emberre nézve is veszélyes lehet.

Pozitív jelentőségük az ember számára: Számos nagytestű rákot (pl. sáskarákokat, garnélákat, langusztákat, homárokat, tarisznyarákokat) étkezési céllal halásznak és/vagy tenyésztenek. Európa és Észak-Amerika kivételével általánosan elterjedt a rovarok (pl. egyenesszárnyúak, kabócák, hangyák, lepkehernyók, bogárlárvák) fogyasztása is. Egyes rovarok, pl. a közönséges lisztbogár (*Tenebrio molitor*) lárváját („lisztkukac") különböző terráriumi állatok táplálására használják. Számos ragadozó vagy parazitoid életmódú rovarfajt (pl. poloskákat, fémfürkészeket, recésszárnyú fátyolkákat, katicabogarakat, fürkészlegyeket) a különböző erdő- vagy mezőgazdasági rovarkártevők (pl. növénytetvek, lepkehernyók) elleni biológiai védekezés során alkalmaznak. A tegzesek (Trichoptera) lárvái haltáplálékként, valamint vízminőséget jelző szervezetként (bioindikátorként) jelentősek. A rovarok (méhek, lepkék, zengőlegyek, pöszörlegyek, stb.) a virágos növények legfontosabb beporzói közé tartoznak. Az ember két rovarfajt is háziasított, a selyemlepkét (*Bombyx mori*) a hernyója által szőtt selyemgubóért, ill. a házi méhet (*Apis mellifera*) mézéért. A bíbortetű (*Dactylopius coccus*)

nőstényeinek testéből állítják elő a kárminnak nevezett bíborvörös színű festéket. A lakktetű (*Kerria lacca*) nőstényei által elválasztott váladékból készül a sellaknak nevezett természetes gyanta, amelyet az ipar számos területén napjainkban is elterjedten alkalmaznak. Az atlanti tőrfarkú (*Limulus polyphemus*) hemolimfájában található fehérjéket bakteriális endotoxinok kimutatásához használják fel. A közönséges muslica (*Drosophila melanogaster*) a genetika fontos kísérleti állata. A nagy vízibolha (*Daphnia magna*) az egyik legelterjedtebben alkalmazott ökotoxikológiai tesztorganizmus. Egyes fémeslégy fajok, pl. a selymes döglégy (*Lucilia sericata*) lárvái elősegítik a sebgyógyulást, ugyanis az elhalt szöveteket fogyasztják, valamint allantoint, ammóniát és különböző antibakteriális hatású anyagokat választanak ki, így felhasználhatók a nehezen gyógyuló, fekélyes sebek gyógyításában. A fémeslegyek és húslegyek lárváinak fontos szerepe van az igazságügyi és törvényszéki vizsgálatok során a halál idejének pontos megállapításában.



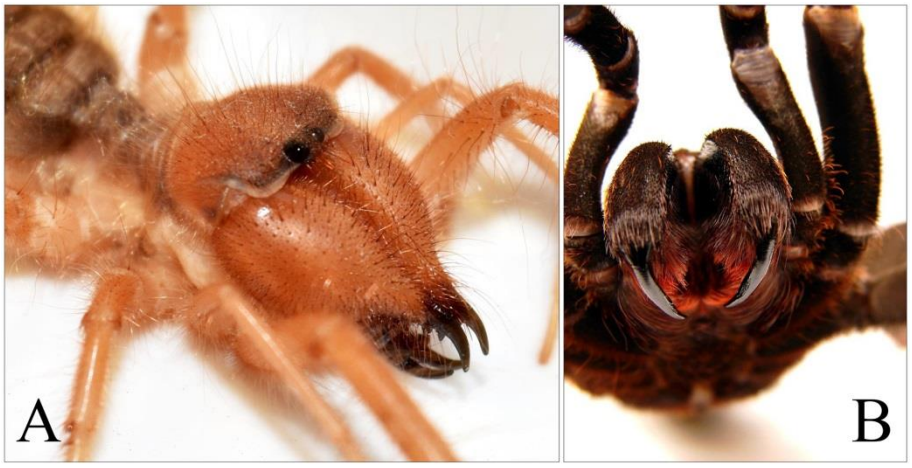
6.4.4. ábra. Az ízeltlábúak (Arthropoda) főbb ágai és ezek rokonsági viszonyai. A törzs elsőként divergálódó ágát az atkákat, pókokat, stb. magába foglaló csáprágósok (Chelicerata) képezik, amelyek teste az összes többi ízeltlábútól eltérően elő- és utótestre különül, csápjaik hiányoznak, szájszervüket (az ún. csáprágót) pedig egyetlen végtagpár alkotja. Az összes többi ízeltlábú a Mandibulata kládba tartozik, mely tagjainál a test elsődlegesen fejre és törzsre különül, ősileg két pár csáppal rendelkeznek, szájszervüket pedig három végtagpár (egy pár rágó és két pár állkapocs) alkotja. A Mandibulata legősibb csoportját a százlábúakat, ikerszelvényeseket, stb. magába foglaló soklábúak (Myriapoda) képviselik, amely a rákokat (Crustacea) és a hatlábúakat (Hexapoda) tartalmazó Pancrustacea testvércsoportját képezi. Maguk a hatlábúak, azaz az előrovarok és a rovarok a rákok leszármazottjai, nélkülük tehát a rákok nem képeznek monofiletikus egységet.
Ar: Arthropoda; *Ma*: Mandibulata; *Pa*: Pancrustacea.

Rokonsági viszonyok: A Panarthropoda kládon belül a karmos féreglábúak (Onychophora) testvércsoportját alkotják (3.11. ábra)

Rendszer: Két fő ágát a csáprágósok (Chelicerata), ill. a soklábúakat (Myriapoda), rákokat (Crustacea) és hatlábúakat (Hexapoda) magába foglaló rágóval rendelkező ízeltlábúak (Mandibulata) képezik (6.4.4. ábra).

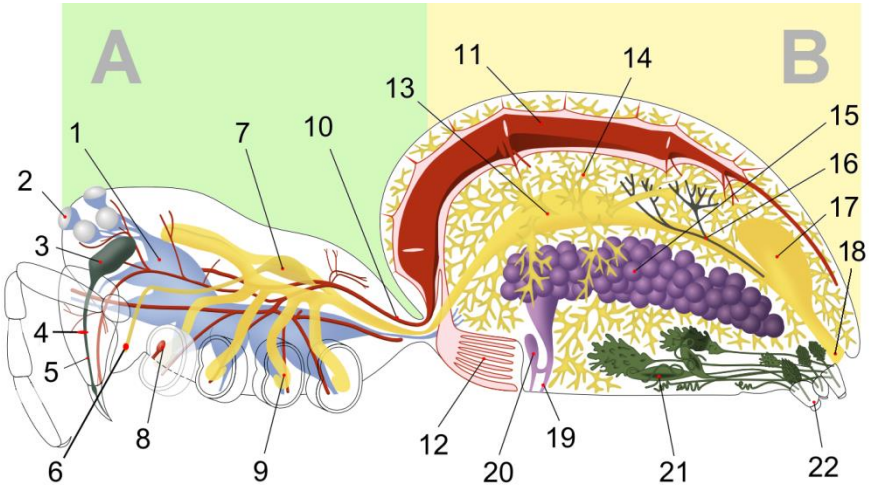
6.4.1. Csáprágósok (Chelicerata)

Méretük a 0,1 mm-től a kb. 80 cm-ig terjed. Testük a többi ízeltlábútól eltérően a fej és az elülső törzsszelvények alkotta **előtest**re (**prosoma**) és a törzs fennmaradó részének megfeleltethető **utótest**re (**opisthosoma**) tagolódik (6.4.6. ábra), bár ez másodlagosan változhat (pl. atkák). Speciális végtag eredetű szájszervük az előtesten található páros **csáprágó (chelicera)** (6.4.5., 6.4.6. ábrák). Ez elsődlegesen 3 ízű, és a 2. és 3. íz együtt ollót képez. Az előtest további jellemző végtagjai az 1 pár **tapogatóláb (pedipalpus)** és a 4 pár járóláb. Csápjaik, szemben a többi ízeltlábúval hiányoznak. Utótestükön a rákszabásúak (Merostomata) kivételével nincsenek fejlett végtagok, de végtag eredetű struktúrák (pl. tracheatüdők, skorpiók fésűszervei, pókok fonószemölcsei, stb.) lehetnek. Végtagjaik mindig egyágúak. Légzőszerveik kopoltyúk, légcsövek (tracheacsövek) vagy tracheatüdők. Döntően külső emésztésűek. Előbelük többnyire izmos, középbelükhöz kiterjedt vakbélrendszer kapcsolódik (6.4.6. ábra). Kiválasztószerveik az előtestben található nefridiális eredetű csípőmirigyek és/vagy az utótestben található Malpighi-edények. Idegrendszerük erősen központosult. Összetett szemeik a rákszabásúak (Merostomata) kivételével redukáltak.



6.4.5. ábra. Egy rovarpók (Solifugae) ollós- (A) és egy madárpók (*Cyriopagopus* sp.) (Araneae) karmos típusú csáprágója (B).

Váltivarúak, megtermékenyítésük többnyire belső. Egyedfejlődésük az ősibb tengeri csoportok, valamint az atkák (Acari) és sapkáspókok (Ricinulei) kivételével közvetlen. Elsődlegesen tengeriek, bár a ma élő fajok többsége szárazföldi. Nagyrészt ragadozók, de növényevők, törmelékevők vagy élősködők is lehetnek. Világszerte mintegy 114 ezer fajuk ismert, amely több mint 85%-át az atkák (Acari) és pókok (Araneae) teszik ki.



6.4.6. ábra. Egy nőstény pók (Araneae) belső testszerveződése. *A*. előtest (prosoma); *B*. utótest (opisthosoma); *1*. agydúc; *2*. egyszerű szem; *3*. méregmirigy; *4*. csáprágó (chelicera); *5*. méregcsatorna; *6*. nyelőcső; *7*. szívógyomor; *8*. csípőmirigy; *9*. vakbél; *10*. aorta; *11*. szív; *12*. tracheatüdő; *13*. középbél; *14*. mirigyes tömlők („máj"); *15*. petefészek; *16*. Malpighi-edény; *17*. végbéli hólyag; *18*. végbélnyílás; *19*. petevezető; *20*. ondótartály; *21*. szövőmirigy; *22*. fonószemölcs.

6.4.7. ábra. Egy csupalábállat (Pantopoda), a nyurga ászkapók (*Nymphon gracile*).

6.4.1.1. Csupalábállatok v. Ászkapókok (Pantopoda v. Pycnogonida)

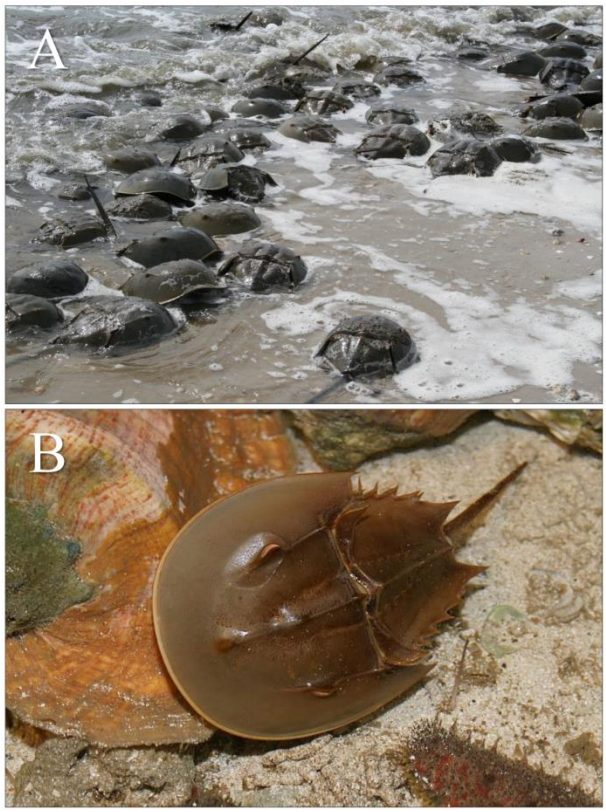
Utótestük (opisthosoma) kisméretű, szelvényezetlen függelékké redukálódott, így testüket gyakorlatilag csak az előtest (prosoma) alkotja. Az előtest elülső részén előrenyúló ormányt viselnek, ennek végén található a szájnyílás. Csáprágójuk (chelicera) ollós. A hímeknél és egyes fajok nőstényeinél a tapogatólábak (pedipalpi) és az 1. pár járóláb között egy pár hosszabb **tojáshordó láb (oviger)** is található. Járólábaik a testhez viszonyítva erőteljesek és általában hosszúak (erre utal a „csupalábállat" elnevezés) (6.4.7. ábra), bennük

a belső szervek egy része is megtalálható, ill. az ivarnyílásaik is a lábakon nyílnak. Légző és kiválasztószerveik, ill. összetett szemeik redukálódtak. Pontszemeik (ocelli) száma 4.

A tojásokat rendszerint a hímek hordozzák tojáshordó lábaikon. Egyedfejlődésük közvetett, lárváik szelvényszerző fejlődéssel (anamorfózis) a tőrfarkúakhoz hasonlóan fejlődnek. Kivétel nélkül tengeriek. Általában más állatokon (pl. szivacsokon, csalánozókon, zsákállatokon) élnek, és azokat fogyasztják. Egyesek ragadozók, mások parazitaként élnek gazdáikon. Mozgásuk rendkívül lassú. Több mint 1.300 fajuk ismert.

6.4.1.2. Rákszabásúak (Merostomata)

Előtestük (prosoma) hátoldalát egységes, patkó alakú **páncél (peltidium)** borítja (6.4.8. ábra B). Az előtest végtagjai az 1 pár csáprágó és az 5 pár járóláb, amelyek közül az első 4 pár a csáprágóhoz hasonlóan ollós. Utótestüket (opisthosoma) szintén egységes páncél fedi, oldalán mozgatható tüskékkel. Az utótest 6 pár levélszerű végtagja közül az 1. pár az ivarnyílásokat takarja, a további 5 pár pedig kopoltyúlemezeket visel. Utóbbiak a légzésen kívül az úszómozgást is biztosítják. Az utótest hosszú, mozgatható **faroktövis**ben végződik (6.4.8. ábra B). Összetett szemeik (oculi) mellett 2 pontszemük (ocellus) van. Emésztésük belső, táplálékukat rágógyomruk segítségével aprítják fel.



6.4.8. ábra. A rákszabásúak (Merostomata) amerikai képviselője, az atlanti tőrfarkú (*Limulus polyphemus*). *A*: tőrfarkúak ívása a parton; *B*: tőrfarkú közelről, egy akváriumban.

Szaporodásuk az árapályövben történik (6.4.8. ábra A), megtermékenyítésük a többi csáprágóssal ellentétben külső. Egyedfejlődésük közvetett, az anamorfózissal fejlődő trilobitoid lárváik a kihalt háromkaréjú ősrákokra (Trilobitomorpha) hasonlítanak. Fenéklakó, sekélytengeri (<200 m) állatok. Táplálékuk más aljzatlakó állatokból, főleg puhatestűekből és soksertéjű gyűrűsférgekből áll. Mindössze 4 recens fajuk ismert.

6.4.1.3. Pókszabásúak (Arachnida)

A csupalábállatokhoz hasonlóan csak az előtestükön (prosoma) viselnek fejlett végtagokat (6.4.9. ábra). Járólábaik a többi ízeltlábúhoz képest egy **térdíz**zel (**patella**), ill. egy **másodvégíz**zel (**metatarsus**) bővültek, így azok 7 ízűek. Tapogatólábaik módosulhatnak többek között erőteljes, ollós fogószervvé (pl. skorpiók, ostorlábúak) (6.4.9. ábra A-B), járásra (pl. szálfarkúak) vagy párzásra (pókok hímjei). Összetett szemeik (oculi) egyszerű szemekké tagolódtak fel, amelyek száma változó (0-5 pár). A pontszemek (ocellus) száma (ha vannak) 2. Szájnyílásuk általában szűk, és többnyire csak folyékony táplálék felvételére képesek. Nagyrészt külső emésztésűek. Légzőszerveik légcsövek (tracheacsövek) és/vagy végtag eredetű **tracheatüdő**k. Szövő-, méreg- és bűzmirigyeik lehetnek.

Megtermékenyítésük belső. Egyedfejlődésük többnyire közvetlen. Fejlődésük egyes atkák kivételével szelvénytartó fejlődés (epimorfózis). Elsődlegesen (és többségében) szárazföldiek, de másodlagosan víziek is lehetnek (pl. egyes atkák és pókok). Több mint 112 ezer fajuk ismert.

6.4.9. ábra. Különböző pókszabásúak (Arachnida). *A*: császárskorpió (*Pandinus imperator*) (Scorpiones); *B*: *Heterophrynus* sp., egy ostorlábú (Amblypygi); *C*: *Amblyomma triste*, egy atka (Acari); *D*: fehérfarkú pók (*Lampona* sp.) (Araneae).

6.4.2. Soklábúak (Myriapoda)

Méretük a 0,5 mm-től a 38 cm-ig terjed. Testük fejre és közel homonóm szelvényezettségű törzsre különül (6.4.10. ábra). A járólábakat hordozó törzsszelvényeik száma 11-től 193-ig terjed. Fejükön egy pár egyágú csáp található (6.4.10. ábra). Szájszervük elsődlegesen trignath, azaz egy pár rágó (mandibula) és két pár állkapocs (maxillula, maxilla) alkotja, a villáscsápúaknál (Pauropoda) és az ikerszelvényeseknél (Diplopoda) azonban a második pár állkapocs redukciójával másodlagosan dignath. A szintén egyágú járólábak száma minimum 9 pár, maximum 375 pár (*myriapoda* = „számtalanlábúak").

6.4.10. ábra. Egy ikerszelvényes (Diplopoda), amelyen jól megfigyelhetőek a soklábúak tipikus külső morfológiai bélyegei, azaz a test fejre és közel hasonló felépítésű szelvényekből álló törzsre való tagolódása, ill. az egy pár csáp és a számos járóláb pár megléte.

6.4.11. ábra. Egy szövőcsévés (Symphyla) feje, a csáp mögött a Tömösváry-szervvel (*nyíl*).

Légzésük elsődlegesen légcsövekkel (tracheacsövekkel) történik. Míg a százlábúaknál (Chilopoda) a légnyílások (stigmata) a törzsszelvények hátlemezein (tergiteken) vagy oldallemezein (pleuriteken) nyílnak, addig a többi soklábúnál a járólábak csípőízének (coxa)

közelében találhatók. Kiválasztószerveik Malpighi-edények. Ivarnyílásaik (gonopórusok) vagy az utolsó törzsszelvényen, az ún. genitális szelvényen (százlábúak), vagy a törzs elülső részén nyílnak (többi soklábú). A pókszázlábúak (Scutigeromorpha) kivételével összetett szemeik (oculi) egyszerű szemekké tagolódtak fel, de egyeseknél (pl. rinyák, szövőcsévések, villáscsápúak, karimás ikerszelvényesek) ezek is redukálódtak. Pontszemeik (ocelli) hiányoznak. Fejükön a csápok tövének közelében speciális páros érzékszerv, ún. **Tömösváry-szerv (temporális szerv, posztantennális szerv)** található (6.4.11. ábra), amelynek elsődleges funkciója valószínűleg a szagérzékelés.

Váltivarúak. A párzás során a hímek spermatofórát raknak le, amelyet a nőstények felvesznek, vagy a hímek közvetlenül adják át a spermatofórákat a nőstényeknek. Megtermékenyítésük rendszerint belső. Egyedfejlődésük közvetlen. Fejlődésük a rinyák (Geophilomorpha) és a szkolopendrák (Scolopendromorpha) kivételével szelvényszerző fejlődés (anamorfózis). Általában rejtett életmódúak (kriptobionták), avarban, talajban, kövek, kéreg alatt élnek. Táplálkozásmódjuk változatos. Több mint 12 ezer fajuk ismert, amelyek közel 70%-át az ikerszelvényesek (Diplopoda) teszik ki.

6.4.2.1. Százlábúak (Chilopoda)

Méretük a néhány mm-től a 30 cm-ig terjed. Testük megnyúlt, többnyire kissé lapított. Fejük gömb alakú (pókszázlábúak) vagy erősen lapított (több százlábú). Többségében sárga, vöröses vagy barna színűek, néhány fajuk azonban zöld, néha kékes (6.4.13., 6.4.14. ábrák). A járólábakat hordozó törzsszelvényeik száma 15 és 193 között változik. A törzsszelvények hátlemezei (tergitek) rendszerint különböző méretűek, a rövidebb és a hosszabb tergitek pedig általában egymás után váltakozva állnak (**heterotergia**) (6.4.14. ábra B). Csápjuk megnyúlt, sok ízű. Szájszervük trignath.

6.4.12. ábra. Az öves szkolopendra (*Scolopendra cingulata*) feje alulnézetből.
A képen jól láthatók a nagyméretű, méregmirigyes állkapcsi lábak (maxillopodia) (*nyilak*).

6.4.13. ábra. Egy szkolopendra, a *Scolopendra subspinipes mutilans*.
A testvégén jól láthatóak a többi járólábtól különböző, fogásra használt ún. uszálylábak (*nyíl*).

Első törzsszelvényük végtagpárja **méregmirigyes állkapcsi láb**bá (**maxillopodium**) módosult, amelynek szerepe a zsákmányszerzésben, ill. a védekezésben van (6.4.12. ábra). Utolsó pár járólábukat (**uszálylábak**), amely a többinél rendszerint hosszabb, és gyakran sokkal vastagabb, erősebb is fegyverként, ill. fogószervként használhatják (6.4.13. ábra). Szemeik (ha vannak) a pókszázlábúak kivételével egyszerű szemek.

6.4.14. ábra. Különböző százlábúak (Chilopoda). *A*: egy pókszázlábú (*Scutigera* sp.) (Scutigeromorpha); *B*: egy százlábú (*Lithobius* sp.) (Lithobiomorpha); *C*: egy rinya (*Geophilus* sp.) (Geophilomorpha); *D*: egy szkolopendra, a *Scolopendra cataracta* (Scolopendromorpha).

Gyakori körükben az ivadékgondozás (6.4.14. ábra C). Fejlődésük ana- vagy epimorfózis. Ivarérettségük elérése után is még többször vedlenek. Gyors mozgású, főleg éjjel aktív ragadozók. Marásuk sokszor fájdalmas. Mintegy 3.100 fajuk ismert.

6.4.2.2. Szövőcsévések (Symphyla)

Apró termetű (0,5-8 mm), megnyúlt, hengeres testű, pigmentálatlan soklábúak (6.4.15. ábra). Törzsszelvényeik száma 14. A 4., 6. és 8. törzsszelvények hátlemezei (tergitek) másodlagosan tovább tagolódtak. Szájszervük trignath, a második állkapocspár azonban ún. **alsó ajak**ká (**labium**) olvadt össze. A járólábak száma 12 pár. A 3-12. törzsszelvények hasi oldalán páros **farcsutáka**t (**styli**), a 3-10. szelvényeken pedig kitüremíthető **csípőhólyagok**at (**sacculi**) viselnek. Előbbiek feltehetőleg érzékelő funkcióval bírnak, utóbbiaknak pedig a nedvességfelvételben van szerepük. Az utolsó törzsszelvényükön két kúp alakú nyúlvány (**cercus**) található, amelyek végén szövőmirigy nyílik (6.4.15. ábra). Trachearendszerük redukált, mindössze egy pár légnyílással rendelkeznek a feji régióban. Ivarnyílásaik páratlanok. Szemeik nincsenek.

6.4.15. ábra. Egy be nem azonosított szövőcsévés (Symphyla) faj.
Az állat testvégén jól látható a páros szövőmirigyes cercus (*nyíl*).

A petesejtek megtermékenyítésének módja igen sajátos. A nőstények a hímek által lerakott nyeles spermatofórák hímivarsejteket tartalmazó végét leharapják, majd a hímivarsejteket a szájüregükben lévő páros spermatasakban tárolják egészen a peték lerakásáig. A lerakott petéket szájszerveik segítségével helyezik el, miközben a szájüregükben tárolt hímivarsejtekkel megtermékenyíti azokat. Fejlődésük anamorfózis. Nyirkos talajban, avarban, kövek alatt élnek. Táplálékuk főleg növényi anyagokból áll, de gombafonalakat, ill. állati maradványokat is fogyasztanak. Mindössze kb. 200 fajuk ismert.

6.4.2.3. Villáscsápúak (Pauropoda)

Apró termetű (0,5-2 mm), hengeres testű, színtelen vagy sárgás színű soklábúak (6.4.16. ábra). Fejük kicsi, kúp alakú. Törzsük 12 szelvényből áll. A törzsszelvények hátlemezei (tergitek) páronként összeolvadtak. Csápjaik kétszeresen villásan elágazók (6.4.16. ábra). Szájszervük két részből áll (**dignath**), amelyet a rágók és az összeolvadt első pár állkapocs alkot. Második pár állkapcsuk redukálódott. Járólábaik száma 9-11 pár. Trachearendszerük általában hiányzik. A női ivarnyílás páratlan. Szemeik nincsenek.

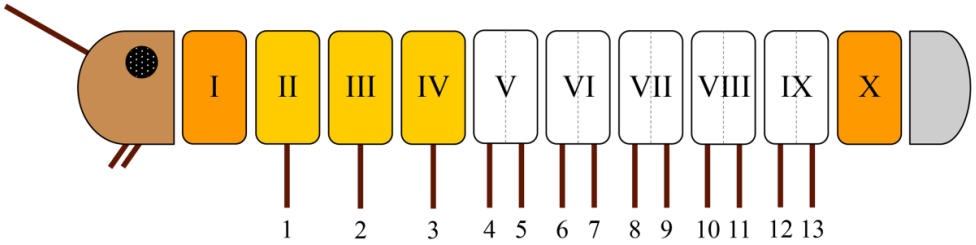
Fejlődésük anamorfózis. Főleg nedves talajban, avarban, korhadó fában fordulnak elő. Bomló szerves anyagokkal, gombafonalakkal, ill. spórákkal táplálkoznak. Mintegy 800 fajuk ismert.

6.4.16. ábra. Egy be nem azonosított villáscsápú (Pauropoda) faj.
A képen jól látható az állat villásan elágazó csápja (*nyíl*), amelyről a csoport a nevét kapta.

6.4.2.4. Ikerszelvényesek (Diplopoda)

Méretük a néhány mm-től a 38 cm-ig terjed. Testalakjuk változatos (6.4.18. ábra). Sokuk élénk, riasztó (aposzematikus) színezetű (6.4.18. ábra D). Kutikulájukba többnyire nagy mennyiségben mészsók rakódnak le. Vázlemezeik (tergitek, pleuritek, sternitek) rendszerint egy komplett gyűrűvé forrtak össze. A járólábakat hordozó törzsszelvényeik száma 11 és 192 között változik. Csápjaik rövidek. Szájszervük a villáscsápúakhoz hasonlóan **dignath**, egy pár rágóból (mandibula) és egy egységes lemezből, az első állkapocspár fúziójából létrejött ún. **ajakállkapcsi készülék**ből (**gnathochilarium**) áll. Második pár állkapcsuk redukálódott. Törzsük első, ún. gallérszelvénye (collum), valamint a törzs utolsó szelvénye nem visel végtagokat, a 2-4. szelvényen 1-1 pár járóláb, a további, a szomszédos szelvények összeolvadásával létrejött ún. **ikerszelvények**en pedig 2-2 pár járóláb található, erről kapták nevüket (*diplopoda* = „kettőslábúak”) (6.4.17. ábra). Járólábaik száma legfeljebb 375 pár. Hímjeiknek a spermatofóra átadására módosult 1 vagy 2 pár **párzóláb**uk

(**gonopodium**) lehet. Általában rendelkeznek **védekezőmirigyek**kel, amelyek a törzsszelvényeken nyílnak. Szemeik (ha vannak) egyszerű szemek.



6.4.17. ábra. Az ikerszelvényesek (Diplopoda) alap testfelépítése.

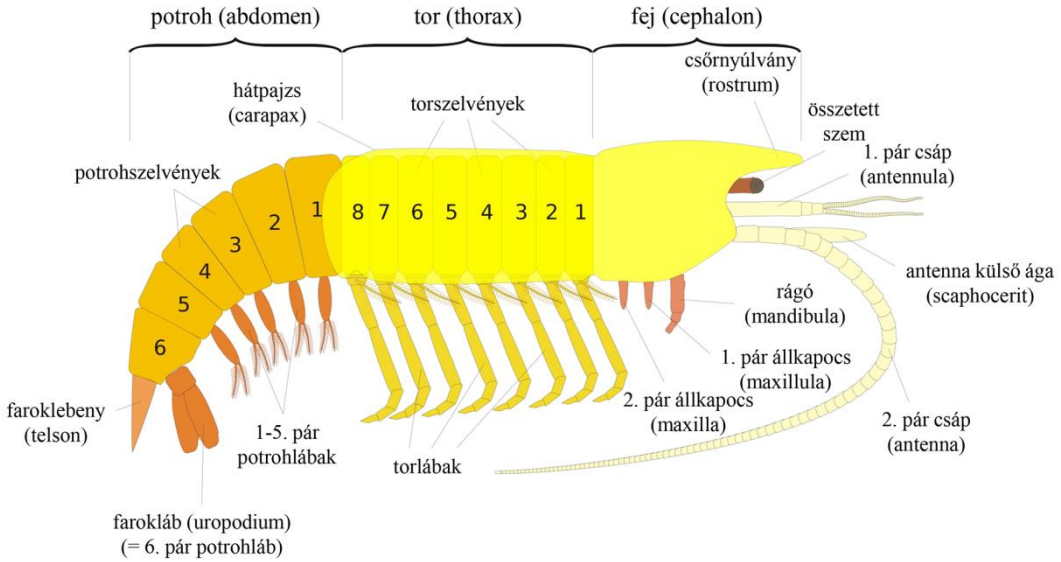
6.4.18. ábra. Az ikerszelvényesek (Diplopoda) néhány reprezentatív képviselője.
A: pamatos soklábú (*Polyxenus lagurus*) (Polyxenida), egy ősi ikerszelvényes;
B: egy összegömbölyödésre képes gömbsoklábú, a *Glomeris aurita* (Glomerida);
C: egy vaspondró, a *Californiulus chamberlini* (Julida);
D: egy riasztó színezetű karimás ikerszelvényes, a *Harpaphe haydeniana* (Polydesmida).

Fejlődésük anamorfózis. Egyes fajok hímjeinél ún. **periodomorfózis** figyelhető meg, ilyenkor az ivarérett stádiumot egy nyugalmi periódus követi, amikor is az állatok nem szaporodóképesek, és ivarérettségüket csak egy újabb vedléssel nyerik vissza. Néhány csoportban a vedlések az ivarérettség elérése után is folytatódnak, és a vedlésekkel együtt növekszik a szelvények, valamint a járóláb párok száma is, míg máshol az ivarérettség elérése után újabb vedlések, és így szelvényszerzés már nem figyelhető meg. Többségük nedvességkedvelő, lassú mozgású állat. Szinte kivétel nélkül korhadékevők, elhalt növényi anyagokkal, avarral, fatörmelékkel táplálkoznak, így fontos szerepük van a humifikációs folyamatokban. Védekezésképpen összegömbölyödhetnek és/vagy mérgező (csoporttól

függően alkaloidokat, benzokinont, ciánhidrogént, stb. tartalmazó) mirigyváladékot bocsáthatnak ki. Mintegy 8.000 leírt fajjal a soklábúak legfajgazdagabb csoportját alkotják.

6.4.3. Rákok (Crustacea)

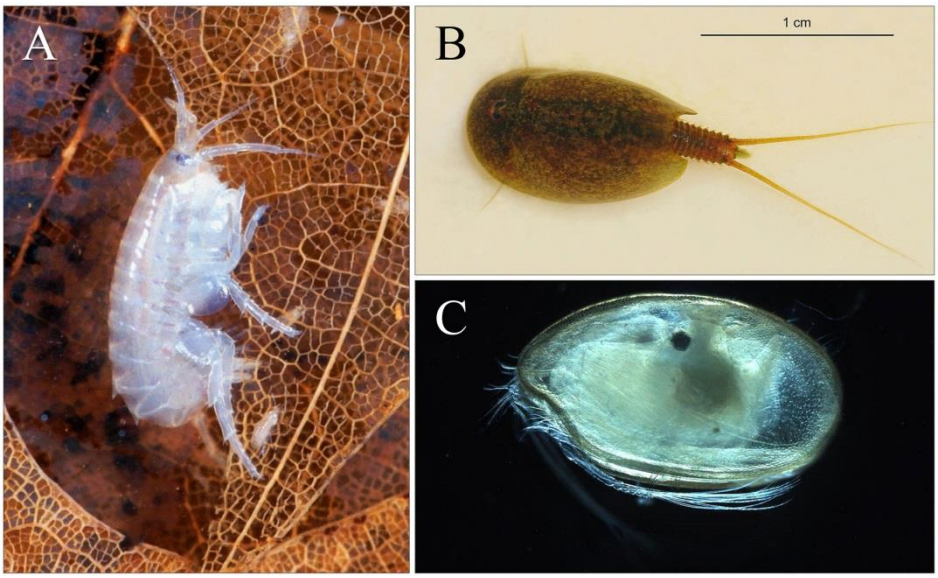
Méretük igen változatos, a <0,1 mm-től a több mint 1 m-ig terjed. Kutikulájukba az ikerszelvényesekhez hasonlóan gyakran szervetlen sók (többnyire kalcium-karbonát) rakódnak le, kültakarójuk emiatt kemény, olykor páncélszerű (*crustacea* = „héjjal rendelkezők"). Testük fejre (cephalon) és törzsre különül, mely utóbbi a végtagok elhelyezkedése és felépítése alapján rendszerint további két szegmensre, torra (thorax) és potrohra (abdomen) tagolódik (6.4.19. ábra). Egyes csoportoknál a fej az elülső néhány vagy az összes torszelvénnyel összenőve **fejtor**t (**cephalothorax**) alkot. Törzsszelvényeik száma igen változó, akár a 40-et is meghaladhatja. Faroklebenyükön (telson) gyakran nem végtag eredetű **farokvilla (furca)** található (6.4.20. ábra B).



6.4.19. ábra. A felsőrendű rákok (Malacostraca) alap testszerveződése.

Testüket rendszerint a fej hátulsó részéből eredő kültakaró kettőzet, az ún. **hátpajzs (carapax)** borítja, amelynek mérete (kiterjedése) és alakja rendkívül változatos (6.4.20., 6.4.25. ábrák). Végtagjaik (az 1. pár csáp kivételével) elsődlegesen kétágúak. A kétágú végtagok tőízből (protopodit), valamint saját belső (intrinsic) izomzattal rendelkező külső (exopodit) és belső ágból (endopodit) állnak. A tőíz az ősibb csoportoknál egyízű, a rákok többségénél azonban tovább tagolódik csípő- (coxopodit) és alapízre (basipodit). A tőízhez belső (enditek) és külső függelékek (exitek, más néven epipoditok) kapcsolódhatnak, utóbbiak gyakran kopoltyúkként funkcionálnak. Mindhárom testtáj (fej, tor, potroh) hordozhat végtagokat. A Mandibulata alapszabásnak megfelelően elsődlegesen 2 pár csáppal (antennula, antenna) és trignath szájszervvel rendelkeznek (6.4.19. ábra). A csápok elsődlegesen érzékszervek, de szolgálhatnak mozgásszervként, ill. segíthetik a táplálkozást, hímeknél a

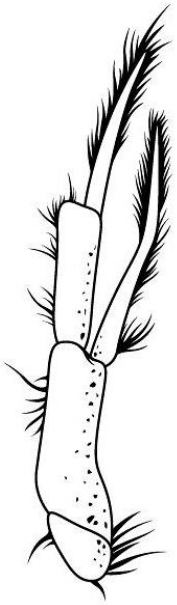
nőstény megragadását vagy egyes élősködőknél a gazdán való rögzülést is. A tor végtagjai lehetnek úszó-, járó-, ugró-, ásó-, tisztogató-, fogó- vagy szűrögetésre módosult lábak. Számos csoportban az elülső torvégtagok a szájszerveket segítő **állkapcsi láb**ként (**maxillopodium**) funkcionálnak.



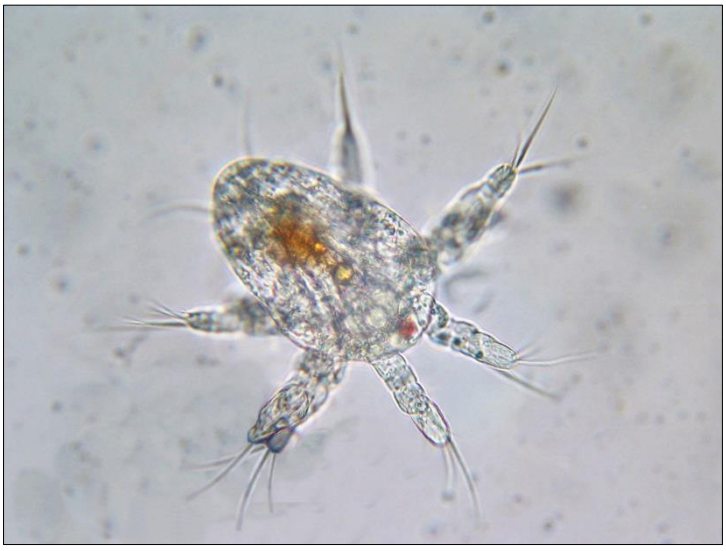
6.4.20. ábra. A rákok változatossága a hátpajzs (carapax) megléte, mérete, ill. alakja tekintetében.
A: egy felemáslábú rák, a *Hyalella azteca* (Amphipoda) csökevényes hátpajzzsal;
B: tavaszi pajzsosrák (*Lepidurus apus*) (Notostraca) a testének nagy részét felülről borító hátpajzzsal;
C: egy kagylósrák (Ostracoda) a testét teljesen körülvevő, kagylóhéjszerű hátpajzzsal.

A potroh csupán a felsőbbrendű rákoknál (Malacostraca) hordoz végtagokat, amelyek elsődlegesen kétágú úszólábak, de tovább módosulhatnak ugró-, ásó-, párzó- vagy tojáshordó lábbá, továbbá az utolsó potrohszelvény végtagja lehet ún. farokláb (uropodium) (6.4.19. ábra). A rákok tor- és potrohlábai (a többi posztantennuláris végtaghoz hasonlóan) elsődlegesen kétágúak, ez az ősi típus a **hasadt láb (schizopodium)** (6.4.21. ábra). Ebből vezethető le a szintén kétágú, de erősen ellaposodott ízekből felépülő, a tőízén rendszerint számos enditet, ill. nagy, lapított exitet (epipoditot) hordozó **levélláb (phyllopodium)**, valamint a külső ág (exopodit) redukciójával létrejövő egyágú, 7 ízű **pálcaláb (pereiopodium)**. Utóbbi gyakori módosulata a **félollós láb (subchela)**, ahol a láb utolsó íze (dactylus) az előző íz (propodus) mellé visszahajtható, valamint az **ollós láb (chela)**, ahol a propodus egy hosszú nyúlványt visel, amelyhez képest a dactylus elmozdítható (6.4.28. ábra C). Légzésük jellemzően a tor- vagy potrohlábakon található kopoltyúkkal, vagy egyszerűen a kültakarón át történik. Kiválasztószerveik erősen módosult páros vesécskék (metanefrídiumok), amelyek a 2. pár csáp (antenna) és/vagy a 2. pár állkapocs (maxilla) szelvényében találhatók, nevük ennek megfelelően **csápmirigy**, ill. **állkapcsi mirigy**. Hasdúcláncuk szerveződése igen nagy változatosságot mutat. Érzékszerveik változatosak, fejlettségük szoros kapcsolatban van az életmóddal. Látószervként egyszerű, mindössze

néhány pontszemből (ocellus) álló **páratlan középszem**ük (**naupliusz szem**) és/vagy páros, ülő vagy nyeles típusú összetett szemeik (oculi) szolgálnak.



6.4.21. ábra. Hasadt láb (schizopodium).



6.4.22. ábra. Egy evezőlábú rák (*Cyclops* sp., Copepoda) naupliusz lárvája.
A képen jól látható a 3 végtag pár, ill. a piros színű naupliusz szem.

Többségük váltivarú, de lehetnek hímnősek (hermafroditák) is (pl. gályarákok, kacslábú rákok). Megtermékenyítésük többnyire belső. Egyes csoportoknál gyakori a szűznemzés (parthenogenezis). A nőstények tojásaikat rendszerint a kikelésükig hordozzák. Egyedfejlődésük elsődlegesen közvetett. Fő lárvaalakjuk a még csupán 3 pár végtaggal (2 pár csáp, 1 pár rágó) és egyszerű, páratlan középszemmel (naupliusz szem) rendelkező **fejlárva (naupliusz lárva)** (6.4.22. ábra), de számos másodlagos lárvatípus (pl. ciprisz, zoëa, stb.) is előfordulhat a körükben. Számos csoportban (pl.ászkarákok, felemáslábú rákok) az

egyedfejlődés másodlagosan közvetlen. Fejlődésük ana- vagy epimorfózis. Elsődlegesen (és többségében) tengeriek, de édesvizekben és a szárazföldön is megtalálhatók. Életmódjuk rendkívül változatos. A leírt recens fajok száma mintegy 65 ezerre tehető. A hatlábúak (Hexapoda) nélkül nem képez monofiletikus egységet.

6.4.3.1. Kagylósrákok (Ostracoda)

Többségük igen apró termetű (0,3-5 mm). Hátpajzsuk (carapax) két, a testet teljesen körbevevő, kagylókéra emlékeztető héjból áll (*ostracoda* = „teknősök") (6.4.23. ábra). Csápjaik gyakran mozgásszervként szolgálnak. 2. pár állkapcsuk (maxilla) redukált. Legfeljebb 3 pár torvégtagjuk van, amelyek felépítése, funkciója változatos. Potrohuk csökevényes, végtag nélküli. Faroklebenyükön (telson) farokvilla (furca) található. Összetett szemeik többnyire hiányoznak.

Az édesvízi fajoknál gyakori a szűznemzés (parthenogenezis). Egyedfejlődésük közvetlen. Főleg tengeriek, de édesvizekben, ill. nedves szárazföldi élőhelyeken (pl. avarban, mohában) is előfordulnak. A víziek nagyrészt aljzatlakók (bentikusak), de számos planktonikus életmódú fajuk is van. Táplálkozásmódjuk igen változatos, szűrögetők, törmelékevők, növényevők, dögevők vagy ragadozók egyaránt lehetnek. Igen fajgazdag, a közel 7.500 recens fajuk mellett igen sok, több mint 25 ezer fosszilis fajuk ismert, így egyikei a fosszíliákban leggazdagabb ízeltlábú csoportoknak.

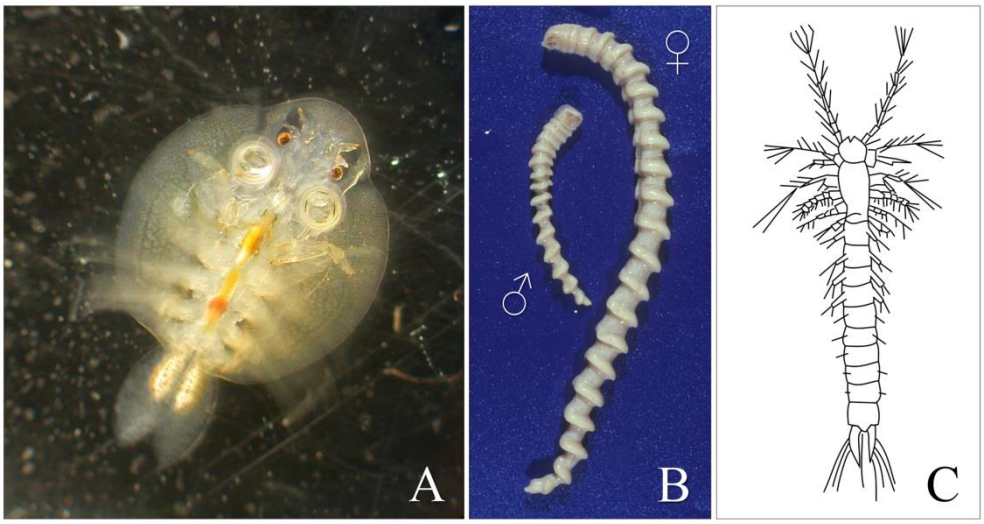
6.4.23. ábra. Egy be nem azonosított kagylósrák (Ostracoda).

6.4.3.2. Ichthyostraca

Méretük változatos (<0,5 mm-től 12 cm-ig). Testfelépítésük gyakran erősen módosult. Hátpajzsuk (carapax), ill. szemeik gyakran hiányoznak. Törzsük rövid, legfeljebb 10 szelvényű, 7 tor- és 3 potrohszelvénnyel. A tor végtagjai elsődlegesen kétágú úszólábak,

másodlagosan redukáltak. Potrohuk végtagnélküli. Faroklebenyükön (telson) jellemzően farokvillát (furca) hordoznak.

Döntő többségük külső- (ekto-) vagy belső élősködő (endoparazita) életmódot folytat. Mindössze kb. 300 fajuk ismert. Ide tartoznak a halakon, esetleg kétéltűeken időszakosan élősködő, nagyrészt édesvízi haltetvek (Branchiura), az erősen módosult testű, többségében hüllők tüdejében élősködő féregatkák (Pentastomida), valamint az igen apró termetű, erősen sertézett végtagokkal rendelkező, a parti tájék homokos üledékének parányi, vízzel telt járataiban élő sertéslábú rákok (Mystacocarida) (6.4.24. ábra).



6.4.24. ábra. Az Ichthyostraca néhány képviselője. *A*: egy haltetű, az *Argulus coregoni* (Branchiura); *B*: egy féregatka (*Armillifer* sp.) hímje és nősténye; *C*: egy sertéslábú rák (Mystacocarida).

6.4.3.3. Gályarákok (Remipedia)

Kistermetű (7-45 mm), pigmentálatlan testű rákok. Hátpajzsuk (carapax) hiányzik, fejüket azonban a feji szelvények hátlemezeinek (tergitek) összeolvadásából származó fejpajzs borítja. Testük fejre és (a többi ráktól eltérően) megnyúlt, homonóm szelvényezettségű törzsre tagolódik. A törzsszelvények száma változó, gyakran még fajon belül sem egységes. Mindegyik törzsszelvényük hordoz végtagokat. Szemeik hiányoznak. 1. pár állkapcsuk (maxillula) agyarszerű, a zsákmány megragadására és ledöfésére alkalmas végtag, amely egy pár **méregmirigy**el áll összeköttetésben. A törzs 1. szelvénye a fejjel összeolvadt, végtagja állkapcsi lábként (maxillopodium) működik. A fennmaradó törzsszelvények végtagjai oldalra álló, lapított, a gályák kétoldali evezősorára emlékeztető kétágú úszólábak, ezekről kapták nevüket (*remipedia* = „evezőlábúak"). Faroklebenyükön (telson) farokvilla (furca) található.

A rákok többségétől eltérően hímnősek (hermafordináták). Csupán a Karib-térségből, a Kanári-szigetekről és Nyugat-Ausztráliából ismertek. Obligát stygobiontok (felszín alatti vízben élők), tengerrel földalatti összeköttetésben lévő (ún. anchialin) barlangok sósvízi részében élnek. Jellegzetességük, hogy hanyatt fekve úsznak. Ragadozók, de dögöket is

fogyasztanak. Kis fajszámú csoport, mindössze 28 recens fajjal. A hatlábúak (Hexapoda) testvércsoportját alkotják.

6.4.3.4. Patkófejű rákok (Cephalocarida)

Apró termetű (2-4 mm-es) rákok. Hátpajzsuk (carapax) hiányzik, fejüket azonban a gályarákokhoz hasonlóan patkó alakú fejpajzs borítja. Törzsük 9 szelvényű torra és 10 szelvényből álló potrohra tagolódik. Szemeik nincsenek. Végtagjaik csekély mértékben specializálodtak, a fej és a tor végtagjai egyaránt részt vesznek a táplálkozásban és a mozgásban is. Elülső (1-7.) torvégtagjaik kétágú **levéllábak (phyllopodia)**, amelyek külső oldalukon nagy epipoditot, belső oldalukon pedig számos sertézett enditet hordoznak. Az utolsó két pár (8-9.) torvégtag redukált vagy hiányzik. Potrohuk végtagnélküli. Faroklebenyükön (telson) farokvilla (furca) található.

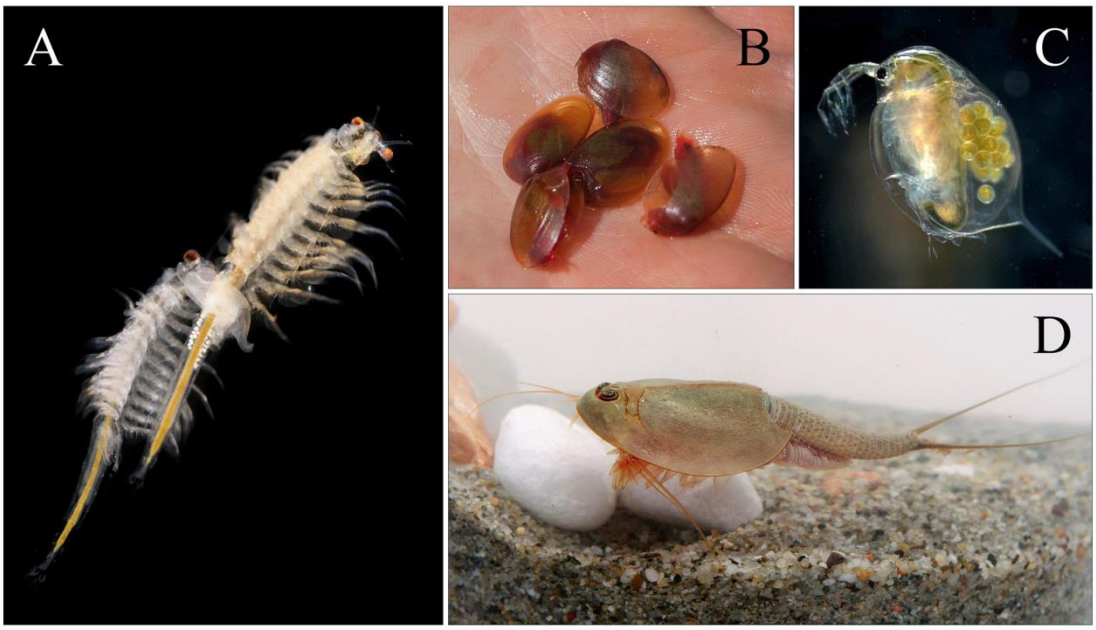
A gályarákokhoz hasonlóan hímnősek (hermafordíták). Egyedfejlődésük fokozatos, első stádiumuk már egy több törzsszelvénnyel rendelkező, továbbfejlődött metanaupliusz alak. Ezt a stádiumot követi még 5, a felnőtt alakhoz hasonló juvenilis stádium, mielőtt elérik a kifejlett állapotot. Szerves törmelékevők, levéllábaik enditjei egymással és a szomszédos lábak enditjeivel kapcsolódva csatornát formálnak, amelyben az endit serték sodorják a detritusz szemcséket a szájnyílás felé. Tengeri aljzatlakók (bentikusak). Mindössze 13 recens fajuk ismert.

6.4.3.5. Levéllábú rákok (Branchiopoda)

Méretük a néhány tized mm-től a több cm-ig terjed. Törzsszelvényeik száma igen változó (4-44). Hátpajzsuk (carapax) lehet egy- vagy kéthéjú, de hiányozhat is (6.4.25. ábra). 2. pár állkapcsuk (maxilla) redukált vagy hiányzik. Összetett szemeik gyakran egymáshoz közel ülnek, egyeseknél (ágascsápú rákok) pedig össze is olvadnak. A tor végtagjai jellemzően kétágú **levéllábak (phyllopodia)**, amelyeknek a helyváltoztatás mellett a táplálék kiszűrésében, ill. az ozmoregulációban van szerepük. Állkapcsi lábaik (maxillopodia) sosincsenek. Potrohuk végtagnélküli. Faroklebenyükön (telson) farokvilla (furca) található.

Gyakori körükben a szűznemzés (parthenogenezis). Egyeseknél jellemző a **szaporodásforgó (heterogónia)**, azaz a hímekből és nőstényekből álló, kétivarosan szaporodó nemzedék és a csak nőstényekből álló, szűznemzéssel szaporodó nemzedék ciklikus váltakozása. Egyedfejlődésük lehet követett vagy közvetlen. Jellemzően a kontinentális felszíni édes- és sósvizek lakói, sokuk kifejezetten időszakos vizekben (pl. tócsákban, pocsolyákban, stb.) fordul elő, ahol gyakran tömegesen jelennek meg. Az időszakos vizekben élőknél ún. **tartós tojás (ciszta)** képzés jellemző a kedvezőtlen időszak (szárazság, fagy) átvészelésére. Nagyrészt szűrögető életmódot folytatnak, de ragadozók is lehetnek. Mintegy 1.000 fajuk ismert. Ide tartoznak a hátpajzs nélküli, nyeles összetett szemekkel rendelkező és hanyatt fekve úszó csupasz levéllábú rákok (Anostraca), a

nagy, pajzsszerű hátpajzzsal és megsokszorozódott torlábakkal rendelkező pajzsos levéllábú rákok (Notostraca), ill. a kéthéjú, a testet nagyrészt vagy teljesen körülzáró hátpajzzsal és evezőcsáppá módosult antennával rendelkező Diplostraca képviselői, mint pl. a kagylós levéllábú rákok (Spinicaudata) és az ágascsápú rákok (Cladocera) (6.4.25. ábra).



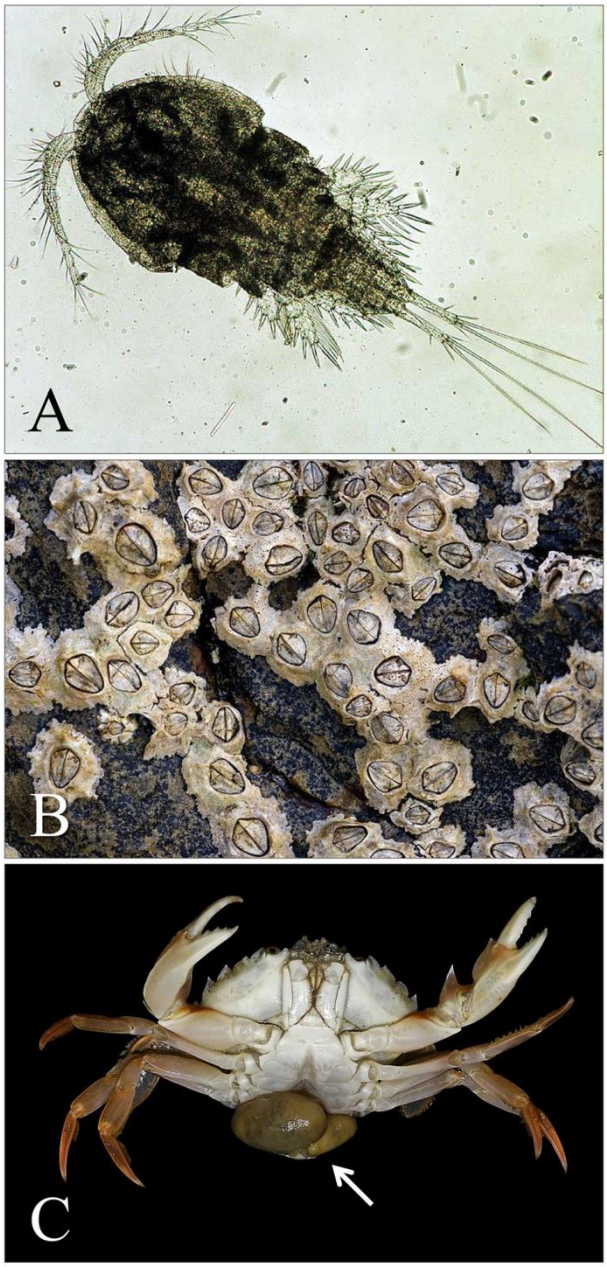
6.4.25. ábra. Különböző levéllábú rákok (Branchiopoda). *A*: sórákok (*Artemia salina*) (Anostraca); *B*: kagylós levéllábú rákok (*Cyzicus californicus*) (Diplostraca: Spinicaudata); *C*: nagy vízibolha (*Daphnia magna*) (Diplostraca: Cladocera); *D*: egy pajzsos levéllábú rák, a *Triops longicaudatus* (Notostraca).

6.4.3.6. Hexanauplia

Méretük igen változatos (<0,1 mm-től a >30 cm-ig), bár többségében apró termetűek (0,5-2 mm). Testfelépítésük a helytülő (szesszilis) vagy élősködő (parazita) életmód következtében gyakran olyan nagymértékben módosult (6.4.26. ábra B-C), hogy rák voltukat csupán az egyedfejlődésük során megjelenő naupliusz lárvastádiumok igazolják. Hátpajzsuk (carapax) többnyire hiányzik. Törzsük megrövidült, az Ichthyostraca képviselőihez hasonlóan maximum 10 szelvényű, 7 tor- és 3 potrohszelvénnyel. A tor végtagjai elsődlegesen (és többségüknél) kétágú úszólábak. Potrohuk végtagnélküli, olykor teljesen redukált. Faroklebenyükön (telson) általában farokvillát (furca) hordoznak. Kifejlett korban nem rendelkeznek összetett szemekkel.

Egyes fajaik hímnősek (hermafroditák). Nevüket arról kapták, hogy egyedfejlődésük során elsődlegesen 6 naupliusz lárvastádium követi egymást. Az utolsó naupliusz stádiumukat különböző másodlagos lárvalakok (pl. **ciprisz**, **tantulus**, **kopepodit**) követhetik. Döntő többségük tengeri. Életmódjuk igen változatos. Számos fajuk halak vagy más rákok élősködője. Igen fajgazdag csoport, több mint 17 ezer recens fajuk ismert, amelyek döntő többségét (>90%) az evezőlábú rákok (Copepoda) teszik ki. Ide tartoznak többek között a

helytülő vagy élősködő életmód következtében erősen leegyszerűsödött testfelépítésű, olykor igen bizarr megjelenésű kacslábú rákok (Cirripedia), a szintén erősen módosult testű, más rákokon élősködő Tantulocarida képviselői, ill. a már említett evezőlábú rákok (Copepoda), amelyek egyikei a legnagyobb abundanciával rendelkező állatcsoportoknak (6.4.26. ábra).



6.4.26. ábra. A Hexanauplia különböző képviselői. *A*: egy evezőlábú rák (*Cyclops* sp.) (Copepoda); *B*: tengeri makkok (*Chthamalus stellatus*) (Cirripedia: Thoracica); *C*: tarisznyarákot parazitáló zacskórákok (*Sacculina carcini*) (Cirripedia: Rhizocephala) (*nyíl*).

6.4.3.7. Felsőrendű rákok (Malacostraca)

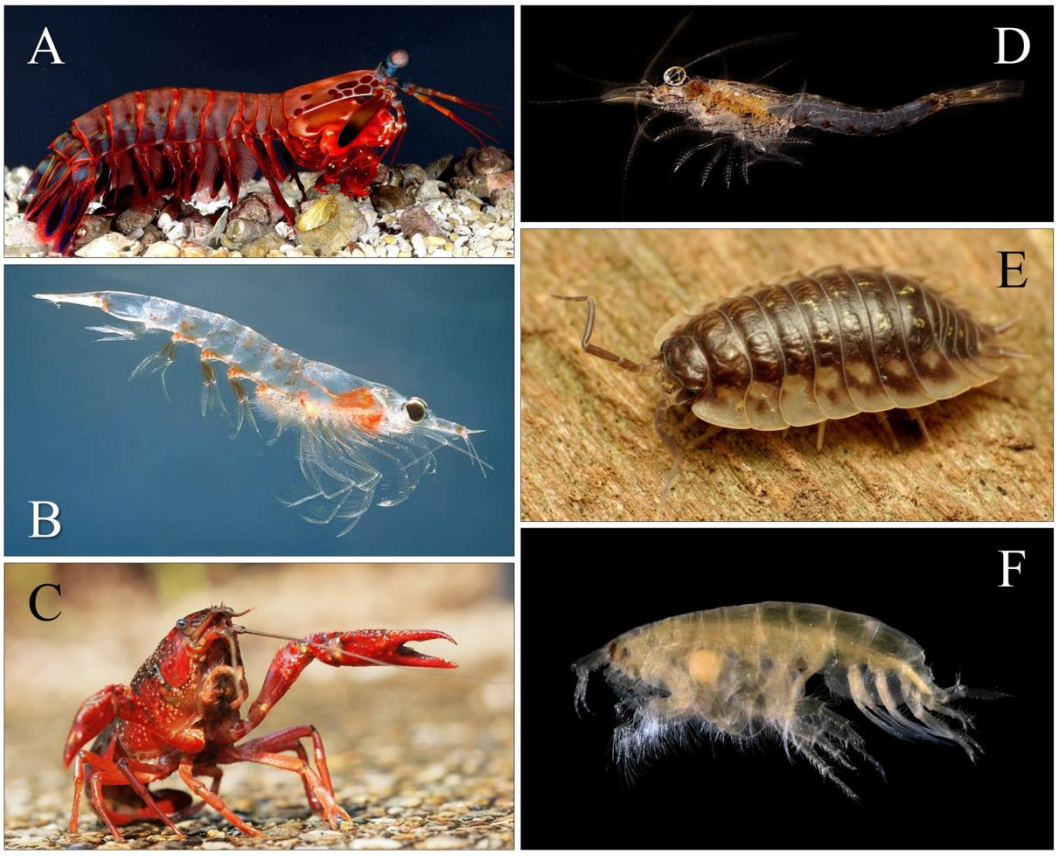
Méretük rendkívül változatos, a néhány tized mm-től a több mint 1 m-ig terjed. Hátpajzsuk (carapax) kiterjedése változó, egyeseknél (pl. maradványrákok, költőtáskás rákok)

redukált vagy teljesen hiányzik. Törzsük fix számú szelvényből épül fel, torukat rendre 8, potrohukat pedig ősileg 7, egyébként 6 szelvény alkotja (6.4.19. ábra). Fejük egy vagy több torszelvénnyel összeolvadva jellemzően fejtort (cephalothorax) képez. Valamennyi törzsszelvényük (a potrohot is beleértve) hordoz végtagokat. Az elülső (1-3.) torszelvények végtagjai rendszerint a szájszerveket segítő állkapcsi lábakká (maxillopodia) módosultak, míg a hátulsó torszelvények végtagjai a mozgásban, légzésben és/vagy táplálékszerzésben vesznek részt. A potroh végtagjai rendszerint kétágú úszólábak (6.4.19. ábra). Az utolsó (6.) szelvény végtagja rendszerint ún. farokláb (uropodium), amely a lapos faroklebennyel (telson) együtt gyakran farokúszót képez (6.4.19. ábra). A hímek elülső potrohlábai gyakran spermatranszfert segítő **párzólábak**ká (**gonopodia**) módosultak. Többnyire nincs farokvillájuk (furca). Kopoltyúikat rendszerint a torlábakon, kivételesen a potrohlábakon (pl. sáskarákok, ászkarákok) hordozzák. Ivarnyílásaik (gonopórusok) helye más rákokkal ellentétben állandó, a hímivarnyílások a 8., míg a női ivarnyílások a 6. torszelvény haslemezén vagy ezen szelvények végtagjainak csípőízén (coxopodit) nyílnak. Számos csoportban a nőstények hasoldali költőerszénnyel vagy költőtáskával rendelkeznek. Kifejlett korban naupliusz szemmel nem, csupán páros összetett szemmel rendelkeznek, amelyek lehetnek nyeles- vagy ülőszemek.

6.4.27. ábra. Zoëa lárva.

A közvetett fejlődésű fajok jellemző másodlagos lárvaalakja az ún. **tövises lárva (zoëa lárva)**, amely nevének megfelelően tövises carapaxszal rendelkezik, ill. a naupliusz lárvával szemben páros összetett szeme, 2 pár torvégtagja és potroha is van már (6.4.27. ábra). Egyes csoportok tagjai a naupliusz stádiumot már a tojáson belül elérik, így a tojásból már zoëa (vagy protozoëa) lárvaként kelnek. Számos csoportban az egyedfejlődés közvetlen módon, lárvalak nélkül történik (pl. költőtáskás rákok). Mindenféle élőhelyen megtalálhatók, bár döntő többségük tengeri. Életmódjuk rendkívül változatos. Az osztály a leírt rákfajok mintegy 60%-át, azaz több mint 40 ezer fajt foglal magába. Ide tartoznak többek között a fogólábakkal

és igen jól fejlett összetett szemekkel rendelkező, ragadozó életmódú sáskarákok (Stomatopoda), a nagyrészt felszín alatti vizekben élő maradványrákok (Syncarida), a világítószervekkel (fotofórákkal) rendelkező, többnyire hatalmas rajokban mozgó világító rákok (Euphausiacea), az első pár járólábukon gyakran hatalmas ollót viselő tízlábú rákok (Decapoda), ill. a közvetlen fejlődésű költőtáskás rákok (Peracarida), mint pl. a szárazföldi élőhelyeket is meghódító ászkarákok (Isopoda) vagy a „felemás" tor- és potrohlábakkal rendelkező felemáslábú rákok (Amphipoda) (6.4.28. ábra).

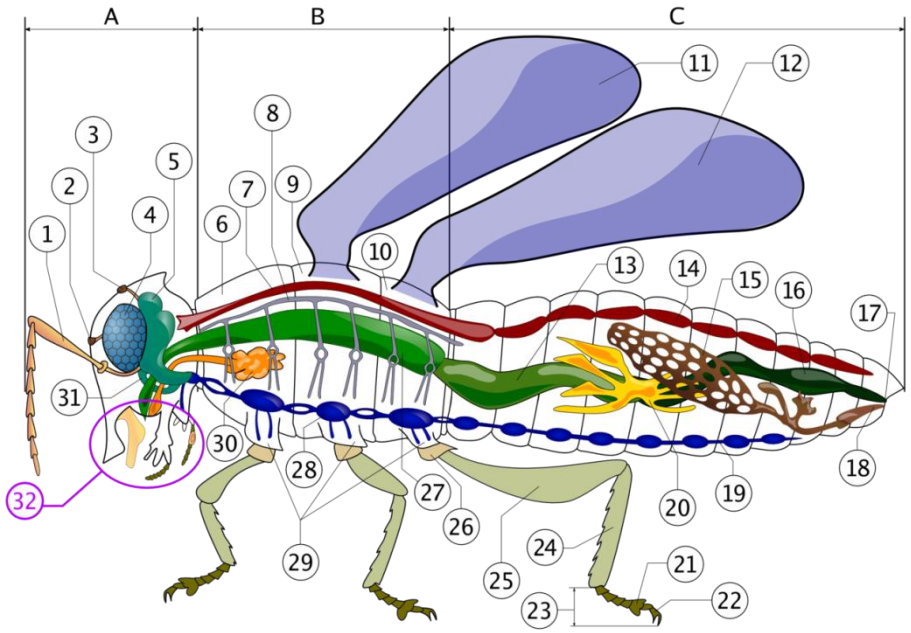


6.4.28. ábra. A felsőrendű rákok (Malacostraca) néhány reprezentatív képviselője.
A: nagy sáskarák (*Odontodactylus scyllarus*) (Stomatopoda); *B*: északi krill (*Meganyctiphanes norvegica*) (Euphausiacea); *C*: kaliforniai vörösrák (*Procambarus clarkii*) (Decapoda); *D*: egy hasadtlábú rák, a *Mysis relicta* (Mysida); *E*: foltos pinceászka (*Oniscus asellus*) (Isopoda); *F*: egy felemáslábú rák, a *Bathyporeia elegans* (Amphipoda).

6.4.4. Hatlábúak (Hexapoda)

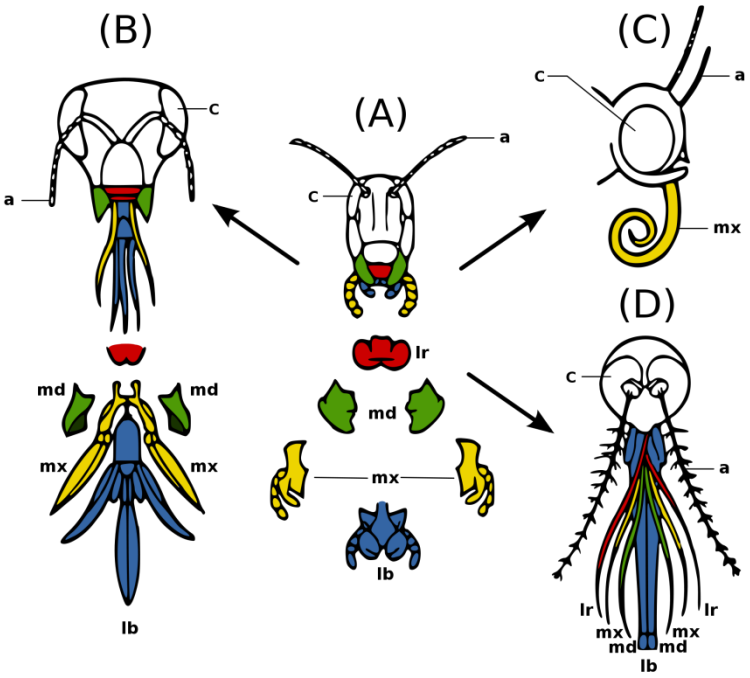
Méretük igen változatos, a néhány tized mm-től a 35 cm-ig terjed. Testük 3 fő testtájra, fejre (caput), torra (thorax) és potrohra (abdomen) tagolódik (6.4.29. ábra). Mindössze egyetlen csáppárral (antenna) rendelkeznek, amely a rákok 1. pár csápjával homológ. A csáp részei a csápnyél/-tőíz (scapus), sarokíz (pedicellus), ill. a másodlagosan további ízekre tagolódó csápostor (flagellum). A csápok rendkívül sokfélé lehetnek, a főbb típusok közé tartozik a fonalas, fésűs, bunkós, lemezes és tollas csáp. Szemeik a többi

ízeltlábúhoz hasonlóan kétfélék, a fejtetőn helyezkedik el a rendszerint 3 pontszem (ocellus), az összetett szemek (oculi) pedig a fej két oldalán (6.4.3. ábra). Szájszervük a Mandibulata alapszabásnak megfelelően trignath, páros rágóból (mandibula) és állkapocsból (maxilla), valamint a második állkapocspár részleges összeolvadásából származó páratlan **alsó ajak**ból (**labium**) áll (6.4.30. ábra). Az állkapocs és az alsó ajak alapfelépítése „még" az ősi kétágú ízeltlábú végtag alapszabás szerint alakul, az exo- és endopoditnak a külső, ill. belső karéjok felelnek meg. A végtag eredetű szájszervekhez járul még a páratlan **felső ajak (labrum)** és a **nyelv (hypopharynx)**. Szájszervük alaptípusa a rágó szájszerv, ennek azonban számos módosulata alakulhat ki, így beszélhetünk nyaló-, nyaló-szívó-, ill. szúró-szívó szájszervről (6.4.30. ábra).



6.4.29. ábra. Egy nőstény rovar (Insecta) általános testszerveződése. *A*. fej (caput); *B*. tor (thorax); *C*. potroh (abdomen); *1*. csáp (antenna); *2-3*. pontszemek (ocelli); *4*. összetett szem (oculus); *5*. agydúc; *6*. előtor (prothorax); *7*. artéria; *8*. tracheacsövek; *9*. középtor (mesothorax); *10*. utótor (metathorax); *11-12*. elülső és hátulsó szárnyak; *13*. középbél; *14*. szív; *15*. petefészek (ovárium); *16*. utóbél; *17*. végbélnyílás (anus); *18*. női ivarjárat; *19*. potroh idegdúcai; *20*. Malpighi-edények; *21*. lábfejíz; *22*. karmok; *23*. lábfej (tarsus); *24*. lábszár; (tibia); *25*. comb (femur); *26*. tompor (trochanter); *27*. előbél; *28*. tor idegdúcai; *29*. csípő (coxa); *30*. nyálmirigy; *31*. garatalatti dúc; *32*. szájszerv (felső ajak, rágók, állkapcsok, alsó ajak).

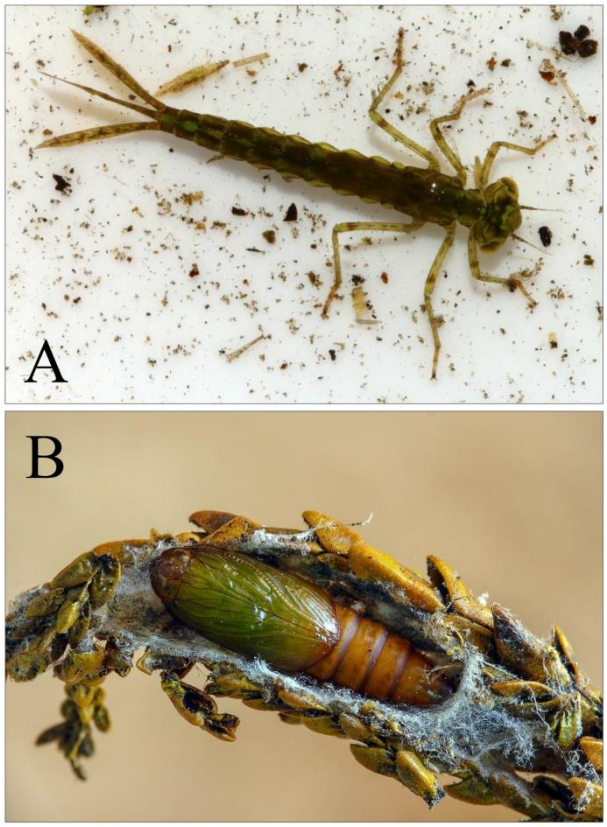
A torszelvények száma mindig 3, ezek az **elő- (pro-)**, **közép- (meso-)** és **utótor (metathorax)**. Nevüknek megfelelően valamennyi torszelvényükön 1-1 pár láb található (*hexapoda* = „hatlábúak"). A lábak 5 ízből állnak, ezek a csípő (coxa), tompor (trochanter), comb (femur), lábszár (tibia) és lábfej (tarsus) (6.4.2., 6.4.29. ábrák). A lábfej általában tagolt, de legfeljebb 5 ízű. A járóláb mint alap lábtípus az életmód függvényében ugró-, ásó-, úszó-, fogó- vagy gyűjtőlábbá módosulhat.



6.4.30. ábra. Rovarok (Insecta) főbb szájszerv típusai. *A*. rágó szájszerv (pl. sáskák); *B*. nyaló szájszerv (pl. méhek); *C*: nyaló-szívó szájszerv (pl. lepkék); *D*. szúró-szívó szájszerv (pl. szúnyogok); *a*. csáp (antenna); *c*. összetett szem; *lb*. alsó ajak (labium); *lr*. felső ajak (labrum); *md*. rágók (mandibulae); *mx*. állkapcsok (maxillae); *hp*. nyelv (hypopharynx).

6.4.31. ábra. A szárnyak alakulása a szárnyas rovaroknál (Pterygota). *A*: ősileg a rovarok mindkét pár szárnya hártyás, ahogyan a képen látható szitakötőnél is; *B*: számos rovarnál, mint pl. bogaraknál az elülső szárnyak a hátulsókat védő fedőszárnyakká módosultak; *C*: néhány csoportnál az egyik pár szárny csökevényes vagy hiányzik, mint pl. a kétszárnyúaknál, ahol a hátulsó szárnyak ún. billérré redukálódtak (*nyíl*), amely az egyensúlyozásban játszik szerepet; *D*: egyes rovaroknál, mint pl. a hangyák dolgozóinál mindkét szárnypár teljesen hiányzik.

1-1 pár **szárny**uk (ha van) a közép- és utótoron ered (6.4.29. ábra). A szárnyak elsődlegesen hártyásak, de az elülső pár lehet keményebb, átlátszatlan fedő jellegű szárny (tegmen) (pl. fülbemászók, egyenesszárnyúak, csótányok), a tövi részén erősebben szklerotizált félfedő (hemielythrum) (poloskák) vagy kemény szárnyfedő (elythrum) (bogarak) (6.4.31. ábra A-B). Az egyik pár szárny módosulhat érzékszervvé (billérré) (pl. kétszárnyúak), ill. egyik vagy mindkét pár elcsökevényesedhet, esetleg hiányozhat is (pl. hangyák dolgozói, bolhák, tetvek) (6.4.31. ábra C-D). Számos csoportnál a szárnyakat repülés közben egy kapcsolószerkezet tartja össze, így az elülső és hátulsó szárnypár egyetlen egységként működik (funkcionális kétszárnyúság). A szárnyak nem végtag eredetűek, hanem a kutikula kitüremkedései, kitinkettőzetek, amelyeket a tracheacsövekkel átjárt, üreges erek feszítenek ki és merevítenek. A szárnyakon hosszanti- és haránterekt, valamint az erek között sejteket különböztetünk meg. A főbb hosszanti erek (elölről-hátrafelé) a szegélyér (costa), szegélyalatti ér (subcosta), sugárér (radius), középér (media), könyökér (cubitus), ill. a végső (analis) erek. A szárnyerezet alakulásának fontos szerepe van a rendszerezésben.



6.4.32. ábra. A rovarok (Insecta) különböző egyedfejlődési stádiumai.
A: egy szitakötő vízben élő nimfája; *B*: egy lepke bábja.

Potrohuk 12 embrionális szelvényből formálódik, azonban az imágókon legfeljebb csak 11 potrohszelvény ismerhető fel. A potroh a ma élő hatlábúaknál fejlett végtagokat sosem hordoz, rajta legfeljebb páros **farcsuták (styli)** lehetnek, míg az utolsó (11.) potrohszelvényen gyakran páros, szintén végtag eredetű, elsődlegesen tapogatásra szolgáló

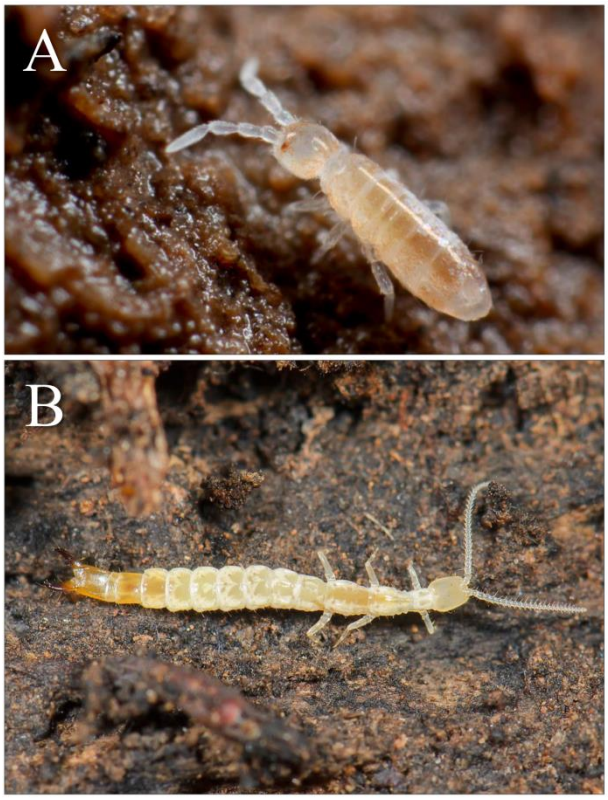
fartoldalék (cercus) található. A különféle, ugyancsak végtag eredetű ivarfüggelékek (pl. a nőstények tojócsövét alkotó ivarlécek) (ha vannak) a 8-9. potrohszelvényeken helyezkednek el. Egyeseknél a potrohon további, nem végtag eredetű függelékek, pl. páratlan végfonál (filum terminale), a vízi lárváknál tracheakopoltyúk, stb. is előfordulhatnak. Faroklebenyük (telson) a félrovarok (Protura) kivételével erősen redukált. Légzésük légcsövekkel (trachecsövekkel) történik, a légzőnyílások (stigmata) elsődlegesen a közép- és utótoron, valamint az 1-8. potrohszelvényeken találhatók. Kiválasztószerveik Malpighi-edények (6.4.29. ábra).

Csaknem kizárólag váltivarúak. A párzás során rendszerint direkt spermatranszfer történik. Megtermékenyítésük többnyire belső. Egyes csoportoknál gyakori a szűznemzés (parthenogenezis). Egyedfejlődésüknek három alaptípusa fordul elő. Az ősi, elsődlegesen szárnyatlan rovarokra jellemző ún. **apterygota típusú közvetlen fejlődés** során a lárva és az imágó között nincs jelentős küllemi eltérés, előbbi csupán kisebb és ivarszervei fejletlenek. A közvetett fejlődés két alapesete közül az egyik az ún. **exopterygota típusú fejlődés**, amelyre a tojás-lárva-nimfa-imágó alaksor jellemző. A szárnyak a nimfa stádiumokban szárnykezdemények formájában kívülről jól láthatóak, erre utal az exopterygota elnevezés. Ha a juvenilis alakok a szárazföldön élnek, és nagyrészt hasonlóak az imágókhoz, csupán kisebb méretűek, ill. szárnyaik és ivarszerveik még fejletlenek, akkor az egyedfejlődés neve **kifejlés (paurometabolia)** (pl. egyenesszárnyúak, szipókások, stb.). Ha a juvenilis alakok vízben élnek, így csak rájuk jellemző szerveik (pl. tracheakopoltyúik) is vannak, és az utolsó stádiumú nimfa a vedlése során jelentős morfológiai és életmódbeli változáson megy keresztül (mintegy „átváltozik"), akkor az egyedfejlődés neve **átváltozás (hemimetabolia)** (pl. kérészek, szitakötők) (6.4.32. ábra A). A közvetett fejlődés másik alapesete az ún. **endopterygota típusú fejlődés**. Ez a **teljes átalakulás (holometabolia)**, amelyre a tojás-lárva-**báb**-imágó alaksor jellemző (pl. hártyásszárnyúak, bogarak, lepkék, kétszárnyúak) (6.4.32. ábra B). A szárnykezdemények a lárvastádiumokban mindig mélyen a kutikula alatt találhatók, kívülről nem láthatóan, erre utal az endopterygota elnevezés. A szárnyak az ún. **imaginális korongok**ból a báb stádium alatt, a metamorfózis során fejlődnek ki. A lárvák testfelépítése és többnyire életmódja is jelentősen eltér az imágókétól. A bábstádiumban a lárvális szervek nagy része lebomlik, és újonnan alakulnak ki az imágó szervei. Fejlődésük a félrovarok (Protura) kivételével szelvénytartó fejlődés (epimorfózis). Ivarérettségük elérése után többnyire már nem vedlenek. Elsődlegesen (és többségében) szárazföldiek, de másodlagosan lehetnek víziek is. Életmódjuk rendkívül változatos. Az ízeltlábúak legsikeresebb csoportja, az eddig leírt fajaik száma meghaladja az 1 milliót, vagyis az összes állatfaj kb. 80%-a közéjük tartozik. Két fő ágát az előrovarok (Parainsecta) és a valódi rovarok (Insecta) alkotják.

6.4.4.1. Előrovarok (Parainsecta v. Entognatha)

Elsődlegesen szárnyatlan, többségében apró termetű (<10 mm) hatlábúak. Szájszerveik a valódi rovaroktól eltérően a fejtokon belül ízesülnek (**entognathia**), és abba mélyen behúzhatók. Rágójuk (mandibula) a fejtokhoz egyetlen bütyökkel ízesül. Az utolsó íz kivételével minden csápízük saját izomzattal rendelkezik. Lábfejeik (tarsi) nem ízeltek. Összetett szemeik (oculi) csökevényesek (Collembola) vagy hiányoznak (Protura, Diplura). Többségüknél (Protura, Collembola) a trachearendszer részben vagy teljesen redukált. Malpighi edényeik csökevényesek vagy hiányoznak.

Egyedfejlődésük apterygota típusú közvetlen fejlődés. Ide tartoznak a vak és csáp nélküli, elülső torlábukat tapogatásra használó félrovarok (Protura), az ugróvillájuk (furcula) segítségével erőteljes ugrásokra képes ugróvillások (Collembola), ill. a félrovarokhoz hasonlóan vak, potrohuk végén fonál- vagy fogószerű fartoldalékot (cercus) viselő lábaspotrohúak (Diplura) (6.4.33. ábra).

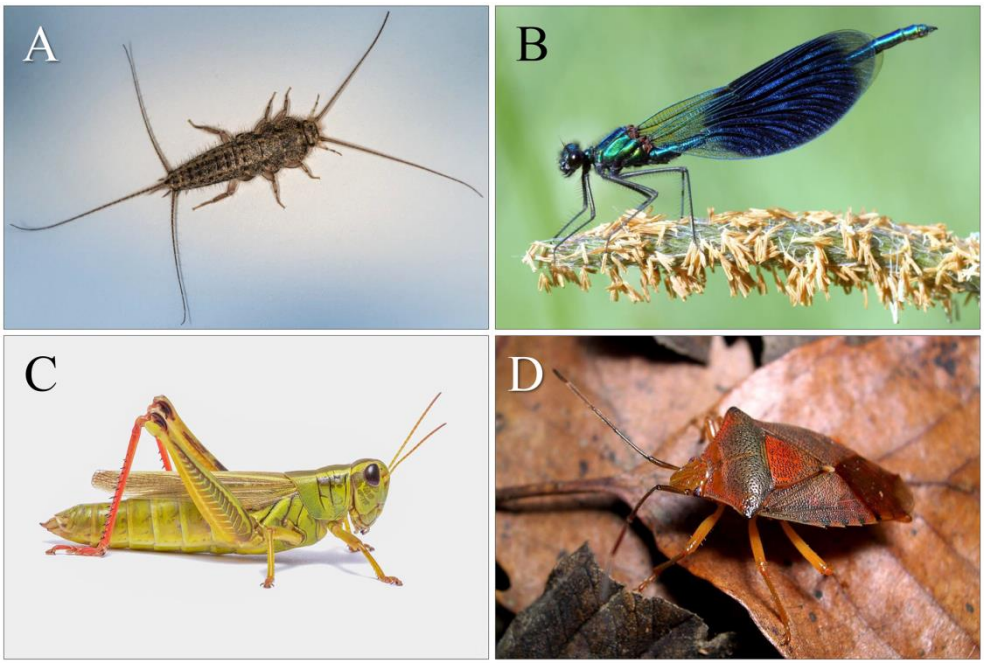


6.4.33. ábra. Az előrovarok (Parainsecta) egy-egy képviselője.
A: egy ugróvillás, a *Heteromurus nitidus* (Collembola);
B: egy be nem azonosított lábaspotrohú (Diplura).

6.4.4.2. Valódi rovarok (Insecta v. Ectognatha)

Szájszerveik a Hexapoda alapszabásnak megfelelően a fejtok külső részén ízesülnek (ectognathia). Rágójuk (mandibula) a fejtokhoz az ugró ősrovarok (Archaeognatha)

kivételével két bütyökkel ízesül. Csápjaik ún. **ostorcsápok**, azaz csak a tőízükben (scapus) található izom. A csáp sarokízében (pedicellus) helyezkedik el a **Johnston-féle szerv**, amely a légmozgás- és helyzetérzékelés szerve, ill. néha hallószerv is. Lábfejeik (tarsi) másodlagosan ízeltek, elsődlegesen 5 ízből állnak. Az ősibb csoportoknál a potrohvégen páratlan, nem végtag eredetű **végfonál (filum terminale)** található. A nőstények gyakran jól fejlett **tojócső**vel (**ovipositor**) rendelkeznek.



6.4.34. ábra. A valódi rovarok (Insecta) néhány ősibb ágának egy-egy képviselője.
A: egy pikkelyke, a *Ctenolepisma lineata* (Zygentoma); *B*: sávos szitakötő (*Calopteryx splendens*) (Odonata); *C*: vöröslábú sáska (*Melanoplus femurrubrum*) (Orthoptera); *D*: egy poloska, az *Acanthosoma denticauda* (Heteroptera).

Egyedfejlődésük módja változatos (apterygota-, exopterygota- vagy endopterygota típusú fejlődés). A hatlábú fajok döntő többsége (>99%) ide tartozik. Legősibb képviselőik az az elsődlegesen szárnyatlan ugró ősrovarok (Archaeognatha) és pikkelykék (Zygentoma) (6.4.34. ábra A), az összes többi rovar a szárnyas rovarok (Pterygota) közé tartozik. Utóbbin belül négy ág különíthető el, ezek a Palaeoptera, Polyneoptera, Paraneoptera és a Holometabola, azaz a teljes átalakulású rovarok. A Palaeoptera képviselői a kérészek (Ephemeroptera) és a szitakötők (Odonata) (6.4.34. ábra B), amelyek közös jellemzője, hogy az összes többi szárnyas rovarral (Neoptera) ellentétben szárnyaikat nem tudják a potrohukra hajtani. A Polyneoptera kládba tartoznak többek között az álkérészek (Plecoptera), fülbemászók (Dermaptera), a szöcskéket, tücsköket és sáskákat magába foglaló egyenesszárnyúak (Orthoptera) (6.4.34. ábra C), a botsáskák (Phasmatodea), fogólábúak (Mantodea) és a csótányok (Blattodea), leszármazottjaikat, a termeszeket (Termitoidae) is beleértve. A Paraneoptera kládba tartoznak többek között a tetvek (Phthiraptera), tripszek (Thysanoptera), poloskák (Heteroptera) (6.4.34. ábra D), kabócák (Auchenorrhyncha) és

növénytetvek (Sternorrhyncha). A recens rovarfajok több mint 80%-át magába foglaló Holometabola klád legnagyobb rendjei a darazsakat, méheket és hangyákat magába foglaló hártyásszárnyúak (Hymenoptera), a lepkék (Lepidoptera), bogarak (Coleoptera), valamint a szúnyogokat és legyeket tartalmazó kétszárnyúak (Diptera) (6.4.35. ábra).

6.4.35. ábra. A valódi rovarok (Insecta) négy legfajgazdagabb rendjének egy-egy képviselője. *A*: német darázs (*Vespula germanica*) (Hymenoptera); *B*: egy bűzpille, a *Danaus genutia* (Lepidoptera); *C*: aranyos futrinka (*Carabus auratus*) (Coleoptera); *D*: egy maláriaszúnyog, az *Anopheles minimus* (Diptera).

Ellenőrző kérdések

1. Miről kapták nevüket a vedlőállatok (Ecdysozoa)?
2. Mi a vedlőállatok három fő ága, és melyek az ezekbe tartozó főbb törzsek?
3. Milyen életmódot folytatnak a húrférgek (Nematomorpha)?
4. Mik a fonálférgek (Nematoda) legfontosabb közös jellegei?
5. Mi a fonálférgek két osztálya, és mik ezek között a főbb különbségek?
6. Mi jellemzi a medveállatkákat (Tardigrada)?
7. Mik az ízeltlábúak (Arthropoda) legfontosabb közös jellegei?
8. Milyen testtájakra tagolódik az ízeltlábúak teste?
9. Mi az ízeltlábúak négy altörzse, és ezek milyen rokonsági viszonyban állnak egymással?
10. Mikben különböznek a csáprágósok (Chelicerata) az összes többi ízeltlábútól?
11. Mi a csáprágósok három osztálya, és mik ezek legfontosabb jellemzői?
12. Mi jellemzi a soklábúakat (Myriapoda)?
13. Mi a soklábúak négy osztálya, és mik ezek legfontosabb jellemzői?

14. Milyen ősi jellegek jellemzik a rákokat (Crustacea)?
15. Mik jellemzik a rákok végtagjait? Milyen funkciókat tölthetnek be?
16. Mi a rákok hét osztálya, és mik ezek legfontosabb jellemzői?
17. Milyen rokonsági viszonyban állnak a rákok és a hatlábúak (Hexapoda)?
18. Mik a hatlábúak legfontosabb származtatott jellegei?
19. Hogyan, mely részekből épül fel a hatlábúak szájszerve?
20. Mi jellemzi a szárnyas rovarok (Pterygota) szárnyait? Hogyan, mivé módosulhatnak ezek?
21. Milyen egyedfejlődési típusok jellemzik a hatlábúakat?
22. Mi a hatlábúak két osztálya, és mik ezek között a legfontosabb különbségek?
23. Mik a valódi rovarok (Insecta) főbb ágai?

7. Újszájúak (Deuterostomia) jellemzői és csoportjai

Az ősszájúakkal (Protostomia), azaz a spirális barázdálódású állatokkal (Spiralia) és a vedlőállatokkal (Ecdysozoa) ellentétben szájnyílásuk a tápcsatorna ősszájnyílással (blasztopórus) ellentétes oldalán alakul ki az egyedfejlődésük során (*deuterostomia* = „másodszájúak") (3.7. ábra). Testüregük másodlagos testüreg (eucölóma), a testüregzacskók az ősbélről (archenteron) fűződnek le (enterocölia) (3.7. ábra). Számos csoportban (pl. tüskésbőrűek, gerincesek) jellemző a mezodermális eredetű belső váz (endoszkeleton). Központi idegrendszerük hosszanti idegtörzsei jellemzően a háti (dorzális) oldalon húzódnak. Ha a petebarázdálódásuk teljes, akkor jellemzően radiális típusú.

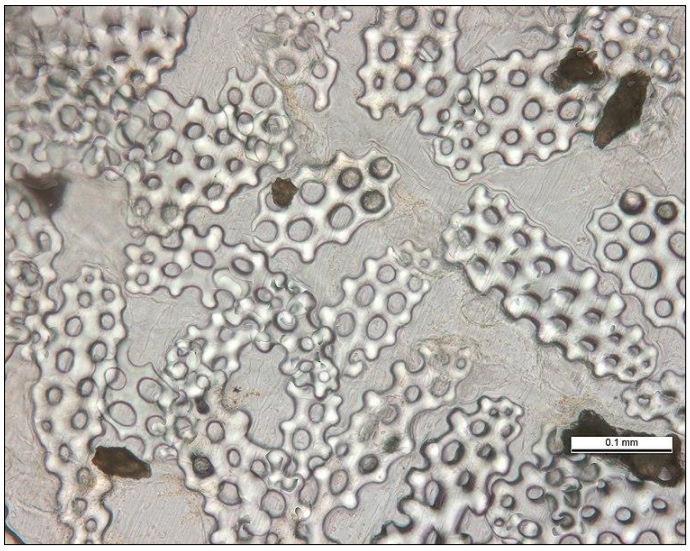
Két fő ágát az Ambulacraria és a gerinchúrosok (Chordata) képezik (3.13. ábra). Az alábbiakban csak a főbb törzseik jellemzésére térünk ki.

7.1. Tüskésbőrűek (Echinodermata)

Rövid jellemzés: Másodlagosan ötsugaras (pentaradiális) szimmetriát mutató, belső vázzal, változékony kötőszövettel és egy igen sajátos, a táplálkozásban, mozgásban, légzésben, stb. szerepet játszó csatornarendszerrel (ún. vízedényrendszerrel) rendelkező, kizárólag tengerekben élő állatok.

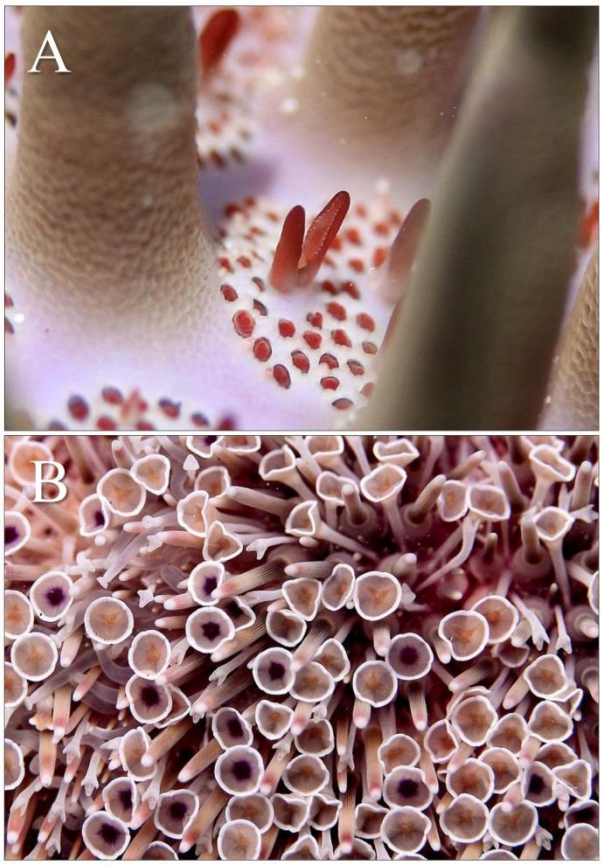
Etimológia: A görög *ekhinos* (sün) és *derma* (bőr) szavak összetételéből, tüskés kültakarójukra utalva, bár ez kifejezetten csak a tengeri sünök jellemzője.

Testméret: Méretük igen változatos, a néhány mm-től a mintegy 3 m-ig terjed.

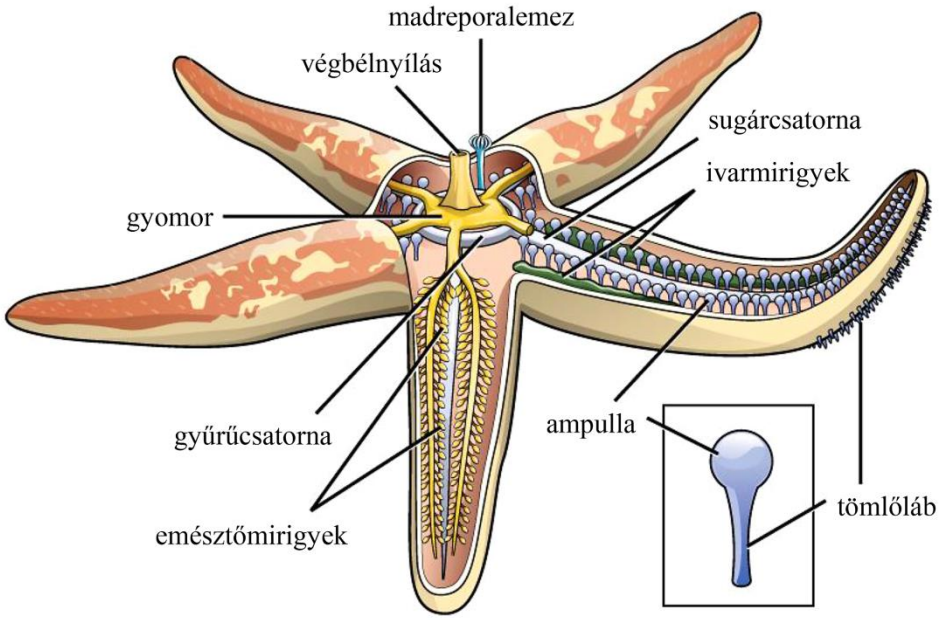


7.1.1. ábra. Tengeri uborka (*Apsolidium falconerae*) mészelemei (ossicula).

Morfológia: Kifejlett korban **ötsugaras (pentaradiális) szimmetriá**t mutatnak, amely a helytülő (szesszilis) életmód következtében alakult ki. Egyesek (pl. szabálytalan tengeri sünök, tengeri uborkák) másodlagosan kétoldali (bilaterális) szimmetriájúak. Belső (dermális) vázzal rendelkeznek, amely különféle alakú és nagyságú **mészelemek**ből (**ossiculumok**) épül fel (7.1.1. ábra). Ezek a karral rendelkező tüskésbőrűeknél mozgathatóan kapcsolódnak egymáshoz, a tengeri sünöknél merev tokká forrtak össze, míg a tengeri uborkáknál szórtan, egymástól távol helyezkednek el. A törzs nevét adó tüskék (ha vannak) az egyes mészelemekhez ízületesen kapcsolódnak. A tüskék mérete, alakja, szerkezete igen változatos, néha méregmirigyekkel állnak kapcsolatban. Egyesek (pl. tengeri csillagok, tengeri sünök) testfelszínén saját izomzattal, idegekkel és receptorokkal rendelkező, a védekezésben, táplálékszerzésben, ill. a test tisztántartásában szerepet játszó függelékek, ún. **pedicellária**k találhatók (7.1.2. ábra). Kötőszövetük szilárdságát más állatoktól eltérően gyorsan és igen nagy mértékben tudják változtatni. Testüregük hármas tagoltságot (proto-, mezo- és metacöl) mutat, és bonyolult lefutású járatrendszert képez.



7.1.2. ábra. Tüskésbőrűek (Echinodermata) különböző pedicellária i.
A: töviskoronás tengericsillag (*Acanthaster planci*) ollós típusú pedicellária ja a tüskék között;
B: virágos tengerisün (*Toxopneustes pileolus*) méregmirigyes pedicellária i.



7.1.3. ábra. Tengeri csillag (Asteroidea) belső testszerveződése.

A testüreg részét képezi a mezocöl bal oldali üregéből létrejövő **vízedényrendszer (ambulakrális rendszer)**, amelynek elsődleges funkciója a táplálékgyűjtés és -szállítás, de a legtöbb ma élő csoportban a helyváltoztatásban, légzésben, kiválasztásban, stb. is fontos szerepe van (7.1.3. ábra). A vízedényrendszerben testüregfolyadék kering, ami összetételét tekintve hasonló a környező tengervízhez, de többek között cölomocitákat, fehérjéket és nagy koncentrációban káliumionokat is tartalmaz. A vízedényrendszer elemei az előbél körül futó **gyűrűcsatorna**, az ebből kiinduló meszes falú **kőcsatorna**, a gyűrűcsatornából sugárszerűen szétágazó 5 (vagy több) **sugárcsatorna**, és az egyes sugárcsatornákról leágazó, általában tapadókorongos **tömlőlábak (ambulakrális lábak)**, tövükön az **ampullák**nak nevezett izmos zsákocskákkal. A tömlőlábak, amelyek tüskésbőrűek többségénél a helyváltoztatás szervei kinyújthatóak és visszahúzhatóak, aszerint, hogy az ampullákból testüregfolyadékot préselnek beléjük vagy pedig azt belőlük visszaszívják. A legtöbb tüskésbőrűnél a körcsatornán ún. **Poli-féle hólyagok** helyezkednek el, amelyek a többletfolyadékot tárolják, amikor egyszerre húzzák vissza az összes tömlőlábukat. A kőcsatorna a protocöl bal oldali üregéből létrejövő ún. axiális hólyagba torkollik, amely egy szitaszerű szűrőlemez, az ún. **madreporalemez** pórusain keresztül közvetlen kapcsolatban áll a környező tengervízzel. Véredényrendszerük lakunáris, szívük nincsen. A szintén a protocöl bal oldali üregéből létrejövő **axiális szerv**ük feltehetőleg a cölomociták képzéséért felelős. Légzőszerveik változatosak. Elkülönült kiválasztószervvel nem rendelkeznek. Idegrendszerük decentralizált, és hármas tagoltságot mutat (ektoneurális, hiponeurális és aborális idegrendszer).

Életmód: Többségük váltivarú, a megtermékenyítés külső. Egyes fajok utódgondozók. Egyedfejlődésük közvetett. Lárváik, amelyek a kifejlett alakokkal szemben kétoldali (bilaterális) szimmetriájúak az Ambulacraria klád alapszabásához tartozó, ősi **dipleurula lárvatípus**ból vezethetők le. A legtöbb faj lárvája szikszegény petéből fejlődő, aktívan

táplálkozó planktotróf típusú lárva, ilyen a tengeri csillagok csillósávos lebennyel rendelkező **bipinnaria lárvá**ja, a tengeri uborkák kiterjedt csillósávos **auricularia lárvá**ja, ill. a kígyókarú csillagok és tengeri sünök mészpálcákkal támasztott csillós karokkal rendelkező **pluteus lárvá**ja (7.1.4. ábra). A tengeri liliomok hordó alakú, csillósávos **vitellaria lárvá**ja szikben gazdag petéből fejlődő, így már nem táplálkozó lecitotróf lárvatípus, hasonlóan a tengeri uborkák auricularia lárvából fejlődő **doliolaria lárvájá**hoz. Igen jó regenerációs képességgel rendelkeznek, elvesztett testrészeiket képesek visszanöveszteni. Kizárólag tengeriek, többségük aljzatlakó (bentikus). Elsődlegesen helyülők, másodlagosan (és többségében) szabadon mozgók. Táplálkozásmódjuk igen változatos, szűrögetők, törmelékevők, növényevők, ragadozók vagy dögevők egyaránt lehetnek.

7.1.4. ábra. Tengeri sün (*Clypeaster subdepressus*) pluteus típusú lárvája (echinopluteus).

Diverzitás: Mintegy 7.500 recens és 13 ezer fosszilis fajuk ismert.

Jelentőségük az ember számára: A tengeri sünök és tengeri uborkák számos faját fogyasztják. Egyes tengeri sünök (pl. *Arbacia punctulata*) és tengeri csillagok (pl. *Patiria pectinifera*) a fejlődésbiológia fontos modellszervezetei.

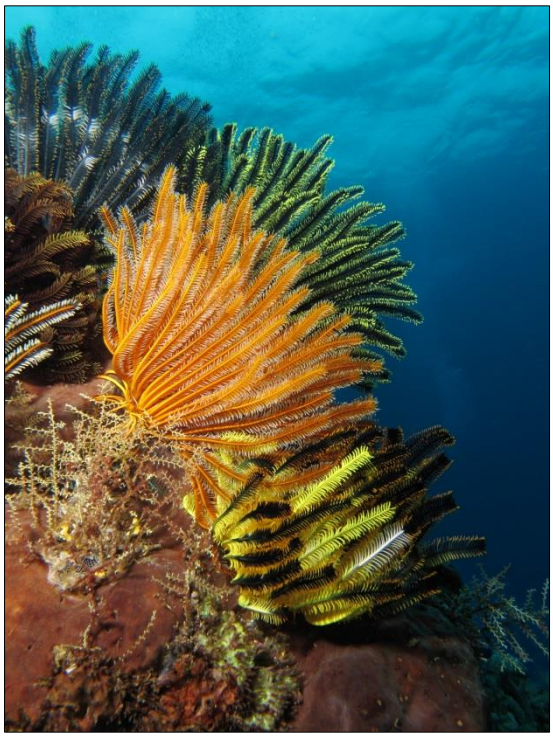
Rokonsági viszonyok: Az Ambulacraria kládon belül a félgerinchúrosok (Hemichordata) testvércsoportját képezik (3.13. ábra).

Rendszer: A törzsön belül két altörzset különítenek el, ezek a Crinozoa és az Eleutherozoa. Előbbibe tartoznak a tengeri liliomok (Crinoidea), míg utóbbiba (1) a karral rendelkező tüskésbőrűek, azaz a tengeri csillagok (Asteroidea) és a kígyókarú csillagok (Ophiuroidea), ill. (2) a karnélküli tüskésbőrűek, azaz a tengeri sünök (Echinoidea) és a tengeri uborkák (Holothuroidea).

7.1.1. Crinozoa

A legősibb tüskésbőrűek. Karokkal vagy cimpaszerű kinövésekkel (brachiolusokkal) rendelkeznek. Szájnyílásuk felfelé néz. Tömlőlábaik az Eleutherozoa képviselőivel szemben nem mozgásszervek, hanem a táplálékgyűjtést végzik.

Elsődlegesen helytülő (szesszilis), másodlagosan szabadon mozgó életmódot folytatnak. Az összes többi recens tüskésbőrű csoportot magába foglaló Eleutherozoa nélkül nem képez monofiletikus egységet.



7.1.5. ábra. Nyeletlen tengeri liliomok (Crinoidea).

7.1.1.1. Tengeri liliomok (Crinoidea)

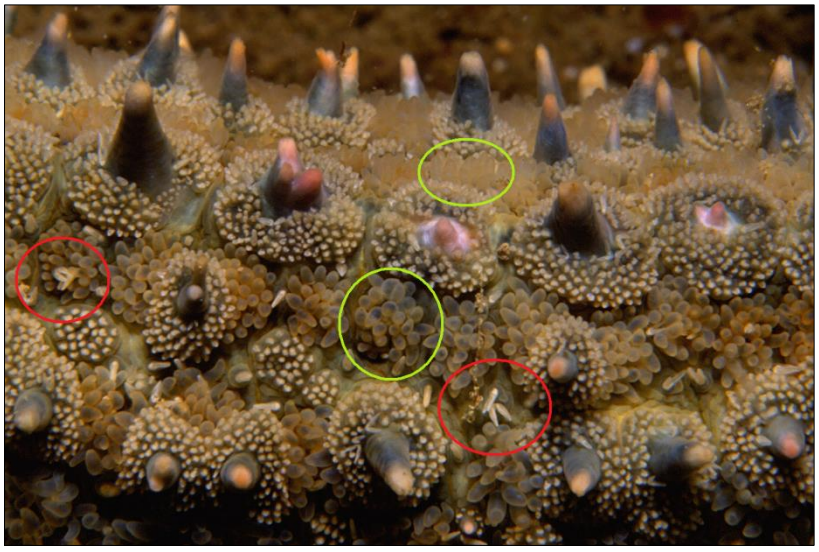
Az altörzs egyetlen recens csoportja. Testük hosszabb vagy rövidebb **nyél**re, **kehely**re (**calyx**) és **karok**ra különül (helytülők), de a nyél másodlagosan hiányozhat is (szabadon mozgók). A kehely a nyélhez a háti (aborális) végével csatlakozik. A karok száma elsődlegesen 5, de ezek további ágakra ágazhatnak el. Karjaik mindkét oldalán **cimpák (pinnulae)** erednek (7.1.5. ábra). A karokon húzódó és a cimpákra is kiterjedő ambulakrális árok nyitott. A karok vázelemei egymással ízületesen kapcsolódnak. Szájnyílásuk a karok között, a kehely közepén nyílik. Madreporalemezük, ill. ampulláik hiányoznak. Gyűrűcsatornájukból több kőcsatorna is kiindulhat. A gázcsere nagyrészt a tömlőlábak felszínén keresztül történik. Bálcsatornájuk U-alakú, így a végbélnyílás is a test hasi (orális) oldalán nyílik.

Lárvájuk rövid ideig szabadon úszó, majd az aljzatra letelepülő **vitellaria lárva**. A kifejlett állatok kis része helytülő, többségük szabadon mozgó. Utóbbiak karjaik segítségével mászni és úszni is képesek. Szűrögető életmódot folytatnak, a tömlőlábakan megtapadó táplálékszemcsék szájnyíláshoz való továbbítását az ambulakrális árok alján húzódó csillósáv végzi. Mintegy 600 fajuk ismert.

7.1.2. Eleutherozoa

Rendelkezhetnek karokkal, de ezek hiányozhatnak is. Szájnyílásuk a tengeri liliomoktól eltérően lefelé, azaz az aljzat felé néz. Végbélnyílásuk (anus) (ha van) a háti (aborális) oldalon található. Az elsősorban mozgásszervként funkcionáló tömlőlábaik végén a kígyókarú csillagok (Ophiuroidea) kivételével tapadókorongok találhatók. Többnyire rendelkeznek madreporalemezzel és ampullákkal is. Körcsatornájukhoz rendszerint Poli-féle hólyagok kapcsolódnak.

Rendszerint aljzatlakó (bentikus), de szabadon mozgó életmódot folytatnak.



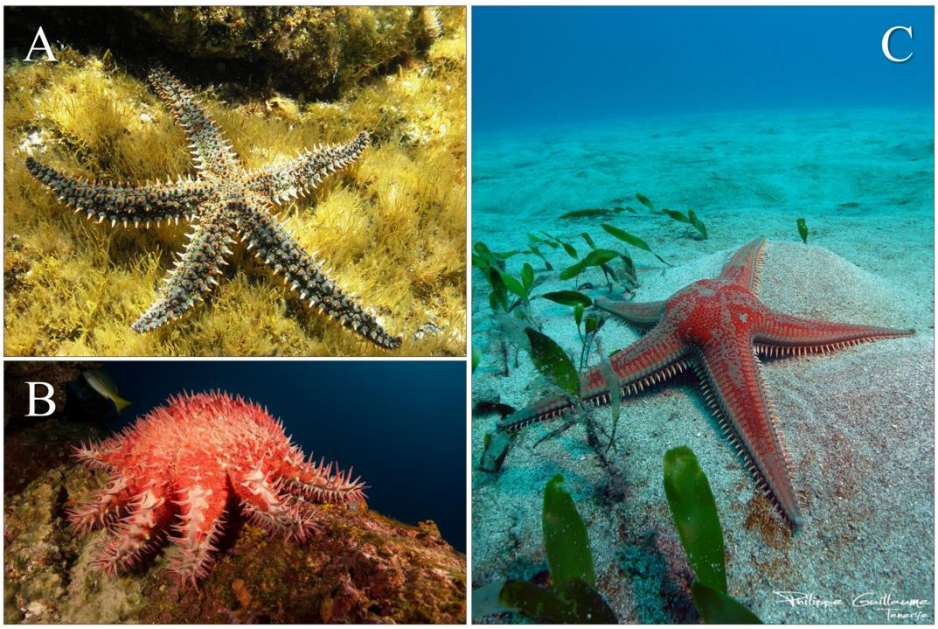
7.1.6. ábra. Osztrigafarkas (*Marthasterias glacialis*) testfelszíne a tüskékkkel, papulákkal (*zöld karika*) és ollós pedicelláriákkal (*piros karika*).

7.1.2.1. Tengeri csillagok (Asteroidea)

Testük **központi korong**ra és 5 vagy több sugárirányú **kar**ra különül (7.1.7. ábra). Általában élénk színezetűek. Testükön gyakran különböző nagyságú tüskék találhatók. Karjaikon a tengeri liliomokhoz hasonlóan nyitott ambulakrális árok húzódik. A karok vázelemei ízületesen kapcsolódnak egymáshoz. Madreporalemezük a háti (aborális) oldalon található. Ampulláik fejlettek, izmosak. Körcsatornájuk belső oldalán fagocitákat tartalmazó ún. **Tiedemann-testecskék** találhatók, amelyek feladata az idegen anyagok (pl. baktériumok) eltávolítása a madreporalemez pórusain keresztül beáramló tengervízből. Légzésük és

kiválasztásuk részben a testfal kitüremkedésein (**papulák**) (7.1.6. ábra), részben a tömlőlábak felületén keresztül történik. Az aljzatba ásó fajoknál a papulákat speciális, a végükön mozgatható tüskekoszorút hordozó ernyőszerű vázelemek (**paxillák**) védik. Gyakran rendelkeznek **pedicelláriák**kal (7.1.6. ábra). Nagyméretű, orális és aborális kamrára tagolódó gyomruk a szájnyíláson át kiölthető. A gyomor vakbélszerű függelékei (caeca), ill. ivarmirigyeik a karokba is benyúlnak (7.1.3. ábra). A karok végén fényérzékelő szervek (szemfoltok) találhatók.

Lárvájuk szabadon úszó **bipinnaria lárva**, amelyből helyhez kötött **branchiolaria lárva** fejlődik. Egyesek ivartalanul (fragmentációval) is képesek szaporodni. Többségük dögevő vagy ragadozó, egyesek törmelékevők vagy szűrögetők. Mintegy 1.700 fajuk ismert.



7.1.7. ábra. Különböző tengeri csillagok (Asteroidea). *A*: osztrigafarkas (*Marthasterias glacialis*); *B*: töviskoronás tengeri csillag (*Acanthaster planci*); *C*: narancsvörös tengericsillag (*Astropecten aranciacus*).

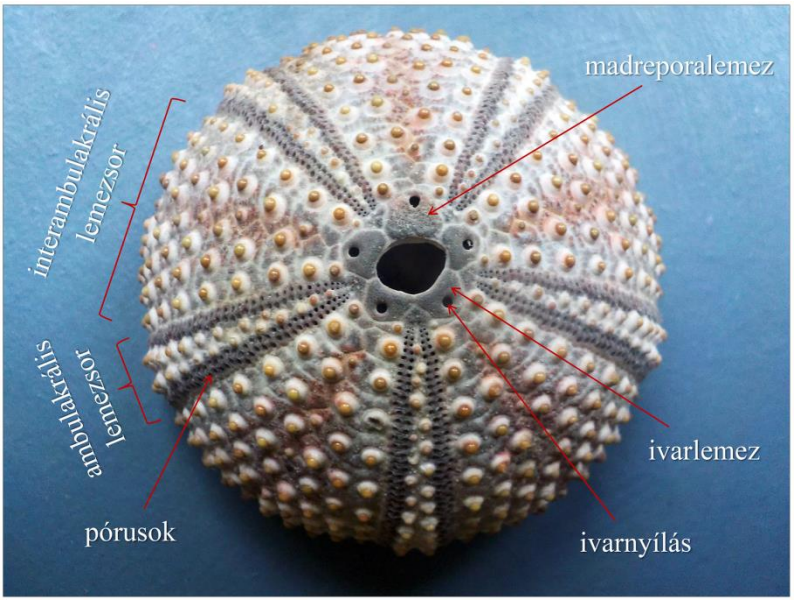
7.1.2.2. Kígyókarú csillagok (Ophiuroidea)

Testük a tengeri csillagokhoz hasonlóan **központi korong**ra és 5 (ritkán több) sugárirányú **kar**ra különül, központi korongjuk azonban kicsi, és jól elkülönül a tapogatószerű, igen mozgékony karoktól (7.1.8. ábra). Egyeseknél a karok elágaznak. Karjaikat egy orális, egy aborális és két laterális lemezsor borítja, így a karokon futó ambulakrális árok zárt. Tömlőlábaikat, amelyeken az altörzs többi tagjától eltérően nem található tapadókorong az orális és laterális lemezek között nyújtják ki. Ambulakrális lemezeik a karok belsejébe húzódva mozgékonyan kapcsolódó „**csigolyák**at” alkotnak. Madreporalemezük (ha van) a tengeri csillagokkal szemben a hasi (orális) oldalon, a szájnyílás közelében található. Ampulláik, papuláik, ill. pedicelláriáik nincsenek. Légzésük és kiválasztásuk legalább részben a testfal betüremkedésein (**bursák**) keresztül történik.

Ivarmirigyeik (gonádok) rendszerint szintén ide nyílnak. Szájüregükben 5, háromszögletű rágólemezből álló **rágókészülék** található. Gyomruk vakon végződik, így sem belük, sem végbélnyílásuk nincsen.

Számos fajuk elevenszülő (vivipár). Lárvájuk szabadon úszó **ophiopluteus lárva,** amely így is alakul át, nem telepszik le. Táplálkozásmódjuk változatos. A tüskésbőrűek legnagyobb osztálya, mintegy 2.300 fajuk ismert.

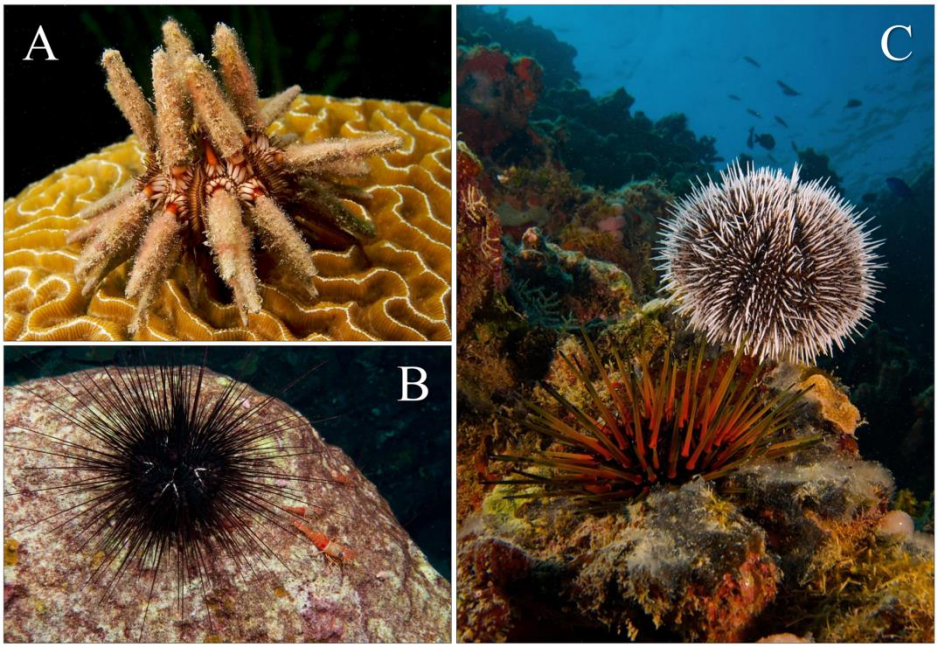
7.1.8. ábra. Kígyókarú csillagok (*Ophiothrix spiculata*).



7.1.9. ábra. Fekete tengerisün (*Arbacia lixula*) tokká összeforrt belső váza.

7.1.2.3. Tengeri sünök (Echinoidea)

Testük gömbölyded vagy hát-hasi irányban lapított. Karjaik nincsenek. Vázelemeik rendszerint összeforrtak, és egységes **tok**ot képeznek (7.1.9. ábra). Ezen a legtöbb fajnál 5×2 ambulakrális, ill. 5×2 interambulakrális lemezsor különböztethető meg, amelyek egymással váltakozva helyezkednek el. Előbbieket apró pórusok járják át, ezeken keresztül nyújtják ki tömlőlábaikat. A háti (aborális) oldalon 5 nagy, ivarnyílást hordozó terminális lemez (közülük egyik a madreporalemez) látható, amelyek a végbélnyílást hordozó anális régiót (periproct) veszik körül (7.1.9. ábra). Az aljzatba ásó életmódhoz alkalmazkodott szabálytalan sünöknél (Irregularia) a periproct hátra-, majd a hasi (orális) oldalra tolódott a végbélnyílással együtt, így testük másodlagosan kétoldalian szimmetrikussá vált. A szabálytalan sünöknél a tömlőlábak csak az orális-, ill. aborális testfelszínen találhatók meg, utóbbin sajátos, virágsziromhoz hasonló alakzatba (petalodium) rendeződve (7.1.11. ábra). Számos szabálytalan sün testét nagy, megnyúlt lyukak (lunulae) törik át, amelyek meggátolják, hogy a vízáram felfordítsa őket. Tüskéik hosszúak, mozgathatóak, és az egész testüket beborítják, alakjuk igen változatos (7.1.10. ábra). Egyeseknél a tüskék méregmirigyekkel állnak kapcsolatban. Madreporalemezük a tengeri csillagokhoz hasonlóan a háti (aborális) oldalon található. A „szabályos” sünök szájnyílását ún. szájkörüli hártya (perisztomiális membrán) veszi körül, rajta 5 pár megerősödött tömlőlábbal (bukkális lábak). Gyakran rendelkeznek **pedicelláriák**kal, amelyek lehetnek egyszerűek vagy méregmirigyesek (7.1.2. ábra).



7.1.10. ábra. Különböző „szabályos” tengeri sünök. *A*: *Eucidaris tribuloides*; *B*: *Diadema antillarum*; *C*: *Echinometra viridis* (*lent balra*) és *Tripneustes ventricosus* (*fent jobbra*).

Rágószervük, az ún. **Arisztotelész-lámpása** 5 nagy nyílhegy alakú, csúcsán fogat viselő mészlemezből áll, amelyeket speciális izmok mozgatnak. Az aljzatba ásó életmódú fajoknál a rágószerv gyengén fejlett vagy hiányzik. Légzésük nagyrészt a hasi (orális) oldalon található 5 pár szájkörnyéki **kopoltyú** segítségével történik. Többségük helyzetérzékelő szervekkel (sphaeridia) is rendelkezik.

Lárvájuk szabadon úszó **echinopluteus lárva**, amely az átalakulása előtt az aljzatra süllyed. A „szabályos" sünök többsége az aljzaton mozog, míg a szabálytalan sünök a homokos vagy iszapos aljzatba ássák be magukat (7.1.11. ábra). Mindenevők vagy törmelékevők. Mintegy 900 fajuk ismert.

7.1.11. ábra. Egy szabálytalan tengeri sün (Irregularia), a nyugati homokdollár (*Dendraster excentricus*).

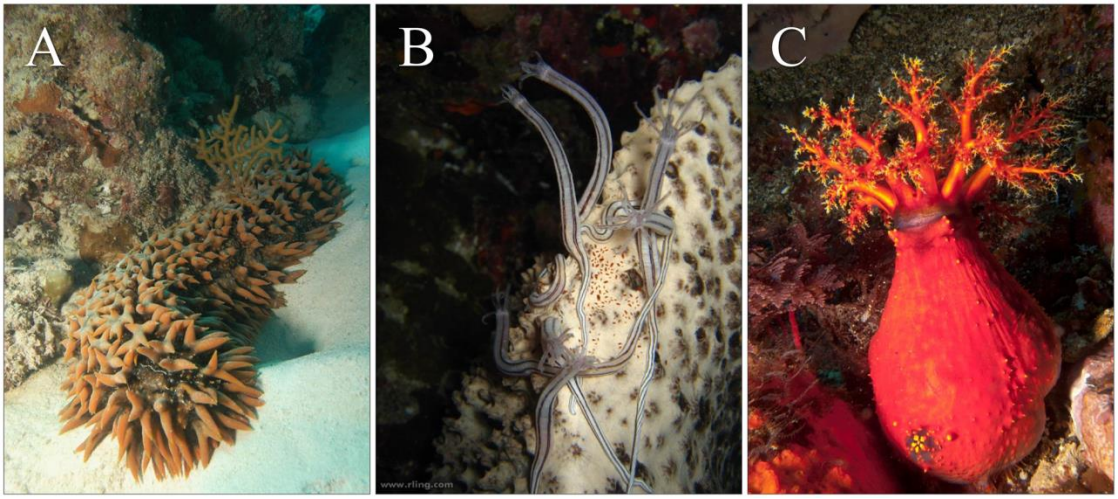
7.1.2.4. Tengeri uborkák (Holothuroidea)

Testük megnyúlt, zsákszerű, száj- és végbélnyílásuk a test két végén található. Testük gyenge **kétoldali (bilaterális) szimmetriá**t mutat. Karjaik a közelrokon tengeri sünökhöz hasonlóan hiányoznak. Vázuk rendszerint mikroszkopikus méretű elemekké redukálódott, amelyek elszórtan találhatók a kültakarójukban. Szájnyílásukat 8-30 kinyújtható és visszahúzható, **tapogató** veszi körül, amelyek a szájkörüli tömlőlábakból alakultak ki (7.1.13. ábra B-C). A tapogatók lehetnek egyszerűek vagy elágazóak. Tömlőlábaik a „hasoldalon" rendszerint 3, a „hátoldalon" pedig 2 sorban húzódnak. Egyeseknél a tömlőlábak hiányoznak vagy csak a test bizonyos részére korlátozódnak. Madreporalemezük nincs kapcsolatban a testfelszínnel. Gyűrűcsatornájukból több kőcsatorna is kiindulhat. Garatjukat meszes gyűrű veszi körül, amelyen többek között a tapogatókat visszahúzó izmok tapadnak. Légzésük a testfelületen, a tömlőlábak felületén keresztül vagy a kloákához csatlakozó két nagyméretű, elágazó, hólyagocskákban végződő ún. **„tüdőfa"** segítségével történik. Kiválasztásuk az ivarmirigy vezetékén, a végbélen vagy a tüdőfákon keresztül történik (ha vannak). Egyeseknél a tüdőfák tövi részéhez vakon végződő, szaponin-típusú méreganyagot

(holothurin) tartalmazó csövecskék (**Cuvier-csövek**) kapcsolódnak, amelyeket zavarás hatására a végbélnyílásukon keresztül kilöknek (7.1.12. ábra).

Lárvájuk szabadon úszó **auricularia lárva**, amelyből már nem táplálkozó **doliolaria lárva** fejlődik. Nagyrészt aljzatlakók (bentikusak), egyes, lebegésre vagy úszásra szolgáló struktúrákkal rendelkező fajaik nyíltvíziek (pelágikusak). Törmelékevők, tapogatóikkal söprik az aljzatot vagy gyűjtik az aljzatra hulló szerves törmeléket. Sokszor védekezésképpen felrepesztik testük elülső vagy hátulsó részét, és a belső szerveik nagy részét kicsapják, amelyeket később regenerálnak. Mintegy 1.400 fajuk ismert.

7.1.12. ábra. Egy tengeri uborka, a *Holothuria sanctori* által védekezésként kilökött Cuvier-csövek.



7.1.13. ábra. Különböző tengeri uborkák (Holothuroidea). *A*: *Thelenota ananas*; *B*: *Synaptula lamperti*; *C*: tengeri alma (*Pseudocolochirus violaceus*).

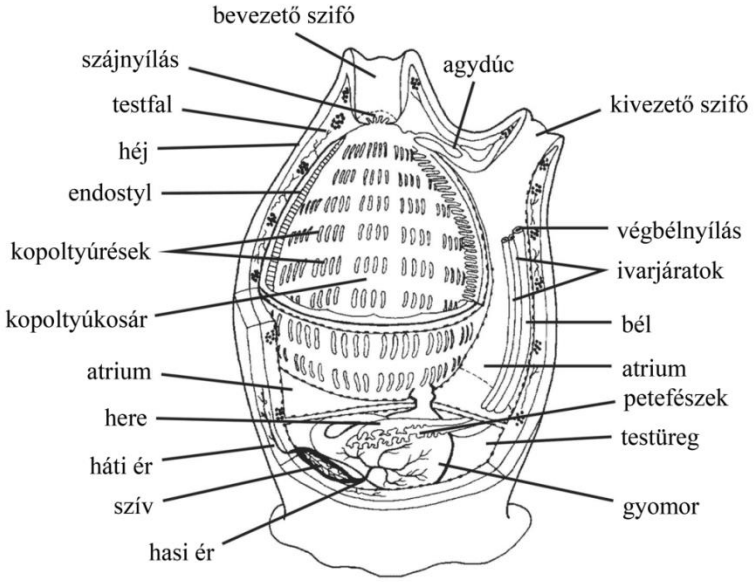
7.2. Zsákállatok (Tunicata)

Rövid jellemzés: Nagyrészt helytülő (szesszilis) és telepes életmódú, zsákszerű héjjal (tunica) borított, kizárólag tengerekben élő állatok.

Etimológia: A latin *tunicatus* (héjjal borított) szóból, a testüket burkoló héjra utalva.

Testméret: Méretük a néhány mm-től a kb. 30 cm-ig terjed, bár telepeik több m-esek is lehetnek.

Morfológia: Testüket vékonyabb vagy vastagabb, speciális cellulózszerű szénhidrátból (tunicin) felépülő, ereket is tartalmazó zsákszerű **héj (tunica)** veszi körül, amely dinamikus, élő külső vázként együtt nő az állattal (7.2.1. ábra). Testüregük erősen redukált. Keringési rendszerük nyílt, szívburokkal (pericardium) körülvett szívük a gerincesekhez hasonlóan a hasi (ventrális) oldalon található. Többségüknél (aszcídiák, szalpák) a véráram iránya periodikusan, néhány perces időközönként változik. Kopoltyúrésekkel áttört (perforált) garatjuk, amely a táplálkozásban és a légzésben is szerepet játszik rendszerint kosárszerűen kitágult (**kopoltyúkosár**) (7.2.1. ábra). Garatjuk ventrális oldalán csillós, mirigyes barázda (**endostyl**) húzódik, amely a gerincesek pajzsmirigyével (glandula thyreoidea) homológ. Az endostyl nyálkát termel, amely a garatba szívott vízben lévő táplálékrészecskék csapdába ejtését és a nyelőcsőbe való továbbítását szolgálja. Táplálkozásuk során a **bevezető (branchiális) szifó**n beáramló vízből szűrik ki a táplálékszemcséket az endostyl segítségével, a kopoltyúréseken át a kopoltyúkosarat körülölelő (peribranchiális) üregbe (atrium) kerülő fölös víz, ill. a salakanyagok pedig a **kivezető (atriális) szifó**n keresztül hagyják el a testüket (7.2.1. ábra). Kiválasztószerveik általában hiányoznak.



7.2.1. ábra. Zsákállatok (aszcídiák) belső testszerveződése.

Életmód: Többségük hímnős (hermafrodita). A magányos életmódú fajok megtermékenyítése rendszerint külső, míg a telepeseké belső. A telepes (koloniális) fajok ivartalanul (bimbózással) is szaporodhatnak. Egyedfejlődésük többnyire közvetett, de közvetlen is lehet. Lárvájuk (ha van) szabadon úszó. Átalakulásuk során a farkos zsákállatok (Larvacea) kivételével a farok, a gerinchúr és a velőcső is eltűnik. Kifejlett korukban nagyrészt helytülő (szesszilis), szűrögető életmódot folytatnak. Kivétel nélkül tengeriek.

Diverzitás: Több mint 2.800 fajuk ismert, amelyek nagy részét (>90%) az aszcídiák (Ascidiacea) teszik ki.

Jelentőségük az ember számára: Egyes fajaikat (pl. *Halocynthia roretzi*) fogyasztják, és ezért tenyésztik is. Egyes zsákállatokból kivont vegyületek antivirális, antitumorális, ill. immunszupresszív hatással bírnak. A farkos zsákállat (*Oikopleura dioica*), ill. egyes *Ciona* fajok (pl. *C. intestinalis*) a fejlődésbiológia fontos modellszervezetei.

Rokonsági viszonyok: A gerinchúrosokon (Chordata) belül a gerincesek (Vertebrata) testvércsoportját képezik (3.13. ábra).

Rendszer: Három osztályukat a farkos zsákállatok (Larvacea), az aszcídiák (Ascidiacea) és a szalpák (Thaliacea) képezik.

7.2.2. ábra. Különböző helytülő és szabadon úszó zsákállatok (Tunicata).
A: *Atriolum robustum* (*zöld*), *Polycarpa aurata* (*lila-sárga*) és *Rhopalaea* sp. (*kék*) (Ascidiacea);
B: *Salpa* sp. (Thaliacea) úszó telepe; *C*: *Pyrosoma* sp. (Thaliacea) úszó telepe.

7.2.1. Farkos zsákállatok (Larvacea)

A legősibb zsákállatok. Apró termetűek, többségük csupán néhány mm-es. Jellegzetességük, hogy kifejlett korban is megőrzik lárvakori sajátosságaikat, így farokkal, gerinchúrral és velőcsővel is rendelkeznek (*larvacea* = „lárvaszerűek"). Törzsük megnyúlt vagy tojásdad. Farkuk a törzsnél kevéssé vagy jóval hosszabb. Kopoltyúréseik száma mindössze egy pár. A többi zsákállattól eltérően nagyméretű, kocsonyás (mukopoliszacharid tartalmú) szűrőházzal rendelkeznek. A házon egy be- és egy kivezető nyílás található, ezeken keresztül áramoltatják a vizet farkuk mozgatásával, amely egyben a helyváltoztatás szerve is. A bevezető nyílás finom szűrőjén átengedett táplálékrészecskéket fogóhálók segítségével gyűjtik be. Házukat bizonyos időközönként levetik és újat készítenek.

Kizárólag ivarosan szaporodnak. Egyedfejlődésük közvetett, szabadon úszó lárvájuk letelepedés nélkül alakul át. Magányos, planktonikus életmódot folytatnak. Gyakran igen nagy tömegben jelennek meg. Kevés, mindössze 70 fajuk ismert.

7.2.2. Aszcídiák (Ascidiacea)

Testük külsőleg a szivacsokéra (Porifera) emlékeztető (*ascidiacea* = „tömlőszerűek") (7.2.2. ábra A). Testalakjuk igen változatos. A be- (branchiális) és kivezető (atriális) szifók egymáshoz közel helyezkednek el, mindkettő felfelé irányul. Kopoltyúkosaruk sokszor igen terjedelmes, a test egész hosszát elfoglalhatja (7.2.1. ábra). Véredényrendszerük jól fejlett. Sokféle vérsejttel rendelkeznek, melyek közül egyesek nehézfémeket (pl. vanádiumot, tantált, stb.) akkumulálnak, amelynek a ragadozók elleni védekezésben van szerepe. Idegrendszerük kifejlett korukban viszonylag egyszerű.

Egyedfejlődésük többnyire közvetett. Ebihalakhoz hasonló lárváik az átalakulásuk előtt elülső testvégükkel az aljzathoz rögzülnek. Az átalakulás során farkuk visszafejlődik, gerinchúrjuk és velőcsövük redukálódik. Kifejletten korban többnyire helytülő (szesszilis) életmódot folytatnak (7.2.2. ábra A). Lehetnek magányosak vagy telepesek (koloniálisak). A telepet alkotó egyedeket vagy nyél (stolo) kapcsolja össze, vagy testük alsó része össze is nő, esetleg minden egyed egy közös burokban él. Igen jó regenerációs képességgel rendelkeznek. A zsákállatok döntő többsége, mintegy 2.600 faj tartozik ide. A szalpák (Thaliacea) nélkül nem képez monofiletikus egységet.

7.2.3. Szalpák (Thaliacea)

Testük üvegszerűen áttetsző, hengeres, hordó- vagy orsó alakú. A be- (branchiális) és kivezető (atriális) szifók aszcídia őseikkel szemben testük ellentétes oldalán találhatók, így a testükön áthaladó vízáram a táplálkozás és légzés mellett a helyváltoztatást is szolgálja. Testfalizomzatuk kiegyénült izmokból áll, amelyek gyűrűszerűen, megszakítás nélkül futnak vagy a hasoldalon megszakítottak.

Egyedfejlődésük közvetett vagy közvetlen. Ennek során farkuk visszafejlődik, gerinchúrjuk és velőcsövük redukálódik. Életük legalább egy adott szakaszában telepképzők (7.2.2. ábra B-C). Telepeik (kolóniáik) akár több m-esek is lehetnek. Az aszcídiákkal szemben kifejlett korban is szabadon úszó, planktonikus életmódot folytatnak. Olykor hatalmas tömegekben jelennek meg. Mindössze kb. 100 fajuk ismert.

7.3. Gerincesek (Vertebrata)

Rövid jellemzés: Többelemű és többfunkciós belső vázzal, dúcléc sejtjekkel és neurogén plakódokkal, ill. adaptív immunrendszerrel rendelkező, rendkívül változatos megjelenésű és életmódú állatok.

Etimológia: A latin *vertebratus* (ízesült, mozgékony) szóból, a csigolyákból felépülő gerincoszlopukra utalva.

Testméret: Méretük rendkívül változatos, a néhány mm-től a több mint 30 m-ig terjed.

Morfológia: Testük fejre, törzsre, farokra és (a többségnél) végtagokra különül. Közös jellemzőjük a porcos vagy csontos, többelemű **belső váz (endoszkeleton)** megléte, amely szilárdítja, támasztja a testet, a hozzá kapcsolódó izomzat révén lehetővé teszi a mozgást, védelmet nyújt a belső szervek (különösen az agy és a gerincvelő) számára, vérsejteket termel, ill. ásványi anyagokat (főként kalciumot és foszfátot) raktároz. Vázuk tengelyét a törzs névadója, a gerinchúr helyén kialakuló, csigolyák sorozatából álló **gerincoszlop (columna vertebralis)** képezi (7.3.1. ábra). A gerinchúr kifejlett korban csupán az ősibb gerinceseknél található meg. A legtöbb gerincesnél a gerincoszlophoz egy fejváz, azaz a **koponya (cranium)** és a **végtagváz**ak kapcsolódnak (7.3.1. ábra). Koponyájuk jellemzően az agyat és a feji érzékszerveket védő agykoponyára (neurocranium), valamint a szájnyílást, a garattájékot és a szájfenék izomzatát támasztó arckoponyára (viscerocranium) különül.

7.3.1. ábra. Egy sauropoda dinoszaurusz, a *Diplodocus carnegii* csontváza.

Dúcléc sejtjeik és **neurogén plakód**jaik a fejváz elemek, pigmentsejtek, feji érződúcok, páros érzékszervek, stb. kialakításában fontos szerepet játszó, ektodermális eredetű embrionális struktúrák. Bőrük többrétegű felhámból (epidermisz), erekben gazdag irharétegből (cutis/dermis) és a bőr felsőbb rétegeit a vázizomzathoz rögzítő bőraljából (subcutis) áll. Izomzatuk elsődlegesen szelvényezett felépítést mutat. Tápcsatornájuk háromszakaszos, járulékos szervei a máj (hepar) és a hasnyálmirigy (pancreas). Keringési rendszerük zárt, központja a hasi (ventrális) helyzetű, szívburokkal (pericardium) körülvett két- három- vagy négyüregű szív (cor). Légzésük garat eredetű kopoltyúkkal (branchia) és/vagy páros vagy páratlan tüdővel (pulmo) történik, de előfordulhat a körükben bőrlégzés, ill. különféle járulékos légzőszervek is kialakulhatnak. Végleges kiválaszószervük a páros **ősvese (opisthonephros)** vagy **utóvese (metanephros)**. Központi idegrendszerük agyi és gerincvelői szakaszra tagolódik. Agyidegeik száma 10 vagy (a magzatburkosoknál) 12 pár. Jellegzetes látószervük a páros **hólyagszem** (5.3.12. ábra). Az ősibb csoportokban megtalálható az epithalamus részét képező fejtetői szem (parietális szerv). A vízi gerincesek jellegzetes érzékszerve az ún. **oldalvonal-szerv (organum laterale)**, amely a víz áramlását, ill. a vízben terjedő rezgéseket érzékeli (7.3.12. ábra). **Adaptív (szerzett) immunrendszer**ük az öröklött (természetes) immunrendszerrel együttműködve a védekezés második vonalát képezi a kórokozókkal szemben.

Életmód: Csaknem kivétel nélkül váltivarúak, megtermékenyítésük külső vagy belső. Kizárólag ivarosan szaporodnak. Egyedfejlődésük közvetett vagy közvetlen. Táplálkozásmódjuk rendkívül változatos.

Diverzitás: Több mint 65 ezer recens és közel 20 ezer fosszilis fajuk ismert.

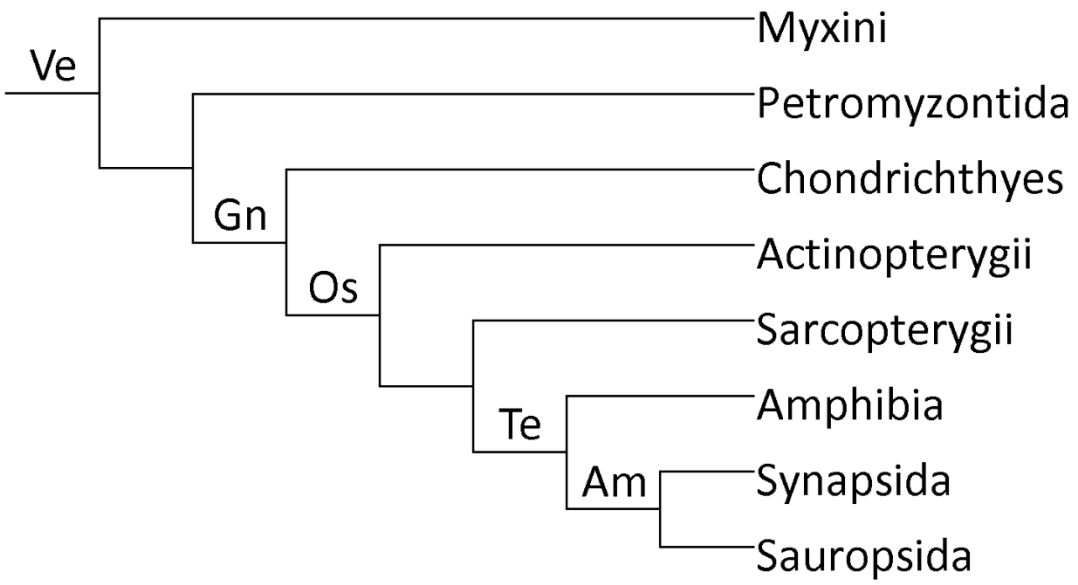
Jelentőségük az ember számára: A halakat az ember az ősidők óta fogyasztja, ill. az ókor óta tenyészti. Halászati szempontból a legfontosabbak a heringek (Clupeidae), tőkehalak (Gadidae), szardellák (Engraulidae), tonhalak (Scombridae), lepényhalak (Pleuronectiformes), ill. lazacok (Salmoniformes). A leggyakoribb akvakultúrákban tenyésztett halak a különböző ponty- (Cyprinidae) és lazacfélék (Salmonidae). Számos halfaj a sporthorgászat és az akvarisztika kedvelt alanya. A pikófélék (Gasterosteidae) a biológia több tudományágának (genetika, evolúcióbiológia, etológia) kedvelt kísérleti állatai. Néhány nagyobb termetű cápafaj, így pl. a fehér cápa (*Carcharodon carcharias*), tigriscápa (*Galeocerdo cuvier*) vagy a bikacápa (*Carcharhinus leucas*) az emberre nézve is veszélyes. A békákat a világ számos helyén fogyasztják, egyes országokban (pl. Indonéziában, Kínában) pedig a kereslet kielégítésére ún. békafarmokon tenyésztik őket. A karmosbékák (*Xenopus* spp.), így pl. a *X. laevis* és a *X. tropicalis* a fejlődésbiológia és az idegtudományok fontos modellszervezetei. Egyes nyílméregbékák (Dendrobatidae), pl. a *Phyllobates* fajok méreganyagát a kolumbiai indiánok fúvócsőből kilőhető nyílvesszők végére kenik, és ezek segítségével vadásznak. A varangyfélék (Bufonidae) bőréből kivont egyes méreganyagokat tudatmódosító szerként

használnak. A mexikói axolotlt (*Ambystoma mexicanum*) gyakran tartják hobbiállatként, emellett fontos kísérleti állat is. A hüllők számos képviselője (pl. teknősök, gekkók, agámák, kaméleonok, kígyók) kedvelt terráriumi állat. Egyes krokodilokat ún. krokodilfarmokon tenyésztenek bőrük, ill. húsuk miatt. A világ számos helyén elterjedt a teknősök és a kígyók fogyasztása is. A gila (*Heloderma suspectum*) nyálából kivont egyik fehérje szintetikus változatát a 2-es típusú cukorbetegség kezelésére használják. Évente a krokodilok több száz, a különböző mérgeskígyók (pl. mérgessiklófélék, viperafélék) pedig több ezer ember halálát okozzák. Az ember több madárfajt is háziasított húsáért és tojásáért (pl. házityúk, házi pulyka, gyöngytyúk, házikacsa, házilúd), amelyek szerepe az élelmezésben meghatározó jelentőségű. Számos madarat (pl. fácánféléket, réceféléket) élelemszerzés céljából vagy sportból vadásznak. A különböző tengeri madarak (pl. kormoránok) foszforban- és nitrogénben gazdag ürüléke, az ún. guanó a legfontosabb talajjavító anyag volt a műtrágyák elterjedése előtt. A vágómadarakat (Accipitridae) és sólymokat (Falconidae) vadászathoz, a kormoránokat (Phalacrocoracidae) pedig halászathoz használják több ezer éve. A galambokat (Columbidae) legalább az ókor óta használják hírvivőként. A papagájok (Psittacidae), ill. a beók és mejnók (Sturnidae) kedvelt házi kalitkamadarak. Egyes madarak szerepe kártevőként is fontos lehet, így pl. a seregély (*Sturnus vulgaris*) a gyümölcsösökben, a balkáni gerle (*Streptopelia decaocto*) a magtárakban, a nagy kárókatona (*Phalacrocorax carbo*) és egyes nagyobb termetű sirályok (*Larus* spp.) pedig a halgazdaságokban okozhatnak károkat. A madarak különböző betegségeket (pl. papagájkór, szalmonellózis, madárinfluenza) terjeszthetnek, amelyek közül egyesek a gazdaságilag fontos állatfajokra, ill. az emberre is veszélyesek lehetnek. Az ember több emlősfajt is háziasított húsáért, tejéért, bőréért vagy prémjéért (pl. szarvasmarha, házi juh, házi sertés, házinyúl). Számos emlősre (pl. szarvasfélékre, vaddisznóra, nyulakra) vadásznak élelemszerzés céljából vagy éppen sportból. Emlősöket használtak és használnak munkához, harchoz, vadászathoz vagy sporthoz (pl. kutya, házi ló). A madárguanóhoz hasonlóan a denevérek ürülékét is egykor elterjedten gyűjtötték és hasznosították, elsősorban trágyázási célokra. Számos emlős, de főleg a különböző rágcsálók (pl. háziasított patkány, házi egér) a fejlődésbiológia, genetika, stb. fontos kísérleti állatai. A leggyakrabban tartott háziállatok az emlősök közül kerülnek ki (pl. kutya, macska, tengeri malac, egerek, hörcsögök). A rágcsálók (Rodentia) számos faja fontos mezőgazdasági- és/vagy készletkártevő, ill. betegségterjesztő (pl. pestis, rágcsáló kiütéses tífusz, leptospirózis, trichinellózis, vírusos hemorrhágiás láz).

Rokonsági viszonyok: A gerinchúrosokon (Chordata) belül a zsákállatok (Tunicata) testvércsoportját képezik (3.13. ábra).

Rendszer: A legősibb gerinceseket a nyálkahalak (Myxini) és ingolák (Petromyzontida) képviselik, míg a gerincesek fennmaradó része az állkapcsos gerincesek (Gnathostomata) közé tartozik (7.3.2. ábra). A Gnathostomata két fő ágát a porcos vázúak (Chondrognathostomata) és csontos vázúak (Osteognathostomata) képezik. Előbbi ágat

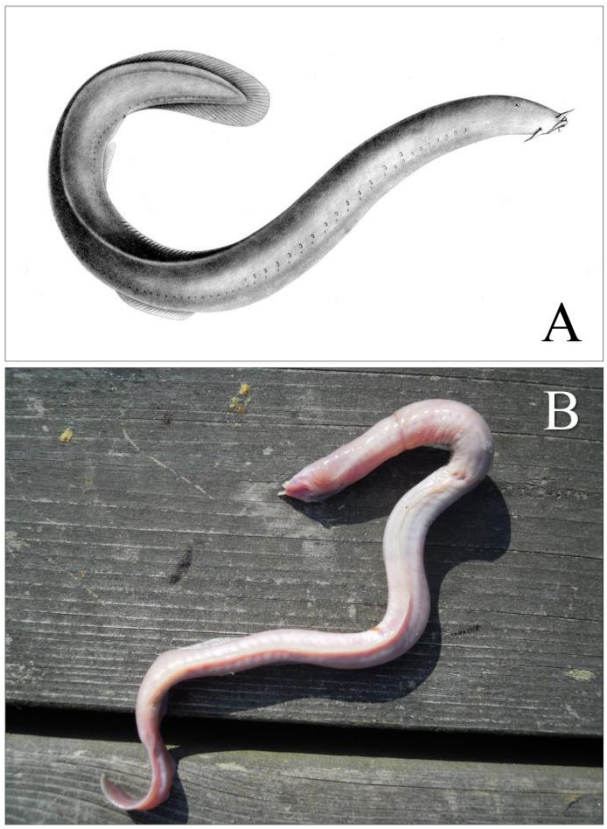
képviselik a porcoshalak (Chondrichthyes), míg utóbbiba tartoznak a sugarasúszójú halak (Actinopterygii), az izmosúszójú halak (Sarcopterygii), valamint az izmosúszójúak leszármazottjai, a szárazföldi gerincesek, azaz a négylábúak (Tetrapoda). A Tetrapoda legősibb csoportját a kétéltűek (Amphibia) alkotják, belőlük származtathatók le a magzatburkosok (Amniota). Utóbbi két ágra különül, ezek az emlősszerűek (Synapsida) és a hüllőszerűek (Sauropsida).



7.3.2. ábra. A gerincesek (Vertebrata) főbb ágai és ezek rokonsági viszonyai. A törzs elsőként divergálódó ágait az állkapocsnélküli nyálkahalak (Myxini) és ingolák (Petromyzontida) képezik, a többi gerinces az állkapcsokkal, páros végtagokkal, ill. három félkörös ívjárattal rendelkező állkapcsos gerincesek (Gnathostomata) közé tartozik. A Gnathostomata legősibb ágát az elsődlegesen porcos vázzal rendelkező porcoshalak (Chondrichthyes) alkotják. Velük szemben a csontos vázúaknál (Osteognathostomata) a váz legalább részben csontos, ide tartoznak a sugarasúszójú halak (Actinopterygii), az izmosúszójú halak (Sarcopterygii), valamint a négylábúak (Tetrapoda). Utóbbiak közös jellemzője a két pár, elsődlegesen 5-5 ujjban végződő végtag, a szaruréteggel borított epidermisz, az autostyl típusú állkapocs-felfüggesztés, az orron át való levegővételt lehetővé tévő belső orrnyílások (choanae), a szemhéjak, a dobhártya (tympanum), a hallócsontok, ill. a Jacobson-szerv mint járulékos szaglószerv megléte. A Tetrapoda legősibb csoportját a kétéltűek (Amphibia) alkotják, amelyek szaporodása, ill. egyedfejlődésének kezdeti, lárvális szakasza elsődlegesen a vízhez kötött. A négylábúak fennmaradó része a víztől teljesen függetlenedett, közvetlen fejlődésű magzatburkosok (Amniota) közé tartozik, amelyek legfontosabb közös jellemzője a különböző szarufüggelékek (pikkelyek, szőrök, tollak, ill. az ujjakon található karmok), a 12 pár agyideg, valamint az embriót védő, ill. az embrionális anyagcserét biztosító magzatburkok megléte. Az Amniota két fő ágát az emlősöket és kihalt rokonaik tartalmazó emlősszerűek (Synapsida), ill. a ma élő hüllőket és madarakat, valamint ezek kihalt rokonait tartalmazó hüllőszerűek (Sauropsida) képezik. *Ve*: Vertebrata; *Gn*: Gnathostomata; *Os*: Osteognathostomata; *Te*: Tetrapoda; *Am*: Amniota.

7.3.1. Nyálkahalak (Myxini)

Méretük a néhány cm-től az 1,3 m-ig terjed. Testük megnyúlt, hengeres, angolnára emlékeztető (7.3.3. ábra). Bőrük csupasz, pikkelytelen, nyálkatermelő mirigyekben gazdag. Fejvázelemeik porcosak. Az ingolákhoz hasonlóan, ám a többi gerincessel ellentétben nem rendelkeznek állkapcsokkal. Nincs gerincoszlopuk sem, ennek hiánya azonban feltehetőleg másodlagos. Gerinchúrjuk kifejlett korban is megtalálható. Szemeik erősen csökevényesek. Orrnyílásuk páratlan. Orrjáratosaknak is nevezik őket, mivel orrüregük a garattal összeköttetésben áll, így a táplálkozás ideje alatt is képesek kopoltyúikhoz friss vizet áramoltatni. Szájnyílásuk körül hosszú tapogatók erednek, szájüregükben pedig **szarufogak** találhatók. Kopoltyúnyílásaik száma 5-15 pár. A *Myxine* génusz tagjainál a külső kopoltyújáratok nem külön-külön nyílnak, hanem jobbról és balról egy-egy csatornában egyesülnek, így kívülről csupán 1-1 kopoltyúnyílás ismerhető fel. Testükön egy alacsony, a faroktájat körülvevő és a hasi oldalon előrehúzódó úszószegély található (7.3.3. ábra). Páros úszóik nincsenek. Szívük kétüregű. Kiválasztószervük ősvese típusú. Belső fülükben egyetlen félkörös ívjárat található. A vízi gerincesek többségéhez hasonlóan rendelkeznek oldalvonal-szervvel (organum laterale).



7.3.3. ábra. Különböző nyálkahalak (Myxini). *A*: *Eptatretus polytrema*; *B*: atlanti-óceáni nyálkahal (*Myxine glutinosa*).

Egyes fajaik hímnősek (hermafroditák). Megtermékenyítésük külső. Egyedfejlődésük közvetlen, lárvaállapotuk nincs. Kivétel nélkül tengeriek. Ragadozók, de dögöt is fogyasztanak. A nagyobb méretű zsákmányállatok (pl. sérült/beteg halak) vagy tetemek fogyasztásakor csomóra kötik magukat, és ahogy végigcsúsztatják magukon a csomót, testük emelkedésével rángatnak ki a zsákmányból egy-egy falatot. A tetemekhez simulva vagy azok belsejébe bejutva a tápanyagokat közvetlenül a bőrükön és a kopoltyúikon keresztül is képesek felszívni. Veszély esetén igen rövid idő alatt nagy mennyiségű nyálkával veszik körül magukat, nyálkatermelő mirigyek váladéka ugyanis vízzel keveredve eredeti térfogatának sokszorosára tágul (*myxini* = „nyálkásak"). A saját testükre tapadt nyálkától a táplálkozásnál is alkalmazott mozgó csomók segítségével szabadulnak meg. Mindössze 76 fajuk ismert.

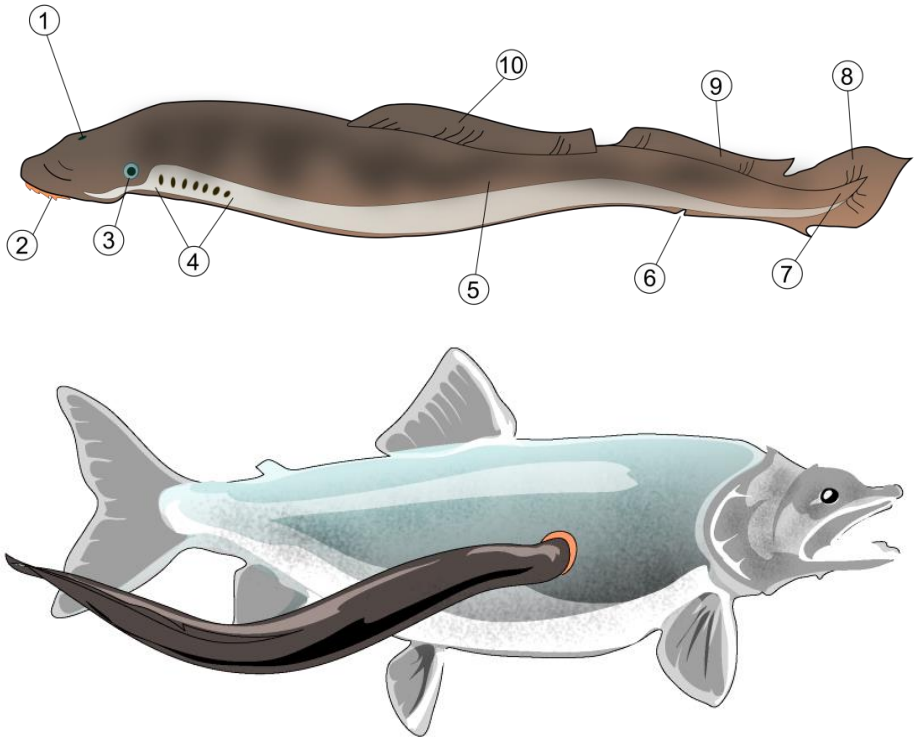
7.3.2. Ingolák (Petromyzontida)

Méretük a néhány cm-től az 1,2 m-ig terjed. Testük a nyálkahalakhoz hasonlóan megnyúlt, hengeres, angolnára emlékeztető (7.3.6. ábra). Bőrük csupasz, pikkelyeik nincsenek. Porcos vázuk a koponya és a kopoltyútájék kivételével gyengén fejlett. A nyálkahalakhoz hasonlóan, ám a többi gerincessel ellentétben nem rendelkeznek állkapcsokkal. Gerinchúrjuk kifejlett korban is megtalálható. Szájuk kör alakú, szívótölcsér-szerű (7.3.4. ábra). A száj peremén rojtszerű tapogatók, belső felületén pedig **sertefogak** találhatók. A szájnyílást egy alsó és egy felső ajaklemez szegélyezi, amelyet **szarufogak** borítanak. Páratlan orrnyílásuk a fejtetőn található. Kopoltyúnyílásaik száma 7 pár.

7.3.4. ábra. Tengeri ingola (*Petromyzon marinus*) szája a több sorban elhelyezkedő sertefogakkal, ill. a szarufogakkal borított ajaklemezekkel.

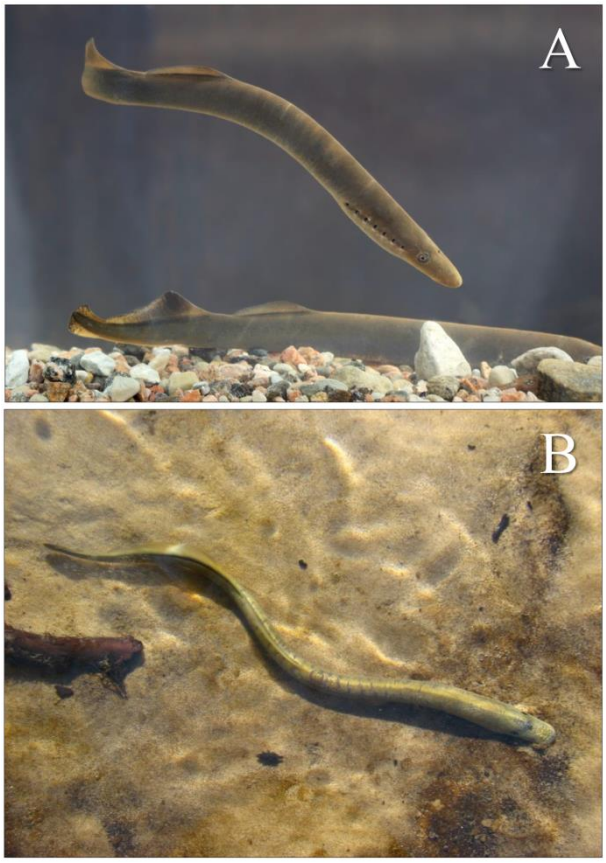
Úszóik a test hossztengelye mentén futó páratlan, merevítő struktúrák nélküli bőrkettőzetek (7.3.5. ábra). Az első hátúszó a test középvonala után kezdődik, második hátúszójuk közvetlenül ehhez csatlakozik, majd folyamatosan megy át a kis, porcokra támaszkodó farokúszóba. A nősténynél a hasi oldalon folytatódik az úszó (farokalatti úszó).

Páros úszóik nincsenek. Bélcsatornájuk belső felszínét spirális redő növeli. Szívük kétüregű. Kiválasztószervük ősvese típusú. Belső fülükben két félkörös ívjárat található. Rendelkeznek oldalvonal-szervvel (organum laterale).



7.3.5. ábra. Az ingolák (Petromyzontida) testfelépítése, ill. a gazdán való megtapadás módja. *1*. orrnyílás; *2*. szájnyílás; *3*. szem; *4*. kopoltyúnyílások; *5*. törzs; *6*. kloákanyílás; *7*. farok; *8*. farokúszó; *9*. második hátúszó; *10*. első hátúszó.

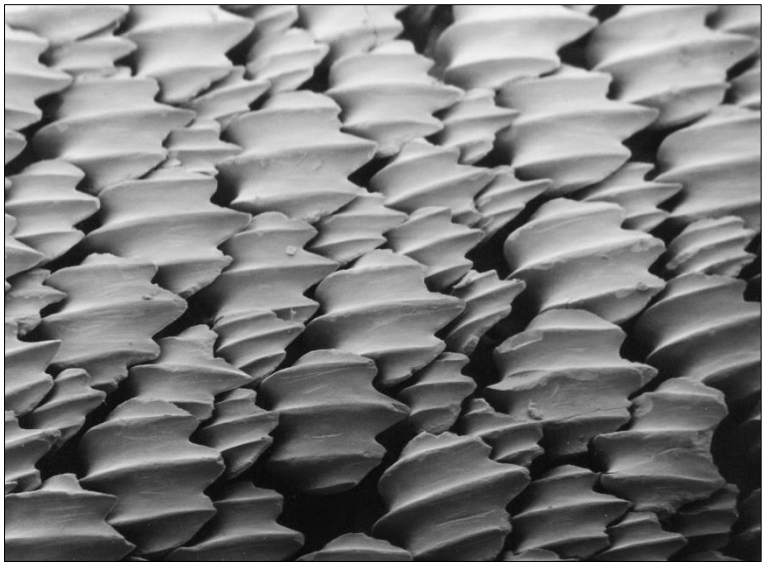
Megtermékenyítésük külső. Egyedfejlődésük közvetett, a lárvaidőszak több (3-5) évig is eltarthat. A lárvák teste féregszerű, szájuk résszerű, egységes úszóval rendelkeznek, szemeiket és kopoltyúnyílásaikat pedig bőr fedi. A fejgerinchúrosokhoz és a zsákállatokhoz hasonlóan „még" rendelkeznek **endostyl**lel. Az iszapba fúródva élnek, és szerves törmelékkel táplálkoznak. Az átalakulást követően az ún. anadrom fajok a tengerbe vándorolnak, majd innét indulnak vissza az édesvízbe szaporodni. A kontinens belsejében élő fajok nem vándorolnak, egész életüket édesvízben töltik. Utóbbiak rövid életűek, rendszerint nem táplálkoznak. A táplálkozó fajok halparaziták, más halakra tapadnak (7.3.5. ábra), előre-hátra mozgatható, fogazott nyelvükkel felsértik a gazda bőrét, és a testnedvekkel (vérrel, szövetnedvekkel) táplálkoznak, de bőr- és izomdarabkákat is kiharaphatnak a gazdából. Mindössze 43 fajuk ismert.



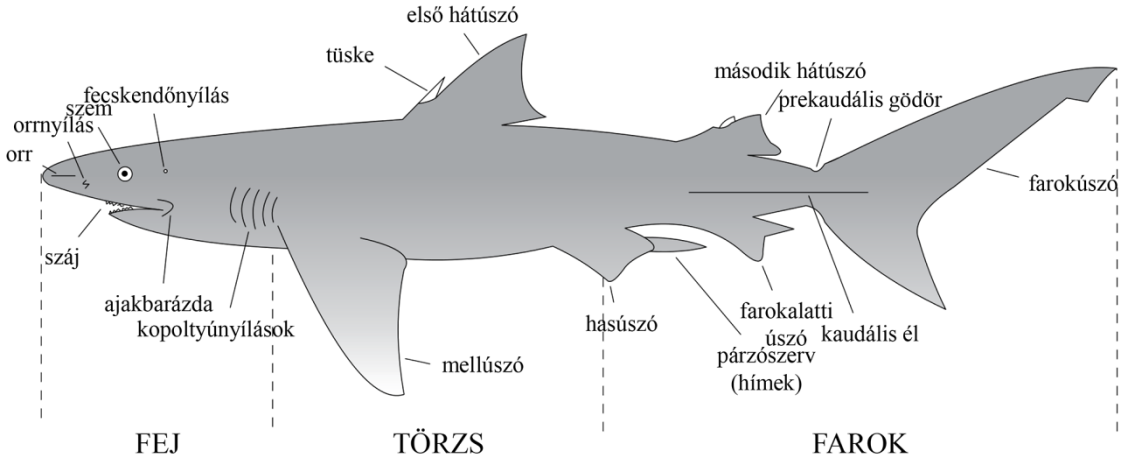
7.3.6. ábra. Különböző ingolák (Petromyzontida). *A*: folyami ingola (*Lampetra fluviatilis*); *B*: dunai ingola (*Eudontomyzon mariae*).

7.3.3. Porcoshalak (Chondrichthyes)

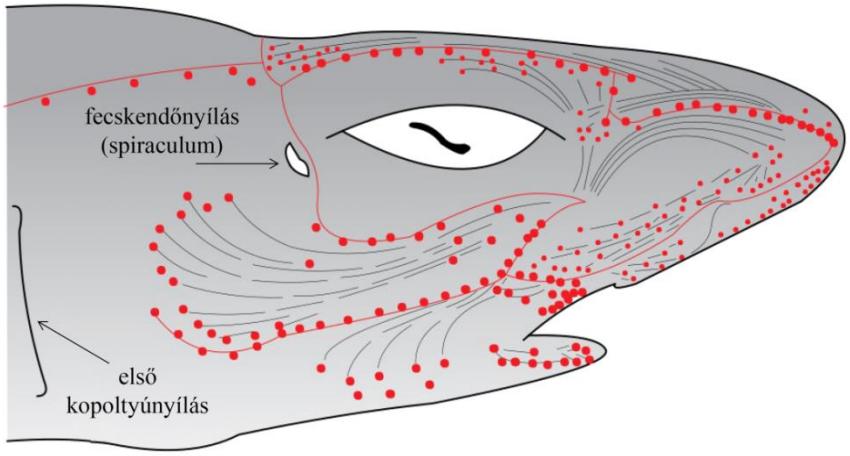
Méretük a kb. 20 cm-től a több mint 12 m-ig terjed. Testük csupasz vagy **fogas (plakoid) pikkelyek** borítják (7.3.7. ábra). A plakoid pikkelyek kicsi, fogszerű pikkelyek, amelyek egy dentinből álló, pulpaüreggel rendelkező és zománcszerű anyaggal (vitrodentin) borított fognyúlványból és a bőrbe ágyazott ellaposodó alapi részből állnak. Vázuk nevüknek megfelelően porcos, amely gyakran meszesedés (kalcifikáció) révén keményedik. Csigolyáik elöl-hátul vájt (amficöl) típusúak. Bordáik általában nincsenek. Orrnyílásaik párosak. Felső állkapcsuk (palatoquadratum) vagy teljesen az agykoponyához nőtt (**holostylia**) (tömörfejűek), vagy az agykoponyához ízesül, de a felfüggesztésében a nyelvcsonti (hyoid) ív felső tagja, a hyomandibula is részt vesz (**amphistylia**) (ősibb cápák), vagy teljesen a hyomandibula révén függesztődik az agykoponyához (**hyostylia**) (többség). Állkapcsaikon jól fejlett fogak ülnek. Kopoltyúnyílásaik száma rendszerint 5 pár, amelyek többnyire szabadon látszanak (7.3.8. ábra). Általában megtalálható náluk a páros **fecskendőnyílás (spiraculum)**, amely az első pár kopoltyúnyílás maradványa (7.3.8., 7.3.9. ábrák).



7.3.7. ábra. Citromcápa (*Negaprion brevirostris*) fogas (plakoid) pikkelyei elektronmikroszkóp alatt.

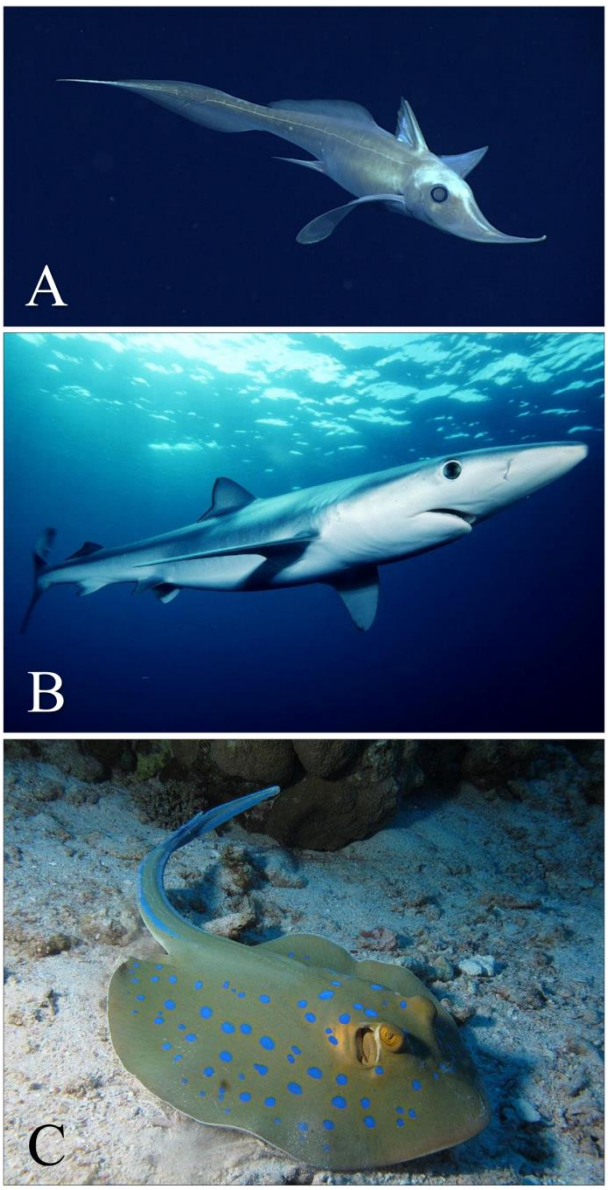


7.3.8. ábra. Cápák (Selachimorpha) alap testfelépítése.



7.3.9. ábra. Lorenzini-ampullák (*piros*) egy cápa fején.

Páratlan úszóik mellett páros **mell- és hasúszók**kal is rendelkeznek (7.3.8. ábra). Farokúszójuk **heterocerk** vagy **dificerk** típusú. Előbbinél a gerincoszlop farki része felfelé hajlik, és a farokúszó felső részét támasztja, így a farokúszó aszimmetrikus (7.3.8. ábra), míg utóbbinál a gerincoszlop farki része egyenes, így a farokúszó két szimmetrikus részre tagolódik. Úszósugaraik epidermális eredetű, lágy szaruképletek (**ceratotrichia**). Bélcsatornájukban csillókkal borított spirális redő fut végig. Szívük kétüregű. Kiválasztószervük ősvese típusú. A hímeknél a hasúszók tövi része **párzószerv**vé módosult (7.3.8. ábra). Általában rendelkeznek oldalvonal-szervvel (organum laterale). A **Lorenzini-ampullák**nak nevezett érzékszerveik segítségével a más élőlények által kibocsátott elektromos mezőket képesek érzékelni (7.3.9. ábra).



7.3.10. ábra. A porcoshalak (Chondrichthyes) három recens ágának egy-egy képviselője.
A: egy tengeri macska, a *Hariotta raleighana* (Holocephali: Chimaeriformes);
B: kékcápa (*Prionace glauca*) (Elasmobranchii: Carcharhiniformes);
C: kékpettyes tüskésrája (*Taeniura lymma*) (Elasmobranchii: Myliobatiformes).

A hímek párzószerve révén megtermékenyítésük belső. Gyakori körükben az elevenszülés (vivipária). Egyedfejlődésük közvetlen. Döntő többségük tengeri. Mintegy 1.200 fajuk ismert. A tömörfejűek (Holocephali), ill. a cápákat és rájákat magába foglaló szalagkopoltyúsok (Elasmobranchii) tartoznak ide (7.3.10. ábra).

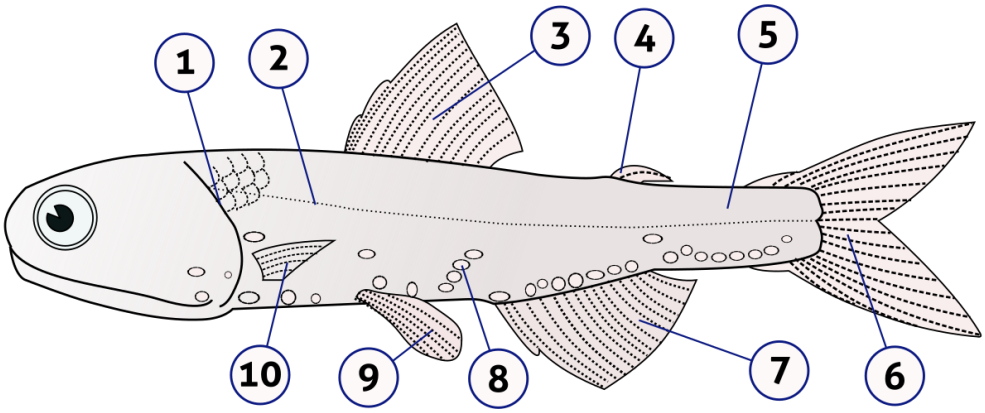
7.3.4. Sugarasúszójú halak (Actinopterygii)

Méretük, testformájuk rendkívül változatos. Legkisebb képviselőik csupán néhány mm-esek, míg a legnagyobbak a 10 m-es testhosszt is meghaladhatják. Testüket az irhában képződő, felhámmal fedett pikkelyek borítják. Ősibb csoportjaikban (pl. tokalakúak) a merev, kemény, mozaikszerűen egymáshoz illeszkedő **ganoid** típusú pikkelyek fordulnak elő, amelyek egy belső csontrétegből (izopedin) és egy zománcszerű ganoin réteggel borított kemény, külső dentin rétegből állnak. A levezetettebb csoportok tagjainál a vékony, rugalmas, sem dentint, sem ganoint nem tartalmazó, egymást tetőcserépszerűen fedő **elazmoid** típusú pikkelyek jellemzőek (7.3.11. ábra). Ezek lehetnek kerek, sima szélű **körpikkelyek (cikloid pikkelyek)** vagy a külső felükön fogazott **fésűs (ktenoid) pikkelyek**. Egyeseknél a pikkelyek csökevényesek, aprók (pl. angolnaalakúak), míg másoknál a bőr csupasz, pikkelytelen (pl. harcsaalakúak). Vázuk elsődlegesen csontos, de másodlagosan lehet porcos (pl. porcos ganoidok). Csigolyáik többnyire elöl-hátul vájt (amficöl), ritkán hátul vájt (opisztocöl) típusúak. Rendszerint rendelkeznek bordákkal.

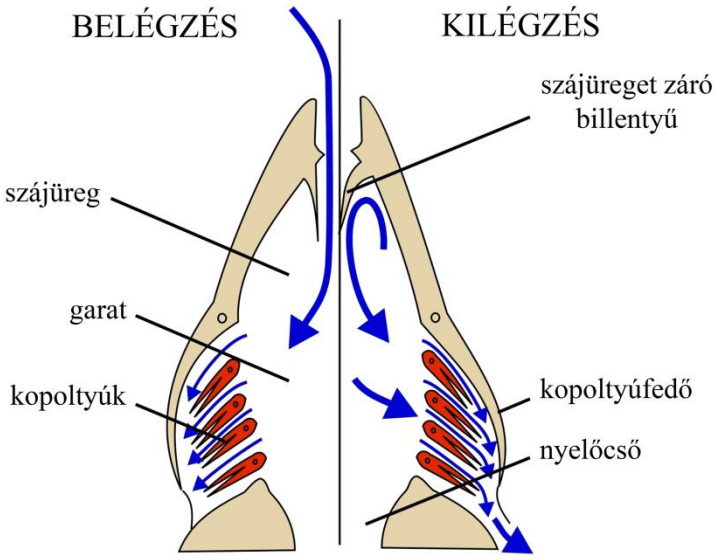
7.3.11. ábra. Bodorka (*Rutilus rutilus*) elazmoid (ezen belül is cikloid) típusú pikkelyei.

Orrnyílásaik párosak. Szájuk lehet csúcsba nyíló, vagy felső, alsó, esetleg fenékállású. Állkapocs-felfüggesztésük a porcoshalak többségéhez hasonlóan hyostyl típusú, azonban, minthogy felső állkapcsukat nem a palatoquadratum porc, hanem dermális csontok (maxilla, premaxilla) alkotják, ennek egy módosult változata (**methyostylia**). Többségüknél a felső állkapocs mozgatható, ezért szájuk kitolható, előrenyújtható. Állkapcsaikon ránőtt fogak ülhetnek. Kopoltyúnyílásaik száma 5 pár. Kopoltyúikat a porcoshalakkal szemben a több

csont együtteséből álló **kopoltyúfedő (operculum)** takarja (7.3.12., 7.3.13. ábrák). A páros fecskendőnyílás (spiraculum) csupán az ősibb csoportokban található meg.



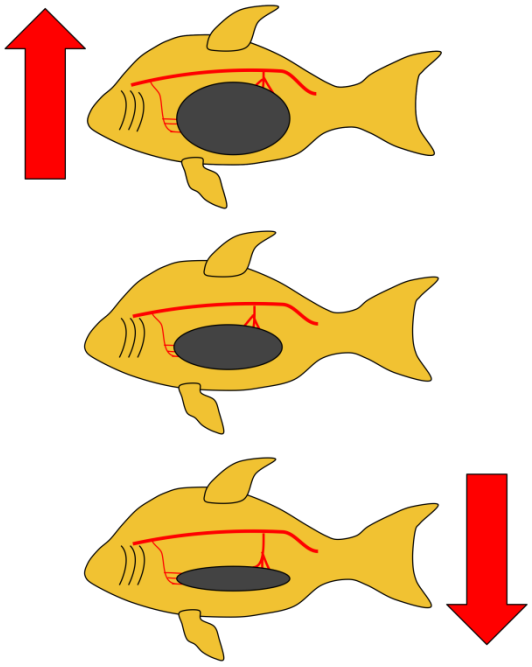
7.3.12. ábra. A sugarasúszójú halak (Actinopterygii) alap testfelépítése. *1*. kopoltyúfedő (operculum); *2*. oldalvonal; *3*. hátúszó (pinna dorsalis); *4*. zsírúszó (pinna adiposa); *5*. faroktest; *6*. farokúszó (pinna caudalis); *7*. farok alatti úszó (pinna analis/abdominales); *8*. fotofórák; *9*. hasúszók (pinnae ventralis); *10*. mellúszók (pinnae pectoralis/thoracalis).



7.3.13. ábra. A sugarasúszójú halak (Actinopterygii) légzése.
A kék nyilak a vízáram irányát jelölik.

A páratlan úszók (hát-, farok- és farokalatti úszók) mellett páros úszókkal (**mell- és hasúszók**) is rendelkeznek (7.3.12. ábra). Farokúszójuk ősileg heterocerk, a levezetett csoportok tagjainál **homocerk** típusú. Utóbbinál a gerincoszlop farki része egyenes vagy enyhén felfelé görbül, de maga a farokúszó teljesen szimmetrikus (7.3.12. ábra). Úszóikat csontos úszósugarak (**lepidotrichia**) merevítik, amelyek lehetnek osztatlan lágy vagy kemény, ill. osztott lágy úszósugarak. Zsírúszójuk (ha van) nem tartalmaz csontos úszósugarakat. Páros úszóikban az úszósugarakat támasztó vázelemek (radialia) egy sorban, párhuzamosan elhelyezkedve kapcsolódnak a függesztőövekhez. Bélcsatornájukban spirális (ősi) vagy

hosszanti redő (levezetett) húzódik. Jellegzetességük a garat eredetű, elsődlegesen légzőszervként (azaz tüdőként), másodlagosan hidrosztatikai (lebegtető) szervként (azaz úszóhólyagként) szolgáló **léghólyag** megléte. Az úszóhólyag gáztartalmának mennyiségét és összetételét, és ezáltal testük fajsúlyát szabályozni tudják, így nem kell állandó izommunkával fenntartaniuk magukat (7.3.14. ábra). Nyílt az úszóhólyag, ha légjárat köti össze a garattal, zárt, ha légjárat nincsen. Számos csoportban (pl. pontyalakúak, harcsaalakúak) az úszóhólyagot a belső füllel az első csigolyák bizonyos részeinek módosulásából alakult ún. **Weber-féle készülék** köti össze, amely hangrezgéseket közvetíti a belső fül felé, így a hallást segíti. Egyeseknél az úszóhólyag másodlagosan hiányzik. Az oxigénszegény vizekben élők több csoportjában különféle kisegítő légzőszervek alakultak ki (pl. labirintszerv, béllégzés, stb.). Szívük kétüregű, bár egyes fajoknál a pitvar bizonyos fokú osztottsága figyelhető meg. Végleges kiválasztószervük rendszerint ősvese típusú. Általában rendelkeznek oldalvonal-szervvel (organum laterale).



7.3.14. ábra. A zárt úszóhólyag működése. Ha az állat az úszóhólyag gáztartalmának mennyiségét növeli azáltal, hogy a gázokat a vérből az úszóhólyag légterébe választja ki, akkor emelkedik, ha pedig az úszóhólyagban lévő gáztartalom mennyiségét a gázok reabszorpciójával csökkenti, akkor lefelé süllyed a vízben.

Megtermékenyítésük rendszerint külső, egyes fajok hímjei azonban párzószervvel rendelkeznek, így ezeknél a megtermékenyítés belsővé vált. Többségük tojásrakó (ovipár), de elevenszülők (vivipárok) is lehetnek. Egyedfejlődésük többnyire közvetlen. Gyakori körükben az utódgondozás. Tengerekben, félsós vizekben (brakkvizekben) és édesvizekben egyaránt előfordulhatnak. Számos fajuk vándorol. Az anadrom vándorló fajok tengeriek, de ívás idején az édesvizekbe úsznak, míg a katadrom fajok a tengerben ívnak, de életük nagy részét édesvízben töltik. Táplálkozásmódjuk változatos. Igen fajgazdag csoport, mintegy 30 ezer

fajuk ismert, azaz a gerincesek csaknem fele közéjük tartozik. Két fő ágát a számos ősi jelleget mutató porcos ganoidok (Chondrostei) és a fajok döntő többségét magába foglaló újúszójúak (Neopterygii) alkotják (7.3.15. ábra).

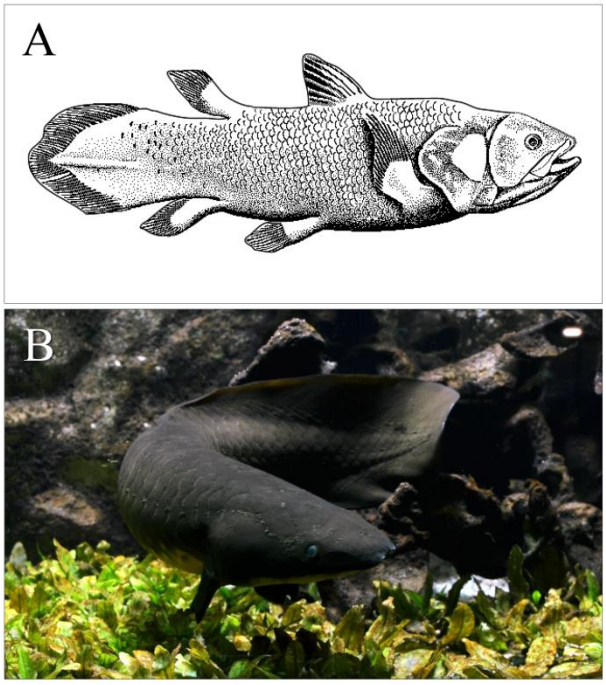
7.3.15. ábra. A sugarasúszójú halak (Actinopterygii) legfajgazdagabb rendjeinek egy-egy képviselője. *A*. compó (*Tinca tinca*) (Cypriniformes); *B*. vöröshasú pirája (*Pygocentrus nattereri*) (Characiformes); *C*. vörösfarkú harcsa (*Phractocephalus hemioliopterus*) (Siluriformes); *D*: pompás császárhal (*Pygoplites diacanthus*) (Perciformes).

7.3.5. Izmosúszójú halak (Sarcopterygii)

Méretük a 45 cm és a 2 m között változik. Testüket ősileg **kozmoid pikkelyek** borítják, amelyek egy belső csontrétegből (izopedin), és egy zománcszerű vitrodentin réteggel borított kemény, dentinre hasonlító külső kozmin rétegből állnak, a ma élő fajok pikkelyei azonban vékony csontlemezzé módosultak (elazmoid pikkelyek). Vázuk másodlagosan erősen porcos. Csigolyáik ősileg elöl-hátul vájt (amficöl) típusúak, a ma élőknél azonban a gerincoszlop nagyban redukált. Bordáik gyakran hiányoznak. Orrnyílásaik párosak. Többségüknél az állkapocs-felfüggesztés a szárazföldi gerincesekhez (Tetrapoda) hasonlóan **autostyl** típusú, azaz felső állkapcsuk (palatoquadratum) közvetlenül az agykoponyához kapcsolódik, hyomandibulájuk pedig redukálódott. Állkapcsaikon ránőtt fogak ülhetnek. Kopoltyúnyílásaik száma 5 vagy 4 pár. Kopoltyúikat a sugarasúszójú halakhoz hasonlóan csontos **kopoltyúfedő (operculum)** takarja. Fecskendőnyílásuk (spiraculum) megtalálható. A páratlan úszók (hát-, farok- és farokalatti úszók) mellett páros úszókkal (**mell- és hasúszók**) is rendelkeznek (7.3.16. ábra). A páros úszók többnyire jól fejlettek, izmos, nyélszerű tőrésszel és többtagú tengelyvázzal. Farokúszójuk ősileg heterocerk, a ma élőknél azonban **diphycerk** típusú (7.3.16. ábra). Úszóikat csontos úszósugarak (**lepidotrichia**) vagy ezek

részben elcsontosodott módosulatai (**camptotrichia**) merevítik. Bélcsatornájukban spirális redő húzódik. **Léghólyag**juk tüdőként működik vagy zsírral töltött, csökevényes. Szívük két- vagy háromüregű. Végleges kiválasztószervük ősvese típusú. Rendelkeznek oldalvonal-szervvel (organum laterale).

Megtermékenyítésük külső vagy belső. Tojásrakók (ovipárok) vagy elevenszülők (vivipárok). Egyedfejlődésük közvetlen. A fiatal halaknak külső kopoltyúik lehetnek. Elsődlegesen tengeriek, a ma élő fajok többsége azonban édesvízi. Mindössze 8 fajuk ismert. A bojtosúszós halak (Crossopterygii) és a tüdőshalak (Dipnoi) tartoznak ide (7.3.16. ábra). Az ősi izmosúszójúakból származtathatók le a szárazföldi gerincesek (Tetrapoda).

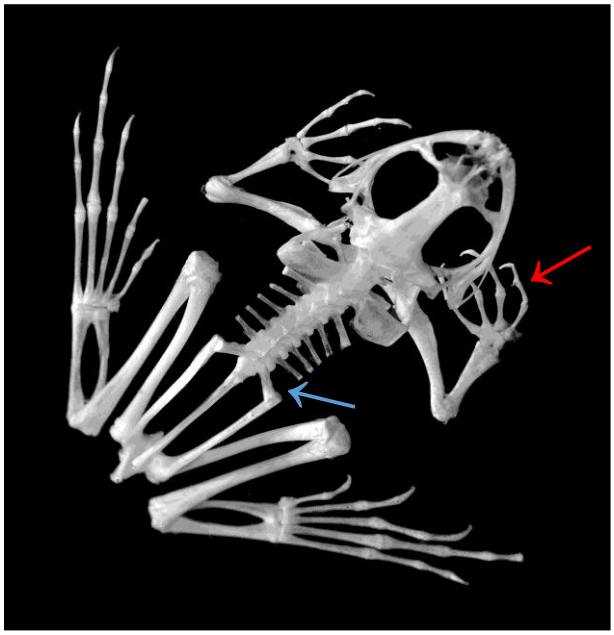


7.3.16. ábra. Az izmosúszójú halak (Sarcopterygii) két recens ágának egy-egy képviselője.
A: maradványhal (*Latimeria chalumnae*) (Crossopterygii: Coelacanthiformes);
B: ausztráliai tüdőshal (*Neoceratodus forsteri*) (Dipnoi: Ceratodontiformes);

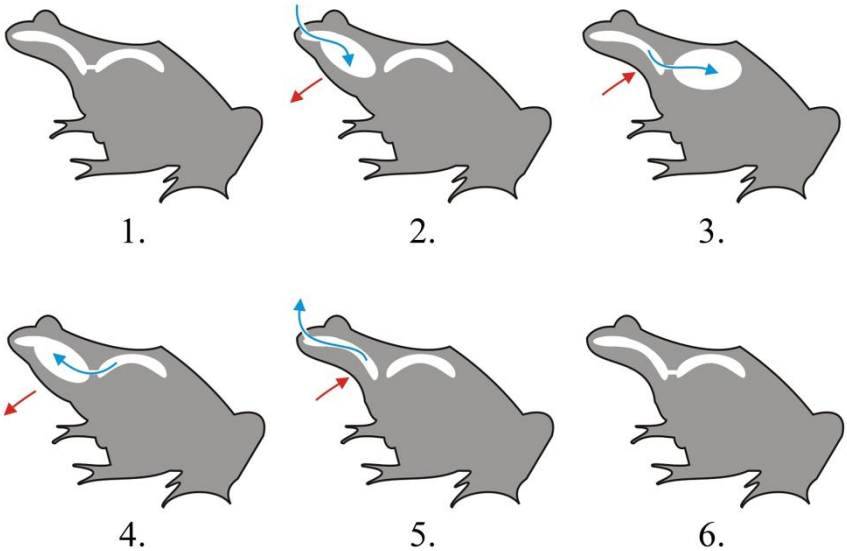
7.3.6. Kétéltűek (Amphibia)

Méretük a 8 mm-től az 1,8 m-ig változik. Ma élő képviselőiknél a bőr csupasz, legfeljebb redukált pikkelyeket tartalmazhat. Epidermiszük gyengén elszarusodó. Irharétegükben számos **nyálkatermelő mirigy és méregmirigy** található. Koponyájuk általában rövid, széles (7.3.17. ábra), a koponyacsontok száma redukált. A koponya dicondyl típusú, azaz két nyakszirti bütyökkel (condylus occipitalis) ízesül az első nyakcsigolyához. Csigolyáik elől (pro-), elől-hátul (amfi-) vagy hátul vájt (opisztocöl) típusúak. Legfeljebb csak egy keresztcsonti csigolyájuk (vertebra sacralis) van (7.3.17. ábra). Törzscsigolyáikhoz rövid bordák kapcsolódhatnak. Egyeseknél (pl. lábatlan kétéltűek, sziréngőték) a végtagok csökevényesek vagy teljesen hiányoznak. Lábujjaik száma redukált, elülső lábakon legfeljebb

4, míg a hátsókon 5 vagy annál kevesebb ujj található (7.3.17. ábra). Farkuk gyakran másodlagosan hiányzik (lábatlan kétéltűek többsége, békák). Fogaik két részből, kétcsúcsú koronából és az állkapocsba illeszkedő nyélből állnak.



7.3.17. ábra. Béka csontváza. A kétéltűek egyik jellegzetessége az egyetlen keresztcsonti csigolya (*kék nyíl*), ill. a legfeljebb négy ujjban végződő mellső végtag (*piros nyíl*).



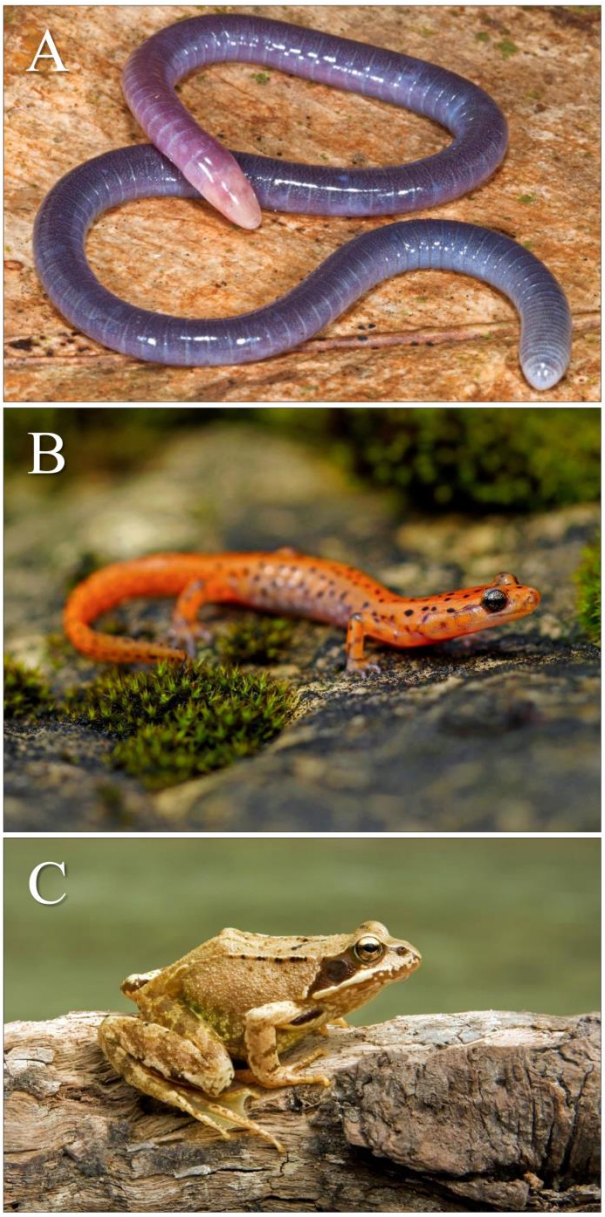
7.3.18. ábra. Békák légzése. *1*. pihenő szakasz; *2*. orrnyílások nyitása, szájüreg térfogatának növelése; *3*. orrnyílások zárása, szájüreg térfogatának csökkentése, gégerés nyitása, tüdő térfogatának növelése; *4*. szájüreg térfogatának növelése, tüdő térfogatának csökkentése; *5*. orrnyílások nyitása, szájüreg térfogatának csökkentése, gégerés zárása; *6*. orrnyílások zárása, pihenő szakasz.
A kék nyilak a levegő útját, a piros nyilak a szájfenék mozgását mutatják.

A nyelv számos csoportban (pl. tüdőtlen szalamandrák, békák) messzire kiölthető és fontos szerepet játszik a zsákmányszerzésben. A légzésben a tüdők mellett fontos szerepe van

a testfelszínnek, ill. a szájüreg hajszálerekben gazdag nyálkahártyájának is. Egyeseknél (pl. tüdőtlen szalamandrák, egyes békák) a tüdők másodlagosan hiányoznak, így a légzés teljes egészében a bőrön keresztül történik. Be- és kilégzésük a szájüreg, ill. a tüdő térfogatának változtatásával történik (7.3.18. ábra). A szájüreg térfogatát a szájfenék lefelé és felfelé mozgatásával, ill. a szemgolyók megemelésével és lesüllyesztésével változtatják. A **szemvisszahúzó (m. retractor bulbi) és szemgolyóemelő izom (m. levator bulbi)** kizárólag a kétéltűekre jellemző. Bélcsatornájuk végső szakasza összenyílik a húgyivarkészülék kivezető rendszerével, így kloáka alakul ki. Szívük háromüregű, két pitvarból és egy kamrából áll. Kiválasztószervük ősvese típusú. Egyes fajoknál a hímek párzószervvel rendelkeznek (lábatlan kétéltűek, farkos békák). Nitrogén-anyagcseréjük végterméke ammónia vagy karbamid (urea). Agyidegeik száma az ősibb gerincesekhez hasonlóan 10 pár. Dobhártyájuk (tympanum) másodlagosan hiányozhat. Középfülükben egyetlen hallócsont (columella) található. A Batrachia klád tagjainál a magas és mély frekvenciájú hangrezgések érzékelésére **kettős hallórendszer** alakult ki.

7.3.19. ábra. Az északi zöld béka (*Lithobates clamitans*) fejlődési stádiumai.

7.3.20. ábra. Rathbun-vakgőték (*Eurycea rathbuni*). A képen jól láthatók az ennél a fajnál kifejlett korban is megmaradó külső kopoltyúk (*nyilak*).



7.3.21. ábra. A ma élő kétéltűek (Lissamphibia) három fő ágának egy-egy képviselője.
A: egy lábatlan kétéltű, a *Microcaecilia dermatophaga* (Gymnophiona);
B: barlangi sárgaszalamandra (*Eurycea lucifuga*) (Caudata);
C: gyepi béka (*Rana temporaria*) (Anura).

Megtermékenyítésük külső (ősibb farkos kétéltűek, békák többsége) vagy belső (lábatlan kétéltűek, farkos kétéltűek többsége, egyes békák). Többségében tojásrakók (ovipárok), de elevenszülők (vivipárok) is lehetnek. Gyakori körükben az utódgondozás, amelynek számos formája alakult ki. Egyedfejlődésük rendszerint közvetlen (7.3.19. ábra), lárváik általában víziek. Egyes csoportokban gyakori, hogy anélkül érik el ivarérettségüket, hogy valamennyi lárvakori bélyegük (pl. külső kopoltyúk) eltűnne (pedomorfózis) (7.3.20. ábra). Kifejlett korukban víziek vagy szárazföldiek egyaránt lehetnek. Nagyrészt generalista és opportunista ragadozók, de akadnak közöttük táplálékspecialista (pl. hangya-, atka-, tojás- vagy termésfogyasztó) fajok is. Mérgüket kizárólag passzív védekezésre

használják, zsákmányszerzésre sosem. Mintegy 7.000 recens fajuk ismert, amelyek döntő többségét (>85%) a békák teszik ki. Két fő ágát a lábatlan kétéltűeket magába foglaló Gymnophiona, ill. a farkos kétéltűeket (Caudata) és békákat (Anura) tartalmazó Batrachia klád képezi (7.3.21. ábra).

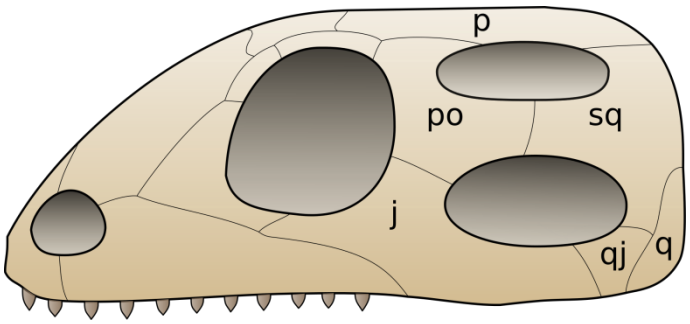
7.3.7. Hüllők (Reptilia)

Méretük a 3 cm-től a több mint 10 m-ig változik. Bőrük erősen elszarusodott, mirigyekben szegény. Epidermiszükben **béta-keratin**, ill. **kiszélesedő szabad idegvégződések** találhatók. Jellegzetes epidermális eredetű szaruképleteik a **pikkelyek**, amelyek alakjuk, méretük és vastagságuk alapján lehetnek apróbb szaruszemcsék, nagyobb méretű, lapos zsindelypikkelyek (átfedő pikkelyek), ill. kiterjedt szarupajzsok (7.3.22. ábra). Bőrük irharétegében gyakran **bőrcsontok (osteodermák)** találhatók (pl. teknősök, vakondgyíkok, lábatlan gyíkok, krokodilok). A hasoldalon, a szegycsont és a csípő között található bőrcsontok az ún. **„hasi bordák" (gastralia)**, amelyek a hasfalat támasztják, ill. tapadási pontként szolgálnak a hasizmok számára.

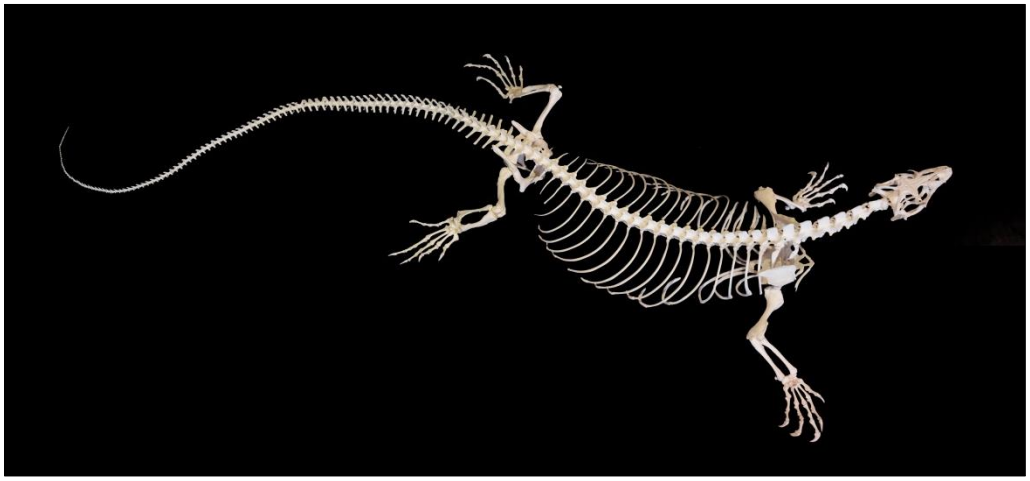
7.3.22. ábra. Közönséges kéknyelvűszkink (*Tiliqua scincoides*) pikkelyzete.
A képen jól látható, hogy a fejtetőt nagyobb méretű szarupajzsok,
míg a törzset és a végtagokat átfedő zsindelypikkelyek borítják.

Koponyájuk monocondyl típusú, azaz egyetlen nyakszirti bütyökkel (condylus occipitalis) ízesül az első nyakcsigolyához. A ma élő hüllők koponyájának mindkét oldalán ősileg két (egy felső és egy alsó) halántékablak található (**diapsid** típus) (7.3.23. ábra), a legtöbb csoportban azonban ezek részben vagy teljesen hiányoznak. Csigolyáik ősileg elöl-hátul vájt (amficöl), másodlagosan (és többnyire) elöl vájt (procöl) típusúak, de hátul vájtak (opisztocöl) is lehetnek. A törzscsigolyáikhoz kapcsolódó bordák elöl többnyire a szegycsontban (sternum) találkoznak, és így zárt mellkast alkotnak (7.3.24. ábra). Bordáikon harántnyúlványok (processi uncinati) lehetnek (pl. hidasgyíkok, krokodilok), amelyek

izomtapadási helyül szolgálnak, ill. a bordaketrecet erősítik. Szájpadcsontjukon (palatinum) ősileg ún. **szuborbitális nyílás** található. Az orrüreget és szájüreget elválasztó másodlagos csontos szájpad egymástól függetlenül több csoportban is kialakult (teknősök, vakondgyíkok, krokodilok), lehetővé téve, hogy a táplálékát szájában tartó állat folyamatosan lélegezzen. Fogaik ülhetnek az állkapocs élén (**acrodont típus**), az állkapocs belső oldalszegélyének barázdájában (**pleurodont típus**), ill. sekély (**subthecodont típus**) vagy mély fogmederben (**thecodont típus**). Egyeseknél (pl. teknősök) a fogak másodlagosan hiányoznak. A tojásból kikelő fiatal állatok ún. **tojásfog(ak)** segítségével törik fel a tojáshéjat. Ezek vagy szaruképződmények (teknősök, krokodilok), vagy a köztiállcsont (premaxilla) kinövései (többi hüllő). Egyes csoportoknál a felső (kígyók) vagy az alsó állkapocsban (viperagyíkok) méregmirigyek találhatók, amelyekhez **méregfogak** társulnak (7.3.25. ábra). Gyakori körükben a végtagredukció, ami jellemzően a talajba ásó életmód következménye (pl. vakgyíkok, ásógyíkok, kígyók, stb.) (7.3.28. ábra C). Számos csoport tagjainál a farok vészhelyzetben a középső csigolyák valamelyikénél, a csigolyatesten előképzett hasíték mentén könnyen letörik, ill. maguk is leválaszthatják azt a farokcsigolyák közötti izmok hirtelen, nagy erejű összehúzásával (**kaudális autotómia**).

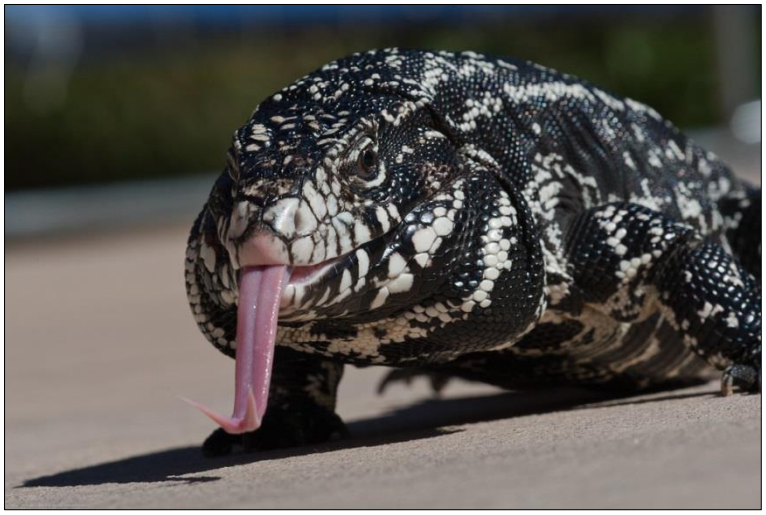


7.3.23. ábra. Két halántékablakos (diapsid típusú) koponya. *p*: falcsont (parietale); *po*: hátsó szemgödri csont (postorbitale); *sq*: pikkelycsont (squamosum); *j*: járomcsont (jugale); *qj*: négyszög-járomcsont (quadratojugale); *q*: négyszögcsont (quadratum).



7.3.24. ábra. Szalagos varánusz (*Varanus salvator*) csontváza.

7.3.25. ábra. Russell-vipera (*Daboia russelii*) méregfogai a fog végén megjelenő méregcseppel.



7.3.26. ábra. Argentin teju (*Salvator merianae*) hasított végű nyelve.

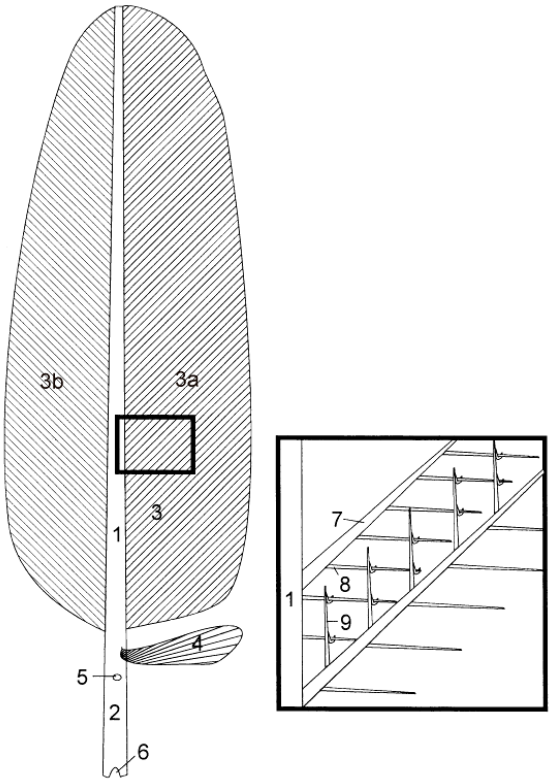
A ma élő hüllők többségénél a nyelv hasított végű (7.3.26. ábra). Bélcsatornájuk végső szakasza a kétéltűekhez hasonlóan összenyílik a húgyivarkészülék kivezető rendszerével, így kloáka alakul ki. Tüdejük felépítése változatos. Az ásó életmódhoz adaptálódott, megnyúlt testű fajoknál (pl. ásógyíkok, kígyók) az egyik tüdőfél rendszerint csökevényes vagy hiányzik. Tüdejükhöz **légzsákok** kapcsolódhatnak (pl. teknősök, kaméleonok). Légzésüket a bordák, a hozzájuk kapcsolódó izomzat, ill. a testfal tömege segíti, rekeszizma (diaphragma) csak a krokodiloknak van. Szívük három- (hüllők többsége) vagy négyüregű (krokodilok). Kiválasztószervük utóvese típusú. A krokodilok, hidasgyíkok és a teknősök egy részének kivételével kizárólag húgysavat ürítenek. A tengeri életmódú csoportoknál egymástól függetlenül a nyál- vagy könnymirigyek módosulásával **sómirigyek** (a teknősöknél lakrimális, a leguánoknál nazális, a kígyóknál szublinguális, a krokodiloknál pedig linguális sómirigyek) alakultak ki, amelyek a táplálékkal lenyelt tengervízből származó sók

kiválasztását végzik. A hímek páratlan pénisszel (teknősök, krokodilok) vagy páros **hemipénissz**el rendelkeznek (többi hüllő) (7.3.27. ábra). Agyidegeik száma a többi magzatburkoshoz hasonlóan 12 pár. Sajátosságuk, hogy szemükben az iriszmozgató izmok nem sima-, hanem harántcsíkolt izmok. Egyes csoportokban (pl. gekkók, kígyók, stb.) az alsó szemhéj a csökevényes felső szemhéjjal összenőve a teljes felületén átlátszó, a szemet a külső hatásoktól védő **szemüveg**et (**spectaculum**) alkot. Középfülükben egyetlen hallócsont (columella) található. Testhőmérsékletük változó.

7.3.27. ábra. Texasi csörgőkígyó (*Crotalus atrox*) hímjének kitüremített páros hemipénisze.

7.3.28. ábra. A ma élő hüllők (Reptilia) négy fő ágának egy-egy képviselője.
A: kirgiz teknős (*Testudo horsfieldii*) (Testudinata: Testudines); *B*: hidasgyík (*Sphenodon punctatus*) (Lepidosauria: Rhynchocephalia); *C*: csinos szalagoskígyó (*Thamnophis elegans*) (Lepidosauria: Squamata); *D*: Mindoro-krokodil (*Crocodylus mindorensis*) (Archosauria: Crocodilia).

Elsődlegesen tojásrakók (ovipárok), de gyakori körükben az elevenszülés (vivipária) is. Egyes képviselőik (pl. egyes kígyók, krokodilok) utódgondozók. Elsődlegesen (és többségében) szárazföldiek, de másodlagosan lehetnek félvíziek vagy víziek is (pl. teknősök, krokodilok, stb.). Táplálkozásmódjuk igen változatos. Csaknem 11 ezer fajuk ismert. A madarak (Aves) nélkül nem képez monofiletikus egységet (2.4. ábra). Három fő ágát a ma élő és kihalt teknősöket magába foglaló Testudinata, a recens hüllők többségét tartalmazó Lepidosauria, ill. a krokodilokat és kihalt rokonaikat tartalmazó Archosauria alkotja (ahová maguk a madarak is tartoznak) (7.3.28. ábra).

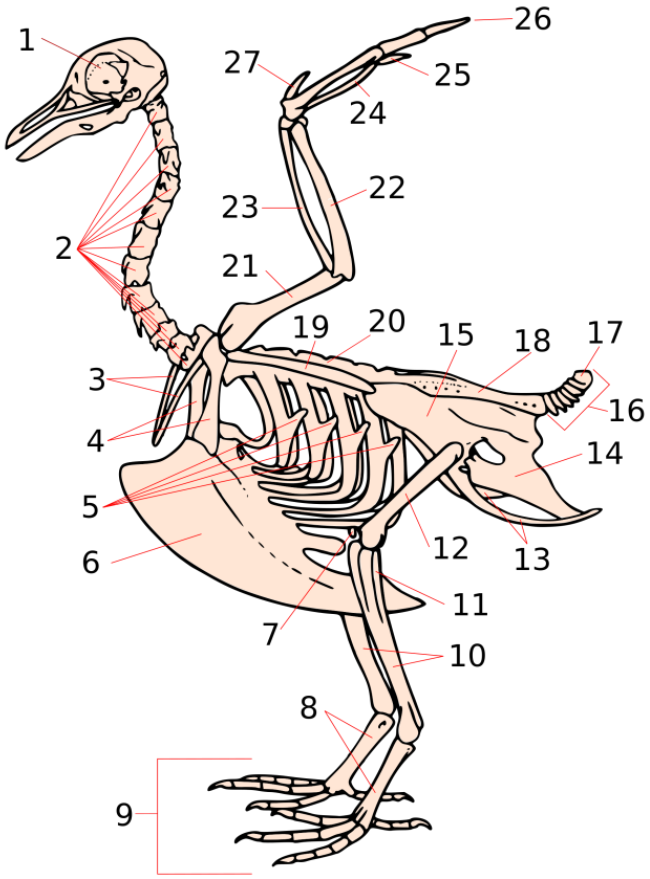


7.3.29. ábra. Egy evezőtoll felépítése. *1*. szár (rachis); *2*. cséve (calamus); *3*. zászló (vexillum); *3a*. külső zászló (vexillum externum); *3b*. belső zászló (vexillum internum); *4*. vendégtoll (hyporachis); *5*. felső köldök (umbilicus superior); *6*. alsó köldök (umbilicus inferior); *7*. ág (ramus); *8*. proximális sugár (radius) sor; *9*. disztális sugár (radius) sor.

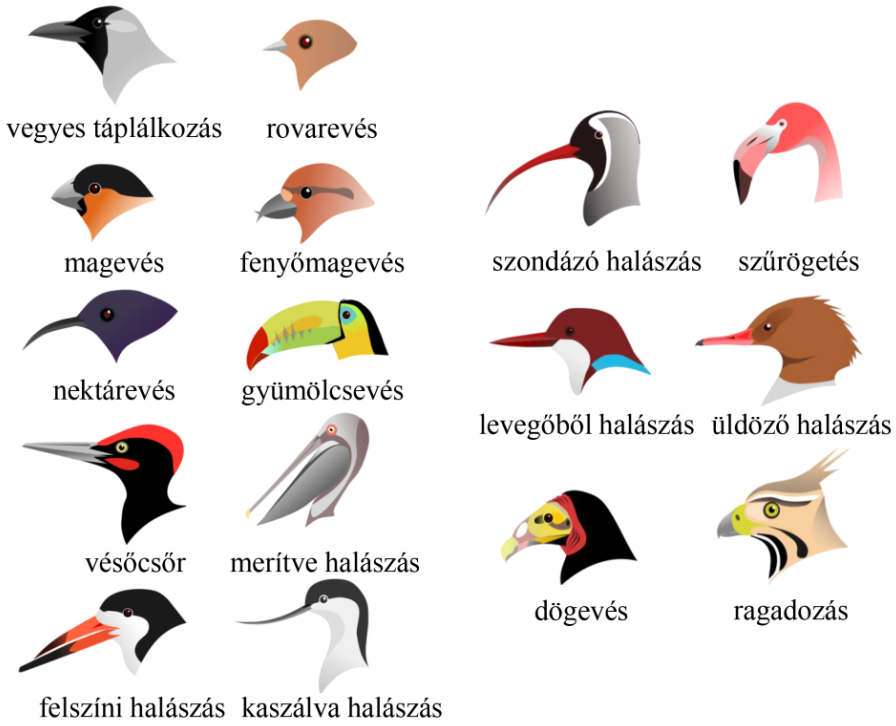
7.3.8. Madarak (Aves)

Méretük a kb. 5 cm-től a több mint 2 m-ig terjed. Gyakori körükben a méret- és/vagy színbeli ivari dimorfizmus. Ilyenkor rendszerint a hímek a nagyobb termetűek és/vagy díszesebbek, de az ellenkezőjére is van példa (pl. ragadozó madarak). Testüket **tollak** borítják, amelyek mechanikai védelmet nyújtanak, hőszigetelik a testet, csökkentik a párologtatást, ill. felületet biztosítanak a repüléshez. A tollak színét különböző festékanyagok (kémiai színezet), ill. interferenciaszínek (fizikai színezet) alakítják ki. A két fő tolltípust a test hőszigetelésében szerepet játszó **pehelytollak (plumae)**, valamint a testnek kontúrt adó,

ill. a szárnyak evezőtollait és a farok kormánytollait alkotó **kontúrtollak (pennae)** alkotják. A kontúrtollaknál a tollszárból (rachis) kiinduló oldalágakon (rami) lévő sugarakat (radii) apró horgocskák (hamuli) kapcsolják össze a szomszédos ágak sugaraival, ezáltal egy egységes, merev zászlót (vexillum) alakítva ki (7.3.29. ábra), míg a pehelytollaknak nincs horogrendszere, így ezek laza felépítésűek. Epidermiszüket csupán vékony szaruréteg borítja. Az epidermiszben hüllő ősikhez hasonlóan **béta-keratin**, ill. **kiszélesedő szabad idegvégződések** találhatók. Bőrük egyetlen mirigye a páros **fartőmirigy (glandula uropygii)**, amelynek zsíros váladéka a tollak karbantartására, ill. a tollazat vízhatlanná tételére (impregnálására) szolgál. Egyeseknél (pl. futómadarak, túzokok, galambok, harkályok, papagájok, stb.) a fartőmirigy másodlagosan hiányzik.

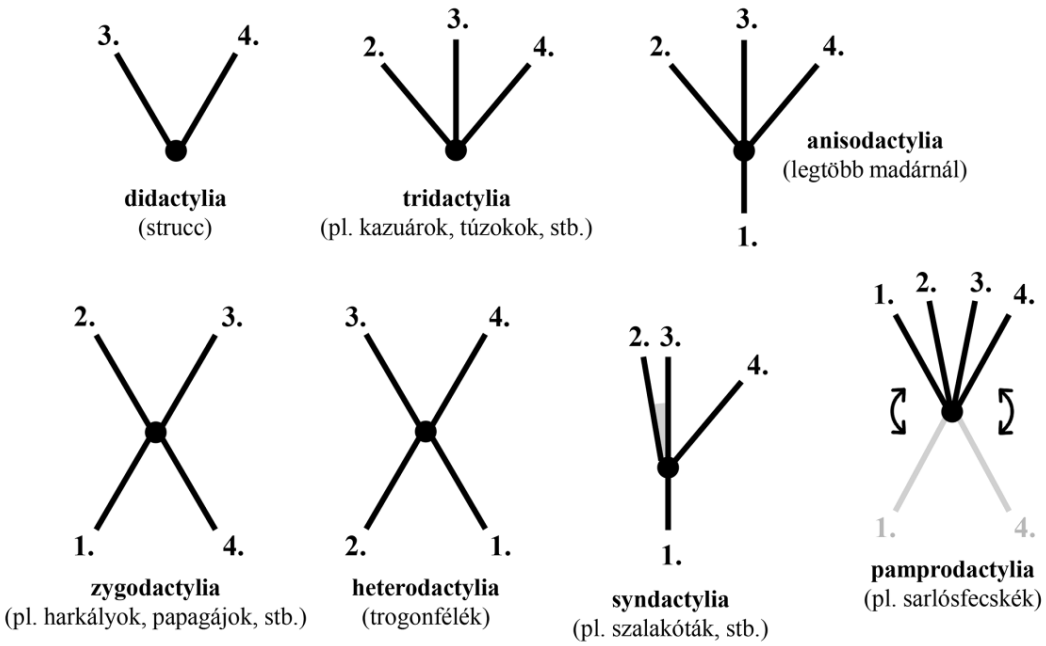


7.3.30. ábra. A madarak vázrendszerének alakulása. *1*. koponya; *2*. nyakcsigolyák; *3*. villacsont (furcula); *4*. hollócsőrcsont (coracoideum); *5*. bordák harántnyúlványai (processi uncinati); *6*. szegycsonti taraj (crista sterni); *7*. térdkalács (patella); *8*. csüd (tarsometatarsus); *9*. lábujjak; *10-11*. tibiotarsus; *12*. combcsont (femur); *13*. szeméremcsont (pubis); *14*. ülőcsont (ischium); *15*. csípőcsont (illium); *16*. farokcsigolyák; *17*. farktőcsont (pygostyl); *18*. álkeresztcsont (synsacrum); *19*. lapocka (scapula); *20*. hátcsigolyák; *21*. felkarcsont (humerus); *22*. singcsont (ulna); *23*. orsócsont (radius); *24*. carpometacarpus; *25-27*. kéz ujjai.

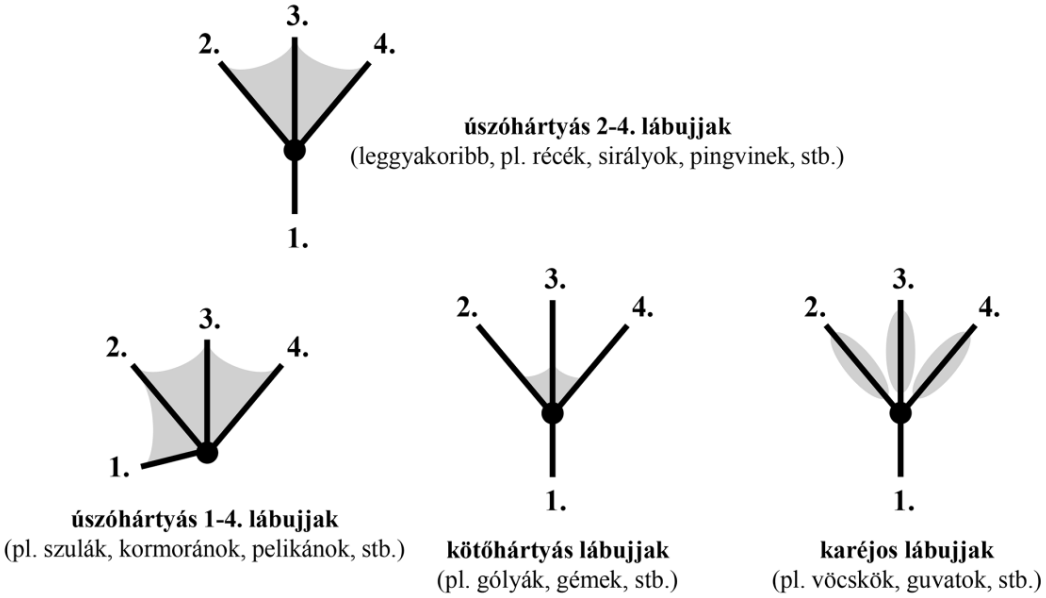


7.3.31. ábra. A madarak különböző csőrtípusai és az ezeknek megfelelő táplálkozásmódok.

Vázrendszerük és izomzatuk a repülő életmódnak megfelelően specializált (7.3.30. ábra). Csontjaik üregesek, könnyűek. Szabad csigolyáik nyeregszerű ízesüléssel kapcsolódnak egymáshoz (heterocöl típusúak). Koponyájuk monocondyl típusú, azaz egyetlen nyakszirti bütyökkel (condylus occipitalis) ízesül az első nyakcsigolyához. Koponyájuk a Diapsida alapszabáshoz képest erősen módosult, a szemgödör (orbita) mögött húzódó széles halántékárok az összenőtt kettő halántékablaknak feleltethető meg. Kulcscsontjaik (claviculae) **villacsont**tá (**furcula**) forrtak össze. Szegycsontjukon (sternum) a mellizmoknak tapadási helyül szolgáló **taraj (crista sterni)** húzódik. Kéztő- (carpalia) és kézközépcsontjaik (metacarpalia) egymással összenőttek (**carpometacarpus**). Bordáikon a krokodilokhoz és hidasgyíkokhoz hasonlóan **harántnyúlványok (processi uncinati)** találhatók. Hátsó függesztőövük a csípő- (ilium), ülő- (ischium) és szeméremcsontból (pubis) összenőtt medencecsont (**os innominatum**). Sípcsontjukhoz (tibia) a csökevényes szárkapocscsont (fibula), ill. a lábtőcsontok (tarsalia) proximális sora hozzánőtt (**tibiotarsus**). A lábtőcsontok (tarsalia) disztális sora és a lábközépcsontok (metatarsalia) összenőve alkotják a **csüd**öt (**tarsometatarsus**). Az utolsó háti-, az ágyéki-, a keresztcsonti- és az elülső farokcsigolyák egységes **álkeresztcsont**tá (**synsacrum**) egyesültek. Az utolsó farokcsigolyák összenőve adják a **farktőcsont**ot (**pygostyl**). Fogaik hiányoznak, **csőr**ré módosult állkapcsukat szarukáva borítja. A csőr alakja, nagysága a táplálkozásmódnak megfelelően igen változatos (7.3.31. ábra). Egyes madaraknál (pl. galambok, egyes vízimadarak, stb.) az orrnyílásokat **operculum**, másoknál (pl. hokkók, halfarkasok, ragadozó madarak, papagájok, stb.) **viaszhártya (ceruma)** veszi körül.



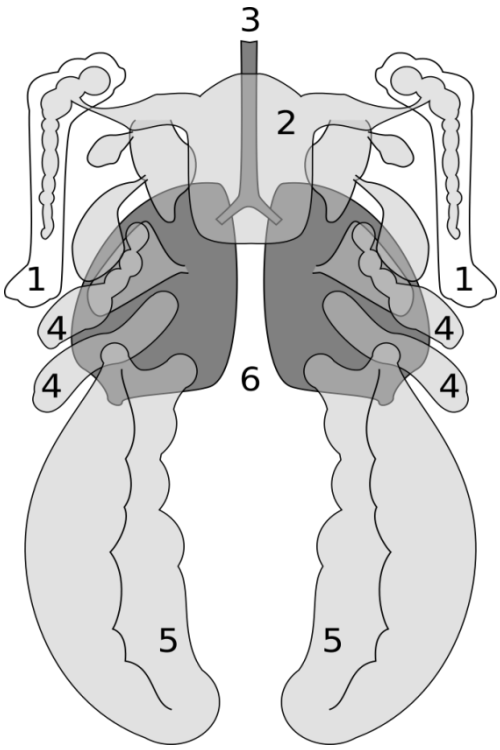
7.3.32. ábra. A lábujjak elrendeződése madaraknál.



7.3.33. ábra. A vízi- és vízparti madarak lábtípusai.

Elülső végtagjaik **szárnyak**ká alakultak, amelyek elsődlegesen a repülést szolgálják, egyeseknél azonban másodlagosan csökevényesek (pl. futómadarak egy része) vagy evezőkké módosultak (pl. pingvinek). Elülső végtagjukon 3, a hátsón 4 vagy kevesebb (3, esetleg 2) ujj található. Lábaikat pikkelyek borítják. A lábak alakja, felépítése a csőrhöz hasonlóan az életmódnak megfelelően igen változatos (7.3.32., 7.3.33. ábrák). A legtöbb madárnál a lábujjak elrendeződése **anisodactyl** típusú, azaz az 1. ujj hátrafelé, a 2-4. ujjak pedig előrefelé irányulnak. Egyes fán élő madaraknál (pl. kakukkok, harkályok, papagájok, stb.) az 1. és 4. ujjak hátrafelé, míg a 2. és 3. ujjak előrefelé irányulnak (**zygodactylia**), másoknál (pl. trogonok) az 1. és 2. ujjak állnak hátrafelé, és a 3. és 4. ujjak irányulnak előrefelé

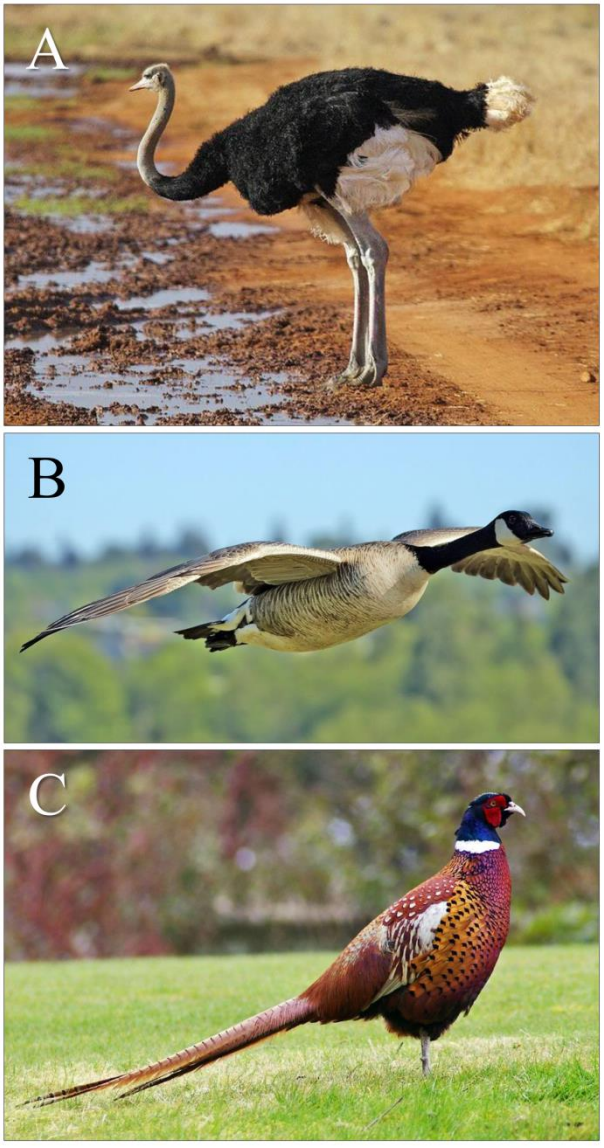
(**heterodactylia**). Egyeseknél (pl. szalakóták) az előrefelé irányuló 2-4. ujjak közül a 2. és 3. a tövüknél részben összenőtt (**syndactylia**). Másoknál (pl. sarlósfecskék) az 1. és 4. ujjak előre és hátra egyaránt fordítható ún. vetélőujjak (**pamprodactylia**). A vízi- és vízparti madaraknál a 2-4. ujjak gyakran úszóhártyásak (pl. récék, sirályok, pingvinek, stb.), de mind a négy (1-4.) lábujj között is feszülhet úszóhártya (pl. szulák, kormoránok, pelikánok, stb.). Számos gázlómadárnál (pl. gólyák, gémek, stb.) a 2-4. lábujjak kötőhártyásak. Egyes vízimadaraknál (pl. vöcskök, guvatok, stb.) a lábujjak lapítottak, karéjosan lebenyesek.



7.3.34. ábra. A madarak légzsákrendszere. *1*. felkarcsont (humerus); *2*. kulcscsonti légzsák (saccus interclavicularis); *3*. gégecső (trachea); *4*. elülső és hátulsó háti légzsák (saccus thoracalis anterior et posterior); *5*. hasi légzsák (saccus abdominalis); *6*. tüdő (pulmo).

Hangképző szervük az **alsó gégefő (syrinx)**, amely a légcső (trachea) két főhörgőre (bronchus) ágazásánál alakul ki a mellkasban. Tüdejük folyamatos csőrendszerből álló, igen nagy teljesítményű légzőszerv, amelyhez **légzsákok** kapcsolódnak (7.3.34. ábra). **Kettős légzés**ük van, azaz belégzéskor a levegő a tüdőből a légzsákokba áramlik, majd a kilégzés során ismételten áthalad a tüdő légzőfelületén, így kilégzéskor is történik gázcsere. Csak a jobboldali aortaívük van meg, a baloldali redukált. Szívük négyüregű. Nyelőcsövük tágulata a **begy (ingluvies)**, amely táplálékraktárként szolgál, de benne már a táplálék puhítása és előemésztése is megkezdődhet. Gyomruk két részre, az emésztőnedveket termelő **mirigyes gyomor**ra (**pars glandularis**) és a táplálék aprítását végző, funkcionálisan a hiányzó fogazatot helyettesítő **zúzógyomor**ra (**pars muscularis**) tagolódik. Bélcsatornájuk végső szakasza a hüllőkhöz hasonlóan összenyílik a húgyivarkészülék kivezető rendszerével, így kloáka alakul ki. Kiválasztószervük utóvese típusú. Húgyhólyagjuk hiányzik. Nitrogén-

anyagcseréjük végterméke a hüllőkhöz hasonlóan húgysav. A tengeri madaraknál a táplálékkal lenyelt tengervízből származó sók kiválasztását az orrüregbe nyíló **nazális sómirigyek** végzik. Az ősibb csoportoknál (pl. futómadarak, récék) a hímek kifordítható **párzószerv**vel (**phallus**) rendelkeznek. Agyidegeik száma a többi magzatburkoshoz hasonlóan 12 pár. Szemükben az érhártyából ún. **fésű (pecten)** nyúlik be az üvegtestbe, amelynek a retina oxigénellátásában, ill. a fény polarizációjának érzékelésében van szerepe, az ínhártyában pedig ún. **íncsont lemezek** találhatók, amelyek a szemgolyót merevítik. Szemükben az iriszmozgató izmok a hüllőkhöz hasonlóan nem sima-, hanem harántcsíkolt izmok. Középfülükben egyetlen hallócsont (columella) található. Testhőmérsékletük viszonylag magas és állandó.



7.3.35. ábra. A ma élő madarak (Neornithes) ősibb ágainak egy-egy képviselője.
A: strucc (*Struthio camelus*) (Palaeognathae: Struthioniformes);
B: kanadai lúd (*Branta canadensis*) (Galloanserae: Anseriformes);
C: fácán (*Phasianus colchicus*) (Galloanserae: Galliformes).

Magányosan vagy telepesen költenek. Kizárólag tojásrakók (ovipárok), tojásaikon rendszerint kotlanak. Kotláskor a legtöbb madár hastáján a tollak kihullanak, és ún. **kotlófolt** alakul ki, amely a tojások melegen tartását segíti. Fiókáik fészeklakók vagy fészekhagyók. Előbbiek a tojásból való kikeléskor többnyire csupaszok, vakok és helyváltoztatásra képtelenek, míg utóbbiak pelyhesen, nyitott szemmel kelnek ki a tojásból, és képesek járni vagy úszni, ill. önállóan táplálkozni és aktívan menekülni vagy rejtőzködni a ragadozók elől. Többségében monogámok, de a poligámia is előfordul a körükben (pl. tyúkalakúak). A fiókákat a hím és a nőstény többnyire közösen gondozza, sok fajnál azonban kizárólag a nőstény, esetleg a hím az utódgondozó. Egyes fajok (pl. kakukkok egy része, mézmutatók, gulyajárók, stb.) költésparaziták (fészekparaziták), azaz tojásaikat más fajok fészkébe csempészik, fiókáikat pedig a gazdaszülők gondozzák. Táplálkozásmódjuk igen változatos. A mérsékelt égövi fajok gyakran vonulók. Világszerte elterjedtek. Közel 11 ezer fajuk ismert, amelynek kb. 60%-át az énekesmadarak (Passeriformes) teszik ki. A ma élő madarak (Neornithes) két fő ágát a futómadarakat és a tinamukat tartalmazó Palaeognathae, ill. az összes többi madarat magába foglaló Neognathae képezi, mely utóbbit két klád, a tyúkalakúakat és lúdalakúakat tartalmazó Galloanserae és a madarak döntő többségét magába foglaló Neoaves alkot (7.3.35., 7.3.36 ábrák).

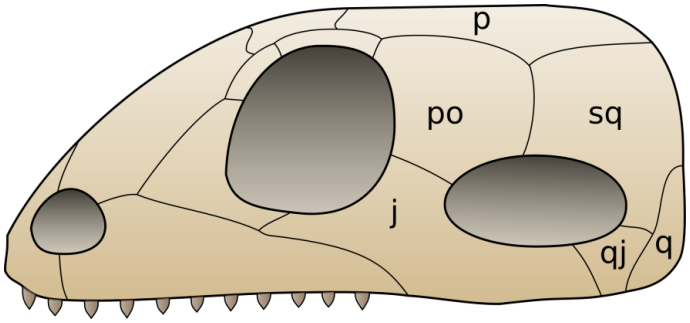
7.3.36. ábra. A ma élő madarak (Neornithes) legfajgazdagabb rendjeinek egy-egy képviselője. *A*: zöldkoronás brilliánskolibri (*Heliodoxa jacula*) (Neoaves: Apodiformes); *B*: bukó sirály (*Larus pacificus*) (Neoaves: Charadriiformes); *C*: gyűjtő küllő (*Melanerpes formicivorus*) (Neoaves: Piciformes); *D*: széncinege (*Parus major*) (Neoaves: Passeriformes).

7.3.9. Emlősök (Mammalia)

Méretük a néhány cm-től a több mint 30 m-ig terjed. Gyakori körükben az ivari dimorfizmus. Ilyenkor kevés kivételtől eltekintve a hímek a nagyobbak, robusztusabb testfelépítésűek. Testüket **szőrzet** fedi, amelynek elsődleges funkciója a hőszigetelés. Egyeseknél (pl. tengeri tehenek, vízilovak, cetek) a szőrzet szinte teljesen hiányzik (7.3.37. ábra B). A szőrök módosulatai a **serték** (pl. disznófélék) és **tüskék** (pl. sünök, tanrekek, sülök), amelyek védő funkciót töltenek be (7.3.37. ábra A). Kültakarójuk állhat részben vagy teljesen pikkelyszerű képletekből is, így pl. a tobzoskák testét, ill. a oposszumok és egyes rágcsálók farkát szarupikkelyek borítják, a tatuféléknél pedig az egész testet övekbe rendeződött bőrcsontok borítanak (7.3.37. ábra C-D). Bőrük mirigyekben gazdag. Ezek közül a **verejtékmirigyek (glandulae sudoriferae)** kifejezetten emlősökre jellemzőek – bár nem fordulnak elő minden csoportban –, amelyek a verejték kiválasztása révén a szervezet hőszabályozásában játszanak fontos szerepet, ill. emellett csekély mértékben kiválasztást is végeznek. A faggyúmirigyek (glandulae sebaceae) feladata a szőrszálak, ill. a bőr rugalmasságának és vízállóságának megőrzése. A verejték- és faggyúmirigyek kombinációjából felépülő illatmirigyek váladékát rendszerint területjelölésre, ill. a fajtársakkal való kommunikációra használják. A szintén kizárólagosan az emlősökre jellemző **tejmirigyek (glandulae lactiferae)** módosult verejtékmirigyek, amelyek a tojásrakó emlősök kivételével csoportosulva az **emlők**et **(corpus mammae)** alkotják (7.3.38. ábra), erről kapta a csoport a nevét.

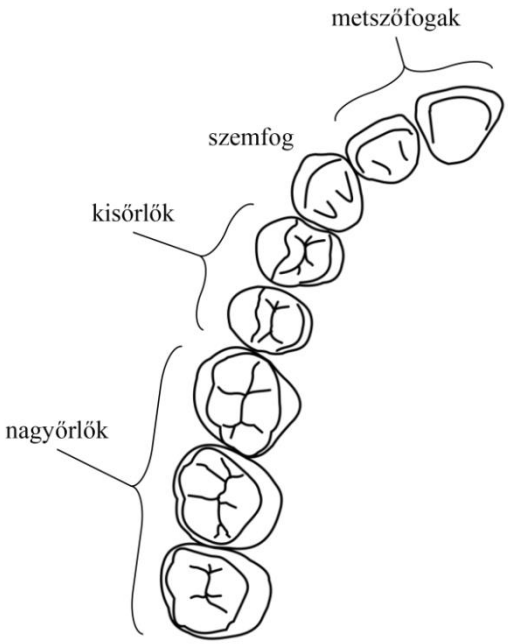
7.3.37. ábra. Az emlősök kültakarójának módosulása. *A*: egyes csoportokban (pl. sünök) a szőrök mellett tüskék is jellemzőek, amelyek megkeményedett szőrszálak; *B*: a vízi emlősöknél (pl. cetek) a szőrzet szinte teljesen hiányzik; *C*: a tobzoskák testét szarupikkelyek fedik; *D*: a tatuféléknél az egész testet övekbe rendeződött bőrcsontok borítanak.

7.3.38. ábra. Anyja emlőjéből tejet szopó kölyökmacska.

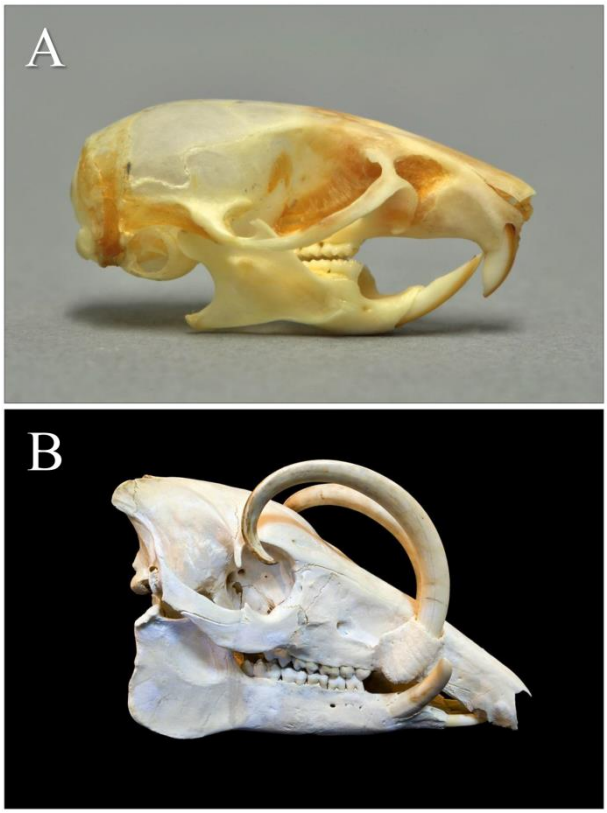


7.3.39. ábra. Egy alsó halántékablakos (synapsid típusú) koponya. *p*: falcsont (parietale); *po*: hátsó szemgödri csont (postorbitale); *sq*: pikkelycsont (squamosum); *j*: járomcsont (jugale); *qj*: négyszög-járomcsont (quadratojugale); *q*: négyszögcsont (quadratum).

Koponyájuk módosult **synapsid** típusú (7.3.39. ábra). A koponya két nyakszirti bütyökkel (condylus occipitalis) ízesül az első nyakcsigolyához (dicondyl típus). A nyakcsigolyák száma kevés kivételtől eltekintve 7. Csigolyáik jellemzően acöl típusúak. Nyaki- és ágyéki bordáik nincsenek. Alsó állkapcsukat (mandibula) egyetlen csont (**dentale**) alkotja, amely a pikkelycsonttal (squamosum) együtt hozza létre az állkapcsi ízületet. Másodlagos csontos szájpadjuk az orr- és szájüreget teljesen elkülöníti. Medencetájékuk három csontja egységes **medencecsont**ot (**os coxae**) képez. Fogaik **fogmederben ülő (thecodont) fogak**. Legfeljebb egy fogváltásuk lehetséges, azaz a fiatal állatoknál megjelenő tejfogakat a maradó fogak egyetlen nemzedéke váltja fel (**diphyodont fogazat**). Fogazatuk elsődlegesen eltérő alakú és funkciójú fogakból – **metszőfogak**ból (**incisivi**), s**zemfogak**ból (**canini**), ill. **kis-** (**praemolares**) és **nagyőrlők**ből (**molares**) – álló **különnemű (heterodont) fogazat** (7.3.40. ábra), de másodlagosan egyneművé (homodont) válhat és megsokszorozódhat (pl. delfinek), ill. teljesen redukálódhat is (pl. hangyászok, tobzoskák, szilászcetek).



7.3.40. ábra. Az emlősök négyféle fogtípusa. Az ábrán az ember egy fognegyede látható a két metszőfoggal, egy szemfoggal, két kisőrlővel és három nagyőrlővel. Minthogy a felső és alsó fognegyed fogainak száma megegyezik (az ún. fogképlettel kifejezve 2123/2123), így a fogak száma összesen 2×16=32.



7.3.41. ábra. Példák a fogazat módosulására emlősöknél. *A*: rágcsálóknál, mint pl. a házi egérnél (*Mus musculus*) a megnagyobbodott metszőfogak és az őrlőfogak között hosszú foghézag (diasztéma) alakul ki a hiányzó szemfogak helyén; *B*: disznóféléknél, mint pl. a babirusszánál (*Babyrousa celebensis*) a szemfogak felfelé és kifelé görbülő agyarakká módosultak.

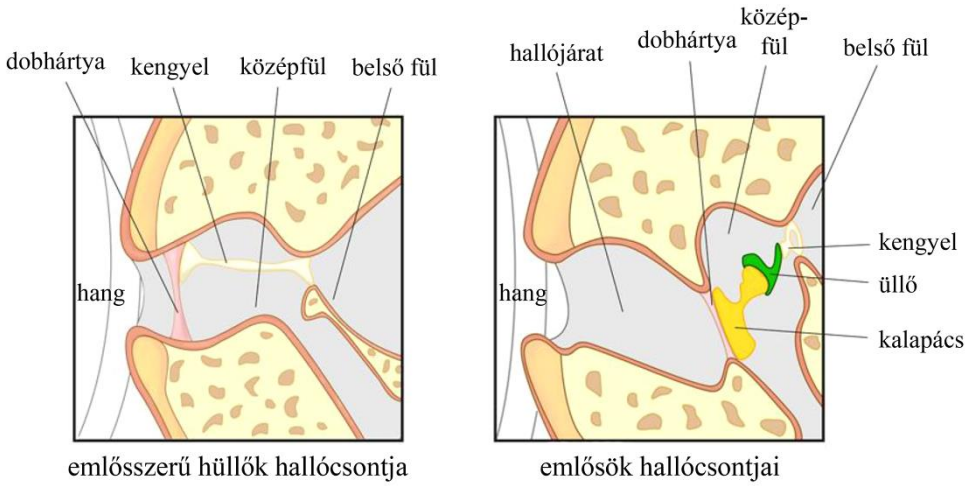
Az erszényeseknél a fogak száma ősileg 50 (5134/4134), míg a méhlepényeseknél 44 (3143/3143). Növényevőknél (pl. rágcsálók, nyulak, kérődzők) a szemfogak gyakran hiányoznak, így a helyén jellegzetes foghézag (diasztéma) alakul ki (7.3.41. ábra A). Egyes csoportokban a szemfogak (pl. disznófélék, vízilovak, rozmárfélék), másoknál a metszőfogak (pl. elefántok) agyarrá módosultak (7.3.41. ábra B). Gyökértelen, tehát folyamatosan növekvő metszőfogaik vannak a rágcsálóknak, nyulaknak és szirtiborzoknak, ill. az összes fog ilyen a vendégízületeseknél, valamint számos rágcsálónál.

7.3.42. ábra. Az emlősök ujjain található különböző szarufüggelékek.
A: karmok; *B*: paták; *C*: körmök.

Az ősibb csoportok medencéjéhez páros **„erszénycsont" (epipubis)** kapcsolódik, amelyek a törzset merevítik, ill. izomtapadási helyül szolgálnak. A legtöbb emlősnél a hollócsőrcsont (coracoideum) a lapocka (scapula) oldalnyúlványává redukálódott. Végtagjaik elsődlegesen ötujjúak, felépítésük az életmódnak megfelelően igen változatos. Nagy részük talponjáró, de ujjon (pl. macskafélék, kutyafélék) vagy ujjhegyen járás (pl. patások) is előfordulhat a körükben. A vízi vagy félvízi életmódú fajok ujjai között gyakran úszóhártya feszül (pl. hódok, vízilovak). A tengeri teheneknél és ceteknél a mellső végtagok uszonyokká módosultak, a hátsó végtagok pedig hiányoznak. Ujjaik végén a tengeri tehenek és cetek kivételével különféle szarufüggelékek, azaz karmok, paták, előpaták (félpaták) vagy körmök találhatók. A karmok az ujjak védelmén túl a kapaszkodást, táplálékszerzést, védekezést vagy az ásást segítik (7.3.42. ábra A). Egyeseknél (pl. macskafélék) a karmok egy tokba visszahúzhatóak. A **paták** csaknem teljesen beborítják az ujjvégeket, lehetővé téve a gyors futást, a nehéz terepen (pl. süppedős, mocsaras talajon) való járást vagy a sziklákon való megkapaszkodást (7.3.42. ábra B). Egyeseknél (pl. elefántok, szirtiborzok) **előpaták (félpaták)** jellemzőek, amelyek a patához hasonlóak, de mellettük az állat talpa is érinti a

talajt. A főemlősökre jellemző **körmök** a finom idegszálakkal beszőtt ujjbegyeket védik, ill. a fogásban segítenek (7.3.42. ábra C).

Gégéjükben a gyűrű- és a kannaporcok mellett önálló **pajzsporc (cartilago thyroidea)**, ill. **gégefedő porc (epiglottis)** alakult ki. Mell- és a hasüregüket egy izmos-kötőszövetes lemez, a **rekeszizom (diaphragma)** választja el egymástól, amelynek fontos szerepe van a légzésben. Szívük négyüregű. Csak a baloldali aortaívük van meg, a jobboldali redukált. Vörösvérsejtjeik a többi gerincessel szemben magvatlan **vörösvértestek**. Tüdejükben a gázcsere a csak rájuk jellemző **tüdőhólyagocskák (alveolusok)** falán keresztül bonyolódik le. Kloákával csak a tojásrakó emlősök, ill. néhány méhlepényes (pl. tanrekek) rendelkezik. Kiválasztószervük utóvese típusú. Veséjük kéreg- és velőállományra tagolódik, és jellemző a nefronok igen nagy száma. Nitrogén-anyagcseréjük végterméke urea (karbamid). Mellékveséjük más gerincesektől eltérően kéreg- és velőállományra, a kéregállomány pedig három zónára tagolódik. A hímek páratlan pénisszel rendelkeznek, amelyben gyakran fajra jellemző nagyságú és formájú **péniszcsont (baculum)** található (pl. rágcsálók, főemlősök, rovarevők, denevérek, ragadozók). Többségüknél a herék **herezacskó**ban **(scrotum)** helyezkednek el, amelyek a legtöbb fajban a pénisz mögött találhatók. Az erszényeseknél (szemben a többi emlőssel) a nőstényeknek két különálló, szeparált méhük, ill. kettős hüvelyük, a hímeknek pedig többnyire kétágú péniszük van.



7.3.43. ábra. A hallócsontok evolúciója az emlősszerűeknél (Synapsida). Az emlősszerű hüllők fülében (a többi tetrapodához hasonlóan) egyetlen hallócsont (columella) található, amely az emlősök kengyelének (stapes) feleltethető meg. Az emlősök fülében a kengyel mellett két másik hallócsont is megtalálható, a kalapács (malleus) és az üllő (incus), amelyek az eredeti állkapocsízesülést alkotó csontokból, azaz az ízületcsontból (articulare) és a négyszögcsontból (quadratum) alakultak ki.

Szaglásuk és ízérzékelésük többnyire igen jól fejlett. A vízben élő ragadozók és az éjszakai életmódot folytató fajok speciális, tapintásra módosult szőrszálakkal, ún. **szinusz szőrök**kel (pl. bajuszszőrök) rendelkeznek. Külsőfülük tartozékai a porcos vázú **fülkagylók (auricula)**, amelyek izmok segítségével a hangforrás irányába fordíthatóak. Középfülükben a többi tetrapodától eltérően három hallócsont, a **kalapács (malleus)**, az **üllő (incus)** és a

kengyel (stapes) foglal helyet (7.3.43. ábra). A kengyel a kétéltűek, hüllők és madarak egyetlen hallócsontjának (columella) feleltethető meg, míg a kalapács az alsó állkapocs hátsó csonteleméből, az ízületcsontból (articulare), az üllő pedig a négyszögcsontból (quadratum) alakult ki. Emlős jellegzetesség, hogy belső fülükben a csigavezeték hosszú, és nevéhez hűen a legtöbb emlősben (a tojásrakó emlősöket kivéve) spirálisan felcsavarodott. Előagyuk fejlett, felszíne barázdált. Agyidegeik száma a többi magzatburkoshoz hasonlóan 12 pár. Döntő többségük állandó testhőmérsékletű.

7.3.44. ábra. A ma élő emlősök (Mammalia) ősibb ágainak egy-egy képviselője.
A: rövidcsőrű hangyászsün (*Tachyglossus aculeatus*) (Prototheria: Monotremata);
B: keleti szürke óriáskenguru (*Macropus giganteus*) (Marsupialia: Diprotodontia).

Az ormányos erszényesek és a méhlepényesek nőstényeinél **méhlepény (placenta)** alakul ki, amely az anya és magzata között teremt szoros kapcsolatot, biztosítva a magzat számára a megfelelő tápanyag- és oxigénellátást az anya szervezetéből, valamint fontos szerepe van az embrió méhfalhoz való rögzítésében is. A tojásrakó emlősök kivételével elevenszülők (vivipárok). Az erszényeseknél a nőstények vemhességi ideje igen rövid, mindössze néhány hétig tart, így újszülöttjeik nagyon aprók, és meglehetősen fejletlenül jönnek a világra, míg a méhlepényeseknél a vemhességi idő jóval hosszabb, újszülöttjeik pedig lényegesen fejlettebben jönnek a világra. Az erszényeseknél az újszülöttek teljes kifejlődése többnyire anyjuk hasi **erszény**ében (**marsupium**) történik meg. A nőstények (ill. a *Dyacopterus spadiceus* denevérfajnál a hímek is) kölykeiket a tejmirigyek váladékával táplálják. Többségük szárazföldi életmódú, de félvíziek vagy teljesen víziek is lehetnek

(pl. tengeri tehenek, cetek, fókák). Egyes képviselőik (pl. repülő makik, repülő mókusok) silórepülésre, mások (denevérek) valódi repülésre képesek. Táplálkozásmódjuk rendkívül változatos. Az Antarktisz kivételével világszerte elterjedtek. Mintegy 6.500 fajuk ismert, amelyek több mint 60%-át a rágcsálók és a denevérek teszik ki. Az emlősök két fő ágát az ősemlősök vagy tojásrakó emlősök (Prototheria), ill. az erszényeseket (Marsupialia) és a méhlepényeseket (Eutheria) magába foglaló tulajdonképpeni vagy elevenszülő emlősök (Theria) alkotják (7.3.44., 7.3.45. ábrák).

7.3.45. ábra. A ma élő emlősök (Mammalia) legfajgazdagabb rendjeinek egy-egy képviselője. *A*: keleti szürkemókus (*Sciurus carolinensis*) (Eutheria: Rodentia); *B*: erdei cickány (*Sorex araneus*) (Eutheria: Eulipotyphla); *C*: rőt vérszopó denevér (*Desmodus rotundus*) (Eutheria: Chiroptera); *D*: jávorszarvas (*Alces alces*) (Eutheria: Artiodactyla).

Ellenőrző kérdések

1. Mikben különböznek az újszájúak (Deuterostomia) az ősszájúaktól (Protostomia)?
2. Mi az újszájúak két fő ága, és melyek az ezekbe tartozó törzsek?
3. Mik a tüskésbőrűek (Echinodermata) legfontosabb közös jellegei?
4. Hogyan épül fel, és mire szolgál a tüskésbőrűek vízedényrendszere?
5. Milyen lárvatípusok jellemzik a tüskésbőrűeket?
6. Mi a tüskésbőrűek két fő ága, és ezek mikben különböznek egymástól?
7. Mik a tüskésbőrűek egyes osztályainak legfontosabb jellemzői?
8. Mik a zsákállatok (Tunicata) legfontosabb közös jellegei?
9. Mi a zsákállatok három osztálya, és mik ezek legfontosabb jellemzői?
10. Mik a gerincesek (Vertebrata) legfontosabb közös jellegei?
11. Milyen funkciókat lát el a gerincesek belső váza?

12. Milyen főbb ágak különíthetők el a gerinceseken belül?
13. Mikben különböznek nyálkahalak (Myxini) és az ingolák (Petromyzontida) a többi gerincestől?
14. Mik a legfontosabb különbségek a porcoshalak (Chondrichthyes), ill. a sugarasúszójú (Actinopterygii) és az izmosúszójú halak (Sarcopterygii) között?
15. Mik a négylábúak (Tetrapoda) legfontosabb közös jellegei, és mely osztályok tartoznak ide?
16. Mik a kétéltűek (Amphibia) legfontosabb jellemzői?
17. Mi jellemzi a kétéltűek egyedfejlődését?
18. Mik a magzatburkosok (Amniota) legfontosabb közös jellegei, és mely osztályok tartoznak ide?
19. A halántékablakok tekintetében milyen két koponyatípus jellemző a magzatburkosoknál?
20. Mik a hüllők (Reptilia) legfontosabb jellemzői?
21. Mik a madarak (Aves) legfontosabb jellemzői?
22. Milyen csonttani bélyegek jellemzik a madarakat?
23. Milyen lábtípusok jellemzik a madarakat?
24. Mik az emlősök (Mammalia) legfontosabb jellemzői?
25. Mi jellemzi az emlősök fogazatát?
26. Mi jellemzi az emlősök végtagjait?
27. Mi jellemzi az emlősök szaporodását és egyedfejlődését?

8. Az állatföldrajz alapjai

A következő fejezetekben bepillantást kívánunk nyújtani az állatföldrajz alapjaiba. Röviden szó lesz az állatföldrajz tárgyáról, az egyes állatcsoportok (taxonok) jelenkori és múltbéli elterjedéséről. Vázoljuk továbbá a föld története során lezajlott nagyobb eseményeket, melyek jelentősen befolyásolták az élőlények elterjedési mintázatát.

8.1. Az állatföldrajz tárgya és részterületei

Az állatföldrajz (zoogeográfia) a növényföldrajzzal (geobotanika vagy fitogeográfia) és az emberföldrajzzal (antropogeográfia) együttesen alkotják az életföldrajz (biogeográfia) tudományát. A biogeográfia vizsgálatának tárgyát képezi az egyes taxonok mai elterjedési területe, a taxonok kialakulásának és szétterjedésének központjai, valamint az elterjedési mintázatokat meghatározó, befolyásoló földtörténeti és ökológiai tényezők. Az állatföldrajz ezen belül, értelemszerűen, az állatok elterjedéséről szóló ismereteket összegzi. Nem új keletű tudományról van szó, jeles képviselő akadtak már a múltban is (8.1. boksz). Lényegében a nagy földrajzi felfedezések korának leíró-rendszerező tudományaként alakult ki.

8.1. boksz: A biogeográfia néhány nagy alakja

Alexander von Humbolt (1805) nagyhatású felfedező, leíró-rendszerező természettudós, akit a növényföldrajz atyjaként tartanak számon. Az állatok földrajzi elterjedésére vonatkozó felismerések később jelentkeztek, mivel az állatfajok száma nagyobb, és mozgékonyságuk miatt elterjedési mintázatuk is bonyolultabb. Az első áttekintés a témában **W. Swanson** (1835) nevéhez köthető, míg az első, alapjaiban máig érvényes állatföldrajzi felosztást **W. L. Sclater** (1858) készítette, igaz csak madarakra. Nagy szerepe volt még **Charles Lyell**-nek és természetesen **Charles Darwin**-nak is, mégis a zoogeográfia atyjának **Alfred Russel Wallace** (1823-1913) brit természettudóst tekintjük, akit igen sokrétű munkásság jellemzett. Ismeretes, mint felfedező, spiritualista, író, zoológus, antropológus. Többek között Darwintól függetlenül dolgozta ki a természetes szelekció elméletét. Vitathatatlanul a 19. század egyik legjelentősebb evolúció iránt elkötelezett gondolkodója és állatföldrajzi szaktekintélye. Az általa meghatározott határ, ami az ausztrál és az ázsiai faunaterületeket választja el egymástól a Wallace-vonal.

Az állatföldrajz tárgyából adódóan egyaránt lehet leíró és oknyomozó jellegű. A leíró állatföldrajz adott földrajzi területek faunáját, azaz az ott élő állatfajokat összegzi (faunisztika tudománya), valamint az állatok elterjedési területét, ún. áreáját vizsgálja (chorológia tudománya).

Megjegyzendő, hogy fauna kifejezésnek többféle használata lehet: használatos egy magasabb rangú taxonómiai egység (család, rend, stb.) fajlistájaként, mint például rovarfauna (entomofauna), hüllőfauna (herpetofauna); ugyanakkor jelentheti egy lehatárolt földrajzi vagy ökológiai egység (tájegység vagy biom) fajlistáját, mint például a Kiskunság faunája vagy a trópusi esőerdők faunája. Nyilvánvalóan legtöbbször ez nem különül el, és sokszor egy adott taxon egy adott területen előforduló fajainak összességét értjük fauna alatt, mint például a Kiskunság Heteroptera (poloska) faunája.

Az élőlények elterjedésére vonatkozó ok-okozati viszonyokat kereshetjük a jelen korban és a távoli földtörténeti múltban egyaránt. Az ökológiai állatföldrajz a taxonok jelenlegi elterjedési mintázata és a biotikus és abiotikus környezeti tényezők közötti kapcsolatokkal foglalkozik. A történeti állatföldrajz az állatok elterjedését a nagyléptékű földtörténeti folyamatokkal, mint a kontinensvándorlás és a jégkorszakok, és az egyes taxonok evolúciós történetével való összefüggésében vizsgálja.

Természetesen a biogeográfia tudomány más szempontok alapján is tagolható részterületekre. Udvardy (1983) a következőképpen osztja fel: a távoli földtörténeti múlt eseményeivel foglalkozó „pán-vikariancia biogeográfia"; a közelmúlt, elsősorban a negyedkori eljegesedéseket vizsgáló „quarterer biogeográfia"; a mai elterjedési mintázatokkal foglalkozó „öko biogeográfia" és a mindezekhez elméleti hátteret nyújtó és ezeket átfogó elméleti alapokra helyező „elméleti biogeográfia".

Nem szabad megfeledkeznünk a mai modern molekuláris módszerek nyújtotta lehetőségekről. Jelenleg az élőlények elterjedését vizsgáló tudományterületek egyik legdinamikusabban fejlődő része a filogeográfia. Lényege, hogy az örökítőanyagban található különbségeket térképen ábrázolva, feltárható az elterjedési terület genetikai szerkezete. Ennek alapján pedig rekonstruálható, hogy honnan-hova vándoroltak a múltban az egyes populációk.

8.2. Kontinensvándorlás

Az élőlények elterjedése nehezen lenne értelmezhető, ha a kontinensek mai helyzetét állandónak vélnénk. A lemeztektonika elméletével nem kívánunk foglalkozni, csupán az egyes földtörténeti korszakokban (8.1.táblázat) végbement változásokat összegezzük, ami elengedhetetlen az élőlények elterjedési mintázatának magyarázatához.

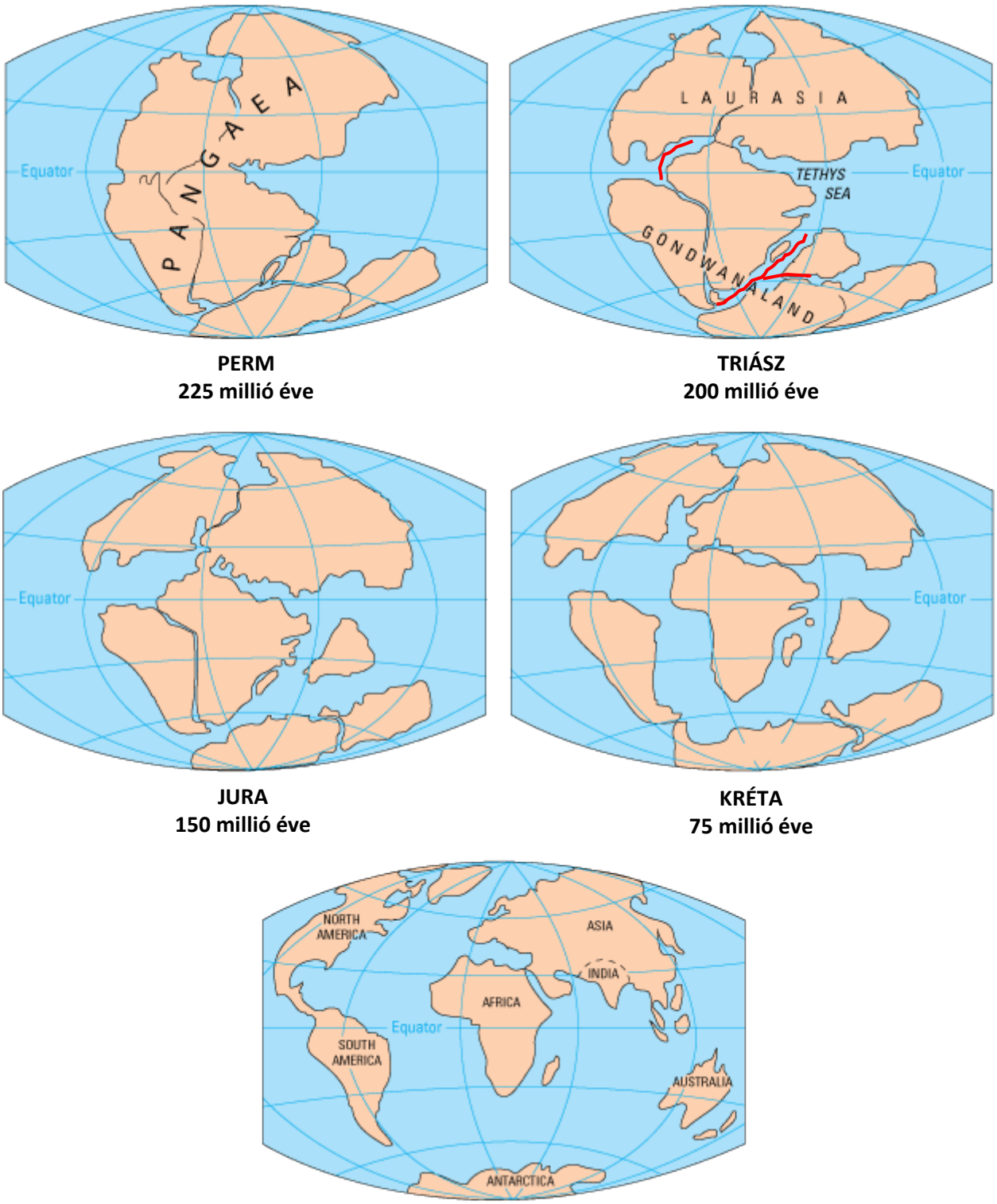
A szárazulatok földtörténeti ókorban való elhelyezkedéséről keveset tudunk. A kambriumtól a szilurig terjedő időszakról elmondható, hogy már létezett az egységes Gondwana kontinens, ami Afrika, Dél-Amerika, Dél-Európa, Közép-Kelet, India, Ausztrália és az Antarktisz részeit foglalta magába. A maradék kisebb kontinenseket, Európát , Ázsia északi és nyugati részét és Észak-Amerikát a Iapetus-óceán övezte. A Szilur időszak végére, kiváltva a Kaledóniai hegységképződést, Észak-Amerika és Európa egyesült, majd a devon időszakban összeütközött Ázsiával (Uráli hegységképződés), melynek eredménye az egységes Laurázsia őskontinens, amit a Tethys-tenger választott el Gondwanától. Az alsó karbon korban a déli sark körül elhelyezkedő Gondwana őskontinenshez elkezdett közeledni

Laurázsia, majd a közöttük lévő tenger összezáródásával a perm időszakban kialakult a Pangea szuperkontinens, melybe a Tethys-tenger ékelődött be. Állatföldrajzi szempontból a legjelentősebb események a mezozoikumtól kezdődően játszódtak le (8.1. ábra).

8.1. táblázat. Földtörténeti korbeosztás

Főidő	Idő	Időszak	Kor	Idő (millió év)
FARENOZOIKUM	Kainozoikum	Negyedidőszak	Holocén	0,01
			Pleisztocén	1,8
		Harmadidőszak	Pliocén	5,3
			Miocén	23
			Oligocén	34
			Eocén	56
			Paleocén	65
	Mezozoikum	Kréta		145
		Jura		213
		Triász		251
	Paleozoikum	Perm		299
		Karbon		359
		Devon		416
		Szilur		443
		Ordovícium		488
		Kambrium		542
PREKAMBRIUM	Proterozoikum			2500
	Archaikum			4600

A mezozoikumra tehát egyetlen egységes szuperkontinens alakult ki a Pangea, melyet a Pantalassa-óceán vett körül, a Tethys-tenger pedig, mint egy hatalmas öböl ékelődött be a szuperkontinens keleti felébe. A triász vége felé azonban az egységes kontinens kezdett feldarabolódni az északi és déli hátságrendszerek hatására. Az északi (a későbbi Atlanti) hátságrendszer mentén először Laurázsia és Gondwana vált szét, majd Afrika és Dél-Amerika fokozatosan eltávolodott Laurázsia észak-amerikai részétől, amivel létrejött az Atlanti-óceán középső része. Közben megkezdődik a Tethys-tenger lemezének felemésztődése (konszumáció). A déli, y-alakú hátságrendszer mentén Gondwana is elkezdett feldarabolódni, leszakadt róla India, Ausztrália és az Antarktisz. India északra, a Tethys konszumációs zónája felé mozdult el. A jurában erőteljesen folytatódott az Atlanti-óceán fejlődése, elsősorban a déli részének kialakulásával. A jura végére megkezdődött Afrika és Dél-Amerika szétválása, India egyre jobban megközelítette Eurázsiát, miközben az Antarktisz és Ausztrália egysége egyre távolodott Afrikától, de részben őrizte kapcsolatát Dél-Amerikával. A kréta időszakban egyesült az Atlanti-óceán északi és déli medencéje, kialakítva a mai Atlanti-hátságot; a Tethys-tenger záródott, és megkezdődött a kréta végén Észak-Amerika és Európa szétválása.



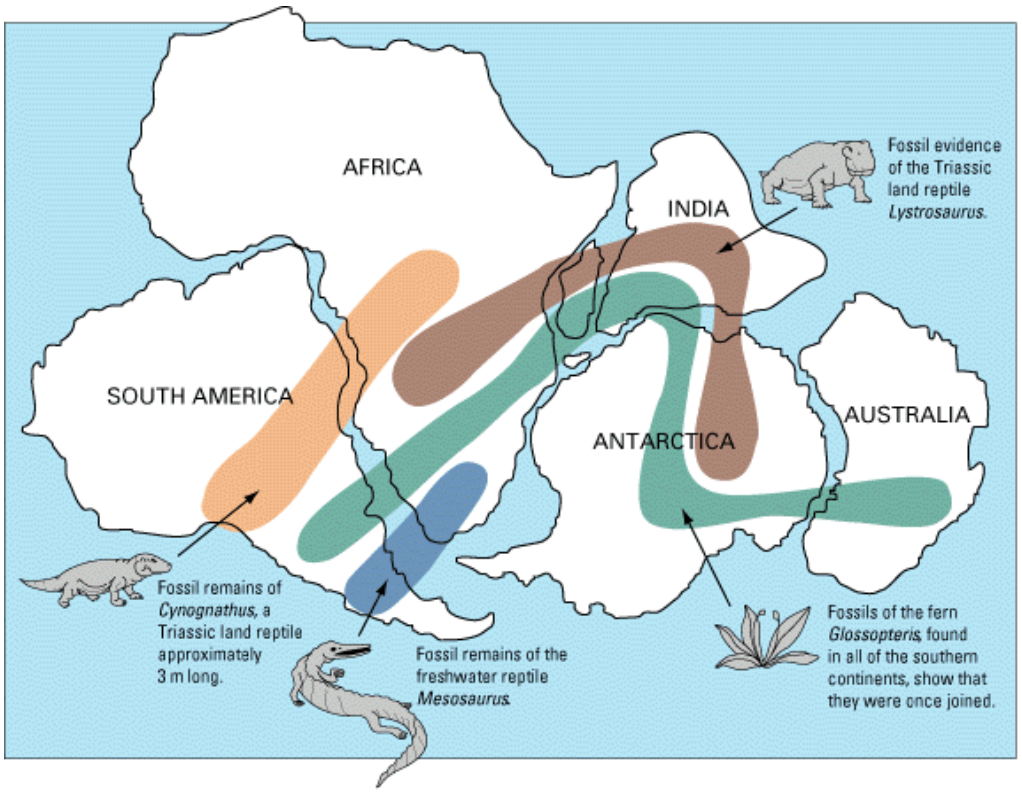
8.1. ábra. A jelentősebb földtörténeti események vázlata. Vörös vonal jelöli a hátságok helyzetét a Pangea szuperkontinens földarabolódásának kezdetén.

A kainozoikum (földtörténeti újkor) kezdetére az egységes Gondwana feldarabolódott. Az újkor végére további jelentős földtörténeti események játszódtak le. A pliocénben összekapcsolódott Észak- és Dél-Amerika. India elérte és összeütközött Ázsiával, kialakítva a

Hindukus és Himalája hegységeket. Afrika és Európa ütközésével bezárult a Tethys-tenger (maradványa a Földközi-tenger), és létrejöttek az európai magashegységek (Pireneusok, Appenninek, Alpok és Kárpátok). A déli féltekén mindeközben Ausztrália levált az Antarktiszról. Ezen nagyobb események során alakult ki fokozatosan a kontinensek mai helyzete.

Régen is akadtak már megfigyelések a kontinensek valószínű mozgásával kapcsolatban. Dél-Amerika keleti és Afrika nyugati partvonalának egymáshoz való illeszkedésére már Francis Bacon is felfigyelt. Mérvadó bizonyítékokat szolgáltattak a fosszilis leletek is (8.2. ábra). A több földrészről is előkerült őshüllő (*Lystosaurus, Cynognathus, Mesosarus*) maradványok is igazolják az egységes kontinens meglétét. Nehezen képzelhető el ugyanis, hogy például az édesvízi *Mesosaurus* vagy a viszonylag kistermetű *Cynognathus* fajok átkeltek volna az óceánokon.

A kontinensek mozgásának gondolata tehát nem új keletű; Antonio Snider „*La Création et ses mystères dévoilés"* című, 1858-ban íródott könyvében már szerepel egy ősi, egységes kontinens képe, azonban a kontinensek széttöredezését, elmozdulását az akkoriban elfogadott „katasztrófa elméletekkel" (vízözön és földrengések) magyarázta. A kontinens vándorlás tudományos elméletének kidolgozása **Alfred Wegener** (1880–1930) német földrajztudósnak köszönhető.



8.2. ábra. Fosszilis bizonyítékok a kontinensek vándorlására.

Ellenőrző kérdések

1. Mik a biogeográfia tudományának részterületei?
2. Mi a fauna?
3. Mivel foglalkozik a chorológia tudománya?
4. Mivel foglalkozik a filogeográfia tudománya?
5. Milyen főbb földtörténeti események játszódtak le a földtörténeti ókorban, és milyen volt a kontinensek elhelyezkedése a paleozoikum végén?
6. Mi okozta a Kaledóniai hegységképződést?
7. Milyen főbb földtörténeti események játszódtak le a mezozoikumban?
8. Milyen főbb földtörténeti események játszódtak le a kainozoikumban?
9. Mely hegységképződések jellemzik a földtörténeti újkort?
10. Milyen paleontológiai bizonyítékok vannak a kontinensek múltbéli kapcsolatára?

8.3. Az állatföldrajzi egységek

Az állatföldrajzi területegységek hierarchikus rendszerbe szervezhetők. Ezek alapján például az Alföld faunája az Északi (Arktogea) faunabirodalom, Holarktikus faunaterület, Palearktikus faunatartomány, Euro-turáni faunavidék, Közép-Dunai faunakerület, Pannonicum faunakörzet, Eupannonicum faunajárásába tartozik.

A biogeográfia története alatt számtalan, különböző szempontrendszerű beosztás alakult ki, hiszen az egyes fajok elterjedését nem csak földrajzi, hanem ökológiai és evolúciós tényezők is befolyásolják. Akár igen markáns különbségek is előfordultak, például Schmarda (1853) 21 régiót, míg Sclater (1858) és Wallace (1876) 6, közel azonos régiót különített el. A legelterjedtebb és elfogadottabb talán a Sclater-Wallace-féle beosztás (8.2. táblázat) valamilyen módosított formája (Holt et al. 2013). Nagyrészt gerincesek, főleg az emlősök elterjedésén alapul, de figyelembe veszi a földtörténeti események hatásait is a faunabirodalmak kijelölésekor; így például érvényre jut a déli szárazulatok nagyon korai izolációja, értsd: Notogea, Neogea és Antarktogea mint elkülönült faunabirodalmak, míg az egész Északi féltekét egyetlen birodalomnak (Arktogea) tekinti.

8.3.1. Arktogea

Az egész északi féltekét magába foglalja (Európa, Ázsia beleértve a Szunda, Celebesz és Fülöp-szigeteket, Afrika, Észak-Amerika és az északi sarkköri vidéke). Óriási területét egységen jellemezni nehéz feladat. Állatföldrajzi felosztása igen tagolt a többi birodalomhoz képest, ezért legalább az egyes régiókat érdemes külön is jellemezni. Néhány jellemző, endemikus magasabb rendű taxont azért megemlíthetünk a teljesség igénye nélkül (8.2. boksz).

8.2. táblázat. A Sclater-Wallace-Dudich-féle állatföldrajzi beosztás (Varga és Rácz 1996).

Faunabirodalom	Faunaterület (régió)	Faunatartomány (szubrégió)	Faunavidék (provincia)
Notogea	ausztráliai új-guineai új-zélandi polinéziai hawaii		
Neogea	neotrópusi	brazíliai chilei karibi közép-amerikai Galápagos-szigeteki	
Arktogea	etiópiai	nyugat-afrikai kelet-afrikai dél-afrika	
	madagaszkári		
	orientális	elő-indiai ceyloni hátsó-indiai Szunda-szigeti Celebesz-szigeti Fülöp-szigeteki	
	holarktikus	nearktikus	kanadai átmneti szonorai
		palearktikus	euro-turáni mediterrán szibériai belső-ázsiai tibeti kelet-ázsiai
		arktikus	
Antarktogea			

Az emlősök közül jellemzőek a bőrszárnyúak (Dermoptera), tobzoskák (Pholidota), csövesfogúak (Tubulidentata), nyúlalakúak (Lagomorpha), szirtiborz-alakúak (Hyracidea), ormányosok (Proboscidea), makik (Lemuriformes), lajhármakik (Lorisiformes), koboldmakik (Tarsiformes), keskenyorrú majmok vagy más néven ó-világi majmok (Catarrhini).

A madarak közül megemlíthetjük a struccokat (Struthiones), pusztai tyúkokat (Pteroclidiformes) csonttollú madarakat (Bombycillidae)

A herpetofaunát tekintve a kaméleonokat (Chamaeleonidae), viperaféléket (Viperidae)lehet kiemelni. Endemikusnak tekinthetők a ma élő farkos kétéltűek (Urodela) is és a halak közül a tokok (Acipenseriformes).

8.2. boksz: Endemizmus (benszülött taxon)

Endemizmusnak nevezzük az olyan taxont amely elterjedési területe az adott földrajzi egységet tekintve kisebb, mint az adott földrajzi egység maga. Lényegében az elterjedésük csak egy kis területre korlátozódik. Megkülönböztethetünk **paleoendemizmus**okat, melyek a földtörténeti idők folyamán széles elterjedéssel rendelkeztek, ám a területek többségén kihaltak, így mára elterjedésük leszűkült. **Neoendemizmus** esetében fiatal, a jelen korban virágzásnak induló taxonról van szó, amely értelemszerűen még szűk áreával rendelkezik.

Természetesen az endemizmusok mellett, egyes taxonok hiánya is jellemző lehet. Hiányoznak az Arktogea területéről a kloakás emlősök (Monotremata) és erszényes emlősök (Marsupialia), továbbá az alacsonyabb rangú emlős taxonok közül például a szélesorrú majmok (Platyrrhini). A struccok kivételével a futómadarak többi képviselői sem találhatók meg, azaz hiányoznak a kivik (Apterygiformes) kazuárok és emuk (Casuariiformes), nanduk (Rheiformes); Megjegyzendő, hogy a hiányok általában az egész Arktogea területére, míg az endemizmusok csak egy-egy alacsonyabb szintű területegységre (faunaterület, faunatartomány) jellemzőek.

Az Arktogea faunabirodalmat négy faunaterületre, az etiópiai, madagaszkári, orientális és holarktikus régiókra tagolhatjuk.

8.3.1.1. Holarktikus régió (Holarktisz)

Részei Eurázsia, Észak-Amerika, Észak-Afrika. Ázsiában az Orientális régióval viszonylag élesen határolódik el, köszönhetően a magas-hegységeknek (Hindukus, Himalája), csak Dél-Kínában a Jangce folyó mentén található egy átmeneti zóna. Szintén van egy átmeneti zóna az Etióp régió felé a Szaharában és az Arab félszigeten. Észak-Amerikában a mexikói felföld a déli határa, ahol egy szélesebb keveredési zóna figyelhető meg Észak-Amerika és Dél-Amerika (Neotropisz) között.

Földtörténeti szempontból viszonylag sokáig, az eocénig, az északi féltekén egyetlen szárazulat, Laurázsia helyezkedett el. Észak-Amerikát és Eurázsiát szétválásuk után is időszakos földhidak kötötték össze, például a Bering átjáró, lehetővé téve az állatok vándorlását közöttük, ami faunakiegyenlítődéshez vezetett. Ennek eredményeként Eurázsia és

Észak-Amerika alapfaunája hasonló. Ugyanakkor a földhidak nyújtotta kapcsolat megszűnése természetesen a faunák differenciálódásához vezetett a két kontinens tekintetében, ezért is különböztethetjük meg az Eurázsia nagy részét és Észak-Afrikát magába foglaló Palearktiszt és az észak-amerikai Nearktiszt, amiket néha külön régiókként tartanak számon. A viszonylag sok vikariáns (vikariáló) faj is jól jelzi azonban a Palearktisz és Nearktisz között sokáig fennálló kapcsolatot (8.3. boksz).

8.3. boksz: Vikariancia, vikaráns fajok

A **vikariáns** vagy **vikariáló** fajok, olyan közeli rokonságban lévő fajok, melyek valamilyen barrier (akadály, terjedési gát) révén térben el vannak választva, de azonos jellegű élőhelyen, azonos szerepet töltenek be az életközösségekben.

Lényegében ezek a vikariáló fajok monofiletikus egységet alkotó testvérfajoknak tekinthetők, bár egyes esetekben a faji-alfaji elkülönülés vitatott, de ez magán a vikariancia tényén nem változtat. Például a rénszarvast, ami igazából a háziasított forma, ma már egyetlen fajnak tekintjük, és több alfajt különítenek el mind az Észak-Amerikában élők, mind az Eurázsiában élők között is (pl. *Rangifer tarandus groenlandicus, Rangifer tarandus caribou, Rangifer tarandus osborni,* stb.). Természetesen a vikarincia jelensége nem csak faji szinten figyelhető meg.

Néhány a holarktikus birodalomra jellemző vikariáns fajpárt az alábbiakban sorolunk fel:

Észak-Amerika	Eurázsia
kanadai hiúz (*Lynx canadensis*)	eurázsiai hiúz (*Lynx lynx*)
kanadai hód (*Castor canadensis*)	eurázsiai hód (*Castor fiber*)
amerikai jávorszarvas (*Alces americanus*)	jávorszarvas (*Alces alces*)
amerikai bölény (*Bison bison*)	európai bölény (*Bison bonasus*)

Meg kell említeni, hogy a holarktikus régió, nagy kiterjedése ellenére, viszonylag szegényes faunával rendelkezik. Ez megmutatkozik a magasabb rendű taxonok alacsony számában is, főleg az endemizmusokat tekintve. Az endemikus taxonok jellemzően nem/nemzettség szinten különülnek el, az endemikus családok már ritkábbak.

A Holarktisz magasabb rendű endemikus taxonjainak tekinthetők a pusztai tyúk-alakúak (Pteroclidiformes), farkos kétéltűek (Urodela) és a tokalakúak (Acipenseriformes).

Endemikus gerinces családok a vakondokok (Talpidae), hódok (Castoridae), ugróegerek (Dipodidae), fajdok (Tetraonidae), vízirigók (Cinclidae), csonttollú madarak (Bombycillidae), barlangi gőték (Proteidae).

Természetesen vannak külön a Palearktiszra jellemző állatcsoportok, mint például a tatárantilopok vagy szajgák (Saigini), ugróegerek (Dipodidae), unkák (Bombinatoridae) illetve a Nearktiszra jellemzők, mint a pulykák (Meleagridinae), sziréngőték (Sirenidae), villásszarvú antilopok (Antilocarpidae).

Észak-Amerika faunáját a Panama földhídon keresztül Dél-Amerikából átjutott fajok is bővítik. Az ilyen taxonok úgynevezett színezőelemei egy-egy faunának. Ilyen például az erszényesek közé tartozó virginiai vagy északi oposszum (*Didelphis virginiana*) vagy a vendégízületesek (Xenarthra) közül a kilencöves tatu (*Dasypus novemcinctus).*

8.3.1.2. Etiópiai régió

Az Etiópiai régió lényegében az Afrikai kontinens Szaharától délre eső részét fedi le. A Szahara területén, egy széles átmeneti zónán keresztül határolódik el a Palearktisztól. Gyakran utalnak rá, mint Afrotrópikus régió is. Egyaránt megtalálhatók a kontinensen a trópusi esőerdők, szavannák, sivatagok és hegyvidéki őserdők, aminek köszönhetően rendkívül gazdag fauna jellemzi.

Rendkívül gazdag az emlősfaunája, elsősorban az itt élő patások (zebrák, antilopok, vízilovak, orrszarvúak), ragadozók (Carnivora), főemlősök (Primates) tekintetében. A ragadozók (Carnivora) közül előfordulnak a hiénafélék (Hyenidae), mint a barna hiéna (*Hyena brunnea*), a foltos hiéna (*Crocuta crocuta*), a cibethiéna (*Proteles cristatus*); a macskafélék (Felidae) közül a karakál (*Caracal caracal*), a szervál (*Leptailurus serval*), a gepárd (*Acionyx jubatus*), az oroszlán (*Panthera leo*). A kutyaféléket (Canidae) képviseli a hiénakutya (*Lycaon pictus*), a lapátfülű kutya (*Otocyon megalotis*), a panyókás sakál (*Canis mesomelas*) és a káma róka (*Vulpes chama*). A cibetmacskafélék (Viverridae) közül példaként hozható fel az afrikai cibetmacska (*Civettictis civetta*), a tigris petymeget (*Genetta tigrina*); a mongúzfélék közül a rókamanguszta (*Cynictis penicillata*) és a szurikáta (*Suricata suricatta*) a legismertebb.

A páratlanujjú patások (Perissodactyla) közül jellegzetes a zebra (*Equus burchellii*), a szélesszájú orrszarvú (*Ceratotheriun simum*) és a fekete orrszarvú (*Diceros bicornis*). A párosujjú patások (Artiodactyla) közül a víziló (*Hippopotamus amphibius*), törpe víziló (*Choeropsis liberiensis*), a zsiráf (*Giraffa camelopardalis*), valamint rengeteg szarvasmarhaféle (Bovidae): az impala (*Aepyceros melamphus*), a szassza (*Oreotragus oreotragus*), az oribi (*Ourebia ourebi*), a pézsma antilop vagy szuni (*Neotragus moschatus*), a fokföldi törpeantilop (*Raphicerus melanotis*), gazella fajok (*Gazella* spp.), a bóbitás antilopok (Bovidae: Cephalopinae) lóantilopok (Bovidae: Hippotraginae). A nagytestű

szarvasmarhafélék közül említhető a kafferbivaly (*Synceros caffer*), a jávorantilop (*Taurotragus oryx*), nagykudu (*Tragelaphus strepsiceros*), és még lehetne sorolni tovább.

A rágcsálók (Rodentia) endemikus családjai az ugrónyúlfélék (Pedetidae) mindössze két fajjal, a fokföldi (*Pedetes capensis*) és kelet-afrikai ugrónyúllal (*P. surdaster*). Endemikus a gundifélék (Ctenodactylidae) öt faja és a pikkelyesfarkúmókus-félék (Anomaluridae) hét faja is.

A főemlősök (Primates) közül mindenképpen meg kell említeni az emberféléket (Hominidae) képviselő gorillát (*Gorilla gorilla*), csimpánzt (*Pan troglodytes*) és a törpe csimpánzt (*Pan paniscus*). Természetesen más ó-világi majmok (Catarrhini) is nagy számban élnek (pl. kolóbuszok, cerkófmajmok), mellettük jellemzők még a Makialkatúak (Lemuriformes) alrendágba tartozó lórifélék (Lorisidae), fülesmakik vagy galágók (Galagidae), mint például a karcsú lóri (*Loris tardigradus*), a pottó *(Perodicticus potto*) vagy a moholi fülesmaki (*Galago moholi*).

Meg kell jegyezni azonban, hogy az afrikai emlősök jelentős része, elsősorban a patások és ragadozók, nem Afrikában keletkeztek, hanem Eurázsiából vándoroltak be az őseik a miocén végén és a pliocén elején (Siwalik fauna). Az eredeti afrikai emlősök visszaszorultak, ma többnyire a Nyugat-Afrikában fennmaradt őserdőkre és Madagaszkárra korlátozódnak, vagy sajátos életmódjuknak köszönhetően maradtak fenn. Ez magyarázza az Afrotheriába tartozó taxonok viszonylag alacsony fajszámát, illetve azt, hogy a magasabb rangú endemikus taxonok főleg ezek közül kerülnek ki. Ilyen afrikai endemizmus például a csöves fogúak (Tubulidentata) rendjének egyetlen képviselője a földimalac (*Orycteropus afer*). Kicsit több fajjal képviseltetik magukat az elefántcickány-alakúak rendje (Macroscelidea) valamint az afrikai rovarevők (Afrosoricida) a vidracickányfélék (Potamogalidae) és aranyvakond félék (Chrysochloridae) családjaival. Itt említhető meg az egyébként szoros rokonságban álló ormányosok (Proboscidea) és tengeri tehenek (Sirenia) rendje, mint ősi afrikai taxonok, noha ezeknek a képviselői más földrészeken is elterjedtek. Afrikai fajaik az elefánt (*Loxodonta africana)* és például a szenegáli lamantin (*Trichechus senegalensis*). Hasonlóan afrikai endemizmus a szirtiborz-alakúak (Hyracidea) rendje, noha egy faja a Közel-Keleten is elterjedt.

A gazdag madárvilág ellenére az endemizmusok száma alacsony, ráadásul a hat endemikus családból három monotipikus, azaz csak egyetlen faj jellemzi. Ilyen bennszülött madarak a struccfélék (Struthionidae) családját alkotó afrikai strucc (*Struthio camelus*), a papucscsőrűmadár-félék (Balaenicipitidae) családját alkotó papucscsőrű-madár (*Baleniceps rex*), a kígyászkeselyűk (Sagittariidae) családjának egyetlen faja pedig a kígyászkeselyű (*Sagittarius serpentariusn*). Bennszülött madár családként megemlíthetők még a mézmutató madarak (Indicatoridae) és a pizángevő madarak vagy turákók (Musophagidae) családját.

A hüllő fauna igen gazdag, egyaránt megtalálhatóak az agámafélék (Agamidae), varánuszfélék (Varanidae), nyakörvösgyíkfélék (Lacertidae) és a gekkófélék (Geckonidae) képviselői. Magasabb rangú endemizmusnak a kaméleonok (Chamaeleonidae) és tobzosfarkú gyíkok (Cordylidae) tekinthetők. Szembetűnő a csörgőkígyók (Crotalinae) hiánya a régióban,

noha a valódi viperák alcsaládjának (Viperinae) számos képviselője megtalálható, mint például a gaboni vipera (*Bitis gabonica*) vagy a puffogó vipera (*Bitis arietans*).

A lábatlan kétéltűek (Gymnophiona) közül az afrikai gilisztagőték családja (Scolecomorphidae) jellemző endemizmus. A békák közül bennszülöttnek tekintjük a pipabékák családjába (Pipidae) tartozó karmosbékák fajait (*Xenopus* spp.). Ezzel szemben hiányoznak a levelibékák (Hylidae) és ásóbékák (Pelobatidae).

Afrika vizei is számos bennszülött fajnak adnak otthont. Endemikus tüdőshal (Dipnoi) az afrikai gőtehal (*Protopterus annectens*). A sugarasúszójú halak (Actinopterygii) osztályának legősibb ma élő képviselőinek, a sokúszós csukáknak (Polypteriformes) mind a tizenkét faja Afrikában fordul elő, főleg a Kongó vízgyűjtőjének területén. Elszigetelt régi tavaiban, mint a Tanganyika-tó és a Viktória-tó, szintén sok endemikus taxon fejlődött ki. Kelet-Afrika tavaiban igen gyakoriak a szintén csak Afrikában élő bölcsőszájú halak (Cichilidae).

8.3.1.3. Madagaszkári régió

Madagaszkár szigetén kívül igazából még a Seychelle, Comore és Mascarenhas szigetek is ide tartoznak. Külön faunaterületként való kezelését egyedi élővilágának köszönheti. Földtörténeti múltjának ismerete nélkül, nem érthető meg az unikális élővilágának eredete sem.

Madagaszkár mintegy 170 millió évvel ezelőtt még a Gondwana kontinens közepén helyezkedett el. A Gondwana kontinens szétesésekor Indiával együtt vált el Afrikától. Később úgy 100-130 millió évvel ezelőtt elvált Ausztrália és az Antarktisz ekkor még egységes szárazulatától, de nem mozgott észak felé Indiával, hanem, mintegy 90 millió éve levált róla, és Afrika keleti partjának közelében maradt.

Ekkor még egy ősi típusú erdei fauna volt jellemző Afrikára. (A patások jellegzetes és változatos csoportjai ebben az időben még hiányoztak, csak később vándoroltak be Afrikába) Madagaszkár ennek az ősi faunának az őrzője, de természetesen később is érkeztek bevándorlók nem csak Afrikából, hanem az orientális régióból is. Köszönhetően az elszigetelődésének, az élőlények úgymond saját evolúciós útjukat járták; nagyfokú diverzifikáció és endemizmus jellemzi az itt megtelepedett állatcsoportokat. Ugyanakkor Madagaszkár faunája telítetlen.

Jellemzőek a faunára a makialkatúak (*Lemuriformes*) mintegy 100 faja, melyek család szinten különböznek az afrikai (és ázsiai) rokonaiktól. A makifélék (Lemuridae) legismertebb képviselője a gyűrűsfarkú maki, más néven katta (*Lemur catta*), az indriféléké (Indriidae) az indri (*Indri indri*) és a szifakák, például a diadémszifaka (*Propithecus diadema*). A karmosmakik (Daubentoniidae) egyetlen ma élő faja a véznaujjú maki, vagy aye-aye (*Daubentonia madagascariensis*). A törpemakifélék (Cheirogaleidae) mintegy 30 faja közül példaként az egérmakit (*Microcebus murinus*) említhetjük. A fürgemakik (Lepilemuridae) családjának mind a 26 faja (*Lepilemur* spp.) egyetlen génuszba tartozik.

A ragadozókat a madagaszkári cibetmacskafélék (Eupleridae) 10 faja képviseli, melyek közül legismertebb talán a fossza (*Cryptoprocta ferox*).

Sok denevér faj is él a szigeteken, legjellegzetesebbek a repülő kutyák (Pteropidae) melyek Madagaszkáron érik el elterjedésük nyugati határát.

A rovarevő emlős csoportokat a szintén csak itt élő tanrekek (Tenrecidae) képviselik, melyek igen változatosak. A süntanrek (*Setifer setosus*) megjelenése, életmódja és a védekezése is megtévesztésig hasonlít a sünökére, ez azonban csak a konvergens evolúcióra egy kiváló példa, ugyanis elég távoli a rokonság közöttük.

A madarak közül endemikus a lábasguvatfélék családja (Mesitornithidae), három, ahogy a nevük is utal rá, gyöngén repülő, talajon élő fajjal. További bennszülött családok a bársonypittafélék (Philepittidae) szintén kevés, mindössze négy fajjal, és a vanga gébicsek (Vangidae).

Sajátságos a régió herpetofaunája, ugyanis egyáltalán nincsenek mérges kígyók, és csak két *Boa* és egy *Corallus* faj él itt, melyek viszont neotropikus kapcsolatokra utalnak. Jellemzők a szintén neotropikus kapcsolatokra utaló leguánfélék (Iguanidae). A kétéltű fajok viszont inkább az orientális régióval való kapcsolatra utalnak. Afrikával szemben itt hiányoznak a karmosbékák (*Xenopus* spp.) és a varangy-félék (Bufonidae), míg az Afrikából hiányzó ásóbékák megtalálhatók. Jellemzők még az evezőbékák is (Rhacophoridae), melyek az orientális régióból kerülhettek Madagaszkárra.

8.3.1.4. Orientális régió

Ázsia déli és dél-keleti felén terül el, magába foglalja a maláji szigetvilágot, Indonéziát és a Fülöp-szigeteket is. Délkeleten a Notogea birodalommal határos egy széles átmeneti zónán keresztül. Erre a két nevezetes határvonal által (nyugaton a Wallace vonal, keleten a Lydekker vonal) közrezárt sávra a faunák keveredése jellemző. Ezt a keveredési zónát hívják Wallace övnek vagy Wallacea-nak, amit néhányan önálló állatföldrajzi egységként tartanak számon, a sajátos állatvilága alapján (Dickerson et al. 1928). Az orientális régiót a Palearktisztól elválasztó északi és északnyugati határ Ázsiában fut végig, a Hindukus és Himalája magashegységek gerincén, majd a Jangce folyó övezi, ahol egy kevésbé jelentős keveredési zóna mutatható ki a palearktikus régió faunájával. Nyugaton pedig az afrotropikus területekkel (Afrika és Madagaszkár) határos.

Az orientalis régió területére a trópusi szubtrópusi klíma a jellemző, többnyire trópusi őserdőkkel, de nagy kiterjedésű füves területek is találhatók, a partvidékeken pedig mangrove mocsarak a jellemzőek. Gyakran utalnak indomaláji régió néven is a faunaterületre.

Igen gazdag faunával rendelkezik, köszönhetően sokrétű kapcsolatának a többi régióval. Faunájának gyökerei egyrészt visszanyúlnak a Gondwana őskontinens faunájáig, ugyanakkor a palearktikus faunával és a mai afrikai faunával való kapcsolatát is számos taxon mutatja. A medvék (Ursidae) és a szarvasok (Cervidae) jó példái a palearktisz felöl bevándorolt faunaelemeknek, míg az orrszarvúak (Rhinocerotidae), elefántok (Elephantidae),

hiénák (Hyaenidae) és emberszabásúak (Pongidae) képviselői Afrikában is megtalálhatók. Számos család tekintetében igen sok közös genus (*Gazella, Viverra, Mungos, Hyena* stb.), sőt több közös faj is található, mint pl. az oroszlán (*Panthera leo*), a párduc (*Panthera pardus*), a csíkos hiéna (*Hyena hyena*). Tulajdonképpen a mai afrikai emlősfauna jelentős része sem Afrikában keletkezett, hanem jórészt a miocénben és pliocénben vándorolt be (Siwalik fauna). Másrészről, a jégkorszak alatt a régiók faunáját elválasztó mai sivatagok (amik nem is voltak feltétlenül a terjedés gátjai, hisz a Szahara például szavannás élőhely lehetett akkoriban) a jó terjedőképességű, mozgékony fajok számára átjárhatóak voltak. Ráadásul India révén, ami az ősi Gondwana kontinens része volt megőrizte a közös ősi fauna egy részét (ez az oka Madagaszkárral való fauna-hasonlóságnak is).

Emlősök közül endemikus itt a bőrszárnyúak (Dermoptera) rendje, valamint a koboldmaki-alkatúak alrendága (Tarsiiformes), melynek egyetlen mai családja a koboldmakifélék (Tarsiidae). Jellegzetes endemikus családja a területnek a mókuscickányok (Tupaiidae) is. Endemikus főemlősökre jó példák a gibbonok (Hylobatinae).

Az orientális régióra jellemző páratlanujjú patások (Perossidactyla) közül az indiai tapír (*Tapirus indicus*), az orrszarvúfélék családjának (Rhinocerotidae) fajai, azaz az indiai orrszarvú (*Rhinoceros unicornis*), a jávai orrszarvú (*Rh. sondaicus*) és a szumátrai orrszarvú (*Dicerorhinus sumatrensis*) említhető. A párosujjú patások (Artiodactyla) közül pedig a disznófélék (Suidae) több faja, például a babirussza (*Babyrussa babirussa*), a törpe vaddisznó (*Sus salvanius*), a szakállas disznó (*S. barbatus*), a fülöpszigeteki disznó (*S. philippensis*). A kérődzők (Ruminantia) ősi képviselői a kancsilfélék (Tragulidae). Rajtuk kívül a szarvasfélék (Cervidae) sok faja él itt, mint a szambárszarvas (*Cervus unicolor*), a mocsári szarvas (*C. duvauceli*), a timori szarvas (*C. timorensis*), a pettyes szarvas (*Axis axis*).

A medvék családjának (Ursidae) endemikus fajai a maláj medve (*Helarctos malayanus*), az ajakos medve (*Melursus ursinus*), az örvös medve (*Ursus tibetanus*), a vörös panda (*Ailurus fulgens*) és az óriás panda (*Ailuropoda melanoleuca*).

Madarak tekintetében gazdag ugyan a fauna, család rangú endemikusnak azonban csak a levélmadárfélék (Chloropsidae) tekinthetők. Faji szinten említhető viszont a fácánfélék (Phasianidae) számos képviselője. Itt él a házityúk ősének tartott bankiva tyúk (*Gallus ferrugineus*), a fényfácán (*Lophophorus impejanus*), a paradicsomfácán (*Chrysolophus amherstiae*), az aranyfácán (*Ch. pictus*). Itt őshonos a páva (*Pavo cristatus*) is. Meg lehet említeni még a sárgarigófélék (Oriolidae) közé tartozó tündérkék madarat (*Irena puella*), a rigófélék (Turdidae) közül pedig a sármarigót (*Kittacincla malabarica*), továbbá a seregélyekkel (Sturnidae) rokon, hangutánzó beo-t (*Gracula religiosa*).

Herpetofaunájára szintén fajokban gazdag. Jellemző a mocsári krokodil (*Crocodylus palustris*), a kínai krokodil (*Crocodylus siamensis*) és a gangeszi gaviál (*Gavialis gangeticus*). Az agámafélék (Agamidae) közül meg kell említeni a vitorlázni képes repülő gyíkokat (*Draco* spp.), a varánuszfélék (*Varanidae*) közül pedig a 3 m hosszúságot is elérő komodói sárkányt (*Varanus komodoensis*). Igaz, valószínűleg Ausztrália lehetett az őshazájuk, és onnan terjedtek szét a szigetvilágban, ám szinte mindenhonnan ki is pusztultak, valószínűleg az

ember megjelenésével (Hocknull et al. 2009). A kígyók között jellemzők a pitonok, mint a kockás piton (*Python reticulatus*), a tigrispiton (*Python molurus*), valamint a mérges siklók (Elapidae), mint a pápaszemes kobra (*Naja naja*), a királykobra (*Ophiophagus hannah*).

A levelibéka-félék (Hylidae) hiányzanak, helyüket a hasonló életmódot folytató evezőbékák (Rhacophoridae) veszik át, melyek közül vannak fajok, melyek siklórepülésre is képesek, mint a jávai repülőbéka (*Rhacophorus reinwardti*).

Az orientális régió halfaunájának jellegzetes képviselői a különös vadászati módszerükről híres lövőhalak (Toxotidae).

Ellenőrző kérdések

1. Mik azok a vikariáns vagy vikariáló fajok és milyen példát ismersz rá?
2. Mit jelent, hogy egy taxon endemikus (bennszülött)?
3. Melyek az Arktogea faunabirodalom főbb egységei és hol terülnek el?
4. Miért olyan hasonló a Palearktisz és Nearktisz alapfaunája?
5. Mit jelent, hogy egy taxon színezőeleme a faunának?
6. Mi jellemzi Madagaszkár faunáját?
7. Melyek a Gondwana ősi faunájának megmaradt képviselői?
8. Mik az orientális régió határai?
9. Melyek a főbb (magasabb rangú) endemikus taxonok Afrikában és Madagaszkáron?
10. Melyek a főbb (magasabb rangú) endemikus taxonok az orientális régióban?

8.3.2. Neogea

A Neogea faunabirodalomat egyetlen régió a neotropikus régió (Neotropisz) alkotja, ami híven tükrözi állatföldrajzi és földrajzi egységességét. A neotropikus régió területe nagyrészt Dél-Amerika és Közép-Amerika, de ide tartozik a Karib térség és a híres Galápagos-szigetek is. Dél-Amerikában a tűzföldig, északon a Ráktérítőig tart, így Mexikó déli része még a neotropisz része. Faunája rendkívül gazdag, köszönhetően a változatos éghajlati és domborzati viszonyoknak. A szubtrópusi éghajlattal jellemezhető Karib térség és a Galápagos-szigetek, az Amazonas medence trópusi esőerdői mellett, az Andok hegyláncai, az előttük elterülő parti sivatagok valamint a nagy kiterjedésű füves területek, a pampák is hozzájárulnak a fauna gazdagságához.

A fauna gazdagsága mellett jellemző az endemikus taxonok magas száma is, ami minden bizonnyal a korai izolációjának tudható be. Ugyanakkor a Panama-földhídon keresztül megvalósuló kapcsolata Észak-Amerikával lehetővé tette a faunakeveredést. Ez a terület éppolyan sok "vitára" ad okot, mint a Notogea és az orientális régió határvonalai (Wallace vonal, Lydekker vonal) mentén kialakult keveredési terület a Wallacea.

Az emlősök közül ki kell emelni a dél-amerikai erszényeseket (Didelphimorphia, Paucituberculata), melyek rokonsági viszonyok alapján is jól elkülönülnek ausztráliai

rokonaiktól (Australidelphia), ennek ellenére jól tükrözik a hajdani, még a Gondwana szétesése után is fönnmaradó kapcsolatot Dél-Amerika, Antarktisz és Ausztrália között (Szalay 1982). (8.4. boksz).

Egyetlen ma élő vízi erszényesként meg kell említeni a vízioposszumot vagy yapok-ot (*Chironectes minimus*). A cickányoposszumok (Caenolestidae), mint a selymes cickányoposszum (*Caenolestes fuliginosus*) vagy a chilei cickányoposszum (*Rhynhcolestes raphanurus*) elszigetelt élőhelyeken tudtak fennmaradni, mint az Andok, vagy például *Rhynhcolestes raphanurus raphanurus* alfaj egyetlen szigeten a Chiloe-szigeten él. Más fajok, mint például az északi oposszum (*Didelphis virginiana*) képesek voltak Észak-Amerikába is átterjedni.

Az erszényesek mellett enigmatikus képviselői a dél-amerikai faunának a vendégízületesek (Xenarthra). Ezek közé tartoznak a hangyászok (Myrmecophagidae), mint a sörényes hangyász (*Myrmecophaga tridactyla*), az öves állatok (Dasypodidae), mint a kilenc-öves tatu (*Dasypus novemcinctus*), a háromujjú lajhárok (Bradypodidae), mint a törpe háromujjú lajhár (*Bradypus pygmaeus*) valamint a kétujjú lajhárok (Megalonychidae), mint a kétujjú lajhár vagy unau (*Choloepus didactylus*).

A főemlősöket a szélesorrú avagy új-világi majmok (Platyrrhini) képviselik, és teljesen hiányoznak a félmajmok (Prosimii), mint a makik, lajhármakik, stb. A szélesorrú majmok képviselői az esőerdőkben élő karmosmajomfélék (Callithrichidae) és csuklyásmajomfélék (Cebidae). A karmosmajomfélék közül megemlíthető a gyapjasfejű tamarin (*Saguinus oedipus*) vagy más néven Liszt-majmocska, mely név főleg német nyelvterületen elterjedt, és Liszt Ferenc zeneszerző valamint a gyapjasfejű tamarin hasonló hajkoronájára utal. Mellette természetesen számos selyemmajom (*Callithrix* spp.) fajt megemlíthetnénk. A csuklyásmajmok (*Cebus* spp.) közül is számos fajt lehetne felsorolni, a legismertebb talán a közönséges csuklyásmajom (*Cebus capucinus*). Szintén a csukjásmajomfélék családjába tartozik a közönséges mókusmajom (*Saimiri sciureus*), melyet régen halálfejes majom néven is emlegettek. A pókmajomfélék (Atelidae) jeles képviselői például a fekete bőgőmajom (*Alouatta caraya*), a fehérképű pókmajom (*Ateles marginatus*) vagy a szürke gyapjasmajom (*Lagothrix lagotricha*).

A rágcsálok többsége a sülalkatúak alrendjébe (Hystricomorpha) tartozik, melynek képviselői még Afrikában találhatók (például a gundifélék és az ugrónyúlfélék) utalva az ősi Gondwana faunára. Ezek több endemikus családba sorolhatók. Itt említhetjük meg a tengeri malacot (*Cavia cutleri*) valamint a ma élő legnagyobb rágcsálót, a vízidisznót más néven kapibarát (*Hydrochoerus capybara*) mint a tengerimalacfélék (Caviidae) képviselőit. Továbbá az agutifélék közül (Dasyproctidae) az agutit (*Dasyprocta aguti*); az értékes prémjükről ismert csincsillaféléket (*Chinchillidae*), mint a hobbiállatként is tartott gyapjas csincsilla (*Chinchilla lanigera*) vagy a pampaszinyúl, más néven viszkacsa (*Lagostomus maximus*). A nutriafélék (Myocastoridae) egyetlen, faja a vízi életmódú nutria (*Myocastor coypus*) is itt őshonos, máshova például Európába betelepítették. A kúszó sülök (Erethizontidae), óvilági rokonaiktól, a gyalogsülféléktől (Hystricidae) eltérően fán lakó életmódot folytatnak.

8.4. boksz: Az erszényesek kialakulása és szétterjedése

A Metatheria (mai erszényesek és kihalt rokonaik) kialakulási helyével és szétterjedésével kapcsolatban több elképzelés is van (Williamson et al. 2014). Ma a legősibb, mintegy 125 millió éves fosszília Kínából származik, de a legtöbb és legdiverzebb fosszilis leletek Észak-Amerikából. Ezek alapján újabban Észak-Amerikát (és néhányan, a legújabb fosszilis leletek alapján Ázsiát) tekintik a kialakulási helyüknek, szemben a régi elképzeléssel, hogy Dél-Amerikában alakultak ki az erszényesek.

Annyi bizonyos, hogy az ősi erszényesek már a kréta időszakban elterjedtek voltak Észak-Amerika, Európa illetve Dél-Amerika területein. A kréta végére Dél-Amerikán át az akkor még jégmentes Antarktiszira is eljutottak. A paleocénben már Afrikában és Ázsiában is megjelentek, az Antarktiszen át pedig birtokba vették Ausztráliát is.

Ázsiában és Afrikában hamar kipusztultak, de Európában és Észak-Amerikában viszonylag sokáig, egészen a miocénig (mintegy 10 millió évvel ezelőtt) még előfordultak, de a méhlepényes emlősök (Eutheria: Placentalia) végül fokozatosan kiszorították őket. Az Antarktiszen is kipusztultak, köszönhetően annak déli pólus felé vándorlásának és eljegesedésének (mintegy 34 millió éve, az oligocénban). Mára csak Ausztráliában és Dél-Amerikában maradtak fenn az erszényesek.

A rovarevőket (Eulipotyphla) igen kevés faj képviseli, ezek közül a patkányvakondfélék (Solenodontidae) családjának mindössze két faja csak a karib-tengeri szigeteken (Kubában illetve Hispaniola szigetén) fordul elő. Érdekességük, hogy a nyáluk mérgező.

Észak-Amerikával (a pliocén végén, kb. 3,5 millió évvel ezelőtt) létrejött szárazföldi kapcsolata révén fejlettebb méhlepényes emlősök nyomultak be kiszorítva az eredeti dél-amerikai faunát. Afrikához képest azonban a patások itt jóval szegényesebbek. Eme faunacsere során kerültek a területre a kutyafélék (Canidae), macskafélék (Felidae), tevefélék (Chamelidae) és a tapírok (Tapiridae).

A ragadozók közül a macskafélék fajai Észak-Amerikában is megtalálhatók, mint például a puma (*Felis concolor*). A pampák, mocsaras élőhelyek endemikus lakója viszont a sörényes farkas (*Chrysocyon brachyurus*).

Szintén endemikusak a tevefélék képviselői: a vadon élő guanako (*Lama guanicoe*) és vikúnya (*L. vicugna*). Valószínűleg ezek háziasításából alakult ki a láma (*L. lama*) és az alpaka (*L. pacos*). Endemikus disznóalkatúak a pekarifélék (Tayassuidae), mint az öves pekari (*Pecari tajacu*), melyek vadászatuk ellenére még nagy csordákban megtalálhatók Közép-

Amerikától Argentináig. A szarvasfélék (Cervidae) közé tartozó endemikus pampaszarvas (*Ozotoceros bezoarticus*) állományának nagyobb része már csak Braziliában él.

Dél-Amerika egyetlen medvefaja a pápaszemes medve (*Tremarctos ornatus*).

A mosómedvékkel rokon vikariáló ormányos medvék vagy koatik közül, a fehérorrú koati (*Nasua narica*) az északi, míg a vörösorrú koati (*Nasua nasua*) a déli területekre jellemző.

Még az igen jól terjedő denevérek közül is van endemikus család, a hártyásorrú denevérek (Phyllostomidae), mint a rőt vérszopó denevér (*Desmodus rotundus*). Ennek a fajnak a fejlett szociális viselkedése figyelemre méltó.

A madárvilág feltűnően gazdag, és az itt élő majdnem háromezer faj közel kilencven százaléka endemikus. Három bennszülött madárrendje a nandualakúak (Rheiformes), egyetlen fajjal, a nanduval (*Rhea americana*); a hoacinalakúak (Opisthocomiformes) szintén egyetlen ma élő fajjal, a hoacinnal (*Opisthocomus hoazin*) és a tinamualakúak (Tinamiformes). Ez utóbbi egyetlen családja (Tinamidae) viszont közel 50 fajt számlál, köztük például a nagy tinamut (*Tinamus major*) vagy a búbos tinamut (*Eudromia elegans*).

A fentieken kívül mintegy 30 további bennszülött madár család él a területen. Ezek közül talán a legjellegzetesebb és legismertebb madarak a kolibrik (Trochilidae), közülük is a rendkívül gyors rubintorkú topázkolibri (*Chrysolampis mosquitus*) vagy a legkisebb madár, a méhkolibri más néven vöröstorkú kolibri (*Mellisuga helenaea*). Meg lehet említeni még a hokkóféléket (Cracidae), a hatalmas csőrű borsevő madarak vagy tukánfélék (Rhamphastidae), melyek legismertebb képviselője a tukán (*Rhamphastus toco*).

A ragadozók madarak közül nevezetes endemizmus az újvilági keselyűk családja (Cathartidae), melyek közül külön említést érdemel a legnagyobb szárazföldi madár, a 3 méter szárnyfesztávolságú kondorkeselyű (*Vultur gryphus*) vagy a hozzá hasonló királykeselyű (*Sarcorhamphus papa*).

Számos további endemikus fajt felsorolhatnánk, de megelégszünk további kettő említésével, nevezetesen Dél-Amerika legnagyobb papagáj faja a sárgaszárnyú ara vagy arakanga (*Ara macao*), és az esőerdők jellegzetes ragadozó madara a hárpia (*Harpia harpia*).

A Neotropikus faunaterület hüllő fajokban is igen gazdag, melyek közül több mint 600 faj endemikus. Leggyakoribbak a leguánok (Iguanidae), például a zöld leguán (*Iguana iguana*), de meg lehet említeni az anoliszokat is, mint a vöröstorkú anoliszt (*Anolis carolinensis*). A baziliszkuszok (Corytophanidae) ismert képviselője a sisakos baziliszkusz (*Basiliscus basiliscus*), nevezik Jézus Krisztus gyíkjának is, mivel olyan gyorsan képes két lábon szaladni, hogy a vízben sem süllyed el.

Az óriáskígyók (Boidae) közül az anakonda (*Eunectes murinus*) és a boa (*Boa constrictor*) is az Amazonas vízgyűjtőjéhez tartozó folyók, folyópartok lakója, de nem hiányzanak Dél-Amerikából a csörgőkígyók sem.

A kajmánok, például a fekete kajmán (*Caiman niger*) egykor nagy számban éltek, de bőrük miatt intenzíven vadászták, ami miatt számuk megcsappant.

A kétéltűek közül egyedül a farkoskétéltűek (Urodela) száma viszonylag alacsony, viszont nagy szín és formagazdagságban élnek itt a levelibékafélék (Hylidae) valamint a nyílméregbékafélék (Dendrobatidae), melyek közül a rettenetes nyílméregbéka (*Phyllobates terribilis*) mérge bizonyult eddig a legerősebbnek. Megemlíthetők a füttyentőbékafélék (Leptodactylidae) is mint endemikus család, régen ide sorolták a ma már különálló családot (Eleutherodactylidae) alkotó elevenszülő fajokat is, melyek közvetlen fejlődésűek, azaz fejlődésük során az ebihal fázis hiányzik.

Hozzávetőleg 2700 halfaj él Dél-Amerikában, mellyel a halfaunája a leggazdagabb a világon, köszönhetően az Amazonas hatalmas vízgyűjtő rendszerének. Az akváriumi díszhalaink többsége az itt honos fogaspontyok (Cyprinodontiformes) közül kerül ki, mint pl. a kardfarkú hal (*Xiphophorus helleri*), vagy a guppi (*Lebistes reticulatus*).

Meg kell említenünk még a híres-hírhedt piráját (*Pygocentrus piraya*), melyet régen a pontylazacfélék közé (Characidae) soroltak, ám alcsaládjukat család rangra emelték, így ma már, mintegy hatvan másik fajjal egyetemben a Serrasalmidae családba tartozik.

A pontyalakúak (Cypriniformes) közé tartozó elektromos angolnát (*Electrophorus electricus*) szintén érdemes megemlíteni, mint ahogy az egyik legnagyobb testű édesvízi halat az arapaimát (*Arapaima gigas*) is.

A Neotropisz további öt faunatartományra osztható, melyek a brazíliai, chilei, karibi, közép-amerikai és galápagosi szubrégiók (8.5. boksz). Ezek külön jellemzésével azonban nem foglalkozunk.

8.5. boksz: Galápagos szigetek

Charles Darwin 1835-ben látogatta meg a szigetet, és az itt tapasztaltak nagymértékben hozzájárultak evolúciós elmélete kidolgozásához. Tudománytörténeti jelentősége miatt a Galápagos szigetek élővilágát röviden mégis összegezzük.

A Galápagos szigetek faunája jellegzetes szigetfauna, amely sok hasonlóságot mutat a kontinens faunájával, és telítetlen, azaz csak a Dél-Amerikából átjutni képes taxonok jellemzik, azok viszont erőteljesen diverzifikálódtak, így az endemizmusok száma nagy.

A szárazföldi emlősöket csak a denevérek (Chiroptera) valamint az egérszerűek (Myomorpha) néhány faja képviseli. A madárvilág meglepően gazdag, s igen sajátos. A fajok nagy része endemikus, mint a röpképtelen csökött szárnyú kormorán (*Nannopterus harisi*), vagy a galápagosi pingvin (*Spheniscus mendiculus*). Különösen feltűnő a földipintyek vagy darwin-pintyek (Geospizidae) adaptív radiációja. Igen jellegzetes a hüllő fauna is. Itt él a gyümölcsevő leguán vagy varacskosfejű gyík (*Conolophus subcristatus*), ami főleg a fügekaktusszal táplálkozik, a tengeri gyík (*Amblyrhynchus cristatus*), mely a sziklákra tapadt moszatokat fogyasztja, valamint a minden szigeten más és más alakú elefántlábú teknős (*Testudo elephantopus*).

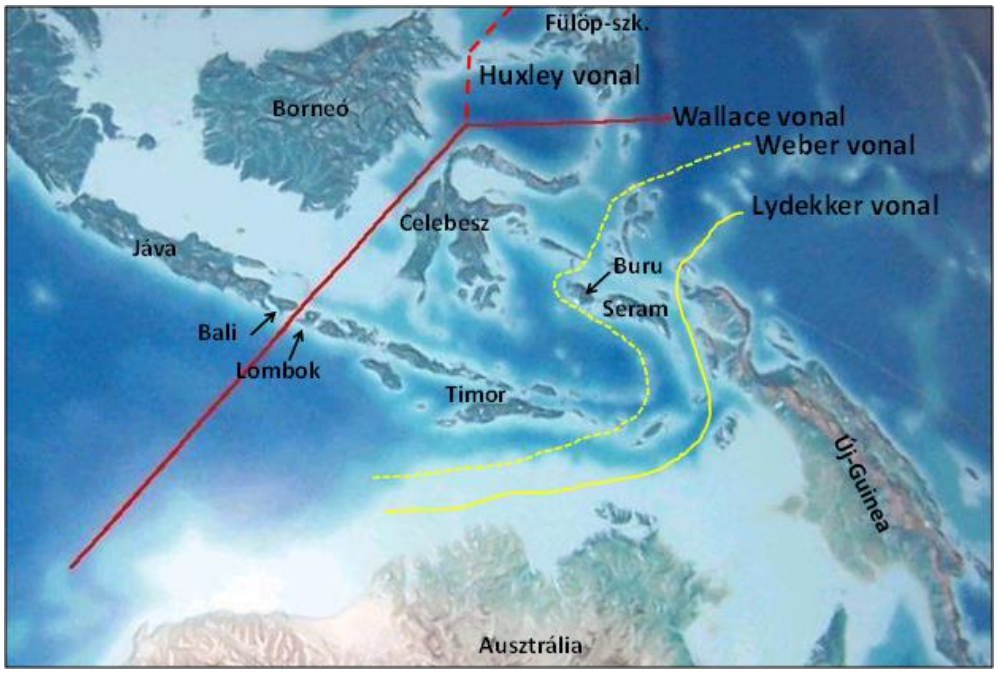
Ellenőrző kérdések

1. Hol terül el a Neogea faunabirodalom egyetlen faunaterülete, a Neotropisz?
2. Milyen kapcsolatok jellemzik a többi régióval?
3. Mely régióval történt faunacseréje, és mi tette ezt lehetővé?
4. Mely taxonok mutatják a múltbéli kapcsolatát Ausztráliával?
5. Mely taxonok jelzik a nagy faunacserét Észak-Amerikával?
6. Melyek a magasabb rangú endemizmusok?
7. Sorolj föl néhány endemikus emlős taxont!
8. Sorolj föl néhány endemikus madár taxont!
9. Minek köszönhető a halak, kétéltűek és hüllők rendkívüli diverzitása?
10. Hol alakulhattak ki az erszényes emlősök, és mi lett a sorsuk?

8.3.3. Notogea

Területének nagy része a déli féltekén helyezkedik el. Magába foglalja Ausztráliát, Tasmaniát, Új-Guineát, Új-Zélandot, a Hawaii szigeteket és az Óceániai szigetvilágot. Határai észak-nyugaton az orientális régió felé a Lydekker vonal. A Maluku szigetekből a Kei és az Aru szigetek tartoznak ide, de Celebes, Seram (Ceram), Buru és Timor sziget már nem. A Lydekker vonaltól a Wallace vonalig terjedő átmeneti területet az orientális és az ausztráliai fauna keveredése jellemzi, melyet többen önálló állatföldrajzi régiónak tekintenek Wallacea néven (8.6. boksz) (8.3. ábra).

A Notogaea faunabirodalom öt faunaterületre oszlik: ausztráliai, új-guineai, új-zélandi, hawaii és polinéziai.



8.3. ábra. Wallacea és határai

8.6. boksz: Wallacea

Az orientális régió és a Notogea faunabirodalom közötti határ megállapítására először Huxley tett kísérletet (8.3. ábra). Ezt a nyugati határt módosította Wallace (1869), amit a mai napig is Wallace vonalként ismerünk. A Wallace vonal Celebesztől nyugatra, Bali és Lombok szigete között húzódik, és viszonylag jól definiálható. Ez az ausztráliai faunaelemek, például az erszényesek legnyugatibb elterjedése, ugyanakkor ettől keletre már nem fordulnak elő az ázsiai patások, rágcsálok és ragadozók. Az orientális régió és a Notogea keleti határának meghatározása már nem volt ilyen egyértelmű. A Lydekker vonal alapján, amely a Maluku, a Buru, a Banda és a Timor tengereken halad át, a Maluku szigetekből Celebes, Seram (Ceram), Buru és Timor a Wallacea része, a Weber vonal alapján ezek közül csak Timor. Meg kell jegyeznünk, hogy Weber elégé "mechanikus" módon definiálta a határvonalat, mely szerint attól nyugatra a fauna több mint ötven százaléka orientális, míg keletre több mint ötven százaléka ausztráliai eredetű.

A Wallacea lényegében több migrációs útvonal találkozása (lásd Dickerson et al. 1928, Metcalfe et al. 2001), melynek következtében a faunája rendkívüli módon kevert. Jellemző még, hogy nagyon kevés a nem repülő szárazföldi gerinces, szemben az igen gazdag madár- és rovarvilágával. Ennek oka, hogy a Wallacea szigetei még az utolsó eljegesedéseket kísérő tengerszintsüllyedésekkor sem voltak szárazföldi összeköttetésben egymással.

8.3.3.1. Ausztráliai faunaterület

Az ausztráliai faunaterület a legnagyobb kiterjedésű szárazföldi területe a Notogea birodalomnak, lényegében az Ausztrál kontinenst foglalja magába valamint Tasmaniát és néhány kisebb szigetet. Ausztrália jelentős részét sivatagos, félsivatagos és száraz szubtrópusi területek uralják. Az északi, észak-keleti partvidék csapadékos, itt esőerdők és szubtrópusi ligeterdők találhatók. Kelet-Ausztráliában a mérsékelt övi erdők jellemzők. Tasmaniát csak a keskeny Bass-szoros választja el a kontinenstől, melynek talapzatán helyezkedik el, és valaha a szárazulat része is volt. Területére a mérsékelt övi erdők jellemzők.

Ausztrália a mezozoikumban végbement lemeztektonika változások során viszonylag sokáig őrizte kapcsolatát Dél-Amerikával és az Antarktisszel, mely akkor még jégmentes terület volt, és csak az oligocénban vált el az Antarktisztől, és izolálódott. Egyrészt tehát megőrizte az ősi Gondwana fauna egy részét, amely nagyfokú differenciálódása egy gazdag, sajátos faunát eredményezett. Ehhez nagyban hozzájárult, hogy a negyedidőszakban kiterjedt szárazodás jellemezte, mely a kontinens peremén lévő erdős területek feldarabolódásához vezetett. Ezekben az izolált erdős refúgiumokban a fauna további diverzifikációja volt jellemző, vikariáns taxonokat eredményezve, ami elsősorban a madár faunában érhető tetten. Tény az is, hogy a közben kialakult méhlepényes emlősök, például a patások, radiációja nem

érintette a faunáját, hiszen összeköttetés hiányában ezek már nem juthattak el Ausztráliába. Egyedül a denevérek (Chiroptera) és részben a rágcsálók (Rodentia) kolonizálták, a többi méhlepényes emlős emberi közvetítéssel jutott oda. Ezzel szemben az Észak-Amerikában kifejlődött erszényes emlősök Dél-Amerikán és az Antarktiszen keresztül eljutottak Ausztráliába, és valamennyi életteret benépesítették, testalkatukban és életmódjukban messzemenő hasonlóságot mutatva a méhlepényes emlősökkel, ezáltal kiváló példákat nyújtva a konvergens evolúcióra.

Ausztrália és Új-Guinea faunája olyan ősi taxonokat őrzött meg, melyek sehol másutt nem találhatók már meg. Ilyen endemizmusok a tojásrakó emlősök (Ornithodelphia). Ausztráliában és Tasmaniában él a közismert kacsacsőrű emlős (*Ornithorhynchus anatinus*), mely a kacsacsőrűfélék (Ornithorhynchidae) egyetlen ismert faja. További kloakás emlősök a hangyászsünök (Tachyglossidae), melyek közül Ausztráliában, Tasmaniában és Új-Guineában él a rövidcsőrű hangyászsün (*Tachyglossus aculeatus*) és Új-Guineában fordul elő a hosszú csőrű hangyászsün (*Zaglossus bruynii*).

Legjellegzetesebb emlősök mégis a valamivel több, mint kétszáz fajt számláló erszényesek (Australidelphia), melyek szinte minden rendelkezésre álló életteret betöltenek (kivéve a vízi életformát). Az erszényes ragadozók (Dasyuromorphia) közül megemlíthető az erszényeshangyász-félék (Myrmecobiidae) egyetlen, egyébként Nyugat-Ausztráliában élő faja az erszényes hangyász (*Myrmecobius fasciatus*), vagy a szintén monotipikus család az erszényesfarkas-félék (Thylacinidae). Noha az utolsó erszényes farkas (*Thylacinus cynocephalus*) 1938-ban pusztult el, fölröppen néha a hír, hogy láttak Tasmaniában. Jóval fajgazdagabb az erszényesnyest-félék (Dasyuridae) családja, melynek híres-hírhedt képviselője a tasman ördög (*Sarcophilus harrisii*). Valódi természetével egyáltalán nem állítható párhuzamba a tasmaniai telepesektől kapott ördög neve.

Az ormányos erszényesek (Peramelemorphia) legelterjedtebb képviselői a bandikutfélék (Peramelidae), ezek a kisméretű, hosszú orrú, éjszakai rovarevő, mindenevő életmódot folytató erszényesek, mint a hosszúorrú bandikut (*Perameles nasuta*). Az erszényes nyulak (*Thylacomyidae*) szabadon a természetben már nemigen találhatók meg.

A erszényesvakond-alakúak (Notoryctemorphia) föld alatt élő, vak, főleg rovarevő vakondszerű kis állatok, melynek két vikariáló faja a déli és északi erszényesvakond (*Notoryctes typhlops* és *N. caurinus*) a sivatagos területek lakója.

A legdiverzebb rend a kevésfogúak rendje (Diprotodontia), számos családjába mintegy 120 faj tarozik. A leismertebbek az eukaliptusz fákon élő és a leveleit fogyasztó koala (*Phascolarctos cinereus*), melynek legközelebbi rokona a nappalt földalatti járatiban töltő rágcsálószerű életmódú vombat (*Vombatus ursinus*). A nagyszámú kenguruféle (*Macropodidae*) sokféle élőhelyet benépesít. A szürke óriás kenguru (*Macropus giganteus*) Kelet-Ausztrália és Tasmania erdeiben és nyílt erdős területein előforduló növényevő. A fák lombkoronájában éjjel aktívak a fakúszó kenguruk fajai (*Dendrolagus* spp.) Ausztráliában és Új-Guineában is megtalálhatók. Ebbe a rendbe tartoznak a falakó kúszóerszényesek vagy kuszkuszfélék (Phalangeridae), melyek közül néhány faj elterjedt az orientális régió határos

részein is, mint a medvekuszkusz (*Ailurops ursinus*). Meg lehet még említeni a törpe erszényesmókust (*Petaurus breviceps*), mint a siklórepülésre képes erszényesmókus-félék vagy siklóerszényesek képviselőjét (Petauridae) és sajátságos nektárevő mézrabló erszényesek (Tarsipedidae) egyetlen élő faját a mézrabló erszényest (*Tarsipes rostratus*).

A legnevezetesebb ausztráliai méhlepényest, a dingót (*Canis dingo*), melynek az és új-guineai alfaja az erdei dingó (*Canis dingo hallstromi*) valószínűleg az Ausztrál őslakosok hurcolták be mintegy 10000 évvel ezelőtt.

Az Avifauna gazdagságát mutatja, hogy Ausztrália a 17. században a "Terra Psittacorum" (papagájok földje) elnevezést viselte. (Magát a birodalmat pedig szokták "Ornithogea" névvel illetni.) A több mint nyolcszáz madárfajból mintegy háromszázötven endemikus. A papagájfélék (*Psittacidae*), melyek közül például itt őshonos a jól ismert hullámos papagáj (*Melopsittacus undulatus*) mellett talán a legismertebb ausztrál madár a kacagójancsi, vagy másik nevén a kookaburra (*Dacelo novaeguineae*). Endemikus rend a kazuáralakúak (Casuariiformes). Monotipikus családja az emufélék (Dromaiidae), mely egyetlen faja az emu (*Dromiceus novaehollandiae*) már csak Ausztráliában él Tasmaniából már kipusztult. A kazuárfélék (Casuariidae) hatalmas termetű képviselője a sisakos kazuár (*Casuarius casuarius*). Végül még néhány ismertebb, jellegzetes faj, mit a talegalla tyúk (*Catheturus lathami*), a kakadu (*Cacatua roseocapilla*), a lantmadár (*Menura superba*), a zebrapinty (*Poephila guttata*), Új-Guinea híres madara, a paradicsommadár (*Paradisea apoda*) vagy a partvidékek jellegzetessége a fekete hattyú (*Cygnus atratus*). A fekete hattyút sok más ország parkjaiba betelepítettek, de, az Új-Zélandra betelepített és elszaporodott állomány kivételével, a természetben csak Délnyugat-Ausztráliában és Tasmaniában él.

A hüllőfaunára jellemző, hogy főleg más faunabirodalmakban is elterjedt családok képviselői alkotják. Ettől függetlenül gazdag, és néhány jellegzetesség elmondható, például a kígyók többsége a mérges siklókhoz (Colubridae) tartozik, és hiányoznak a valódi viperafélék (Viperidae). Itt él kispikkelyű tajpán (*Oxyuranus microlepidotus*) a világ egyik legerősebb mérgű kígyója, a vöröshasú ausztrálsikló (*Pseudechis porphyriacus*) vagy a déli halálkígyó (*Acanthopis antarctica*). A halálkígyó farkának a vége élénk színű, féregszerű, és ezzel csalogatja oda magához áldozatát.

Ausztráliában él a varánuszfélék (Varanidae) közel fele. A komodói sárkány után a legnagyobb termetű varánuszok, akár két métert meghaladó hosszukkal, a pápuavaránusz (*Varanus salvadorii*), mely Új-Guineában honos és az óriás varánusz (*V. giganteus*), ami a nyugat- és közép-ausztráliai sivatagos, félsivatagos területek lakója. A sivatagi területek jellegzetes faja a tüskés ördög (*Moloch horridus*) is. Szintén elterjedtek a szkinkek vagy vakondgyíkok (Scincidae). Az ausztrál kéknyelvű szkink (*Tiliqua scincoides*) egyike a legnagyobb termetű vakondgyíkoknak, és rokonai többségétől eltérően nagyrészt a talaj felszínén tartózkodik, kék nyelvét öltögetve igyekszik elijeszteni támadóját. Megemlíthetjük még a jellegzetes a két lábon futó galléros gyíkot (*Chlamidosaurus kingi*). Természetesen a gekkók (Gekkonidae) és krokodilok (Crocodilidae) is megtalálhatók, mint a bordás krokodil

(*Crocodylus porosus*), mely kiváló úszó révén a nyílt tengerre is kimerészkedik, nem csoda hát, hogy Indiától Ausztráliáig elterjedt.

Kétéltűek közül békák élnek a területen szép számban (több mint száz faj). Némelyikük alkalmazkodott a száraz élőhelyekhez is, mint a kézlábú béka (*Dryopsophus platycephalus*), mely a nyári időszakot nyugalmi állapotban vészeli át. Nevét egyébként mellső lábának a többivel szembehelyezhető ujjáról kapta. Megemlítendők még a gyomorköltő békák, melyek a tápcsatornájukban keltik ki a petéiket, majd "köpik" ki a már elég fejlett ivadékot. A déli gyomorköltő béka (*Rheobatrachus silus*) 1981-ben eltűnt, meglehet kihalt; 1984-ben felfedezték a génusz másik faját, a *Rheobatrachus vitellinus*-t, ami 1985-ben ki is pusztult. Kipusztulásukat valószínűleg a fakitermelések okozták. Ausztrál kutatók lefagyasztott példányok sejtjeinek klónozásával próbálják újjáéleszteni a gyomorköltő békákat.

A halak közül mindenképp meg kell említeni az ausztráliai tüdőshalat (*Neoceratodus forsteri*).

8.3.3.2. Új-Guineai faunaterület

Ausztrália és Új-Guinea faunája nagyon hasonló, ezért ezt nem tárgyaljuk külön. Megjegyzendő azonban, hogy Új-Guinea faunáján már érződik az orientális régió hatása. Néhány endemizmus azért csak Új-Guineára jellemző, mint az óriás ajakos teknős, más néven Bibron-lágyhéjúteknős (*Pelochelis bibroni*) vagy a koronás galambok (*Goura* spp.). A lágyhéjú teknősök (Trionychidae) egyébként Ázsia, Afrika és Dél-Amerika területein is megtalálhatók.

8.3.3.3. Új-Zélandi faunaterület

Új-Zéland Ausztráliától mintegy ezerhatszáz kilométerre fekszik keletre, és eredetileg annak része volt. Faunája tipikus telítetlen, szegényes szigetfauna, mely az ősi ausztráliai fauna maradványait őrzi, izolációjának köszönhetően. Az erszényesek Új-Zéland elszakadása után népesítették be Ausztráliát, így oda már nem jutottak el.

Emlős faunája tehát rendkívül szegényes. Eredetileg csak három emlős faj élt itt: két denevér faj és a maori patkány (*Epimys exulans maorium*). A ma megtalálható emlősök (főleg rágcsálók (Rodentia), ragadozók (Carnivora) és néhány erszényes) emberi közvetítéssel, behurcolás vagy betelepítés révén kerültek a területre, és komolyan veszélyeztetik az eredeti faunát.

Avifaunája különös figyelmet érdemel, nem annyira a fajok nagy száma, hanem az endemizmusok miatt. Emblematikus madarai a szigetnek a Kivialakúak (Apterigiformes) rendjébe tartozó kivik (*Apterix australis, A. oweni, A. mantelli*), és szintén ide tartozott az óriási moa, melyet a 18. sz. elején irtottak ki a bennszülött maorik. Nevezetes endemizmusok a bagolypapagájok úgy, mint a kakapó (*Strigops habroptilus*), a kea (*Nestor notabilis*), és az

új-zélandi kaka vagy nesztorpapagáj (*N. meridionalis*). Szintén csak itt élnek a kokakófélék (Callaeidae), mint a kokakó (*Callaeas cinerea*) vagy a mára már kihalt huja (*Heterolocha acutirastris*).

Herpetofaunájára jellemző, hogy szárazföldi kígyók nincsenek Új-Zélandon. Itt él viszont az "élő fosszíliának" tekinthető hidasgyík vagy tuatara (*Sphenodon punctatum*). Szintén csak Új-Zéland szigetein él az ősbékafélék (Leiopelmatidae) mindössze négy faja. Populációik a kipusztulás szélén állnak.

8.3.3.4. Hawaii faunaterület

A Hawaii-szigetcsoport vulkánikus tevékenység révén emelkedett ki a Csendes-óceánból. Tipikus telítetlen szigetfauna jellemzi. Állatvilága kizárólag bevándorolt fajokból és leszármazottaikból áll, melyek véletlenszerűen jutottak ide Dél-Amerikából, Ázsiából vagy Ausztráliából. A bevándorolt fajok adaptív radiációja azonban az endemikus fajok nagy számát eredményezte. Az ember által behurcolt fajok hasonlóan Új-Zélandhoz, itt is az őshonos fajok fennmaradását veszélyeztetik.

A behurcolt emlősökön kívül csupán egyetlen denevér faj őshonos (*Aeorestes semotus*), illetve Baird et al. (2015) szerint kettő. Megjegyzendő, hogy egy fókafaj szintén őshonos, de az nem a szárazföldi fauna része.

A madárfajok majdnem mindegyike (99%-a) endemikus. Figyelemre méltó az énekesmadarak (Passeriformes) rendjébe tartozó bennszülött gyapjasmadarak (Drepanididae) adaptív radiációja. A család 35 faja rendkívül változatos felépítésű, mindenféle szárazföldi élőhelyet igyekeznek betölteni, például van közöttük nektár-, rovar-, gyümölcs-, és magevő is.

Az emlősök hiánya mellett jól tükrözi a fauna telítetlenségét az egyetlen itt élő kétéltű faj, a varangyfélék (Bufonidae) közé tartozó tölgyvarangy (*Anaxyrus quercicus*).

8.3.3.5. Polinéziai faunaterület

Polinézia és Mikronézia egész szigetvilága, amely nagyrészt korallszigetekekből és kisebb nagyobb vulkánikus eredetű szigetekből áll. Faunája ebből következően alig tartalmaz röpképtelen szárazföli gerinceseket. Állandó fészkelési helye viszont sok sirályfélének (Laridae), viharmadaraknak (Procellariidae) és szuláknak (Sulidae). A faunaterület jellegét tehát a madarak határozzák meg, melyek közül 27 faj endemikus, mint például Új-Kaledónia nemzeti madara, a röpképtelen kagu (*Rhynochetos jubatus*).

Ellenőrző kérdések

1. Hol terül el a Notogea faunabirodalom?
2. Mi jellemzi a Wallacea-t?
3. Mely faunaterületekre osztható a Notogea faunabirodalom?

4. Mely főbb taxonok jellemzik az Ausztráliai faunaterületet?
5. Mi jellemzi az ún. szigetfaunát?
6. Melyek az Új-Zélandi endemizmsok?
7. Milyen tényezők veszélyeztetik a Notogea faunáját?
8. Mely területet illették a ”Terra Psittacorum” névvel és miért?
9. Milyen főbb múltbéli események alakították Ausztrália faunáját?
10. Mely gerinces taxon meghatározó Hawaii és Polinézia faunájában és miért?

9. Az állatvilág sokfélesége és védelme

Napjainkra már egyértelművé vált, hogy a ma élő fajok gyors ütemű kihalása zajlik a szemünk előtt. A természetvédelem és a hozzá kapcsolódó tudományterületek nagy kihívás előtt állnak, ha a jelenlegi biológiai sokféleséget meg kívánjuk őrizni az utókor számára. Ebben a fejezetben bepillantást kívánunk nyújtani a biológiai sokféleség formáiba, a biodiverzitást veszélyeztető tényezőkbe, az aktuális és érintőlegesen a jövőbeli természetvédelmi problémákba.

9.1. Biodiverzitási krízis: hatodik kihalási hullám?

Egyes fajok kihalása, míg más fajok keletkezése egy biológiai folyamat, amely normális körülmények között egyensúlyt tart fenn. A körülmények geológiai időskálán nézve gyors, drasztikus változása okozza a kihalási ráta megnövekedését, melyre a föld története során számos példa akad. Nem véletlen, hogy a kihallási események egybeesnek jelentős földtörténeti eseményekkel, melyek együttesen datálják a földtörténeti korszakokat. Az öt legnagyobb, ún. tömeges kihalási esemény (mass extinction) az Ordovicium, Devon, Perm, Triász és Kréta végére tehető.

Az ordoviciumi kihalás (~443 millió éve) során a fajok 86%-a halhatott ki úgy 2-3 millió év alatt. A kihalási hullám okai a jégkorszakok, és a tengerek ismétlődő transzgressziója és regressziója lehettek. Az anoxiás, azaz oxigénhiányos fenékvizek nem kedvezetek a tengeri élőlényeknek. A kihalás nagymértékű volt a trilobiták, pörgekarúak és a tüskésbőrűek között.

A devoni kihalási esemény (~359 millió éve) alatt kipusztult fajok arányát 75%-ra becsülik. Ennek a hossza úgy 2 – 29 millió év volt, és hasonló okokra vezethető vissza, mint az ordoviciumi kihalás, de nem volt olyan drasztikus. Vannak elméletek egy esetleges meteorit becsapódás hatásáról is.

A permi kihalás (~251 millió éve), amely az egyik legsúlyosabb esemény volt, alig 160 ezer – 2,5 millió évet vett igénybe. A becslések szerint a fajok 96%-a halhatott ki. Az okok között szerepel a vulkáni tevékenységek felerősödése, megemelkedett kén-dioxid és szén-dioxid szint, a tengerek anoxiája és savasodása valamint a globális felmelegedés, de meteorit becsapódás hatása sem kizárt. Ekkor tűntek el végleg például a trilobiták.

A Triász végi kihalás (~200 millió éve) során a fajok 80%-a halt ki a becslések alapján mintegy 600 ezer – 8 millió évig terjedő időszak alatt. Talán az atmoszféra megemelkedett szén-dioxid koncentrációja, a globális felmelegedés okozhatta, elsősorban a mészvázú tengeri élőlényeket érintve.

A Kréta végi kihalás (~65 millió éve) volt a legkevésbé jelenős. Tulajdonképp a dinoszauruszok kipusztulása miatt kap általában nagyobb figyelmet. Igen rövid idő alatt a fajok 76%-a halt ki a becslések alapján. Okai között szerepel a meteor-becsapódás által

kiváltott globális kataklizma és gyors lehűlés, de már előtte is voltak jelei a lemeztektonikai változások, vulkáni tevékenységek következtében.

Szemben a földtörténeti korok kihalási hullámaival, a jelenlegi krízis egyetlen faj, az ember tevékenységének köszönhető. Nincs szándékunk vitába bocsátkozni arról, hogy zajlik-e a hatodik tömeges kihalás, de néhány tényre mindenképp érdemes rávilágítani, hogy lássuk, és felfogjuk mekkora a szerepünk a föld élővilágának, biodiverzitásának a pusztulásában, és miért a mi felelősségünk és érdekünk a folyamat további erősödésének a megakadályozása.

A fent említett becsléseket alapul véve a fajok legalább 75 %-a halt ki a múltbéli kihalási hullámok során. Megállapíthatunk tehát egy 75%-os kihalási rátát, mint tömeges kihalást, viszonyítási alapként. Az ICUN 2010-es adatai alapján az elmúlt 500 évre vonatkoztatva, a kihalt és természetben kihalt kategóriákba eső fajok aránya 0 – 13% közötti, taxontól függően (Barnosky et al. 2011). Ha ehhez hozzávesszük a veszélyeztetett kategóriába eső fajokat, (ezek nagy valószínűséggel ki fognak pusztulni a közlejövőben) ez az arány már 14 – 64 %, és ez csak a tudomány által leírt fajokra vonatkozik, ami a földön élő fajok kisebbik hányadát teszi ki.

Ma a leírt recens fajok száma, mintegy másfél millióra tehető. Ehhez képest igen széles tartományban, 2 – 100 millió között mozognak a föld teljes fajszámára vonatkozó becslések (May et al. 1995, May 2011,). Ez a bizonytalanság számos tényezőnek tudható be, köztük a becslések metodikai különbözőségének és az egyes taxonok kutatottságában lévő különbségeknek. Például az egyébként is viszonylag alacsony fajszámú gerinces állatokat kis túlzással mind ismerjük már (így nyílván a kihalási rátájuk jól becsülhető), ezzel szemben csak a trópusi ízeltlábúak fajszámát 30 millióra teszik (Erwin 1982).

Az óvatos becslések alapján is legalább 2 – 10 millió faj élhet jelenleg a földön. Mora et al. (2011) áttekintve és részletesen elemezve a metodológiai különbségeket is, végül 8,7 ± 1,3 millió faj jelenlétét becsüli a földön.

Sajnálatosan még ma is sokakban fölmerül a kérdés, hogy miért is kellene foglalkoznunk azzal, hogy hány faj él a földön, és mennyit ismerünk közülük. Hasonló véleményeket nem ritkán hallani, mint Robert M. May által említett fizikusét, aki szerint az ilyen jellegű foglalatosság csak kevéssel több, mint bélyeggyűjtés. Vitathatatlan, de szégyenletes, hogy jobban tudjuk, hány csillag van az égen, mint, hogy hány faj él a földön. A földünk élővilágának ismerete azonban elengedhetetlen ahhoz, hogy megértsük azokat az ökológiai és evolúciós folyamatokat, melyek létrehozták és fenntartják földünk biológiai sokféleségét. E sokféleség a mi túlélésünk záloga is, e nélkül könnyen elveszíthetjük azokat a javakat és szolgáltatásokat („ecosystem goods and services”), melyektől mi magunk is függünk, még ha ezeket nem is lehet egykönnyen „pénzre váltani”.

9.2. Természetvédelem és természetvédelmi biológia

Noha a környezet- és természetvédelmet néha azonosítják egymással, és részben átfedő tevékenység jellemzi mindkettőt, célszerű röviden tisztázni a fő különbségeket.

A környezetvédelem tulajdonképpen egyetlen faj az ember környezetében többnyire a saját maga által okozott károsodások megelőzésére, a károk mérséklésére vagy elhárítására irányul. A természetvédelem középpontjában az élővilág rendszere, azaz a bioszféra áll. Ahogy a környezetvédelmi tevékenység irányulhat más-más szféra, mint a talaj, a víz vagy a levegő minőségének védelmére, úgy a természetvédelem is irányulhat a bioszféra különböző szintjeinek védelmére, így beszélhetünk populációk, fajok, közösségek vagy éppen élőhelyek védelméről. Az 1992-es ENSZ Környezet és Fejlődés Konferencia óta a természetvédelem fókuszában a biodiverzitás védelme áll. Noha a biológiai tudományokat erősen foglalkoztatja a biológiai sokféleség kialakulása, térbeli és időbeli mintázata, megfelelő és hatásos természetvédelemi gyakorlat kialakításához csupán a biológiai magyarázatok nem elegendőek.

A „biodiverzitás-krízis" (Soulé 1986) felismerése vezetett a természetvédelmi biológia vagy angol nevéből eredően konzervációbiológia tudományának kialakulásához. Noha fő célja nyilvánvalóan a biodiverzitás megőrzésének elősegítése, ehhez nem csupán a biológia, hanem más természet- és társadalomtudományok módszertanát, megközelítéseit és eredményeit is felhasználja (Groom et al. 2006).

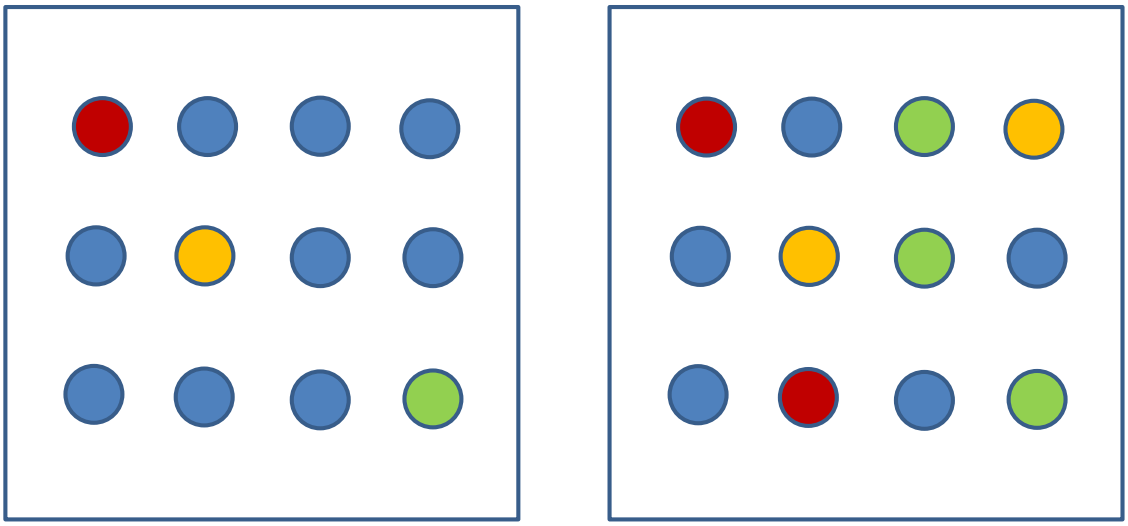
9.3. Biodiverzitás

1992-ben Rio de Janeiróban született meg az ún. Rioi Egyezmény avagy hivatalosan a Biológiai Sokféleség Egyezmény (Convention on Biological Diversity, CBD). Az egyezményt elfogadó országok, köztük hazánk is, olyan nemzeti stratégia és törvénykezés kidolgozására kötelezik magukat, amely az élővilág sokféleségének megőrzését és elemeinek ésszerű használatát biztosítja.

A biodiverzitás, magyarul biológiai sokféleség, az élő anyagi rendszerek változatosságát jelenti. . Egyaránt jelentheti a Földön előforduló fajok, közösségek, élőhelyek sokféleségét vagy éppen egyetlen fajon belül a genetikai változatosságot. Vizsgálhatjuk egyetlen erdő élőlényeinek diverzitását vagy egy egész kontinens élőhelyeinek a sokféleségét.

A diverzitást tehát több szinten értelmezhető. A következőkben a különböző szintű diverzitásokról (taxondiverzitás, funkcionális diverzitás, genetikai diverzitás) lesz szó röviden. Részletesen nem foglalkozunk velük, de az érthetőség kedvéért érdemes kicsit körüljárni a témát.

Legegyszerűbben megérthető, és az egyik leggyakrabban vizsgált formája a diverzitásnak a taxondiverzitás, amely, ahogy a neve is mutatja, a taxonok (elsősorban a fajok) sokféleségét írja le. Nyilvánvalóan, legtöbbször egy adott területen lévő életközösség faji minősítésű populációinak sokféleségét, azaz az **alfa-diverzitás**át vizsgáljuk. Egy közösség legegyszerűbb mérőszáma magától értetődően a közösséget alkotó fajok száma. Ezt azonban fajgazdagság néven megkülönböztetjük a tényleges diverzitástól. Az alfa-diverzitás nem csak a fajok számát, hanem az egyes fajok tömegességét is figyelembe veszi (9.1. ábra).



9.1. ábra. A sokféleség szemléltetése. Tekintsük a különböző színű köröket különböző fajok egyedeinek. A jobb és bal oldali ábrát összehasonlítva egyértelmű melyik diverzebb, noha a „fajszám” és a teljes „egyedszám” ugyanaz.

Az alfa-diverzitás mérésére több lehetőség is adódik. Diverzitási index-ek segítségével számolhatunk diverzitási értéket, melyeket összehasonlítva vonhatunk le következtetéseket például két gyep fajdiverzitásának viszonyáról. Ilyen diverzitási mérőszám (diverzitási index) többféle van, mint például a Shannon-diverzitási index vagy a Simpson diverzitási index, hogy csak a leggyakrabban használtakat említsük (9.1. boksz). A „probléma” ezekkel, hogy nem feltétlenül kapjuk ugyanazt az eredményt. Például, két gyep poloskafaunájának összehasonlításakor lehet, hogy az egyik diverzitási mérőszám az egyik gyepet, míg egy másik index a másik gyepet „hozza ki győztesnek”. Ennek a problémának a megoldására találták ki a diverzitás-rendezés módszerét.

Lehetséges, hogy nem egyetlen lehatárolt közösség fajainak sokféleségét (alfa-diverzitás) kívánjuk kifejezni, hanem több közösség egymás közötti változatosságára vagyunk kíváncsiak, amit **béta-diverzitás**nak hívunk. A béta-diverzitás lényegében azt fejezi ki, hogy mennyire hasonló, mennyire egyezik a vizsgált közösségek fajösszetétele (fajkompozíciója). **Gamma-diverzitás** alatt pedig a sok vizsgált közösség összevonása során kapott, teljes sokféleséget értjük, azaz az alfa-, és béta-diverzitás együtt adja meg a gamma-diverzitást.

Egy életközösségben minden fajnak megvan a maga „szerepe”. Könnyű elképzelni, hogy egyes fajok eltűnésével megváltozhat az adott közösségben a „szerepek” aránya is, azaz az adott közösség funkcionális diverzitása. A **funkcionális diverzitás** lényegében a közösségeket alkotó fajok bizonyos tulajdonságainak, jellegeinek (angolul: „traits”) a sokféleségét fejezi ki. Ezek a jellegek lehetnek morfológiai jellegek (például a testméret, testalkat, szárnyhossz, stb.), de lehetnek különböző élet-menet jellegek is (például a táplálkozási szint: karnivór vagy herbivór, élőhely-preferencia: specialista vagy generalista, stb.). Első megközelítésben akár lehetne „jelleg-diverzitásról” beszélni, mert nem biztos, hogy egy adott jelleget egyértelműen tudunk kötni egy adott közösségi folyamathoz vagy funkcióhoz.

9.1. boksz: A diverzitás mérése

A diverzitási index-ek alapján kvantitatív mérőszámokkal jellemezhetjük a biológiai sokféleségét a bioszféra adott szintjén, azaz egy közösség, élőhely vagy egy megfelelően lehatárolt területet biodiverzitását. Mi most a fajdiverzitás mérésére használt gyakoribb indexeket mutatjuk be.

Shannon diverzitási index (H). Az információelméletből átvett formula, melyre hivatkoznak úgy is, mint Shannon-Weaver illetve Shannon-Wiener index. Ennek történeti okai vannak, noha Claude Shannon (1948) először egyedül publikálta, 1949-ben Warren Weaver -rel közös könyvükben is kifejtik, illetve párhuzamosan Norbert Wiener is foglalkozik a témával. A Shannon diverzitás képlete: $\mathbf{H = -\Sigma P_i \times logP_i}$, ahol P_i=az i-edik faj relatív gyakorisága

Simpson-Yule index (D) vagy Simpson-index (kvadratikus diverzitás). Képlete: $\mathbf{D = 1/\Sigma P_i^2}$, ahol P_i=az i-edik faj relatív gyakorisága

Gyakrana használják mérőszámnak a **Simpson-index inverzét (1/D)** valamint a **Gini-Simpson-indexet (1-D)**.

Egyenletesség: J = H/logS, ahol H a Shannon-diverzitás, S a fajszám.

Általánosan elmondható, hogy a Shanon-diverzitás a ritka fajokra, míg a Simpson-diverzitás a gyakori fajokra érzékeny. Előfordulhat, tehát hogy közösségek diverzitásának sorba rendezésekor eltérő sorrendet kapunk eltérő index-ek használatával. Ennek a problémának a feloldására ad lehetőséget a **diverzitás rendezés**. Egyik formája a Rényi-féle diverzitás rendezés, melynek lényege, hogy a q paramétert változtatva olyan (diverzitás)értékek számolhatók ki, amelyekben a fajok tömegességei, azaz a "ritka" és "gyakori" fajok, különböző súllyal jutnak érvényre. Minél nagyobb a *q*, annál jobban számítanak a fajok tömegességei közti különbségek. A q-t tetszőleges értékig megadhatjuk, de legalább a q = 0 (a tömegesség nem számít, a fajszámot tükrözi), q = 1 (Shannon-diverzitást kapjuk meg) és q = 2 (Simpson-diverzitás logaritmusát kapjuk meg) értékeket ábrázoljuk függvényként amit diverzitási görbéknek nevezünk. Ha két közösség diverzitási görbéje metszi egymást, akkor a közösségek diverzitása nem rangsorolható, egyébként pedig azt a közösséget tekintjük diverzebbnek, melynek a diverzitási görbéje a másiké fölött fut.

Rényi- féle diverzitás: $\mathbf{qH = 1/(1-q) \times ln(\Sigma_i\ p_i^q)}$, ahol H a Shannon-diverzitás, q pedig a változtatható paraméter.

Például ismert, hogy a zavarás hatására a kisebb termetű fajok válnak dominánssá ízeltlábú közösségekben (Torma et al. 2019), csökkentve így a jellegek diverzitását. Azaz a testméret, mint jelleg meghatározza a zavarásra adott választ. Csakhogy a testméretet nem tudjuk ténylegesen egy közösségi folyamathoz rendelni, mert sok mindennel, köztük fiziológiai folyamatokkal is kapcsolatban van. Ha a vizsgált jelleg, mely meghatározza a

választ a környezeti változásokra (ún. válasz jelleg - „response trait”), egyben olyan jelleg is, amely befolyásolja a közösségi folyamatokat (ún. hatás jelleg - „effect trait”), akkor áll elő az az eset, hogy a funkcionális vagy jelleg diverzitás változásának feltárása lényegesen közelebb visz minket a tényleges közösségi funkciók változásának előrejelzéséhez (Forrest et al. 2015).

Természetesen már rég óta ismert, hogy más-más fajok, különböző taxonok vagy különböző guild-ek eltérő érzékenységgel reagálnak a környezeti változásokra. Manapság újra nagy hangsúly van a funkcionális diverzitás vizsgálatán, ami részben az adatfeldolgozás és értékelés gyors ütemű fejlődésének is köszönhető. Általában egy közösségben az egyes jellegek redundánsan fordulnak elő, azaz több faj is képvisel hasonló funkciót, ám előfordulhat, hogy akár kevés faj kiesése funkció-vesztést okoz a közösségekben. Példaként hozható, hogy viszonylag kevés madárfaj készít odút, de ezeket rengeteg más faj, és nem csak madarak használják. Akár csak néhány odú-készítő faj eltűnése komoly problémához vezet az adott közösségben. Az ilyen meghatározó fajokat hívjuk kulcs fajoknak.

A **genetikai diverzitás** az örökítő anyag változatosságát jelenti, azaz az allélok és azok kombinációinak számát. Jelentősége abban rejlik, hogy egy nagyobb genetikai változatossággal rendelkező faj nagyobb eséllyel alkalmazkodik a változó környezeti viszonyokhoz. Tulajdonképpen a fajokon, populációkon belüli genetikai változatosság adja az alapot az evolúciós változásokhoz. Természetesen a genetikai sokféleség is az élővilág több szintjén értelmezhető, azaz beszélhetünk fajon belüli vagy akár egy populáción belüli genetikai sokféleségről.

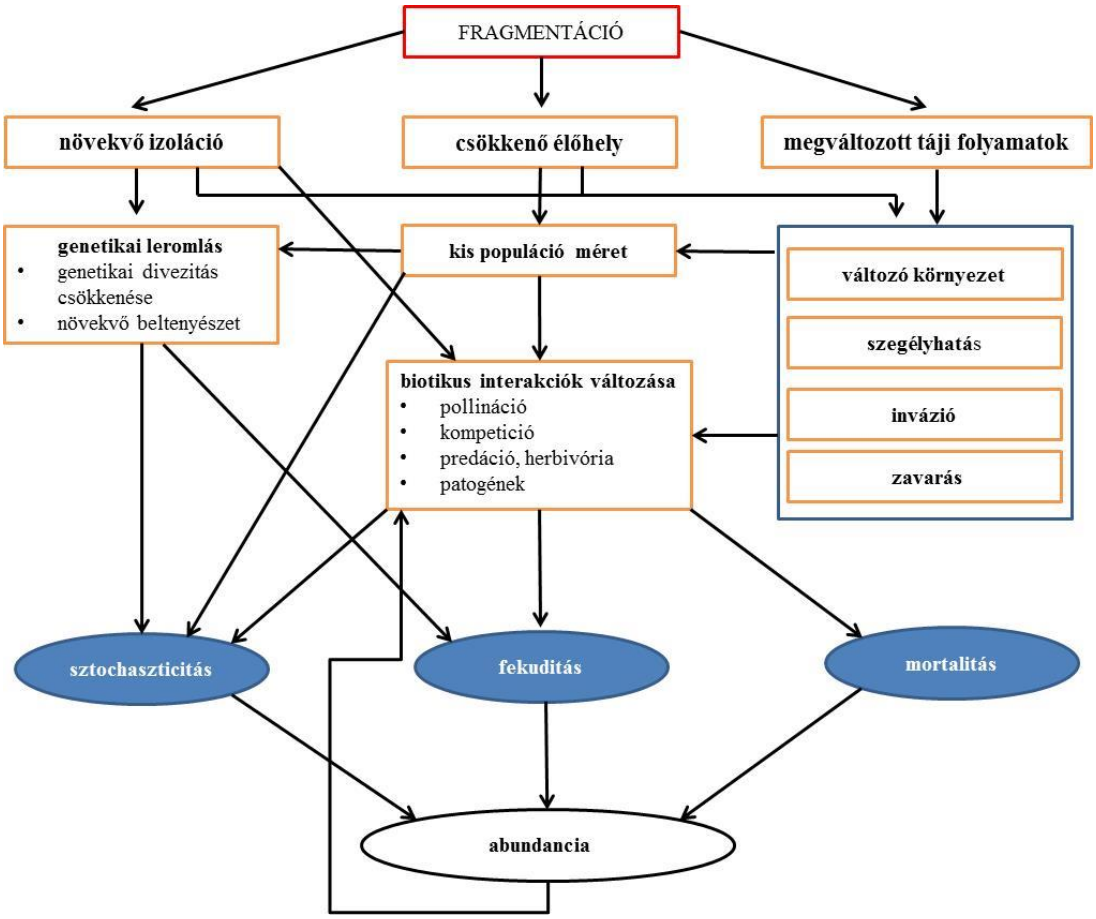
9.4. A biodiverzitást veszélyeztető tényezők

Ahogy már említettük is korunk biodiverzitás krízisének az okozója az ember. Pontosabban szólva az emberi tevékenységek, melyek az emberi populáció növekedésével már olyan mértékben változtatják meg a földünk arculatát, hogy ahhoz az élővilág igen nehezen képes alkalmazkodni. Az ember mindig is nagymértékben alakította át az általa lakott területeket, ám ez mára már az egész bioszférát érintő sokkal intenzívebb folyamattá vált. A következőkben az emberi tevékenységekből adódó, a biológiai sokféleséget veszélyeztető főbb tényezőket tekintjük át. Ezek pedig nem mások, mint az élőhelyvesztés és fragmentáció, a klímaváltozás és a biológiai invázió.

Az emberi populáció növekedésével az ember egyre nagyobb területeket formál át saját igényeinek kielégítésére. Ezek közül a tájformáló tevékenységek közül kiemelkedik a mezőgazdaság és az urbanizáció. A növekvő emberi populáció élelemszükségletének kielégítésére a hagyományos tájhasználatot az intenzív tájhasználat váltotta föl. Ezzel párhuzamban az emberek lakóhelye is áthelyeződött, azaz fokozódott az urbanizáció. Az urbanizáció nem csak a városok területi terjeszkedését jelenti, hanem azt is, hogy a városias elemek száma is növekszik. Ezek a folyamatok a természetes, természet-közeli élőhelyek területének csökkenését (élőhelyvesztés) illetve azok feldarabolódását (fragmentáció) idézték elő. Az élőhelyvesztés és fragmentáció szigorúan véve két külön

tényező, de emberi hatásra szinte mindig együtt jelentkeznek. Gondoljunk csak bele: egy gyepterület egy részének beszántása vagy akár egy gyepterületen átmenő autóút építése nyilvánvalóan csökkenti a gyep területét, de a még megmaradt gyepterületet is szétválasztja. Noha a területveszés és fragmentáció hatásának szétválasztása fontos (és egyébként nagy kihívás) a biodiverzitás mintázatának, változásának pontos feltárásában, itt mi nem kívánjuk külön tárgyalni a kettőt. Az egyszerűség kedvéért a továbbiakban csak, mint fragmentáció hivatkozunk a két folyamatra, a megértést minden bizonnyal ez nem fogja zavarni.

A fragmentáció hatása nagyon sokrétű (9.2. ábra). Egyértelmű, hogy csökken az eredeti élőhely területe, ami értelemszerűen kedvezőtlen az ott élő populációknak, de emellett tudjuk, hogy jelentős hatása van a megmaradt élőhelyfoltok alakjának, egymástól való távolságának (izoláció) és a köztük lévő átalakított területnek, az ún. mátrixnak is.



9.2. ábra. A folyamatábra szemlélteti a fragmentáció különböző szinteken keresztül megvalósuló hatásait.

A fragmentáció negatív hatással van a biodiverzitásra, mert megmaradt élőhelyfoltokban nem biztos, hogy egyes populációk képesek túlélni; csökken az élőlények abundanciája és az átlagos fajszáma. Megváltoztathatja a biotikus interakciókat, például nagyobb lehet a predációs nyomás, mert a nyílt mátrixban nem tudnak elbújni az állatok miközben a megmaradt foltok között mozognak. A távoli foltok között csökken vagy akár megszűnhet a gén-áramlás, lerontva ezzel a genetikai diverzitást. Természetesen akadnak

olyan fajok, melyek „nyertesei” a fragmentációnak. A legjobb példa rá talán a rózsás kakadu (*Eolophus roseicapilla*). Ez a faj ma tömegesen elterjedt Ausztráliában, ám eredetileg csak a folyóvölgyeket kísérő liget-erdő foltok lakója volt. Az ausztrál telepesek tájformáló tevékenységének (az erdők fragmentációja, nyíltabbá tétele) köszönhetően terjedt el mintegy száz év alatt.

Ahogy ezen a kevés példán keresztül is láthattuk nem csupán arról van szó, hogy az élőhelyek fragmentálódásával csökken a területük, hanem azok minősége is megváltozik. Természetvédelmi szempontból nyilvánvaló kérdés, hogy hogyan lehet változtatni, mérsékelni ezeken a biodiverzitásra károsan ható folyamatokon. A teljesség igénye nélkül néhány stratégiát megemlítünk, melynek a gyakorlatba való átültetésére is van példa.

Az elsődleges nyílván a még megmaradt nagyobb kiterjedésű természetes, természetközeli területek megóvása illetve helyreállítása. Ezt a feladatot különböző védettségi kategóriák (védett, fokozottan védett, Natura 2000) segítségével lehet elérni. Mára azonban nyilvánvalóvá vált, hogy csak ezeknek a nagy természeti értékkel rendelkező területeknek a védelmével nem tartható fenn a biodiverzitás nagyobb léptékben. A természetvédelemnek és vele karöltve az ökológiának, konzervációs biológiának is figyelmet kell fordítania egyéb lehetőségekre. Ilyen stratégiák a megmaradt élőhelyfoltok körüli puffer zónák kialakítása, fenntartása; a mátrix „feljavítása”, azaz, hogy minél kedvezőbb legyen az ott élő fajoknak (például minél inkább hasonlítson a természetes vegetációhoz, vagy mezőgazdasági területek esetében minél kisebb kemikália használat jellemezze). Fontos a táj heterogenitásának fenntartása (például kistáblás szántóföldi művelés nagytáblás helyett) és végül, de nem utolsósorban az élőhelyfoltok közötti kapcsolatok növelése ökológiai folyósok vagy ún. „stepping stone”-ok segítségével. Manapság nagy hangsúlyt kapnak az utolsó két szempontból az ember által kialakított másodlagos élőhelyek, azok közül is például a vonalas létesítményekhez kötődő élőhelyek. A vonalas létesítményeket az ember bizonyos céllal hozta létre, mint például az utakat személy- és áruszállításra, a csatornákat víz (el) vezetésre, stb.; ám ezeknek a létesítményeknek van olyan részük mely közvetlenül nem az adott létesítmény célját szolgálja és gyakran növényzettel borított. Ezek az utak melletti szegélyek vagy a csatorna part növényzete, hogy az előző példáknál maradjunk. Megfelelően kezelve, idővel ezek a szegélyek, csatornapartok, mezővédő erdősávok, gátak, stb. faj-gazdag, diverz élőhelyekké válhatnak, nagy kiterjedésüknek, hálózat-struktúrájuknak köszönhetően terjedési folyosóként szolgálhatnak, csökkentve így a fragmentáció káros hatásai (Bennett 2003, Chetkiewicz et al. 2006).

Sajnálatos módon még mindig hallani szkeptikus véleményeket a klímaváltozással kapcsolatban. Nem áll szándékunkban bizonyítékokat fölsorolni mellette, nem ez a dolgunk, hanem a biodiverzitásra gyakorolt lehetséges hatásait kívánjuk összefoglalni. Annyit azért tisztázni kell, hogy a klímaváltozás nem egyenlő az átlaghőmérséklet emelkedésével, noha globális szinten az átlaghőmérséklet emelkedése mintegy 0,6 °C volt az elmúlt 100 évben. A klímaváltozás kiterjed a széljárás megváltozására, a tengeráramlatok megváltozására, a csapadékmennyiségre vagy annak eloszlására, és ami nagyon fontos, területenként eltérő

lehet. Az élővilág szempontjából mindenképp egy tartós és jelentős mértékű változást jelent, amihez esetleg egyes fajok nem tudnak alkalmazkodni, míg mások számára kedvező feltételeket nyújt a további elterjedésükhöz. A biodiverzitásra gyakorolt hatása annál azért összetettebb, mint hogy az új klimatikus viszonyokhoz alkalmazkodni nem tudó fajok kipusztulnak, mások pedig elterjednek. A klíma megváltozása ugyanis nem csak az egyes fajokat külön-külön érinti, hanem, hasonlóan a fentebb említett fragmentációs hatásokhoz, befolyásolja az élőlények közötti kapcsolatokat. Előidézhet fenológiai változást; például korábbi virágzást egyes növényeknél, és így szétválaszthatja a növény és fogyasztója vagy épp beporzója kapcsolatát, mindkettejük esetleges helyi kihalását okozva, még ha a megváltozott klimatikus viszonyok egyébként tolerálhatóak lennének a számukra.

Természetvédelmi szempontból, a klímaváltozás „elleni" természetvédelmi stratégiák lehetőségei rendkívül korlátozottak. Egyrészről a természetvédelem alapvetően, ahogy az angol neve is mutatja konzerváló, megőrző feladatot lát el. A klímaváltozás mértékétől függően lehetséges, hogy egyszerűen nem lehet az életközösségeket megőrizni a jelenleg ismert formájukban a jelenlegi helyükön. Nagy kérdés, hogy mi lesz akkor a természetvédelem és a hozzá kapcsolódó természetvédelmi biológia feladata (Kovács-Láng et al. 2008).

Másrészről, ha van is esély a jelenlegi életközösségek megőrzésére, egy további probléma, hogy más szektorok (vízgazdálkodás, erdészet, mezőgazdaság) érdeke, tevékenysége hogyan lesz összeegyeztethető a természetvédelemmel. Ez még napjainkban sem egyszerű feladat.

A biológiai invázió jelensége nem új. Alexander von Humboldt már 1850-ben beszámolt az *Opuntia* kaktusz Eurázsiai terjedéséről, Philip Sclater (1858) pedig a csalogány (*Luscinia megarhynchos*) terjedéséről. A múlt század elején már ezer behurcolt fajt tartottak számon Új-Zélandon (Thomson 1922). Noha a múltban is történt idegenhonos fajok szándékos vagy véletlen behurcolása, a globalizációnak köszönhetően mára olyan mértékű ez a folyamat, hogy a biológiai diverzitás egyik fő veszélyeztető tényezőjévé vált világszerte. A biológiai inváziókal foglalkozó szünbiológiai tudományterület ebből adódóan fiatal, kezdetét általában Charles Elton „The Ecology of Invasions by Animals and Plants" című könyvének 1958-as megjelenésre datálják (Davis et al. 2001).

A biológiai invázió jelentőségét mutatja az is, hogy az Európai Unió is rendelkezett ez ügyben. Az idegenhonos inváziós fajok betelepítésének vagy behurcolásának és terjedésének megelőzéséről és kezeléséről alkotott 1143/2014/EU rendelet 2015. január 1-jén lépett hatályba. Hazánkban már korábbi törvénykezés során definiálták az alapfogalmakat (lásd 1996. évi LIII törvény a természet védelméről). Ettől függetlenül mi is összegezzük mit is tekintünk őshonos vagy épp inváziós fajnak, illetve a félreértések elkerülése végett a gyakran használt szinonim kifejezéseket.

Őshonos faj (natív faj): az északi mérséklet övben őshonosnak tekintjük azokat a fajokat, amelyek a jégkorszakot helyben átvészelték, vagy azt követően, az ember – közvetlen vagy közvetett – közreműködése nélkül telepedtek vissza. (Neolitikum előtt is előfordultak).

Adventív faj (jövevény faj, idegen faj, idegenhonos faj): a vizsgált területre betelepítés, behurcolás vagy bevándorlás útján bekerült nem őshonos faj. Nyílván utalhatunk ezekre, ha ismert a bekerülésének módja úgy is, mint behurcolt vagy betelepített faj.

Meghonosodott faj: egy tájegységben a faj meghonosodottnak tekinthető, ha van legalább egy olyan populációja, amely a populáción kívülről származó propagulumok rendszeres beáramlása nélkül is képes fennmaradni.

Inváziós faj (özönfaj): olyan nem őshonos faj, amelynek elterjedési területe és populációmérete a számára megfelelő élőhelyeken adott területen az adott tér- és időskálán monoton módon növekszik. Ráadásul „káros" hatása van (Global Invasive Species Program). Gyakran hallani, de nyelvtanilag nem helyes az invazív faj kifejezés.

Egy inváziós faj hatását nyílván sokkal könnyebb meghatározni gazdasági és egészségügyi káros hatások esetében (például mezőgazdasági kártevők kártétele, vagy humán patogénok illetve azok vektorainak behurcolása), mint a természetvédelmi vonatkozásait. A következőkben viszont épp erről, a biológiai invázió természetvédelmi vonatkozásairól, a biológiai sokféleségre gyakorolt káros hatásairól lesz szó, ezeket összegezzük röviden. Szemléltetésképp lássunk néhány példát a biológiai invázió lehetséges hatásairól.

Említettük a behurcolt humán patogénok hatását; ez a jelenség vadon élő illetve háziállatok populációiban is jellemző, sőt át is terjedhet egyikről a másikra. A legjobban dokumentált eset a marhavész vírus behurcolása Afrikába olasz telepesek szarvasmarháival a XIX. század végén. Tíz éven belül a gnú és antilop fajok populációit megtizedelte a vírus (Plowright 1982). Afrika szubszaharai részén a szarvasmarha-populáció 90 %-át is elpusztította, éhínséget, és az Etióp lakosság harmadának, a tanzániai maszájok kétharmadának halálát okozva (Normile 2008). A nyugat-nílusi vírus 1990-es években történt behurcolása Amerikába okozhatta számtalan madár faj, köztük a rövidcsőrű varjú (*Corvus brachyrhynchos*), a kék szajkó (*Cyanocitta cristata*), a vándorrigó (*Turdus migratorius*), az indiánökörszem (*Troglodytes aedon*), a kanadai és a karoliniai cinege (*Poecile atricapilla, P. carolinensis*), és a vörösbegyű kékmadár (*Sialia sialis*) populációjának hanyatlását (LaDeau et al. 2007). Noha nem valószínű, hogy a nyugat-nílusi vírus e madárfajok kihalását okozná, akad példa olyan esetre is. A hawaii madárfauna számos fajának kipusztulásáért elsősorban a szúnyogvektorával együtt érkező madár malária és madár himlő okolható (Lafferty et al. 2005), a folyamatot ráadásul segítette a részben immunis, nem-őshonos madarak rezervoár szerepe. Hazai példát említve a kecskerák (*Astacus leptodactylus*) és vele együtt a rákpestis (*Aphanomyces astaci*) behurcolása majdnem a folyami rák (*A. astacus*) kipusztulását okozta, azóta is a gombás fertőzés ellen védett kecskerák az elterjedt. Hasonló jelenségtől lehet tartani mostanában a harlekinkatica (*Harmonia axyridis*) és az őshonos katicáink esetében.

A behurcolt ragadozók is képesek drasztikusan csökkenteni az őshonos állatfajok populációinak méretét, amit gyakran elősegít a préda adaptív szintű naivitása (az, hogy még nem találkozott a ragadozóval). Az ember által behurcolt emlősök, elsősorban a házimacska fontos szerepet játszott Új-Zéland röpképtelen madarainak kipusztulásában, de az őshonos

hüllőket, mint a tuatara (*Sphenodon punctatus*) is veszélyezteti. Arra is ismert példa, hogy behurcolt ragadozók viselkedésbeli változásokat okoznak az őshonos préda faj esetében. Az észak-amerikai nagytavakba (Ontario) bekerült ragadozó halak többféle módon is befolyásolták az őshonos sügér faj (*Perca flavescens*) populációit: a korai egyedfejlődés során az ivadékok táplálkozási szokása megváltozott, a nőstények kisebb tápanyagtartalmú ikrát raktak és az egyedek testalkata is eltolódott egy kevésbé áramvonalas forma felé. Mindezekről a változásokról feltételezik, hogy a ragadozók elkerülésére irányuló adaptív változások (Lippert et al. 2007). Donald (2007) számol be arról, hogy a behurcolt predátor hatására egyes madaraknál megváltozott az ivararány.

A behurcolt faj kompetítora is lehet az őshonos fajoknak sokféle téren; kiszoríthatja a jobb élőhelyekről, búvóhelyekről, szaporodó helyekről, vagy egyszerűen csak a táplálékforrásért versengenek. Dokumentált példa őshonos faj kihalásáról idegenhonos kompetítora miatt eddig nem ismert. Ettől függetlenül populációméret csökkenést okozhat az őshonos faj esetében, ami maga után vonja a genetikai diverzitás csökkenését. Sajnos hazánkban is gyakori, hogy a „megunt" ékszerteknősöket (*Trachemys scripta*) szabadon eresztik holtágakban, tavakban, mely kiszoríthatja az őshonos mocsári teknőst (*Emys orbicularis*). Hasonló kompetitív viszony van a hazai *Astacus* fajok (folyami rák, kecskerák) és az inváziós cifrarák (*Orconectes limosus*) között.

Noha első ránézésre úgy tűnhet, hogy a jövevényfajok növelik a biodiverzitást, hisz emelkedik a fajok száma, remélem sikerült rávilágítani, hogy hosszútávon milyen káros hatásuk lehet a biológiai sokféleségre nézve. Jellemző tehát, hogy lokális szinten növekedhet a biodiverzitás (legalábbis a taxondiverzitás) a behurcolt fajokkal, de nagyobb léptékben, globális szinten csökkenti azt, az élővilág uniformizálódásához vezet. Mint láttuk elsősorban az őshonos fajok populációinak méretét csökkenti (esetlegesen a kipusztulásukat is okozva), ezen keresztül hat a faj-és genetikai diverzitásra. Bár mostanában erőteljesen kutatott (például Gallé et al. 2015, Somogyi et al. 2017), de még keveset tudunk arról, hogy a közösségi szintű folyamatokat, közösségek szerveződését, hogyan befolyásolja az invázió. Természetesen nem minden idegenhonos faj tekinthető inváziósnak. A legtöbb esetben a behurcolt fajok észrevétlenek maradnak, és észrevétlenül el is tűnnek. Mások „gond nélkül" beilleszkednek az adott faunába. Ezekre a tízedik fejezetben, ahol összegezzük hazánk idegenhonos fajait, látunk majd példákat Az invázióval foglalkozó tudományterület egyik nagy kihívása annak a megfejtése, hogy milyen körülmények vezetnek egy-egy faj inváziós fajjá válásához.

9.5. Biodiverzitás monitorozása

Az előző fejezetekben megismerkedtünk a biológiai sokféleség fogalmával, formáival és a biológiai sokféleséget veszélyeztető tényezőkkel. Ideje tisztázni azt is, hogy mi a jelentősége a biodiverzitásnak, miért szükséges, az emberiség szempontjából is, annak megőrzése, és hogyan, milyen módon vizsgálható.

Röviden úgy lehet összegezni a biológiai sokféleség jelentőségét, hogy ez a sokféleség teszi lehetővé a természetes kiválasztódás során a megváltozott környezethez való alkalmazkodást, ami egyben az élő rendszerek viszonylagos stabilitását is eredményezi. Ennek megőrzése a jövő generációi számára egyrészt erkölcsi kötelességünk másrészt jól felfogott érdekünk kellene, hogy legyen. A biológiai sokféleség számtalan formában járult és járul hozzá az emberek jólétéhez, és segíti fennmaradásunkat. A régmúlt vadászó-gyűjtögető életmódot folytató emberi populációkra visszatekintve, ez mindenki számára egyértelmű. Az egyre fogyatkozó természeti népek esetében is könnyű elképzelni, milyen mértékben függenek természeti-környezetüktől, végső soron a biodiverzitástól. Nem árt hangsúlyozni azonban, hogy a modern társadalmakban élő ember szintén függ tőle, noha közvetlenül ezt már ritkán tapasztalja meg, épp ezért hajlamos elfeledkezni erről. Sajnálatos módon a tapasztalatai is inkább a „negatívumokból" adódnak, amire gyakran még a média is rátesz egy lapáttal, mint például az inváziós rovarok lakásokba való vonulása által okozott kellemetlenség, vagy a behurcolt humán patogéneket terjesztő csipőszúnyogok keltette túlzott reakció. Természetesen komolyan kell venni ezeket a potenciális káros jelenségeket is, de nem árt tisztában lenni vele, hogy ezeknek az okozói mi magunk vagyunk.

Másrészről pedig, inkább azon kellene elgondolkodni, hogy milyen sok, hasznos hozadéka van számunkra az élővilágnak. Megfelelő talajfauna és flóra nélkül a talaj minősége sem megfelelő. A jó vízminőség szintén a mi érdekünk is. A vizekbe kerülő szennyezéseket a mocsaras vagy part menti élőhelyek, mint a nádasok élőlényei szűrik. A levegő szén-dioxid tartalmát a növényzet képes megkötni, és tárolni. A termesztett növényeink vadon élő ősöktől származó nagy hozamra kitenyésztett, mesterségesen szelektált fajták. Tapasztaljuk azonban, hogy ellenálló képességük gyengébb. A vadon élő vagy ősi fajták nemesítésben való felhasználása csak akkor lehetséges, ha ezek fennmaradnak. Termesztett növényeink nagy részét állatok, főleg rovarok porozzák be, nélkülük nem lenne termés, vagy saját magunknak kellene ezt a munkát elvégezni, ahogy sajnos már van erre példa. Kína egyes részein az intenzív mezőgazdaság, a vegyszerhasználat gyakorlatilag kiirtotta a beporzókat. Lehetne folytatni a sort a pamutból, gyapjúból és selyemből készült ruhadarabokon keresztül, az építőipar és a bútorgyártás számára nélkülözhetetlen faanyagokon át számtalan termékkel és lehetőséggel, mellyel a természet lát el minket. Ezek a javak és szolgáltatások („ecosystem goods and services") a biológiai sokféleség függvényei, a biodiverzitás fenntartása ezért kiemelten fontos az emberiség szempontjából is.

A biológiai sokféleség keletkezéséről, helyreállítási lehetőségeiről és optimális monitorozásáról még viszonylag keveset tudunk. A szupraindividuális biológia eredményeinek gyakorlatba történő átültetése nem egyszerű feladat (Sutherland et al. 2004). Egyre nagyobb szükség van olyan vizsgálatokra, melyek tudományos bizonyítékokkal támasztják alá (vagy éppen cáfolják) a természetvédelmi célú beavatkozások hatékonyságát, azaz dokumentált információkat eredményeznek azokról, hozzájárulva a bizonyíték-alapú („evidence-based") természetvédelem elterjedéséhez (Pullin és Knight 2001). Ezek a természetvédelmi kezelések a biológiai sokféleség fenntartására esetleg növelésére

irányulnak. Tágabb értelemben minden olyan vizsgálatot, amely információt szolgáltat az aktuális sokféleségről vagy annak változásáról hívhatunk a biodiverzitás vizsgálatának. A monitorozás azonban ennél szűkebb értelmű, rendszeres időközönként ismételt vagy folyamatos megfigyelést jelent meghatározott módszertan szerint. A biodiverzitás monitorozása kiválasztott élőlények, életközösségek bizonyos, a sokféleséget jellemző sajátosságainak hosszú időn keresztül való nyomon követését jelenti. Nem tévesztendő össze a biomonitoringgal, amikor a vizsgált biológiai objektumot (élőlény vagy élőlény csoport valamely tulajdonsága) „csupán" indikátorként használjuk valamilyen környezeti tényező változásának nyomon követésére.

A biodiverzitás monitorozás sokféle lehet. Irányulhat védett vagy veszélyeztetett természeti értékek, akár egy faj, vagy egy életközösség állapotának nyomon követésére. Lehet valamilyen emberi tevékenység vagy környezeti tényező hatásainak feltárását, nyomon követését célzó vizsgálat. Ahhoz azonban, hogy a végén a monitorozás eredménye ne csak egy nehezen kezelhető adathalmaz legyen, szükséges a monitorozó munka megtervezése, azaz már az elején tisztázni kell (i) az adott monitorozó tevékenység célját, (ii) a monitorozandó objektumot (iii) a monitorozás metodikáját (Yoccoz et al. 2001).

A célját tekintve két nagy csoportra oszthatók a biodiverzitás monitorozó vizsgálatok. Az egyik esetben a tudományos cél vezérel, azaz egy bizonyos tudományosan megalapozott kérdésre kívánunk választ kapni. A másik esetben a monitorozás egyértelműen valamely természetvédelmi beavatkozás, kezelés hatását célozza, és a döntéshozóknak kíván megfelelő információt nyújtani.

Ideális állapot az lenne, ha a biodiverzitás minden szintjét tudnánk monitorozni egyidejűleg, de ez természetesen nem lehetséges. A monitorozandó objektum kiválasztása nagyban függ a monitorozás céljától. Az előzetes ismereteket figyelembe lehet és kell is venni, ezek alapján lehet, olyan úgynevezett indikátorfajokat vagy közösségeket kijelölni, melyek jól reprezentálják a monitorozni kívánt biodiverzitást és annak változását. Ha például a kaszálás, mint természetvédelmi kezelés fajdiverzitásra gyakorolt hatását kívánom monitorozni, akkor olyan taxont választok, amely elegendően sok fajjal rendelkezik és vélhetően vagy ismerten ki van téve a kaszálás hatásának. Ahogy Standovár és Primack (2001) megfogalmazta az általános elvárásokat az indikátorokra nézve, fontos, hogy (i) könnyen észlelhető, regisztrálható legyen, ne csak szakember számára, (ii) a megfigyelőtől függetlenül lehessen vizsgálni, (iii) vizsgálata költséghatékony legyen és (iv) megbízható, releváns adatokat szolgáltasson, melyek könnyen interpretálhatók.

A legtöbbször természetesen a taxondiverzitást monitorozzuk, így egy-egy indikátor taxonra vonatkozó feltételeket is érdemes összegezni: (i) taxonómiai státusza tisztázott, (ii) a taxon biológiája, ökológiai igényei viszonylag jól ismert legyen (iii) megfelelő variabilitás jellemeze (iv) egyszerűen mintavételezhető (v) más értékekhez (gazdasági, esztétikai) is kapcsolható legyen.

Az köztudott, hogy a környezet minőségének, adott paramétereinek folyamatos ellenőrzésére monitorozó rendszerek szolgálnak, mint például a levegő minőség vagy a víz és

talaj megfigyelő hálózatok. Az már kevésbé ismert, hogy hazánkban ilyen hálózat a biodiverzitás monitorozására is ki lett dolgozva, szinte egyedülálló alapossággal. Ez a Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Rendszer (NBmR). A monitorozó rendszer teljes programja egy tizenegy kötetet számláló könyvsorozat: I. Informatikai alapozás (Horváth et al. 1997), II. A magyarországi élőhelyek leírása, határozója és a Nemzeti Élőhely-osztályozási Rendszer (Fekete et al. 1997), III. Növénytársulások, társuláskomplexek és élőhelymozaikok (Kovács-Láng és Török 1997), IV. Növényfajok (Török 1997), V. Rákok, szitakötők és egyenesszárnyúak (Forró 1997), VI. Bogarak (Merkl és Kovács 1997), VII. Lepkék (Ronkay 1997), VIII. Kétéltűek és hüllők (Korsós 1997), IX. Madarak (Báldi et al.1997), X. Emlősök és a genetikai sokféleség monitorozása (Csorba és Pecsenye 1997), XI. Élőhely-térképezés, 2. módosított kiadás (Kun és Molnár 1999)

A kézikönyvek online formában is elérhetők a honlapon (http://www.termeszetvedelem.hu/nbmr), így ezzel külön nem kívánunk foglalkozni, hanem egy nemzetközi projekt keretében kívánjuk bemutatni, hogyan valósulnak meg mindezek a gyakorlatban.

9.6. GLOBENET project

Ebben a fejezetben az 1998-ban indult nemzetközi kutatási programot, a GLOBENET projectet (Global Network for Monitoring Landscape Change) kívánjuk bemutatni. Ezen keresztül sokkal szemléletesebb és remélhetően érthetőbb lesz, hogy mi is a lényege, kérdése, metodikája egy monitorozó kutatásnak.

Egy 1998-ban, Helsinkiben megrendezett konferencia alkalmával merült föl a kérdés a kutatókban, hogy hogyan is lehetne globális szinten vizsgálni, monitorozni az emberi tevékenységek élővilágra gyakorolt hatásait (lásd Niemelä et al. 2000). Az ember tájátalakító tevékenysége következtében kialakult homogénebb, átalakított táj hogyan hat a biológiai sokféleségre? Lehet-e ezt globális szinten vizsgálni és milyen metodikával?

Nyilvánvaló, hogy először is meg kell határozni, pontosan minek a hatását kívánjuk vizsgálni. Ahhoz ugyanis, hogy globálisan összehasonlítható képet kapjunk az ember tájátalakító tevékenységéről, olyan jelenséget kell kiszemelni, amelyik ténylegesen az egész földön tükrözi az emberiség tájátalakító tevékenységét, mint például a már sokat emlegetett mezőgazdaság és az urbanizáció. Ahhoz, hogy akár a mezőgazdaság vagy az urbanizáció diverzitásra gyakorolt hatását becsülni lehessen, különböző földrajzi területeken belül kell összehasonlítani olyan területeket, melyeken ezek a hatások különböző mértékűek, azaz egy gradiens mentén kell vizsgálódni. A mezőgazdaságot nézve, egy földrajzi régión belül ugyan megkülönböztethetünk például intenzív és extenzív tájhasználatot, de globális szinten a mezőgazdasági tevékenységek olyan szerteágazóak, hogy nem nagyon lehetne egy általánosan érvényes gradienst kijelölni. Ezzel szemben az urbanizáció jellemzői, mind a városodást, mind a városiasodást tekintve viszonylag egységesek, függetlenül attól, hogy a föld melyik részén járunk. Nem véletlen tehát, hogy a GLOBENET project is az urbanizáció,

mint globális jelenség, emberi tájátalakító tevékenység hatásának vizsgálatát célozta meg. Egész pontosan urbánus, szuburbánus és rurális környezet által meghatározott zavarási gradiens vizsgálatát, azaz belvárosi (urbánus), kertvárosi (szuburbánus) és vidéki (rurális) területek biodiverzitásának összehasonlítását.

A következő lépés értelemszerűen a metodika kidolgozása, azaz (i) a monitorozandó célcsoport kiválasztása, (ii) az élőhely típus kiválasztása, (iii) mintavételi protokoll meghatározása és (iv) kutatási hipotézisek felállítása.

Noha egyszerűnek tűnik, itt is adódnak fontos szempontok, melyeket figyelembe kellett venni. Például fontos, hogy a monitorozandó csoport elterjedt legyen, azaz vizsgálható legyen az egész földön, ugyanakkor egyszerűen lehessen gyűjteni, mintavételezni, könnyű legyen meghatározni a fajokat, és még lehetne sorolni a kritériumokat.

(i) Célcsoport: monitorozandó csoportnak a futóbogarak családja (Carabidae) bizonyult alkalmasnak, mert:

- taxonómiájuk nem problematikus
- elég ismeret áll rendelkezésre az egyes fajokról
- kellően diverzek és elterjedtek
- érzékenyen reagálnak az antropogén hatásokra
- egyéb indikációs képességeik is ismertek
- eltérő léptékekben is vizsgálhatóak (eltérő tér/idő skála)
- fajkészlettől független választ adnak, azaz még eltérő kompozíciójú együttesek esetén is hasonló trendek figyelhetők meg egy-egy hatásra

(ii) Élőhely-típus: a megválasztásának szempontjából fontos, hogy olyan ökoszisztéma legyen, amely a városok többségében előfordul. A városokban a fás vegetáció maradt meg leginkább olyan élőhelyként, ami még tükrözi a természetes vegetációt. Magyarán mondva egy városi erdő és egy viszonylag jó természeti állapotban fennmaradt erdő között, még mindig nagyobb a hasonlóság, mint például egy városi gyepterület és egy természetközeli gyep között. Ráadásul a városi erdők, fás parkok szerepe várostervezési szempontok alapján is fontos, gondoljunk csak a városi mikroklíma alakításában betöltött szerepükre.

(iii) Mintavételi protokoll: ennek meghatározása már egyszerűbb volt, hiszen a futóbogarak egy viszonylag jól kutatott csoport, így bőven van információ standard mintavételi eljárásokról. Ezek alapján a teljes mintavételi protokoll:

- 3 zavarási típus: nagyon zavart városi környezet, kevésbé zavart külvárosi, és zavartalan vidéki
- minden zavarási típushoz 4 erdei helyszín, azaz 4 ismétlés
- minden helyszínen 10 db random elhelyezett csapda
- 3 (zavarási típus) × 4 (ismétlés) × 10 = 120 talajcsapda összesen

- a talajfauna mintavételezésére az általánosan használt talajcsapdázás (Barber-féle talajcsapda) alkalmazható
- 65 mm talajcsapda átmérő
- alkohol-glicerin keverék, mint ölő/konzerváló folyadék
- egész aktivitási szezon lefedése a csapdázással
- standard funkcionális csoportok kiválasztása: igaz ez nem a mintavételi protokoll része, de a metodikához hozzátartozik, hogy meghatározták a főbb funkcionális és morfológiai jellegeket, ami alapján a futóbogár-közösségek szerkezetét, funkcionalitását jellemezni lehet (ilyen jellegek például a testméret, táplálkozási stratégiák, élőhely preferencia, szárny-polimorfizmus, stb.)

(iv) Kutatási hipotézisek: Feltételezhetjük, hogy az urbanizáció a természetes közösségek szempontjából egyfajta zavarásként jelentkezik.

A zavarás (diszturbancia) közösségekre, elsősorban azok diverzitására gyakorolt hatásáról két fő hipotézis ismert. A **növekvő diszturbancia hipotézis** szerint negatív összefüggés van a zavarás és a diverzitás között, azaz a fajgazdagság folyamatosan csökken a zavarás növekedésével (Gray 1989). A **köztes diszturbancia hipotézis** (Connell 1978) szerint a diverzitás növekszik enyhe zavarás esetén, de csökken erős diszturbancia hatására, azaz a diverzitás a legnagyobb az enyhén vagy mérsékelten zavart élőhelyeken és kisebb a zavartalan illetve erősen zavart élőhelyeken. A GLOBENET project alapkérdése, tehát az lett, hogy:

- érvényes-e a köztes zavarás hipotézis az urbánus-szuburbánus-rurális urbanizációs gradiens esetében, azaz a futóbogarak diverzitása a szuburbánus környezetben nagyobb mint az urbánus és rurális környezetben?

Emelett persze több specifikus kérdés is fölmerült:

- az urbanizáció okozta homogenizáció a fauna hasonlóságához (egyszerűsödéséhez) vezet-e; és ha igen, a közösségek funkcionalitásának melyik aspektusa a legérzékenyebb?
- idegen fajok behurcolása hatással van-e az őshonos közösségek diverzitására?
- van-e időbeli dimenzionalitás, azaz régebbi városokban nagyobb/több a hatás?
- van-e térbeli dimenzionalitás, azaz a több zöldövezettel rendelkező városokban kisebb/kevesebb a hatás?

Kezdetben három ország három városa vett rész az induló projectben: Helsinki (Finnország), Szófia (Bulgária) és Edmonton (Kanada). A mintavételi területek vegetációja természetesen eltért, de a vizsgálat térbeli léptéke nagyjából megegyezett. Szófiában az

erdőfoltok uralkodó fa fajai a tölgyek (*Quercus* spp.) voltak, és az urbánus-szuburbánus-rurális gradiens mintegy 29 km-es sugarú körön belül valósult meg. Edmontonban az amerikai rezgőnyár (*Populus tremuloides*) volt a jellemző erdőalkotó, és mintegy 45 km-re voltak a legtávolabbi mintavételi területek. Helsinkiben ez a táv mintegy 20 km volt, és a luc valamint az erdei fenyő (*Picea abies*, *Pinus sylvestris*) voltak a fő erdőalkotó fajok. Az első főbb eredményeket röviden így foglalhatjuk össze:

- A futóbogár közösségek fajkompozíciója az urbanizációs gradiens mentén csak Finnországban változott.
- A fajszám csökkenő trendet mutatott a gradiens mentén
- Az opportunista fajok dominanciája volt jellemző
- A kisméretű fajok egyedszáma nőtt az urbanizációs zavarás hatására

A köztes zavarás hipotézis tehát nem igazolódott. Jellemző volt az is, hogy a lokális hatások, azaz az egyes városok, városi erdők sajátságainak a hatásai erősek volt. Kanadában ráadásul egy idegenhonos faj (*Pterostichus melanarius*) dominanciája erősen befolyásolta az ottani eredményeket (Niemelä et al 2002).

Később természetesen több országból is bekapcsolódtak kutatók (Magyarország, Románia, Japán, Nagy-Britannia, Belgium, Dánia). További specifikus hipotéziseket állítottak föl, és teszteltek. Bővítették a monitorozandó állatcsoportokat is; vizsgáltak például szárazföldiászkákat (Isopoda) és pókokat (Araneae). Az egyes kutatások publikálása mellett, összefoglaló művek is születtek (például: Niemelä és Kotze 2009; Tóthmérész és Magura 2009). Ezek alapján az alábbiakban mi is összefoglaljuk a project további eredményeit.

A **köztes zavarási hipotézist** a vizsgálatok nyolc országban is megcáfolták. Egyedül Erdélyben találtak magasabb fajszámot a városszéli területen, mint a városi vagy vidéki területeken (Máthé és Balázs 2006).

A **növekvő zavarási hipotézis** általában (Belgiumban, Finnországban, Japánban és Kanadában) érvényesnek bizonyult (Niemelä et al. 2002, Ishitani et al. 2003, Gaublomme et al. 2008), azaz a fajszám a vidéki erdőkben volt a legmagasabb.

A **habitat-specialista fajokra vonatkozó hipotézis** mindegyik vizsgált ország esetében teljesült. Ez a hipotézis lényegében a növekvő zavarási hipotézisnek az élőhely-specialista fajokra történő szűkítése, és azt feltételezi, hogy erdei specialista fajok egyed- és fajszáma nő a városi, zavart élőhelytől a városon kívüli, természetesebb élőhelyek felé haladva (Magura et al. 2009).

Az **opportunista fajok hipotézis**, mely szerint zavarás hatására az opportunista fajok válnak meghatározóvá a közösségben, lényegében komplementere a habitat-specialista fajokra vonatkozó hipotézisnek. Ez a hipotézis is a legtöbb vizsgálatban teljesült (Bulgáriában, Dániában, Finnországban, Kanadában, Magyarországon és Erdélyben).

A **mátrix-faj hipotézis** szerint a városi erdők park jellegűvé válásával, azaz nyílt foltok megjelenésével, a környező nyílt mátrixot jellemző fajok (ún. mátrix-fajok) képesek

behatolni az erdőfoltokba, megnövelve a teljes fajszámot (Tóthmérész et al. 2011). Ez teljesült Bulgáriában, Dániában, Finnországban, Magyarországon és Romániában.

A **csökkenő testméret hipotézis** Belgiumban, Bulgáriában, Dániában, Finnországban, Magyarországon és Nagy-Britanniában is teljesült. A hipotézis szerint a városi, zavart élőhelyeken a kistestű fajok dominálnak, míg a kevésbé zavart területeken a nagyobb testű fajok.

A **röpképességi hipotézis** perdikciója az, hogy a városi, zavart élőhelyeken a röpképes fajok dominálnak, míg a kevésbé zavart területeken már nagyobb arányban megjelennek a röpképtelen fajok is. Ez a hipotézis teljesült például Belgiumban, Finnországban és Nagy-Britanniában.

A **táplálkozási típus hipotézist** Dániában vizsgálták és ott igazolódott is (Elek & Lövei 2007). A hipotézis szerint a táplálkozási típusok, például ragadozók versus mindenevők aránya változik az urbanizációs gradiens mentén, és a városi élőhely a mindenevő fajoknak kedvez.

A **megnövekedett habitat-heterogenitási hipotézist** a magyarországi és az erdélyi vizsgálatok során igazolták. A hipotézis alapja, hogy a városi park erdők heterogénebbek, részben a nyílt foltoknak köszönhetően, mint a természetesebb erdők. A megnövekedett heterogenitás pedig elfedi a fajszámveszteséget, azaz bár lokálisan, egy-egy foltban csökken a fajszám (átlagos fajszám), a foltok összességét tekintve viszont nő (teljes fajszám) (Tóthmérész et al. 2011).

A **homogenizációs hipotézis** arra vonatkozik, hogy a nagyvárosok faunája jobban hasonlít egymáshoz, mert a környezeti feltételek hasonló módon változnak meg, azaz a fauna homogenizálódik. Ezt a hipotézist nem sikerült alátámasztani (Magura et al. 2010).

Az eddig említett eredmények elsősorban a közösségek faj- és egyedszámára vonatkoztak. A fajdiverzitás azonban csak egy szintje a biodiverzitásnak, ami az élővilág minden szerveződési szintjén értelmezhető. A következőkben röviden egy olyan vizsgálatról lesz szó, amelyik az urbanizáció genetikai diverzitásra gyakorolt hatását célozta meg.

Desender et al. (2005) két röpképtelen futóbogár faj az *Abax ater* és *Pterostichus madidus* genetikai diverzitását és variabilitását vizsgálták Brüsszelben és Birminghamben a szokott gradiens mentén. Az *A. ater* egy erdei specialista faj, míg a *P. madidus* inkább egy generalista faj. A *P. madidus* esetében nagyobb genetikai diverzitást, de kisebb genetikai differenciációt találtak; feltételezhetően ez a faj könnyebben túl él nem erdei környezetben is, így képes az egyes erdőfoltok között mozogni. Mindkét faj esetében nagyobb genetikai diverzitást találtak a brüsszeli populációkban, míg Birmingham-ben, nagyobb genetikai differenciációt, aminek az oka, hogy a birminghami erdőfoltokat nagyon nagymértékű izoláció és fragmentáció jellemezte. Váratlan eredmény volt a genetikai erózió hiánya a kicsi városi erdőkben élő populációkban.

Végezetül megemlíthetjük, hogy a vizsgálatok alapján milyen kérdések várnak még megválaszolásra, mik lehetnek a további lépések. Szorgalmazni lehet operatív programok megvalósítását, kifejezetten a lokális viszonyokra fókuszálva. Fontos a biodiverzitás

szempontjából a helyi diszturbanciák föltárása a városi-vidéki gradiens mentén, azaz a beépítettség, a mikroklíma, a forgalom vagy a szennyezések lehetséges hatásainak vizsgálata. Nyilvánvalóan be lehetne vonni még több taxont, más élőhelyet és több biogeográfiai régiót, ami talán hiányossága a GLOBENET projectnek; például egyetlen trópusi nagyvárosban sem folytak vizsgálatok.

Ellenőrző kérdések

1. Melyek voltak a főbb kihalási események a föld története során?
2. Mit nevezünk biodiverzitásnak és milyen formáit különbözetünk meg?
3. Hogyan mérhető a fadiverzitás?
4. Milyen tényezők, folyamatok veszélyeztetik a biodiverzitást?
5. Milyen hatásai lehetnek a fragmentációnak a biodiverzitásra?
6. Milyen hatásai lehetnek a biológiai inváziónak a biodiverzitásra?
7. Milyen hatásai lehetnek a klímaváltozásnak a biodiverzitásra?
8. Mit tekintünk biodivezitás monitorozásnak?
9. Melyek a főbb kritériumai egy indikátortaxonnak?
10. Mik a GLOBENET projekt főbb eredményei?

10. Idegenhonos állatfajok hazánkban

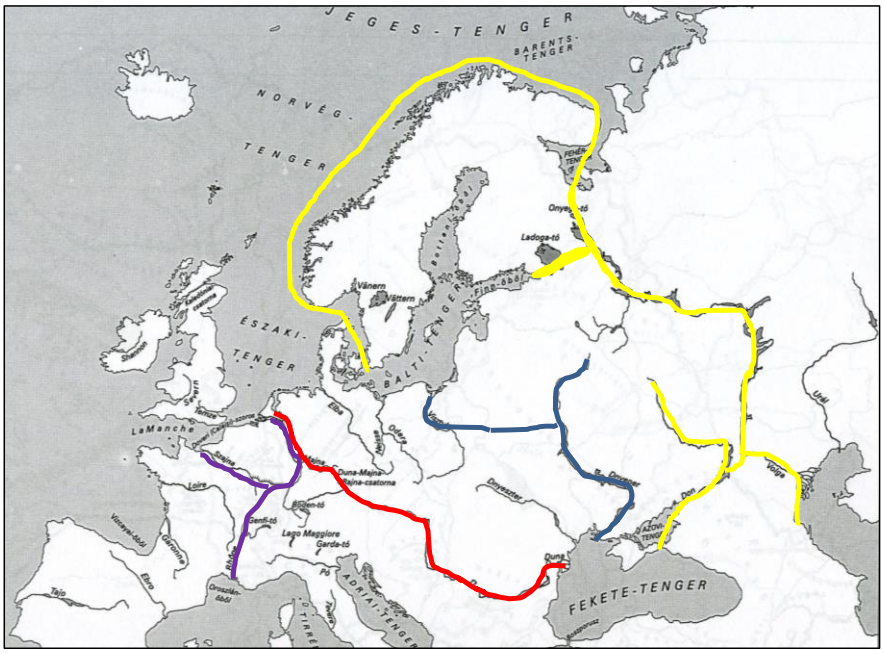
A biológiai invázió jelenségéről és a biológiai sokféleségre gyakorolt hatásairól már esett szó az előző fejezetekben. Ebben a fejezetben a hazai ismert idegenhonos fajokról adunk egy rövid áttekintést. Az egyszerűség kedvéért különválasztjuk a vízi és szárazföldi ökoszisztémák „betolakodóit", azon belül pedig gerinces és gerinctelen csoportonként soroljuk föl őket. Noha igyekszünk az összes ismert idegenhonos fajt felsorolni, elsősorban az ízeltlábúak esetében, ez nem feltétlenül fog megvalósulni, tekintettel arra, hogy évről-évre új idegen honos ízeltlábú fajok észlelhetők. Az idegenhonos ízeltlábú fajok mértéke önmagáért beszél: Európa faunájában 33 rendbe tartozó 1590 idegenhonos ízeltlábú fajt tartottak számon 2010-ben (Roques 2010), és ez azóta csak nőtt. Meg kell jegyeznünk azt is, hogy nem mindig lehet egyértelműen kategorizálni a fajokat, mint őshonos és idegenhonos faj. Noha lehet definíciót megadni, mint láttuk előbbi fejezetben, de azokkal nem feltétlenül ért egyet mindenki, ráadásul akadnak „egyedi" esetek is szép számmal, ami nem csoda, ha az élővilág és így az élőlények terjedési lehetőségeinek a változatosságát figyelembe vesszük. Könnyen megkérdőjelezhető például a cseh kollégák véleménye, akik a juh kullancslegyet (*Melophagus ovinus*) és a juhbagócsot (*Oestris ovis*) is felsorolták, mint idegen állatfajokat, arra alapozva, hogy a gazdájuk a juh nem őshonos (Šefrová és Laštůvka, 2005). A juh-kullancslégy hazánkban használatos további nevei, mint juhcsimbe, paklincs már önmagában is mutatja, hogy egy régóta ismert fajról van szó. Számos faj már nagyon régen, akár a történelem előtti időkben terjedt el emberi közbenjárással. Részletesebb jellemzést mi főleg azokról az idegenhonos fajokról kívánunk nyújtani, melyek inkább napjainkban terjedtek el, káros hatásuk ismert vagy valószínűsíthető, illetve szerepelnek az Európai Unió veszélyt jelentő idegenhonos inváziós fajok jegyzékében (1143/2014/EU európai parlamenti és tanácsi rendelet).

10.1. Idegenhonos vízi álltok

A vízi ökoszisztémákra jellemző, hogy a szándékos betelepítés, véletlen behurcolás és az önálló terjedés egyaránt nagy szerepet játszik az idegenhonos fajok megjelenésében. Nagy szerepet játszik az is, hogy a nagyobb vízi útvonalak mára már szinte teljes összeköttetésben vannak egymással egész Európában (10.1. ábra). Négy fő terjedési útvonalat is említhetünk. Az északi folyosó egy bonyolult hálózat, amely egyrészt a Fekete- és az Azovi-tengert köti össze a Kaszpi-tengerrel, és ami a Don folyón keresztül valósul meg a Volga–Don-csatorna közreműködésével. Továbbá összeköttetést biztosít a Balti- és a Fehér-tengerrel is a Volga–Balti- és a Fehér-tenger–Balti vízi út révén, beleértve a Fehér-tenger –Balti-tengeri csatornát is. A középső folyosó a Fekete-tengert köti össze a Balti-tengerrel. Ez azonban a Dnyeper és a Bug–Pripyat-csatorna közbeiktatásával valósul meg, így a rendszerrel a Nemunas-ágrendszer, a Pripyat és a Bug is összeköttetésben van az Oginsky- és Augustov-csatornákon keresztül. A nyugati folyosó a Földközi-tenger és az Északi-tenger között biztosít kapcsolatot a Rhone

folyón és a Rajna–Rhone-csatornán keresztül, míg a déli folyosó a Fekete-tengert köti össze az Északi-tengerrel a Duna–Majna–Rajna vízi út segítségével és a Duna–Majna-csatorna közbeiktatásával (Csányi és Varga 2017).

A szándékos betelepítés gazdasági megfontolások alapján történik. Sok viszonylag régóta megtalálható hal faj, mint a fehér busa (*Hypophthalmichthys molitrix*) és a pettyes busa (*H. nobilis*) élelmiszertermelési célból lettek betelepítve. Más állatokat az értékes prémjük miatt telepítettek be és tenyésztetek, mint például a nutriát (*Myocastor coypus*). Gyakori, hogy rekreációs célból telepítenek be állatokat, példa rá a sporthorgászok körében kedvelt fekete sügér (*Micropterus dolomieu*). Sok díszhal és puhatestű akvarisztikusok közreműködésével kerülhet ki a szabadba, mint például a karibi tányércsiga (*Marisa cornuarietis*). Gyakori a megunt hobbiállatok, lásd ékszerteknős (*Trachemys scripta*), szabadon engedése is.



10.1. ábra. A főbb vízi terjedési útvonalak vázlatos ábrázolása. Sárgával az északi, kékkel a középső, pirossal a déli, lilával a nyugati folyosó jelölve.

10.2. ábra. Nutria (*Myocastor coypus*).

Nutria (*Myocastor coypus*) (10.2. ábra)

- Szerepel az EU számára veszélyt jelentő idegenhonos inváziós fajok jegyzékében.
- Eredeti hazája Dél-Amerika. Bundájáért tenyésztik, ezekből a tenyészetekből szökhetett ki.
- Hazánkban természetes környezetben megtelepedett, de ritka, a teleket nehezen élik túl.

Pézsmapocok (*Ondatra zibethicus*) (10.3. ábra)

- Szerepel az EU számára veszélyt jelentő idegenhonos inváziós fajok jegyzékében.
- Eredeti hazája Észak-Amerika. Prémjéért tenyésztik, 1905-ben telepítettek be Csehországba, és jól dokumentált terjedése során, 1920-ban érte el hazánkat.
- Hazánkban természetes környezetben megtelepedett, és gyakori, de a vadászati statisztikák szerint csökken az állománya (Csorba 2017).

10.3. ábra. Pézsmapocok (*Ondatra zibethicus*).

Hazánkban négy olyan Európába behurcolt vízi madárfajról van bizonyított észlelés, melyeknek önmagát fenntartani képes hazai, illetve európai állománya van (Szép 2017). E fajok az indiai lúd (*Anser indicus*), a kanadai lúd (*Branta canadensis*), a nílusi lúd (*Alopochen aegyptiaca*), a halcsontfarkú réce (*Oxyura jamaicensis*).

10.4. ábra. Halcsontfarkú réce (*Oxyura jamaicensis*).

Halcsontfarkú réce (*Oxyura jamaicensis*) (10.4. ábra)

- Szerepel az EU számára veszélyt jelentő idegenhonos inváziós fajok jegyzékében.
- Eredeti hazája Amerika és a Karib térség. 1960-ban az Angliai Gloucestershire-be betelepítették, onnan terjedt szét Európa több részére. Helyenként, például Spanyolországban, a kékcsőrű réce (*Oxyura leucocephala*) populációit veszélyezteti.
- Hazánkban nincs szaporodóképes állománya, csak ritka kóborlóként fordul elő (például 1997-ben a Hortobágyon).

Nílusi lúd (*Alopochen aegyptiacus*) (10.5. ábra)

- Szerepel az EU számára veszélyt jelentő idegenhonos inváziós fajok jegyzékében.
- Eredeti hazája Afrika. A világ számos helyére betelepítették, mint díszmadarat. Angliai és holland populációkból terjedt szét Európában.
- Hazánkban természetes környezetben megtelepedett, de ritka.

10.5. ábra. Nílusi lúd (*Alopochen aegyptiacus*).

Mintegy tizenegy idegenhonos teknősfajt/alfajt észleltek eddig Magyarországon, szabadon (Erős és Vörös 2017). Ebből hét Észak-Amerikából származik: az aligátorteknős (*Chelydra serpentina*), a sárgafülű ékszerteknős (*Trachemys scripta scripta*) és a vörösfülű ékszerteknős (*Trachemys scripta elegans*), a közönséges tarajosteknős (*Graptemys pseudogeographica*), a térképes tarajosteknős (*Graptemys geographica*), a szigeti ékszerteknős (*Pseudemys peninsularis*), a hieroglifás ékszerteknős (*Pseudemys concinna*). Két faj, a kínai lágyhéjú teknős (*Pelodiscus sinensis*) és a kínai csíkosteknős (*Mauremys sinensis*) származik Ázsiából, és két faj Dél-Európából, ezek a kaszpi viziteknős (*Mauremys rivulata*) és a görögteknős (*Testudo hermanni*). Ezek közül a vörös és sárga fülű ékszerteknős érdemel figyelmet, a többi faj esetében önfenntartó populációk kialakulása valószínűtlen. A kétéltűek közül egyetlen idegen honos faj, az afrikai törpe-karmosbéka (*Hymenochirus curtipes*) ismert, melynek három példányt a Városligeti-tóban találták (Weiperth et al. 2015). Természetes vizekben a faj túlélése a hideg tél miatt nem valószínű.

Ékszerteknős (*Trachemys scripta*) (10.6. ábra)

- Szerepel az EU számára veszélyt jelentő idegenhonos inváziós fajok jegyzékében.
- Eredeti hazája az USA dél-keleti része. Régebben a vörös fülű ékszerteknőst (*Trachemys scripta elegans*) kedvelt hobbiállatként tartották, ezért importálták és tenyésztették. Értékesítését az EU már 1997-ben betiltotta, de tartását és tenyésztését nem. Hazánkban 2002-ben hasonló kormányrendelet született, majd 2010-ben (41/2010-es kormányrendelet) már pontosan rendelkezik a tiltásáról. Ekkortól terjedt el a sárga fülű alfaj (*Trachemys scripta scripta)* tartása. 2017 óta az összes alfaj értékesítése tilos.
- Hazánkban természetes környezetben megtelepedett, összességében ritka, de egyes helyeken (például a Budapest környéki tavakban) ismert, hogy az őshonos mocsári teknőst kiszorítja a napozóhelyekről. A táplálékforrás tekintetében is erősebb kompetítor, köszönhetően a nagyobb termetének. Behurcolt kórokozókkal, parazitákkal is fertőzhetik a mocsári teknős populációkat.

10.6. ábra. Vörös fülű ékszerteknős (*Trachemys scripta elegans*).

A halfauna a „legfertőzöttebb” az idegenhonos fajok arányát tekintve, a nyolcvanhat halfajunkból huszonnyolc nem őshonos (Halasi-Kovács és Harka 2012). Ha az utóbbi években feltűnt, döntően akvaristák által kijuttatott fajokat is beleszámoljuk, akkor már negyvenhét idegenhonos halfajról beszélhetünk (Erős és Vörös 2017). Ezen akváriumi halfajok jelentősebb hatására nem kell számítanunk, mivel a többségük csak ideiglenesen és meleg vizekben él túl. Csak a Hévizi-tóban találták meg például a kedvelt akváriumi halként tartott, közép-amerikai szivárványsügért (*Herotilapia multispinosa*). Szintén csak meleg vizű tavakban él (Hévizi-tó, Városligeti-tó, Miskolctapolca) a szúnyogirtó fogasponty (*Gambusia affinis*). A faj érdekessége, hogy a Panama-csatorna építésekor malariaszúnyog elleni biológiai védekezésre használták sikeresen, ezért telepítették 1920-tól szinte mindenhova. Magyarországra az első példányokat körülbelül egy évszázada hozták be.

Egyes fajok lehetnek természetes bevándorlok is, vitára adva okot, hogy őshonosnak tekinthető-e, mint például a törpecsík (*Sabanejewia aurata*).

Vannak halfajok, melyeket kedvező tulajdonságai miatt telepítettek, de természetes vizeinkben nem igazán terjedtek el, sok esetben mesterséges szaporulatokból pótlódnak, és

nem ismert, hogy különösebben veszélyeztetnék az őshonos fajok diverzitását. Ilyen halaknak tekinthetők a pisztránsügér (*Micropterus salmoides*), a nílusi tilápia (*Oreochromis niloticus*), szivárványos pisztráng (*Oncorhynchuus mykiss*), patki szajbling (*Salvelinus fontinalis*), törpe és nagy maréna (*Coregonus albula*, *C. lavaretus*), afrikai harcsa (*Clarias gariepinus*), pettyes harcsa (*Ictalurus punctatus*), kisszájú buffaló (*Ictiobus bubalus*), fekete amur (*Mylopharyngodon piceus*), amur (*Ctenopharyngodon idella*), európai angolna (*Anguilla anguilla*) (Harka és Sallai 2004).

A fehér busa (*Hypophthalmichthys molitrix*) és a pettyes busa (*H. nobilis*) esetében már ismert, hogy állományaik jelentős mértékben befolyásolhatják az édesvizek szerkezetét és működését (Kolar et al. 2005), még ha a pettyes busának természetes szaporulata nincs is (Harka és Sallai 2004).

Mivel a ragadozók sem tudják kordában tartani, tömeges szaporulatuk miatt jelentősebb hatásuk lehet a törpeharcsának és fekete törpeharcsának (*Ameiurus nebulosus*, *A. melas*) is mint például táplálék konkurensek. Nem javított a helyzeten, hogy természetes vizeinkben betiltották a halászatot, ugyanis a busák és törpeharcsák szelektív halászata is a halászok munkájához tartozott. Jelenleg ez a feladat nincs ellátva megfelelően.

A legnagyobb mértékű invázió a ponto-kaszpikus eredetű gébfajokhoz (folyami géb – *Neogobius fluviatilis*, csupasztorkú géb – *N. gymnotrachelus*, Kessler-géb – *N. kessleri*, feketeszájú géb – *N. melanostomus*, Szirman-géb – *N. syrman*) kötődik. Terjedésükben szerepet játszhat mind a spontán terjedés mind az emberi közvetlen vagy közvetett hatások, de akár a klímaváltozás is (Szalóky et al. 2015).

Amuri géb (*Perccottus glenii*) (10.7. ábra)

- Szerepel az EU számára veszélyt jelentő idegenhonos inváziós fajok jegyzékében.
- Eredeti hazája Kelet-Ázsia. Magyarországon a Tisza vízrendszerében jelent meg 1997-ben, Nem tudni, hogy spontán terjedés révén került-e be vagy halszállítmánnyal hurcolták be. Hazánkban természetes környezetben megtelepedett, és gyakori.
- Élettere jelentősen átfed az endemikus lápi pócéval. (*Umbra krameri*), így könnyen kiszoríthatja e fokozottan védett halunkat, ha megjelenik az élőhelyein.

10.7. ábra. Amuri géb (*Perccottus glenii*).

Kínai razbóra (*Pseudorasbora parva*) (10.8. ábra)

- Szerepel az EU számára veszélyt jelentő idegenhonos inváziós fajok jegyzékében.
- Eredeti hazája Ázsia. E kistestű hal a busafajok betelepítése során, véletlen behurcolás révén került be és vált invázióssá hazánkban és szerte Európában.
- Hazánkban természetes környezetben megtelepedett, és gyakori. Bizonyítottan veszélyt jelent őshonos halfajok populációira (Gozlan et al. 2005).

10.8. ábra. Kínai razbóra (*Pseudorasbora parva*).

A puhatestűeket tekintve vizeinkben jelenleg tizenhárom vízi csiga és öt kagyló fajt tartanak számon, melyeket idegenhonosnak tekinthetünk (Csányi és Varga 2017). A vízi csiga fajok többsége csak pontszerűen, lokálisan fordul elő üvegházi medencékben, termálvíz-kifolyókban, meleg vizű tavakban. Jellemzően trópusi, szubtrópusi területekről származnak, és részben minden bizonnyal akvarisztikusoknak „köszönhetjük" megjelenésüket. Ismert hatásuk az őshonos faunára nincs. Ezek a termálvízi csigák a következők: karibi tányércsiga (*Marisa cornuarietis*), nagyszájú almacsiga (*Pomacea diffusa*) Karibi tornyoscsiga (*Melanoides tuberculatus*), Planorbella fajok, körhagyó sapkacsiga (*Hebetancylus excentricus*).

Szintén csak termálvizekből mutatták ki az észak-amerikai *Pseudosuccinea columella* fajt.

Valószínűleg hajózás (ballasztvíz) közvetítésével kerülhetett be az 1970-es évek végén a Balatonba az új-zélandi *Potamopyrgus antipodarum* csigafaj, ami helyenként tömeges lehet (Pintér 1978). A tömzsi hólyagcsiga (*Physella acuta*) már a múlt század eleje óta megtalálható hazánkban (Wagner 1938). Nem ismert, hogyan kerülhetett be ez az észak-amerikai faj, de helyenként ez is tömeges lehet. Európában gyorsan terjed az inváziós jellegű észak-amerikai *Gyraulus parvus* faj, mely egyes kutatók véleménye szerint már hazánkban is jelen lehet, de bizonyító adat még nincs.

Az öt idegenhonos kagyló közül a Délkelet-Ázsiából származó *Corbicula* fajok (*C. fluminea* és *C. fluminalis*) káros hatása nem ismert, úgy tűnik beilleszkedtek a faunába, és egyébként is jelentős mértékű mortalitást mutatnak alacsonyabb vízhőmérséklet-viszonyok esetében (Csányi és Varga 2017).

Clea (Anentome) helena (10.9. ábra)

- Eredeti élőhelye Malaysia és Indonézia folyó- és állóvizei. Ragadozó, más csiga fajokkal táplálkozik. Bekerülésének módja nem ismert, de mivel egy attraktív, egzotikus fajról van szó, szerepe lehetett benne az akvarisztikusoknak. A budapesti Lukács-fürdő előtti tóban észlelték először 2015-ben, azóta más helyről, például a Hévizi-tóból is jelezték előfordulását (Csányi és Varga 2017).
- Ragadozóként veszélyeztetheti az őshonos vízi csigáinkat. Ez főleg a reliktum endemizmusként számon tartott fekete bödöncsiga (*Theodoxus prevostianus*) és folyami csiga termálvízi alfajának (*Esperiana daudebarti thermalis*) esetében lehet végzetes, ha bekerül a bükkaljai termálvizekbe.

10.9. ábra. *Clea* (*Anentome*) *helena.*

Folyami bödöncsiga (*Theodoxus fluviatilis*) (10.10. ábra)

- Nyugat-Európa vizeiben őshonos. Első hazai észlelése a Tiszában történt (Soós 1963). Az 1990-es évektől mind a Tisza mind a Duna mentén elterjedt.
- Mára a legközönségesebb vízi csiga lett a Dunában, miközben az őshonos rokon fajok, mint a rajzos bödöncsiga vagy a sávos bödöncsiga (*T. danubialis, T. transversalis*) állományai jelentős mértékben csökkentek, sőt sávos bödöncsiga már valószínűleg nem is él a hazai Duna szakaszon (Csányi és Varga 2017).

10.10. ábra. Folyami bödöncsiga (*Theodoxus fluviatilis*).

Amúrkagyló (*Sinanodonta woodiana*) (10.11. ábra)

- Kelet-Ázsiában őshonos, feltehetően a lárvája a telepített halakkal együtt juthatott be a Biharugrai Halastavakba. (Az édesvízi kagylók ún. kajmacsos vagy glochidium lárvája halak kopoltyújára kapaszkodik). Gyulán mutatták ki először (Petró 1984). Gyors ütemben terjedt el először a Tiszán és mellékvizein, majd az Ipolyban és a Dunában. 1992-ben már megtalálták a Siófoki-zsilipnél de a Balatonból csak 2000 után van publikált észlelés (Majoros 2006).
- Nagyméretűre nő, és hatalmas tömegben képes elszaporodni. Kérdéses, hogy a hatalmas populációmérete, és néha tömeges pusztulása, hatással lehet-e hazai vizeink ökológiai állapotára és az őshonos élővilág tagjaira.

10.11. ábra. Amúrkagyló (*Sinanodonta woodiana*).

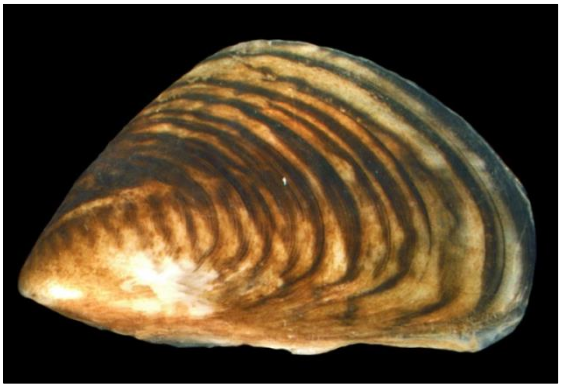
Vándorkagyló (*Dreissena polymorpha*) (10.12. ábra)

- Ponto-kaszpikus elterjedésű faj. A Balatonból már 1926 óta ismert e jellegzetes, háromszög alakú kagyló. Hasonlóan más fajokhoz hajózás közvetítésével hurcolhatták be.
- Biodiverzitásra gyakorolt hatása vitatott, de bizonyítottan képes olyan szoros élőbevonatot (biotekton) képezni más kagylókon, hogy az káros a gazdaszervezetre nézve (Bódis et al. 2014).

10.12. ábra. Vándorkagyló (*Dreissena polymorpha*).

Kvaggakagyló (*Dreissena rostriformis bugensis*) (10.13. ábra)

- A vándorkagylóval rokon, ahhoz nagyon hasonlító, szintén Ponto-kaszpikus elterjedésű faj. Valószínűleg hasonló módon is került be. Első észlelése 2008-ban volt (Szekeres et al. 2008). A bolgár-román Duna szakaszon már a 2000-es évek elején kimutatták. Általában mélyebb vízrétegekből került elő.
- A vándorkagylóhoz való hasonló hatása miatt érdemes rá odafigyelni. Sőt, a kvaggakagyló nagyobb testméretet érhet el, és növekedési üteme is gyorsabb, akár kiszoríthatja a vándorkagylót. Sajnos a hatása is erőteljesebb lehet. Balatoni vizsgálatok szerint, ha a vándor- és kvaggakagyló okozta együttes terhelés tovább nő, az őshonos fajok (különösen a tavikagylók) komoly veszélybe kerülhetnek. Ugyanakkor terhelést jelentenek a nem-őshonos fajoknak, így az inváziós amuri kagylónak is, ami talán visszaszoríthatja az amuri kagyló terjedését (Bódis et al. 2014). A végső kimenetelt még nem lehet előrelátni.



10.13. ábra. Kvaggakagyló (*Dreissena rostriformis bugensis*).

Ízeltlábúak tekintetében értelemszerűen a rákok között kell keresni az idegenhonos vízi fajokat. Természetesen más csoportokból is előfordulhat, mint az *Anisops sardeus* hanyattúszó poloska (Soós et al. 2010). Több idegenhonos rovarnak, mint például a behurcolt csípőszúnyogoknak a lárvája fejlődik vízben, ezeket azonban a szárazföldi inváziós fajok fejezetben soroljuk fel. A már említett vízi folyósok közül a déli és középső folyosók adtak lehetőséget a ponto-kaszpikus fajok terjedésére (Borza és Puky 2012). Ezek a jövevényfajok a hasadtlábú rákok (Mysida), a vízi ászkarákok (Asellota) és a felemáslábú rákok (Amphipoda) csoportjaiba tartoznak. A hasadt lábú rákok képviselői (*Limnomysis benedeni, Hemimysis anomala* és *Katamysis warpachowskyi*), bár fontos táplálékbázist jelentenek egyes halaknak, mind inváziósnak tekinthetők (Hornung et al. 2017). Közülük a pontuszi tanúrák (*L. benedeni*) a legkutatottabb, köszönhetően, hogy már régen betelepítették, míg a másik két faj csak napjainkban jelent meg (Borza 2011) A másik két csoport képviselői közül a *Echinogammarus trichiatus* faj még nem terjedt el, és nem fordul elő nagy számban. Vannak fajok, melyek még nem tekinthetők inváziósnak, de folyamatos terjedést mutatnak, mint a *Jaera sarsi, Chelicorophium sowynski, Chelicorophium robustum, Echinogammarus ischnus, Obesogammarus obesus*, és vannak inváziós jelleget mutató fajok, mint a bolharákok: tegzes

bolharák (*Chelicorophium curvispinum*), kétpúpú bolharák (*Dikerogammarus villosus*), kéttüskés bolharák (*D. bispinus*) és a pontuszi bolharák (*D. haemobaphes*).

A tízlábú rákok (Decapoda) közül szintén egyaránt találunk hazánkban terjedőben lévő vagy már inváziósnak tekinthető fajokat. A hazánkban megtalálható idegenhonos tízlábú rákok mind szerepelnek az EU idegenhonos inváziós fajok jegyzékében.

Pontuszi tanúrák (*Limnomysis benedeni*)

- Eredetileg a Kaszpi- és Fekete-tengerben őshonos. A Balatonba 1950-ben telepítették be, halak, elsősorban fiatal süllők táplálékforrásának (Woynárovich 1955). Rövid időn belül megjelent a magyarországi Duna és Tisza szakaszokon. Az 1990-es évekre az egész Duna–Majna–Rajna vízi út mentén megtalálható (Szalontai 2008).
- Szalontai (2008) szerint az édesvízi populáció kondíciója elmarad a sós és brakk vízben élő populációk kondíciójától.

Kínai gyapjasollósrák (*Eriocheir sinensis*) (10.14. ábra)

- Szerepel az EU számára veszélyt jelentő idegenhonos inváziós fajok jegyzékében.
- Eredeti hazája Kelet-Ázsia, ahogy a neve is utal rá, mint ahogy utal a hímek jellegzetes gyapjas szőrzetére, mely az ollós lábuk végét borítja. Valószínűleg ballasztvízzel hurcolták be Európába a század elején.
- Édes vízben él, de szaporodni a tengerekbe vándorol, így nálunk nem szaporodik, széles elterjedése nem várható.
- Nagy tömegben vízpartok, töltések erózióját idézi elő, mivel járatait, melyben nappal tartózkodik, ilyen helyekre ássa. Az őshonos állatfajok élőhelyét is csökkenti ez által. Lárvája az embert és emlősöket megbetegítő tüdőmételykór parazita hordozója. Hazánkban megtelepedett, de ritka.

10.14. ábra. Kínai gyapjasollósrák (*Eriocheir sinensis*).

Cifrarák (*Orconectes limosus*) (10.15. ábra)

- Szerepel az EU számára veszélyt jelentő idegenhonos inváziós fajok jegyzékében.
- Eredeti hazája Észak-Amerika.

- Hazánkban természetes környezetben megtelepedett, és gyakori. Tágtűrésű faj a szennyezett vizeket is tűri. Szűznemzéssel való szaporodásuk is elősegíti gyors terjedésüket, inváziós jellegüket (Weiperth et al. 2015).
- Hordozza a rákpestis kórokozóját, így megfertőzhetik és akár ki is pusztíthatják az őshonos tízlábú rákok populációit.

10.15. ábra. Cifrarák (*Orconectes limosus*)

Jelzőrák (*Pacifastacus leniusculus*) (10.16. ábra)

- Szerepel az EU számára veszélyt jelentő idegenhonos inváziós fajok jegyzékében.
- Eredeti hazája Észak-Amerika.
- Hazánkban természetes környezetben megtelepedett, és gyakori. A cifrarákhoz hasonlóan jól alkalmazkodik a környezet változásaihoz, és szűznemző.
- Szintén hordozza a rákpestis kórokozóját veszélyeztetve ez által is az őshonos fajokat.

10.16. ábra. Jelzőrák (*Pacifastacus leniusculus*).

Kaliforniai vörösrák (*Procambarus clarkii*) (10.17. ábra)

- Szerepel az EU számára veszélyt jelentő idegenhonos inváziós fajok jegyzékében.
- Eredeti hazája, ahogy a neve is mutatja Észak-Amerika, pontosabban Florida, Texas és Mexikó térsége, de nem Kalifornia, oda is csak behurcolták.
- Igen agresszív területvédő faj, ahol gyakori, ment például Dél-Európa, ott kiszorítja az őshonos fajokat.

- Hazánkban természetes környezetben megtelepedett, de ritka. Egyelőre még nem ismert, hogy befolyásolná az őshonos fajok populációit.

10.17. ábra. Kaliforniai vörösrák (*Procambarus clarkii*).

Virginiai márványrák (*Procambarus fallax forma virginalis*) (10.18. ábra)

- Szerepel az EU számára veszélyt jelentő idegenhonos inváziós fajok jegyzékében.
- Németországban jelezték először és a *Procambarus falax* fajjal azonosították, mely Észak-Amerikában él, de nem szaporodik szűznemzéssel, míg Európában csakis szűznemzéssel, erre utal a *forma virginalis* is a nevében, nem pedig Virginiára, ahogy a magyar neve sugallja. Ráadásul a *Procambarus falax* nem is Virginiában, hanem Floridában honos.
- Hazánkban természetes környezetben megtelepedett, de ritka, azonban könnyen tömegessé válhat, mert viszonylag jól alkalmazkodik, és nagy reprodukciós potenciál jellemzi (Weiperth et al. 2015; Puky 2012). Terjesztheti a rákpestist is.

10.18. ábra. Virginiai márványrák (*Procambarus fallax* f. *virginalis*).

10.2. Idegenhonos szárazföldi állatok

Az Európai Unió inváziós fajok jegyzékében szereplő emlősök közül, a már említetteken kívül, a mosómedve (*Procyon lotor*) és a nyestkutya (*Nyctereutes procyonoides*) fordul elő hazánkban, de kisméretű, nem növekvő populációi nem okoznak gondot. Viszont

nem szerepelnek a jegyzékben olyan tipikusan inváziós fajok, mint a házi patkány (*Rattus rattus*), a vándorpatkány (*R. norvegicus*) és a házi egér (*Mus musculus*), talán azért, mert már oly régóta az ember közelében élnek és így világszerte elterjedtek. Nincs megemlítve a muflon sem (*Ovis aries*), talán mert nem egyértelmű a helyzete. Háziállat nem kerül inváziós státuszba ugyanakkor a muflon (háziasított formája a juh, eredeti vad vonal talán csak Korzikán található) megőrizte az átmeneti állapotot egy vadon élő faj és egy háziállat között. (Csorba 2017). Idegenhonos az üregi nyúl (*Oryctolagus cuniculus*) is. Az Ibériai-félszigeten és Észak-Afrikában őshonos fajt valamikor az Árpád-korban telepíthették be hazánkba. A hazai állomány a 2000-es években a kipusztulás szélére került járványos vírusbetegség miatt, azóta folyamatosan telepítik vissza.

Nyestkutya (*Nyctereutes procyonoides*) (10.19. ábra)

- Szerepel az EU számára veszélyt jelentő idegenhonos inváziós fajok jegyzékében.
- Ázsiai faj, mely több évtizede folyamatosan terjed nyugat felé, amit segíthetett, hogy prémje miatt sokfele tenyésztik is. Az első példányt 1961-ben lőtték ki Magyarországon.
- Hazánkban természetes környezetben megtelepedett, de ritka.

10.19. ábra. Nyestkutya (*Nyctereutes procyonoides*).

10.20. ábra. Mosómedve (*Procyon lotor*).

Mosómedve (*Procyon lotor*) (10.20. ábra)

- Szerepel az EU számára veszélyt jelentő idegenhonos inváziós fajok jegyzékében.
- A mosómedve eredeti hazája Észak- és Közép-Amerika; Európai terjeszkedésének központja Nyugat-Németország, ahová XX. század közepén többször is telepítették (Hohmann et al. 2001). Magyarországon 1998-ban lőtték ki az első példányt.
- Hazánkban természetes környezetben megtelepedett, de ritka.

Házi egér (*Mus musculus*) (10.21. ábra)

- Eredetileg kelet-, közép-ázsiai és északnyugat afrikai sztyepp illetve félsivatagos területek lakója, mely ma már az ember közvetlen közelében mindenütt megtalálható (kivéve természetesen, olyan területeket, mint az Antarktisz).
- Hazánkban közönséges. Több mint három ezer éve van jelen hazánkban (Kovács 2014). Jelentős készletkártevő és közegészségügyi problémákat is okoz (fertőző agyhártyagyulladást és a salmonellosist közvetítheti emberre). A biodiverzitásra gyakorolt káros hatása nem ismert.

10.21. ábra. Házi egér (*Mus musculus*).

10.22. ábra. Házi patkány (*Rattus rattus*).

Házi patkány (*Rattus rattus*) (10.22. ábra)

- Indiából származik, ma már emberi közvetítéssel az egész világon elterjedt. A házi egérhez hasonlóan szünantróp faj. Legkorábbi hazai lelete a 3. századból való (Kovács 2014).
- Közönséges, de ahol a vándorpatkány megjelenik, ott idővel kiszorul. Gyakorlatilag hazánkban is eltűnőben van.

Vándorpatkány (*Rattus norvegicus*) (10.23. ábra)

- Származási helye bizonytalan, de valószínűleg Észak-Kína lehetett. Ma a legelterjedtebb szünantróp rágcsáló faj. Pontosan nem tudni mikor és hogyan került Európába, de terjedése csak a 18. századtól ölt inváziós jelleget. Első bizonyos hazai adata a 18. század végéről származik (Kovács 2014).
- Egyes helyeken, például Új-Zélandon komoly fenyegetést jelent az őshonos fajok számára Szociális viselkedése fejlett, valószínűleg ennek is köszönheti, hogy képes kiszorítani a házi patkányt.

10.23. ábra. Vándorpatkány (*Rattus norvegicus*).

Az Európában kiemelt inváziós fajként nyilvántartott örvös sándorpapagájt (*Psittacula krameri*) szabadban elvétve észlelték, de ez nem jelentős és nem is mindegyik észlelés hiteles (Szép 2017). Az indiai varjú (*Corvus splendens*) esetében nem ismert megfigyelés. Az idegenhonos fácán (*Phasianus colchicus*) (10.24. ábra) és a házi galamb (*Columba livia* f. *domestica*) a leggyakoribb fészkelő madaraink közé tartoznak (Szép 2017). Mindkettőt segíti a tenyésztésük is. A fácánt a Kaukázus vidékéről hozták be a görögök, majd a rómaiak terjesztették le Európában. A házi galamb vagy parlagi galamb a szirti galamb háziasított formája, melyet több ezer év óta tenyésztenek. Főleg települések madara, ott okoz köztisztasági, közegészségügyi problémákat.

A pikkelyes hüllők közül az észak-amerikai kaliforniai királysiklón (*Lampropeltis getula californiae*) kívül négy mediterrán fajt észleltek hazánkban. Ezek a *Dalmatolacerta oxycephala*, *Podarcis sicula* és *P. melisellensis* a nyakörvösgyík-félék (Lacertidae) családjából, valamint a Kotschy gekkója (*Cyrtopodion kotschyi*). Jelenlétük szállítmányokkal

együtt történő véletlen behurcolással, vagy egyedi példányok terráriumból való szökésével magyarázható, mivel mindegyikből csak egy-egy példányt észleltek (Erős és Vörös 2017).

10.24. ábra. Fácán (*Phasianus colchicus*).

Az idegenhonos szárazföldi csigák esetében is a véletlen behurcolás illetve a szándékos betelepítés tekinthető hazai megjelenésük fő okának. Sokuk előfordulása épp ezért csak lokális egy-egy helyre korlátozódik. A *Lamellaxis mauritianus* faj csak a budapesti állatkert pálmaházából került elő, és az *Opeas pumilum* is üvegházakban terjedt el; a *Zonitoides arboreus* fajt a vácrátóti arborétumból mutatták ki először, ahova valószínűleg növényekkel együtt került be, azóta több észlelése is van, de mind üvegházakból (Csányi és Varga 2017). Ugyancsak Vácrátóton találták az *Oxychilus translucidus* fajt is (Pintér és Podani 1979). Az észlelt, idegenhonos szárazföldi csiga fajok száma összességében tizenötre tehető, ám ezek egy része valószínűleg már kipusztult, mint az *Eobania vermiculata*, az erdélyi endemizmusnak számító *Alopia* fajok vagy a *Bulgarica rugicollis*, mely Mehádiában (Déli-Kárpátok) őshonos (Csányi és Varga 2017). Véletlen behurcolás során kerülhetett hazánkba több mediterrán eredetű faj is, mint a *Candidula unifasciata*, *C. intersecta*, *Cernuella neglecta*, *Hygromia cinctella*, (Pintér és Suara 2004). A *Cornu aspersum* és a *Helix lucorum* mediterrán fajok direkt betelepítéssel, étkezési céllal kerülhettek be hazánkba.

Spanyol csiga (*Arion vulgaris*) (10.25. ábra)

- Ismert, mint spanyol csupaszcsiga vagy spanyol meztelencsiga. Eredetileg ezt az Európában gyors ütemben terjedő inváziós fajt helytelenül az *Arion lusitanicus* fajnak határozták, és jelenleg is több helyen ezen a néven hivatkoznak rá (Csányi és Varga 2017). Az *A. lusitanicus* valóban az Ibériai-félszigetről származik, de nem inváziós. Ezzel szemben az inváziós, komoly gazdasági károkat okozó *A. vulgaris* fajt Franciaországból írták le.
- Magyarországon először 1985-ben észlelték bizonyíthatóan Sopronban (Varga 1986). Napjainkra országszerte megtalálható, csapadékos években hatalmas tömegben, kártevőként lép föl.

10.25. ábra. Spanyol csiga (*Arion vulgaris*).

A leírt fajok mintegy háromnegyede az ízeltlábúak törzsébe tartozik, nem csoda hát, hogy idegenhonos ízeltlábú fajok szép számmal fordulnak elő világszerte. Ráadásul méretüknek, alkalmazkodó képességüknek és bizonyos esetekben életmódjuknak köszönhetően is nagyon könnyen terjeszthetők akaratlanul is. Sokszor nem is a kifejlett egyed, azaz az imágó behurcolása történik meg, hanem a sokkal „ellenállóbb" pete, lárva stádiumoké. Jó példa rá a csípőszúnyogok közé tartozó fajok behurcolása. A növényevő fajok véletlen behurcolása kötődhet tápnövényeik vagy azok bizonyos részeinek szállítmányozásához, például faanyaggal együtt számos xilofág faj kerülhet be. Gyakran megesik, hogy dísznövények vagy haszonnövények behozatalával annak fogyasztóit is megjelennek. Klasszikus példa a szőlő-gyökértetű vagy filoxéra (*Daktulosphaira vitifoliae*) amerikai szőlőfajtákkal együtt történő behurcolása Európába a 19. században. Számos szünantróp vagy humán élősködő faj még a történelem előtti időkben, az emberrel együtt terjedt el világszerte, mint a jól ismert ágyipoloska (*Cimex lectularius*) vagy a hajtetű illetve ruhatetű (*Pediculus humanus*). A hajtetű és a ruhatetű lényegében egy faj, de az emberrel való együttélést jól példázza, hogy a ruházat viselésével kialakult az ahhoz alkalmazkodott ökotípus a ruhatetű. Ezeket a fajokat nem szokás az idegenhonos fajok közé sorolni oly régóta élnek együtt az emberrel, és sok esetben már az eredeti elterjedésük sem állapítható meg bizonyosan.

Bizonyos fajok idegenhonos mivolta sem egyértelmű. Jó példa erre a rejtett állaspók (*Tetragnatha schoschone*). Ezt a fajt ugyan Észak-Amerikából írták le, és csak később észlelték hazánkban, ez azonban rejtett életmódjának és a kutatottság hiányának köszönhető, minden bizonnyal régóta a faunánk tagja. Főleg a mediterrán elterjedésű fajok esetében lehet kérdéses, hogy korábban is itt éltek, vagy csak most vándoroltak be. Sok behurcolt faj csak emberi környezetben, főleg városokban képes megmaradni, ami jelzi az urbanizáció már említett fauna homogenizáló hatását. Például Budapest szárazföldi ászkafaunájának tizenhárom százaléka kozmopolita, negyvenkét százaléka pedig behurcolt faj (Hornung et al. 2017).

Nagy számuk miatt nem vállalkozunk arra, hogy az összes idegenhonos ízeltlábút fölsoroljuk, amit nehezítene az is, hogy akkor már a várhatóan megtelepedő fajokat is érdemes lenne számba venni. Ennek alátámasztására jó példa, hogy 2012-ben még csak

potenciális adventív fajként van említve az amerikai platánbodobács (*Belonochilus numenius*) és az ázsiai márványospoloska (*Halyomorpha halys*) (Kondorosy 2012), de az előzőnek ugyanabban az évben (Torma 2012), az utóbbinak két évvel később (Vétek et al. 2014) már jelezték is az előfordulását.

Az ízeltlábú csoportok tekintetében a pókok (Araneae) és a rákok szárazföldi képviselői (Isopoda: Oniscidea) főleg a városlakó faunát „gazdagítják". Nyilvánvaló, hogy a legtöbb behurcolt, idegenhonos faj a rovarok közül kerül ki, ám a rovarokon belül is eltérő, hogy mely taxonokban találunk idegenhonos fajokat nagyobb számban. A Polyneoptera kládba tartozó rovarok esetében például viszonylag kevés adventív fajt tartunk számon hazánkban, bár a konyhai sváb (*Blatta orientalis*) például világszerte előfordul szünantróp élőhelyeken. Egyelőre a *Coptotermes formosanus* termeszfaj sem érkezett meg Európába, melynek nagyon nagy károkat okoz, ahol megtelepedik. Alapvetően azokra az idegenhonos fajokra fókuszálunk, melyek inváziós jelleget mutatnak, azaz nagy tömegben lépnek fel, és gyakran kártékonyak. Ezeket pedig főleg a szipókás rovarok (Hemiptera) illetve a nagyobb holometabol rovarrendek (Hymenoptera, Coleoptera, Lepidoptera és Diptera) körében kell keresni. Elsősorban társadalmi, ökonómiai hatásuk van, de néhány esetben, mint például a harlekin katica (*Harmonia axyridis*), az őshonos fajok biodiverzitását is veszélyeztethetik.

Pókok (Araneae)

Szándékos betelepítésről vagy fogságból való kiszabadulásról és meghonosodásról nincs ismert példa (Szinetár és Nentwig 2014). Esetükben az inváziós jellegű fajok megjelenése sem valószínű. Nem ismerünk ugyan pontos adatot az idegenhonos pókfajok számát tekintve, azonban az irodalomban említett fajok többsége csak emberi környezetben fordul elő, és nem feltétlenül lesznek önfenntartó populációik hosszútávon (Szinetár 1992, Szinetár és Nentwig 2014). Igen látványos az épületlakó tüskéskezű álfarkaspók (*Zoropsis spinimana*) Mediterráneum felöl északi irányba történő terjedése (Szinetár et al. 2014). Néhány, a természetben is előforduló idegenhonos faj azért ismert; mint a *Mermessus trilobatus, Ostearius melanopygius*. A *M. trilobatus* a bolygatott élőhelyeken kívül, természetes élőhelyeken is elterjedhet, így természetvédelmi szempontból lehet jelentősége, míg az *O. melanopygius* inkább agrár élőhelyekre jellemző (Szinetár és Samu 2012).

Szárazföldi ászkarákok (Oniscidea)

A pókokhoz hasonlóan a szárazföldi ászkarákok esetében sem igazán beszélhetünk inváziós fajokról, inkább csak behurcolt és megtelepedett fajokról, ami főleg városias környezetben jellemző (Hornung et al. 2017). Összesen tizennégy behurcolt ászkarákot említ az irodalom, melynek fele csak emberi környezetben előforduló szünantróp faj, vagy csak lokálisan, egyes botanikus kertekből ismert. Behurcolásuk könnyen megy, akár egyetlen növénytő beültetésével együtt, mint a *Paraschizidium coeculum* esetében (Vilisics és Hornung, 2010).

Szipókás rovarok (Hemiptera)

A szipókások (poloskák, kabócák, növényi tetvek) között szép számmal találunk inváziós rovarokat. Az Európában idegenhonos ízeltlábú fajok 20%-a a szipókások közé tarozik (Roques 2010). Többségük növények különböző részeit szívogatja. Jelentős kártételre képesek a termesztett növények körében, ezért a növényvédelmi monitorhálózatok is figyelemmel kísérik az idegenhonos fajok megjelenését, terjedését. Természetesen a szűkebb csoportok tekintetében van különbség a kutatottságukat illetően, attól függően, hogy aktuálisan foglalkozik-e velük szakember. Az igen jól ismert pajzstetű fauna kétszázhetvennégy fajából, a mintegy ötven számon tartott behurcolt faj vagy üvegházakban fordul elő, vagy gyümölcsökkel, dísznövényekkel együtt történő alkalmi behurcolás révén került be hazánkba (Kozár et al. 2013). Természetes élőhelyeken való elszaporodásuktól nem kell tartani, már csak azért sem, mert a nőstény pajzstetvek sok esetben helyt ülő életmódúak. Üvegházi, kertészeti kártevőkként viszont felléphetnek. A poloskák és kabócák többsége ezzel szemben jó terjedő képességgel rendelkezik. Sok esetben csak a nagyobb távolság „átugrására" van szükségük emberi közvetítésre, Európába bekerülve, már önállóan és néha kifejezetten gyorsan terjednek. Növényvédelmi jelentőségük mellett, a lakosság számára is kellemetlenségeket okoznak, nem csoda, hogy a poloska-invázió minden médiában felkapott téma, nem csak hazánkban. Sok faj jövevény mivolta abból derül ki, hogy tápnövénye nem őshonos nálunk, jó példák erre a tamariskán élő mezeipoloskák (*Tuponia elegans, T. hippophaes, T.mixticolor* és *T. prasina*). Máskor, főleg mediterrán eredetű fajok esetében, természetes terjedésükről lehet szó, összefüggésben a klíma melegedésével, de az is lehet, hogy korábban is részei voltak a faunánknak (Kondorosy 2012). Ilyen vitatott helyzetűek az, egyébként tölgyön élő *Psallus* nem egyes fajai (*Psallus anaemicus, P. cruentatus, P. helenae, P. lucanicus, P. pardalis*). Természetesen előfordulnak alkalmilag behurcolt, de megtelepedni nem képes fajok is szép számmal, mint a *Nabis capsiformis, Pygolampis laticaput, Spilostethus pandurus, Apterola lownii, Acrosternum millierei, Perillus bioculatus*. Szándékos betelepítésre is van példa. Az észak-amerikai *Perillus bioculatus* címerespoloskát a burgonyabogár elleni biológiai védekezés céljából telepítették, bár sikertelenül (Jermy 1962).

Az alábbiakban a leggyakoribb illetve legjelentősebb adventiv fajokat részletesebben ismertetjük.

Szőllő gyökértetű vagy filoxéra (*Daktulosphaira vitifoliae*)

- Korábbi neve *Viteus vitifoliae*. Észak-Amerikában őshonos, onnan hurcolták be szőlőfajtákkal együtt. 1863-ban tűnik föl Franciaországban, majd egész Európában elterjed, 1874-ben Pancsován is feltűnik.
- Őshazájában kétéves nemzedékváltakozás (ivaros és szűznemző alakok) jellemzi, egyik évben levélen, másik évben gyökerek között élő nemzedékek. Európában a gyökérlakó alak terjedt el, melyek óriási pusztítást okoztak a szőlőültetvényeken. A levéllakó alak ellen az európai szőlők is ellenállóak.

Vértetű (*Eriosoma lanigerum*)

- Észak-Amerikából hurcolták be a 19. században. Egész Európában elterjedt, Magyarországon 1885-ben észlelték.
- Főleg almafákon károsít. Egy év alatt sok, akár tizenegy nemzedéke is kifejlődik. A nőstény és a lárva alak telel át a gyökerek között. 1923-ban betelepítették természetes ellenségét a vértetű fémfürkészt, mely képes volt visszaszorítani.

Kaliforniai pajzstetű (*Quadrispidiotus perniciosus*)

- Észak-Amerika az őshazája. A 19. század során hurcolták be, és terjedt el Európában. Hazánkban 1929-ben észlelték a kámoni faiskolában.
- Polifág, gyümölcsfákon, főleg almán károsít. A lárva telel át, évi két nemzedéke van.

Amerikai szőlőkabóca (*Scaphoideus titanus*)

- Szintén Észak-Amerikai eredetű. Terjedése nyomon követhető: 1955-ben Franciaországban észlelték, majd Olaszország (1964), Svájc (1968), Spanyolország (1996), Portugália (2003), Ausztria (2005) következett, és 2006-ban hazánkat is elérte.
- Monofág faj, kizárólag szőlőn szívogat, de nem ezzel okoz károkat, hanem mert a szőlő aranyszínű sárgaságát okozó fitoplazma (Flavescence dorée, FD) vektora.

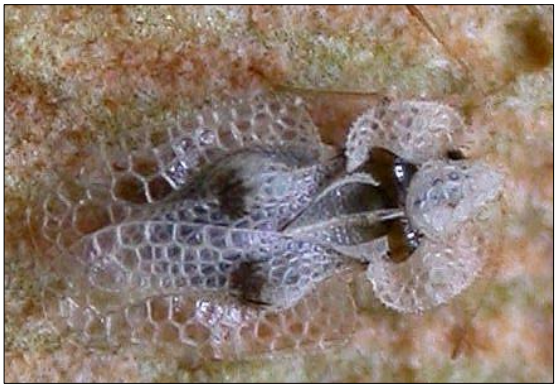
10.26. ábra. Amerikai lepkekabóca (*Metcalfa pruinosa*) (*bal oldal*) és lárvája (*jobb oldal*).

Amerikai lepkekabóca (*Metcalfa pruinosa*) (10.26. ábra)

- Ahogy a neve is mutatja Amerikából származik. Terjedése jól dokumentált. Első európai jelzése Olaszországból (1979) történt, majd rendre megjelent Európa országaiban: Dél-Franciaországban (1984), Szlovéniában (1991), Horvátországban (1995), Ausztriában (1996), Csehországban (2001). Hazánkban 2004-ben jelent meg (Pénzes, 2004).
- Viaszbevonat borítja, a kifejletlen alak jellegzetes kinézetét is ez adja: a nagy mennyiségben ürített mézharmatba beletapadnak a lárvák testén képződő viaszszálak.

Platán-csipkéspoloska (*Corythucha ciliata*) (10.27. ábra)

- Észak-amerikai faj, mely 1964-ben jelent meg Európában, mégpedig Olaszországban (Servadei 1966). Hazánkból Jasinka és Bozsits (1977) mutatta ki.
- Monofág. Platánon tömegesen megjelenve károsító.



10.27. ábra. Platán-csipkéspoloska (*Corythucha ciliata*).

Tölgy-csipkéspoloska (*Corythucha arcuata*)

- Észak-amerikai faj, melyet Olaszországba hurcoltak be (Bernardinelli és Zandigiacomo 2000), két évvel később Törökországból is jelzik, majd mintegy tíz év alatt egész Európában elterjedt, sőt 2005-be Iránban is észlelték (Csepelényi et al. 2017). Hazánkban 2013-ban észlelték először a Szarvasi Arborétumban, néhány nappal később pedig a vácrátóti Nemzeti Botanikus Kertben (Csóka et al. 2013).
- Főként tölgyön szívogat, jelentős erdészeti kártevőként léphet fel. A platán-csipkéspoloskához nagyon hasonló, de a félfedőn két sötét folt helyet egy H-alakú minta látható.

10.28. ábra. Babérhanga-csipkéspoloska (*Stephanitis takeyai*).

Babérhanga-csipkéspoloska (*Stephanitis takeyai*) (10.28. ábra)

- Eredetileg Japánban élő faj, 2011-ben találták meg hazánkban a szombathelyi Kámoni Arborétumban (Vétek et al. 2012).

- Elsősorban az erikafélék közé tartozó japán babérhangán (*Pieris japonica*) szívogat, de néha rododendronon is megtalálható. Dísznövény károsítóként felléphet.

Hársbodobács (*Oxycarenus lavaterae*) (10.29. ábra)

- Mediterrán faj, melynek magyarországi, keszthelyi megjelenéséről Konorosy (1995) számol be először, de valószínűleg már ekkor többfelé elterjedt.
- Látványos kártételt nem okoz, mivel a hárs és a mályvafélék magvaival táplálkozik, így magát a növényt nem károsítja.

10.29. ábra. Hársbodobács (*Oxycarenus lavaterae*).

Platánbodobács (*Arocatus longiceps*) (10.30. ábra)

- Az előző fajhoz hasonlóan régóta ismert a Mediterráneumból. Első példányait 1990-ben találták hazánkban (Kondorosy és Szeőke 1998).
- Szintén magvakat fogyaszt, így kártételére nem kell számítani.

10.30. ábra. Platánbodobács (*Arocatus longiceps*).

Amerikai platánbodobács (*Belonochilus numenius*) (10.31. ábra)

- Észak-Amerikából származik, ahol Kanadától Mexikóig elterjedt. Európában 2008-ban tűnt fel, szinte egyszerre jelzik Franciaországból és Spanyolországból (Matocq 2008; Gessé et al. 2009). Terjedésének gyorsaságát mutatja, hogy 2012-ben már

hazánkban is megtalálható (Torma 2012), de már előtte jelezték a szomszédos országokból (Hradil 2011; Rabitsch et al. 2011).

- A platán a legfőbb tápnövénye, ami közkedvelt díszfa Európa szerte. A platánbodobács így hatalmas tömegben képes megjelenni városokban, ahol a lakosság számára rendkívül kellemetlen lehet. Erre nagyon jó példa Barcelona városában történő tömeges elszaporodása is (Riba et al. 2015)

10.31. ábra. Amerikai platánbodobács (*Belonochilus numenius*) (Fotó: Torma A.).

Nyugati levéllábúpoloska (*Leptoglossus occidentalis*) (10.32. ábra)

- Észak-Amerikából származik, Olaszországba hurcolták be 1999-ben (Bernardinelli és Zandigiacomo 2001), és néhány év alatt elterjedt. Nálunk 2004-ben észlelték először Keszthelyen (Harmat et al. 2006).
- Tűlevelűeken szívogat, de nagyobb figyelmet nem lehetséges kártétele miatt kapott, hanem a lakosság körében okozott riadalmat ez, az áttelelésre építményekbe vonuló nagytestű poloska faj. Konorosy Előd (szóbeli közlés) szerint a kezdeti tömeges megjelenésük óta, csökken a számuk.

10.32. ábra. Nyugati levéllábúpoloska (*Leptoglossus occidentalis*).

Vándorpoloska (*Nezara viridula*) (10.33. ábra)

- Valószínűleg Kelet-Afrika és a Mediterráneum az őshazája, de jelenleg az egész világon a trópusi, szubtrópusi régiókban jelen van. Magyarországi megjelenése

komoly visszhangot váltott ki a növényvédelemmel foglalkozó szakemberek körében. Először Szegeden észlelték 2000-ben (Rédei és Torma 2003).

- Szélsőségesen polifág faj, a melegebb égövek egyik legnagyobb gondot okozó növénykártevőjeként tartják számon. Magyarországi kártétele is ismert, de telelésre behúzódik városi lakóhelyekre is, a lakosság számára okozva kellemetlenségeket.

10.33. ábra. Kifejlett vándorpoloska (*Nezara viridula*) és lárvája.

Ázsiai márványospoloska (*Halyomorpha halys*) (10.34. ábra)

- Kelet-ázsiai eredetű. 2007-ben találták meg Svájcban, ahol meg is honosodott (Wermelinger et al. 2008), majd egész Európában elterjedt. Magyarországon 2013-ban észlelték először (Vétek et al. 2014). Észak-Amerikában is meghonosodott, ott 1998-ban észlelték, de napjainkban már Dél-Amerikában is jelen van.
- Polifág növényevő faj. Észak-Amerikában már komoly mezőgazdasági károkat okoz (Leskey et al. 2012). Erdőkben, gyümölcsösökben és zöldségféléken egyaránt lehet kártételére számítani. Hasonlóan a vándorpoloskához, ez a faj is előszeretettel húzódik be épületekbe teleléskor. Hazánkban a vándorpoloska és az ázsiai márványospoloska visszaszorulására nem igen lehet számítani.

10.34. ábra. Kifejlett ázsiai márványospoloska (*Halyomorpha halys*) és lárvája.

Holometabol rovarok (lepkék, bogarak, hártyásszárnyúak és kétszárnyúak)

A holometabol rovarok az ismert fajok jelenős hányadát adják, így természetesen a behurcolt fajok tekintetében is nagy szerepük van. Közülük is a legtöbb növényevő, így növényvédelmi szempontból lehetnek fontosak, illetve a magfogyasztók, mint a zsizsikek, körében lehetnek készletkártevők is. Fölösleges lenne felsorolni a számos egyedi behurcolású, csupán faunisztikai érdekességgel bíró faj adatait. Szintén nem kívánjuk az összes behurcolt, szabadföldi körülmények között nem élő, csak üvegházakban megtalálható vagy készletkártevő fajt felsorolni, noha vannak ilyenek szép számmal. A lepkék közül említhető példaként az *Opogona sacchari, Acharia stimulea, Oinophila v-flava, Cacoecimorpha pronubana* fajok. Főleg a bogarakra jellemző, hogy számtalan árúval behurcolhatók: száraz élelmiszerekkel, mint a már nagyon régóta megtalálható babzsizsik *(Acanthoscelides obtectus)*; gyümölcsökkel, mint a szamóca-fénybogár (*Stelidota geminata*); állati takarmánnyal és gabonával, mint a kukoricazsuzsok *(Sitophilus zeamais)*, vagy az alomként használt növényi anyagon lévő gombákat fogyasztó fajok, mint a fogasnyakú-lapbogár (*Ahasverus advena*) és az amerikai gombabogár (*Litargus balteatus*) (Merkl 2017). Állati eredetű import cikkekkel ugyanúgy bekerülhetnek, mint ahogy az Amerikából származó szűzporva (*Reesa vespulae*), mely ma már a rovargyűjtemények első számú ellensége, kiszorítva a múzeumbogarakat (*Anthrenus* spp.) (Merkl 2006). Természetesen vannak, főleg a Mediterráneum felöl, természetes úton terjedő fajok, amelyek gond nélkül beilleszkednek a faunába és ezeket nem is tekintjük feltétlenül betolakodóknak, mint például a szegettnyakú fürgebogár (*Pseudotomoderus compressicollis*). Hasonlóan nem őshonos faj, de ezt szükségtelen hangsúlyozni a jól ismert, egyébként afrikai eredetű, *Drosophila melanogaster* esetében sem. A legtöbb idegenhonos kétszárnyú (Diptera) nearktikus eredetű, de gondot néhány kivételtől eltekintve nem okoznak, és nem is kerülnek a figyelem középpontjába (Papp 2017). A kétszárnyúak közül csak az idegenhonos „vérszívók", elsősorban a csipőszúnyogok terjeszkedése jut el a közvélemény tudatába, lévén vektorai különböző humán korokozóknak: vírusok (sárgaláz, dengue, zika, nyugat-nílusi vírus, stb.), egysejtűek (malária) és fonalférgek. Közegészségügyi (vagy állategészségügyi) kockázatot jelentenek, így nyomon követésük fontos, beleértve azokét a fajokét is, mint a koreai szúnyog *(Aedes koreicus),* melyek már Európa egyes részein jelen vannak, és estleges előfordulásuk lehetséges hazánkban is (Soltész és Zöldi 2017).

Külön meg kell említeni az elsősorban a hymenopterák körében gyakori, parazitoid életmódú fajokat, mivel a körükben jelentós a szándékolt, biológiai védekezés céljából történő betelepítés (Vas 2017). A hymenopterák köréből egyébként a legismertebbeknek az idegenhonos hangyafajokat tekinthetjük, mivel elsősorban szünantróp környezetben lelhetők fel, mint a hazánkban a 20. század második felében megjelent fáraóhangya (*Monomorium pharaonis*), mely világszerte megtalálható. A trópusi szellemhangya (*Tapinoma melanocephalum*) csak fűtött épületekben képes élni hazánkban (Csősz et al. 2011). Megemlíthetjük azonban az Ázsiában őshonos barnalábú lopódarazsat (*Sceliphron curvatum*) és az észak-amerikai eredetű feketenyelű lopódarazsat (*S. caementarium*) is, melyeket az

1970-es években Nyugat-Európába hurcoltak be, de hazánkba már természetes terjedéssel jutottak el. A barnalábú lopódarázs 1998-ban, míg a feketenyelű lopódarázs 2014-ben lett jelezve (Vas és Józan 2014). Gyakorivá váltak, de hatásuk az őshonos lopódarázs fajokra illetve pók gazdáikra egyelőre nem ismert. Beporzók köréből is ismertek példák idegenhonos fajokra, mint az ázsiai eredetű *Megachile sculpturalis* szabóméh. A beporzás jelentősége miatt, az idegenhonos beporzók lehetséges hatásainak vizsgálata igen fontos, mind előnyös mind káros hatásra ismert példa.

Pettyessszárnyú muslica (*Drosophila suzukii*) (10.35. ábra)

- Délkelet-ázsiai faj, melyet világszerte behurcoltak (Kiss et al. 2016). Érdekessége, hogy Japánból írták le a fajt, de valószínűleg oda is csak behurcolták. Hazánkban 2012-ben fogták először az M7 autópálya egyik pihenőjében, pont egy olyan projekt keretében, amely az autópályák szerepét vizsgálta idegenhonos és egyéb fajok terjedésében (Kiss et al. 2013). Terjedését azóta is nyomon követik (Kiss et al. 2016).
- Mindenféle gyümölcsön kártevő lehet.

10.35. ábra. Pettyesszárnyú muslica (*Drosophila suzukii*).

Keleti cseresznyelégy (*Rhagoletis cingulata*)

- Észak-Amerikai faj, nevében a keleti, arra utal, hogy eredeti elterjedése az USA keleti része. 1986-ban Svájcban és Olaszországban tűnt fel. Magyarországon Agárd térségében észlelték először 2006-ban. Magyarországi terjedésében szerepet játszhat a gyümölcsátvevő helyeken bevett szokás, hogy nem a saját ládái kerülnek vissza a gazdához, így a ládák cseréjével könnyen vihetők át a légy lárvák egyik gyümölcsösből a másikba (Papp 2017).
- Csonthéjas gyümölcsök károsítója. Zárlati károsító. Az őshonos cseresznyelégytől (*R. cerasi*) a szárnymintázata alapján könnyen megkülönböztethető.

Ázsiai tigrisszúnyog vagy zebraszúnyog *(Aedes albopictus)* (10.36. ábra)

- Ázsiai eredetű faj, melyet Európában először 1979-ben észleltek Albániában (Adhami és Reiter 1998). Magyarországon Baja mellett 2014-ben találták meg.

- Igazoltan terjeszti a dengue, a nyugat-nílusi láz és a chikungunya láz vírusát és lehetséges terjesztője a Zika-vírusnak is.

10.36. ábra. Ázsiai tigrisszúnyog (*Aedes albopictus*).

Ázsiai bozótszúnyog *(Aedes japonicus)*

- Eredeti elterjedésére utal a neve is. Elsőként Franciaországban 2000-ben (Schaffner et al. 2003), később több országban, köztük hazánkban is kimutatták 2012-ben (Soltész és Zöldi 2017).
- A nyugat-nílusi láz, a dengue és a chikungunya láz vírusának potenciális vektora.

Kerti hangya (*Lasius neglectus*)

- A fajt 1970-ben fogott magyarországi példányok alapján írták le Van Loon, Boomsma és Andrásfalvy 1990-ben, de valószínűleg Nyugat-Ázsiából származik. Egész Európában elterjedt.
- Poligín (több királynős) faj. Jellegzetes szuperkolóniákat alkotnak. Egy ilyen szuperkolónia budai várból induló terjeszkedését 1988-1998 között követték nyomon. A környezetében más hangyafaj gyakorlatilag nem marad meg.

10.37. ábra. Tölgyselyemlepke (*Antheraea yamamai*).

Tölgyselyemlepke, japán selyemlepke, tölgypávaszem (*Antheraea yamamai*) (10.37. ábra)

- Délkelet-Ázsia az őshazája. Selyemtermelési célból telepítették 1940-es években Kelet-Ausztriába (jelenleg Veliki Slatnik, Szlovénia), ahol a szabadföldi kísérletekből szabadult ki. 1954-ben jelent meg hazánkban Csákdoroszlón. Jelenleg is a dunántúli részek tölgyeseiben lehet találkozni vele; bár Dunaföldvárnál már átlépte a Duna vonalát, az Alföldről máshonnan még nincs észlelése (Ronkay 2017)
- Hatalmas méretű, attraktív faj. A betelepítés célja, a selyemtermelés fellendítése sikertelen volt.

Amerikai fehér medvelepke v. amerikai szövőlepke (*Hyphantria cunea*) (10.38. ábra)

- Észak-Amerikából hurcolták be. Hazánkban 1940-ben észlelték a csepeli kikötőben, de csak évekkel később terjedt el robbanásszerűen. Érdekes módon egy-két évtizede visszaszorulóban van (Szeőke és Csóka 2012).
- Hernyói jellegzetes közös szövedékben élnek, elszaporodva jelentős károkat okozva.

10.38. ábra. Amerikai szövőlepke (*Hyphantria cunea*) és hernyói.

Vadgesztenyelevél-aknázómoly (*Cameraria ohridella*) (10.39. ábra)

- Igazi rejtély ez a faj, származását és elterjedését tekintve. Már önmagában az is érdekes, hogy 1984-ig nem volt ismert, akkor, pontosabban 1986-ban írták le Deschka és Dimić Makedóniából tudományra új fajként. Azonban pillanatok alatt egész Európában elterjedt, például Magyarországon is már 1993-ban jelezték (Ronkay 2017). Még furább, hogy maga a nagy fajszámú génusz Észak-amerikai eredetű; a *Cameraria*-fajok döntő hányada Észak-Amerikában él, több faja ismert még az indomaláj régióból, és néhány a távol-keletről illetve Afrikából. Európában ez az egyetlen faj, viszont, ahogy herbáriumi vizsgálatokból kiderült, már legalább száz éve él a Balkánon, és a genetikai vizsgálatok is balkáni eredetre utalnak (Lees et al. 2011).
- A vadgesztenye levelein jellegzetes aknái vannak a lárvának, ami azonosítható régi herbáriumi növényeken (lásd föntebb). Sajnálatos módon úgy tűnik, hogy terjedése mellett, más tápnövényre is vált, elsősorban hegyi juharra (*Acer pseudoplatanus*) (Péré et al. 2010).

10.39. ábra. Vadgesztenyelevél-aknázómoly (*Cameraria ohridella*).

Akác aknázómolyok (*Parectopa robiniella* és *Phyllonorycter robiniella*) (10.40. ábra)

- Mindkettő Észak-Amerikából származik. A *Parectopa* 1970-ben Olaszországban tűnt fel, és 1983-ban Magyarországon is megjelent; a *Phyllonorycter* pedig 1983-ban Bázelban (Svájc) került elő, majd 1996-ban hazánkból is.
- Mindkét faj monofág. Ahogy a nevük is mutatja, lárváik az akác levelében képeznek járatokat.

10.40. ábra. *Parectopa robiniella.*

10.41. ábra. Selyemfényű puszpángmoly (*Cydalima perspectalis*) és hernyója.

Selyemfényű puszpángmoly (*Cydalima perspectalis*) (10.41. ábra)

- Ázsiai elterjedésű faj, mely dísznövény szaporítóanyaggal együtt került be, és tarolta le Európa puszpáng (*Buxus* spp.) sövényeit, bokrait, évszázados díszkertekben, parkokban és természetesen házi kertekben okozva kárt. Gondos szaporítóanyag kezeléssel megelőzhető lett volna a behurcolása. Hazánkban 2011-ben észlelték (Sáfán és Horváth 2011).

Amerikai darázscincér (*Neoclytus acuminatus*) (10.42. ábra)

- Észak-Amerikából származik. Hazánkban 1980-ban találták meg. A mediterrán országokban tűnt föl először a 2. világháború után, de már egy ideje csökkenő állományt mutat (Brustel et al. 2002).
- Attraktív xilofág faj. Lombosfákban fejlődik.

10.42. ábra. Amerikai darázscincér (*Neoclytus acuminatus*).

10.43. ábra. Burgonyabogár (*Leptinotarsa decemlineata*) és lárvái.

Krumplibogár, burgonyabogár, kolorádóbogár (*Leptinotarsa decemlineata*) (10.43. ábra)

- Eredetileg a Sziklás-hegység térségéből származik, de gyorsan elterjedt Amerikában, mára egy mindenhol megtalálható kozmopolita faj. Európában először Franciaországból jelezték 1922-ben. Magyarországon Héderváron találták meg 1947 július 19-én.

- Burgonyaféléken él. Kártevő. Érdekességként megemlíthető, hogy a magyarországi növényvédelem emlékműve is krumplibogarat formáz, és természetesen Héderváron található. Sőt Buzás M. és Szolnoki J. 1997-ben még dokumentumfilmet is készített a „*Leptinotarsa,* avagy privát nyomozati anyag a krumplibogár titokzatos feltűnéséről Magyarországon" címmel. Ebben még a kommunista propaganda, mely szerint a nyugati imperialista hatalmak szándékosan jutatták az országba, is fellelhető.

Amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera*) (10.44. ábra)

- LeConte írta le a fajt 1868-ban Nyugat-Kansas-ből, melyet egy tök növényről gyűjtött, Kukoricán először 1909-ben észlelték, és hamarosan egész Amerikában jelentős kukorica kártevő lett. Európában, Belgrád (Szerbia) mellett találták meg 1992-ben (Bača 1993), és 1995-ben már Szeged környékén (Csipak) is jelen volt (Princzinger és Ilovay 1996)
- A kukorica szárának a bedőlése jellemzi tömeges megjelenését.

10.44. ábra. Amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera*).

Harlekinkatica (*Harmonia axyridis*) (10.45. ábra)

- Kelet-Ázsiából származik. Biológiai védekezés (levéltetvek ellen) keretében több országba is betelepítették. Amerikában már a 20. század elején elkezdték a telepítését, és folyamatosan telepítették újra. Az 1980-as évek végéig sikeres és kontrollált biológiai védekezést folytattak a fajjal, de 1988-ban önfenntartó populációja alakult ki (nem tudni, hogy a direkt betelepítések vagy egy ettől független véletlen behurcolás eredményezte-e a megtelepedését), és néhány évtized alatt elterjedt. Európában is több országban telepítették be 1964-től; először Ukrajnába, Fehéroroszországba, majd 1980-as évektől Nyugat-Európa országaiba is. Hasonlóan, mint az USA-ban eleinte nem telepedett meg, de megtelepedése után azonban, mindenhol az egyik leggyakoribb katicává vált. Mára egész Európában elterjedt, hazánkban 2008-ban találták meg Szigetszentmiklóson (Merkl 2008).
- Az őshonos katicabogár fajokat, elsősorban a lombkoronában élőket, így a rózsás katicát (*Oenopia conglobata*), a kétpettyes katicát (*Adalia bipunctata*), a tízpettyes katicát (*Adalia decempunctata*) és a tizennégyfoltos füsskatát (*Calvia*

quatuordecimguttata) szorítja ki. Ezt segítheti az is, hogy terjeszt egy olyan kisspórás gomba (Microsporidia) okozta betegséget, mely ellen ő maga védett. A borászatban is károkat okozhat: a fürtökkel együtt lepréselt katicák keserű hemolimfája megrontja a must minőségét. Áttelelő példányai tömegesen jelenhetnek meg épületekben, zavarva az ott lakókat.

10.45. ábra. Harlekinkatica (*Harmonia axyridis*).

Ellenőrző kérdések

1. Milyen folyamatok segítik az idegenhonos fajok megjelenését?
2. Milyen módon kerülhetnek be idegenhonos fajok egy faunába?
3. Mi segíti Európában a vízi fajok terjedését?
4. Sorolj föl néhány inváziós vízi gerinctelen fajt!
5. Mi az urbanizáció szerepe az idegenhonos fajok szempontjából?
6. Milyen okokból történhet idegenhonos fajok szándékos behurcolása?
7. Milyen példákat ismersz növényevő fajok behurcolására?
8. Mit tekintünk inváziós fajnak?
9. Mit tekintünk őshonos fajnak?
10. Milyen összefüggés lehet a faunánkban új fajok megjelenése és a klímaváltozás között?

11. Irodalomjegyzék

Adhami J., Reiter P. (1998): Introduction and establishment of *Aedes (Stegomyia) albopictus* Skuse (Diptera: Culicidae) in Albania. Journal of the American Mosquito Control Association 14, 340–343.

Ax P. (1996): Multicellular Animals: A new Approach to the Phylogenetic Order in Nature. Volume I. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, New York, 225 pp.

Ax P. (2000): Multicellular Animals: The Phylogenetic System of the Metazoa. Volume II. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 396 pp.

Ax P. (2003): Multicellular Animals: Order in Nature – System Made by Man. Volume III. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 317 pp.

Bača F. (1993): New member of the harmful entomofauna of Yugoslavia *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte (Coleoptera: Chrysomeldae). IWGO Newsletter 8, 21.

Baird A. B., Braun J. K., Mares M. A., Morales J. C., Patton J. C., Tran C. Q., Bickham J. W. (2015): Molecular systematic revision of tree bats (Lasiurini): doubling the native mammals of the Hawaiian Islands. Journal of Mammalogy 96, 1255–1274.

Bakonyi G. (szerk.) (2003): Állattan. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 718 pp.

Barnosky, A. D. Matzke N., Tomiya S., Wogan G. O. U., Swartz B., Quental T. B., Marshall C., McGuire J. L., Lindsey E. L., Maguire K. C., Mersey B., Ferrer E. A. (2011): Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? Nature 471, 51–57.

Báldi A., Moskát Cs., Szép T. (1997): Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Rendszer IX. Madarak. Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest, pp. 81.

Bennett A. F. (2003): Linkages in the landscape: the role of corridors and connectivity in wildlife conservation. IUCN, Cambridge, pp. 254.

Bernardinelli I., Zandigiacomo P. (2000): Prima segnalazione de *Corythucha arcuata* (Say) (Heteroptera, Tingidae) in Europa. Informatore Fitopatologico 50, 47–49.

Beutel R. G., Friedrich F., Ge S.-Q., Yang X.-K. (2014): Insect Morphology and Phylogeny: A textbook for students of entomology. De Gruyter, Berlin/Boston, 516 pp.

Bódis E, Tóth B., Sousa R. (2014): Impact of *Dreissena* fouling on the physiological condition of native and invasive bivalves: interspecific and temporal variations. Biological Invasions 16, 1373–1386.

Borza P. (2011): Revision of invasion history, distributional patterns, and new records of Corophiidae (Crustacea: Amphipoda) in Hungary. Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae 57, 75–84.

Borza P., Puky M. (2012): A felszíni vizekben élő magasabbrendű rákok (Crustacea Malacostraca) aktuális magyarországi helyzete: Gyorsuló invázió, sérülékeny és veszélyeztetett őshonos fajok. Acta Biologica Debrecina Supplementum Oecologica Hungarica 28, 33–46.

Brusca R. C., Brusca G. J. (2003): Invertebrates. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts, 936 pp.

Brustel H., Berger P., Cocqempot C. (2002): Catalogue des Vesperidae et des Cerambycidae de la faune de France (Coleoptera). Annales de la Société Entomologique de France 38, 443–461.

Capinera J. L. (ed.) (2008): Encyclopedia of Entomology, 2nd Edition. Springer, Dordrecht, 4346 pp.

Chapman A. D. (2009): Numbers of living species in Australia and the world (2nd ed.). A Report for the Australian Biological Resources Study September 2009. Australian Biodiversity Information Services, Toowoomba, Australia. Available from: http://www.environment.gov.au/node/13866

Chetkiewicz C. L. B., St. Clair C. C., Boyce M .S. (2006): Corridors for conservation: integrating pattern and process. Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics 37, 317–342.

Connell J. H. (1978): Diversity in tropical rain forests and coral reefs. Science 199, 1302–1310.

Csányi B., Varga A. (2017): Behurcolt és invazív puhatestűek. Magyar Tudomány 2017/4, 419–425.

Csepelényi M., Hirka A., Szénási Á., Mikó Á., Szőcs L., Csóka Gy. (2017): Az inváziós tölgy csipkéspoloska [*Corythucha arcuata* (Say, 1832)] gyors terjeszkedése és tömeges fellépése Magyarországon. Erdészettudományi Közlemények 7, 127–134.

Csóka Gy., Hirka A., Somlyai M. (2013): A tölgy csipkéspoloska (*Corythucha arcuata* Say, 1832 – Hemiptera, Tingidae) első észlelése Magyarországon. Növényvédelem 49, 293–296.

Csorba G. (2017): Mit csinálnak az emlős özönfajok Magyarországon? Magyar Tudomány 2017/4, 430–433.

Csorba G., Pecsenye K. (1997): Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Rendszer X. Emlősök és a genetikai sokféleség monitorozása. Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest, pp. 47.

Csörgő T., Farkas J., Kis V., Molnár K., Sass M., Szatmári Zs., Török J. K. (2012): Bevezetés az állattanba. ELTE, Budapest, 386 pp.

Csősz S., Markó B., Gallé L. (2011): The myrmecofauna (Hymenoptera: Formicidae) of Hungary: an updated checklist. North-Western Journal of Zoology 7, 55–62.

Davis G. K., Patel N. H. (1999): The origin and evolution of segmentation. Trends in Genetics 15, M68–M72.

Davis M. A., Thompson K., Grime J. P. (2001): Charles S. Elton and the dissociation of invasion ecology from the rest of ecology. Diversity and Distributions 7, 97–102.

Davis M. A., Thompson K., Grime J. P. (2001): Charles S. Elton and the dissociation of invasion ecology from the rest of ecology. Diversity and Distributions 7, 97–102.

Desender K., Small E., Gaublomme E., Verdyck P. (2005): Rural-urban gradients and the population genetic structure of woodland ground beetles. Conservation Genetics 6, 51–62.

Dickerson R., Merrill E. D., McGregor R .C., Schultze W., Taylor E. H., Herre A. (1928): Distribution of Life in the Philippines. Bureau of Science, Manila.

Donald P. F. (2007): Adult sex ratios in wild bird populations. Ibis 149, 671–692.

Dudich E., Loksa I. (1978): Állatrendszertan, 4. kiadás. Tankönyvkiadó, Budapest, 708 pp.

Dunn C. W., Giribet G., Edgecombe G. D., Hejnol A. (2014): Animal phylogeny and its evolutionary implications. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics 45, 371–395.

Elek Z., Lövei G. L. (2007): Patterns in ground beetle (Coleoptera: Carabidae) assemblages along an urbanisation gradient in Denmark. Acta Oecologica 32, 104–11.

Erős T., Vörös J. (2017): Áttekintés a hazai idegenhonos és inváziós halak, kétéltűek és hüllők jelenlegi helyzetéről. Magyar Tudomány 2017/4, 426–428.

Erwin T. L. (1982): Tropical forests: their richness in Coleoptera and other arthropod species. The Coleopterists Bulletin 36, 74–75.

Fekete G., Molnár Zs., Horváth F. (eds.) (1997): Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Rendszer II. A magyarországi élőhelyek leírása, határozója és a Nemzeti Élőhelyosztályozási Rendszer. Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest, pp. 374.

Forrest J. R. K., Thorp R. W., Kremen C., Williams N. M. (2015): Contrasting patterns in species and functional-trait diversity of bees in agricultural landscape. Journal of Applied Ecology 52, 706–715.

Forró L. (ed.) (1997): Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Rendszer V. Rákok, szitakötők, egyenesszárnyúak. Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest, pp. 81.

Gallé R., Erdélyi N., Szpisjak N., Tölgyesi C., Maák I. (2015): The effect of the invasive *Asclepias syriaca* on the ground-dwelling arthropod fauna. Biologia 70, 104–112.

Gaublomme E., Hendrickx F., Dhuyvetter H., Desender K. (2008): The effects of forest patch size and matrix type on changes in carabid beetle assemblages in an urbanized landscape. Biological Conservation 141, 2585–2596.

Géczy B. (1993): Ősállattan II. – Vertebrata paleontologia. Tankönyvkiadó, Budapest, 504 pp.

Gessé F., Ribes J., Goula M. (2009): *Belonochilus numenius*, the sycamore seed bug, new record for the Iberian fauna. Bulletin of Insectology 62, 121–123.

Gozlan R. E., St-Hilaire S., Feist S. W., Martin P., Kent M. L. (2005): Biodiversity: Disease threat to European fish. Nature 435, 1046.

Gray J. S. (1989): Effects of environmental stress on species rich assemblages. Biological Journal of the Linnean Society 37, 19–32.

Grimaldi D., Engel M. S. (2005): Evolution of the Insects. Cambridge University Press, New York, 755 pp.

Groom M. J., Meffe G. K., Carroll C. R. (2006): Principles of Conservation Biology. Sinauer Associates, Sunderland.

Gullan P. J., Cranston P. S. (2005): The Insects: An Outline of Entomology, 3rd Edition. Blackwell Publishing, Oxford, 505 pp.

Halasi-Kovács B., Harka Á. (2012): Hány halfaj él Magyarországon? Pisces Hungarici 6, 5–24.

Hannibal R. L., Patel N. H. (2013): What is a segment? Evodevo 4:35.

Harkai Á., Sallai Z. (2004): Magyarország halfaunája. Nimfea Természetvédelmi Eegyesület, Szarvas, pp. 269.

Harmat B., Kondorosy E., Rédei D. (2006): A nyugati levéllábú karimáspoloska (*Leptoglossus occidentalis* Heidemann) elsô magyarországi megjelenése (Heteroptera: Coreidae). Növényvédelem 42, 491–494.

Harper D. (2001): Online Etymology Dictionary. Available from: https://www.etymonline.com/

He J., Zheng L., Zhang W., Lin Y. (2015): Life Cycle Reversal in *Aurelia* sp. 1 (Cnidaria, Scyphozoa). PLoS ONE 10(12): e0145314.

Hehenberger E., Tikhonenkov D. V., Kolisko M., Campo J. del, Esaulov A. S., Mylnikov A. P., Keeling P. J. (2017): Novel predators reshape holozoan phylogeny and reveal the presence of a two-component signaling system in the ancestor of animals. Current Biology 27, 2043–2050.

Hocknull S. A., Piper P. J., van den Bergh G. D., Due R. A., Morwood M. J., Kurniawan I. (2009): Dragon's Paradise Lost: palaeobiogeography, evolution and extinction of the largest-ever terrestrial lizards (Varanidae). PLoS ONE 4, e7241.

Hohmann U., Bartussek I., Böer B. (2001): Der Waschbär. Oertel und Spörer, Reutlingen, Germany.

Holt, B. G., Lessard J.-P., Borregaard M. K., Fritz S. A., Araújo M. B., Dimitrov D., Fabre P.-H., Graham C., Graves G. R., Jønsson K. A., Nogués-Bravo D., Wang Z., Whittaker R. J., Fjeldså J., Rahbek C. (2013): An update of Wallace's zoogeographic regions of the world. Science 339, 74–78.

Holt J. R., Iudica C. A.: Systematic Biology – The Science of Biodiversity. Available from: http://comenius.susqu.edu/biol/202/animals/default.htm

Hornung E., Samu F., Szinetár Cs., Zsuga K. (2017): Betolakodók és csendes hódítók: példák az ízeltlábúak köréből. Magyar Tudomány 2017/4, 416–419.

Horváth F., Rapcsák T., Szilágyi G. (eds.) (1997): Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Rendszer I. Informatikai alapozás. Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest, pp. 164.

Hradil K. (2011): Faunistic records from the Czech Republic – 315. Heteroptera: Lygaeidae: *Belonochilus numenius* (Say, 1831). Klapalekiana 47, 261–262.

Ishitani M., Kotze D. J., Niemelä J. (2003): Changes in carabid beetle assemblages across an urban-rural gradient in Japan. Ecography 26, 481–489.

Jasinka J., Bozsits Gy. (1977): A platán csipkés poloska (*Corythuca ciliata*) fellépése Magyarországon. Növényvédelem13, 42–46.

Jermy T. (1962): Preliminary observations on the natural enemies of *Perillus bioculatus* F. in Hungary (Heteroptera, Pentatomidae). Folia Entomologica Hungarica 15, 17–23.

Kayal E., Bentlage B., Pankey M. S., Ohdera A. H., Medina M., Plachetzki D. C., Collins A. G., Ryan J. F. (2018): Phylogenomics provides a robust topology of the major cnidarian lineages and insights on the origins of key organismal traits". BMC Evolutionary Biology 18:68.

Kiss B., Kis A., Kákai Á. (2016): The rapid invasion of spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii* (Matsumura) (Diptera: Drosophilidae), in Hungary. Phytoparasitica 44, 429–433.

Kiss B., Lengyel, G. D., Nagy Zs., Kárpáti Zs. (2013): A pettyesszárnyú muslica (*Drosophila suzukii*) első magyarországi előfordulása [First record of spotted wing drosophila [*Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931)] in Hungary]. Növényvédelem 49, 97–100.

Kolar C. S., Chapman D. C., Courtenay W. R., Housel C. M., Williams J. D., Jennings D. P. (2005): Asian carps of the genus *Hypophthalmichthys* (Pisces, Cyprinidae). Biological synopsis and environmental risk assessment. U.S. Fish and Wildlife Service, 183 pp.

Kondorosy E. (1995): Az *Oxycarenus lavaterae* bodobácsfaj (Heteroptera: Lygaeidae) hazai megjelenése. Folia Entomologica Hungarica 56, 237–238.

Kondorosy E. (2012): Adventív poloskafajok Magyarországon. Növényvédelem 48, 97–104.

Kondorosy E., Szeőke K. (1998): A platánbodobács (*Arocatus longiceps* Stal, 1872) a hazai poloskafauna új tagja. Növényvédelem 34, 191.

Korsós Z. (1997): Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Rendszer VIII. Kétéltűek és hüllők. Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest, pp. 44.

Kovács Zs. E. (2014): A kisemlősfauna holocén kori változásai Magyarországon – a házi patkány (*Rattus rattus*) megjelenése és terjedése. Doktori (PhD) dolgozat. Debreceni Egyetem, Debrecen.

Kovács-Láng E., Török K. (eds.) (1997): Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Rendszer III. Növénytársulások, társuláskomplexek és élőhelymozaikok. Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest, pp. 148.

Kovács-Láng E., Kröel-Dulay G., Czúcz B. (2008): Éghajlatváltozás hatásai a természetes élővilágra és teendőink a megőrzés és kutatás területén. Természetvédelmi Közlemények 14, 5–39.

Kozár F., Konczné Benedicty Zs., Fetykó K., Szita É., Kiss B. (2013): An annotated update of the scale insect checklist of Hungary (Hemiptera, Coccoidea). ZooKeys 309, 49–66.

Kun A., Molnár Zs. (1999): Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Rendszer XI. Élőhelytérképezés. Scientia Kiadó, Budapest, pp. 174.

LaDeau S. L., Kilpatrick A. M., Marra P. P. (2007): West Nile virus emergence and large-scale declines of North American bird populations. Nature 447, 710–713.

Lafferty K. D., Smith K. F., Torchin M. E., Dobson A. P., Kuris A. M. (2005): The role of infectious disease in natural communities: what introduced species tell us. In: Sax D. F., Stachowicz J. J., Gaines S. D., (eds.) Species invasions. Insights into ecology, evolution, and biogeography. Sinauer Associates, Sunderland, MA., pp. 111–134.

Laumer C. E., Gruber-Vodicka H., Hadfield M. G., Pearse V. B., Riesgo A., Marioni J. C., Giribet G. (2018): Support for a clade of Placozoa and Cnidaria in genes with minimal compositional bias. eLife 7: e36278.

Lees D. C., Lack H. W., Rougerie R., Hernandez-Lopez A., Raus T., Avtzis N. D., Augustin S., Lopez-Vaamonde C. (2011): Tracking origins of invasive herbivores using herbaria and archival DNA: the case of the horse-chestnut leafminer. Frontiers in Ecology and the Environment 9, 322–328.

Leskey T. C., Hamilton G. C., Nielsen A. L., Polk D. F., Rodriguez-Saona C., Bergh J. C., Herbert D. A., Kuhar T. P., Pfeiffer D., Dively G. P., Hooks C. R. R., Raupp M. J., Shrewsbury P. M., Krawczyk G., Shearer P. W., Whalen J., Koplinka-Loehr C., Myers E., Inkley D., Hoelmer K. A., Lee D. H., Wright S. E. (2012): Pest status of the Brown Marmorated Stink Bug, *Halyomorpha halys* in the USA. Outlooks on Pest Management 23, 218–226.

Lippert K. A., Gunn J. M., Morgan G. E. (2007): Effects of colonizing predators on yellow perch (*Perca flavescens*) populations in lakes recovering from acidification and metal stress. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 64, 1413–1428.

Littlewood D. T. J. (2017): Animal Evolution: Last Word on Sponges-First? Current Biology 27, R259–R281.

Magura T., Lövei G. L., Tóthmérész B. (2010): Does urbanisation decrease diversity in ground beetle (Carabidae) assemblages? Global Ecology and Biogeography 19, 16–26.

Majoros G. (2006): Az amuri kagyló [*Anodonta (Sinanodonta) woodiana* (Lea, 1834)] megtelepedése a Balatonban és elszaporodásának következményei. Halászat 99, 143–150.

Markó B., Ujvárosi L., László Z. (2010): Gerinctelen állatismeret I. – Az állati jellegű egysejtűektől a gyűrűsférgekig. Kolozsvári Egyetemi Kiadó, Kolozsvár, 240 pp.

Marlétaz F., Peijnenburg K. T. C. A., Goto T., Satoh N., Rokhsar D. S. (2019): A new spiralian phylogeny places the enigmatic arrow worms among gnathiferans. Current Biology, DOI: https://doi.org/10.1016/j.cub.2018.11.042.

Máthé I., Balázs E. (2006): Az emberi zavarás futóbogarakra gyakorolt hatásának vizsgálata Erdélyben. Állattani Közlemények 91, 57–68.

Matocq A. (2008): Presence en France et en Corse d'un Heteroptere nearctique, *Belonochilus numenius* (Say, 1831) (Hemiptera, Lygaeidae, Orsillinae). Bulletin de la Societe Entomologique de France 113, 533–534.

May R. M. (2011): Why Worry about How Many Species and Their Loss? PLoS Biology 9, e1001130.

May R. M., Lawton J. H., Stork N. E. (1995): Assessing extinction rates. In: Lawton J. H., May R. M. (eds.) Extinction rates. Oxford University Press. Oxford: pp. 1–24.

Merkl O. (2006): New beetle species in the Hungarian fauna (Coleoptera). Folia Entomologica Hungarica 67, 19–36.

Merkl O. (2008): A harlekinkatica (*Harmonia axyridis* Pallas) Magyarországon (Coleoptera: Coccinellidae). Növényvédelem 44, 239–242.

Merkl O. (2017): Kártevő bogárjövevények Magyarországon: pillanatfelvétel 2016-ban. Magyar Tudomány 2017/4, 402–405.

Merkl O., Kovács T. (1997): Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Rendszer VI. Bogarak. Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest, pp. 44.

Metcalfe I., Smith J. M. B., Morwood M., Davidson I., (2001): Faunal and Floral Migration and Evolution in SE Asia-Australasia. A.A. Balkema Publisher.

Mora C., Tittensor D. P., Adl S., Simpson A. G. B., Worm B. (2011): How many species are there on Earth and in the ocean? PLoS Biology 9, e1001127.

Niemelä J, Kotze D. J., Ashworth A., Brandmayr P., Desender K., New T., Penev L., Samways M., Spence J. (2000): The search for common anthropogenic impacts on biodiversity: a global network. Journal of Insect Conservation 4, 3–9.

Niemelä J., Kotze D. J. (2009): Carabid beetle assemblages along urban to rural gradients: A review. Landscape and Urban Planning 92, 65–71.

Niemelä J., Kotze D. J., Venn S., Penev L., Stoyanov I., Spence J., Hartley D., Montes de Oca E. (2002): Carabid beetle assemblages (Coleoptera, Carabidae) across urban-rural gradients: an international comparison. Landscape Ecology 17, 384–401.

Normile D. (2008): Driven to extinction. Science 319, 1606–1609.

Papp L. (szerk.) (1997): Zootaxonómia. Egységes jegyzet. Magyar Természettudományi Múzeum – Dabas-Jegyzet Kft., Dabas, 382 pp.

Papp L. (2017): Invazív és behurcolt legyek Magyarországon. Magyar Tudomány 2017/4, 413–416.

Pénzes B. (2004): Újabb kártevő kabóca Magyarországon. Kertészet és Szőlészet 35, 16–17.

Petró E. (1984): Occurrence of *Anodonta woodiana woodiana* (Lea, 1834) in Hungary. Állattani Közlemények 71, 189–191.

Pimm S. L, Brooks T. M. (2005): The sixth extinction: how large, where, and when? In: Raven P. H., (ed.) Nature and human society. National Academy Press, Washington (D.C.), pp. 46–62.

Plowright W. (1982): The effects of rinderpest and rinderpest control on wildlife in Africa. Symposia of the Zoological Society of London, 50, 1–28.

Princzinger G., Ilovay Z. (1996): Monitoring of western Rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) in Hungary, 1995. IWGO Newsletter 16, 7–11.

Puky M. (2012): Do researchers have anything to do with "Danubian killer machines"? *Eriocheir sinensis* in Hungary. 39th IAD Conference Living Danube, Szentendre, Hungary, pp. 211–215.

Pullin A. S., Knight T. M. (2001): Effectiveness in conservation practice: pointers from medicine and public health. Conservation Biology 15, 50–54.

Rabitsch W., Bräu M., Friess T. (2011): *Belonochilus numenius* (Say, 1832) (Heteroptera: Lygaeidae) has reached Austria! Beiträge zur Entomofaunistik 12, 148–149.

Rédei D., Torma A. (2003): Occurrence of the Southern Green Stink Bug, *Nezera viridula* (Heteroptera: Pentatomidae) in Hungary. Acata Phytopathologica et Entomologica Hungarica 38, 365–367.

Resh V. H., Cardé R. T. (eds.) (2009): Encyclopedia of Insects, 2nd Edition. Academic Press, 1132 pp.

Riba J. M., Martí I., Goula M. (2015): Updating data on the sycamore seed bug, *Belonochilus numenius* (Say, 1832) (Hemiptera: Lygaeidae) in Spain. Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural 79, 157–163.

Ronkay L. (19979: Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Rendszer VII. Lepkék. Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest, pp. 71.

Ronkay L. (2017): Invazív és behurcolt lepkék a hazai faunában. Magyar Tudomány 2017/4, 405–408.

Roques A. (2010): Taxonomy, time and geographic patterns. Chapter 2. In : Roques A., Kenis M., Lees D., Lopez-Vaamonde C., Rabitsch W., Rasplus J.-Y., Roy D. B. (eds.) Alien terrestrial arthropods of Europe. BioRisk 4, 11–26.

Rózsa L. (2005): Élősködés – Az állati és emberi fejlődés motorja. Medicina Könyvkiadó Rt., Budapest, 318 pp.

Sáfián Sz. és Horváth B. (2011): Box Tree Moth – *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859), new member in the Lepidoptera fauna of Hungary (Lepidoptera: Crambidae). Natura Somogyiensis 19, 245 –246.

Schaffner F., Chouin S., Guilloteau J. (2003): First record of *Ochlerotatus (Finlaya) japonicus japonicus* (Theobald, 1901) in metropolitan France. Journal of the American Mosquito Control Association 19, 1–5.

Schmarda L. K. (1853) Die geographische Verbreitung der Tiere. Gerold und Sohn, Wien.

Sclater P. L. (1858): On the general geographical distribution of the members of the class Aves. Journal of the Proceedings of the Linnean Society 2, 130–145.

Šefrová H., Laštůvka Z. (2005): Catalogue of alien animal species in the Czech Republic. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis 53, 151–170.

Soltész Z., Zöldi V. (2017): Behurcolt és invazív csípőszúnyogok Magyarországon. Magyar Tudomány 2017/4, 410–412.

Somogyi A. Á., Lőrinczi G., Kovács J., Maák I. E. (2017): Structure of ant assemblages in planted poplar (*Populus alba*) forests and the effect of the Common milkweed (*Asclepias syriaca*). Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae 63, 443–457.

Soós L. (1963): The Alleged Occurrence of *Theodoxus fluviatilis* L. in the river Tisza (Gastropoda, Prosobranchiata). Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae 9, 397–402.

Soós N., Petri A., Nagy-László Zs., Csabai Z. (2010): *Anisops sardeus* Herrich-Schaeffer, 1849: first records from Hungary (Heteroptera: Notonectidae). Folia Entomologica Hungarica 71, 15–18.

Soulé M. E. (ed.) (1986): Conservation Biology - The Science of Scarcity and Diversity. Sinauer Associates, Sunderland.

Standovár T., Primack R. (2001): A természetvédelmi biológia alapjai. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.

Sutherland,W. J., Pullin A. S., Dolman P. M., Knight T. M. (2004): The need for evidence-based conservation. Trends in Ecology & Evolution 19, 305–308.

Szalay F. (1982): A new appraisal of marsupial phylogeny and classification. In: Archer M. (ed.). Carnivorous Marsupials. Royal Zoological Society of New South Wales 2, pp. 621–640.

Szalóky Z., Bammer V., György Á. I., Pehlivanov L., Schabuss M., Zornig H., Weiperth A., Erős T. (2015): Offshore distribution of invasive gobies (Pisces: Gobiidae) along the longitudinal profile of the Danube River. Fundamental and Applied Limnology 187, 127–133.

Szalontai K. (2008): A pontusi tanúrák (*Limnomysis benedeni* /Czerniavsky, 1882/) állományfelmérése, populáció-dinamikája és produkciója a Balatonban. Doktori (PhD) értekezés. Debreceni Egyetem, Debrecen.

Szekeres J., Szalóky Z., Bodolai K. (2008): Első adat a *Dreissena bugensis* (Andrusov, 1897) (Bivalvia: Dreissenidae) magyarországi megjelenéséről. Malakológiai Tájékoztató 26, 33–36.

Szeőke K., Csóka Gy. (2012): Jövevény kártevő ízeltlábúak áttekintése Magyarországon. Lepkék (Lepidoptera). Növényvédelem. 48, 105–115.

Szép T. (2017): Behurcolt és invazív madárfajok szerepe a hazai madárfauna változásában. Magyar Tudomány 2017/4, 428–430.

Szinetár Cs. (1992): Újdonsült albérlőink, avagy jövevények az épületlakó pókfaunánkban. Állattani Közlemények 78, 99–108.

Szinetár Cs., Nentwig W. (2014): Őshonos, behurcolt, inváziós. A biológiai invázió fogalmainak értelmezése a közép-európai és hazai pókfauna esetében. XV. MPT. Miskolc, Program és absztrakt füzet, p.3.

Szinetár Cs., Samu F (2012): Intensive grazing opens spider assemblage to invasion by disturbance-tolerant species. Journal of Arachnology 40, 59–70.

Szinetár Cs., Török T., Szűts T. (2014): *Zoropsis spinimana*, mint új épületlakó pókfaj Magyarországon. NYME SEK Tudományos Közleményei XX. Természettudományok 15, 105–113.

Tedersoo L., Sánchez-Ramírez S., Kõljalg U., Bahram M., Döring M., Schigel D., May T., Ryberg M., Abarenkov K. (2018): High-level classification of the Fungi and a tool for evolutionary ecological analyses. Fungal Diversity 90 (1), 135–159.

Thomson G. M. (1922): The Naturalisation of Animals and Plants in New Zealand. Cambridge University Press, Cambridge.

Torma A. (2012): First record of the alien sycamore seed bug *Belonochilus numenius* (Heteroptera: Lygaeidae) in Hungary (A *Belonochilus numenius* (Heteroptera:

Lygaeidae) adventív poloskafaj első magyarországi előfordulása). Növényvédelem 48, 467–468.

Torma A., Császár P., Bozsó M., Deák B., Valkó O., Kiss O., Gallé R. (2019): Species and functional diversity of arthropod assemblages (Araneae, Carabidae, Heteroptera and Orthoptera) in grazed and mown salt grasslands. Agriculture, Ecosystems & Environment 273, 70–79.

Tóth J. (szerk.) (2014): Erdészeti rovartan. Agroinform Kiadó, Budapest, 514 pp.

Tóthmérész B., Magura T. (2009): Az urbanizáció hatása a talajfaunára: Hipotézisek és nemzetközi kitekintés. Természetvédelmi Közlemények 15, 13–22.

Tóthmérész B., Máthé I. Balázs E., Magura T. (2011): Responses of carabid beetles to urbanization in Transylvania (Romania). Landscape and Urban Planning 101, 330–337.

Török K. (ed.) (1997): Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Rendszer IV. Növényfajok. Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest, pp. 140.

Udvardy M. (1983): Dinamikus állatföldrajz. Tankönyvkiadó Vállalat, Budapest.

VanDyk J., Belov V. (eds.) (2017): BugGuide. Department of Entomology, Iowa State University, Ames, Iowa. Available from: http://bugguide.net.

Varga J., Rácz I. (1996): Állatföldrajz. Eszterházy Károly Tanárképző Főiskola, Eger.

Vas Z. (2017): Hártyásszárnyúak (Hymenoptera). Magyar Tudomány 2017/4, 409–410.

Vas Z., Józan Zs. (2014): Új adatok és határozókulcs Magyarország lopódarázs faunájához (Hymenoptera: Sphecidae). Natura Somogyiensis 24, 157–164.

Vétek G., Kondorosy E., Maráczi L. (2012): A babérhanga csipkéspoloska (*Stephanitis takeyai* Drake et Maa) (Heteroptera: Tingidae) megjelenése Magyarországon. Növényvédelem 48, 21–26.

Vétek G., Papp V., Haltrich A., Rédei D. (2014): First record of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae), in Hungary, with description of the genitalia of both sexes. Zootaxa 3780, 194–200.

Vilisics F., Hornung E. (2010): Újabb adatok Magyarország szárazföldi ászkarák faunájához (Crustacea, Isopoda, Oniscidea). Állattani Közlemények 95, 87–120.

von Humboldt A. (1850): Views of Nature: or Contemplations on the Sublime Phenomena of Creation. Translated by Otté E. C., Bohn H. G., Henry G. Bohn, London.

von Reumont B. M., Campbell L., Jenner R. A. (2014): Quo vadis venomics? A roadmap to neglected venomous invertebrates. Toxins 6, 3488–3551.

Wagner, J. (1938): Neue Schneckenfunde aus dem Transdanubium (1936–1937). I. *Modicella clienta* (Westl.) Ehrm. *Clausilia ventricosa* Drap. und *Physa acut*a Drap. von Pécs (Fünfkirchen). II. Pomatias elegans Müll. von Baltavár (Kom. Vas). III. Hygromia cinctella Drap. im Zugliget. Fragmenta Faunistica Hungarica. 1, 14–16.

Wägele J. W., Bartolomaeus T. (eds.) (2014): Deep Metazoan Phylogeny: The Backbone of the Tree of Life. Walter de Gruyter GmbH, Berlin, 736 pp.

Wallace A. R. (1869) The Malay Archipelago. Macmillan, London.

Wallace A. R. (1876) The geographical distribution of animals. Macmillan, London.

Weiperth A., Csányi B., Gál B., György Á. I., Szaloky Z., Szekeres J., Tóth B., Puky M. (2015): Egzotikus rák-, hal- és kétéltűfajok a Budapest környéki víztestekben. Pisces Hungarici 9, 65–70.

Wermelinger B., Wyniger D., Forster B. (2008): First records of an invasive bug in Europe: *Halyomorpha halys* Stål (Heteroptera: Pentatomidae), a new pest on woody ornamentals and fruit trees? Mitteilungen der Schweizer Entomologischen Gesellschaft 81, 1–8.

Williamson T. E., Brusatte S. L., Wilson G. P. (2014): The origin and early evolution of metatherian mammals: the Cretaceous record. Zookeys 465, 1–76.

WoRMS Editorial Board (2018): World Register of Marine Species. Available from http://www.marinespecies.org at VLIZ.

Woynárovich E. (1955): Vorkommen der *Limnomysis benedeni* Czern in ungarischen Donauabschnitt. Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae 1, 177–185.

Yoccoz N. G., Nichols J. D., Boulinier T. (2001): Monitoring of biological diversity in space and time. Trends in Ecology & Evolution 16, 446-453.

Zboray G. (szerk.) (1998): Összehasonlító anatómiai praktikum I. Nemzeti Tankönyvkiadó Rt., Budapest, 408 pp.

Zboray G. (szerk.) (1995): Összehasonlító anatómiai praktikum II. Nemzeti Tankönyvkiadó Rt., Budapest, 368 pp.

Zhang Z.-Q. (ed.) (2011): Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness. Zootaxa 3148, 1–237.

Zhang Z.-Q. (ed.) (2013): Animal biodiversity: An update of classification and diversity in 2013. In: Zhang, Z.-Q. (ed.): Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness (Addenda 2013). Zootaxa 3703, 1–82.

Függelék – Licencek a nem saját ábrákhoz

címábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hemidactylus_frenatus_(Common_House_Gecko)_on_white_background,_focus_stacking.jpg

Szerzők és szerzői jogok:
Basile Morin (CC BY-SA 4.0).

Átalakítás:
Ábra megvágása, élesség, fényerő és kontraszt módosítása.

3.4. ábra:

Elérési utak:
A: https://www.flickr.com/photos/anna-barnett/4610506579
B: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ctenophora-Comb-jelly-Euplokamis-sp.-02.jpg
C: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Trichoplax_mic.jpg
D:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:2018._Cnidaria._Medusa._Loro_parque._Tenerife-3.jpg

Szerzők és szerzői jogok:
A: Anna Barnett (CC BY 2.0); B: Alexander Semenov (CC BY-SA 4.0); C: Oliver Voigt (CC BY-SA 2.0 DE); D: Luis Miguel Bugallo Sánchez (CC BY-SA 4.0).

Átalakítások:
Összes ábránál keret és betűjelzés hozzáadása; A ábra megvágása; B, C ábrák megtükrözése.

3.6. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nemertinoides_wolfgangi.png

Szerzők és szerzői jogok:
Inga Meyer-Wachsmuth, Marco Curini Galletti, Ulf Jondelius (CC BY 2.5).

Átalakítás:
Ábra megvágása.

3.7. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Protovsdeuterostomes.svg

Szerző és szerzői jog:
Yassine Mrabet (CC BY-SA 3.0).

Átalakítás:
Ábra magyarítása.

3.9. ábra:

Elérési utak:
A: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Limnognathia_wikipedia.jpg
B: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mikrofoto.de-Raedertier-14.jpg
C: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chaetoblack.png

B ábra eredeti forrása:
http://www.mikro-foto.de

Szerzők és szerzői jogok:
A: Nicobola (CC BY-SA 4.0); B: Frank Fox (CC BY-SA 3.0 DE ; C: Zatelmar (CC BY 3.0).

Átalakítások:
Összes ábránál keret és betűjelzés hozzáadása; A ábra megvágása; B, C ábrák elforgatása;
C ábra megtükrözése; C ábránál kontraszt, élesség változtatása.

3.10. ábra:

Elérési utak:
A: https://libreshot.com/snail-close-up/
B:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bryozoan_at_Ponta_do_Ouro,_Mozambique_(6654415783).jpg
C: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Alitta_succinea_(epitoke).jpg
D: https://hu.m.wikipedia.org/wiki/F%C3%A1jl:Pseudobiceros_hancockanus.jpg

Szerzők és szerzői jogok:
A: Martin Vorel (CC0 1.0); B: Derek Keats (CC BY 2.0); C: Hans Hillewaert (CC BY-SA 4.0); D: Jens Petersen (CC BY-SA 3.0).

Átalakítások:
Összes ábránál keret és betűjelzés hozzáadása; B, D ábrák megvágása; C ábra megtükrözése.

3.12. ábra:

Elérési utak:
A:
https://nv.wikipedia.org/wiki/E%CA%BCelyaa%C3%ADg%C3%AD%C3%AD:Paracentrophyes_quadridentatus.jpg
B: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Adult_Caenorhabditis_elegans.jpg
C: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mikrofoto.de-baertierchen2.jpg
D: https://pixabay.com/photos/spider-tarantula-creepy-scary-2740997/

C ábra eredeti forrása:
http://www.mikro-foto.de

Szerzők és szerzői jogok:
A: Lutz Bachmann, Eve Zeyl (CC BY-SA 4.0); B: Kbradnam (CC BY-SA 2.5); C: Frank Fox (CC BY-SA 3.0 DE); D: Stelogic (Free for commercial use).

Átalakítások:
Összes ábránál keret és betűjelzés hozzáadása; A, D ábrák megvágása; A, D ábrák megtükrözése; B ábránál fényerő változtatása.

3.14. ábra:

Elérési utak:
A: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Expn7509_(38827990365).jpg
B: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Starfish_08_(paulshaffner).jpg
C: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tunicate_Nick_Hobgood.jpg
D: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Great_White_Shark_(14730723649).jpg

Szerzők és szerzői jogok:
A: NOAA Photo Library (CC BY 2.0); B: Paul Shaffner (CC BY 2.0); C: Nhobgood (CC BY-SA 3.0); D: Elias Levy (CC BY 2.0).

Átalakítások:
Összes ábránál keret és betűjelzés hozzáadása; A, C, D ábrák megvágása; A, B, ábrák megtükrözése; A, B, C ábráknál fényerő, kontraszt, élesség módosítása.

4.1.1. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Asconoide-fr.svg

Szerző és szerzői jogok:
Xvazquez, Lilyu (CC0 1.0).

Átalakítások:
Ábra magyarítása.

4.1.2. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Demospongiae_spicule_diversity.png

Szerzők és szerzői jogok:
Rob W. M. Van Soest, Nicole Boury-Esnault, Jean Vacelet, Martin Dohrmann, Dirk Erpenbeck, Nicole J. De Voogd, Nadiezhda Santodomingo, Bart Vanhoorne, Michelle Kelly, John N. A. Hooper (CC BY 2.5)

4.1.3. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Porifera_body_structures_01.png

Szerző és szerzői jogok:
Philcha (CC BY-SA 3.0).

Átalakítások:
Fényerő, kontraszt és élesség módosítása.

4.1.4. ábra:

Elérési utak:
A: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Clathrina_coriacea.jpg
B: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Acarnus_erithacus.jpg
C: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HoloturieInterne.jpg
D: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Oscarella_lobularis_(Schmidt,_1862).jpg

Szerzők és szerzői jogok:
A: Géry Parent (CC BY-SA 3.0); B: SIMoN/MBNMS (CC0 1.0); C: Daniel Baise (CC BY-SA 3.0); D: Géry Parent (CC0 1.0).

Átalakítások:
Összes ábránál keret és betűjelzés hozzáadása; A ábra megvágása; B, D ábrák megtükrözése.

4.2.1. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ctenophore_diagram_-_ru.svg

Szerző és szerzői jogok:
Kaidor (CC BY-SA 4.0).

Átalakítások:
Ábra magyarítása.

4.2.2. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ctenophora-Comb-jelly-Euplokamis-sp.-02.jpg

Szerző és szerzői jogok:
Alexander Semenov (CC BY-SA 4.0).

Átalakítások:
Keret hozzáadása.

4.2.3. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Beroe_abyssicola_02.jpg

Szerző és szerzői jogok:
Σ64 (CC BY 3.0).

Átalakítások:
Keret hozzáadása.

4.3.1. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Jellyfish_cross_section_numbered.svg
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Anemone_anatomy.svg

Szerző és szerzői jogok:
Mariana Ruiz Villarreal, LadyofHats (CC0 1.0)
Hans Hillewaert (CC BY-SA 4.0)

Átalakítások:
Élesség, fényerő, kontraszt módosítása.

4.3.2. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cnidocyte.jpg

Szerző és szerzői jogok:
Karta24 (CC0 1.0).

Átalakítások:
Ábra magyarítása; élesség, fényerő, kontraszt módosítása.

4.3.3. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Schematic_life_cycle_of_Aurelia_-_Journal.pone.0145314.g005.png

Szerző és szerzői jogok:
Jinru He et al. (CC BY 4.0).

Átalakítások:
Élesség, fényerő, kontraszt módosítása.

4.3.4. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Zoantharia_cross_section.svg

Szerző és szerzői jogok:
Mithril (CC BY 3.0).

4.3.5. ábra:

Elérési utak:
A: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Virgularia_sp._(Purple_sea_pen).jpg

B:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Brown_chromis_Chromis_multilineata_(4676202482).jpg
C: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cerianthus_sp_en_Koh_Phangan.jpg

Szerzők és szerzői jogok:
A: Nhobgood Nick Hobgood (CC BY-SA 3.0); B: Paul Asman, Jill Lenoble (CC BY 2.0); C: Chaloklum Diving (CC BY-SA 3.0).

Átalakítások:
Összes ábránál keret és betűjelzés hozzáadása; C ábra megvágása; B ábránál fényerő, kontraszt módosítása.

4.3.6. ábra:

Elérési utak:
A: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mikrofoto.de-Hydra_15.jpg
B: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Aurelia_aurita_1.jpg
C: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tripedalia-cystophora-Bielecki.jpg

A ábra eredeti forrása:
http://www.mikro-foto.de

Szerzők és szerzői jogok:
A: Frank Fox (CC BY-SA 3.0); B: Hans Hillewaert (CC BY-SA 4.0); C: Jan Bielecki (CC0 1.0).

Átalakítások:
Összes ábránál keret és betűjelzés hozzáadása; C ábra megvágása.

5.1.1. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Figure_28_03_05.jpg

Szerző és szerzői jogok:
CNX OpenStax (CC BY 4.0).

Átalakítások:
Ábra magyarítása, élesség, fényerő, kontraszt módosítása.

5.1.2. ábra:

Elérési utak:
A: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Mikrofoto.de-Raedertier_Ptygura_pilula_2.jpg
B: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Mikrofoto.de-Brachionus_quadridentatus_6.jpg

Eredeti forrás:
http://www.mikro-foto.de

Szerző és szerzői jogok:
A, B: Frank Fox (CC BY-SA 3.0 DE).

Átalakítások:
Mindkét ábránál keret és betűjelzés hozzáadása; A megtükrözése.

5.2.1. ábra:

Elérési utak:
A: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Parasite170054-fig1_Rhadinorhynchus_oligospinosus_(Acanthocephala).png
B: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Acanthocephala_Rhadinorhynchus.jpg

Szerzők és szerzői jogok:
A: Omar M. Amin, Richard A. Heckmann (CC BY 4.0); B: Fishdisease.net (CC0 1.0).

Átalakítások:
Mindkét ábránál keret és betűjelzés hozzáadása; A ábra megvágása, ivarjelek hozzáadása, élesség, fényerő, kontraszt módosítása; B ábra megtükrözése.

5.3.1. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Archimollusc.svg

Szerző és szerzői jogok:
KDS4444 (CC BY-SA 4.0).

5.3.2. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Radula_diagram3.png

Szerző és szerzői jogok:
Debivort (CC BY-SA 3.0).

Átalakítások:
Élesség, fényerő, kontraszt módosítása.

5.3.3. ábra:

Elérési út:
https://www.flickr.com/photos/jkirkhart35/2388476455

Szerző és szerzői jogok:
Jerry Kirkhart (CC BY 2.0).

Átalakítások:
Keret hozzáadása.

5.3.4. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Valva-VistaInterna.png

Szerző és szerzői jogok:
Muriel Gottrop (CC BY-SA 1.0).

Átalakítások:
Ábra magyarítása, élesség, fényerő, kontraszt módosítása.

5.3.5. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Muscheln_mit_Sipho_Nahaufnahme.jpg

Szerző és szerzői jogok:
Stefan Didam (CC BY-SA 3.0).

Átalakítások:
Keret hozzáadása, élesség, fényerő, kontraszt módosítása.

5.3.6. ábra:

Elérési utak:
A: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Giant_Clam_Tridacna_Gigas_1.jpg
B: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Blue_mussel_Mytilus_edulis.jpg
C:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:%D0%91%D0%B5%D0%B7%D0%B7%D1%83%D0%B1%D0%BA%D0%B0_(Anodonta_anatina).jpg

Szerzők és szerzői jogok:
A: Rick Hankinson (CC BY-SA 3.0); B: Andreas Trepte (CC BY-SA 2.5); C: Пономарьова Алевтина (CC BY-SA 4.0).

Átalakítások:
Mindhárom ábránál keret és betűjelzés hozzáadása; C ábra megtükrözése; A, C ábráknál élesség, fényerő és kontraszt módosítása.

5.3.7. ábra:

Elérési út:
https://en.wikipedia.org/wiki/File:Tonna_galea_02.jpg

Szerző és szerzői jogok:
H. Zell (CC BY-SA 3.0).

Átalakítások:
Keret hozzáadása.

5.3.8. ábra:

Elérési utak:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pomatiasidae_-_Pomatias_elegans-000.JPG
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pomatiasidae_-_Pomatias_elegans-001.JPG

Szerző és szerzői jogok:
Hectonichus (CC BY-SA 3.0).

Átalakítások:
Mindkét ábránál keret, ill. nyilak hozzáadása; mindkét ábra megtükrözése; mindkét ábránál élesség, fényerő, kontraszt módosítása.

5.3.9. ábra:

Elérési utak:
A: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Charonia_lampas,_el_Hierro.jpg
B: https://www.flickr.com/photos/148835878@N08/28191566479
C: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Aplysia_Sa_Canova_04.JPG
D: https://www.flickr.com/photos/berniedup/15481214639

Szerzők és szerzői jogok:
A: Phillippe Guillaume (CC BY 2.0); B: Kris-Mikael Krister (CC BY 2.0); C: Olaf Tausch (CC BY 3.0); D: Bernard Dupont (CC BY-SA 2.0).

Átalakítások:
Összes ábránál keret és betűjelzés hozzáadása; B, C ábrák megtükrözése; B, C, D ábrák megvágása; D ábránál fényerő és kontraszt módosítása.

5.3.10. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cuttlefish_color.jpg

Szerző és szerzői jogok:
Nick Hobgood (CC BY-SA 3.0).

Átalakítások:
Kép megvágása, keret és nyíl hozzáadása; élesség, fényerő, kontraszt módosítása.

5.3.11. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Octopus_vulgaris_Merculiano.jpg

Szerző és szerzői jogok:
Comingio Merculiano (CC0 1.0).

Átalakítások:
Nyilak hozzáadása, élesség, fényerő, kontraszt módosítása.

5.3.12. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Evolution_eye.svg

Szerző és szerzői jogok:
Caerbannog (CC BY-SA 3.0).

5.3.13. ábra:

Elérési utak:
A: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nautilus_Palau.JPG
B: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Squid_colors_2.jpg
C: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sepia_mestus_(2016).jpg
D: https://www.flickr.com/photos/ratha/14494875205/

Szerzők és szerzői jogok:
A: Manuae (CC BY-SA 3.0); B: Betty Wills (CC BY-SA 4.0); C: John Turnbull (CC BY-SA 2.0); D: Ratha Grimes (CC BY 2.0).

Átalakítások:
Összes ábránál keret és betűjelzés hozzáadása; A, B ábrák megvágása, megtükrözése; összes ábránál élesség, fényerő, kontraszt és telítettség módosítása.

5.3.14. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Antalis_vulgaris_01.JPG

Szerző és szerzői jogok:
H. Zell (CC BY-SA 3.0).

Átalakítások:
Keret hozzáadása.

5.4.1. ábra:

Elérési út:
https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Bryozoa_Anatomy.svg

Szerző és szerzői jogok:
Raeky (CC0 1.0).

Átalakítások:
Ábra magyarítása.

5.4.2. ábra:

Elérési utak:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cristatella_mucedo_DSCN2137.JPG
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cristatella_Mucedo_planche_Haeckel_1904_Lamiot.jpg

Szerző és szerzői jogok:
Lamiot (CC BY-SA 4.0).

Átalakítások:
Ábrák megvágása, keret és nyíl hozzáadása; élesség, fényerő, kontraszt módosítása.

5.4.3. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Flustra_foliacea.jpg

Szerző és szerzői jogok:
Hans Hillewaert (CC BY-SA 4.0).

Átalakítások:
Keret hozzáadása.

5.5.2. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Alitta_virens_(frontal).jpg

Szerző és szerzői jogok:
Hans Hillewaert (CC BY-SA 4.0).

Átalakítások:
Keret hozzáadása, megvágás, nyilak hozzáadása.

5.5.3. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Oligochaeta_anatomy_2.svg

Szerző és szerzői jogok:
Eredeti: Reytan; módosított: Xvazquez (CC0 1.0).

5.5.4. ábra:

Elérési utak:
A: https://hu.wikipedia.org/wiki/F%C3%A1jl:Alitta_succinea_(epitoke).jpg
B: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Arhynchite_hayaoi_-_ZooKeys-312-013-g001.jpeg
C: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Christmas_tree_worms.jpg

Szerzők és szerzői jogok:
A: Hans Hillewaert (CC BY-SA 4.0); B: Tanaka M., Nishikawa T. (CC BY 3.0); C: Nick Hobgood (CC BY-SA 3.0).

Átalakítások:
Mindhárom ábránál keret és betűjelzés hozzáadása; B ábra megtükrözése.

5.5.5. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mating_earthworms.jpg

Szerző és szerzői jogok:
Jackhynes (CC0 1.0).

Átalakítások:
Keret, nyilak hozzáadása.

5.5.6. ábra:

Elérési utak:
A: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lumbricus_rubellus_HC1.jpg
B: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HaemopisSanguisuga.jpg

Szerzők és szerzői jogok:
A: Holger Casselmann (CC BY-SA 3.0); B: Christian Fischer (CC BY-SA 3.0).

Átalakítások:
Mindkét ábránál keret és betűjelzés hozzáadása.

5.5.7. ábra:

Elérési út:
https://www.flickr.com/photos/treegrow/29814204057

Szerző és szerzői jogok:
Katja Schulz (CC BY 2.0).

Átalakítások:
Keret hozzáadása.

5.6.1. ábra:

Elérési út:
https://en.wikipedia.org/wiki/File:Gorgonorhynchus_repens.jpg

Szerző és szerzői jogok:
Rachel Koning (CC BY-SA 4.0).

Átalakítások:
Keret hozzáadása.

5.6.2. ábra:

Elérési utak:
A: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Micrura_verrilli.jpg
B: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Terrestrial_ribbon_worm.jpg

Szerzők és szerzői jogok:
A: Marlin Harms (CC BY 2.0); B: Guido Bohne (CC BY-SA 2.0).

Átalakítások:
Mindkét ábránál keret és betűjelzés hozzáadása; A ábra megtükrözése.

5.7.1. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dugesia_Anatomy_schematic.svg

Szerző és szerzői jogok:
Andreas Neudecker (CC BY-SA 3.0).

Átalakítások:
Ábra feliratozása.

5.7.2. ábra:

Elérési utak:
A: https://www.flickr.com/photos/steve_childs/233603352
B: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Prorhynchella_minuta_1.jpg
C: https://www.flickr.com/photos/berniedup/14951207744
D: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hoehlenplanarie-dendrocoelum-cavaticum.jpg

Szerzők és szerzői jogok:
A: Steve Childs (CC BY 2.0); B: Christopher Laumer (CC BY 2.0); C: Bernard Dupont (CC BY-SA 2.0); D: H. Krisp (CC BY 3.0).

Átalakítások:
Összes ábránál keret és betűjelzés hozzáadása; B, C, D ábrák megvágása; C ábra megtükrözése; A, B, D ábráknál élesség, fényerő, kontraszt módosítása; B ábránál színhőmérséklet módosítása.

5.7.3. ábra:

Elérési utak:
A: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fasciola_hepatica_(Linnaeus,_1758)_2013_000-2.jpg
B: http://www.publicdomainfiles.com/show_file.php?id=13513601413980

Szerzők és szerzői jogok:
A: The Photographer (CC0 1.0); B: CDC/ Dr. Shirley Maddison (CC0 1.0).

Átalakítások:
Mindkét ábránál keret és betűjelzés hozzáadása; A ábránál feliratok, B ábránál ivarjelek hozzáadása.

5.7.5. ábra:

Elérési utak:
A: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Parasite170100-fig1_Paradiplozoon_hemiculteri_(Monogenea,_Diplozoidae)_body_only.png
B: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gyrodactylus_alexanderi_on_Gasterosteus_aculeatus.jpg
C: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Parasite170078-fig2_Cichlidogyrus_philander_(Monogenea,_Ancyrocephalidae)_(main_image).png

Szerzők és szerzői jogok:
A: Jirsová et al. (CC BY 4.0); B: Eve Zeyl/Naturhistorisk museum, Universitetet i Oslo (CC BY-SA 4.0); C: Igeh et al. (CC BY 4.0).

Átalakítások:
Mindhárom ábránál keret és betűjelzés hozzáadása; C ábra elforgatása.

5.7.6. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hymenolepis_microstoma.jpg

Szerző és szerzői jogok:
Magdalena ZZ (CC BY-SA 3.0).

Átalakítások:
Keret hozzáadása.

5.7.7. ábra:

Elérési utak:
A: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Echinococcus_granulosus.JPG

B: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hymenolepis_diminuta.jpg

Szerzők és szerzői jogok:
A: Ganímedes (CC BY-SA 4.0); B: Ironmrazik (CC BY-SA 4.0).

Átalakítások:
Mindkét ábránál keret és betűjelzés hozzáadása; A ábra megtükrözése és feliratozása; A ábránál élesség, fényerő, kontraszt módosítása.

6.1. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cuticula.svg

Szerző és szerzői jogok:
Xvazquez (CC BY-SA 3.0).

6.1.1 ábra:

Elérési utak:
A: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Horsehair_Worm_(14629048952).jpg
B: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gordiidae_A_MRKVICKA.JPG

Szerzők és szerzői jogok:
A: Alastair Rae (CC BY-SA 2.0); B: Quercus99 (CC BY-SA 4.0).

Átalakítások:
Mindkét ábránál keret és betűjelzés hozzáadása.

6.2.1. ábra:

Elérési utak:
A:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Toxocara_canis_Scanning_electron_micrograph.tif
B: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Parasite140131-fig2_Capillaria_plectropomi_Figure_2D_Male_caudal_end_with_extruded_spicule_TEM.png

Szerzők és szerzői jogok:
A: Ben Liffner (CC BY 4.0); B: František Moravec, Jean-Lou Justine (CC BY 4.0).

Átalakítások:
Mindkét ábránál keret és betűjelzés hozzáadása.

6.2.2. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nematoda-Anatomy.svg

Szerző és szerzői jogok:
Uwe Gille (CC BY-SA 3.0).

6.2.3. ábra:

Elérési utak:
A:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Trichinella_spiralis_in_muscle_tissue_(265_16)_In_skeletal_(striated)_muscle_tissue.jpg
B:
https://en.wikipedia.org/wiki/File:Mermis_nigrescens_on_tettigonia_viridissima_beentree.jpg

Szerzők és szerzői jogok:
A: Doc. RNDr. Josef Reischig, CSc. (CC BY-SA 3.0); B: Beentree (CC BY-SA 3.0).

Átalakítások:
Mindkét ábránál keret és betűjelzés hozzáadása.

6.2.4. ábra:

Elérési utak:
A: http://www.publicdomainfiles.com/show_file.php?id=13520038228680
B: https://hu.wikipedia.org/wiki/F%C3%A1jl:Hookworms.JPG
C: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:A_juvenile_root-knot_nematode_(Meloidogyne_incognita)_penetrates_a_tomato_root_-_USDA-ARS.jpg

Szerzők és szerzői jogok:
A: CDC/Dr. Mae Melvin (CC0 1.0); B: CDC (CC0 1.0); C: William Wergin, Richard Sayre (CC BY 2.0).

Átalakítások:
Mindhárom ábránál keret és betűjelzés hozzáadása; A, C ábrák megtükrözése, C ábra megvágása.

6.3.1. ábra:

Elérési utak:
A: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mikrofoto.de-Baertierchen5.jpg
B: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mikrofoto.de-baertierchen2.jpg

Eredeti forrás:
http://www.mikro-foto.de

Szerző és szerzői jogok:
A, B: Frank Fox (CC BY-SA 3.0 DE).

Átalakítások:
Mindkét ábránál keret és betűjelzések hozzáadása.

6.4.2. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Insect_leg_scheme.svg

Szerző és szerzői jogok:
Carstor (CC BY-SA 3.0).

6.4.3. ábra:

Elérési út:
https://www.flickr.com/photos/sanmartin/5762432433

Szerző és szerzői jogok:
Gilles San Martin (CC BY-SA 2.0).

Átalakítások:
Keret hozzáadása, élesség, fényerő, kontraszt módosítása.

6.4.5. ábra:

Elérési utak:
A: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Red_roman_(Solifugae).JPG
B: https://www.flickr.com/photos/furryscalyman/1058568572

Szerzők és szerzői jogok:
A: RudiSteenkamp (CC BY-SA 4.0); B: Matt Reinbold CC BY-SA 2.0).

Átalakítások:
Mindkét ábránál keret és betűjelzés hozzáadása; mindkét ábra megtükrözése; mindkét ábránál élesség, fényerő, kontraszt módosítása.

6.4.6. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Spider_anatomy.png

Szerző és szerzői jogok:
John Henry Comstock/B kimmel (CC BY 3.0).

6.4.7. ábra:

Elérési út:
https://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Nymphon_gracile_003.jpg

Szerző és szerzői jogok:
Ericsfr (CC BY-SA 4.0).

Átalakítások:
Ábra megvágása, keret hozzáadása, élesség, kontraszt módosítása.

6.4.8. ábra:

Elérési utak:
A: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Horseshoe_crab_migration.jpg
B: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Limulus_polyphemus_(aq.).jpg

Szerzők és szerzői jogok:
A: Asturnut (CC BY-SA 3.0); B: Hans Hillewaert (CC BY-SA 4.0).

Átalakítások:
Mindkét ábránál keret és betűjelzés hozzáadása; A ábra megtükrözése, kontraszt módosítása.

6.4.9. ábra:

Elérési utak:
A: https://hu.m.wikipedia.org/wiki/F%C3%A1jl:Female_Emperor_Scorpion.jpg
B: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Heterophrynus_02.jpg
C: http://www.freestockphotos.biz/stockphoto/16962
D:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CSIRO_ScienceImage_210_White_tailed_spider.jpg

Szerzők és szerzői jogok:
A: Rosa Pineda (CC BY-SA 3.0); B: Graham Wise (CC BY 2.0); C: CDC/ Dr. Christopher Paddock (CC0 1.0); D: David McClenaghan, CSIRO (CC BY 3.0).

Átalakítások:
Mindegyik ábránál keret és betűjelzés hozzáadása; B, C, D, ábrák megvágása; B, D ábrák megtükrözése; B, C, D ábráknál fényerő és kontraszt módosítása.

6.4.10. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Millipede_-_Belize.jpg

Szerző és szerzői jogok:
Thomas Shahan (CC BY 2.0).

Átalakítások:
Keret hozzáadása.

6.4.11. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Colombian_symphylan_B_(cropped).jpg

Szerző és szerzői jogok:
Moncada et al. (CC BY 3.0).

Átalakítások:
Keret hozzáadása, élesség, fényerő, kontraszt módosítása.

6.4.12. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Scolopendra_fg02.JPG

Szerző és szerzői jogok:
Fritz Geller-Grimm (CC BY-SA 2.5).

Átalakítások:
Keret és nyilak hozzáadása, élesség, fényerő, kontraszt módosítása.

6.4.13. ábra:

Elérési út:
https://hu.wikipedia.org/wiki/F%C3%A1jl:Scolopendra_subspinipes_mutilans_DSC_1438.jpg

Szerző és szerzői jogok:
Yasunori Koide (CC BY-SA 3.0).

Átalakítások:
Keret és nyíl hozzáadása.

6.4.14. ábra:

Elérési utak:
A: https://www.flickr.com/photos/daveemma/9516262951
B: https://www.flickr.com/photos/jean_hort/17924256594
C:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Soil_Centipede_Mother_With_Offspring_(2268484
5147).jpg
D: https://la.wikipedia.org/wiki/Fasciculus:Scolopendra_cataracta_from_Zookeys.jpg

Szerzők és szerzői jogok:
A: David Levine (CC BY 2.0); B: Jean and Fred (CC BY 2.0); C: Katja Schulz (CC BY 2.0);
D: Siriwut et al. (CC BY 3.0).

Átalakítások:
Mindegyik ábránál keret és betűjelzés hozzáadása; C ábra megvágása.

6.4.15. ábra:

Elérési út:
https://www.flickr.com/photos/23660854@N07/26896982874
Szerző és szerzői jogok:
Marshal Hedin (CC BY 2.0).

Átalakítások:
Keret és nyíl hozzáadása.

6.4.16. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Eurypauropodid_(12742282145).jpg

Szerző és szerzői jogok:
Andy Murray (CC BY-SA 2.0).

Átalakítások:
Kép megvágása, keret és nyíl hozzáadása, élesség, kontraszt módosítása.

6.4.18. ábra:

Elérési utak:
A:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:The_strangest_millipede_ever_..._(8053641856).jpg
B: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Glomeris_aurita_peerj.5569-fig-3_G.png
C: https://www.flickr.com/photos/23660854@N07/3325112158
D: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Harpaphe_haydeniana_0446.JPG

Szerzők és szerzői jogok:
A: Gilles San Martin (CC BY-SA 2.0); B: J. P. Oeyen (CC BY 4.0); C: Marshal Hedin (CC BY-SA 2.0); D: Walter Siegmund (CC BY-SA 3.0).

Átalakítások:
Mindegyik ábránál keret és betűjelzés hozzáadása; A ábránál élesség, fényerő, kontraszt módosítása.

6.4.19. ábra:

Elérési út:
https://hu.m.wikipedia.org/wiki/F%C3%A1jl:General_malacostracan_en.svg

Szerző és szerzői jogok:
Hans Hillewaert (CC BY-SA 4.0).

Átalakítások:
Ábra magyarítása.

6.4.20. ábra:

Elérési utak:
A: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hyalella_azteca_2.jpg

B: https://hu.wikipedia.org/wiki/F%C3%A1jl:LepidurusApus.jpg
C: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Copepod_(unknown_species).jpg

Szerzők és szerzői jogok:
A: Scott Bauer (CC0 1.0); B: Christian Fischer (CC BY-SA 3.0); C: Anna Syme (CC BY-SA 3.0).

Átalakítások:
Mindegyik ábránál keret és betűjelzés hozzáadása; C ábra megvágása; mindegyik ábránál élesség, fényerő és kontraszt módosítása.

6.4.21. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Figure_28_04_09.jpg

Szerző és szerzői jogok:
CNX OpenStax (CC BY 4.0).

Átalakítások:
Ábra megvágása, élesség, fényerő, kontraszt módosítása.

6.4.22. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nauplius_larva_of_a_cyclops_copepod.jpg

Szerző és szerzői jogok:
Lithium57 (CC BY-SA 3.0).

Átalakítások:
Keret hozzáadása, élesség, fényerő, kontraszt módosítása.

6.4.23. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mikrofoto.de-Muschelkrebs_1.jpg

Eredeti forrás:
http://www.mikro-foto.de

Szerző és szerzői jogok:
Frank Fox (CC BY-SA 3.0 DE).

Átalakítások:
Keret hozzáadása, élesség, fényerő, kontraszt módosítása.

6.4.24. ábra:

Elérési utak:
A: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Argulus_coregoni_tyoumdk03.jpg
B: https://hu.wikipedia.org/wiki/F%C3%A1jl:Armillifer.jpg
C: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mystacocarida.svg

Szerzők és szerzői jogok:
A: Keisotyo (CC BY-SA 4.0); B: Dennis Tappe & Dietrich W. Büttner CC BY 2.5); C: Triton (CC BY-SA 4.0).

Átalakítások:
Mindegyik ábránál keret és betűjelzés hozzáadása; B ábránál ivarjelek hozzáadása; A ábra megvágása; A ábránál élesség, fényerő és kontraszt módosítása.

6.4.25. ábra:

Elérési utak:
A: https://hu.m.wikipedia.org/wiki/F%C3%A1jl:Artemia_salina_2.jpg
B:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:California_Clam_Shrimp_(Cyzicus_californicus).jpg
C: https://www.flickr.com/photos/dullhunk/5612935010
D: https://de.m.wikipedia.org/wiki/Datei:MIV_6198.jpg

Szerzők és szerzői jogok:
A: Hans Hillewaert (CC BY-SA 4.0); B: Franco Folini (CC BY-SA 2.0); C: Dunk (CC BY 2.0); D: Rise0011 (CC BY-SA 3.0).

Átalakítások:
Mindegyik ábránál keret és betűjelzés hozzáadása; mindegyik ábra megvágása; A, D ábrák megtükrözése; mindegyik ábránál élesség, fényerő és kontraszt módosítása.

6.4.26. ábra:

Elérési utak:
A: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Cyclops.jpg
B: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Chthamalus_stellatus.jpg
C: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sacculina_carcini_(double_infection).jpg

Szerzők és szerzői jogok:
A: PDH (CC0 1.0); B: Michael Maggs (CC BY-SA 3.0); C: Hans Hillewaert (CC BY-SA 4.0).

Átalakítások:
Mindhárom ábránál keret és betűjelzés hozzáadása; C ábránál nyíl hozzáadása; C ábra megvágása.

6.4.27. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Oregonia_gracilis_Zoea_II.png

Szerző és szerzői jogok:
Obsidian Soul (CC BY-SA 3.0).

6.4.28. ábra:

Elérési utak:
A: https://en.wikipedia.org/wiki/File:OdontodactylusScyllarus2.jpg
B: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Meganyctiphanes_norvegica2.jpg
C: https://www.flickr.com/photos/conifer/9485106162
D: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mysis_relicta..jpg
E: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Common_Woodlouse_-_Flickr_-_treegrow_(1).jpg

F: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bathyporeia_elegans.jpg

Szerzők és szerzői jogok:
A: Roy L. Caldwell (CC0 1.0); B: Øystein Paulsen (CC BY-SA 3.0); C: coniferconifer (CC BY 2.0); D: Perhols (CC BY-SA 3.0); E: Katja Schulz (CC BY 2.0); F: Hans Hillewaert (CC BY-SA 4.0).

Átalakítások:
Mindegyik ábránál keret és betűjelzés hozzáadása; E, F ábrák megvágása; A, B, C, D, E ábrák megtükrözése; B ábránál élesség és kontraszt módosítása.

6.4.29. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Robal.png

Szerző és szerzői jogok:
Piotr Jaworski (CC BY-SA 2.0).

6.4.30. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Evolution_insect_mouthparts_coloured.svg

Szerző és szerzői jogok:
Xavier Vázquez (CC BY-SA 3.0).

6.4.31. ábra:

Elérési utak:
A: https://pxhere.com/en/photo/914323
B: https://pixabay.com/pl/photos/biedronka-lot-chrz%C4%85szcz-owad-makro-743562/
C: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Crane_fly_from_Ecuador_(14983852477).jpg
D: https://www.flickr.com/photos/patrick_k59/45991030642

Szerzők és szerzői jogok:
A: ? (CC0 1.0); B: ? (CC0 1.0); C: Graham Wise (CC BY 2.0); D: patrickkavanagh (CC BY 2.0).

Átalakítások:
Mindegyik ábránál keret és betűjelzés hozzáadása; B, C, D ábrák megtükrözése; D ábránál fényerő és kontraszt módosítása.

6.4.32. ábra:

Elérési utak:
A: https://hu.m.wikipedia.org/wiki/F%C3%A1jl:Blue-tailed_damselfly_(Ischnura_elegans)_nymph.jpg
B: https://pixabay.com/pl/photos/jasny-br%C4%85z-jab%C5%82ko-motylek-pupa-%C4%87ma-4021931/

Szerzők és szerzői jogok:
A: Charles J Sharp (CC BY-SA 3.0); B: ? (CC0 1.0).

Átalakítások:
Mindkét ábránál keret és betűjelzés hozzáadása; mindkét ábra megtükrözése.

6.4.33. ábra:

Elérési utak:
A: https://www.flickr.com/photos/andybadger/7366531656
B: https://www.flickr.com/photos/23660854@N07/8627014570

Szerzők és szerzői jogok:
A: Andy Murray (CC BY-SA 2.0); B: Marshal Hedin (CC BY-SA 2.0).

Átalakítások:
Mindkét ábránál keret és betűjelzés hozzáadása.

6.4.34. ábra:

Elérési utak:
A: https://www.flickr.com/photos/bernd_thaller/22777708054
B: https://hu.m.wikipedia.org/wiki/F%C3%A1jl:Calopteryx_splendens_2.jpg
C: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Red-legged_Grasshopper_(Melanoplus_femurrubrum)_(43478105211).jpg
D: https://hr.m.wikipedia.org/wiki/Datoteka:Acanthosoma_denticauda_01_male_hibernation_color.jpg

Szerzők és szerzői jogok:
A: Bernd Thaller (CC BY 2.0); B: Holger Gröschl (CC BY-SA 2.0 DE); C: Will Brown (CC BY 2.0); D: 投稿者(CC0 1.0).

Átalakítások:
Mindegyik ábránál keret és betűjelzés hozzáadása; C, D ábrák megvágása; C ábra megtükrözése; minden ábránál élesség, fényerő és kontraszt módosítása.

6.4.35. ábra:

Elérési utak:
A: https://hu.m.wikipedia.org/wiki/F%C3%A1jl:Vespula_germanica_Horizontalview_Richard_Bartz.jpg
B: https://www.flickr.com/photos/gbohne/26637075682
C: https://hu.wikipedia.org/wiki/F%C3%A1jl:Danaus_genutia_dorsal_view_20141108.jpg
D: https://sv.m.wikipedia.org/wiki/Fil:Anopheles_minimus.jpg

Szerzők és szerzői jogok:
A: Richard Bartz (CC BY-SA 2.5); B: gbohne (CC BY-SA 2.0); C: Peellden (CC BY-SA 4.0); D: James Gathany (CC0 1.0).

Átalakítások:
Mindegyik ábránál keret és betűjelzés hozzáadása; B ábra megvágása; C ábra megtükrözése.

7.1.1. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Apsolidium_falconerae_(F_109375)_ossicles.jpg

Szerző és szerzői jogok:
Chris Rowley (CC BY 4.0).

Átalakítások:
Keret hozzáadása.

7.1.2. ábra:

Elérési út:
A:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:P%C3%A9dicellaires_d%27_Acanthaster_Planci.JPG
B:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:P%C3%A9dicellaires_de_Toxopneustes_pileolus.JPG

Szerző és szerzői jogok:
A, B: Philippe Bourjon (CC BY 3.0).

Átalakítások:
Mindkét ábránál keret és betűjelzés hozzáadása; A ábra megvágása.

7.1.3. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Figure_28_05_01.jpg

Szerző és szerzői jogok:
CNX OpenStax (CC BY 4.0).

Átalakítások:
Ábra magyarítása, élesség, fényerő, kontraszt módosítása.

7.1.4. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pluteus_larva_of_a_sea_biscuit.jpg

Szerző és szerzői jogok:
Bruno C. Vellutini (CC BY-SA 3.0).

Átalakítások:
Keret hozzáadása.

7.1.5. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Colorful_crinoids_at_shallow_waters_of_Gili_Lawa_Laut.JPG

Szerző és szerzői jogok:
Alexander Vasenin (CC BY-SA 3.0).

Átalakítások:
Keret hozzáadása.

7.1.6. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Marthasterias_glacialis_(Linnaeus,_1758)_1_tagged.png

Szerző és szerzői jogok:
Parent Géry (CC0 1.0).

Átalakítások:
Keret hozzáadása.

7.1.7. ábra:

Elérési utak:
A: https://hu.wikipedia.org/wiki/F%C3%A1jl:Marthasterias_glacialis_Linosa_067.jpg
B: https://www.flickr.com/photos/148835878@N08/36445347295
C: https://www.flickr.com/photos/philippeguillaume/3896658914

Szerzők és szerzői jogok:
A: tato grasso (CC BY-SA 3.0); B: Kris-Mikael Krister (CC BY 2.0); C: Philippe Guillaume (CC BY 2.0).

Átalakítások:
Mindhárom ábránál keret és betűjelzés hozzáadása.

7.1.8. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ophiothrix_spiculata_(26430225914).jpg

Szerző és szerzői jogok:
Ed Bierman (CC BY 2.0).

Átalakítások:
Keret hozzáadása.

7.1.9. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sea_urchin_(Arbacia_lixula)_endoskeleton.jpg

Szerző és szerzői jogok:
Albarubescens (CC BY-SA 4.0).

Átalakítások:
Keret hozzáadása, feliratozás.

7.1.10. ábra:

Elérési utak:
A: https://hu.wikipedia.org/wiki/F%C3%A1jl:Eucidaris_tribuloides_(Slate-pencil_Urchin).jpg
B: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Diadema_antillarum_Flower_Garden_Banks.jpg
C: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Tripneustes_ventricosus_(West_Indian_Sea_Egg-top)_and_Echinometra_viridis_(Reef_Urchin_-_bottom).jpg

Szerzők és szerzői jogok:
A, C: Nick Hobgood (CC BY-SA 3.0); B: NOAA (CC0 1.0).

Átalakítások:
Mindhárom ábránál keret és betűjelzés hozzáadása.

7.1.11. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Group_of_Sand_dollars_in_Monterey_Bay_Aquarium.jpg

Szerző és szerzői jogok:
siuman (CC BY-SA 3.0).

Átalakítások:
Keret hozzáadása.

7.1.12. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Holothuria_sanctori_Cuvieran_Tubes.jpg

Szerző és szerzői jogok:
EOL Learning and Education Group (CC BY 2.0).

Átalakítások:
Keret hozzáadása.

7.1.13. ábra:

Elérési utak:
A: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Thelenota_ananas.jpg
B: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Synaptula_lamperti_1.jpg
C: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sea_Apple.jpg

Szerzők és szerzői jogok:
A: Leonard Low (CC BY 2.0); B: Richard Ling (CC BY-SA 2.0); C: prilfish (CC BY 2.0).

Átalakítások:
Mindhárom ábránál keret és betűjelzés hozzáadása; A ábra megvágása, élesség, fényerő, kontraszt módosítása.

7.2.1. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Uroc005b.png

Szerző és szerzői jogok:
Jon Houseman (CC BY-SA 3.0).

Átalakítások:
Ábra magyarítása, élesség, fényerő, kontraszt módosítása.

7.2.2. ábra:

Elérési utak:
A: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tunicate_medley_komodo.jpg
B: https://www.flickr.com/photos/odfw/8253212250
C: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tunicate_off_Atauro_island.jpg

Szerzők és szerzői jogok:
A, C: Nick Hobgood (CC BY-SA 3.0); B: Oregon Department of Fish & Wildlife (CC BY-SA 2.0).

Átalakítások:
Mindhárom ábránál keret és betűjelzés hozzáadása.

7.3.1. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Diplodocus_Carnegii.jpg

Szerző és szerzői jogok:
Javier Conles (CC BY-SA 3.0).

Átalakítások:
Keret hozzáadása.

7.3.3. ábra:

Elérési utak:
A: https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Eptatretus_polytrema.jpg
B: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Myxine_glutinosa_no.JPG

Szerzők és szerzői jogok:
A: J. H. Richard (CC0 1.0); B: Arnstein Rønning (CC BY-SA 3.0).

Átalakítások:
Mindkét ábránál keret és betűjelzés hozzáadása; A ábra megtükrözése; A ábránál fényerő, kontraszt módosítása.

7.3.4. ábra:

Elérési út:
https://www.flickr.com/photos/noaa_glerl/8741578394

Szerző és szerzői jogok:
NOAA Great Lakes Environmental Research Laboratory (CC BY-SA 2.0).

Átalakítások:
Ábra megvágása, keret hozzáadása.

7.3.5. ábra:

Elérési utak:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lamprey_illustration_side.png
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lamprey.svg

Szerzők és szerzői jogok:
LadyofHats (CC0 1.0)
Dake (CC0 1.0)

Átalakítások:
Felső ábra megvágása.

7.3.6. ábra:

Elérési utak:
A: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:J%C3%B5esilmud2.jpg
B:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:%D0%9E%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%BE%D0%BA%D0%B0_%D0%BC%D1%96%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%B0.JPG

Szerzők és szerzői jogok:
A: Tiit Hunt (CC BY-SA 3.0); B: Geomyces destructans (CC BY-SA 3.0).

Átalakítások:
Mindkét ábránál keret és betűjelzés hozzáadása; B ábra megtükrözése.

7.3.7. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Denticules_cutan%C3%A9s_du_requin_citron_Negaprion_brevirostris_vus_au_microscope_%C3%A9lectronique_%C3%A0_balayage.jpg

Szerző és szerzői jogok:
Pascal Deynat/Odontobase (CC BY-SA 3.0).

Átalakítások:
Keret hozzáadása, élesség, kontraszt módosítása.

7.3.8. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Parts_of_a_shark.svg

Szerző és szerzői jogok:
Chris_huh (CC0 1.0).

Átalakítások:
Ábra magyarítása.

7.3.9. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Electroreceptors_in_a_sharks_head.svg

Szerző és szerzői jogok:
Chris_huh (CC0 1.0).

Átalakítások:
Ábra magyarítása.

7.3.10. ábra:

Elérési utak:
A: https://www.flickr.com/photos/oceanexplorergov/41070399312
B: https://hu.m.wikipedia.org/wiki/F%C3%A1jl:Prionace_glauca_1.jpg
C:
https://sv.m.wikipedia.org/wiki/Fil:Bluespotted_Ribbontail_Ray,_Taeniura_lymma_at_Abu_Dabab_Reefs,_Red_Sea,_Egypt_SCUBA.jpg

Szerzők és szerzői jogok:
A: NOAA Ocean Exploration & Research (CC BY-SA 2.0); B: Mark Conlin/NMFS (CC0 1.0); C: Derek Keats (CC BY-SA 2.0).

Átalakítások:
Mindhárom ábránál keret és betűjelzés hozzáadása; A ábra megvágása.

7.3.11. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Scale_Common_Roach.JPG

Szerző és szerzői jogok:
kallerna (CC BY-SA 3.0).

Átalakítások:
Keret hozzáadása.

7.3.12. ábra:

Elérési út:
https://hu.wikipedia.org/wiki/F%C3%A1jl:Lampanyctodes_hectoris_(Hector%27s_lanternfish).svg

Szerző és szerzői jogok:
Lukas3 (CC BY-SA 3.0).

7.3.13. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Breathing_in_fish.jpg

Szerző és szerzői jogok:
Cruithne9 (CC BY-SA 4.0).

Átalakítások:
Ábra magyarítása, élesség, fényerő és kontraszt módosítása.

7.3.14. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fish_Swim_Bladder.svg

Szerző és szerzői jogok:
Turbotronbabyjesus9000 (CC BY-SA 4.0).

7.3.15. ábra:

Elérési utak:
A: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tenca_3._M._FOTO-ARDEIDAS.jpg
B: https://pl.wikipedia.org/wiki/Plik:Pygocentrus_nattereri_3.jpg
C: https://pxhere.com/en/photo/190431
D: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pygoplites_diacanthus_01.jpg

Szerzők és szerzői jogok:
A: FOTO-ARDEIDAS (CC BY-SA 3.0); B: Tiia Monto (CC BY-SA 4.0); C: ? (CC0 1.0); D: H. Zell (CC BY-SA 3.0).

Átalakítások:
Mindegyik ábránál keret és betűjelzés hozzáadása; D ábra megvágása; mindegyik ábra megtükrözése; A, D ábráknál élesség, fényerő, kontraszt módosítása.

7.3.16. ábra:

Elérési utak:
A: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Coelacanth-bgiu.png
B:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Neoceratodus_forsteri_Aquarium_tropical_du_Palais_de_la_Porte_Dor%C3%A9e_10042016_3.jpg

Szerzők és szerzői jogok:
A: Bogdan (CC BY-SA 3.0); B: Vassil (CC0 1.0).

Átalakítások:
Mindkét ábránál keret és betűjelzés hozzáadása; B ábránál színhőmérséklet, élesség, fényerő és kontraszt módosítása.

7.3.17. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Skeleton_of_a_frog_001.jpg

Szerző és szerzői jogok:
Amada44 (CC BY 3.0).

Átalakítások:
Keret hozzáadása.

7.3.18. ábra: béka légzés

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Buccal_pumping.jpg

Szerző és szerzői jogok:
Mokele (CC BY-SA 3.0).

Átalakítások:
Ábra megvágása, számozása, átrendezése.

7.3.19. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Greenfrog_life_stages.svg

Szerző és szerzői jogok:
LadyofHats (CC0 1.0).

7.3.20. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Eurycea_rathbuni_FWS_20428.jpg

Szerző és szerzői jogok:
Ryan Hagerty/USFWS (CC0 1.0).

Átalakítások:
Keret hozzáadása, szín, élesség és kontraszt módosítása.

7.3.21. ábra:

Elérési utak:
A: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Adult_Microcaecilia_dermatophaga_in_life_-_journal.pone.0057756.g005-top.png
B: https://www.flickr.com/photos/2ndpeter/33001948814
C: https://en.wikipedia.org/wiki/File:European_Common_Frog_Rana_temporaria.jpg

Szerzők és szerzői jogok:
A: Wilkinson et al. (CC BY 2.5); B: Peter Paplanus (CC BY 2.0); C: Richard Bartz (CC BY-SA 2.5).

Átalakítások:
Mindhárom ábránál keret és betűjelzés hozzáadása; C ábra megtükrözése; mindegyik ábránál fényerő és kontraszt módosítása.

7.3.22. ábra:

Elérési út:
https://www.flickr.com/photos/niconelson/6110410624

Szerző és szerzői jogok:
Nico Nelson (CC BY 2.0).

Átalakítások:
Keret hozzáadása.

7.3.23. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Skull_diapsida_1.svg

Szerző és szerzői jogok:
Preto(m) (CC BY-SA 3.0).

7.3.24. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Varanus_salvator_-_5514.jpg

Szerző és szerzői jogok:
Amada44 (CC BY-SA 3.0).

Átalakítások:
Keret hozzáadása, megvágás.

7.3.25. ábra:

Elérési út:
https://www.flickr.com/photos/usman_clicks/3972410998

Szerző és szerzői jogok:
Usman Ahmad (CC BY-SA 2.0).

Átalakítások:
Keret hozzáadása.

7.3.26. ábra:

Elérési út:
https://www.flickr.com/photos/mikebaird/5008902884

Szerző és szerzői jogok:
Mike Baird (CC BY 2.0).

Átalakítások:
Keret hozzáadása.

7.3.27. ábra: hemipénisz

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rattlesnake_Hemipenes_2.jpg

Szerző és szerzői jogok:
Tess Thornton (CC BY-SA 3.0).

Átalakítások:
Keret hozzáadása, élesség, fényerő és kontraszt módosítása.

7.3.28. ábra:

Elérési utak:
A: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Testudo_horsfieldii;_Baikonur_001.jpg
B: https://www.flickr.com/photos/volvob12b/8686980163
C: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Coast_Garter_Snake.jpg
D:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Crocodylus_mindorensis_by_Gregg_Yan_01.jpg

Szerzők és szerzői jogok:
A: Yuriy75 (CC BY-SA 3.0); B: Bernard Spragg (CC0 1.0); C: Steve Jurvetson (CC BY 2.0); D: Gregg Yan (CC BY-SA 3.0).

Átalakítások:
Mindegyik ábránál keret és betűjelzés hozzáadása; A, C ábrák megvágása; A, B ábrák megtükrözése; B ábránál színhőmérséklet módosítása; A ábránál élesség és kontraszt módosítása.

7.3.29. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Feather_scheme.png

Szerző és szerzői jogok:
Uwe Gille (CC BY-SA 3.0).

Átalakítások:
Élesség, fényerő és kontraszt módosítása.

7.3.30. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Squelette_oiseau.svg

Szerző és szerzői jogok:
mario modesto (CC BY 2.5).

7.3.31. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:BirdBeaksA.svg

Szerző és szerzői jogok:
L. Shyamal (CC BY-SA 2.5).

Átalakítások:
Ábra magyarítása, átrendezése, élesség, fényerő és kontraszt módosítása.

7.3.34. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Worki.svg

Szerző és szerzői jogok:
Shazz (CC BY-SA 3.0).

7.3.35. ábra:

Elérési utak:
A: https://www.flickr.com/photos/lipkee/2845564571
B: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Canada_goose_flight_cropped_and_NR.jpg
C: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pheasant.jpg

Szerzők és szerzői jogok:
A: Lip Kee (CC BY-SA 2.0); B: Alan D. Wilson (CC BY-SA 2.5); C: Gary Noon (CC BY-SA 2.0).

Átalakítások:
Mindhárom ábránál keret és betűjelzés hozzáadása; A ábra megvágása; B ábra megtükrözése; mindegyik ábránál élesség, fényerő és kontraszt módosítása.

7.3.36. ábra:

Elérési utak:
A: https://www.flickr.com/photos/beckymatsubara/46436316322
B: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Larus_pacificus_-_Derwent_River_Estuary.jpg
C: https://hu.wikipedia.org/wiki/F%C3%A1jl:Acorn_Woodpecker_on_black_oak_tree.jpg
D: https://www.flickr.com/photos/42244964@N03/26194636951

Szerzők és szerzői jogok:
A: Becky Matsubara (CC BY 2.0); B: J. J. Harrison (CC BY-SA 3.0); C: Steve Ryan (CC BY-SA 2.0); D: Frank Vassen (CC BY 2.0).

Átalakítások:
Mindegyik ábránál keret és betűjelzés hozzáadása; D ábra megvágása; A, B ábrák megtükrözése; B, C, D ábráknál élesség, fényerő és kontraszt módosítása.

7.3.37. ábra:

Elérési utak:
A: https://hu.wikipedia.org/wiki/F%C3%A1jl:Keqs_hedgehog_PICT3774.jpg
B: https://www.flickr.com/photos/blachswan/40184381113
C: https://www.flickr.com/photos/string_bass_dave/8152835443
D: https://hu.wikipedia.org/wiki/F%C3%A1jl:Dasypus_novemcinctus.jpg

Szerzők és szerzői jogok:
A: Lars Karlsson (CC BY 3.0); B: Ed Dunens (CC BY 2.0); C: David Brossard (CC BY-SA 2.0); D: John and Karen Hollingsworth (CC0 1.0).

Átalakítások:
Mindegyik ábránál keret és betűjelzés hozzáadása; D ábra megvágása és megtükrözése.

7.3.38. ábra:

Elérési út:
https://pixabay.com/pl/photos/kot-kotek-karmi%C4%87-piersi%C4%85-smoczek-2484776/

Szerző és szerzői jogok:
TaniaVdB (CC0 1.0).

Átalakítások:
Keret hozzáadása.

7.3.39. ábra: synapsid

Elérési út:
https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Skull_synapsida_1.svg

Szerző és szerzői jogok:
Preto(m) (CC BY-SA 3.0).

7.3.40. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Human_dental_arches.svg

Szerző és szerzői jogok:
Kaligula (CC BY-SA 3.0).

Átalakítások:
Ábra megvágása, feliratozása, élesség, fényerő és kontraszt módosítása.

7.3.41. ábra:

Elérési utak:
A: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Babyrousa_celebensis_-_Crane.jpg
B: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mus_musculus_spretus_MWNH_1381.jpg

Szerzők és szerzői jogok:
A: Didier Descouens (CC BY-SA 4.0); B: Klaus Rassinger, Gerhard Cammerer (CC BY-SA 3.0).

Átalakítások:
Mindkét ábránál keret és betűjelzés hozzáadása.

7.3.42. ábra:

Elérési utak:
A: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Brown_Bear_Paws.jpg
B: https://pixabay.com/pl/photos/%C5%BCyrafa-kopyto-ziemi-gleba-2145706/
C: https://www.pexels.com/photo/hands-monkey-monkey-fingers-1207986/

Szerzők és szerzői jogok:
A: NPS/Kaiti Critz (CC0 1.0); B: zoosnow (CC0 1.0); C: Andre Mouton (CC0 1.0).

Átalakítások:
Mindegyik ábránál keret és betűjelzés hozzáadása.

7.3.43. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Evolution_of_mammalian_auditory_ossicles.png

Szerző és szerzői jogok:
Zlir'a (CC0 1.0).
Átalakítások:
Ábra megvágása, magyarítása, élesség, fényerő, kontraszt módosítása.

7.3.44. ábra:

Elérési utak:
A: https://www.flickr.com/photos/briangratwicke/5338172216
B:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Eastern_Grey_kangaroo,_Majura_Nature_Reserve_ACT_01.jpg

Szerzők és szerzői jogok:
A: Brian Gratwicke (CC BY 2.0); B: Thennicke (CC BY-SA 4.0).

Átalakítások:
Mindkét ábránál keret és betűjelzés hozzáadása; B ábránál színhőmérséklet, élesség, fényerő és kontraszt módosítása.

7.3.45. ábra:

Elérési utak:
A: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Eastern_Grey_Squirrel.jpg
B: https://hu.wikipedia.org/wiki/F%C3%A1jl:SorexAraneus_wwalas_02.JPG
C: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Desmo-boden_(cropped).jpg
D: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Male_Moose.jpg

Szerzők és szerzői jogok:
A: BirdPhotos.com (CC BY 3.0); B: WWalas (CC BY-SA 3.0); C: Uwe Schmidt (CC BY-SA 4.0); D: Ryan Hagerty (CC0 1.0).

Átalakítások:
Mindegyik ábránál keret és betűjelzés hozzáadása; A, C ábrák megvágása; A ábra megtükrözése; A ábránál élesség és kontraszt módosítása; C ábránál fényerő és kontraszt módosítása; D ábránál telítettség és kontraszt módosítása.

8.1. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pangaea_to_present.gif

Szerzők és szerzői jogok:
Jacquelyne Kious, Robert I. Tilling, Martha Kiger, Jane Russel; jmwatson@usgs.gov, public domain.

Átalakítások:
Magyar felirat hozzáadása.

8.2. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Snider-Pellegrini_Wegener_fossil_map.gif

Szerző és szerzői jogok:
jmwatson@usgs.gov, public domain.

8.3. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Wallace%27s_line.jpg

Szerző és szerzői jogok:
GNU Free Documentation License, Version 1.2.

Átalakítások:
Szigetek nevének hozzáadása, Huxley, Weber, Lydakker vonalak hozzáadása.

10.2. ábra:

Elérési út:
https://hu.wikipedia.org/wiki/F%C3%A1jl:Myocastor_coypus_-_ragondin.jpg

Szerző és szerzői jogok:
Philippe Amelant (GNU Free Documentation License, version 1.2).

10.3. ábra:

Elérési út:
https://hu.wikipedia.org/wiki/P%C3%A9zsmapocok#/media/File:Muskrat.jpg

Szerző és szerzői jogok:
Alan D. Wilson (CC BY-SA 2.5).

10.4. ábra:

Elérési út:
https://hu.wikipedia.org/wiki/Halcsontfark%C3%BA_r%C3%A9ce#/media/File:ERISMATURE_ROUX_D%27AMERIQUE.jpg

Szerző és szerzői jogok:
Annesov (CC BY-SA 3.0).

10.5. ábra:

Elérési út:
https://hu.wikipedia.org/wiki/N%C3%ADlusi_l%C3%BAd#/media/File:Alopochen-aegyptiacus.jpg

Szerző és szerzői jogok:
Andreas Trepte (CC BY-SA 2.5).

10.6. ábra:

Elérési út:
https://www.maxpixel.net/Red-eared-Slider-Walldorf-Fishing-Pond-1201602

Szerző és szerzői jogok:
Max Pixel (CC0 1.0).

10.7. ábra:

Elérési út: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Amoergrondel_.jpg

Szerző és szerzői jogok:
Koptelefoon001 (CC BY-SA 4.0).

10.8. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3310644

Szerző és szerzői jogok:
Seotaro (cleaned up and denoised by Estrilda, and edited by Laitche), (CC BY-SA 3.0).

10.9. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Anentome_Helena_2010.jpg

Szerző és szerzői jogok:
RSX (CC BY-SA 3.0).

10.10. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Theodoxus_fluviatilis_3.png

Szerző és szerzői jogok:
Michal Maňas (CC BY-SA 4.0).

10.11. ábra:

Elérési út:
https://pl.wikipedia.org/wiki/Plik:1k_Sinanodonta-woodiana_01.jpg

Szerző és szerzői jogok:
Francisco Welter Schultes (CC0 1.0).

10.12. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dreissena_polymorpha3.jpg

Szerző és szerzői jogok:
Public domain.

10.13. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Quagga-Dreikantmuschel.jpg

Szerző és szerzői jogok:
Motte123 (CC0 1.0).

10.14. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Eriocheir_sinensis.jpg

Szerző és szerzői jogok:
GerardM at Dutch Wikipedia (CC BY-SA 3.0).

10.15. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Orconectes_limosus_-_Kamberkrebs.jpg

Szerző és szerzői jogok:
Public domain.

10.16. ábra:

Elérési út:
https://hu.wikipedia.org/wiki/F%C3%A1jl:Pacifastacus_leniusculus_01_by-dpc.jpg

Szerző és szerzői jogok:
David Perez (CC BY-SA 4.0).

10.17. ábra:

Elérési út:
https://hu.wikipedia.org/wiki/F%C3%A1jl:Procambarus_clarkii_top.jpg

Szerző és szerzői jogok:
Duloup (CC BY-SA 3.0).

10.18. ábra:

Elérési út:
https://hu.wikipedia.org/wiki/F%C3%A1jl:Marmorkrebs_Procambarus_fallax_forma_virginalis.JPG

Szerző és szerzői jogok:
Chucholl C. (CC BY-SA 3.0).

10.19. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Marderhund_(Nyctereutes_procyonoides).jpg

Szerző és szerzői jogok:
Michael Gäbler (CC BY 3.0).

10.20. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Procyon_lotor_(Linnaeus_1758).jpg

Szerző és szerzői jogok:
Michael Gäbler (CC BY 3.0).

10.21. ábra:

Elérési út:
https://hu.wikipedia.org/wiki/F%C3%A1jl:Verletzte_Hausmaus.JPG

Szerző és szerzői jogok:
4028mdk09 (CC BY-SA 3.0).

10.22. ábra:

Elérési út:
https://www.maxpixel.net/Pest-Rat-Rattus-Rattus-Rodent-Relax-Pet-Rat-2519097

Szerző és szerzői jogok:
Max Pixel (CC0 1.0).

10.23. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rattus_norvegicus_2.jpg

Szerző és szerzői jogok:
Tocekas (CC BY-SA 4.0).

10.24. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:-2019-02-20_Male_Pheasant_
(Phasianus_colchicus),_Trimingham.JPG

Szerző és szerzői jogok:
Kolforn (CC BY-SA 4.0).

10.25. ábra:

Elérési út:
https://hu.wikipedia.org/wiki/Spanyol_csupaszcsiga#/media/File:Arion_vulgaris_3.jpg

Szerző és szerzői jogok:
Xauxa Håkan Svensson (CC BY-SA 3.0).

10.26. ábra:

Elérési utak:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Metcalfa_pruinosa_MHNT.jpg
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Metcalfa_pruinosa_larve.jpg

Szerzők és szerzői jogok:
Didier Descouens, (CC BY-SA 4.0); Jean-Jacques Milan, (CC BY-SA 3.0).

10.27. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Corytucha_ciliata_crop.jpg

Szerző és szerzői jogok:
Jean-Jacques Milan (CC BY-SA 3.0).

10.28. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Stephanitis_takeyai_(Tingidae_sp.),_Mook,_the_Netherlands_-_2.jpg

Szerző és szerzői jogok:
Bj.schoenmakers (CC0 1.0).

10.29. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bug_2008-1.jpg

Szerző és szerzői jogok:
Alvesgaspar (CC BY-SA 3.0).

10.30. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Arocatus_longiceps02.jpg

Szerző és szerzői jogok:
Kurt Kulac (CC BY-SA 3.0).

10.32. ábra:

Elérési út:
https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Leptoglossus_occidentalis_itu2.jpg

Szerző és szerzői jogok:
Itu (CC BY-SA 3.0).

10.33. ábra:

Elérési út:
https://www.maxpixel.net/Bug-Nezara-Viridula-Hemiptera-562223

Szerző és szerzői jogok:
Max Pixel (CC0 1.0).

10.34. ábra:

Elérési utak:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pentatomidae_-_Halyomorpha_halys-001.JPG
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e1/Brown_Marmorated_Stink_Bug_nymph_-_Halyomorpha_halys%2C_Meadowood_Farm_SRMA%2C_Mason_Neck%2C_Virginia.jpg

Szerzők és szerzői jogok:
Hectonichus (CC BY-SA 4.0); Judy Gallagher (CC BY 2.0).

10.35. ábra:

Elérési út:
https://www.flickr.com/photos/52450054@N04/15675291741/

Szerző és szerzői jogok:
Judy Gallagher (CC BY 2.0).

10.36. ábra:

Elérési út:
https://hu.m.wikipedia.org/wiki/F%C3%A1jl:Aedes_Albopictus.jpg

Szerző és szerzői jogok:
James Gathany/CDC (Public domain).

10.37. ábra:

Elérési út:
https://www.flickr.com/photos/37180297@N08/27409463361

Szerző és szerzői jogok:
LiCheng Shih (CC BY 2.0).

10.38. ábra:

Elérési utak:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hyphantria_cunea_P1240435a.jpg
https://pxhere.com/en/photo/1192258

Szerzők és szerzői jogok:
Robert Webster (CC BY-SA 4.0); ? (CC0 1.0).

10.39. ábra:

Elérési utak:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cameraria_ohridella_(Horse-chestnut_leaf_miner),_Arnhem,_the_Netherlands.jpg
https://www.geograph.org.uk/photo/5504205

Szerzők és szerzői jogok:
Bj.schoenmakers (CC0 1.0); Evelyn Simak (CC BY-SA 2.0).

10.40. ábra:

Elérési út:
https://hu.wikipedia.org/wiki/F%C3%A1jl:Parectopa_robiniella_1296151.jpg

Szerző és szerzői jogok:
Csóka György (CC BY 3.0 US).

10.41. ábra:

Elérési utak:
https://hu.wikipedia.org/wiki/F%C3%A1jl:Cydalima_perspectalis,_brown_color_variant.JPG
https://en.wikipedia.org/wiki/File:Raupe_des_Buchsbaumz%C3%BCnsler,_Cydalima_perspectalis_24.JPG

Szerzők és szerzői jogok:
Nagy Sándor m&m (CC BY 3.0); Böhringer Friedrich (CC BY-SA 2.5).

10.42. ábra:

Elérési út:
https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:Neoclytus_acuminatus.jpg

Szerző és szerzői jogok:
Brem1964 (CC BY-SA 3.0).

10.43. ábra:

Elérési utak:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leptinotarsa-decemlineata-10-fws.jpg
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Colorado_potato_beetle_larvas_(Leptinotarsa_decemlineata).jpg

Szerző és szerzői jogok:
Francisco Welter-Schultes (CC0 1.0); Tavo Romann (CC BY 4.0).

10.44. ábra:

Elérési út:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Diabrotica_virgifera02.jpg

Szerző és szerzői jogok:
Kurt Kulac (CC BY-SA 3.0).

10.45. ábra:

Elérési út:
https://hu.wikipedia.org/wiki/F%C3%A1jl:Asian_lady_beetle-(Harmonia-axyridis).jpg

Szerző és szerzői jogok:
Andreas Trepte (CC BY-SA 2.5).